

*XLII International Symposium
on Operational Research*

Proceedings

(Zbornik radova)



Editors:

Nenad Mladenović

Dragan Urošević

Zorica Stanimirović

Silver Lake Resort, Serbia, 15-18. September 2015.

SYM-OP-IS 2015
Silver Lake Resort, Serbia, 15-18. September 2015.

42nd International Symposium on
Operations Research

PROCEEDINGS
(ZBORNIK RADOVA)

Editors:
dr Nenad Mladenović
dr Dragan Urošević
dr Zorica Stanimirović

PROCEEDINGS of SYM-OP-IS 2015

42nd International Symposium on
Operations Research

Publisher:

Matematički Institut SANU

Knez Mihajlova 36, Beograd, tel. 011/2630-170, faks. 011/2185-106

Director of Institute

dr Zoran Ognjanović

Editors:

dr Nenad Mladenović

dr Dragan Urošević

dr Zorica Stanimirović

Publishing year:

2015

Executive organizers



Mathematical Institute SASA, Belgrade



Faculty of Mathematics, Belgrade



JUPIM, The Yugoslav Society for Applied and Industrial Mathematics

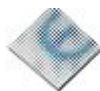
Suorganizatori (Co-organizers)



Serbian Armed Forces



Faculty of Mining and Geology, Belgrade



Faculty of Economics, Belgrade



University College of Professional Studies for Civil Engineering and Geodesy,
Belgrade



“Mihajlo Pupin” Institute, Belgrade



Ministry of Defence, Republic of Serbia



University of Banja Luka



Faculty of Organizational Sciences, Belgrade



Faculty of Transport and Traffic Engineering, Belgrade

Scientific Committee

Mladenović Nenad, Matematički institut SANU, Beograd, predsednik PO
Urošević Dragan, Matematički Institut SANU, Beograd, potpredsednik PO
Aloise Daniel, Natal University, Brazil
Andrejić Marko, Vojska Srbije
Artiba Abdelhakim, University of Valencia, France
Brimberg Jack, Royal Military College, Kingston, Canada
Caporossi Gilles, HEC Montreal, Canada
Carrizosa Emilio, University of Sevilla, Spain
Crainic Teodor G., University of Quebec, Montreal, Canada
Cvetković Dragoš, Mathematical institute SASA, Serbia
Cvijanović Janko, Ekonomski Institut, Beograd
Čirović Goran, Visoka Građevinsko-Geodetska Škola, Beograd
Čangalović Mirjana, Fakultet Organizacionih Nauka, Beograd
Davidović Tatjana, Matematički institut SANU, Beograd
Dimitrijević Branka, Saobraćajni Fakultet, Beograd
Duarte Abraham, Universidad Rey Juan Carlos, Spain
Dugošija Đorđe, Univerzitet u Novom Pazaru
Eremeev Anton, Omsk State University, Russia
Escudero Laureano, Universidad Miguel Hernández, Spain
Golden Bruce, University of Maryland, United States of America
Hanafi Saïd, University of Valenciennes, France
Hansen Pierre, GERAD, Montréal, Canada
Ilić Aleksandar, Vojska Srbije
Kratice Jozef, Matematički institut SANU, Beograd
Kochetov Yuri, Novosibirsk, Russia
Kočović Jelena, Ekonomski Fakultet, Beograd
Kovačević-Vujčić Vera, Fakultet Organizacionih Nauka, Beograd
Labbé Martine, Free university of Brussels, Belgium
Letić Duško, Fakultet Tehničkih Nauka, Zrenjanin
Kuzmanović Marija, Fakultet Organizacionih Nauka, Beograd
Kutlača Đuro, Institut Mihajlo Pupin
Makajić-Nikolić Dragana, Fakultet Organizacionih Nauka, Beograd
Martić Milan, Fakultet Organizacionih Nauka, Beograd
Melián Batista Belén, University La Laguna, Spain
Mesaroš Katalin, Ekonomski Fakultet, Subotica
Migdalas Athanasios, Aristotle University of Thessaloniki, Greece
Miljanović Igor, Rudarsko-Geološki Fakultet, Beograd
Milovanović Gradimir, Matematički institut SANU, Beograd
Mladenović Zorica, Ekonomski Fakultet, Beograd
Moreno-Perez José A., University of La Laguna, Spain
Netjasev Feđa, Saobraćajni Fakultet
Ognjanović Zoran, Matematički Institut SANU, Beograd
Pap Endre, Univerzitet Singidunum, Beograd
Papageorgiou Markos, Technical University of Crete, Greece
Pardalos Panagote M., University of Florida, United States of America
Petrović Dalibor, Vojska Srbije
Petrović Slavica, Ekonomski Fakultet, Kragujevac
Radojević Dragan, Institut Mihajlo Pupin, Beograd
Raidl Ginter, Vienna University of Technology, Austria
Salhi Said, University of Kent, United Kingdom
Savić Gordana, Fakultet Organizacionih Nauka, Beograd
Sevaux Marc, University of Southern Brittany, France
Sifaleras Angelo, University of Macedonia, Greece
Sorak Miloš, Ekonomski Fakultet, Banja Luka

Sörensen Kenneth, University of Antwerp, Belgium
Stanić Stanko, Ekonomski Fakultet, Banja Luka
Stanojević Milan, Fakultet Organizacionih Nauka, Beograd
Stanojević Milorad, Saobraćajni Fakultet, Beograd
Starčević Dušan, Fakultet Organizacionih Nauka, Beograd
Stojković Dejan, Vojska Srbije
Suknović Milija, Fakultet Organizacionih Nauka, Beograd
Šelmić Milica, Saobraćajni Fakultet, Beograd
Teodorović Dušan, Saobraćajni Fakultet, Beograd
Vidović Milorad, Saobraćajni Fakultet, Beograd
Vujić Slobodan, Rudarski Institut, Beograd
Vujošević Mirko, Fakultet Organizacionih Nauka, Beograd
Vukadinović Katarina, Saobraćajni Fakultet, Beograd
Zhao Bejing Qihong, University of Aeronautics and Astronautics, China

Honorary Scientific Committee

Batanović Vladan, IMP, Beograd
Backović Marko, EF, Beograd
Borović Siniša, FMMSF, Beograd
Cvetković Dragoš, SANU, Beograd
Čabarkapa Obrad, Vojska Srbije
Đorđević Branislav, GF, Beograd
Guberinić Slobodan, IMP, Beograd
Krčevinac Slobodan, FON, Beograd
Kovač Mitar, Vojska Srbije
Matejić Vlastimir, AINS, Beograd
Mihaljević Miodrag MI, Beograd
Milovanović Gradimir, SANU, Niš
Mučibabić Spasoje, Vojska Srbije
Nikolić Ilija, FGM, Beograd
Opricović Serafim, GF, Beograd
Petrović Radivoj, IMP, AINS, Beograd
Rakić Milan, IMP, Beograd
Todorović Jovan, AINS, Beograd
Vukadinović Svetozar, SF, Beograd
Vuleta Jovo, EF, Beograd
Zečević Tomislav, EF, Beograd

Organizing Committee

Stanimirović Zorica, Matematički Fakultet, Beograd, predsednik OO
Dražić Zorica, Matematički Fakultet, Beograd
Đenić Aleksandar, Matematički Fakultet, Beograd
Kartelj Aleksandar, Matematički Fakultet, Beograd
Marić Miroslav, Matematički Fakultet, Beograd
Milinković Milica, Matematički Institut SANU, Beograd
Nastić Gordana, Matematički Institut SANU, Beograd

PREFACE

Mathematical Institute SANU, Faculty of Mathematics in Belgrade and The Yugoslav Society for Applied and Industrial Mathematics (JUPIM) are delighted to host the XLII International Symposium on Operational Research – SYM-OP-IS 2015. SYM-OP-IS has been a national symposium with international participation since 1974. Over past years, the number of international participants was growing, and from this year SYM-OP-IS has officially become an international scientific meeting. It presents an annual gathering of operational researchers in order to exchange scientific and technical information achieved in the development and application of Operations research methods.

The Symposium Programme comprises plenary lectures and theme sections which accommodate the exchange of ideas and the review of relevant issues through valuable encounters of the representatives of the academic body and industry, both from Serbia and abroad.

The main aim of the Symposium is the development and applications of new Operations research methods, models and techniques. We believe that this year program will be interesting as much as in previous years, not only for researchers but also for students and businessmen who are interested in implementation of new solutions based on the methods of operational research in order to improve their business.

Editors:
Nenad Mladenović
Dragan Urošević
Zorica Stanimirović

TABLE OF CONTENTS

Ecology

<i>Jelena Minović, Miroslav Minović, Božo Drašković</i> RAZVOJ EDUKATIVNE IGRE ZA PODIZANJE EKOLOŠKE SVESTI	2
<i>Tatjana Borojević, Nataša Petrović, Drago Vuk</i> AKTIVIZAM MLADIH I ZAŠTITA ŽIVOTNE SREDINE	6

Economic Models and Econometrics

<i>Saša Jović, Branko Tešanović, Aleksandar Neševski</i> ANALIZA PROIZVODNJE KONZUMNIH JAJA U VOJNOJ USTANOVI „MOROVIĆ“ – EKONOMSKI ASPEKT	11
<i>Zoran Popović, Milan Pavlović, Zorica Jurišić</i> PRIMENA MATEMATIČKOG MODELA NA POSTUPKU PRERADE OPASNOG OTPADA	15
<i>Jasna Soldić-Aleksić, Biljana Chroneos-Krasavac</i> ANALIZA STRUKTURE INDEKSA SPREMNOSTI ZEMALJA ZA IMPLEMENTACIJU I PRIMENU NOVIH INFORMACIONO-KOMUNIKACIONIH TEHNOLOGIJA	19
<i>Lazar Čolić, Branislava Hristov</i> ZNAČAJ ŠVARCOVOG SISTEMA VREDNOSTI U PROCESU ODABIRA TURISTIČKIH ARANŽMANA	23

Electronic Commerce

<i>Predrag Vuletić, Živko Bojović</i> INTELIGENTNI UREĐAJI I MOBILNE KOMUNIKACIJE U POSLOVANJU ŽELEZNICE	28
<i>Jelena Cvijović, Dragana Todović</i> SPECIFIČNOSTI INDIREKTOG OGLAŠAVANJA U VIDEO IGRAMA	32
<i>Ivan Trebaljevac, Živko Bojović</i> AN SDN BASED SOLUTION FOR A SMART PARKING	36
<i>Milan Drašković, Milena Kukrić, Sava Smiljić</i> VIRTUELNE VALUTE, SAVREMENI SISTEMI ELEKTRONSKOG PLAĆANJA ROBA I USLUGA	40
<i>Jelena Končar, Sonja Leković</i> INDIKATORI KONKURENTNOSTI NA B2C ELEKTRONSKOM TRŽIŠTU	44
<i>Ivan Trebaljevac</i> THE BENEFITS OF IMPLEMENTING AN SDN NETWORKING IN E-COMMERCE	48
<i>Milica Kostić-Stanković, Dragana Todović, Jelena Cvijović</i> KARAKTERISTIKE MARKETINŠKIH AKTIVNOSTI U NEPROFITNIM ORGANIZACIJAMA	52

Energetics

<i>Jelisaveta Krstivojević, Milenko Đurić, Aleksandar Savić</i> UTICAJ ZASIĆENJA STRUJNIH TRANSFORMATORA NA ZEMLJOSPOJNU ZAŠTITU ENERGETSKIH TRANSFORMATORA	56
<i>Srećko Stanković, Miloš Ljubojević, Jelena Ristić, Vojkan Vasković</i> MERENJE AERO ZAGAĐENJA U REALNOM VREMENU KAO POLAZNA OSNOVA ZA INFORMISANJA I EDUKACIJU UČESNIKA U SAOBRAĆAJU	60
<i>Jovan Trifunović</i> PRIMENA METODE KONAČNIH ELEMENATA ZA RAZVOJ ALGORITAMA I FORMULA NEOPHODNIH ZA PROJEKTOVANJE UZEMLJIVAČA U USLOVIMA NESAVRŠENOG KONTAKTA IZMEĐU ELEKTRODA I TLA I UPOTREBE DODATNOG MATERIJALA ZA SMANJENJE KONTAKTNE OTPORNOSTI	64
<i>Jelisaveta Krstivojević, Milenko Đurić</i>	

DETEKCIJA UNUTRAŠNJIH KRATKIH SPOJEVA U ENERGETSKOM TRANSFORMATORU
PRIMENOM DIGITALNOG FAZNOG KOMPARATORA 68

Jovan Trifunović

METODA ZA PROCENU OPTIMALNE KOLIČINE DODATNOG MATERIJALA ZA
SMANJENJE OTPORNOSTI RASPROSTIRANJA KONTURNOG UZEMLJIVAČA 72

Finance and Bankin

Jelena Kočović, Marija Jovović, Milica Kočović

AKTUARSKI EFEKTI PREVREMENOG RASKIDA UGOVORA O OSIGURANJU ŽIVOTA 77

Nina Milenković

TRŽIŠNI MULTIPLIKATORI: JOŠ JEDAN KVANTITATIVNI METOD KOREKCIJE 81

Filip Milovanović

PREDNOSTI I NEDOSTACI SUKUK-A – ISLAMSKIH OBVEZNICA 85

Miloš Spasojević

PREDVIĐANJE BANKROTA PREDUZEĆA IZRAČUNAVANJEM ALTMANOVOG Z-SKORA
NA PRIMERU KOMPANIJE "NIS" A.D. NOVI SAD 89

Momčilo Bjelica

INFINITNA ITERACIJA OROČENJA INTERESA U JEDNOM PERIODU 93

Irena Janković

ULOGA GLOBALNOG VALUTNOG TRŽIŠTA I FINANSIJSKIH DERIVATA U SMANJENJU
VALUTNE NERAVNOTEŽE 97

Boris Radovanov, Aleksandra Marcikić

PROVERA EFIKASNOSTI TEHNIČKIH PRAVILA TRGOVINE NA PRIMERU BEOGRADSKE
BERZE 101

Violeta Cvetkoska

EVALUATING THE RELATIVE EFFICIENCY OF BANK BRANCHES BY USING THE
COOPER-FRAMEWORK 105

Rade Žugić, Milorad Zekić

BUDŽET KAO FINANSIJSKI INSTRUMENT ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE 109

Geographic Information Systems (GIS)

Mladen Z. Amović, Slavko S. Vasiljević, Radenko Višnjić, Miodrag Regodić, Dragoljub Sekulović

PODACI GIS U RUDARSKIM ISTRAŽIVANJIMA 115

Ljubomir Gigović, Miodrag Regodić, Miodrag Kostić

INTEGRACIJA GIS-A I VIŠEKRITERIJUMSKE TEHNIKE U VREDNOVANJU MANEVARSKE
POGODNOSTI ZEMLJIŠTA 119

Dragoljub Sekulović, Miodrag Regodić, Gordana Jakovljević

PRIMENA GIS TEHNOLOGIJE U IZRADI DIGITALNIH MODELA TERENA ZA VOJNE
POTREBE 123

Miodrag Regodić, Ljubomir Gigović, Zoran Bajić

SPATIAL IMPROVEMENT OF THE DIGITAL IMAGES QUALITY IN ORTHOPAEDICS 127

Aleksandar Ilić, Boban Milojković

VOJNE POTREBE ODREĐIVANJA POLOŽAJNE TAČNOSTI PROSTORNIH PODATAKA ZA
TERITORIJU REPUBLIKE SRBIJE 131

Civil Engineering

Slavoljub Tomić, Slobodan Pandžić

OPTIMALAN BROJ I RASPORED ORIJENTACIONIH TAČAKA ZA KONTOLU
GEOMETRIJSKIH KARAKTERISTIKA GRAĐEVINSKIH KONSTRUKCIJA
FOTOGAMETRIJSKOM METODOM 136

Ljiljana Milić Marković, Ljubo Marković, Velimir Dutina, Miljan Kovačević

MESTO I ULOGA VREDNOVANJA U PROCESU PROJEKTOVANJA
ŽELEZNIČKIH PRUGA 140

Ljubo Marković, Ljiljana Milić Marković, Miljan Kovačević, Jovana Jovanović

VIŠEKRITERIJUMSKE METODE ZA VREDNOVANJE I RANGIRANJE VARIJANTNIH
REŠENJA INVESTICIONIH PROJEKATA 144

Nenad Medić, Zoran Anišić

MULTI-CRITERIA DECISION-MAKING FOR OPTIMIZATION OF ENERGY EFFICIENCY
MEASURES IN BUILDINGS 148

Aleksandar Kostić, Slobodan Stanarević

IT INOVACIJE U UPRAVLJANJU PROJEKTIMA U GRAĐEVINARSTVU 152

Miroslav Marčeta, Slavoljub Tomić

PRIMENA BLISKOPREDMETNOG FOTOGAMETRIJSKOG SKENIRANJA KOD
INŽENJERSKIH RADOVA 156

Goran Čirović, Dragan Nikolić, Snežana Mitrović

ANALIZA POJAVE PRSLINA U AB KONSTRUKCIJAMA PRIMENOM GRUBIH SKUPOVA
160

Graphs and Networks

Bojana Mihailović, Marija Rašajski

PRIMERI PRESLIKAVANJA KOJA ČUVAJU REFLEKSIVNOST GRAFOVA 165

Information Systems

Tatjana Davidov, Saša Bošnjak

PRIMERI PRESLIKAVANJA KOJA ČUVAJU REFLEKSIVNOST GRAFOVA 170

Tanja Krunić

ANALIZA UZROKA IGNORISANJA META OZNAKE ZA PRIKAZ OPISA SADRŽAJA
VEB STRANICA U PRETRAŽIVAČIMA 174

Tatjana Davidov, Saša Bošnjak

PRODUKTIVNOST U RAZVOJU SOFTVERSKIH REŠENJA 178

Dejan Milenković, Dragoljub Simonović, Marina Jovanović Milenković

SISTEMI ZA UPRAVLJANJE DOKUMENTACIJOM U VELIKIM POSLOVNIM
ORGANIZACIJAMA 182

Ana Uzelac, Snežana Mladenović, Dragan Zoranović, Stefan Zdravković, Slađana Janković

KOMPARATIVNA ANALIZA IOT PLATFORMI 186

Darko Trifunović

DIGITAL STEGANOGRAPHY IN TERRORIST NETWORKS 190

Research and Development

Dušica Semenčenko, Đuro Kutlača, Lazar Živković, Dijana Štrbac

ISTRAŽIVANJE PREPREKA ZA NAUČNOISTRAŽIVAČKU SARADNJU U DUNAVSKOM
REGIONU 195

Dijana Štrbac, Đuro Kutlača, Lazar Živković

INDIKATORI TEHNOLOŠKIH PROMENA U REPUBLICI SRBIJI 199

Data Mining

Olivera Janković

PRIMJENA I EVALUACIJA KLASIFIKATORA VIŠESLOJNOG PERCEPTRONA ZA POTREBE
KLASIFIKACIJE LINEARNO NESEPARABILNIH PROBLEMA 208

Olivera Janković

TEXT MINING: EVALUACIJA PERFORMANSI SENTIMENT KLASIFIKACIJE SA OSVRTOM
NA UTICAJ PROCESA PREDPROCESIRANJA 212

Sandro Radovanović, Milan Vukićević, Ana Kovačević, Boris Delibašić, Milija Suknović

DATA PROPOSITIONALIZATION FOR IMPROVING 30-DAY HOSPITAL
RE-ADMISSION PREDICTION 216

Combinatorial Optimization

Jack Brimberg, Nenad Mladenović, Raca Todosijević, Dragan Urošević

SOLVING THE MAX-MEAN DIVERSITY PROBLEM WITH GENERAL VARIABLE
NEIGHBORHOOD SEARCH 221

Stefan Mišković

DINAMIČKI LOKACIJSKI PROBLEM MAKSIMALNOG POKRIVANJA SA VIŠE
POLUPREČNIKA 225

Petar Jovanović, Tatjana Davidović, Jasmina Lazić, Snežana Mitrović Minić

THE VARIABLE INTENSITY NEIGHBORHOOD SEARCH FOR 0-1MIP 229

Danijela Đorić, Rachid Benmansour, Said Hanafi, Nenad Mladenović, Raca Todosijević

RAILWAY MAINTENANCE OPTIMISATION PROBLEMS – A SURVEY 233

Tatjana Davidović, Nataša Kovač, Zorica Stanimirović

VNS-BASED APPROACH TO MINIMUM COST HYBRID BERTH
ALLOCATION PROBLEM 237

Aleksandar Kartelj, Zorica Dražić, Nenad Mladenović

BASIC VARIABLE NEIGHBORHOOD SEARCH FOR THE BIPARTITE
UNCONSTRAINED 0-1 QUADRATIC PROGRAMMING PROBLEM 241

Tatyana Levanova, Aleksander Gnusarev

HEURISTIC ALGORITHMS FOR THE LOCATION PROBLEM WITH
FLEXIBLE DEMAND 245

Samira Almoustafa, Nenad Mladenović

VARIABLE NEIGHBORHOOD SEARCH FOR ASYMMETRIC
DISTANCE-CONSTRAINED VEHICLE ROUTING PROBLEM 248

Nenad Mladenović, Daniel Aloise, Dragan Urošević, Dušan Džamić

IMPROVED VARIABLE NEIGHBORHOOD DECOMPOSITION SEARCH FOR
COMMUNITY DETECTION BY MODULARITY MAXIMIZATION 252

Ivana Vukićević Biševac, Danijela Pjevčević, Katarina Vukadinović

PROSTORNO RASPOREĐIVANJE OBJEKATA PRIMENOM OPTIMIZACIJE
KOLONIJOM PČELA 256

Marija Lukić, Stefan Marković

ROBUSNA OPTIMIZACIJA NA PRIMERU ODREĐIVANJA OPTIMALNOG PLANA
PROIZVODNJE 261

Nenad Stojiljković, Vladan Vučković

EFFICIENT PSEUDO-RANDOM GENERATOR FOR HOMOGENEOUS FILLING OF 2D
ARRAYS 265

<i>Dušan Džamić Aleksandar Đenić, Miroslav Marić</i> PARALLEL VARIABLE NEIGHBORHOOD SEARCH ALGORITHM TO MINIMIZE THE MAKESPAN ON HYBRID FLOW SHOP PROBLEMS	269
--	-----

Logistics

<i>Vlado Popović, Milorad Kilibarda, Milan Andrejić</i> IZBOR POŠILJKI ZA UTOVAR I NJIHOVO RASPOREĐIVANJE U TOVARNOM PROSTORU POMOĆU CONSTRAINT PROGRAMINGA	274
<i>Milan Andrejić, Milorad Kilibarda, Vlado Popović</i> ANALIZA EFIKASNOSTI DISTRIBUTIVNIH PROCESA U KOMPANIJAMA ZA PROIZVODNJU I DISTRIBUCIJU PIĆA	278
<i>Nenad Bjelić, Milorad Vidović, Branislava Ratković, Dražen Popović</i> MILP FORMULATION FOR SOLVING THE PROBLEM OF SCHEDULING BATTERY OPERATED MATERIAL HANDLING VEHICLES IN THE CASE OF THE BATTERY SWAP STRATEGY	282
<i>Gordana Radivojević, Vladimir Gajović</i> MODEL ZA OCENU RIZIKA LOGISTIČKOG PROCESA	286
<i>Vladimir Bukvić</i> PREDLOG UNAPREDJENJA MODELA SISTEMA LOGISTIKE	290
<i>Marina Milenković, Draženko Glavić, Miloš Nikolić</i> ODREĐIVANJE BROJA I LOKACIJA BAZA ZA ZIMSKO ODRŽAVANJE PUTEVA - STUDIJA SLUČAJA PUTNE MREŽE RASINSKOG OKRUGA	294
<i>Slobodan Aćimović, Veljko Mijušković, Dušan Marković</i> ALATI ZA IMPLEMENTACIJU GLOBALNIH NABAVNIH ARANŽMANA	298
<i>Slobodan Aćimović, Veljko Mijušković, Dušan Marković</i> GLOBALNA NABAVKA- ZNAČAJ I PERSPEKTIVE PRIMENE	302
<i>Milorad Vidović, Milorad Kilibarda</i> MS EXCEL SIMULATION MODEL TO DIMENSIONING SUBSYSTEMS OF LOGISTICS CENTER AND ROAD-RAIL INTERMODAL TERMINAL	306

Mathematical Programming

<i>Vladimir Baltić</i> METODIČKI PRISTUP LINEARNOM PROGRAMIRANJU	311
<i>Slobodan Jelić</i> ON THE FRACTIONAL GROUP STEINER TREE PROBLEM	315
<i>Dorđe Stakić, Radoslav Rajković, Dušan Tošić, Nenad Zrnić</i> EVALUATION OF PARETO OPTIMAL SOLUTIONS IN INTERMODAL NETWORKS	319
<i>Duško Letić, Ivana Berković, Biljana Radulović, Dragica Radosav</i> GENERALIZATION OF HYPERCYLINDICAL FUNCTION	323
<i>Lazar Čolić, Marina Petrović</i> APROKSIMACIJA MODIFIKOVANE TABELE KONTINGENCIJE DŽORDANOVOM DEKOMPOZICIJOM: IZBOR POŽELJNE KOMBINACIJE RADNIH DANA ZA ODRŽAVANJE KONSULTACIJA SA STUDENTIMA	328
<i>Vladimir Baltić</i> APPLICATIONS OF THE FINITE STATE AUTOMATA FOR COUNTING COMPOSITIONS	332
<i>Bogdana Stanojević, Milan Stanojević</i> A NEW PROCEDURE FOR GENERATING GOOD APPROXIMATIONS TO THE NON- DOMINATED SETS OF BI-OBJECTIVE LINEAR FRACTIONAL PROGRAMMING PROBLEMS	336

<i>Ana Anokić</i>	
MILP MODEL FOR VEHICLE SCHEDULING PROBLEM CONSIDERING THE TRANSPORT OF AGRICULTURAL RAW MATERIALS	340
<i>Dimitrije Čvokić</i>	
ELASTIC DEMAND PRICING IN COMPETITIVE SINGLE ALLOCATION HUB LOCATION AND PRICING PROBLEM	344
<i>Bisera Andrić Gušavac, Milan Stanojević</i>	
MODELIRANJE PROBLEMA KORIŠĆENJA POLJOPRIVREDNE AVIJACIJE	348
Soft Computing	
<i>Dragan Radojević</i>	
BULOVSKI KONZISTENTA NPN LOGIKA	354
<i>Pavle Milošević, Ana Poledica, Aleksandar Rakićević, Bratislav Petrović, Dragan Radojević</i>	
GRAFIČKA INTERPRETACIJA IFS-IBA PRISTUPA	358
<i>Aleksandar Rakićević, Ivan Nešić, Pavle Milošević, Bratislav Petrović, Dragan Radojević</i>	
IZBOR INVESTICIONOG PORTFOLIJIA PRIMENOM LOGIČKOG HIJERARHIJSKOG KLASTEROVANJA	362
Management	
<i>Saša Veljković, Zoran Bogetić</i>	
ORIJENTISANOST NA BREND, INOVATIVNOST I RAZVOJ DUGOROČNIH ODNOSA KAO PRETPOSTAVKE USPEŠNOG POSLOVANJA	367
<i>Marina Brbaklić Tepavac, Aleksandra Vukmirović</i>	
ZNAČAJ DRUŠTVENIH MREŽA U PROCESU PLANIRANJA I SPROVOĐENJA MARKETING KAMPANJA	371
<i>Zoran Nešić, Nebojša Denić, Miroslav Radojičić, Jasmina Vesić Vasović</i>	
SOME CONSIDERATION ON THE SPECIFICS OF IT PROJECTS MANAGEMENT	375
<i>Vladimir Bukvić</i>	
AKSIOMATSKO ZASNIVANJE ORGANIZACIONIH NAUKA, NACRT TVRDOG JEZGRA	379
<i>Milena Knežević, Branko Tešanović</i>	
BUYŽETIRANJE I UPRAVLJANJE NA OSNOVU UČINKA	383
<i>Milena Vukić, Marija Kuzmanović, Milan Martić</i>	
HETEROGENOST PREFERENCIJA GASTRONOMSKIH TURISTA U SRBIJI	387
<i>Tijana Blažić, Marija Kuzmanović</i>	
PROSOCIJALNO PONAŠANJE ILI INDIVIDUALIZAM U SRBIJI: REZULTATI EKSPERIMENTA	391
<i>Irina Dunčević, Dragoljub Simonović, Marina Jovanović Milenković</i>	
PRIMENA SERVQUAL METODE U ELEKTRONSKOM ZDRAVSTVU	395
<i>Katarina Arizanović Milošević, Lana Lalić</i>	
SPECIFIČNOSTI IMENA KAO ELEMENTA BRENDA IDENTITETA U FARMACEUTSKOJ INDUSTRIJI	399
<i>Katarina Arizanović Milošević, Branka Jovanović</i>	
LOGO KAO ELEMENT BRENDA I NJEGOV UTICAJ NA ORIGINALNI POSLOVNI IDENTITET UZ PRIKAZ SLUČAJA ENERGETSKOG PIĆA GUARANA	403
<i>Janko Cijanović, Mališa Žižović, Nada Damljanović, Dragan Turanjanin</i>	
MENADŽMENT VISOKOŠKOLSKIH USTANOVA I ISPITNI ROKOVI	407

Business Intelligence Decision Making

Sonja Išljamović, Srđan Lalić

UTICAJ SREDNJOŠKOLSKOG OBRAZOVANJA NA USPEH VISOKOŠKOLSKE
EDUKACIJE: STUDIJA SLUČAJA SA FAKULTETA ORGANIZACIONIH NAUKA 412

Srđa Bjeladinović, Milija Suknović, Zoran Marjanović

PRIMENA PREDIKCIONIH TEHNIKA ZA ANALIZU SMANJENJA ODLIVA KLIJENATA, NA
PRIMERU TELEKOMUNIKACIONE KOMPANIJE U SRBIJI 416

Darko Božanić, Samed Karović, Dragan Pamučar

FAZIFIKACIJA SAATY-JEVE SKALE PRIMENOM TROUGLASTOG FUZZY BROJA SA
PROMENLJIVIM INTERVALOM POVERENJA 420

Dragoljub Gajić, Aleksandar Brković, Jovan Gligorijević, Ivana Savić-Gajić, Olga Georgieva

BEARING FAULT DETECTION BASED ON WAVELET TRANSFORM AND STATISTICAL
PATTERN RECOGNITION 425

Sonja Išljamović, Rade Lazović

PRIMENA ANALITIČKOG HIJERARHIJSKOG PROCESA ZA RANGIRANJE
DRŽAVA SA BALKANA PO INDIKATORU EKOLOŠKIH PERFORMANSI 429

Agriculture, Forestry and Hydraulicity

Vesna D. Jablanović

IRREGULAR CONSUMPTION CYCLES 434

Ivana Lečojški-Milojkić

PROFITABILNOST ORGANSKE POLJOPRIVREDNE PROIZVODNJE: STUDIJA
SLUČAJA KUKURUZA 437

Military Defense Applications

Paun Lučanović, Dragan Lučanović, Dragan Bojanić

OPTIMIZACIJA TROŠKOVA VOJNIH USTANOVA 442

Dejan Stojković

PRIMENA OPERACIONIH ISTRAŽIVANJA U STRATEGIJSKOM PLANIRANJU
ODBRANE 446

Dalibor Petrović, Vlada Mitić, Ivan Mudri

VATRENA SPOSOBNOST BESPILOTNOG HELIKOPTERA NAORUŽANOG NEVOĐENIM
RAKETNIM ZRNIMA U PROTIVOKLOPNOJ BORBI 450

Vlada Mitić, Dalibor Petrović

MODEL RAZVOJA VATRENE SPOSOBNOST TAKTIČKIH JEDINICA KOPNENE
VOJSKE U IZVRŠAVANJU ZADATKA PROBOJA 454

Ivana Cvetković, Nebojša Dragović, Ivan Petrović

RASTUĆI TROŠKOVI BORBENIH SISTEMA – PRIMER BORBENIH AVIONA 458

Коста Велимировић, Немања Велимировић

ВИШЕКРИТЕРИЈУМСКА ОПТИМИЗАЦИЈА ПЕЊАЊА ЕЛЕКТРИЧНЕ БЕСПИЛОТНЕ
ЛЕТЕЛИЦЕ, РАЧУНАРСКИ ПРОГРАМ "ВРАБАЦ" 462

Milan Kankaraš, Srđan Dimić, Ivana Cvetković

RANGIRANJE KANDIDATA U PROCESU SELEKCIJE LJUDSKIH RESURSA 466

Aleksandar Milić, Samed Karović, Rade Slavković

OCENA MODELA ZA IZRADU MINSKIH POLJA PRIMENOM METODE „MENOR“ 470

Srđan Dimić, Srđan Ljubojević, Milan Kankaraš

FORMULISANJE OPCIJA STRATEGIJSKOG UPRAVLJANJA TRANSPORTOM PRIMENOM
FUZZY SWOT ANALIZE 474

<i>Dragan Pamučar, Vesko Leskovic, Darko Božanić</i>	
IZRADA PORTFOLIO MATRICE ZA ANALIZU LJUDSKIH RESURSA PRIMENOM FUZZY LOGIČKOG SISTEMA TIP-2	478
<i>Nebojša Nikolić</i>	
RANKING OF MOTIVES FOR SERVICE IN MILITARY ACTIVE RESERVE	482
<i>Samed Karović, Hajradin Radončić, Rade Slavković</i>	
UTVRĐIVANJE OSNOVNIH KARAKTERISTIKA OSPOSOBLJENOSTI KOMANDI ARTILJERIJSKIH JEDINICA ZA PODRŠKU PRIMENOM FAKTORSKE ANALIZE	486
<i>Goran Radovanović, Samed Karović</i>	
UTVRĐIVANJE OSNOVNIH KARAKTERISTIKA OSPOSOBLJENOSTI KOMANDI ARTILJERIJSKIH JEDINICA ZA PODRŠKU PRIMENOM FAKTORSKE ANALIZE	490
Traffic, Transportation and Communication	
<i>Hana Stefanović, Dejan Milić, Verica Vasiljević</i>	
AN EFFECT OF HIGH POWER AMPLIFIER NONLINEARITY ON THE SIGNAL CONSTELLATION IN SATELLITE COMMUNICATIONS	495
<i>Emir Ganić, Marina Dobrota, Obrad Babić</i>	
NOISE ABATEMENT MEASURES ON AIRPORTS: MUTUAL DEPENDENCE	500
<i>Marko Kapetanović, Dušan Teodorović, Nebojša Bojović</i>	
RAZVOJ FAZI LOGIČKOG SISTEMA ZA UPRAVLJANJE KOLOSEČNIM KOČNICAMA U ŽELEZNIČKOJ STANICI BEOGRAD RANŽIRNA	504
<i>Tatjana Krstić Simić, Obrad Babić</i>	
ISTRAŽIVANJE UTICAJA NAČINA UPRAVLJANJA SAOBRAĆAJEM NA MERE PERFORMANSI OBAVLJANJA SAOBRAĆAJA NA AERODROMIMA	508
<i>Slavica Dožić, Danica Babić</i>	
EFIKASNOST AVIOKOMPANIJA U EVROPSKOJ UNIJI: PRIMENA AHP I DEA METODA	512
<i>Jovana Kuljanin, Milica Kalić</i>	
MOBILNOST PUTNIKA U SLUAJU FORMIRANJA ALIJANSI SA KOMPLEMENTARNIM RUTAMA: STUDIJA SLUAJA AVIOKOMPANIJA AIR SERBIA I ETIHAD AIRWAYS	516
<i>Miloš Nikolić, Dušan Teodorović</i>	
REŠAVANJE PROBLEMA TRGOVAČKOG PUTNIKA METAHEURISTIKOM OPTIMIZACIJA KOLONIJOM PČELA	520
<i>Milica Šelmić, Dejan Ivanov, Dragana Macura</i>	
LOCIRANJE ZNAKOVA O SLOBODNIM PARKING MESTIMA PRIMENOM FAZI VIŠEKRITERIJUMSKOG ODLUČIVANJA	524
<i>Fedja Netjasov</i>	
TERMINAL AIRSPACE TRAFFIC COMPLEXITY AS A TASK-LOAD AND SAFETY PERFORMANCE INDICATOR	528
<i>Sergej Cvijetić, Feđa Netjasov</i>	
PRIMENA FUNKCIONALNE ANALIZE REZONANCE U ISTRAŽIVANJU UDESA VAZDUHOPLOVA	532
<i>Branka Dimitrijević, Vladimir Momčilović</i>	
MODEL ZA OCENU VOZAČA U LANCIMA SNABDEVANJA	537
Simulation	
<i>Njegoš Slavković, Kristian Iker, Milorad Stanojević, Marko Đogatović</i>	
SIMULACIJA REDA PREVOZA U POŠTI SRBIJE PRIMENOM MOBILNOG PROGRAMIRANJA	542

<i>Kristian Iker, Marko Đogatović, Milorad Stanojević</i>	
ANIMACIJA STOHAŠTIČKE SIMULACIJE PRIMENOM HTML5 KANVASA	546
<i>Dušan Tadić, Marko Đogatović, Milorad Stanojević</i>	
SIMULACIJA ŠALTERSKE SLUŽBE POŠTE PRIMENOM KLASIČNE DEVS SPECIFIKACIJE	550
<i>Милорад Ескић, Душан Ескић</i>	
СИМУЛАЦИЈА ОТПОРА КРЕТАЊУ БИЦИКЛА НА ТРЕНАЖЕРУ ЗА ИЗВОЂЕЊЕ ВЕЖБИ СНАГЕ И ИЗДРЖЉИВОСТИ	554

Statistical Models

<i>Nemanja Milenković, Aleksandar Đoković, Miloš Parežanin, Predrag Kalaba, Dragan Vukmirović</i>	
STRATEGIJA EVROPA 2020 I GLAVNI INDIKATORI RAZVOJA EVROPSKE UNIJE	560
<i>Srđan Blagojević, Dragan Bojanić</i>	
METODSKI PROBLEMI UTVRĐIVANJA VREDNOSTI PRISTRASNOSTI PRI REALIZACIJI UZORKA U POLITIKOLOŠKIM ISTRAŽIVANJIMA USLED POJAVE NEODGOVORA	564
<i>Jelena Stanojević</i>	
OCENE INDEKSA EKSTREMNE VREDNOSTI I NJIHOVO MOGUĆE POREDZENJE	567
<i>Ivana Ivković</i>	
ANALIZA I PRIMENA LOG-LINEARNIH I LOGIT MODELA U TRODIMENZIONALNIM TABELAMA KONTINGENCIJE	571
<i>Miroslav Todorović, Maja Milosavljević</i>	
SAVREMENA PRAKSA STATISTIČKOG UZORKOVANJA KOD REVIZIJSKIH TESTOVA KONTROLA	575
<i>Igor Banjac, Marina Jovanović Milenković, Dragan Vukmirović</i>	
DEMOGRAFSKA PROJEKCIJA STANOVNIŠTVA REPUBLIKE SRBIJE	579
<i>Dana Bucalo Jelić</i>	
PRIMENA LINEARNE REGRESIJE U DYNAMIC PRICING-U	583
<i>Marija Boričić</i>	
SAGLASNOST I POTPUNOST VEROVATNOSNIH PRAVILA ZAKLJUČIVANJA	586
<i>Dana Bucalo Jelić, Radojka Maletić</i>	
NEKI MATEMATIČKI MODELI ZA OCENU PARAMETARA STABILNE RASPODELE	589
<i>Milorad Paunović, Milorad Eskić</i>	
UTICAJ NEOPLASTČNIH OBOLJENJA NA POJAVU DEHISCENCIJE LAPAROTOMIJE	593

Stochastic Models and Time Series

<i>Jelena Milutinović</i>	
ZNAČAJ PROGNOZIRANJA U PROCESU IMPLEMENTACIJE NOVE USLUGE	598
<i>Bratislav Lazić, Nebojša Bojović, Gordana Radivojević, Gorana Šormaz</i>	
PRIMENA BOX-JENKINS PRISTUPA ZA PROGNOZIRANJE BROJA VOZILA NA DEONICAMA AUTOPUTEVA U SRBIJI	602
<i>Sanja Lončar, Nataša Papić-Blagojević</i>	
PRIMENA I-STAR MODELA NA OCENJIVANJE TROŠKOVA MARKET IMPAKTA FINANSIJSKOG INSTRUMENTA U VISOKO-FREKVENTNOM TRGOVANJU	606
<i>Tatjana Atanasova-Pačemska, Elena Mitreva, Martin Lapevski</i>	
APPLICATION OF ECONOMIC-MATHEMATICAL MODELS FOR ASSESSMENT OF UNEMPLOYMENT OF YOUNG PEOPLE	610

Production and Stock Management

Marko Backović, Zoran Popović, Mladen Stamenković, Veljko Bojović

MODELIRANJE UPRAVLJANJA ZALIHAMA PRIMENOM NEKOOPERATIVNIH
IGARA: PREGLED TEORIJSKIH NALAZA 616

Risk Management

Petra Tanović, Goran Stefanović, Branko Babić

ZAŠTITA OD POPLAVA U INDUSTRIJSKOJ ZONI ŠABAC - POGON BELI LIMOVI 621

Radul Milutinović, Biljana Stošić, Dragana Makajić-Nikolić

HIBRIDNI MODEL ZA IDENTIFIKACIJU RIZIKA U PROJEKTIMA INOVACIJA
PROIZVODA 626

Branko Babić

POSLEDICE POPLAVA U REPUBLICI SRBIJI 2014. GODINE 630

Petar Pavlović, Dragana Makajić-Nikolić, Mirko Vujošević

NOVI PRISTUP ODREĐIVANJU K NAJZNAČAJNIJIH KOMPONENTI SISTEMA 634

Mehrzaad Abdi Khalife, Iraj Mahdavi

OPTIMIZATION MODELING IN CONSTRUCTION PROJECT RISK MITIGATION,
LITERATURE REVIEW 638

Biljana Panić, Dragana Makajić-Nikolić, Mirko Vujošević

UTICAJ SKLONOSTI KA RIZIKU NA TROŠKOVE U LANCIMA SNABDEVANJA 642

Snežana Kirin, Aleksandar Sedmak

INTEGRALNI PRISTUP UPRAVLJANJU RIZIKOM SAVREMENIH INDUSTRIJSKIH
SISTEMA 650

Multicriteria Analysis and Optimization

Tatjana Atanasova-Pačemska, Martin Lapevski, Riste Timovski

APPLICATION OF THE AHP IN THE PROCESS OF SELECTION OF THE BEST
MATHEMATICAL SOFTWARE SOLUTIONS 655

Emmanouil Stiakakis, Angelo Sifaleras

COMPARISON OF DEA MODELS RELATING E-HEALTH AND HOSPITAL EFFICIENCY 659

Milena Popović, Gordana Savić, Milan Martić

OSNOVNI KONCEPT I PREGLED PRIMENA DVOFAZNOG AHP/DEA PRISTUPA 663

Aleksandra Marcikić, Boris Radovanov

PRIMENA DEA METODA U ANALIZI EFIKASNOSTI DOŽIVOTNOG UČENJA
EVROPSKIH ZEMALJA 667

Željko Stević, Ilija Tanackov, Slavko Vesković, Marko Vasiljević, Bojana Ristić

ODLUČIVANJE O NABAVCI MATERIJALA PRIMENOM AHP METODE 671

Žarko Rosić, Olivera Mihić

UPOREĐIVANJE REZULTATA SINTEZE ANTENSKOG NIZA DOBIJENIH PREKO DOLPH-
ČEBIŠEVljeve METODE I OPTIMIZACIONE GLO METOD 675

Dejan Kršljanin

VIŠEKRITERIJUMSKA ANALIZA PRETNJI INFORMACIONO-KOMUNIKACIONOM
SISTEMU 679

Mathematical Programming and Combinatorial Optimization

Aleksander Strekalovsky

GLOBAL SEARCH IN NONCONVEX OPTIMIZATION PROBLEMS 686

Nina Turajlić, Nenad Mladenović

NOVA HIBRIDNA HEURISTIKA ZA SELEKCIJU SERVISA NA OSNOVU NEFUNKCIONALNIH KARAKTERISTIKA	689
<i>Jack Brimberg, Nenad Mladenović, Raca Todosijević, Dragan Urošević</i>	
NESTED VARIABLE NEIGHBORHOOD SEARCH	693
<i>Stefana Janićijević, Nenad Mladenović, Radovan Obradović</i>	
GENERAL VARIABLE NEIGHBORHOOD SEARCH FOR MAXIMUM VERTEX WEIGHTED CLIQUE	697
<i>Hajradin Radončić</i>	
ANALITIČKI HIJERARHIJSKI PROCES U ODREĐIVANJU ZNAČAJA ELEMENATA KOMANDOVANJA U MULTINACIONALNIM OPERACIJAMA	703
Index	707

ECOLOGY

Razvoj edukativne igre za podizanje ekološke svesti

Jelena Minović

*Institut ekonomskih nauka, Zmaj Jovina 12
e-mail: jelena.minovic@ien.bg.ac.rs*

Miroslav Minović

*Fakultet organizacionih nauka, Jove Ilića 154
e-mail: miroslav.minovic@fon.bg.ac.rs*

Božo Drašković

*Institut ekonomskih nauka, Zmaj Jovina 12
e-mail: bozo.draskovic@ien.bg.ac.rs*

Apstrakt. U radu je predstavljena edukativna igra bazirana na modelu flash kartica, kao i simulaciji prey-predator modela. Cilj igre jeste edukacija, to jest podizanje svesti o očuvanju životne sredine u Srbiji. Prikazana igra pokazuje i šta se dešava u graničnim slučajevima kada prey populacije ima malo i kada predator populacije ima mnogo, i suprotno, na primeru rezervata prirode.

Ključne reči: Prey-Predator model, Edukativna igra, Specijalni rezervati prirode, Ekologija.

1. Uvod

Usled retkosti prirodnih dobara unutar zaštićenih područja postoje permanentne sklonosti nekih posetilaca i stanovništva da degradiraju prirodna dobra i vrednosti. Na negativne uticaje na ekološki zaštićena područja može se delovati razvojem odgovornosti i ekološke svesti kod stanovnika i posetilaca u zaštićenim zonama. Edukacijom usmerenom na sticanje znanja i navika kod posetilaca pa i kod dela stanovništva se može značajno uticati na povećanje odgovornosti i pažnje u zaštiti prirodnih vrednosti i dobara.

Specijalni rezervati prirode (SRP) predstavljaju posebno zaštićena područja životne sredine u čijim okvirima su zakonom definisani uslovi i obaveze zaštite biljnih i životinjskih vrsta kao i drugih prirodnih

vrednosti kao što su zemljište, vode, vazduh, kulturne i istorijske vrednosti koje se nalaze unutar zona zaštite (Drašković, 2013).

Salen (2008) navodi da koncept igranja i učenja datira još od davne 1840. godine, gde je primer za to edukativna institucija nazvana "kindergarten" u kojoj se uči kroz korišćenje igara i igru (Jordan i Suthers, 2012). O značaju razvoja igara u edukaciji pisali su Bishop (2014), Stott i Neustaedter (2013), Jordan i Suthers (2012), Lee i Hammer (2011), i drugi. Razvojem edukativnih igara u ekologiji bavili su se Westelius (2013) i Widawska-Stanis (2014).

U ovom radu je predstavljena edukativna igra, koja sadrži simulator prey-predator modela na ekološkom primeru Specijalnih rezervata prirode (Zasavica, Stari Begej-Carska Bara i Uvac) u Srbiji. Cilj ove igre je

edukacija, to jest podizanje svesti o očuvanju prirode i značaju prey-predator jedinki za održivi razvoj. Pre nego što predstavimo edukativnu igru, biće data teorijska postavka prey-predator modela koji je ugrađen u razvijenu igru.

Rad je organizovan na sledeći način: prva glava sadrži uvod, druga sadrži teorijsku postavku prey-predator modela, treća glava prikazuje edukativnu ekološku igru i u četvrtoj glavi je dat zaključak.

2. Prey-Predator sistemi

Prey-predator sistemi spadaju u nelinearne kompleksne sisteme. Lotka (1925) – Volterra (1926) model je jedan od najstarijih prey-predator modela baziran na osnovnim matematičkim principima. On čini osnovu mnogih modela koji se danas koriste u analizi dinamike populacije (McKelvey, 1996). Uobičajeno je da se Lotka-Volterra model predstavlja u kontinualnoj vremenskoj verziji, međutim ovde će biti predstavljena diskretna vremenska forma kao u De Lara and Doyen (2008) koji su proučavali stabilnost ravnoteže ovog modela.

2.1. Diskretna forma Lotka-Volterra modela

De Lara and Doyen (2008) označavaju sa $N_i(t)$ broj jedinki neke vrste $i \in \{1, \dots, n\}$ na početku perioda $[t, t+1)$. Dinamika ekosistema i interakcija između vrsta se prikazuje Lotka-Volterra modelom:

$$N_i(t+1) = N_i(t) \left(R_i + \sum_{j=1}^n S_{ij} N_j(t) \right) \quad (1)$$

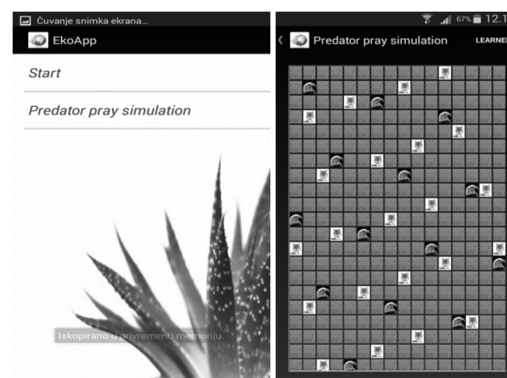
Prey populacija raste u odsustvu predatora (one vrste i za koje je $R_i \geq 1$, dok konzumenti (predatori) umiru u odsustvu plena (kada je $R_i < 1$). Efekat i na j je dat članom S_{ij} tako da i konzimira j kada je $S_{ij} > 0$ i i je žrtva (plena) j ako je $S_{ij} < 0$. U ovom modelu ćemo predstaviti efekat plena j na konzumenta i sa $S_{ij} = -e_{ij} S_{ji}$, gde je e_{ij} efikasnost konverzije ($e < 1$ kada je veličina konzumenata veća od veličine plena). Jačina direktnih unutar

specifičnih interakcija je data sa $S_{ii} < 0$. Mogući mehanizmi koji stoje iza takvog samo-ograničenja uključuju međusobne smetnje i konkurenciju za prehrambene resurse.

Holzbecher (2007) navodi da čak i jednostavni nelinearni sistemi mogu ispoljiti haotično ponašanje. U stvari, kaos u pomenutom smislu može biti okarakterisan svojstvom da male devijacije u početnom stanju vode do značajnih devijacija u kasnijim (krajnjim) stanjima. Stoga, treba imati na umu da dinamički sistemi mogu ispoljiti „čudno“ ponašanje (Holzbecher, 2007).

3. Razvoj edukativne igre

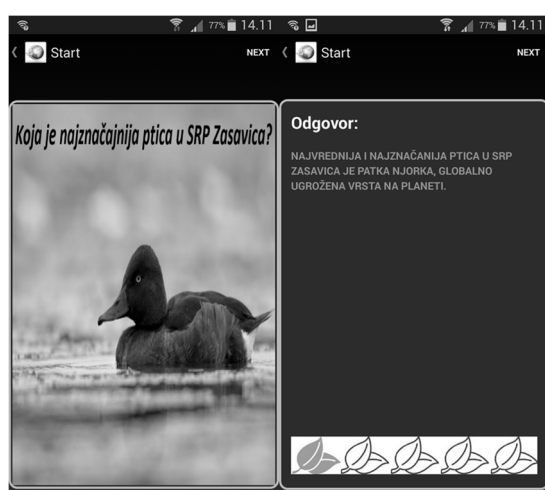
U ovoj glavi predstavljamo edukativnu ekološku igru razvijenu za sva tri SRP u Srbiji: Zasavicu, Uvac i Stari Begej-Carsku Baru. Igra je razvijena za Android platformu. Za navedene SRP prvo analiziramo prey-predator populacije. Dakle, za Zasavicu je karakteristična prey populacija ribe *Umbra krameri*, kao i patka njorka koja je globalno ugrožena vrsta. Za Uvac je karakteristična predator populacija beloglavog supa (*Gyps fulvus*). Beloglavi sup je lešinar koji u prirodi predstavlja bitan činilac u lancu ishrane. Takođe, služi i za čišćenja prirode kroz sprečavanje širenja zaraznih bolesti (Drašković, Minović, Domazet, 2014). Za Stari Begej - Carsku Baru karakteristična je takođe predator populacija ptica kormoran. Kormoran je štetočina i lovi velike količine ribe iz veštačkih ribnjaka (Drašković, 2013).



Slika 1. Početni ekran za simulaciju i primenu prey-predator modela.

Pokretanjem simulacije, korisnik može da vidi kretanje brojnosti prey i predator populacije, na datom polju. Kako se inicijalni parametri simulacije biraju slučajno, iz empirijski zadatog opsega, ishod svakog pojedinačnog pokretanja će biti drugačiji, što čini igru zanimljivijom, ali i omogućuje korisniku da vidi različite scenarije, do kojih može doći u prirodi, u slučaju narušavanja brojnosti bilo prey ili predator populacije.

Drugi deo igre je zasnovan na modelu flash kartica, pri čemu je dovoljno da korisnik protrese telefon, kao znak da je "promešao" karte, i biće prikazana nova kartica.



Slika 2. Prikaz naslovne strane i poledine jedne kartice

4. Zaključak

Ekonomski podsticaji za razvijanje svesti stanovništva da se angažuje u zaštiti zaštićenih prirodnih dobara, nalaze se u koristima koje stanovništvo ostvaruje od porasta broja posetilaca i pružanja turističkih usluga. Ekološki turizam postaje sve više traženi oblik turističkih usluga u čijoj osnovi se nalaze očuvane prirodne vrednosti i raznolikost ambijenta koji čini prirodni rezervat. U razvijanju ekološke svesti kroz razvoj turističke ponude, bitno je to da se ima u vidu dozvoljeni nivo korišćenja kapaciteta. Poseban problem razvoja ekološke odgovornosti i svesti o potrebi očuvanja prirodne jedinstvenosti i raznovrsnosti biljnih i životinjskih vrsta i ambijenta rezervata predstavlja mogućnost uticaja na aktere koji

svoje lične ekonomske koristi daleko više vrednuju u odnosu na očuvanje prirodnih vrednosti. Na ovom planu se može delovati sinhronizovano na dva načina. Edukacijom i treningom se može uticati na mlađe generacije, a zakonskom represijom i kaznama na one pripadnike zajednice koji imaju sklonost da u cilju maksimiziranja svojih ličnih parcijalnih interesa minimiziraju ekološke i šire društvene koristi koje sa sobom nose zaštićena prirodna područja.

Sa druge strane, igra za mobilni telefon predstavlja pogodan izbor platforme za plasiranje ovakvih stavova i podizanje ekološke svesti. Kako je Android platforma u Srbiji dominantna, prva verzija igre je za nju i razvijena. U buduću je planiran razvoj igre i za druge mobilne platforme, kao i proširenje funkcionalnosti igre, koje bi omogućilo korisnicima da kreiraju sadržaj, tako što bi dodavali nove flash kartice u sistem. Iste bi bile na raspolaganju drugim korisnicima, zainteresovanim za određeni rezervat prirode.

Zahvalnica. *Minović J. i Drašković B. su zahvalni na sredstvima Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije (istraživački projekti pod šiframa 47009 i 179015).*

Bibliografija

- [1] **B. Drašković.** Upravljanje resursima zaštićenih područja u Srbiji. *Institut ekonomskih nauka i Beogradska bankarska akademija, Fakultet za bankarstvo, osiguranje i finansije*, Beograd Srbija, 2013.
- [2] **K. Salen.** Toward an Ecology of Gaming. *In: D. John and T. Catherine (eds), The Ecology of Games: Connecting Youth, Games, and Learning, The MacArthur Foundation Series on Digital Media and Learning, Cambridge, MA: The MIT Press, 2008, pp. 1–20.*
- [3] **P. Jordan, D.D. Suthers.** Games and Learning: Gamification in formal educational settings, 2013, <http://www2.hawaii.edu/~philippj/resources/Gamification.pdf>.
- [4] **J. Bishop.** Gamification for Human Factors Integration: Social, Education, and Psychological Issues. *In Advances in Human*

- and Social Aspects of Technology (AHSAT), Published in the United States of America by Information Science Reference (an imprint of IGI Global), 2014.*
- [5] **A. Stott, C. Neustaedter.** Analysis of Gamification in Education, Surrey, BC, Canada, 2013, <http://clab.iat.sfu.ca/pubs/Stott-Gamification.pdf>.
- [6] **J. Lee, J. Hammer.** Gamification in Education: What, How, Why Bother?. *Academic Exchange Quarterly*, 2011, 15(2).
- [7] **A. Westelius.** Gamification: a promising avenue for education: the minecraft ecology case. *Mercury*, 2013, 2(3), 34-39.
- [8] **A. Widawska-Stanis.** Gamification as a new trend in marketing. *Маркетинг і менеджмент інновацій*, 2014, 4, 57-64.
- [9] **A.J. Lotka.** Elements of Mathematical Biology. *Dover Publ., New York*, 1956, p. 465.
- [10] **V. Volterra.** Fluctuations in the abundance of a species considered mathematically. *Nature*, 1926, 118, 558–560.
- [11] **S. McKelvey.** Lotka-Volterra Two Species Model. 1996 <http://www.stolaf.edu/people/mckelvey/envision.dir/nonDE.lotka-volt.html>
- [12] **M. De Lara, L. Doyen.** Sustainable Management of Natural Resources. Mathematical Models and Methods. *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*, 2008.
- [13] **E. Holzbecher.** Environmental Modeling Using MATLAB. *Springer-Verlag, Berlin Heidelberg*, 2007.
- [14] **B. Drašković, J. Minović, I. Domazet.** Značaj zaštićenih prirodnih područja za održivi razvoj Srbije. *Ecologica*, 2014, 21(74), 151-155.

Aktivizam mladih i zaštita životne sredine

Tatjana Borojević

Panacea solution, Bulevar Mihajla Pupina 10A, 11070 Beograd

e-mail: tatjana.borojevic@panacea.rs

Nataša Petrović

Univerzitet u Beogradu – Fakultet organizacionih nauka, *Jove Ilića 154, 11040 Beograd*

e-mail: petrovicn@fon.bg.ac.rs

Drago Vuk

3University of Maribor - Faculty of Organizational Sciences, Kidriceva cesta 55a, SI-4000 Kranj, Slovenia

e-mail: drago.vuk@fov.uni-mb.si

Apstrakt. Noviji politički okviri, koji se tiču dobrobiti mladih su mahom usvajali okvir podrške relevantnom starosnom dobu, pristup socijalnoj inkluziji, ciljanu asistenciju onima koji su ugroženi, i više platformi za izražavanje mladih ljudi, koji se zalažu za zaštitu životne sredine i održivi razvoj. Međutim, uprkos posvećenosti ovih političkih odluka konsultovanju mladih i njihovoj participaciji, i dalje ne postoji konsenzus oko načina i implementacije te posvećenosti i načina implementacije u različitim programskim područjima. Ovaj rad daje okvir za razumevanje raznih mogućih formi participacije mladih u zaštiti životne sredine. Veruje se da su tri glavna racionala za participaciju mladih ljudi u raznim institucijama javne administracije. Prvi je argument da mladi ljudi imaju pravo da budu uključeni i konsultovani o pitanjima životne sredine. Drugi argument je da unapređivanje usluga za mlade zahteva sagledavanje njihovih stavova i interesovanja i njihovo kvalitetno artikulisanje, koje dolazi od njihove participacije. Treći, se odnosi na beneficije održivog razvoja koji nastaju kao posledice učešća mladih, kako za pojedince, tako i za društvo u celini. Dalje, mladim ljudima moraju da se daju prilike za njihov angažman u odgovarajućoj ekološkoj edukaciji i diskusiji o ekonomskim, društvenim i ekološkim pitanjima, imajući u vidu da participacija ne sme da bude više rezervisana samo za odrasle.

Ključne reči: mladi, učešće mladih, aktivizam mladih, zaštita životne sredine

1. Uvod

Savremena društva suočena su sa mnogobrojnim izazovima na putu ka postizanju održivog razvoja. Uspostavljanjem međunarodnih konvencija i istraživanjima u oblasti zaštite životne sredine i održivog razvoja, značajno se doprinosi i razvoju održivih društava. Međutim, za mogućnosti dostizanja ovih ciljeva, iziskuje se i promena obrazaca ponašanja društava u celini, ali i ponašanja svakog pojedinca u pravcu

održivosti. Ovo su razlozi zbog kojih je potrebno uspostaviti i nove načine upravljanja i rešavanja tema vezanih za pitanja zaštite životne sredine.

Posle ekoloških akcidenata i ugrožavanja životne sredine i zdravlja ljudi tokom 60-tih godina prošlog veka, nije samo došlo do povećanog pritiska ekološki osvešćenih zajednica na donosioce odluka od značaja za pitanja životne sredine i njene zaštite, već i do povećanja demokratskog odlučivanja i uključivanja javnosti u donošenja ovih odluka

(UNECE, 1998) kao i ispitivanja različitih mehanizama za uvođenje ovog procesa u svakodnevno odlučivanje, a takođe i njihove efikasnosti i primenljivosti, kao i shvatanja neophodnosti ne samo odgovarajuće ekološke edukacije¹ mladih, već i njihovog aktivnog uključivanja u pitanja zaštite životne sredine.

2. Mladi kao kategorija

Ne postoji opšteprihvaćena i jedna definicija „omladine”. Tako se omladina može definisati kao relativno određena celina, koju svako društvo identifikuje kao takvu, a uglavnom predstavlja dobnu grupaciju, tzv. mlade generacije od 14 do 30 godina. Što u odnosu na ukupan broj stanovnika, iznosi oko 20% (jedna petina stanovništva).

„Svakako da je teško ne samo odrediti i definisati uzrasnu granicu mladosti odnosno omladine, jer se i formalna određenja ovog životnog razdoblja razlikuju između institucija Ujedinjenih nacija koje omladinu definišu kao osobe između 15 i 24 godina” (UN, 2015); “Evropske unije (EU) – trenutne političke definicije omladine od strane evropskih zemalja i institucija EU definišu omladinu kao pripadnike grupe koji imaju između 15 i 25 godina, ili u nekim slučajevima između 14 i 30 godina, pri čemu starosna granica se razlikuje od oblasti proučavanja odnosno da li se radi o obrazovanju, zdravlju, zapošljavanju, finansijskoj pomoći itd.” (Bendit, 2006).

U praksi se koriste različite definicije mladih, kao i različite, uglavnom gornje granice godišta, što je povezano sa lokalnim prilikama zemlje, ekonomskom situacijom kao i kulturološkim karakteristikama.

¹ Ekološko obrazovanje je definisano i redefinisano tokom poslednjih 25 godina. Pitanja definicije su u domenu koji je širok i zaokružen. Postoji načelni sporazum da se ekološko obrazovanje definiše kao proces kreiranja svesti i razumevanja odnosa ljudi i njihovih mnogobrojnih okruženja - prirodnog, veštačkog, kulturnog i tehnološkog. Ekološko obrazovanje objedinjuje znanja, vrednosti i stavove i ima kao svoj cilj odgovorno ponašanje prema životnoj sredini (NEEAC, 1996).

“Mladost je posebno životno razdoblje u kojem se, uz biološko i psihološko sazrevanje, odvija i proces uključivanja pojedinca u društvenu zajednicu. Tokom tog razdoblja, od mladih se očekuje da razviju veštine i sposobnosti da bi mogli da preuzmu uloge u svim oblastima društvenog delovanja. Proces uključivanja pojedinca u društvo po pravilu traje dok se ne postigne primeren stepen socijalne autonomije, odgovornosti i samostalnosti“ (Jović-Lazić, 2004). Zbog svega navedenog bitno je shvatiti da se kategorija mladih više nalazi u domenu socijalnih nauka nego u domenu biološkog konteksta.

“Mladost jeste kraća kod one grupe mladih koji se kraće školuju, dok je duži put do odrastanja mladih koji se najduže školuju. U zemljama u tranziciji, kao što je Republika Srbija, produžena mladost je često stvar prinude. Mladi u Republici Srbiji zalažu se da pri razmatranju njihovog života gornja granica mladosti bude trideset godina života” (Konferencija Savetodavnih odbora, 2007).

„U Republici Srbiji, u Nacionalnoj strategiji za mlade, mladi su definisani kao osobe uzrasta od petnaest do trideset godina starosti. U Republici Srbiji ima oko milion i po mladih, što u odnosu na ukupan broj stanovnika čini dvadeset procenata” (Ministarsvo omladine i sporta, 2008).

Poslednjih godina trenutnu situaciju u Republici Srbiji karakteriše velika ekonomska kriza, koja uz postojanje tranzicionog koncepta razvoja uslovljava opšte siromaštvo u društvu, posebno osetljivih kategorija stanovništva u koje spadaju i mladi, pa su tako i izazovi koji stoje pred mladima veliki. To je uslovalo odluku da gornja granica starosti za mlade bude pomerena na trideset godina.

3. Aktivizam mladih

Aktivno uključivanje mladih u rešavanje problema lokalne zajednice, ali i problema univerzalnih za sve ljude i podneblja, značajno je ne samo za njihovo zdravo odrastanje, već i za uspešnije i kvalitetnije funkcionisanje svakog društva.

Aktivizam je pojam koji označava volontersku kulturu političke participacije na raznim nivoima, bila ona borba oko konkretnih i lokalnih pitanja, ili sveopšta kritika društvenih i političkih sistema. Društveni aktivistički pokreti, izražaji su kolektivnih težnji pojedinaca i grupa, ali i nosioci društvene promene u industrijskom društvu. Potrošačka kultura, odnos čoveka prema prirodi, odnosi među samim ljudima bazirani na različitostima, uspostavljanje moderne industrijske države - postale su glavne teme oko kojih se vodi borba na opšte-društvenom polju.

Aktivizam, generalno posmatrano (kao i konkretni oblici aktivizma) imaju svoje utemeljenje uvrednosnoj orijentaciji u kojoj se preispituje da li je, ili nije dobro angažovati se, kako za sebe, tako i za druge. Ma koliko izgledala apsurdna situacija u kojoj se uopšte preispituje vrednost zalaganja za sebe, određene društvene okolnosti ili karakteristike pojedinaca neretko dovode do fatalizma koji se manifestuje u stavu da, „ma šta mi radili, neko/nešto drugo odlučuje o nama“. Situacija može biti još drastičnija kada je reč o aktivizmu usmerenom ka poboljšanju položaja drugih, ka solidarnosti i altruizmu. Aktivizam kao vrednosna orijentacija veoma je složen fenomen, jer u sebi sadrži barem dva aspekata: aktivizam kao poželjan tip ponašanja u procesu zadovoljenja interesa i potreba drugih (kome u osnovi ležialtruizam ili „čovekoljublje“), aktivizam kao tip ponašanja usmeren ka zadovoljenju ličnih interesa i potreba (kome je u osnovi egoizam ili „samoljublje“) (CeSID, 2007).

Mnogobrojni su primeri uspešnih akcija koje su podstakle javnost na razmišljanje, pobudila etička razmatranja, ispitale legitimnost vlasti i stvorile društvenu klimu koja je uticala na političare, na one koji donose odluke, da promene svoje odluke. A one su bile uspešne jer su pokrenute i realizovane podstaknute entuzijazmom, optimizmom, iskustvom i na bazi dobre volje.

4. Mladi, edukacija, aktivizam i pitanja životne sredine

Značaj zastupljenosti omladine u pitanjima od važnosti za životnu sredinu, te potrebi za aktivnim učešćem mladih u rešavanju ekoloških problema ogleda se u činjenici da je još 1983. godine u Štokholmu formirana organizacija Mladi i životna sredina Evrope (Youth and Environment Europe – YEE). Ova organizacija predstavlja platformu mnogih evropskih omladinskih organizacija, koje se bave prirodom ili su aktivne u zaštiti životne sredine. U okviru YEE učestvuju organizacije iz 28 zemalja.

Aktivnosti ove platforme obuhvataju dve glavne oblasti (YEE, 2015):

- 1) Podrška radu organizacijama članicama putem promocije razmene informacija, ideja i iskustava, kroz publikacije i evropske trenerske kurseve (npr. održivi razvoj, ekologija i ekonomija, održivi turizam, energija, klimatske promene...).
- 2) Koordinacija aktivnosti organizacija članica putem promocije direktne saradnje između pojedinaca na teme od zajedničkog interesa i to kroz evropske radne grupe, kao i putem organizovanja zajedničkih akcija i kampanja vezanih za ekološke probleme evropskog značaja. Ovakve kampanje su: kampanje o klimi, kampanje o energiji, kampanje o održivosti, ozonu (kao što su sledeće velike kampanje: Climate Campaign, Green Energy Go Campaign, Sustainability Campaign, Ozone Campaign).

Sa druge strane postoje razlozi za neuključivanje mladih u procese donošenja odluka. Ove razloge za neuključivanje omladine i dece prilikom donošenja odluka razmatraju Hugh et. al. (1999) navodeći da uobičajena shvatanja da deca i omladina nemaju dovoljno znanja i iskustva u donošenju odluka i da ih zbog toga ne treba ni uključiti usled postojanja rizika pogreške. Zbog toga podržavaju ideju da bi mlade trebalo uključiti

u proces donošenja odluka, kako bi mogli steći dovoljno iskustva i imali mogućnost učenja na svojim greškama.

5. Zaključak

Omladina i mladi u društvu predstavljaju značajan resurs u postizanju ciljeva održivosti i treba ih tako i posmatrati. Njihovim učešćem istovremeno im se omogućava pristup razvijanju sopstvenih potencijala, pri čemu je akcenat na njihovom doprinosu u oblasti kreativnosti i inovativnosti, prikazali svoje interese, dok bi se istovremeno edukovali o pitanjima životne sredine. Aktivno učešće mladih u donošenju odluka i postupcima, kako na lokalnom, tako i na državnom nivou, od suštinskog je značaja ako želi da se izgradi demokratsko, otvoreno i bogatije društvo. Građanska participacija i delovanje podrazumevaju da građani imaju prava, sredstva, prostor i priliku – a tamo gde je to potrebno, i podršku – da učestvuju u odlučivanju, utiču na taj proces i da se uključuju u postupke i aktivnosti, kako bi doprinosili izgradnji boljeg društva. Lokalne vlasti, kao vlasti koje su najbliže mladima, igraju veoma važnu ulogu u unapređivanju participacije mladih. One mogu da obezbede da mladi ne samo da budu informisani i edukovani, već i da dobiju priliku za aktivno delovanje, što predstavlja i cilj ne samo ekološkog obrazovanja ili obrazovanja za održivi razvoj već predstavlja imperativ u oblasti zaštite životne sredine. Učešće mladih ne svodi se samo na razvijanje aktivnih građana ili izgrađivanje demokratije za budućnost. Ukoliko participacija treba da bude sadržajna za mlade, od ključnog je značaja da oni mogu da oblikuju i utiču na odluke i postupke kada su mladi, a ne u nekom kasnijem životnom dobu. Podržavajući i podstičući participaciju mladih, doprinosi se integraciji mladih u društvo, pomažući im da se suočavaju ne samo sa izazovima i pritiscima mladosti, već i sa celokupnom problematikom savremenog društva, u ovom slučaju onog čiji

jedini način budućeg razvoja mora da bude u skladu sa principima i strategijama održivosti i održivog razvoja.

Bibliografija

- 1) **A. Jović-Lazić.** Aktivnost UNESCO i članstvo državne zajednice Srbija i Crna Gora. *Godišnjak 2000–2003.* Beograd, Udruženje za međunarodno pravo, 2004.
- 2) **Centar za slobodne izbore i demokratiju - CeSID.** Istraživanje javnog mnjenja u Srbiji. Beograd, Ministarstvo omladine i sporta, 2007.
- 3) **Konferencija Savetodavnih odbora.** Valjevo, novembar 2007.
- 4) **M. Hugh, M. Limb, M. Taylor.** Young people's participation and representation in society. *Geoforum* 30, pp. 135-144, 1999.
- 5) **Ministartvo omladine i sporta.** Nacionalna strategija za mlade. http://www.ombudsman.pravadeteta.com%2Fattachments%2F286_NACIONALNA%2520STRATEGIJA%2520za%2520mlade.doc&ei=t-uGVZv0M8GMsAGy2b6wCQ&usg=AFQjCNHv9oqmeAK0ie11-HmCf8QyIsGvvg&sig2=TrxeOBWh11WsDMT47NPJog&bvm=bv.96339352,d.bGg, 2008.
- 6) **National Environmental Education Advisory Council –NEEAC.** Report Assessing Environmental Education in the United States and the Implementation of the National Environmental Education Act of 1990. Washington, DC, NEEAC, 1996.
- 7) **R. Bendit, (2006).** Youth sociology and comparative analysis in the European Union Member States. *Papers: Revista de sociologia*, (79), 2006, pp. 49-76
- 8) **United Nations – UN.** Definition of Youth. <http://www.un.org/esa/socdev/documents/youth/fact-sheets/youth-definition.pdf>, 2015.
- 9) **United Nations Economic Commission for Europe – UNECE.** Aarhus convention: Convention on access to information, public participation in decisionmaking and access to justice in environmental matters. <http://www.unece.org/env/pp/treatytext.html>, 1998.
- 10) **Youth and Environment Europe – YEE.** <http://www.yeenet.eu>, 20015.

**ECONOMIC
MODELS AND
ECONOMETRICS**

Analiza proizvodnje konzumnih jaja u vojnoj ustanovi „Morović“ – ekonomski aspekt

Saša Jović

Direkcija za usluge standarda, Nemanjina 15, Beograd

e-mail: sudimnja@gmail.com

Branko Tešanović

Fakultet za za poslovne studije i pravo, Beograd

e-mail: brate@verat.net

Aleksandar Neševski

Vojna akademija, Veljka Lukića Kurjaka 33, Beograd

e-mail: anesevski@gmail.com

Apstrakt.

Cilj istraživanja u ovom radu predstavlja analizu proizvodnje konzumnih jaja u Vojnoj ustanovi „Morović“ za potrebe sistema odbrane i stanovništva sa ekonomskog aspekta. Primena statističke metode i analize sadržaja u radu doprineće potpunijem sagledavanju ekonomskih faktora proizvodnje konzumnih jaja, te celishodnosti opstanka živinarske proizvodnje u vojnoj ustanovi „Morović“.

Ključne reči: Vojna ustanova „Morović“, ekonomska analiza, proizvodnja konzumnih jaja.

1. Uvod

Proizvodnju konzumnih jaja za potrebe Ministarstva odbrane i Vojske Srbije (u daljem tekstu MO i VS) vrši vojna ustanova (u daljem tekstu VU) „Morović“. VU „Morović“ posluje po principu sticanja i raspodele dohotka, te je kao takva prinuđena da racionalno uposli kapacitete [3]. Ukidanje redovnog služenja vojnog roka, tokom 2011. godine, te posledično tome naglo smanjenje broja lica na besplatnoj ishrani, uzrokovalo je pad potrošnje konzumnih jaja od 2011. godine pa nadalje [4]. Time se broj stalnih potrošača iz sastava sistema odbrane naglo smanjio, te je VU „Morović“ morala iznaći nove korisnike, kako bi osigurala dalji opstanak. Menadžment VU „Morović“ je kao potencijalnu šansu daljeg opstanka i razvoja Ustanove prepoznao

mogućnost prodaje konzumnih jaja na civilnom tržištu.

2. Proizvodnja i prodaja konzumnih jaja za potrebe MO i VS u VU „Morović“

Godišnja proizvodnja konzumnih jaja u VU „Morović“ u periodu od 2010. do 2014. godine prosečno je iznosila 26.036.474 komada, a projektovana proizvodnja u 2015. godini iznosi 20.400.000 komada.¹ Trenutna popunjenost kapaciteta živinarskih objekata iznosi 73,53%, a posmatrano po godinama analize popunjenost istih iznosila je: 2010. - 98,06%, 2011. - 98,01%, 2012. - 90,81%, 2013. - 93,82%, a 2014. - 62,58%. Starost objekata, potreba rekonstrukcije postojećih kaveznih sistema i zahtevi Zakona o dobrobiti životinja, te nedostatak obrtnih novčanih

¹ Kapaciteti živinarskih objekata iznose 102.000 komada koka nosilja na godišnjem nivou.

sredstava za otkanjanje navedenih nedostataka, uticali su na smanjenje broja koka nosilja u analiziranom periodu [1].

Konzumna jaja distribuiraju se pripadnicima sistema odbrane i kupcima van istog tj. na civilnom tržištu. Od ukupne godišnje proizvodnje konzumnih jaja Ustanove za potrebe ishrane u MO i VS utrošeno je po godinama: 2010. - 11,60%, 2011. - 6,40%, 2012. - 6,27%, 2013. - 6,88%, 2014. - 6,99%, a za 2015. je planirano 8,62%. Od ukupno proizvedenih konzumnih jaja na civilnom tržištu posmatrano po analiziranim godina prodato je: 2010. - 88,40%, 2011. - 93,60%, 2012. - 93,73%, 2013. - 93,12%, 2014. - 93,01%, a za 2015. je planirano 91,38%.

3. Ekonomska analiza proizvodnje konzumnih jaja u VU „Morović“

Prihodi u živinarskoj proizvodnji ostvareni su prodajom konzumnih jaja, „iznošenih“ koka nosilja i melanža [2].

Godina	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015. plan
€ ²	0,05	0,05	0,06	0,05	0,06	0,07
Indeks 2010. = 100	100	100	120	100	120	140

Tabela 1. Prosečna godišnja prodajna cena konzumnih jaja na tržištu

U Tabeli 1 prikazana je prosečna godišnja prodajna cena konzumnih jaja na civilnom tržištu na bazi „A“ klase u periodu od 2010. do 2014., kao i projektovana planska prodajna cena konzumnih jaja za 2015. godinu [2]. Prosečna godišnja prodajna cena konzumnih jaja u analiziranom periodu povećala se za 13,13 indeksnih poena (u daljem tekstu IP).

U Tabeli 2 prikazana je prosečna godišnja prodajna cena konzumnih jaja za potrebe MO i VS na bazi „A“ i „S“ klase u periodu od 2010. do 2014., kao i projektovana planska prodajna cena konzumnih jaja za 2015. godinu.

² Kurs evra prema dinaru na dan 31.12. odgovarajuće godine: 2010. – 105,8147, 2011. – 104,9548, 2012. – 114,0595, 2013. - 114,9860, 2014. - 121,3212 i na dan 31.03. 2015. - 120,5759 dinara.

Godina	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015. plan
„A“ klasa u €	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08
Indeks 2010. = 100	100,0	100,0	100,0	114,2	114,2	114,2
„S“ klasa u €	0,08	0,08	0,07	0,08	0,08	0,08
Indeks 2010. = 100	100,0	100,0	87,5	100,0	100,0	100,0

Tabela 2. Prosečna godišnja prodajna cena konzumnih jaja za potrebe MO i VS

Prosečna godišnja prodajna cena konzumnih jaja u analiziranom periodu na bazi „A“ povećala se za 7,14 IP, a na bazi „S“ klase je opala za 2,08 IP. Viša prosečna godišnja prodajna cena na civilnom tržištu u odnosu na godišnju proizvodnu cenu konzumnih jaja, koja je prikazana u Tabeli 5, omogućila je nastanak dobitka u živinarskoj proizvodnji VU „Morović“ po prodatom konzumnom jajetu posmatrano po godinama po sledećem: 2010. - 0,006 €, 2012. - 0,010 € i 2014. - 0,0001 €. S druge strane, niža prosečna godišnja prodajna u odnosu na godišnju proizvodnu cenu konzumnih jaja doprinela je nastanku gubitka u živinarskoj proizvodnji VU „Morović“ po prodatom konzumnom jajetu po godinama: 2011. - 0,004 € i 2013. - 0,005 €.

Prihodi u živinarskoj proizvodnji koje je VU „Morović“ ostvarila prodajom „iznošenih“ koka nosilja po godinama prikazani su u Tabeli 3. Pad prosečne prodajne cene po kg „iznošenih“ koka za 6,60 IP u analiziranom u odnosu na bazni period analize uticao je na smanjenje prihoda ostvarenog u živinarskoj proizvodnji.

Godina	€	Cena u €/kg	Indeks 2010. = 100
2010.	77.653,99	0,48	100,00
2011.	46.640,82	0,53	110,41
2012.	59.092,35	0,43	89,58
2013.	54.801,80	0,33	68,75
2014.	55.562,44	0,34	70,83
2015. plan	43.541,04	0,58	120,83

Tabela 3. Godišnji prihodi ostvareni prodajom „iznošenih“ koka nosilja

Takođe, padu prihoda ostvarenog u živinarskoj proizvodnji doprinelo je i smanjenje broja „iznošenih“ koka nosilja u analiziranom periodu. U periodu od 2010. do obustave prodaje melanža u 2013. godini VU „Morović“ je ostvarila prihod u iznosu od 27.528 € prodajom 110.883 kg melanža.

Proizvodnju jaja u šestogodišnjem periodu analize karakteriše promenljivost, kako u cenama ulaznih komponenti, tako i u tržišnim cenama konzumnih jaja. U Tabeli 4 prikazane su cene koncentrovanih krmnih smeša namenjenih za ishranu koka nosilja u periodu od 2010. do 2015. godine. Po izuzetno visokom rastu cena koncentrovanih smeša karakteristične su 2013. i 2015. godina. U odnosu na 2010. u 2013. godini cena svih koncentrovanih smeša se povećala za prosečno 33,91 IP, a u 2015. godini se povećala za prosečno 32,53 IP.

Rast cena svih koncentrovanih smeša u odnosu na 2010. godinu u ostalim analiziranim godinama bio je niži i on se prosečno povećao po godinama: u 2011. - za 17,08 IP, u 2012. - za 10,72 IP i u 2014. - za 16,73 IP.

% proteina u konc. krm. smeši	Vrednost	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015.
		€	0,27	0,30	0,29	0,35	0,31
21	Indeks 2010. = 100	100,0	111,1	107,4	129,6	114,8	133,3
	€	0,24	0,28	0,26	0,31	0,28	0,33
18,5	Indeks 2010. = 100	100,0	116,6	108,3	129,1	116,6	137,5
	€	0,22	0,25	0,25	0,33	0,26	0,32
17,5	Indeks 2010. = 100	100,0	113,6	113,6	150,0	118,1	145,4
	€	0,21	0,25	0,23	0,29	0,25	0,26
16,7	Indeks 2010. = 100	100,0	119,0	109,5	138,0	119,0	123,8
	€	0,20	0,25	0,23	0,27	0,23	0,27
14,5	Indeks 2010. = 100	100,0	125,0	115,0	122,7	115,0	122,7

Tabela 4. Kretanje prosečnih cena koncentrovane hrane

Analizom rasta cena koncentrovanih smeša za ishranu koka nosilja po učešću

proteina u njihovom sastavu, najviši prosečni rast cena u odnosu na 2010. godinu zabeležen je kod koncentrovanih smeša sa 17,5% proteina i to od 23,48 IP, a potom kod sledećih proteinskih smeša: sa 16,7% - 18,24 IP, sa 18,5% - 18,05 IP, sa 14,5% - 16,74 IP i sa 21,0% - 16,04 IP.

Prosečna godišnja cena koštanja cena konzumnih jaja na bazi „A“ klase u periodu od 2010. do 2014. godine, kao i projektovana planska prodajna cena konzumnih jaja za 2015. godinu prikazana je u Tabeli 5.

Godina	2010.	2011.	2012.	2013.	2014.	2015. plan
€	0,04	0,06	0,05	0,06	0,05	0,06
Indeks 2010. = 100	100,0	150,0	125,0	150,0	125,0	150,0

Tabela 5. Prosečna godišnja proizvodna cena koštanja konzumnih jaja

Prosečna godišnja proizvodna cena konzumnih jaja u analiziranom periodu povećala se za 33,13 IP, što je doprinelo umanjenju rezultata poslovanju živinarske proizvodnje. Rezultati poslovanja Ustanove, poljoprivredne i živinarske proizvodnje u periodu od 2010. do 2014., kao i projektovani rezultati za 2015. godinu prikazani su u Tabeli 6. U celom šestogodišnjem analiziranom periodu živinarska proizvodnja ostvaruje ukupni dobitak u poslovanju u iznosu od 758.738,63 €. Živinarska proizvodnja posmatrano po godinama analize karakteriše se dobitkom u poslovanju u 2010., 2012. i 2014., kao i projektovanim dobitkom u 2015. godini. U 2011. i 2013. godini ova proizvodnja je realizovana sa gubitkom.

Godina	Ustanova	Poljoprivredna proizvodnja	Živinarska proizvodnja
2010.	1.398.907,7	62.597,7	231.648,0
2011.	7.950.384,3	1.235.255,2	- 82.524,4
2012.	572.543,2	1.421.498,2	337.246,3
2013.	8.366,2	1.138.703,5	- 147.617,7
2014.	2.390,3	294.751,8	135.738,3
2015. plan	177.316,5	439.500,6	284.248,1

Tabela 6. Rezultati poslovanja VU „Morović“ na godišnjem nivou, u €

Učešće ostvarenog rezultata živinarske proizvodnje u rezultatu Ustanove iznosilo je u

2010. - 17,13%, a u 2012. godini čak 58,90%. U 2014., kao i projektovano učešće živinarske proizvodnje u rezultatu Ustanove u 2015. godini premašuje rezultat poslovanja Ustanove. Viši ostvareni rezultat živinarske proizvodnje u odnosu na ostvareni rezultat poslovanja Ustanove u 2014. godini ukazuje da su u drugim delatnostima Ustanove ostvareni niži proizvodni rezultati, te da su gubici u poslovanju drugih delatnosti pokriveni dobitcima u poslovanju živinarske proizvodnje.

Učešće ostvarenog rezultata živinarske u rezultatu poljoprivredne proizvodnje iznosilo je po godinama: u 2012. - 23,72%, u 2014. - 46,05%, a projektovano učešće u 2015. - iznosi 64,67%. U 2010. godini ostvareni rezultat poslovanja živinarske bio je viši u odnosu na ostvareni rezultat poljoprivredne proizvodnje, što ukazuje da su u drugim delatnostima poljoprivredne proizvodnje ostvareni niži proizvodni rezultati, te da su gubici u poslovanju drugih delatnosti pokriveni dobitcima u poslovanju živinarske proizvodnje. S druge strane, u 2011. i 2013. godini ostvareni gubici u poslovanju živinarske pokriveni su dobitcima u poslovanju drugih delatnosti poljoprivredne proizvodnje.

Iz iznetog može se zaključiti da postoje značajne oscilacije u finansijskim efektima živinarske proizvodnje u VU „Morović“ posmatrano po analiziranim godinama. To prvenstveno proizilazi iz činjenice da se značajno menjala kao prodajna cena konzumnih jaja, tako i cena hrane za uzgoj koka nosilja, što je činilo osnovne komponente ekonomske efikasnosti proizvodnje konzumnih jaja u Ustanovi.

4. Zaključak

VU „Morović“ predstavlja jedinog proizvođača konzumnih jaja za potrebe MO i

VS. Reforma VS doprinela je smanjenju brojnog stanja lica na ishrani, a posledično tome i smanjenju potreba za konzumnim jajima. Postojeći proizvodni kapaciteti konzumnih jaja VU „Morović“ su predimenzionisani, te je Ustanova prinuđena da čak 91,37 % svoje proizvodnje konzumnih jaja plasira na civilno tržište.

Prihodi u živinarskoj proizvodnji ostvareni su prodajom konzumnih jaja, „iznošenih“ koka nosilja i melanža. Prosečna godišnja prodajna cena konzumnih jaja na civilnom tržištu u analiziranom šestogodišnjem periodu povećala se za 13,13 IP, a kod prodaje za potrebe MO i VS ona se povećala se za 7,14 IP na bazi „A“, a na bazi „S“ klase je opala za 2,08 IP, što je uticalo na ostvarene rezultate u poslovanju živinarske proizvodnje u Ustanovi. Pad prosečne prodajne cene po kg „iznošenih“ koka za 6,60 IP u analiziranom u odnosu na bazni period analize uticao je na smanjenje prihoda ostvarenog u živinarskoj proizvodnji. Prosečan godišnji rast cena svih koncentrovanih smeša za 18,51 IP, te prosečan godišnji rast proizvodne cene konzumnih jaja za 33,33 IP, uslovljavale su promenljivost finansijskih efekata živinarske proizvodnje.

U šestogodišnjem analiziranom periodu uzimajući u obzir i projektovane rezultate u 2015. godini živinarska proizvodnja ostvarila je prosečni godišnji dobitak u poslovanju u iznosu od 126.456,48 €.

Bibliografija

- [1] *Zakon o dobrobiti životinja*, „SG RS“ broj 41/2009.
- [2] *Pravilnik o kvalitetu jaja i proizvoda od jaja*, „SL SFRJ“, br. 55/89 i „SL SCG“, br. 56/2003 – dr. pravilnik i 4/2004 – dr. pravilnik.
- [3] **S. Jović**. Bezbednost ishrane – studija slučaja, *časopis Vojno delo broj 3, Vojna štamparija, Beograd*, 2013., str. 154. – 169.
- [4] **S. Jović**. Reforma Vojske i uticaj na potrebe u hrani njenih pripadnika, *Vojna akademija, Beograd*, 2010.

PRIMENA MATEMATIČKOG MODELA NA POSTUPKU PRERADE OPASNOG OTPADA

Zoran Popović

Univerzitet u Beogradu, Ekonomski Fakultet, Kamenička 6, Beograd
zpop@ekof.bg.ac.rs

Milan Pavlović

Univerzitet Novi Sad, Tehnički Fakultet »Mihailo Pupin«, Đure Đakovića bb, Zrenjanin
pavlovic@tfzr.uns.ac.rs

Zorica Jurišić

»Zorka«-»Obojena metalurgija« a.d., Hajduk Veljkova bb, Šabac
jzorica@neobee.net

Apstrakt:

Decenijama je pri hidrometalurškom procesu proizvodnje elektrolitnog cinka kao nusprodukt nastajao opasan otpad – jarosit talog. Cilj ovog rada je da prikaže tehnološke postupke za reciklažu i preradu taloga variranjem parametara procesa, uvođenjem novog postupka prerade taloga a u smislu maksimalne valorizacije cink metala. Primenom matematičkog modela linearnog programiranja, dobijeni rezultati pokazali su da treba kombinovati metode prerade da bi se bezbedno zbrinuli postojeći otpadi Fabrike cinka.

Ključne reči: jarosit talog, opasan otpad, linearno programiranje, bezbedno zbrinjavanje

1. Uvod

U fabrici „Zorka“-„Obojena metalurgija“ u Šapcu jarosit talog predstavlja istorijsko zagađenje od 1976.godine od kada je uveden hidrometalurški – jarosit postupak prerade cinkove rude.

Jarosit kompleks je jedinjenje sastava $R^+ [Fe_2(SO_4)_2](OH)_6$ gde je $R = K^+, Na^+, NH_4^+, Ag^+, Zn^{2+}, Cu^+, Cd^{2+}, Pb^{2+}, H_3O^+, \dots$ i spada u kategoriju opasnih otpada.[11]

U svetu se velika pažnja poklanja rešavanju problema jarosit taloga. Svi su složni u tome da je rešenje problema u prethodnom prečišćavanju jarosit taloga i otpadnih voda putem novih, naprednijih tehnologija [1,2,4], izmenom postojeće tehnologije ili valorizacijom jarosita zadovoljavajućeg kvaliteta.

Snižavanjem sadržaja cinka u talogu, on postaje podesniji za primenu kao sirovina za pigmente ili cement.[7] Ako postoji mogućnost valorizacije jarosita, kompanija je poboljšala ekonomski a rešila ekološki problem vezan za deponovanje taloga. Do momenta valorizacije

često je potrebno deponovati talog, a tada je najbezbedniji tretiran talog.

Motiv ovog rada predstavlja potrebu za definisanjem procedura u funkciji zbrinjavanja činilaca životne sredine smanjenjem količine postojećeg otpada na deponiji i korišćenjem novonastalog otpada iz tekuće proizvodnje.

2. Eksperimenti

U šabačkoj elektrolizi cinka vršeno je niz eksperimenata pri trostepenom ispiranju jarosit taloga dobošastim vakuum filterima, bez postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda i jednostrukog ispiranja taloga na horizontalnom trakastom vakuum filteru - u sklopu postrojenja za prečišćavanje[5].

Sva ispitivanja su vršena uz korišćenje suvih jarosit taloga da bi se obezbedili isti polazni uslovi za sve eksperimente, a zatim su dobijeni rezultati potvrđeni na umanjenom poluindustrijskom postrojenju.

Projekat „Zorka“ Instituta: Prerada olovo

srebrnog i jarosit taloga iz hidrometalurške proizvodnje cinka iz 1987.godine nije zaživeo u praksi zbog nastalih sankcija, smanjenog obima proizvodnje i nedostatka finansijskih sredstava za ulaganje.

Tokom 2012.godine ponovo je obnovljeno razmišljanje o tretmanu jarosit taloga. Postupak prerade jarosit taloga luženjem sa hlorovodoničnom kiselinom, bio bi sličan preradi jarosit taloga koncentrovanom sumpornom kiselinom koji je Institut prikazao u Projektu.

Glavni proizvodi pri preradi jarosit i Pb/Ag taloga sa hlorovodoničnom kiselinom, HCl bi bili: Zn, Cu, Pb, Fe –u obliku trihlorida gvožđa $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ i gips ($CaSO_4$).

Prerađivao bi se jarosit talog prosečnog sastava: Zn: 10%, Fe: 23%, Cu: 0,4% i Pb: 4% Godišnji kapacitet prerade bi bio na nivou od 30000t suve materije sa iskorišćenjem od 85%. Projekat bi se realizovao 10 godina, obzirom na procenjenu količinu jarosita.

Pošto se za preradu upotrebljava HCl koju bi trebalo nabaviti, što bi poskupelo proizvodnju i da nisu potvrđena iskorišćenja pojedinih elemenata od ovog projekta za preradu se za sada odustalo.

Nuzprodukt „Zorka“-„Obojene metalurgije“ je SO_2 gas, a od njega se proizvodi sumporna kiselina u Kontaktu II „Zorka“-„Mineralna đubriva“ i na osnovu prethodnih istraživanja, u 2013.godini urađeni su eksperimenti prerade jarosita korišćenjem H_2SO_4 delimično u Laboratoriji Fabrike cinka i u akreditovanoj Laboratoriji za ispitivanje industrijskih otpada (Anahem d.o.o).

Laboratorijska istraživanja prerade jarosit taloga su realizovana instrumentalnom tehnikom na ICP plazmi i Atomskom apsorberu 5100 PC. Pošto je jarosit talog nehomogenog sastava, od reprezentivnog uzorka uzetog iz 11 bušotina sa dubine od po 3m, napravljeno je 6 smeša sa različitim sadržajima cinka.

Luženje se izvodilo u sledećim uslovima:

- temperatura: $t=60^{\circ}C$ i $90^{\circ}C$,
- vreme trajanja: $\tau=20min$,
- uz intenzivno mešanje (300-500 o/min).

Cementacija II se izvodila uz sledeće uslove:

- temperatura: $t=25-50^{\circ}C$,
- vreme trajanja : $\tau= 20-30 min$,

- mešanje intenzivno za $t=25^{\circ}C$ sa 400 o/min ili blago mešanje na t višoj od $30^{\circ}C$ sa 100 o/min.

U cilju bezbednog zbrinjavanja opasnog otpada pošlo se od sledećih razmišljanja:

1. primeniti tehnološki postupak koji će dati maksimalnu iskorišćenost cinka,
2. iskoristiti celokupnu količinu taloga čiji je sastav nehomogen, pa u tom smislu napraviti najoptimalniju smešu,
3. iskoristiti postojeći Zn prah u fabrici za cementaciju i
4. ukoliko za cementaciju II nedostaje Zn pločica ili Zn granula, zameniti ih sa Zn prahom.

Pored cinka kao proizvodi ovog postupka prerade su: bakar, srebro, olovo i $CaSO_4$.

Kombinovani postupci prerade taloga iz elektrolize cinka: Waelc postupak i vraćanje cink oksida koji nastaje kao produkt prethodnog postupka u redovan proces proizvodnje su tek u razmatranju. Postupak velcovanja je u osnovi proces redukcionog prženja mulja i isparavanja redukcijom stvorenih metala cinka i olova. [6] Cinkovi muljevi koji mogu da se prerađuju ovim putem moraju imati tačno određen sastav: Zn: 19-24%, Pb: 5-12-%, Cu: 0,3-1,3%, Cd: 0,1-0,2%, Fe: 23-32%. Jarosit talog se u tom slučaju mora kombinovati sa nekim drugim talozima da bi se dobila šarža potrebnog kvaliteta za preradu velcovanjem.

3. Rezultati i diskusija

Rezime rezultata pri uvođenju novog metoda ispiranja taloga:

- vreme reakcije: 10 minuta;
- normativ hidratisanog kreča: na 2 kg 68%-tnog $Ca(OH)_2/kg$ Zn u rastvoru;
- normativ flokulanta: $5 g/m^3$ otpadne vode;
- odnos suvog jarosit taloga prema dodatnoj vodi - Č : T = 1 : 5;
- sadržaj cinka u trostepeno ispranom talogu je 0,5%;
- sadržaj cinka koji se postiže kada se primeni model jednostrukog ispiranja taloga primenom horizontalnog filtera: 0,1% ;
- Količina vode za ispiranje jarosit taloga se smanjuje tri puta; [9,10]
- iskorišćenje cinka se povećava za oko 4%.

Rezime rezultata pri uvođenju novog postupka prerade jarosit i Pb/Ag taloga sa hlorovodoničnom kiselinom:

- Pretpostavka je da bi očekivana količina cinka, dobijena preradom 30.000 t suvog jarosita bila 2.550 t/godišnje ili oko 8% povećanja iskorišćenja, što nije projektom potvrđeno.

Rezime rezultata pri uvođenju novog postupka prerade jarosit i Pb/Ag taloga sa sumpornom kiselinom:

- reakcija luženja traje 20 min, a faza cementacije II uzoraka od 30 min do 12h,
 - stehiometrijske količine lužionog sredstva kalcijum hlorida, CaCl_2 i hidratisanog kreča ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), kao i potrebna količina sumporne kiseline u smešama dale su rezultate za iskorišćenje po cinku od oko 9% do 75% u zavisnosti od sadržaja Zn u talogu – viši sadržaj Zn, pokazao je niže iskorišćenje,
 - količina Zn praha varirana je od stehiometrijskih količina za proces do 5 puta većih - za prosečan sadržaj Zn u Zn sulfatu koji se dobije kao proizvod potrebna je stehiometrijska količina,

- odnos čvrste faze prema tečnoj u reakcionoj pulpi je: Č:T= 1:5,

- optimalnija je prerada taloga ukoliko se za cementaciju II koriste Zn pločice (pogledati tabele 4 i 5),

- prerada taloga, obzirom na količinu od 300.000t suve materije na deponiji, trajala bi 10 godina, pri čemu bi na godišnjem nivou bilo proizvedeno ~156 t, što bi povećalo proizvodnju Zn za 0,5% u varijanti I ili oko 0,3% u varijanti II.

Od uzorka jarosit taloga pripremljeno je 6 smeša sledećeg hemijskog sastava (prikazano u tabeli 1).

Smeša	1	2	3	4	5	6
Zn, %	6,83	9,77	2,65	8,0	8,59	2,39

Tabela 1. Procenat cinka Zn u pripremljenim smešama jarosit taloga za preradu

Na osnovu normativa upotrebljenih materijala, ukupnih troškova i prodajnih cena izračunat je profit za smeše, tabele 2 i 3.

Varijanta I predstavlja preradu jarosit taloga sa cementacionim sredstvima: Zn prahom i Zn

pločicama. U varijanti II i za prvu i za drugu cementaciju koristi se Zn prah.

Obrada dobijenih eksperimentalnih rezultata je izvršena definisanjem matematičkog modela lineranog programiranja [3] i nakon toga primenjen softver: POM –QM for Windows, V3.

Varijanta I	Prodajna cena	Ukupni troškovi za smeše	Profit = prodajna cena - ukupni troškovi
Smeša 1	0.1010	0.0265	0.0745
Smeša 2	0.0310	0.0244	0.0066
Smeša 3	0.1019	0.0579	0.0440
Smeša 4	0.1010	0.0269	0.0741
Smeša 5	0.0310	0.0239	0.0071
Smeša 6	0.1019	0.0578	0.0441

Tabela 2. Profit za varijantno rešenje I prerade smeša jarosit taloga

Varijanta II	Prodajna cena	Ukupni troškovi za smeše	Profit = prodajna cena - ukupni troškovi
Smeša 1	0.1010	0.0267	0.0743
Smeša 2	0.0310	0.0246	0.0064
Smeša 3	0.1019	0.0581	0.0438
Smeša 4	0.1010	0.0272	0.0738
Smeša 5	0.0310	0.0241	0.0069
Smeša 6	0.1019	0.0578	0.0441

Tabela 3. Profit za varijantno rešenje II prerade smeša jarosit taloga

Dobijeni su sledeći rezultati (pogledati tabele 4 i 5).

	smeša 1	smeša 2	smeša 3	smeša 4	smeša 5	smeša 6		
Objective	0.0745	0.0066	0.044	0.0741	0.0071	0.0441		0
Jarosit	0.099718	0.144596	0.040174	0.1168	0.127132	0.036232	<	154000000
Zn prah	0.0495	0.0495	0.2475	0.0495	0.0495	0.2475	<	83053567
Zn pločica	0.0396	0.0396	0.0396	0.0396	0.0396	0.0396	<	61882333
rastvor od luženja	0.5873175	0.372141	0.43659	0.5873175	0.372141	0.43659	<	913452772
recirkulat	0.223865	0.394163	0.236136	0.206783	0.411627	0.240078	<	350297312

Tabela 4. Optimalna proizvodnja pri preradi taloga prema varijanti I (g Zn)

	smeša 1	smeša 2	smeša 3	smeša 4	smeša 5	smeša 6		
Objective	0.0743	0.0064	0.0438	0.0738	0.0069	0.0441		
jarosit	0.099718	0.144596	0.040174	0.1168	0.127132	0.036232	<	154000000
Zn prah	0.0891	0.0891	0.2871	0.0891	0.0891	0.2871	<	83053592
rastvor od luženja	0.587318	0.372141	0.43659	0.587318	0.372141	0.43659	<	547461599
recirkulat	0.223865	0.394163	0.236136	0.206783	0.411627	0.240078	<	208673310

Tabela 5. Optimalna proizvodnja pri preradi taloga prema varijantu II (g Zn)

Optimalna godišnja proizvodnja Zn iz jarosit i Pb/Ag taloga za varijantu I dobija se ukoliko se proizvede smeša 1 u količini od 153t i smeša 6 u

količini od 3t, što je ukupno 156t i pri tome će se ostvariti finansijski efekat od 11.554.479,70 RSD. U varijanti I celokupna količina jarosita i ostalih sirovina će biti potrošena.

Optimalna godišnja proizvodnja Zn iz jarosita i Pb/Ag taloga za varijantu II dobija se ukoliko se proizvede smeša 1 u količini od 93t pri čemu ostaje neiskorišćenog 61t jarosita taloga (ostale sirovine će biti potrošene) i pri tome će se ostvariti finansijski efekat od 6.925.793 RSD.

Rezime pretpostavljenih rezultata kombinovanih metoda prerade taloga:

- pretpostavljeni podaci za proizvodnju od 30.000 t suve materije jarosita taloga godišnje su da se očekuje 2.100t Zn / godišnje ukoliko se bude radilo kombinovano: Waelc - hidrometalurška prerada.

U tabeli 6 dat je pregled dobijenih i pretpostavljenih rezultata postupaka za zbrinjavanje hidrometalurških taloga.

	"Zorka" Šabac			U fazi projektovanja	
	Ispiranje taloga	Varijanta I	Varijanta II	Prerada sa HCl	Waelc +hidrometalurški
Zn, t/god.	1280	156	93	2550	2100

Tabela 6. Rezultati raznih postupaka za zbrinjavanje jarosita i Pb/Ag taloga

5. Zaključak

Ukoliko bi bilo moguće vraćanje izdvojenih materija u proces, to bi pored ekološke situacije, poboljšalo i ekonomiju procesa proizvodnje.[8]

Po metodi jednostrukog ispiranja jarosita taloga horizontalnim filterom, odnosno objedinjavanjem precipitacionog postupka na jarosita talog i otpadne vode, iskorišćenje cinka se povećava za oko 4%, a količina procesne vode se smanjuje tri puta - problem viška vode i opasnih polutanata rešava se istovremeno.

Prerada jarosita i Pb/Ag taloga sa sumpornom kiselinom i uz upotrebu Zn praha i Zn pločica kao cementacionih sredstava povećava iskorišćenje cinka za 0,5%

Prerada jarosita i Pb/Ag taloga sa sumpornom kiselinom i uz upotrebu Zn praha kao cementacionog sredstava povećava iskorišćenje cinka za 0,3%.

Prerada jarosita i Pb/Ag taloga sa hlorovodoničnom kiselinom bi povećala iskorišćenje cinka za oko 8%.

Kombinovana prerada jarosita i Pb/Ag taloga i drugih taloga iz hidrometalurgije cinka starim Waelc i doradom velc oksida po hidrometalurškom postupku, dala bi povećanje iskorišćenja za oko 7%. Pri tome bi moglo da se u okviru redovnog procesa proizvodnje iskombinuje ovaj metod sa ispiranjem taloga, čime bi bio ispunjen neophodni radni uslov – održavanje konstantne ukupne operativne zapremine rastvora.

Bibliografija:

- [1] **A. S. Sunkar.** Investigation and development of possible leaching processes for recovery of zinc and lead from cinkur leach residues, Thesis submitted to the Graduate School of Natural and Applied Sciences of Middle East Technical University, January 2005.
- [2] **C. Arslan and F. Arslan.** Thermochemical Review of Jarosite and Goethite Stability Regions at 25 and 95°C, Turkish J. Eng. Env. SCI., 27 ,2003, 45-52.
- [3] **M. Backović i Z. Popović,** Matematičko modeliranje i optimizacija (monografija), Ekonomski Fakultet, Belgrade, 2012, str. 336.
- [4] **International Symposium–World Zinc '93,** Improved Jarosite Process, Hopart, 10-13 October 1993.
- [5] **Investicioni program:** „Prečišćavanje otpadnih voda i tretiranje jarosita taloga“, HI „ZORKA“ Šabac, RO „Zorka“ - „RAZVOJ“, Šabac, 1991..
- [6] **Ž. Kamberović, A. Vučinić, E. Janković, M. Gavrilovski, Z. Anđić i M. Korać.** „Stokholmska Konvencija o dugotrajnim zagađujućim supstancama“ Uputstvo o najboljim dostupnim tehnikama i najboljim praksama po životnu sredinu koje se odnose na Član 5 i Aneks C, Kategorija: Metalurgija, ISBN 978-86-87183-21-6, Savez inženjera metalurgije Srbije, Beograd,2011.
- [7] **A. Pappu, S. Moxini, A.R. Shyam.** Jarosite characteristics and utilisation potentials, Science of The Total Environment, Volume 359, Issues 1-3, 15 April 2006, 232-243.
- [8] **M. Pavlović.** Ekološko inženjerstvo, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet Mihajlo Pupin, Zrenjanin, 2002.
- [9] **Projekat S.6.0448.** „Razvoj tehnologija i konceptijskih rešenja zaštite čovekove sredine u okviru metalurških kombinata Srbije“, finansiran 1991-1993.godine od Ministarstva za nauku i tehnologiju R.S.
- [10] **D. Stanojević.** Program regionalne rekonstrukcije u oblasti zaštite životne sredine za Jugoistočnu Evropu, „Zaštita reke Save od kontaminacije jonima teških metala iz Fabrike elektrolitnog cinka u Šapcu“, Šabac, februar 2001.
- [11] **www.who.org and EU Directive 98/83/EC** on the quality of water intended for human consumption

Analiza strukture indeksa spremnosti zemalja za implementaciju i primenu novih informaciono-komunikacionih tehnologija

Jasna Soldić-Aleksić,

Ekonomski fakultet, Beograd, e-mail: jasnasol@ekof.bg.ac.rs

Biljana Chronos-Krasavac,

Ekonomski fakultet, Beograd, e-mail: biljacronkra@me.com

Apstrakt: U ovom radu predstavljena je struktura indeksa spremnosti zemalja za implementaciju i primenu novih informaciono-komunikacionih tehnologija (The Networked Readiness Index – NRI), koji je ustanovio Svetski Ekonomski Forum 2002. godine i objavljuje njegove vrednosti svake godine u posebnom godišnjem izveštaju. U izveštaju za 2015 godinu prikazano je rangiranje 143 zemlje sveta prema vrednosti ovog indeksa izračunatog na osnovu 53 indikatora. U radu su posebno obrađena dva bitna pitanja strukture indeksa: stepen saglasnosti mernih skala, tj. mernih indikatora za pojedine oblasti na koje se indeks odnosi, kao i “dimenzionalnost” pojedinih grupa indikatora – „stubova“. Za merenje stepena saglasnosti pojedinih mernih indikatora primenjen je Cronbach-ov koeficijent saglasnosti α , a za otkrivanje “dimenzionalnosti” u pojedinim grupama indikatora faktorska analiza. U pogledu saglasnosti merenja četiri ključne oblasti, kao što su okruženje, spremnost za primenu, korišćenje i uticaj informaciono-komunikacionih tehnologija (IKTa) postoji visok nivo saglasnosti mernih indikatora za sve četiri oblasti. Na detaljnijem nivou merenja, za većinu podoblasti, koje su predstavljene grupnim indikatorima - „stubovima“ (ukupno 10 podoblasti) postoji visok nivo saglasnosti merenja, sa izuzetkom merenja podoblasti infrastrukture i dostupnosti IKTa. Primenom faktorske analize određene su ključne komponente za pojedine grupe indikatora („stubove“), koje olakšavaju interpretaciju pojedinih grupa indikatora. U tom smislu izuzetak su podoblasti infrastrukture i dostupnosti IKT, za koje je pokazano da nije opravdana primena faktorske analize.

Ključne reči: Informaciono-komunikacione tehnologije, Cronbach-ov koeficijent saglasnosti α , faktorska analiza, glavne komponente

1. Uvod

Informaciono-komunikacione tehnologije (IKTe) predstavljaju značajan faktor ekonomskog razvoja i prosperiteta društva. Ova činjenica ima poseban značaj u periodu posle 2000. godine, s obzirom na izuzetnu dinamiku razvoja informaciono-komunikacionih tehnologija u tom periodu. U vezi razvoja i primene IKTa jedno od ključnim pitanja jeste koliko su pojedine zemlje spremne da primene i iskoriste sve prednosti koje donose nove IKTe. Postoji više indeksa kojima se meri stepen implementacije i korišćenja IKTa u pojedinim zemljama, od kojih se izdvajaju sledeći: The ICT Development Index (IDI) razvijen od strane UN ITU (International Telecommunication Union), The Digitization Index koji je predložila Booz & Company i The Networked Readiness Index (NRI) ustanovljen od strane

Svetskog Ekonomskog Foruma. U ovom radu prikazana je struktura NRI indeksa i rezultati analize saglasnosti i dimenzionalnosti pojedinih grupnih indikatora ovog indeksa, kojima se mere pojedine oblasti implementacije i primene informaciono-komunikacionih tehnologija, kao i kapacitet zemlje i društva za prihvatanje ovih tehnologija.

2. NRI indeks – struktura

NRI indeks meri kapacitet i spremnost jedne zemlje da implementira i iskoristi sve mogućnosti i prednosti koje pružaju nove informaciono-komunikacione tehnologije. Od 2002. godine ovaj indeks objavljuje Svetski Ekonomski Forum svake godine u posebnom godišnjem izveštaju. Izveštajem iz 2015 godine obuhvaćene su 143 zemlje, a indeks je izračunat na bazi 53 indikatora. Struktura indeksa obuhvata četiri nivoa: na prvom nivou

su individualni indikatori, drugi nivo čine 10 grupnih indikatora – „stubovi“, treću grupu čine četiri podindeksa: podindeks okruženja, podindeks spremnosti za primenu IKTa, podindeks korišćenja IKTa i podindeks uticaja

IKTa na ekonomiju i društvo. Računanje indeksa zasnovano je na sukcesivnom agregiranju rezultata od najnižeg ka najvišem nivou. Kompletna hijerarhija strukture NRI indeksa prikazana je u tabeli 1.

Tabela 1. Struktura NRI indeksa

PODINDEKS OKRUŽENJA	
1 stub: Političko i regulatorno okruženje	2 stub: Poslovno i inovaciono okruženje
1.01 Efektivnost pravno-regulatornih tela*	2.01 Raspoloživost novih tehnologija*
1.02 Zakoni koji se odnose na IKTe*	2.02 Raspoloživost zajedničkog kapitala *
1.03 Nezavisnot pravosuđa*	2.03 Poreska stopa, % profita
1.04 Efektivnost pravnog sistema u rešavanju konflikata*	2.04 Broj dana da se počne sa biznisom
1.05 Efikasnost pravnog sistema u sprovođenju zakona*	2.05 Broj procedura da se počne sa biznisom
1.06 Zaštita intelektualne svojine	2.06 Intenzitet lokalne konkurencije*
1.07 Stopa softverske piraterije, % instaliranog softvera	2.07 Stopa upisa na tercijalni nivo obrazovanja, %
1.08 Broj procedura za realizaciju ugovora	2.08 Kvalitet škola za menadžment*
1.09 Broj neophodnih dana za realizaciju ugovora	2.09 Nabavka proizvoda nove tehnologije od strane vlade*
PODINDEKS SPREMNOSTI ZA PRIMENU IKTa	
3 stub: Infrastruktura	4.02 Tarifa fiksnog širokopojasnog interneta, PPP \$/mesec
3.01 Proizvodnja struje, kWh/per capita	4.03 Indeks konkurentnosti sektora interneta i telefonije, 0–2 (najbolji)
3.02 Pokriće mobilnom telefonijom, % stanovnika	5 stub: Veštine
3.03 Međunarodni širokopojasni internet, kb/s po koris.	5.01 Kvalitet obrazovnog sistema*
3.04 Internet serveri na milion stanovnika	5.02 Kvalitet obrazovanja matematike i prirodnih nauka*
4 stub: Dostupnost IKTa	5.03 Stopa upisa u srednje obrazovanje, %
4.01 Tarifa mobilne telefonije, PPP \$/min	5.04 Stopa pismenosti odraslih, %
PODINDEKS KORIŠĆENJA IKTa	
6 stub: Korišćenje IKT od strane pojedinaca	7.02 Kapacitet za inovacije*
6.01 Pretplate za mobilne telefone na 100 stanovnika	7.03 PCT patent aplikacije na mil. stanovnika
6.02 Procenat pojedinaca koji koriste internet	7.04 Korišćenje interneta za B2B aplikacije*
6.03 Procenat domaćinstava koja poseduju računar	7.05 Korišćenje interneta za B2C aplikacije *
6.04 Domaćinstva sa internet priključkom, %	7.06 Nivo obuke zaposlenih*
6.05 Pretplate na širokopojasni pristup internetu na 100 stanovnika	8 stub: Korišćenje IKTa od strane vlade
6.06 Pretplate na mobilni širokopojasni pristup internetu na 100 stanovnika	8.01 Važnost IKT za vladinu viziju budućnosti *
6.07 Korišćenje virtuelnih društvenih mreža	8.02 Indeks vladinih online usluga, 0–1
7 stub: Poslovna primena IKTa	8.03 Uspeh vlade u promociji IKTa*
7.01 Mogućnosti primene IKT na nivou firmi*	
PODINDEKS UTICAJA IKTa	
9 stub: Ekonomski uticaj IKTa	10 stub: Društveni uticaj IKTa
9.01 Uticaj IKTa na nove proizvode i usluge *	10.01 Uticaj IKTa na pristup osnovnim uslugama vlade*
9.02 PCT IKT patent aplikacije na milion stanovnika	10.02 Pristup internetu u školama*
9.03 Uticaj IKTa na nove organizacione modele*	10.03 Korišćenje IKT i efikasnost vlade*
9.04 Zaposleni u poslovima zasnovanim na znanju, % radne snage	10.04 Indeks zastupljenosti e-usluga, 0–1

(*) predstavlja indikatore koji potiču iz godišnjeg istraživanja Svetskog ekonomskog foruma. Svi drugi indikatori potiču iz eksternih izvora.

3. Analiza saglasnosti mernih skala NRI indeksa

Jedno od osnovnih pitanja u praktičnim istraživanjima određenih društvenih fenomena

odnosi se na izbor odgovarajućih mernih skala – mernih indikatora i na njihovu saglasnost. Kada se pojave istražuju na više nivoa, na svakom od njih može se meriti unutrašnja

saglasnost odgovarajućih skala i indikatora. Ova unutrašnja saglasnost skala može se meriti na različite načine, ali se najčešće koristi Cronbach-ov koeficijent saglasnosti α , koji se računa na sledeći način:

$$\alpha = \frac{K \bar{c}}{v + (K - 1) \bar{c}} \quad (1)$$

gde je K broj indikatora, \bar{v} je prosečna varijansa svih indikatora i \bar{c} je prosečna vrednost svih kovarijansi. Standardizovana

vrednost Cronbach-ov koeficijenta saglasnosti je:

$$\alpha_{\text{standardizovano}} = \frac{K \bar{r}}{1 + (K - 1) \bar{r}} \quad (2)$$

gde je r prosečna vrednost k (k-1) koeficijenata korelacije (iznad ili ispod glavne dijagonale u korelacionoj matrici). U tabeli 2 prikazane su vrednosti Cronbach-ov koeficijenta α za 10 „stubova-nosioca“ merenja NRI indeksa, kao i za četiri glavne oblasti koje se prate u okviru NRI.

Tabela 2. Vrednosti Cronbach-ovog koeficijenta saglasnosti α

Grupni indikatora – „stubovi“ NRI indeksa	Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha based on Standardized Items	Broj indikatora
1 stub: Političko i regulatorno okruženje	,917	,929	9
2 stub: Poslovno i inovaciono okruženje	,773	,793	9
3 stub: Infrastruktura	,611	,609	4
4 stub: Dostupnost IKTa	,107	,121	3
5 stub: Veštine	,793	,811	4
6 stub: Korišćenje IKT od strane pojedinaca	,945	,951	7
7 stub: Poslovna primena IKTa	,928	,948	6
8 stub: Korišćenje IKTa od strane vlade	,761	,860	3
9 stub: Ekonomski uticaj IKTa	,797	,854	4
10 stub: Društveni uticaj IKTa	,883	,916	4
Podindeksi			
Podindeks okruženja	0,920	0,927	18
Podindeks spremnosti za primenu IKTa	0,710	0,782	11
Podindeks korišćenja IKTa	0,955	0,966	16
Podindeks uticaja IKTa na ekonomiju i društvo	0,910	0,935	8

Poznato je da vrednosti Cronbach-ov koeficijenta saglasnosti α veće od 0,7 ukazuju na dobru saglasnost pojedinih mernih skala, odnosno indikatora, vrednosti između 0,6 i 0,7 su prihvatljive, vrednosti između 0,5 i 0,6 pokazuju slabiju usaglašenost mernih skala, a vrednosti manje od 0,5 ukazuju na njihovu nedovoljnu usaglašenost. Prema rezultatima prikazanim u tabeli 2 možemo da zaključimo da postoji veoma dobra usaglašenost mernih skala za merenje prva dva i poslednjih šest „stubova-nosioca“, za koje je vrednost Cronbach-ovog koeficijenta saglasnosti α veća od 0,7. Sa druge strane saglasnost mernih skala za treći „stub“ – infrastrukturu je slabija (Cronbach-ov α =0,611), a za četvrti „stub“ – dostupnost IKTa

je neprihvatljiva (Cronbach-ov α =0,107). Ako se posmatraju četiri podindeksa, vrednosti Cronbach-ov koeficijenta α pokazuju da postoji visok nivo saglasnosti merenja sve četiri oblasti.

4. Faktorska analiza osnovnih indikatora

Pored saglasnosti mernih skala NRI indeksa, primenom faktorske analize izdvojili smo glavne komponente u okviru svake grupe indikatora – „stubova-nosioca“ NRI indeksa. Na taj način otkrivaju se osnovne „dimenzije“ u pojedinim grupama, koje su jednostavnije za interpretaciju. U tabeli 3 prikazani su rezultati KMO statistike i Bartlett's testa opravdanosti primene faktorske analize.

Tabela 3. KMO i Bartlett's Test opravdanosti primene faktorske analize

Grupni indikatora – „stubovi“ NRI indeksa	KMO*	Bartlett's Test of Sphericity		
		Approx. Chi-Square	df	Sig.
1 stub: Političko i regulatorno okruženje	0,878	1068,922	36	0,000
2 stub: Poslovno i inovaciono okruženje	0,770	640,265	36	0,000
3 stub: Infrastruktura	0,492	118,654	6	0,000
4 stub: Dostupnost IKTa	0,496	1,513	3	0,679
5 stub: Veštine	0,590	269,320	6	0,000

6 stub: Korišćenje IKT od strane pojedinaca	0,892	1412,407	21	0,000
7 stub: Poslovna primena IKTa	0,856	987,573	15	0,000
8 stub: Korišćenje IKTa od strane vlade	0,611	422,349	3	0,000
9 stub: Ekonomski uticaj IKTa	0,671	389,485	6	0,000
10 stub: Društveni uticaj IKTa	0,715	553,029	6	0,000

*Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.

Kako su vrednosti KMO statistike manje od 0,5 za treći i četvrti „stub“ indikatora i Bartlett's test ukazuje da test statistika nije značajna na nivou značajnosti 0,05 (Sig.=0,679), možemo da zaključimo da nema opravdanja za primenu faktorske analize za ove dve grupe indikatora. Za ostale grupe indikatora opravdana je primena faktorske analize.

U tabeli 4 prikazan je broj glavnih komponenata i odgovarajući procenat objašnjenog varijabiliteta za svaku grupu indikatora - „stub“. Ako se isključe treća i četvrta grupa indikatora, za ostale grupe izdvojene glavne komponente objašnjavaju preko 70% varijabiliteta.

Tabela 4. Izdvojeni faktori i procenat objašnjene varijanse

Grupni indikatora – “stubovi” NRI indeksa	Broj indikatora	Total Variance Explained*	
		Broj glavnih komponenata	Cumulative Variance %
1 stub: Političko i regulatorno okruženje	9	2	79,100
2 stub: Poslovno i inovaciono okruženje	9	3	74,288
3 stub: Infrastruktura	4	1	48,225
4 stub: Dostupnost IKTa	3	2	70,266
5 stub: Veštine	4	2	90,704
6 stub: Korišćenje IKT od strane pojedinaca	7	1	78,493
7 stub: Poslovna primena IKTa	6	1	79,984
8 stub: Korišćenje IKTa od strane vlade	3	1	78,961
9 stub: Ekonomski uticaj IKTa	4	1	70,264
10 stub: Društveni uticaj IKTa	4	1	80,284

* Izdvajanje glavnih komponenata zasnovano je na karakterističnim vrednostima većim od 1

Za prve dve grupe i petu grupu indikatora može se izdvojiti više od jedne komponente, a za ostale grupe indikatora može se reći da imaju jednu važnu komponentu – “dimenziju”.

5. Zaključak

Na osnovu analize strukture indeksa spremnosti pojedinih zemalja za implementaciju i primenu novih informaciono-komunikacionih tehnologija može se zaključiti sledeće: za merenje ključnih oblasti i podoblasti ovog indeksa postoji visok nivo saglasnosti primenjenih mernih skala, odnosno indikatora. Izuzetak su podoblasti infrastrukture i dostupnosti IKTa, gde je zabeležen nizak nivo

saglasnosti primenjenih mernih indikatora. Takođe, pokazano je da u ovim oblastima nije pogodno primeniti faktorsku analizu u otkrivanju glavnih komponenti, tj. osnovnih dimenzija. U ostalim oblastima faktorskom analizom otkrivaju se glavne komponente, koje se mogu posmatrati kao osnovne dimenzije za merenje kapaciteta i primenljivosti IKTa. Dobijene komponente omogućavaju jednostavniju interpretaciju grupnih indikatora – “stubova” NRI indeksa i pružaju mogućnost jednostavnijeg uključenja grupnih indikatora IKTa u razne modele, kao što su modeli ekonomskog rasta i razvoja.

Literatura

- [1] **S. Dutta, T. Geiger, B. Lanvin.** The Global Information Technology Report 2015, ICTs for Inclusive Growth, World Economic Forum, 2015
- [2] **Myatt, J. G. & Johnson, P. W.** Making Sense of Data II, A Practical Guide to Data Visualization, Advanced Data Methods, and

Applications, A John Wiley & Sons, Inc. Publication, New Jersey, 2009

- [3] European Commission, Digital Agenda for Europa, Europe 2020, Retrieved from: http://ec.europa.eu/digital-agenda/digital-agenda_europe, 2014.

- [4] **B. Tabachnick, L. Fidell.** Using Multivariate Statistics, Pearson Education, Inc. Boston, 2007

Značaj Švarcovog sistema vrednosti u procesu odabira turističkih aranžmana

Lazar Čolić

Ekonomski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Kamenička 6
lazar@ekof.bg.ac.rs

Branislava Hristov

Ekonomski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Kamenička 6
branislava@ekof.bg.ac.rs

Apstrakt

Današnje turističko tržište karakterišu brze promene i jaka konkurencija, pa tako borba za turiste predstavlja svakodnevno pitanje sa kojim se suočavaju turistička preduzeća. U proteklih par decenija turistička tražnja je pretrpela značajne promene i od masovne i unificirane, postala visoko informisana, personalizovana, sa najrazličitijim individualnim zahtevima i preferencijama. Predmet ovog rada jeste ukazivanje na značaj formiranja vrednosti za turiste upravo u skladu sa njihovim preferencijama, željama i mogućnostima. Cilj je da se ukaže na sistem vrednosti i tip ličnosti kao bitne faktore u formiranju konačne odluke prilikom odabira turističkih aranžmana. U radu je sprovedeno eksplorativno empirijsko istraživanje kojim je potvrđena veza između Švarcovog modela sistema vrednosti pojedinaca i procesa odlučivanja u vezi sa odabirom turističkih aranžmana na mlađoj populaciji, koju su mahom činili studenti. Iako je istraživanje sprovedeno na prigodnom uzorku, dobijeni rezultati su dali dobru osnovu za buduće sprovođenje opsežnog istraživanja kojim bi se precizno utvrdilo kako to sistem vrednosti potrošača utiče na odabir turističkih aranžmana.

Ključne reči: preferencije turista, Švarcov sistem vrednosti, turistička tražnja

1. Uvod

Na današnjem turbulentnom i dinamičnom tržištu, kreiranje vrednosti za potrošače predstavlja jedan od kritičnih faktora poslovnog uspeha organizacija. U savremenoj literaturi ističe se važnost direktne korelacije generisanja profita i pronalazjenja odgovarajućeg načina za kreiranje i isporučivanje vrednosti potrošačima. Moderan pristup marketingu, stoga ističe da je kreiranje vrednosti za potrošače ključna i centralna aktivnost marketinga.¹ Ovaj model marketinga u potpunosti odgovara prirodi poslovanja u sferi turizma, kako je prevashodno reč o

uslužnoj delatnosti, koja u fokusu ima zadovoljenje potreba turista.

Kompleksnost modernog tržišta stavlja pred marketing narasle zahteve u vidu stvaranja totalne satisfakcije potrošača, koja se postiže kroz kreiranje i isporučivanje vrednosti koja je u skladu sa preferencijama i očekivanjima potrošača.² Danas se akcenat stavlja na pronalazjenje načina da se superiorna vrednost isporuči profitabilnijim tržišnim segmentima bez nanošenja bilo kakve štete odnosima saradnje sa pojedinačnim kupcima.³ Savremena turistička tražnja sačinjena je od edukovanih i obrazovanih

¹ B. Maričić, A. Đorđević. *Kreiranje i isporučivanje vrednosti potrošačima*. CID, Ekonomski fakultet, Beograd, 2012, pp. 1-2

²G. Armstrong, P. Kotler. *Marketing- An Introduction*. New Jersey, Prentice Hall, 2003., pp.10

³ F. Bradley. *Strategic Marketing In The Customer Driven Organization*. WILEY, West Sussex, 2003, pp.3-4

potrošača, koji znaju gde i kako da se na pravi način informišu o putovanju. Takav tip turista poseduje iskustvo, fleksibilnost, prilagodljivost i nezavisnost u donošenju odluka o putovanju. Današnji turista traži "nešto više" što zahteva integrisan pristup od strane turističkih entiteta.⁴ Da bi se postigla potpuna satisfakcija za turiste vrlo je bitno uzeti u obzir veliki broj faktora koji će uticati na njihovu odluku o kupovini. Faktori koji značajno mogu uticati na formiranje odluke, jesu njegov tip ličnosti kao i sistem vrednosti. Turista traga za onim proizvodom/uslugom koja za njega predstavlja vrednost. Kategorija vrednosti dovodi se u korelaciju sa tipom ličnosti, pa se tako jedan isti proizvod različito verifikuje od strane različitih potrošača. Pred marketing se stoga stavljaju zahtevi analiziranja i upoznavanja potrošača ne bi li se dobio odgovor šta za njih predstavlja vrednost i u skladu sa tim formirala odgovarajuća ponuda.

2. Sistem vrednosti kao faktor uticaja na proces donošenja odluka

Lične vrednosti svakog pojedinca, kao i karakteristike njegove ličnosti, oduvek su bili identifikovani kao jedni od ključnih elemenata u kognitivnoj strukturi potrošača. Ovi elementi predstavljaju snažne pokazatelje ponašanja pojedinca i povezane su sa njegovom motivacijom.

Vrednost se može definisati i kao apstraktni oblik kognitivnih kategorija, a kao konkretne kognitivne kategorije u vezi sa ponašanjem u kupovini, javljaju se stavovi. Vrednost služi kao instrument za merenje satisfakcije potrošača, pa samim tim i za sagledavanje ponašanja potrošača. Dakle, vrednost je kategorija koja u velikoj meri utiče na ponašanje potrošača u domenu donošenja odluka o kupovini.⁵

Švarc i Bilski, generisali su konceptualnu definiciju vrednosti koja uključuje pet formalnih elemenata vrednosti. Ovi elementi determinišu vrednost kao:⁶

- koncept verovanja
- kao posledica življenja u određenom okruženju
- osnova za pravljenje distinkcija između određenih situacija
- osnova za selekciju i vrednovanje ponašanja ili događaja
- determinisana je relativnom važnošću

Ovako definisana, vrednost se od stava razlikuje u njenoj generalizaciji ili apstraktnosti, kao i u hijerarhijskoj klasifikaciji prema stepenu važnosti. U prilog formalnim elementima vrednosti, Švarc ističe da bi primarni sadržaj vrednosti trebalo da odražava ciljeve ili motivacione elemente koje osoba poseduje. Sam sadržaj vrednosti se razlikuje, jer u njenoj osnovi leže tri tipa univerzalnih zahteva ljudskog postojanja, a to su:

- fiziološke potrebe
- potreba socijalne interakcije
- potreba preživljavanja i ostvarivanja boljitka

Iz ova tri tipa potreba, razvijen je koncept koji se sastoji od osam različitih motivacionih tipova ličnosti.

Osam tipova vrednosti koje utiču na formiranje ličnosti:

- prosocijalna
- restriktivni konformizam/poslušnost
- uživanje
- postignuće
- zrelost
- samovođenje
- bezbednost
- moć

Prethodno definisanih osam tipova vrednosti koji su svojstveni različitim tipovima ličnosti, pretrpeli su određenu modifikaciju kako bi se izoštrilo njihovo značenje kao i

⁴ F.O. Sintés, J. Mattsson. Innovation behavior in the hotel industry. Denmark, Roskilde University Center & Spain, University of The Balearic Islands, 2007, pp. 389-390

⁵ H. Kassarian, Personality and consumer behaviour: A review. Journal of Marketing Research 24, 1971, pp. 410

⁶ S.H. Schwartz. Advances in Experimental Social Psychology. Orlando, Academic Press, 1992, pp. 3-13

pojasnilo njihovo poreklo i interakcija sa ostalim elementima vrednosti. Modifikovani tipovi vrednosti su sledeći: samovođenje, stimulacija, hedonizam, postignuće, moć, sigurnost, konformizam, tradicija, benevolentnost, univerzalizam i duhovnost.

3. Empirijska analiza

U radu je sprovedeno eksplorativno istraživanje kako bi se potvrdila ili pak odbacila veza između Švarcovog modela sistema vrednosti pojedinaca sa preferencijama prilikom odabira turističkog aranžmana na mlađoj populaciji starosti između 18-30 godina. Reč je o prigodnom uzorku koji je sačinjen metodom „grudve snega“. Rezultati potvrđuju postojanje

povezanosti i utiru put daljem istraživanju na široj populaciji. Uticaj Švarcovog modela sistema vrednosti na izbor turističkih aranžmana ocenili smo pokretanjem regresione analize za svaku varijablu koja se odnosi na preferencije ispitanika. U tabeli 1 se nalaze rezultati svake pojedninačne regresione jednačine. Za svaku zavisnu varijablu predstavljeni su regresioni koeficijenti (leve kolone) i p-vrednosti (desne kolone). Masnim slovima smo označili koeficijente značajne na nivou od 10%. Kod svake regresione jednačine kontrolisali smo uticaj pola i starosti koji predstavljaju, po pravilu, dva relevantna činioca kod preferencija potrošača u velikom broju slučajeva.

Prvi deo tabele	Dostupnost informacija o željenoj destinaciji (preporuke, sajтови, katalozi i sl.)		Način plaćanja aranžmana (mogućnost odloženog plaćanja, gotovina i sl.)		Transport do turističke destinacije		Lokacija smeštaja u turističkom mestu		Kvalitet smeštaja (komfor sobe, ljubaznost osoblja i sl.)	
(Constant)	2.878	.000	4.198	.000	3.151	.000	3.788	.000	2.114	.000
sigurnost vs. rizik	.068	.265	.138	.078	-.089	.195	-.035	.517	.010	.870
individualizam vs. jednakost	.042	.481	-.024	.751	.005	.938	.062	.242	.072	.227
samoprevazilaženje	.012	.849	.105	.205	.023	.747	.007	.899	.016	.800
konzervativizam vs. hedonizam	-.054	.373	-.045	.568	.021	.755	-.020	.714	.035	.564
pol	.398	.006	.396	.031	.428	.008	.244	.052	.482	.001
starost	.007	.713	-.063	.007	-.007	.745	-.023	.153	.030	.093
Drugi deo tabele	Uključenost obroka u aranžman		Ponuda raznovrsne hrane i pića u okviru turističke destinacije		Prirodne pogodnosti za odmor (tip peska na plaži, bistrina voda, sunčanje i sl.)		Mogućnost aktivnog odmora (iznajmljivanje skutera, ronjenje, skijanje na vodi i sl.)		Zabava u toku boravka (kafići, diskoteke, restorani, noćni klubovi i sl.)	
(Constant)	2.653	.000	2.208	.000	1.257	.016	2.698	.000	3.245	.000
sigurnost vs. rizik	-.175	.019	-.121	.107	-.194	.002	-.308	.000	-.155	.018
individualizam vs. jednakost	.049	.502	.083	.262	.036	.563	.160	.025	.109	.089
samoprevazilaženje	-.034	.664	-.026	.738	.213	.002	.128	.095	.032	.647
konzervativizam vs. hedonizam	.234	.002	.044	.556	.001	.987	.063	.382	-.064	.330
pol	-.057	.743	-.116	.508	.375	.011	.124	.460	.230	.131
starost	-.009	.680	.014	.536	.065	.001	-.012	.570	-.015	.426

Tabela 1. Regresiona analiza⁷

⁷ Leva kolona ispod svake zavisne varijable (preferencije ispitanika) odnosi se na regresione koeficijente, dok se desna kolona odnosi na korespondirajuće p-vrednosti.

Ono što možemo da zaključimo iz tabele jeste da su žene u odnosu na muškarce znatno izbirljivije kad je u pitanju izbor letnje turističke destinacije. Sa godinama starosti pada značaj načina plaćanja, kvalitet smeštaja i prirodne pogodnosti (trebalo bi ipak imati u vidu opseg starosti u uzorku). Osobe koje preferiraju sigurnost smatraju način plaćanja kao relevantan faktor prilikom izbora aranžmana. Oni koji preferiraju rizik i uzbuđenje, smatraju prirodne pogodnosti za odmor, mogućnost aktivnog odmora i zabavu u toku boravka, relevantnim činiocima. Za osobe koje se odlikuju individualizmom zabava u toku boravka i mogućnosti aktivnog odmora su bitni elementi turističkog aranžmana. Osobe koje karakteriše samoprevazilaženje, smatraju prirodne pogodnosti kao i mogućnost aktivnog odmora bitnim. Konzervativnim osobama je važno da li je obrok uključen u aranžman ili ne.

4. Zaključak

Prilagođenost turističke ponude preferencijama i mogućnostima turističke tražnje, predstavlja jednu od osnova za ostvarivanje željene tržišne pozicije. Sistem vrednosti svakog potrošača zauzima bitno mesto u marketing koncepciji, pa je stoga bitno da se utvrdi koji oblici vrednosti postoje i koji se ključni motivi iza njih kriju. U zavisnosti od naglašenosti (ili potisnutosti) pojedinih komponenti sistema vrednosti potrošača zavisice i njihove odluke prilikom kupovine turističkih aranžmana.

Empirijski deo rada baziran je na intrumentalizaciji Švarcovog model sistema vrednosti. Rezultati su ukazali da sistem vrednosti ima veliki uticaj u objašnjavanju preferencija ispitanika u pogledu njihovog odabira turističkih aranžmana što predstavlja dobar argument za aplikaciju Švarcovog modela u oblasti turizma. Rezultati dobijeni u ovom radu, predstavljaju dobru osnovu za buduće opsežno istraživanje koje može dati doprinose u poslovanju turoperatora, kao i turističkih agencija u domenu kreiranja atraktivnih turističkih paketa za turističko tržište.

Bibliografija

- [1] **B. Maričić, A. Dorđević.** Kreiranje i isporučivanje vrednosti potrošačima. CID, Ekonomski fakultet, Beograd, 2012.
- [2] **F. Bradley.** Strategic Marketing In The Customer Driven Organization. WILEY, West Sussex, 2003.
- [3] **F.O. Sintes, J. Mattsson.** Innovation behavior in the hotel industry. Denmark, Roskilde University Center & Spain, University of The Balearic Islands, 2007.
- [4] **G.Armstrong, P. Kotler.** Marketing- An Introduction. New Jersey, Prentice Hall, 2003.
- [5] **H. Kassarian,** Personality and consumer behaviour: A review. Journal of Marketing Research 24, 1971, pp. 409-419
- [6] **S.H. Schwartz.** Advances in Experimental Social Psychology. Orlando, Academic Press, 1992.

ELECTRONIC COMMERCE

Inteligentni uređaji i mobilne komunikacije u poslovanju železnice

Predrag Vuletić

„Železnice Srbije“ a.d., Nemanjina br. 6, Beograd

e-mail: pedjanalog@gmail.com

Živko Bojović

Fakultet organizacionih nauka, Jove Ilića br. 154, Beograd

e-mail: zivko@elab.rs

Apstrakt. Mobilno poslovanje je deo elektronskog poslovanja koji se poslednjih godina brzo razvija. Na njegov razvoj je presudno uticala implementacija paketskih tehnologija u oblasti mobilnih komunikacija (mobilne mreže treće i četvrte generacije). U ovom radu je sprovedeno istraživanje koje se bavilo ispitivanjem mogućnosti šire primene mobilnih komunikacija u poslovanju železničkih preduzeća. Osim mogućnosti primene u oblasti m-trgovine, m-marketinga i telemetrije ispitana je i mogućnost korišćenja u oblasti primene inteligentnih uređaja na sredstvima železničkog transporta. Cilj ovog istraživanja je da se ukaže na značaj realizacije onih rešenja koja će pored unapređenja postojećih usluga mobilnog poslovanja uvesti i nove usluge. To se pre svega odnosi na one usluge kojima bi se povećala bezbednost transporta robe i ljudi u železničkom saobraćaju, ali i unela veća doza zabave, informisanosti i povećala konkurentnost železničkih kompanija na tržištu. Upotrebom inteligentnih uređaja i uz adekvatan Internet pristup preko sistema mobilnih komunikacija, poslovanje železnice može biti efikasnije, a zadovoljstvo korisnika veće.

Ključne reči: m-poslovanje, m-trgovina, m-marketing, Internet of Things

1. Uvod

Informaciono-komunikacione tehnologije imaju sve veću primenu u poslovanju železničkih preduzeća. To se pre svega odnosi na tehnologije mobilnih komunikacija koje podrazumevaju upotrebu mobilnih uređaja¹ u procesu poslovanja (m-business). Sa aspekta železničkih preduzeća, mobilno poslovanje se implementira da bi se korisnicima usluga železnice pružili novi i olakšala upotreba postojećih servisa (trgovina, plaćanje, marketing) čime se ostvaruju bolji rezultati odnosno efikasnije poslovanje [1]. Osim u pomenute svrhe, mobilne komunikacije se koriste u telemetriji, a mogu se koristiti i za spregu inteligentnih uređaja sa servisnim centrom preko Interneta [2] kao deo IoT (eng. Internet of Things) tehnoloških rešenja.

Realizacijom IoT rešenja može se povećati bezbednost transporta železnicom ljudi i robe, ali i pružiti mnogo više informativnih i zabavnih sadržaja u sredstvima železničkog prevoza.

2. Mobilno poslovanje

Osim poslovanja na relaciji železnica - korisnik (B2C), mobilno poslovanje se danas koristi i u ostvarivanju poslovnih odnosa sa srodnim preduzećima u inostranstvu (B2B). Najvažnije zahtevi koji se postavljaju pred ovo poslovanje tiču se obezbeđivanja:

- **Mobilnosti.** Upotreba mobilnih uređaja malih dimenzija u poslovanju železničkih preduzeća.
- **Raspoloživosti.** Mogućnost da se upotrebom mobilnih uređaja ostvari usluga sa bilo koje lokacije.

¹ Mobilni uređaji su: mobilni telefoni, PDA uređaji, pametni telefoni, itd., dok u prenosne uređaje spadaju

laptop računari, a tablet računari se svrstavaju između ove dve kategorije.

- Efikasnosti. Primena mobilnih uređaja omogućava korisnicima da na efikasan način realizuju svoju potrebu za određenom uslugom u bilo kom trenutku [1].

3. Mobilna trgovina u železničkim preduzećima

Mobilna trgovina² (m-commerce) predstavlja najznačajniji i najrazvijeniji segment mobilnog poslovanja u železničkim preduzećima. Karakterišu je: sveobuhvatnost, pogodnost, instant povezivanje, personalizacija i lokacija. Odvija se preko Interneta i za njenu efikasnost je od esencijalnog značaja protok koji se može ostvariti na uređajima mobilne komunikacione infrastrukture.

Pojava 4G mreže zasnovane na IEEE 802.20 standardu za bežične mreže značajno unapređuje ovaj segment poslovanja, jer nudi širokopolasni pristup Internetu. Da bi se unapredilo mobilno poslovanje neophodno je, hitno pristupiti razvoju telekomunikacione infrastrukture na železnicama (eng. Railway communication system) i njenom povezivanju sa novom mrežom mobilnog Interneta. U Republici Srbiji je juna 2015. godine uvedena 4G mreža, ali se ona trenutno ne koristi u poslovanju Železnica Srbije. Međutim, u nekim železničkim kompanijama u svetu upotrebom 4G mreže ostvaren je prenos podataka 16Mbps > 2Mbps, pri brzinama voza od 250 km/h sa mobilnim radijusom do 15 km.

Pokrivenost vozova i stajališnih mesta sa IEEE 802.11 standardom, je svakako potreba savremenog društva. Zato su Železnice Srbije u fazi obnove voznog putničkog parka na novim garniturama DMV 711 „Metrowagonmash“ vršile ispitivanja koja se odnose na

implementaciju Wi Fi mreže. U nekim zemljama kao npr. u Indiji, u toku je projekat implementacije Wi Fi usluge na 400 stanica A1 i A kategorije, a putnicima je omogućeno besplatno korišćenje Interneta u prvih pola sata vožnje.

Trgovina putem mobilnih uređaja (mobilnih telefona i tableta) je u periodu od 2010. do 2014. godine porasla sa 3,4% na 36,9% (trgovina putem mobilnih telefona preovlađuje sa 24,5%, dok je trgovina putem tablet računara 12,4%) [3].

Primena mobilnih komunikacionih tehnologija u mobilnoj trgovini od strane železničkih kompanija se ogleda u prodaji karata (skraćeno m-ticketing). Ova platforma omogućava korisnicima mobilnih uređaja da putem SMS poruka, web sajta prilagođenog mobilnom uređaju (WAP stranice) ili mobilne aplikacije, naruče, plate, dobiju i izvrše validaciju karata sa bilo koje lokacije u bilo koje vreme.

Osim standardnih podataka, ove karte sadrže i 2D barkod koji omogućava lakše očitavanje. Plaćanje se obavlja uz pomoć platforme m-plaćanja, a nakon izvršenog plaćanja, vozna karta se šalje na mobilni uređaj u elektronskom obliku kao 2D bar kod koji se proverava pomoću optičkog skenera. Mobilne karte smanjuju troškove proizvodnje i distribucije koji se javljaju kod tradicionalnih papirnih karata, pružaju veći izbor mogućnosti i nove i jednostavnije načine kupovine karata, smanjuju rizik od gubitka karte i slično.

4. Mobilni marketing u železničkim preduzećima

Udruženje za mobilni marketing (m-marketing)³ je ovaj segment mobilnog poslovanja definisalo kao poslovni proces koji

² Mobilna trgovina je obavljanje bilo kog oblika trgovinskih transakcija, koje uključuju prenos vlasništva ili prava na korišćenje dobara i usluga, ali i svih aktivnosti za podršku trgovini, korišćenjem mobilnog uređaja koji ima pristup Internetu.

³ Mobilni marketing se definiše i kao način na koji kompanije ostvaruju komunikaciju sa svojim potrošačima (uz njihovu izričitu dozvolu) putem mobilnih uređaja, i to u pravo vreme, na pravom mestu i uz obezbeđenje relevantne vrednosti.

železničkim kompanijama omogućava interaktivnu komunikaciju sa korisnicima putem bilo kog mobilnog uređaja i bežične mreže [4]. U Železnicama Srbije, ovaj segment mobilnog poslovanja je do nedavno bio skoro nerazvijen. Zato se poslednjih nekoliko godina intenzivno radi na primeni novih rešenja kojima bi se uspostavio marketinški kanal za jednostavnije, brže, efikasnije oglašavanje, reklamiranje, istraživanje tržišta, itd. Postoje različiti načini i strategije reklamiranja putem mobilnih uređaja, ali se u svetu najčešće koriste ulazni SMS marketing⁴ i izlazni SMS marketing⁵, u zavisnosti ko inicira slanje SMS poruka (inicijator snosi i troškove poruke) [5]. Ulazni SMS marketing omogućava klijentima da slanjem poruka koje sadrže kod stanice u realnom vremenu dobiju informacije gde se voz nalazi i koje je vreme dolaska voza na stanicu. Ova vrsta usluge se obezbeđuje postavljanjem mobilnih uređaja sa satelitskim prijemnikom na svaki voz. Izlazni SMS marketinga ima promotivni karakter, a železničke kompanije mogu da kreiraju SMS servise koji služe za informisanje klijenata o popustima na cenu karata, o atraktivnim destinacijama ili destinacijama koje su povezane sa nekim važnim manifestacijama, da organizuju nagradne igre ili promocije kupona (prilikom kupovine karte klijenti dobijaju kupone na osnovu kojih ostvaruju popuste za nove karte). U promotivne svrhe, železničke kompanije koriste i MMS marketing sa porukama multimedijalnog karaktera. MMS poruke se mogu gledati i preko web browser-a, što je alternativno rešenje ukoliko uređaj nije u stanju da primi takve poruke. MMS marketing iziskuje veće troškove. Bluetooth marketing⁶ je deo mobilnog marketinga koji odlikuju:

⁴ Ulazni SMS marketing – inicijator komunikacije putem slanja poruke na određeni SMS servis je korisnik mobilnog telefona.

⁵ Kod izlaznog SMS marketinga, inicijator slanja poruka sadašnjim i potencijalnim korisnicima je vlasnik SMS servisa.

besplatne multimedijalne poruke, jednostavna izmena sadržaja, prilagođenost potrebama korisnika, mobilnost Bluetooth servera (postavlja se na mesto sa najvećom koncentracijom ciljne grupe) i izbor korisnika mobilnih uređaja da li će da prihvate poruku ili ne [5]. Koristi se u vozovima tako što pri ulazu u voz korisnik pokreće Bluetooth funkciju na svom mobilnom uređaju. U kratkom roku korisnik prima reklamne poruke ili informacije o rasporedu odlazaka/dolazaka, koja je na redu sledeća stanica i dr. Bluetooth tehnologija se koristi i za prikazivanje interaktivnih reklama u vozovima dok se putnik vozi na određenoj relaciji. Marketing putem mobilnih uređaja sve više dobija na značaju zahvaljujući mogućnostima koje pruža Internet. Jedan od načina reklamiranja jeste i web sajt prilagođen mobilnim uređajima, koji omogućava pružanje informacija o proizvodima i uslugama, kao i kompaniji, a može se kombinovati i sa SMS marketingom, tako što će se korisnik mobilnog uređaja prijaviti na listu kompanije putem WAP stranice, a onda će putem SMS-a dobijati informacije o svim novim proizvodima ili uslugama, popustima, akcijama, itd [1]. Internet i mobilni uređaji omogućavaju i mobilni e-mail marketing, što znači da korisnici mobilnog uređaja mogu dobijati e-mail poruke na svom mobilnom uređaju, ali se e-mail poruke mogu i slati sa mobilnog uređaja. Prednosti koje pruža Internet i mobilni marketing su: dvosmerna komunikacija, sadržaj promotivne poruke se može brzo i lako menjati i prilagođavati potrebama, rezultati promotivne aktivnosti su lako merljivi, slanje promotivnih poruka se odvija bez obzira na vreme i mesto gde se korisnik nalazi, veoma niski troškovi, besplatne promotivne poruke za korisnika [5].

⁶ Podrazumeva primenu Bluetooth servera koji uz pomoć softvera šalje poruke korisnicima mobilnog uređaja (koji poseduje Bluetooth tehnologije) na određenom prostoru, u okviru Bluetooth zone.

5. Telemetrija

Telemetrija predstavlja posebnu oblast poslovanja, koja podrazumeva bežični prenos podataka koji se sakupljaju pomoću senzora [1]. Železničke kompanije koriste sisteme sa mobilnim uređajima koje sadrže GPS prijemnik radi praćenja vozova. Ovi uređaji se često povezuju sa mrežom senzora koji se nalaze na samom vozu i koriste se za merenje najznačajnijih radnih parametara vozova, kao što su nivo goriva, eventualne neispravnosti, kočioni sistemi itd. ili za dobijanje informacija o lokaciji, brzini i slično [6].

„Železnice Srbije“ a.d. su od 2014. godine počele sa elektronskim praćenjem potrošnje goriva ugradnjom sonde na dizel-električnim lokomotivama i dizel-motornim vozovima. U rezervoare goriva su ugrađeni kapacitivni transponderi nivoa tečnosti (BHM SR-01), a preko uređaja BHM GM862G vrši se praćenje vučnog vozila putem GPS satelitske mreže.

Na železničkim prugama u svetu telemetrija je široko zastupljena u formi implementacije inteligentnih senzorskih uređaja koji prikupljaju različite podatke i iste preko mobilnog Interneta šalju na obradu u servisne centre. Obrada informacija sa udaljenog mesta je značajna posebno sa aspekta bezbednosti železničkog saobraćaja, jer se npr. na kritičnim deonicama, na šinama, mogu ugraditi bežični senzori koji mere temperaturu šine. Izmerena vrednost poslata preko mreže mobilne telefonije može se iskoristiti za donošenje odluke o brzini kojom bi voz trebao da saobraća kako ne bi došlo do iskliznuća (šina se pri visokoj temperaturi širi, a pri niskoj skuplja).

Razvoj komunikacione infrastrukture i naglo širenje primene IoT tehnologija osim unapređenja bezbednosti saobraćaja ima za cilj i da putnicima u vozovima omogući komfor. Komfor podrazumeva brz pristup Internetu i mogućnost da putnik izvršava svoje radne zadatke kao da je u kancelariji (Train as a

service). Nova dimenzija u komforu je širenje zabave u vozu kao npr. prisutnost IPTV servisa, on-line igranje igrice, kontinualno informisanje putnika (različiti sadržaji) i sl. Sve ovo značajno može da utiče na konkurentnost železnice.

6. Zaključak

Primena mobilnih komunikacija neosporno ima veliki uticaj na dalji razvoj poslovanja na železnicama. Brzina i kvalitet implementacije ovih rešenja u komunikacionoj infrastrukturi železnice utiču ne samo na trgovinu, marketing i poslovanje. Ugradnjom inteligentnih uređaja i njihovom spregom sa Internetom preko mobilnih sistema utiče se na bezbednost saobraćaja, ali i na druge sfere poslovanja železnice. Primena IoT rešenja u vozovima, korisnicima će omogućiti da u vozu izvršavaju radne zadatke, ali i da se zabavljaju odnosno železnički saobraćaj će sa aspekta korisnika činiti konkurentnim u odnosu na druge vrste saobraćaja.

Bibliografija

- [1] V. Ranković, Z. Arsovski, Mobilno računarstvo. Ekonomski fakultet, Kragujevac, 2012.
- [2] P. Bjelić, Mobilni telefon kao kanal elektronskog poslovanja. Ekonomski anali, 152-2, 2002, str.81-98.
- [3] Custora E-commerc Pulse. Mobile Report, Custora, 2014.
- [4] Dushinski, K. The Mobile Marketing Handbook: A Step-by-Step Guide to Creating Dynamic Mobile Marketing Campaigns, 2nd ed., CyberAge Book, Information Today Inc. New Jersey, 2012.
- [5] B. Čavić, B. Vuksanović, P. Krgušić, R. Vuksanović, Implementacija interaktivnih marketing komunikacija putem mobilne telefonije, Infoteh-Jahorina, Vol. 10, March 2011, pp.651-654.
- [6] J. Macaulay, L. Buckalew, G. Chung. Internet of things in logistics: A collaborative report by DHL and Cisco on implications and use cases for the logistics industry, DHL Trend Research and Cisco Consulting Services, 2015.

Specifičnosti indirektnog oglašavanja u video igrama

Jelena Cvijović

Fakultet organizacionih nauka, doktorant

e-mail: jelenacvijovic85@gmail.com

Dragana Todović

Fakultet organizacionih nauka, doktorant

e-mail: todovicd@yahoo.com

Apstrakt. Savremene tendencije u oblasti marketinškog komuniciranja nameću potrebu za implementacijom novih instrumenata koji bi omogućili lakše prilagođavanje karakteristikama ciljnih grupa, dostavljanje željene poruke i postizanje željenih efekata. Uzevši u obzir ekspanziju industrije video igara i sve veći broj korisnika, svih demografsko-socioloških profila, video igre su postale jedan od najatraktivnijih medija za oglašavanje. Indirektno oglašavanje u video igrama je specifično u odnosu na druge tipove, kako direktnog, tako i indirektnog oglašavanja, pa je, stoga, fokus ovog rada na identifikovanju njegovih ključnih prednosti i nedostataka sa aspekta oglašivača. Kako još uvek ne postoji dovoljan broj istraživanja na ovu temu, neophodna su kompleksnija izučavanja ove oblasti kako bi se shvatio stvarni potencijal ovog savremenog kanala za oglašavanje.

Ključne reči: indirektno oglašavanje, video igre, karakteristike, efekti

1. Uvod

Promene u marketinškoj praksi i različiti tehnološki izumi su usloveli sve veće distanciranje potrošača od tradicionalno plasiranih oglasnih poruka. Kao rezultat toga, oglašivači nastoje da pronađu alternativne strategije da privuku pažnju potrošača [1],[2]. Indirektno oglašavanje je jedna od strategija koju oglašivači koriste u svrhu lakšeg dosezanja do ciljnog auditorijuma, a ono podrazumeva inkorporiranje brendova ili njihovih elemenata u različite medijske formate, iz komercijalnih razloga [3]. U poslednje vreme, pored televizije, interesovanje za indirektno oglašavanje se proširilo i na druge oblike medija, posebno na video, kompjuterske i onlajn igre [4], [5], [6], [7], [8], [9]. Ekspanzija industrije video i kompjuterskih igara uticala je na razvoj svesti oglašivača o njihovom potencijalu kao efektivnom kanalu za oglašavanje [10]. Sve veći broj korisnika igara čine video i kompjuterske igre atraktivnim za oglašavanje

[9], [11], najviše zahvaljujući jednostavnom dosezanju do ciljne grupe potrošača putem integrisanja proizvoda u radnju igre [12].

Istraživanja u SAD ukazuju na to da 42% populacije igra video igre i da se igrači mogu identifikovati među svim starosnim grupama, pri čemu 26% čine igrači mlađi od 18 godina, 30% starosti između 18 i 35 godina, 17% oni između 36 i 49 godina i 27% oni stariji od 50 godina. Muškarci čine 56% igrača, a žene 44%. Kada su u pitanju prosečne godine igrača, za muškarce je to 35 godina, a za žene 44 godine [13]. Prihodi od oglašavanja u video igrama pokazuju godišnju stopu rasta od 11,2% za period od 2010. do danas. U 2010. godini, globalni prihodi od oglašavanja u video igrama iznosio je oko 1,9 milijardi američkih dolara, u 2014. bio je 3,1 milijardi američkih dolara, do kraja 2015. će iznositi 3,41 milijardi američkih dolar, dok se predviđa da će dostići čak 3,72 milijardi američkih dolara 2016. godine [14].

2. Pozitivni aspekti indirektnog oglašavanja u video igrama

Može se konstatovati da glavnu prednost predstavlja iskustvena priroda video igara, zahvaljujući kojoj se željene informacije o proizvodima plasiraju aktivnoj i angažovanoj publici [15]. Određena istraživanja na ovu temu su ukazala na to da upravo interaktivno okruženje u video igrama podstiče bolje pamćenje tih informacija [16], [17]. To je posledica raličite obrade poruka plasiranih putem indirektnog oglašavanja u zabavnim medijima od onih dobijenih putem tradicionalnog oglašavanja. Dok u slučaju tradicionalnog oglašavanja potrošači obično prepoznaju komercijalnu funkciju poruke, čime se aktivira njihov skepticizam i otpor, što ograničava postignute efekte [18], za indirektno oglašavanje je manje verovatno da će aktivirati ove mehanizme odbrane [19]. Takođe, u slučaju tradicionalnog oglašavanja, brend poruka je u fokusu pažnje gledalaca, dok u slučaju indirektnog oglašavanja, publika svesno učestvuje u zabavnom sadržaju, što okupira njenu primarnu pažnju, pri čemu oglasne poruke prima uporedo [3].

Za industriju video igara, indirektno oglašavanje može da pruži dodatni prihod, uzevši u obzir da oglašavači plaćaju "ugradnju" proizvoda u scenario igre. Još jednu bitnu prednost predstavlja pojačavanje realnosti igranja [9]. Unapređenje tehnologije video igara obezbedilo je oglašivačima priliku da stvore krajnje realistične simulacije svojih proizvoda, čime se unapređuje iskustveni doživljaj igrača. Pojedine igre, kao što je, recimo, simulacija trka Gran Turismo, oponašaju veoma realne scenarije koji bi mogli da se izjednače sa "probnim vožnjama" različitih brendova automobila u stvarnom svetu [20]. Iz tog razloga, rezultati pojedinih studija ukazuju na to da publika smatra da indirektno oglašavanje, zapravo, unapređuje iskustvo povećanjem realističnosti određenog medijskog formata [21]. Slično tome, Nelson et al. [22] su utvrdili da, sa aspekta igrača, realističnost sportskih igara značajno zavisi od brendova koji se u igri javljaju.

Dodatnu prednost indirektnog glašavanja u video igrama predstavlja mogućnost identifikovanja igrača sa poznatim sportskim ličnostima koje se javljaju u igrama (kao što je, recimo, Tajger Vuds u Cyber Tiger) [5]. Zapravo, 17,9% redovnih igrača video igara uzima u obzir poznate ličnosti koje su uključene u igru kao jedan od glavnih razloga za njihovo konzumiranje [13].

Indirektno oglašavanje ima duži životni vek od konvencijalnog oglašavanja [10]. Životni vek brendova koji se nalaze ugrađeni u video igre može biti značajan [5], naročito u slučaju redovnih igrača te igre. Pored toga, sa praksom dinamičkih oglasa u igri koji se mogu često i lako promeniti, prilika za inkorporiranje novih brendova i sprečavanje zastarelosti je veća [23].

Istraživanja su pokazala da publika, generalno posmatrano, ima pozitivnije stavove prema indirektnom nego direktnom oglašavanju. Osim toga, većina igrača nema kritički stav o oglašavanju u video igrama, ne smatra da ono utiče na njihovu pažnju i narušava iskustveni doživljaj, i ne smatra ovaj tip oglašavanja obmanom [5].

3. Negativni aspekti indirektnog oglašavanja u video igrama

S obzirom na sve zastupljeniju praksu oglašavanja u video igrama, iznenađujuće malo istraživanja do sada je urađeno u vezi sa njegovim stvarnim efektima. Malo se zna o tome u kojoj meri oglašavanje u video igrama utiče na odnos igrača prema određenim brendovima i na kupovno ponašanje [9]. Iako su pojedine studije ukazale na to da indirektno oglašavanje zaista utiče na razvoj svesti igrača o brendova koji se javljaju i da je interaktivna priroda video igara zaslužna za to [5], pojedini autori ističu da upravo ona može biti barijera u postizanju maksimalnih efekata sa aspekta oglašivača [24]. Za razliku od televizijskih emisija i filmova koje zahtevaju pasivno prisustvo gledalaca, video igre zahtevaju manipulisanje kontrolnim funkcijama i napredovanje kroz igru [25], [26]. Stoga, interaktivne karakteristike video igara mogu umanjiti perceptivne mogućnosti igrača jer je

njihova pažnja podeljena između onoga što vizuelno opažaju i kontrolisanja igre [4], [7], [27]. Na primer, Šapiro i Krišnan [28] su utvrdili da, kada je pažnja ljudi podeljena između vizuelno prikazanih oglasnih poruka i slušanja zvukova nepovezanih sa njima, pamćenje oglasnih poruka biva umanjeno.

Ipak, još uvek nije u potpunosti jasno kako interaktivnost video igara i aktivna uloga igrača može uticati na efekte indirektnog oglašavanja kada je pamćenje oglasnih poruka u pitanju [9]. Sprovedenjem dve studije o sportskim igrama, Nelson [5] je utvrdila da se igrači sećaju između 25% do 30% brendova koje su videli odmah nakon što završe igru, i 10% do 15% brendova nakon pet meseci od igranja. Telefonskim istraživanjem sprovedenim 2005. godine, u okviru koga su ispitani muškarci starosti od 18 do 34 godine, pokazalo se da više od 25% igrača može da se seti indirektnog oglašavanja iz poslednje sesije igranja [29]. Interesantno je napomenuti da je oko 33% igrača u pomenutom istraživanju odgovorilo da je indirektno oglašavanje u video igri uticalo na njihovo ponašanje pri kupovini [29]. Istraživanjem sprovedenim od strane Chaney, Lin i Chaney [4] utvrđeno je da igrači koji preferiraju igre sa pucanjem iz prvog lica mogu da se sete da su navođenjem svog lika "prošli" pored virtuelnih bilborda u igri, ali se slabo ili nimalo sećaju brendova ili čak kategorije proizvoda prikazanih na bilbordima. Slično tome, Grigorovici i Constantin [19] ukazali su na složen odnos između tipa indirektnog oglašavanja (virtuelni bilbordi u odnosu na prikazane objekte) i mogućnosti kasnijeg prisećanja njihovih imena. Na primer, igrači imaju tendenciju da se lakše sete brendova kada su oni postavljeni na bilbord, od onih koji su na drugi način prisutni u svetu igre, osim kada su u pitanju brendovi automobila. Shodno tome, postoji mogućnost da indirektno oglašavanje ne postigne potpune efekte u video igrama, jer bi interaktivnost i uključenost u igru mogli da utiču na sposobnost opažanja oglasnih poruka.

Međutim, mora se voditi računa o tome da oglašavanje u interaktivnim video igrama ima uticaj kako na eksplicitno, tako i na implicitno

pamćenje. Dosadašnja istraživanja su pokazala umanjeni efekat indirektnog oglašavanja na eksplicitno pamćenje, nego što je slučaj sa implicitnim. To znači da, iako igrači često ne mogu da se eksplicitno sete brendova koje su videli u video igrama, indirektno oglašavanje može da utiče na njihovo implicitno pamćenje i, stoga, na kasnije odluke o kupovini [9].

Postoje razlike u percepciji poruka i postignutim efektima u zavisnosti od toga kako i gde se nalaze "ugrađeni" brendovi. Studije su pokazale da se audio-vizuelne i verbalne forme lakše pamte od isključivo vizuelnih formi. Rasel i Stern [11] su utvrdili da se verbalne forme bolje pamte od vizuelnih kao i to da je povezanost sa radnjom nema uticaja na auditivne forme, dok poboljšava pamćenje vizuelnih formi. Zbog već pomenutih razloga, uključenost u igru škodi pamćenju diskretnije prikazanih brendova [19], pa će istaknuti brendovi biti bolje zapamćeni [10].

Još jedan nedostatak čini nasilan sadržaj mnogih video igara, za koji se pokazalo da usaduje agresivan način razmišljanja i nasilničko ponašanje korisnika [30], što se može negativno odraziti na imidž brendova koji se na taj način oglašavaju. Takođe, u pojedinim video igrama pojavljuju se realistični modeli oružja stvarnih proizvođača koji se na drugi način ne bi mogli oglašavati, pa indirektno oglašavanje ovakvih proizvoda povlači sa sobom određena etička pitanja.

3. Zaključak

Indirektno oglašavanje u video igrama nesumnjivo predstavlja perspektivan medij za oglašavanje, uzevši u obzir brzinu razvoja industrije video igara i potrebu za korišćenjem inovativnih tipova oglašavanja u svrhu postizanja što boljih efekata. Međutim, kako bi se postigli efekti u vidu zapažanja i pamćenja brendova koji se na ovaj način oglašavaju, razvoja pozitivnih stavova o njima i kasnijeg uticaja nakupovno ponašanje, neophodno je identifikovati i detaljno analizirati sve pozitivne i negativne aspekte i razviti strategije koje će biti najprihvatljivije za ciljnu grupu.

Bibliografija

- [1] **M. Lee, R. J. Faber.** Effects of product placement in on-line games on brand memory. *Journal of Advertising*, 2007, 36(4), 75-90.
- [2] **V. Cauberghe, P. De Pelsmacker.** Advergame: The impact of brand prominence and game repetition on brand responses. *Journal of Advertising*, 2010, 39(1), 5-18.
- [3] **T. M. Lowrey, L. J. Shrum, J. A. McCarty.** The future of television advertising. In: A. Kimmel (ed.), *Marketing Communication: Emerging Trends and Developments*, Oxford University Press, New York, 2005, pp. 113-132.
- [4] **I. M. Chaney, K-H. Lin, J. Chaney.** The effect of billboards within the gaming environment. *Journal of Interactive Media*, 2004, 5(1), 54-69.
- [5] **M. R. Nelson.** Recall of brand placements in computer/video games. *Journal of Advertising Research*, 2002, 42, 80-92.
- [6] **M. R. Nelson, R. A. Yaros, H. Keum.** Examining the influence of telepresence on spectator and player processing of real and fictitious brands in a computer game. *Journal of Advertising*, 2006, 35(4), 87-99.
- [7] **S. G. Nicovich.** The effect of involvement on ad judgment in a video game environment: The mediating role of presence. *Journal of Interactive Advertising*, 2005, 6(1), 29-39.
- [8] **L-P. Schneider, T. B. Cornwell.** Cashing in on crashes via brand placement in computer games: The effects of experience and flow on memory. *International Journal of Advertising*, 2005, 24(3), 321-343.
- [9] **M. Yang, D. R. Roskos-Ewoldsen, L. Dinu, L. M. Arpan.** The effectiveness of 'in-game' advertising: Comparing college students' explicit and implicit memory for brand names. *Journal of Advertising*, 2006, 35(4), 143-152.
- [10] **A. d'Astous, F. Chartier.** A study of factors affecting consumer evaluations and memory of product placements in movies. *Journal of Current Issues and Research in Advertising*, 2000, 22(2), 31-40.
- [11] **C. A. Russell, B. B. Stern.** Consumers, characters, and products. *Journal of Advertising*, 2006, 35(1), 7-21.
- [12] **S. McClellan.** Study: In-Game integration. *Adweek*, 2005, 46/47, 9.
- [13] **Entertainment Software Association – ESA.** ESA's 2015 essential facts about the computer and video game industry. 2015. Preuzeto sa: www.theesa.com/facts/index.php
- [14] **Statista.** Global video games advertising revenue from 2007 to 2016 (in billion U.S. dollars). 2015. Preuzeto sa: <http://www.statista.com/statistics/238140/global-video-games-advertising-revenue/>
- [15] **J. J. Sierra, H. A. Taute.** Experiential consumption of video game and in-show ads: Phenomenological explanation through thought experimentation. *Journal of research for consumers*, 2013, 24, 57-87.
- [16] **E. J. Jeong, F. A. Biocca, C. J. Bohil.** Effects of representational realism in 3D violent games. In A. Spagnolli, L. Gamberini (eds.), *PRESENCE 2008: Proceedings of the Eleventh Annual International Workshop on Presence*, Cooperativa Libreria Universitaria Padova, Padova, 2008, pp. 191-200.
- [17] **E. J. Jeong, C. J. Bohil, F. A. Biocca.** Brand logo placements in violent games: Effects of violence cues on memory and attitude through arousal and presence. *Journal of Advertising*, 2011, 40(3), 59-72.
- [18] **C. Obermiller, E. Spangenberg, D. L. MacLachlan.** Ad skepticism: The consequences of disbelief. *Journal of Advertising*, 2005, 34(3), 7-17.
- [19] **D. M. Grigorovici, C. D. Constantin.** Experiencing interactive advertising beyond rich media: Impacts of ad type and presence on brand effectiveness in 3D gaming immersive virtual environments. *Journal of Interactive Media*, 2004, 5(1), 31-53.
- [20] **T. Mackay, M. Ewing, F. Newton, L. Windisch.** The effect of product placement in computer games on brand attitude and recall. *International Journal of Advertising*, 2009, 28(3), 423-438.
- [21] **R. J. Avery, R. Ferraro.** Verisimilitude or advertising? Brand appearance on prime-time television. *Journal of Consumer Affairs*, 2000, 34, 217-244.
- [22] **M. R. Nelson, H. Keum, R. A. Yaros.** Advertainment or adcreep: Game players' attitudes toward advertising and product placements in computer games. *Journal of Interactive Media*, 2004, 5(1), 3-30.
- [23] **M. Shields.** A new dynamic. *Brandweek*, 2005, 20.
- [24] **P. Vorderer.** Interactive entertainment and beyond. In: D. Zillmann and P. Vorderer (eds.), *Media Entertainment: The Psychology of Its Appeal*, Lawrence Erlbaum, Mahwah, NJ, 2000, pp. 21-36.
- [25] **L. Yuping, L. J. Shrum.** What is interactivity and is it always such a good thing? Implications of definition, person, and situation for the influence of interactivity on advertising effectiveness. *Journal of Advertising*, 2002, 31(4), 53-64.
- [26] **L. Yuping, L. J. Shrum.** Rethinking interactivity: What it means and why it may not always be beneficial. In: M. R. Stafford and R. J. Faber (eds.), *Advertising, Promotion, and New Media*, M.E. Sharpe, Armonk, NY, 2005, pp.103-124.
- [27] **T. Grodal.** Video games and the pleasures of control. In: D. Zillmann and P. Vorderer (eds.), *Media Entertainment: The Psychology of Its Appeal*, Lawrence Erlbaum, Mahwah, NJ, 2000, pp.197-213.
- [28] **S. Shapiro, H. S. Krishnan.** Memory- based measures for assessing advertising effects: A comparison of explicit and implicit memory effects. *Journal of Advertising*, 2001, 30(3), 1-13.
- [29] **Activision.** Activision and Nielsen Entertainment Team to provide advertisers with standardized measurement metrics for video game audiences. 2004. Preuzeto sa: www.investor.activision.com/ReleaseDetail.cfm?ReleaseID=149231/
- [30] **C. A. Anderson, B. J. Bushman.** Effects of violent video games on aggressive behavior, aggressive cognition, aggressive affect, physiological arousal, and prosocial behavior: A meta-analytic review of the scientific literature. *Psychological Science*, 2001, 12(5), 353-359.

An SDN based solution for a smart parking

Ivan Trebaljevac

*Faculty of Organizational Science
e-mail: trebaljevac.ivan@gmail.com*

Doc. dr Živko Bojović

*Faculty of Organizational Science
e-mail: zivko@elab.rs*

Abstract. The Internet of Things (IoT) is aimed at enabling the interconnection and integration of the thousands of heterogeneous devices in a unique cyber space. The use of IoT for parking places can automate the parking system; introduce new user applications such as reservation of parking spaces and to reduce unnecessary traffic jams. An SDN based smart parking solution is the concept of networking thousands of sensors and cameras in a flexible cloud environment with distribution of the information to a central location. An SDN based solution contributes an automation of parking service, improves flexibility, enables new user applications, provides information in a real-time, and provides a scalable infrastructure for all future needs.

Keywords: SDN, IoT, smart parking

1. Introduction

A smart parking solution (SPS) presents a set of sensors that transmit data from the parking places in the central management system (CMS). The CMS system analyzes a parking place data useful for analysis, reports, parking place navigation, etc. The Sensors and cameras can check car types; plate numbers, and user behaviors. Concept of implementing SDN brings virtualization, management flexibility, flow controllability, and the scalability to the parking networking solution.

This paper is organized as follows: a review of related research is discussed in section 2. The proposed SDN smart parking architecture and proposed framework is discussed in section 3. Summary of the benefits and challenges are presented in section 4 while work's conclusion is discussed in section 5.

2. Related research

The main purpose of implementing SPS is to increase efficiency, operator revenues, user

satisfaction and to provide a scalable system^{1,2}. Research³ presents a communication between vehicles and infrastructure. Providing real-time parking place information is a challengeable task of the CMS system. Research^{4,5} presents impacts on urban traffic jam by nervous drivers. In order to increase an efficiency the operator deploys parking sensors. Works^{6,7,8,9} presents ZigBee and 60LWPAN. A Treviso smart parking system¹⁰ includes payment machines. The RFID system automatically detects car presence by the parking place RFID reader¹¹. Some cases^{12,13} proposed cameras to monitor parking places to detect a vehicle plate number and trigger a bill. Research^{14,15} presents examples of reservation in advance systems. Research¹⁶ combines free parking place detection, driver guidance over GPS, mutual communication between vehicle and infrastructure, and reservation guarantee of a parking place to the driver. In research^{4,16} vehicle identification is done with RFID for garage place while barrier system or light system for vehicles on the streets. Research¹⁷ presents reservation

solution based on implementing two wireless communications within one parking sensor.

3. Architecture and design

3.1. Proposed Architecture of SDN based smart parking solution

The Figure 1 shows three layers architecture of SDN based smart parking solution. The infrastructure consists following layers:

- Infrastructure Layer: Include sensors, cameras, IVS, etc
- SDN Manageable Layer is responsible for network virtualization
- Application layer – is consisting of the CMS system, IVS system and Cloud services.

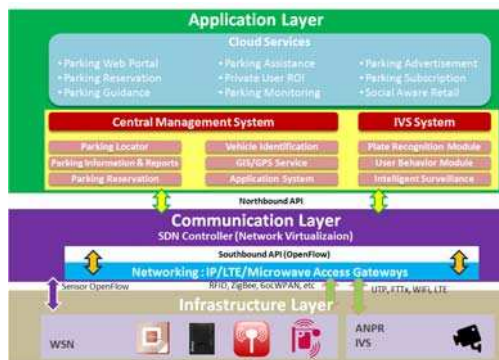


Figure1. Architecture of the SDN based smart parking solution

3.2. Guidance to overcome challenges of proposed SDN Based Smart Parking Solution

With increasing number of parking places in cities the amount of the traffic can increase. The essential challenges of the SPS are QoS, scalability, sensor and components manageability and programmability. The SDN can dynamically manage a network¹⁸. The SDN controller manages a dynamic configuration using the OpenFlow protocol. The controller centralized control planes, management, and configuration. The SDN supports routing, multicast, access control, bandwidth management, and QoS, etc.¹⁹

Research²⁰ presents SDN architecture to improve security in the IoT environment. The SDN controller can manage other devices like eNodeB LTE. Research²¹ provides the concept of managing IoT devices over LTE network. The controller can control LTE features like bandwidth control, bandwidth sharing, etc. Research²² proposes Sensor Open Flow to manage WSN sensors.

3.3. Proposed Framework of SDN Smart Parking Solution

The Figure 2 shows proposed framework of SDN smart parking solution. The idea of using SDN is to help the total solution to become virtual, programmable, and scalable. We proposed ZigBee/6LoWPAN sensor on a parking place. Data is sent to CMS over the ZigBee network to the SDN managed ZigBee gateway.

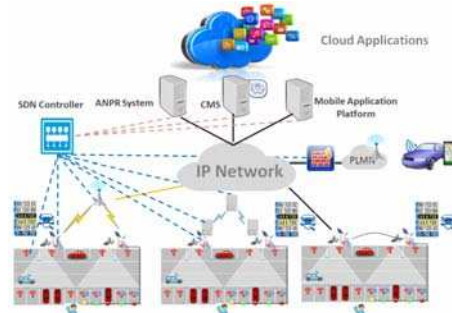


Figure2. High-Level Overview of SDN smart parking solution

The gateways recognize the remote sensor devices information. In proposed framework the SDN managed gateway has backhaul over LTE. The LTE can give enough bandwidth for each gateways which is enough for video surveillance and all applications which depend on real time video. The collectors can have direct access to the company network without using the local service provider network. The controller can allocate radio resources dynamically by dividing time and bandwidth into the smaller slots which can help multiple accesses. The collectors can roam from cell to cell while the controller manages rules and signalization flow.

Figure 3 presents the parking implementation scenarios in urban city area. The user can check free parking place online or through smart phone application (v#1). The controller dynamically follows and monitors parking place changes, informs the CMS and navigate user instantly. If a driver asks for a Cloud parking assistance the controller dynamically create a new flow. Once the driver parked his vehicle, the CMS system informs collectors about new occupancy. Our proposal is to use the SMS payment system in combination with ticketing machine. The advantages of SMS payment are that the driver can be informed if parking place will expire and if a driver should extend service or remove the vehicle.

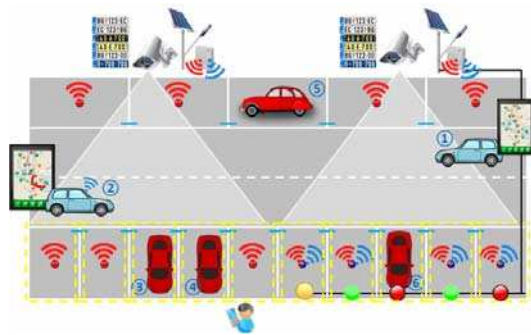


Figure3. The parking implementation scenarios in urban city

Some drivers will subscribe for parking service on daily/weekly/monthly basis. Once the driver applied for a subscription service, the CMS system will store information about the driver plate number, and the controller can dynamically forward information from the CMS to the collector handset instantly. Figure 4 presents a flowchart of controlling and reserving a parking place. The proposed flowchart takes care about reservation and about verification of the drivers. A driver can park on a standard parking place and on the three types of a special parking place. Once the system detects a vehicle on any parking place it will start a vehicle verification procedure. We proposed two ways of verification: ANPR plate recognition and manual verification by collector. The sensor bellows the vehicle will inform the

CMS about place occupancy (v#3,v#4). This information will trigger IVS system to record a vehicle plate number and to record data from occupied parking place. The controller and the CMS optimized verification route of collector based on new occupancies. If the system detects payment than the CMS will dynamically adjust the verification route. If driver #4 wishes a real-time video monitoring, then the controller dynamically control flow. The special parking places are the places which are reserved, dedicated for the users with a special needs, and private own places but users subscribed themselves on a URoI (User Return of Investment). With the URoI the CMS and controller dynamically push private own parking places or long-term reserved places as a selection for regular drivers in order to push for additional revenue. We proposed a light system control on the streets to inform about occupancy (green – available; red –reserved; yellow – reserved vehicle is approaching (v#2). Only the nearest gateway to the parking place forward information about approaching vehicles

4. Discussion and guides

The SDN will reduce a network cost, will enable a flexible and dynamical configuration, and easy flow management, will execute the security and policy features instantly, will help with a cross-vendor vertical integration, will enable a dynamic deployment of the future services, will simplify E2E management, etc. We proposed the future proof design which can easily grow and learn on a daily basis about user habits, changes, wishes, etc.

Comparing to the existing solutions we proposed the process automation, we designed a high efficient system which is scalable and user friendly. We proposed a scalable and adjustable system designed to expand service scopes easily, in-line with customer needs, able to collect and send real-time information instantly, improve the parking place safety, improve an enforcement of operator rules, increase parking services for

foreigners, improve data collection and statistics, etc. We proposed the way how to increase the operator revenues and how the operator can interact with the surroundings.

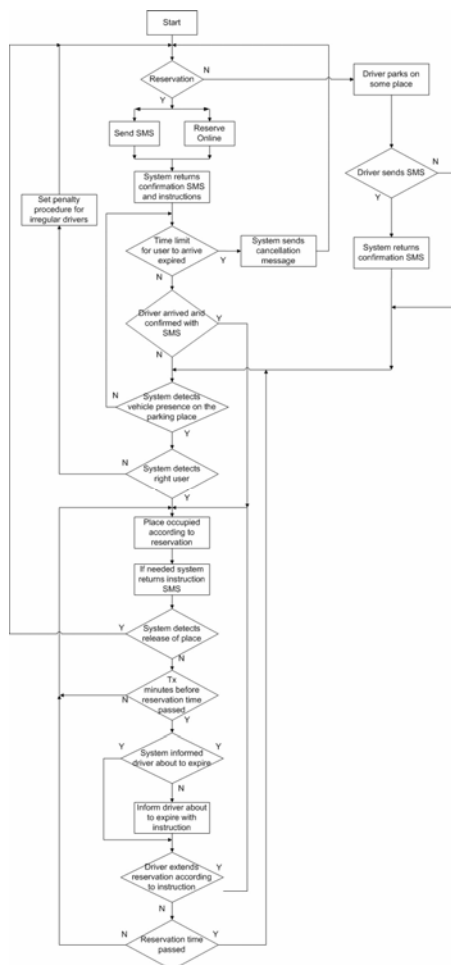


Figure4. A Flowchart of controlling and reserving parking place

The drawbacks of the proposed design are complexity of integration between various heterogeneous elements, complexity of administrative procedures like position of hardware elements on the streets, complexity in the frequency regulation for private LTE networks, and position of the parking places which might be not suitable for implementing the IVS system.

5. Conclusions

This paper presents the architecture of the SDN smart based parking solutions. The proposed

architecture addresses many challenges of nowadays parking systems. The work demonstrates a new design which improves infrastructure virtualization, and optimizes parking management. Newcomer sensor producers announced a development of the LTE IoT sensors which can be a future guide toward final design. Future research will investigate the integration of the proposed design with smart car and smart cities scenarios.

References

- [1] "Sensor and Communications Hardware, Software, Services, and Smart City Applications: Global Market Analysis and Forecasts", www.navigantresearch.com
- [2] **F. Dion, K. Singa, M. Kumar** "San Diego Smart Parking System: Concept of Operations", California PATH Research Report, 2011
- [3] **R. C. Hampshire, D. Jordon, K. Sasanuma** "Smart parking", Numeritics LLC Report
- [4] **E. Polycarpou, L. Lambrinos**, "Smart parking solutions for urban areas", IEEE, 2013
- [5] **S. H. Bayless, R. Neelakantan**, "Smart Parking and the Connected Consumer", ITS America Research, 2012
- [6] **J. Yang, J. Portilla, T. Riesgo** "Smart Parking Service based on Wireless Sensor Networks", IEEE, 2012
- [7] **R. Vishnubhotla, P.S. Rao, A. Ladha, S. Kadiyala, A. Narmada, B. Ronanki, S. Illapakurthi** "ZigBee Based Multi-Level Parking Vacancy Monitoring System", IEEE, 2010
- [8] **S.A. Catapang, Z. J. M. Roberts, K. K. Wang, Z. Salcic** "An Infrastructure for Integrating Heterogeneous Embedded 6LoWPAN Networks for Internet of Things Applications", International Conference on Sensing Technology, 2013
- [9] **E. Toscano, L. L. Bello** "Comparative assessments of IEEE 802.15.4/ZigBee and 6LoWPAN for low-power industrial WSNs in realistic scenarios", IEEE, 2012
- [10] "Treviso Smart Parking Sytem", Civitas Forum, 2014
- [11] **Z. Pala, N. Inanc**, "Smart Parking Applications Using RFID Technology", IEEE, 2007
- [12] **J. Campbell, P. B. Gibbons, S. Nathand** "Irisnet: an internet-scale architecture for multimedia sensors", ACM Conference, 2006
- [13] **S. Mathur**, "Parknet: drive-by sensing of road-side parking statistics", MobiSys, 2010
- [14] **G. Yan, S. Olariu, M. C. Weigle, M. Abuelela**, "SmartParking: A Secure and Intelligent Parking System Using NOTICE", IEEE, 2008
- [15] **Mohamad Hanif, Mohd Badiozaman, Hanita Daud** "Smart Parking Reservation System using Short Message Services (SMS)", IEEE, 2010
- [16] **Y. Geng, C. G. Cassandras** "New "Smart Parking" System Based on Resource Allocation and Reservations", IEEE 2013
- [17] **H. Wang, W. He** "A Reservation-based Smart Parking System", IEEE, 2011
- [18] **S. M. Park, S. Ju, J. Kim, J. Lee** "Software-Defined-Networking for M2M services", IEEE, 2013
- [19] **Z. Qin, G. Denker, C. Giannelli, P. Bellavista, N. Venkatasubramanian** "A Software Defined Networking Architecture for the Internet-of-Things", IEEE, 2014
- [20] **O. Flauzac, C. Gonzales, A. Hachani, F. Nolot** "SDN based architecture for IoT and improvement of the security", IEEE, 2015
- [21] **G. Savarese, M. Vaser, M. Ruggieri** "A Software Defined Networking-based Context-Aware Framework Combining 4G Cellular Networks with M2M", NICT, 2013
- [22] **T. Luo, H. Tan, T. Q. S. Quek** "Sensor OpenFlow: Enabling Software-Defined Wireless Sensor Networks", IEEE, 2012

Virtuelne valute, savremeni sistemi elektronskog plaćanja roba i usluga

Virtual currency, modern systems of electronic payments for goods and services

Milan N. Drašković

Visoka poslovna škola strukovnih studija Čačak, Beograd, Gradski park 2
e-mail: mnvdrasko@gmail.com

Milena Kukrić

Fakultet za strateški i operativni menadžment
e-mail: milenakukric@gmail.com

Sava Smiljić

Fakultet za strateški i operativni menadžment
e-mail: sava.smiljic@fsp.edu.rs

Apstrakt. U radu se razmatraju savremeni sistemi virtuelnih centralizovanih i decentralizovanih valuta, daju se najznačajnije definicije virtuelnih valuta, kao i njihova klasifikacija i implementacija valutnih šema. Zahvaljujući društvenim mrežama (virtuelnim zajednicama), virtuelne valute imaju trend permanentnog rasta. One predstavljaju budućnost elektronskog plaćanja različitih roba (digitalnih sadržaja i fizičkih roba) i usluga na Internetu. Virtuelne valute se prilagođavaju trendovima dinamičkog on-line okruženja i prema previđanjima finansijskih analitičara u bliskoj budućnosti će imati značajan uticaj u realnoj svetskoj ekonomiji.

Ključne reči: virtuelna valuta, elektronski plaćanje, elektronski novac, centralizovana, decentralizovana

Abstract. The paper discusses the modern systems of centralized and decentralized virtual currency, give the most important definitions of virtual currency, as well as their classification and implementation of currency schemes. Thanks to social networks (virtual communities), virtual currencies have the trend of continual growth. They represent the future of electronic payments of various goods (digital contents and physical goods) and services on the Internet. Virtual currencies are adjusted to the trends of dynamic online environment and according to the predictions of financial analysts, they will have a significant impact in the real world economy, in the near future.

Key words: virtual currency, electronic payment, electronic money, centralized, decentralized

1. Uvod

Dinamički razvoj informaciono-komunikacionih tehnologija posebno Internet servisa inicirale su mnoge tehnološke inovacije u svim privrednim granama, a posebno u finansijskoj industriji, odnosno u bankarskom sektoru. Zbog velike konkurencije na finansijskom tržištu, savremeni bankarski sistemi svoje poslovanje baziraju na novim modelima elektronskog bankarstva i novim modelima plaćanja na Internetu.

Internet kao globalna računarska mreža od svog osnivanja, a posebno od pojave najpopularnijeg njegovog servisa WWW (World Wide Web) ima eksponencijalni rast pristupa i korišćenja u svetu. Prema Internet World Stats broj korisnika u svetu 31.12.2000. godine je bilo 360,985,492, a prema najnovijim podacima broj korisnika je dostigao 3,079,339,857 što je za 753.0% (2,718,354,365) veše korisnika, a taj

broj čini 42.4% ukune svetske populacije (7,264,623,793). Ubrzani razvoj Interneta podstreklo je i širenje virtuelnih zajednica (Facebook, Twitter, MySpace, Second Life, Online Vegas Casino...), u sajber prostoru gde pojedinci komuniciraju i prate zajedničke interese i razmenjuju ideje, a kasnije i međusobnu razmenu digitalnih sadržaja i usluga. Da bi se realizovala razmena roba i usluga između svojih članova pojedine virtuelne zajednice su stvorile, odnosno razvile svoje virtuelne valute koje omogućavaju efikasno, jednostavno i racionalno izvršenje finansijskih transakcija. Virtuelne valute su relativno novi vid elektronskog novca, a preteča današnjih virtuelnih valuta je E-Gold (osnovna vrednosna jedinica zlato), registrovana 1996. godine u St. Kitts i Nevis, istočni Karibi. U protekloj deceniji razvijale su se nove virtuelne valute (WebMoney, Bitcoin, Litecoin, Ripple, Dogecoin, Linden Dollars,

Jetcoin...), ali isto tako su i nestajale (Flooz, E-Gold, Liberti Reserve, E-Bullion...). Danas, virtualne valute se sve više koriste za plaćanje roba i usluga, kao i drugih transakcija, a prema predviđanju poznate kompanije za tehnološke inovacije iz domena digitalne ekonomije Yankee Group iz New York-a, tržište virtualnih valuta će ostvariti 55.4 milijarde US \$ u 2017. godini, što znači da trend širenja i prihvatanja virtualnih valuta u realnoj ekonomiji je permanentan, i pored raznih rizika za korisnike, kao i neregulirane pravne regulative.

2. Elektronsko plaćanje

Elektronsko plaćanje (e-Payments) predstavlja integralni deo elektronskog poslovanja gde se primenom on-lajn sistema plaćanja (stalna veza sa bankom) i off-lajn (povremena veza sa bankom) razmenjuju novčane vrednosti između prodavca i kupca za prodatu robu ili pruženu uslugu. Vrste elektronskog plaćanja, za razliku od tradicionalnog načina plaćanja (keš novac, papirni čekovi...) elektronsko plaćanje se odvija digitalno u vidu: platnih kartica, digitalnih novčanika, digitalne-gotovine, biometrijskih sistema plaćanja, mikroplaćanja, elektronskih čekova, sistema plaćanja na bazi uskladištene vrednosti, sistemima zamene valuta, mobilnih sistema plaćanja...[1].

2.1. Elektronski novac

Elektronski novac predstavlja jednu od najvećih inovativnih tehnoloških dostignuća u domenu elektronskog poslovanja, i postoje dve vrste elektronskog novca:

- identifikujući elektronski novac (sadrži informacije o osobi koja ga koristi) i
- anonimni elektronski novac.

Da bi uspešno funkcionisao, elektronski novac mora da bude:

- unapred kupljen konvencionalnim novcem i skladišten na mikroprocesorskom čipu (zasnovan na smart karticama) ili na hard disku računarskog sistema (mrežni elektronski novac),

- široko prihvaćen u plaćanju velikog broja roba i usluga.

U literaturi ne postoji jedinstvena definicija elektronskog novca, ali za potrebe ovog rada navešćemo nekoliko:

Elektronski novac prema direktivi EU, 2000/46/EC, treba da podrazumeva novčanu vrednost kao tvrdnju izdavaoca koji je smešten na elektronskom uređaju, izdat u visini sredstava stvarnog novca i prihvaćen kao

sredstvo plaćanja od strane učesnika na tržištu [2].

Elektronski novac je elektronska monetarna informacija o plaćanju između transaktora/subjekta koji učestvuje u transakcijama/, koji se vrši u realnom vremenu /trenutno/, a prenosi se kompjuterom, odnosno digitalni gotov novac u obliku unapred plaćenih karata ("mrežni novac") [3].

Elektronski novac se može posmatrati kao specifična monetarna informacija koja se putem elektronskih impulsa u realnom vremenu prenosi između transaktora koji obavljaju plaćanja [4].

E-novac je specifična monetarna informacija koja se prenosi između transaktora procesa plaćanja u realnom vremenu bezbednim elektronskim komunikacionim kanalima. E-novac predstavlja krajnju tačku procesa dematerijalizacije novca i njegovu konverziju u informaciju, čija vrednost postoji samo u realnom vremenu. Ovakav novac predstavlja virtualno sredstvo plaćanja i apstraktni model dezavuisanja fizičkog ekvivalenta novca i njegovog pretvaranja u informaciju [5].

2.1.1. Definicija virtualnih valuta

U literaturi postoje mnoge definicije šta su virtualne valute. Prema definiciji Evropske centralne banke (European Central Bank - ECB), virtualna valuta je tip nereguliranog, digitalnog novca, koji se izdaje i obično kontroliše svoj razvoj, a koristi se i prihvaćen je među članovima određene virtualne zajednice [4].

U tabeli 1. data je matrica novca prema ECB.

Pravni status	Neregulisan	- Određene vrste lokalnih valuta	- Virtualne valute
	Regulisan	- Novčanice i kovani novac	- E-novac - Komerc. banka novca (depoziti)
		<i>Fizički</i>	Digitalni
		Format novca	

Tabela 1. Matrica novca

Prema kompaniji MasterCard: digitalna valuta je bilo koja vrsta digitalne jedinice koja se koristi kao sredstvo razmene, a koja nema sve attribute konvencionalne valute, konvertibilna je i ima ekvivalentnu vrednost u konvencionalnoj valuti, ili deluje kao zamena za konvencionalnu valutu.

Prema Financial Action Task Force-FATF "virtualni valuta je digitalni prikaz

vrednosti kojom može da se digitalno trguje i funkcionise kao (1) sredstvo razmene; (2) jedinica računa; i/ili (3) prodavnica vrednosti, ali nema pravni status ponude u bilo kojoj instanci, odnosno nadležnosti" [6].

Možemo reći da virtualna valuta predstavlja savremeni model plaćanja na Internetu, odnosno on je neregulirani digitalni novac kojeg u većini slučajeva razvijaju i šire virtualne zajednice, a ne finansijski autoriteti/centralne banke koje za sada ne garantuju njegovu vrednost.

2.1.2. Klasifikacija virtualnih valuta

U literaturi koja se bavi elektronskim poslovanjem postoji mnogo različitih klasifikacija virtualnih valuta, odnosno šema virtualnih valuta i nije ih lako klasifikovati. Za potrebe rada fokusiraćemo se na tri klasifikacije virtualnih valuta:

- Centralizovane virtualne valute;
- Decentralizovane virtualne valute;
- Virtualne valute i njihova interakcije sa konvencionalnim novcem i realnom ekonomijom;

• Centralizovane virtualne valute

Centralizovane virtualne valute su one valute koje osim kupca i prodavca imaju još i administrativni organ (administrator) koji izdaje virtualnu valutu i zadužen je da: utvrđuje pravila za njihovu upotrebu, održava centralnu knjigu plaćanja, određuje kurs za konvertibilne valute na osnovu ponude i tražnje za virtualne valute na tržištu, otkupljuje virtualnu valutu (povlači iz opticaja) i kontrolise funkcionisanje sistema. Najpoznatije centralizovane virtualne valute su: E-gold (ne postoji), Liberty Reserve dolar/evro (ne postoji), Linden dollars, Amazon Coins, PerfectMoney, WebMoney, World of Warcraft gold...

• Decentralizovane virtualne valute

Decentralizovane virtualne valute (kripto-valute) su valute koje se baziraju na open source peer-to-peer Internet protokolu (arhitektura ravnopravnih računara), i nemaju centralni organ uprave ni centralno kontrolisanje, kao u centralizovanim virtualnim valutama. Danas u svetu prema <http://coinmarketcap.com> egzistira 579 decentralizovanih virtualnih kripto-valuta, a najpoznatije su: Bitcoin, Ripple, Litecoin, Dogecoin, BitShares...

U tabeli 2. prikazano je tržište kapitalizacije virtualnih kripto-valuta u US \$, 01.07.2015.

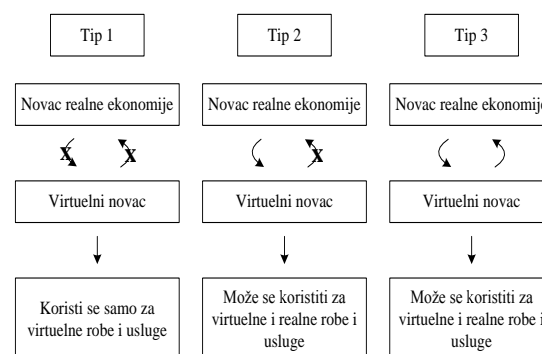
Ime	Tržišni kapital	Cena	Ukupno izdato
Bitcoin-BTC	3,685,843,465	\$257.09	14,336,950
Ripple-XRP	351,718,392	0.011023	31,908,551,587
Litecoin-LTC	167,074,126	4.13	40,425,104
Dogecoin-DOGE	18,917,188	0.000189	100,016,856,278
BitShares-BTS	16,864,475	0.006714	2,511,953,117

Tabela 2. Tržište kapitalizacije virtualnih kripto-valuta, izvor: <http://coinmarketcap.com>

Iz tabele 2. možemo zaključiti da je Bitcoin (lansiran 2009. godine od osobe/osoba pod pseudonimom Satoši Nakamoto), ubedljivo najbolja virtualna kripto-valuta sa ukupnim tržišnim kapitalom od 3,685,843,465 US \$, sa cenom od 257.09 US \$ i ukupno izdatim BTC 14,336,950.

• Virtualne valute i njihova interakcije sa konvencionalnim novcem i realnom ekonomijom

Ovo je jedna od mogućih klasifikacija virtualnih valuta koja ih deli na tri vrste, odnosno tipa: Tip 1 (zatvorena šema), Tip 2 (jednosmerna šema) i Tip 3 (dvosmerna šema), slika 1.



Slika 1. Vrste virtualnih valutnih šema, izvor: ECB

Kod tipa 1 ne može se trgovati sa konvencionalnim valutama već se koristi samo u određenoj virtualne zajednice za razmenu digitalnih sadržaja. Tip 2 omogućuje jednosmerni protok sa realnom ekonomijom u vidu kupovine virtualne valute sa konvencionalnim valutama po određenom kursu, ali ne može se kasnije razmeniti za konvencionalne valute. Kod tipa 3 obezbeđuje se dvosmerni protok, gde se virtualna valuta razmenjuje kao svaka konvencionalna valuta i

sa njom se može kupovati virtualne i realne robe i usluge.

Evropska centralna banka deli digitalne valute u dve različite kategorije: šeme elektronskog novca čije jedinice su konvencionalna valuta (na primer, evro ili dolar), i virtualne valute čija jedinica je "izmišljena valuta." Prema ovoj podeli digitalne valute mogu da znače digitalnu zastupljenost ili elektronskog novca ili virtualne valute. U tabeli 3. date su razlike između šema elektronskog novca u odnosu na šeme virtualnih valuta.

Karakteristike	Šeme elektronskog novca	Šeme virtualnih valuta
Format novca	Digitalni	Digitalni
Jedinica računa	Tradicionalni valuta (evro, dolar, funta, itd) ponuda sa pravnim statusom	Izmišljena valuta (Linden Dollars, Bitcoins, itd) ponuda bez pravnog statusa
Prihvatanje	Od preduzeća osim emitenta	Obično u okviru specifične virtualne zajednice
Pravni status	Regulisan	Neregulisan
Izdavalac	Legalno uspostavljena elektronska novčana institucija	Ne-finansijsko privatno preduzeće
Nabavka novca	Fiksna	Nije fiksna (zavisi od odluke izdavaoca)
Mogućnost povraćaja/nadoknade sredstava	Garantovano (i nominalne vrednosti)	Nije zagarantovano
Nadzor	Da	Ne
Vrste rizika	Uglavnom operativan	Pravni, kreditni, likvidnost i operativni

Tabela 3. Razlike između šeme elektronskog novca i šeme virtualnih valuta [7]

Osim gore navedenih klasifikacija postoje: otvorene i zatvorene petlje virtualnih valuta, kao i klasifikacija prema načinu korišćenja virtualnih valuta i svrha njihovog sprovođenja koje nećemo razmatrati.

3. Zaključak

Virtualne valute predstavljaju savremene instrumente elektronskog plaćanja različitih virtualnih i realnih roba i usluga. Danas, one imaju eksponencijalni rast, posebno

decentralizovane virtualne valute kao što su Bitcoin, Ripple, Litecoin... Virtualne valute sve više prihvataju korisnici i kompanije iz svih privrednih grana, a ne samo iz domena kocke i igara. One omogućuju direktne anonimne, brze i sigurne finansijske i druge transakcije sa niskim transakcionim troškovima bez provizije trećim licima (finansijskim institucijama) širom sveta. Pored velikog uspeha virtualnih valuta u poslednjih deset godina bilo je i velikih zloupotreba, odnosno nezakonitih aktivnosti, uključujući pranje novca, trgovinu oružjem, trgovinu zabranjenim supstancama, trgovinu ljudima... Dalji dinamički razvoj virtualnih valuta će zavistiti od regulisanja njihovog pravnog statusa od nadležnih državnih organa, kao i smanjenja rizika od mogućih zloupotreba i kriminalnih aktivnosti.

Bibliografija

- [1] **M. Drašković.** Elektronsko poslovanje. FSOM, Beograd, 2010, str. 111.
- [2] **EU directive 2000/46/EC**, Official Journal L275, September 2000, pp. 39-43.
- [3] **D. Milojević.** Leksikon bankarstava. Megraf, Beograd, 2003, str. 1869.
- [4] **R. Stankić.** Elektronsko poslovanje, Ekonomski fakultet. Beograd, 2009, str. 95.
- [5] **P. Milić, T. Spalević.** Elektronski novac - stanje i izazovi, Infoteh, Jahorina, 2014, str. 751.
- [6] **UNODC.** Basic Manual on the Detection... New York, June 2014, pp. 9.
- [7] **European Central Bank.** Virtual currency schemes. Frankfurt am Main, October 2012, pp. 15 -16.
- [8] **European Central Bank.** Virtual currency schemes-a further analysis. Frankfurt am Main, February, 2015.
- [9] **S. Sprankel.** Technical Basis of Digital Currencies. Technische Universität, Darmstadt, 2013.
- [10] **C. Elwell, M. Murphy, M. Seitzinger.** Bitcoin: Questions, Answers, and Analysis of Legal Issues. Congressional Research Service, Washington, DC, January, 2015.
- [11] **K. Tu, M. Meredith.** Rethinking Virtual currency reulation in the Bitcoin age. Washington law review. Washington, DC, Vol. 90:271, 2015.
- [12] **S. Nakamoto.** Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System, <http://bitcoin.org>

Indikatori konkurentnosti na B2C elektronskom tržištu

Prof. dr Jelena Končar

*Univerzitet u Novom Sadu, Ekonomski fakultet u Subotici, Segedinski put 9-11, Subotica
e-mail: koncarj@ef.uns.ac.rs*

Sonja Leković, MSc.

*Univerzitet u Novom Sadu, Ekonomski fakultet u Subotici, Segedinski put 9-11, Subotica
e-mail: sonjalekovic@ef.uns.ac.rs*

Apstrakt. U uslovima elektronskog tržišta konkurencija postaje globalna, a postizanje konkurentnosti otežano. Stoga, stepen konkurencije na tržištu je teško odrediti, a kada govorimo o elektronskom tržištu, konkurencija poprima globalne okvire. B2C elektronsko tržište karakteriše velika otvorenost za ulazak novih elektronskih prodavaca. Iako potrošači relativno lako dolaze do informacija o ponudi, oni nisu u mogućnosti da sagledaju celokupnu ponudu na Web-u. Postavlja se pitanje kako privući potrošača, diferencirati se u odnosu na konkurenciju, postići konkurentnost na elektronskom tržištu, sagledati sve potencijalne konkurente, kao i na koji način postići konkurentnost, postati prepoznatljiv i pridobiti lojalne potrošače. Indikatori konkurentnosti na B2C elektronskom tržištu ukazuju na stepen konkurentnosti elektronskog prodavca, odnosno način na koji potrošači percipiraju vrednost koju isporučuje elektronski prodavac. Na taj način je moguće odrediti poziciju na B2C elektronskom tržištu i diferencirati se u odnosu na potencijalne konkurente.

Ključne reči: elektronsko tržište, B2C elektronska trgovina, indikator konkurentske sposobnosti, potrošači

1. Uvod

Elektronsko tržište karakteriše izražena konkurencija na globalnom nivou. U takvim uslovima dominiraju veliki globalni elektronski prodavci, kao što su npr. Amazon.com i eBay.com, koji imaju izgrađen brend na Web-u i pozicioniranost u svesti potrošača. Na elektronskom tržištu gde dominiraju jaki elektronskih prodavci, javljaju se novi konkurenti, postavljaju se sledeća pitanja:

- *Kako sagledati konkurenciju na B2C elektronskom tržištu?*

- *Kako se meri konkurentna snaga i vrednost koja se isporučuje potrošačima na B2C elektronskom tržištu?*

- *Koja je pozicija elektronskog prodavca u odnosu na konkurente na B2C elektronskom tržištu?*

Odgovorom na ova pitanja teži se obezbediti održivost konkurentnosti, diferenciranje u odnosu na ključne konkurente i pozicioniranost na tržištu.

2. Konkurencija na B2C elektronskom tržištu

Tržište elektronske trgovine kroz prodaju i usluge na Internetu teži ka potpunoj globalizaciji tržišta B2B i B2C elektronske trgovina [1]. Dok su vrednosti transakcija u slučaju B2B elektronskog tržišta znatno veće, u slučaju B2C elektronskog tržišta pojedinačne vrednosti transakcija su relativno niske i kreću se od nekoliko dolara, do 1000\$ po kupovini u zemljama u kojima je B2C elektronska trgovina na visokom nivou razvijenosti. Globalno B2C tržište u 2015. godini se očekuje da će dostići 1.7 bilion dolara, a na

tržištu funkcioniše preko 4 miliona elektronskih prodavaca [2].

B2C elektronsko tržište pruža potrošačima dostupnost 24 časa, 7 dana u nedelji i 365 dana u godini, sa visokom otvorenošću tržišta za nove ulaske elektronskih prodavaca, što obezbeđuje raznovrsnost u ponudi. Razlozi za izraženu konkurenciju na B2C elektronskom tržištu su [3]:

- homogenost proizvoda što utiče na niske transakcione troškove i visoku transparentnost;

- lak pristup informacijama što utiče na niske troškove informacija i pretraživanja i lako poređenje cena;

- visoka transparentnost B2C elektronskog tržišta i niske tehnološke barijere za ulazak novih konkurenata.

B2C elektronsku trgovinu podržava efikasno elektronsko tržište koje rezultira u skoro perfektnoj konkurenciji [4]. U zavisnosti koju strategiju ka elektronskom tržištu ima elektronski prodavac, konkurencija sa kojom se suočava može biti na lokalnom nivou ili ukoliko nastupa globalno, tada se suočava sa globalnom konkurencijom koju je teško obuhvatiti. Kada se sagledava konkurentnost na elektronskom tržištu, treba imati u vidu [5]:

- poznate lokalne konkurente;
- poznate internacionalne konkurente;
- nove Internet kompanije koje se javljaju na lokalnom i globalnom nivou (u okviru ili van sektora elektronskog prodavca).

Novi oblik konkurencije se javlja i u slučaju istog elektronskog prodavca, koji ima različitu ponudu na različitim lokalnim tržištima, ili ponudu koja se prodaje npr. po različitim cenama. U takvim uslovima, budući da potrošač teži da pronađe najbolju ponudu, može doći do pojave konkurencije između dve elektronske prodavnice istog prodavca, jer potrošač može biti spreman da duže čeka proizvod, da plati veće troškove dostavljanja, ukoliko proceni da će ukupna cena proizvoda biti niža.

Sa druge strane, u uslovima postizanja konkurentnosti uzima se u obzir i kapacitet tražnje koji je jednak ukupnom potencijalu Internet korisnika koji u jednom trenutku mogu postati potrošači. Stoga je od ključnog

značaja imati takvu konkurentsku prednost na B2C elektronskom tržištu, koja će privući potrošače direktnih konkurenata, odnosno osvojiti nove potrošače u delu korisnika Web-a koji Internet ne koriste u svhu kupovine.

3. Indikatori konkurentnosti prodavaca na B2C elektronskom tržištu

Vrednost B2C tržišta iz godine u godinu pokazuje rast, stoga konkurencija postaje sve veća, a elektronski prodavci moraju aktivno da pronalaze načine da privuku potrošače. Postoji više indikatora za određivanje na koji način se postiže konkurentna sposobnost i od čega ona zavisi. Indikator konkurentne sposobnosti elektronskog prodavca na B2C elektronskom tržištu se može odrediti [5]:

$$Ks = \frac{b \times d}{t} \quad (1)$$

gde su pojedini:

Ks – konkurentna snaga;

b – brzina prilagođavanja promenama u tražnji;

d – sposobnost da se plasira proizvod na novom tržištu;

t – životni ciklus proizvoda od konceptualizacije do realizacije prodaje.

Brzina prilagođavanja promenama u tražnji definisana je praćenjem karakteristika potrošača njihovih navika, potreba, kupovne moći, i sl. Ove karakteristike tražnje se razlikuju od zemlje do zemlje i podložne su stalnim promenama, što dodatno otežava poziciju za postizanje konkurentnosti. Što je brže prilagođavanje ovim promenama to je lakše postizanje konkurentnosti i dotizanje vodeće pozicije na tržištu. Poznato je da globalni elektronski prodavci nemaju istu ponudu na svim lokalnim elektronskim prodavnicama. Stoga je, sposobnost plasiranja proizvoda na novom tržištu određena troškovima fizičke manipulacije proizvodima, troškovima dostavljanja proizvoda do mesta stanovanja potrošača, izgrađivanja distributivanih centara u pojedinim zemljama, kao i obezbeđivanja nivoa kvaliteta proizvoda koji se plasira. Konačno, nakon

identifikovanja potreba, određivanja sposobnosti da se proizvod plasira, postavlja se pitanje za koliko vremena će proizvod biti prodan.

Određeni faktori konkurentnosti su postali manje važni na B2C elektronskom tržištu, kao što su veličina elektronskog prodavca, lokacija, jezik itd. [4]. Naime, veličina kompanije više nije konkurentna prednost elektronskog prodavca, blizina krajnjem potrošaču je manje značajna jer u uslovima elektronskog tržišta proizvod može biti u jednoj zemlji, elektronski prodavac u drugoj, a potrošač u trećoj, a zahvaljujući programima za prevođenje na Web-u, ne postoje više jezičke barijere za kupovinu.

Da bi se postigla konkurentna sposobnost na tržištu neophodno je da se elektronski prodavac brzo prilagodi promenama u tražnji, obezbedi dostavljanje proizvoda na tržište, odnosno skрати životni vek proizvoda do realizacije prodaje i na taj način obezbedi raspoloživost željenog proizvoda potrošačima pre konkurenata.

Konkurentnost se može posmatrati i iz ugla potrošača, na način kako oni posmatraju elektronskog prodavca i njegovu konkurenciju. U tom smislu potrošači imaju percepciju brenda ili vrednost koju elektronski prodavac isporučuje [5]:

$$Bp = \frac{Pq \times Sq}{P \times t} \quad (2)$$

gde je:

Bp – percepcija brenda ili isporučene vrednosti;

Pq – ocena kvaliteta proizvoda;

Sq – ocena kvaliteta usluge;

P – indeks cena;

t – vreme isporuke.

Konkurentnost prema ovom indikatoru je upravo srazmerna kvalitetu proizvoda i usluga koje isporučuje elektronski prodavac, dok je obrnuto srazmerna visini cene i vremenu isporuke proizvoda do potrošača. Time se kod potrošača stvara percepcija brenda, odnosno isporučene vrednosti.

4. Merenje konkurentnosti na B2C elektronskom tržištu

U tabeli 1 i 2 je prikazan hipotetički primer četiri elektronska prodavca i ocene faktora njihovih konkurentskih snaga i percepcije brenda.

	Prodavac 1	Prodavac 2	Prodavac 3	Prodavac 4
b	5	3	4	5
d	6	4	5	6
t	10	10	9	11
Ks	3	1.2	2.2	2.73

Tabela 1. Merenje konkurentne sposobnosti

U slučaju elektronskog prodavca 1 koji prema ovom pokazatelju ima najveću konkurentnost, brzina prilagođavanja je ista kao i kod elektronskog prodavca 4, kao i plasiranje proizvoda na novo tržište, ali realizacija prodaje značajno utiče na to da bude najkonkurentniji. Sa druge strane elektronski prodavac 2 koji se najsporije prilagođava promenama u tražnji i najsporije dostavlja proizvod do potrošača, iako brzo realizuje prodaju ne može da postigne konkurentnost. Elektronski prodavac 3 ima najbolju poziciju u pogledu realizacije prodaje, ali brzina prilagođavanja i plasiranje proizvoda na novo tržište više utiču na opadanje njegove konkurentnosti.

	Prodavac 1	Prodavac 2	Prodavac 3	Prodavac 4
Pq	2	3	4	5
Sq	3	4	5	6
P	200	300	100	50
t	3	4	4	5
Bp	1	1	5	1.2

Tabela 2. Merenje percepcije brenda/vrednosti od strane potrošača

Ako se posmatra percepcija vrednosti koju elektronski prodavac isporučuje najveću konkurentnost ima elektronski prodavac 3 koji ima visoku ocenu kvaliteta proizvoda i usluga, kao i nižu indeksnu cenu. Elektronski prodavac 4 iako ima najveće ocene kvaliteta i najnižu indeksnu cenu, ima najduže vreme isporuke koje mu značajno smanjuje ocenu konkurentnosti.

5. Zaključak

Indikatori konkurentnosti na B2C elektronskom tržištu se mogu sagledati kroz poznate lokalne i internacionalne konkurente, kao i kroz nove Internet kompanije na globalnom tržištu. Neophodno je da elektronski prodavac konkurentsku sposobnost brzo prilagodi promenama u tražnji, kako bi obezbedio raspoloživost proizvoda potrošaču. Izgrađivanjem prepoznatljivog brenda na Web-u i isporučivanjem vrednosti potrošačima, elektronski prodavac postiže veću konkurentnost na B2C elektronskom tržištu.

Bibliografija

- [1] **J. Končar.** *Elektronska trgovina*, Ekonomski fakultet u Subotici, 2008.
- [2]
Preuzeto sa: <http://www.cio.com/article/2866080/e-commerce/how-ecommerce-businesses-can-beat-the-competition-in-2015.html>, datum dostupnosti: maj 2015.
- [3] **S. Schmitz, M. Latzer.** Competition in B2C e-Commerce: Analytical Issues and Empirical Evidence, *Electronic Markets*, 2002, 12 (3), pp.163–174.
- [4] **E. Turban, D. King, J. Lang.** *Introduction to E-Commerce*, Prentice Hall, 2011.
- [5] **D. Chaffey.** *E-Business and E-Commerce Management*, Pearson Education Limited, Essex, 2002.

The benefits of implementing an SDN networking in e-commerce

Ivan Trebaljevac

Faculty of Organizational Science

trebaljevac.ivan@gmail.com

Abstract. The eCommerce is aimed to enable shopping and trading of products using an Internet. Ensuring content delivery and security of the applications enable users toward better, reliable and trustful eCommerce services. This work researches how the Software Defined Networking (SDN) provides benefit for eCommerce application in networking part by providing better quality for critical services, in security part by providing security protection for applications, and how the SDN can accelerate applications by caching content.

Keywords: eCommerce, SDN,

1. Introduction

The term eCommerce is usually used for online shopping and for trading of products and services using the Internet. The benefits of eCommerce are large geographical area, large number of potential customers, non-stop availability (24x7), lower marketing and advertisement costs, easy way to expand the business, etc. Setting up eCommerce shall follow confidentiality, integrity, availability, authenticity, non-repudiability, encryption and auditability¹. Ensuring security of eCommerce applications can be achieved by using authentication & access control, encryption, firewalls, etc. Ensuring availability of data & services can be achieved with redundancy, reliability, high availability, security management and threat management & mitigation, and low latency.

Many challenges of eCommerce applications belong to the IP networks. Today the IP networks changed from basic toward the SDN. The SDN concept lies in separation of data and control plane and centralization of control logic to the controllers. The SDN relay on the OpenFlow standard protocol used to fully programmable devices on the way of

sessions². The key of the works^{2,3} is a concept of programmable execution environment in a hardware itself.

The concept of this paper is to explore ways how to secure and accelerate eCommerce applications in the SDN environment. This paper is organized as follows: the Quality of Service (QoS) for eCommerce is examined in section 2. Implementing the SDN to secure eCommerce applications is described in section 3. The section 4 describes models for accelerating eCommerce applications in SDN networks. The section 5 examines the benefits of SDN for eCommerce applications. The section 6 concludes the research work.

2. Providing QoS for eCommerce applications in ISP SDN Network

The Internet Service Provider (ISP) can assure the availability of eCommerce applications by using the stable QoS mechanism. The main task for ISPs is to realize an end to end (E2E) QoS. The OpenFlow protocol makes forwarding programmable which provide an abstraction of underlying network protocols for L5-L7 applications. In this way OpenFlow enables complete network visibility. The works^{4,5} described the ways of

building E2E QoS between users and applications in the same and in the different domains based on OpenFlow protocol. As an extension to OpenFlow, the OpenQoS⁴ support various interfaces and main features such as topology management, flow management, route calculation, call admission and traffic policing. Work⁴ describes how OpenFlow correlate with QoS where OpenQoS minimizes packet loss and latency on any flow like streaming over UDP and HTTP streaming. The OpenQoS guarantees delivery even if an unreliable UDP protocol, or reliable TCP protocol is used.

In order to provide E2E QoS between domains⁵ each domain controller additionally supports resource management, and queue management. Furthermore work describes the way how the SDN adjust E2E QoS by open communication between domain controllers (Figure 1. and Figure 2.).

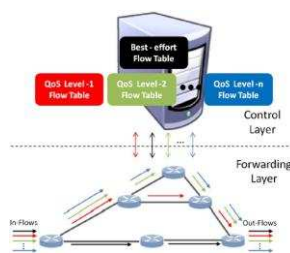


Figure1. The controller and forwarder interaction⁴

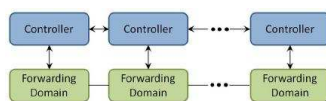


Figure2. Controller independency per domain on session-path⁴

We can conclude that building a new eCommerce application can find the benefit of future ISPs SDN networks through guarantee QoS with OpenQoS architecture through many countries.

3. SDN security models for eCommerce applications

The eCommerce can face three types of security threats: a denial of service (DoS), an unauthorized access, and the fraud/data leakage. The First approach to protect eCommerce applications is to place hardware firewall. The main issues with hardware firewalls are cost, vendor-specific oriented OS and two-vendor firewalls non-interoperability. By exploring the SDN networks and an OpenFlow protocol the future firewalls can be constructed in easy, flexible and low cost way. Since the SDN divides the forwarding plane from control plane the future SDN oriented stateful firewall can be implemented by OpenFlow protocol (Figure 3.). The future cloud firewall (or managed security services) is a model of remotely managing firewalls at customer premises.

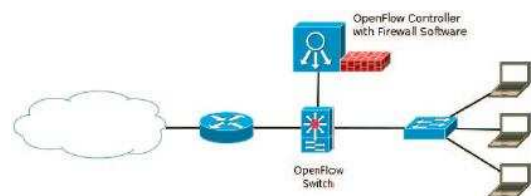


Figure3. SDN-oriented stateful hardware firewall⁶

The firewall controller controls flow logic, rule processing, configuration and console (used to log all operations). The signaling channel between controller and managed firewall is used to transfer control decision flow to the firewall. When firewall cannot match packet rule in its flow table, it sends packet to the controller for inspection. A controller can implement class-based policing where multiple flows are categorized into one class. A firewall adopts a “first deny last allow” methodology to determine control action per flow. This particularly mean that the controller can prioritize a deny rule over an allow rule. The flexibility of “first deny last allow” is

tremendous comparing to existing hardware firewalls.

A second approach to protect eCommerce applications is to place anti DDoS systems. The advantage of SDN approach is flexible and easy way to configure DDoS protection in SDN networks. Work⁷ presents system architecture of DDoS system which is similar as firewall architecture (Figure 3). The controller itself must have enough public addresses to redirect service from the attacked address to new address. This technique is proactive and it calls moving target's defense (MTD) technique which is hiding assets from internal/external scanners⁷. Work⁷ presents an example MTD technique based on the web flow between legitimate client and server. Experimental results in work⁷ show that all boots traffic will be dropped once the server move to redirect address. The OpenFlow can develop MTD in easy way in order to transparently change IP addresses with high unpredictability and the rate. Works⁸ describes the way how making MTD architecture by implementing controller, which will assign each host with a random virtual IP address (vIP) that is translated to/from real host IP address (rIP). The rIP remains untouched so changes of the vIPs are totally transparent to end hosts. The vIPs are reachable from worldwide, but the rIPs are reachable only by authorized users. In this way controller coordinates addresses changes, manage connections and flows on switches, and handle DNS updates (propagation of vIPs). Results of work⁸ show that no more than 1% of vIP addresses are discovered in any scan and more than 90% of hosts are protected from worms scanning.

We can conclude that the key security issues in networking can be handled with SDN and OpenFlow and furthermore the SDN can make final solution more sophisticated because

real security logic depends on software programmability of the controller.

4. Models for accelerating eCommerce applications in SDN networks

The two criteria in any eCommerce application for end users are how long page needs to be loaded and how long it needs to login/pay and then checkout. There are two ways of accelerating website: one is TCP optimization and the second one is HTTP optimization. Caching design is used to optimize both TCP and HTTP. The OpenCache⁹ with OpenFlow makes ISPs able to transparently redirect request for content to a running cache instance. The OpenCache has a function to store previously requested content locally and delivery this content to any future users. In this way content is localized and transfer only between end user and caching service.

5. The benefits of implementing an SDN networking in e-commerce

There are many benefits of deploying SDN like better user services for any application, enhanced quality of services, provide system scalability and flexibility, and reduce costs of investments and maintenance. Using SDN the ISPs can guarantee content delivery, can provide better QoS (especially for video content) and can easily cache applications in order speed-up content delivery. Delivering instant services secured and with better quality, will improve eCommerce user satisfaction. For example, if an user searches for a video content than watching video instantly with high quality provided by SDN platform is a more preferable choice. In this way ISP has the benefit of providing SDN platform to eCommerce provider and eCommerce provider has the benefit of using the ISP SDN platform to

increase the number of users. Using better QoS and instant video caching the eCommerce provider can push more services to end users like eMarketing, gaming, etc.

The SDN can make security more granular. The SDN controller can be designed for any application such as mobile payment, network access, securing system boundaries, etc. The SDN flexibility of creating firewalls, rules, security policies, DDoS protection, will increase eCommerce application protection. For example, if the user of eCommerce application wants to buy certain product than the exchanging of personal data can be more secured with SDN assistance. The SDN controller control and secure communication and data flow between end user, firewall and the checking control system. As we discussed in section 3 the user is hard to compromise control system and the SDN can easily hide control system identity.

Using an open standard will protect infrastructure investments. With open interfaces of an SDN the final application requires just simple hardware which can react on the commands from controller. The SDN makes flexibility in network customization and cost reduction. The eCommerce providers can think not to care about infrastructure needs. For an example, the security module, payment system module and authentication module can be outsourced and dynamically guided by controller to the external organizations. For example the eCommerce provider can reduce local storage space since OpenFlow can instantly search for product characteristics over the web or compare products with similar which is widely searched by other shops or an engine. In this way online shops can benefit from offering to the user more and more applications, products and services. The OpenCache can save frequently looking

products data and features and delivery to the next user query instantly. This will increase end user satisfaction and loyalty to the eCommerce provider.

5. Conclusions

This paper researches the benefits of implementing SDN networking in eCommerce. The presented research and conclusions addresses crucial infrastructure challenges of eCommerce such as reliability, availability, security, quality of service, flexibility and content delivery. The work demonstrates a new vision of infrastructure virtualization in order to improve eCommerce from an infrastructure point of view. Future researches will investigate the benefit of implementing SDN in data centers in order to improve eCommerce.

References

- [1] **Niranjanamurthy, DR. Dharmendra Chahar**, "The study of E-Commerce Security Issues and Solution", IJARCCCE, 2013
- [2] **S.Kuklinksi**, "Programmable Management Framework for Evolved SDN", IEEE, 2014
- [3] **H.Song**, "Protocol-Oblivious Forwarding: Unleash the Power of SDN through a Future-Proof Forwarding Plane", Sigcomm HotSDN workshop, 2013
- [4] **H.E.Eglimez, S.T.Dane, K.T.Bagci, A.M.Tekalp**, "OpenQoS: An OpenFlow Controller Design for Multimedia Delivery with End-to-End Quality of Service over Software-Defined Networks", IEEE, 2012.
- [5] **H.E.Eglimez, A.M.Tekalp**, "Distributed QoS Architectures for Multimedia Streaming Over Software Defined Networks", IEEE, 2014.
- [6] **J.Collings, Jun Lui**, "An OpenFlow-based Prototype of SDN-Oriented Stateful Hardware Firewalls", IEEE, 2014.
- [7] **S.Lim, J.Ha, H.Kim, Y.Kim, S.Yang**, "A SDN-Oriented DDoS Blocking Scheme for Botnet-Based Attacks", IEEE, 2014.
- [8] **J.H.Jafarian, E.Al-Shaer, Q.Duan**, "OpenFlow Random Host Mutation: Transparent Moving Target Defense using Software Defined Networking", IEEE, 2012.
- [9] **P.Georgopoulos, M.Broadbent, B.Plattner, N.Race**, "Cache as a Service: Leveraging SDN to Efficiently and Transparently Support Video-on-Demand on the Last Mile", IEEE, 2014.

Karakteristike marketinških aktivnosti u neprofitnim organizacijama

dr Milica Kostić-Stanković

Fakultet organizacionih nauka, profesor

e-mail: milicak@fon.bg.ac.rs

Dragana Todović

Fakultet organizacionih nauka, doktorant

e-mail: todovicd@yahoo.com

Jelena Cvijović

Fakultet organizacionih nauka, doktorant

e-mail: jelenacvijovic85@gmail.com

Apstrakt: U poslednje tri decenije zabilježen je rast i razvoj neprofitnih organizacija. Uporedo sa ovim rastom primećen je sve veći interes neprofitnog sektora za razvoj marketinga. Istraživači ističu važnost usvajanja korisnički orijentisanog marketinškog pristupa čiji cilj nije samo da pruži ono što se smatra savršenom uslugom na tržištu, već i da razume koje su to usluge zaiste potrebne korisnicima. Razvoj marketinške strategije u neprofitnim organizacijama nije lak zadatak, s obzirom na različite grupe korisnika kojima neprofitna organizacija pruža svoje usluge. Neophodno je da neprofitne organizacije u potpunosti shvate pojam i značaj marketinga za upravljanje ovakvim tipom organizacija.

Ključne reči: neprofitna organizacija, marketing, neprofitni marketing

1. Uvod

Neprofitne organizacije predstavljaju važan deo moderne društvene zajednice. [1] One posluju u konkurentskom okruženju i raspoložu sa ograničenim finansijskim i materijalnim resursima koji pripadaju poslovnom okruženju u kome se organizacija nalazi. Ukoliko lokalna zajednica nema razvijenu svest o važnosti rada neprofitnih organizacija, teško će se opredeliti za finansiranje njihovih aktivnosti. Suočavajući se sa različitim pritiscima na tržištu i ograničenim finansijskim i materijalnim resursima, principi i tehnike marketinga se sve više primenjuju u neprofitnom sektoru. [2]

Primena marketinga dugo vremena nije bila popularna među neprofitnim

organizacijama. Istraživači se danas slažu da neprofitne organizacije imaju sve veću potrebu za razvojem marketing strategije u odnosu na period pre 30 godina. [3] Pojava konkurencije među ovim organizacijama uslovlila je korišćenje marketinških strategija u njihovom poslovanju kako bi sebi obezbedile uspeh i u krajnjem slučaju opstanak. [4]

2. Koncept marketinga u neprofitnim organizacijama

Većina neprofitnih menadžera se slaže da marketing treba da postane sastavni deo poslovanja neprofitnih organizacija, kao što je to slučaj u profitnom sektoru. [5] Clarke & Mount (2001) ističu da primena marketing strategija za profitne organizacije nije adekvatna za primenu u neprofitnim

organizacijama. [6] Poznato je da neprofitne organizacije imaju tri ciljna tržišta (kupce ili korisnike, volontere, donatore) koja su potpuno različita i imaju različite odgovore na strategije marketing miksa. Umesto da istraže potrebe i želje ciljnog tržišta, neprofitne organizacije uglavnom primenjuju organizacioni marketinški pristup smatrajući da su njihovi proizvodi i usluge neophodni tržištu. [7] Istraživanje i analiza tržišta su važni za razumevanje potreba korisnika neprofitnih organizacija, kako bi se u potpunosti zadovoljila njihova očekivanja. [8] Organizacija treba da se bavi sa svakim od ciljnih tržišta odvojeno koristeći različite marketinške pristupe i tehnike za postizanje ciljeva. To se u praksi često ne postiže pa se organizacije fokusiraju na tržišta koja smatraju važnijim. [9]

Andreasen & Kotler (2003) ističu značaj primene korisnički usmerenog marketinškog pristupa fokusiranog na razumevanje potreba i želja korisnika, u odnosu na organizacioni pristup. Prema organizacionom marketinškom pristupu organizacije trebaju razviti jak, dobro poznat identitet. S druge strane, korisnički pristup podrazumeva da organizacija stavlja korisnika u središte svojih aktivnosti. Prelazak sa organizacionog na korisnički usmeren pristup marketinga ostavlja prostor ovakvim organizacijama da unaprede svoje konkurentске prednosti i realizuju organizacionu misiju. [10] Karakteristike marketinškog pristupa usmerenog na korisnika su sledeće: [11]

- 1) Organizaciona analiza i planiranje počinju i završavaju se korisnikom;
- 2) Analiza tržišta predstavlja osnovno sredstvo za sticanje znanja;
- 3) Segmentacija tržišta se smatra uobičajenom organizacionom praksom;
- 4) Konkurencija je diferencirana u skladu sa potrebama, željama i zahtevima korisnika;

- 5) Marketinški alati se koriste, bez ograničenja u pogledu komunikacije.

Često pristup tržišne orijentacije nije u potpunosti prilagođen za primenu u neprofitnim organizacijama. Misija neprofitnih organizacija je unapred definisana i ne može se menjati prema potrebama tržišta. Dolnicar & Lazarevski (2009) predlažu niz drugih marketinških strategija koje se mogu primeniti u ovakvim organizacijama. One obuhvataju identifikaciju korisnika koji su zainteresovani za realizaciju njihove misije (segmentacija tržišta), formiranje slike koja je interesantna određenoj ciljnoj grupi (pozicioniranje proizvoda), razvoj komunikacionih poruka za određenu ciljnu grupu (oglašavanje) i slanje poruka putem kanala komunikacije koje ove grupe obično koriste. [12]

Razlike između profitnih i neprofitnih organizacija u odnosu na definisanje marketing zadatka su najizraženije u oblastima motiva profita, korisnika i načina pridobijanja resursa. Neprofitne organizacije nemaju dobit, pa samim tim nemaju motiv profita. Organizacije koje su motivisane stvaranjem profita imaju jednu marketinšku funkciju. Potrebno je obezbediti direktnu dvosmernu razmenu koja obuhvata raspodelu resursa (pružanje proizvoda i usluga) i privlačenje resursa (sticanje dobiti). S druge strane, neprofitne organizacije moraju odvojeno posmatrati ove aktivnosti jer se one odnose na različite korisničke strane i njihove različite potrebe. [13]

Neprofitne organizacije su sve više usmerene ka upotrebi internet marketinga kako bi poboljšali svoje odnose sa korisnicima i pružili sve neophodne informacije o svom poslovanju. Postoji i dalje određeni broj organizacija koje ne koriste sve prednosti *on-line* resursa. Neke organizacije i dalje koriste samo jednosmerni način *on-line* komunikacije. Nedostatak stručnosti, finansijskih sredstava i nedostupnost tehnologija otežava upotrebu svih prednosti *on-line* resursa. [14]

Veliki broj neprofitnih organizacija pokazuju nerazumevanje u pogledu primene

principa marketinga, pa svoje aktivnosti uglavnom usmeravaju na prodaju i promotivne aktivnosti. [15] Samo je mali broj zaposlenih obučen da radi u sektoru marketinga neprofitnih organizacija. Zbog toga, povećana primena marketinga vodi ka profesionalizaciji zaposlenih u oblasti marketinga u neprofitnom sektoru. Organizacije ovakvog tipa moraju da shvate da je koncept marketinga mnogo više od prodaje i dobijanja donacija, i da za cilj ima da se zadovolje potrebe korisnika i donatora. [16] Kotler P. (2008) opisuje neprofitni marketing kao funkciju čiji je cilj planiranje, promocija i distribucija organizacionih programa i proizvoda kroz održavanje kontakta sa različitim ciljnim grupama, otkrivajući njihove potrebe i očekivanja i izgradnjom adekvatnih programa komunikacije. [17] S druge strane, Gonzales, Vijande & Casielles (2001) posmatraju neprofitni marketing kao proces upravljanja razmenama koje pokreće neprofitna organizacija sa ciljem stvaranja društvenih koristi u određenom delu zajednice. [18]

3. Zaključak

Veoma je važno da neprofitne organizacije u potpunosti shvate pojam i značaj marketinga za upravljanjem ovakvim tipom organizacija. Neprofitne organizacije moraju da promene način na koji funkcionišu, kako vide sebe i kako upravljaju svojim resursima. [19] Potrebno je usvojiti marketinšku orijentaciju u kojoj marketing počinje i završava se kupcima, odnosno korisnicima, a ne organizacijom. Pristup marketinga “od spoljašnjosti ka unutrašnjosti” treba zameniti pristup “od unutrašnjosti ka spoljašnjosti”. Pri tome, orijentacija ka korisniku treba da obuhvati ne samo krajnje korisnike neprofitne aktivnosti, već i sve izvršioce koji su bliski njima, a koji mogu uticati na konačnu percepciju organizacionih aktivnosti. [20]

S obzirom da neprofitne organizacije imaju ograničena finansijska sredstva na

raspolaganju, prinuđene su da traže dodatna sredstva za sprovođenje marketing aktivnosti. Često donatori i finansijeri ne uviđaju značaj marketinga, a troškove neophodne za sprovođenje marketinških aktivnosti smatraju nepotrebnim. Stoga, neprofitne organizacije moraju uložiti dodatno vreme i trud kako bi obezbedili potrebna sredstva za finansiranje aktivnosti marketinga. Iz tog razloga pojedine organizacije realizuju posebne kampanje namenjene prikupljanju sredstava za marketinške projekte. [21]

Bibliografija

- [1] [3] [7] [21] **J.A. Pope, E.S. Isely, F. Asamoa-Tutu.** Developing a marketing strategy for nonprofit organizations: An exploratory study, *Journal of Nonprofit & Public Sector Marketing*, 2009, 21, 21, 184-201.
- [2] [8] [16] **E.K. Blery, E. Katseli, N. Tsara,** Marketing for a non-profit organization, *International Review on Public and Nonprofit Marketing*, 2010, 7, 1, 57-68
- [3] [5] [13] [17] [19] **B.J. McLeish,** Successful marketing strategies for nonprofit organization: Winning in the age of the elusive donor, John Wiley & Sons, 2010.
- [4] **P. Clarke, P. Mount,** Nonprofit marketing: the key to marketing's 'mid-life crisis'?, *International Journal of Nonprofit and Voluntary Sector Marketing*, 2001, 6, 1, 78-91.
- [9] [14] **P. Padanyi, B. Gainer,** Market orientation in the nonprofit sector: taking multiple constituencies into consideration, *Journal of Marketing Theory and Practice*, 2004, 43-58.
- [10] [12] [15] **S. Dolnicar, K. Lazarevski,** Marketing in non-profit organizations: an international perspective, *International Marketing Review*, 2009, 26, 3, 275-291.
- [11] [18] [20] **L.I.A. Gonzales, M.L.S. Vijande, R.V. Casielles,** The market orientation concept in the private nonprofit organization domain, *International Journal of Nonprofit and Voluntary Sector Marketing*, 2002, 7, 1, 55-67.

ENERGETICS

Uticaj zasićenja strujnih transformatora na zemljospojnu zaštitu energetskih transformatora

Jelisaveta Krstivojević, Milenko Đurić, Aleksandar Savić

Univerzitet u Beogradu – Elektrotehnički fakultet

Katedra za elektroenergetske sisteme

Bulevar kralja Aleksandra 73, 11000 Beograd, Republika Srbija

e-mail: j.krstivojevic@etf.rs, mdjuric@etf.rs, savic@etf.rs

Apstrakt. Za zaštitu energetskog transformatora (ET) od velikog značaja je da može da napravi razliku između unutrašnjeg kvara i spoljašnjih poremećaja koji uzrokuju nepotrebno reagovanje zaštite. Zemljospojna zaštita ET-a koja se bazira na poređenju sume faznih struja ($3i_0$) i struje u neutralnom provodniku ET-a (i_N) može nepotrebno reagovati tokom uključivanja neopterećenog ET-a zbog pojave zasićenja strujnih transformatora (ST-a). Nepotrebno reagovanje zaštite u tom slučaju bi se moglo eliminisati upotrebom usmerenog zemljospojnog releja i ako bi se prilikom izbora praga reagovanja releja imao uvid u to kako se i u kom opsegu menja fazni pomeraj između struja $3i_0$ i i_N . Cilj ovog rada je da ispita promenu faznog pomeraja između struja $3i_0$ i i_N tokom uključivanja neopterećenog ET-a praćenog zasićenjem ST-a. U radu će biti prikazani modeli za simulaciju uključivanja neopterećenog ET-a i za simulaciju rada ST-a. Neizvesni ulazni podaci u modelima ET-a i ST-a su dobijeni Monte Carlo simulacijom. Nakon toga proračunate su potrebne struje i prikazan je opseg u kom se menja fazni pomeraj između struja $3i_0$ i i_N .

Ključne reči: energetski transformator, zemljospojna zaštita, zasićenje strujnog transformatora, Monte Carlo simulacija.

1. Uvod

Veoma je bitno da energetski transformator (ET) bude opremljen pouzdanom, sigurnom i brzom zaštitom od mogućih unutrašnjih kvarova. Takođe, dosta je bitno i da zaštita ET-a ne deluje nepotrebno.

Za zaštitu ET-a najčešće se primenjuje fazna diferencijalna zaštita. Kod ET-a sa zvezdištem uzemljenim preko niskoomske impedanse fazna diferencijalna zaštita ne štiti ceo namotaj od unutrašnjih jednofaznih kratkih spojeva. Za takve kvarove koristi se zemljospojna zaštita ET-a [1].

Zemljospojna zaštita ET-a koja se bazira na poređenju sume faznih struja ($3i_0$) i struje u neutralnom provodniku ET (i_N) može

nepotrebno reagovati tokom uključivanja neopterećenog ET zbog prisustva zasićenja strujnih transformatora (ST).

Amplituda i talasni oblik struje uključivanja neopterećenog ET-a zavise od više faktora koje je gotovo nemoguće unapred predvideti [2]. Struja uključivanja neopterećenog ET-a može sadržati sporoopadajuću jednosmernu komponentu i znatan nivo parnih i neparnih harmonika [3].

Kada se posmatraju performanse sistema zaštite ET-a i njihovo podešavanje treba uzeti u obzir zasićenje strujnih transformatora i njihov uticaj na zaštitni relej. Zasićenje ST-a najčešće nastaje usled visoke amplitude struje kvara, usled prisustva opadajuće jednosmerne

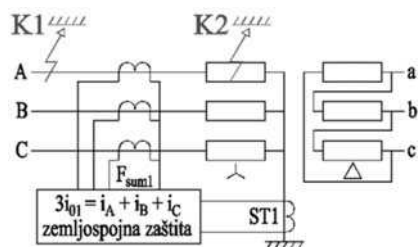
komponente u struji kvara i remanentnog fluksa u jezgru ST-a.

U cilju eliminacije nepovoljnog uticaja zasićenja ST-a na zemljospojnu zaštitu tokom uključenja neopterećenog ET-a u radu je provereno kako se tokom pomenute pojave menja fazni pomeraj između struja $3i_0$ i i_N .

2. Zemljospojna zaštita ET-a bazirana na faznoj komparaciji

Na Sl. 1 je prikazana tipična šema zemljospojne zaštite primarnog namotaja ET-a sprege YNd. Pri spoljašnjem zemljospoju (K1) suma faznih struja ($3i_0$) i struja neutralnog provodnika (i_N) su u fazi. Dok kod unutrašnjeg zemljospoja (K2) fazni pomeraj između struja $3i_0$ i i_N iznosi 180° . Što ukazuje na to da se primenom fazne komparacije struja $3i_0$ i i_N može napraviti razlika između kvarova u transformatoru i kvarova van ET-a [1].

Tokom uključenja neopterećenog ET-a suma faznih struja ($3i_0$) i struja neutralnog provodnika (i_N) su u fazi. Međutim, ako tokom uključenja dođe do zasićenja nekog od ST-a pojavice se fazni pomeraj između ove dve struje.[4] U ovom radu će biti ispitano koliki može biti fazni pomeraj između ovih struja. Dobijanjem uvida u kom opsegu se menja fazni pomeraj između $3i_0$ i i_N može se izvršiti izbor praga reagovanja releja kojim bi bilo eliminisano nepotrebno reagovanje zemljospojne zaštite zbog zasićenja ST-a tokom uključenja ET-a.



Slika 1. Tipična šema zemljospojne zaštite primarnog namotaja ET sprege YNd

3. Simulacija uključenja neopterećenog ET

3.1. Model za simulaciju.

Obuhvaćeni fluksevi u fazama A, B i C trofaznog dvonamotnog ET-a, koji je formiran

od tri monofazne jedinice, mogu se predstaviti pomoću izraza (1)-(3) [5].

$$\begin{aligned} \Psi_A(t) &= \\ &= [\Psi_{Ar} - \Psi_m \sin(\varphi_0 - \varphi)]e^{-t/T} \quad (1) \\ &+ \Psi_m \sin(\omega t + \varphi_0 - \varphi) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Psi_B(t) &= \\ &= [\Psi_{Br} \\ &- \Psi_m \sin(\varphi_0 - 2\pi/3 - \varphi)]e^{-t/T} \quad (2) \\ &+ \Psi_m \sin(\omega t + \varphi_0 - 2\pi/3 - \varphi) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Psi_C(t) &= \\ &= [\Psi_{Cr} \\ &- \Psi_m \sin(\varphi_0 - 4\pi/3 - \varphi)]e^{-t/T} \quad (3) \\ &+ \Psi_m \sin(\omega t + \varphi_0 - 4\pi/3 - \varphi) \end{aligned}$$

gde su: Ψ_A, Ψ_B, Ψ_C – obuhvaćeni fluksevi u fazama A, B i C, respektivno; $\Psi_{Ar}, \Psi_{Br}, \Psi_{Cr}$ – remanentni fluksevi u fazama A, B, C, respektivno; Ψ_m – amplituda fluksa, φ_0 – početna faza napona u trenutku uključenja, $\varphi = \arctg(L/\omega R)$, L i R – induktivnost i otpornost prigušnice kojom se može ekvivalentirati ET u praznom hodu [5].

3.2. Monte Carlo simulacija (MCS).

Struja uključenja ET-a je stohastičke prirode. Njene vrednosti zavise od dva neizvesna ulazna podatka: početne faze napona (φ_0) na koji se ET priključuje i od remanentnog fluksa u jezgru ET-a. Tokom analiziranja pojave uključenja neopterećenog ET-a pogodno je izvršiti simulacije. Merenjima u laboratoriji ili na terenu se ne mogu uvek obuhvatiti svi slučajevi da bi se mogle proceniti sve potencijalne posledice tokom uključenja. Da bi bilo obuhvaćeno što je moguće više početnih uslova sa ciljem da se dobije potpuniji uvid u prelaznu pojavu uključenja neopterećenog ET-a primenom MCS generisani su neizvesni ulazni podaci koji figurišu u izrazima (1) – (3).

Remanentni fluks u jezgru je modelovan pomoću amplitude i šablona remanentnog fluksa u fazama A, B i C: $\{\Psi_{Ar}, \Psi_{Br}, \Psi_{Cr}\}$.

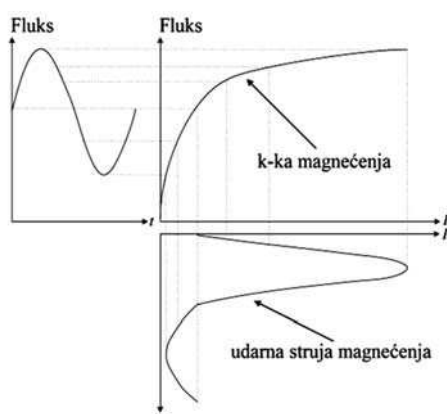
Vrednosti neizvesnih ulaznih podataka su varirane u sledećim opsezima:

- početna faza napona (φ_0) je varirana u opsegu $[0, 2\pi]$,

- remanentni fluks (Ψ_r) je variran u opsegu $[-0.8, 0.8]$ r.j. nominalnog fluksa, i
- šablon remanentnog fluksa u fazama A, B i C je modelovan kao $\{\Psi_r, -\Psi_r, 0\}$ u svim mogućim permutacijama.

Nakon što su primenom MCS generisani neizvesni ulazni podaci pomoću izraza (1)-(3) izračunati su fluksevi u fazama A, B i C, na osnovu kojih su dalje pomoću zadate karakteristike magnećenja ET-a (Sl. 2) izračunate struje (i_A , i_B i i_C) u fazama A, B i C, a primenom izraza (4) je izračunata struja u neutralnom provodniku ET-a.

$$i_N(t) = i_A(t) + i_B(t) + i_C(t) \quad (4)$$



Slika 2. Vremenski tok fluksa i struje prilikom uključivanja ET-a

4. Simulacija rada ST-a

Za simulaciju rada ST-a korišćen je model ST-a formiran na osnovu teorije objavljene uz *CT SAT Calculator* koji je preuzet iz publikacija *IEEE Power System Relay Committee*. Cilj upotrebe ovog modela je da se dobiju signali struje na sekundarima ST-a tokom njihovog zasićenja. Zbog ograničenog prostora u ovom radu model ST-a neće biti prikazan. Svi teorijski detalji u vezi sa modelom objavljeni su u [6],[7].

Struja na sekundaru ST-a zavisi od primarne struje, karakteristike magnećenja ST-a, remanentnog fluksa u jezgru ST-a i opterećenja u sekundarnom kolu ST-a.

Ulazni podaci u modelu ST-a koji se ne mogu unapred odrediti su: vrednost remanentnog fluksa u jezgru ST-a (λ_r) i šablon remanentnog fluksa u fazama A, B i C:

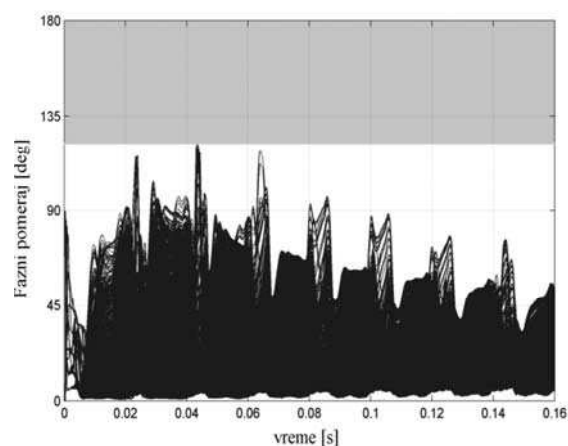
$\{\lambda_{Ar}, \lambda_{Br}, \lambda_{Cr}\}$, pa su njihove vrednosti generisane MCS-om. Remanentni fluks je variran u opsegu $[-0.8, 0.8]$ r.j. nominalnog fluksa, a šablon remanentnog fluksa u fazama A, B i C je modelovan kao $\{\lambda_r, -\lambda_r, 0\}$ u svim mogućim permutacijama.

4. Rezultati

U nastavku su navedeni koraci procedure ispitivanja kako se menja fazni pomeraj između struja $3i_0$ i i_N tokom uključivanja ET-a koje je praćeno zasićenjem ST-a:

1. Prvo su zadati opsezi vrednosti neizvesnih ulaznih podataka koji figurišu modelu za simulaciju uključivanja neopterećenog ET-a.
2. Nakon toga su MCS-om nasumice izabrane vrednosti ovih neizvesnih ulaznih podataka.
3. Generisane su struje uključivanja u fazama A, B i C (i_A , i_B i i_C), a zatim je izračunata struja u neutralnom provodniku transformatora (i_N) pomoću izraza (4). Frekvencija odabiranja je izabrana da bude 5 kHz.
4. Zatim su zadati su opsezi vrednosti neizvesnih ulaznih podataka koji figurišu modelu ST-a.
5. MCS-om su nasumice izabrane vrednosti ovih neizvesnih podataka.
6. Fazne struje generisane u okviru koraka 3. su u vidu odbiraka propuštene kroz model ST-a i na taj način su dobijene struje na sekundarima ST-a u fazama A, B i C: i_{As} , i_{Bs} , i i_{Cs} . Pomoću struja dobijenih na sekundarima ST-a izračunata je struja ($3i_0$) izraz (5). Tokom simulacije rada ST-a pretpostavljeno je da samo fazni strujni transformatori ulaze u zasićenje, dok ST u neutralnom provodniku korektno transformiše struju sa primara na sekundar.
$$3i_0(t) = i_{As}(t) + i_{Bs}(t) + i_{Cs}(t) \quad (5)$$
7. Na prethodno opisan način generisani su signali za 5000 različitih slučajeva.
8. Primenom digitalnog faznog komparatora, koji se bazira na proračunu integrala proizvoda dva signala na intervalu dužine poluperiode osnovnog harmonika signala [1,4,8,9], određen je fazni pomeraj između struja $3i_0$ i i_N .

Kada zasićenje ST-a nije prisutno fazni pomeraj između $3i_0$ i i_N je jednak 0° . Na Sl. 3 su prikazani estimirani fazni pomeraji između $3i_0$ i i_N u prvih osam perioda od uključenja ET kada se uvaži zasićenje ST-a. Slika prikazuje svih 5000 slučajeva. Maksimalna vrednost faznog pomeraja koja je dobijena iznosi $122,8^\circ$.



Slika 3. Estimirani fazni pomeraj između struja $3i_0$ i i_N

Na osnovu prikazanih rezultata vidi se da bi nepotrebno reagovanje zemljospojne zaštite tokom uključenja ET-a u praznom hodu praćenim zasićenjem ST-a bilo izbegnuto ako bi relej za zemljospojnu zaštitu bio podešen tako da relej reaguje kada je fazni pomeraj (α) između struja $3i_0$ i i_N u opsegu: $122,8^\circ < \alpha < -122,8^\circ$.

5. Zaključak

U cilju eliminacije nepovoljnog uticaja zasićenja ST-a na zemljospojnu zaštitu tokom uključenja neopterećenog ET-a ispitana je promena faznog pomeraja između struja $3i_0$ i i_N . Detaljno su sagledane pojave uključenja neopterećenog ET-a i zasićenja ST-a. Zatim su dati modeli pomoću kojih su izvršene simulacije uključenja neopterećenog ET i simulacije rada ST-a, izvršena je Monte Carlo simulacija neizvesnih ulaznih podataka u pomenutim modelima i proračunate su potrebne struje $3i_0$ i i_N . Nakon toga je izvršena fazna komparacija i prikazana je dobijena

promena faznog pomeraja između struja $3i_0$ i i_N .

Pokazano je da ako bi prag reagovanja zemljospojne zaštite bio podešen na neku vrednost van dobijenog opsega u kom se menjao fazni pomeraj između struja $3i_0$ i i_N , nepovoljan uticaj zasićenja ST-a na zemljospojnu zaštitu ET-a tokom uključenja ET-a u praznom hodu bi bio izbegnut.

Zahvalnica. Autori zahvaljuju Ministarstvu za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije koje je omogućilo izradu ovog rada u okviru Projekta III 42009 "Inteligentne energetske mreže".

Bibliografija

- [1] M. Đurić, Z. Stojanović. Relejna zaštita. Beopres, Beograd, 2014.
- [2] A. Guzman, Z. Zocholl, G. Benmouyal, H.J Altuve. A current-based solution for transformer differential protection. I. Problem statement, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.16, Issue: 4, Oct 2001, 485 – 491
- [3] IEEE Standard C37.91. IEEE Guide for Protective Relay Applications to Power Transformers.
- [4] J. Krstivojevic, M. Djurić. A New Method of Improving Transformer Restricted Earth Fault Protection. Advances in Electrical and Computer Engineering, Vol. 14; Issue 3, 2014, 41-48.
- [5] Đ. Kalić, R. Radosavljević. Transformatori. Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 2001.
- [6] D.A. Tziouvaras, P. McLaren, G. Alexander, D. Dawson, J. Esztergalyos, C. Fromen, M. Glinkowski, et al. Mathematical Models for Current, Voltage, and Coupling Capacitor Voltage Transformers. IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 15, No. 1, Jan. 2000, 62 – 72.
- [7] IEEE PSRC CT Saturation Calculator. 2003, www.pes-psrc.org
- [8] Z. Stojanović, M. Djurić. The algorithm for directional element without dead tripping zone based on digital phase comparator. Electric Power Systems Research, 81, 2011, 377–383.
- [9] J. Krstivojevic, M. Djuric. A new algorithm for transformer ground fault protection. The 9th Mediterranean Conference on Power Generation, Transmission Distribution and Energy Conversion, Athens, Greece, November 2-5, 2014

Merenje aero zagađenja u realnom vremenu kao polazna osnova za informisanja i edukaciju učesnika u saobraćaju

Srećko Stanković

Grad Banja Luka, Trg srpskih vladara 1, 78000 Banja Luka, Bosna i Hercegovina

e-mail: srecko.stankovic@banjaluka.rs.ba

Miloš Ljubojević

JU Akademska i istraživačka mreža Republike Srpske, Patre 5, 78000 Banja Luka, Bosna i Hercegovina

e-mail: ljubojevic.milos@gmail.com

Jelena Ristić

Univerzitet u Beogradu, Fakultet Organizacionih Nauka, Jove Ilića 154. Beograd, Republika Srbija

e-mail: jristic611@gmail.com

Vojkan Vasković

Univerzitet u Beogradu, Fakultet Organizacionih Nauka, Jove Ilića 154. Beograd, Republika Srbija

e-mail: vaskovic@bvcom.net

Apstrakt.

Prikupljanje podataka iz okruženja predstavlja dobru polaznu osnovu za informisanje i edukaciju učesnika u saobraćaju. Vremenski uslovi koji vladaju u određenoj oblasti imaju direktnog uticaja na događanja u saobraćaju a to se posebno odnosi na nivo vlage u vazduhu u kombinaciji sa ostalim nečistoćama koje se nalaze u njemu. Istraživanje uticaja pojedinih polutanata na nezgode koje se dešavaju u slučajevima kada neki od izmerenih parametara prelazi dozvoljenu granicu, omogućava da se merenjima u realnom vremenu signalizira učesnicima u saobraćaju na opasnost. Da bi se istražio uticaj pojedinih polutanata potrebno je da se u dužem vremenskom periodu obave merenja i uporedi sa statistikom saobraćajnih nezgoda. Rad ima za cilj da istraži ovu korelaciju između nivoa aero zagađenja određenim polutantima i saobraćajnih nezgoda. Edukovanje učesnika u saobraćaju predstavlja najbolji način da se deluje preventivno. Da bi učinak bio optimalan, samo edukovanje nije dovoljno, već je potrebno i da učesnici u saobraćaju na vreme budu upozoreni i na nivo povećanja polutanata u vazduhu. Kombinacijom edukovanja i informisanja učesnika u saobraćaju stvaraju se preduslovi za smanjenje saobraćajnih nezgoda.

Ključne reči: Aero zagađenje, saobraćajne nezgode, upravljanje podacima, distribucija podataka

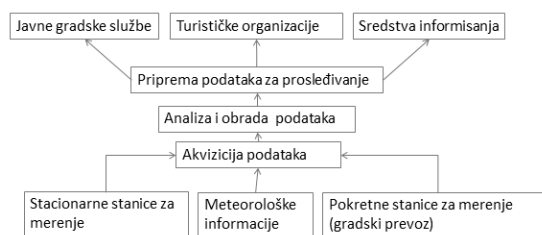
1. Uvod

Osnovni uzrok nastanka aerozagađenja jeste posledica emisije polutanata iz raznoraznih izvora. Pod emisijom se podrazumeva izbacivanje zagađujućih materija iz objekata–zagađivača (iz dimnjaka, motora, cevovoda i sličnog) u okolinu: vazduh, vodu, zemljište.

Činjenica je da atmosfera poseduje veliki kapacitet, tako da u sebe može da primi sve gasove i polutante nastale usled raznih prirodnih i antropogenih aktivnosti, zbog svoje dinamičke prirode. Međutim u izvesnim vremenskim situacijama taj kapacitet je naglo ograničen, sužen. Ukoliko bi te situacije potrajale, došlo bi do gomilanja polutanata na

određenom prostoru, što bi moglo dovesti do teških posledica po okolinu i po zdravlje populacije. [3] Stalni rast koncentracije polutanata u vazduhu dovodi do menjanja prirodnog sastava vazduha ne samo na lokalnom nego i na globalnom nivou. Savremena prevozna sredstva (automobili, autobusi...) opremljeni su klima uređajima i filterima za prečišćavanje vazduha ali oštećenjem ili kvarom ovih uređaja može doći do prodora zagađenog vazduha u prostor sa putnicima. Ova činjenica daje za pravo da se izvrši podela na uređaje za merenje spoljašnjeg i unutrašnjeg aerozagađenja na vozilima. Merenje aero zagađenja u okviru vozila nije relevantno za ovaj rad jer se ovi podaci ne prosleđuju centru za akviziciju podataka ali mogu da se lokalno koriste kao sredstvo upozorenja-alarma da je vozač i putnici u opasnosti. U dosadašnjoj praksi uobičajeno je da se merenja aerozagađenja obavljaju skupim uređajima koji se postavljaju na lokacije od interesa, pa bilo da su to stacionarni uređaji ili mobilni (postavljeni na vozilu koje se postavlja na lokaciju gde se merenja obavljaju). Razvoj tehnologije senzora učinio je da su ovi uređaji postali manji, jeftiniji i dostupni su u različitim veličinama i tehnološkim rešenjima. Sve brži rast gradova i potreba da se građani prevoze sa jedne lokacije na drugu, uz istovremeni nagli porast broja vozila u njima stvara sve veću količinu polutanata u zonama sa intenzivnim saobraćajem. Uobičajeno je da se na mestima gde se očekuje povećan broj vozila i sa time veće aerozagađenje merenja obavljaju stalno i za to se postavljaju stacionarne stanice za merenje.[1] Međutim gradovi rastu i mesta gde dolazi do zagušenja saobraćaja i povećanja aerozagađenja se menjaju u zavisnosti od vremenskih prilika i od lokalnog saobraćaja. Ovo nameće potrebu da se merenja obavljaju mobilnim sensorima sa mogućnošću da se izmerene vrednosti dostavljaju jedinstvenom centru koji ih obrađuje i rezultate distribuira kroz sredstva javnog informisanja ili interno za potrebe informisanja gradskih službi. Nosioci ovakvih mernih stanica po pravilu bi trebala biti vozila gradskog prevoza, a obzirom

na to da su ona već danas „on line“ povezana sa dispečarskim centrom, informacije se mogu preneti već postojećim komunikacionim kanalima.



Slika 1. Šema prihvatanja obrade i distribucije informacija

Prikupljanje podataka predstavlja stalan i kontinuiran proces. Vozila opremljena sensorima za merenje aero zagađenja (vozila gradskog prevoza) i kontinuirano u vremenskim razmacima mere nivo zagađenja. Izmerene vrednosti zajedno sa GPS koordinatama dostavljaju se centru za prikupljanje podataka, gde se analiziraju. U trenutku kada neki od parametara dostigne kritičnu vrednost pokreću se signali za upozorenja ili se može aktivno rutirati saobraćaj ka manje zagađenim obilaznicama. Podaci koji dolaze pripremaju se u zavisnosti od korisnika kome se dostavljaju. Glavni korisnici ovih podataka su javne službe koje na osnovu izmerenih vrednosti mogu da planiraju svoje aktivnosti. Drugi korisnik su sredstva javnog informisanja koji imaju zadatak da informišu građane. Kao treći korisnik mogu se javiti turističke organizacije koje na osnovu ovakvih izveštaja mogu da planiraju gde da usmere turiste (ovo je posebno značajno za velike turističke destinacije).

Prihvatanje podataka sa stacionarnih mernih stanica može se ostvariti putem fiksne ili mobilne računarske mreže. Sva ostala komunikacija obavlja se preko mobilnih komunikacija.

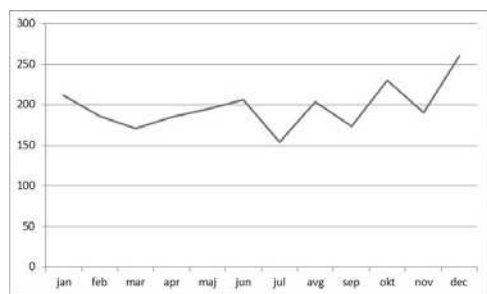
2. Uticaj vremenskih prilika i stanja zagađenosti vazduha na bezbednost saobraćaja

Prirodna hemijska zagađenja nastala usled erupcije vulkana, prirodnih požara (osim u

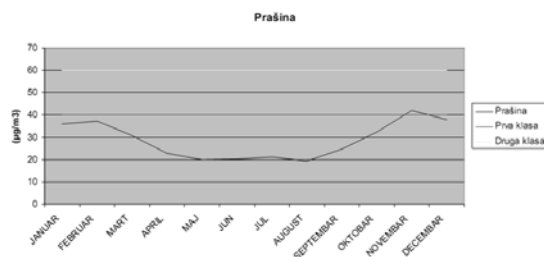
avio saobraćaju), prirodne razgradnje organskih tvari i slično nisu toliko problem kao što su hemijska zagađenja usled antropoloških delovanja. Problem je što hemijsko zagađenje nastalo usled antropološkog delovanja nema granica, jer bez obzira gde se ispuštaju u atmosferu imaju globalni uticaj na okolinu. To su razni vidovi industrije (sagorevanje fosilnih goriva, odnosno uglja i nafte u elektranama, toplanama i individualnim kućnim ložistima), procesi u industrijskim postrojenjima (naftna, hemijska, metalurška, prehrambena), razne zanatske radionice, individualna ložišta, izduvni gasovi saobraćajnih vozila i teških mašina, procesi isparavanja kancerogenih materija na deponijama otpada i smeća, samozapaljivanje smeća, spaljivanje kancerogenih materija (plastike jer nastaju kancerogene materije, iverice jer sadrži formaldehid), pušenje duvana, upotreba kućnih hemikalija, upotreba električnih aparata (izduvavaju živu i olovo), oslobađanje gasa radona iz betona koji je izazivač cancera itd. Sredinom 20 veka s širokom upotrebom automobila došlo je do pojave posebnog vida aerozagađenja. To se naročito ispoljava u većim urbanim sredinama sa gustim saobraćajem.

Opšte poznata činjenica je da vremenske prilike imaju značajan uticaj na saobraćaj. Kombinacija vremenskih prilika i aerozagađenja direktno utiče na stanje kolovoza i ima velikog uticaja na sigurnost saobraćaja.

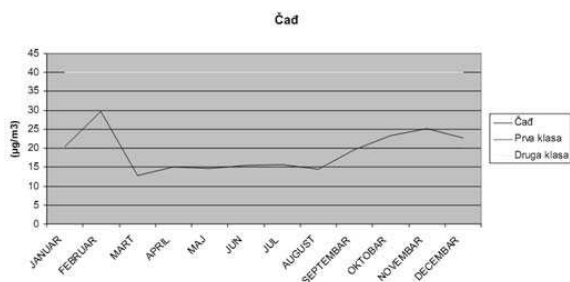
U radu se analiziraju samo dva polutanta i to čađ i prašina.



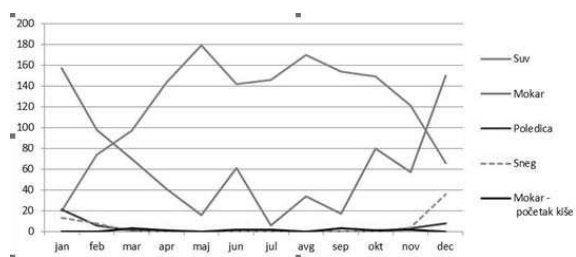
Slika 2. Ukupan broj saobraćajnih nesreća po mesecima (podaci za 2009. godinu)



Slika 3. Količina izmerene prašine u vazduhu po mesecima (podaci za 2009. godinu) [4]



Slika 3. Količina izmerene čađi u vazduhu po mesecima (podaci za 2009. godinu) [4]



Slika 4. Broj saobraćajnih nesreća u zavisnosti od stanja vlažnosti kolovoza.

Upoređivanjem dijagrama može se zaključiti da sa opadanjem procenta čađi i prašine u vazduhu manje je saobraćajnih nesreća. Krive se podudaraju gledano po mesecima.

Ukoliko se analizira broj saobraćajnih nesreća u odnosu na stanje kolovoza sa slike 4 vidi se da mokar kolovoz prati krive zagađenja. Ovde treba napomenuti da je u letnjem periodu manji broj dana sa kišom pa se u tom kontekstu mogu raditi dodatne analize.

Izmereni rezultati i analize mogu se dostavljati direktno vozačima putem displeja postavljenim na pasarelama. Dobra strana ovakvog informisanja je to što se vozačima osim informacija mogu prezentovati i predlozi i sugestije kako se ponašati na putu.

3. Zaključak

U radu je analiziran uticaj vremenskih prilika i zagađenje vazduha na sigurnost u saobraćaju. Kao primer uzeta su merenja aero zagađenja koja su rađena 2009 godine u gradu Banja Luka. Dijagrami uticaja vremena na saobraćajne nesreće je rađen za isti period u istom gradu. Na osnovu upoređenja dijagrama se može konstatovati da postoji međuzavisnost i da postoji opravdan razlog za postavljanje informacija, signalizacije i upozorenja na putevima. Savremena tehnologija omogućava da se ove informacije direktno prosleđuju na mobine uređaje korisnika-vozača putem mobilnih servisa. Prikupljanje podataka samo sa stacionarnih stanica za merenje nije dovoljno jer se grupisanje vozila i zastoji u saobraćaju događaju u različitim delovima grada-naseljenog mesta. Jedno od pitanja koje treba dalje analizirati je uticaj zagađenja vazduha u samim vozilima koja nastaju u kombinaciji spoljnog zagađenja i lokalnog zagađenja vazduha u vozilu usled neispravne ili loše održavanog sistema ventilacije. S obzirom na to da se broj vozila na putevima svake godine uvećava i da je zagađenje od strane saobraćaja sve veće, sistemi za informisanje u realnom vremenu imaju sve veći značaj posebno u velikim gradovima.

Bibliografija

[1]. Srinivas Devarakonda, Parveen Sevusu, Hongzhang Liu, Ruilin Liu, Liviu Iftode, Badri Nath,. Real-time Air Quality Monitoring Through Mobile Sensing,. in

Metropolitan Areas Department of Computer Science,. Rutgers University,. Piscataway, NJ 08854-8091,. {skd70, parveen, antony26, rl475, iftode, badri}@cs.rutgers.edu

[2]. Nick Hodges,. Traffic and Environmental Management, In Urban Areas and Public Inform, Traffic Systems Section, Regeneration and Culture Department, Leicester City Council, York House, 91, Granby Street, Leicester, East Midlands, LE1 6FB, UK

[3]. Stankovic Srecko, Vaskovic Vojkan, Petrovic Natasa B, Radojicic Zoran A,. Sustainable air pollution management in urban areas caused by traffic: Case study Banja Luka,. TECHNICS TECHNOLOGIES EDUCATION MANAGEMENT-TTEM, (2012), vol. 7 br. 4, str. 1615-1619

[4]. Knežević Nebojša, Dunović Saša, Cukut Siniša, Komnenić Velibor, (2009), Godišnji izvještaj o mjerenjima aerozagađenja u Gradu Banjaluka, period mjerenja 01.01.-31.12.2009. god., Banja Luka, Institut za građevinarstvo "IG" Banja Luka, naučno istraživački institut

[5]. Knežević Nebojša, Dunović Saša, Cukut Siniša, Komnenić Velibor, (2009), , Izvještaj o monitoringu kvaliteta vazduha povodom obilježavanja dana bez automobila 22 septembra 2009. godine, Period mjerenja: 22.09.2009., 1100AM-1400, 23.09.2009. 1100–24 00 PM. Banja Luka, Institut za građevinarstvo "IG" Banja Luka, naučno istraživački institut

Primena metode konačnih elemenata za razvoj algoritama i formula neophodnih za projektovanje uzemljivača u uslovima nesavršenog kontakta između elektroda i tla i upotrebe dodatnog materijala za smanjenje kontaktne otpornosti

Jovan Trifunović

Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73, 11000 Beograd, Srbija

e-mail: jovan.trifunovic@etf.rs

Apstrakt. Otpornost rasprostiranja uzemljivačkog sistema je osnovni ulazni parametar za proračune svih ostalih relevantnih veličina kojima se proverava njegov kvalitet. Standardne formule za proračun ove otpornosti važe uz pretpostavku savršenog kontakta između elektroda i okolnog tla. Međutim, pošto postoje tla koja formiraju loš kontakt sa elektrodama uzemljivača, u praksi se često pojavljuje značajna nesaglasnost između izmerenih vrednosti i vrednosti izračunatih primenom standardnih formula. Razvoj metode konačnih elemenata (finite-element method (FEM)) omogućio je 3D modelovanje malih zapremina različitih oblika i fizičkih karakteristika u neposrednoj blizini elektroda, što je bio preduslov za sprovođenje analize navedenog problema. U ovom preglednom radu ukratko je predstavljen osnov metode (bazirane na primeni 3D FEM-a) za razvoj algoritama i formula neophodnih za projektovanje uzemljivača u uslovima lošeg kontakta između elektroda i tla i upotrebe dodatnog materijala za smanjenje kontaktne otpornosti.

Ključne reči: Otpornost rasprostiranja uzemljivača, FEM, Modelovanje nesavršenog kontakta, Raspodela električnog potencijala

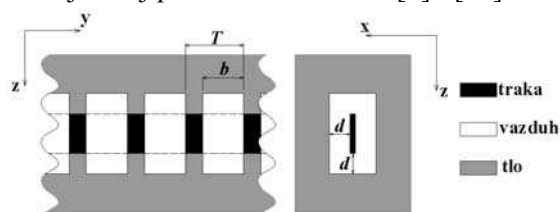
1. Uvod

Bezbednost upotrebe i pouzdanost rada elektroenergetskih mreža i postrojenja u velikoj meri zavisi od kvaliteta njihovih uzemljivačkih sistema. Pri pojavi zemljospoja u elektroenergetskim mrežama i postrojenjima, ili pri atmosferskim pražnjenjima, ljudi i oprema mogu biti izloženi opasnom električnom naponu (razlici električnih potencijala). Dobro projektovani i izvedeni uzemljivački sistemi obezbeđuju da u takvim slučajevima, kako električni potencijal uzemljenih metalnih delova postrojenja, tako i raspodela električnog potencijala na površini tla, budu takvi da maksimalni naponi dodira i koraka budu unutar standardima propisanih maksimalnih dozvoljenih vrednosti. Osnovni ulazni parametar za proračune svih relevantnih veličina je otpornost rasprostiranja uzemljivačkog sistema, koji predstavlja otpornost zemlje između površine uzemljivačkog sistema i udaljene referentne zemlje koja je na nultom potencijalu. Pošto otpornost rasprostiranja mora što preciznije biti procenjena već u ranoj fazi projektovanja

uzemljivačkih sistema, za njihove tipične konstrukcije relevantni standardi [1–5] nude jednostavne formule za ovu namenu. Sve ove formule važe uz pretpostavku savršenog (potpunog) kontakta između elektroda i okolnog tla (homogenog, dvoslojnog i višeslojnog).

Međutim, postoje naučni radovi u kojima su prikazani rezultati eksperimenata koji pokazuju značajnu nesaglasnost između izmerenih vrednosti otpornosti rasprostiranja uzemljivača i vrednosti izračunatih primenom standardnih formula [6,7]. Iako je u [7] pretpostavljeno da je uzrok navedene nesaglasnosti nesavršen kontakt između elektroda i tla, ova fizička pojava nije bila teorijski istražena u [7], zato što je bilo nemoguće modelovati nesavršen kontakt matematičkim tehnikama i softverskim alatima koji su u to vreme bili dostupni. U međuvremenu su, kako razvoj FEM-a i odgovarajućih softvera, tako i poboljšanje performansi računara, omogućili 3D FEM modelovanje malih zapremina različitih oblika i fizičkih karakteristika u neposrednoj blizini

površine uzemljivačkih elektroda (Slika 1). Matematičke osnove FEM-a date su u [8], dok su objašnjenja o pravilnoj upotrebi FEM-a u elektromagnetici i elektrotehničkoj inženjerskoj praksi data redom u [9] i [10].



Slika 1. Elektroda uzemljivača (čelična traka) okružena vazдушnim džepovima

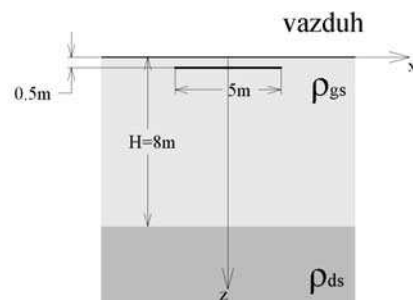
Analizom eksperimentalnih rezultata iz [7] 3D FEM-om autor je (sa koautorom) razvio algoritme i formule koji se mogu upotrebiti za projektovanje uzemljivača u uslovima nesavršenog kontakta između elektroda i tla i upotrebe dodatnog materijala za smanjenje kontaktne otpornosti [11–13]. Svrha ovog preglednog rada, u kome je ukratko predstavljen osnov metode (bazirane na primeni 3D FEM-a) za razvoj algoritama i formula neophodnih za projektovanje uzemljivača u takvim uslovima, je da uputi čitaocima na rezultate prikazane u [11–13].

2. Razmatrana eksperimentalna postavka

U radu [7] prezentovani su rezultati merenja otpornosti rasprostiranja kvadratnih konturnih uzemljivača (kako klasičnih, tako i sa slojevima različitih dodatnih materijala), položenih u dvoslojno tlo kod koga je gornji sloj, u kome su uzemljivači položeni, formirao loš kontakt sa elektrodama uzemljivača. Uzemljivači dimenzija $5\text{ m} \times 5\text{ m}$, od pocinkovane čelične trake poprečnog preseka $30\text{ mm} \times 4\text{ mm}$, bili su položeni na dubinu 0.5 m u dvoslojno tlo dubine gornjeg sloja $H = 8\text{ m}$ i specifičnih električnih otpornosti $\rho_{gs} = 170\ \Omega\text{m}$ i $\rho_{ds} = 75\ \Omega\text{m}$ (Slika 2).

Izmerene vrednosti otpornosti rasprostiranja klasičnih kvadratnih konturnih uzemljivača bile su daleko veće od vrednosti dobijenih standardnim proračunom (od 238% do 1354%), dok su u slučaju upotrebe dodatnog materijala za smanjenje kontaktne otpornosti razlike izmerenih i proračunatih vrednosti bile u praktičnom smislu

zanemarljive. Ovi rezultati su potvrđivali da je upravo loš kontakt između elektroda i tla uzrok velike razlike izmerenih i proračunatih vrednosti otpora rasprostiranja uzemljivača.



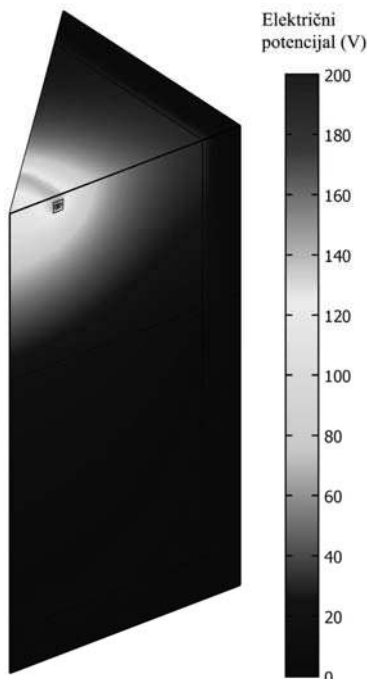
Slika 2. Kvadratni konturni uzemljivač položen u dvoslojno tlo

3. Upotreba FEM-a

FEM je numerička tehnika za izračunavanje vrednosti fizičkih veličina u okviru ograničene zapremine (domena) razmatranog problema. Bazirana je na podeli domena na male pod-domene (konačne elemente) pomoću kojih se precizno predstavljaju složena geometrija problema i različite karakteristike materijala pojedinih delova domena. Svaki konačni element predstavljen je karakteristikama materijala, stanjima fizičkih veličina u reprezentativnim čvorovima konačnog elementa i sistemom jednačina koje opisuju odnose između fizičkih veličina u okviru razmatranog problema. To su jednostavne algebarske jednačine kojima se lokalno aproksimiraju originalne složeniye (obično parcijalne diferencijalne) jednačine. Sistemi jednačina svih konačnih elemenata domena razmatranog fizičkog problema kombinuju se u jedan sveobuhvatan sistem koji se rešava pomoću računara.

U razmatranom slučaju, inicijalni domen modela je bila kocka ($20\text{ m} \times 20\text{ m} \times 20\text{ m}$), sa napred opisanim kvadratnim konturnim uzemljivačem postavljenim tako da se vertikalne ose simetrija uzemljivača i domena međusobno poklapaju. Svakoj strani kocke (osim gornjoj koja predstavlja razdvojnu površ između zemlje i vazduha) dodat je zid debljine 2 m sastavljen od posebnih „beskonačnih“ konačnih elemenata [14], kojima se simulira rasprostiranje električnog polja ka beskonačno

udaljenoj referentnoj zemlji na nultom potencijalu. Zbog simetrije bilo je moguće kao finalni model za proračun koristiti samo jednu osminu opisanog modela (Slika 3), čime su napravljene značajne uštede računarskih resursa i postignuta veća preciznost proračuna.



Slika 3. Prikaz proračunatih električnih potencijala u svakoj tački domena modela (predstavljena je osmina opisanog modela)

Sledeće formule važe za svaki konačni element (korišćeni su tetraedri različitih dimenzija (najmanji u uzemljivačkoj traci, najveći u spoljnim zidovima modela)):

$$\nabla^2 \varphi = 0 \quad (1)$$

$$\vec{E} = -\nabla \varphi \quad (2)$$

$$\vec{J} = \vec{E} / \rho \quad (3)$$

$$\varphi = N \cdot \varphi_e \quad (4)$$

u kojima su:

φ električni potencijal bilo koje tačke unutar konačnog elementa, uključujući i tačke na bočnim stranama elementa,

φ_e vektor električnih potencijala u reprezentativnim čvorovima konačnog elementa,

N korelaciona matrica (svi konačni elementi bili su definisani Lagranžovom kvadratnom funkcijom oblika),

\vec{E} vektor jačine električnog polja,

\vec{J} vektor gustine struje, i
 ρ specifična električna otpornost materijala unutar konačnog elementa.

Za posmatrani slučaj usvojeni su sledeći granični uslovi:

$$\varphi_{e0} = 200 \text{ V} \quad (5)$$

$$\varphi_{einf} = 0 \text{ V} \quad (6)$$

$$E_{1t} = E_{2t} \quad (7)$$

$$E_{1n} / \rho_1 = E_{2n} / \rho_2 \quad (8)$$

gde su:

φ_{e0} električni potencijal uzemljivača,

φ_{einf} električni potencijal spoljnih bočnih strana zidova od „beskonačnih“ konačnih elemenata (referentna zemlja),

E_{1t} , E_{2t} i E_{1n} , E_{2n} redom tangencijalne i normalne komponente vektora električnog polja na razdvojnoj površini dva susedna konačna elementa, i

ρ_1 i ρ_2 specifične električne otpornosti materijala unutar dva susedna konačna elementa.

Na osnovu jednačina (1)–(8) računar proračunava električne potencijale kako reprezentativnih čvorova konačnih elemenata, tako i bilo koje tačke u okviru modelovanog domena (Slika 3).

Takođe, proračunava se i gustina struje u svakoj tački domena modela, na osnovu čega može da se odredi ukupna jačina struje, I , koja se uspostavlja između uzemljivača i tla:

$$I = \int_S \vec{J} \cdot d\vec{S} \quad (9)$$

gde je S bilo koja zatvorena površ koja obuhvata ceo uzemljivač. Na osnovu izračunate jačine struje, lako je odrediti otpornost rasprostiranja uzemljivača, R , pomoću sledeće jednačine:

$$R = \frac{\varphi_{e0} - \varphi_{einf}}{I} \quad (10)$$

4. Praktična primena dobijenih rezultata

Variranjem relevantnih dimenzija i karakteristika materijala u okviru 3D FEM modela i analizom rezultata proračuna dobijenih sprovođenjem velikog broja računarskih simulacija moguće je utvrditi

korelacije između relevantnih parametara. Te korelacije se opisuju izrazima koji se najlakše dobijaju obradom rezultata proračuna primenom metode najmanjih kvadrata (npr., korišćenjem softvera Matlab i/ili Excel).

Opisanim postupkom analiziran je uticaj broja, veličine i dispozicije vazдушnih džepova (Slika 1), i to kako na otpornost rasprostiranja kvadratnog konturnog uzemljivača, tako i na raspodelu potencijala u okolini uzemljivača u slučaju kvara [11]. Kroz analize rezultata proračuna utvrđene su korelacije između parametara pomoću kojih se može opisati kvalitet ostvarenog kontakta između elektroda i okolnog tla i otpornosti rasprostiranja razmatranih uzemljivača [11]. Pošto klasičan tipičan uzemljivač dalekovodnog stuba predstavlja kombinaciju kvadratnih konturnih uzemljivača, opisanim postupkom razmatran je uticaj nesavršenog kontakta između elektroda i okolnog tla na vrednosti koeficijenata kojima se opisuje međusobni uticaj pojedinačnih kontura, a zatim je formiran algoritam za izračunavanje otpornosti rasprostiranja (sa uvaženim efektom nesavršenog kontakta) ovog kompleksnog sistema uzemljenja [12]. Takođe, na sličan način je analiziran i objašnjen uticaj kako specifične električne otpornosti dodatnog materijala, tako i poboljšanja kontakta usled postavljanja dodatnog materijala, na otpornost rasprostiranja konturnog uzemljivača, a zatim i formiran algoritam za utvrđivanje neophodnih karakteristika dodatnog materijala [13].

5. Zaključak

U ovom preglednom radu ukratko je predstavljen osnov metode (bazirane na primeni 3D FEM-a) za razvoj algoritama i formula neophodnih za projektovanje uzemljivača u uslovima lošeg kontakta između elektroda i tla i upotrebe dodatnog materijala za smanjenje kontaktne otpornosti.

Zahvalnica. *Predstavljeni rezultati su dobijeni istraživanjima koja su sprovedena u okviru projekta TR 36018 finansiranog od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.*

Bibliografija

- [1] Guide for Safety in AC Substation Grounding, ANSI/IEEE Std. 80, 1986.
- [2] Guide for Safety in AC Substation Grounding, ANSI/IEEE Std. 80, 2000.
- [3] **A.T. Голован, П.Г. Грудински, Г.Н. Петров, А.М. Федосеев, М.Г. Чиликин, И.В. Антик.** Электротехнический справочник. *Энергия, Москва-Ленинград*, 1964.
- [4] Power Quality Application Guide, Earthing & EMC, Earthing Systems – Basic Constructional Aspects, *European Copper Institute and Copper Development Association, Brussels-London*, 2001.
- [5] **W.A. Chisholm.** Transmission System Transients: Grounding. in: *L.L. Grigsby (Ed.), The Electric Power Engineering Handbook: Power Systems, third ed., CRC Press, Boca Raton*, 2012, pp. 11-1–11-19.
- [6] **Z.R. Radakovic, M.V. Jovanovic, V.M. Milosevic, N.M. Ilic.** Application of earthing backfill materials in desert soil conditions. Accepted for publication in *IEEE T. Ind. Appl.* 2015, DOI: 10.1109/TIA.2015.2429644
- [7] **M.B. Kostic, Z.R. Radakovic, N.S. Radovanovic, M.R. Tomasevic-Canovic.** Improvement of electrical properties of grounding loops by using bentonite and waste drilling mud. *IEE Proc.-C*, 1999, 146, 1–6.
- [8] **O.C. Zienkiewicz, R.L. Taylor, J.Z. Zhu.** The Finite Element Method: Its Basis and Fundamentals. *Elsevier Butterworth-Heinemann, Oxford*, 2005.
- [9] **J. Jin.** The finite element method in electromagnetics. *John Wiley & Sons, New York*, 2002.
- [10] **P.P. Silvester, R.L. Ferrari.** Finite elements for electrical engineers. *Cambridge University Press, Cambridge*, 1996.
- [11] **J. Trifunovic, M. Kostic.** Analysis of influence of imperfect contact between grounding electrodes and surrounding soil on electrical properties of grounding loops. *Electr. Eng.* 2014, 96, 255–265.
- [12] **J. Trifunovic, M.B. Kostic.** An algorithm for estimating the grounding resistance of complex grounding systems including contact resistance. Accepted for publication in *IEEE T. Ind. Appl.* 2015, DOI: 10.1109/TIA.2015.2429644.
- [13] **J. Trifunović.** The algorithm for determination of necessary characteristics of backfill materials used for grounding resistances of grounding loops reduction. *J. Electr. Eng.* 2012, 63, 373–379.
- [14] **O.C. Zienkiewicz, C. Emson, P. Bettess.** A novel boundary infinite element. *Int. J. Numer. Meth. Eng.* 1983, 19, 393–404.

Detekcija unutrašnjih kratkih spojeva u energetskom transformatoru primenom digitalnog faznog komparatora

Jelisaveta Krstivojević, Milenko Đurić

Univerzitet u Beogradu – Elektrotehnički fakultet

Katedra za elektroenergetske sisteme

Bulevar kralja Aleksandra 73, 11000 Beograd, Republika Srbija

e-mail: j.krstivojevic@etf.rs, mdjuric@etf.rs

Apstrakt. U ovom radu je ispitana je mogućnost primene fazne komparacije primarne i sekundarne struje za detekciju unutrašnjih kratkih spojeva u energetskom transformatoru. U normalnom režimu rada i tokom kvarova van zone zaštite struje primara i sekundara su u fazi, dok se u slučaju unutrašnjih kratkih spojeva pojavljuje fazni pomeraj između ove dve struje. U ovom radu će biti pokazano kako se menja fazni pomeraj između struja na primarnim i sekundarnim priključcima energetskog transformatora u zavisnosti od procenta kratkospojenih navojaka i radnog režima koji je prethodio kvaru.

Računarskim simulacijama su generisani signali struja na primaru i sekundaru energetskog transformatora, a zatim su primenom digitalnog faznog komparatora izračunati njihovi međusobni fazni pomeraji. Digitalni fazni komparator koji je korišćen ne računa direktno fazni pomeraj između signala koje fazno poredi, već proračunava integral proizvoda dva signala na intervalu jednakom polovini osnovne periode signala. Tokom svih simulacija koje su prikazane strujni transformatori su korektno preslikavali primarne struje na sekundar.

Ključne reči: energetski transformator, detekcija kvarova, fazna komparacija,

1. Uvod

Energetski transformatori (ET-i) spadaju u najbrojnije električne mašine u elektroenergetskom sistemu (EES-u) [1]. ET je izuzetno bitna i skupa komponenta EES-a. Veoma je bitno da ET bude opremljen pouzdanom, sigurnom i brzom zaštitom od mogućih unutrašnjih kvarova.

U radu će biti ispitana mogućnost primene fazne komparacije primarne i sekundarne struje za detekciju unutrašnjih kratkih spojeva u ET-u.

Kada je sprežni broj ET-a različit od 0, struje primara i sekundara nisu u fazi. Da bi u tom slučaju mogla da se primeni fazna komparacija primarne i sekundarne struje, prvo je potrebno izvršiti fazno prilagođavanje

struja. Struje na priključcima ET-a, fazno prilagođene, tokom normalnog radnog režima ili tokom spoljašnjih kratkih spojeva su u fazi, dok se tokom unutrašnjih kratkih spojeva između ove dve struje pojavljuje fazni pomeraj. Upravo ova činjenica je dala ideju da se posmatranjem faznog pomeraja struja na priključcima ET-a mogu detektovati unutrašnji kratki spojevi u ET-u.

U radu će najpre biti predstavljen princip digitalne fazne komparacije u vremenskom domenu [2]. Digitalni fazni komparator ne određuje direktno vrednost ugla, već proračunava indeks usmerenosti. Zatim će biti ispitano koje vrednosti indeks usmerenosti može imati tokom KS-eva namotaja ET-a u zavisnosti od broja navojaka koji su zahvaćeni kratkim spojem i opterećenja ET-a pre kvara.

2. Fazni komparator na bazi integrala proizvoda dva signala

Fazna komparacija dva signala se bazira na proračunu integrala proizvoda dva signala na intervalu dužine polovine osnovne periode signala. Ovaj metod fazne komparacije je predstavljen u [2] i primenjen u [3-5]. Da bi se bolje razumela primena ovog načina fazne komparacije ovde će ukratko biti napravljen pregled osobina koje su od interesa za razumevanje pokazatelja koji će biti posmatran.

Digitalna fazna komparacija dva signala (i_{s1}) i (i_{s2}) vrši se pomoću formule:

$$DFK = \frac{2}{T} \int_t^{t+T/2} i_{s1}(t) \cdot i_{s2}(t) dt \quad (1)$$

Ako se izraz (1) predstavi u diskretnom obliku dobija se:

$$DFK = \frac{2}{m} \sum_{n=1}^{m/2} i_{s1}(n) \cdot i_{s2}(n) \quad (2)$$

gde su:

m – paran broj odbiraka u periodu (T) signala;
 DFK - integral proizvoda dva signala računat na intervalu dužine poluperiode;

$i_{s1}(n)$ – n -ti odbirak signala i_{s1} ;

$i_{s2}(n)$ – n -ti odbirak signala i_{s2} .

Numerička vrednost izraza (2) zavisi kako od međusobnog faznog pomeraja signala, tako i od efektivne vrednosti signala. Integral ima maksimalnu vrednost kada su signali u fazi ili protiv fazi.

Kada su signali i_{s1} i i_{s2} prostoperiodični izraz (2) podeljen efektivnim vrednostima ovih signala daje kosinus ugla koji predstavlja njihov fazni pomeraj. U ovom radu za estimaciju efektivne vrednosti signala korišćen je pokazatelj efektivne vrednosti računat na polovini periode signala (3). Na strani primene izraza (3) su monotonost i brza konvergencija normalizovane vrednosti integrala.

$$I_{ef} = \sqrt{\frac{2}{m} \sum_{n=1}^{m/2} i(n) \cdot i(n)} \quad (3)$$

gde su: I_{ef} pokazatelj efektivne vrednosti signala i , a $i(n)$ – n -ti odbirak signala i .

Dakle, *indeks usmerenosti* koji će služiti kao pokazatelj faznog pomeraja između dva signala predstavlja normalizovanu vrednost izraza (2):

$$DFK(r.j.) = \frac{\sum_{n=1}^{m/2} i_{s1}(n) \cdot i_{s2}(n)}{\sqrt{\sum_{n=1}^{m/2} (i_{s1}(n))^2 \cdot (i_{s2}(n))^2}} \quad (4)$$

Za prostoperiodične signale važi:

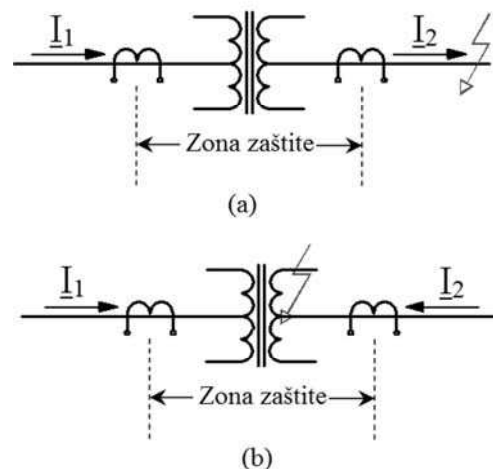
$$DFK(r.j.) = \cos \varphi \quad (5)$$

gde je φ – fazni pomeraj između signala (i_{s1}) i (i_{s2}).

3. Primena fazne komparacije za detekciju unutrašnjih kratkih spojeva

Posmatraćemo monofazni ET koji se nalazi između dve aktivne mreže. U normalnim uslovima rada fazni pomeraj između struja koje protiču kroz primarne i sekundarne namotaje ET-a jednak 0° , a indeks usmerenosti (izraz (4)) je jednak 1 r.j.

Kada se dogodi kvar van štice zone (Sl. 1.a) tada su struje na primaru i sekundaru ET-a u fazi i indeks usmerenosti je jednak 1 r.j. Ako se dogodi unutrašnji kratak spoj (KS) koji je zahvatio 100% namotaja ET-a tada će struje na primarnim i sekundarnim priključcima biti približno fazno pomerene za 180° , a indeks usmerenosti će biti približno jednak -1 r.j.



Slika 1. (a) Spoljašnji kvar i (b) Unutrašnji kvar jednofaznog ET-a

Kada dođe do unutrašnjeg KS-a gde KS nije zahvatio 100% namotaja, tada je fazni pomeraj između struja na primarnim i sekundarnim priključcima ET-a između 0° i 180° , odnosno indeks usmerenosti ima vrednosti u opsegu:

$$-1 < DFK(r.j.) < 1. \quad (6)$$

4. Simulacije kratkih spojeva namotaja energetskog transformatora

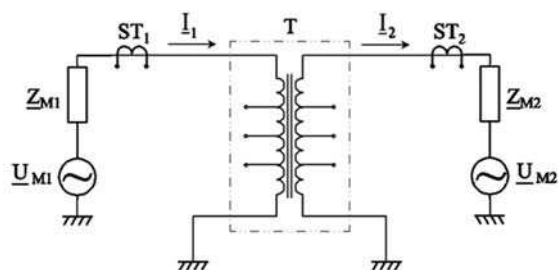
Na Sl. 2 je prikazana jednopolna šema na osnovu koje je formiran model pomoću koga su vršene simulacije. Trofazni transformator $m_t=110\text{ kV}/110\text{ kV}$ i $S_{nT}=25\text{ MVA}$ je sprege YNyn0. U simulacijama trofazni transformator je formiran povezivanjem tri monofazna transformatora. Za primar je usvojena strana ET-a do mreže 1, a za sekundar strana do mreže 2. Tokom svih simulacija koje su prikazane u okviru ovog poglavlja strujni transformatori su korektno preslikavali primarne struje na sekundar. Parametri mreže 1 su: nominalni napon $U_{nM1}=110\text{ kV}$, snaga kratkog spoja $S_{ksM1}=4500\text{ MVA}$, $X/R=7$, a mreže 2: nominalni napon $U_{nM2}=110\text{ kV}$, snaga kratkog spoja $S_{ksM2}=750\text{ MVA}$, $X/R=6,5$. Pomoću prikazanog modela simulirani su kratki spojevi između navojaka na primarnom i na sekundarnom namotaju faze A.

Računarskim simulacijama su dobijeni:

1. signali struja na primarnim priključcima (i_A , i_B i i_C), i
2. signali struja na sekundarnim priključcima (i_a , i_b i i_c).

Nakon toga su primenom izraza (4) proračunati indeksi usmerenosti:

1. u fazi A pomoću struja i_A i i_a ,
2. u fazi B pomoću struja i_B i i_b , i
3. u fazi C pomoću struja i_C i i_c .

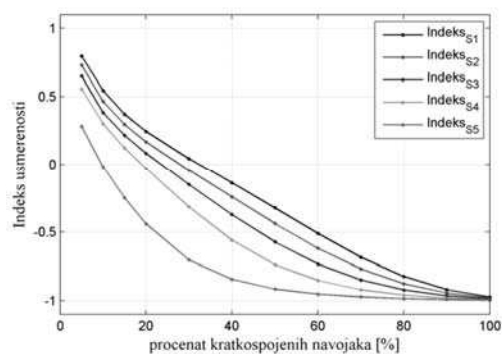


Slika 2. Šema veza elemenata za simulaciju KS-eva namotaja ET-a

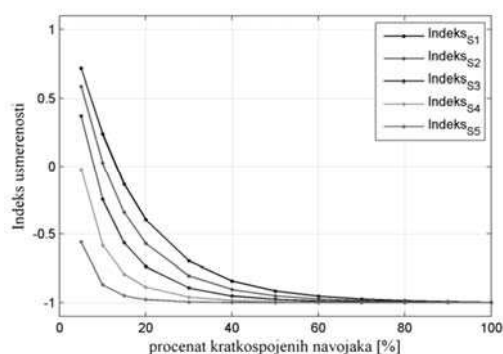
4. Rezultati

U ovom poglavlju prikazani su rezultati simuliranih KS-eva na primarnom i sekundarnom namotaju faze A za različita opterećenja ET-a pre nastanka kvara: $S_1=1,25S_{nT}$, $S_2=1S_{nT}$, $S_3=0,75S_{nT}$, $S_4=0,5S_{nT}$ i $S_5=0,25S_{nT}$. Faktor snage opterećenja ET-a se kretao od 0,96 do 0,99. Tokom simulacija smerovi aktivne snage i reaktivne snage su bili od mreže 1 ka mreži 2.

Prikazane vrednosti indeksa usmerenosti na Sl. 3 i Sl. 4 su očitane 10 ms po uspostavljanju kvara. Sl. 3 prikazuje promene indeksa usmerenosti u fazi koja je pogođena kvarom u zavisnosti od procenta kratkospojenih navojaka primarnog namotaja ET-a. Na Sl. 4 su prikazane promene indeksa usmerenosti u fazi koja je pogođena kvarom u zavisnosti od procenta kratkospojenih navojaka sekundarnog namotaja ET-a. Promene indeksa usmerenosti u zdravim fazama (B i C) nisu prikazane pošto je indeks usmerenosti u zdravim fazama tokom svih simulacija bio jednak 1 r.j.



Slika 3. Promena indeksa usmerenosti u fazi A u zavisnosti od procenta KS-enog primarnog namotaja faze A



Slika 4. Promena indeksa usmerenosti u fazi A u zavisnosti od procenta KS-enog sekundarnog namotaja faze A

Na osnovu dobijenih rezultata vidi se da da pri većem procentu KS-enih navojaka fazni pomeraj (φ) između primarne i sekundarne struje je veći, odnosno da indeks usmerenosti ($DFK(r.j.) = \cos\varphi$) opada. Takođe, može se zapaziti i da kada je opterećenje ET-a pre kvara veće, fazni pomeraj između primarne i sekundarne struje pri istom procentu KS-enih namotaja je manji, odnosno indeks usmerenosti ($DFK(r.j.) = \cos\varphi$) je veći.

Na osnovu dobijenih rezultata vidi se da bi unutrašnji kvarovi u ET-u mogli da se detektuju primenom fazne komparacije struja na primarnim i sekundarnim priključcima ET-a.

Prilikom izbora granične vrednosti indeksa usmerenosti, da ne bi došlo do nepotrebnog reagovanja zaštite, treba uzeti u obzir fazni pomeraj koji unosi struja magnećenja energetskog transformatora i fazne greške koje unose strujni transformatori.

5. Zaključak

U radu je provereno kako se menja fazni pomeraj između struja na primarnim i sekundarnim priključcima energetskog transformatora u zavisnosti od procenta kratkospojenih navojaka i radnog režima koji je prethodio kvaru.

Na osnovu dobijenih rezultata pokazano je da bi unutrašnji kvarovi u ET-u mogli da se detektuju nadgledanjem faznog pomeraja struja na priključcima ET-a.

Zahvalnica. Autori zahvaljuju Ministarstvu za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije koje je omogućilo izradu ovog rada u okviru Projekta III 42009 "Inteligentne energetske mreže".

Bibliografija

- [1] IEEE Standard C37.91. IEEE Guide for Protective Relay Applications to Power Transformers.
- [2] M. Đurić, Z. Stojanović. Relejna zaštita. Beopres, Beograd, 2014.
- [3] Z. Stojanović, M. Djurić. The algorithm for directional element without dead tripping zone based on digital phase comparator. Electric Power Systems Research, 81, 2011, 377–383.
- [4] J. Krstivojevic, M. Djurić. A New Method of Improving Transformer Restricted Earth Fault Protection. Advances in Electrical and Computer Engineering, Vol. 14; Issue 3, 2014, 41-48.
- [5] J. Krstivojevic, M. Djuric. A new algorithm for transformer ground fault protection. The 9th Mediterranean Conference on Power Generation, Transmission Distribution and Energy Conversion, Athens, Greece, November 2-5, 2014

Metoda za procenu optimalne količine dodatnog materijala za smanjenje otpornosti rasprostiranja konturnog uzemljivača

Jovan Trifunović

*Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73, 11000 Beograd, Srbija
e-mail: jovan.trifunovic@etf.rs*

Apstrakt. Prilikom polaganja uzemljivača u tlo u praksi se ponekad koriste dodatni materijali koji se postavljaju između elektroda i tla sa ciljem kako eliminacije kontaktne otpornosti, tako i smanjenja ukupne otpornosti rasprostiranja uzemljivača na željenu (standardima zahtevanu) vrednost. U radu je prikazana opšta metoda za određivanje optimalne količine dodatnog materijala, bazirana na 3D FEM modelovanju, numeričkoj analizi dobijenih rezultata i konceptu kolena krive. Osnov metode čini algoritam za pronalaženje tačke kolena krive, ili tačke u kojoj se uspostavlja idealan balans između suprotstavljenih ciljeva upotrebe minimalne količine dodatnog materijala i postizanja maksimalnog smanjenja otpornosti rasprostiranja uzemljivača. Predloženi algoritam primenjen je na eksperimentalnu postavku iz literature, sa kvadratnim konturnim uzemljivačem položenim u dvoslojno tlo. Predložena metoda može biti od pomoći projektantima uzemljivačkih sistema da izbegnu oblasti zasićenja pri upotrebi dodatnog materijala za smanjenje otpora rasprostiranja i maksimiziraju efikasnost njegove upotrebe.

Ključne reči: Otpornost rasprostiranja uzemljivača, Projektovanje uzemljivačkih sistema, Metoda konačnih elemenata (finite-element method (FEM)), Optimalna količina materijala, Koleno krive

1. Uvod

U slučajevima kada se uzemljivački sistem polaže u tlo koje ne formira savršen kontakt sa njegovim elektrodama, može se pojaviti značajno povećanje izmerene vrednosti njegove otpornosti rasprostiranja R u odnosu na vrednost izračunatu primenom standardnih formula R_0 , što može negativno uticati na bezbednost i pouzdanost elektroenergetske mreže ili postrojenja koje se štiti tim uzemljivačkim sistemom [1,2]. U takvim slučajevima u praksi se koriste dodatni materijali koji se postavljaju između elektroda i tla sa ciljem kako eliminacije kontaktne otpornosti, tako i smanjenja ukupne otpornosti rasprostiranja uzemljivača na željenu (standardima zahtevanu) vrednost. U tu svrhu može se koristiti materijal koji ili uspostavlja dobar kontakt sa elektrodama i okolnim tлом ili ima dovoljno nižu specifičnu električnu otpornost od okolnog tla, ili je karakterisan zadovoljavajućom kombinacijom te dve osobine [3]. U praksi je, u potrazi za jeftinim i lako dostupnim materijalom, eksperimentisano sa različitim materijalima (upotreba otpadnog

blata iz naftnih bušotina analizirana je u [4]; upotreba bentonita analizirana je u [4–8]; upotreba gline, praha od ljuske kokosa i praha od ljuske pirinča analizirana je u [9,10]; upotreba produkata visoke peći (granulirane šljake i pepela) analizirana je u [11,12]).

Upotrebom dodatnog materijala (specifične električne otpornosti ρ_{dm} koja je manja od specifične električne otpornosti okolnog tla) može da se postigne da izmerena vrednost otpornosti rasprostiranja R bude čak i manja od bazne vrednosti R_0 . Međutim, procentualna stopa smanjenja otpornosti R u odnosu na baznu vrednost R_0 , koja se može izraziti jednačinom

$$\delta R(\%) = \frac{R_0 - R}{R_0} \cdot 100, \quad (1)$$

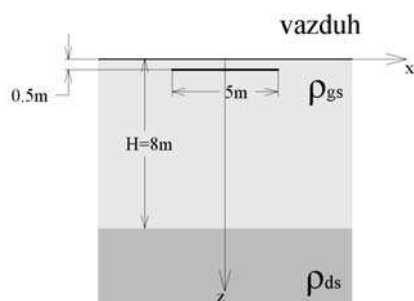
povećavanjem zapremine V dodatnog materijala dostiže, pri određenoj zapremini, vrednost koja se veoma malo povećava sa daljim povećanjem zapremine dodatnog materijala, odnosno rastuća funkcija $\delta R(V)$ ulazi u oblast zasićenja [13]. Opšta metoda za određivanje optimalne količine dodatnog materijala za smanjenje otpornosti

rasprostiranja konturnog uzemljivača, baziran na 3D FEM modelovanju, numeričkoj analizi dobijenih rezultata i konceptu kolena krive, razvijen je i predstavljen u ovom radu.

2. Algoritam za određivanje tačke kolena krive

Osnov metode čini algoritam za pronalaženje tačke kolena krive, ili tačke u kojoj se uspostavlja idealan balans između suprotstavljenih ciljeva upotrebe minimalne količine dodatnog materijala i postizanja maksimalnog smanjenja otpornosti rasprostiranja uzemljivača, koji sadrži sledeća 4 koraka:

1. 3D FEM modelovanje razmatranog uzemljivača, strukture tla i dodatnog materijala za smanjenje otpornosti rasprostiranja uzemljivača,
2. računarsko izračunavanje (pomoću 3D FEM-a) nekoliko parova vrednosti $(V, \delta R)$ za dodatne materijale (okarakterisane sa ρ_{dm}) koji su dostupni na lokaciji na kojoj će se postaviti razmatrani uzemljivački sistem,
3. pronalaženje pogodne $\delta R(V)$ kontinualne funkcije i njeno fitovanje kroz $(V, \delta R)$ tačke dobijene za svaki dodatni materijal u drugom koraku algoritma, i
4. određivanje tačke kolena krive $(V_k, \delta R_k)$ primenom matematičkog pristupa baziranog na matematičkoj definiciji poluprečnika krivine dobijene kontinualne funkcije $\delta R(V)$.



Slika 1. Kvadratni konturni uzemljivač položen u dvoslojno tlo

3. Razmatrana eksperimentalna postavka

Predloženi algoritam primenjen je na eksperimentalnu postavku iz [4] sa kvadratnim

konturnim uzemljivačem dimenzija $5 \text{ m} \times 5 \text{ m}$, napravljenim od pocinkovane čelične trake pravougaonog poprečnog preseka ($30 \text{ mm} \times 4 \text{ mm}$), položenim na dubinu 0.5 m u dvoslojno tlo dubine gornjeg sloja $H = 8 \text{ m}$ i specifičnih električnih otpornosti $\rho_{gs} = 170 \Omega \text{m}$ i $\rho_{ds} = 75 \Omega \text{m}$ (Slika 1).

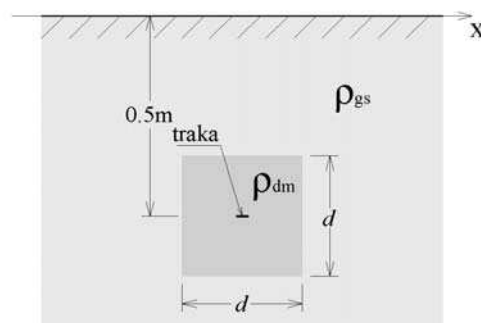
4. Primena predloženog algoritma na razmatrani uzemljivač

4.1. Korak 1: 3D FEM modelovanje

U okviru 3D FEM modela, čije je formiranje preciznije opisano u [14], varirani su zapremina V dodatnog materijala (variranjem dimenzije d , Slika 2) i njegova specifična električna otpornost ρ_{dm} . Zapremina V se računa kao

$$V = d^2 \cdot L \quad (2)$$

(L je obim kvadratne konture, 20 m u razmatranom slučaju).

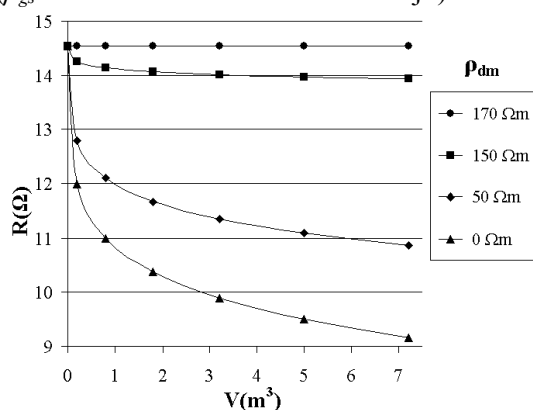


Slika 2. Poprečni presek uzemljivačke trake postavljene u dodatni materijal

4.2. Korak 2: Rezultati dobijeni primenom 3D FEM-a

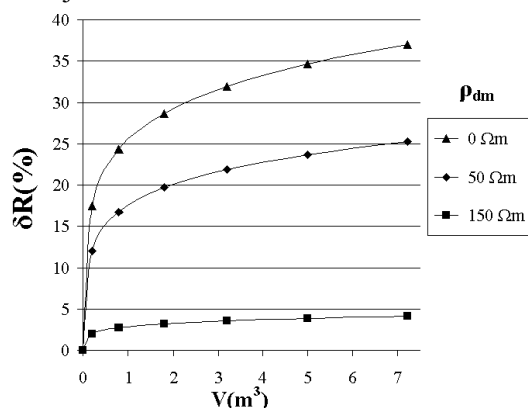
U kreiranim 3D FEM modelima vrednosti ρ_{dm} su varirane u rasponu od $0 \Omega \text{m}$ (idealno provodan materijal) do $170 \Omega \text{m}$ (ρ_{gs}), dok je dimenzija d varirana u rasponu od 0.1 m do 0.7 m , nakon čega je upotrebom računara izračunavana otpornost rasprostiranja R za svaku kombinaciju ulaznih parametara. Izračunate vrednosti R prikazane su na Slici 3 pomoću različitih oznaka za svaku od razmatranih vrednosti ρ_{dm} . Očigledno je da se vrednosti R manje od bazne vrednosti ($R_0 = 14.53 \Omega$, izračunato za razmatrani slučaj pomoću 3D FEM-a) mogu postići različitim

dotatnim materijalima, dokle god je $\rho_{dm} < \rho_{gs}$ ($\rho_{gs} = 170 \Omega\text{m}$ u razmatranom slučaju).



Slika 3. Zavisnost $R(V)$ za različite vrednosti ρ_{dm}

Međutim, primećuje se da procentualna stopa smanjenja otpora rasprostiranja uzemljivača ulazi u zasićenje za veće zapremine V upotrebljenog dodatnog materijala, čak i u slučaju idealno provodnog materijala ($\rho_{dm} = 0 \Omega\text{m}$). Na osnovu grafika prikazanog na Slici 4 može se zaključiti da bi bilo teško postići vrednost od npr. $\delta R = 40\%$ u razmatranom slučaju, čak i kad bi se upotrebila velika količina idealno provodnog materijala.



Slika 4. Zavisnost $\delta R(V)$ za različite vrednosti ρ_{dm}

4.3. Korak 3: Fitovanje kontinualne funkcije kroz dobijene tačke

Parovi vrednosti $(V, \delta R)$, proračunati upotrebom 3D FEM-a, prikazani su na Slici 4 pomoću različitih oznaka za svaku od razmatranih vrednosti ρ_{dm} . Analizom tih vrednosti zaključeno je da $\delta R(\%)$, kao funkcija zapremine upotrebljenog dodatnog materijala $V(\text{m}^3)$, može da se aproksimira sledećim izrazom:

$$\delta R = a \cdot \ln(b \cdot V + 1) \quad (3)$$

gde su a i b pozitivni parametri kojima se opisuje oblik $\delta R(V)$ krive u posmatranom slučaju. Vrednosti a i b parametara, izračunate primenom metode najmanjih kvadrata za nekoliko različitih vrednosti ρ_{dm} , date su u Tabeli 1.

4.4. Korak 4: Određivanje tačke kolena krive

Poluprečnik krivine $r(V)$ u proizvoljnoj tački krive $\delta R(V)$ određen je izrazom:

$$r = \frac{\left(1 + \left(\frac{d\delta R}{dV}\right)^2\right)^{\frac{3}{2}}}{\left|\frac{d^2\delta R}{dV^2}\right|}, \quad (4)$$

koji uvođenjem (3) u (4) nakon sređivanja postaje:

$$r = \frac{\left(\frac{a^2 \cdot b^2}{(b \cdot V + 1)^2 + 1}\right)^{\frac{3}{2}} \cdot (b \cdot V + 1)^2}{a \cdot b^2}. \quad (5)$$

Tačka kolena krive $\delta R(V)$ je tačka u kojoj posmatrana funkcija ima minimalan poluprečnika krivine, odnosno tačka za koju važi jednačina (6) i za koju je zadovoljen uslov (7):

$$\frac{dr}{dV} = 0, \quad (6)$$

$$\frac{d^2r}{dV^2} > 0. \quad (7)$$

Rešenje jednačine (6) koje je realno, i koje zadovoljava uslov (7), je

$$V_k = \frac{\sqrt{2} \cdot a \cdot b - 2}{2 \cdot b}. \quad (8)$$

Ovo rešenje predstavlja V koordinatu tačke kolena krive $\delta R(V)$. Koordinata δR tačke kolena krive $\delta R(V)$ određuje se uvođenjem rešenja izraženog pomoću jednačine (8) u jednačinu (3), koja nakon sređivanja postaje:

$$\delta R_k = a \cdot \ln\left(\frac{\sqrt{2} \cdot a \cdot b}{2}\right) \quad (9)$$

Izračunate vrednosti koordinata tačke kolena krive $\delta R(V)$ za razmatrani slučaj i

različite vrednosti ρ_{dm} , (V_k , δR_k), prikazane su u Tabeli 1. Može se primetiti da za dodatne materijale karakterisane velikim vrednostima ρ_{dm} , kriva $\delta R(V)$ ulazi u zasićenje za veoma male vrednosti V .

$\rho_{dm}(\Omega m)$	a	b	$V_k(m^3)$	$\delta R_k(\%)$
0	5.48	109.43	3.87	33.17
50	3.74	112.39	2.63	21.28
150	0.60	118.42	0.42	2.37

Tabela 1. Izračunati parametri kojima se opisuje kriva $\delta R(V)$ i koordinate tačke kolena krive $\delta R(V)$ za razmatrani slučaj i različite vrednosti ρ_{dm}

5. Zaključak

U radu je predstavljena opšta metoda za određivanje optimalne količine dodatnog materijala za smanjenje otpornosti rasprostiranja konturnog uzemljivača, bazirana na 3D FEM modelovanju, numeričkoj analizi dobijenih rezultata i konceptu kolena krive. Predložena metoda može biti od pomoći projektantima uzemljivačkih sistema da izbegnu oblasti zasićenja pri upotrebi dodatnog materijala i maksimiziraju efikasnost njegove upotrebe. Razmatranja i rezultati koji su prikazani u ovom radu nisu publikovani u prethodnim autorovim radovima.

Zahvalnica. *Predstavljeni rezultati su dobijeni istraživanjima koja su sprovedena u okviru projekta TR 36018 finansiranog od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.*

Bibliografija

- [1] **J. Trifunovic, M. Kostic.** Analysis of influence of imperfect contact between grounding electrodes and surrounding soil on electrical properties of grounding loops. *Electr. Eng.*, 2014, 96, 255–265.
- [2] **J. Trifunovic, M.B. Kostic.** An algorithm for estimating the grounding resistance of complex grounding systems including contact resistance. Accepted for publication in *IEEE T. Ind. Appl.*, 2015, DOI: 10.1109/TIA.2015.2429644.
- [3] **J. Trifunović.** The algorithm for determination of necessary characteristics of backfill materials used

for grounding resistances of grounding loops reduction. *J. Electr. Eng.*, 2012, 63, 373–379.

- [4] **M.B. Kostic, Z.R. Radakovic, N.S. Radovanovic, M.R. Tomasevic-Canovic.** Improvement of electrical properties of grounding loops by using bentonite and waste drilling mud. *IEEE Proc.-C*, 1999, 146, 1–6.
- [5] **Z.R. Radakovic, M.V. Jovanovic, V.M. Milosevic, N.M. Ilic.** Application of earthing backfill materials in desert soil conditions. Accepted for publication in *IEEE T. Ind. Appl.*, 2015, DOI: 10.1109/TIA.2015.2429644
- [6] **W.R. Jones.** Bentonite rods assure ground rod installation in problem soils. *IEEE Trans. Power Appar. Syst.*, 1980, PAS-99, 1343–1346.
- [7] **Z.R. Radakovic, M.B. Kostic.** Behaviour of grounding loop with bentonite during a ground fault at an overhead line tower. *IEE P.-Gener. Transm. D.*, 2001, 148, 275–278.
- [8] **M. Veledar, Z. Timic, S. Skok, Z. First.** Improvement of grounding properties by using bentonite. *CIGRE Conference on Large High Voltage Electric Systems, Paris, France*, 1982, Paper 22-06.
- [9] **J. Jasni, L.K. Siow, M.Z.A. Ab Kadir, W.F. Wan Ahmad.** Natural materials as grounding filler for lightning protection system. *30th International Conference on Lightning Protection, Cagliari, Italy*, 2010, Paper PA-1101.
- [10] **N. Kumarasinghe.** A low cost lightning protection system and its effectiveness. *20th International Lightning Detection Conference and 2nd International Lightning Meteorology Conference, Tucson, AZ, USA*, 2008.
- [11] **L.H. Chen, J.F. Chen, T.J. Liang, W.I. Wang.** A study of grounding resistance reduction agent using granulated blast furnace slag. *IEEE Trans. Power Del.*, 2004, 19, 973–978.
- [12] **S.D. Chen, L.H. Chen, C.K. Cheng, J.F. Chen.** An experimental study on the electrical properties of fly ash in the grounding system. *Int. J. Emerg. Electr. Power Syst.*, 2006, 7, Article 7.
- [13] **L.H. Chen, J.F. Chen, T.J. Liang, W.I. Wang.** A research on used quantity of ground resistance reduction agent for ground systems. *Eur. T. Electr. Power*, 2010, 20, 408–421.
- [14] **J Trifunović.** Primena metode konačnih elemenata za razvoj algoritama i formula neophodnih za projektovanje uzemljivača u uslovima nesavršenog kontakta između elektroda i tla i upotrebe dodatnog materijala za smanjenje kontaktne otpornosti. *SYM-OP-IS 2015: XLII Simpozijum o operacionim istraživanjima*, 2015.

FINANCE AND BANKING

Aktuarski efekti prevremenog raskida ugovora o osiguranju života

Prof. dr Jelena Kočović

Ekonomski fakultet Univerziteta u Beogradu, Kamenička 6, 11000 Beograd

e-mail: kocovic@ekof.bg.ac.rs

Marija Jovović

Ekonomski fakultet Univerziteta u Beogradu, Kamenička 6, 11000 Beograd

e-mail: marijajovovic@ekof.bg.ac.rs

Milica Kočović

Institut ekonomskih nauka, Zmaj Jovina 12, 11000 Beograd

e-mail: milica.kocovic@ien.bg.ac.rs

Apstrakt. Predmet analize ovog rada je merenje aktuarskih efekata prevremenog raskida ugovora o osiguranju života. Cilj rada je da se ukaže na negativne efekte raskida ovih ugovora, kako sa aspekta osiguranika, tako i sa aspekta osiguravača. Rizik prevremenog odustajanja od životnog osiguranja, koji je posebno izražen u nepovoljnim ekonomskim uslovima, narušava svrhu životnog osiguranja i ugrožava finansijski položaj osiguravača. Negativni efekti odustajanja od životnog osiguranja, koji su u radu prikazani na primeru mešovito osiguranja kapitala, su utoliko veći u prvim godinama trajanja ugovora o osiguranju. Pouzdana statistika osiguranja, kao i realnost vrednosti relevantnih parametara makroekonomskog ambijenta u kome se odvija poslovanje životnih osiguravača, uslovljavaju pouzdanost prognoze broja raskida ugovora o osiguranju života, kao i obima njihovih negativnih efekata.

Ključne reči: redukovana osigurana suma, otkup polisa, mešovito osiguranje kapitala, matematička rezerva

1. Uvod

Svest pojedinaca o neophodnosti obezbeđenja odgovarajućeg životnog standarda u starosti kroz životno i dobrovoljno penzijsko osiguranje postoji i u zemljama sa nepovoljnom ekonomskom situacijom, kakva je naša, ali su mogućnosti za zaključenje, kao i trajanje zaključenih ugovora u ovim vidovima osiguranja relativno ograničene. Neizvesnost i rizici su već dugi niz godina osnovne karakteristike naše ekonomske stvarnosti. U takvim okolnostima, mnogi osiguranici ostaju bez posla, ili im se primanja smanjuju, pa su, zbog izmenjenih sopstvenih materijalnih mogućnosti, ili njihove nerealne procene, prinuđeni da prevremeno odustanu od životnog osiguranja. Životno osiguranje je, po svojoj prirodi, dugoročno i stoga je za

osiguranike odustajanje od ove vrste osiguranja, odnosno raskid ugovora u početnim godinama njegovog trajanja (tj nakon tri godine od zaključenja prema važećoj regulativi), veoma nepovoljno. Imajući u vidu nedovoljnu istraženost ove značajne problematike u relevantnoj literaturi iz oblasti osiguranja i aktuarstva, rad ima za cilj da prikaže negativne efekte odustajanja od životnog osiguranja.

2. Rizik prevremenog odustajanja od životnog osiguranja

U momentu zaključenja ugovora o osiguranju, osiguravajuća kompanija ne zna kada će obaveze prema osiguranicima nastati i koliko će one iznositi, budući da je nastupanje osiguranog slučaja povezano sa vremenom nastupanja smrti, odnosno doživljenja, koje

predstavlja slučajnu promenljivu. Zbog toga, proces formiranja matematičke rezerve, iz koje se isplaćuju navedene obaveze, zahteva korišćenje različitih pretpostavki. Primarne pretpostavke odnose se na smrtnost, tarifnu kamatnu stopu, visinu troškova sprovođenja osiguranja, stopu prinosa od investiranja, prekid osiguranja itd. Navedene pretpostavke, kao osnov obračuna matematičke rezerve, su najčešće zasnovane na iskustvu kompanije, tržišnim podacima, propisima nadzornih organa i određenim aktuarskim principima. Sredstva matematičke rezerve se koriste za isplatu ugovorene osigurane sume po isteku osiguranja, za isplatu otkupne vrednosti ugovorene osigurane sume pre isteka osiguranja, i za isplatu ostalih obaveza predviđenih uslovima za osiguranje života.

Za kompaniju koja se bavi životnim osiguranjem, veoma je značajno prognoziranje očekivanih budućih neto novčanih tokova po osnovu zaključenih govora o osiguranju. Adekvatnost kapitala preuzetim rizicima, odnosno dovoljnost matematičke rezerve za blagovremenu isplatu osiguranih suma, direktno je povezana sa solventnošću osiguravača. Stoga je veoma važno da u modelu prognoziranja novčanih tokova kompanije za životno osiguranje budu uzeti u obzir svi rizici koji mogu uticati na buduće prilive na bazi premija, kao i odlive kako na bazi ugovorenih osiguranih suma po isteku osiguranja, tako i isplaćenih otkupnih vrednosti ugovorene osigurane sume pre isteka osiguranja. Važan aspekt upravljanja ovim rizicima je analiza posledica hipotetičkih scenarija odstupanja stvarnog od planiranog budućeg iskustva kompanije. Takva odstupanja su najčešće posledica slabosti modela, grešaka u vezi korišćenih parametara, mada mogu biti i slučajne prirode. Pored smrtnosti, tarifne kamatne stope, stope prinosa od investiranja i troškova sprovođenja osiguranja, faktor koji se mora uključiti u model je svakako i prevremeni prekid osiguranja, odnosno raskid ugovora osiguranja. Rezultati empirijskih istraživanja upućuju na signifikantan uticaj makroekonomskih varijabli na odustajanje od

životnog osiguranja. Russel *et al.* (2013) dokazuju da je ponašanje osiguranika osetljivo na kretanja kamatnih stopa, nezaposlenosti i nacionalnog dohotka *per capita*. Od pouzdanosti podataka iz prošlosti, ne samo u osiguravajućoj kompaniji, već i na celokupnom tržištu životnog osiguranja, kao i realnosti pretpostavki u pogledu vrednosti makroekonomskih parametara, zavisice pouzdanost prognoze broja prevremenih prekida osiguranja, kao i obima njihovih posledica za osiguravajuću kompaniju. Ta prognoza je veoma značajna, budući da visina matematičke rezerve zavisi od broja osiguranika i njihovih pristupnih starosti. Takođe, osiguravajuća kompanija planira troškove sprovođenja osiguranja prema broju svojih osiguranika. To se pre svega odnosi na akvizicione troškove, čiji se celokupan iznos obračunava unapred, pa prevremeno odustajanje od osiguranja ima za posledicu njihovo nerealno uvećanje. Carson & Dumm (1999) upravo dokazuju da intenzivno odustajanje od ugovora o životnom osiguranju dovodi do značajnog povećanja troškova osiguranja. Stoga, rizik prevremenog odustajanja od osiguranja predstavlja direktnu pretnju za finansijski položaj osiguravača.

3. Određivanje otkupne vrednosti polise osiguranja

U slučaju prekida plaćanja premije od strane ugovarača osiguranja, većina polisa životnog osiguranja pruža mogućnost otkupa, odnosno isplate tzv. otkupne vrednosti (engl. *surrender value*) ugovorene osigurane sume od strane osiguravača, čime dolazi do raskida ugovora o osiguranju. Prema važećoj zakonskoj regulativi, osiguravajuće kompanije u Srbiji su dužne da izvrše otkup ugovora o osiguranju sa godišnjim plaćanjem premije ukoliko su oni bili na snazi tokom najmanje tri godine.¹ U suprotnom, one ne bi mogle da pokriju troškove koji su povezani sa izdavanjem polisa osiguranja.

¹ Zakon o obligacionim odnosima. *Službeni list SFRJ, br. 29/78, 39/85, 45/89 - odluka USJ i 57/89, Službeni list SRJ, br. 31/93 i Službeni list SCG, br. 1/2003 - Ustavna povelja, čl. 945.*

Otkupna vrednost se obično određuje u odnosu na vrednost matematičke rezerve po ugovoru o osiguranju. Najčešći metod obračuna podrazumeva diskontovanje redukovane vrednosti (po odbitku administrativnih troškova) na momenat otkupa. Otkupna vrednost polise na kraju godine t za lice pristupne starosti x (u oznaci SV_t) jednaka je:

$$SV_t = \frac{{}_tW_x \cdot (1 - \gamma)}{\left(1 + \frac{p}{100}\right)^{n-t}}, \quad (1)$$

gde su:

${}_tW_x$ - redukovana suma na kraju godine t za lice pristupne starosti x ,

γ - administrativni troškovi,

p - obračunska kamatna stopa,

n - trajanje ugovora o osiguranju u godinama.

U nastavku će biti objašnjen način obračuna redukovane osigurane sume koja figuriše u formuli (1) za obračun otkupne vrednosti polise.

2.1. Obračun redukovane vrednosti osigurane sume

Ukoliko dode do prekida plaćanja premija po osnovu ugovora o životnom osiguranju (nakon što su one redovno plaćane tokom trogodišnjeg perioda), osigurana suma se redukuje i kao takva važi do isteka perioda trajanja osiguranja, ili nastanka osiguranog slučaja. Način obračuna redukovane osigurane sume može biti objašnjen na primeru mešovitog osiguranja kapitala. Pretpostavimo da su, na dan redukcije polise mešovitog osiguranja kapitala, neto obaveze jednake obavezama originalnog ugovora:

$${}_tV_x = {}_tW_x \cdot A_{x+t, n-t} \quad (2)$$

na osnovu čega sledi da je redukovana suma na kraju godine t za lice pristupne starosti x :

$${}_tW_x = \frac{{}_tV_x}{A_{x+t, n-t}} \quad (3)$$

gde su:

${}_tV_x$ - matematička rezerva na kraju godine t za lice pristupne starosti x ,

$A_{x+t, n-t}$ - sadašnja vrednost budućih isplata jedinice osigurane sume za mešovito osiguranje kapitala na kraju godine t .

Prema neto prospektivnoj metodi, matematička rezerva za jedinicu osigurane sume u slučaju mešovitog osiguranja kapitala jednaka je:

$${}_tV_x = A_{x+t, n-t} - {}_n P(A_{x, n})|_{n-t} a_{x+t} \quad (4)$$

gde su:

${}_n P(A_{x, n})$ - godišnja neto premija za jedinicu osigurane sume,

${}_n P(A_{x, n})|_{n-t} a_{x+t}$ - sadašnja vrednost budućih godišnjih neto premija na kraju godine t .

Polazeći od komutativnih brojeva za živa i umrla lica (D_x , N_x i M_x), važi:

$$A_{x+t, n-t} = \frac{M_{x+t} - M_{x+n} + D_{x+n}}{D_{x+t}} \quad (5)$$

$${}_n P(A_{x, n}) = \frac{M_x - M_{x+n} + D_{x+n}}{N_x - N_{x+n}} \quad (6)$$

$$|_{n-t} a_{x+t} = \frac{N_{x+t} - N_{x+n}}{D_{x+t}} \quad (7)$$

Prilikom obračuna matematičke rezerve treba uzeti u obzir i troškove na dan ili nakon datuma procene. Dodaci na ime budućih troškova ne smeju da budu manji od procenjene vrednosti odnosnih troškova.²

4. Efekti odustajanja od životnog osiguranja na primeru mešovitog osiguranja kapitala

U cilju ilustracije aktuarskih efekata odustajanja od životnog osiguranja, pretpostavimo da je lice pristupne starosti 40 godina kupilo polisu mešovitog osiguranja kapitala sa rokom 20 godina i godišnjim plaćanjem premije za sve vreme trajanja osiguranja. Vrednost osigurane sume je 100.000 EUR. Ukoliko administrativni troškovi iznose 5% od osigurane sume, pri obračunskoj kamatnoj stopi od 4%, primenom prethodno prikazanih obrazaca moguće je izračunati vrednost matematičke rezerve, redukovanu osiguranu sumu i otkupnu

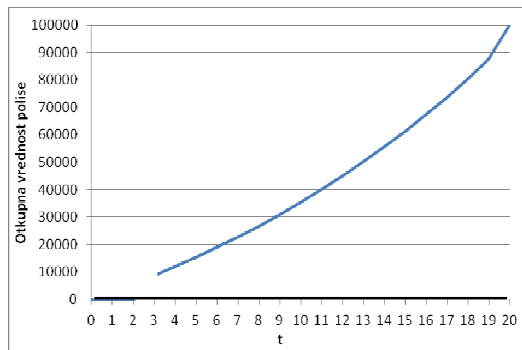
² J. Kočović, M. Mitrašević, V. Rajić. Aktuarska matematika. *Ekonomski fakultet Univerziteta u Beogradu*, 2014, str. 245

vrednost polise po pojedinim godinama trajanja osiguranja:

t	${}_tV_x$	${}_tW_x$	SV_t
3	9.957	17.787	8.675
4	13.565	23.492	11.915
5	17.323	29.074	15.337
8	29.552	45.076	26.746
10	38.591	55.146	35.392
12	48.463	64.786	44.971
15	65.156	78.534	61.321
18	84.767	91.587	80.444
20	100.000	100.000	100.000

Tabela 1. Vrednosti matematičke rezerve, redukovane osigurane sume i otkupne vrednosti polise u izabranim godinama t

U slučaju raskida ugovora na kraju treće godine, osiguranom licu bi, u datom primeru, bilo isplaćeno svega 8,7% osigurane sume. Da je zahtev za otkup polise podnet na kraju 10-te godine, otkupna vrednost bi bila učtverostručena tokom posmatranog vremena, dostižući 35% osigurane sume.



Slika 1. Vremenska dinamika otkupne vrednosti polise

Na osnovu slike 1, očigledno je da stopa rasta otkupne vrednosti polise mešovito osiguranja kapitala opada tokom vremena. Posmatrano po godinama, korisnik osiguranja se uskraćuje za relativno veći deo pripadajuće osigurane sume raskidom ugovora u prvom, u odnosu na kasnije godine trajanja osiguranja. Time je dokazano da se odustajanjem od životnog osiguranja umanjuje korisnost za osiguranika. Što je raskid ugovora raniji, negativni efekti za osiguranika će biti utoliko veći.

3. Zaključak

Problem prevremenog odustajanja od životnog osiguranja je veoma značajan kako sa aspekta osiguravača, tako i sa aspekta osiguranika. Raskidom ugovora se narušava svrha životnog osiguranja, koja se ogleda u obezbeđenju materijalne sigurnosti osiguranika, odnosno korisnika osiguranja. Istovremeno se, pri većem od očekivanog broja raskida ugovora, osiguravač suočava sa nedovoljnošću matematičke rezerve za izmirenje obaveza iz životnog osiguranja. Negativni efekti odustajanja od životnog osiguranja su utoliko izraženiji u nepovoljnom ekonomskom ambijentu. Ipak, ovom problemu se kod nas nedovoljno poklanja pažnja. Posebno se ističe problem neobaveštenosti osiguranika o njihovim pravima prilikom raskida ugovora, ili čak pogrešnog davanja informacija da ne postoje negativni efekti i da se osiguraniku vraća čitava premija koju je do tada uplatio. Takva praksa nije u skladu sa regulativom EU³ kao ni sa novim Zakonom o osiguranju, koji potencira obavezu realnog informisanja osiguranika⁴.

Bibliografija

- [1] **D.T. Russel, G.F. Stephen, J.M. Carson, Dumm, R.E.** An Empirical Analysis of Life Insurance Policy Surrender Activity. *Journal of Insurance Issues*, 2013, 36(1), 35-57.
- [2] **J.M. Carson, R.E. Dumm.** Insurance Company-Level Determinants of Life Insurance Policy Performance. *Journal of Insurance Regulation*, 1999, 18, 195-206.
- [3] **Zakon o obligacionim odnosima.** Službeni list SFRJ, br. 29/78, 39/85, 45/89 - odluka USJ i 57/89, Službeni list SRJ, br. 31/93 i Službeni list SCG, br. 1/2003 - Ustavna povelja.
- [4] **J. Kočović, M. Mitrašević, V. Rajić.** Aktuarska matematika. *Ekonomski fakultet Univerziteta u Beogradu*, 2014.
- [5] **Directive 2002/83/EC of the European Parliament and of the Council of 5 November 2002 concerning life assurance.** *Official Journal of the European Communities L 345/1*.
- [6] **Zakon o osiguranju.** Službeni glasnik RS, br. 139/2014.

³ Directive 2002/83/EC of the European Parliament and of the Council of 5 November 2002 concerning life assurance. *Official Journal of the European Communities L 345/1*, čl. 36.

⁴ Zakon o osiguranju. Službeni glasnik RS, br. 139/2014, čl. 82. i 83.

Tržišni multiplikatori: još jedan kvantitativni metod korekcije

Nina Milenković

KPMG d.o.o. Beograd

e-mail: nmilenkovic@kpmg.com

Apstrakt. Kada se tržišni multiplikatori direktno koriste za procenu vrednosti manjih kompanija sa nedovoljno razvijenih tržišta, najčešće se dobija širok raspon rezultata sa nedovoljnom pouzdanošću. Stoga je potrebno korigovati multiplikatore za ključne razlike koje se uoče između komparativnih kompanija u uzorku, a naročito u odnosu na kompaniju koja se procenjuje. U radu je prikazan jedan metod za izračunavanje korektivnog faktora za razlike u potencijalu rasta, riziku i veličini, a potom i drugim ključnim performansama u zavisnosti od tipa multiplikatora.

Ključne reči: procena vrednosti kapitala, tržišni multiplikatori, GRS korektivni faktor

1. Uvod

Tržišni multiplikatori se često koriste u proceni vrednosti kapitala, na direktan ili indirektan način. Direktan način podrazumeva samostalnu primenu tržišnog pristupa, a tek potom poređenje i usaglašavanje sa rezultatima dobijenim drugim pristupima i metodima (ako su bili primenjivani). Indirektan način koristi se uglavnom kao kontrola rezultata dobijenog prinosnim pristupom: iz dobijenog rezultata izračunaju se implicirani multiplikatori i porede sa rasponom i srednjim vrednostima tržišnih multiplikatora.

U indirektnom pristupu nije suviše bitno da uzorak kompanija i multiplikatori budu homogeni: rezultat je zadovoljavajući ako se implicirani multiplikator nalazi u rasponu tržišnih (naravno, bolje je eliminisati ekstremne vrednosti, tzv. outliers). Međutim, ukoliko se tržišni pristup primenjuje kao primarni, tj. direktan, poželjno je da uzorak kompanija bude što je moguće homogeniji i uporediviji, kako među sobom, tako i sa kompanijom koja je predmet procene.

Kako su u našoj praksi predmet procene kompanije koje su po operativnim i finansijskim performansama dosta različite od kompanija čiji se multiplikatori mogu pronaći u zvaničnim bazama podataka, da bi tržišni

pristup dao pouzdaniji rezultat potrebno je multiplikatore korigovati za uočene razlike.

U ovom radu prikazan je još jedan način objedinjene korekcije za veličinu i finansijske rizike, koji uključuje i potencijal rasta na eksplicitan način.

2. Izvori razlika i uticaj na multiplikatore

Najčešće korišćeni multiplikatori koji za rezultat imaju neto investirani kapital ("enterprise value": sopstveni kapital plus kamatonosne obaveze minus gotovina) su:

- EV/EBIT – Tržišna vrednost neto investiranog kapitala (tržišna kapitalizacija plus tržišna vrednost kamatonosnih obaveza minus gotovina) u odnosu na dobit pre kamata i poreza;
- EV/EBITDA – Tržišna vrednost neto investiranog kapitala u odnosu na dobit pre amortizacije, kamata i poreza;
- EV/Sales – Tržišna vrednost neto investiranog kapitala u odnosu na prihod;
- EV/BV - Tržišna vrednost neto investiranog kapitala u odnosu na njegovu knjigovodstvenu vrednost.

Najčešće korišćeni multiplikatori koji za rezultat imaju sopstveni capital su:

- P/E (Price to Earnings) – Tržišna kapitalizacija u odnosu na neto dobit,

- P/BV (Price to Book Value) - Tržišna kapitalizacija u odnosu na knjigovodstvenu vrednost sopstvenog kapitala.

Većina autora iz oblasti procene vrednosti kapitala se slaže da su uzorci komparativnih kompanija često heterogeni po raznim performansama, što dovodi do velike disperzije multiplikatora (slikoviti primeri dati su u [1]). Takođe gotovo da postoji konsenzus da su među osnovnim izvorima razlika između komparativnih kompanija i kompanije koja se procenjuje potencijal rasta, rizik ulaganja i veličina kompanije. Ovi faktori utiču na veličinu svih vrsta multiplikatora. U zavisnosti od načina konstrukcije multiplikatora, na njihovu disperziju mogu da utiču i profitabilnost (EBIT i EBITDA stope), ROIC - stopa povraćaja na investirani kapital (EBIT/IC), ROE – stopa povraćaja na sopstveni kapital (E/BV) i zaduženost, merena kao D/E rasio, tj. odnos duga i sopstvenog kapitala.

U najkraćem, faktori uticaja na pojedine multiplikatore dati su u sledećoj tabeli:

Multiplikator	Faktori uticaja
EV/EBITDA, EBIT	Rast, rizik, veličina
EV/Prihod	Rast, rizik, veličina, profitabilnost
EV/BV	Rast, rizik, veličina, ROIC
P/E	Rast, rizik, veličina, zaduženost
P/BV	Rast, rizik, veličina, zaduženost, ROE

Tabela 1. Faktori uticaja na pojedine multiplikatore

3. Kvantifikacija razlika i korekcije

Brojni su načini korigovanja multiplikatora za rast i/ili rizik (neki od metoda, uglavnom zasnovani na P/E multiplikatoru, dati su u [2], [3] i [4]). U [5] je prikazan način da se objedinjenim korektivnim faktorom obuhvati više faktora razlika, uključujući tržište, veličinu, zaduženost, rizik, ali ne i eksplicitno tretiran potencijal rasta. Kako ova tri faktora utiču na sve multiplikatore, izuzetno je korisno obuhvatiti ih jednim korektivnim faktorom.

3.1. Korekcije za rast, rizik i veličinu (GRS)

Ključno pitanje koje se odnosi na relevantnost GRS (Growth, Risk & Size) faktora glasi: koliko bi viši ili niži bili multiplikatori kada bi rast, rizik i veličina komparativnih kompanija bili isti kao kod kompanije koja je predmet procene? Prema [6] i [7], odgovor na to pitanje leži u poređenju neto sadašnje vrednosti jedne novčane jedinice EBIT ili EBITDA komparativne kompanije i kompanije koja se procenjuje, i to na sledeći način:

- Pretpostavlja se da u narednih 5 godina EBIT svake od kompanija raste po očekivanoj stopi rasta za taj period (stope rasta objavljuju se u bazama podataka),
- Od 6. do 10. godine pretpostavlja se ravnomerno usporavanje rasta do dugoročne stope rasta u rezidualu (obično jednake dugoročnoj očekivanoj inflaciji),
- NSV se izračunava pomoću obračunske WACC za svaku kompaniju, u koju je inkorporirana i premija za veličinu,
- Odnos između NSV kompanije koja je predmet procene i NSV komparativne kompanije predstavlja korektivni faktor za rast, rizik i veličinu (GRS faktor).

Obračunska WACC se može izračunati na različite načine, jedan od njih je detaljno objašnjen u [5].

3.1. Korekcije za profitabilnost i zaduženost

Multiplikator prihoda koriguje se za profitabilnost na sledeći način:

- Izračuna se korigovana EBITDA primenom stope kompanije koja se procenjuje,
- Preko originalnog EBITDA multiplikatora „unazad“ se izračuna EV,
- Iz korigovane EV i prihoda dobija se korigovani multiplikator prihoda.

U suštini, faktor korekcije predstavlja odnos između EBITDA stope kompanije koja se procenjuje i EBITDA stope komparativne kompanije.

Na sličan način vrše se korekcije multiplikatora knjigovodstvene vrednosti investiranog kapitala za razlike u ROIC.

Korekcija multiplikatora neto dobiti za zaduženost polazi od činjenice da su EBIT multiplikator i multiplikator neto dobiti zapravo recipročne vrednosti ROIC i ROE, respektivno. Zbog ograničenog prostora, transformacija neće biti detaljno prikazana, za detalje videti [6]. Najzad, multiplikator na knjigovodstvenu vrednost sopstvenog kapitala

dobija se množenjem multiplikatora neto dobiti sa ROE.

Originalne i korigovane medijane multiplikatora komparativnih vazduhoplovnih kompanija¹ i procenjene vrednosti kapitala kompanije Easter Air dobijene primenom korigovane medijane prikazani su u sledećoj tabeli:

	EV/ EBITDA	EV/EBIT	EV/ Prihod	EV/BV	P/E	P/BV
Nekorigovana medijana	10.16	9.04	0.92	1.12	16.31	1.29
Korigovana medijana	6.57	8.94	0.67	1.06	4.10	1.49
Procenjena vrednost Easter Air	1,500	1,300	1,500	1,300	1,600	1,600

Tabela 2. Rezultati i efekti korekcije multiplikatora

4. Transformacije i izbor multiplikatora

Dobijeni korigovani multiplikatori ukazuju na redundantnost pojedinih multiplikatora (EV/Prihod i P/BV ne donose nikakvu dodatnu informaciju u odnosu na EBITDA, EBIT i P/E), ali i na njihove uzajamne veze. Tako EBITDA multiplikator pomnožen sa EBITDA stopom daje multiplikator prihoda, EBIT multiplikator pomnožen sa ROIC daje multiplikator knjigovodstvene vrednosti neto investiranog kapitala, a već je navedeno da multiplikator neto dobiti pomnožen sa ROE daje multiplikator knjigovodstvene vrednosti sopstvenog kapitala.

Ove transformacije mogu biti od izuzetne praktične koristi kad nije moguće upotrebiti neki od multiplikatora, ali je potreban multiplikator sa sličnim značenjem.

Na primer, u slučaju kada su EBIT i EBITDA kompanije koja se procenjuje negativne, nemoguće je upotrebiti ove multiplikatore. Tada je korisno upotrebiti multiplikator prihoda, ali izabrati uzorak kompanija koje imaju najbližnje profitne stope (tj. granične ili negativne). Sličnom logikom, umesto EBIT multiplikatora (kada je EBIT negativna) može se koristiti multiplikator knjigovodstvene vrednosti kapitala, ukoliko je u pitanju delatnost kod koje je vrednost materijalne imovine značajna (naravno, pod

uslovom da je materijalna imovina u knjigama iskazana po fer vrednosti i procenjena kvalitetno). Najzad, multiplikator neto dobiti može da ima prednost nad EBIT i EBITDA multiplikatorima u slučaju da finansijske aktivnosti (plasmani i krediti) predstavljaju glavnu delatnost, a ne način finansiranja operativne delatnosti (banke i dr. finansijske institucije).

Generalno, smatra se da su EBITDA i EBIT multiplikatori najrelevantniji. U slučaju da su EBITDA i EBIT pozitivne, postavlja se pitanje izbora između ova dva multiplikatora. Tada je potrebno analizirati razlike vezane za politiku amortizacije i investiranja. Ako je amortizacija kompanije koja se procenjuje u relativnom smislu niža nego kod komparativnih kompanija, tada će EBIT multiplikator davati precenjenju vrednost (i obrnuto). U zavisnosti od stepena različitosti, moguće je i ovde izvršiti korekcije, ali je u praksi dovoljno imati u vidu ove razlike i voditi računa kod tumačenja rezultata.

5. Prednosti i ograničenja kvantitativnih korekcija

Osnovne prednosti prikazanih korekcija su očigledne:

- Objektivizuje se i kvantifikuje kvalitativna analiza i intuitivni zaključci;

¹ Korišćen je uzorak vazduhoplovnih kompanija iz [5], detalji su izostavljeni zbog ograničenog prostora.

- Smanjuje se disperzija obračunatih multiplikatora, prosečne vrednosti imaju više smisla;
- Korisnicima procene često olakšava razumevanje razlike između izvornih multiplikatora komparativnih kompanija i konkretnog multiplikatora primenjenog u proceni.

Neki od nedostataka takođe su očigledni, prvenstveno kada je u pitanju GRS faktor korekcije - njegova ograničenja odnose se mahom na pojednostavljenost i/ili subjektivnost ključnih pretpostavki:

- Pretpostavka o prosečnom rastu, a potom ravnomernom usporavanju do (takođe subjektivno određene) rezidualne stope rasta;
- Pretpostavka da je faktor veličine u potpunosti obuhvaćen premijom za veličinu u okviru WACC;
- Određivanje drugih komponenata WACC bazira se na ocenama i pretpostavkama;
- Ne uzimaju se u obzir preduslovi za ostvarenje rasta (investicije, restrukturiranje, troškovi ekspanzije itd).

Navedena ograničenja ne odnose se na ostale korekcije – profitabilnost i zaduženost ne baziraju se na pretpostavkama, nego na finansijskoj analizi i suštinskim vezama između multiplikatora.

Nezavisno od toga da li su konkretne korekcije zasnovane na pretpostavkama ili na egzaktnim vezama, procenjivač nipošto ne bi smeo da ih primenjuje automatski. Uvek je potrebno pažljivo razmotriti da li su korekcije konzistentne sa drugim indikatorima vrednosti i pretpostavkama primenjenim u drugim metodima procene.

6. Zaključna razmatranja

Korekcije tržišnih multiplikatora su česta tema među procenjivačima. Postoje brojni izvori razlika između kompanija čiji se tržišni multiplikatori mogu naći u uobičajenim bazama podataka i kompanija koje se procenjuju, naročito kada one posluju na tržištima u razvoju. Postoje isto tako i brojni pristupi tretmanu ovih razlika: od stave da ne

treba korigovati multiplikatore i da se tržišni pristup smatra neprimenljivim ako su razlike velike, preko subjektivnog određivanja stepena korekcija, do kvantifikacije razlika i korektivnih faktora na raznovrsne načine, pa i preterivanja u pokušaju da se kvantifikacijom obuhvati što više različitih faktora.

U radu je prikazan još jedan način da se na objedinjen i konzistentan način obuhvate razlike u ključnim performansama: rastu, riziku i veličini, a uz pomoć profitabilnosti i zaduženosti da se prover i međusobna konzistentnost i izvrši selekcija korišćenih multiplikatora.

Lista izvora razlika koji mogu da dovedu do distorzije vrednosti nikako se ne iscrpljuje navedenim faktorima. Značajne razlike mogu se pojaviti između komparativnih kompanija i kompanije koja se procenjuje u tretmanu i visini poreza (što utiče na multiplikator neto dobiti), u visini i izvorima finansiranja trajnih obrtnih sredstava (što utiče na sve EV multiplikatore) itd. Za svaku od uočenih razlika moguće je izračunati i primeniti korektivni faktor ili koristiti alternativnu tehniku, a detalji konkretnih korekcija prevazilaze okvire ovog rada.

Bibliografija

- [1] **P. Fernandez.** Valuation and Common Sense, 4th edition, *IESE Business School, University of Navarra* Chapter 5 (<http://ssrn.com/abstract=274972>), 2015.
- [2] **H. Tallis.** Adjust valuation multiple for growth, *blog "Quantitative Corporate Finance"*, 2012. <http://www.quantcorpfin.com/cookbook/quantitative-analysis/adjust-valuation-multiple-for-growth/>
- [3] **P. Fernandez.** Valuation and Common Sense, 4th edition, *IESE Business School, University of Navarra* Chapter 27 (<http://ssrn.com/abstract=2212373>), 2015.
- [4] **J. Estrada.** Adjusting P/E Ratios for Growth and Risk: A Note. *Finance Letters*, 2004, 2(5) pp. 4-10.
- [5] **N. Milenković.** Market Multiples Adjustments for Differences in Risk Profile – an Airline Company Example. *International Journal for Traffic and Transport Engineering*, 2015, 5(1), pp 17-28. ([http://dx.doi.org/10.7708/ijtte.2015.5\(1\).03](http://dx.doi.org/10.7708/ijtte.2015.5(1).03))
- [6] **S. Glass.** Multiples Magic: Use & Abuse of the Rabbit. *ASA/CICBV 5th Joint Advanced Business Valuation Conference*, 2002.
- [7] **G. Badescu.** Workshop: Market Approach - Selecting and Adjusting the Multiples. *Nacionalno udruženje procenitelja Srbije*, 2015.

Sukuk – islamska obveznica

Filip Milovanović

Student doktorskih studija Ekonomskog fakulteta u Beogradu

e-mail: philipjedan@gmail.com

Apstrakt: Sukuk predstavlja islamski instrument duga i ima značajan udeo, kao hartija od vrednosti, u imovini islamskih finansijskih institucija. Svrha rada je da se opiše mehanizam funkcionisanja Sukuk-a, od trenutka identifikacije imovine koja će biti predmet sekjuritizacije do trenutka isteka roka dospeća Sukuk-a i likvidacije jedinice za posebne namene. Postoji nekoliko vrsta Sukuk-a. Muqaradah i Musharakah Sukuk koriste se za razvojne projekte, ali njihove prednosti nisu dovoljno iskorišćene zbog nedovoljne transparentnosti javnog sektora islamskih zemalja. Najveći deo rada odnosi se na karakteristike Ijarah Sukuk-a, to jest ugovora o lizingu. U radu je predstavljena formula za izračunavanje cene Ijarah Sukuk-a, kada se Sukuk drži do roka dospeća, što je često slučaj u mnogim islamskim zemljama, jer izdanja Sukuk-a nisu još dovoljno kvalitetna. Izazovi sa kojima se suočava tržište Sukuk-a su mnogobronji. U budućnosti, kako bi tržište Sukuk-a bilo još likvidnije i atraktivnije za konvencionalne investitore, neophodno je izvršiti standardizaciju izdanja Sukuk-a i povećati učešće islamskih investicionih banaka u kreiranju Sukuk-a, čime bi se smanjilo učešće konvencionalnih banaka u njihovom kreiranju, a samim tim i smanjili troškovi posredovanja.

Ključnereči: Sukuk, šerijat, Ijarah Sukuk

1. Uvod

Zajednički naziv za islamske instrumente duga je Sukuk. Reč Sukuk je množina od reči Sakk, koja znači sertifikat. Zabrana kamate Riba onemogućava egzistiranje konvencionalne obveznice u islamskoj ekonomiji jer nije u skladu sa šerijatom. U osnovi Sukuka stoji povezanost obaveze sa performansama realne imovine, i stoga se Sukuk na taj način može prihvatiti, a da ne bude protivan šerijatu. Ideja Sukuk-a je slična ideji sekjuritizacije imovine na konvencionalnim tržištima. Predmet sekjuritizacije mogu biti hipotekarni krediti, krediti za kupovinu automobila, stambeni krediti, potraživanja. Sekjuritizacijom se stvara skup heterogene imovine i po osnovu tog skupa izdaje se Sukuk. Sukuk je sertifikat o učešću u određenoj imovini ili grupi imovine. Prvi put hartije od vrednosti koje su nalikovale na obveznice, a bile su u skladu sa šerijatom izdate su još 1978. godine u Jordanu, zatim u Pakistanu i Maleziji. Međutim, rezultati nisu bili zadovoljavajući, a Islamska finansijska institucija (IFI) nastavila je da inovira instrumente duga, kako bi jačala aktivno tržište tih hartija od vrednosti. Kao rezultat tih napora, krajem devedesetih godina XX veka razvijena je struktura Sukuk-a, prvo

u Maleziji i Bahreinu, a zatim i u ostalim islamskim zemljama. Sukuk predstavlja jedan od najznačajnijih komponenti globalnog islamskog finansijskog sistema. Stopa rasta tržišta Sukuk-a u poslednjih nekoliko godina iznosila je aproksimativno od 10% do 15%, dostižući vrednost portoflija od oko 170 milijardi dolara na kraju trećeg kvartala 2011, prema podacima Global Report of Sukuk iz 2011 godine. Sukuk učestvuje sa 14,3% u ukupnoj imovini islamskih finansijskih institucija.

2. Vrste Sukuk-a

Kreiranje strukture Sukuk-a podrazumeva nekoliko faza. Prvo je neophodno identifikovati imovinu koja će biti predmet sekjuritizacije, i ona može biti realna i finansijska imovina. Zatim se ta imovina prenosi na jedinicu posebne namene (SPV – special purpose vehicle) po utvrđenoj prodajnoj ceni. Ovim prenosom imovine, ona se izuzima iz imovine izdavača Sukuk-a, pa nije ranjiva na finansijke nepravilnosti sa kojima se izdavači mogu eventualno susresti u budućnosti. Imovina se u SPV uključuje izdavanjem potvrde ili sertifikata, koji predstavlja obavezu SPV u njegovom bilansu, ulagačima po kupovnoj ceni. SPV imovinu

može da prodaje ili da je daje u lizing korisniku lizinga u zamenu za buduće plaćanje. Buduća plaćanja umanjena za administrativne troškove prenose se imaocima Sukuk-a. U praksi, investicione banke, kako bi sertifikati imali kvalitet za ulagače i kako bi se povećala utrživost, daju neki oblik jemstva, npr. jemstvo za buduće plaćanje. Periodična plaćanja Sukuk-a razlikuju se od kuponskih plaćanja po konvencionalnim obveznicama. Kuponi obveznice ne zavise od ishoda projekta, dok se plaćanja po Sukuk-u javljaju samo ako imovina koja je sekjuritizovana ostvaruje prinos. Po dospeću, dolazi do likvidacije SPV-a. Imovina se prodaje natrag prvobitnom vlasniku po unapred utvrđenoj ceni, kako bi se ulagači zaštitili od mogućeg gubitka kapitala, a zatim isplatom sertifikata imaocima ili investitorima. Sukuk ugovor u sebi sadrži put opciju, tačnije pravo na prodaju Sukuk-a po kojem izdavač Sukuk-a može ponovo kupiti imovinu po unapred poznatoj ceni. Postoje različite vrste Sukuk-a. Organizacija za računovodstvo i reviziju islamskih finansijskih institucija (AAOIFI) prepoznala je sledeće vrste Sukuk-a: Ijarah Sukuk (lizing), Salam Sukuk, Istisna Sukuk, Murabahah Sukuk, Musharakah Sukuk, Muqaradah Sukuk, Muzaraah Sukuk (podela useva), Musaqah Sukuk (navodnjavanje) i Mugharasa Sukuk (poljoprivreda).

2.1. Muqaradah Sukuk

Muqaradah Sukuk slične su konvencionalnim obveznicama koje su pokrivene samo prihodima koje generiše određeni projekat koji se finansira izdavanjem obveznica. Ove obveznice su pogodne za razvojne projekte, izgradnju puteva ili druge krupne infrastrukturne investicije. Ulagači imaju pravo na prihode koje odbacuje dati projekat, a kada prođe period upisa, ulagači stižu pravo prenosa vlasništva prodajom ili trgovinom na tržištu hartija od vrednosti po svojoj želji. Međutim, ova vrsta Sukuk-a nije zaživela u islamskom svetu zbog nedostatka transparentnosti javnih radova.

2.2 Musharakah Sukuk

Karakteristika Musharakah Sukuk-a jeste ugovor o partnerstvu i načelo podele dobitka i gubitka. Iran i Sudan su zemlje koje su izdale Musharakah Sukuk. Ministarstvo finansija Sudana i MMF su zajedno osmislili

Musharakah Sukuk koje se zasnivaju na državnom vlasništvu profitabilnih i velikih javnih preduzeća, kojima se može trgovati na tržištu. Turska je 1984. godine uspešno izdala Musharakah Sukuk prilikom izgradnje mosta u Istanbulu. Muqaradah i Musharakah Sukuk mogu imati i veću naklonost ulagača, ukoliko bi se povećala transparentnost javnog sektora, što zahteva i šerijatsko pravo, sproveo kvalitetniji monitoring i smanjila informaciona asimetrija, čime bi došlo do jačanja islamskog tržišta kapitala.

2.3 Ijarah Sukuk

Ijarah Sukuk zasniva se na Ijarah ugovoru o lizingu, a da bi bio pogodan za sekjuritizaciju mora da ispuni određene uslove imanentne islamskom pravu. Ugovor o lizingu mora biti uskladjen sa šerijatom, a uslovi ugovora se mogu razlikovati od konvencionalnog ugovora o lizingu. Imovina koja je predmet lizinga mora biti svrsishodna korisnicima, zbog čega je oni i inače uzimaju u lizing. Lizing imovina, tačnije njena upotreba, ne sme biti u suprotnosti sa šerijatskim pravom, pa se tako lizing zgrade u kojoj su prostorije igara na sreću i kockanje (qimar) smatra neprihvatljivim. Najveća karakteristika Ijarah Sukuk-a jeste fleksibilnost, jer su oni najbliži konvencionalnim ugovorima o lizingu. Zbog te sličnosti, i konvencionalni investitori sve više učestvuju u Ijarah transakciji. Vreme priliva i vreme odliva novčanih tokova ne mora da se poklapa sa vremenom plaćanja lizinga. Imovina koja će se dati u lizing i koja će biti predmet sekjuritizacije ne mora da postoji pre sklapanja Ijarah ugovora. Ijarah ugovor može imati bilo koje vreme trajanja, sve dok je imovina svrsishodna svojim korisnicima, tačnije sve dok korisnik ima interes da je drži u svom posedu. Šerijatsko pravo ne zabranjuje davaocu da proda imovinu dok traje Ijarah ugovor. Investitori koji dele vlasništvo nad lizing imovinom putem Sukuk-a mogu upravljati svojim vlasništvom prodajući ga novom vlasniku, na način na koji oni žele. Obzirom da šerijat dozvoljava prodaju imovine po tržišnoj ceni ukoliko je reč o fizičkoj imovini, Ijarah Sukuk je predmet trgovine na sekundarnim tržištima, čime se povećava njegova likvidnost, a samim tim postaje privlačan za mnogobrojne investitore. Pored tržišnog rizika, Ijarah Sukuk je podložan i drugim rizicima. Oni se, prvenstveno odnose,

na mogućnost korisnika lizinga da uredno izvršavaju svoje obaveze za vreme trajanja ugovora. Prinos na ulaganje nije moguće utvrditi jer postoje troškovi osiguranja i održavanja. Međutim, zbog postojanja osiguranja od rizika i jemstava, prinosi investitora smatraju se relativno stabilnim.

Cena Ijarah Sukuk-a je neto sadašnja vrednost svih novačanih tokova povezanih sa ovim instrumentom duga. Ukoliko se Ijarah Sukuk drži do roka dospeća (što je često slučaj), njegova cena se izračunava po sledećoj formuli:

$$\begin{aligned} Q_0 &= \sum_{t=1}^T \frac{L}{(1+r)^t} + \frac{Pt}{(1+r)^T} + Po.a + S + \sum_{t=1}^T \frac{Ot}{(1+r)^t} \\ &= \sum_{t=1}^T \frac{L+Ot}{(1+r)^t} + \frac{Pt}{(1+r)^T} + Po.a + S \\ &= \frac{L+Ot}{r} \left[1 - \frac{1}{(1+r)^T} \right] + \frac{Pt}{(1+r)^T} + Po.a + S \\ &= \frac{L+Ot}{r} + Po.a + S - \frac{L+Ot}{r} (1+r)^{-T} + Pt (1+r)^{-T} \\ Q_0 &= \frac{L+Ot}{r} + Po.a + S + \left(Pt - \frac{L+Ot}{r} \right) (1+r)^{-T} \end{aligned}$$

gde je: Q_0 – cena obveznice, L – lizing plaćanje, O_t – operativni troškovi, troškovi osiguranja, P_0 – cena imovine, S – naknada za pravne usluge i uskadjenost sa šerijatom, P_t – cena otkupa obveznice, T – rok dospeća i r – diskontna stopa.

Diskontna stopa koja se koristi u ovoj formuli ilustrovana je od strane Mirakhora 1996. Godinei koristi se u ekonomijama bez kamate, a dobija se na sledeći način:

$$r = \rho - \frac{Y}{V} (1 - d + dq)$$

gde je Y – očekivana vrednost dobitka, V – tržišna vrednost entiteta, d – zbir stope učešća equity finansiranja i očekivane retencione stope i q – odnos tržišne vrednosti i troškova zamene.

Pored Ijarah Sukuk-a, postoji slična varijanta koje se označava kao Istisna Sukuk. Istisna ugovor koristi se kada imovina, koja se daje u lizing, nastaje izgradnjom ili proizvodnjom u skladu sa datim instrukcijama i po unapred utvrđenoj ceni. Kombinacija Istisna i Ijarah Sukuk-a koristi se da bi se imovina prvo stvorila a zatim i iznajmila onom ko je dao instrukcije da se ona stvori.

3. Izazovi Sukuk tržišta

Iako je u svojoj početnoj fazi rasta, Sukuk tržište ima veliki potencijal u okvirima islamske industrije finansija. Veliki broj izdanja koje je doživeo Sukuk, u svojim različitim oblicima, bio je povezan sa realnom imovinom. Samo izdanja Islamske razvojne banke iz juna 2005. godine odnosila su se na grupu imovina. Ovakav Sukuk je pogodan za države i nadnacionalne institucije, ali ne i za institucije koje žele da prikupe manju količinu sredstava. Sekjuritizacija heterogene imovne može poslovnim bankama da omogući izuzimanje realne imovine iz svojih bilansa, čime se povećava likvidnost postojećeg portfolija. Veći broj izdanja sa heterogenom imovinom, različitog kvaliteta i različite ročnosti trebalo bi da bude ideja vodilja na Sukuk tržištima.

Veću troškovnu ekonomičnost imaju konvencionalne obveznice u odnosu na Sukuk. Razlog tome je što Sukuk izdanja nisu standardizovana, pa prilikom svakog izdanja postoje značajni pravni, dokumentacioni i administrativni troškovi, koji umanjuju likvidnost i primarnog i sekundarnog Sukuk tržišta. Investitori Sukuk-a, institucionalni investitori, centralne banke, privatne islamske banke, drže Sukuk do roka dospeća, jer izdanja Sukuk-a nisu tako česta, a ni kvalitetna. Takvo ponašanje umanjuje likvidnost sekundarnog tržišta i povećava transakcione troškove zbog velikog spreda između kupovne i prodajne cene. Sukuk tržište opterećuju i veliki iznosi troškova posredovanja. Konvencionalne banke često u saradnji sa islamskim bankama učestvuju u kreiranju i izdavanju Sukuk-a, a za uzvrat dobijaju velike nadoknade. Neophodno je minimizirati ove troškove, aktivnijim učestvovanjem islamskih investicionih banaka u kreiranju i izdavanju Sukuk-a. I Sukuk tržište odlikuje problem negativne selekcije, kao i tržište konvencionalnih hartija od vrednosti. Dužnici mogu preceniti svoje sposobnosti koje principal zahteva. Sa druge strane, da bi principal zaštitio svoje interese, od dužnika zahteva da podnese dokaze o svojoj sposobnosti, ili sklapaju ugovore sa agentima koji imaju potrebne dokaze o pouzdanosti i sposobnosti. I investicione banke mogu učestvovati u redukciji ovog problema, studioznim ispitivanjem i transparentnim sprovođenjem ugovora, ali i to iziskuje dodatne troškove i vreme.

4. Zaključak

Tržište Sukuk-a je poslednjih nekoliko godina doživelo ubrzani rast, pa je na kraju trećeg kvartala 2011. godine vrednost portfolija iznosila oko 170 milijardi dolara. Ideja Sukuk-a jeste sekjuritizacija heterogene imovine koja se izuzima iz imovine izdavača Sukuk-a i prenosi u bilans jedinice za posebne namene (SPV) izdavanjem sertifikata ulagačima, po kupovnoj ceni. Plaćanja Sukuk-a zavise od performansi imovine koje je predmet sekjuritizacije, što predstavlja razliku u odnosu na konvencionalne obveznice, što je u skladu sa šerijatskim pravom. U islamskim zemljama postoje različite vrste Sukuk-a. One vrste koje u grupi imovine imaju veće učešće gotovine ne mogu biti predmet trgovine na sekundarnom tržištu, zbog zabrane kamate (Riba) u islamskom pravu. Muqaradah i Musharakah Sukuk izdaju se za finansiranje razvojnih projekata, međutim zbog nedovoljne transparentnosti javnih radova u islamskim zemljama, ova izdanja Sukuk-a nisu još dovoljno zaživela. Ijarah Sukuk, koji se odnosi na lizing imovine, sličan je konvencionalnom ugovoru o lizingu, pa je zbog toga privlačan konvencionalnim investitorima. Ijarah Sukuk-om se može trgovati na sekundarnom tržištu, jer dominira učešće fizičke imovine u grupi imovima koja je predmet sekjuritizacije, što je, pored različite ročnosti i različitog kvaliteta, velika prednost Ijarah Sukuk-a. Najveći izazovi Sukuk tržišta su nestandardizovana izdanja Sukuk-a, visoki troškovi posredovanja zbog učešća konvencionalnih banaka u kreiranju Sukuk-a i nedostatak heterogene

imovine koja je predmet sekjuritizacije. Da bi se tržište učinilo privlačnim za investitore, a izdanja Sukuk-a postala utrživija, neophodno je izvršiti standardizaciju izdanja Sukuk-a i povećati učešće grupe realne imovine u sekjuritizaciji, jer se takva imovina izuzima iz bilansa, čime doprinosi većoj likvidnosti postojećeg portfolija. Islamske investicione banke bi trebalo aktivnije da učestvuju u kreiranju Sukuk-a kako bi se smanjili visoki troškovi posredovanja.

Bibliografija

- [1] **A. Mirakhor, Z. Iqbal**, An introduction to Islamic Finance, Theory and Practice, John Wiley and Sons, 2007, 164-179
- [2] **M.A. Haque, M. Kabir Hassan, N. Alam**, Are Islamic bonds different from conventional bonds? International evidence from capital market test, Borsa Istanbul Review, 2013, 22-29
- [3] **E.R. Ahmed, A. Islam, T.T.Y. Alabdullah**, Islamic Sukuk: pricing mechanism and rating, Journal of Asian Scientific Research, 2014, 640-648
- [4] **A. Afshar**, Compare and contrast Sukuk with Conventional Bonds, are they comparable? The Journal of Global Business Management vol. 9, 2013, 44-52
- [5] **D. Rohmatunnisa**, Design of Ijarah Sukuk, The University of Nottingham, 2008
- [6] **C.J.Godlewski, R. Turk-Ariss, L. Weill**, Do markets perceive Sukuk and Conventional Bonds as different financing instruments? Bank of Finland, 2011

Predviđanje bankrota preduzeća izračunavanjem Altmanovog Z-skora na primeru kompanije "NIS" A.D. Novi Sad

Miloš Spasojević

Fakultet organizacionih nauka, Jove Ilića 154, 11000 Beograd

e-mail:spasojevic_milos@yahoo.com

Apstrakt. Analiza finansijskih izveštaja za procenu poslovanja preduzeća dobila je na važnosti nastankom finansijske krize 2008. godine kada je veliki broj kompanija doživeo bankrot. Jedan od načina na koji se loše poslovanje i mogućnost bankrota procenjuje jeste korišćenje Altmanovog modela za izračunavanje verovatnoće bankrota kompanije u narednom periodu. U radu je prikazan rezultat studije slučaja izračunavanja Altmanovog Z-skora na primeru kompanije NIS A.D. Novi Sad. U prvom delu rada objašnjen je Altmanov model i na koji način se Altmanov Z-skor izračunava. U drugom delu rada prikazana je studija slučaja izračunavanja Altmanovom Z-skora na primeru kompanije NIS A.D. Novi Sad u 2013. i 2014. godini.

Ključne reči: Finansijski pokazatelji, Altmanov model, NIS A.D. Novi Sad, bankrot

1. Uvod

Racio analiza se koristila kao analitička tehnika za predviđanje bankrotstva još od 1930-ih godina. Najviše pažnje je privukao rad profesora Altmana iz 1968. godine kako među teoretičarima tako i među ljudima koji su koristili ove metode u praksi. Ova analiza ostaje i dalje popularna među ljudima u praksi iako je često osporavana i na neki način ona motiviše teoretičare da razvijaju nove modele koji su prilagođeni raznim tržištima među kojima su i tržišta u razvoju. Za sva ova tržišta postoje specijalno prilagođene analize koje mogu poslužiti za predviđanje bankrotstva kompanija.¹

2. Altmanov Z-skor

Može se reći da je tradicionalna tehnika za merenje verovatnoće korporativnog bankrotstva postao Altmanov Z-skor, koji je baziran na multivarijacionoj analizi. Iako mnogi u akademskoj zajednici sve manje

koriste racio analizu kao analitičku tehniku za predviđanje, budućeg i analizu sadašnjeg stanja kompanija, Altmanov Z-skor i dalje ostaje popularan alat za finansijsku analizu.²

Altmanov Z-skor ima svoje prednosti i mane. Prednosti koje idu u korist njegovom korišćenju svakako su jednostavnost izračunavanja i dostupnost podataka, samim tim što se upotrebljavaju podaci koji se nalaze u osnovnim finansijskim izveštajima kompanije, bilansu stanja i bilansu uspeha. Nedostaci sa druge strane, a ono što mnogi teoretičari zameraju u upotrebi ove analize je to da ona ne pruža objašnjenja za stanje u kojem se nalazi preduzeće, zbog čega se nalazi u tom stanju, koji su glavni razlozi i na koji način ono može biti prevaziđeno.³

Altmanov Z-skor se koristi kako za analizu preduzeća koja se kotiraju na berzi, tako i za privatna preduzeća i banke. Postoje

¹ Muminović S., V. Pavlović, i J. M. Cvijanović. 2012. The impact of investments and changes in the production regime on the results of creditworthiness assessment and bankruptcy prediction models: Case study: Company Bulgari Filati d.o.o.. *Industrija* 40, (2): 3-18.

² Altman, E. I. 1968. Financial ratios, discriminant analysis and the predication of corporate bankruptcy. *Journal of Finance*, 23(4): 589-609

³ Muminović S., V. Pavlović, i J. M. Cvijanović. 2012. The impact of investments and changes in the production regime on the results of creditworthiness assessment and bankruptcy prediction models: Case study: Company Bulgari Filati d.o.o.. *Industrija* 40, (2): 3-18.

mnoge studije o korišćenju analize Altmanovog Z-skora u bankarskom sektoru, a samo jedna od njih je o bankarskom sektoru u Nigeriji. Svakako se mi u ovom radu nećemo bazirati na analizi u bankarskom sektoru, ali je važno pomenuti u kojim se sve industrijama ova analiza može koristiti.⁴

Altmanova analiza je prošla kroz nekoliko modifikacija da bi bila praktično upotrebljiva u različitim industrijama i na različitim tržištima.

Mora se napomenuti i to da je Altmanov Z-skor samo jedna od tehnika za predviđanje bankrotstva kod kompanija i da postoji još metoda kao što je Neuro-Fuzzy model koji ovom prilikom neće biti detaljnije objašnjen ali svakako zavređuje pažnju da se pomene da se na različite načine može dolaziti do rezultata koji su potrebni kada se govori o ovakvim vrstama analiza.⁵

U Republici Srbiji teoretičari se takođe interesuju za razloge bankrotstva i na koji način se on može predvideti, a samim tim i sprečiti. Posebno se kreće ka tome da se upotrebljava racio analiza ili njene modifikacije za ova predviđanja. Neka istraživanja idu toliko daleko da obuhvataju veliki broj kompanija i samim tim doprinose relevantnost samog istraživanja.⁶

Originalni Altmanov Z-skor model je nastao 1968. godine i prvi put se pominje u radu profesora Altmana u časopisu "The Journal of Finance".⁷

Edward Altman je do konačne formule došao empirijskim istraživanjem šesdeset šest korporacija i trideset tri firme iz svake grupe. Grupe je podelio na one koje su pokrenule postupak bankrotstva i one koje nisu, u

razdoblju između 1946-1965. godine. Zbog izuzimanja malih i velikih ekstremnih kompanija⁸ vrednost odabranih kompanija je bila između 1 miliona dolara i 25 miliona dolara s tim da je srednja vrednost bila 6,4 miliona dolara. U razmatranje je uzeto dvadeset dve potencijalne varijable (racia) koje mogu bitno uticati na određivanje stanja kompanije. Za krajnju formulu uzeta su racia prema kriterijumima, statističke signifikance za razne alternativne funkcije uključujući relativan doprinos svake varijable posebno, evaluacija među odnosa između relativnih varijabli, predviđena tačnost za različite profile i prema oceni analitičara.⁹

Originalna formula Z-skora je:¹⁰

$$Z = 0,012X_1 + 0,014X_2 + 0,033X_3 + 0,006X_4 + 0,999X_5 \quad (1)$$

Kako je objašnjeno u Altmanovom radu, zbog praktičnosti u izračunavanju tokom godina ustalila se sledeća formula pri izračunavanju skora:¹¹

$$Z = 1,2X_1 + 1,4X_2 + 3,3X_3 + 0,6X_4 + 1,0X_5 \quad (2)$$

U formuli se nalaze sledeća racia:

X_1 – Neto obrtna imovina/Poslovna imovina

X_2 – Neraspoređeni dobitak/Poslovna imovina

X_3 – EBIT/Poslovna imovina

X_4 – Kapital/Ukupne obaveze

X_5 – Poslovni prihodi/Poslovna imovina

Izračunavanjem skora dobijamo broj koji nam pokazuje u kojoj zoni se nalazi kompanija, a tri zone koje je definisao Altman jesu, zona velike šanse za bankrot, siva zona i zona male šanse za bankrot. On ih je podelio tako da skor ispod 1.81 je u zoni velike šanse za bankrot, između 1,81 i 2,99 pripada siva

⁴ Ebiringa O.T.. 2011. Benčmarking pojave problema u nigerijskom bankovnom sektoru pomoću Altmanove skale. Serbian Journal of Management 6, (2): 221-230.

⁵ Vlachos D., i Y. Toliias. 2003. Neuro-fuzzy modeling in bankruptcy prediction. Yugoslav Journal of Operations Research 13, (2): 165-174.

⁶ Stanišić N., T. Radojević, V. Mizdraković, i N. Stanić. 2012. Analiza efikasnosti kapitala u kompanijama u Srbiji. Singidunum Journal of Applied Sciences 9, (2): 41-49.

⁷ Altman, E. I. 1968. Financial rations, discriminant analysis and the predication of corporate bankruptcy. Journal of Finance, 23(4): 589-609

⁸ Ovde se misli na kompanije čija je kapitalna vrednost ispod 1 milion dolara i preko 25 miliona dolara.

⁹ Altman, E. I. 1968. Financial rations, discriminant analysis and the predication of corporate bankruptcy. Journal of Finance, 23(4): 589-609

¹⁰ Ibid.

¹¹ Altman, E. I. 2000. Predicting financial distress of companies: revisiting the Z-score and ZETA models. Stern School of Business, New York University, 9-12.

zona, a preko 3 je zona male šanse za bankrotstvo.¹²

3. Studija slučaja kompanije ‘NIS’ A.D.

Novi Sad

Kompanija ‘NIS’ A.D. Novi Sad istoriju svog poslovanja započinje 1949. godine kada se osniva prvo Preduzeće za istraživanje i proizvodnju nafte koje je imalo sedište u Zrenjaninu i koje je osnovano odlukom vlade Federativne Narodne Republike Jugoslavije. Razvoj kompanije se odvijao osnivanjem novih preduzeća i širenjem delatnosti na rafinerije i promet nafte i naftnih derivate preko benzinskih stanica i skladišta. Godine 1985. počela je eksploatacija nafte u Angoli čime se kompanija pozicionirala na međunarodnom tržištu. Naftna industrija Srbije kao jedinstvena kompanija, osnovana je 1991. godine kada su sve do tada osnovane kompanije ušle u sastav nove. Naftagas, Gas, Energogas, Jugopetrol, Naftagas promet, Rafinerija nafte Pančevo, Rafinerija nafte Novi Sad, Inženjering, Rafinerija nafte Beograd, Fabrika maziva Kruševac. Kompanija je doživela drugu veliku promenu kada je 24. Decembra 2008. godine potpisan ugovor o prodaji između Vlade Srbije i Gasproma, Naftne industrije Srbije ruskoj kompaniji Gasprom njeft po ceni od 400 miliona evra za paket od 51% akcija. Transformacija kompanije NIS u otvoreno akcionarsko društvo izvršena je nakon donošenja odluke na skupštini akcionara 21. Juna 2010. godine. Kompanija NIS trenutno ima približno 5 miliona akcionara, postala je najveća ‘blue chip’ kompanija na Beogradskoj berzi. Širenje poslovanja na tržišta regiona nastavlja se 2013. godine.¹³

¹² Altman, E. I. 1968. Financial rations, discriminant analysis and the predication of corporate bankruptcy. Journal of Finance, 23(4): 589-609

¹³ <http://www.nis.eu/o-nama/istorija> Datum pristupa: 04.07.2015.

3.1. Izračunavanje Altmanovog Z-skora

Podaci iz finansijskih izveštaja potrebni za izračunavanje Altmanovog Z skora.¹⁴

Bilansna pozicija	2013 (000 rsd)	2014 (000 rsd)
Stalna imovina	226.405.342	250.847.819
Obrtna imovina	114.319.202	113.529.097
Poslovna imovina	350.501.253	372.211.071
Neraspoređena dobit	95.507.715	112.986.247
Kapital	176.882.691	194.586.302
Dugoročna rezervisanja i obaveze	72.153.981	101.303.211
Kratkoročne obaveze	99.311.099	73.597.494
Poslovni prihodi	252.353.586	247.620.582
Poslovni dobitak	56.829.805	50.741.076

Tabela 1. Podaci iz finansijskih izveštaja

Racio	Ponderi	Bilansni pokazatelji		Vrednost racia	
		2013	2014	2013	2014
X1	1,2	0,043	0,107	0,052	0,128
X2	1,4	0,272	0,304	0,381	0,426
X3	3,3	0,162	0,136	0,535	0,449
X4	0,6	1,032	1,113	0,62	0,668
X5	0,999	0,72	0,665	0,719	0,664
Altmanov Z-skor				2,307	2,335

Tabela 2. Altmanov model

Kako se akcije kompanije NIS kotiraju na Beogradskoj berzi, menadžment je u obavezi da objavljuje izveštaje revizora, finansijske i ostale izveštaje koji su od važnosti investitorima, kreditorima i stejkholderima što menadžment kompanije uredno ispunjava i što nam omogućava da iskoristimo kao izvor za izradu analize čiji rezultati su prikazani u ovom radu.

Kako se vidi u tabeli sa rezultatima za 2013. i 2014. godinu Altmanov Z-skor je iznosio 2,307 i 2,335 respektivno što je kada se uporedi sa gornjom vrednošću od 2,99 možemo zaključiti da kompanija NIS ima delimično povoljne pokazatelje u obe godine s obzirom na to da se rezultat Altmanovog modela nalazi u sivoj zoni sa blagim

¹⁴ <http://www.belex.rs/data/2015/03/00092225.pdf> Datum pristupa: 05.07.2015.

povećanjem skora u 2014. godini što ukazuje na to da poslovanje kompanije stabilno sa tendencijom kretanja ka zelenoj zoni. Takođe iz ovih rezultata se može zaključiti da je mala šansa za bankrot kompanije NIS A.D. Novi Sad u narednim godinama.

Racio X1 koji se izračunava kao odnos neto obrtne imovine i poslovne imovine. Neto obrtna imovina se izračunava kao razlika između vrednosti obrtnih sredstava i kratkoročnih obaveza. Ovim raciom se može proceniti opšta likvidnost kompanije. U slučaju kompanije NIS može se videti rast vrednosti ovog racia u 2014. godini za 60% u odnosu na 2013. godinu što ukazuje na rast likvidnosti kompanije. Racio X2 se izračunava kao odnos neraspoređene dobiti i poslovne imovine i važan je jer pokazuje kumulativnu profitabilnost kroz duži period vremena. Kroz period koji je posmatran primećuje se povećanje ovog racia što se može oceniti veoma pozitivno s obzirom da je kompanija stabilna u strategiji kumulativnog zadržavanja dobiti. Pokazatelj X3 pokazuje stvarnu produktivnost kompanije i njenu sposobnost da na pravi način angažuje sredstva kojima raspolaže. Smanjenje ovog racia u 2014. godini u odnosu na 2013. godinu može se objasniti istovremenim smanjenjem poslovnog dobitka, ali i povećanjem poslovne imovine. Vrednost X4 racia je stabilna sa tendencijom rasta u 2014. godini. Može se primetiti povećanje dugoročnih obaveza u ukupnim obavezama, a smanjenje kratkoročnih što ukazuje na restrukturiranje ročnosti duga. Racio X5 pokazuje generalnu sposobnost kompanije da angažujući sredstva koja poseduje generiše poslovni prihod. Smanjenje ovog racia je rezultat povećanja imovine s obzirom na to da su se poslovni prihodi neznatno smanjili, takođe u posmatranom periodu cene nafte i naftnih derivata smanjene pa se može zaključiti da je ova činjenica uticala na pad poslovnih prihoda.

4. Zaključak

Nakon svetske finansijske krize kompanije su se susrele sa izazovom opstanka na tržištu i njihovo poslovanje je stavljeno na test. Mali broj kompanija

je uspeo da prevaziđe krizu, a da su zadržali ili bar održali približan nivo uspeha u poslovanju. Jedan od pokazatelja mogućnosti defolta tj. bankrota, a samim tim i ukupnog poslovanja kompanije jeste i Altmanov Z-skor. Jedna od retkih kompanija koja je zadržala uspešno poslovanje jeste i kompanija "NIS" A.D. Novi Sad koja je, kako je prikazano u radu, zadržala poslovanje na visokom nivou van granica zona u kojima bi se moglo reći da postoji mogućnost krize i bankrotstva. Kako kompanija "NIS" A.D. Novi Sad ostaje lider na tržištu Republike Srbije, a svoju misiju i viziju ostvaruje šireći se na region nema sumnje da će i u narednom periodu zadržati svoju poziciju i održavati nivo poslovnog uspeha na bar onom nivou koji je održavala do sada.

Bibliografija

- [1] **Muminović S., V. Pavlović, i J. M. Cvijanović.** The impact of investments and changes in the production regime on the results of creditworthiness assessment and bankruptcy prediction models: Case study: Company Bulgari Filati d.o.o.. *Industrija* 40, 2012. (2): 3-18.
- [2] **Altman, E. I.** Financial ratios, discriminant analysis and the prediction of corporate bankruptcy. *Journal of Finance*, 1968. 23(4): 589-609
- [3] **Ebiringa O.T..** Benčmarking pojave problema u nigerijskom bankovnom sektoru pomoću Almanove skale. *Serbian Journal of Management* 6, 2011. (2): 221-230.
- [4] **Vlachos D., i Y. Tolia.** Neuro-fuzzy modeling in bankruptcy prediction. *Yugoslav Journal of Operations Research* 13, 2003. (2): 165-174.
- [5] **Stanišić N., T. Radojević, V. Mizdraković, i N. Stanić.** Analiza efikasnosti kapitala u kompanijama u Srbiji. *Singidunum Journal of Applied Sciences* 9, 2012. (2): 41-49.
- [6] **Altman, E. I.** Predicting financial distress of companies: revisiting the Z-score and ZETA models. *Stern School of Business, New York University*, 2000. 9-12.
- [7] <http://www.nis.eu/o-nama/istorija> Datum pristupa: 04.07.2015.
- [8] <http://www.belex.rs/data/2015/03/00092225.pdf> Datum pristupa: 05.07.201

Infinitna iteracija oročenja interesa u jednom periodu

Momčilo Bjelica

Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet "Mihajlo Pupin", Zrenjanin, Đure Đakovića bb

e-mail: bjelica@tfzr.uns.ac.rs

Apstrakt. Infinitna iteracija kapitalisanja interesa, pripisanog na početak perioda, obračunatog dekurzivnom metodom, daje ukupan interes koji je jednak prostom interesu, za jedan period, obračunatom anticipativnom metodom. Dualna teorema takođe važi, stoga što su definicije dekurzivne i anticipativne metode obračuna interesa međusobno simetrične. Prilikom infinitnih iteracija oročavanja interesa izvršena je inverzija standardnog vremena transakcije interesa, što se povremeno primenjuje u praksi. U finansijskoj matematici, infinitni i kontinualni koncept su doveli do pojma trenutnog kapitalisanja, koje se uzima za jedan od dva istorijska puta u otkriće broja e .

Ključne reči: interes, dekurzivni, anticipativni, iteracija, dualnost.

1. Uvod

Pojedine banke klijentima daju mogućnost izbora: da li žele interes podići odmah, na početku perioda oročenja uloga, ili žele da taj interes pripišu ulogu, i time ostvare interes na interes u vreme trajanja samo jednog perioda oročenja. Infinitna iteracija takvog postupka na interese, obračunate dekurzivno, daje ukupan interes koji je jednak prostom interesu obračunatom anticipativno.

U finansijskoj matematici, infinitni i kontinualni pristup su doveli do nastanka pojma trenutnog kapitalisanja. To je jedan od dva problema u istoriji matematike koji su doveli do otkrića broja e . Drugi problem je iz mehanike: odrediti kretanje tela kome je u svakom trenutku brzina jednaka ubrzanju.

2. Osnovni pojmovi

Vrednost kapitala koji se daje pod interes se naziva **početna** ili **sadašnja vrednost** kapitala i obeležava sa K_0 . Teorijske osnove su date u [1], [2], [3], [4], [5]. **Interesna stopa** $p\%$ pokazuje koliko se novčanih jedinica

plaća na svakih **100** jedinica kapitala za određeni vremenski obračunski period. **Interes** je $I = K_0 \frac{p}{100}$.

Vrednost na koju kapital narasta dat pod interes na interes za određeni broj n perioda naziva se **krajnja vrednost** kapitala ili **kapital uvećan za interes** i označava sa K_n . **Kapitalisanje** je postupak obračuna interesa i njegovog pripisivanja kapitalu.

3. Dekurzivno računanje interesa

Neka je kapital K_0 dat pod interes, za jedan jedinični period, uz interesnu stopu $p\%$, relativno taj period. Tada je **prost interes** na veličinu K_0 , na kraju perioda, jednak

$$I_1 = K_0 \frac{p}{100}.$$

Kapital uvećan za interes na kraju prvog perioda je

$$K_1 = K_0 + K_0 \frac{p}{100} = K_0 \left(1 + \frac{p}{100}\right) = K_0 r,$$

gde je r **dekurzivni faktor**, odnosno složeni dekurzivni interesni faktor

$$r = 1 + \frac{p}{100}.$$

Iteracijama kapitalisanja na kraju n -tog perioda će biti

$$K_n = K_{n-1} \left(1 + \frac{p}{100}\right) = K_0 \left(1 + \frac{p}{100}\right)^n = K_0 r^n.$$

Kod prostog interesnog računa kapital raste linearno, a kod složenog interesnog računa kapital raste eksponencijalno. **Faktor akumulacije** jednak je $r^n = I_p^n$, čije vrednosti se daju u I -im finansijskim tablicama, za određene procenete i određeno vreme. **Ukupni interes I** za svih n perioda jednak je

$$I = K_n - K_0 = K_0(r^n - 1).$$

Kod dekurzivnog načina obračuna interesa, kapital (kredit) nakon isteka ugovorenog roka vraća se uvećan za pripadajući interes. Dekurzivno kapitalisanje interesa se obavlja na kraju perioda, za protekli period – unazad, na raniju (diskontovanu) vrednost – čist kapital K , te je kasnija kapitalisana vrednost uvećanog kapitala $K+I$.

4. Anticipativno računanje interesa

Kod anticipativnog računanja interesa, početna vrednost kapitala K_0 , na početku obračunskog perioda, dobija se kao razlika vrednosti kapitala K_1 na kraju obračunskog perioda i **interesa na veličinu K_1** , uz interesnu stopu $q\%$

$$K_0 = K_1 - K_1 \frac{q}{100} = K_1 \left(1 - \frac{q}{100}\right) = K_1 \frac{100 - q}{100}.$$

Tako je

$$K_1 = K_0 \frac{100}{100 - q} = K_0 \left(1 + \frac{q}{100 - q}\right).$$

Iteracijama kapitalisanja na kraju n -tog perioda, anticipativnom metodom, će biti

$$K_n = K_{n-1} \frac{100}{100 - q} = K_0 \left(\frac{100}{100 - q}\right)^n = K_0 I_q^n.$$

Faktor akumulacije jednak je $\left(\frac{100}{100 - q}\right)^n$, čije vrednosti se daju u I -im finansijskim tablicama I_q^n , za određene procenete i određeno vreme.

Ukupni interes I za svih n perioda jednak je

$$I = K_n - K_0 = K_0(I_q^n - 1).$$

Kod anticipativnog načina obračuna interesa, kapital (kredit) se odmah umanjuje za izračunati interes, a nakon isteka ugovorenog roka korisnik kredita dužan je da vrati celokupan iznos kapitala. Anticipativno kapitalisanje interesa se obavlja na početku perioda, za naredni period – unapred, na kasniju vrednost – čist kapital K , te je ranija kapitalisana vrednost umanjenog kapitala $K-I$. Može se reći i da je kapitalisanje negativno.

5. Veza između korespondentne anticipativne i dekurzivne interesne stope

Korespondenciju između dveju odgovarajućih interesnih stopa metodološki preferiramo izvesti iz jednakosti

$$I = K_0 \frac{p}{100} = K_1 \frac{q}{100} = K_0 \frac{100q}{100 - q}.$$

Tako je

$$p = \frac{100q}{100 - q}, \text{ odnosno } q = \frac{100p}{100 + p}. \quad (1)$$

6. Pregled i modifikacija stopa i faktora

Veza između korespondirajućih stopa

$$\frac{p}{100} \times \frac{q}{100} = \frac{p}{100} - \frac{q}{100},$$

odakle se vidi da je za odgovarajuće stope $p > q$. Takođe je $pq = 100(p - q)$, kao i

$$p : q = K_1 : K_0. \quad (2)$$

Dekurzivni interesni faktor

$$r = 1 + \frac{p}{100} = I_p^1.$$

Anticipativni interesni faktor

$$\frac{100}{100 - q} = 1 + \frac{q}{100 - q} = I_q^1.$$

7. Infinitna iteracija oročenja dekurzivnog interesa na početak jednaka je anticipativnom interesu

Pojedine banke klijentima daju mogućnost izbora: da li žele interes podići

odmah, na početku perioda oročenja uloga, ili žele da taj interes pripišu ulogu i time ostvare interes na interes u vreme trajanja samo jednog perioda oročenja. U uslovima „niske” interesne stope, ovakva ponuda banke tj. proizvod koji banka nudi, pretežno ima svrhu pridobijanja klijenata, a u manjoj meri ima finansijski efekat.

Teorema 1. (D-A) Neka je kapital K_0 dat pod interes, na jedan *jedinični vremenski period*, oročen na početak perioda, uz dekurzivnu interesnu stopu $p\%$. Prost interes iznosi

$$I_1 = K_0 \frac{p}{100} = I_{11}.$$

Neka se *dekurzivno obračunat* interes I_{11} oroči pod istim uslovima kao kapital K_0 (anticipativno datira). Tada je interes na interes

$$I_{12} = I_{11} \frac{p}{100} = K_0 \left(\frac{p}{100} \right)^2.$$

Pretpostavimo da se postupak formalnog *oročavanja na početak* perioda iterira

$$I_{1n} = I_{1(n-1)} \frac{p}{100} = K_0 \left(\frac{p}{100} \right)^n, \quad n \in N.$$

Ova formula *važi* i za $n = 0$, kada je $I_{10} = K_0$.

Ukupan interes je suma svih dekurzivno *obračunatih interesa*, prethodno pripisanih na *početak obračunskog perioda*. Tada, ukupan interes jednak je prostom interesu na kapital K_0 , oročenom na početak perioda (npr. prethodnog), uz anticipativnu stopu $p\%$, kojoj korespondira dekurzivna stopa $r = \frac{100p}{100-p}$

$$\sum_{n=1}^{\infty} I_{1n} = K_0 \frac{p}{100-p} = K_0 \frac{r}{100}. \quad (3)$$

Dokaz. Dokaz sledi primenom formule za sumu geometrijske progresije

$$\begin{aligned} \sum_{n=1}^{\infty} I_{1n} &= \sum_{n=1}^{\infty} K_0 \left(\frac{p}{100} \right)^n \\ &= K_0 \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{p}{100} \right)^n \\ &= K_0 \frac{\frac{p}{100}}{1 - \frac{p}{100}} \end{aligned}$$

$$= K_0 \frac{p}{100-p} = K_0 \frac{r}{100}.$$

□

Primetimo da je suma od nule

$$\sum_{n=0}^{\infty} I_{1n} = K_0 + K_0 \frac{p}{100-p} = K_0 \frac{100}{100-p}$$

jednaka vrednosti kapitala na kraju obračunskog perioda, koji je obračunat anticipativnom metodom, za jedan obračunski period. Drugačije rečeno, kapital K_1^{∞} dobijen na kraju perioda, posle infinitnog broja interacija kapitalisanja interesa na interes, uz dekurzivnu stopu $p\%$, jednak je kapitalu K_0 uvećanom za prost interes, uz anticipativnu stopu $p\%$

$$K_1^{\infty} = K_0 \frac{p}{100-p}.$$

Stopa $p\%$ je najpre bila dekurzivna, a u oročenju pod drugim uslovima uzima se kao anticipativna, te će dati veći interes od korespondentne anticipativne stope jer je $p > q$.

8. Infinitna iteracija oročenja anticipativnog interesa na kraj jednaka je dekurzivnom interesu

Teorema 2. (A-D) Neka je kapital K_1 dat pod interes, na jedan *jedinični vremenski period*, oročen na kraj perioda, uz anticipativnu interesnu stopu $q\%$. Prost interes iznosi

$$J_1 = K_1 \frac{q}{100} = J_{11}.$$

Neka se *anticipativno obračunat* interes J_{11} oroči pod istim uslovima kao kapital K_1 (dekurzivno datira). Tada je interes na interes

$$J_{12} = J_{11} \frac{q}{100} = K_1 \left(\frac{q}{100} \right)^2.$$

Pretpostavimo da se postupak formalnog *oročavanja na kraj* perioda iterira

$$J_{1n} = J_{1(n-1)} \frac{q}{100} = K_1 \left(\frac{q}{100} \right)^n, \quad n \in N.$$

Ova formula *važi* i za $n = 0$, kada je $J_{10} = K_1$.

Ukupan interes je suma svih anticipativno obračunatih interesa, prethodno pripisanih na *krpaj obračunskog perioda*. Tada, ukupan interes jednak je prostom interesu na kapital K_1 , *oročenom na početak* perioda (npr. *sledećeg*), uz dekurzivnu stopu $p = \frac{100q}{100-q}$, koja korespondira anticipativnoj stopi $q\%$

$$\sum_{n=1}^{\infty} J_{1n} = K_1 \frac{q}{100-q} = K_1 \frac{p}{100}. \quad (4)$$

Dokaz. Dokaz sledi primenom formule za sumu geometrijske progresije

$$\begin{aligned} \sum_{n=1}^{\infty} J_{1n} &= \sum_{n=1}^{\infty} K_1 \left(\frac{q}{100}\right)^n \\ &= K_1 \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{q}{100}\right)^n \\ &= K_1 \frac{\frac{q}{100}}{1 - \frac{q}{100}} \\ &= K_1 \frac{q}{100-q} = K_1 \frac{p}{100}. \end{aligned}$$

□

Primetimo da je suma od nule

$$\sum_{n=0}^{\infty} J_{1n} = K_1 + K_1 \frac{p}{100} = K_1 \frac{100 + p}{100}$$

jednaka vrednosti kapitala na kraju sledećeg obračunskog perioda, koji je obračunat dekurzivnom metodom, za jedan obračunski period. Drugačije rečeno, kapital K_1^{∞} dobijen na kraju perioda, posle infinitnog broja interakcija kapitalisanja interesa na interes, uz dekurzivnu stopu $p\%$, jednak je kapitalu K_1 uvećanom za prost interes, uz dekurzivnu stopu $p\%$

$$K_1^{\infty} = K_1 \frac{100 + p}{100}.$$

Kapital K_0 prvobitno se dobija umanjnjem K_1 za prost interes uz anticipativnu stopu $q\%$, primenjenu na K_1 . Posle iteracija, umanjnje kapitala K_1 se vrši za prost interes po stopi $p\%$, koja je veća $p > q$,

$$K_0^{\infty} = K_1 - K_1 \frac{p}{100}.$$

9. Zaključak

Dekurzivna i anticipativna metoda obračuna interesa su dualne i simetrične. U ovom radu su dokazane dve teoreme u kojima se jačaju paralele između ove dve metode. Naime, infinitna iteracija kapitalisanja dekurzivno obračunatog interesa na početak perioda (anticipativno) jednaka je iznosu interesa obračunatog za jedan period anticipativnom metodom. Analogna osobina važi za sumu anticipativnih interesa. U finansijskoj matematici, infinitni i kontinualni pristup su sadržani u pojmu trenutnog kapitalisanja, koje je jedan od dva istorijska puta u otkriće broja e .

Za potrebe ovog rada, sam naziv dekurzivnog (opadajućeg) metoda ima naglasak na rekurzivnost formule koja se koristi u računu, a vreme kapitalisanja je sekundarnog značaja. Takođe, naziv anticipativnog metoda u definiciji se može tumačiti da se anticipira da je krajnja vrednost kapitala K_1 postignuta (što je u ugovornom smislu tačno), kao i, naravno, vremenom transakcije interesa koje je pomereno u nazad. U radu je upravo izvršena inverzija standardnog vremena transakcije interesa, obračunatog dekurzivnom odnosno anticipativnom metodom, što se povremeno primenjuje u praksi.

Bibliografija

- [1] M. Backović, J. Vuleta, I. Prica, Z. Popović. Ekonomsko-matematički metodi i modeli. Ekonomski fakultet u Beogradu, Beograd, 2005.
- [2] M. Cvetinović. Finansijska i aktuarska matematika. Univerzitet Singidunum, Beograd, 2009.
- [3] J. Kočović. Finansijska matematika. Ekonomski fakultet u Beogradu, Beograd, 2004.
- [4] Lj. Gajić, D. Herceg, N. Krejić, Elementi poslovne matematike, Prirodno-matematički fakultet u Novom Sadu, Institut za matematiku, Novi Sad, 2005.
- [5] D. Vugdelja, K. Mesaroš, T. Kiš, I. Lovasi. Matematika za ekonomiste, Ekonomski fakultet u Subotici, Subotica, 1995.

Uloga globalnog valutnog tržišta i finansijskih derivata u smanjenju valutne neravnoteže

Irena Janković

Ekonomski fakultet Univerziteta u Beogradu, Kamenička 6, 11000 Beograd

e-mail: irenaj@ekof.bg.ac.rs

Apstrakt. Valutna neusaglašenost u bilansima zemalja i pojedinačnih sektora privrede proističe iz različite osetljivosti aktive i pasive, kao i prihoda i rashoda na promene deviznog kursa. Što je veći stepen osetljivosti neto imovine i neto rezultata na promene deviznog kursa veća je i valutna neusaglašenost. Veliki broj zemalja sa tržištima u razvoju se suočava sa ovom problematikom usled nedovoljno efikasnih ekonomskih politika, slabo razvijenog finansijskog tržišta i odsustva raznovrsnih finansijskih instrumenata. Rad ima za cilj da prikaže značaj svetskog valutnog tržišta i potencijal koji imaju finansijski derivati u smanjenju i upravljanju valutnom neravnotežom u zemljama u razvoju.

Ključne reči: valutna neravnoteža, valutno tržište, finansijski derivati, forward ugovori

1. Uvod

Valutna neravnoteža se javlja kao posledica činjenice da države, finansijske institucije, preduzeća i ostali tržišni učesnici primaju novčana sredstva i vrše plaćanja koja nisu izražena samo u domaćoj valuti. Dodatno, aktiva institucije može se po valutnoj strukturi razlikovati od pasive. Kada su neto vrednost imovine i neto rezultat osetljivi na promene deviznog kursa, takva situacija se označava pojmom valutna neusaglašenost ili valutna neravnoteža.¹ Promena deviznog kursa u takvim okolnostima rezultuje valutnim rizikom. Suština valutne neusklađenosti se ogleda u različitoj osetljivosti aktive i pasive, kao i prihoda i rashoda na promene deviznog kursa. Što je veći stepen osetljivosti neto imovine i neto rezultata na promene deviznog kursa, veća je i valutna neusaglašenost.

Valutna neusaglašenost je više izražena na tržištima zemalja u razvoju nego na tržištima razvijenih zemalja. Razlozi za to leže u često nemogućnosti javnog i privatnog sektora ovih zemalja da se zadužuju u lokalnoj valuti kako u zemlji tako i u inostranstvu. Posledično, pribavljanje kapitala za investicije uključuje valutni rizik. Zaduživanje jednog sektora i pokušaj zaštite od ovog rizika dovodi do transfera valutne neusaglašenosti (i rizika) na ostale sektore u zemlji. Na primer, banke koje se zadužuju u dolarima i odobravaju kredite u dolarima korporativnom sektoru smanjuju valutnu neusaglašenost u svom bilansu. Međutim, ovo povećava valutni rizik sa kojim se suočavaju preduzeća koja, ako nisu veliki neto izvoznici, neće biti u mogućnosti da vrate dug banci u slučaju devalvacije ili deprecijacije valute što posledično povećava i kreditni rizik.²

Slabosti makroekonomskih politika i institucija u zemljama u razvoju čine osnovu za nastanak valutne neravnoteže. Važni

¹ Videti: M. Goldstein and P. Turner. *Controlling Currency Mismatches In Emerging Markets*. Institute for International Economics, Washington, 2004, str 1. koji se pozivaju na definiciju Financial Stability Forum-a (2000).

² M. Allen, C. Rosenberg, C. Keller, B. Setser, N. Roubini. *A Balance Sheet Approach to Financial Crisis. IMF Working Paper 02/210, International Monetary Fund, Washington, 2002, str. 16.*

aspekti od značaja za valutnu stabilnost obuhvataju način sprovođenja monetarne politike, tretman inflacije i valutni režim, fiskalnu politiku, politiku upravljanja dugom i deviznim rezervama zemlje. Iskustvo pokazuje da unapređenja u ovoj oblasti koja su praćena razvojem finansijskog tržišta, posebno tržišta dugovnih instrumenata i tržišta valutnih finansijskih derivata mogu znatno smanjiti valutnu neravnotežu u periodima kraćim od jedne decenije.

2. Pregled prometa spot i izvedenih terminskih instrumenata na svetskom valutnom tržištu

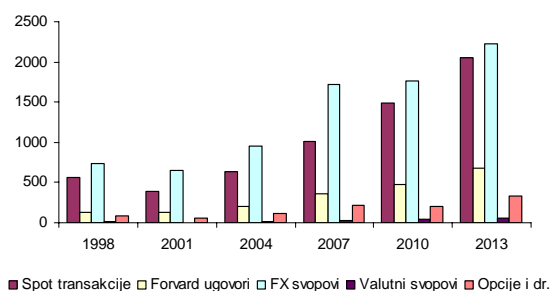
Banka za međunarodna poravnanja iz Bazela (engl. Bank for International Settlements, BIS) na redovnoj osnovi izdaje rezultate *Triennial Central Bank Survey of Foreign Exchange and Derivatives Market Activity*³ u kojoj prati kretanja na svetskom deviznom tržištu i tržištu valutnih derivativa. Podaci o ukupnom prometu obuhvataju spot transakcije, forward ugovore, FX svopove, valutne svop i opcione ugovore. Prema najnovijim dostupnim podacima prosečan dnevni promet na svetskom deviznom tržištu iznosi 5.300 milijardi USD, od čega se 38% odnosi na spot transakcije, a 62% na terminske transakcije. Promet u valutama zemalja u razvoju čini približno 25% ukupnog prometa u 2013. godini u odnosu na oko 14% u 2001. godini. Valuta sa najvećim prometom u ovoj grupaciji zemalja jeste meksički pezoz. Iza njega su kineski juan, ruska rublja, HK dolar, singapurski dolar i turska lira. Ono što se iz izveštaja može uočiti jesu velike razlike u obimu prometa i likvidnosti tržišta različitih zemalja u razvoju, a posebno u poređenju sa razvijenim zemljama koje su i vlasnici rezervnih svetskih valuta. Načelno, što je devizno tržište neke zemlje likvidnije to je veće i učešće tržišta valutnih derivata u poređenju sa spot tržištem, kao i obim

³ Bank for International Settlements. Triennial Central Bank Survey – Foreign exchange turnover in April 2013: preliminary global results. 2013. www.bis.org

transakcija koje se sprovode van domaćeg tržišta.

Sposobnost zemalja u razvoju da se odbrane od valutnog rizika znatno je niža od razvijenih zemalja usled slabije razvijenih tržišta odgovarajućih finansijskih derivata. U najvećem broju ovih zemalja, usled nedovoljne razvijenosti i niske likvidnosti valutnog tržišta, u grupaciji izvedenih finansijskih instrumenata dominiraju nestandardizovani valutni terminski ugovori (forward i svop ugovori).

Ipak, može se izdvojiti jedna grupa zemalja sa boljim performansama zaštite. U ovu grupu spadaju: Hong Kong, Singapur, Južna Afrika, Meksiko, Koreja, Poljska, Brazil, Republika Češka, Čile i Tajvan. Potrebno je imati u vidu da je u velikom broju zemalja u razvoju prelazak na fleksibilne devizne kurseve još uvek nov i često ograničen proces tako da se intenzivniji razvoj tržišta derivatnih ugovora tek očekuje.



Grafikon 1 . Promet na svetskom deviznom tržištu prema vrstama transakcija, dnevni proseki u milijardama USD (Izvor: Prikaz autora na bazi podataka BIS)

Prema podacima za 2013. godinu, promet valutnim derivatima na vanberzanskom tržištu (oko 3.299 milijardi USD) je višestruko veći od prometa na berzama (160 milijardi USD).⁴

3. Forward ugovori i njihovo vrednovanje

Forward ugovori predstavljaju izvedene finansijske instrumente. Spadaju u grupu terminskih ugovora između dve ugovorne strane kod kojih se prva strana – kupac, obavezuje da po unapred dogovorenoj ceni –

⁴ Bank for International Settlements. Triennial Central Bank Survey - OTC interest rate derivatives turnover in April 2013: preliminary global results. 2013. www.bis.org

forvard ceni, od kontrastane u ugovoru – prodavca, kupi u budućem periodu baznu aktivu u osnovi ugovora. U trenutku ulaska u ugovorni odnos nema razmene finansijskih sredstava i aktive. Ta transakcija se dešava u budućnosti. Otuda naziv terminski ugovor.

Forvard ugovori su nestandardizovani ugovori koji su svojim karakteristikama prilagođeni potrebama ugovornih strana. Zato se njima ne trguje na berzama derivatnih ugovora, već na vanberzanskom tržištu. Usled decentralizovane forme vanberzanskog tržišta ono često predstavlja manje transparentan segment ukupnog finansijskog tržišta.

Osnovne osobine forvard ugovora mogu se sistematizovati na sledeći način:

- To su privatni ugovori između dve ugovorne strane;
- Prilagođeni su specifičnim potrebama transaktora u pogledu ugovorne veličine i ročnosti, kao i bazne aktive koja je u osnovi ugovora;
- Usled toga što u procesu sklapanja ugovora ne učestvuje klirinška kuća, ovi ugovori nose određeni nivo kreditnog rizika;
- Ne postoji standardni način izlaska iz ugovora pre roka dospeća, što ugovore ovoga tipa čini prilično nelikvidnim;
- Izvršenje ugovora podrazumeva isporuku bazne aktive o roku dospeća, ili gotovinsko poravnanje.

Kod analize finansijskih instrumenata, kako osnovnih, tako i izvedenih, važno je praviti razliku između pojma cena i vrednost.

Vrednost finansijskog instrumenta jeste iznos novca koji bi bilo fer platiti za sticanje prinosa i pogodnosti koje taj instrument donosi investitoru kao kompenzaciju za rizik koji ta investicija podrazumeva.

Cena instrumenta jeste tržišna kategorija. Ona se formira na sekundarnom tržištu u procesu trgovanja instrumentom i uobičajeno je promenljiva veličina.

Kod forvard ugovora pojam forvard cena podrazumeva unapred dogovorenu i fiksiranu cenu za buduću kupovinu bazne aktive u ugovoru (npr. neke valute). Ona se ne menja za konkretan ugovor do roka njegovog dospeća. Nasuprot tome fer ili intrinzična

vrednost forvard ugovora je u trenutku ulaska u ugovorni odnos jednaka nuli (jer nema razmene novca na početku ugovornog perioda).

Na vremenskoj osi, trenutak ulaska u forvard ugovor je obeležen sa 0 . Rok dospeća je označen sa T (u godinama), dok je t neki trenutak pre roka dospeća ugovora.



Slika 1. Vremenska osa koja prikazuje životni vek forvard ugovora (Izvor: Prikaz autora)

Cena bazne aktive na spot tržištu je označena sa S_0 u trenutku 0 , sa S_t trenutku t i sa S_T o roku dospeća forvard ugovora. Forvard cena je definisana u trenutku emisije i označena sa $F(0, T)$. Vrednost forvard ugovora u trenutku t je označena sa $V_t(0, T)$.

Za dugu poziciju, vrednost forvard ugovora u trenutku emisije je jednaka razlici između spot cene bazne aktive i sadašnje vrednosti forvard cene⁵:

$$V_0 = S_0 - \frac{F(0, T)}{(1+r)^T} \quad (1)$$

Ako ovu vrednost izjednačimo sa 0 , onda se forvard cena može izraziti na sledeći način:

$$F(0, T) = S_0(1+r)^T \quad (2)$$

Pretpostavimo sada da se nalazimo u trenutku t životnog veka ugovora i da želimo da odredimo vrednost ugovora iz nekog od sledećih mogućih razloga:

- podatak o trenutnoj vrednosti ugovora nam je potreban za adekvatno upravljanje rizikom;
- računovodstvena pravila zahtevaju *poravnanje sa tržištem* za konkretan ugovor;
- tržišna vrednost ugovora nam je potrebna kako bi znali koliko jedna strana treba da plati drugoj ugovornoj strani kako bi izašla iz ugovora pre dospeća, itd.

Vrednost forvard ugovora u trenutku t pronalazi se kao razlika između spot cene

⁵ Vrednost za kratku poziciju se utvrđuje promenom znaka ispred vrednosti za dugu poziciju.

bazne aktive u trenutku t i diskontovane vrednosti forward cene u trenutku t :

$$V_t(0, T) = S_t - \frac{F(0, T)}{(1+r)^{(T-t)}} \quad (3)$$

3.1. Vrednovanje valutnih forward ugovora

Ako sa S_0 označimo direktno notiran devizni kurs (broj jedinica domaće za jednu stranu valutu), sa r^f inostranu kamatnu stopu, a sa r domaću kamatnu stopu, forward kurs u valutnom ugovoru iznosi:

$$F(0, T) = \frac{S_0}{(1+r^f)^T} (1+r)^T \quad (4)$$

Ova formula predstavlja varijaciju na temu *pariteta kamatnih stopa*. Prema teoriji pariteta kamatnih stopa, nerizične investicije na domaćem i inostranom tržištu treba da donesu isti prinos. U protivnom, postojala bi mogućnost za arbitražu.

Ako formulu (4) napišemo drugačije:

$$(1+r)^T = \left[\frac{1}{S_0} \right] (1+r^f)^T [F(0, T)] \quad (5)$$

vidimo sa leve strane jednakosti prinos na nerizičnu investiciju na domaćem tržištu, dok je sa desne strane prikazan prinos na nerizičnu investiciju na inostranom tržištu (novac se prvo pretvara u stranu valutu po tekućem kursu, potom ulaže na inostranom tržištu i konvertuje u domaću valutu po isteku investicionog perioda po forward kursu).

Jedna od implikacija pariteta kamatnih stopa jeste da će forward kurs biti viši od spot kursa, ako domaća kamatna stopa prevazilazi nivo inostrane stope i obrnuto. Kod direktne notacije, ako forward kurs prevazilazi nivo tekućeg kursa, kaže se da se stranom valutom trguje uz premiju.

Ako pretpostavimo da je obračun kamate kontinuelan, onda je:

$$r^{fc} = \ln(1+r^f) \quad (6)$$

Forward cena je u tom slučaju:

$$F(0, T) = S_0 e^{-r^{fc}T} e^{r^c T} = S_0 e^{(r^c - r^{fc})T} \quad (7)$$

Vrednost valutnog forward ugovora u trenutku t pre dospeća će, konačno, biti:

$$V_t(0, T) = \frac{S_t}{(1+r^f)^{(T-t)}} - \frac{F(0, T)}{(1+r)^{(T-t)}} \quad (8)$$

u diskretnom, i:

$$V_t(0, T) = S_t e^{-r^{fc}(t-t)} - F(0, T) e^{-r^c(T-t)} \quad (9)$$

u kontinuelnom slučaju.

4. Zaključak

Razvojem lokalnog finansijskog tržišta i posledično tržišta nestandardizovanih, a potom, i standardizovanih derivatnih instrumenata kreiraju se dodatni izvori finansiranja u odsustvu inostranih sredstava koji čine lokalni finansijski sistem otpornijim na eksterne šokove. Pomenuti instrumenti omogućavaju razdvajanje i transfer valutnog i kreditnog rizika na ona lica koja na najbolji način mogu da se od navedenih rizika zaštite.

Zahvalnica. Autor se zahvaljuje Ministarstvu prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije na finansijskoj podršci br. 179005.

Bibliografija

- [1] M. Allen, C. Rosenberg, C. Keller, B. Setser, N. Roubini. A Balance Sheet Approach to Financial Crisis. *IMF Working Paper 02/210, International Monetary Fund, Washington, 2002.*
- [2] Bank for International Settlements. Triennial Central Bank Survey – Foreign exchange turnover in April 2013: preliminary global results. 2013. www.bis.org
- [3] Bank for International Settlements. Triennial Central Bank Survey - OTC interest rate derivatives turnover in April 2013: preliminary global results. 2013. www.bis.org.
- [4] M. Goldstein and P. Turner. *Controlling Currency Mismatches In Emerging Markets*. Institute for International Economics, Washington, 2004.

Provera efikasnosti tehničkih pravila trgovine na primeru Beogradske berze

Boris Radovanov

Ekonomski fakultet Subotica, Segedinski put 9-11

e-mail: radovanovb@ef.uns.ac.rs

Aleksandra Marcikić

Ekonomski fakultet Subotica, Segedinski put 9-11

e-mail: amarcikic@ef.uns.ac.rs

Apstrakt. Ovaj rad obuhvata implementaciju tri najčešće korišćena tehničkih pravila trgovanja (pravilo pokretnih proseka, filtera i trgovanja izvan opsega) na primeru 9 akcija koje se kotiraju na Beogradskoj berzi sa ciljem komparacije performansi navedenih pravila trgovanja sa dve pasivne strategije investiranja (uvek duga i uvek neutralna pozicija). Na taj način, testira se hipoteza o efikasnom tržištu i dokazuju tvrdnje većeg broja stranih autora da su manja, nelikvidna tržišta kapitala više podložna mogućnostima arbitražnog delovanja u odnosu na veća, razvijena tržišta. Da bi se izmerile performanse pomenutih strategija trgovanja koristi se Reality Check procedura zasnovana na butstrep metodu pokretnih blokova. Ova procedura eliminiše moguće efekte pristrasnosti prilikom istovremenog merenja performansi više različitih pravila trgovanja.

Ključnereči: Tehnička pravila trgovanja, efikasnost tržišta, butstrep

1. Uvod

Tehnička pravila trgovanja se mogu svesti pod veoma rasprostranjene metode analiziranja hipoteze efikasnosti tržišta. Ova pravila se baziraju na tehničkoj analizi, koja u oblasti finansija predstavlja metodologiju analiziranja hartija od vrednosti na osnovu praćenja prethodnih tržišnih podataka. Takvo aktivno upravljanje pojedinačnim finansijskim instrumentom ili investicionim portfolijom za cilj ima da nadmaši postavljeni benchmark stope prinosa.

Tehnička pravila trgovanja se koriste radi klasificiranja svakog pojedinačnog dana t u grupu dana za prodaju, kupovinu ili neutralnu grupu, koristeći se podacima do tog dana t . Shodno tome, radi se o otkrivenom dokazu mogućnosti predviđanja cene instrumenta pod uslovom da očekivani prinosi zavise od kupiti/prodati informacije. Na razvijenim finansijskim tržištima ona se gotove bez izuzetka koriste od strane svi tržišnih učesnika. Kako navode Qi i Wu (2006), popularna

tehnička pravila trgovanja, koja koriste tekuće i prethodne podatke o cenama i prometu hartija od vrednosti na finansijskom tržištu, su vođena mehaničkim algoritmima tako da se ne očekuje da „pobede“ tržište, odnosno ostvare prinose iznad prosečnih.

Ostaje nejasno da li će profitabilnost ostvarena primenom nekog tehničkog pravila trgovanja biti značajna i van uzorka. Moguće je ispitati mnoga pravila trgovanja za dati set podataka i uvek se sa visokom verovatnoćom može izdvojiti jedno ili nekoliko sa superiornim performansama van posmatranog perioda, iako nisu pružale korisne ekonomske signale unutar uzorka. Ovaj problem se može nazvati problem snupinga podataka koji se pojavljuje kada se inicijalni set podataka koristi više puta u svrhu statističkog zaključivanja ili selekcije modela. Na ovaj način, potencijalni rezultati mogu biti plod čiste slučajnosti, a ne zasluga implementacije samih pravila trgovanja. Navedeni problem primetili su Brock i drugi (1992) testirajući više pravila trgovanja u periodu od 90 godina

dnevnih stopa prinosa Dow Jones Industrial Average indeksa. Jedan od predloga eliminacije navedenog problema jeste generisanje empirijskog rasporeda iz celokupnog seta modela, odnosno pravila trgovanja, koji vodi do strategije trgovanja sa najboljim performansama. Ova ideja potiče od White-a (2000), koji izvodi proceduru (nazvanu Reality Check) obuhvatanja pristrasnosti snupinga podataka i tako dozvoljava samo računanje testa.

Za visoko razvijena finansijska tržišta pretežno ne postoji jasna profitabilnost ostvarena primenom tehničkih pravila trgovanja, čak i na onim tržištima koja podržavaju hipotezu slabo efikasnog tržišta. S druge strane, McKenzie (2007) ukazuje da neefikasnost može biti gotovo stalna karakteristika finansijskih tržišta zemalja u razvoju, što pruža mogućnosti adekvatne implementacije tehničke analize. Marshall i drugi (2009) smatraju su da tehnička pravila trgovanja znatno efikasnija u primeni kod manjih, nelikvidnih hartija od vrednosti. Shodno tome, mlada, manje razvijena tržišta pružaju mnogo više šansi za arbitražnim delovanjem u odnosu na slična visoko razvijena finansijska tržišta (Gunasekarage i Power, 2001). Ovi autori dolaze do rezultata da na gotovo svim posmatranim tržištima u razvoju primena tehničkih pravila trgovanja značajno nadmašuju profitabilnost „naivnog“ portfolija. Nešto drugačije zaključke su izveli Fifield i drugi (2005), posmatrajući nekoliko finansijskih tržišta u razvoju zemalja Evropske Unije. Prema tome, Pauwels i drugi (2012) ukazuju da je diverzitet razvoja tržišta hartija od vrednosti više utiče na profitabilnost tehničke analize od same geografske lokacije. Ovo upućuje na potrebu ispitivanje stepena efikasnosti tehničkih pravila trgovanja i na našem tržištu hartija od vrednosti, jer se kroz analogiju sa klasterom tržišta sličnog stepena razvijenosti i geografskog okruženja ne mogu izvesti pouzdani i precizni zaključci.

2. Vrste tehničkih pravila trgovanja

Kako bi se postigli zadovoljavajući rezultati veoma je važno kreirati set prikladnih tehničkih pravila trgovanja. Postoji mnogo različitih tehničkih pravila trgovanja, ali će u ovom radu će biti opisane i analizirane tri.

1) Prvo pravilo, nazvano pravilo pokretnih sredina (Moving Average), inicira signale kupovine, odnosno prodaje kada je pokretna sredina za kraći vremenski period iznad, odnosno ispod pokretne sredine za duži vremenski period i za procenat postavljenog ograničenja b. Pokretna sredina za dan t se izračunava kao prosek cena P_t za prethodnih k dana i tekući dan.

$$MA_t^k = \frac{1}{k} \sum_{t=1}^k P_t \quad (1)$$

2) Pravilo filtera je skup neposrednih pravila kupovine ili prodaje finansijskih instrumenata zasnovanih na promenama kretanja njihovih cena u odnosu na prethodno definisani procenat.

3) Pravilo trgovanja izvan opsega (Trading Range Breakout) podrazumeva generisanje kupovnih signala kada cena finansijskog instrumenta probije nivo izdrživosti (otpora). Ovaj nivo se može definisati kao lokalni maksimum. Mnogi analitičari veruju da su investitori spremni da prodaju akcije kada su cene na lokalnom vrhuncu. Prodajni pritisci tada uzrokuju da se prethodno definisan nivo otpora na povećanje cena poveća i formira novi lokalni maksimum. Pod ovim pravilom, prodajni signali nastaju kada cene probiju nivo izdrživosti, odnosno lokalni minimum.

3. Primena butstrep metoda

Butstrep metodologija omogućuje proces simulacije raznovrsnih scenarija kako bi se bez pristrasnosti u višestrukoj upotrebi istih podataka iz uzorka izmerile relativne performanse i otkrilo najbolje tehničko pravilo trgovanja sa stanovišta stepena profitabilnosti. Butstrep procedura postiže bolju aproksimaciju navedenih statistika izvedenih iz tehničkih pravila trgovanja i donosi odluku o tome da li određeni statistički model može

na adekvatan način da objasni rezultate ovih pravila. Zbog toga, Vajtova procedura, Reality Check, se koristi za testiranje nulte hipoteze da selektovani model k ($k = 1, \dots, m$) ne poseduje moć predviđanja veću od postavljene referentne osnove, benchmark-a. Ova procedura omogućuje primenu intenzivnog traganja za odgovarajućim modelom i testira superiornost istog u odnosu na postavljeni benchmark.

Reality Check procedura izvodi performanse pravila trgovanja u odnosu na benchmark interpretiranjem prosečnih stopa prinosa kao:

$$R_{k,t} = R_t \cdot I_{k,t-1} \quad (2)$$

Gde je R_t kontinuelna stopa prinosa, a $I_{k,t-1}$ predstavlja veštačku promenljivu na osnovu signala trgovanja generisanog putem k -tog pravila trgovanja putem informacija dostupnih do vremena t . Na osnovu generisanih stopa prinosa izvode se relativne performanse pravila trgovanja k u vremenu t u odnosu na postavljenu referentnu osnovu „uvek duge“ pozicije preko izraza:

$$f_{k,t} = R_{k,t} - R_t \quad (3)$$

S druge strane, izraz relativne performanse tehničkih pravila trgovanja za benchmark „uvek neutralne“ pozicije se dobija izjednačavanjem sa stopama prinosa tehničkog pravila trgovanja k :

$$f_{k,t} = R_{k,t} \quad (4)$$

S procenom postojanja superiornog pravila trgovanja, nulta hipoteza polazi od pretpostavke da performanse najboljeg pravila ne prelaze performanse postavljenog benchmarka, odnosno:

$$H_0 : \max_{1 < k < m} (E(f_k)) \leq 0 \quad (5)$$

Odbacivanje ove hipoteze će dovesti do zaključka da najbolje tehničko pravilo trgovanja postiže bolje performanse od postavljenog benchmark-a.

Na ovim osnovama moguće je izvesti jedan iterativni postupak zasnovan na butstrep metodologiji. U prvom koraku, za svako tehničko pravilo trgovanja k izvodi se ponovno uzorkovanje relativnih performansi serije stopa prinosa $f_{k,t}$, koja se označava rezultujućom serijom $f_{k,t}^*$. Ovaj korak se ponavlja B puta na osnovu serije pokretnih blokova. Drugi korak započinje izračunavanjem prosečne vrednosti butstrep prinosa za svaki pseudo uzorak i , označen izrazom:

$$\bar{f}_{k,i}^* = N^{-1} \sum_{t=1}^N f_{k,t}^* \quad (6)$$

Treći korak podrazumeva konstruisanje sledećih statistika:

$$T_N^{RC} = \max_{1 < k < m} (N^{1/2} \cdot \bar{f}_k) \quad (7)$$

$$T_N^{RC,*} = \max_{1 < k < m} (N^{1/2} \cdot (\bar{f}_{k,i}^* - \bar{f}_k)) \quad (8)$$

U četvrtom koraku, p – vrednosti, odnosno rizik greške nulte hipoteze se izvodi komparacijom T_N^{RC} sa percentilima $T_N^{RC,*}$. Drugim rečima, p – vrednosti se izvode preko indikator funkcije gde je:

$$p = \begin{cases} 0 & \text{ako } T_N^{RC} < T_N^{RC,*} \\ 1 & \text{ako } T_N^{RC} > T_N^{RC,*} \end{cases} \quad (9)$$

4. Empirijska analiza

U svrhu demistifikacije gore navedenog problema koriste se dnevni podaci o cenama 9 akcija koje se kotiraju na Beogradskoj berzi u periodu od aprila 2010. do aprila 2015. godine, tačnije 1254 jedinice osmatranja.

Oznaka akcije	Tehničko pravilo	N(b)	N(s)	RC ₁ p-vred.	RC ₂ p-vred.
NIIS	filter 0.001	266	284	0.186	0.175
AIKB	ma (1,100)	487	615	0.085	0.043
KMBN	ma (1,200)	245	392	0.011	0.007
ENHL	filter 0.002	536	614	0.052	0.036
IMLK	filter 0.001	458	503	0.047	0.014
SJPT	filter 0.002	518	633	0.071	0.033

FITO	filter 0.001	309	363	0.041	0.035
MTLC	trb 100	66	89	0.019	0.014
GMON	filter 0.002	152	193	0.042	0.028

Tabela 1. Performanse pravila trgovanja

U tabeli 1. prikazana su odabrana tehnička pravila trgovanja za 9 akcija zajedno sa brojem emitovanih signala kupovine i prodaje ($N(b)$ i $N(s)$) u navedenom periodu, kao i p – vrednosti sprovedenog testiranja njihovih performansi. Kada je u pitanju broj emitovanih signala izražen u danima primetna je razlika kako između samih akcija tako i među vrstama pravila trgovanja. Kod većine akcija, tehnička pravila trgovanja proizvode više trgovanja sa gubicima nego sa dobitcima. Ova tvrdnja bi se mogla svesti pod podršku hipotezi efikasnog tržišta, mada su navedeni modeli trgovanja sposobni da proizvedu pozitivan prinos tokom kompletnog perioda trgovanja. Kod p – vrednosti RC_1 metodologije za „uvek dugu“ poziciju, nulta hipoteza se uz rizik greške 5% odbacuje kod 5 akcija što znači da u navedenim slučajevima aktivna strategija trgovanja nadmašuje performanse profitabilnosti strategije samo kupovanja u navedenom periodu. Nešto bolja situacija je u poređenju sa „uvek neutralnom“ pozicijom, gde odabrana pravila trgovanja kod 8 akcija pokazuju znatno bolje performanse investicione aktivnosti. Prema tome, poređenje rezultata aktivnih strategija trgovanja preko navedenih pravila i dve, može se reći, pasivne strategije trgovanja, navodi na zaključak da se na primeru tržišta kapitala naše zemlje hipoteza o efikasnom tržištu može odbaciti.

3. Zaključak

Postoje veće razlike u profitabilnosti tehničkih pravila trgovanja u odnosu na „uvek neutralnu“ poziciju, nego što je to slučaj sa „uvek dugom“ pozicijom, pre svega zbog intenziteta prisutnosti na tržištu putem ove dve pozicije. Ono što ne ide u prilog hipotezi efikasnog tržišta jeste da dobijeni rezultati

pretežno naglašavaju više performanse primene tehničkih pravila trgovanja, kao neke vrste aktivnog investiranja, u odnosu na postavljene benchmark pozicije, koje se umnogome mogu okarakterisati principima pasivne investicione aktivnosti.

Što se tiče samog izbora adekvatnog tehničkog pravila trgovanja, najveći broj butstrep procedura kroz proces ponovnog uzorkovanja navodi tehničko pravilo filtera kao najbolju soluciju, i to za nivoe dnevnih prinosa od 0,001 i 0,002. Osim toga, na razlike u broju emitovanih signala kupovine i prodaje u najvećoj meri utiče sam izbor strategije trgovanja, ali i učestalost trgovanja pomenutih akcija na domaćoj berzi.

Bibliografija

- [1] **W. Brock, J. Lakonishok, B. LeBaron.** Simple Technical Trading Rules and the Stochastic Properties of Stock Returns. *Journal of Finance*, 1992, 47, 1731-1764.
- [2] **S. Fifield, D. Power, D. Sinclair.** An Analysis of Trading Strategies in Eleven European Stock Markets. *The European Journal of Finance*, 2005, 11, 531-548.
- [3] **A. Gunasekarage, D. Power.** The Profitability of Moving Average Trading Rules in South Asian Stock Markets. *Emerging Markets Review*, 2001, 2, 17-33.
- [4] **B. Marshall, S. Qian, M. Young.** Is Technical Analysis Profitable on US Stocks with Certain Size, Liquidity or Industry Characteristics? *Applied Financial Economics*, 2009, 19, 1213-1221.
- [5] **M. McKenzie.** Technical Trading Rules in Emerging Markets and the 1997 Asian Currency Crisis. *Emerging Markets Finance and Trade*, 2007, 43, 46-73.
- [6] **M. Qi, Y. Wu.** Technical Trading-Rule Profitability, Data Snooping and Reality Check: Evidence from the Foreign Exchange Market. *Journal of Money, Credit and Banking*, 2006, 38, 2135-2158.
- [7] **H. White.** A Reality Check for Data Snooping. *Econometrica*, 2000, 68, 1097-1126.

Evaluating the Relative Efficiency of Bank Branches by Using the COOPER-Framework

Violeta Cvetkoska

*Ss. Cyril and Methodius University in Skopje, Faculty of Economics-Skopje,
Blvd. Goce Delchev 9V, 1000 Skopje, Republic of Macedonia
e-mail: vcvetkoska@eccf.ukim.edu.mk*

Abstract. The aim of the paper is to evaluate the relative efficiency of the branches of Komercijalna Banka AD Skopje in the period between 2009 and 2011 by using the COOPER-framework. In the conducted research the six phases of the framework are being followed. In the first phase (Concepts and objectives) information regarding the profile of the bank branches is gained, and the aims of the empirical study are defined, as well as the aim of using the non-parametric approach DEA. In the second phase (On Structuring data) the inputs and outputs are chosen, and the database is prepared. In the third phase (Operational models) the DEA model is specified, while in the fourth phase (Performance comparison model) the returns to scale and orientation of the model are specified. Since the number of bank branches is small, in regards to the chosen inputs and outputs, it is decided that the DEA technique Window Analysis be used for its growth. Additionally, it is in the fourth phase that the model is solved by using the software tool EMS. In the fifth phase (Evaluation) the obtained results are presented to the bank, and it is concluded that they reflect the real situation. In the last phase (Results and deployment) it is suggested in the bank to use the developed model continuously in order to improve the efficiency of the branches that are identified as relatively inefficient.

Keywords: efficiency, bank branches, COOPER-framework, DEA

1. Introduction

For the purpose of evaluating the efficiency of the branches of one of the leading banks in Macedonia, Komercijalna Banka AD Skopje, this paper utilizes the COOPER-framework, which has been suggested by Emrouznejad & De Witte [3]. Such a framework allows for facilitating the relationship between the stakeholders and the researchers through following its phases and sub-phases, with the aim of not forgetting the issues that are of vital importance in the research. The COOPER-framework consists of six phases: *Concepts and objectives*, *On structuring data*, *Operational models*, *Performance comparison model*, *Evaluation*, and *Results and deployment*, and these phases are interrelated. When the first letter of each phase is taken, it will result in the acronym COOPER (the name of the framework) that is in honor of one of the founders of the leading non-parametric methodology for measuring organizational performance–Data envelopment analysis (DEA). Referring to the evaluation of the performance of the entities, Emrouznejad & De Witte focus on the non-parametric models, or more precisely on the DEA model, but they state that the framework can be adapted to the researcher's needs, and also it can be used for a parametric project. The empirical research conducted in the bank applied the DEA

methodology, which was introduced by Charnes, Cooper & Rhodes in 1978 [1]. DEA allows evaluating the relative efficiency of entities that are homogenous (which use the same inputs to produce the same outputs), known as decision making units (DMUs), so that the empirical data are taken for the inputs that are being used and the outputs that are being produced in order to construct the efficiency frontier. Those DMUs that form the frontier are relatively efficient, while the others that are identified as relatively inefficient in order to improve the efficiency and project themselves on the efficiency frontier, the DEA methodology enables the identification of the sources of inefficiency as well as the level of inefficiency of each input, i.e. output. If the sample of DMUs is small in regards to the inputs and outputs that have been chosen, then a larger number of DMUs will form the efficiency frontier, so in order to overcome such a problem the DEA technique Window analysis can be used. By using the Window analysis the number of DMUs increases, and in the analysis of the efficiency of the DMUs the time dimension can be included. In the paper, the DEA Window analysis has been chosen as the most appropriate technique. DEA can be applied to the evaluation of the efficiency of profit and non-profit entities, and one of the most common areas of its application is

banking, more details can be found in [2]. In the reviewed literature there has not yet been found any reference to such an analysis, and this is particularly why it will leave an indelible mark. This paper is organized in the following way: the Introduction, presented in Section 1; the Use of the COOPER-Framework for Evaluating the Efficiency of Bank Branches, presented in detail in Section 2; and the Conclusion, in Section 3.

2. Using the COOPER-Framework for Evaluating the Efficiency of Bank Branches

2.1. First Phase - Concepts and Objectives

The aim of this paper is to evaluate the efficiency of the branches of Komercijalna Banka AD Skopje by using the COOPER-framework. The conducted research in the bank should provide the answer to the following questions: Why is it important for the evaluation of the relative efficiency of the branches to use the COOPER-framework? Can there be noticed any improvement of the efficiency of the bank branches in the observed period? Komercijalna Banka AD Skopje has 11 branches (Ohrid, Prilep, Strumica, Kochani, Veles, Shtip, Kumanovo, Kavadarci, Gostivar, Bitola, and Tetovo), so in order to come to information regarding their profile, an interview was conducted with the Chief Operative Officer of the bank and the Manager of the Independent Branch Network Management Department. From the given eleven branches, the first eight perform the same financial activities in the observed period (2009-2011) and they in fact present the sample of analysis, while the branches Gostivar, Bitola, and Tetovo, which started work in 2010, are exempt from the analysis. Evaluating the relative efficiency of the bank branches has been done with the non-parametric methodology DEA. If the efficiency in the banking sector is to be measured, the following approaches can be employed: production (operational), intermediation, and the profitability approach. In this paper, emphasis is placed on the intermediation approach.¹ “The *intermediation approach* captures the process in which deposits are being converted into loans” [5, p. 355]. In the first phase of the COOPER-framework the aims of the empirical research are defined, and they are: to identify

the inputs and outputs for the intermediation approach; to assess the importance of the identified inputs and outputs; to develop a suitable DEA model; and to identify the relatively efficient and relatively inefficient branches. Since this is the first research in Macedonia which employs the COOPER-framework and DEA methodology, in order to evaluate the relative efficiency of the branches of one bank, a meeting was held with the employees of the Independent Branch Network Management Department, during which they were introduced to the framework phases and the basics of DEA.

2.2. Second Phase - On Structuring Data

In order for the bank branches to be evaluated, it is necessary to identify the inputs and outputs. According to Emrouznejad & De Witte [3], the inputs and outputs can be justified through: the existing literature; managerial analysis (choosing inputs and outputs that according to the entities are thought to be the best); multivariate analysis, or ratio analysis. For determining the approach that would be used for the choice of inputs and outputs, an interview was conducted with the Manager of the Independent Branch Network Management Department, and it was decided to use managerial analysis. A list of inputs and outputs was created, on the basis of which a questionnaire was hence created,² and it was distributed to the managers of the 11 bank branches. The participants were asked to assess the importance of the inputs and outputs, by using a scale of 1 to 5 (1 signifying “the least importance”, and 5 signifying “the greatest importance”). The participants could assign the same grade for different inputs (or outputs), and if they thought the questionnaire did not contain an important input (or output), then they could add it and assess its importance. The first part of the questionnaire regarded the general socio-demographic data, while the following part included assessing the importance of the inputs and outputs. The last question in the questionnaire was of an open type, and referred to participants’ suggestions and comments. The questionnaire was sent to the participants by email, and every participant sent back the filled-in questionnaire by email. Out of 11 participants, 8 (73%) were males, while 3 (27%) were females. Regarding their age, 45% were of the age up to 50 years, while 55% were

¹ For evaluating the efficiency of the branches of Komercijalna Banka AD Skopje, when the profitability approach is used, see [10].

² For the creation of the questionnaire it was used the experience of Begicevic [6, p. XI – XIV].

over 50 years of age. In addition, regarding their level of education, all of the participants had a university education. Every participant had assessed the importance of the inputs and outputs; no one had added other inputs and outputs; and there were no additional suggestions or comments. On the basis of the collected data from the questionnaires on the inputs and outputs of the intermediation approach, the measure of central tendency—mean was calculated for each input and output, and it was used for the choice of inputs and outputs. Variables for two DEA models were chosen, and in this paper one model is presented. As inputs were chosen: deposits structure and operational costs (salary costs and material costs), while as outputs were chosen: corporate lending and lending to citizens. After collecting the data for the chosen inputs and outputs, it is of great significance to analyze whether there is missing data for any input (output), and whether there are negative values or values that equal to zero. Analyzing the collected data on inputs and outputs, it was determined that the value of the variable corporate lending is 0 for branch 8 in the first year of the observed period, while for all of the other variables the values are higher than 0. In this phase the final database was prepared in order to run the model. The data for the inputs and outputs were collected for the first time for the purpose of the research, and since they are not available to the public, they could not be published in the paper. The real names of the branch are replaced with the numbers.

2.3. Third Phase - Operational Models

There are two main categories of the models: parametric and non-parametric. The parametric models present an *a priori* specification on the production function, while the non-parametric models do not require any *a priori* specification on the production function. In this phase of the COOPER-framework, the category of non-parametric models is specified, from it, the variant deterministic model is chosen, and then data envelopment analysis is selected. For the parametric models see [11].

2.4. Fourth Phase -Performance Comparison Model

In the fourth phase, it is necessary to re-analyze the chosen inputs and outputs of the model, so as to determine whether they are the most appropriate, but starting from the way they were chosen, it was decided to use the selected

variables. Additionally, the variable returns to scale (VRS) and the output-orientation of the model were specified. Variable returns to scale means that the proportional increase of the inputs does not lead to a proportional increase of the outputs [8], while the output-oriented model has the aim of maximizing the outputs at a given level of inputs [12]. The envelopment form of the output-oriented Banker-Charnes-Cooper DEA model is presented in [9, p. 79]. Since the number of branches is small in regards to the chosen inputs and outputs (details about the number of DMUs can be found in [12, p. 116]), and the data is collected over a period of three years, in order to evaluate the relative efficiency of the bank branches, in this phase the DEA technique Window analysis is chosen. When this technique is used, each decision-making unit in a different period is observed as if it were a “different” decision-making unit, but it remains comparable in the framework of the same window [4, p. 6]. The sample consists of 8 branches ($n=8$), 3 years are taken into consideration (2009, 2010 and 2011) ($k=3$), the length of the window is 2 years ($p=2$), the number of windows is 2 ($w=2$), in each window the number of branches is 16 ($=np = 8 \times 2=16$), and the number of “different” branches is 32 ($=npw=8 \times 2 \times 2=32$). Each window covers 2 years, and they are shown below:

window 1	2009	2010	
window 2		2010	2011

The software tool EMS 1.3 is used for solving the output-oriented DEA Window analysis model with VRS assumption, more details about this tool can be found in [7].

2.5. Fifth Phase – Evaluation

The obtained results (Table 1) were presented to the Manager of the Independent Branch Network Management Department and the Department’s employees, and it was determined that they correspond with the real situation. If the efficiency result of the branch is 100%, then it is relatively efficient, otherwise, a result higher than 100% means that it is relatively inefficient. In 2009, branch 8 could not be compared to the other branches because the output corporate lending had a value zero. From Table 1 it can be noticed that only one branch (branch 6) is efficient for each year in each window, while branch 7 is identified as the least efficient in the whole observed period. Two branches (1 and 7) had improved their efficiency between 2009 and 2010.

DMUs	Efficiency results (%)			Overall efficiency	
	2009	2010	2011	by windows	by years
B1	103.63	100.00 100.00	115.86	104.87	106.50
B2	104.80	114.12 113.15	151.80	120.97	123.41
B3	100.00	109.86 100.00	116.86	106.68	107.26
B4	100.00	176.02 174.91	200.42	162.84	158.63
B5	100.00	100.82 100.00	100.00	100.21	100.14
B6	100.00	100.00 100.00	100.00	100.00	100.00
B7	215.46	203.12 194.86	201.29	203.68	205.25
B8	100.00	100.00 100.00	144.89	111.22	114.96

Table 1. Efficiency results

2.6. Sixth Phase - Results and Deployment

In the last phase of the COOPER-framework, the obtained results were presented and interpreted to the Chief Operative Officer of the bank, who confirmed as well that they reflect the real situation. In addition, for continuous improvement of the branches' efficiency, it has been suggested that the developed model be further used in the bank.

3. Conclusion

The aim of this paper was to evaluate the efficiency of the branches of Komercijalna Banka AD Skopje by using a standardized framework, namely the COOPER-framework. The success of the conducted research in the bank depended especially on following the framework's phases and sub-phases (which had been adapted to the needs of the research), as well as on the cooperation of the researcher with the bank's management. For the purpose of evaluating the efficiency of the branches, the DEA Window analysis was applied, and it was determined that the obtained results reflect the real situation. One branch was identified as being relatively efficient for each year in each window, while two branches had improved their efficiency between 2009 and 2010. By using this framework it is not only facilitated the cooperation between the researcher and the stakeholders, but also it is allowed the non-parametric evaluations to be more reliable. Also, a continuous application of the developed model has been suggested in the bank so that the inefficient branches can improve their efficiency.

References

[1] A. Charnes, W. W. Cooper, E. L. Rhodes. Measuring efficiency of decision making units.

European Journal of Operational Research, 1978, 2(6), 429 - 444.

[2] A. Emrouznejad, B. R. Parker, G. Tavares. Evaluation of research in efficiency and productivity: A survey and analysis of the first 30 years of scholarly literature in DEA. *Socio-Economics Planning Science*, 2008, 42(3), 151-157.

[3] A. Emrouznejad, K. De Witte. COOPER-framework: A unified process for non-parametric projects. *European Journal of Operational Research*, 2010, 207(3), 1573-1586.

[4] G. Savic, M. Radosavljevic, D. Ilievski. DEA window analysis approach for measuring the efficiency of Serbian banks based on panel data. *Management*, 2012, 65, 5-14.

[5] J. C. Paradi, S. Vela, Z. Yang. Assessing bank and branch performance. In: W. W. Cooper, L. M. Seiford and J. Zhu (eds.), *Handbook of Data Envelopment Analysis*, Kluwer Academic Publishers, Boston, 2004, pp. 349-400.

[6] N. Begicevic. *Multicriteria decision making models for strategic planning of e-learning implementation*. Doctoral Dissertation, University of Zagreb, Faculty of Organization and Informatics, Varazdin, Croatia, 2008.

[7] Scheel, H. EMS: Efficiency Measurement System, 2000. Retrieved from <http://www.wiso.uni-dortmund.de/lsg/or/schell/ems/>

[8] Thanassoulis, E. Introduction to the theory and application of data envelopment analysis: A foundation text with integrated software, Kluwer Academic Publishers, Boston, 2001.

[9] V. Cvetkoska, P. Barisic. Measuring the efficiency of certain European countries in tourism: DEA window analysis. In *Book of Proceedings of International May Conference on Strategic Management – IMKSM 2014*, 23-25 May 2014, Bor, Serbia, 2014, pp. 77-86.

[10] V. Cvetkoska. Using DEA window analysis to evaluate the efficiency of bank branches within one bank. *International Journal of Business and Management Tomorrow*, 2013, 3(10), 1-6. Retrieved from www.ijbmt.com

[11] W. Greene. *Econometric Analysis*, 6th ed. Prentice Hall, 2008.

[12] W. W. Cooper, L. M. Seiford, K. Tone. Data envelopment analysis: A comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software. (2 ed.), Springer Science + Business Media, LLC, New York, 2007.

BUDŽET KAO FINANSIJSKI INSTRUMENT ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE

dr Rade Žugić

Ministarstvo odbrane RS, Gardijska 15, Beograd

e-mail: r.zugic@email.adresa

dr Milorad Zekić

Centar za ekonomska i finansijska istraživanja, Beograd

e-mail: m.zekic22@gmail.com

Apstrakt. Instrumenti finansiranja zaštite životne sredine predstavljaju sve značajnije pitanje savremenih javnih finansija. Tako da se finansiranje zaštite životne sredine javlja kao jedan od osnovnih zadataka svake savremene države. Fokusrajući se na finansijsku instituciju kakva je budžet možemo predstaviti stepen potreba i mogućnosti zadovoljenja osnovnih potreba u vezi uspostavljanja i funkcionisanja sistema zaštite životne sredine.

Koristeći statističke metode predstavimo uzročno posledične odnose između elemenata sistema zaštite životne sredine i njihovog finansijskog uporišta u ekonomskoj moći države u savremenim uslovima na promeru Republike Srbije.

Ključne reči: budžet, zaštita životne sredine, finansiranje

1. Uvod

Finansiranje zaštite životne sredine predstavlja jedno od najvažnijih pitanja svake savremene države. Finansijska institucija kao što je budžet predstavlja veliki oslonac zadovoljenja potreba za novcem u vezi sa tim.

S obzirom da se zaštita životne sredine finansira pored nekoliko izvora finansiranja, kao što su finansiranje iz sektora privrede, prihoda od naknada i izvora međunarodnih donacija, u najvećoj meri iz budžeta Republike Srbije, u radu ćemo obraditi upravo finansiranje zaštite životne sredine iz budžeta Republike Srbije.

Važnu ulogu u zaštiti životne sredine ima Agencija za zaštitu životne sredine koja svojim statističkim podacima u velikoj meri utiče na odgovorno ponašanje pravnih i fizičkih lica kao velikih zagađivača životne sredine. To za posledicu ima domaćinski odnos prema zaštiti životne sredine što se pozitivno odražava na društvo u celini. Zbog toga je neophodna pozitivna korelacija između izdvajanja finansijske institucije kao što je budžet i

sektora privrede koji uzajamnim delovanjem mogu u velikoj meri da doprinesu zaštiti životne sredine. Takođe, neophodno je da se glavni teret finansiranja zaštite životne sredine premesti sa budžeta Republike na zagađivače i namenske fondove za zaštitu životne sredine.

S obzirom da Republika Srbija ima projektovan cilj u vezi sa priključenjem Evropskoj Uniji (EU) neophodno je usaglašavanje, kako načina finansiranja tako i modela zaštite životne sredine uopšte. Zbog te činjenice, ne možemo a da ne dotaknemo budžet zemalja EU kao i udeo u njihovom BDP (domaći bruto proizvod) za finansiranje zaštite životne sredine.

2. Metode istraživanja

U radu koristimo metodu korelacije kako bi utvrdili odnos stanja i strukture rashoda finansiranja iz budžeta i pojedinačnih činilaca zaštite životne sredine u Republici Srbiji. U cilju sagledavanja ekonomskih činilaca i načina finansiranja budžetskog dela zaštite životne sredine

sa jedne strane i elemenata zagađivanja zaštite životne sredine koristićemo različite analitičke pokazatelje. Jedna od osnovnih varijabli je BDP i budžet Republike Srbije biće polazna veličina razmatrana u ovom istraživanju. Pored toga koristiće se i odnosi između budžetskih aproprijacija koje predstavljaju udele na rashodnoj strani budžeta [1] opredeljene za namene finansiranja izdataka zaštite životne sredine što je ujedno pokazatelj udela rashoda u ukupnoj državnoj potrošnji kao sastavnom delu GDP-a.

Kao mera stanja zaštite životne sredine koriste se pokazatelji količine otpadnih voda iz industrije u hiljadama kubika, količina prečišćene otpadne vode u hiljadama kubika i godišnjoj količini otpada u Srbiji. [2] Ovi pokazatelji upućuju na stepen ulaganja industrije u zaštitu životne sredine u odnosu na izdvajanje iz budžeta za zaštitu životne sredine.

U radu koriste se podacima Narodne banke Republike Srbije, Agencije za zaštitu životne sredine, Zavoda za statistiku Republike Srbije, period od 2010. do 2014. godine.

Za potrebe istraživanja koristili smo model $GDP=C+G+I+X-M$, rashodnog metoda utvrđivanja

BDP u kome C označava ličnu potrošnju, G javnu potrošnju, I investicije, X izvoz, a M uvoz [3].

U toku istraživanja primenili smo model korelacije Pirsonovog koeficijenta $r_{xy}=C_{xy}/SD_x \cdot SD_y$, gde C_{xy} označava kovarijansu, a $SD_x \cdot SD_y$, proizvod standardnih devijacija h i y. [4]

Kako bi izvršili procenu vrednosti u narednom periodu zavisno od ekonomskih kretanja koristili smo metodu vremenskog linearnog trenda $\hat{y} = b_0 + b_1x$, gde \hat{y} predstavlja linearnu funkciju, b_0 (prosek) i b_1 (srednji apsolutni porast) predstavljaju ocene parametara, a x predstavlja podatke vremena. [5] Za izračunavanje ocene parametara trenda koristi se metod najmanjeg kvadrata.

3. Rezultati istraživanja

U istraživanju polazeći od podataka koje smo prikupili i metoda koje primenjujemo izvršili smo statističku pripremu podataka radi mogućnosti njihove obrade.

Tabela 1. Finansijski pokazatelji u Republici Srbiji u milionima dinara

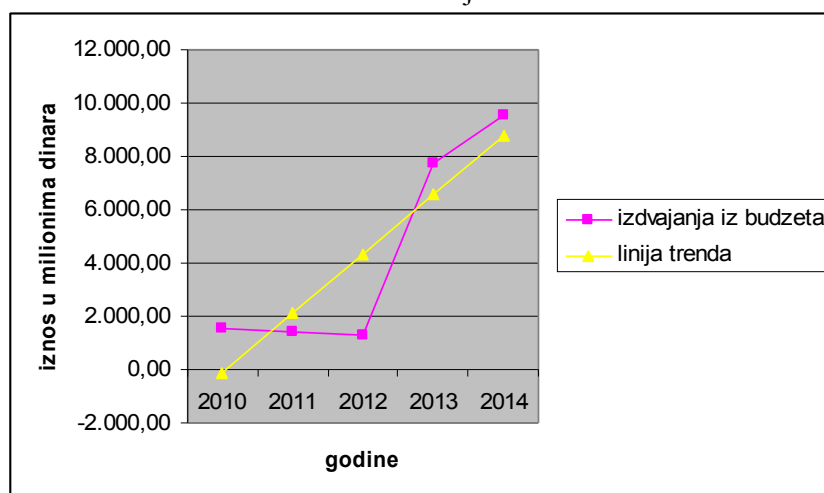
Godina	Budžet Republike Srbije	Izdvajanja iz budžeta za ZŽS	Subvencije iz budžeta RS za zaštitu životne sredine	Subvencije za ponovnu upotrebu i ikorišćenje otpada kao sekundarne sirovine	Količina prečišćene otpadne vod e	Pokazatelji industrijske proizvodnje u Srbiji
1	2	3	4	5	6	7
2010	714.823,84	1.571,34	385,00	0	>6,3 %	2,50%
2011	804.947,31	1.438,53	361,00	0	>16,4 %	2,20%
2012	824.481,00	1.321,52	380,00	0	>7,3 %	-2,90%
2013	965.700,00	7.771,98	444,84	200,00	<3,7 %	5,50%
2014	929.902,00	9.537,05	630,00	300,00	>8,6 %	-5,50%

Izvor: http://www.nbs.rs/export/sites/default/internet/latinica/80/realni_sektor/SBRS01.xls, <http://www.mfin.gov.rs/pages/issue.php?sf=6&id=1578>

Izvršili smo analizu budžeta Republike Srbije (h) i izdvajanja iz budžeta Republike Srbije za zaštitu životne sredine (u). Primenom PEARSON-OV metode korelacije ustanovili smo da vrednost korelacije iznosi, $r_{xy}=0.86$ što spada u jako pozitivnu korelaciju.

Ukoliko iz predhodne tabele kao pojavu (h) uzmemo izdvajanja iz budžeta Republike Srbije za projektovane godine (2010-2014), a kao pojavu (u) subvencije iz budžeta RS za zaštitu životne sredine, primenom PEARSON-OV metode korelacije ustanovili

Grafikon 1. Izdaci za finansiranje zaštite životne sredine



Izračunavanjem vremenskog linearnog trenda došli smo do modela linearnog trenda $\hat{y} = 4,328.08 + 2,226.49x$, gde je prosek u posmatranom periodu kapitalnih rashoda 4,328.08 miliona dinara, a srednji apsolutni rast u predstavljenom periodu 2,226.49 miliona

dinara. Izračunavanjem vrednosti trenda za 2020. godinu došli smo do rezultata od 22,139.99 miliona dinara.

4. Diskusija

Analizirajući dobijene rezultate može se zaključiti da su ukupan budžet i izdvajanja iz budžeta Republike Srbije za zaštitu životne sredine, povezani u jako pozitivnoj korelaciji, što znači da u ovom slučaju rastom budžeta Republike Srbije, raste i izdvajanje iz budžeta za zaštitu životne sredine.

smo da je vrednost koeficijenta korelacije iznosi $r_{xy}=0.88$ što spada u jako pozitivnu korelaciju.

Primenom PEARSON-OVE metode korelacije ustanovili smo da je vrednost koeficijenta korelacije, analizom (h) izdvajanja iz budžeta Republike Srbije za zaštitu životne sredine i (u) količine otpadnih voda iz industrije, $r_{xy}=0,38$ što znači da je koeficijent korelacije u slabo pozitivnoj korelaciji.

Povezanost ove dva parametra, na prvi pogled, deluje pozitivno i optimistično za zaštitu životne sredine, jer izdvajanja Republike iz budžeta za zaštitu životne sredine prati i rast budžeta. Dugoročno na finansiranje zaštite životne sredine ne sme se gledati kao na trošak države već kao na investiciju u budućnost. Ta investicija bi mogla da se ogleda u izgradnji projekata kao što su izgradnja parkova prirode, banja i sportskih terena. Ovakvim ulaganjem u finansiranje zaštite životne sredine u velikoj meri bi moglo da rastereti državni budžet, a formiranjem fondova zaštite životne sredine finansiranje zaštite životne sredine bi bilo u velikoj meri nezavisno.

Još jedan važan nedostatak finansiranja zaštite životne sredine iz budžeta Republike Srbije je u tome što ona zavisi od ekonomske snage budžeta i ekonomske moći budžetskih korisnika. To znači da stanje i stepen zagađenosti životne sredine, koja utiče na zdravstveno stanje stanovništva, a kojoj je

glavni izvor finansiranja budžet, zavisi isključivo od ekonomske snage jedne države. Formiranjem fondova za zaštitu životne sredine i pomenutim načinom finansiranja u vidu investicija u zaštitu životne sredine, imali bismo finansiranje zaštite životne sredine sa znatno manjim oslanjanjem na budžet Republike, koji bi bio u velikoj meri nezavisan od trenutnog ekonomskog stanja države.

Kao što je pomenuto najveći deo sredstava za zaštitu životne sredine dolazi iz budžeta Republike s toga je neophodno inspirisati zagađivače da preuzmu glavni teret finansiranja zaštite životne sredine. Zato je potrebna pojačana budnost i ozbiljniji rad državnih nadzornih institucija u vidu pojačanih inspekcija i kontrola poštovanja zakona o zaštiti životne sredine.

Još jedan važan faktor u zaštiti životne sredine je porast subvencija iz budžeta Republike Srbije a naročito subvencija za ponovnu upotrebu i korišćenje otpada kao sekundarne sirovine. Analiza nam govori da su i ova dva predmeta upoređivanja, izdvajanja iz budžeta Republike Srbije i subvencije iz budžeta Republike Srbije za zaštitu životne sredine, povezani u srednje pozitivnoj korelaciji, što znači da je porastom izdvajanja iz budžeta Republike Srbije rasle i subvencije iz budžeta. Savremeno uređene države u procesu zaštite životne sredine veliku pažnju daju na reciklaži sekundarnih sirovina i vraćanje u ponovnu upotrebu u istom ili drugom obliku. Zbog toga na otpad treba gledati kao na sekundarnu sirovinu iz koje se reciklažom proizvode određeni proizvodi neophodni društvu. Reciklažom sekundarnih sirovina, pored osnovnog značaja zaštititi i očuvanje životne sredine, dobijamo znatno jeftiniju proizvodnju određenih proizvoda, jer sirovina već postoji i nije potrebno izdvajanje za nabavku, a iz tabele se vidi jedna pozitivna i optimistična slika u vidu subvencionisanih ulaganja u ponovnu upotrebu i ikorišćenje otpada kao sekundarne sirovine.[6]

Izdvajanja iz budžeta Republike Srbije za zaštitu životne sredine i količine otpadnih voda iz industrije, su u slabo pozitivnoj korelaciji, što znači da rastom izdvajanja iz budžeta Republike Srbije, količina otpadnih

voda iz industrije neznatno opada. To nam govori da je rast industrijske proizvodnje u Srbiji stagnirao ili opadao. Na osnovu ovih pokazatelja za očekivati je da bi procenat prečišćene vode iz industrije rastao zbog manje količine otpadnih voda. Iz tabele se vidi da nije tako i da je procenat prečišćene vode iz industrije opadao.

Takođe, ako sagledamo činjenicu iz predhodne analize i pokazatelje iz tabele da procenat prečišćene vode iz industrije iz godine u godinu opada, možemo da zaključimo da je ulaganje industrije u smanjenju zagađenja i čistije tehnologije zaštite životne sredine nedovoljne. Primerom procenta prečišćene vode iz industrije, jasno se vidi koliko je neophodno ulaganje, pored izdvajanja iz budžeta Republike, ulaganje i glavnih zagađivača životne sredine a to je industrijska proizvodnja u zaštitu životne sredine.

Vremenskim linearnim trendom smo prikazali trend kretanja izdvajanja iz budžeta Republike Srbije, modelom linearnog trenda, kroz vremenski period od 2010. godine do 2014. godine. U dijagramu, izdvajanja iz budžeta Republike Srbije i model linearnog trenda, se vidi da je trend izdvajanja iz budžeta za zaštitu životne sredine rastao.

Primenom vremenskog linearnog trenda za predviđanje izdvajanja iz budžeta Republike Srbije za 2020. godinu, došli smo do rezultata da, ako bi se rast izdvajanja iz budžeta nastavio to bi predstavljalo veliki problem i opterećenje za budžet Republike Srbije. Veliki deo budžetskih sredstava bi odlazio na zaštitu životne sredine što bi u velikoj meri moralo da se odrazi na neku drugu oblast finansiranja iz budžeta Republike Srbije.

5. Zaključak

Dinamika našeg društveno ekonomskog razvoja zahteva primenu savremenih tehničko-tehnoloških sistema koji će moći umanjiti zagađenje životne sredine. Za te potrebe neophodno je izdvojiti određene investicije, što predstavlja problem većine nerazvijenih zemalja. Pomenuli smo da finansiranje zaštite životne sredine predstavlja jedno od najvažnijih pitanja kada govorimo o zaštiti

životne sredine, jer se finansira iz više izvora kao što su: finansiranja iz sektora privrede, prihoda od naknada i izvora međunarodnih donacija, u najvećoj meri iz budžeta Republike Srbije.

Najveći problem, potkrepljen validnim podacima, predstavlja to što se u najvećoj meri zaštita životne sredine finansira iz budžeta.

Finansiranje u zaštitu životne sredine treba da bude konstantno i kvalitetno. Međutim ovakvo finansiranje nije moguće jer finansiranje zaštite životne sredine zavisi od ekonomske snage budžeta i ekonomske moći budžetskih korisnika. Možemo zaključiti da je potrebno usmeravanje finansijskog sistema ka fondovskim sistemima.

U očuvanje životne sredine potrebno je uključiti sve elemente društvenog sistema, a u prvi red treba svrstati najveće zagađivače kao što je industrijska proizvodnja. Takve zagađivače treba inspirisati da svojim ulaganje poprave i daju jednu ključnu notu u očuvanju i zaštiti životne sredine. Takvim odgovornim odnosom, ne samo da bi se očuvala životna sredina, već bi budžet Republike bio rasterećeniji.

Finansiranje zaštite životne sredine jako je važan činilac u zaštiti životne sredine. Visokim izdvajanjem iz budžeta država je pokazala jedan nivo odgovornosti ali ne i

rešenje za konstantno i nezavisno finansiranje zaštite životne sredine. S tim u vezi potrebno je zainteresovati ključne zagađivače da svojim finansijskim delovanjem preuzmu deo finansiranja zaštite životne sredine i time smanje izdvajanja uz budžeta. Ni jedna od ovih elemenata kratke retrospektive ne može biti zadovoljena i realizovana ako se svest ljudi, kao i svih društvenih činilaca, o zaštiti životne sredine u potpunosti ne usredsredi ka očuvanju prirodne sredine.

Bibliografija

- [1] **Dž. E. Stiglic**, Ekonomija javnog sektora, prevod, Ekonomski fakultet, Beograd, 2008.
- [2] **M. Radičić, Raičević B**, Javne finansije : teorija i praksa, Data status, Beograd, 2011.
- [3] **M. Burda, Viploš Č**, Makroekonomija : evropski udžbenik, prevod 5. izd., Ekonomski fakultet, Centar za izdavačku delatnost, Beograd, 2012.
- [4] **M. Žižić, Lovrić M, Pavličić D**, Metodi statističke analize, Centar za izdavačku delatnost Ekonomskog fakulteta, Beograd, 2007.
- [5] **Z. Mladenović, Nojković A**, Primenjena analiza vremenskih serija, Centar za izdavačku delatnost Ekonomskog fakulteta, Beograd, 2015.
- [6] **O. Novitović, Randjić D, Novitović A**, Zaštita životne sredine, Uzice, 2009.
- [7] http://www.nbs.rs/export/sites/default/internet/latinica/80/realni_sektor/SBRS01.xls
- [8] <http://www.mfin.gov.rs/pages/issue.php?sf=6&id=1578>

GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS (GIS)

Podaci GIS u rudarskim istraživanjima

Mladen Z. Amović

Univerzitet u Banjoj Luci, Arhitektonsko-*građevinsko-geodetski fakultet*, *Vojvode Stepe Stepanovića 77/3*,
78000, Banja Luka
e-mail: mamovic@agfbl.org

Slavko S. Vasiljević

Univerzitet u Banjoj Luci, Arhitektonsko-*građevinsko-geodetski fakultet*, *Vojvode Stepe Stepanovića 77/3*,
78000, Banja Luka
e-mail: svasiljevic@agfbl.org

Radenko I. Višnjic

Univerzitet u Banjoj Luci, Arhitektonsko-*građevinsko-geodetski fakultet*, *Vojvode Stepe Stepanovića 77/3*,
78000, Banja Luka
e-mail: rivisnjic@gmail.com

Miodrag D. Regodić

Univerzitet odbrane, Vojna akademija, Pavla Jurišića Šturma 1, 11000 Beograda
e-mail: mregodic62@gmail.com

Dragoljub J. Sekulović

Univerzitet odbrane, Vojna akademija, Pavla Jurišića Šturma 1, 11000 Beograda
e-mail: sekulovicdr@yahoo.co.uk

Apstrakt. Primjenom geoinformacionih sistema (GIS) u rudarstvu, razvile su se nove metode projektovanja rudnika površinskih i podzemnih kopova, koje se značajno razlikuju od tradicionalnih metoda. Rudarstvo Republike Srpske, poslednjih godina, prolazi kroz različite promjene s ciljem najpovoljnijeg iskorišćavanja rudnih bogatstava sopstvene teritorije. Pritisak konkurencije i novih zakonskih regulativa uslovljava upravljanje resursima i elementima sistema rudarskog kopa na jedan efikasniji i odgovorniji način. To zahtjeva pristup informacijama zasnovanim na geografski distribuiranim elementima i operacijama. U današnjem konkurentnom svijetu, uspješno upravljanje sistemom zahtjeva maksimum od svih resursa, ljudi, opreme i informacija. Koristeći GIS za integraciju geografskih informacija sa drugim relevantnim podacima dobijamo sistem potpuno funkcionalan i efikasan za obavljanje eksploatacije u rudarskim kopovima po najvišim standardima.

U radu je prikazana podrška GIS-a gdje se geoprostorni podaci koriste za projektovanje i izračunavanje količina rudarskih kopova. Na primjeru površinskog kopa „Buvač”, Rudnika Omarska, dat je prijedlog objedinjavanja geoprostornih podataka sa podacima rudarskih istraživanja, s ciljem projektovanja sistema upravljanja rudarskim kopovima u stvarnom vremenu.

Ključne reči: geoprostorni podaci, upravljanje rudnikom površinskog kopa, objedinjavanje geoprostornih i rudarskih podataka, Surpac, Apache Software.

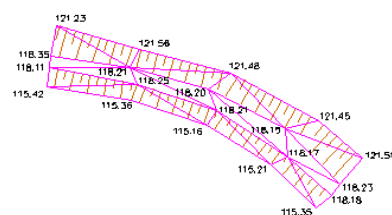
1. Uvod

Primjerna informacionih tehnologija u upravljanju rudarstvom obuhvata funkcionalnu međuzavisnost planiranja, analiziranja, projektovanja, nadziranja, odlučivanja i povratnog djelovanja, kroz povećanje proizvodnje, produktivnosti, pouzdanosti, sigurnosti rada i operativnosti. Ovakav pristup vodi ka informaciono-upravljačkim sistemima višestepene hijerarhijske logike, sa ugrađenim funkcijama vještačke inteligencije i visokom nadzorno-upravljačkom efikasnošću [1]. Računarski programi za određivanje i optimizaciju granica površinskog kopa i deponija kao i planiranje iskorišćavanja nalazišta rude, predstavljaju osnovu za upravljanje površinskim kopovima. Modelovanje rudarskog kopa vrši se pomoću digitalnih model terena (DMT) i objedinjavanja geoprostornih i podataka rudarskih istraživanja [2].

2. Metode modelovanja i projektovanja u rudarstvu

U geodeziji, DMT se najčešće obrazuje na osnovu prostornog položaja detaljnih tačaka geodetskog premjera i/ili strukturnih linija između njih. Površni DMT dobijaju se matematičkim modelovanjem splajn funkcijama [3], na osnovu interpolacija i aproksimacija. Kada se koristi interpolacija, tada definisanoj krivoj ili površi pripadaju poznate detaljne tačke, a kada se primjenjuje aproksimacija tada definisanoj krivoj ili površi tačke ne pripadaju, ali su im bliske [4]. U praksi, definisanje geometrije zakrivljene površi vrši se interpolacijom Hermit-ovom otvorenom periodičnom V krivom.

DMT izrađen je TIN strukturom podataka. Nepravilna mreža trouglova (TIN) sastoji se od nezavisnih trouglova, sa različitim razmakom između tačaka. TIN površ je neprekidna jer je svaki pojedinačni ravni trougao definisan koordinatama i visinama tjemena. Pri obrazovanju TIN DMT mora se posvetiti posebna pažnja međusobnom povezivanju zajedničkih tačaka (Slika 1).



Slika 1. TIN osnova na primjeru kopa Buvač

DMT rudarskih površinskih kopova, modeluju se, najčešće, tačnijim metodama interpolacije i aproksimacije linija i površi kojima pripadaju tačke detaljnog premjera [5].

2.1. Računanje zapremina metodom vertikalnih presjeka

Metoda se zasniva na vertikalnim presjecima, gdje se tačke linije terena interpoluju u presjeku grid sa TIN mrežom. Presjeci se mogu orijentisati u pravcu X ili Y ose, državnog koordinatnog sistema.

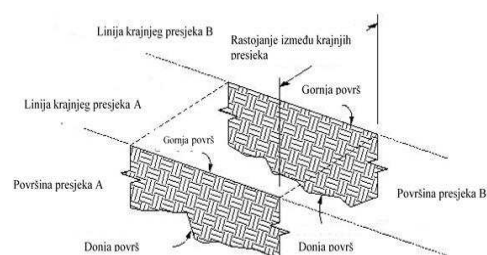
Zapremina V prizmatoida, računa se pomoću izraza,

$$V = \frac{P_1 + P_2}{2} \cdot L \quad (1)$$

gde su:

L , rastojanje između vertikalnih presjeka,
 P_1, P_2 , površine vertikalnih presjeka.

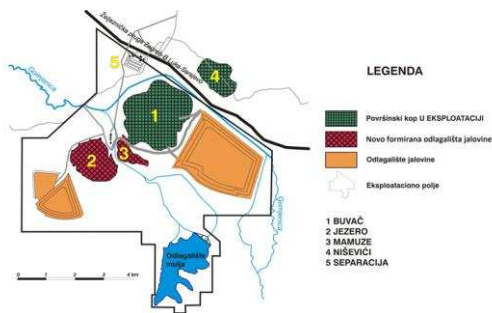
Računanje zapremine, preko odabranih tačaka uzdužnog profila, svodi se na interpolaciju visina tačaka u presjeku linije uzdužnog profila sa linijom TIN DMT. Kada se izvrše sve interpolacije, program Surpac računa površinu između dvije polilinije koje predstavljaju dvije vertikalne površi (Slika 2).



Slika 2. Metoda vertikalnih presjeka

2.2. Geografski položaj rudarskog površinskog kopa „Buvač“

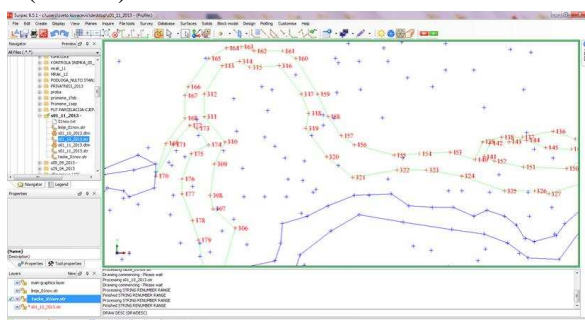
Površinski kop „Buvač“ pripada rudniku Omarska, u okviru sjeveroistočnog dijela Sanskog paleozoika, odnosno Ljubijske metalogenetske oblasti. Područje oblasti



Slika 3. Eksploataciono polje rudnika Omarska Ljubija obuhvata površinu od oko 1 200 km². Eksploataciono polje rudnika željezne rude Omarska, trenutno čini samo površinski kop „Buvač“ (Slika 3). Ranije je vršena eksploatacija na još dva površinska kopa „Jezero“ i „Mamuze“, koji sada služe za odlaganje jalovine rude željeza.

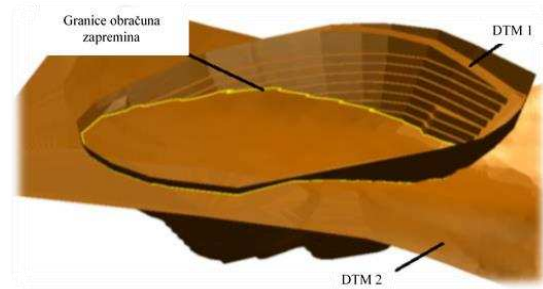
2.3. Izrada DMT i računanje zapremine masa rude u programu Surpac

DMT je matematička predstava zemljišta Zemljine kore. Obrazuje se ravnim trouglovima (facetama) čija su tjemena detaljne tačke prikupljene geodetskim premjerom zemljišta i unesene i zapisane u string fajlu. Rezultat ovakve izrade DMT je skup nezavisnih trouglova tačaka na string-ovima. DMT su sastavljeni od trouglova, sa svakom tačkom trougla uparenim do tačke u originalnom stringu. Kada se definiše objekat, dodijeli mu se broj i broj trougla, čime je definisana grafika DMT iz string fajla (Slika 4).



Slika 4. Dobijeni DMT u interfejsu programskog paketa Surpac

Granica obračuna zapremine masa rude, na osnovu kojih se računa, uspostavlja se automatski, na osnovu dva DMT-a i sačuvana u string fajlu (Slika 5). Stanje geodetskog premjera prije početka eksploatacije dobijena je skeniranjem i digitalizacijom katastarsko-



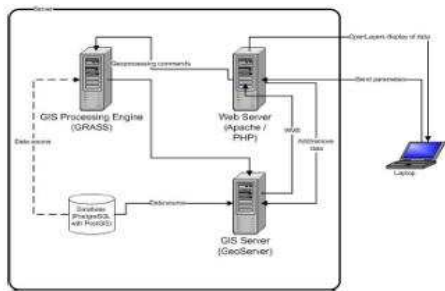
Slika 5. DMT 1 i DMT 2 površinskog kopa Buvač za potrebe proračuna zapremine masa topografskih planova za područje na kome se nalazi površinski kop.

Na površinskom kopu (PK) „Buvač“ premjerene su promjene na etažama: E-100, E-110, E-120, E-130, E-140 i E-150 sa 1 200 detaljnih tačaka. Zapremine mase rude, za period od 01.10.2013. god. do 01.11.2013. god., sračunate su pomoću dva DMT-a u programu Surpac i za navedeni period iznose:

- zapremina nasute mase.....50 089 m³
- zapremina otkopane mase.....719 042 m³
- zapremina ukupne neto mase.....668 953 m³.

2. Geoprocuisiranje i sistemska integracija sa geoserverom

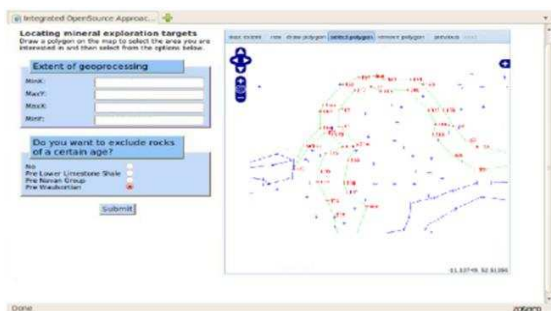
Glavni cilj kreiranja aplikacije je stvaranje integrisanog sistema koji obrađuje skupove geopodataka, koje je odredio korisnik, i koji ukazuju na rudarska istraživanja izabranog područja. U tu svrhu potrebna je obrada podataka u GIS-u. Proširenjem koda, mnoge varijable i skupovi podataka mogu se uvesti u geoprocuisiranje [6]. Na primjeru ovog sistema u okviru layer-a integrisani su geoprostorni i geološki podaci i DMT površinskog kopa. GIS procesuisanje layer-a treba da: obilježi područje procesuisanja; da kreira vektor koji odgovara svim slučajevima objekta naznačenim u redu; da odredi koji podaci će biti ekstraktovani i gdje na osnovu korisničkog zahtijeva; dinamički kreiranim u PHP korisničkom unosu; kolone tipa integer transformisati iz vektora u raster; za vizuelizaciju karte kreira se klasifikacijska šema gdje se koristi raspon vrijednosti od najviše do najniže; reklasifikuje raster i eksportuje ga u odgovarajuću .gdal bazu podržanu kao GeoTiff (Slika 6).



Slika 6. Arhitektura prikazanog sistema

Informaciona tehnologija konfigurise se da omogući međusobno komuniciranje i nesmetan protok podataka kroz sistem [7].

Korisnik ovog web orijentisanog GIS-a komunicira preko web browsera sa Apache-om, koji zahtijeva i prima podatke sa GeoServer-a. Baza podataka je obezbjeđena u PostGIS-u, a geoprocesuiranje i izrada DMT, u Surpac-u. Ova servisno-orijentisana aplikacija integriše podatke poslate sa geoservera da obezbjedi krajnjem korisniku georeferencirane karte koje će prikazivati tematske slojeve na osnovu rudarskih istraživanja datih atributima iz PostgreSQL-a [8]. Automatizacija komponenti sistema obezbjeđena njegovom arhitekturom. Automatizacija se odvija u sistemu iz PostGIS-a u Surpac pa onda kroz .gdal bazu na GeoServer. GeoServer ima sposobnost da interpretira aplikaciju kao jednostavnu web stranicu u HTML, CSS i JavaScript jeziku [9]. GeoServer kroz Apache koristi WMS za prikaz geoprostornih podataka, na osnovu čega je omogućena i korisnička interakcija sa sistemom. Apache renderuje HTML i PHP stranice za krajnje korisnike i kreira OpenLayer. OpenLayer-i koji su kreirani pružaju mogućnost da JavaScript biblioteke klijentskog softvera budu uključene u renderovanje sadržaja stranica (Slika 8).



Slika 8. Kreirani OpenLayer u Apache softveru površinskog iskopa „Buvač“

3. Zaključak

Praktično matematičko modelovanje podataka GIS u rudarstvu, obuhvata: analizu geoprostornih podataka, izradu DMT-a, proračun masa, integraciju dobijenog modela u odgovarajuću .gdal biblioteku i kreiranje web aplikacije. Istraživanja, u ovom radu, obuhvatila su primjenljivost rezultata matematičkog modelovanja u geometrijskom, geomorfološkom i infrastrukturnom modelu, u integraciji različitih tipova podataka u kreiranju interaktivnih web aplikacija koje će omogućiti integraciju i obradu različitih tipova podataka u realnom vremenu. Da bi se dostigli postavljeni ciljevi, potrebno je ispuniti dodatne predušlove i/ili izvršiti istraživanja:

- uključivanje novijih i poboljšanih rezultata mjerenja (npr. snimanje bespilotnim letjelicama površinskih kopova);
- najsavremenija informatička podrška koja objedinjava geoprostorne i podatke rudarskih istraživanja (npr. Surpac i sl.);
- proširenje koda aplikacije koji će omogućiti i druge analitičke obrade različitih podataka u web aplikaciji i u stvarnom vremenu.

Ovako će se omogućiti efektivnije djelovanje u samom upravljanju površinskim kopovima kao i praćenje stanja u stvarnom vremenu, korišćenjem jednostavne aplikacije.

Bibliografija

- [1] **M. Chindo**. An Extensive Analysis of Mining in Nigeria Using a GIS, *Journal of Geography and Geology*, Vol. 3, No. 1, 2011, UK, pp. 3-12.
- [2] **M. Karimi , M.J. Valadan Zoej**. Mineral potential mapping of copper minerals with GIS. Commission WG IV/1, Teheran, Iran, 2011, pp. 1-6.
- [3] **Amović, Z. M., Vasiljević, S. S., Višnjić, I. R.** GIS u predviđanju poplava područja Grada Bijeljine, IV *Međunarodni Kongres „Inženjerstvo, ekologija i materijali u procesnoj industriji“*, Jahorina, 2015, pp. 839-849.
- [4] **International Atomic Energy Agency**. Spatial data integration for mineral exploration, resource assessment and environmental studies, Vienna, 1994.
- [6] **P. Schut**. Opengis web processing service. OGC Standard OGC 05-007r7, Open Geospatial Consortium Inc., 2001.
- [7] **F. O'Connor**. Locating Mineral Exploration Targets using a Geographical Information System. IEEE Conference on Communication, Science & Information Engineering (CCSIE 2011), 2011.
- [8] **ERD**: <http://curl.haxx.se/>. Juli 2015.

Integracija GIS-a i višekriterijumske tehnike u vrednovanju manevarske pogodnosti zemljišta

Ljubomir Gigović

*Vojna akademija
e-mail: gigoviclj@gmail.com*

Miodrag Regodić

*Vojna akademija
e-mail: mregodic62@gmail.com*

Miodrag Kostić

*Vojnogeografski institut
e-mail: kmiodrag@ikomline.net*

Apstrakt: U radu je prikazan model kombinovanja GIS-a i višekriterijumske tehnike za podršku odlučivanju u cilju vrednovanje manevarske pogodnosti zemljišta. Na osnovu izabranih kriterijuma, definisane su rasterske mape pogodnosti u GIS-u, a zatim su određeni težinski koeficijenti kriterijuma pomoću AHP-a. Primenom ponderisane linearne kombinacije (WLC), dobija se „otežana mapa“ pogodnosti čije su vrednosti rasterskih ćelije skalirane u odnosu na uslove prohodnosti. Predložena metoda i rezultati ovog rada su praktično testirani na primeru južnog Banata.

Ključne reči: GIS, višekriterijumska tehnika, manevarska pogodnost, vojna geografija

1. Uvod

Reljef je najznačajniji element fizičke dimenzije operativnog prostora. Posmatrano sa vojnog aspekta, reljef ima veliku ulogu u izradi zaklona, utiče na borbeni raspored, određuje prohodnost, a i pruža velike mogućnosti za orijentaciju u prostoru. Analiza manevarske pogodnosti operativnog područja ima ključnu ulogu za uspešno izvođenje borbenih operacija. Ona se ne odnosi isključivo na kretanje tenkova i samohodnog oruđa, analizom se utvrđuje bilo koji oblik prohodnosti, od operativne tehnike do ljudstva. Ovaj rad predlaže prostorni višekriterijumski metod za podršku donosiocima odluke u procesu identifikacije najprohodnijih delova prostora. Predloženi metod se zasniva na integraciji najčešće primenjivane višekriterijumske tehnike, po imenu analitički hijerarhijski proces (AHP) u okviru Geografskih informacionih sistema (GIS), sa ciljem evaluacije manevarske podobnosti zemljišta na studiji slučaja južnog Banata. Postupak je razvijen uz pomoć različitih prirodnih i društvenih kriterijuma, koji su korišćeni ili kao ograničenja ili kao faktori ocenjivanja.

2. GIS-multikriterijumski model

Ocena prohodnosti zemljišta predstavlja problem koji zahteva manipulaciju sa velikim brojem podataka. GIS tehnologije su idealne za ovu vrstu studija, jer mogu efikasno da upravljaju velikim količinama prostornih i atributivnih podataka. Da bi se omogućilo višekriterijumsko odlučivanje i predstavljanje rezultata u prostoru kroz GIS, neophodno je integrisati alate za višekriterijumsko odlučivanje (MCDA) sa GIS-om. Osnovna prednost integracije GIS i MCDA je da imaju jedinstvene mogućnosti koje se međusobno dopunjuju. GIS ima velike mogućnosti za manipulaciju, skladištenje, upravljanje, analizu i vizualizaciju geoprostornih podataka, dok MCDA nudi kolekciju procedura, tehnike i algoritame za donošenje odluka i ocenu alternativa [3]. Osnovni metodološki pristup u ovom radu je integrisanje GIS-a i višekriterijumskih tehnika u vidu analitičkog hijerarhijskog procesa (AHP) i ponderisane linearne kombinaciju (WLC) [4].

Predloženi model obuhvata sledeće korake:

Korak 1. Definisane problema i oblasti studije;

Korak 2. Identifikacija ograničenja i kriterijuma za ocenu manevarske podobnosti zemljišta;

Na osnovu praktičnih iskustava u oceni manevarske pogodnosti zemljišta izabrani kriterijumi i ograničenja su fizičke i društvene prirode.

Korak 3. Prikupljanje podataka i formiranje rastera podataka za svaki kriterijum i ograničenje;

Ovaj korak omogućava unošenje, prihvatanje i transformaciju prostornih i tematskih podataka u digitalnu formu. Skupovi podataka u GIS-u se obično organizuju u vektorskom ili rasterskom formatu.

Korak 4. Formiranje i agregacija mape ograničenja;

Implementacija ograničenja na tematskim mapama sprovodi se primenom Boolean (logical) algebre, tako da će ćelije rastera (alternative) kod isključenog područja dobiti vrednost nula (0), dok će alternative za preostale oblasti dobiti vrednost jedan (1). Konačno ograničenje oblasti se dobija agregacijom svih slojeva ograničenja.

Korak 5. Standardizacija skupova podataka i formiranje mapa pogodnosti za svaki kriterijum;

Primena metode ponderisane linearne kombinacije (WLC) zahteva da se svi skupovi podataka budu standardizovani [2] ili transformisani u jedinice koje se mogu uporediti. Postoji veliki broj pristupa koji se koriste da bi atributivni slojevi karte bili uporedivi. Odluka koji će se način primeniti zavisi od prirode atributa. Najčešće primenljiv metod standardizacije podataka (reklasifikacija) je linearno pretvaranje atributa u interval skale, nakon čega svaka ćelija rastera dobija celobrojnu vrednost prema oceni donosioca odluke u odnosu na cilj analize. Podaci u reterisanim mapama dele se u k klasa pogodnosti, a zatim se svakoj klasi dodeljuje skor. Uobičajene vrednosti na skali su od 1 do 10 ili od 1 do 5. Na taj način se omogućava dalje izvršenje aritmetičkih operacija na kriterijumskim rasterima.

Korak 6. Formiranje matrice odlučivanja i određivanje težinskih koeficijenata kriterijuma;

Pri rešavanju realnih problema, kriterijumi najčešće nemaju isti stepen značajnosti, pa je potrebno da donosilac odluke definiše faktore značajnosti pojedinih kriterijuma koristeći odgovarajuće težinske koeficijente (težine) ili pondere za kriterijume. Primena metoda WLC

zahteva normalizovane težine, to jest da zbir težinskih koeficijenata iznosi 1. Za izračunavanje normalizovanih težina kriterijuma i konačnu primenu WLC metode u ovom radu iskorišćen je Analitički hijerarhijski proces (AHP) [5].

Korak 7. Sumiranje ponderisanih mapa kriterijuma u mapu pogodnosti;

Konačne mape pogodnosti parametara dobijaju se primenom ponderisane linearne kombinacije (WLC), odnosno sumiranjem otežanih normalizovanih vrednosti po svim kriterijumima prema formuli:

$$S = \sum w_i x_i \quad (1)$$

gde je S pogodnost, w_i je normalizovana vrednost težine faktora i , x_i je ponderisana vrednost (ćelije) kriterijuma i .

U slučajevima, u kojima se primenjuju Boolean ograničenja, mapa podobnosti se obračunava prema formuli:

$$S = \sum w_i x_i \cdot \prod c_j \quad (2)$$

Gde je c_j vrednost ćelije ograničenja j .

Nakon normalizacije, primenom izraza (2) za svaku alternativu (ćeliju) se izračunava ukupna vrednost (utility) u odnosu na sve kriterijume. Ona alternativa kojoj odgovara najveća izračunata vrednost predstavlja "najbolje" rešenje.

Korak 8. GIS vizuelizacija konačnog rešenja i preporuke;

Vizuelizacija konačnih rešenja se najčešće realizuje u vidu kartografskog prikaza u GIS okruženju [3].

3. Primena modela na studiji oblasti

Korak 1. Studija oblasti južni Banat se nalazi na jugoistočnom obodu Panonskog basene. Obuhvata teritoriju od 4.252 km², (4,8% Republike Srbije). Reljef je izrazito ravničarski i na niskoj nadmorskoj visini. Karakterističan je po prostornim uzdignutim stepenastim površinama - lesnim zaravnima, lesnim terasama i nižim zemljištem - aluvijalnim ravnima. Komunikativnost je gusto razvijena.

Korak 2. Za ocenu manevarske pogodnosti zemljišta usvojena su sledeća ograničenja:

- Nagib, zemljište sa nagibom iznad 30° se isključuje iz analize manevarske podobnosti;
- Hidrografija, vodene površine se isključuju iz analize manevarske podobnosti;
- Vegetacija, areali pod šumama, voćnjacima i vinogradima se izuzimaju iz analize manevarske podobnosti;

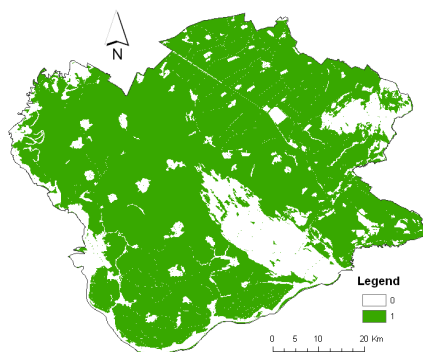
– Korišćenje zemljišta, gradske i industrijske zone se isključuju iz analize manevarske podobnosti;

Kao kriterijumi evaluacije manevarske podobnosti zemljišta identifikovani su nagib (C1), aspekt (C2) i pedološka struktura zemljišta (C3). Svi kriterijumi su reklasifikovani na skali od 1 do 5, prema vrednostima datim u Tabeli 1.

Krit	1	2	3	4	5
C1	10°-30°	5°- 10°	3°-5°	1°-3°	0°-1°
C2	N,S	NW, SW	W	NS, SE	E,F
C3	aluvijalna zem.	ritsko zem.	černo-zem.	smo-nica	les

Tabela 1. Standardizacija kriterijuma

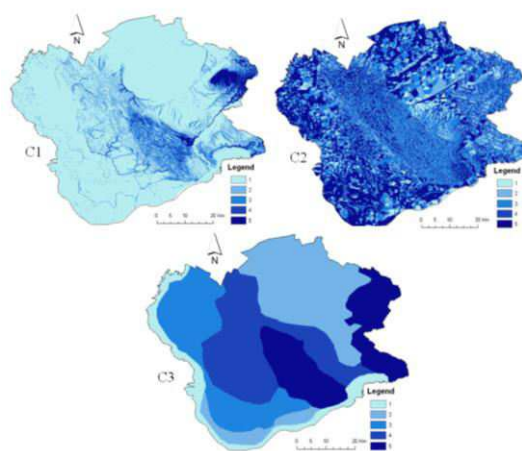
Korak 3. Setovi GIS podataka o komunikacijama i hidrografskim površinama, preuzeti su iz vektorske baze DTKP 300, izdanja Vojnogeografskog instituta (VGI). Podaci o korišćenju zemljišta su pruzeti na osnovu CORINE Land Cover 2006 (CLC2006) baze podataka [7]. Za izvor podataka kriterijuma nagiba i aspekta reljefa korišćen je Digitalni model terena (DMT 25, 25x25m) visinske tačnosti od 2-5m, izdanja VGI. Svi GIS procesi (digitalizacija, konverzija, 3D Analyst i dr.) u toku unosa i izgradnje prostorne baze kriterijuma i ograničenja su su izvedeni korišćenjem integrisanih alata ArcGIS 10.2 softvera [1].



Slika 1. Mapa ograničenja

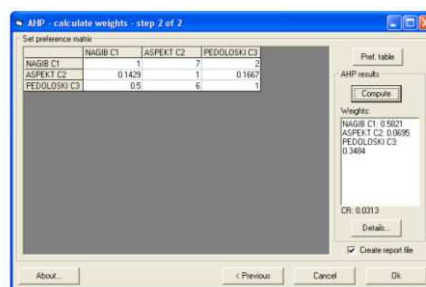
Korak 4. Agregacijom ograničenja dobija se "slobodna" teritorija koja je predmet ove analize, ostali deo prostora se smatra neprohodnim. Ograničenja u vidu tematskih slojeva se generišu primenom Boolean (logical) algebre. Svaka mapa ograničenja se kovertuje u rasterski format, nakon čega se vrši reklasifikacija prema kojoj će ćelije rastera kod isključenog područja dobiti vrednost nula (0), dok će ćelije za preostale oblasti dobiti vrednost jedan (1).

Analizirajući mapu ograničenja na Slici. 1 uvida se da od cele teritorije južnog Banata na 79.3% prostora nema ograničenja za manevar. Ovo odgovara ukupno 3.373 km² teritorije. *Korak 5.* Na osnovu usvojene skale vrednosti svakog kriterijuma, u daljem postupku vrši se konvertovanje skupova podataka u rasterski format, a zatim se, softverskim alatom isti reklasifikuju prema zadatim vrednostima klase iz Tabele 1. Reklasifikacija kriterijuma na kartama simbolizuju se sa nijansama boje, tako da svetlije nijanse boje predstavljaju najmanje pogodne, dok tamnije nijanse boje predstavljaju najpogodnije alternative za lokacije vetroelektrana (Slika 2).



Slika 2. Standardizovani kriterijumi

Korak 6. Formiranje matrice odlučivanja i poređenje kriterijuma u AHP-u se vrši na osnovu iskustva i objektivnih uslova analize. Pri poredjenju se koristi Satijeva skala vrednovanja. Posmatrajući definisani cilj, za svaki par kriterijuma treba uneti vrednost značaja jednog kriterijuma u odnosu na drugi na poziciju u matrici rezultata poredjenja od 1 do 9.

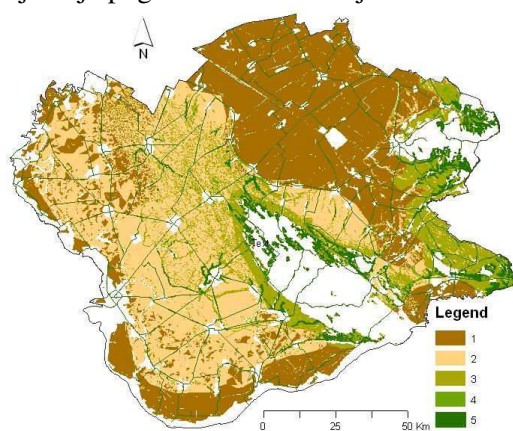


Slika 3. AHP modul integrisan u GIS

Cela analiza se vrši u okviru integrisanog algoritma AHP u okviru ArcGIS 10.2 aplikacije koja izračunava vektore sopstvene vrednosti matrice kriterijuma i konzistentnost

procesa [6]. Normalizovana matrica analiziranih kriterijuma, izračunate težine kriterijuma i koeficijent konzistentnosti su dati na Slici 3.

Korak 7. U ovom koraku, vrši se sumiranje otežanih normalizovanih vrednosti kriterijuma. Na taj način, množe se težine kriterijuma, dobijenih kao rezultat analize AHP-a, sa skorom ćelija rastera svakog kriterijuma i skorom ograničenja i kao rezultat se generiše konačna mapa pogodnosti (otežana mapa). Konačna mapa pogodnosti, predstavljena je u istom vrednosnom opsegu kao i pojedinačni kriterijumi, od 1 do 5. Veća vrednost ćelije je karakteristična za prostor koji je više pogodan za manevar, a 1 predstavlja područja koja su najmanje pogodna za manevar jedinica.



Slika 4. Konačna mapa pogodnosti

Korak 8. Završni korak analize predstavlja izdvajanje ćelija sa najvišim vrednostima iz konačne mape pogodnosti. To su saobraćajnice i oblasti čiji pikseli imaju vrednost 5 (najpogodniji) i 4 (pogodna). Iz dobijene analize (Slika 4) uvidamo da na području južnog Banata imamo 52 km² (ocena 5) vrlo pogodnog i 105km² (ocena 4) pogodnog prostora za manevar.

Uz ovu analizu, kao pogodan metod za testiranje rezultata u procesu daljih istraživanja, se može preporučiti Sensitivity Analyses (SA).

3. Zaključak

U radu je za vrednovanje manevarske pogodnosti zemljišta predložena kombinacija višekriterijumskih metoda AHP i WLC u okviru GIS softverskog okruženja. AHP je korišćen u delu određivanja težina, odnosno značaja svakog kriterijuma, a WLC za sumiranje težina i konačnu identifikaciju manevarske pogodnosti zemljišta u GIS-u. Veza ovih alata omogućena je u okviru ArcGIS Advanced 10.2 softvera firme ESRI. Primena GIS višekriterijumske metode, izvedena na realnom primeru područja južnog Banata, pokazala se uspešnom i opravdanom, jer je, na bazi četiri ograničenja (nagib, hidrografija, vegetacija, gradske i način korišćenja) i tri kriterijuma (nagib, aspekt i pedološki sastav), izvršeno vrednovanje manevarske pogodnosti zemljišta. Kao rezultat istraživanja dobijena je finalna mapa pogodnosti. Predloženi GIS-AHP-WLC model dopušta uključivanje i drugih kriterijuma koji će imati dodatnu ulogu u izboru najboljeg rešenja.

Bibliografija

- [1] **Gigović LJ.** Digital models of heights and military application for terrain analysis. *Military Technical Courier, Volume 2, Ministry of Defence of the Republic of Serbia, Belgrade, 165-177.* 2010.
- [2] **Eastman JR.** Guide to GIS and image processing. *Clark Labs, Clark University, Worcester, MA, USA, 1999.*
- [3] **Malczewski J.** GIS and Multicriteria Decision Analysis. *John Wiley and Sons, 392 pp., New York, NY.* 1999.
- [4] **Malczewski J.** GIS based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. *International Journal of Geographical Information Science 20:7, pp. 703-726.* 2006.
- [5] **Saaty T.L.** The Analytic Hierarchy Process. *McGraw-Hill, New York, 287.* 1980.
- [6] **Marinoni O.** Implementation of the analytical hierarchy process with VBA in ArcGIS. *Computers and Geosciences, Volume 30 (6), 637-646,* 2004.
- [7] <http://www.eea.europa.eu/publications/COR0-landcover>

Primena GIS tehnologije u izradi digitalnih modela terena za vojne potrebe

Dragoljub Sekulović

Univerzitet odbrane, Vojna akademija, Pavla Jurišića Šturma 33, Beograd
e-mail: sekulovicdr@yahoo.co.uk

Miodrag Regodić

Univerzitet odbrane, Vojna akademija, Pavla Jurišića Šturma 33, Beograd
e-mail: mregodic62@gmail.com

Gordana Jakovljević

Univerzitet u Banjoj Luci, Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet, Vojvode Stepe Stepanovića 77/3, Banja
Luka
e-mail: gordana.jakovljevic@agfb.org

Rezime: Napredak u oblasti informatike uopšte, a naročito u oblasti GIS-a i daljinske detekcije, omogućio je unapređenje geovizuelizacije i značajno proširio okvir korišćenja, analiziranja i predstavljanja prostornih podataka. Predstavljanje zemljišnih oblika klasičnim topografskim kartama (TK) je težak, kompleksan i dugotrajan proces. Razvoj savremene GIS tehnologije doveo je do velikog napretka u vizuelizaciji i digitalnom modelovanju terena. Digitalni model terena (DMT) definiše površ matematički egzaktno, primenom metode interpolacije a njegova uspešnost, pre svega, zavisi od kvaliteta i kvantiteta prikupljenih podataka. Izbor metode prikupljanja podataka zavisi od: namene DMT, zahtevane tačnosti, raspoloživog vremena i finansija. Danas, vojna analiza morfoloških parametara prostora vrši se na osnovu DMT, primenom odgovarajućih algoritama. DMT predstavlja način da se prostor kvalitetnije i mnogo brže sagleda, što omogućuje donošenje pravovremenih i pravilnih odluka pri izvršenju određenih vojnih zadataka. Morfološka obeležja vojne analize terena koja je prikazana u ovom radu su: nagib terena, ekspozicija i orografija datog područja. Tačnost ovih parametara, izračunatih na osnovu DMT, zavisi od njegove rezolucije, kvaliteta i veličine područja. Analiza je izvršena u programskom paketu ArcGis 10.2.

Ključne riječi: GIS tehnologija, DMT, analiza terena.

1.Uvod

Prostor je osnovni faktor oružane borbe (o/b), raspolaganje verodostojnim, jednostavnim za korišćenje i tačnim informacijama omogućuje donošenje pravilnih odluka pri izvršenju različitih vojnih zadataka. Osnovni tip prikaza terena u kartografiji je topografska karta. Ona predstavlja bogat izvor informacija o prostoru i pri njenoj izradi najčešće se koristi geometrijska metoda (izohipse). Prikaz terena treba da obezbedi stvaranje realnog prostornog utiska o:

oblicima neravnina; rasporedu pojedinih oblika i njihovim vezama; karakteru i stepenu raščlanjenosti površi Zemlje i mogućnost kvalitativne i kvantitativne ocene reljefa [1]. Razvoj savremenih tehnologija ima veliki uticaj i na kartografiju. Ostvaren je veliki napredak u vizuelizaciji i digitalnom modelovanju terena. GIS tehnologija zasnovana je na bazama prostornih podataka i nudi veliki broj algoritama za automatizovanu analizu terena.

2. Digitalni model terena

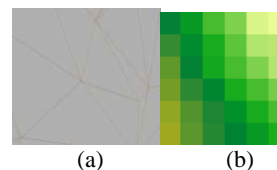
Primena savremene tehnologije za prikupljanje, obradu, analizu i prezentaciju podataka o terenu, vodi nas iz dvodimenzionalnog sveta karata u trodimenzionalni svet digitalno modelovanih podataka koji omogućavaju modelovanje procesa i evaluaciju. Pojam i primena DMT datira još od pedesetih godina prošlog veka kada su postavljene prve osnove budućeg razvoja modelovanja geoprostornih podataka pomoću GIS alata [2]. Definiše se kao: matematička (statistička) predstava kontinualne površi terena na osnovu velikog broja izabranih tačaka s poznatim x, y, i z koordinatama, linija i drugih informacija prikupljenih na terenu [3]. To podrazumeva da se radi o „modelu” terena u kojem je površ egzaktno matematički definisana i koji omogućava dobijanje vrednosti funkcionala površi u svim tačkama terena, a ne samo u tačkama u kojima su izvršena merenja primenom interpolacije [3] i [4].

DMT na osnovu strukture podataka možemo podeliti na: GRID – pravilna mreža i TIN – mreža trouglova.

GRID struktura, površ terena predstavlja preko skupa tačaka, čije su visine poznate, uređenih u pravilnu matricu (Slika 1 - b). Prednost GRID metode jeste jednostavnost strukture, dok je glavni nedostatak neprilagođenost za predstavljanje karakterističnih zemljišnih oblika zadovoljavajućom tačnošću. Izbor optimalne gustine tačaka (rezolucije GRID-a) u velikoj meri utiče na kvalitet izlaznih podataka.

TIN struktura, površ terena predstavlja prostornim nepreklopnim trouglovima (Slika 1 - a). Čvorovi trougla su tačke čija je visina poznata. TIN struktura lako se prilagođava svim vrstama ulaznih podataka i raznim oblicima terena, što predstavlja njenu prednost u odnosu na GRID strukturu. Glavni nedostatak su komplikovani

algoritmi za obradu podataka. Kombinacija ove dve metode daje najbolje rezultate [5].



Slika 1. (a) Nepravilna (TIN) i (b) pravilna (GRID) struktura [1]

3. Metoda prikupljanja podataka

Uspešnost DMT zavisi od kvaliteta i kvantiteta prikupljenih podataka, a 80% utrošenog vremena i troškova odnosi se na prikupljanje podataka.

Metode prikupljanja podataka su: terensko prikupljanje podataka, fotogrametrija, lasersko skeniranje terena i vektorizacija postojećih topografskih podloga [3] i [6].

Terensko prikupljanje daje najtačnije podatke, dok je za velike površi najbolji izbor fotogrametrija.

Metode vektorizacije postojećih topografskih podloga su geodetski najmanje tačna, ali je zbog dostupnosti podloga kod nas našla široku primenu. Postoji velika mogućnost za subjektivne greške i prostor između izohipsi ostaje nepokriven ali korišćenjem karata krupnijih od 1:25 000 postiže se veća rezolucija za mala područja.

4. Izbor digitalnog modela terena

Prostor je osnovni faktor o/b. Vojna analiza geoprostora je značajna delatnost komandi, štabova komandi i obuhvata kompleksnu analizu tri grupe geografskih činilaca: matematičko - geografskih, fizičko - geografskih i društveno - geografskih [1]. Morfološka obeležja terena predstavljaju osnovu vojne analize terena. To su najčešće: nagib terena, orografija (vidljivost), ekspoziција terena i vizuelizacija. Tačnost ovih parametara, izračunatih na osnovu DMT, zavisi

od njegove rezolucije, kvaliteta i veličine područja (Tabela 1). Rezolucija pokazuje kolika je ravnomerna (prosečna) gustina visinskih tačaka koji čine model. Što je veća njihova gustina to je model precizniji i detaljniji [1] i [4].

Re z o l u c i j a	Horizontalno rastojanje visinskih tačaka [m]
Niska	90-900
Srednja	30-90
Visoka	10-30
Veoma visoka	1-10

Tabela 1. Odnos rezolucije i horizontalnog rastojanja visinskih tačaka [4]

Vojna analiza terena sa taktičkog nivoa zahteva DMT veoma visoke rezolucije, strategijski i operativni nivo komandovanja zadovoljiće srednja ili niska rezolucija. Izbor rezolucije se vrši na osnovu: potreba, hijerarhije komandovanja, veličine i konfiguracije analiziranog područja.

Kvalitet DMT ukazuje na tačnost prezentovanih podataka, pokrivenost područja tj. postojanje praznih polja bez podataka, način interpolacije, korišćene projekcije i slično [4]. Kvalitet, pre svega, zavisi od metode prikupljanja podataka.

5. Analiza digitalnog modela u vojne svrhe

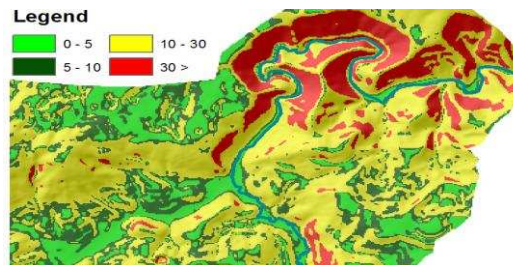
GIS metode u vojnoj analizi terena imaju ključnu ulogu u upravljanju operacijom. Njegova uloga se pre svega, ogleda u obaveštajnom obezbeđenju ratišta (bojišta) [7]. U kratkom vremenskom periodu može se odrediti: najbolji položaj izviđačkih jedinica u odnosu na linije neprijatelja, najpovoljniji vidokrug, strteške pozicije i slično [7]. Morfološka obeležja vojne analize terena koja će biti prikazana u ovom radu su: nagib terena, ekspozicija i vidljivost.

5.1. Nagib terena

Nagib terena u nekoj tački definiše se kao ugao meren u vertikalnoj ravni koji zahvata

tangencijalna ravan na površi terena u datoj tački sa horizontalnoj ravni u istoj tački.

Anliza nagiba terena na osnovu DMT vezana je za tenkoprohodnost terena (Slika 2), a tenkoprohodnost je najznačajnija funkcija koju uslovljena reljefom (Tabela 2).



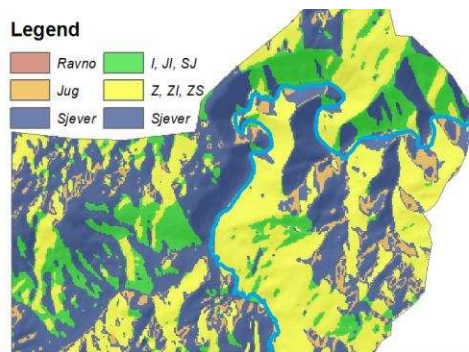
Slika 2. Analiza tenkoprohodnosti terena na osnovu DMT

Nagib	Tenkoprohodnost
Do 5°	Tehnoprohodno
5-10 °	Ograničena tenkoprohodnost
10-30	Jako ograničena tehnoprohodnost
30 ° >	Tenkoneprohodna

Tabela 2. Tenkoprohodnost u zavisnosti od nagiba terena [4]

5.2. Ekspozicija terena

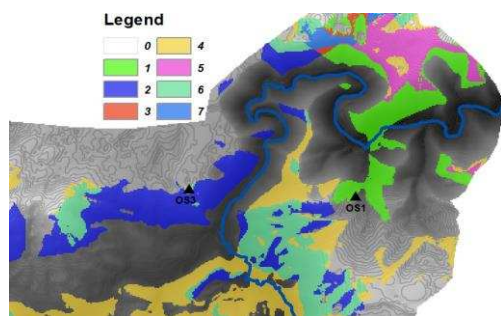
Predstavlja orijentaciju linije najvećeg nagiba u posmatranoj tački i pored nagiba, predstavlja jedan od najznačajnijih morfoloških parametara u vojnoj analizi terena. Određuje se od pravca severa do pravca najvećeg pada terena u smeru kazaljke na satu. U vojsci, ekspozicija se koristi, za taktičku orijentaciju. Geografskim definisanjem položaja protivnika i analizom orijentacije padina u odnosu na stranu sveta, moguće je odrediti padine koje su otvorene, zatvorene ili okrenute bočno u odnosu na stranu protivnika [4]. Ukoliko su vlastite snage smeštene u smeru istoka a protivničke u smeru zapada. Primenom algoritma Aspect ArcGis paketa teren se diferencira na područja orijentisana ka: vlastitim snagama (I, SI, JI), protivničkim snagama (Z, ZI, ZS) i bočno u odnosu na vlastite i protivničke snage (Slika 3).



Slika 3. Analiza ekspozicija terena na osnovu DMT

5.3. Vidljivost

Analizom digitalnog modela terena moguće je odrediti vidljivost okolnog područja i dogledanja između tačaka. Analiza terena je izvršena na primeru tri osmatračnice. U programskom paketu ArcGis 10.2 postoje različiti algoritmi za analizu vidljivosti terena. Algoritam Observer points generiše novi sloj GRID-a čija vrednost pojedine ćelije rasterom definiše broj potencijalnih osmatračnica sa kojih je ta tačka vidljiva. Tako svaka ćelija raster, na primeru tri osmatračnice, može imati vrednost od 0 do 7, i to : 0 – ako nije vidljiva ni sa jedne osmatračnice, 1 – ako je vidljiva sa osmatračnice 1 (OS1), 2 – ako je vidljiva sa OS2, 3 – ako je vidljiva sa OS1 i OS2, 4 – ako je vidljiva sa OS3, 5 – ako je vidljiva sa OS1 i OS3, 6 – ako je vidljiva sa OS2 i OS3 i 7 – ako je vidljiva sa sve tri osmatračnice. Na osnovu analize vidljivosti jasno se definišu maskirne moći određenog područja i mogućnosti prikrivenog kretanja jedinica (Slika 4).



Slika 4. Analiza vidljivosti terena na osnovu DMT

6. Zaključak

GIS sistemi nude širok spektar mogućnosti i područja njihove primene. Danas je gotovo nemoguće zamisliti da se vojna analiza terena vrši bez upotrebe GIS tehnologije. Zamena analognih izvora podataka digitalnim, zasnovanih na DMT i primeni različitih algoritama za analizu morfoloških parametara terena omogućena je ne samo uštedu vremena i materijalnih sredstava već pružena i mogućnost da se prostor kvalitetnije sagleda. Navedeno smanjuje rizik od pojave greške, omogućuje donošenje pravovremenih i pravilnih odluka pri izvršenju vojnih zadataka.

Bibliografija

- [1] **D. Sekulović, Lj. Gigović.** Digitalni model visina i analiza terena, ICDQM-2010, Zbornik radova, Beograd, 2010, str. 12-20.
- [2] **M. Kostić, Lj. Gigović, G. Prodanović.** Evaluacija morfometrijskih karakteristika terena primenom GIS tehnologija, SINTEZA 2014 – Međunarodna naučna konferencija Univerziteta Singidunum, Beograd, 2014, str. 811-815.
- [3] **M. Borisov, D. Sekulović, R. Banković.** Digitalni modeli terena i njihova primena u vojsci, OTEH 2005, Beograd, 2005, str. VIII – 14-18.
- [4] **Lj. Gligović.** Digitalni model visina i njegova primena u vojnoj analizi terena, *Vojnotehnički glasnik*, Beograd, 2010, Vol. 58, No 2, str. 165-178.
- [5] **B. Yang, W. Shi, Q. Li** An integrated TIN and Grid method for constructing multi-resolution digital terrain models, *International Journal of Geographical Information Science*, 2005, Vol. 19, No. 10, pp. 1019-1038.
- [6] **Q. Zhou, Y. Chen.** Generalization of DEM for terrain analysis using a compound method. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 2011, Volume 66, Issues 1, pp. 38-45.
- [7] **P. Satyanarayana, S. Yogendran.** Military applications of GIS, ENC QC Department, IIC Technologies Private Limited, Hyderabad, India, 2013.

Spatial improvement of the digital images quality in orthopaedics

Miodrag Regodić

Military Academy, University of Defense, *Pavla Jurišića Šturma 33, Belgrade*
e-mail: mregodic62@gmail.com

Ljubomir Gigović

Military Academy, University of Defense, *Pavla Jurišića Šturma 33, Belgrade*
e-mail: gigoviclj@gmail.com

Zoran Bajić

Military Academy, University of Defense, *Pavla Jurišića Šturma 33, Belgrade*
e-mail: zbajic@orion.rs

Abstract

The result of remote recording is a recording in analog or digital form. In order to obtain quality information that contains an image, it is necessary to perform image processing. Before analyzing the image in digital form it is desired to improve its quality and highlight the data that need to be collected at the stage of processing. Areas of application of digital image processing are numerous. The most common application areas within the medical sciences are: radiology, magnetic resonance imaging, computed tomography, contrast enhancement of images, pseudo coloring images for better visibility, image reconstruction from projections (CT) and image analysis. This paper will present the quality improvement of digital images in orthopaedics. Processed digital image incorporated hip replacement using the histogram, to monitor the state of fitted prosthesis and hip. Within the physical improvements focusing, averaging and highlight line elements and edges were carried out. Spatial improving of the image quality increases its visual presentation and highlights the requested data. By applying the correct computer analysis the maximum amount of quality data is obtained. The radiometric, spatial and spectral improvement of image makes is ready for further digital analysis in order to obtain the desired information. Classification methods practically comprise the contents of an image analysis and integration of pixel data in the appropriate categories. In the experiment software package Matlab was successfully implemented, resulting high quality and precise imaging.

Keywords: digital image; X-ray; improving the quality; Matlab.

1. Introduction

The paper investigated methods of remote sensing detection in order to obtain information through the processing and analysis of digital images in orthopaedics. Advanced stage of improving the image quality is presented here, in order to obtain better information.

After translating image into digital form, it is desired in the further processing to improve its quality and to distinct collected data. The process of improving image quality (image enhancement) is done by highlighting the elements of fine recording, otherwise hardly noticeable. Within radiometric image quality improvements, certain procedures are implemented to improve the contrast, strength and histogram equalization and optimization of brightness. Using spatial enhancement we can focus, average and highlight the line elements and the edges of the object [1].

2. Improving of image quality using the histogram

As an example of a successful improvement of the X-ray images quality for monitoring of hip prosthesis state, the paper will present improving the image quality of hook using histograms in Matlab environment [2].

Histogram of digital images is a graph that represents the value of tones expressed in pixels within the image. The histogram shows the number of pixels of a particular brightness in an image and represents the numbers in the chart [9].

Improving image quality can be made by the transformation of the pixel intensity so the histogram of the image which is being processed has a pre-set form. Such transformations can get

a better picture quality than the simple methods described in the previous section [4].

Presuming, for easier presentation, that the intensity of the original and processed images, u and v , are continuous random variables, $u, v \in [0, 1]$. Their probability densities are $p_u(u)$ and $p_v(v)$. From the theory of probability, function $p_v(v)$ can be determined from the known functions $p_u(u)$ and $v=f(u)$ according to the equation [10]:

$$p_v(v) = \left[p_u(u) \frac{du}{dv} \right]_{u=f^{-1}(v)} \quad (1)$$

Therefore, techniques for the image quality improving based on the formulation of histograms require that the differentiable function $u=f^{-1}(v)$ exists.

The next equation can be used:

$$v = f(u) = \int_0^u p_u(z) dz \quad (2)$$

where z represents integration variable. Right side of the equation (2) represents the cumulative distribution function of the random variable u . Substituting equation (2) in equation (1) gives:

$$p_v(v) = \left[p_u(u) \frac{1}{p_u(u)} \right]_{u=f^{-1}(v)} = 1 \quad (3)$$

ie, the result is independent from the inverse transformation function. So, using the transformational function - the cumulative distribution function of the variable u , it will produce an image whose grey levels have an uniform distribution. This increases the dynamic range and improves subjective image quality.

If the variables u and v are discrete random variables, the previously described procedure can only be roughly achieved. In this case, a discrete functions $p_u[u_i]$ and $p_v[v_i]$ represent histograms of the initial and the processed image respectively. Therefore, the technique that improves the image quality is called histogram equalization, smoothing the histogram or histogram linearization. Discrete version of equation (2) is given by [5]:

$$v_k = f[u_k] = \sum_{i=0}^k \frac{n_i}{N} = \sum_{i=0}^k p_u[u_i] \quad (4)$$

Where k ($k = 0, 1, 2, \dots, L-1$) is the number of the grey level, L is the total number of grey levels, n_i is the number of pixels with grey level u_i and N is the total number of pixels in the image. However, the levels of grey v_k that are obtained by applying equation (4) are not represented with whole numbers and lie in the range between 0 and 1. To ensure that the resulting function v_k has the same number of integers in the range of grey levels $[0, L-1]$ as the starting image, quantization results of equation (4) rounding to the nearest permissible level according to the equation (5) must be made:

$$v_q = \text{Int} \left[\frac{v - v_{\min}}{1 - v_{\min}} (L - 1) + 0.5 \right] \quad (5)$$

Where v_{\min} is the minimum value of the variable v_k .

Histogram of images in the process of Intensity of Pixel Transformation (IPT) are determined by using the Matlab tool:

$$h = \text{imhist}(a, n);$$

where a is the input image, n number of cells (the interval in the divided intensity scale). The output vector h will have n elements, and each element will be the number of pixels whose intensity is located at a specified interval. If the

output variable is not specified, function draws an image histogram [8].

The result of applying the histogram equalization in the spatial improvement of the orthopaedic image quality (Figure 1) in the experiment is shown in Figure 2.

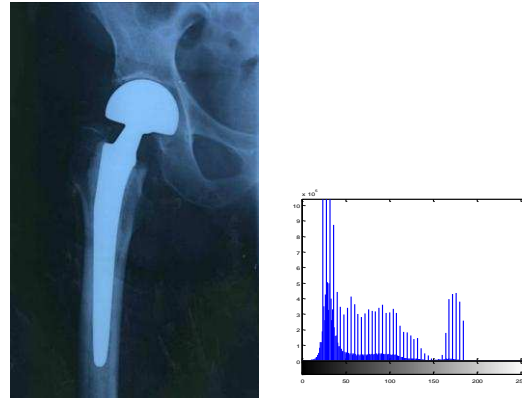


Figure 2. The original image of hip prosthesis and its histogram

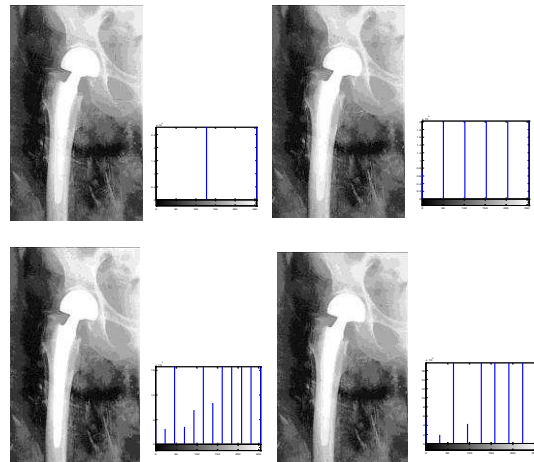


Figure 2. Orthopaedic images and their histograms

Within conducted experiment, the number of levels of grey have the length ranging up to 240 at intervals of 20 levels. Based on the appearance of the obtained histograms, it can be clearly seen that the best image is "histogram_kuk1_120", which is the most uniformed histogram.

Orthopaedic image quality of different images with clear, skilful and expressive pictorial representation can be recognized after the histogram equalization procedures and changes in the intensity of pixels of the original image, during the spatial improvement are done. Those are images which histograms are most uniform [7].

Highlighting the details on the image can be performed by selectively changing the histogram. For example, to highlight the details of only one band in the whole scale of grey, the histogram stretches, changing the values below the lower threshold of grey to black and those above the upper threshold to white [6].

Visually and qualitatively improved images are now ready for further digital analysis in order to obtain and interpret necessary information.

3. Conclusion

The paper analysed the digital image of built-hip prosthesis using histograms, to monitor the state of fitted prosthesis and hip. Software package Matlab was successfully implemented in the experiment, resulting with high quality and precise visual presentation.

Very clear, precise and expressive visual presentations were obtained by highlighting the edges of objects and line elements through the process of image contrast improvement.

Presented procedures and results in the paper from the conducted experiments, shows the possibility of a successful application of Matlab in the field of processing and analysis of digital X-ray orthopaedic images.

4. References

[1] Mitchell HL, Newton I. Medical photogrammetric measurement: overview and prospects ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing 2002; 56: 286-294

[2] Julang J, Yousheng Z, Feng X, Min H. Local Histogram Equalization with Brightness Preservation. Acta Electronica Sinica, 2006; 5: 861-866.

[3] Youlian Z, Cheng H. An Adaptive Histogram Equalization Algorithm on the Image Gray Level Mapping. International Conference on Solid State Devices and Materials Science Physics Procedia 2012; 25: 601-608.

[4] Chen SD. A new image quality measure for assessment of histogramequalization-based contrast enhancement, Digit. Signal Process 2012; 22: 640-647.

[5] Ibrahim H, Kong NSP. Brightness preserving dynamic histogram equalization for image contrast enhancement, IEEE Trans. Consum. Electron 2007; 53: 1752-1758.

[6] Ilić A, Ćirović G, Sekulović D, Regodić M, Pamučar D. Mathematical basis for direct map projection transformation. TTEM; 2013, Vol. 8, No. 2, pp. 574-584, ISSN 1840-1503.

[7] Regodić M. Remote Sensing as a method of collecting space data. Military Technical Courier; 2008; 1: 91-112.

[8] Singh K, Kapoor R. Image enhancement using exposure based sub image histogram equalization, Pattern Recogn. Lett. 2014; 36: 10-14.

[9] Digital Image Processing - Matlab & Simulink – MathWorks. Available at URL: www.mathworks.com/discovery/digital-image-processing.html

[10] Digital Image Processing - Matlab & Simulink – MathWorks.

URL: www.mathworks.com/discovery/digital-image-processing.html

URL: www.obradaslike.ac.me/Matlab_IP.pdf

Vojne potrebe određivanja položajne tačnosti prostornih podataka za teritoriju Republike Srbije

Aleksandar Ilić

Ministarstvo odbrane Republike Srbije, Birčaninova br.5, Beograd

e-mail: aleksandar.ilic@mod.gov.rs

Boban Milojković

Kriminalističko-policijska akademija, Cara Dušana br.196, Zemun

e-mail: bobanmms@eunet.rs

Apstrakt. Definisanjem referentnog sistema prostora jednoznačno se određuje položaj svake tačke u prostoru. Položajna tačnost neke tačke zavisi od tačnosti određivanja njene apscise i ordinate i izražava se srednjom kvadratnom greškom, a kako su apscisa i ordinata ortogonalna udaljenja tačke od koordinatnih osa, odnosno odgovarajuće linijske veličine, njihova tačnost može se izraziti preko linearne deformacije. U radu su razmatrane vojne potrebe prilikom određivanja položajne tačnosti prostornih podataka za teritoriju Republike Srbije. Imajući u vidu vojne potrebe granična linearna deformacija u izabranom projekcionom sistemu ne sme da prelazi 1×10^{-3} . Iznosi graničnih linearnih deformacija pri predstavljanju teritorije Republike Srbije u Univerzalnoj transvezalnoj Merkatorovoj projekciji zadovoljavaju zahtevanu tačnost za vojne potrebe. Pojedini savremeni borbeni sistemi zahtevaju određivanje položaja prostornih podataka sa većom tačnošću od uobičajene i u tim slučajevima poželjno je da zahteve u smislu tačnosti projekcije definišu sami korisnici.

Ključne reči: Koordinatni sistem, položajna tačnost, deformacija.

1. Uvod

Piroda prostornih podataka podrazumeva njihovo georeferenciranje (geokodiranje), geodetskim, geografskim ili pravouglim koordinatama, kodnim brojevima i slovima topološkim ili nominalnim pojmovima. Imajući u vidu skladištenje i prezentovanje prostornih podataka, veoma je bitno, da li su objekti i pojave realnog sveta apstrahovani kao diskretni ili kontinuirani. Granične linije diskretnih objekata mogu se eksplicitno izraziti koordinatama, dok se kontinuirano predstavljanje koristi pri apstrakciji onih pojava čije se vrednosti menjaju u nepravilnim intervalima. Definisanje referentnog sistema prostora jednoznačno se određuje položaj svake tačke u prostoru. Referentni koordinatni

sistem je koordinatni sistem koji se odnosi na realnu fizičku površ Zemlje definisan pomoću datuma. Datum definiše poziciju početka, razmer i orijentaciju osa koordinatnog sistema i može biti horizontalni, vertikalni ili neki određeni lokalni (inženjerski) datum. Za položajnu identifikaciju prostornih podataka u vojsci se danas koriste geodetske koordinate na elipsoidu (elipsoidni sistem koordinata), pravougule prostorne koordinate (geocentrični ili topocentrični sistem) i pravougule koordinate u ravni (projekcioni sistem koordinata). Osnovni izvor podataka za svaku položajnu identifikaciju prostornih podataka jeste koordinata tačke. Vojne potrebe određivanja položajne tačnosti u izabranom projekcionom sistemu definisane su graničnim linearnim deformacijama.

2. Koordinatni sistemi za određivanje položaja prostornih podataka

Koordinatni sistem je definisan imenom, jedinicama koje koristi, smerom i redosledom osa, a čini ga skup uslovljenih fiksnih linija koje služe za jednoznačno određivanje položaja tačke na nekoj ravni, matematički zadanoj krivoj površi ili u prostoru uopšte. Sam položaj tačke izražava se linijskim, uglovnim ili linijsko-uglovnim veličinama – koordinatama u odnosu na koordinatni početak koji se postavlja u preseku odgovarajućih koordinatnih linija ili ravni.

Sistem geodetskih koordinata je univerzalan za celu Zemlju i u njemu se može jednoznačno odrediti položaj svake tačke Zemljine površi. Geodetske (elipsoidne) koordinate su izražene u uglovnim jedinicama seksagezimalne podele, što ih čini prilično nepodesnim kada je u pitanju predstavljanje ili ispisivanje većeg broja položaja tačaka. Geodetski sistem koordinata karakteriše neizometričnost, odnosno jednakim uglovnim vrednostima duž koordinatnih linija ne odgovaraju jednake linijske vrednosti. Projekcije meridijana i paralela su uobičajeno krive linije a za realizaciju praktičnih zadataka rad sa geodetskim koordinatama je prilično složen. Jednom određene geodetske koordinate tačaka omogućuju da se iste prikažu u bilo kojoj projekciji odnosno projekcionom sistemu ali u okviru istog geodetskog datuma.

Pored geodetskih koordinata za vojne potrebe se koriste i prostorne pravouglo koordinate bilo da je reč o topocentričnom ili geocentričnom sistemu. Prostorne pravouglo koordinate uobičajeno se koriste u jedinicama ratnog vazduhoplovstva, vazdušnog osmatranja javljanja i navođenja, raketnim jedinicama i jedinicama protivvazduhoplovne odbrane. Položaji tačaka u ovom sistemu određuju se sa tri pravouglo koordinate X, Y, Z . Kada je reč o topocentričnom, lokalnom sistemu prostornih pravouglavih koordinata, početna tačka (O) najčešće se polklapa sa stajnom tačkom radara, a horizontalna ravan (X, Y, Z) tangira površ Zemlje u ovoj tački. Koordinatna osa Y usmerava se prema geografskom severu i

predstavlja tangentu u početnoj tački (O), koordinatna osa X orijentiše se u pravcu istoka i tangira paralelu početne tačke, a koordinatna osa Z usmerena prema zenitu poklapa se sa pravcem vertikale u početnoj tački.

2.1. Jedinствен pravougli koordinatni sistem

Prateći problem razvoja novih oruđa, posebno oruđa strategijskog tipa, jeste njihovo što efikasnije korišćenje, odnosno gađanje, navođenje dalekometnih projektila, odgovarajuće korišćenje satelitske tehnologije i slično. Balističke i krstareće rakete, a vrlo često i zemaljska artiljerija, zahteva obezbeđenje jedinstvenog koordinatnog sistema u kome je mesto lansiranja (vatrenog položaja) i cilja jednoznačno određeno. Jedinствен koordinatni sistem stvara uslove za povezivanje početnih elemenata lansiranja (gađanja) sa ciljem, navođenje projektila duž planirane putanje i pravovremeno zauzimanje potrebne korekcije. Balističke i krstareće rakete nakon lansiranja navode se tokom leta neprekidnim poređenjem visina i koordinata unapred planiranih sa visinama i koordinatama terena iznad kojeg se nalazi raketa u realnom vremenu. Eventualna nepodudarnost poređenih podataka rezultira korekcijom putanje.

U sistemu geodetskih koordinata položaj tačaka je određen geodetskom latitudom (φ) i longitudom (λ) kao ortogonalne projekcije prostornih tačaka, dok se pravouglimi koordinatama (X, Y) određuje njihov položaj u projekcionoj ravni. Za potpuno određenje položaja tačke potrebne su tri veličine (φ, λ, H) odnosno (X, Y, H), pri čemu je H nadmorska odnosno apsolutna visina tačke. Širina zahvaćenog područja ne utiče na tačnost položaja tačke kod geodetskih koordinata na elipsoidu i prostornih pravouglavih koordinata.

Projekcioni sistem je jedna izabrana kartografska projekcija u kojoj se vrši

računanje koordinata geodetskih tačaka i izrada razmernog niza karata za teritorije pojedinih država, delova Zemljine površi ili Zemlju u celini. Projekcioni koordinatni sistem je dvodimenzionalni kartezijanski koordinatni sistem nastao kao rezultat određene kartografske projekcije. U projekcionom sistemu koordinata kao posledica neizbežnih deformacija svake kartografske projekcije pravouglo koordinata (X,Y) a time i skup veličina (X,Y,H) opterećeni su greškama koje rastu sa veličinom područja preslikavanja. Veći broj koordinatnih sistema na celokupnom području preslikavanja povećava tačnost preslikavanja, odnosno smanjuje deformacije pri preslikavanju, ali istovremeno u funkcionisanju vojnih sistema može stvarati primetne teškoće. Jedan od opštih zahteva koji se postavlja pred kartografsku projekciju je da celokupno područje preslikavanja bude zahvaćeno jedinstvenim ili što je moguće manjim brojem koordinatnih sistema, vodeći računa o zahtevanoj tačnosti projekcije.

2.2. Zahtevi u pogledu položajne tačnosti u projekcionom sistemu koordinata

U narednom delu ispitano je koliki red veličina dostižu deformacije pri predstavljanju teritorije Republike Srbije u Univerzalnoj transvezalnoj Merkatorovoj projekciji (UTM). Za ocenu kvaliteta projekcije u pogledu tačnosti preslikavanja koriste se sledeće veličine:

- Apsolutna vrednost promene linearne razmere (δ_m):

$$\delta_m = |m_{\max} - m_{\min}| \quad (1)$$

- Apsolutna vrednost promene apsolutnih vrednosti linearnih deformacija (d):

$$\delta_d = ||d_{\max}| - |d_{\min}|| \quad (2)$$

- relativna promena linearne razmere:

$$p_{\%} = \frac{m_{\max} - m_{\min}}{m_{\max}} 100\% \quad (3)$$

Vojne potrebe najčešće zahtevaju tačnost od 1:1000, odnosno da granična linearna deformacija u projekcionom sistemu koordinata bude manja od 1×10^{-3} . Pojedini borbeni sistemi zahtevaju veću položajnu tačnost za određene prostorne podatke. Treba imati u vidu da se ovako izražena položajna tačnost i uopšte linearna deformacija odnose na numeričke podatke - koordinate tačaka i da je dobijena po jednačinama projekcije, dok se u praksi uglavnom koriste koordinate i drugi elementi određeni čitanjem sa karata, što znači da treba računati sa dodatnim snižavanjem nivoa položajne tačnosti zbog grešaka identifikacije, kartometrisanja, grafičke tačnosti karte i sličnog. Zahteve u smislu tačnosti projekcije¹ poželjno je da definišu neposredni korisnici a određena rezerva tačnosti uvek je dobro došla.

Teritoriju Republike Srbije u sistemu UTM obuhvata 34. zona, širina zone preslikavanja je 6° , srednji meridijan zone je 21° , a razmer duž srednjeg meridijana zone $m_0 = 1 - 0.0004 = 0.9996$. Udaljavanjem od srednjeg meridijana razmer se povećava. Za određivanje granične linearne deformacije teritorije Republike Srbije predstavljene u UTM projekciji može se koristiti sledeća jednačina:

$$d = \frac{|1''|^2}{2|\rho''|^2} \cos^2 \varphi |1 + \eta^2| + \frac{|1''|^4}{24|\rho''|^2} \cos^4 \varphi |5 - 4 \operatorname{tg}^2 \varphi| \quad (4)$$

gde je:

φ - geodetska latituda,
 $\rho'' = 180^\circ/\pi$,

¹ Termin tačnost projekcije odnosi se na relativnu linearnu deformaciju projekcije po jedinici dužine.

$$l'' = \frac{0,0002\rho''}{\cos^2 \varphi \sqrt{1 + \eta^2}}$$

$\eta = e' \cos \varphi$ - spljoštenost elipsoida

e' - drugi brojni ekscentricitet Zemljinog elipsoida

ili još jednostavnije uz korišćenje pravougljih koordinata:

$$d = \frac{y^2}{2R^2} + \frac{y^4}{24R^4} \approx \frac{y^2}{2R^2} \quad (5)$$

gde je, $R = \sqrt{MN} = f \cos \varphi$, y – ordinata.

M -poluprečnik krivine glavnog normalnog preseka po meridijanu,

N -poluprečnik krivine po prvom vertikalu.

Korišćenjem navedenih jednačina dolazi se do graničnih linearnih deformacija i tačnosti projekcije na krajevima zone preslikavanja za teritoriju Republike Srbije (Tabela 1).

φ°	linearna deformacija d	tačnost projekcije
42°	0,00080	1:1252
43°	0.00076	1:1315
44°	0.00072	1:1382
45°	0.00068	1:1455
46°	0.00065	1:1535

Tabela 1. Granične linearne deformacije na kraju zone preslikavanja

Prema Tabeli 1. UTM projekcija za teritoriju Republike Srbije, odnosno za područje između 18° i 24° meridijana i 42° i 46° paralele ima tačnost od 1:1250 na južnim paralelama do 1:1500 na severnim paralelama. S obzirom da teritorija Republike Srbije ne dopire do razmatranih graničnih meridijana, za najveći deo naše teritorije obezbeđena je znatno veća tačnost posmatrane projekcije. Iznosi graničnih linearnih deformacija i tačnost projekcije za područje između 19° i 23° meridijana, dakle za celu razmatranu teritoriju, dati su u Tabeli 2.

φ°	linearna deformacija d	tačnost projekcije
42°	0,00035	1:2817
43°	0.00034	1:2958
44°	0.00032	1:3110
45°	0.00031	1:3275
46°	0.00029	1:3453

Tabela 2. Granične linearne deformacije između 19° i 23° meridijana

3. Zaključak

Svi aktuelni koordinatni i projekcioni sistemi počivaju na klasičnim matematičkim postavkama. Konkretno primer projekcionog koordinatnog sistema je kartografska (koordinatna) mreža, koja čini matematičku osnovu za efikasnu i jednoznačnu prostornu identifikaciju svih objekata i pojava. Položaj tačaka u horizontalnom referentnom sistemu Republike Srbije izražava se dvodimenzionalnim, pravolinijskim koordinatama u ravni konformne UTM projekcije, kao državnoj projekciji. Univerzalna transvezalna Merkatorova projekcija u smislu tačnosti projekcije i jedinstvenog koordinatnog sistema za teritoriju Republike Srbije zadovoljava uobičajene vojne potrebe za korišćenjem prostornih podataka.

Bibliografija

- [1] **Eckels R.:** Surveying with GPS in Australia, The University of New South Wales, Kensington, Australia, 1987.
- [2] **Ilić A.:** Aktuelni koordinatni i projekcioni sistemi, Zbornik radova by. 13, Vojnogeografski institut, Beograd, 2009.
- [3] **Jovanović V.:** Koordinatni sistemi i potreba obezbeđenja geodetsko-kartografskog kontinuiteta sa susednim zemljama, VA KOV, Beograd, 1974.
- [4] **Jovanović V.:** Obezbeđenje kontinuiteta geodetskih i kartografskih podataka na području različitih koordinatnih sistema, Vojnogeografski institut, Beograd, 1973.
- [5] **Jovanović V.:** Zadaci transformacija pri obezbeđenju kontinuiteta geodetsko-kartografskih podataka, Zbornik radova, Vojnogeografski institut, Beograd, 1974.
- [6] **Sakari H.:** Instructions for use coordinate transformations between WGS84 and KKJ, National Land Survey of Finland, Helsinki, 1997.

CIVIL ENGINEERING

Optimalan broj i raspored orijentacionih tačaka za kontrolu geometrijskih karakteristika građevinskih konstrukcija fotogrametrijskom metodom

Slavoljub Tomić

Visoka građevinsko-geodetska škola strukovnih studija u Beogradu

e-mail: tomicslavoljub@vggs.rs

Slobodan Pandžić

Visoka građevinsko-geodetska škola strukovnih studija u Beogradu

e-mail: slobodanpandzic@vggs.rs

Apstrakt: Geometrijske karakteristike građevinskih konstrukcija se najpouzdanije kontrolišu geodetskim merenjima. Za ove svrhe je veoma pogodna fotogrametrijska metoda. Da bi se ovom metodom mogla ostvariti neophodna tačnost dobijenih rezultata merenja, potrebno je da se raspolaže dovoljnim brojem pravilno raspoređenih orijentacionih tačaka. U radu je prikazan eksperiment kojim se utvrđuje optimalan broj i raspored orijentacionih tačaka za ove namene.

Ključnereči: Građevinske konstrukcije, geometrijske karakteristike, fotogrametrija, orijentacione tačke.

1. Uvod

Geometrijske karakteristike građevinskih konstrukcija su predmet čestih provera. Da bi se doneli validni zaključci o njihovom stanju i da li imaju projektovana geometrijska svojstva, neophodno je raspolagati sa kvalitetnim kvantitativnim pokazateljima koje je moguće obezbediti jedino odgovarajućim geodetskim merenjima.

2. Kontrola geometrijskih karakteristika građevinskih konstrukcija

U zavisnosti od oblika, veličine i složenosti građevinskih konstrukcija, čije geometrijske karakteristike treba proveriti, kao i zadate tačnosti, primenjuje se odgovarajuća metoda geodetskih merenja. Moguća je primenai sledeće metode geodetskih merenja:

- polarnu metodu uz primenu totalnih stanica,
- terestričko lasersko skeniranje i
- fotogrametrijsku metodu.

2.1. Polarna metoda

Polarna metoda geodetskog merenja se zasniva na određivanju prostornih koordinata detaljnih tačaka, a na osnovu merenih uglova i dužina. Nedostatak joj je što se snimani objekat diskretizuje odgovarajućim brojem detaljnih tačaka koje će najverodostojnije reprezentovati njegov oblik i geometrijske karakteristike, što često nije lako izvesti.

2.2. Terestričko lasersko skeniranje

Terestričko lasersko skeniranje je sve zastupljenija metoda geodetskog snimanja. Njena suština je sistematsko lasersko skeniranje objekta i određivanje prostornih koordinata velikog broja tačaka (tzv. oblaka tačaka). Nedostak ove metode je velika količina tačaka (često suvišnih) od kojih treba filtriranjem izdvojiti samo tačke od interesa. Osim toga oprema za primenu ove metode je relativno skupa i nedovoljno zastupljena u geodetskoj praksi.

2.3. Fotogrametrijska metoda

Fotogrametrijska metoda je pogodna za kontrolu geometrijskih karakteristika građevinskih konstrukcija. Ona se zasniva na fotografskim snimcima predmetnog objekta koji su načinjeni sa različitih pozicija tako da se svaka detaljna tačka preslika na najmanje dva snimka. Na osnovu fotogrametrijskih merenja na ovim snimcima, moguće je odrediti prostorne koordinate svih tačaka koje najbolje reprezentuju snimani objekat. Osim mernih, za snimanje se mogu koristiti i kvalitetne amaterske kamere uz uslov da su poznati parametri unutrašnje orijentacije koji se određuju postupkom kalibracije.

2.4. Izbor metode merenja

Koja metoda geodetskih meranja će biti primenjena za potrebe kontrole geometrijskih karakteristika građevinskih konstrukcija zavisi od više faktora, pri čemu su presudni:

- oblik, veličina i složenost građevinske konstrukcije koja je predmet kontrole,
- zahtevana tačnosti rezultata merenja,
- raspoloživost neophodne merne opreme i softvera za obradu merenja,
- terenski uslovi za obavljanje merenja i
- efikasnost i ekonomičnost metode.

Cilj rada nije bio da se prema spomenutim kriterijumima izvrši izbor optimalne metode snimanja geometrijskih karakteristika građevinskih konstrukcija već da se analizom pokaže u kojim je slučajevima moguća primena fotogrametrijske metode.

3. Osnovne karakteristike fotogrametrijske metode

Pozitivne strane primene fotogrametrijske metode su:

- ekonomičnost i efikasnost,
- fleksibilan izbor tačaka za merenje,
- zadovoljavajuća tačnost i
- mogućnost upotrebe amaterskih kamera i standardne geodetske opreme.

3.1. Fotogrametrijsko snimanje

Početna faza, ujedno i jedna od najznačajnijih u primeni ove metode je fotogrametrijsko snimanje. U ovoj fazi je veoma važno izabrati najpovoljnije pozicije za snimanje, kojima će se obezbediti da svaka željena detaljna tačka konstrukcije koja se snima bude preslikana na najmanje dva snimka. Pored toga treba obezbediti povoljne uslove za snimanje u pogledu dovoljne osvetljenosti svih delova konstrukcije koja se snima, uz izbegavanje moguće senke. Fotografsko snimanje treba obaviti sa mernom kamerom (poznata unutrašnja orijentacija) ili amaterskom kamerom koja je kalibrisana na test polju.

3.2. Orijetacione tačke

Za ostvarivanje željene tačnosti rezultata merenja fotogrametrijskom metodom, neophodno je da se raspolaze sa dovoljnim brojem orijentacionih tačaka (OT), čije su prostorne koordinate određene nekom od konvencionalnih geodetskih metoda. To su posebne tačke jasno definisane ili unapred obeležene na konstrukciji (objektu), a koje su kvalitetno preslikane na fotografskim snimcima. One služe za uspostavljanje matematičke veze između slikovnih koordinata tačaka izmerenih na fotografskim snimcima i njihovih koordinata u terenskom (lokalnom) koordinatnom sistemu. Za postizanje zadate tačnosti, pored neophodnog broja, bitan je i raspored OT. U radu su prikazani rezultati eksperimenta koji je bio dizajniran za empirijsko definisanje optimalnog broja i rasporeda OT pri primeni fotogrametrijske metode za ovakve namene.

3.3. Obrada podataka

Obrada podataka kod primene fotogrametrijske metode se satoji od:

- fotogrametrijskih merenja,
- fototriangulacije,

- ocene tačnosti i
- analize rezultata merenja.

Fotogrametrijska merenja orijentacionih i željenih detaljnih tačaka građevinskih konstrukcija se sastoje u merenju njihovih slikovnih koordinata na svim snimcima na kojima su preslikane. Obavlja se primenom specijalizovanih, ali lako dostupnih softverskih paketa i svodi se na poentiranje kursora na željenu detaljnu tačku i registraciju merenih slikovnih koordinata. Fototriangulacija je faza u kojoj se kroz postupak izravnjanja merene slikovne koordinate izabranih detaljnih tačaka građevinskih konstrukcija prevode u prostorni koordinatni sistem. Pojednostavljeno se može opisati kao postupak gde se na osnovu koordinata OT (u oba koordinatna sistema) kroz postupak izravnjanja dolazi do transformacionih parametara koji kasnije služe da se sve merene slikovne koordinate izabranih detaljnih tačaka prevedu u prostorni koordinatni sistem.

Postupak izravnjanja koji se provodi u procesu fototriangulacije omogućava dobijanje odgovarajućih pokazatelja ocene tačnosti dobijenih koordinata detaljnih tačaka. Rezultati fototriangulacije (prostorne koordinate detaljnih tačaka) postaju predmet posebnih analiza, kojima se vrši kontrola geometrijskih karakteristika snimanog objekta. Tako je moguće utvrditi da li je došlo do odstupanja od projektovanih vrednosti ili da li su ispoštovani neki drugi geometrijski uslovi.

4. Eksperiment

Eksperiment, koji je imao za cilj utvrđivanje optimalnog broja i rasporeda OT za kontrolu geometrijskih karakteristika građevinskih konstrukcija, sproveden je u laboratorijskim uslovima. Kao simulacija građevinske konstrukcije koja se ispituje uzet je zid laboratorije koji ima specifičan prelom i zakošenje. Na zidu je, na pravilnom rastojanju od 0.5 m i istoj visini obeleženo ukupno 27

kontrolnih tačaka (Slika 1a), dok su OT signalisane specijalno napravljenim signalima (Slika 1b).



a: Kontrolne tačke b: Orijetacione tačke

Slika 1: Način signalisanja tačaka

Orijetacione tačke su pravilno raspoređene u dva reda oko kontrolnih tačaka i to tako da jedan red bude u ravni zida (tačke iznad kontrolnih tačaka) a drugi na kosom delu zida (tačke ispod kontrolnih tačaka). Ukupno je signalisano 18 tačaka (Slika 2).



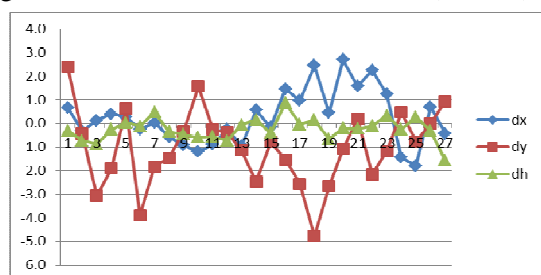
Slika 2: Raspored orijentacione tačke

Sve tačke (orijentacione i kontrolne) su snimljene polarnom metodom i dobijene su njihove prostorne koordinate. Fotografisanje je izvršeno amaterskom fotografskom kamerom Canon EOS Kiss X4, koja je prethodno kalibrisana na test polju. Pri snimanju se vodilo računa da ose snimanja budu približno upravne na ravan zida, da svi snimci (ukupno 10) budu načinjeni sa iste visine (upotreba stativa) i pri približno istim uslovima (veštačka rasveta), kao i da se sve OT preslikaju na najmanje tri snimka. Fotogrametrijska merenja i fototriangulacija su obavljena softverom PhotoModeler Scanner, pri čemu je variran broj i raspored OT.

5. Rezultati eksperimenta

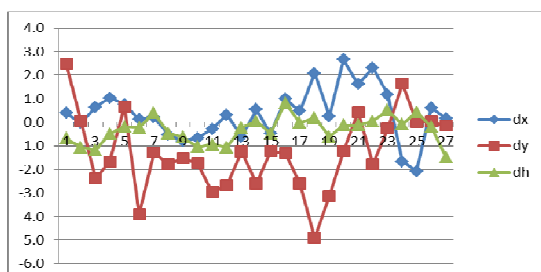
Ukoliko se za orijentaciju snimaka koristi maksimalan broj OT (ukupno 18), onda su razlike koordinata kontrolnih tačaka, dobijene snimanjem polarnom metodom (totalnim

stanicama) i fotogrametrijskim merenjima u granicama od -4.8 mm do +2.7 mm (Slika 3).



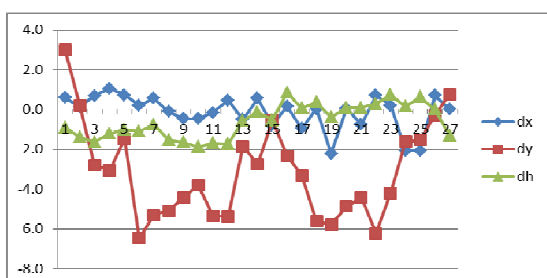
Slika 3: Razlike koordinata (uključene sve OT)

Kada se za orijentaciju koriste OT na svakom drugom profilu (ukupno 10) razlika između koordinata kontrolnih tačaka se kreće u granicama od -4.9 mm do +2.7 mm. (Slika 4).



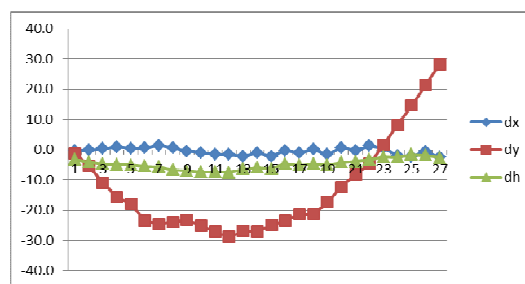
Slika 4: Razlike koordinata kontrolnih tačaka (OT na svakom drugom profilu)

Ako se koriste OT samo na krajevima i sredini (ukupno 6) razlika koordinata se kreće u granicama od -6.5 mm do +3.0 mm (Slika 5).

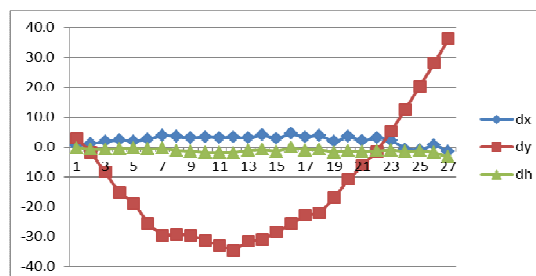


Slika 5: Razlike koordinata kontrolnih tačaka (OT raspoređene na tri profila)

Sa samo tri OT (Slika 6) razlika koordinata se kreće u granicama od -28.8 mm do +28.1 mm, a ako se ne koriste date OT onda se razlika koordinata znatno uvećava i kreće se u granicama od -34.7 do 36.2 mm (Slika 7).



Slika 6: Razlike koordinata kontrolnih tačaka (samo tri tačke OT)



Slika 7: Razlike koordinata kontrolnih tačaka (bez OT)

Na svim grafikonima se može uočiti da je najveća razlika koordinata po Y osi koja je upravna na pravac zida, što je poznat problem fotogrametrijske metode.

6. Zaključak

Na osnovu srovedenog eksperimenta može se zaključiti da se smanjenjem broja korišćenih OT razlika koordinata povećavaju. Tako, tražena tačnost koordinata tačaka za kontrolu geometrije konstruktivnih elemenata, uslovljava broj i raspored OT.

Za tačnost koordinata veću od ± 5 mm mora se uzeti dovoljan broj pravilno raspoređenih OT. Ukoliko se koriste samo tri OT, što je minimum, onda se razlika u koordinatama tačaka kreće oko ± 30 mm. Ako se pri obradi snimaka definišu samo koordinatni početak, orijentacija i razmera (bez OT), razlike koordinata su značajne i ova se metoda ne bi mogla primenjivati u praksi.

Bibliografija

- [1] PhotoModeler Scanner 2011, Tutorial
- [2] Tomić, S., Pandžić, S. Višekriterijumsko odlučivanje pri izboru digitalne fotografske kamere za fotografisanje građevinskih konstrukcija, Zbornik radova XXXX Simpozijuma o operacionim istraživanjima, Divčibare, septembar 2014.

Mesto i uloga vrednovanja u procesu projektovanja železničkih pruga

Ljiljana Milić Marković

CeS.COWI d.o.o, 11 000 Beograd, Južni Bulevar1/4

e-mail: ljmm@cescowi.rs

Ljubo Marković

Univerzitet u Prištini, Fakultet tehničkih nauka, 38220 Kosovska Mitrovica, Kneza Miloša 7

e-mail: ljubo.markovic@pr.ac.rs

Velimir Dutina

Univerzitet u Prištini, Fakultet tehničkih nauka, 38220 Kosovska Mitrovica, Kneza Miloša 7

e-mail: velimir.dutina@pr.ac.rs

Miljan Kovačević

Univerzitet u Prištini, Fakultet tehničkih nauka, 38220 Kosovska Mitrovica, Kneza Miloša 7

e-mail: miljan.kovacevic@pr.ac.rs

Apstrakt: U ovom radu ukazano je na značaj višekriterijumskog vrednovanja u procesu projektovanja železničkih pruga kao i faktori koji su odlučujući za upotrebu višekriterijumskog vrednovanja. Prikazana je AHP metoda višekriterijumskog vrednovanja. Na hipotetičkom primeru odabira najpovoljnije varijante koridora železničke pruge na nivou Generalnog projekta, pokazano je kako se AHP metoda primenjuje u praksi i koje podatke je neophodno tom prilikom definisati.

Ključne reči: projektovanje, železničke pruge, varijante, vrednovanje, višekriterijumsko vrednovanje

1. Uvod

Proces kreiranja projektnih rešenja železničkih pruga predstavlja osmišljavanje realnih koridora - trasa i temelji se na balansiranju potražnje (tj. zahteva saobraćaja), ciljeva i ograničenja sa jedne strane i ponude iskazane u egzistiranju realnih rešenja sa druge strane. Ovo balansiranje realizuje se kroz odgovarajuća projektna rešenja na odgovarajućim podlogama koje su oslonjene na opšti nivo saznanja iz više naučnih disciplina, intuiciju i kreativne sposobnosti stručnog tima.

Projektovanje železničkih pruga predstavlja iterativni proces optimizacije rešenja po nizu kriterijuma koji, u svojoj završnoj fazi, dovodi do najpovoljnijeg rešenja. Na taj način, vrednovanje je integrisano u proces

projektovanja varijantnih rešenja, jer su im suštinski zadaci, ciljevi i značenje isti.

2. Višekriterijumsko vrednovanje

Višekriterijumsko vrednovanje predstavlja neraskidivi deo procesa projektovanja. Kreiranje projektnih rešenja železničkih pruga po meri funkcionalnih zahteva saobraćaja, ekološkim ograničenjima, maksimalnom ekonomskom opravdanošću zasnovanom na realnim materijalnim mogućnostima društva, predstavlja višekriterijumski zadatak u čijoj realizaciji, na osnovu znanja i kreativnih sposobnosti, učestvuje multidisciplinarni tim stručnjaka (inženjeri, planeri, ekonomisti i sociolozi). Po svojoj ulozi i funkciji u procesu projektovanja, višekriterijumsko vrednovanje se primenjuje u onim slučajevima kada nijedna alternativa u navedenim procedurama

vrednovanja se ne pokaže kao najpovoljnija. Tada se u obzir uzima niz različitih kriterijuma na osnovu kojih se, uz pomoć nekih od metoda višekriterijumskog vrednovanja, analiziraju alternative.

U literaturi je prisutno više metoda višekriterijumskog vrednovanja. Ove metode mogu se razvrstati na različite načine: prema obliku modela (linearno, nelinearno, stohastičko), prema karakteristikama prostora (konačan ili beskonačan), ili ponuđenim alternativama (prethodno specificirane ili interaktivne preferencije) [1].

2.1. AHP metoda

Analitic Hierarchy Process (AHP) [2] predstavlja jednu od najčešće korišćenih višekriterijumska metoda u oblasti saobraćaja. AHP omogućava interaktivno kreiranje hijerarhije problema kao pripremu scenarija odlučivanja, a zatim vrednovanje u parovima elemenata hijerarhije (ciljeva, kriterijuma i alternativa) u *top-down* smeru. Pored toga, tokom vrednovanja elemenata hijerarhije, sve do kraja procedure i sinteze rezultata, proverava se konzistentnost rezonovanja donosioca odluka i utvrđuje ispravnost dobijenih rangova alternativa i kriterijuma, kao i njihovih težinskih vrednosti. Izdvajaju se četiri koraka ove metode: struktuiranje problema, prikupljanje podataka i njihova analiza, izračunavanje relativnih težina kriterijuma i određivanje rešenja problema. AHP ima sposobnost da identifikuje i analizira nekonzistentnosti donosioca odluka tako što odmerava stepen konzistentnosti [2] i o tome obavestava donosioca odluka. Stepem konzistentnosti *CR* izračunava se po formuli:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (1)$$

gde je: *CI* - indeks konzistentnosti

RI - slučajni indeks koji zavisi od reda matrice poređenja.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (2)$$

λ_{max} - maksimalna sopstvena vrednost matrice poređenja

$$\lambda_{max} = \sum_{i=1}^n \lambda_i \quad (3)$$

Ako je stepen konzistentnosti *CR* manji od 0.10, rezultat je dovoljno tačan. Ako je stepen konzistentnosti veći od 0,10 rezultate bi trebalo ponovo analizirati i ustanoviti razloge nekonzistentnosti. U praksi se često dešava da stepen konzistentnosti bude veći od 0,10, a da se izabrana alternativa ipak zadrži kao najbolja [3].

3. Izbor najpovoljnije alternativnog rešenja trase metodom AHP

U okviru modernizacije železničke pruge, na nivou Generalnog projekta, projektovana su četiri alternativna rešenja: TRASA 1; TRASA 2; TRASA 3 i TRASA 4. Višekriterijumsko vrednovanje alternativnih rešenja projekta podrazumeva razmatranje sa više aspekata: investiciono-građevinski, saobraćajno - eksploatacioni, prostorno-urbani, ekološki i socio-ekonomski. Na osnovu toga, izabrani su kriterijumi koji su razrađeni kroz odgovarajuće pokazatelje. Relativne težine definisanih kriterijuma utvrđene su ekspertskom ocenom (Delphi metoda) i prikazane u tabeli 1.

Kriterijumi	W
Investicioni troškovi građenja	w ₁ 0.12
Eksploatacioni troškovi korisnika	w ₂ 0.09
Troškovi održavanja	w ₃ 0.08
Troškovi saobraćajnih nezgoda	w ₄ 0.14
Vreme putovanja	w ₅ 0.11
Kolizija alternativa sa naseljima	w ₆ 0.05
Prostorni sukob sa namenom površina	w ₇ 0.05
Degradacija budućeg uređenja prostora	w ₈ 0.06
Funkcionalnost povezivanja prostornih celina i aktiviranja razvojnih potencijala	w ₉ 0.04
Rizik od degradacije kulturnih i prirodnih vrednosti	w ₁₀ 0.07
Odnos prema ekološkim posledicama	w ₁₁ 0.11
Uticaj na društveni razvoj	w ₁₂ 0.07

Tabela 1. Težine kriterijuma

3.1. Struktuiranje problema

U ovom slučaju, kod primene AHP metode, 12 kriterijuma grupisano je u četiri celine: troškovi (investicioni troškovi građenja, eksploatacioni troškovi korisnika, troškovi održavanja); vreme putovanja; prostorni aspekti (kolizija alternativa sa naseljima, prostorni sukob sa postojećom namenom površina, degradacija budućeg uređenja prostora, funkcionalnost povezivanja prostornih celina i aktiviranja razvojnih potencijala) i ekološki i sociološki aspekti (rizik od degradacije kulturnih i prirodnih vrednosti, uticaj na društveni razvoj).

3.2. Prikupljanje i analiza podataka, izračunavanje relativnih težina kriterijuma

Na osnovu procene eksperata, generisana je, pomoću Satijeve skale, odgovarajuća matrica poređenja (tabela 2) kako bi se iskazala relativna važnost među četiri grupe kriterijuma (Troškovi- *tr*, Vreme putovanja - *vr*, Prostorni aspekt - *pr*, Ekološki i sociološki aspekt - *eks*):

$$\begin{bmatrix} 1 & tr/vr & tr/pr & tr/eks \\ vr/tr & 1 & vr/pr & vr/eks \\ pr/tr & pr/vr & 1 & pr/eks \\ eks/tr & eks/vr & eks/pr & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 4 & 5 \\ 0,50 & 1 & 3 & 6 \\ 0,25 & 0,33 & 1 & 2 \\ 0,25 & 0,17 & 0,50 & 1 \end{bmatrix}$$

Tabela 2. Matrica poređenja

Određene su relativne težine za elemente iz matrice uporednog ocenjivanja kriterijuma (tabela 3):

$$\begin{bmatrix} 0,48 \\ 0,33 \\ 0,12 \\ 0,07 \end{bmatrix}$$

Tabela 3. Relativne težine za elemente iz matrice uporednog ocenjivanja kriterijuma

Takođe, formirane su matrice uporedne analize ponuđenih varijantnih rešenja na

osnovu četiri grupe kriterijuma i na osnovu njih određene relativne težine (tabela 4):

$$\begin{aligned} (tr) &= \begin{bmatrix} 0,0433 \\ 0,623 \\ 0,138 \\ 0,195 \end{bmatrix} & (vr) &= \begin{bmatrix} 0,05 \\ 0,482 \\ 0,20 \\ 0,26 \end{bmatrix} \\ (pr) &= \begin{bmatrix} 0,0462 \\ 0,552 \\ 0,213 \\ 0,189 \end{bmatrix} & (eks) &= \begin{bmatrix} 0,0488 \\ 0,50 \\ 0,297 \\ 0,154 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

Tabela 4. Relativne težine za četiri grupe kriterijuma

3.6.3. Određivanje rešenja problema

Matrica ukupnih težina za sva četiri alternativna rešenja (Trasa 1; Trasa 2; Trasa 3 i Trasa 4):

$$\Sigma = \begin{bmatrix} 0,046244 \\ 0,5590 \\ 0,17859 \\ 0,21286 \end{bmatrix}$$

Rezultati ispitivanja konzistentnosti rezultata:

$$\lambda_{max} = 4.0747$$

$$CI = 0.002491$$

$$CR = 0,0277 < 0,10 \rightarrow \text{stepen konzistentnosti zadovoljava}$$

Na osnovu datih kriterijuma i ocena poređenja parova alternativnih rešenja i kriterijuma, rangiranje varijanti pomoću metode AHP dalo je sledeće rezultate (tabela 5):

Rang	Alternativno rešenje	Težina alternativnog rešenja
1	Trasa 2	0.5590
2	Trasa 4	0.21286
3	Trasa 3	0.17859
4	Trasa 1	0.046244

Tabela 5 – Rezultati rangiranja

Na osnovu rezultata vrednovanja primenom metode AHP zasnovanog na četiri grupe kriterijuma možemo zaključiti da trasa “Trasa 2” predstavlja najpovoljnije rešenje.

4. Zaključak

U procesu planiranja i projektovanja železničkih pruga, višekriterijumsko vrednovanje ima aktivnu ulogu u procesu odabira najpovoljnije varijante koridora na nivou Generalnog projekta i čini sastavni deo projektne dokumentacije. Posebnu pažnju treba posvetiti definisanju kriterijuma, dodeljivanju težinskih koeficijenata kriterijumima i odabiru metoda višekriterijumskog vrednovanja koje će se primeniti.

AHP je metoda višekriterijumskog odlučivanja koja pomaže donosiocu odluka da se suoči s više konfliktnih i subjektivnih kriterijuma. Prednost metode AHP za razliku od drugih metoda za višekriterijumsko odlučivanje je fleksibilnost, praktičnost za donosioca odluka i mogućnost provere kompatibilnosti. Metoda AHP može proceniti kvalitativne (subjektivne) i kvantitativne (objektivne) attribute alternativa. Primenom ove metode smanjuje se pristranost u odlučivanju. Metoda AHP primenjuje relativne vrednosti, pa se zato smatra prikladnom metodom za rad sa pokazateljima različitih dimenzija.

Bibliografija

- [1] **Shelton, J., Medina, M.:** Integrated multiple-criteria decisionmaking method to prioritize transportation projects, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2174, pp. 51-57, (2010)
- [2] **Saaty, T., L.:** The Analytic Hierarchy Process. *McGraw Hill, New York*, (1980)
- [3] **Karlsson, J., Wohlin, C., Regnell, B.:** An evaluation of methods for prioritizing software requirements. *Information and Software Technology*, 39 (14-15), 939-947, (1998)
- [4] **Department for Communities and Local Government:** London, Multi-criteria analysis: a manual, *Communities and Local Government Publications, London*, 2009.
- [5] **Coyle, G.:** Practical Strategy. Open Access Material. AHP. *Pearson Education Limited* (2004)

Višekriterijumske metode za vrednovanje i rangiranje varijantnih rešenja investicionih projekata

Ljubo Marković

*Univerzitet u Prištini, Fakultet tehničkih nauka, 38220 Kosovska Mitrovica, Kneza Miloša 7
e-mail: ljubo.markovic@pr.ac.rs*

Ljiljana Milić Marković

*CeS.COWI d.o.o, 11 000 Beograd, Južni Bulevar1/4
e-mail: ljmm@cescowi.rs*

Miljan Kovačević

*Univerzitet u Prištini, Fakultet tehničkih nauka, 38220 Kosovska Mitrovica, Kneza Miloša 7
e-mail: miljan.kovacevic@pr.ac.rs*

Jovana Jovanović

*Univerzitet Union - Nikola Tesla, 11 000 Beograd
e-mail: jovana90@yahoo.com*

Apstrakt: U radu je ukazano na značaj vrednovanja i rangiranja ponuđenih varijantnih rešenja investicionih projekata kod donošenja odluka. Istaknut je značaj razvoja računarske tehnologije, teorije matematičkog programiranja i numeričkih metoda koje su omogućile realnije matematičko modeliranje problema koji se odnose na donošenje odluka i realnije procenjivanje valjanosti ponuđenih rešenja. Kroz sagledavanje problematike vrednovanja, dati su osnovni principi neophodni za uspešnost procesa vrednovanja. Predstavljen je proces donošenja odluka primenom višekriterijumskog vrednovanja. Pobjrojane su osnovne faze u metodologiji višekriterijumskog vrednovanja. Prikazane su neke od metoda višekriterijumskog vrednovanja koje se danas koriste - PROMETHEE, VIKOR I GRUBI SKUPOVI.

Ključne reči: metode, varijante, vrednovanje, višekriterijumsko vrednovanje, kriterijumi

1. Uvod

Od kada postoji, čovek se susreće sa problemima koji podrazumevaju više alternativa, pri čemu se, u datim uslovima i pri važećim ograničenjima, postavlja pitanje odabira najbolje. Dakle, susreće se sa problemima vrednovanja, rangiranja i odabira optimalne alternative. Odluke koje se donose imaju za cilj iznalaženje najboljeg načina za izvršenje nekog zadatka, pri čemu se

istovremeno zadovoljavaju unapred fiksirani zahtevi.

U procesu donošenja odluka, pored subjektivnih stavova donosioca odluke, učestvuju i naučne discipline koje zalaze u sfere veštačke inteligencije i operacionih istraživanja. Metode veštačke inteligencije, "mekog računanja", veštačkih neuralnih mreža, evolucionog računanja i raznih metaheurističkih algoritama, koje su inspirisane genetskim, biloškim i drugim

procesima u prirodi, koje su nastale i razvile se u toku poslednje tri decenije XX veka doprinele su da se mnogi problemi prakse realnije matematički modeliraju i lakše dobijaju tražena prihvatljiva ili optimalna rešenja.

2. Vrednovanje investicionih projekata

Odluka investitora da ispita mogućnosti realizacije investicionog projekta je potreba da se proceni da li bi se realizacijom projekta i njegovom eksploatacijom ostvario određeni profit.

Pod pojmom vrednovanje podrazumeva se procedura ocenjivanja i odlučivanja uključujući i postupke definisanja pokazatelja i kriterijuma relevantnih za ocenjivanje i odlučivanje.

Vrednovanje se sprovodi nakon i u toku svake faze - od kreiranja osnovnih ideja pa do Glavnog i Izvođačkog projekta. Da bi vrednovanje dovelo do optimalnih rešenja, mora se zasnivati na četiri osnovne vrste vrednovanja: funkcionalnom vrednovanju, ekološkom vrednovanju, ekonomskom vrednovanju i investicionom vrednovanju.

3. Višekriterijumsko vrednovanje

Višekriterijumsko vrednovanje predstavlja pristup rešavanju problema i skup različitih tehnika i metoda, čiji je krajnji rezultat redosled, odnosno rangiranje varijanata, od najpovoljnije do najnepovoljnije varijante. Varijante koje se razmatraju u datom problemu mogu se razlikovati u stepenu ispunjavanja postavljenih ciljeva odabranih kriterijuma, pri čemu je verovatno da se nijedna varijanta neće pokazati kao najpovoljnija po svim ciljevima i kriterijumima. Takođe, čest je slučaj da su ciljevi i kriterijumi međusobno konfliktni.

Pod pojmom višekriterijumsko vrednovanje najčešće se podrazumeva višeatributivno vrednovanje, odnosno proces

odabira i rangiranja varijantnih rešenja iz dostupnog i konačnog skupa varijanata u diskretnom prostoru odlučivanja. Pored višeatributivnog vrednovanja, postoji i višeciljno vrednovanje [1]. Metode višeatributivnog vrednovanja često se nazivaju „meke“ (soft) optimizacione tehnike. Glavna prednost „mekih“ metoda je što bez većih poteškoća tretiraju prostore odlučivanja i kriterijume izražene u različitim mernim jedinicama, kao i slučajeve kada lingvističke ocene kvalitativnih performansi treba prethodno kodirati ili kada je potrebno koristiti različite skale vrednosti u oceni performansi varijanata u odnosu na kriterijume. Takođe, ove metode normalizacijom vrednosti, integrišu kriterijume koje treba maksimizirati sa kriterijumima koje treba minimizirati u isto metodološko okruženje [2].

Na osnovu dosadašnjih istraživanja i primene razvijena je metodologija rešavanja višekriterijumskih problema koja se sastoji od šest faza, pri čemu se na samom početku definišu *ciljevi, prioriteti i alati* višekriterijumskog vrednovanja. Najviše diskusija je oko prioriteta, zato što oni podrazumevaju interese i stavove različitih zainteresovanih strana i posredstvom definisanja težinskih koeficijenata kriterijuma mogu direktno uticati na konačan odabir rešenja. Metodologija višekriterijumskog vrednovanja podrazumeva sledeće faze [3]:

- *Faza 1:* Definisanje kriterijuma i setova kriterijuma;
- *Faza 2:* Definisanje vrednosti kriterijuma i načina optimizacije (željeni minimum ili maksimum vrednosti); iz ove faze proizilaze indikatori, odnosno konkretne vrednosti kriterijuma;
- *Faza 3:* Određivanje težina kriterijuma;

- *Faza 4:* Odabir metoda višekriterijuskog vrednovanja (izabrane metode biće detaljno predstavljene u radu);
- *Faza 5:* Rangiranje varijanti i odabir najpovoljnije varijante;
- *Faza 6:* Redefinisanje težina kriterijuma; u nekim slučajevima može doći do promene težina kriterijuma kada se ceo proces vraća na fazu 3 i iznalazi se novi poredak varijantnih rešenja.

Na kraju procesa višekriterijuskog vrednovanja dobijaju se eksplicitni izlazni podaci koji se odnose na odabrano varijantno rešenje i koji mogu biti podvrgnuti nekoj vrsti analize osetljivosti.

3.1. Metode višekriterijuskog vrednovanja

Tipičan višekriterijuski problem matematički se može predstaviti na sledeći način [2]:

$$(VKV) \begin{cases} \text{Select: } A_1, A_2, \dots, A_m \\ \text{s.k.: } K_1, K_2, \dots, K_n \end{cases} \quad (1)$$

gde:

$A = (A_1, A_2, A_m)$ predstavlja m varijanata,

$K = (K_1, K_2, K_n)$ je skup od n kriterijuma za opisivanje situacije u kojoj se odluka donosi.

U daljem tekstu dat je prikaz nekih od najčešće korišćenih metoda višekriterijuskog vrednovanja, konkretno metode: PROMETHEE, VIKOR i GRUBI SKUPOVI.

Metoda PROMETHEE

Metoda PROMETHEE (eng. Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations) omogućava sagledavanje i agregaciju kvantitativnih i kvalitativnih kriterijuma različitih težina. U metodi PROMETHEE definišu se kriterijumi na osnovu tipa relacije preferencije, pa tako oni mogu biti: kvazi kriterijum, kriterijum sa

linearnom preferencijom, kriterijum sa stepenima konstantne preferencije, kriterijum sa linearnom preferencijom i područjem indiferencije i Gausov kriterijum [4]. Koji će se tip kriterijuma primeniti zavisi od prirode višekriterijuskog problema. Krajnji rezultat može biti parcijalno (delimično) rangiranje varijanti (PROMETHEE I) ili potpuno rangiranje varijanti (PROMETHEE II).

Primenu metode PROMETHEE karakterišu dva koraka [4]: generisanje relacije preferencije u skupu varijanti A i korišćenje te relacije u cilju rešavanja višekriterijuskog problema.

Ova metoda zasniva se na formiranju složene relacije preferencije koja se bazira na generalizaciji kriterijuma. Preferencije ustvari određuju koliko je neki kriterijum važan za donošenje odluka, tj. što je preferencija veća - kriterijum je važniji. Definiše se indeks preferencija, a relacija se prikazuje u vidu grafa preferencije. Suština ovog koraka sastoji se u tome da donosilac odluke mora izraziti sopstvene preferencije (dati prednost) između varijanata po svakom od izabranih kriterijuma, na osnovu težinskih faktora dodeljenih kriterijumima [4].

Metoda VIKOR

Metoda VIKOR je razvijena na osnovu elemenata iz kompromisnog rangiranja. Naziv je skraćenica od reči *VI*šeKriterijusko *Optimalno Rešenje* ili *VI*šekriterijusko *KOMPromisno Rešenje*. Na osnovu metode urađen je i programski paket (*VIKOR*) koji rešava zadatke optimizacije sa više heterogenih i konfliktnih kriterijuma. Dobijeno rešenje je kompromisno, može biti jedinstveno ili predstavljati skup bliskih rešenja. Kompromisno rešenje je ono dopustivo rešenje koje je najbliže idealnom. Idealno rešenje se određuje na osnovu najboljih vrednosti kriterijuma i obično se ne nalazi u datom skupu alternativnih rešenja [5].

Grubi skupovi

Grubi skupovi predstavljaju pogodan alat za sisteme podrške u odlučivanju, naročito kada su u proces odlučivanja uključeni neodređeni pojmovi i neizvesni podaci [6].

Teorija grubih skupova može se generalno posmatrati kao deo "Soft Computing-a" i kao jedna od pet ključnih "ne tradicionalnih oblasti veštačke inteligencije" [1].

Za razliku od ostalih "soft" metoda, čija primena zahteva dodatne modele pretpostavki (reprezentativnost prikupljenih uzoraka, modeli verovatnoće, fuzzy funkcija, stepen verodostojnosti), u teoriji grubih skupova se koriste isključivo interna znanja, odnosno operativni podaci i nema potrebe za oslanjanjem na modele pretpostavki [6].

Osnovni problemi koji se rešavaju primenom teorije grubih skupova su: opisivanje objekata pomoću vrednosti atributa, opisivanje zavisnosti (pune ili delimične) između atributa, redukcija atributa, značenje atributa i generisanje pravila odlučivanja.

Teorija grubih i teorija rasplnutih skupova predstavljaju dva različita pristupa nepreciznosti i neodređenosti. Teorija rasplnutih skupova upućuje na postepenost (gradualnost) znanja, što je izraženo fuzzy pripadnošću. Teorija grubih skupova upućuje na granularnost znanja, što je izraženo relacijom nerazlikovanja [6].

4. Zaključak

Savremeni razvoj nauke, tehnike i tehnologije omogućio je da se za složene sisteme kao što su investicioni projekti uvede pristup u teoriji odlučivanja zasnovan na metodama višekriterijumskog vrednovanja i rangiranja. Višekriterijumsko vrednovanje predstavlja alat koji donosiocu odluke služi kao podrška odlučivanju prilikom procesa odabira optimalnog rešenja koje podrazumeva višestruke kriterijume i različite aspekte sagledavanja problema.

Dometi primene ne zavise samo od znanja stručnjaka već u velikoj meri i od organizovanosti i spremnosti zainteresovanih strana u jednom projektu (pre svega investitora) da razume i prihvati ovakve projekte.

Metode višekriterijumskog vrednovanja (od kojih su neke predstavljene u radu), ni u kom slučaju ne smeju da služe jednostavno kao mehaničko sredstvo za donošenje odluka. Primeni metoda prethodi niz koraka koji se tiču definisanja ciljeva, prioriteta, kriterijuma i njihove važnosti (težina), pa ispravnost i verodostojnost konačnog rezultata (poredak varijanti) ne zavisi samo od izabranih metoda, već i od spremnosti i stručnosti svakog pojedinca u timu da doprinese projektu, ali i od dostupnosti i kvaliteta zahtevanih informacija.

Bibliografija

- [1] **Munakata, T.**, Fundamentals of the new artificial intelligence: Beyond traditional paradigms, *Springer – Verlag*, 1998.
- [1] **Lu J., Zhang G., Ruan D., Wu F.**, Multi Objective Group Decision Making Methods, Software and Applications With Fuzzy Set Techniques, *Imperial College Press, London, England*, 2007.
- [2] **Department for Communities and Local Government:** London, Multi-criteria analysis: a manual, *Communities and Local Government Publications, London*, 2009.
- [4] www.foi.hr/CMS_library/studiji/pds/mps/Promethee.pdf
- [3] **Opricović, S., G.H. Tzeng**, Extended VIKOR method in comparison with outranking, *European Journal of Operational Research* 178, No.2, pp. 514-529, 2007.
- [4] **Čirović, G., Plamenac, D.**, Grubi skupovi - Primena u građevinarstvu, *Društvo operacionih istraživača, Beograd*, 2005.

Multi-Criteria Decision-Making for Optimization of Energy Efficiency Measures in Buildings

Nenad Medić

University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad
e-mail: medic.nenad@uns.ac.rs

Zoran Anišić

University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad
e-mail: anisic@uns.ac.rs

Abstract. Significant potential of energy savings in buildings has caused that energy efficiency and sustainable building has become the priority of modern energetic. Applying energy efficiency measures in the buildings sector is crucial for global reduction of energy consumption. In this paper, two energy efficiency measures were proposed for the residential building. The first proposed measure was improvement of the residential building thermal performances. The second proposed measure was selection of appropriate energy supply system for space heating of the residential building. Multi-criteria decision analysis (MCDA) methods could be used for decision-making about energy supply systems, since there are several different criteria that need to be considered. The criteria of energy supply systems are summarized from technical, economic, environmental and social aspects. The PROMETHEE method was used for decision-making about different energy supply systems for space heating of the residential building. This study has shown that rationalization of energy consumption and maximum utilization of renewable energy represents the future of buildings. Those measures bring multiple benefits to the society in economic, environmental and energetic field of the development.

Keywords: energy efficiency, building, multi-criteria decision analysis, renewable energy, PROMETHEE

1. Introduction

The society is constantly progressing in all fields of the development and global energy needs are increasing. Rational planning and use of energy is important for achieving sustainable development. About 40% of energy consumption worldwide is in buildings. Numerous researches have been carried out to develop and investigate different energy efficiency opportunities in order to improve energy performance of buildings [1, 2, 3, 4]. Rapid enhancement of energy efficiency in buildings is essential for a timely reduction in global energy use and promotion of environmental sustainability.

The energy performance of building envelopes has been significantly neglected in the past. The energy efficiency improvement is

permanent regarding new appliances, lighting and heating and cooling equipment, but many buildings are still being constructed with no thermal insulation or exterior shade control, with single-glazed clear glass windows. Given that heating and cooling account for over a third of global energy consumption in the buildings sector, optimizing building envelope design should be a key part of any long-term energy reduction strategy.

The other problem is selection of appropriate energy supply system for space heating of residential buildings. There are various options and criteria that should be taken into account in this case. Economic, environmental, technical and social aspects should be considered [5]. MCDA methods could be the solution for this problem because of its multi-dimensionality and complexity.

2. Methodology

Improvement of the residential building thermal performances is considered as a necessary energy efficiency measure. The main problem is selection of adequate material for thermal insulation of the building that needs to satisfy several different criteria. In [6] multi-criteria optimization was used to provide the solution for this problem. According to this research expanded polystyrene (EPS) should be used for thermal insulation of the residential building. In [7] the specific on-line product configurator in the field of thermal insulation of the buildings has been presented. In this paper it is going to be presented how this measure affects the reduction of the residential building heat losses.

After that, MCDA method is going to be used for selection of appropriate energy supply system for space heating of the residential building. MCDA methods have been widely used for problems regarding energy supply systems. MCDA methods are divided into three main categories: Elementary, Unique synthesizing criteria and Outranking [5]. PROMETHEE II, which is outranking method, has been used in this paper for selection of appropriate energy supply system for space heating of the residential building. PROMETHEE II could be used when a selection from finite number of alternatives, considering several criteria, should be made [8, 9, 10, 11].

3. Residential building thermal performances improvement

The analyzed family residential building with 4 separate flats is located in Novi Sad. The building is built as a stand-alone facility consisted of basement, ground floor, first floor and loft. There is one residential unit on the ground floor and on the first floor. The loft has two residential units. The total area of the residential part of the building is 465.26 m². The building has no thermal insulation.

Expanded polystyrene (EPS) thermal insulation of the building walls from the outside, known as demit facade is proposed for

analyzed residential building. EPS is classified in the group of the most common insulating materials, due to its characteristics:

- A high degree of thermal and sound insulation
- Small volume weight
- Resistant to fungi, bacteria
- Low coefficient of water absorption
- Easy to process and manipulate
- One of the cheapest in the market

Heat losses of the building with current and improved building envelope are presented in Fig. 1.

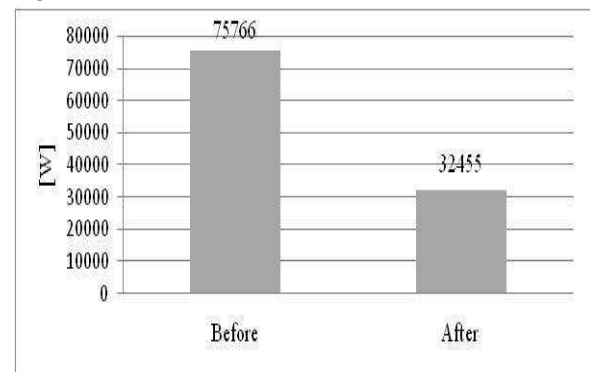


Fig. 1 – Heat losses of the building before and after the thermal insulation

The investment in thermal insulation annually reduces energy consumption, CO₂ emissions and expenses of the residential building for 57%. After the improvement of the residential building thermal performances, selection of the energy supply system for space heating of the residential building should be discussed.

4. Selection of energy supply system for space heating of the residential building

There are several different energy supply systems for space heating of the residential building that could be used. Natural gas boiler, pellet boiler, coal boiler and heat pump are going to be considered in this case. Those alternatives are going to be compared on several different and conflicting criteria. All relevant values for the PROMETHEE II method are presented in Table 1.

Criteria	Investment	Annual expenses	CO ₂ emissions	COP	Comfort
Unit	€	€	kg/a	/	5-point
Min/Max	Min	Min	Min	Max	Max
Weight	0,30	0,25	0,20	0,10	0,15
Preference function	V-shape	V-shape	Usual	V-shape	Level
Q: Indifference	/	/	/	/	0,5
P: Preference	1.000,00	1.000,00	/	0,1	2
Alternatives					
Gas boiler	3.500,00	3.850,00	20143	0,90	Very good
Pellet boiler	3.800,00	3.000,00	500	0,85	Good
Coal boiler	2.900,00	2.900,00	48644	0,75	Average
Heat pump	7.400,00	1.950,00	10957	4	Very good

Table 1.PROMETHEE II parameters for multi-criteria decision analysis

4.1. Economic criteria

The most commonly used economic criterion is investment cost [5]. Investment cost comprises of all costs related to the purchase of mechanical equipment and technological installations. It is the most important criterion in this case, because getting financial assets is always the biggest problem, especially in developing countries, such as Serbia. The second economic criterion that will be used in this case is annual expenses for space heating of the residential building.

4.2. Environmental criteria

Environmental criteria are related to emissions of gases that contribute to air pollution and global climate changes. Emission of CO₂ is the most used environmental criterion according to literature [5], and will be used in this case as well.

4.3. Technical criteria

Energy efficiency of energy systems will be used in this case for evaluation of the technical criteria. Energy efficiency refers to how much useful energy we can get from an energy source. That is the criterion that is most commonly used according to the literature [5].

4.4. Social criteria

Comfort of the end user will be used regarding social criteria. Energy supply systems require different actions from the end user and that should be considered when making a selection among them.

4.5. Results and discussion

Fig. 1 presents the share of each alternative according to the appropriate criterion when PROMETHEE II is used for evaluation.

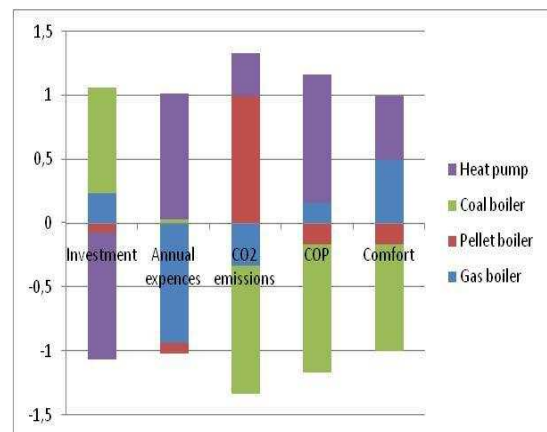


Fig. 1. Alternatives share by each criterion

Fig. 2 presents the complete ranking of the alternatives when all criteria were considered when PROMETHEE II is used for evaluation.

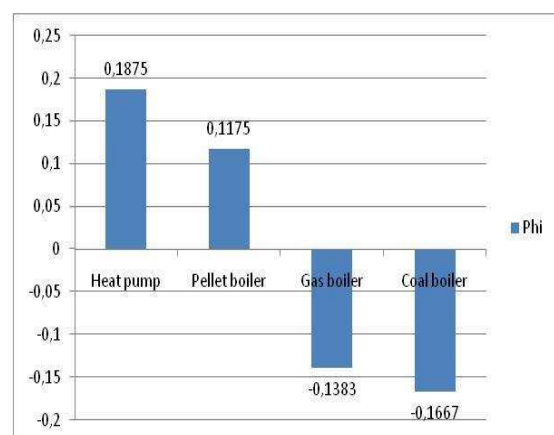


Fig. 2. Complete ranking of the alternatives

First thing that needs to be notified is that renewable energy sources such as heat pump and pellet boiler are better ranked than non-renewable energy sources such as gas and coal boilers. It should be emphasized that gas and coal boilers represent better option if we compare alternatives only by the most important criterion. The investment cost for those two alternatives is lesser than for the other two. Especially, the investment cost in heat pump is much higher than the others. The overall ranking of the alternatives is indicating the importance of the MCDA methods for decision-making about different energy supply systems for space heating of the residential building.

Heat pump is the best solution from another reason. Serbia has great geothermal energy potential. The average density of geothermal heat flow (the amount of geothermal heat that in each second through an area of 1m^2 comes from the interior of the Earth to its surface) in Europe is about $60\text{mW}/\text{m}^2$, while in Serbia these values are significantly greater: over $100\text{mW}/\text{m}^2$ [12]. Maximum utilization of renewable energy sources is in compliance with Serbia Energy Community obligations of achieving 27% of its gross final energy consumption from renewable sources in 2020. [13].

3. Conclusion

There is a great potential for reduction of energy consumption in buildings. Unnecessary energy losses are causing large amount of expenses and environmental pollution. In order to reduce these negative influences on economy and environment energy efficiency measures should be applied. The MCDA methods should be used in order to consider different relevant factors for selection of adequate energy supply system for heating of the residential buildings.

It is very important to switch from fossil fuels to renewable energy as much as possible if we want to achieve sustainable development. Rationalization of energy consumption and maximum utilization of renewable energy represent the future of buildings. The PROMETHEE II method gave us the overall ranking of alternatives in compliance with this statement. Those kinds of criteria should always

be taken into account when using MCDA methods for selection of energy supply systems.

References

- [1] **F. Flourentzou, C.A. Roulet.** Elaboration of retrofit scenarios, *Energy and Buildings*, 2002, 34, 185–192.
- [2] **A.G. Hestnes, N.U. Kofoed.** Effective retrofitting scenarios for energy efficiency and comfort: results of the design and evaluation activities within the OFFICE project, *Building and Environment*, 2002, 37, 569–574.
- [3] **Z. Ma, P. Cooper, D. Daly, L. Ledo.** Existing building retrofits: Methodology and state-of-the-art, *Energy and Buildings*, 2012, 55, 889–902.
- [4] **Z.J. Ma, S.W. Wang.** Building energy research in Hong Kong: a review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2009, 13, 1870–1883.
- [5] **J.J. Wang, Y.Y. Jing, C.F. Zhang, J.H. Zhao.** Review on multi-criteria decision analysis aid in sustainable energy decision-making, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2009, 13, 2263–2278.
- [6] **A. Civic, B. Vucijak.** Multi-Criteria Optimization of Insulation Options for Warmth of Buildings to Increase Energy Efficiency, *Procedia Engineering*, 2014, 69, 911 – 920.
- [7] **I. Furstner, Z. Anišić.** Self-adaptive product configurator for thermal insulation, 10. International Symposium of Hungarian Researchers on Computational Intelligence and Informatics, 2009, 669-680.
- [8] **D.A. Haralambopoulos, H. Polatidis.** Renewable energy projects: structuring a multi-criteria group decision-making framework. *Renewable Energy*, 2003, 28, 961–973.
- [9] **R. Madlener, K. Kowalski, S. Stagl.** New ways for the integrated appraisal of national energy scenarios: The case of renewable energy use in Austria. *Energy Policy*, 2007, 35, 6060–6074.
- [10] **D. Diakoulaki, F. Karangelis.** Multi-criteria decision analysis and cost–benefit analysis of alternative scenarios for the power generation sector in Greece. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2017, 11, 716–727.
- [11] **M. Goumas, V. Lygerou.** An extension of the PROMETHEE method for decision making in fuzzy environment: Ranking of alternative energy exploitation projects. *European Journal of Operational Research*, 2000, 123, 606-613.
- [12] **B. Radičević, Đ. Vukić, N. Rajaković.** Stanje i perspektive obnovljivih izvora energije u Srbiji. *Poljoprivredna tehnika*, 2008, 3, 89-98.
- [13] European Commission, Serbia Progress Report, 2014. Doi: http://ec.europa.eu/enlargement/pdf/key_documents/2014/20140108-serbia-progress-report_en.pdf

IT inovacije u upravljanju projektima u građevinarstvu

Aleksandar Kostić

*Visoka građevinsko-geodetska škola strukovnih studija u Beogradu
e-mail: a.sale.kostic@gmail.com*

Slobodan Stanarević

*Institut za građevinarstvo "IG", Banja Luka,
e-mail: sss@institutig.com*

Apstrakt. Unutar organizacija menadžersko razmišljanje je evoluiralo od razmatranja funkcija i specijalnosti do poslovnih procesa. Razvoj načina poslovanja ubrzan je pre svega uticajem informacionih tehnologija. Uticaj pristupačnog kompjuterskog procesiranja inicirao je razvoj podrške poslovnim sistemima usmeren na poslovne procese unutar poslovnih organizacija. U radu su prikazani građevinski procesi i njihovi podprocesi i naglašeni su izvori problema i način njihove eliminacije. Reinženjering poslovnih procesa u građevinarstvu zasniva se na redizajnu postojećih i projektovanju novih građevinskih procesa koje je bazirano na inovacijama koje su posledica primene informacionih tehnologija.

Ključne reči: Građevinarstvo, građevinski procesi, informacione tehnologije, inovacije.

1. Uvod

Da bi građevinska preduzeća mogla da poboljšaju procesne performanse potrebno je najpre definisati opštu procesnu strukturu komercijalnog građevinskog sektora.

Procesi su definisani kao skup povezanih aktivnosti koje doprinose vrednosti proizvoda, povezujući različite specijalizacije, prateći tok materijala i informacija, od sirovina do konačnih proizvoda. Detaljna studija ovih procesa omogućava identifikaciju prepreka za tok procesa (blokatora). To su one karakteristike ili aktivnosti koje ne dodaju vrednost procesu, doprinose defektima, kašnjenju ili gubicima i smanjuju projektovani kvalitet unutar procesa, kao i koordinaciju između različitih aktivnosti.

Potrebno je identifikovanje i davanje sugestija za eliminisanje takvih prepreka (eliminators). Takođe je potrebno napraviti i nacrt radnog plana čiji je cilj stvaranje koherentne industrijske inovacione strategije za građevinarstvo sa jasno definisanim mestom za IT istraživanja i inovacije.

BAA (*British Airports Authority*) je veliki klijent građevinske industrije Velike Britanije koji je radi svojih potreba napravio program promene građevinskih procesa. To je uključivalo potpisivanje 12 predugovora o saradnji (od ukupno 200 planiranih ugovora) sa snabdevačima, kao i ugovora o partnerstvu sa izvođačima radova i projektantima [12]. Urađeni su napor ka standardizaciji i kompjuterskoj izradi prototipova objekata pre početka radova. Urađeno je pakovanje u palete i

obeležavanje bar kodovima svih građevinskih komponenata.

Takođe je izvršena podela procesa u građevinarstvu na suštinske procese i procese podrške. BAA je uradio veliki napor na identifikaciji različitih procesa u građevinarstvu sa namerom da rezultatima njegovog rada mogu da se služe i druge firme.

Početna podela na opšte suštinske procese i procese podrške urađena je na osnovu njihove važnosti za dodavanje vrednosti građevinskom proizvodu i prevođenju materijala iz jednog stanja u drugo. Suštinski procesi doprinose proizvodnom procesu u građevinarstvu, dok se procesi podrške mogu smatrati kao kombinacija proizvodnih aktivnosti i transakcija, kao i drugih aktivnosti koje uključuju osnovne transakcije (snabdevanje, upravljanje troškovima). Svaki od ovih suštinskih procesa i procesa podrške sadrži i svoje podprocese.

2. Unapređenje upravljanjem projektima u građevinarstvu

U poslednje vreme su se okviri i prioriteti u ekonomiji i poslovnom menadžmentu pomerili od kratkotrajnih i taktičkih do dugotrajnih i strateških. Ova promena se odigrala kako na korporativnom tako i na globalnom nivou, kao odgovor na poslovno okruženje izazvano povećanjem globalne kompetencije u skoro svakoj industrijskoj oblasti [8].

Potreba za povećanjem kvaliteta dovela je do potrebe za analizom poslovnih procesa umesto individualnih zadataka. Potreba za redizajnom, odnosno ponovnim projektovanjem čitavog poslovnog procesa se javila kao deo

nove inženjerske industrijske klime [6]. U stanju velikih promena kompanije, poslovni menadžeri se ne mogu oslanjati samo na povratak investicija (ROI, *return-on-investment*), kojim se na taktičkom nivou vrši procena poslovnih poduhvata sagledavajući na ovom nivou troškove i prihode određenog poduhvata. One moraju početi da razmatraju koncepte u kojima se na strateškom nivou procenjuje dodavanje vrednosti građevinskom proizvodu [12].

U građevinarstvu ulaganja u informacione tehnologije mogu se posmatrati kao deo dugotrajne strategije umesto razmatranja u sklopu kratkotrajnog povratka investicija.

Na smanjenje potrebe za izgradnjom građevinskih objekata uticali su [2]:

- razvoj načina poslovanja (uključujući rad na daljinu-*teleworking*);
- pretnja od moguće zamene proizvoda i usluga građevinarstva;
- uticaj razvoja ekološke svesti;
- tehnološke promene u drugim granama privrede;
- pooštrena zakonska regulativa;
- preplavljenost tržišta sličnim kompanijama koje nude predimenzionirane kapacitete neizdiferenciranih proizvoda.

Zbog svega ovoga konkurencija u građevinarstvu je sve oštrija. U ovoj sve dinamičnijoj situaciji jasno je da građevinske organizacije moraju da budu usmerene ka budućnosti da bi preživjele.

Informacije su ključni resurs u svakoj poslovnoj aktivnosti. Istraživači, softverski inženjeri i praktični korisnici primenjuju danas informacione tehnologije da bi automatizovali različite delove građevinskog procesa.[10]

Korišćenje informacionih tehnologija u građevinarstvu postalo je izrazito sofisticirano korišćenjem virtualne realnosti, sistema zasnovanih na znanju, objektno-orijentisanim pristupom i neuronskim mrežama.

Važno je primetiti da savremene informacione tehnologije omogućavaju strateški pristup u poslovanju, a ne samo automatizaciju savremenih manualnih procesa. Zbog toga je posebno značajno sagledati kako se može biti više strateški orijentisan pri upotrebi informacionih tehnologija unutar građevinarstva korišćenjem procesnog pristupa aktivnostima [2].

3. Potencijali poboljšanja procesa u građevinarstvu

U tabeli 1 prikazani su osnovni građevinski procesi i njihovi podprocesu [2] na osnovu rezultata dobijenih iz BAA studije.

Tabela 1. Građevinski procesi i njihovi podprocesu

PROCESI	PODPROCESI
SUŠTINSKI PROCESI	
Izvođenje radova i proizvodnja	Snabdevanje resursima, mobilizacija opreme, praćenje izvođenja radova, upravljanje materijalima, podrška podizvođačima, finalizacija i puštanje u rad
Projektovanje	Projektna analiza, sintezno projektovanje, procena projekta, projektno odlučivanje, revizija projekata, izrada projektne dokumentacije, projektni standardi, upravljanje iskustvenim saznanjima, projektovanje za proizvodnju
Definisanje projekta	Identifikacija potreba, kratak pregled, definicija ciljeva, formiranje projektnog tima
Poslovna analiza i upravljanje ugrađenom opremom	Procena kupaca, marketinška istraživanja, analiza poslovnih zahteva, razvoj poslovnih slučajeva
PROCESI PODRŠKE	
Procena	Procena rizika, procena mogućnosti, izrada 3D prototipa, testiranje i ispitivanje povoljnosti, procena performansi, povratna sprega
Izvršenje projekta	Planiranje procene projekta, programiranje, merenje napredovanja, upravljanje rizicima, zdravlje i sigurnost, upravljanje vremenskim rasporedom
Snabdevanje	Strateške opcije, snabdevanje standardnim komponentama, korišćenje željenih snabdevača, administriranje ugovaranja, nacrti ugovora
Upravljanje troškovima	Modovanje troškova, planiranje troškova, procena troškova, izveštavanje o troškovima, predviđanje, upravljanje kontingentima, životni ciklus upravljanja troškovima, upravljanje vrednostima

Svaki od suštinskih procesa i procesa podrške detaljno je analiziran da bi se identifikovale prepreke, izvori problema i način njihove eliminacije da bi se mogao generisati radni plan za promene u građevinarstvu.

Problem lošeg upravljanja lancima snabdevanja, posebno izražen u procesu snabdevanja materijalima usled velike fragmentacije građevinske industrije, može biti eliminisan razmatrajući iskustva o uspešnom upravljanju lancima snabdevanja unutar i izvan građevinarstva. Naročito je potrebno razmatrati uspešne primere IT inovacija radi poboljšanja koordinacije lanaca snabdevanja.

Mnoge nove industrijske inicijative u oblastima kao što su EDI (*Electronic Data Inter-*

change) u građevinarstvu kroz primere EDICON (EDI u građevinarstvu) i CITE (*Construction Industry Trading Electronically*), kao i primena bar kodiranja pokazali su uspešne rezultate [7].

Primena ovih koncepata omogućava definisanje opšte procesne strukture za komercijalno građevinarstvo koji identifikuje blokatore i eliminatora i formira radni plan za procesne promene u građevinarstvu.

Nasuprot mnogim mišljenjima da su novi menadžerski metodi neprimenjivi u građevinarstvu u BAA studiji se definišu specifične tehnike koje su prilagođene građevinarstvu i koje daju rešenja problema koji su karakteristični za građevinarstvo. Rezultat je nacrt okvira za procesnu strategiju potpomognutu informacionim tehnologijama i radni plan za procesne promene u građevinarstvu.

Ovaj nacrt radnog plana predviđa identifikaciju prepreka i predlog rešenja potrebnih za ostvarenje kritičnih faktora uspeha u suštinskim procesima i procesima podrške.

To uključuje veliki broj aktivnosti [4]:

- transfer procesno baziranih metoda iz drugih industrija;
- korišćenje međudisciplinarnog udruživanja u toku rada;
- korišćenje ocenjivanja i poređenja sa najboljim primerima iz prakse;
- razvoj ključnih tehnologija;
- prihvatanje industrijskih standarda;
- primenu pilot studija;
- započinjanje mnogih istraživačkih studija.

Jedna od oblasti građevinarstva u kojoj je došlo do najranije i najdublje primene informacionih tehnologija je oblast procenjivanja.

Sistemi bazirani na modelovanju troškova i pristupi bazirani na bazama znanja koji su bili rezultat prethodno obavljenih istraživanja, imali su već svoju primenu i u praksi.

4. Tehnologija u upravljanju projektima u građevinarstvu

Dugotrajan tehnološki razvoj je veoma teško predvideti. Međutim, moguće je sagledati dominantne izazove koji se pojavljuju pred građevinarstvom i predvideti neke od tipova tehnologija kojim im se može izaći u susret [3].

Na osnovu takvih predviđanja je moguće predvideti IT alatke koje mogu biti korišćene da bi se poboljšali budući projektni procesi.

Osnovni tipovi tehnologija koje imaju dominantnu ulogu su vizualizacija, inteligencija, komunikacija i integracija [3]:

- Osnovni izazov sa kojim je suočeno građevinarstvo je razdvojenost projektovanja od izvođenja građevinskih radova, kao i loš protok informacija;
- Osnovne tehnologije koje odgovoraju ovim i drugim izazovima su vizuelizacija i integracija;
- Specifične tehnologije kao prioriteta su virtuelna realnost (VR), kompjuterski potpomognuto projektovanje (CAD), sistemi baza znanja (KBS) i integrisane baze podataka (*integrated databases*);
- IT alatke su našle svoju primenu u procenama performansi gradnje, procenama projektovanja, informacionoj razmeni, sveobuhvatnom inženjeringu i projektnoj vizuelizaciji.

Razdvojenost procesa projektovanja, izvođenja građevinskih radova i operativnog funkcionisanja građevinskih objekata je najveći problem i izazov sa kojim se suočava građevinarstvo [3].

Rušenje barijera između projektovanja, izvođenja radova i operativnog funkcionisanja građevinskih objekata je veoma važno kako za uspešnu realizaciju projekta, tako i za pravilno funkcionisanje realizovanih građevinskih objekata. Ovi procesi mogu biti razdvojeni ali njihova integracija u smislu razmene informacija mora imati najveći prioritet.

Postoji mogućnost da odnos između učesnika u građevinskim procesima koji karakteriše sklonost ka sukobima i raspravama, kao posledica različite odgovornosti za pojedine građevinske procese, bude osnovni predmet budućeg rada na integraciji, čak i pre nego razdvojenost procesa projektovanja i izvođenja radova [4].

U većini dosadašnjih istraživanja integracija procesa se vršila povezivanjem softverskih aplikacija. Mada se pokazalo da je to moguće, razvoj alatki i tehnika je neosporno obezbedio da se to uradi na fleksibilniji i kreativniji način [9]. Kao rezultat ranijih pristupa integraciji događalo se da informacione tehnologije ne mogu pomoći u rešavanju ovog problema. Rušenje barijera između projektovanja, izvođenja radova i operativnog funkcionisanja građevinskih objekata je uglavnom bilo usredsređeno na adaptaciju projektnih menadžerskih timova, u stvari na organizaciona i procesna rešenja. Ovo ukazuje da rešavanje pitanja integracije nije samo pitanje informacionih tehnologija. Rešenja problema su prevashodno bila tehnološkog karaktera ali je posebno naglašavano da se prvo mora izvršiti revidovanje procesa.

Alatke informacionih tehnologija su potrebne da bi se obavila [5]:

- Integracija organizacija koje su učesnici u projektu;
- Razmena informacija;
- Omogućavanje komunikacije;
- Virtualne organizacije bi trebalo da kombinuju sve ove oblasti zajedno.

Istraživanja u oblasti primene informacionih tehnologija u građevinarstvu su grupisana u četiri oblasti [1]:

- informacioni standardi,
- standardizacija projektovanja,
- razvoj modela gradnje,
- pregled metoda rada unutar industrije.

Sve ove oblasti se bave poboljšanjem informacionog toka u građevinskom timu.

5. Zaključak

Strateški pristup primeni savremenih informacionih tehnologija na upravljanje projektima u građevinarstvu ima veliki značaj zbog toga što se reinženjering poslovnih procesa u građevinarstvu, kao najšire prihvaćeni procesni pristup poslovanju, zasniva na redizajnu postojećih i projektovanju novih građevinskih procesa koje je bazirano na inovacijama koje su posledica primene informacionih tehnologija. Ovaj sistem vrednosti i upravljanja informacionim tehnologijama u građevinskom preduzeću, može se uspešno primeniti u pojedinim delovima/segmentima i na ostala preduzeća koja su srodna građevinarstvu – proizvodnja građevinskog materijala, preduzeća koja se bave instalaterskim radovima, investicijama, infrastrukturom i sl.

Bibliografija

1. **Beets, M. and Clark, A.**, *The Scope for IT in Construction*, in M. Beets (ed), *Strategic Management of IT in Construction*, Blackwell Science, Oxford, pp.116-140, 1999.
2. **Beets, M., Clark, A. and Ofori, G.** The Importance of New Approaches to Management, in M. Beets (ed), *Strategic Management of IT in Construction*, Blackwell Science, Oxford, 1999, pp. 3-13
3. **Beets, M., Jarrett, M., and Shafaghi, M.**, In: Beets (ed.), *Current strategic practice*, *Strategic Management of IT in Construction*, Blackwell Science, 1999, Chapter 9.
4. **Cekić, Z.**, *Internacionalno građevinarstvo*, Građevinska knjiga, Beograd, 2006.
5. **Cekić, Z.**, *Menadžment informacionih tehnologija u građevinarstvu*, Građevinska knjiga, 2004.
6. **Ćirović, G., Jovović, O.**, *Prilog standardizaciji procedura upravljanja projektovanjem pomoću CAD tehnologija*, CAD FORUM, 5. Simpozijum o primeni CAD tehnologija, Novi Sad, str. 181-186., 1999.
7. **Ćirović, G., Luković, O.**, *Upravljanje kvalitetom izgradnje stambenih i poslovnih objekata*, *Izgradnja* 50, 8, 495-498., 1996.
8. **Ćirović, G., Luković, O.**, *Finansijsko poslovanje i upravljanje investicijama u građevinarstvu*, V izdanje, Visoka građevinsko-geodetska škola, Beograd., 2007.
9. **Mandić, V. et al.**, *Metodologija za upravljanje inovacijama*, WBCInno projekat, Kragujevac, Mart 2014
10. **Preradović, Lj, Dejanović, R.**, *Informacione tehnologije za graditelje*, Arhitektonsko-građevinski fakultet, Banja Luka, 2014.
11. **Preradović, Lj., Dejanović, R.**, *Softverski inženjering*, Arhitektonsko-građevinski fakultet, Univerzitet u Banjoj Luci, 2010.
12. **Turban, E., McLean, E., Wetherbe, J.**, *Informaciona tehnologija za menadžment*, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 2003,

Primena bliskopredmetnog fotogrametrijskog skeniranja kod inženjerskih radova

Miroslav Marčeta

*Visoka građevinsko-geodetska škola strukovnih studija u Beogradu
e-mail: gmarceta@sezampro.rs*

Slavoljub Tomić

*Visoka građevinsko-geodetska škola strukovnih studija u Beogradu
e-mail: tomicslavoljub@vggs.rs*

Apstrakt. Skeniranje objekata i čovekove okoline, uopšte, predstavlja danas najsavremeniju tehnologiju geodetskog merenja. Razlikujemo tzv. lasersko (geodetsko) i fotogrametrijsko 3D-skeniranje prostora. Rad je posvećen oceni tačnosti 3D-skeniranja fotogrametrijskim načinom, i u skladu sa tim, mogućnostima primene ove metode kod različitih inženjerskih primena.

Ključnereči: Fotogrametrijsko skeniranje, ocena tačnosti, kalibracija, 3D model.

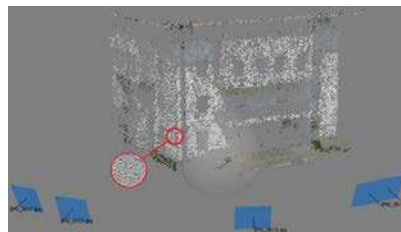
1. Uvod

Današnje najmoderne tehnologije 3D-merenja baziraju se na automatskom laserskom skeniranju, čime se veoma brzo dolazi do velikog broja 3D-koordinata snimljenog objekta ili prostora, uopšte. Skup ovako dobijenih 3D-koordinata snimanog objekta zove se „oblak tačaka“. Dobijanje „oblaka tačaka“ snimanog objekta moguće je i drugom tehnologijom – „fotogrametrijskim skeniranjem“.

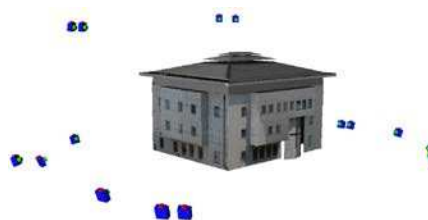
2. Fotogrametrijsko skeniranje

Teoretska osnova fotogrametrijskog skeniranja zasniva se na automatskom merenju velikog broja slikovnih koordinata tačaka snimljenog objekta, odslikanog na više dobro raspoređenih digitalnih snimka, i određivanju njegovih prostornih 3D-koordinata.

Proces automatskog merenja slikovnih koordinata istih tačaka, preslikanih na dva snimka koji su snimljena sa različitih mesta temelji na tzv. korelacije digitanih snimaka (S1.3).



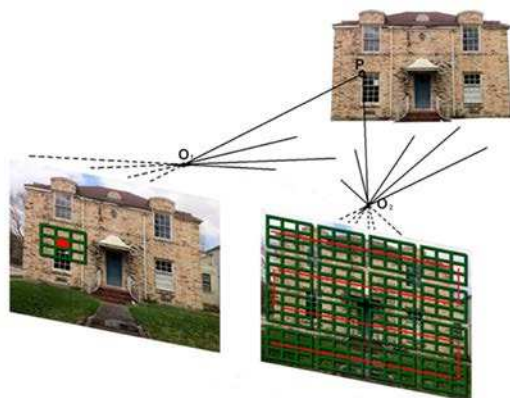
Slika 1. Fotogrametrijsko skeniranje parohijskog doma hrama Sveti Sava u Beogradu – oblak tačaka



Slika 2. 3D-model parohijskog doma Sveti Sava u Beogradu izrađen fotogrametrijskim skeniranjem

Automatskim upoređivanjem male matrice sivih tonova jednog snimka (levi snimak – S1.3) sa slikovnom matricom drugog snimka (desni snimak – S1.3) i sukcesivnim računanjem koeficijenta korelacije ($\rho_{s_1s_2}$) dolazi se do „prepoznavanja“ istih tačaka na oba snimka, pa i njihovih slikovnih koordinata. To je trenutak kada je sračunati

koeficijent korelacije ($\rho_{g_1g_1}$), računat za matricu leve slike i trenutni položaj matrice na desnoj slici, blizak (ali uvek manji) jedinici.



Slika 3. Objekat snimljen sa dva različita mesta

$$\rho_{g_1g_1} = \frac{\sigma_{g_1g_2}}{\sqrt{\sigma_{g_1}^2 \cdot \sigma_{g_2}^2}} = \frac{\sum_{r=1}^R \sum_{k=1}^K [g_1(r,k) - \mu_1] \cdot [g_2(r,k) - \mu_2]}{\sqrt{\left[\sum_{r=1}^R \sum_{k=1}^K \{g_1(r,k) - \mu_1\}^2 \right] \cdot \left[\sum_{r=1}^R \sum_{k=1}^K \{g_2(r,k) - \mu_2\}^2 \right]}}$$

$$\rho_{g_1g_1} < 1 \quad (1)$$

Gde su,

- $\rho_{g_1g_1}$ - koeficijent korelacije
- $\sigma_{g_1g_1}$ i $\rho_{g_1g_1}$ - govore o sličnosti dve slike.
- $g_1(r, k)$ – pojedinačne sive nijanse matrice prve slike
- $g_2(r, k)$ pojedinačne sive nijanse matrice druge slike
- μ_1 - srednja vrednost sivih tonova prve slike
- μ_2 - srednja vrednost sivih tonova druge slike

S obzirom da su korelisani snimci već apsolutno orijentisani u prostoru, mogu se nađene slikovne koordinate korelisanih snimka uvrstiti u jednačine kolinearnog preslikavanja (2) i dobiti 3D koordinate velikog broja tačaka objekta („oblak tačaka“ odabrane gustine).

$$x_p' = x_0' - c \frac{a_{11}(X - X_0) + a_{21}(Y - Y_0) + a_{31}(Z - Z_0)}{a_{13}(X - X_0) + a_{23}(Y - Y_0) + a_{33}(Z - Z_0)}$$

$$y_p' = y_0' - c \frac{a_{12}(X - X_0) + a_{22}(Y - Y_0) + a_{32}(Z - Z_0)}{a_{13}(X - X_0) + a_{23}(Y - Y_0) + a_{33}(Z - Z_0)}; (2)$$

2.1. Tačnost fotogrametrijskog skeniranja

Za primenu fotogrametrijskog skeniranja u inženjerstvu jedno od važnih pitanja je: Kakva

se tačnost prostornih kordinata snimanog objekta može očekivati ako se 3D-model objekta dobija fotogrametrijskim skeniranjem?

Ako govorimo o tačnosti 3D-fotogrametrijskog skeniranja koja bazira na bliskopredmetnim digitalnim snimcima dobijenih savremenim amaterskim digitalnim kamerama visoke rezolucije slike, onda moramo poći od glavnih preduslova za postizanje što bolje tačnosti ovom savremenom digitalnom tehnologijom. Pre svega za postizanje što bolje tačnosti, digitalna kamera mora biti pažljivo kalibrisana tj. moraju joj se odrediti elementi tz. unutrašnje orijentacije, a to su:

- žižna daljina (c),
- položaj centralne tačke digitalnog snimka (x_0', y_0'),
- distorzija objektiva (radialna i decentrirajuća distorzija)

Orijentacija snimaka, koji učestvuju u fotogrametrijskom skeniranju (stereoparovi), trebalo bi da bude vrlo tačna, što se najbolje obezbeđuje automatskim merenjem dobro raspoređenih tačaka za orijentaciju na snimanom objektu, i formiranjem snopa zrakova koji se međusobno seku pod povoljnim uglovima.

Tačke za orijentaciju koji se nalaze na snimanom objektu signalisani su kodiranim signalima.

Ostali uslovi koji utiču na postizanje što bolje tačnosti fotogrametrijskog skeniranja:

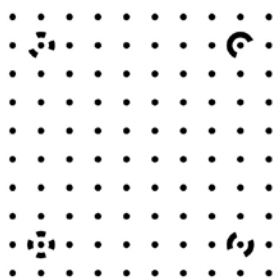
- rastojanje između digitalne kamere i snimanog objekta,
- vrsta i struktura teksture površine snimanog objekta i način njenog odslikavanja na digitalnim snimcima,
- pogodno osvetljenje snimanog objekta,
- ose snimanja stereoparova treba da budu što bliže paralelnosti, itd.

Kalibracija digitalne kamere za snimanje, po pravilu, se izvodi pre snimanja, ali je ona moguća i u toku merenja snimaka („simultana kalibracija“). Današnji softveri za bliskopredmetnu digitalnu fotogrametriju imaju mogućnost „samokalibracije kamere“ za

snimanje koja se odvija u procesu automatske obrade i merenja digitalnih snimaka.

2.1.1. Empirijska tačnost bliskopredmetnog fotogrametrijskog skeniranja

Ispitivanja bliskopredmetnog fotogrametrijskog skeniranja u ovom radu, usmerena su na ispitivanje tačnosti ove metode kada se ona primenjuje na projektima inženjerske geodezije, zaštiti spomenika kulture, itd. i kada se snimanje izvodi amaterskim i poluprofesionalnim digitalnim kamerama, a objekti snimanja su veličine od 2 do više desetina metara. U tom cilju deo građevinskog objekta je snimljen amaterskom digitalnom kamerom EOS 550d sa rezolucijom slike od 18 megapiksela. Kamera je prethodno kalibrisana na poligonu, (test polju) projektovanom na delu fasade objekta na kome je ispitivana tačnost fotogrametrijskog skeniranja (Sl.4).



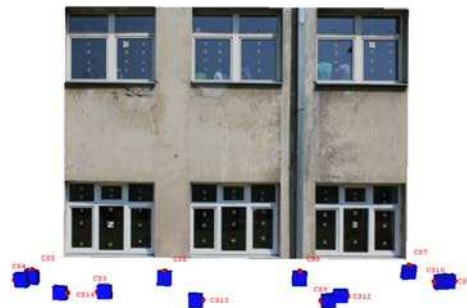
Slika 4. Test polje za kalibraciju kamere

Rezultati glavnih elemenata kalibracije korišćene digitalne kamere dati su u tabeli 1.

Kalibrisana žižna daljina	18.9477 mm
Format CCD čipa	22.6704 x 15.1130 mm
Koordinate centralne tačke	$x_0' = 11.3500$ $y_0' = 7.3233$ mm
Distorzija objektiva	K1=5.208e-004 K2=-1.212e-006 K3=0.000e+000 P1=2.998e-005 P2=-4.675e-005
Format snimka	5184 x 3456 pixela
Veličina piksela	4.37 μ m

Tabela 1. Rezultati kalibracije digitalne kamere Canon EOS 550d

Deo građevinskog objekta je snimljen sa više, optimalno raspoređenih, snimaka koji su služili za fotogrametrijsko skeniranje (Sl.5) i koji su se nalazili na rastojanja od ca 10 m od objekta.



Slika 5. Test polje na fasadi snimanog objekta i položaji kamere pri snimanju



Slika 6. Fotoskeniran deo objekta

Izvršeno je izravnjanje snopa zrakova svih merenih tačaka za orijentaciju snimaka, čime je obezbeđena dobra apsolutna orijentacija svih snimka, pa tako i stereoparova koji služe za fotogrametrijsko skeniranje.

Fotogrametrijsko skeniranje (korelacija digitalnih slika stereoparova) izvršena je pod uslovom da je međusobno rastojanje susednih skeniranih tačaka 5 mm (Sampling Rate).

Koordinate kodiranih signala na snimanom objektu određene su geodetskim merenjem, pri čemu je korišćena visokotačna totalna stanica TS 30 (Leica), koja ima deklarisanu tačnost za uglove 0.5'' i 2 mm za dužine. Sa skeniranjem 3D-modela kodiranih signala test-polja (sl.6) očitane su ocenjene 3D-koordinata centara kodiranih signala. Ocenjena tačnost fotogrametrijskog skeniranja izvršena je na osnovu upoređenja 3D-koordinata centara signala sa 3D-koordinatama fotogrametrijski skeniranih istih signala. Pritom je uvedena

pretpostavka da su 3D-koordinate centara kodiranih signala, koji su geodetski određeni, tačne vrednosti sa kojima se upoređuju 3D-koordinate tačaka dobijenih fotogrametrijskim skeniranjem a nalaze se na centrima kodiranih signala (sl.9).

Ovako ocenjena tačnost (X,Y i Z)-koordinata tačaka fotogrametrijskog skeniranja objekta izražava se:

$$\sigma_x \equiv \pm \sqrt{\frac{\sum(\delta_x \delta_x)}{n}} \quad \sigma_y \equiv \pm \sqrt{\frac{\sum(\delta_y \delta_y)}{n}} \\ \sigma_z \equiv \pm \sqrt{\frac{\sum(\delta_z \delta_z)}{n}} \quad (3)$$

Gde su:

$$\delta_{x_i} = X_{T_i} - X_{FS_i} \quad \delta_{y_i} = Y_{T_i} - Y_{FS_i} \\ \delta_{z_i} = Z_{T_i} - Z_{FS_i} \quad (4)$$

- $X_{T_i}, Y_{T_i}, Z_{T_i}$ - koordinate merenih signala geodetskom metodom (totalnom stanicom)
- $X_{FS_i}, Y_{FS_i}, Z_{FS_i}$ - koordinate signalisanih tačaka dobijene „fotokeniranjem“
- n - broj upoređenih tačaka (n=89)

$$\sigma_x \equiv \pm 4.19 \text{ mm} \quad \sigma_y \equiv \pm 4.01 \text{ mm} \\ \sigma_z \equiv \pm 6.14 \text{ mm} \quad (5)$$

S obzirom da je fotogrametrijsko skeniranje (korelacija digitalnih slika) u datom primeru izvršeno uz uslov da međusobno rastojanje između skeniranih susednih tačaka oblaka tačaka bude 5 mm, stvarna tačnost je svakako veća od dobijene (5), pa se i vrednosti standardnih odstupanja koordinata upoređenih tačaka (5) mogu smanjiti smanjenjem rastojanja između susednih skeniranih tačaka (Sampling Rate). Da bi se pretpostavka proverila izvršeno je fotokeniranje istog stereopara uz prethodni uslov da se skenirane tačke nađu na međusobnom rastojanju od 2 mm. Upoređujući koordinate skeniranih tačaka koje su se našle na položaju u blizini centara signala koji su prethodno mereni geodetskom metodom (pomenutom totalnom stanicom TS

30), dobijne su sledeća standardna odstupanja:

$$\sigma_x \equiv \pm 3.89 \text{ mm} \quad \sigma_y \equiv \pm 1.14 \text{ mm} \\ \sigma_z \equiv \pm 1.75 \text{ mm} \quad (6)$$

Zavisnost tačnosti fotokeniranja od udaljenja kamere za snimanje od snimanog objekta ispitali smo na istom primeru tako što je snimano isto test-polje, koje se nalazilo na snimanom objektu, ali je snimanje izvršeno sa rastojanja od 22 m od objekta. Fotokeniranje je izvedeno uz uslov da rastojanje između susednih skeniranih tačaka bude 5 mm (Sampling Rate). Tačnost je u ovom slučaju bila:

$$\sigma_x \equiv \pm 7.11 \text{ mm} \quad \sigma_y \equiv \pm 5.31 \text{ mm} \\ \sigma_z \equiv \pm 7.53 \text{ mm} \quad (7)$$

Ocena tačnosti (standardna odstupanja za x,y i z) bi se svakako poboljšala ako bi se korelacija digitalnih slika u ovom slučaju izvela pod uslovom da rastojanje između skeniranih susednih tačaka bude manje od 5 mm, kako je to zaključeno u (6).

3. Zaključak

Na osnovu navedenih empiriskih istraživanja i dobijenih rezultata koji se odnose na tačnost fotogrametrijskog skeniranja može se zaključiti da se ova savremena metoda može uspešno primeniti, ne samo za izradu 3D-modela, već i kod različitih inženjerskih projekata gde je, pored dobrog vizuelnog prostornog efekta potrebna i određena tačnost prostornih tačaka objekta.

Bibliografija

- [1] **Luhmann, T.** Nahbereichsphotogrammetrie : Grundlagen, Methoden und Anwendungen., *Wichmann, VDE-Verl., 2010, Berlin.*
- [2] **Wassim, M.** Integration of Digital Photogrammetry and Terrestrial Laser Scanning for Cultural Heritage Data Recording, *Doktorski rad, Stuttgart 2014.*
- [3] PhotoModeler Scanner 2011, Tutorial
- [4] Agisoft Photoscan 2014, Tutorial
- [5] **Marčeta, M.** Fotogrametrija i daljinska detekcija, VGGŠ, Beograd.

Analiza pojave prslina u ab konstrukcijama primenom grubih skupova

Goran Ćirović

*Visoka građevinsko-geodetska škola, Hajduk Stanka 2, Beograd
e-mail: cirovic@sezampro.rs*

Dragan Nikolić

*Visoka građevinsko-geodetska škola, Hajduk Stanka 2, Beograd
e-mail: nikolic@vggs.rs*

Snežana Mitrović

*Visoka građevinsko-geodetska škola, Hajduk Stanka 2, Beograd
e-mail: mitrozs@sezampro.rs*

Apstrakt. Teorija grubih skupova predstavlja jedan od relativno novijih matematičkih pristupa u definisanju i analizi nepreciznosti, neodređenosti i neizvesnosti i pogodan je alat za sisteme podrške u odlučivanju. U radu je predstavljen model definisanja pravila odlučivanja u neizvesnom okruženju pri klasifikaciji i analizi uzroka pojave prslina u armirano-betonskim konstrukcijama u odnosu na vreme (u svežem ili očvrslom betonu) i uzrok (fizički, hemijski, termički i statički) pojave prslina. Tabela odlučivanja je dobijena na osnovu razmatranja karakteristika prslina kao atributa uslova, a sam model je baziran na stohastičkom pristupu. Pokazano je da se primenom teorije grubih skupova objektivno mogu formulirati pravila odlučivanja za date parametre koji se odnose na kategorizaciju prslina.

Ključnereči: Prslina, kategorizacija, podrška pri odlučivanju, teorija grubih skupova

1. Uvod

Prisustvo prslina u armirano-betonskim (AB) konstrukcijama je gotovo nezaobilazna pojava. Formiranje mikroprslina je moguće još u ranom periodu hidratacije betona usled plastičnog skupljanja betona. Tokom perioda eksploatacije objekta defekti u strukturi očvrslom betonu se mogu javiti usled delovanja opterećenja, agresivne sredine ili nekog od ostalih uticaja (promena temperature, sleganje oslonaca tokom vremena, zemljotres ili sl.).

Pri razmatranju trajnosti AB konstrukcija veoma je bitno ustanoviti uzrok pojave oštećenja u betonu. U zavisnosti od uzroka pojave prslina potrebno je razmotriti da li se navedena oštećenja mogu dopustiti bez primene sanacionih mera, odnosno potrebno je odrediti granicu prihvatljivog oštećenja. Ukoliko primećene prslina u betonu i ne utiču značajno na dostizanje graničnog stanja

upotrebljivosti, svakako predstavljaju vidljivo upozorenje. Sa druge strane, pojava prslina u betonskoj konstrukciji ima mnogo manji značaj u odnosu na pojavu prslina u metalnoj konstrukciji [1].

U odnosu na način pristupa vlasnika objekta tokom eksploatacionog perioda oceni stanja i rešavanju nastalih problema sa pojavom oštećenja betona zavisiće trajnost i ponašanje konstrukcije tokom prirodnih nepogoda. Nepredvidive prirodne nepogode (jake kiše, poplave, izuzetno jake snežne padavine, zemljotresi..) će očekivano biti učestalije pojave u narednim decenijama. Time pregledi i ocena stanja AB konstrukcija dodatno dobijaju na značaju [2].

U radu je prikazan model analize uzroka pojave prslina u betonu primenom grubih skupova na osnovu 21 slučaja pojave prslina na izvedenim AB konstrukcijama. Za proračun relevantnih karakteristika podataka u tabelama

i generisanje pravila za razvrstavanje korišćeno je softversko rešenje Rosetta. Softver je projektovan da podrži proces otkrivanja znanja, obrade podataka i generisanja pravila u okviru teorije grubih skupova.

2. Algoritmi odlučivanja za ocenu uzroka pojave prsline

Tretiranje problema neizvesnosti, nejasnosti i nepreciznosti je jedna od ključnih aktivnosti u uspešnoj realizaciji inteligentnih sistema za podršku u odlučivanju. Do sada su razvijeni brojni pristupi za rešavanje tog problema, a jedan od najnovijih matematičkih prilaza pruža teorija grubih skupova. Bazira se na istraživanjima grupe autora na čelu sa prof. Pavlakom sprovedenim na Varšavskom Univerzitetu, Institutu za kompjuterske nauke krajem 80-tih godina prošlog veka (Pawlak, 1982).

U Tabeli 1. prikazane su vrednosti atributa uslova i atributa odluke za izabrane parametara pomoću kojih je analizirana mogućnost pojave prsline u AB elementima usled neadekvatne ugradnje ili nege betona. Usvojeno je 10 kriterijuma za vrednovanje i analizu konkretnog slučaja:

- vreme pojave prsline (A)
- oblik prsline (B)
- mesto pojave (C)
- kvalitet komponentnih materijala (D)
- vodocementni faktor ugrađenog betona (E)
- hidrometeorološki faktor rizika pri ugradnji negi betona (F)
- faktor agresivne sredine (G)
- potvrđeno pravilno armiranje (H)
- uticaji od spoljašnjeg opterećenja (I)
- privremeno preopterećenje (J)

Navedeni parametri predstavljaju attribute uslova, a parametar nepravilna ugradnja i nega betona predstavlja atribut odluke. Za atribut odluke usvojene su dve diskretne vrednosti (1- ugradnja i nega betona je uzrok pojave prsline; 2- ugradnja i nega betona nije uzrok pojave prsline).

A - *vreme pojave prsline*: opisuje vreme kada je primećena pojava prsline i usvojene su tri diskretne vrednosti (1-manje od 24h; 2-od 1 do 10 dana; 3-preko 10 dana). U slučaju kada

vreme pojave prsline nije bilo poznato, polje u tabeli je naznačeno sa ‘-’.

B - *oblik prsline*: definiše oblik prsline, pri čemu su date tri diskretne vrednosti (1-formirana mreža prsline na površini; 2-linijske prsline na površini; 3-linijske prsline u strukturi betona)

C - *mesto pojave*: opisuje oblast ili površinu na kojoj je primećena prsline. Usvojene su tri diskretne vrednosti (1-lokalno, samo na delu AB elementa; 2-duž celog AB elementa; 3-po celoj konstrukciji)

D - *kvalitet komponentnih materijala*: navedenim atributom uslova razmatra se mogućnost pojave prsline usled primene agregata sa svojstvima koja nisu podobna za primenu u betonu, ali i u retkim slučajevima kada kvalitet cementa ili vode nije zadovoljen. Usvojene su tri diskretne vrednosti (1-potvrđen kvalitet; 2-nisu ispitana svojstva komponentnih materijala; 3-komponentni materijali su potencijalni uzrok pojave prsline)

E - *vodocementni faktor*: definiše tri diskretne vrednosti za vodocementni faktor (1-za $w/c < 0.4$; 2- $0.4 < w/c < 0.5$; 3- $w/c > 0.5$)

F - *hidrometeorološki faktor rizika pri ugradnji i negi betona*: ovim atributom uslova razmatran je uticaj temperature vazduha tokom transporta, ugradnje i nege betona, brzine vetra, padavina... Usvojene su tri diskretne vrednosti (1- rizik nije prisutan; 2-rizik postoji; 3-rizik je izražen)

G - *faktor agresivnosti sredine*: opisuje mogućnost pojave prsline usled delovanja hemijskih agenasa na beton. Usvojene su dve diskretne vrednosti (1- ne postoji uticaj; 2- postoji uticaj)

H-*potvrđeno pravilno armiranje*: navedenim atributom se razmatra mogućnost pojave prsline usled neadekvatnog armiranja, odnosno postavljanja armature u položaj različit od projektovanog. Usvojene su dve diskretne vrednosti (1-potvrđeno pravilno armiranje; 2-nije potvrđeno pravilno armiranje)

I - *uticaji od spoljašnjeg opterećenja*: ovim atributom se pre svega analizira uticaj pojave prsline usled eksploatacionog opterećenja koja je u dozvoljenim granicama, ali se uzima u obzir i uticaj tečenja betona na moguću pojavu

prslina. Usvojene su tri diskretne vrednosti (1- spoljašnji uticaji nisu relevantni; 2-spoljašnji uticaji su prisutni; 3-spoljašnji uticaji su izraženi, mogu uzrokovati pojavu prslina)

J - privremeno preopterećenje: definiše mogućnost pojave prslina usled privremenog preopterećenja (1-ne; 2-da).

	Atributi uslova										Atribut odluke
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	-	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	1	1	1	1	1	3	1	2
3	1	3	1	1	3	3	1	1	1	1	1
4	2	3	1	1	1	1	1	1	2	1	2
5	2	1	2	2	3	3	1	1	1	1	1
6	2	1	2	2	3	3	1	1	1	1	1
7	3	1	2	2	3	3	1	1	1	1	1
8	-	3	1	3	3	1	1	2	3	1	2
9	2	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1
10	3	3	3	1	-	1	2	1	3	1	2
11	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1
12	2	3	3	1	1	2	1	1	3	1	2
13	2	3	2	1	3	3	1	1	1	1	1
14	2	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15	2	3	2	1	2	3	1	1	1	1	1
16	1	3	2	1	3	3	1	1	1	1	1
17	2	3	2	1	3	3	1	1	1	1	1
18	3	3	2	2	3	1	1	1	3	1	2
19	2	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1
20	2	3	3	1	2	1	2	1	2	1	1
21	1	1	2	1	-	2	1	1	1	1	1

Tabela 1. Tabela odlučivanja

- Vodocemetni_faktor(2) AND Faktor_spoljasnji_uticaji(1) => Nepravilna_ugradnja_nega(1)
- Vodocemetni_faktor(1) AND Faktor_spoljasnji_uticaji(3) => Nepravilna_ugradnja_nega(2)
- Vodocemetni_faktor(3) AND Faktor_spoljasnji_uticaji(1) => Nepravilna_ugradnja_nega(1)
- Vodocemetni_faktor(1) AND Faktor_spoljasnji_uticaji(2) => Nepravilna_ugradnja_nega(2)
- Vodocemetni_faktor(3) AND Faktor_spoljasnji_uticaji(3) => Nepravilna_ugradnja_nega(2)
- Vodocemetni_faktor(1) AND Faktor_spoljasnji_uticaji(1) => Nepravilna_ugradnja_nega(1)
- Vodocemetni_faktor(2) AND Faktor_spoljasnji_uticaji(2) => Nepravilna_ugradnja_nega(1)
- Mesto_pojave(2) AND Faktor_spoljasnji_uticaji(1) => Nepravilna_ugradnja_nega(1)
- Mesto_pojave(2) AND Faktor_spoljasnji_uticaji(3) => Nepravilna_ugradnja_nega(2)
- Mesto_pojave(1) AND Faktor_spoljasnji_uticaji(1) => Nepravilna_ugradnja_nega(1)
- Mesto_pojave(1) AND Faktor_spoljasnji_uticaji(2) => Nepravilna_ugradnja_nega(2)
- Mesto_pojave(1) AND Faktor_spoljasnji_uticaji(3) => Nepravilna_ugradnja_nega(2)
- Mesto_pojave(3) AND Faktor_spoljasnji_uticaji(3) => Nepravilna_ugradnja_nega(2)
- Mesto_pojave(3) AND Faktor_spoljasnji_uticaji(2) => Nepravilna_ugradnja_nega(1)
- Faktor_agresivne_sredine(1) AND Faktor_spoljasnji_uticaji(1) => Nepravilna_ugradnja_nega(1)
- Faktor_agresivne_sredine(1) AND Faktor_spoljasnji_uticaji(3) => Nepravilna_ugradnja_nega(2)
- Faktor_agresivne_sredine(1) AND Faktor_spoljasnji_uticaji(2) => Nepravilna_ugradnja_nega(2)
- Faktor_agresivne_sredine(2) AND Faktor_spoljasnji_uticaji(3) => Nepravilna_ugradnja_nega(2)
- Faktor_agresivne_sredine(2) AND Faktor_spoljasnji_uticaji(2) => Nepravilna_ugradnja_nega(1)

Tabela 2. Pravila odlučivanja

Često se postavlja pitanje da li se može ukloniti neki od podataka iz tabele odlučivanja uz uslov očuvanja njenih osnovnih karakteristika. Reduktori predstavljaju minimalni podskup atributa koji omogućava istu klasifikaciju elemenata univerzuma kao kompletan skup atributa. Drugim rečima, attribute koji ne pripadaju reduktorima su suvišni u pogledu klasifikacije elemenata u univerzumu. Pronalaženje redukcija je esencijalni zadatak u teoriji grubih skupova. Za redukciju podataka i generisanje pravila odlučivanja u radu je korišćen *genetic algorithm reducer*.

Prikaz funkcija cilja algoritma, kao i način izbora minimalnog podskupa atributa detaljno je prikazan u radu Vinterbo i Øhrn [4]. Nakon primene *genetic algorithm reducer-a*, dobijene su tri grupe redukovanih atributa (Vodocemetni_faktor,Faktor_spoljasnjih_uticaja);(Mesto_pojave,Faktor_spoljasnjih_uticaja);(Faktor_agresivne_sredine,Faktor_spoljasnjih_uticaja). Generisana pravila odlučivanja, kao krajnji cilj modelovanja imaju formu prikazanu u Tabeli 2.

3. Zaključak

Prikazana je mogućnost primene grubih skupova u podršci pri odlučivanju pri analizi pojave prslina u AB konstruktivnim elementima. Model je zasnovan na stohastičkom pristupu pri čemu su analizirani podaci u uslovima nepreciznosti i nesigurnosti sa nedostajućim podacima. Prikazana su pravila odlučivanja na osnovu ekspertskih odluka čime je dat doprinos tumačenju, analizi i klasifikaciji uzoraka pojave prslina, odnosno uticaja ugradnje i nege betona na pojavu prslina u AB konstrukciji.

U tabeli odlučivanja prikazani su atributi uslova i atributi odluke, uz napomenu da pri modeliranju nije bilo neophodno poznavanje raspodele verovatnoće za usvojene attribute, kao ni predznanje o međusobnim relacijama. Nakon redukcije atributa, izdvojene su ključne grupe atributa (Vodocemetni_faktor, Faktor_spoljasnjih_uticaja), (Mesto_pojave, Faktor_spoljasnjih_uticaja),(Faktor_agresivne_sredine, Faktor_spoljasnjih_uticaja) za koje je analitički pokazano da imaju najveći uticaj na donesene odluke.

Nakon primene grubih skupova interesantno je uporediti stav eksperata o atributima uslova nakon redukcije. Na osnovu generisanih pravila odlučivanja, za definisane attribute uslova moguće je generisati attribute odluke uz napomenu da proširivanjem broja analiziranih događaja postoji mogućnost promene u strukturi podataka, odnosno postoji mogućnost promene atributa uslova nakon redukcije.

Bibliografija

- [1] **M. Pavišić.** Ocena integriteta betonskih konstrukcija na osnovu rizika, Integritet i vek konstrukcija, 2007,7(1), 29-36.
- [2] **A. Sivakumar, M. Manu Santhanam.** A quantitative study on the plastic shrinkage cracking in high strength hybrid fibre reinforced concrete, Cement and Concrete Composites, 2007, 29(7), 575–581.
- [3] **Z. Pawlak.** Rough Sets, International Journal of Computer and Information Science, 1982, 11, 341-356.
- [4] **S. Vinterbo, A. Øhrn.** Minimal approximate hitting sets and rule templates, International Journal of Approximate Reasoning, 2000, 25(2),123–143.

GRAPHS AND NETWORKS

Primeri preslikavanja koja čuvaju refleksivnost grafova

Bojana Mihailović

Univerzitet u Beogradu – Elektrotehnički fakultet, Bul. kralja Aleksandra 73
University of Belgrade – School of Electrical Engineering
e-mail: mihailovicb@etf.rs

Marija Rašajski

Univerzitet u Beogradu – Elektrotehnički fakultet, Bul. kralja Aleksandra 73
University of Belgrade – School of Electrical Engineering
e-mail: rasajski@etf.rs

Apstrakt. Posmatramo povezane neorijentisane grafove bez petlji i višestrukih grana. Za karakteristični polinom ovakvog grafa G uzimamo karakteristični polinom njegove $(0,1)$ -matrice susedstva, tj. $P_G(\lambda) = \det(\lambda I - A)$. Koreni karakterističnog polinoma su *karakteristične (sopstvene) vrednosti* grafa G i kako su one realni brojevi, uobičajeno je da se navode u nerastućem poretku $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_n$. Grafovi kod kojih je $\lambda_2 \leq 2$ nazivaju se *refleksivni grafovi*.

U ovom radu opisujemo četiri transformacije koje preslikavaju određenu klasu grafova sa bar dva mosta u samu sebe. One, pod određenim uslovima, imaju osobinu da čuvaju znak izraza $\lambda_2 - 2$, što ćemo za jednu od njih i dokazati. Primena ovih i sličnih transformacija omogućila nam je da kraće i efikasnije opišemo neke klase refleksivnih grafova, pri čemu veliku ulogu igraju grafovi čija je najveća sopstvena vrednost jednaka dva, tzv. Smitovi grafovi. Na osnovu ovoga unapredili smo neke prethodne rezultate i otkrili neke nove klase refleksivnih grafova. Primerom pokazujemo jedan način kako se ove transformacije mogu koristiti.

Ključne reči: spektralna teorija grafova, refleksivni grafovi, Smitovi grafovi

1. Uvod

U ovom radu bavićemo se neorijentisanim grafovima bez petlji i višestrukih grana. Pod *karakterističnim polinomom* takvog grafa G podrazumevaćemo karakteristični polinom njegove $(0,1)$ -matrice susedstva, tj. $P_G(\lambda) = \det(\lambda I - A)$. Njegovi koreni su *karakteristične (sopstvene) vrednosti* grafa G i kako su one realni brojevi uobičajeno je da se navode u nerastućem poretku $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_n$. Najveća karakteristična vrednost grafa naziva se *indeks* grafa. Posmatramo samo povezane grafove, jer je kod nepovezanih grafova njihov spektar jednak uniji spektara

njihovih komponenata. Za povezane grafove uvek važi $\lambda_1 > \lambda_2$. Grafovi kod kojih je $\lambda_2 \leq 2$ nazivaju se *refleksivni grafovi*.

Uočićemo jednu klasu grafova sa (bar) dva mosta i zatim opisati dve transformacije, koje ćemo označiti sa d i ds , kao i njihove inverzne transformacije, koje sve preslikavaju ovu klasu u samu sebe. Ispostavlja se da one, pod određenim uslovima, imaju osobinu da čuvaju znak izraza $\lambda_2 - 2$. Za d -transformaciju (a time i za njoj inverznu transformaciju) ovu osobinu ćemo i dokazati, dok je za ds -transformaciju dokaz sličan. U dokazu ćemo koristiti poznatu Teoremu o preplitanju [1], a

takođe i Švenkovu lemu [8], kao i RS-teoremu [6], koje navodimo u produžetku.

Na osnovu Teoreme o preplitanju tvrdimo da je, ako je x čvor grafa G , važi $\lambda_1(G) > \lambda_1(G - x)$. Takođe, na osnovu nje sledi da je refleksivnost nasledna osobina, tj. ako ovu osobinu ima graf G , imaće je i svaki podgraf grafa G . Zbog toga se često opisivanje svih refleksivnih grafova iz neke klase izvodi pomoću opisivanja svih maksimalnih refleksivnih grafova iz te klase.

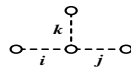
Švenkova lema. [8] Neka u posmatranom grafu G $C(v)$ i $C(uv)$ označavaju skup svih kontura koje sadrže čvor v , odnosno granu uv , respektivno. Tada je:

$$1) P_G(\lambda) = \lambda P_{G-v}(\lambda) - \sum_{u \in Adj(v)} P_{G-v-u}(\lambda) - 2 \sum_{C \in C(v)} P_{G-v(C)}(\lambda)$$

$$2) P_G(\lambda) = P_{G-uv}(\lambda) - P_{G-v-u}(\lambda) - 2 \sum_{C \in C(uv)} P_{G-v(C)}(\lambda),$$

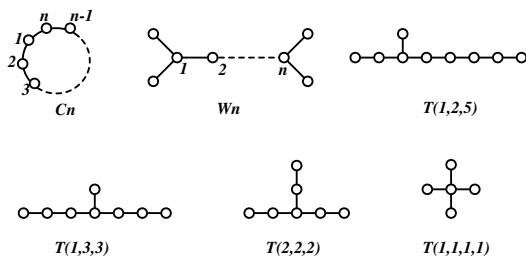
gde $Adj(v)$ označava skup čvorova susednih čvoru v , a $G - V(C)$ je graf dobijen iz G odstranjivanjem čvorova konture C .

Uvedimo oznaku $T(i, j, k)$ za drvo prikazano na Slici 1.



$T(i, j, k)$
Slika 1. $T(i, j, k)$

Na Slici 2. prikazani su svi maksimalni grafovi za osobinu $\lambda_1 = 2$, tzv. Smitovi grafovi [9]. Za svaki povezan graf koji nije Smitov važi da je on ili indukovani podgraf bar jednog Smitovog grafa (tj. indeks mu je manji od dva), ili nadgraf bar jednog Smitovog grafa (tj. indeks mu je veći od dva).



Slika 2. Smitovi grafovi

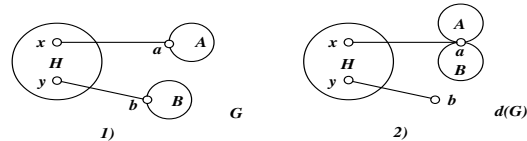
RS-teorema. [6] Neka je dat graf G i neka je x njegov artikulacioni čvor. Tada važi:

- 1) Ako su bar dve komponente grafa $G - x$ nadgrafovi Smitovih grafova, i ako je bar jedna od njih pravi nadgraf, onda je $\lambda_2(G) > 2$.
- 2) Ako su bar dve komponente grafa $G - x$ Smitovi grafovi, a ostale podgrafovi Smitovih grafova, onda je $\lambda_2(G) = 2$.
- 3) Ako je najviše jedna komponenta grafa $G - x$ Smitov graf, a ostale pravi podgrafovi Smitovih grafova, onda je $\lambda_2(G) < 2$.

Na osnovu datih teorema dokazaćemo da opisane transformacije čuvaju znak izraza $\lambda_2 - 2$, što znači da čuvaju i refleksivnost. Zato su nam one, uz slične nešto složenije transformacije, omogućile da mnogo kraće i elegantnije opišemo neke ranije opisane klase refleksivnih grafova [3],[4],[5],[7], kao i da dodjemo do novih rezultata.

2. Transformacije

Neka je Γ familija grafova čiji je predstavnik graf $G(H, x, A, y, B)$ prikazan na Slici 3, gde su A i B korenski grafovi, sa istaknutim čvorovima a, b , respektivno.



Slika 3. G i $d(G)$

d -transformacija preslikava familiju Γ u samu sebe tako da je $d(G(H, x, A, y, B)) = G(H, x, A \cdot B, y, b)$, pri čemu je koalescencija grafova A i B nastala identifikacijom njihovih korenova, tako da je podgraf $B - b$ grafa G jednak podgrafu $B - a$ grafa $d(G)$. Uvedimo oznake: $A' = A - a$, $B' = B - b = B - a$.

Teorema 1. Neka su G i $d(G)$ grafovi sa Slike 3. Neka je $\lambda_1(H) = 2$, $\lambda_1(A') < 2$, $\lambda_1(B') < 2$ i $P_{H-x}(2) = P_{H-y}(2)$. Tada važi: $sgn(\lambda_2(G) - 2) = sgn(\lambda_2(d(G)) - 2)$.

Dokaz. Za grafove G i $d(G)$ očigledno važi da im je indeks veći od 2, ali takođe i da im je

treća sopstvena vrednost manja od 2, što ćemo dokazati. Naime, po pretpostavci je indeks podgrafa B' manji od 2, dok iz primene RS teoreme na čvor a u podgrafu $G - B$ sledi $\lambda_2(G - B) < 2$, što znači da je $\lambda_2(G - b) < 2$, a po Teoremi o preplitanju i da je $\lambda_3(G) < 2$. Analogno, za graf $d(G)$ važi da je $\lambda_2(d(G) - a) < 2$ (zbog $\lambda_1(A'), \lambda_1(B') < 2$ i $\lambda_2(d(G) - A \cdot B) < 2$), pa je i $\lambda_3(d(G)) < 2$.

Dakle, i za graf G i za graf $d(G)$ važi:

$$\text{sgn}P(2) = \text{sgn}(\lambda_2 - 2).$$

S druge strane, na osnovu Šenkove leme i koristeći pretpostavke $\lambda_1(H) = 2$ i $P_{H-x}(2) = P_{H-y}(2)$, dobijamo:

$$\begin{aligned} P_G(2) &= (P_H(2)P_A(2) - P_{H-x}(2)P_{A'}(2)) \cdot P_B(2) - \\ &\quad (P_{H-y}(2)P_A(2) - P_{H-x-y}(2)P_{A'}(2)) \\ &\quad \cdot P_{B'}(2) = \\ &= -P_{H-x}(2) \cdot (P_{A'}(2)P_B(2) + P_A(2)P_{B'}(2)) + \\ &\quad P_{H-x-y}(2) \cdot P_{A'}(2)P_{B'}(2) \text{ i} \\ P_{d(G)}(2) &= (2P_H(2) - P_{H-y}(2))(P_{A'}(2)P_B(2) + \\ &\quad P_A(2)P_{B'}(2) - 2P_{A'}(2)P_{B'}(2)) - \\ &\quad (P_{H-x}(2) - P_{H-x-y}(2))P_{A'}(2) \cdot P_{B'}(2) = \\ &= -P_{H-x}(2) \cdot (P_{A'}(2)P_B(2) + P_A(2)P_{B'}(2)) + \\ &\quad P_{H-x-y}(2) \cdot P_{A'}(2)P_{B'}(2). \end{aligned}$$

Prema tome, kako je $P_G(2) = P_{d(G)}(2)$, sledi da je

$$\text{sgn}(\lambda_2(G) - 2) = \text{sgn}(\lambda_2(d(G)) - 2). \square$$

Iz prethodne teoreme sledi da i inverzna transformacija d^{-1} čuva znak izraza $\lambda_2 - 2$, pod istim uslovima kao u prethodnoj teoremi.

Slično d -transformaciji možemo definisati i ds -transformaciju, koja preslikava familiju Γ u samu sebe tako da je

$$ds(G(H, x, A, y, B \cdot C)) = G(H, x, A \cdot C, y, B),$$

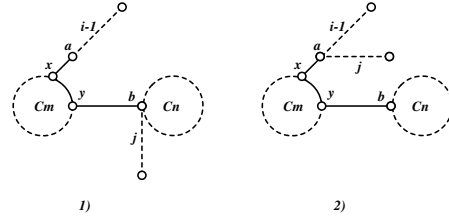
gde su, slično kao kod d -transformacije, A, B i C korenski grafovi, a koalescencije $B \cdot C$ i

$A \cdot C$ nastale identifikacijom korena sa čvorom a , tj. b . Slično prethodnom, može se dokazati i sledeće tvrđenje.

Teorema 2. Neka je G graf $G(H, x, A, y, B \cdot C)$ i neka je $\lambda_1(H) = 2$, $\lambda_1(A') < 2$, $\lambda_1(B') < 2$, $\lambda_1(C') < 2$ i $P_{H-x}(2) = P_{H-y}(2)$. Tada važi: $\text{sgn}(\lambda_2(G) - 2) = \text{sgn}(\lambda_2(ds(G)) - 2)$.

Takođe važi i analogno tvrđenje za inverznu ds^{-1} -transformaciju, tj. pod istim uslovima kao u prethodnoj teoremi i ona čuva znak izraza $\lambda_2 - 2$.

Na jednom primeru pokazaćemo konkretno kako se korišćenjem navedenih transformacija mogu efikasno naći svi reflektivni grafovi u jednoj klasi bicikličkih grafova s mostom [6].



Slika 4. Primer

Neka je G (Slika 4.1) graf iz klase bicikličkih grafova sa mostom u kome su konture koje su povezane mostom proizvoljnih dužina m i n , neka je čvor x dodatno opterećen putem dužine i , $i \geq 2$, a čvor b putem dužine j , $j \geq 1$. Na Slici 4.2 prikazan je graf $ds^{-1}(G)$. Kako je, po prethodnom, $\text{sgn}(\lambda_2(G) - 2) = \text{sgn}(\lambda_2(ds^{-1}(G)) - 2)$, graf G će biti refleksivan ako i samo ako je refleksivan graf $ds^{-1}(G)$. Međutim, ako primenimo RS teoremu na čvor b grafa $ds^{-1}(G)$, videćemo da je graf $ds^{-1}(G)$ refleksivan ako i samo ako je graf $G - C_n - y$ Smitov graf ili podgraf nekog od Smitovih grafova. Zbog strukture početnog grafa G i uslova $m \geq 3, i \geq 2, j \geq 1$, stabla koja mogu biti na mestu podgrafa $G - C_n - y$ su $T(2,2,2), T(1,3,3), T(1,2,4)$ i $T(1,2,5)$. Preciznije, ako je graf $G - C_n - y = T(m - 1, i - 1, j)$ u sledećoj tabeli date su vrednosti za m, i i j , kojima su opisani svi maksimalni reflektivni grafovi datog tipa.

m	3	4	4	3	3	6	6	3	3	5	5
i	3	2	4	2	6	3	2	2	5	3	2
j	2	3	1	5	1	1	2	4	1	1	2

Tabela 1.

Zaključak

Opisali smo četiri transformacije d , ds , d^{-1} i ds^{-1} koje preslikavaju familiju grafova Γ u samu sebe. Pod određenim uslovima ove transformacije čuvaju znak izraza $\lambda_2 - 2$, a dokaz smo prikazali za preslikavanje d . Primena ovih i sličnih transformacija omogućava da efikasnije opišemo neke klase refleksivnih grafova. U prethodnim radovima opisivane su uglavnom pojedine klase refleksivnih stablolikih grafova sa dve ([4],[6]), tri ([3],[5]), četiri ([3],[7]) i pet kontura ([5]). Unapredili smo neke prethodne rezultate i otkrili neke nove klase refleksivnih grafova. Osim toga, Uopštena RS teorema [2] nam omogućava da ove ideje iskoristimo ne samo za refleksivne grafove, već i za druge klase grafova čija bi druga sopstvena vrednost bila ograničena proizvoljnim pozitivnim realnim brojem a . To je svakako pravac naših budućih istraživanja.

Zahvalnica. Marija Rašajski je zahvalna Ministarstvu prosvete, nauke i tehnološkog razvoja na podršci kroz projekat br 174033, "Teorija grafova i matematičko programiranje sa primenama u hemiji i računarstvu".

Bibliografija

- [1] **D. M. Cvetković, M. Doob, H. Sachs.** Spectra of Graphs-Theory and Application. *Third edition, Johann Ambrosius Barth Verlag, Heidelberg-Leipzig, 1995.*
- [2] **B.Lj.Mihailović.** Trees Whose Second Largest Eigevalue Does Noe Exceed $\frac{(\sqrt{5+1})}{2}$. *Scientific Publications of The State University of Novi Pazar. Ser. A:Appl. Math. Inform.And Mech. Vol.6, 2(2014), 119-130*
- [3] **Z.Radosavljević, B. Mihailović, M. Rašajski.** Decomposition of Smith graphs in maximal reflexive cacti. *Discrete Mathematics, Volume 308, Issues 2-3, 355-366.*
- [4] **Z. Radosavljević, B. Mihailović, M. Rašajski.** On bicyclic reflexive graphs, *Discrete Mathematics, Volume 308, Issues 5-6, 715-725.*
- [5] **Z. Radosavljević, M. Rašajski.** Multicyclic treelike reflexive graphs. *Discrete Math., Vol. 296/1 (2005), 43-57.*
- [6] **Z. Radosavljević, S. Simić.** Which bicyclic graphs are reflexive? *Univ. Beograd, Publ. Elektrotehn. Fak., Ser. Mat. 7 (1996), 90-104.*
- [7] **M. Rašajski, Z. Radosavljević, B. Mihailović.** Maximal reflexive cacti with four cycles: The approach via Smith graphs. *Linear Algebra and Its Applications 435(2011), pp. 2530-2543*
- [8] **A. J. Schwenk.** Computing the characteristic polynomial of a graph. *In: Graphs and Combinatorics. Lecture Notes in Math. 406, Berlin-Heidelberg-New York, 1974, 153-172.*
- [9] **J. H. Smith.** Some properties of the spectrum of a graph. *In: Combinatorial Structures and Their Applications. 1970, 403--406.*

INFORMATION SYSTEMS

Ekonomičnost u razvoju softverskih projekata

Tatjana Davidov

Univerzitet u Novom Sadu, Ekonomski fakultet u Subotici

e-mail: tanja.davidov@ef.uns.ac.rs

Saša Bošnjak

Univerzitet u Novom Sadu, Ekonomski fakultet u Subotici

e-mail: bsale@ef.uns.ac.rs

Apstrakt. Koncept softvera za ponovnu upotrebu “Reuse software” (R) koristi se u novim tehnikama softverskog programiranja, a odluke i dileme koje se odnose na uključivanje R ili ne R softver u razvojno softversko okruženje novog softverskog proizvoda donose se posebnim tehnikama procene i ocene. R donosi finansijske koristi u vidu direktnih i indirektnih benefita istovremeno, jer skraćuje vreme i smanjuje troškove razvoja softverskih rešenja. U ovom radu ćemo prikazati dosledan način kako da se izračunaju i kvantitativno dokažu troškovi, cena i ekonomska opravdanost razvoja softverskog proizvoda, uzimajući u obzir sve potrebne parametre koji utiču na zadate veličine. Merenje ovih parametara, kojima se ocenjuju troškove razvoja jediničnog dela softverskog koda ili komponente, odnosno parametara troškova ili beneficija višestruke upotrebljivosti, vrši se uz pomoć matematičkih formula i softverske metrike za višestruku upotrebu.

Ključne reči: višestruko upotrebljivi objekti, Reusability objects, cost of reuse, benefits, ekonomska opravdanost.

1. Uvod

Softverski projekti su vrlo osetljiva tema kada je u pitanju procena njihovog kvaliteta, kao i svrsishodnost razvoja i upotrebe. Da li softver u potpunosti zadovoljava svim informacionim zahtevima, da li ispunjava osnovne zahteve tehničkih, sistemskih i standardizovanih uslova i savremenih stilova razvoja u datom domenskom području, vrlo je široka tema. Čak i ako softver ispunjava sve zahteve ili da je upotrebljivost istog, za krajnjeg korisnika, na vrlo visokom i zavidnom stepenu, i onda bi trebalo znati sledeće: softverski projekat mora da dostigne zadovoljavajući nivo ekonomske opravdanosti tokom svog razvoja što ti opravdalo profitabilnost razvoja uošte. Neophodno je konstantno pratiti sve elemente tokom životnog ciklusa razvoja softvera, a najznačajniji su: ulaganje u ljudski rad i tehnički razvoj, što direktno utiče na visinu ostvarene produktivnosti i ekonomičnosti koja

se ogleda u stalnom merenju odnosa nastalih troškova i novih vrednosti koje se po osnovu istih stvaraja.

2. Tehnike razvoja softvera

Današnji trendovi softverskog razvoja uključuju specifične metode i tehnike koje karakterišu savremena softverska rešenja, koristeći mnogobrojne pomoćne alate koji podržavaju i prilagođeni su razvoju svim delova životnog ciklusa softvera za sve parcijalne delove softverskog rešenja. Takve tehnike i metode razvoja softverskih rešenja predstavljaju se takozvanim agilnim metodama, gde se faze razvoja iterativno realizuju, stvarajući delove softverskih proizvoda (komponente) u vidu već gotovih rešenja, pogodnih za dalju upotrebu i komercijalno višestruko iskorišćavanje. Komponente tj. „Reusability objects“¹ imaju

¹ Reusability, (R softverske vrednosti – R vrednosti), <https://en.wikipedia.org/wiki/Reusability>

ulogu ugradnih elemenata za potrebe novih softverskih rešenja u odgovarajućem sistemskom okruženju. Eminentni stručnjaci softver inženjeringa nastoje da dokažu prednosti ulaganja u R softver, gde se sve primarne i sekundarne koristi mogu dokazati i kvantitativno i kvalitativno. Dostignute primarne koristi R softvera: kvalitet, produktivnosti i konkurentnost na tržištu, transformišu se direktno u ekonomsku korist što se dokazuje cost/benefit (Ronald J. Leach, 2011) analizom. Što je analiza ekonomskih parametara jasnija i preciznija, uz zadovoljavajući nivo fleksibilnosti i sigurnosti njene procene, to se lakše i brže, sa sigurnošću i bez oklevanja donosi odluka tokom svakog iterativnog koraka razvoja softverskih rešenja: da li je Rsoftver potreban ili ne, u kom momentu koju iteraciju troškovno možemo ili ne možemo opravdati.

3. Ekonomičnost u razvoju softvera

Postizanje ekonomičnosti u razvoju softverskih rešenja posmatra se sa tri aspekta beneficija i troškova:

1. *ograničavanje* troškova,
2. *izbegavanje* troškova,
3. *povećanje* profita.

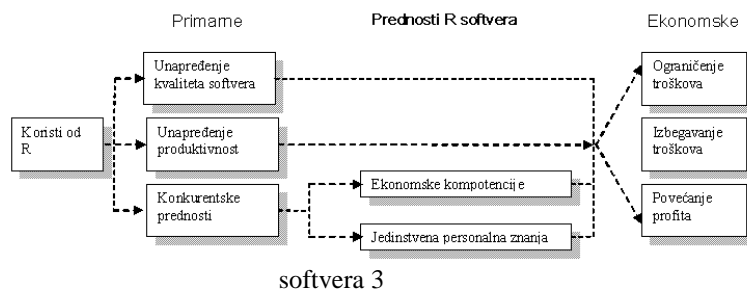
Ograničavanje troškova podrazumeva uštede koje se realizuju u prenosu personalne ekspertize, skraćanjem životnog ciklusa razvoja softvera i smanjenju napora na održavanju softvera. Berry Boehm (Barry W. Boehm, 2007) je priznati ekspert iz oblasti sistem inženjeringa i razvoja softvera, koji je još 1984. godine počeo da istražuje iterativni i prototipski razvoj softvera 2, sa konstantnim naglaskom na poboljšanje razvojnih procesa softverskih i drugih kompleksnih sistema. On smatra da je snabdevenost tržišta rada softver inženjerima u porastu oko 4% godišnje, a s obzirom na to da se potreba za softverom podigla na više od 12% godišnje, važno je znati da je obnavljanje i integracija R vrednosti mnogo kraći posao, a ekspertno znanje uloženo u R softver je mnogostruko upotrebljivo, naspram kreiranje softverskih

rešenja od početka, tj. od praznih linija softverskog koda.

Ako posmatramo obe ekonomske kategorije, i **ograničavanje**, i **izbegavanje troškova**, moramo znati da jednako direktno stvaraju monetarnu prednosti, iako nije neophodno razumeti razliku između ovih kategorija:

1. Naime *izbegavanje troškova* podrazumeva: Prvo, dodatni izvori troškova, stvaraju nove inpute tokom životnog ciklusa razvoja softvera i nužno nastaju ako se R softver ne koristi u novim softverskim projektima. Znači ovu kategoriju troškova je moguće ograničiti. Drugo, razvojna dinamika je znatno skraćena primenom R softvera, što istovremeno govori o izbegavanju kaznenih troškova, kao: onemogućen blagovremeni izlazak na tržište sa aplikativnim softverskim rešenjem, zbog kašnjenja u završnim terminima razvoja, izaziva iste finansijske kazne kao i troškovi poreza ili dodatnog rizik zbog neblagovremene isporuke. Sve ovo dodatno još i ruši ugled softverske kompanije.

Slika 1: Kvalitativne i kvantitativne prednosti R



Povećanje profita je posledica blagovremene isporuke proizvoda, što motiviše preduzeća za višu tržišnu utakmicu. Kvalitetan proizvod koji verno ispunjava potrebe korisnika pruža dodatni kreditni potencijal, povećava prihod učesnicima. Na primer: U San Diegu u jednom Tehničko-grafičkom odeljenju, je procenjeno da korišćenje R vrednosti smanjuju razvojno vreme novog softverskog proizvoda, do približno 15 inženjerskih meseci. Ovaj projekta zahteva samo 21 mesec za razvoj, upoređujući sa procenom od 36 meseci

2 <http://guide.agilealliance.org/guide/iterative.html>

3 Wayne C. Lim: "Managing Software Reuse", Prentice Hall PTR 1998. god., strana 112

softverskog razvoja, gde R vrednosti nisu korišćene.

3.1. Merenje ekonomskih pokazatelja

R ekonomske metrike se koriste u merenju ekonomskih pokazatelja R softvera, od kojih su tri značajne, i korišćenjem ih tokom istraživanja i procene ekonomske opravdanosti ulaganja rada i resursa u R softver: 1. metrika povratka od ulaganja, 2. metriku vrednosti, 3. metrika predviđanja troškova.

Koji je procenat Reuse softvera u ukupnom softverskom projektu? Ako se veličina R softvera može izmeriti brojem programskih linija koda (LOC 4), onda se procentualno učešće R softvera izračunava:

$$\% \text{ Reuse} = \frac{\text{Reuse softver}}{\text{Ukupan softver}} * 100$$

$$\%R = \frac{3000 \text{ LOC R softvera}}{7000 \text{ LOC Ukupnog softvera}} * 100 = 42,8\%$$

Formula 1: Procenat Reuse softvera u ukupnom softveru (Ralph M. Ralph DeFrancesco, 2011)

Formula govori da je u ukupnom softverskom projektu oko 43% učešće Reuse softverskog koda. Povratak od ulaganja u Reuse softverski kod (ROI) 5 tj. RORI 6 definiše se kroz tri navedene softverske metrike:

Prva metrika povratka od ulaganja (Return-on-investment-RIO (Ralph M. Ralph DeFrancesco, 2011) najfleksibilnije i najjasnije odslikava ulaganje i rezultate ulaganja u R softver. Ona se izvodi iz formule (net present value) NPV (Tom Haughey, March 2010) i zavisi od interne stope prinosa uzimajući u obzir faktore rizika i cenu kapitala (troškovi ulaganja u R program). Ova metrika se procenjuje sa dva uzajamna nivoa:

1. -poboljšanje produktivnosti i smanjenje rizika ulaganja i
2. -ispoljavanje dobrih osobina softvera sa tehničkog aspekta:

održavanje, pouzdanost, upotrebljivost, prenosivost, bezbednost, dokumentovanje, konfigurisanje kontrole i prilagodljivost.

Procena ulaganja u investicije polazi od ostvarene dobiti, tj. ulaganje u odnosu na troškove ulaganja, što se iskazuje procentualno.

$$\text{RORI} = \frac{\text{Dobitak od ulaganja} - \text{Troškovi ulaganja}}{\text{Troškovi ulaganja}}$$

$$\text{RORI} = \frac{100.000\$ - 20.000\$}{20.000\$} = 4\%$$

$$\text{RORI} = \frac{160.000\$ - 20.000\$}{20.000\$} = 7\%$$

Formula 2: Return of investment (Ralph M. Ralph DeFrancesco, 2011)

Ostvarena dobit u odnosu na troškove uložene u R softver, pokazuje da veća dobit svira veći kalkulativni rezultat ulaganja, što znači, da je Povratak od investicije u R softver (RORI) veći. Da bismo realno dokazali ulaganje i investiciju u R softver, moramo proceniti jediničnu cenu novog softverskog koda koji se razvija iz početka, a isto tako i cenu R softverskog proizvoda koji se preuzima iz R biblioteke. Troškovi smeštanja i pronalaženja R vrednosti, efikasnost i broj mogućeg inkorporiranja R u druge softverske projekte, jedinični troškovi ulaganja softverske kompanije u razvoj softverskih projekata sa R programima jesu značajne činjenice koje treba obuhvatiti, a koji utiču na procenat opravdanosti ulaganja u „Reusability“ softver, odnosno povećanog povratka uložених sredstava (opravdanost beneficija). „Povratak od investicija u R“ uključuje sve navedene parametre i sveobuhvatno ocenjuje ekonomsku opravdanost projekta :

$$\text{RIO} = \left[\frac{N * E(C_{VN} - C_{VR})}{C_{DE}} - 1 \right] * 100$$

Formula 3: za izračunavanje modela povratka od investicija (Return of investment ROI) (Carol S. Fugate)

Gde su semantička značenja izraza sledeća: (C_{VN}) jedinična cena novog proizvoda razvijen za primenu; (C_{VR}) jedinična cena za R iz R biblioteke; (E) efikasnost infrastrukture biblioteke. To je odnos između R kôda u aplikaciji i ukupno dostupnog R kôda; (N) očekivan broj aplikacija (verzija, proizvoda, itd.) da bude proizvedeno; (C_{DE}) jedinica

4 Lines of code

5 Return On Investment – ROI, <http://www.investopedia.com/terms/r/returnoninvestment.asp>,

6 Return on Reuse Investment

troškova ulaganja u R program date organizacije.

3.2. Procene eksperata i budući trendovi

Mnogi eksperti se bave pitanjem: povratak od investicije? U skladu sa finansijskim okruženjem i beneficijama koje donosi „Investicija ne sme da vrati samo početni kapital, već najmanje onoliko više koliko bi ta sredstva zaradila na drugom mestu, plus dodatak za rizik” (L. H. Putnam and W. Myer, 1992). Povratak od investicije obuhvata sledeće elemente: obuku, raspored rada, rizik, kvalitet, produktivnost, postupak, kupce, troškove, preduzetništvo. R troškovi kao ulazni parametri ekonomske metrike nastali eksploatacijom R programa, su vrlo osetljiva kategorija, a mogu i destruktivno da se manifestuju zbog mogućeg slabljenja radnih karakteristika komponenti i rizika njihovog zastarevanja usled promena u tehnologiji i/ili strategiji R vrednosti iako tako nadmoćno “iskrojen” kôd po pravilu donosi značajnu prednost. Planiranje razvoja R kôda, neophodno je praćen analizom sadržaja R biblioteka, budućim trendovima, ili vremenskom procesu upravljanja R komponentama, koji je podložan uticaju rapidnog tehničkog preobražaja. Stoga odnos prema troškovima mora biti profesionalan, uz stalno sprovođenje metodologije troškovno / korisne analize. Inicijalni troškovi podrazumevaju analizu i startovanje R programa, R alata, zapošljavanje i obuku kadrova, proizvodnju R komponenti za višekratnu upotrebu, a novonastali troškovi prate održavanje i izmene R softvera, podrške korisnicima, reklamiranje široj javnosti. Svi skupa utiču na formiranje cene R komponente, te je odluka o ulaganju vrlo odgovoran i savestan zadatak koji zahteva: istražiti pozitivne i negativne efekte R razvoja (da li treba razvijati R ili ne?) razviti alate za manipulisanje R vrednostima pripremiti R osoblje, korisnike, programere edukovati inženjere, programere, administratore biblioteka

4. Zaključak

Koristi od R vrednosti bi se povećale povećanjem broja njihovih korisnika u vremenskom periodu od barem šest godina, što se dokazuje ovim projektom.

$$ERK(x) = \left(\begin{matrix} \text{Procenjene} \\ \text{koristi od R} \end{matrix} \right) (x) - \left(\begin{matrix} \text{Zajednički troškovi} \\ \text{proizvodnje R} \end{matrix} \right) (x)$$

Formula 4: Ekonomske koristi od R tokom dužeg vremenskog perioda (x) (x) broj godina tokom kojih se procenjuju troškovi i ostvareni benefiti od R vrednosti Kako je x manji broj (1, 2, 3) tako su u tom periodu veći troškovi od koristi, a ako se x povećava (4, 5, 6. itd.), tada su koristi od R vrednosti veće a troškovi sve manji, i postaju zanemarljivi jer imaju ulogu samo održavanja R. S obzirom na savremeno tehničko i ekspertsko znanje koje R uključuje, održavanje je fleksibilna, tehnološki i ekonomski isplativo u dužem vremenskom periodu i konkurentno u stalnoj tržišnoj softverskoj utakmici potrošača i proizvođača, gde vlada zakon Reuse softvera: “ High customer demand, reduced software development budgets, and a competitive software market drive the need for reusable software.” (Dr. Randall W. Jensen, 2004)

Bibliografija

- [1] **Carol S. Fugate. (n.d.)**. Software reusability return of investment.
- [2] **Dr. Randall W. Jensen. (2004)**. An Economic Analysis of Software Reuse., (str. 5).
- [3] **Jasmine K.S, D. R. (2008)**. Cost Estimation Model For Reuse Based. Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2008 Vol I (str. 4). Hong Kong: IMECS.
- [4] **L. H. Putnam and W. Myer. (1992)**. Measures for Excellence: reliable software on time, within budget. Prentice Hall.
- [5] **Ralph M. Ralph DeFrangesco. (2011)**. A Cost Model For Software Reuse., (str. 6). Preuzeto sa <http://www.slideshare.net/asas402/a-cost-model-for-software-reuse>
- [6] **Tom Haughey. (March 2010)**. The Return on Investment (ROI) of Data Modeling. (str. 17). INFOMODEL.
- [7] **Wayne C. Lim. (1998)**. U Managing software reuse.
- [8] **Ronald J. Leach. (2011)**. SOFTWARE REUSE: METHODS, MODELS, AND COSTS.
- [9] **Barry W. Boehm. (2007)**. Software Engineering: Barry W. Boehm's Lifetime Contributions to Software Development, Management, and Research.

Analiza uzroka ignorisanja meta oznake za prikaz opisa sadržaja veb stranica u pretraživačima

Tanja Krunic

Visoka tehnička škola strukovnih studija u Novom Sadu

e-mail: krunic@vtsns.edu.rs

Apstrakt. U okviru ovog rada su posmatrani uzroci koji dovode do prikaza neželjenog teksta opisa sadržaja veb stranica u rezultatima pretrage po ključnim rečima u Google-u. U tu svrhu, analizirani su sajtovi sa domenima iz Srbije kod kojih je došlo do neadekvatnog prikaza opisa sadržaja stranice u navedenom pretraživaču. Izvršena je klasifikacija grešaka u primeni meta oznake za opis stranice. Ovakva klasifikacija grešaka može da posluži u edukativne svrhe studentima koji se obrazuju u oblasti veb dizajna/programiranja radi izbegavanja istih grešaka u njihovom budućem radu.

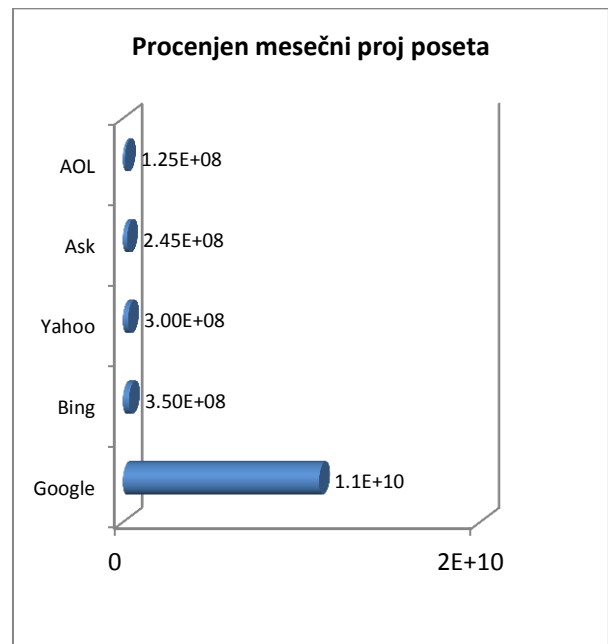
Ključne reči: meta description, pretraživači, opis sadržaja veb stranice, internet marketing

1. Uvod

U današnje vreme, gotovo da je nezamislivo uspešno poslovanje bez posedovanja odgovarajućeg reklamnog/informativnog veb sajta. S obzirom da postavljanje veb sajta na internet više nije prestiž, već potreba radi opstanka poslovanja, broj veb sajtova na globalnom nivou neprekidno raste. Prema [1], broj veb sajtova za samo dest godina, u periodu od 2002-2012 godine porastao je sa 3 miliona na 555 miliona.

U mnoštvu informacija koje se mogu pronaći na internetu, korisnicima pomažu pretraživači, među kojima su najpopularniji Google, Bing, Yahoo, Ask i AOL. Međutim, prema [2], Google pretraživač je definitivno najkorišćeniji pretraživač, sl. 1. U tom kontekstu je nastala i čuvena veb izreka: „Ukoliko vas korisnici ne mogu lako pronaći preko Google-a, to je kao da ne postojite na vebu,“ [3]. Stoga je jasno da je veoma važno postići visoko mesto u

rezultatima pretrage u Google-u, jer prema [4], 62% korisnika pretraživača pokreće linkove koji se nalaze u okviru prve stranice pretrage, dok 41% korisnika odustaje od pretrage ili menja upit ukoliko na prvoj stranici rezultata pretrage nisu našli željene informacije.



Slika 1. Procenjen broj poseta pretraživača u februaru 2015

Da bi veb sajtovi bili što više rangirani u Google-u, a i u drugim pretraživačima, veb dizajneri koriste razne korake u optimizaciji sajtova za pretraživače. Optimizacija koja se skraćeno zove SEO (engl. Search engine optimization) se uglavnom svodi na poboljšanje kvaliteta veb sajta, [5]. Ovo podrazumeva formiranje skupa ključnih reči i fraza vezanih za tematiku sajta i njihovo ugrađivanje u HTML elemente sajta (naslove, linkove, alt tagove, kao i u sam tekst, vidi [6]), sa jedne strane, i u sticanju dolazećih linkova sa druge strane, [7],[8],[9]. Pri tome, najviše se cene tzv. prirodni linkovi koji su stečeni na osnovu kvalitetnog sadržaja sajta. Algoritmi za rangiranje se razlikuju od pretraživača do pretraživača, ali u suštini na njih utiču slični (među kojima su i gore navedeni) faktori, [10]. Međutim, pored visoke pozicije u pretraživačima, od izuzetne važnosti je i naslov stranice koji se u rezultatnoj stranici prikazuje u vidu klikabilnog linka, kao i prateći tekst koji bi trebalo da opiše sadržaj date veb stranice. Ukoliko se poštuju neka od pravila koja ćemo kasnije navesti, Google će u rezultatima pretrage prikazati tekst naveden u tzv. meta description tagu,

```
<meta name="description" content="kratak opis sadržaja sajta">.
```

Veoma je važno da opis stranice bude efektivan, jer na taj način, niže plasirani sajt može privući pažnju korisnika koji bi inače, sasvim prirodno, pokrenuo link ka više plasiranom sajtu, [11]. S druge strane, ukoliko se ovaj tag izostavi, ili se prekrše neka pravila, u rezultatima pretrage se može pojaviti tekst koji pretraživač smatra relevantnim [12], što može u nekim slučajevima biti izuzetno nepovoljno. Diskutabilno je da li sadržaj meta description taga utiče na rangiranje veb stranice (vidi [13]) pa zato se dešava da veb dizajneri ne obraćaju veliku pažnju na ovaj tag, propuštajući priliku ostavljanja efektivne poruke u rezultatima pretrage, [11].

U okviru ovog rada su u edukativne svrhe istraživani veb sajtovi sa domenima iz Srbije čiji opis u rezultima pretrage u Google-u je neodgovarajući. Naravno, Google je izabran na osnovu činjenice da je najposećeniji pretraživač. Pri tome su klasifikovane najčešće greške koje dovode do prikaza neželjenog opisa sajta u pretraživaču.

2. Pravilna primena meta description taga na veb stranici

Kao što smo već napomenuli, da bismo postigli odgovarajući utisak kod korisnika, prilikom sastavljanja meta description oznake za veb stranicu, prema [11] trebalo bi da se pridržavamo sledećih pravila:

- *Koristiti jasne rečenice koje pružaju informacije korisniku o tome šta će postići posetom navedenog sajta*
- *Tekst u meta description tagu bi trebalo da bude kraći od 155 karaktera, jer se u suprotnom višak teksta neće prikazati.*
- *Unutar teksta meta description taga koristiti odgovarajuće ključne reči (ukoliko se poklope sa rečima iz upita korisnika, one će biti boldovane i tako dodatno privući pažnju korisnika).*
- *Obavezno izbeći nabravanje velikog broja ključnih reči jer ta pojava može biti shvaćena kao spam.*

Nepridržavanje ovih pravila prilikom sastavljanja meta description taga, može dovesti do ignorisanja njegovog sadržaja od strane Google-a, koji ispod naslova stranice u pretraživaču prikazuje neki drugi deo teksta koji je odabrao sa stranice sajta prema svojim kriterijumima. Većinom je to spisak linkova sa glavnog menija ili tekst prvog paragrafa na stranici. Razlozi za ne prikazivanje sadržaja meta description taga koji se navode u [14], [15] su:

- *nabravanje velike količine ključnih reči unutar meta description taga,*

- *predugačak meta description tag,*
- ponavljanje istog meta description taga na više različitih stranica,
- nekonzistentan tekst meta description taga sa sadržajem na stranici,
- prikazuje se tekst koji je preuzet iz ODP-a (Open directory project , [16]).

Da bi se sprečilo preuzimanje teksta iz ODP-a, u zaglavlje sajta se može ugraditi meta oznaka:

```
<meta name="robots" content="NOODP">.
```

Ukoliko ni ovo ne urodi plodom, u ekstremnim slučajevima, ako je ugled kompanije ugrožen, može se i u potpunosti izblokirati prikaz opisa sadržaja sajta naredbom

```
<meta name="robots" content="nosnippet">.
```

3. Rezultati istraživanja nepravilne primene meta description oznake na sajtovima u Srbiji

U Visokoj tehničkoj školi strukovnih studija u Novom Sadu, u okviru predmeta veb komunikacije koji slušaju studenti studijskih programa veb dizajna i multimedije kao obavezan predmet na završnoj godini studija, studenti uče osnove SEO. Radi predočavanja važnosti pravilne primene meta description taga budućim veb dizajnerima, napravljen je izbor najdrastičnijih primera prikaza neželjenog teksta u rezultati-ma pretrage, od kojih neke možemo videti na slikama 2-6.

ОШ Јован Поповић, Крагујевац: Почетна
www.osjovanpopovickg.edu.rs/ [Translate this page](#)
 Accounting, financial, and taxation services for individuals, small and medium businesses, corporations, investment property owners and new enterprises.

Osnovna škola Gavriilo Princip Beograd
www.osgavriloprincip.znanje.info/ [Translate this page](#)
 CDMS WebShopCity the dynamic portal engine and content and design management system ,

Slika 2. Prikaz teksta koji odgovara nekom drugom veb sajtu

Kao što vidimo na slikama 2-6, pored uobičajene pojave da se umesto predviđenog opisa veb stranice pojavi spisak linkova sa

"Osnovna škola "Jovan Popović" Novi Sad"
www.jovanpopovic.edu.rs/ [Translate this page](#)
 Osnovna škola.

Slika 3. Odsečen veliki deo meta description taga

Knjižara Novi Sad - Delfi knjižare
www.delfi.rs/.../knjizara/51_knjizara_novi_sad_delfi... [Translate this page](#)
 laguna Knjižara Novi Sad 1 thumb; laguna Knjižara Novi Sad 2 thumb; laguna Knjižara Novi Sad 3 thumb; laguna Knjižara Novi Sad 4 thumb; laguna Knjižara ...

Čudna knjižara - Beograd - Znak Sagite
www.znaksagite.com/knjizara/ [Translate this page](#)
 Čudna knjižara · Kontakt · Mapa sajta. Korpa 0 proizvod proizvodi 0 rsd (Prazno) ...
 Čudna knjižara; 11070 Novi Beograd Bulevar Zorana Đinđića 137; Tel 064/ ...

Slika 4. Prikaz besmislenog teksta na mestu predviđenom za opis sadržaja veb stranice

Polovni automobili - PronadjiAuto - Auto oglasi
www.pronadjiauto.com/polovni-automobili.php [Translate this page](#)
 Auto oglasi polovni automobili. Polovni ... Polovni automobili favoriti dodaj. onerror="". Slika 2007 Dacia Logan - 2007 DACIA LOGAN; Mesto: Smederevo ...

Slika 5. Prikaz dela koda na mestu predviđenom za opis sadržaja veb stranice

Kozmetika Afrodita - Beauty Care
www.kozmetika-afrodita.com/ser [Translate this page](#)
 Zadnji komentari. Clean Phase TONIK SOFT. Poštovani, želim da vam kažem, da sam godinama vaš verni potrošač Afro... Postano: 11.3.2013 15:26:51 / ...

Slika 6. Prikaz komentara korisnika na mestu predviđenom za opis sadržaja veb stranice

glavnog menija, ili prvi paragraf teksta stranice (što u većini slučajeva ne predstavlja veliki problem za vlasnika sajta), na sajtovima na kojima se nepravilno koriste ili uopšte ne koriste meta description tagovi, dolazi do: prikaza opisa drugih sajtova (sl.2), odsecanja većeg dela opisa sadržaja (sl.3, korišćenje dvostrukih navodnika unutar atributa, što dovodi do ignorisanja ostakta teksta tj.

```
<meta name="description" content="Osnovna škola "Jovan Popović" Novi Sad" />), prikaza besmislenog teksta (sl.4, prekratak opis, <meta name="description" content="Delfi knjižare" />), prikaza dela koda (kod učestalih grešaka na dinamički generisanim stranicama, sl.5), kao i prikaz dela komentara korisnika , (sl.6).
```

Iako je glavni akcenat ovog rada bio na uzrocima ignorisanja sadržaja navedenom u meta description tagu, u okviru ovog istraživanja, uočena je i veoma česta pojava da Google prikaže pravilno opis stranice, ali je

autor sajta propustio priliku da napiše efektivan opis sadržaja, već je samo kratko napisao “Zvanična prezentacija”, sl. 7.

OŠ "Jovan Popović" Kikinda
www.jovanpopovicki.edu.rs/ ▾ [Translate this page](#)
Zvanični web sajt Osnovne škole "Jovan Popović" u Kikindi.

OŠ "Jovan Popovic" Sremska Mitrovica
www.jovanpopovicm.edu.rs/ ▾ [Translate this page](#)
Sajt osnovne škole Jovan Popović Sremska Mitrovica.

Slika 7. Neosmišljen sadržaj meta description taga

Na sl. 8 možemo videti pravilno osmišljen meta description tag, koji unutar 155 karaktera korisnicima daje najvažnije informacije u vezi stranice.

Висока техничка школа струковних студија у Новом Саду
vtsns.edu.rs/ ▾ [Translate this page](#)
Državna visoka škola sa 55 god. tradicije upisuje studente na budžet i samofinansiranje. Svi programi su akreditovani. Besplatna priprema za prijemni.

Slika 8. Efektivan sadržaj meta description taga

U edukativne svrhe je takođe dopunjena klasifikacija grešaka koja dovodi do prikaza neželjenog opisa stranice u rezultatima pretrage. Dakle, poznatu klasifikaciju grešaka navedenu u odeljku 2, možemo dopuniti sledećim stavkama:

- dvostruki navodnici unutar dela teksta *sadržaja meta oznake*,
- učestale greške u kodu na dinamički generisanoj stranici,
- prekratak ili potpuno izostavljen meta description tag,
- *kopiranje tuđih sajtova, uz izmenu sadržaja, ali bez izmene meta description taga.*

4. Zaključak

Pravilna primena meta description taga igra veliku ulogu u internet marketingu. Stoga je veoma važno vršiti edukaciju budućih veb dizajnera (studenata IT usmerenja) u tom pravcu. Prikazivanjem i analizom realnih primera na vebu, studenti mogu lakše sagledati problematiku primene meta oznaka.

Bibliografija

- [1] Best education sites: The internet a decade later, <http://www.bestedsites.com/the-internet-a-decade-later/>, 2013
- [2] Top 15 Most popular Search Engines, <http://mygenesisthemes.com/search-engines/>, 2015
- [3] **Olsen, S.** Does search engine's power threaten Web's independence?, <http://news.com.com/2009-1023-963618.html>, 2002
- [4] **Hayes A.**, First page search engine results: Be first page in search engine results, <http://www.ahfx.net/weblog/71>, 2012
- [5] Search Engine Land, What is SEO / search engine optimization? <http://searchengineland.com/guide/what-is-seo>, 2013
- [6] SEO Innovators.What is on-page SEO, <http://www.seoinnovators.com/what-is-on-page-seo>, 2012
- [7] **Eaves, D.** What is off-page SEO? <http://www.seoco.co.uk/seo-articles/off-page-seo.html>, 2012
- [8] **Khurana, A.** What is link building? <http://ecommerce.about.com/od/Ecommerce-SEO/a/What-Is-Link-Building.htm>, 2013
- [9] Off page search engine optimisation: How important off page optimization is? <http://pageseo.org/off-page-seo>, 2011
- [10] **Thies, D.** SEO fast start: A simple, step by step system for better results, <http://dant-seor1.s3.amazonaws.com/SEOFS2011Free.pdf>, 2011
- [11] **Ramesh R.** How to write an effective meta description (Yes they still matter), <http://blog.hubspot.com/marketing/how-to-write-meta-description-ht>, 2014
- [12] **Team Hallam**, Are meta descriptions still important for SEO, <https://www.hallaminternet.com/2014/meta-descriptions-important-seo/>, 2014
- [13] Word stream, Meta tags – how Google meta tags impact SEO, <http://www.wordstream.com/meta-tags>, 2014
- [14] Why isn't Google using my title and meta description?, <http://www.spiderwebconnections.com/2014/09/16/why-doesnt-google-use-title-meta-description/>, 2015
- [15] **Meyers, P.** Why won't Google use my meta description, <https://moz.com/blog/why-wont-google-use-my-meta-description>, 2015
- [16] Open directory project, <http://www.dmoz.org/>

PRODUKTIVNOST U RAZVOJU SOFTVERSKIH REŠENJA

Tatjana Davidov

Univerzitet u Novom Sadu, Ekonomski fakultet u Subotici

e-mail: tanja.davidov@ef.uns.ac.rs

Saša Bošnjak

Univerzitet u Novom Sadu, Ekonomski fakultet u Subotici

e-mail: bsale@ef.uns.ac.rs

Apstrakt. Razvoj softverskih rešenja je kompleksan, težak, mukotrpan i visoko ekspertski projektni zadatak. S obzirom da razvoj softvera zahteva ljudski i tehnički potencijal, vrlo je važno znati određene parametre tog domenskog područja. Ako imamo saznanje o količini i vrsti resursa utrošenih tokom razvoja komfornog i svrsishodnog softverskog rešenja, projektni timovi mogu kategorisati svoje odluke na osnovu opipljivih realnih veličina i rezultata definisanih parametara. Merenje visine ostvarene produktivnost tokom razvoja softverskih rešenja jeste jedan od osnovnih fokusa razvojnih softverskih timova. Ovaj podatak, kao i mnogi drugi, učestvuju u donošenju odluke o opravdanosti ulaganja u razvoj novog softvera i od velikog je značaja za softverske razvojne timove, programerske ekipe i neposredne operativne korisnike. Merenje odnosa, utrošenog ljudskog rada u razvoj softverskih rešenja i ostvarene ekonomske i druge vrste koristi, koje se postižu novim projektnim rešenjima jeste upravo i cilj istraživanja ovog rada. Neophodno je predstaviti upotrebljive tehnike i metode kojima će se lako dokazati povećanje nivoa produktivnosti zahvaljujući svrsishodnoj upotrebi softverskih komponenti, odnosno ponovno upotrebljivih, "Reuse" (R) objekata u razvoju savremenih softverskih rešenja

Ključne reči: višestruko upotrebljivi objekti (Reuseability objects), produktivnost u razvoju softverskih rešenja, koncept ponovnog korišćenja softvera (PKS koncept), dužina programskog koda.

1. Uvod

Odnos troškova i koristi, konstantno je tema o kojoj razmišlja menadžment velikih softverskih kompanija koje se bave razvojem R softvera. Njihov generalni stav jeste, da treba pronaći balans kojim će se opravdati svi utrošeni resursi u razvoju softverskih rešenja, pri čemu tok razvoja i konačno rešenje softverskog proizvoda mora da zadovoljava visoki nivo i broj kriterijuma, kako za članove razvojnog tima tako i za krajnje korisnike softvera. Takav projekat je mnogostruko primenljiv i komercijalno konkurentan na tržištu softvera.

2. Reuse (R) objekti

Reuse je razvijeni softverski proizvodi za mnogostruku upotrebu ili gotova softverska rešenja (objekti) koja se ugrađuju u novi softverski projekat. Ova softverska rešenja uglavnom vrlo dobro funkcionišu i višestruko su testirana i upotrebljavana, pre nego što se ponovo koriste u novim projektima koji se trenutno razvijaju. To stvara značajan nivo sigurnosti u cilju ostvarenja projektantsko programerskih zadataka. Međutim u velikoj meri je zastupljeno stalno goruće pitanje: da li R razvoj treba ili ne treba forsirati? Svakako da treba, ako to ulaganje opravdava cilj, ali ne po svaku cenu. Stoga je vrlo svrsishodno

definisati i ciljeve i parametre koji na postizanje zadatah ciljeva utiču. Ovo zahteva analizu mnogobrojnih parametara koji dokazuju prednosti korišćenja R objekata u razvoju softverskih projekata. Jedan od tih parametara je produktivnost koja ima značajan uticaj na celokupnu realizaciju softverskih projekata i dalju iskoristljivost takvih softverskih rešenja. Dokazati učešće produktivnosti, kao i bilo koju od mogućih prednosti R objekata prvenstveno polazi od osnovne analize: odnosa troškova i koristi.

2.1 Analiza troškova i koristi (Cost/benefit)

Cost/benefit analiza R programa, dokazuje opravdanost ulaganja u R program, ali tokom dužeg vremenskog perioda. Cena R komponenti se amortizuje u svim projektima u kojima će se komponente višestruko upotrebljavati. Višestruka upotreba preslikava se u podizanju nivoa produktivnosti u toku razvoja, primene i upotrebe softverskog proizvoda.

Metod kojim se postižu vrlo realni rezultati u istraživačkim procesima ovog tipa naziva se: „Cilj pitanje metrika“ (Goal Question metric - GQM) kojom se polazi od ključnih pitanja od značaja za dostignut nivo produktivnosti tokom primene R softvera:

1. koji procenat od ukupnog sistema je razvijen sa R komponentama?
2. koliko i šta se menja na izgrađenim R komponentama u doslednom ponavljanju njihovih funkcionalnosti?
3. koliko napora zahteva: lokalizacija, pronalaženje, razumevanje, prilagođavanje i integracija R komponente?
4. koliko često preuzimamo R komponentu radi ponovne upotrebe?
5. koliko su komponente zahtevne u pogledu njihovog održavanja?

Povećanje produktivnosti R programom analizira se tokom životnog ciklus razvoja softvera, a ogleda se u smanjenju ulaznih parametara (input) i transformaciji istih u izlazne (output) rezultate. Ovu teoriju procenjujemo sledećim činjenicama:

1. R može omogućiti da cena ulaznog rada bude podstrek stručnom osoblju (specijalizovanim softver inženjerima);

2. neke softver komponente treba da budu kreirane od već postojećih kreacija (delova softverskih rešenja). To podrazumeva ne samo iskoristiti kreirane vrednosti već i dokumentovane projekte i testirane podatke;
3. povećanje kvaliteta, znači skraćenje vremena traganja za grešakama u kôdu, što povećava produktivnosti;
4. veća pouzdanost u softverski proizvod, smanjuje ulazni rad, kao i rad u fazi održavanja.

R Metrike kojima se meri produktivnost su definisane sa različitih aspekata i načina dokazivanja. Njihovom primenom dolazi se do parametara na osnovu kojih se može proceniti, da li R vrednosti treba razvijati. Na sreću zadnjih 50 godina produktivnost u razvoju softvera se meri brojem napisanih linija programskog koda po zaposlenom u toku meseca. Vrednost softver inženjera (V) zavisi od tri atributa: Komunikacione veštine (C), koncepta upravljanja svesti i tehničke sposobnost (T). (Randall W. Jensen Ph.D., 2014). Ako upravljamo sveću zaposlenih, programera, softver menadžera, korisnika i ostalog osoblja koje može u nekoj instanci da dovede do promene u nivou produktivnosti rada, možemo oceniti vrednost radnog osoblja matematičkom formulom, što znači da definisani parametri govore da su ljudi, motivacija i komunikacione osobine najvažniji atributi za sve uspešne projekte.

$$V = C[M(T)]$$

Formula 1: Izračunavanje vrednosti za jednog softver inženjera 1

ovom formulom se odslikavaju kako efekti agilnih metoda, tako i efekti tradicionalnih metoda razvoja softverskih rešenja.

3. Merenje produktivnosti softvera (od tradicionalnog kôda do R objekata)

Kako je uobičajeno u svim dosadašnjim tradicionalnim sistemima analize, merenje produktivnosti se ogleda u prebrojavanju linija programskog kôda, osim linija komentara. Eminentni naučnik iz oblasti procene i analize

1 Randall W. Jensen Ph.D. (2014). Improving Software Development Productivity - predgovor (xvi str.)

kvaliteta softverskih projekata (Wayne C. Lim, 1998), linije programskog kôda predstavlja paradigmom: “hiljadu nekomentaranih programskih naredbi” (thousands of noncomment source statements (KNCSS)²) što govori o veličini (odnosno dužini) izvornog programskog kôda. Ovaj tip merenja se koristi naročito tokom faze kodiranja i testiranja softverskog kôda. Metrike koje koriste izvorni softverski kôd u proceni opravdanosti ulaganja u R softverske objekte se realizuju sa tri stanovišta:

1. metrika:

$$\frac{\text{KNCSS novog proizvoda}}{\text{broj inženjerskih dana}} \text{ , } \frac{\text{KNCSS R vrednosti}}{\text{broj inženjerskih dana}}$$

Stavljanjem u odnos KNCSS (ukupan broj linija programskog kôda) prema broju inženjerskih dana koji su uloženi u pisanje istog, ili na spram toga, KNCSS u odnosu na broj inženjerskih dana utrošenih tokom primene ili iskorišćavanje već napisanog R programskog kôda, vidimo šta je produktivniji posao, odnosno koliko je svrsishodno ulagati trud u razvoj novih R vrednosti u odnosu na učestalost i mogućnost njihovog iskorišćavanja i višekratnu primenu.

2. metrika:

$$\frac{\text{KNCSS R vrednosti}}{\text{broj inženjerskih dana}} \text{ , } \frac{\text{KNCSS ne-R vrednosti}}{\text{broj inženjerskih dana kreatora R vrednosti}}$$

KNCSS za R ili ne-R vrednosti u odnosu na utrošeno vreme, procenjuje dopunski napor radi kreiranja R objekata, što se direktno odražava na produktivnost.

3. metrika:

$$\frac{\text{KNCSS ne-R vrednosti}}{\text{broj inženjerskih dana kreatora R vrednosti, za reinženjering ne-R u R vrednost.}}$$

Stavljanjem u odnos broja programskih linija kôda ne-R softvera i utrošeno inženjersko vreme da bi se ne-R softver transformisao u R vrednost. Ovi parametri pokazuju koliko je produktivan i isplativ ovakav trud. Da li razvijati softver bez ili sa R komponentama dokazuje analiza KNCSS i utrošenog vremena za oba slučaja.

² Wayne C. Lim: “Managing software reuse“ – »Thousands of noncomment source statements«, strana 294.

Konzorcijum udruženih U.S. kompanija (Systems and Software Consortium, Inc. (SSCI) 3), nastoji da unapredi razvoj novih projektnih rešenja tokom životnog ciklusa projekta. Konzorcijum se bavi mnogobrojnim pitanjima, ali među najvažnijim ciljevima je *povećanje* produktivnosti, pouzdanosti i kvaliteta kroz istovremeno smanjenje vremenskog ciklusa (Mark R. Blackburn, 2005). Ekonomski model rastuće softver produktivnosti, koji promovise SSCI kao i druge napredne softver tehnologije i razvojne softverske kuće danas, definiše totalnu cenu datog softverskog proizvoda kao zbir cene razvoja novog i cene korišćenja postojećeg R softvera. Kako povećanje učešća R softvera u konačnom softverskom rešenju, povećava produktivnost, tako i uključivanje ostalih parametara značajno utiče na formiranje relativne cene koštanja softvera. Relativna cena razvoja softverskog proizvoda, za novi kôd, može se dobiti sledećom formulom, pri čemu je C (cena) maksimalno=1:

Relativna cena razvoja ne-R dela softver proizvoda	Relativna cena razvoja R dela softver proizvoda
--	---

$$C = (1 - R)(1) + (R) \left(b + \frac{E}{n} \right)$$

Formula 2: Izračunava relativnu cenu razvoja softverskog proizvoda sa R vrednostima 4 gde su semantička značenja izraza sledeća:

- R** – procenat učešća R kôda u softverskom proizvodu ($0 \leq R \leq 1$),
- b** - trošak integracije R kôda u odnosu na razvoj i integraciju potpuno novog programskog kôda ($b = 1$) ($b \geq 0$),
- E** – trošak razvoja R kôda u odnosu na razvoj potpuno novog programskog kôda ($E = 1$) ($E \geq 0$) i
- n** - broj iskorištavanja R kôda koji će se amortizovati u formiranoj ceni ($n \geq 1$).

³ Systems and Software Consortium, Inc. (SSCI) is New Name for SPC
<http://www.prnewswire.com/news-releases/systems-and-software-consortium-inc-ssci-is-new-name-for-spc-66703407.html> preuzeto 7.2015.

⁴ Johan Margono, Thomas E. Rhoads. Computer Sciences Corporation: „SOFTWARE REUSE ECONOMICS“: COST-BENEFIT. ANALYSIS. ON. A LARGE-SCALE. ADA PROJECT

Analiza nam govori sledeće: ako se R povećava, P se takođe povećava, ali u većim razmerama. Oscilacije produktivnosti za datu vrednost b su veće kada je R=1. Prema tome, investirati u R, je važno pod uslovom da se znatno minimizira b. Ako je cena R- razvoja visoka, a takođe i $b > 1$, tada bi pokušaji, da se R program opravda, mogli biti uzaludan napor. Sledeća slika odražava oscilacije parametara:

	I deo formule			II deo formule			
	C	R	(1-R)*1	(R) * (b+ E / n)	b	E	n
1	0.8650	0.2	0.8	0.065	0.3	0.5	20
2	1.0080	0.2	0.8	0.208	0.9	0.7	5
ako povećavamo R							
3	0.7300	0.4	0.6	0.13	0.3	0.5	20
ako smanjujemo broj korišćenja R (n)							
4	0.7600	0.4	0.6	0.16	0.3	0.5	5
ako je R = 1 cena zavisi od II dela formule							
5	0.3250	1	0	0.325	0.3	0.5	20
ako je R = 0 cena je maksimalna							
6	1.0000	0	1	0	0.3	0.5	20

Tabela 1: Kvantitativna prezentacija formule kojom se izračunava relativna cena softverskih proizvoda sa R objektima (vrednosti: od 0 do 1)

Prema definisanim parametrima, nastojimo da smanjujemo cenu (C), na osnovu učešća svih uključenih parametara: **R**, **b**, **E** i **n**. Ako izraz $(1 - R)$ (I) izračunava relativnu cenu razvoja ne-R dela softverskog proizvoda, a izraz $(R) \left(b + \frac{E}{n} \right)$ (Johan Margono, 1992) izračunava relativnu cenu razvoja R dela softver proizvoda, možemo da zaključimo sledeće: ako softverski proizvod ne sadrži R kôd ($R=0$), tada $C=1$. Sa druge strane, čak ako je softverski proizvod građen u potpunosti od R komponenti ($R=1$), tada se cena vezuje i isključivo zavisi samo od vrednosti parametara u delu formule koji se odnosi na razvoj R softvera: $C = \left(b + \frac{E}{n} \right)$ (Johan Margono, 1992). Stoga, saglasno ovom modelu, dosledno znači da je uloženi trud u R uspešan jedino ako ne pokušavamo samo da maksimiziramo **R**, već se moramo skoncentrisati da istovremeno minimiziramo **b** i **E**, pri čemu treba nastojati da u budućem periodu maksimiziramo parametar **n** (broj ponovne upotrebe već

razvijenih R objekata) u što većem broju ponavljanja.

Definisani model se posebno koncentriše na produktivnost u razvoju R softverskih proizvoda. U modelu je definisana formula produktivnosti (P) (Johan Margono, 1992),

$$P = \frac{1}{C} \text{ gde je } P \text{ relativna vrednost}$$

produktivnosti u kreiranju softverskih proizvoda u odnosu na R softver. Parametar P je u suprotnom odnosu od vrednosti C parametra, što znači da povećanje cene (C) smanjuje produktivnost (P) i obrnuto.

3. Zaključak

Procena troškova i koristi, uz analizu nezaobilaznih parametara ljudi, motivacija i veštine inženjera i menadžera, opravdanost ulaganja resursa i ljudskog rada u programski kod, predstavljen je ovim istraživanjem. Tri segmenta R metrike koristeći paradigmu KNCSS, inženjerskog rada, kao i izračunavanje relativne cene za softverski proizvod u kome su sadržane ili nisu, R softverske vrednosti, predstavlja jasan metod i putokaz u pronalaženju odgovora na pitanje: Da li je ulaganje u R softver, u datom trenutku ili vremenskom periodu, sistemskom, tehničkom i ljudskom okruženju, opravdano ili ne?

Bibliografija

- [1] Enabling organizational agility using systematic software reuse. (2015, January). Retrieved from Art of Software Reuse: <http://artofsoftwarereuse.com/>
- [2] Johan Margono, T. E. (1992). In Software Reuse Economics: Cost-Benefit Analysis on a Large - Scale and Projects.
- [3] Mark R. Blackburn, P. (2005). Objective Measures for V&V and Software Reliability. 24. Systems and Software Consortium, INC.
- [4] Randall W. Jensen Ph.D. (2014). Softver development issues. In Improving Software Development Productivity (Vol. 368, pp. 1-16). Rotterdam: Prentice Hall.
- [5] Wayne C. Lim. (1998). In Managing software reuse.

Sistemi za upravljanje dokumentacijom u velikim poslovnim organizacijama

Dejan Milenković

Uprava za telekomunikacije i informatiku Generalštaba Vojske Srbije, Raška 2, Beograd

e-mail: dejan.milenkovic@vs.rs

Dragoljub Simonović

Fakultet organizacionih nauka, Jove Ilića 154, Beograd

e-mail: d.simonovic@yahoo.com

Marina Jovanović Milenković

Fakultet organizacionih nauka, Jove Ilića 154, Beograd

e-mail: marinaj@fon.bg.ac.rs

Apstrakt. Predmet rada je upravljanje dokumentacijom poslovnih organizacija i ima za cilj da podstakne rukovodioce tih istih organizacija da razmišljaju u smeru unapređivanja poslovanja investiranjem u informacione tehnologije. Neophodnost unapređivanja poslovanja i prilagođavanja trendovima savremenog digitalnog sveta zahteva sve veću primenu tehnologija upravljanja dokumentima. Adekvatnim planiranjem i postavljanjem zahteva i uslova za uvođenje naprednih informacionih tehnologija može se doprineti znatno efikasnijoj realizaciji aktivnosti poslovnih procesa na svim nivoima upravljanja. Velike poslovne organizacije zahtevaju dobar i pouzdan sistem za skladištenje i organizaciju dokumenata, a imajući u vidu da poslovna dokumentacija uglavnom nastaje u elektronskom obliku, upravljanje elektronskom dokumentacijom primenom savremenih informacionih tehnologija predstavlja rešenje za pouzdano, brzo i jednostavno organizovanje i sistematizaciju iste. Upotreba sistema za upravljanje elektronskom dokumentacijom ima za cilj rešavanje problema upravljanja strukturnim i ne strukturnim tipovima informacija, njihovog arhiviranja i ponovnog korišćenja. Takođe, upravljanje elektronskom dokumentacijom doprinosi da komunikacija i interoperabilnost između poslovnih organizacija na regionalnom i globalnom nivou bude na visokom nivou.

Ključne reči: poslovna organizacija, informacione tehnologije, upravljanje dokumentacijom, upravljanje procesima.

1. Uvod

Razvoj informaciono-komunikacionih tehnologija uslovljava prilagođavanje poslovanja svih poslovnih organizacija kako bi na tržištima bile konkurentne i kompatibilne, sa neprekidnim ciljem da budu bolje i efikasnije.

Uspešnost savremenih poslovnih organizacija u velikoj meri oblikuje način korišćenja informacija. Informacija predstavlja bitan faktor upravljanja poslovnim procesima. Ona se ispoljava kao znanje i potreba za uspešno rukovođenje na svim nivoima, što

smanjuje neizvesnost u delatnosti poslovne organizacije, omogućava uštedu materijalnih resursa i racionalno angažovanje kadrovskih kapaciteta.

Jedan od ciljeva poslovnih organizacija je i promena svesti zaposlenih da rad sa papirnim primercima dokumenata ne predstavlja pouzdan i brz način dolaska do aktuelnih informacija, već naprotiv dokumenta u papirnom obliku su podložna gubljenju, izmenama i uništenju, zahtevaju dodatno vreme za njihovo pronalaženje i upotrebu informacija iz njihovog sadržaja.

Uspeh u realizaciji postavljenih zadataka u direktnoj je sprezi sa upravljanjem informacijama sadržanim u dokumentaciji. Rešenje za pouzdano, brzo i jednostavno organizovanje i sistematizaciju poslovne dokumentacije jeste upravljanje elektronskom dokumentacijom primenom savremenih tehnoloških rešenja.

2. Problemi upravljanja dokumentacijom

Problemi u radu sa dokumentacijom u poslovnim organizacijama su mnogobrojni. Procedura toka dokumentacije od izrade dokumenata, potpisivanja, distribucije i postupanja po istim je dugotrajna, i postoji mogućnost gubljenja iste. To doprinosi neracionalnom trošenju vremenskih i kadrovskih resursa u pronalaženju potrebne dokumentacije, otežanom izvršavanju postavljenih zadataka i neefikasnom donošenju poslovnih odluka. Konačno, procedura arhiviranja dokumentacije i ponovni pristup istoj je otežan i zahteva vremenske i kadrovske resurse, a kontrola pristupa dokumentaciji, naročito poverljivoj, je zastarela i nedovoljno efikasna.

3. IT u funkciji upravljanja dokumentima

U organizacijama čije su poslovne funkcije razgranate i deluju na više distribuiranih lokacija, efikasno nadgledanje i upravljanje procesima, u skladu sa poslovnim zahtevima i standardima, još uvek predstavlja jedan od najvećih organizacionih izazova. Sistemi za upravljanje elektronskim dokumentima (EDMS) predstavljaju kategoriju informacionih sistema specijalizovanih za upravljanje dokumentima i njihovim metapodacima u svim fazama njihovog životnog ciklusa isključivo u elektronskom okruženju. EDMS obezbeđuju sistematsko rešenje za unos, organizaciju, upravljanje i skladištenje sadržaja unutar poslovnog okruženja. Njihovim korišćenjem, nestrukturiranim informacijama sadržanim u dokumentaciji se upravlja u skladu sa predefinisanim poslovnim pravilima i procedurama. Adekvatnim upravljanjem metapodacima dokumenata kroz EDMS,

moguće je istu informaciju sadržanu u dokumentima koristiti u različitim poslovnim kontekstima, što je česta poslovna potreba.

Uspostavljanjem EDMS, poslovna organizacija postiže sledeće rezultate:

- efikasnije realizuje svoje zadatke i uspešnije ostvaruje poslovne ciljeve;
- operabilnost u komunikacijama na poslovnom tržištu se podiže na viši nivo;
- planiranje zadataka i izveštavanje je kvalitetnije, ekonomičnije i efikasnije;
- automatizacijom upravljanja dokumentima poslovnih procesa skraćuje se vreme realizacije, i utiče na efikasnije donošenje poslovnih odluka;
- informacije sadržane u dokumentaciji su dostupne u skoro realnom vremenu;
- relevantnoj dokumentaciji se pristupa sa udaljenih (distribuiranih) lokacija;
- povećava se efikasnost kadrovskih resursa, čime se smanjuju personalni troškovi;
- redukuje se trošenje vremenskih i materijalnih resursa (prostorni zahtevi za arhivu, papir, uređaji za kopiranje, održavanje opreme za kancelarijsko poslovanje);
- ostvaruje se centralizovano skladištenje i upravljanje dokumentacijom i onemogućeno je multipliciranje dokumenata;
- obezbeđuje se visok stepen kontrole pristupa i sigurnosti elektronskog sadržaja;
- forme dokumenata se standardizuju;
- unapređuje se kultura upravljanja informacijama u okviru organizacije.

EDMS predstavlja automatizaciju procesa upravljanja dokumentacijom koji se realizuju u okviru softverske platforme za upravljanje elektronskom dokumentacijom i procesima komunikacije (nezavisno od drugih poslovnih servisa i aplikacija). U okvirima velikih poslovnih organizacija među najzastupljenijim softverskim platformama ovog tipa spadaju IBM Domino, IBM FileNet, Microsoft SharePoint, EMC Documentum i Alfresco kao open source softverska platforma.

Jednostavno rečeno, realizacija EDMS u poslovnoj organizacije ima za cilj modernizaciju elektronskog poslovanja kroz uvođenje elektronskog kancelarijskog poslovanja. U oblicima *business to business*

(B2B) i *government to government* (G2G) elektronskog poslovanja to podrazumeva razmenu elektronskih dokumenata između distribuiranih organizacionih jedinica jedne poslovne organizacije, s osnovnim ciljem da se upotreba papirnih dokumenata svede na minimum. U oblicima *business to customers* (B2C), *government to business* (G2B) i *government to customers* (G2C), elektronsko kancelarijsko poslovanje podrazumeva razmenu elektronskih dokumenata elektronskim putem sa korisnicima koji su van organizacijske strukture poslovne organizacije, čime se postiže uzajamna operabilnost, standardizacija forme i sadržaja dokumenata, a upotreba papirnih dokumenata svodi na minimum. Takođe, u slučaju da dokumenta nastanu ili budu primljena od eksternih korisnika u papirnoj formi, ista najpre moraju da budu digitalizovana kako bi se dalje koristila u elektronskoj formi. U tom slučaju kroz elektronsko kancelarijsko poslovanje egzistiraju elektronske kopije papirnih dokumenata i zastupljene su u svim oblicima elektronskog poslovanja (B2B, G2G, B2C, G2B, G2C).

Pored upravljanja originalnim primercima dokumenata, vrlo je bitno obezbeđivanje sigurnosnih elektronskih kopija (*backUp/Recovery system*) i elektronske arhive dokumenata, uključujući i čuvanje informacija o realizovanim prepiskama (*transaction log file*). Ove funkcionalnosti upravljanja dokumentacijom izuzetno su bitne u svim oblicima elektronskog poslovanja, jer dokumentacija o realizovanim aktivnostima poslovnih procesa često mora da budu dostupna i više desetina godina nakon njihovog nastanka.

3. Definisane zahteve za EDMS

Determinisanje zahteva predstavlja osnovnu aktivnost za automatizaciju poslovnih procesa. Načelno, zahtevi se dele na funkcionalne i nefunkcionalne. Funkcionalni zahtevi za EDMS se razmatraju i definišu u zavisnosti od potreba poslovne organizacije i njegovog okruženja za ostvarivanjem sinergije između poslovnih procesa i elektronskog

dokumenta. Opisuju šta sistem treba da radi i definišu se za svaki od procesa poslovnog sistema. Nefunkcionalni zahtevi definišu nivo kvaliteta s kojom EDMS treba da izvršava svoje funkcije, a uobičajeno se svrstavaju u grupu zahteva za kvalitetom rada sistema (*runtime requirements, execution qualities*), zatim u grupu zahteva za kvalitetom razvoja sistema (*development requirements, evolution qualities*) i u grupu zahteva za kvalitetom informaciono-komunikacionih tehnologija.

Neki od bitnih elemenata informaciono-komunikacionih tehnologija od kojih zavisi realizacija EDMS su: skladišta (repositorijuma) na kojima se smeštaju dokumenta, primena elektronskih servisa kojim se garantuje verodostojnost sadržaja i autentičnost autora dokumenata (kao što su elektronski potpis i vremenski pečat) i hardversko-telekomunikaciona infrastruktura koja obezbeđuje pouzdano i ekonomično korišćenje svih računarskih resursa.

Primena elektronskog potpisa otvara nove elektronske vidike za još kvalitetniju i pouzdaniju realizaciju poslovnih procesa baziranim na elektronskoj dokumentaciji. Elektronski potpis predstavlja tehnologiju čijom se primenom u razmeni elektronski potpisanih dokumenata omogućava provera autentičnosti potpisnika (*authentication*), zaštita integriteta elektronske poruke ili dokumenta koji je potpisan (*integrity*) i neporecivost elektronskog potpisivanja lica koje je poruku ili dokument potpisalo (*nonrepudiation*).

EDMS bi trebalo da se integriše sa elektronskim servisom za izdavanje i upravljanje vremenskim pečatima (*time stamp authority – TSA*). TSA se koristi za kreiranje legitimnih dokaza da su se poslovne transakcije izvršile u određeno vreme, da su elektronska dokumenta postojala u to vreme i da naknadno nisu promenjena.

Vremenski pečat u kombinaciji sa elektronskim potpisom i odgovarajućim korisničkim aplikacijama potreban je i dovoljan uslov da se u skladu sa važećim pravnim okvirima pređe sa papirnog na elektronsko poslovanje. Osim što potvrđuje

tačno vreme potpisivanja elektronskog dokumenta i njegovo postojanje pre vremenskog žigosanja, vremenski pečat omogućava verifikaciju elektronskog potpisa i posle isteka ili opoziva elektronskog sertifikata potpisnika. Najznačajniju primenu vremensko žigosanje ima u domenu arhiviranja elektronske dokumentacije, jer garantuje autentičnost elektronskog dokumenta bez obzira na status elektronskog sertifikata potpisnika.

Pri projektovanju, uvođenju i korišćenju EDMS poželjno je primenjivati sledeće opšte principe:

- koristiti standardne metodologije vođenja projekata i upravljanja promenama;
- koristiti priznate metodologije i norme za modelovanje arhitekture procesa i podataka;
- primeniti norme i najbolju praksu pri dizajniranju funkcionalnosti i interfejsa sistema, kako bi isti bili prihvaćeni od strane korisnika;
- voditi računa o životnom veku sistema, odnosno o potrebama i mogućnostima njegovog održavanja i unapređivanja u skladu sa razvojem životnog ciklusa dokumenata i poslovnih procesa organizacije;
- predvideti mogućnost postizanja interoperabilnosti sistema koji se razvija sa potrebnim funkcijama relevantnih sistema iz okruženja i unutar same poslovne organizacije;
- nivo ispunjenja zahteva za realizaciju sistema odrediti kroz verifikaciju: funkcionalnosti, pouzdanosti, upotrebljivost, efikasnosti, pogodnosti za održavanje, prenosivosti, pristupačnost, zaštićenosti, tačnosti i interoperabilnosti;
- koristiti primere dobre prakse.

4. Zaključak

Tradicionalno, projekti optimizacije poslovnih aktivnosti koštale su organizacije mnogo utrošenog novca i vremena planiranja, a često bez efikasnog ishoda. Međutim, razvoj i primena poslovno orijentisanih informacionih tehnologija, doveli su do toga da optimizacija poslovnih procesa postane dostupna i organizacijama sa ograničenim

budžetima i resursima. Konačno, zaključujemo da su upravljanje dokumentacijom i poboljšanje komunikacije među poslovnim subjektima, podržane savremenim informacionim tehnologijama, preduslov za efikasno upravljanje procesima u poslovnoj organizaciji i doprinose stvaranju konkurentne prednosti i povećanju profita.

Uspostavljanjem dva složena sistema u okviru poslovne organizacije: upravljanje poslovnom dokumentacijom (EDMS) i upravljanje poslovnim procesima (*business proces management*), efikasno se rešavaju problemi u obavljanju poslovnih procedura. Naravno, pri tom se mora voditi računa da ta dva sistema budu u međusobnoj korelaciji. Sinergija dva sistema za upravljanje poslovnom dokumentacijom i za upravljanje poslovnim procesima doprinosi uspešnosti poslovne organizacije. Poslovanje organizacije postaje transparentnije, delotvornije i samim tim dugoročno uspešnije.

Bibliografija

- [1] **Milenković D.** Statističko upravljanje repozitorijumima elektronskih dokumenata primenom koeficijena preferencije, doktorska disertacija, *Fakultet organizacionih nauka, Beograd*, 2013, str. 67, 172, 173.
- [2] **Milenković D.** Primena modela zrelosti za utvrđivanje stanja upravljanja korporativnim sadržajem, *Konferencija o računarskim naukama i informacionim tehnologijama YUINFO 2015, Kopaonik*, 2015, str. 206–210.
- [3] **Milenković D., Jovanović Milenković M.** Cost-benefit analiza implementacije sistema za upravljanje dokumentima u Vojsci Srbije, *Konferencija o računarskim naukama i informacionim tehnologijama, YUINFO 2013*, str. 315–318.
- [4] **Milenković D., Jovanović Milenković M., Radojičić Z.** Razmena elektronski potpisanih dokumenata u elektronskom poslovanju, *Simpozijum o operacionim istraživanjima SYM-OP-IS 2011, Zlatibor*, 2011, str. 109–112.
- [5] **Weintraub A., Le Clair C. and McKinnon C.** The Forrester Wave™: Enterprise Content Management, Q3 2013, *Forester Research, Inc.*, 2013.

Komparativna analiza IoT platformi

Ana Uzelac

Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305, 11000 Beograd
e-mail: ana.uzelac@sf.bg.ac.rs

Snežana Mladenović

Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305, 11000 Beograd
e-mail: snezanam@sf.bg.ac.rs

Dragan Zoranović

Fakultet organizacionih nauka, Jove Ilića 154, 11000 Beograd
e-mail: drazoran@gmail.com

Stefan Zdravković

Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305, 11000 Beograd
e-mail: s.zdravkovic@sf.bg.ac.rs

Sladana Janković

Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305, 11000 Beograd
e-mail: s.jankovic@sf.bg.ac.rs

Apstrakt. Broj uređaja koje je moguće povezati na Internet raste ogromnom brzinom, a to povlači i nastajanje velikog broja IoT platformi. Ne postoji jedinstvena definicija IoT platforme kao ni spisak funkcionalnosti koje ona treba da ima. U ovom radu je predstavljeno pet trenutno najčešće korišćenih IoT platformi, prikazane su njihove karakteristike i urađena je komparativna analiza zasnovana na funkcionalnostima. Izdvojen je i osnovni skup funkcionalnosti koje IoT platforma treba da ima.

Ključne reči: Internet inteligentnih uređaja, IoT platforma, Programiranje u oblaku

Abstract. The number of devices that can be connected to Internet is growing rapidly every day, which implies emerging of great number of IoT platforms. There is no unique definition that describes IoT platform as well as the list of functionalities that one IoT platform must provide. In this paper, five most recently used IoT platforms are reviewed, their characteristics are described and comparative analysis based on their functionalities is made. Core set of functionalities which IoT platform must provide is segregated.

Keywords: Internet of Things, IoT platform, Cloud Computing

1. Uvod

Koncept Interneta inteligentnih uređaja (Internet of Things, IoT) je prilično nov i, u zavisnosti od ugla posmatranja, postoji veliki broj njegovih definicija [1]. Postoje pokušaji da se izvrši standardizacija na polju IoT-a i termina koji su u uskoj vezi sa njim. Jedna od organizacija koja se bavi standardizacijom u toj oblasti je ITU (engl. International

Telecommunication Unit). ITU je izdala dokument pod nazivom „ITU-T Y.2060” [2] u kome je definisan domen IoT-a, njegove karakteristike i objašnjeni termini koji su u uskoj vezi sa njim. IoT je definisan kao globalna infrastruktura za informaciono društvo koja omogućuje napredne servise putem povezivanja (fizičkih i virtuelnih) „stvari“ koje su zasnovane na već razvijenim interoperabilnim informacijama i

komunikacionim tehnologijama kao i onima koje se tek razvijaju [2]. „Stvar“ je definisana kao objekat iz fizičkog (“fizička stvar”) ili informacionog sveta (“virtuelna stvar”) koji ima sposobnost da bude identifikovan i integrisan u komunikacionim mrežama. U dokumentu je istaknuto i da IoT koncept dodaje novu dimenziju povezanosti „bilo čega“. Ova tehnologija se može primeniti u raznim oblastima: e-zdravstva, saobraćaja, monitoringa životne sredine, prilikom pravljenja pametnih gradova, zgrada, učionica, itd. Broj uređaja koji se povezuju raste drastičnom brzinom, što uslovljava i sve veći broj IoT platformi. Ne postoji jedinstvena definicija IoT platforme, ali se može definisati kao skup generičkih funkcionalnosti koje se koriste prilikom pravljenja IoT aplikacija [3]. IoT platforma ima mogućnost da pristupi, čuva, skladišti, transformiše podatke koje detektuju inteligentni uređaji, ali i da ih sigurno poveže i integriše sa poslovnim procesima i sistemima. Potrebno je da ima različite alate, API (Application Programming Interface), i okruženje koje omogućuje brz razvoj novih aplikacija i integrisanje u poslovne sisteme. U ovom trenutku ne postoje pregledni radovi koji se bave analizom postojećih IoT platformi i upoređivanjem njihovih funkcionalnosti, što je upravo bila motivacija za ovo naše istraživanje.

Naredne sekcije rada organizovane su na sledeći način: u drugoj će biti dat pregled literature. Potom su opisane i analizirane najkorišćenije platforme da bi u četvrtom poglavlju bila data njihova komparativna analiza. U poslednjoj sekciji je dat zaključak.

2. Pregled literature

S obzirom da je IoT nov koncept, ne postoji puno radova koji se bave analizom IoT platformi. U [3] je dat pregled šest IoT/M2M platformi i definisan njihov domen, opisano je kako su nastale i na šta se svaka od platformi

fokusira. Nije navedeno kako je vršen izbor platformi, a nije data ni uporedna analiza. Rad se fokusira na domen IoT platformi, a ne bavi se analizom funkcionalnosti. Pored ovog preglednog rada, prema našim saznanjima, ne postoje radovi koji se bave pregledom i upoređivanjem IoT platformi.

3. Pregled platformi

S obzirom da se broj međusobno povezanih “stvari” svakodnevno povećava, pojavljuje se sve više IoT platformi. Prilikom odabira platformi koje će biti predstavljene u ovom radu korišćen je globalni rang sajta na kojoj se nalazi IoT platforma, pri čemu je korišćen Alexa sistem [4] koji rangira sajtove po posećenosti.

3.1. Axeda

Prva verzija Axeda platforme [5] je napravljena 2009. godine i ima raznovrsne alate za razvoj i fleksibilan open-source API koji pruža bogat skup ugrađenih funkcionalnosti kojim se može pristupiti jezgri platforme. Sadrži i besplatnu verziju za upravljanje fiksnim brojem povezanih uređaja i fiksnim brojem dnevnih transakcija. Fokus platforme je na procesu razvoja aplikacija a ne na pružanju mogućnosti povezivanja, mada ima mogućnost da implementira agenta koji upravlja konekcijom ka platformi koristeći Axedin bežični protokol. Ima i predefinisane aplikacije, kao što su aplikacije za praćenje lokacije, „geofancing“, i automatski razvoj softvera koji može biti prilagođen individualnim potrebama. Podržava i mogućnost povezivanja sa sistemima kao što su ERP (Enterprise Resource Planning) i CRM (Customer Relationship Management).

3.2. Xively

Xively [6] je prva IoT platforma, nastala 2007. godine. Prvobitno se zvala Pachube, potom Cosm, a 2013. godine je nazvana

Xively. Osnovna ideja je povezivanje i prikupljanje podataka sa inteligentnih uređaja, kao i upravljanje istim. Omogućava prikaz trenutnih i istorijskih podataka sa raznih izvora, naročito senzora. Pruža mnoštvo alata koji se mogu koristiti od strane pojedinaca i kompanija za pravljenje i razvoj povezanih proizvoda kao i aplikacija koje su zasnovane na povezanim objektima. Sadrži i opširnu listu API-ja za različite programske jezike i platforme. To omogućava razvoj ugnježenog softvera (C, Arduino), cloud aplikacije (Java, Python, Ruby), web aplikacije (JavaScript, PHP), kao i aplikacije za pametne telefone (Android) koji se lako može povezati na Xively servis.

3.3. Carriots

Carriots platforma [7] služi za skupljanje i skladištenje podataka dobijenih od uređaja. Omogućava lako povezivanje uređaja na Internet i razvoj inteligentnih aplikacija. Posедуje dvosmerne komunikacione protokole, podržava povezivanje različitih tipova uređaja (Arduino, Raspberry Pi, Nanode, itd.). Ima HTTP RESTful API koji omogućuje upravljanje konfiguracijom i hardverom iz daljine.

3.4. ThingsWorx

ThingsWorx [8] se fokusira na integraciju, transformaciju i prezentaciju kreiranih podataka. Ne bavi se problemom prikupljanja podataka, već šta se sa podacima može uraditi kada su oni već prikupljeni. Jedna od glavnih prednosti ove platforme je integracija različitih kanala. Uređaji mogu biti povezani korišćenjem različitih protokola, kao što su REST (Representational State Transfer), MQTT (Message Queuing Telemetry Transport), kao i tradicionalnih socket-a. Poseduje i interfejs ka postojećim poslovnim sistemima kao što su SAP i Oracle. Ima ugrađene servise kao što je Twitter, a povezan

je i sa Facebook-om i Google+-om. Platforma se zasniva na dinamičkom RESTful API-ju koji olakšava integraciju sa ostalim aplikacijama i servisima, dok je udaljena konekcija zasnovana na XMPP-u (eXtensible Messaging and Presence Protocol) i pruža sigurnu interakciju u realnom vremenu između uređaja, ljudi i poslovnih sistema.

3.5. ThingSpeak

ThingSpeak [9] predstavlja otvorenu platformu i omogućuje skupljanje podataka u realnom vremenu. Ima mogućnost da skladišti i vraća podatke korišćenjem HTTP protokola. Omogućuje izradu aplikacija koje služe za skladištenje podataka koje sakupe senzori, za praćenje lokacija, kao i statusa "stvari". Ima mogućnost čuvanja i numeričkih i alfanumeričkih podataka, poseduje API koji omogućuje numeričko procesiranje podataka kao što je timescaling, izračunavanje prosečnih vrednosti, medijane, sumiranja, zaokruživanja. Podržan je unos podataka za osam polja. Ima plug-in-ove, omogućuje vizuelizaciju podataka, i ima sposobnost da poveže podatke sa raznim drugim platformama, sistemima i tehnologijama, uključujući i druge IoT platforme.

4. Komparativna analiza platformi

Platforme predstavljene u radu imaju različite funkcionalnosti; to je razumljivo jer u ovom trenutku ne postoji definisan standardan osnovni skup funkcionalnosti koje IoT platforma treba da sadrži. Sve predstavljene platforme podržavaju skladištenje i vizuelizaciju podataka koje su prikupili razni inteligentni uređaji. Takođe, svaka od platformi ima mogućnost povezivanja i integracije sa društvenim mrežama kao što su Facebook i Twitter.

Neke od platformi (Axeda, ThingsWorx) se izdvajaju dodatnim funkcionalnostima npr. mogućnošću povezivanja sa raznim drugim

sistemima kao što su ERP i CRM. Pored toga, Thingworx se odlikuje integracionim okruženjem koje omogućuje brzo povezivanje sa web servisima korišćenjem komunikacije zasnovane na REST-u. Thingworx pruža i funkcionalnosti koje omogućuju brz razvoj front-end aplikacija za desktop uređaje i pametne telefone. Axeda i Xively imaju ugrađen i srednji sloj koji omogućuje integraciju, koordinaciju i upravljanje raznim “stvarima”.

U Tabeli 1. je data komparativna analiza platformi prikazanih u radu. Izdvojene su, kao

najvažnije po našem mišljenju, sledeće funkcionalnosti: (1) upravljanje podacima (mogućnost skladištenja i prikazivanja podataka bez obzira na to kako su podaci prikupljeni); (2) povezivanje uređaja na platformu (pri čemu se direktno sa uređaja prikupljaju podaci); (3) upravljanje uređajima (konfigurisanje i praćenje uređaja); (4) daljinsko upravljanje uređajima (alati i aplikacije koji omogućavaju daljinsko nadgledanje, upravljanje, servisiranje i kontrolu) i (5) mogućnost integracije sa društvenim mrežama.

Platforma	Upravljanje podacima	Mogućnost povezivanja uređaja na platformu	Upravljanje uređajima	Daljinsko upravljanje uređajima	Mogućnost integracije sa društvenim mrežama
Axeda	+	+	+	+	+
Xively	+	+	+	+	+
Carriots	+	+	+	+	+
ThingsWorx	+	+	-	-	+
ThingSpeak	+	-	-	-	+

Tabela 1: Komparativna analiza platformi

Zaključak

U radu je predstavljeno pet najčešće korišćenih IoT platformi i prikazane su njihove funkcionalnosti. Ovo je prema našim saznanjima jedan od prvih radova u kome je data komparativna analiza zasnovana na funkcionalnostima i izvojen osnovni skup funkcionalnosti koji IoT platforme sadrže.

Naša buduća istraživanja će biti usmerena ka proučavanju i upoređivanju većeg broja platformi; takođe, biće proširen i domen analize, koji bi obuhvatio i fleksibilnost i brzinu razvoja različitih aplikacija, kao i kompleksnost integracije sa različitim sistemima. Jedan od pravaca istraživanja bi bio i definisanje standardnog skupa funkcionalnosti koji IoT platforme treba da sadrže.

Zahvalnica. *Ovaj rad delimično je podržan od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, u okviru projekta pod brojem 032025.*

Bibliografija

- [1] **L. Atzori, A. Iera, G. Morabito.** The Internet of Things: A Survey. *Computer Networks*, 2010, 54, pp. 2787-2805
- [2] **ITU-T,** Telecommunication Standardization Sector of International Telecommunication Union, Overview of the Internet of things , Recommendation ITU-T Y.2060
- [3] **M. Castro, A. Jara, A. F. Skarmeta.** An Analysis of M2M Platforms: Challenges and Opportunities for the Internet of Things. 2012 Sixth International Conference on Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing, pp. 757–762
- [4] www.alex.com
- [5] <http://www.ptc.com/axeda/product/iot-platform>
- [6] <https://xively.com/>
- [7] <https://www.carriots.com/>
- [8] <http://www.thingworx.com/>
- [9] <https://thingspeak.com/>

Digital steganography in terrorist networks

Darko Trifunović

Faculty of Security Studies, University of Belgrade, Gospodara Vučića 50, Belgrade, Serbia
galileja@yahoo.com

Abstract. As most of today's communication occurs electronically, there has been an expansion of using steganographic methods in digital multimedia contents. The main goal of using steganography is to avoid drawing attention to the transmission of hidden information. Steganography is widely used for communication between members of the military or intelligence operatives or agents of companies to hide secret messages. The goal of the paper is to point out on the usage of digital steganography methods as a way of communication in terrorist network. Terrorists commonly scramble their messages by applying open source encryption programs that involve steganography techniques, and post hidden messages on existing photographs, text or videos on almost any website or to directly send via e-mail. This paper provides an overview of examples of using steganography methods in planning terrorist attacks. This kind of hidden communication is very easy but unfortunately very effective, and almost undetectable. This paper provides some directions in which counter-terrorism IT experts could work in preventing this kind of communication.

Keywords: Steganography, Hidden communication, Terrorist network, Counter-terrorism.

1. Introduction

Term "Steganography" comes from Greek word "steganos" which means "covered" and "graphie" or "writing". It is a secret communication hidden in non-hidden communication. The main goal is to hide secret data in an innocently looking cover, so called "carrier", and passed to receiver who is aware of its hidden content and knows how to extract that data. Steganography differs from cryptography, since a communication using cryptographic methods is evident, but the content of this communication is camouflaged. To be useful, a steganographic method needs to embed data to be transmitted imperceptibly, to allow the extraction of data, to promote a high information rate or payload, and to incorporate a certain amount of resistance to removal [2].

Various forms of steganography have been used for last 2500 years. There are numerous examples and methods used through history. First document describing steganography is

written by Herodotus in ancient Greece. He explained how Demeratus wanted to notify Sparta that Xerxes intended to occupy Sparta. So he wrote a message on waxed table, covered table with a new layer of wax and message became invisible. Another example of "secret writings" is writing on already written letter with invisible ink, such as a lemon juice, milk, vinegar and urine. Later on, person who receive that letter put it above candle flame or another source of heat and hidden message becomes darkened and readable. Very popular ancient way of passing secret messages was tattooing message on a human carrier's shaved head. When it's hair grown enough, carrier was sent to final destination and message was revealed after new shaving of his head. Null ciphers may be considered as form of steganography. It provides a way of concealing a message within a larger body of plain text without the need for a complicated cryptosystem. The real message is hidden in innocent looking message. Null cipher method was also commonly used by Germans during World War II. Popular example of this technique is following message.

Example 1. “Fishing freshwater bends and saltwater coasts rewards anyone feeling stressed. Resourceful anglers usually find masterful leapers fun and admit swordfish rank overwhelming anyday.”

Reading every third (bolded) letter in each word, hidden message becomes understandable: “*Send Lawyers, Guns, and Money.*”

In modern days, steganography is widely used as a very sophisticated way of secret communication, almost impossible to detect but easy to learn technique. Every person can use some of many open source software from internet and learn how to use it in within several minutes only [1]. Some of these software are: QuickStego¹, Xiao-steganography², Camouflage³, SilentEye⁴, Steghide⁵, etc.

2. Digital steganography – the most effective technique of terrorists secret communication

Beside strong encryption, steganography is a way of secret communication that is common to Islamic terrorists. Steganography is more subtle and more effective compared to encryption and could be combined with encryption as well. For these reasons, it is widely used technique by Islamic terrorists [3], [5].

With the help of open source software, based on steganography technique, anyone can easily hide secret messages or malicious scripts into any digital format, such as: BMP, JPG, TXT, HTML/XML, PDF, PNG, GIF, AU, WAV, MP3, AVI, TIF, TGA, DLL and EXE. This technique manipulates the least significant bit of the pixels making up digital images to store hidden information. The least significant bits are those that are at the far right of a binary number. For instance, the decimal number 255 is represented in binary code as 11111111. The least significant bit is the last "1" at the far right of the number. If we change the "1" to a "0" we

would get 11111110, which represents 254. The hidden file can be stored using these bits throughout the file. These minor changes cannot be perceived by viewing the image file and changes to the picture are so subtle they are impossible to detect visually [4].

There are examples of steganography usage by Islamic terrorists so far but no one really knows how many media with different formats with hidden messages are on internet

American journalist, Jack Kelley made an interview with US officials and experts and wrote an article - “Terrorist instructions hidden online”⁶ on 5 February 2001 for USA Today. According to Jack's article based on relevant sources, terrorists hide maps and photographs of terrorist targets - and post instructions for terrorist activities - on sports chat rooms, pornographic bulletin boards and other popular Web sites using steganography technique. Officials and experts say the messages are scrambled using free encryption programs. Using those programs, they are able to post hidden messages on existing photographs on almost any website they choose. Ben Venzke, special projects director for iDEFENSE, a cyber-intelligence company says, "It's something the intelligence, law-enforcement and military communities are really struggling to deal with. The operational details and future targets, in many cases, are hidden in plain view on the Internet," He added, that "only the members of the terrorist organizations, knowing the hidden signals, are able to extract the information."

CIA Director George Tenet provides us an evidence for this. He said, “To a greater and greater degree, terrorist groups, including Hezbollah, Hamas, and bin Laden’s Al-Qaida group, are using computerised files, e-mail, and encryption to support their operations.”⁷

FBI Director, Louis J. Freeh explained that, “uncrackable encryption is allowing terrorists -

¹ <http://quickcrypto.com/free-steganography-software.html>

² <http://xiao-steganography.en.softonic.com/>

³ <http://camouflage.unfiction.com/>

⁴ <http://www.silenteye.org/>

⁵ <http://steghide.sourceforge.net/>

⁶ <http://usatoday30.usatoday.com/life/cyber/tech/2001-02-05-binladen-side.htm>

⁷ From a document Tenet wrote to the US Senate Foreign Relations Committee in March 2001.

Hamas, Hezbollah, al Qaida and others - to communicate about their criminal intentions without fear of outside intrusion...They're thwarting the efforts of law enforcement to detect, prevent and investigate illegal activities.”⁸

2.1 Examples of usage of of steganography in terrorist networks

There are numerous examples of terrorist attacks prepared and successfully accomplished using this method. According to former French defense ministry official, Islamic terrorists used steganography to prepare attack on the United States embassy in Paris. He said that terrorists were instructed to communicate through pictures posted on publicly on internet⁹. Jamal Beghal, leader of that terrorist plot was arrested in late July 2001 for passport fraud at Dubai International Airport in the United Arab Emirates. He was trying to travel back to Europe after receiving training in Afghanistan. Jamal revealed details of the plot after interrogation by French intelligence agents. Plan was to built a bomb out of sulfur and acetone and destroy US embassy in Paris. Former professional football player in Germany, Tunisian Nizar Trabelsi was the designated suicide bomber. He planned to strap this bomb onto himself, cover it up with a business suit and detonate himself in the U.S. embassy. Then, minivan full of explosives would be driven into the U.S. cultural center of Paris and the explosives would be detonated inside.

Next case of using this technique by Islamic terrorists was revealed when a suspected al-Qaeda member, Maqsood Lodin, a 22-year-old Austrian was arrested in Berlin in May of 2011. He was traveling to Berlin from Pakistan via Hungary when Berlin police detained him. They found in his underpants usb memory containing one video with pornographic content

and a file with explicit title¹⁰. Computer forensics experts from German Federal Criminal Police extracted out of videos 141 hidden text files detailing al-Qaeda operations and plans for future operations¹¹. Those documents contained plans to attack cruise ships as a distraction while other attacks were initiated in Europe, than PDF terrorist training manuals in German, English and Arabic were found as well. Those files were just hidden inside with digital steganography technique but not encrypted. Anyway, German specialists worked for several weeks to extract all hidden data. If those files were encrypted strong enough as well, it would be much harder or even impossible to get readable content because it would give a second layer of protection. U.S. intelligence sources told CNN that the documents uncovered are "pure gold". Another source said that they are the most important haul of al Qaeda materials in the last year, besides those found when U.S. Navy SEALs raided Osama bin Laden's compound in Abbottabad, Pakistan, a year ago and killed the al Qaeda leader.¹²

Concerning 9/11 terrorist attacks in USA, there are no clear evidences that terrorists used steganography but there are some indications. In Washington Post article (September 19, 2001.) written a week after attacks by journalists Ariana Eunjung Cha and Jonathan Krim, we can read that “Government agencies were contacting computer experts for help in understanding how Osama bin Laden and his associates may have used the Internet to send encrypted electronic messages to one another to coordinate last week's attacks on the World Trade Center and the Pentagon”.¹³ In the article, same source claim that federal agents had found evidences that al-Qaeda is hiding secret messages in e-mails and different web sites. Several experts of computer science

⁸Freeh's testimony was given during a closed-door hearing on terrorism before a Senate panel in March 2001.

⁹<http://www.nytimes.com/2001/10/30/science/physical/30/STEG.html>

¹⁰<http://edition.cnn.com/2012/04/30/world/al-qaeda-documents-future>

¹¹<http://arstechnica.com/business/2012/05/02/steganography-how-al-qaeda-hid-secret-documents-in-a-porn-video/>

¹²<http://edition.cnn.com/2012/04/30/world/al-qaeda-documents-future/index.html>

¹³<http://all.net/iwar/archive/2001Q3/0692.html>

confirmed that they received calls from government officials asking them for help. One of them was asked to be available for assistance to decrypt any encoded messages if the government finds them.

3. What should counter-terrorists do?

Principle of terrorists' communication using hidden messages publicly posted on e-bay or any other website or directly send via e-mail is very easy but unfortunately very effective, and almost undetectable. Steganographic images are electronic version of Dead Drops. Dead Drops is a term from World War II used for places like common letter box or books in public library where spies left information. In electronic version of this old technique, members of terrorist organization communicate easily with each other leaving hidden messages, maps, softwares, action plans, etc. publicly without need for direct meeting or knowing each other. Perfect anonymity is one more advantage of steganography. Many people can download that picture but just few know its real content. Those who use this kind of secret communication know how to cover their real locations by changing IP address and "spoofing" other "fingerprints". They often change images - carriers of their messages and never use one or just few to develop one action plan. Complete their conversation is spread over internet in many photographs and other formats so it's almost impossible to collect every piece of information and find out what they are planning.

Counter-terrorist IT specialists have a heavy task. First, they need to find a way to scan all internet and detect all photographs and other medias with different formats containing hidden content. There are billions of uploaded content every day. For example, every single minute on the web, 216.000 photographs are shared on Instagram, 72 hours of video material are uploaded to Youtube, 204 million emails sent, 70 new domains are registered and 571 new website are created within a minute

online¹⁴. Secondly, counter-terrorist IT specials need to find adequate working method to extract hidden content protected with passwords out of its carriers (images, music files, movie formats, pdf files, etc). If they extract content successfully, it might be encrypted so decryption is the next task. However, encryption can be 4096-bit strong and even modern super computers are not able yet to decrypt such a strong encryption.

Another way to fight against hidden content in terrorist communication is the possibility of overflowing internet with steganographic media with fake content. For example, a team of counter-terrorist IT specials can post 99.99% of fake content with only 00.01% of those with real message, then put them in at least 100 carriers in various formats. Finally, each of the contents can be encrypted with 4096-bit encryption and with different unbreakable password chosen for each of them. In addition, counter-terrorist IT team should use different fake IP address, different MAC addresses and hostnames for uploading or downloading each of them.

Acknowledgements. This research was partially supported by Serbian Ministry of Education, Science and Technological Development under the grant no. 47017.

References

- [1] **C. Abbas, J. Condell, K. Curran, P. McKeivitt.** Digital image steganography: Survey and analysis of current methods. *Signal processing*, 2010, 90(3) 2010, 727-752.
- [2] **E. Cole and R. D. Krutz.** Hiding in plain sight: Steganography and the art of covert communication. John Wiley & Sons, Inc., 2003.
- [3] **M. Conway.** Code wars: steganography, signals intelligence, and terrorism. *Knowledge, Technology & Policy*, 2003, 16(2), 45-62.
- [4] **K. Choudhary.** "Image steganography and global terrorism." *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 2012, 3(4).
- [5] **J.A. Matusitz.** *Terrorism & communication: A critical introduction.* Los Angeles: Sage, 2013.

¹⁴<http://www.forwardedemails.com/20948-what-happens-in-just-one-minute-on-the-internet-fwd-sharon-rajkumar>

**RESEARCH
AND
DEVELOPMENT**

SYM-OP-IS 2015: XLII Simpozijum o operacionim istra

saradnji, prioriteti u odabiru zemalja za saradnju, prepreke u saradnji i preporuke.

Dobijeno je ukupno 1590 pojedina

metoda: t-test za testiranje zna

kona

Indikatori tehnoloških promena u Republici Srbiji

Dijana Štrbac

Univerzitet u Beogradu, Institut „Mihajlo Pupin”, Volgina 15, Beograd

e-mail: dijana.strbac@pupin.rs

Đuro Kutlača

Univerzitet u Beogradu, Institut „Mihajlo Pupin”, Volgina 15, Beograd

e-mail: djuro.kutlaca@pupin.rs

Lazar Živković

Univerzitet u Beogradu, Institut „Mihajlo Pupin”, Volgina 15, Beograd

e-mail: lazar.zivkovic@pupin.rs

Apstrakt: Efikasno merenje i sprovođenje tehnoloških promena predstavlja uslov održivosti ekonomskog i društvenog razvoja. Predmet istraživanja ovog rada su tehnološke promene i njihov značaj za društveno-ekonomski razvoj Srbije. Za ocenu tehnoloških promena u Srbiji korišćeni su podaci o ulaganju u istraživanje i razvoj, broju istraživača, naučnim publikacijama, patentima i inovacijama.

Ključne reči: tehnološke promene, istraživanje i razvoj, naučne publikacije, patentni, inovacije.

1. Uvod

Tehnološke promene se dešavaju kroz procese invencija, inovacija i difuzije tehnologije ili procesa. One podstiču ekonomsku transformaciju, odnosno promene u privrednoj strukturi u smislu povećanja tehnološkog nivoa i sofisticiranosti ekonomskih aktivnosti. Tehnološke promene predstavljaju i način za zemlje da iskoriste svoje prednosti i ostvare maksimalno moguće nivo razvoja sa dostupnim resursima. Ovo je važno za sve svetske privrede, a posebno za zemlje u razvoju koje nastoje da dostignu nivo razvoja razvijenih država.

2. Prethodna istraživanja o ulozi tehnoloških promena

Tehnološke promene su termin koji se koristi da opiše postepene promene u kvalitetu i kvantitetu znanja i ideja koje se sprovode u cilju povećanja socijalnog i ekonomskog blagostanja društva. Zbog pozitivne prirode

promena često se označavaju kao tehnološki progres¹.

Značaj nauke i tehnologije za dugoročni ekonomski rast i produktivnost oduvek je bio predmet izučavanja ekonomista. Njihova istraživanja karakterišu zaključci da bez tehnoloških promena akumulacija kapitala neće biti održiva – odnosno opadaće njegova marginalna produktivnost – i per capita stopa rasta privrede će neminovno težiti nuli².

Schumpeter je još na početku dvadesetog veka označio inovacije kao pokretač procesa razvoja, dok su njegovi nastavljači (tzv. neošumpeterijanci) isticali da su inovacije glavni izvor dinamike privrede i da tehnološko napredovanje predstavlja ključni faktor konkurentnosti preduzeća i država. Ulogu tehničkog progressa u procesu strukturnih promena proučavao je Dosi koji je tehnološke promene objasnio na osnovu koncepata

¹ M. J. Ibrahim. Technological Change and Economic Transformation, in “Technological Change”, ed. Aurora A.C. Teixeira, InTechOpen, 2012, p. 3.

² C. Freeman, L. Soete. The economics of industrial innovation, Third Edition, Creative Print and Design, London, 1997, p. 316.

„tehnološke paradigme“ i „tehnološke trajektorije“³. Nastavljačima Kondratijevljeve teorije dugih talasa smatraju se Freeman, i Perez koji ističu da svaki ciklus ima preovlađujuće tehnologije, kao i proizvodne i ekonomske strukture koje ih podržavaju⁴.

Kao rezultat shvatanja da tehnološki razvoj i inovacije uključuju saradnju različitih subjekata, javlja se koncept nacionalnog inovacionog sistema (NIS) koji ističe da je istraživački sistem deo šireg društvenog sistema. Dosadašnja pojmovna određenja ovog koncepta mogu se sumirati na sledeći način – NIS predstavlja kompleksnu mrežu preduzeća, univerziteta, istraživačko-razvojnih instituta, finansijskih institucija, obrazovne i informacione strukture, državnih agencija i javnih resursa, koja obezbeđuje stvaranje, difuziju i primenu naučnih i tehnoloških znanja u određenoj zemlji⁵.

Kako tehnološki progres predstavlja glavni pokretač ekonomskog razvoja, interes svih svetskih privreda je praćenje i merenje tehnoloških promena.

3. Metodologija istraživanja i podaci

U empirijskim istraživanjima i literaturi koriste se brojni pokazatelji tehnoloških promena, kao i njihovog doprinosa ekonomskom razvoju. Tehnološke promene su analizirane na osnovu sledećih pokazatelja: izdaci za istraživanje i razvoj, broj istraživača, broj naučnih publikacija, registrovani patenti, inovativnost poslovnih subjekata. Prilikom odabira i analize ovih indikatora korišćena je metodologija iz Fraskati i Oslo priručnika kao globalno prihvaćenih smernica za ovu oblast.

Istraživanje je izvršeno na osnovu relevantnih domaćih i stranih izvora podataka. Od domaćih izvora korišćeni su podaci

³ G. Dosi. Technological Paradigms and Technological Trajectories: A Suggested Interpretation of the Determinants and Directions of Technical Change, Research Policy, 11 (3), 1982, 147-162.

⁴ C. Freeman, C. Perez. Structural crisis of adjustment, business cycles and investment behaviour in Dosi et. al Technical Change and Economic Theory, London: Frances Pinter, 1988, pp. 38-66.

⁵ Đ. Kutlača, D. Semenčenko. Koncept nacionalnog inovacionog sistema, Institut “Mihajlo Pupin”, Beograd, 2005, str. 5.

Republičkog zavoda za statistiku i Zavoda za intelektualnu svojinu, dok su od stranih korišćeni podaci iz sledećih baza: Erawatch, Unesco Institute of Statistics, Web of Science.

4. Pokazatelji tehnoloških promena u Srbiji

Povezanost između nauke i tehnologije iskazuje se kroz postojanje naučno-tehnoloških indikatora, odnosno kroz činjenicu da tehnologija predstavlja rezultat naučno-istraživačkih aktivnosti. U ovom radu će istraživanje i razvoj, naučna publicistička delatnost, patenti i inovacije biti posmatrani kao osnovni načini za merenje tehnoloških promena.

Ulaganje u istraživanje i razvoj govori o značaju koje jedna privreda pridaje kreiranju i akumuliranju novog znanja što predstavlja ključni faktor za formiranje društva zasnovanog na znanju.

Međunarodno prihvaćen pokazatelj za ulaganja u istraživanje i razvoj na nivou jedne države su bruto domaći izdaci za istraživanje i razvoj (GERD, Gross domestic expenditure on R&D). Prilikom tumačenja podataka za ove pokazatelje u Srbiji treba imati u vidu ograničenja koja se tiču obuhvatanja izdataka poslovnog sektora (BERD). U našoj zemlji ne postoji precizna procena ulaganja privatnih kompanija u istraživanje i razvoj tako da podatke o ovom pokazatelju treba posmatrati kao minimalne.

Od 2007. do 2012. godine GERD u Srbiji je porastao za 57,3% i na kraju posmatranog perioda iznosio je 287,33 miliona evra. Međutim, ukoliko se ovi podaci kompariraju sa EU prosekom, vidi se da je još uvek reč o nedovoljnim iznosima. Na primer, u 2012. godini GERD kao % od BDP-a u Srbiji je iznosio 0,96%, a prosek u zemljama EU je bio 2,06%. Iako su ukupna izdvajanja za istraživanje i razvoj prilično skromna, mogu se primetiti dva pozitivna trenda – povećanje izdvajanja za IR od strane privatnih firmi i blagi porast sredstava iz inostranstva⁶.

U periodu 2007-2012. broj istraživača sa punim radnim vremenom (FTE) je povećan

⁶ Erawatch. Country pages, 2015.

za gotovo 3000 i to uglavnom u sektoru visokog obrazovanja (Tabela 1). U 2012. godini oko 72% od ukupnog broja istraživača bio je zaposlen u sektoru visokog obrazovanja. Najveće oscilacije u broju istraživača su u privatnom sektoru.

	2007	2008	2009	2010	2011
Ukupan broj istraživača (FTE)	8806	9978	10444	10985	11720
Istraživači – privatni sektor	108	307	600	252	149
Istraživači – državni sektor	2240	2676	2718	2635	2869
Istraživači – visoko obrazovanje	6441	6990	7119	8098	8700
Istraživači - privatni neprofitni sektor	17	6	6	0	3

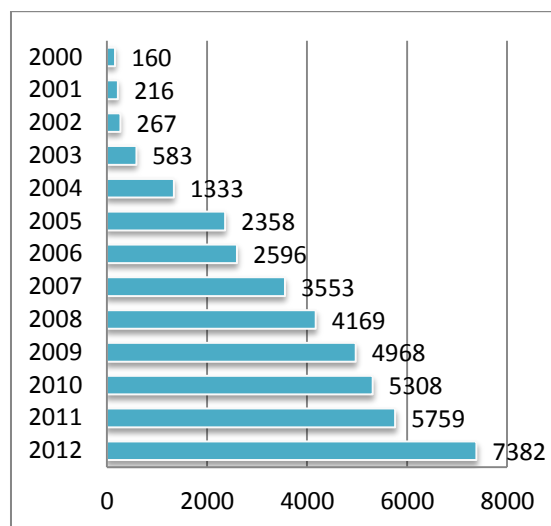
Tabela 1. Ukupan broj istraživača u RS (FTE) prema sektoru zaposlenja (Izvor: Unesco Institute of Statistics)

Povećanje broja istraživača je praćeno i povećanjem broja naučnih publikacija autora iz Srbije u međunarodnim citatnim bazama. Nakon 2000. godine, a naročito od 2005. godine primetan je ogroman porast publikacija naučnika iz Srbije. Krajnji rezultat je čak 7382 rada u 2012. godini (Slika 1).

Jedan od razloga povećanja publicističke delatnosti domaćih naučnika mora se pripisati Ministarstvu nauke koje je primenilo različite podsticaje i inicijative. Na primer, nagrađivanje 20% najboljih naučnika prema broju radova i citiranosti. Zatim, za ciklus projekata 2006-2010. godine formirane su kategorije istraživača koje su se znatno razlikovale po finansiranju⁷. Međutim, treba imati u vidu da je porast naučne produktivnosti delimično i rezultat povećanja broja domaćih časopisa u bazi Web of Science⁸.

⁷ D. Štrbac., L. Živković, Đ. Kutlača, D. Babić. Produktivnost srpskih naučnika od 2005-2010. godine, XXXIX Simpozijum o operacionim istraživanjima SYM-OP-IS, 2012, Zbornik radova, str. 286.

⁸ L. Živković, Đ. Kutlača. Doprinos domaćih časopisa referisanih u WOS međunarodnoj poziciji srpske nauke, Marketing, 45(1), 2014, str. 5-13.



Slika 1. Broj publikacija istraživača iz Srbije u periodu 2000-2012. (Izvor: Obračun autora na osnovu Web of Science)

Za merenje tehnološkog outputa najčešće se koristi indikator broja patenata, pri čemu se pravi razlika između prijavljenih i odobrenih patenata, kao i domaćih i međunarodnih prijavi. Patenti predstavljaju indikator inventivne aktivnosti, ali ne i inovativne aktivnosti, jer svaki patent ne dobije svoju praktičnu primenu.

Period 2004-2013. karakteriše generalni trend povećanja registrovanih patenata (Tabela 2). Broj registrovanih patenata je rastao do 2010. godine u kojoj je ostvarena maksimalna vrednost ovog indikatora. Nakon toga dolazi do značajnog pada patentiranja, da bi u 2012. i 2013. godini došlo do relativne stabilizacije ove aktivnosti.

Godina	Ukupan broj registrovanih patenata domaćih i stranih nosioca
2004	136
2005	160
2006	116
2007	278
2008	294
2009	403
2010	952
2011	492
2012	536
2013	493

Tabela 2. Registrovani patenti od 2004. do 2013. godine (Izvor: Zavod za intelektualnu svojinu RS)

	Ukupno	Inovatori	Poslovni subjekti koji nisu inovirali	Učešće inovatora (%)
Ukupno	11841	5280	6561	44,6
Mali poslovnih subjekti	9057	3691	5366	40,8
Srednji poslovnih subjekti	2264	1245	1019	55
Veliki poslovni subjekti	520	344	176	66,2

Tabela 3. Poslovni subjekti prema inovativnosti, delatnosti i veličini, u periodu 2010–2012 (Izvor: Republički zavod za statistiku Srbije)

Istraživanje Republičkog zavoda za statistiku pokazalo je da je u periodu 2010–2012. učešće poslovnih subjekata iz Srbije koji su uveli bar jedan oblik inovacije u svoje poslovanje 44,6%. Preko 66% velikih poslovnih subjekata je uvelo inovacije, dok je kod malih poslovnih subjekata zabeleženo učešće od 40,8% (Tabela 4). Međutim, podaci o procentualnom učešću vrsta inovacija govore da je najveći udeo organizacionih i marketinških inovacija, dok je udeo inovacija proizvoda i procesa gotovo za trećinu niži.

3. Zaključak

U savremenoj privredi rast više zavisi od ulaganja u znanje, tehnologiju i ljudske resurse nego od tradicionalnih faktora proizvodnje. Na osnovu predstavljenih podataka o tehnološkim promenama jasno je da je u Srbiji došlo do poboljšanja u pogledu istraživanja i razvoja, naučnog outputa, inovacija i patenata. Međutim, efekti ovih promena nisu u dovoljnoj meri doprineli privrednom rastu.

Pored još uvek nedovoljnih ulaganja u IR i inovacije ključni izazov sa kojim se suočava privreda Srbije je nedovoljna saradnja IR sektora sa ostalim delovima privrede i društva. Nizak nivo indikatora BERD govori o malim ulaganjima poslovnog sektora u istraživanje i razvoj, odnosno o neintegrisanosti ovog segmenta u nacionalni inovacioni sistem. Skroman broj tehnoloških inovacija i nedovoljno izgrađeni mehanizmi koji bi omogućili praktičnu primenu rezultata

istraživačke i inovacione delatnosti dodatno limitiraju tehnološki razvoj Srbije.

Razumevanje promena tehnološkog nivoa jedne privrede od ključne je važnosti za donosiocima odluka i kreatore ekonomskih i naučno-tehnoloških politika.

Zahvalnost

U radu su saopšteni rezultati istraživanja na projektu: „Istraživanje i razvoj platforme za naučnu podršku u odlučivanju i upravljanju naučnim i tehnološkim razvojem u Srbiji“, koji finansira Ministarstvo prosvete i nauke u periodu 2011–2015, evb. III 47005.

Bibliografija

- [1] **M. J. Ibrahim.** Technological Change and Economic Transformation, in *“Technological Change”*, ed. Aurora A.C. Teixeira, InTechOpen, 2012.
- [2] **C. Freeman, L. Soete.** The economics of industrial innovation, Third Edition, Creative Print and Design, London, 1997.
- [3] **G. Dosi.** Technological Paradigms and Technological Trajectories: A Suggested Interpretation of the Determinants and Directions of Technical Change, *Research Policy*, 11 (3), 1982, pp. 147–162.
- [4] **C. Freeman, C. Perez.** Structural crisis of adjustment, business cycles and investment behaviour in Dosi et. al *Technical Change and Economic Theory*, London: Frances Pinter, 1988, pp. 38–66.
- [5] **Đ. Kutlača, D. Semenčenko.** Koncept nacionalnog inovacionog sistema, Institut “Mihajlo Pupin”, Beograd, 2005.
- [6] **Erawatch.** Country pages, 2015, erawatch.jrc.ec.europa.eu.
- [7] **Unesco Institute of statistics.** Data centre, 2015, www.uis.unesco.org.
- [8] **D. Štrbac, L. Živković, Đ. Kutlača, D. Babić.** Produktivnost srpskih naučnika od 2005–2010. godine, XXXIX Simpozijum o operacionim istraživanjima SYM-OP-IS, 2012, Zbornik radova, str. 285–288.
- [9] **L. Živković, Đ. Kutlača.** Doprinos domaćih časopisa referisanih u WOS međunarodnoj poziciji srpske nauke, *Marketing*, 45(1), 2014, str. 5–13.
- [10] **Web of Science.**
- [11] **Zavod za intelektualnu svojinu RS.** Patenti – Statistika, 2015, www.zis.gov.rs.
- [12] **Republički zavod za statistiku Srbije.** Indikatori inovativnih aktivnosti u Republici Srbiji, 2010–2012, Saopštenje broj 285, 2013.

Agile approach for the manufacturing-based SMEs

Angela Fajsi

Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad

e-mail: angela.fajsi@gmail.com, asladic@uns.ac.rs

Slobodan Morača

Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad

e-mail: moraca@uns.ac.rs

Abstract. The dynamic business environment is one which has strict demands in the field of manufacturing performance improving. Management of enterprises is seeking the way to enhance their competitiveness and improve their business performances. Today is not enough that companies be able to predict changes on the market that happens on daily basis but these companies need to be able to adapt and change their current business processes in accordance with these requirements. This paper has aim to show importance of implementing new approach – Agile manufacturing within Small and Medium Enterprises. These companies, especially ones that operate in low performing countries, do not have capacities to develop any individual process and sector within the company. The solution lies in networking among companies throughout complex value networks.

Keywords: Agile manufacturing, Small and Medium enterprises, competitiveness

1. Introduction

Last several decades companies constantly were looking for solutions which could make their manufacturing systems more flexible and on the other hand, more adaptive for meeting individual customer demands.

The challenge of modern manufacturing is to meet individual customer demands while remaining competitive by producing on an industrial scale. Customized production offers prospects for growth and employment

Companies, especially SMEs, are showing greater interest in the best international practices in the field of organization and process management and actively seeking ways to build efficient production systems.

Despite the seeming abundance business concepts in the world there are not a lot of production management systems that offer real techniques to improve production efficiency. One such system, recently took shape in its

current form, but it is now widely recognized throughout the world - the concept of Agile manufacturing.

Many authors recognize agile manufacturing as a necessary condition for achieving competitiveness [1],[2]. Today, virtually all sectors in the advanced countries the concept of Agile manufacturing is recognized as a strategy of industrial development and winning market leadership.

The fact is that SMEs are the fundamental part of the economy of developed countries, but also they have a crucial role in increasing a low performing country's economy.

The main purpose of this paper is to show importance of implementing Agile manufacturing approach within SMEs. Due to number of limitations these companies do not have capacities to implement this concept in the same way as large companies.

2. Agile manufacturing approach

Agile manufacturing requires adaptive capabilities to be able to respond to future changes. These requirements have two elements [3]:

- Development of internal capability,
- Ability to configure the company's assets (human and capital).

This concept has been developed and upgraded by many authors. Some of them the main point of agile manufacturing approach put on high quality and high customized products [4] [5] [6], product and services with value-adding content [4] [7], intra-enterprise and inter-enterprise integration [5] [8].

Implementation of Agile Manufacturing concept allows the marketers, the designers and the production personnel to share a common database of parts and products, to share data on production capacities and problems.

At the heart of Agile manufacturing is the concept of flexible specialization. Although the changes implemented within the concept of Agile, low and gradually, over time they give amazing results, while providing the lowest cost and the steady progress of the enterprise repeatedly increasing its profit in the near and long term.

Figure 1 shows central position of Agile manufacturing in the company and its connection with other functions and divisions.

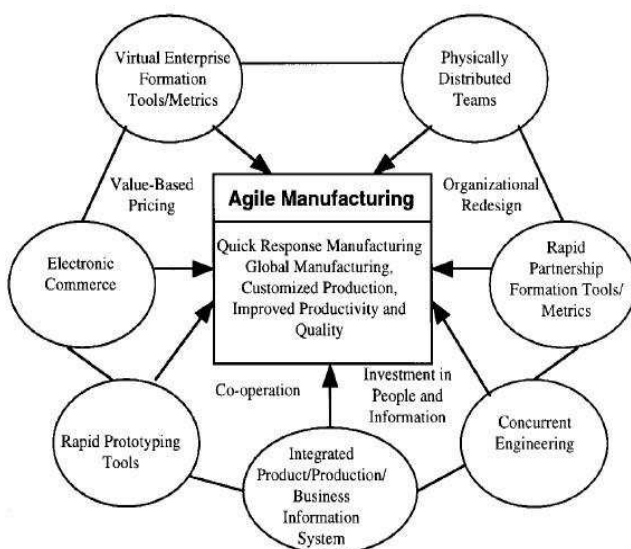


Figure 1. Agile manufacturing approach [9]

The relationship between the concepts of Agile manufacturing with other known systems of production management rises regularly. The fundamental difference between these concepts is that it is based on a set of specific actions and methods that are implementing quickly enough to generate improvements within company and its surrounding.

Critical to successfully accomplishing agile manufacturing are key enabling technologies (KET) [9].

Today, KET technologies and techniques of Agile manufacturing philosophy began to many organizations and business, which absorbs almost all aspects of the company including strategic development. In addition, an idea of Agile manufacturing was born in "pre-computer" era, when it was required to create a reliable system for the operational management of large production without modern technology and computing power.

Among the benefits of Agile manufacturing should be noted its applied nature. Creating a stream of values, this notion sounds vague, but behind it are quite specific recommendations on the reorganization of the design departments and production sites - the elimination of the practice of placing pieces of equipment types and building them into the stream.

Implementation of Agile manufacturing have a number of benefits, some of them are as following:

- the elimination of waste,
- create value in every step of production cycle,
- effective organization of jobs,
- bringing to perfection of the operations
- synthesis of diverse technologies
- quickly response to change and uncertainty, etc.

According to the above mentioned, there is a question how the concept of Agile manufacturing is related to small-scale manufacturing systems, aimed at improving business performance and what are its advantages?

3. Agile manufacturing concept in SMEs

Various productions planning systems can support full or in part the principles of Agile manufacturing and facilitate its implementation. Agile concept affects all areas of the company, for its successful implementation required just an integrated approach built on the principles of scientific management.

3.1. Strategic orientation and performances of SMEs

The concept of Agile manufacturing, as well as other management theory, did not appear out of nowhere, but as a generalization of experience of many of the leading companies of rational organization of its production processes. In this sense, it is valuable in that it sets a certain direction in the search for effective management of the company. Among the many management models each company chooses the one that is closest to them ideologically.

According to the European Commission, the sector of SMEs is a major source of employment which strengthens entrepreneurial spirit and encourages innovation [10]. Also, SMEs have an important role in the promotion and development of competitiveness and employment [11].

Implementing agile manufacturing concept within SMEs has aim to provide SMEs and other support organization flexible and sustainable approach to new technology, and modern approaches for running business.

This idea comes from the fact that SMEs and their associations especially in legging behind countries and regions, comparing with large companies, have limited capacity for investment toward agility increasing, i.e. they are less competitive.

Basic assumptions for the implementation of the project lies in the fact that SMEs, especially those located in low performing EU countries and associated regions have not developed enough resources and competences for independent integration of new technologies, creating new knowledge, or opportunities to gather information about foreign markets [12].

The success of SMEs depends mostly on the cooperation within the supply chains, as well as with R&D institutions that provide necessary knowledge and technologies.

Due their limited capacities SMEs are not able to achieve desired market position if they operate independently. In that case SMEs are facing with number of problems such as access to domestic and international markets, difficult access to advanced technologies, etc. Through networking these problems can be solved and SMEs can start to move towards agile companies.

3.2. Through networking to agility

Through the networking SMEs can easily find their position in the supply chains and achieve concept of flexible specialization. The main benefits of networking are:

- availability of new technologies,
- cost reduction,
- increasing competitiveness and
- establishing organizational, managerial and technological structure,
- demand identification,
- encouraging innovation,
- developing awareness among participants, etc.

In that way companies will work in a highly competitive environment based on Agile Manufacturing concept. In same time the company is oriented on meeting the needs of customers from one hand, and maintaining high standards of quality, and reducing costs on the other hand.

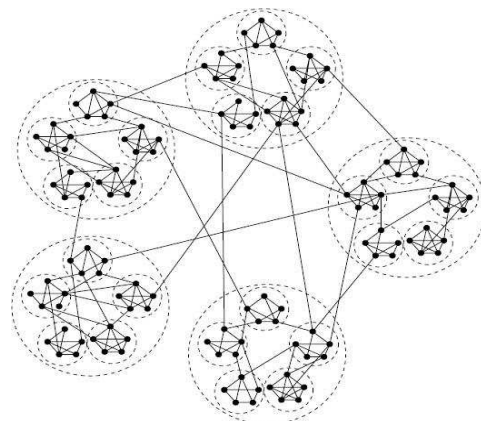


Figure 2. Schematic view of a hierarchical networking [12]

Through implementation of concept of flexible specialization SMEs can easily find their position in the value chains and achieve desired market position.

Due to limited human and financial resources they do not have possibilities to develop each process within the company especially ones related to technology. Implementation of new technological concepts requires very large financial resources for purchasing and maintaining machines as well as hiring suitable experts. Through networking SMEs have possibility to find fully or partial solution for the previous described problems.

4. Conclusion

Today we are in the middle of the cycle where global trends initiate changes which further cause problems. These problems require solutions which then launch new problems, cycle continues and it gets faster and faster.

These changes are happen on a daily basis, and arise some questions, especially related to SMEs. How are SMEs coping with demands in a changing world? How can be improved SMEs competitive position on the global international market?

Suppliers, customers, and other value chain participants have growing demands in many fields -shorten the time from idea to application, lower price of products, higher quality.

An agile company must contain the ability to solve the tension between a changing environment and high quality standards.

The main advantage of described approach is its functioning for a longer period and helping SMEs to find their place in the production cycle, that will make them better positioned on the international market.

Acknowledgements. Research and conclusions presented in this paper was supported by Ministry of Science and Technological Development of Republic of Serbia, Grant TR-35050, Title: "Development of software to manage repair and installation of brake

systems for rail vehicles", for the period 2011th-2015th year.

References

- [1] Sharifi, H., & Zhang, Z. (1999). A methodology for achieving agility in manufacturing organisations: An introduction. *International Journal of Production Economics*, 62(1), 7–22.
- [2] Yusuf, Y. Y., Sarhadi, M., & Gunasekaran, A. (1999). Agile manufacturing:: The drivers, concepts and attributes. *International Journal of Production Economics*, 62(1), 33–43.
- [3] Gunasekaran, A. Agile manufacturing: enablers and an implementation framework *International Journal of Production Research*. May98, Vol. 36 Issue 5, p1223-1247. 25p
- [4] S.L. Goldman, R.N. Nagel, Management, technology and agility: The emergence of a new era in manufacturing, *International Journal of Technology Management* 8 (1/2) (1993) 18}38.
- [5] Kidd P.T., *Agile Manufacturing: Forging New Frontiers*, Addison-Wesley, Reading, MA, 1994.
- [6] Booth R., More agile than lean, *Proceedings of the British Production and Inventory Control Society Conference*, 1995, pp. 191}207.
- [7] Goldman S.L., Nagel R.N., Preiss K., *Agile Competitors and Virtual Organisations: Strategies for enriching the customer*, Van Nostrand Reinhold, New York, 1995.
- [8] Vastag G., Kasrda J.D., T. Boone, Logistics support for manufacturing agility in global market, *International Journal of Operations and Production Management* 14 (11) (1994) 73}85.
- [9] Cho, H., Jung, M., & Kim, M. (1996). Enabling technologies of agile manufacturing and its related activities in Korea. *Computers & Industrial Engineering*, 30(3), 323-334
- [10] European Commission (2013). A recovery on horizon. Annual report on European SMEs 2012/2013
- [11] Morača, S., Fajsi, A., Gajić, S., & Zedi, I. The specifics of planning process in projects conducted in Small and Medium Enterprises, XVI International Scientific Conference on Industrial Systems (IS'14).
- [12] Kaiser, M., Goerner, M., & Hilgetag, C. C. (2007). Criticality of spreading dynamics in hierarchical cluster networks without inhibition. *New Journal of Physics*, 9(5), 110.

DATA MINING

Primjena i evaluacija klasifikatora višeslojnog perceptrona za potrebe klasifikacije linearno neseparabilnih problema

Olivera Janković

ORAO a.d.

e-mail: janolja@yahoo.com

Apstrakt. Jedan od načina klasifikacija instanci iz domena linearno neseparabilnih problema je i primjena metoda zasnovanih na neuronskim mrežama. U ovom radu, u tu svrhu biće korišten višeslojni perceptron - MLP (Weka) klasifikator, te prikazan i diskutovan kvalitet klasifikatora za različite vrijednosti parametara (stopa učenja, momentum) i metode evaluacije, te poređenje sa rezultatima klasifikatora baziranog na stablu odlučivanja.

Ključne reči: klasifikacija, evaluacija, višeslojni perceptron.

1. Uvod

Jednostavnim perceptronom (jednoslojna neuronska mreža) se mogu reprezentovati linearno separabilni problemi (npr. AND i OR), problemi kod kojih se može pronaći hiperlinija koja bi razdvojila sve instance (primjere) jedne klase od druge klase. Da bi se izgradili klasifikatori za probleme koji nisu linearno separabilni (logički XOR), jedan perceptron nije dovoljan, u tu svrhu koriste se višeslojni perceptroni (MLP, Multilayer Perceptron) [1].

U radu će biti korištena implementacija MLP Weka alata [2]. Ova funkcija implementira algoritam povratnog prostiranja (backpropagation) za izgradnju modela neuronske mreže NM za klasifikaciju instance. Algoritam će se izvršavati sa kombinacijama različitih vrijednosti parametara koji utiču na kvalitet učenja (stopa učenja i inercija) i metoda evaluacije. Za poređenje performansi MLP klasifikatora [3],[4] koristi se klasifikaciona tačnost - uz reprezentativni prikaz matrice konfuzije i detaljnu tačnost u odnosu na vrijednosti klase, te usporedba sa

rezultatima klasifikatora baziranog na stablu odlučivanja.

2. Višeslojni perceptron

Višeslojni perceptroni [5] predstavljaju najistaknutiji tip vještačke neuronske mreže i pripadaju klasi mreža sa prostiranjem unaprijed, tzv. feedforward mreže, koje ne sadrže nikakve cikluse (opozit su periodične neuronske mreže koje imaju cikluse)

MLP mreže imaju jedan ulazni sloj, jedan ili više skrivenih slojeva i jedan izlazni sloj, pri čemu čvorovi nekog sloja nisu međusobno povezani i ne postoji direktna konekcija između ulaznog i izlaznog sloja. Za aktivacionu funkciju (limitira amplitudu izlaznog signala neurona) najčešće se koristi sigmoidna (logistička) aktivaciona funkcija.

3. Izgradnja modela NM za klasifikaciju instanci

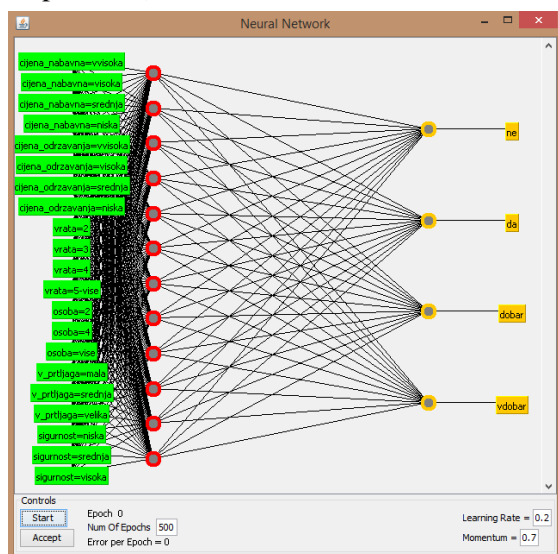
Za izgradnju modela biće korišten set podataka za prihvatljivost automobila - Procjena_auta (adaptiran, javno dostupan [6] pod imenom Car evaluation). U Tabeli 1. su prikazane moguće vrijednosti svakog od 7 atributa ovog seta podataka.

Atribut	Vrijednost
cijena_nabavna	{vvisoka, visoka, srednja, niska}
cijena_odrzavanja	{vvisoka, visoka, srednja, niska}
vrata	{2, 3, 4, 5-vice}
osoba	{2, 4, vise}
v_prtljaga	{mala, srednja, velika}
sigurnost	{niska, srednja, visoka}
prihvatljiv (klasa)	{ne, da, dobar, vdoobar}

Tabela 1. Moguće vrijednosti atributa u trening setu Procjena_auta.arff

3.1. Parametri procesa učenja i rezultati eksperimenata

Parametri koji definišu inicijalnu mrežnu strukturu su prije svega oni koji se odnose na broj skrivenih slojeva (HiddenLayers) i broj čvorova za svaki sloj (npr. kombinacija 5,10 implicira dva skrivena sloja sa 5 i 10 čvorova respektivno).



Slika 1. NM sa jednim skrivenim slojem sa 12 neurona, za trening skup Procjena_auta

Dakle osnovno pitanje je koliko slojeva i koliko čvorova u svakom sloju. Za ulazni sloj to korespondira sa brojem atributa, odnosno njihovih vrijednosti, što je na Slici 1 označeno zelenim pravougaonicima. Slično je i za izlazni sloj, po jedan, na Slici 1 označen žutim krug za svaku vrijednost klase. Broj skrivenih slojeva i njima pripadajućih čvorova (crveni

krugovi) zavisi od projektanta, no najčešće se za određivanje optimalnog broja nodova za svaki sloj koristi metoda pokušaja i pogreške (fundamentalna metoda u rješavanju problema). Tu su naravno i neke smjernice, tako da je nula skrivenih slojeva u stvari standardni perceptron algoritam koji je koristan ako su podaci linearno odvojivi (linearno separable). Prema teoriji, mreža sa jednim skrivenim slojem je korisna za jednu konveksnu regiju prostora odlučivanja a dva skrivena sloja su dovoljna za generisanje proizvoljne granice odlučivanja. Ono što je izvjesno da npr. dva skrivena sloja mogu značajno da povećaju broj konekcija odnosno broj težina (pondera) koji trebaju da se nauče. Što se pak tiče toga koliko velik sloj treba da bude, tj. koliko čvorova, neka smjernica je da se biraju negdje između broja čvorova ulaznih i izlaznih slojeva. U ovom slučaju korištena je heuristika (Weka) u kojoj se uzima srednja (cjelobrojna) vrijednost sume broja ulaznih i broja izlaznih čvorova – što za korišteni trening set iznosi 12 čvorova $((21+ 4)/2)$.

Sledeća dva važna parametra koji utiču na kvalitet učenja, sa čijim vrijednostima (uz prethodno određen broj slojeva i čvorova) će se vršiti eksperimentisanje su stopa učenja (learning rate) i inercija (momentum); sa istim vremenom za trening, tj. istom vrijednošću broja epoha (NumOfEpoch=500) pri svakom pokretanju algoritma. Kombinacije vrijednosti pomenutih parametara rezultiraće određenom klasifikacionom tačnošću, zavisno od metoda evaluacije.

U Tabeli 1. i Tabeli 2. data su po dva najbolja rezultata klasifikacione tačnosti od svake kombinacije vrijednosti parametara stopa učenja i zamah (crvenom bojom su označeni najbolji rezultati), korištenjem evaluacije 10-struke unakrsne validacije i evaluacije korištenjem metode podjele skupa (model se gradi na 1140 instanci a testira na 588, procentni omjer podjele 66%).

Jedan skriveni sloj sa dvanaest čvorova	Stopa učenja	Inercija	Klasifikaciona tačnost (%)
	0.2	0.1	99.6599
	0.6	0.1	99.6599
	0.5	0.2	99.7106
	0.7	0.2	99.7106
	0.2	0.3	99.7685
	0.4	0.3	99.7106
	0.1	0.4	99.6528
	0.4	0.4	99.8843
	0.1	0.5	99.5949
	0.3	0.5	99.5949
	0.1	0.6	99.6528
	0.2	0.6	99.7685
	0.2	0.7	99.8843
	0.3	0.7	99.7106
	0.2	0.8	99.7685
	0.3	0.8	99.6528
	0.1	0.9	99.3056
	0.2	0.9	99.0162

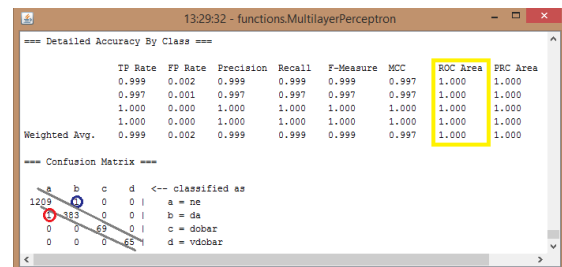
Tabela 2. Evaluacija MLP klasifikatora korištenjem 10-struke unakrsne validacije.

Jedan skriveni sloj sa dvanaest čvorova	Stopa učenja	Inercija	Klasifikaciona tačnost (%)
	0.2	0.1	95.6599
	0.4	0.1	95.6599
	0.6	0.1	95.6599
	0.4	0.2	99.3197
	0.5	0.2	99.3197
	0.4	0.3	99.4898
	0.6	0.3	99.3197
	0.3	0.4	99.4898
	0.5	0.4	99.4898
	0.2	0.5	99.3197
	0.3	0.5	99.3197
	0.1	0.6	99.3197
	1.0	0.6	99.3197
	0.1	0.7	99.6599
	0.4	0.7	99.6599
	0.1	0.8	99.4898
	0.4	0.8	99.4898
	0.1	0.9	99.8299
	0.2	0.9	98.4694

Tabela 3. Evaluacija MLP klasifikatora korištenjem podjele skupa u procentu 66 %

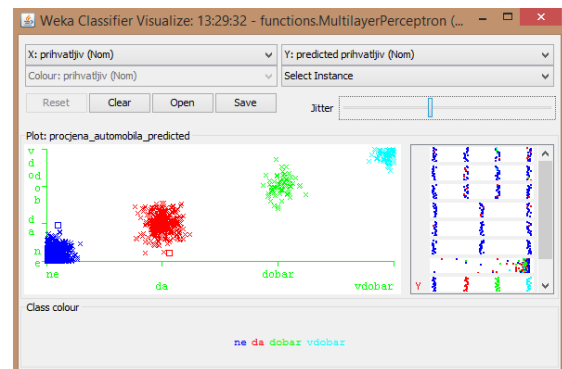
Procenat tačnosti kao mjera za evaluaciju ima i određene nedostatke (razlike između tipova grešaka se zanemaruju, zavisna o

distribuciji klasa u trening setu). Na Slikama koje slijede (odnose se na rezultate evaluacije MLP klasifikatora sa vrijednostima LR=0.2 i M=0.7, Tabela 1) u kontekstu pomenutih nedostataka biće prikazani rezultati evaluacije i u obliku matrice konfuzije (Slika 2, u donjem lijevom uglu) koja omogućava razlikovanje tipova greške i kvalitetniju analizu istih.



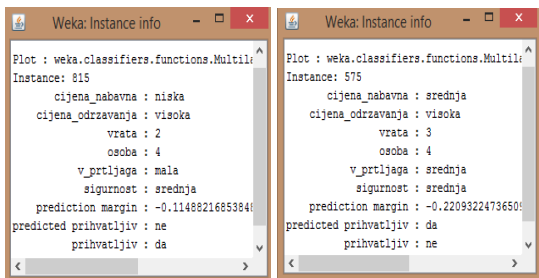
Slika 2. Detaljna tačnost u odnosu na vrijednosti klase i matrica konfuzije

Na dijagonali matrice je prikazan broj ispravno klasifikovanih instanci za svaku od klasa, a van nje se mogu vidjeti dva neispravna primjerka: jedan lažno pozitivan (označen plavom, boja za klasu ne) i lažno negativan (označen crvenom, boja za klasu da).

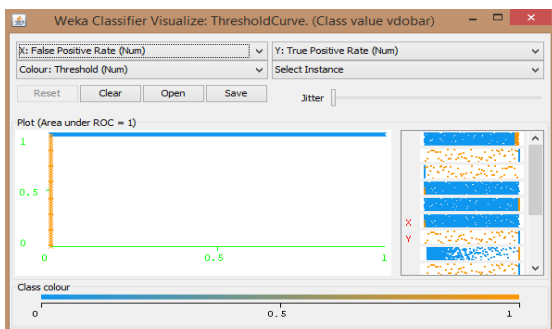


Slika 3. Vizuelizacija greške klasifikacije za svaku od klasa (druga boja za svaku klasu)

Na Slici 3. se može vidjeti vizuelizacija greške klasifikatora, znakom × su prikazane ispravno klasifikovane instance, a simbolom □ neispravno klasifikovane instance, za prethodno pomenuti primjer klasifikacione tačnosti. Jasno su uočljiva dva kvadrata, plavi koji se odnosi na klasu „ne“ i jedan crveni koji pripada klasi „da“ (korespondira pomenutim elementima matrice konfuzije van dijagonale). Konkretno vrijednosti pomenutih, neispravno klasifikovanih instanci date su na Slici 4.



Slika 4. Neispravno klasifikovane instance ROC (Receiver Operating Characteristic) kriva je još jedan način za ispitivanja performansi klasifikatora, odnosno prostor ispod ROC krive (AUC) se može koristiti kao mjera tačnosti. Sa Slike 2., gdje je prikazana detaljna tačnost za svaku od vrijednosti klasa, može se vidjeti (uokvireno žutim) i da sve četiri vrijednosti klase imaju izuzetne, AUC=1, vrijednosti (kriva za klasu vdoobar data je na Slici 5.).



Slika 5. Prikaz ROC krive za vijednost klase vdoobar

3.2. Poređenja rezultata MLP sa drugim klasifikatorom

Pored metoda klasifikacije zasnovanih na NM postoje i one zasnovane na stablima odlučivanja. Za potrebe poređenja prethodno prikazanih rezultata iskorišteni su rezultati [7] evaluacije klasifikatora J48 (baziran na C4.5 algoritmu koji generiše stablo odlučivanja) nad istim setom podataka, dati tabelom na Slici 6.

Tabela 1: Rezultati evaluacije klasifikatora - J48 algoritam, set podataka Procjena_auta, korišten holdout i metoda unakrsne validacije sa različitim vrijednostima, od 1 do 10, sjemena generatora slučajnih brojeva

Sjeme (seed)	Rezultati u % za različite vrijednosti generisanog slučajnog broja										Srednja vrijednost x (%)	Standardna devijacija σ (%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Holdout metoda (90 + 10)%	91.9	91.3	93.6	94.8	90.2	90.7	93.0	94.8	97.1	91.9	92.9	2.12
10-struka unakrsna validacija	92.3	92.4	91.8	92.1	92.8	92.0	92.3	91.9	91.8	92.3	92.3	0.32

Slika 6. Rezultati J48 klasifikatora
Prostim poređenjem se može zaključiti da je MLP klasifikator postigao bolje rezultate.

4. Zaključak

Zaključak je da su NM dobri klasifikatori u području nelinearnih problema - MLP je postigao izuzetno dobre rezultate koji su potvrđeni i poređenjem sa klasifikatorom stabla odlučivanja J48. Sam proces učenja MLP potencijalno uključuju puno eksperimentisanja, sa brojem i veličinom skrivenih slojeva, u ovom slučaju sa vrijednostima stope učenja i zamaha. Samo konfigurisanje algoritma uključuje “nered“, i zbog velikog broja eksperimenata (u ovom slučaju blizu 100) traži vrijeme za ionako spor MPL (sama izgradnja modela oko 30s, dok je sa 0,1s J48 gotovo trenutno) što ga u tom kontekstu postavlja u nešto nepovoljniji položaj.

Za konačnu potvrdu postignutih rezultata potrebno je da mreža potvrdi rezultate - za nove instance, one koji nisu sadržane u skupu primjera s kojima je mreža trenirana.

Bibliografija

- [1] **C. M. Bishop.** Neural Networks for Pattern Recognition, Book Oxford University Press, Inc. New York, USA 1995
- [2] **I. H. Witten, E. Frank.** Data Mining Practical Machine Learning Tools and Techniques, Elsevier, 2011.
- [3] **Y. P. Kosta, G. Panchal, C. Gajjar.** Initial Classification Through Back Propagation In a Neural Network Following Optimization Through GA to Evaluate the Fitness of an Algorithm, IJCSIT, Vol 3, No 1, 2011
- [4] **R. Arora and Suman.** Comparative Analysis of Classification Algorithms on Different Datasets using WEKA, International Journal of Computer Applications 54(13):21-25, 2012
- [5] **D. J.C. MacKay.** Information Theory, Inference, and Learning Algorithms, Cambridge University Press, Version 7.2, 2005
- [6] **M. Lichman,** UCI Machine Learning Repository Irvine, CA: University of California, School of Information and Computer Science, [http://archive.ics.uci.edu/ml], 2013
- [7] **O. Janković,** Mašinsko učenje: Evaluacija performansi klasifikatora u kontekstu ograničene raspoloživosti podacima, SYM-OP-IS 2014, pp 232-237

Text mining: Evaluacija performansi sentiment klasifikacije sa osvrtom na uticaj procesa predprocesiranja

Olivera Janković

ORAO a.d. Bijeljina, Republika Srpska, BiH

e-mail: janolja@yahoo.com

Apstrakt. U ovom radu, uz bazni teorijski okvir, prikazana je evaluacija performansi sentiment klasifikacije i diskutovani postignuti rezultati za četiri odabrana klasifikatora nad javno dostupnim skupom podataka komentara o filmovima, u okviru Weka alata za data mining, sa uvidom na uticaj procesa predprocesiranja na postignute performanse klasifikatora.

Ključne reči: Evaluacija klasifikatora, Podaci, Sentiment klasifikacija, Text mining.

1. Uvod

Posmatrano generalno, hardverska podrška u vidu računara i sličnih uređaja nije preduslov za probleme klasifikacije (npr. klasifikacija knjiga u bibliotekama od strane knjižničara). Kod manuelne klasifikacije dokumenata potrebno ih je, poštujući neka, najčešće rukom pisana pravila (rules), koristeći znanje stručnjaka s obrađivanog područja, svrstati u određene klase (classes).

Alternativa manuelnoj klasifikaciji i ručno kreiranim pravilima je klasifikacija teksta temeljena na metodama i algoritmima mašinskog učenja gdje je skup pravila (kriterijum odlučivanja), klasifikator teksta automatski naučio iz niza, seta dobrih primjera dokumenata za obuku (training set) za svaku klasu, pri čemu je izazov napraviti dobar skup za učenje koji obično zahtijeva "ručnu" izradu.

Sentiment klasifikacija, specijalan slučaj klasifikacije, se koristi za razlikovanje pozitivne i negativne recenzije o entitetima, i u osnovi predstavlja dodjeljivanje pozitivnih ili negativnih oznaka, labela na dio teksta na temelju stava o sadržini teksta (dokumenta).

U nastavku će biti prikazana evaluacija sentiment klasifikacije različitih klasifikatora, te mjesto i uticaj procesa predprocesiranja na postignute rezultate, korištenjem Weka alata.

2. Text mining

Prema nekim ranim izvorima text mining je poznat i kao tekst data mining [1] ili otkrivanje znanja iz tekstualnih baza podataka [2], koja su nadalje na raspolaganju za razne statističke ili algoritme mašinskog učenja.

Text mining se može koristiti i za analizu raspoloženja poznatu kao analiza sentimenta (sentiment analysis), korisnu u domenu veb sajtova (npr. TripAdvisor) za iznošenje komentara, socijalnih mreža (Twitter,...) i sl.. Pojednostavljeno, analiza sentimenta [3] je računarski podržano istraživanje mišljenja, osjećaja i emocija izraženih u tekstu. Cilj sentiment analize je otkriti subjektivne informacije sadržane u različitim izvorima i odrediti mišljenje autora prema nekom pitanju ili ukupnom rasporedu nekog dokumenta. U okviru ovog izazovnog zadatka obuhvaćeno je i nekoliko odvojenih zadataka, među kojima je i klasifikacija sentimenta.

3. Sentiment klasifikacija

Određivanje orijentacije tj. pripadnosti dokumenta, zadatak poznat kao sentiment klasifikacija [4] je jedan od zadataka analize sentimenta, koji određuje polaritet pridodajući subjektivnost određenom tekstu (dokumentu). Drugim riječima određuje se da li određeni

tekst izražava pozitivno ili negativno osjećanje (sentiment) o temi/predmetu na koji se odnosi.

3.1. Klasifikacija teksta

Formalno posmatrano [5] može se reći da u klasifikaciji teksta imamo opis $d, d \in X$ – gdje je X prostor dokumenata, i fiksni set klasa $C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$. Uobičajeno je da je prostor svih dokumenata X višedimenzionalni prostor, dok su klase definisane od strane čovjeka, zavisno od aplikacije. Dat je trening skup D označenih dokumenata $\langle d, c \rangle \in X \times C$. Npr: $\langle d, c \rangle = \langle \text{Gluma je ispod prosjeka}, \text{neg.} \rangle$ je primjer dokumenta od jedne rečenice “Gluma je ispod prosjeka” i labela, klase neg. (negativna kritika filma).

Koristeći određeni metod učenja ili algoritam učenja cilj je naučiti klasifikator ili klasifikacijsku funkciju γ takvu da mapira dokumente u klase:

$$\gamma : X \rightarrow C$$

Ovaj tip učenja se naziva nadzirano učenje jer su poznate vrijednosti izlaznih varijabli, klase u okviru seta podataka za trening.

Formalno, za nadzirani metod učenja Γ važi $\Gamma(D) = \gamma$, tj. metod učenja Γ kao ulaz koristi trening set D i vraća, kao izlaz naučenu klasifikacionu funkciju γ . Često se većina naziva za metode učenja Γ koristi i za nazive klasifikatora γ .

U kontekstu sentiment klasifikacije neke od metoda koje se izdvajaju su: Naivni Bajesov (NB, Naive Bayes), metoda vektora podrške (SVM, Support Vector Machine) i klasifikacija maksimalnom entropijom (MaxEnt, Maximum entropy classification). U radu će za implementaciju sentiment klasifikacije biti korišteni adekvatni algoritmi za pomenute metode u okviru Weka: NB, SMO (implementira SVM), Logistic (Log., ekvivalent MaxEnt) i NB Multinomial (NBM) namjenjen za tekst.

3.2. Proces predprocesiranja teksta

Da bi se obavila klasifikacija teksta od suštinske važnosti je proces predprocesiranja teksta, koji je u kontekstu klasifikacije sentimenta sličan uobičajenom postupku predprocesiranja za potrebe klasifikacije teksta [6]. Osnovni cilj je očistiti set podataka,

uklanjanjem suvišnih riječi i znakova interpunkcije koji u biti nemaju uticaj na sentiment klasifikaciju. Osnovni zadaci procesa su uklanjanje stop-termina i stemming.

Stop-riječi su riječi koje ne dodaju smislen sadržaj skupu podataka jer imaju slabu karakterističnu moć (npr. zamjenice, predlozi, veznici, ...; u srpskom jeziku to mogu biti: da, pa, ako, zato, kako, što, ...). Njihovim uklanjanjem, značajno se smanjuje prostor, broj stavki, u trening i setu podataka za testiranje (model vektorskog prostora).

Steming (Stemming) se može predstaviti kao jednostavna tehnika za aproksimiranu lematizaciju (postupak utvrđivanja korijena riječi - leme, korištenjem semantičke analize ili riječnika - zato je lakše razviti stemer). Pojednostavljeno, stemming je proces uklanjanja sufiksa (rjeđe prefiksa), prema nekim gramatičkim pravilima, ostavljajući tako stem (steam) ili korijen riječi (riječ ne smije izgubiti svoje značenje (overstemming)).

Pored procesa predprocesiranja potrebno je pomenuti i izdvajanja osobina (feature selection), proces selekcije dijela seta podataka od termina koji se nalaze u trening setu i korištenje ovog podskupa podataka za tekst klasifikaciju (smanjenje efektivne veličine rječnika, ukidanje funkcije buke).

4. Evaluacija performansi sentiment klasifikacije

Od 1000 negativnih i isto toliko pozitivnih komentara formiran je set podataka za obuku u formi .arff fajla (dio Film_kritike.arff, Slika 1).

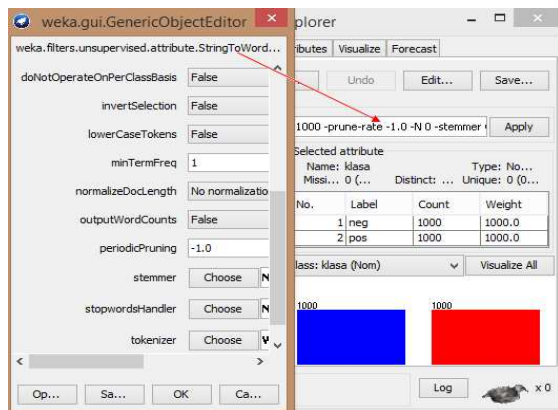
```
@relation Film_kritike
@attribute tekst_kritike string
@attribute klasa {neg,pos}

@data
'plot : two teen couples go to a church party , drink and then
drive . \nthey get into an accident . \none of the guys dies ,
but his girlfriend continues to see him in her life , and has
nightmares . \nwhat\'s the deal ? \nwatch the movie and \n" sorta
\'' find out . . . \ncritique : a mind-fuck movie for the teen
generation that touches on a very cool idea , but presents it in
a very bad package . \nwhich is what makes this review an even
harder one to write , since i generally applaud films which
attempt to break the mold , mess with your head and such ( lost
highway & memento ) , but there are good and bad ways of making
all types of films , and these folks just didn\'t snag this one
correctly . \nthey seem to have taken this pretty neat concept ,
but executed it terribly . \nso what are the problems with the
```

Slika 1. Djelimičan sadržaj trening seta podataka

Prilikom sentiment klasifikacije, potrebno je izvršiti transformaciju teksta u vektorski oblik što je omogućeno primjenom filtra StringToWordVector iz domena nenadziranog učenja. Aplikacija filtera (Slika 2.) pored

transformacije teksta u vektorski oblik, postavljanjem vrijednosti odgovarajućih parametara, omogućava primjenu opcija predprocesiranja teksta, koje na svojstven način utiču na ishod procesa klasifikacije.



Slika 2. Aplikacija filtera StringToWordVector – omogućava transformaciju teksta u vektorski oblik

Parametar `outputWordCounts`, “odlučuje” da li će neki dokument, odnosno njegov vektorski oblik biti predstavljen prisustvom (presence) (Slika 3.) ili frekvencijom (Slika 4.) (brojem pojavljivanja) termina. Po defaultu (False) izlaz iz filtera je 1 ako dokument sadrži odnosno 0 ako ne sadrži riječ (Slika 3.).

76: back	77: bad	78: based	79: basically	80: batman	81: battle	82: be	83: beautiful
1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0
1.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0

Slika 3. Tekst (proizvoljan segment komentara) predstavljen prisustvom termina

76: back	77: bad	78: based	79: basically	80: batman	81: battle	82: be	83: beautiful
1.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	6.0	0.0
0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0
1.0	5.0	0.0	1.0	0.0	0.0	2.0	0.0

Slika 4. Tekst (proizvoljan segment komentara) predstavljen frekvencijom termina

Za potrebe stemminga korištena su tri različita stemera: Snowball (implementacija

poznatog Porter stemera), te Lovins (bazno J.B.Lovins, 1968) i njegova iterativna verzija LovinsIterate (Iter.L.). Sentiment klasifikacija u svim slučajevima je izvršena na nivou riječi (korištenjem određenih delimitera, npr. \n\ r.,;).

Za potrebe poređenja rezultata odabranih klasifikatora, zavisno od primjenjenih postupaka na trening set podataka, kreirano je 16 trening setova podataka (Tabela 1., verzija sa oznakom Ver.) koji su označeni sa P1,...,P8 i F1,...,F8, (slova P i F korespondiraju sa prisustvo i frekvencija, respektivno), te u konačnici izvršena evaluacija performansi klasifikatora korištenjem 10-struke unakrsne validacije (stratifikovana) [7].

Ver.	Stop riječi (635 riječi)	Steming
P1	NE (1166 atr.)	NE
P2	DA (1255 atr.)	NE
P3	NE	Porter S.(1166 atr.)
P4	NE	Lovins S. (1154 atr.)
P5	NE	Iter.L.S.(1141 atr.)
P6	DA	Porter S.(1255 atr.)
P7	DA	Lovins S. (1193 atr.)
P8	DA	Iter.L.S.(1172 atr.)
F1	NE (1166 atr.)	NE
F2	DA (1255 atr.)	NE
F3	NE	Porter S.(1166 atr.)
F4	NE	Lovins S. (1154 atr.)
F5	NE	Iter.L.S.(1141 atr.)
F6	DA	Porter S.(1255 atr.)
F7	DA	Lovins S. (1193 atr.)
F8	DA	Iter.L.S.(1172 atr.)

Tabela 1. Verzije trening setova za različite opcije predprocesiranja teksta

Ver.	NB (%)	SMO (%)	Logistic (%)	NBM (%)
P1	80.80	79.00	63,85	83.35
P2	81.65	78.70	60.45	82.65
P3	80.80	79.00	63.85	83.35
P4	79.75	80.00	65.90	82.20
P5	79,00	79.00	67.10	82.05

P6	81.65	78.70	60.45	82.65
P7	79.25	79.90	63.50	82.55
P8	77.95	78.55	63.80	81.95
F1	69.15	82.00	62.30	79.25
F2	69,05	81.90	61.70	80.50
F3	69.15	82.00	62.30	79.25
F4	68.05	82.95	62.05	80.10
F5	66,10	80.90	62,45	79.55
F6	69.05	81.90	61.70	80.50
F7	68.95	82.10	61.40	80.30
F8	67.30	80.60	62.00	78.95

Tabela 2. Ocjene klasifikacione tačnosti klasifikatora, za različite opcije predprocesiranja, primjenom metode 10-struke unakrsne validacije

Uvidom u postignute rezultate evaluacije performansi sentiment klasifikacije za izabrane klasifikatore, date u Tabeli 2., može se zaključiti da je NBM generalno u prednosti i da ima najbolju tačnost od 83.35%, te da je ubjedljivo najlošiji klasifikator logističke regresije Log.. Vidljivo je da je prisustvo riječi preferirano od strane oba NB klasifikatora (kod NB je to značajno izraženije) i da je predstavljanje riječi frekvencijom pogodovalo SMO klasifikatoru. Uticaj stemera vidi se preko broja atributa, pri čemu je svaki od klasifikatora postigao svoju najbolju tačnost (u tabeli označeno crvenom bojom), korištenjem različitog stemera, npr. kod NBM najbolji rezultat je korištenjem Porter stemera.

Redukovanjem pak broja atributa (51 atribut), primjenom pomenutog procesa izdvajanja osobina (poznat i kao selekcija atributa) svi klasifikatori su imali približne rezultate, ranga od 81.45% do 81.85% (NBM).

Kvalitet NBM se može izraziti i kroz jedan od načina opšte ocjene valjanosti određenog klasifikatora - površina ispod ROC (Receiver Operating Characteristic) krive (označava se sa AUC), čije vrijednosti za svaku od klasa (pos i neg) iznose 0.9113 - za najbolji postignuti rezultat, što govori da se radi o izvanrednom razdvajanju ($AUC \geq 0.9$).

NBM je u kontekstu potrošenih resursa ukupnog vremena (vrijeme izgradnje modela

plus vrijeme evaluacije) sa u prosjeku 2 sek. bio daleko najbrži. Iza slijede NB sa cca 28 sek. te SMO i Log., čije vrijeme se već mjeri minutama (oko 4 i između 5 i 6 respektivno).

3. Zaključak

U radu su opisani bazni koraci, tabelarno prikazane i diskutovane dobijene vrijednosti evaluacije klasifikacionog učenja (NBM generalno u prednosti) za interdisciplinarni zadatak sentiment klasifikacije (obrada prirodnog jezika, mašinsko učenje), uz osvrt na korake i uticaj procesa predprocesiranja teksta, ilustrirano korištenjem Weka alata.

Objektivna mjera naučenog koncepta, konačan uspjeh sentiment klasifikacije, može se cijeliti po isprobavanju naučenog koncepta na testnim podacima (nezavisnom setu podataka) koji prethodno nisu korišteni (za koje je klasifikacija poznata), pri čemu se za potrebe prakse ne smije zanemariti subjektivna ocjena prihvatljivosti naučenog koncepta.

Bibliografija

- [1] **M. A. Hearst.** Text data mining: Issues, techniques, and the relationship to information access, Presentation notes for UWMS workshop on data mining, 1997.
- [2] **R. Feldman, J.Sanger.** The Text Mining Handbook: Advanced Approaches in Analyzing Unstructured Data, 1st ed., New York: Cambridge University Press, 1995.
- [3] **B. Liu.** Sentiment Analysis and Subjectivity, Invited Chapter for the Handbook of Natural Language Processing, Second Edition. March, 2010
- [4] **B. Pang, L. Lee.** Opinion Mining and Sentiment Analysis. Foundations and Trends in Information Retrieval, 2008.
- [5] **C. D. Manning, P. Raghavan, H.Schütze.** An introduction to information retrieval, Cambridge University press, 2009.
- [6] **I. H. Witten, E. Frank.** Data Mining Practical Machine Learning Tools and Techniques, Elsevier, 2011.
- [7] **O. Janković,** Mašinsko učenje: Evaluacija performansi klasifikatora u kontekstu ograničene raspoloživosti podacima, SYM-OP-IS 2014, pp 232-237

Data Propositionalization For Improving 30-day Hospital Re-admission Prediction

Sandro Radovanović, Milan Vukićević, Ana Kovačević, Boris Delibašić, Milija Suknović

University of Belgrade, Faculty of Organizational Sciences, Jove Ilića 154, Belgrade, Serbia

e-mail: {sandro.radovanovic, milan.vukicevic, boris.delibasic, milija.suknovic}@fon.bg.ac.rs

Abstract. Predictive modeling based on Electronic Health Records (EHRs) is an emerging area of data science with potentially high impact applications: improving of patient care, diagnostics, hospital pricing etc. Although, in recent years, there are a lot of researches in this area, they often fail to success due to complexity of medical problems, but also, high dimensionality and sparsity of EHRs. In this research we address these problems for 30-day hospital readmission prediction problem, by generating new features from the original ones based on association rules. This way, we reduce initial feature space and sparsity and this process is commonly called propositionalization. For that purpose we developed RapidMineroperator which can be used for other problems as well. The proposed method is evaluated on EHRs from Californian hospitals and showed promising results.

Keywords: Propositionalization, Classification, 30-day hospital re-admission prediction

1. Introduction

Recent efforts in improving health care and making it more personalized have resulted in increased availability of massive health-related data. Most often data is available in form of Electronic Health Records (EHRs), but also can be found as personal devices data and healthcare platforms. Currently, healthcare related data analysis platforms are mostly providing support for data integration, and monitoring, leaving all the analysis and decision making to the physicians. Unfortunately, physicians are often not in a position to constantly monitor and process the large volumes of data that each patient generates often leading to wrong or late diagnoses and therefore inappropriate therapy and care. Besides better care of patients, better usage of health related data can have high financial impact. In recent years, potential of Electronic Health Records (EHR) for predictive analytic is recognized from many stakeholders

(i.e. hospitals, insurance companies, and patients), and there is an increased number of researches that try to build effective models for Diagnostics, Readmission prediction [1], Total charges and Cost to Charge ratio [6], Hospital Length of Stay etc.

Hospital readmission is one of the major hospital expenses resulting from discharged patients with preventable flaws, such as acquired infections, poor planning for follow up care, inadequate communication of discharge instructions, and failure to reconcile and coordinate medications. Timely identification of potential readmissions can have high impact on improvement of healthcare services for patients, by reducing the need for unnecessary interventions and hospital visits, as well as for hospitals, by reducing costs and improving hospital status.

However, these predictive models often fail to provide satisfactory accuracy due to high-dimensionality of data, high-complexity of the data structure (e.g. correlations between

symptoms, laboratory tests, EEG, X-rays etc.), and class and feature imbalance [1]. Additionally, model interpretability is a must for application of predictive algorithms in real medical practice. This makes building of accurate predictive models even more difficult, since many state-of-the-art algorithms does not fulfill this requirement (e.g. support vector machines and artificial neural networks).

Data preparation and modelling of interpretable algorithms such Logistic regression, Naïve Bayes, Decision trees, K-NN etc. All these problems lead to a situation where doctors and patients and other stakeholders cannot benefit from data driven models, leaving a large gap between actual data usage and potential data usage in healthcare that prevents a paradigm shift from delayed interventional to predictive person-tailored medicine.

One way to improve interpretability and accuracy of predictive models is bypropositionalization. Propositionalizationcan be defined as a transformation of relational learning problem into attribute-value representation for conventional data mining [5].

In this research we use propositionalization as a pre-processing step for 30-day hospital re-admission prediction. First we identify structure among original predictors (input attributes), by utilization of association rules algorithms. Further, we exploit that structure by construction of new, complex features. Finally, we build and evaluate predictive models, on such new (propositional) dataset. This way, we aim to reduce initial feature space, (and consequently improve interpretability of the evolved models), but also to improve predictive accuracy by incorporating structural information. Weimplemented operator for propositionalization in well-known data mining software RapidMiner [2]and evaluated proposed approach on EHRs from California.

2. Propositionalization

Propositionalization present promising and robust approach for handling relational data sets in machine learning[4]. Commonly propositionalization is understood as a transformation of relational learning problem into attribute-value representation for conventional data mining and machine learning algorithms [4]. In conventional data mining attributes are often called features and form the basis for columns in single table representation of data. Single table representations and models that can be learned from them have a strong relationship to propositional logic and its expressive power.

Propositionalization is mostly applied in domains with a clear notion of feature-value representation with learning occurring on that level only. Learning task is defined as given evidence E (examples) and initial theory B (domain knowledge) find a theory H (hypothesis) that together with B explains some properties of E [5]. Usually, hypothesis have to satisfy user given constraints in order for hypothesis space H can be handled efficiently. Often different feature selection techniques are applied in order for hypothesis space to be good enough representation of relational data. In other words, as a result of propositionalization features are constructed from relational background knowledge and structural properties of features. These features are often input to other learning algorithm defined by user. Additionally, propositionalization can be either complete or partial (heuristic). In the former case, no information is lost in the process; in the latter, information is lost and the representation change is incomplete: the goal is to automatically generate a small but relevant set of structural features. Further, general-purpose approaches to propositionalization can be distinguished from special-purpose

approaches that could be domain-dependent or applicable to a limited problem class only.

In other words, new features are constructed using relations between original features. Since association rules are most commonly used relations between features, we can derive rules using such algorithms (i.e. FP-Growth or Apriori) and use them as propositional features (as input for other data mining algorithm).

3. Data and Experimental setup

Data: we used hospital discharge data from California, State Inpatient Databases (SID), Healthcare Cost and Utilization Project (HCUP) [3], Agency for Healthcare Research and Quality. This data tracks all hospital admissions at individual level, having a maximum of 25 diagnoses for each admission. Every diagnosis is represented as one ICD-9-CM code, where ICD-9-CM code represent state of patient which can be symptom, disease or injury. Since there are over 15,000 ICD-9-CM codes, using diagnoses as raw categorical features is highly challenging for learning

algorithm since learning algorithm should process 25 features with very high cardinality. Therefore, features, are transformed in binary (dummy) variables, where value one represent that patient did have that diagnosis and zero otherwise. It is worth to notice that majority of patients does not readmit within 30-days to hospital meaning that these problems have high class imbalance. Additionally, features are also highly imbalanced and sparse.

We analyzed 30-day hospital re-admission for ten diseases that have highest percent of re-admissions in U.S.A [7]. We used all pediatric patient data from January 2009 through December 2011 in the pre-processing phase.

Experimental setup: in our experiments we used FP-Growth algorithm to generate association rules with minimum support of 5% and confidence of 30%. Rules that satisfy these conditions are used to create new features. In order to prevent overfit we used 10-fold cross-validation. As a learning algorithm we applied plain logistic regression. RapidMiner process used for propositionalization is presented in Figure 1 and Figure 1.

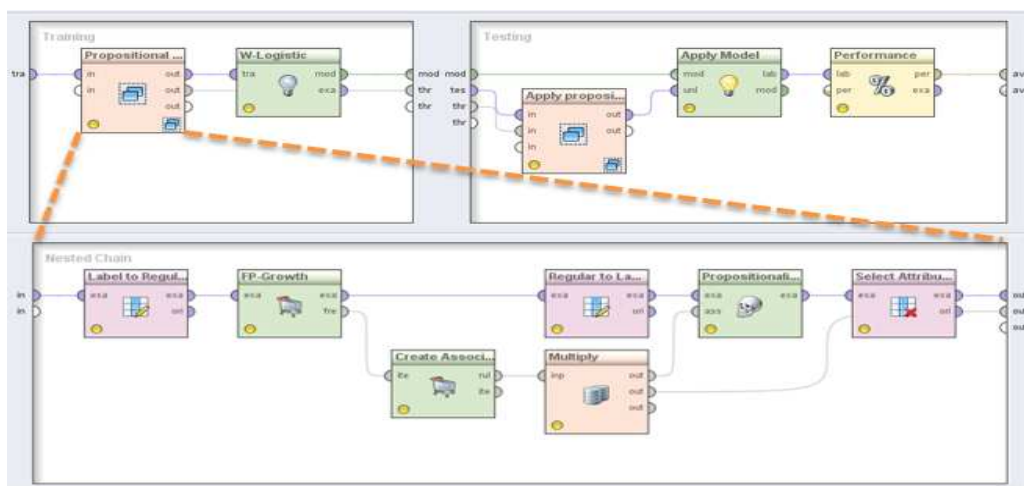


Figure 1 Experimental setup in RapidMiner

4. Experimental Results

Diagnosis	#Examples	AUC (original)	AUC (propositional)	#Features
Anemia	3445	0.642 +/- 0.024	0.588 +/- 0.030	8.40 +/- 0.52
Asthma	13907	0.668 +/- 0.027	0.531 +/- 0.011	2.50 +/- 0.53
Bronchilionitis	2788	0.497 +/- 0.086	0.565 +/- 0.060	11.10 +/- 0.57
Chronic Kidney Disease	681	0.410 +/- 0.083	0.561 +/- 0.034	83.50 +/- 5.84
Epilepsy	6340	0.574 +/- 0.040	0.542 +/- 0.038	50.20 +/- 2.30
Gastroenteritis	2910	0.537 +/- 0.063	0.619 +/- 0.059	10.60 +/- 0.52
Hypertension	363	0.449 +/- 0.092	0.506 +/- 0.082	163.80 +/- 9.57
Other diseases of digestive system	2696	0.546 +/- 0.042	0.547 +/- 0.039	10.80 +/- 2.10
Pneumonia	6931	0.515 +/- 0.044	0.640 +/- 0.035	12 +/- 0.00
Upper Respiratory Tract Infection	3610	0.588 +/- 0.043	0.672 +/- 0.020	15.90 +/- 1.85

Table 1. Experimental results

In Table 1 experimental results are showed. First two columns describe diseases and number of patients with such diagnoses. Columns 3 and 4 show AUC values of logistic regression on initial and propositional datasets respectively (better result is showed in bold). Additionally, standard deviation of AUC based on 10-fold cross validation is showed. Last column shows number of features (and corresponding standard deviation) for models evolved on propositional dataset (as said before in order to avoid over-fitting in each iteration of cross validation propositionalization is applied). Number of features in initial dataset was 851 and it wasn't varied. It can be seen that in 7 out of 10 experiments, predictions of models built on propositional datasets were more accurate. This could be attributed to feature space reduction (it can be seen in last column that number of features varied between 2.5 and 163.8 compared to initial 851), and avoidance of overfitting due to high number of features and relatively small number of examples.

4. Conclusion and future research

In this research we showed that propositionalization could be useful pre-processing tool for improving hospital re-admission predictions that allows dimensionality and sparsity reduction as well as improvements in predictive accuracy. In our

future work we plan to apply this tool on different EHRs, but also to try to include some Sources of domain knowledge (i.e. ontologies) for building propositional datasets.

Acknowledgements. This research was supported by SNSF Joint Research project (SCOPES), ID: IZ73Z0_152415.

References

- [1] Stiglic, G., Wang, F., Davey, A., and Obradovic, Z. (2014) "Readmission Classification Using Stacked Regularized Logistic Regression Models," Proc. AMIA 2014 Annual Symposium, Washington, DC, Nov. 2014.
- [2] Mierswa, I., Wurst, M., Klinkenberg, R., Scholz, M., & Euler, T. (2006, August). Yale: Rapid prototyping for complex data mining tasks. In Proceedings of the 12th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining (pp. 935-940). ACM.
- [3] HCUP State Inpatient Databases (SID), Healthcare Cost and Utilization Project (HCUP). 2009-2011. Agency for Healthcare Research and Quality, Rockville, MD. www.hcup-us.ahrq.gov/sidoverview.jsp. Last accessed: 05/09/2015.
- [4] Kramer, S., Lavrač, N., & Flach, P. (2001). Propositionalization approaches to relational data mining (pp. 262-291). Springer Berlin Heidelberg.
- [5] Lavrač, N., Perovšek, M., & Vavpetič, A. (2014). Propositionalization Online. In Machine Learning and Knowledge Discovery in Databases (pp. 456-459). Springer Berlin Heidelberg.
- [6] Polychronopoulou, A., & Obradovic, Z. (2014, November). Hospital pricing estimation by Gaussian conditional random fields based regression on graphs. In Bioinformatics and Biomedicine (BIBM), 2014 IEEE International Conference on (pp. 564-567). IEEE.
- [7] Berry, J. G., Toomey, S. L., Zaslavsky, A. M., Jha, A. K., Nakamura, M. M., Klein, D. J., ... & Schuster, M. A. (2013). Pediatric readmission prevalence and variability across hospitals. *JAMA*, 309(4), 372-380.

COMBINATORIAL OPTIMIZATION

Solving the Max-Mean Diversity Problem with General Variable Neighborhood Search

Jack Brimberg

*Royal Military College, Kingston, Canada
e-mail: Jack.Brimberg@rmc.ca*

Nenad Mladenović

*Mathematical Institute, Belgrade, Serbia
e-mail: nenad@mi.sanu.ac.rs*

Raca Todosijević

*Mathematical Institute, Belgrade, Serbia
e-mail: racatodosijevic@gmail.com*

Dragan Urošević

*Mathematical Institute, Belgrade, Serbia
e-mail: draganu@mi.sanu.ac.rs*

Abstract. Within the broad class of diversity/dispersion problems there is an important variant known as the Max-Mean Diversity Problem which requires finding a subset of a given set of elements in order to maximize the quotient of the sum of all edges belonging to that subset and the cardinality of the subset. In this paper we develop a new application of general variable neighborhood search for solving this problem. Extensive computational results show that our new heuristic significantly outperforms the current state-of-the-art heuristic. Moreover, the best known solutions have been improved on 58 out of 60 large test instances from the literature.

Keywords: Variable Neighborhood Search, diversity/dispersion problem, maximum-mean

1. Introduction

Given a set N of $n = |N|$ elements labelled by integer numbers from 1 to n , and the distance d_{ij} between any two elements i and j , a dispersion or diversity problem (DP) consists generally of finding a subset $S \subset N$ so that an objective function based on the distances between elements in S is maximized or minimized. According to the objective function, two main classes of dispersion problems are distinguished: those that use efficiency-based objective functions and those that use equity-based objective functions. An efficiency-based objective function reflects the dispersion quantity for the entire selection S , while an equity-based objective function guarantees equitable dispersion among the selected elements. Among widely studied problems that use efficiency-based objective functions are: the Maximum Diversity Problem (MDP), whose goal is to find a subset S so that the sum of the distances between the selected elements is maximized, and the Max-Min Diversity Problem (MMDP), where the goal is to find a subset S so that the minimum distance between the selected elements is maximized. On the other hand,

the problems that consider equity-based measures introduced by Prokopyev et al. [5] are: Maximum Mean Dispersion Problem (Max-Mean DP), Minimum Differential Dispersion Problem (Min-Diff DP), and Maximum Minsum Dispersion Problem (Max-Minsum DP). The first of these problems requires finding a subset S , so that the average distance between the selected elements is maximized, while the second one concerns finding a subset S so that the difference between the maximum sum and the minimum sum of the distances from a node in S to the other selected elements in S is minimized. Finally, the Max-Minsum DP consists of finding a subset S so that the minimum sum of the distances to the other selected elements is maximized.

In this paper, we study the Maximum Mean Dispersion Problem (Max-Mean DP). Unlike the other dispersion problems, where the cardinality of the set S is known in advance, the cardinality of S is variable in the Max-Mean DP. Thus, the Max-Mean DP consists of finding a subset $S \subset N$, $|S| > 1$, with maximal value $f(S)$, where $f(S)$ represents the mean

dispersion of the set $S \subset N$, calculated as

$$f(S) = \frac{\sum_{i \in S} \sum_{j \in S} d_{ij}}{2m},$$

where $m = |S| > 1$ is unknown. Formally, the Max-Mean DP may be stated as:

$$\max \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n d_{ij} x_i x_j}{\sum_{i=1}^n x_i}, \quad (1)$$

subject to

$$\sum_{i=1}^n x_i \geq 2 \quad (2)$$

$$x_i \in \{0, 1\}, \quad i = 1, 2, \dots, n; \quad (3)$$

Because of the NP-hardness of the Max-Mean DP there is a need for a heuristic method that can provide high-quality solutions in a reasonable amount of time. Some steps in building such heuristics have been already made. In 2013, Marti and Sandoya [3] proposed a hybrid approach which combines GRASP and Path Relinking, and uses a Variable Neighborhood Descent (VND) procedure as a local search. Recently, Carrasco et al. [1] have proposed a dynamic tabu search algorithm that examines three different neighborhood structures.

In this paper, we propose a general variable neighborhood search (GVNS) for the Max-Mean Diversity Problem that uses Sequential Variable Neighborhood Descent (SeqVND) as the local search. Within this SeqVND, three neighborhood structures are examined in an efficient way. The merit of the proposed approach is demonstrated on benchmark instances from the literature, where we obtain significantly better results than the state-of-the-art heuristic with tabu search [1]. For almost all examined large problem instances, we are able to find significantly better solutions than those previously reported, and for all small problem instances, we reach the best known results from the literature.

The rest of the paper is organized as follows. The new heuristic is described in detail in the next section. In Section 3 we present a summary of the computational results obtained by our GVNS on a wide range of test problems. Finally, Section 4 concludes the paper and gives some possible future research directions.

2. GVNS for the Max-Mean DP

The Variable Neighborhood Search (VNS) meta-heuristic was proposed by Mladenovic and Hansen in

1997 [4]. Its main idea is to systematically explore several neighborhood structures during the search for an optimal (or near-optimal) solution. The main ingredients of a VNS based heuristic are the improvement procedure and the shaking procedure. The improvement procedure used within VNS may be either a simple local search that explores one neighborhood structure or a more advanced procedure that explores several neighborhood structures (i.e., VND procedures which can be sequential, nested, or some combination of both). The purpose of the shaking procedure is to try to resolve any local optima traps where the implemented improvement procedure may get stuck by perturbing the current solution using a defined neighborhood change step. The VNS heuristic consists of applying these two procedures alternately until a predefined stopping criterion is reached. Typical stopping criteria for a VNS heuristic are a maximum number of iterations without improvement or a maximum allowed CPU time. When a VND procedure is used in the improvement step, the resulting VNS heuristic is called General VNS (GVNS). VNS based heuristics have been successfully applied on many optimization problems (see e.g., [2] for a recent survey).

Solution space. The solution space of the Max-Mean DP, denoted by \mathcal{S} , consists of all possible subsets $S \subseteq N$ containing at least two elements. The solution space is explored efficiently through several neighborhood structures, as will be shown in what follows, using the following solution representation. Each solution $S^c \in \mathcal{S}$ is represented as a triplet (m^c, x^c, Δ^c) where: m^c represents the cardinality of the set S^c ; x^c is a vector of length n , where the first m^c components are the labels of the elements belonging to S^c , while the last $n - m^c$ components are labels of those elements in $N \setminus S^c$; finally, Δ^c is a vector of length n , such that $\Delta^c[i]$ equals the sum of distances between element i and all elements in the set S^c , i.e.,

$$\Delta^c[i] = \sum_{j=1}^{m^c} d_{i x^c[j]}, \quad i = 1, 2, \dots, n.$$

Hence, for a given solution S^c , the computation of the corresponding vector Δ^c requires $O(nm^c) = O(n^2)$ operations.

Initial solution. According to the problem definition, a feasible solution of the Max-Mean DP is any set $S \subseteq N$ with $|S| \geq 2$. So, an initial solution may be constructed at random. The procedure firstly determines the size of the set S to be constructed, choosing at random the number m^c from the interval $[n/20, n/10]$. After that, elements of the set S are

determined by selecting m^c elements randomly from the set N .

Neighborhood structures. For a given solution S the following neighborhood structures may be defined:

- **Add neighborhood structure:** $N_{add}(S) = \{S' \subseteq N | S \subset S', |S'| = |S| + 1\}$. This neighborhood structure consists of solutions that may be obtained by adding an unselected element to the solution S of the currently selected elements.
- **Drop neighborhood structure:** $N_{drop}(S) = \{S' \subset N | S' \subset S, |S'| = |S| - 1 \geq 2\}$. This neighborhood structure consists of solutions that may be obtained by removing one element from the current solution S . Note that if all d_{ij} values are positive symmetric and satisfy the triangle inequality, then the Drop neighborhood structure does not contain a solution better than S as shown in [3].
- **Swap neighborhood structure:** $N_{swap}(S) = \{S' \subset N | |S \cap S'| = |S| - 1, |S'| = |S|\}$. This neighborhood structure is defined by the move where one element in S is exchanged for one element in $N \setminus S$, thus keeping the same number of selected elements.

The described neighborhood structures are embedded next in a seqVND procedure named SeqVND. The order of neighborhoods within SeqVND is defined as follows: $N_{add}, N_{drop}, N_{swap}$.

Shaking procedure. In order to avoid local optima traps, our GVNS heuristic uses the following shaking procedure. For the input, the Shaking procedure requires a solution $S = (m, x, \Delta)$ and a parameter k . At each of k subsequent iterations, the Shaking procedure replaces solution S by a randomly chosen point from one of the three aforementioned neighborhood structures. The choice of the neighborhood structure from which the solution will be chosen, is made according to the following rule. The neighborhood N_{add} is chosen with probability 0.2, as is the neighborhood N_{drop} , while the neighborhood N_{swap} is chosen with probability 0.6. At the end, the solution S obtained in the k th iteration is returned as the output of the shaking procedure.

Steps of the GVNS. The steps of our GVNS heuristic with previously described seqVND as the local search are given in Algorithm 1. The proposed GVNS requires four parameters at the input: k_{min} and k_{max} for the minimal and maximal number of iterations that may be performed within the shaking phase, respectively, k_{step} for the step increase of the shaking parameter k if an improvement of the incumbent solution does not occur, and t_{max} for the maximum CPU

time allowed to run the heuristic. At the output, the procedure returns the best found solution S .

Algorithm 1: GVNS for solving Max-Mean DP

```

1 Function GVNS( $k_{min}, k_{max}, k_{step}, t_{max}$ );
2 Initial_solution( $m^c, x^c, \Delta^c$ );
3  $f^c \leftarrow \text{ComputeObj}(m^c, x^c, \Delta^c)$ ;
4  $k \leftarrow k_{min}$ ;
5 repeat
6    $(m^n, x^n, \Delta^n, f^n) \leftarrow (m^c, x^c, \Delta^c, f^c)$ ;
7   Shake( $k, m^n, x^n, \Delta^n, f^n$ );
8   SeqVND( $m^n, x^n, \Delta^n, f^n$ );
9   if  $f^n > f^c$  then
10     $(m^c, x^c, \Delta^c, f^c) \leftarrow$ 
11      $(m^n, x^n, \Delta^n, f^n)$ ;
12     $k \leftarrow k_{min}$ ;
13  else
14     $k \leftarrow k + k_{step}$ ;
15    if  $k > k_{max}$  then
16      $k \leftarrow k_{min}$ ;
17  end
18 until CPUtime()  $> t_{max}$ ;
19 Return  $x^c$ ;

```

3. Computational results

The proposed GVNS heuristic is coded in C++ language and executed on a machine with 3.2GHz CPU and 8GB RAM. For testing purposes, the benchmark instances from the literature have been used. The benchmark set contains 80 test instances varying in size from 150 to 1000 elements. Half of these instances are generated by Marti and Sandoya [3] and have 150 and 500 elements. Recently, Carrasco et al. [1] generated new large scale instances, with 750 and 1000 elements. The complete set of test instances may be divided into two groups according to their type. The type of an instance is determined by the structure of the distance matrix. Type I instances have symmetric distance matrices whose entries are generated as random numbers from the interval $[-10, 10]$. Type II instances also have symmetric distance matrices but their entries are generated as random numbers from the interval $[-10, -5] \cup [5, 10]$. All test instances are publicly available at <http://www.optsim.es/edp/>.

After preliminary testing, the GVNS parameters are adjusted as follows. If a test instance has n elements, k_{max} is set to the minimum of values $n/5$ and 100 (i.e., $k_{max} = \min\{n/5, 100\}$); parameters k_{min}

and k_{step} are set to the maximum of values $k_{\text{max}}/20$ and 1 (i.e., $k_{\text{min}} = k_{\text{step}} = \max\{k_{\text{max}}/20, 1\}$), while the time limit t_{max} is set to n seconds.

Our GVNS will be compared with the state-of-the-art tabu search (TS) heuristic in [1]. For each test instance, GVNS is executed ten times, with different random seeds. The TS heuristic is run in [1] on a computer with Intel Core 2 Quad CPU and 6 GB RAM. The time limit for the TS heuristic is set to 30, 90, 600, and 1800 seconds on instances of size 150, 500, 750, and 1000, respectively. Table 1 reports a summarized comparison. Namely, we consider a set of ten instances with the same number of elements and of the same type as a test case. So, in Table 1, for each test case, we report the average of best found solution values (Column ‘avg. value’) and the average CPU time (Column ‘avg. time’) consumed to reach the best found solutions for all instances in that test case. Additionally, in Column ‘impr.’, we give the average percentage improvement achieved by GVNS over TS on all instances in the same test case. Finally, in Column ‘no best’, we provide the number of instances within each test case where GVNS succeeded to improve previous best-known solutions.

test case		TS		GVNS			
type	n	avg. value	avg. time	avg. value	avg. time	% impr.	no best
I	150	43.24	19.56	43.24	0.87	0.00	0
	500	79.04	90.44	79.61	43.32	0.72	9
	750	97.07	601.29	97.57	120.45	0.52	10
	1000	113.16	1804.85	113.79	235.66	0.56	10
II	150	57.41	19.15	57.41	0.04	0.00	0
	500	105.97	90.42	106.45	7.24	0.45	10
	750	128.77	601.04	129.25	122.39	0.38	9
	1000	147.91	1803.13	149.27	186.96	0.92	10
Average:		96.57	628.74	97.07	89.62	0.44	7.250

Table 1. Comparison of TS and GVNS on benchmark instances

Analyzing the results from the table, one can make the following observations:

- (i) Regarding solution quality, GVNS performs better than TS on almost all large instances ($n \geq 500$), (with exception of only one instance out of 30 of Type I, and only one instance out of 30 of Type II). The average % improvement achieved by GVNS over TS varies from 0.375% to 0.923% across the test cases.
- (ii) Regarding the average CPU time, GVNS results are obtained in significantly shorter time than TS results (e.g., compare average times of 186.96 and 1803.13 seconds used by GVNS and TS, respectively for Type II and $n = 1000$).

- (iii) The largest improvement of 1.70% of GVNS over TS is obtained on the instance MD-PII1_1000. Computing times of 155.02 and 1803.29 seconds are used here by GVNS and TS, respectively.

4. Conclusion

The Max–Mean Diversity Problem (Max–Mean DP) requires finding a nonempty subset of a given set of elements in order to maximize the average diversity between elements of the subset. In this paper, we derive a new application of general variable neighborhood search (GVNS) to solve the Max–Mean DP. An extensive computational analysis is performed on existing benchmark instances. Based on these tests, we show that our new heuristic can significantly outperform the current state-of-the-art heuristic with Tabu search. Moreover, the best known solutions are improved on 58 out of 60 large test instances from the literature. Future work that will follow the quite remarkable results obtained here may consider the possibility of solving even larger test problems with GVNS and if necessary, using decomposition in order to further speed up the method.

References

- [1] R. Carrasco, A. Pham Trinh, M. Galego, F. Gortazar, R. Marti, and A. Duarte. Tabu search for the maximum dispersion problem. *Knowledge-Based Systems (in press)*.
- [2] P. Hansen, N. Mladenović, and J. A. M. Pérez. Variable neighbourhood search: methods and applications. *Annals of Operations Research*, 175(1):367–407, 2010.
- [3] R. Martí and F. Sandoya. Grasp and path relinking for the equitable dispersion problem. *Computers & Operations Research*, 40(12):3091–3099, 2013.
- [4] N. Mladenović and P. Hansen. Variable neighborhood search. *Computers & Operations Research*, 24(11):1097–1100, 1997.
- [5] O. A. Prokopyev, N. Kong, and D. L. Martinez-Torres. The equitable dispersion problem. *European Journal of Operational Research*, 197(1):59–67, 2009.

Dinamički lokacijski problem maksimalnog pokrivanja sa više poluprečnika

Stefan Mišković

Matematički fakultet, Studentski trg 16, Beograd
e-mail: stefan@matf.bg.ac.rs

Apstrakt. U ovom radu je prezentovano uopštenje dinamičkog lokacijskog problema maksimalnog pokrivanja, gde se uvodi više maksimalnih poluprečnika pokrivanja. Razvijeni su linearni matematički modeli za nominalnu i robusnu varijantu problema. Algoritam koji rešava problem predstavlja hibridizaciju memetskog algoritma i pristupa zasnovanog na linearnom programiranju. Dobijeni eksperimentalni rezultati pokazuju da je predloženi algoritam efikasno dostigao sva optimalna rešenja.

Ključne reči: Dinamički lokacijski problem maksimalnog pokrivanja, robusna optimizacija, memetski algoritam, linearno programiranje.

1. Uvod

Kod lokacijskog problema maksimalnog pokrivanja (MCLP) je potrebno ustanoviti koje lokacije treba uspostaviti kako bi se maksimizovao ukupan broj članova pokrivenih populacija [2]. Populacija na nekoj lokaciji se smatra pokrivenom ukoliko se nalazi na rastojanju ne većem od dozvoljenog maksimalnog poluprečnika pokrivanja od neke uspostavljene lokacije. Dinamički lokacijski problem maksimalnog pokrivanja (DMCLP) predstavlja uopštenje MCLP kod koga se uvodi više vremenskih perioda, pri čemu tokom različitih perioda broj članova u svakoj populaciji (broj stanovnika ili korisnika u gradovima) po vremenskim periodima može biti različit [5]. U ovom radu je predložena varijanta DMCLP kod koje se razmatra više maksimalnih poluprečnika pokrivanja.

Preciznije, neka je K skup indeksa maksimalnih poluprečnika, I skup gradova, J skup potencijalnih lokacija za uspostavljanje i T skup mogućih vremenskih perioda. Vrednosti populacije u i -tom gradu za vremenski interval t su a_{ti} , $t \in T$, $i \in I$. Nizovi s_k i b_k , $k \in K$, od kojih je pravi rastući a drugi opadajući, predstavljaju vrednosti maksimalnih poluprečnika pokrivanja i mogućnosti pokrivanja za fiksirani poluprečnik. Neka je $N_{ik} = \{j \in J : d_{ij} \leq s_k\}$, $i \in I$, $k \in K$ i p maksimalan broj lokacija koji se može uspostaviti. Za sve $t \in T$ i $k \in K$, binarne promenljive x_{tjk} i y_{tik} označavaju redom da li je resurs $j \in J$ uspostavljen, odnosno da li se grad $i \in I$ može prekriti u trenutku t za poluprečnik s_k . Ramatrani problem se matematički može zapisati na sledeći način:

$$\max z \quad (1)$$

pri uslovima

$$z \leq \sum_{t \in T} \sum_{i \in I} b_k a_{ti} y_{tik} \quad \forall k \in K, \quad (2)$$

$$y_{tik} \leq \sum_{j \in N_{ik}} x_{tjk} \quad \forall t \in T \quad \forall i \in I \quad \forall k \in K, \quad (3)$$

$$\sum_{t \in T} \sum_{j \in J} x_{tjk} = p \quad \forall k \in K, \quad (4)$$

$$y_{tik}, x_{tjk} \in \{0, 1\} \quad \forall t \in T \quad \forall i \in I \quad \forall j \in J \quad \forall k \in K, \quad (5)$$

$$z \geq 0. \quad (6)$$

Funkcija cilja (1) zajedno sa uslovom (2) određuje optimalni odabir uspostavljenih lokacija. Ograničenjem (3) je omogućeno da se samo oni gradovi i za koje postoji bar jedna uspostavljena lokacija j u trenutku t za koju je $d_{ij} \leq s_k$ mogu smatrati pokrivenim. Uslov (4) ograničava ukupan broj uspostavljenih lokacija. Ograničenja (5) se odnose binarne promenljive y_{tik} i x_{tjk} , a ograničenje (6) na nenegativnu promenljivu z .

Problem maksimalnog pokrivanja ima široku primenu u praksi. Na primer, može se koristiti za određivanje lokacija ambulanata ili policijskih stanica u naseljenim mestima. Dinamička verzija problema je posebno korisna u situacijama kada potražnja može varirati u različitim vremenskim intervalima. Ukoliko se na početku vremenskog perioda uspostavi resurs na određenoj lokaciji, na kraju se može zatvoriti i uspostaviti novi [5]. Sa druge strane, u većini slučajeva

je korisno razmatrati potencijal raspoloživih resursa, imajući u vidu maksimalni poluprečnik pokrivanja. Na primer, policijske jedinice smeštene na određenoj lokaciji nisu u mogućnosti da regauju podjednako ukoliko je incident izazvan neposredno pored stanice ili nekoliko stotina kilometara dalje. Zbog toga je značajno uzeti u obzir različite mogućnosti pokrivanja resursa i izabrati najpogodniji, u zavisnosti od konkretne situacije.

2. Robusna matematička formulacija

Robusna optimizacija je pristup za uključivanje nepouzdanosti ulaznih podataka. Ideja je da se, imajući u vidu promenljivost nekih ulaznih podataka, kreira matematički model koji razmatra najgori mogući scenario [1]. Kod robusne varijante predloženog problema, neka parametri populacije variraju u intervalu $[a_{ti}, a_{ti} + \tilde{a}_{ti}]$, $\tilde{a}_{ti} \geq 0$, $t \in T$, $i \in I$. Neka je $G_t = \{i \in I : \tilde{a}_{ti} > 0\}$ skup gradova čije populacije variraju u periodu $t \in T$ i neka su Γ_t , $0 \leq \Gamma_t \leq |G_t|$ celobrojni parametri, koji predstavljaju maksimalan broj gradova čija je populacija podložna variranju. Binarne promenljive u_{tik} , $t \in T$, $i \in I$, $k \in K$ označavaju da li parametar potažnje grada i podleže robusnosti za poluprečnik s_k . Kod robusnog matematičkog modela je potrebno odrediti $\max z$ uz uslove (3) – (6) i

$$z \leq \sum_{t \in T} \sum_{i \in K} b_k(a_{ti}y_{tik} + \tilde{a}_{ti}u_{tik}) \quad \forall k \in K, \quad (7)$$

$$u_{tik} \leq y_{tik} \quad \forall t \in T \quad \forall i \in I \quad \forall k \in K, \quad (8)$$

$$\sum_{i \in I} u_{tik} \leq \Gamma_t \quad \forall t \in T \quad \forall k \in K, \quad (9)$$

$$u_{tik} \in \{0, 1\} \quad \forall t \in T \quad \forall i \in I \quad \forall k \in K. \quad (10)$$

Uslov (7) je sličan uslovu (2), s tim što uzima u obzir i vrednosti \tilde{a}_{ti} . Ograničenjem (8) obezbeđeno je da broj članova u populaciji može varirati samo u pokrivenim gradovima. Broj gradova čija populacija varira u trenutku t ne sme biti veći od Γ_t (uslov (9)). Uslov (10) se odnosi na binarnu promenljivu u_{tik} .

3. Predloženi hibridni algoritam

Predložena hibridizacija memetskog algoritma i tehnike zasnovane na linearnom programiranju (MALP) rastavlja polazni problem na $|K|$ potproblema,

od kojih je svaki ekvivalentan DMCLP. Ako je DMCLP $_k$, $k \in K$ optimalno rešenje DMCLP sa poluprečnikom pokrivanja s_k , vrednost optimalnog rešenja polaznog problema je $\min_{k \in K} \text{DMCLP}_k$. Svaki potproblem ekvivalentan DMCLP je dalje raščlanjen na potprobleme ekvivalente MCLP, od kojih se svaki rešava pomoću memetskog algoritma i CPLEX rešavača koji koristi matematičku formulaciju MCLP. Dobijena rešenja se zatim kombinuju kako bi se konstruisalo rešenje za DMCLP.

3.1. Memetski algoritam za rešavanje MCLP

Memetski algoritam (MA) je heuristika bazirana na populaciji jedinki, koja se sastoji od evolutivnog dela i lokalnog pretraživanja inkorporiranog unutar jedne generacije evolutivnog algoritma [4]. U ovom radu, varijanta MA se koristi za rešavanje MCLP, pri čemu se generiše početno rešenje za primenu LP pristupa. Neka MCLP(k, t, j) označava potproblem ekvivalentan MCLP za poluprečnik s_k , period t i broj lokacija koje se mogu uspostaviti j , $1 \leq j \leq |J|$. Populacija predloženog MA predstavlja skup N_r od $|N_r| = 20$ binarno kodiranih rešenja. Svako rešenje sadrži tačno $|J|$ bitova. Ako se na l -tom bitu nalazi vrednost 1, resurs l , $1 \leq l \leq |J|$ se smatra uspostavljenim. Inače, resurs na lokaciji l nije uspostavljen. Suma svih bitova iznosi tačno j . Neka je sa Q_l označen skup gradova koji se mogu prekriti uspostavljanjem resursa na lokaciji l . Kako bi se povećala efikasnost funkcije cilja, skupovi Q_l su inicijalno određeni. Neka celobrojni parametri δ_i , $i \in I$ predstavljaju broj uspostavljenih lokacija na rastojanju manjem ili jednakom s_k od grada i . Inicijalno su sve vrednosti δ_i jednake 0. Niz uspostavljenih resursa se najpre generiše na osnovu vrednosti koda rešenja. Za svaku uspostavljenju lokaciju, u obzir se uzimaju svi gradovi i iz Q_l , pri čemu se ažurira vrednost parametra δ_i . Ažuriranjem se njegova vrednost uvećava za 1. Ako je $\delta_i = 1$, to znači da postoji bar jedna lokacija čijim je uspostavljanjem pokrivan grad i u periodu t , i u tom slučaju se na vrednost funkcije cilja dodaje $b_k a_{ti}$.

Evolutivni deo MA je zasnovan na optimizaciji rojem čestica (PSO) [3], pri čemu čestice odgovaraju rešenjima iz skupa N_r . Svakom rešenju dodeljuje se binaran vektor pozicije \mathbf{x}_i i realan vektor brzine \mathbf{v}_i , $i \in N_r$ dužine $|J|$. Vektor \mathbf{x}_i odgovara kodu rešenja i . Algoritam PSO se primenjuje samo na trećinu rešenja sa najmanjom vrednošću funkcije cilja, dok se ostala rešenja direktno prosleđuju u narednu generaciju. U svakoj iteraciji l -ti bit vektora \mathbf{x}_i uzima vrednost 1 ako je $r < (1 + e^{-\mathbf{v}_i \cdot l})^{-1}$, a inače vrednost 0. Parametar r se bira uniformno iz intervala $(0, 1)$. Nakon ažuriranja vektora pozicije, broj

jediničnih bitova može biti različit od j . Ako je suma svih bitova s_j veća od j , $s_j - j$ bitova čija je vrednost 1 se proizvoljno biraju i invertuju. Slično, $j - s_j$ bitova čija je vrednost 0 se proizvoljno biraju i invertuju, ukoliko je suma svih bitova manja od j . Ukoliko je nova vrednost rešenja i veća od trenutne najbolje, ažurira se vrednost najboljeg vektora pozicije \mathbf{p}_i . Ako je nova vrednost vektora \mathbf{p}_i veća od vrednosti najboljeg vektora pozicije \mathbf{g} svih rešenja iz skupa N_r , vrednost vektora \mathbf{g} se takođe ažurira. Prilikom ažuriranja vektora brzine rešenja i , najpre se izračunava vektor promene brzine sa $\Delta \mathbf{v}_{i,l} = r_p(\mathbf{p}_i - \mathbf{x}_i) + r_g(\mathbf{g} - \mathbf{x}_i)$, gde je $r_p, r_g \in U(0, 1)$ i $1 \leq l \leq |J|$. Vrednost l -tog dela vektora brzine $\mathbf{v}_{i,l}$ postaje $\mathbf{v}_{i,l} + \Delta \mathbf{v}_{i,l}$, pri čemu se vodi računa da ona mora ostati u intervalu $[0, 1]$.

Lokalna pretraga se u svakoj iteraciji MA primenjuje na sva rešenja iz skupa N_r po 10 puta. Tokom svakog puta proces se ponavlja dok god postoji poboljšanje vrednosti rešenja. U svakom koraku se na proizvoljan način vrši zamena dva bita sa različitim vrednostima. Ukoliko dobijeno rešenje ima veću vrednost funkcije cilja od najboljeg, novo rešenje se postavlja za najbolje. Inače se primenjuje restauracija zamene bitova. Pri prelasku u naredno rešenje iz okoline trenutnog vrši se inverzija dva bita, pri čemu jedan od njih dobija vrednost 1, a drugi 0. Umesto ponovnog računanja funkcije cilja, u oba slučaja se može iskoristiti njena trenutna vrednost, gde se u obzir samo uzimaju promene koje se dešavaju pri invertovanju izabranog bita. Ukoliko bit na poziciji l menja vrednost iz 0 u 1, dovoljno je samo uvećati vrednosti parametara δ_i za sve gradove i iz Q_l . Ako tada grad i postaje pokriven, $b_k a_{ti}$ se dodaje na trenutnu vrednost funkcije cilja. Slično, ukoliko bit na poziciji l menja vrednost iz 1 u 0, dovoljno je umanjiti vrednosti parametara δ_i gradova i iz Q_l . Ako tada neki grad i više nije pokriven, $b_k a_{ti}$ se oduzima od trenutne vrednosti funkcije cilja.

Početne vrednosti bitova rešenja se generišu proizvoljno. Kriterijum zaustavljanja predstavlja maksimalan broj iteracija i iznosi 5000. Memetskim algoritmom se rešava nominalna varijanta problema, dok se pri primeni tehnike zasnovanoj na linearnom programiranju (LP) razmatraju nominalna i robusna varijanta problema, gde se kao ulazna koriste dobijena rešenja iz MA.

3.2. Primena LP tehnike za MCLP

Nakon završene primene MA, koristi se pristup zasnovan na linearnom programiranju u cilju dobijanja optimalnog rešenja za MCLP. Pritom se najbolje rešenje MA koristi kao početno rešenje za CPLEX rešavač. Tokom preliminarnog testiranja je utvrđeno da su ova početna rešenja optimalna ili blizu optimal-

nih, što redukuje ukupno vreme izvršavanja CPLEX-a. Sva početna rešenja CPLEX rešavača su dobijena primenom MA na nominalnu varijantu MCLP, koja predstavlja specijalan slučaj formulacije (1) – (6) za $|K| = 1$ i $|T| = 1$. Ulaz u CPLEX rešavač predstavlja rešenje kod koga su određene vrednosti promenljivih x_j i y_i , što se jednostavno može odrediti na osnovu koda svakog rešenja. Slično, robusna varijanta MCLP je specijalan slučaj robusne varijante polaznog problema. Pritom su početne vrednosti promenljivih u_{tik} jednake nuli.

3.3. Izračunavanje vrednosti DMCLP_k

Neka je M_{ktj} rešenje za MCLP(k, t, j), $p' = \lfloor p/|T| \rfloor$ i neka za celobrojni parametar Δ i skup P_Δ važi $0 \leq \Delta \leq p$ i $P_\Delta = \{p' - \Delta, \dots, p' + \Delta\}$. Vrednost DMCLP_k je jednaka maksimumu među svim sumama $M_{k1j_1} + M_{k2j_2} + \dots + M_{k|T|j_{|T|}}$ za koje je $j_1 + \dots + j_{|T|} = p$. Parametar p je jednak svim zbirovima oblika $j_1 + \dots + j_{|T|}$, gde j_t predstavlja broj raspoloživih resursa za vremenski period t . Ako je $P_\Delta \supseteq \{0, 1, \dots, p\}$, rešenje DMCLP_k je uvek jednako optimalnom. Međutim, cilj je odrediti minimalnu vrednost parametra Δ , tako da je sačuvan kvalitet rešenja. Na taj način se povećava efikasnost algoritma. U ovoj implementaciji je uzeto $\Delta = 2$.

Neka binarne promenljive z_{tj} , $t \in T$, $j \in P_\Delta$ imaju vrednost 1 ako je j resursa uspostavljeno u periodu t , a inače vrednost 0. Vrednost DMCLP_k se može izracunati pomoću linearnog modela, gde je potrebno odrediti $\max \sum_{t \in T} \sum_{j \in P_\Delta} M_{ktj} z_{tj}$ uz uslove:

$$\sum_{j \in P_\Delta} z_{tj} = 1 \quad \forall t \in T, \quad (11)$$

$$\sum_{t \in T} \sum_{j \in P_\Delta} j z_{tj} = p, \quad (12)$$

$$z_{tj} \in \{0, 1\} \quad \forall t \in T \quad \forall j \in P_\Delta. \quad (13)$$

Funkcijom cilja iz modela se izračunava vrednost DMCLP_k. Prema (11), broj raspoloživih resursa tokom jednog perioda je jedinstven. Broj uspostavljenih resursa po svim periodima $t \in T$ je p (12). Ograničenja (13) se odnose na binarne promenljive z_{tj} .

4. Eksperimentalni rezultati

Sve implementacije su izvršene u programskom jeziku C++ pod Windows 7 operativnim sistemom sa procesorom Intel i5-2430M od 2.4 GHz i RAM memorijom od 8 GB. Za testiranje algoritma generisana je instanca na sličan način kao što je to urađeno u [5], budući da odgovarajuće instance nisu bile javno dostupne. Vrednosti parametara su $|T| = 5$, $|I| = 1800$,

$|J| = 100$, $|K| = 3$ i $p = 85$, a poluprečnici pokrivanja iznose $s_1 = 4$, $s_2 = 4.5$ i $s_3 = 5$. Uzeto je i $b_1 = 1.05$, $b_2 = 1$, $b_3 = 0.95$, $x, y \in U[0, 30]$, $a_{ti} \in U[0, 100]$, $\tilde{a}_{ti} \in U[0.05a_{ti}, 0.1a_{ti}]$, $t \in T$, $i \in I$. Vrednosti populacije u gradovima su uvećane za 5 do 10 procenata. Parametar Γ uzima svih 19 vrednosti iz skupa $\{100\gamma : 0 \leq \gamma \leq 18 \wedge \gamma \in \mathbb{N}_0\}$. Za svako fiksirano Γ , MA-LP je pokretan po 15 puta.

U tabeli 1 su prikazani rezultati izvršavanja CPLEX-a 12.1 i MA-LP za generisanu instancu. Značenja naziva kolona su sledeća: Γ – vrednost parametra Γ_t (za sve $t \in T$ je uzeto $\Gamma_t = \Gamma$); CPLEX – optimalno rešenje dobijeno pomoću CPLEX-a; $t_{\text{CPLEX}}[s]$ – vreme izvršavanja CPLEX-a u sekundama; MA-LP – rešenje dobijeno pomoću MA-LP algoritma; $t_{\text{MA}}[s]$ – prosečno vreme izvršavanja algoritma u sekundama.

Na osnovu dobijenih rezultata može se uočiti da je MA-LP dostigao sva optimalna rešenja. Na osnovu dobijenih vremena izvršavanja, jasno se vidi prednost MA-LP u odnosu na CPLEX u pogledu efikasnosti. Za $\Gamma = 1600$, CPLEX-u je bilo potrebno oko sat vremena da dostigne optimalno rešenje, dok je MA-LP sva rešenja dostigao za manje od 170 sekundi. Prosečno vreme izvršavanja CPLEX-a iznosilo je 1142.715 sekundi, a MA-LP 135.933 sekunde, što je oko 8.4 puta brže. Vrednost standardne devijacije iznosi 0 za sve instance. Sa druge strane, jasno je da se sa povećanjem vrednosti Γ vrši i povećanje vrednosti funkcije cilja. Preciznije, dobijeno rešenje se povećava do određene vrednosti, nakon koje ostaje nepromenjeno, iako vrednost parametra Γ i dalje raste. Tako se vrednost rešenja ne menja za $\Gamma \geq 1600$. Iz toga se može zaključiti da je maksimalan broj gradova po svim periodima koji se u optimalnom rešenju može prekriti manji ili jednak 1600, a veći od 1500, budući da se za $\Gamma = 1500$ dobija drugačije rešenje. Najveća vrednost povećanja funkcije cilja iznosi oko 7.5%.

5. Zaključak

U ovom radu je predstavljeno uopštenje dinamičkog lokacijskog problema maksimalnog pokrivanja, kod koga je uveden niz maksimalnih poluprečnika s_k , $k \in K$. Svaki krug poluprečnika s_k čiji je centar lokacija j može prekriti sve gradove i za koje je $d_{ij} \leq s_k$. Dodatno, uvedeni su parametri b_k , koji predstavljaju mogućnost pokrivanja za fiksirani poluprečnik s_k . Razvijen je nominalni i robusni model za predloženi problem, zasnovan na mešovitom celobrojnom programiranju.

Za rešavanje problema prezentovan je metod zasnovan na hibridizaciji memetskog algoritma i pristupa

Tabela 1. Rezultati i poređenja CPLEX-a i MA-LP

Γ	CPLEX	$t_{\text{CPLEX}}[s]$	MA-LP	$t_{\text{MA-LP}}[s]$
0	409348.590	104.785	<i>opt</i>	80.808
100	413742.525	296.993	<i>opt</i>	111.119
200	417467.295	459.793	<i>opt</i>	112.398
300	420789.705	833.516	<i>opt</i>	115.190
400	423789.660	900.562	<i>opt</i>	117.422
500	426494.040	413.766	<i>opt</i>	126.219
600	428960.385	568.199	<i>opt</i>	126.001
700	431180.295	514.457	<i>opt</i>	136.937
800	433153.875	511.041	<i>opt</i>	145.875
900	434890.785	891.213	<i>opt</i>	143.536
1000	436389.030	1921.486	<i>opt</i>	152.006
1100	437638.740	1757.280	<i>opt</i>	154.455
1200	438642.435	1119.891	<i>opt</i>	156.843
1300	439382.790	2094.871	<i>opt</i>	156.749
1400	439844.475	1837.562	<i>opt</i>	160.118
1500	440050.275	1825.733	<i>opt</i>	166.093
1600	440059.830	3163.131	<i>opt</i>	163.613
1700	440059.830	2137.198	<i>opt</i>	162.333
1800	440059.830	360.111	<i>opt</i>	95.019

koji koristi linearno programiranje. Predloženi algoritam razdvaja polazni problem na $|K|$ potproblema, od kojih je svaki ekvivalentan DMCLP. Svaki potproblem se dalje razdvaja na manje probleme ekvivalentne lokacijskom problemu maksimalnog pokrivanja. Dobijena rešenja za svaki MCLP se kombinuju kako bi se konstruisalo rešenje za DMCLP. Konačno, vrednost rešenja polaznog problema je minimum među svim vrednostima rešenja za DMCLP.

Na osnovu dobijenih eksperimentalnih rezultata, može se uočiti da se MA-LP pristup pokazao boljim od CPLEX rešavača u pogledu efikasnosti, pri čemu su dostignuta sva optimalna rešenja. Mogući pravci daljeg rada uključuju modifikaciju predloženog algoritma za rešavanje srodnih lokacijskih problema pokrivanja.

Bibliografija

- [1] **D. Bertsimas, M. Sim.** Robust discrete optimization and network flows. *Mathematical Programming*, 2003, 98, 49-71.
- [2] **R. Church, C.S. ReVelle.** The maximal covering location problem. *Papers of the Regional Science Association*, 1974, 32, 101-118.
- [3] **J. Kennedy, R. Eberhart.** Particle Swarm Optimization. In: *Proceedings of IEEE International Conference on Neural Networks*, 1997, IV, 1942-1948.
- [4] **F. Neri, C. Cotta.** Handbook of memetic algorithms. *Springer, Berlin-Heidelberg*, 2012.
- [5] **M.H.F. Zarandi, S. Davari, S.A.H. Sisakht.** The large-scale dynamic maximal covering location problem. *Mathematical and Computer Modelling*, 2013, 57 (3), 710-719.

The Variable Intensity Neighborhood Search for 0-1 MIP

Petar Jovanović

*Institute of Physics Belgrade, Belgrade, Serbia
e-mail: petarj@ipb.ac.rs*

Tatjana Davidović

*Mathematical Institute of the Serbian Academy of Sciences and Arts, Belgrade, Serbia
e-mail: tanjad@mi.sanu.ac.rs*

Jasmina Lazić

*MathWorks, Inc. Matrix House, Cambridge, United Kingdom
e-mail: jsmnlzc@yahoo.com*

Snežana Mitrović Minić

*Simon Fraser University, Vancouver, Canada
e-mail: snezanam@sfu.ca*

Abstract. We propose a new matheuristic, a heuristic approach based on hybridizing an exact MIP solver with local search through different neighborhoods. This method explores the idea of fixing a subset of variables and invoking exact solver to determine values for remaining variables. The number and variation of variables to be fixed are selected in various ways. Each fixing defines a very large scale neighborhood that is searched by MIP solver. The neighborhood sizes are systematically increased together with the corresponding time limits increasing the intensity of the search. Therefore, we named this method Variable Intensity Neighborhood Search (VINS). The ideas for VINS are drawn from two other matheuristics from the literature: Variable Intensity Local Search (VILS) and Variable Neighborhood Decomposition Search for 0-1 MIP (VNDS-MIP). For the experimental study, we used two types of test examples, benchmarks from the MIPLIB 3.0 and instances of the real life problem of routing barge container ships. To examine the performance of the proposed approach, we compare it against VNDS-MIP. Our preliminary experimental results show that on average our VINS is producing high quality solutions very fast, outperforming the other method with respect to solution quality or running time, and sometimes both.

Keywords: Mixed-Integer Programming, Local Search, Combinatorial Optimization, Hybrid Heuristics.

1. Introduction

Discrete optimization problems are very common in real-world applications. However, the size of instances usually exceeds the capacity of computing resources, despite today's very rapid technological development. Therefore, new and efficient solution methods are always necessary.

Hybridization became a very popular approach to increasing the performance of metaheuristic methods [1, 2]. Special type of hybrids, involving combination of an exact solver and a metaheuristic method are explored in the last decade [3–7]. These hybrids are known under the common name *model-based metaheuristics* or *matheuristics* [8].

Inspired by the general purpose matheuristic Variable Neighborhood Decomposition Search for 0-1 MIP (VNDS-MIP) proposed in [5] and the Variable Intensity Neighborhood Search (VINS), a spe-

cialized hybrid heuristic for multi-resource generalized assignment problem proposed in [6] and later described in detail in Chap. 10 of [8], we develop a new method that combines and improves good characteristics of its ancestors. To evaluate the performance of our VINS, we compare it against VNDS-MIP on two types of test examples, benchmarks from the MIPLIB 3.0 from (<http://miplib.zib.de/miplib3/miplib.html>), and barge container ships routing instances [7]. Our preliminary experimental results show that, for most of the examples, our VINS is superior to VNDS-MIP with respect to both solution quality and running time.

The rest of this paper is organized as follows. In Sect. 2 we recall the Mixed Integer Programming (MIP) formulation for optimization problems. Sect. 3 is devoted to the proposed VINS approach. Experimental study is given in Sect. 4, while Sect. 5 contains concluding remarks and directions for future work.

2. Problem description

A linear Mixed Integer Program (MIP) is a model of an optimization problem whose set of variables can be divided into two nonempty subsets: subset of integer and/or binary variables and a subset of continuous variables. The constraints are linear inequalities, and the objective function is also linear. Thus, MIP can be written as

$$\min f(x) = c^T \cdot x \quad (1)$$

$$A^T \cdot x \leq b, \quad (2)$$

where matrix A and vectors c and b represent problem parameters. Vector $x = (x_1, \dots, x_n)$ contains the decision variables (unknowns) whose values need to be determined in such a way that $f(x)$ is minimized and all the constraints are satisfied. The variables x_i , $i = 1, \dots, n$ can take binary, integer or continuous values, i.e., $x \in \mathcal{B} \times \mathcal{Z} \times \mathcal{R}$, where $\mathcal{B} = \{x_k, x_k \in \{0, 1\}\}$, $\mathcal{Z} = \{x_k, x_k \in \mathbb{Z} \setminus \{0, 1\}\}$, and $\mathcal{R} = \{x_k, x_k \in \mathbb{R} \setminus \mathbb{Z}\}$.

Many real life problems may be represented in a MIP form. Several well known examples include vehicle routing problems, scheduling, packing, facility location, network flow. There is variety of efficient approaches for solving these problems either exactly or heuristically. However, real life instances are usually of very large sizes and the development of new powerful heuristics is often needed.

3. VINS - The proposed matheuristic

VINS is a generalization of VNDS-MIP matheuristic [5] which defines new patterns for subproblem generation by fixing and relaxing subsets of problem variables. First step of the algorithm is to solve the linear relaxation of MIP. After that it finds the first feasible solution for MIP. The distances between each corresponding variable value in the solution of linear relaxation and the first feasible solution are calculated, and the variables are sorted by these distance values. Variables which are close to the value in linear relaxation solution are considered to offer less space for improvement.

As in VNDS-MIP, neighborhoods are defined in the space of variable states. A variable state is said to be fixed if the optimizer is not allowed to change the value of that variable during the optimization process. Otherwise, a variable state is relaxed, meaning that the optimizer can freely adjust the value of the variable. The neighborhoods have the following patterns for each iteration of the search:

- N1: $\alpha\%$ of the worst variables are released;

- N2: variable set is divided into 10 bins and $\alpha/10\%$ worst variables are released within each bin;
- N3: starting at random position $\alpha\%$ variables are released;
- N4: at 10 random positions, $\alpha/10\%$ variables are released;
- N5: $\alpha\%$ of the best variables are released;
- N6: variable set is divided into 10 bins and $\alpha/10\%$ best variables are released within each bin;
- N7: $\alpha/2\%$ of best and worst variables are released;
- N8: within 10 equal bins the same pattern as in N7 is applied;
- N9: random $\alpha\%$ variables are released;
- N10: in 10 equal bins, random $\alpha/10\%$ variables are released.

Neighborhood N1 is in line with the original VNDS-MIP method described in [5] where the parameter α was changing from 10 to 100 by an increment of 10. Terms "best" and "worst" variables here refer to lowest and highest distance of the variable value from the value in linear relaxation solution, respectively. Parameter α defines the percentage of variables to be released and used in the search, i.e. the neighborhood size. The neighborhood change patterns are iterated in round robin fashion. When they are all explored, the neighborhood size is increased, and the search is restarted in N1. Whenever an improvement is achieved, the new best solution is added as a constraint on the solution value, and the variables are resorted according to the distance between values in current solution and the linear relaxation solution. The details of the proposed procedure are given as Algorithm 1.

4. Experimental results

The algorithm is coded in C++ and executed on a 3.9 GHz quad core Intel i7 4770 CPU with 8 GB of RAM. As the exact MIP solver CPLEX 11.2 is used. To assure fair comparison, VNDS-MIP is executed in the same environment. The parameter α was taking values 40%, 60%, 80% and 100%, and the time limit for each neighborhood size was set respectively to 200, 400, 1000 and 2100 seconds, giving 1 hour total execution limit per problem instance.

Table 1 contains the comparison results on barge container ships routing problem instances. In the first three columns the problem size (expressed by number of ports n , total number of variables with number of binary variables in brackets, and the number of constraints, respectively) is given. The remaining two

Algorithm 1 VINS

Input: MIP , $alphas$, $time_limits$ Solve linear relaxation of MIP to obtain $linx$.Calculate x , the first feasible solution for MIP . $bestx \leftarrow x$. $improvement \leftarrow true$.**while** $t < Tlim$ **do** **if** $improvement$ **then** Sort variables according to $x - linx$. $improvement \leftarrow false$. **end if** $N \leftarrow NextNeighborhood$ **if** $N = null$ **then** $\alpha \leftarrow NextAlpha$ **if** $alpha = null$ **then**

break

end if $N \leftarrow N1$ **end if** $Release(N, \alpha)$. $x \leftarrow MIPSolve(MIP, time_limit)$. $improvement \leftarrow improved(x)$ **if** $improvement$ **then** $bestx \leftarrow x$. Add objective constraint $f(x) < f(bestx)$. **end if****end while**

column pairs contain the best objective function value and the corresponding running time for VNDS-MIP and VINS. The values in each cell represent average results for 5 instances of the same size. The results presented in Table 1 show that solution quality is the same for both methods on smaller examples. However, VINS is superior with respect to running time. For the largest instances, as well as in total, VINS outperformed VNDS-MIP with respect to both solution quality and running time.

The comparison results on miplib3 instances are presented in Table 2. The instance name is given in the first column of this table. The next two columns contain the size of the instance: total number of variables and number of binary variables in brackets, and the number of constraints, respectively. The next two column pairs contain the best objective function value and the corresponding running time for VNDS-MIP and VINS. The last two columns show ranks of VNDS-MIP and VINS, respectively. Rank of a method is defined as 1 if it produces better solution and 2 otherwise. If the solution quality is the same, both methods have rank equal to 1.5. As can be seen from Table 2, VINS performs slightly better than VNDS-MIP on average.

Table 1. Computational results on barge container ships routing problem instances

n	number of		VNDS-MIP		VINS	
	var.	constr.	best.obj.	min.time	best.obj.	min.time
10	352 (110)	398	-23274.62	12.65	-23274.62	3.36
15	752 (240)	818	-17916.31	131.15	-17916.31	78.75
20	1302 (420)	1388	-25016.45	3875.02	-25000.51	861.33
25	2002 (650)	2108	-25247.86	3727.64	-26663.73	1509.67
av.			-22863.82	1936.61	-23213.80	613.28

5. Conclusion

A new matheuristic VINS for solving large scale MIPs is designed combining two other approaches VILS and VNDS-MIP and tested on two types of test examples. VINS is a general purpose hybrid method that searches through several neighborhoods differing with respect to both type and size. Our preliminary experimental study shows that, in most of the examples, VINS is outperforming previous method producing high quality solutions in reasonable time.

The further development of VINS should include parameter tuning, the evaluation of neighborhoods efficiency, their proper selection and ordering, and learning how to order the decision variables and reduce the search space relying on the availability of previously generated solutions.

Acknowledgements. *This work has been partially supported by Serbian Ministry of Science, grant Nos. ON174010, ON174033 and ON171017 and NSERC.*

References

- [1] E.-G. Talbi. A taxonomy of hybrid metaheuristics. *J. Heur.*, 8:541–564, 2002.
- [2] E.-G. Talbi, ed. *Hybrid metaheuristics*. Springer, 2013.
- [3] M. Fischetti and A. Lodi. Local branching. *Mathematical Programming*, 98(2):23–47, 2003.
- [4] P. Hansen, N. Mladenović, and D. Urošević. Variable neighbourhood search and local branching. *Comput. Oper. Res.*, 33(10):3034–3045, 2006.
- [5] J. Lazić, S. Hanafi, N. Mladenović, and D. Urošević. Variable neighbourhood decomposition search for 0–1 mixed integer programs. *Computers and Operations Research*, 37(6):1055–1067, 2010.
- [6] S. Mitrović-Minić and A. P. Punnen. Local search intensified: Very large-scale variable neighborhood search for the multi-resource generalized assignment problem. *Discrete Optimization*, 6(4):370–377, 2009.
- [7] V. Maraš, J. Lazić, T. Davidović, and N. Mladenović. Routing of barge container ships using MIP heuristics. *Applied Soft Computing*, 13(8):3515–3528, 2013.
- [8] V. Maniezzo, T. Stützle, and S. Voss, editors. *Matheuristics: hybridizing metaheuristics and mathematical programming*, volume 10. Springer, 2009.

Table 2. Computational results on miplib3 instances

inst.	no.var.	no.constr.	VNDS-MIP		VINS		Ranks	
			best.obj.	min.time	best.obj.	min.time	VNDS-MIP	VINS
10teams	2025 (1800)	230	924	25.899	928	6.578	1	2
air03	10757 (10757)	124	340160	2.609	340160	0.703	1.5	1.5
air04	8904 (8904)	823	56137	73.203	56137	12.078	1.5	1.5
air05	7195 (7195)	426	26374	129.516	26374	16.265	1.5	1.5
arki001	1388 (415)	1048	7580814.512	297.031	7589104.642	13.75	1	2
bell03a	133 (39)	123	878430.316	4.922	878430.316	1.969	1.5	1.5
bell5	104 (30)	91	8966406.492	0.469	8966406.492	0.156	1.5	1.5
blend2	353 (231)	274	8.077526	1.203	7.598985	0.047	2	1
cap6000	6000 (6000)	2176	-2451377	57.313	-2451239	0.219	1	2
dano3mip	13873 (552)	3202	696.6666667	1932.344	691.1352941	3341.61	2	1
danoint	521 (56)	664	66.5	1.469	65.66666667	1.203	2	1
dcmulti	548 (75)	290	188194.6	3599.969	188182	0.109	2	1
dsbmip	1937 (160)	1182	-305.198175	1.406	-305.198175	0.187	1.5	1.5
egout	141 (55)	98	568.1007	0.078	568.1007	0.094	1.5	1.5
enigma	100 (100)	21	0	0.078	0	0	1.5	1.5
fast0507	63009 (63009)	507	174	96.641	174	237.812	1.5	1.5
fiber	1298 (1254)	363	405935.18	2.313	405935.18	0.188	1.5	1.5
fixnet6	878 (378)	478	3983	0.75	3983	1.453	1.5	1.5
gen	870 (144)	780	112313.3627	0.094	112313.3627	0.187	1.5	1.5
gesa2	1224 (240)	1392	25779856.37	6.969	25779856.37	1.954	1.5	1.5
gesa2_o	1224 (384)	1248	25779856.35	32.625	25780031.43	5.235	1	2
gesa3	1152 (216)	1368	27991042.65	15.922	27991042.65	2.953	1.5	1.5
gesa3_o	1152 (336)	1224	27991042.65	4.828	27991042.65	0.219	1.5	1.5
gt2	188 (24)	29	21166	0.031	21166	0	1.5	1.5
harp2	2993 (2993)	112	-73868341	3183.375	-73899770	30.062	2	1
khb05250	1350 (24)	101	106940226	3.672	106940226	0.484	1.5	1.5
1152lav	1989 (1989)	97	4722	6.641	4722	0.828	1.5	1.5
lseu	89 (89)	28	1120	0.703	1120	0.313	1.5	1.5
markshare1	62 (50)	6	5	911.025	5	2395.391	1.5	1.5
markshare2	74 (60)	7	14	1649.634	15	2576.063	1	2
mas74	151 (150)	13	11801.18573	1135.188	11801.18573	215.282	1.5	1.5
mas76	151 (150)	12	40005.05414	0.859	40005.05414	7.078	1.5	1.5
misc03	160 (159)	96	3360	0.328	3360	0.578	1.5	1.5
misc06	1808 (112)	820	12850.86074	0.828	12850.86074	0.437	1.5	1.5
misc07	260 (259)	212	2810	3.531	2810	21.828	1.5	1.5
mitre	10724 (10724)	2054	115155	2.845	115155	0.515	1.5	1.5
mkc	5325 (5323)	3411	-558.544	1590.234	-563.846	202.031	2	1
mod008	319 (319)	6	307	0	307	0.031	1.5	1.5
mod010	2655 (2655)	146	6548	0.359	6548	0.25	1.5	1.5
mod011	10975 (96)	4480	-54558535.01	384.321	-54558535.01	19.328	1.5	1.5
noswot	128 (75)	182	-41	0.016	-41	1.703	1.5	1.5
nw04	87482 (87482)	36	16862	32.902	16862	7.453	1.5	1.5
p0033	33 (33)	16	3089	0.047	3089	0.125	1.5	1.5
p0201	201 (201)	133	7615	0.75	7615	0.203	1.5	1.5
p0282	282 (282)	241	258411	0.703	258411	0.093	1.5	1.5
p0548	548 (548)	176	8691	0.172	8691	0.328	1.5	1.5
p2756	2756 (2756)	755	3124	6.422	3124	0.281	1.5	1.5
pk1	86 (55)	45	11	45.484	10.99999995	29.406	2	1
pp08a	240 (64)	136	7350	4.641	7350	0.344	1.5	1.5
pp08aCUTS	240 (64)	246	7350	3.016	7350	0.422	1.5	1.5
qiu	840 (48)	1192	-132.8731369	2111.469	-132.8731369	6.203	1.5	1.5
qnet1	1541 (1288)	503	16029.69268	2.938	16029.69268	3.36	1.5	1.5
qnet1_o	1541 (1288)	456	16029.69268	3.125	16029.69268	0.485	1.5	1.5
rentacar	9559 (55)	6803	30356760.98	3.125	30356760.98	0	1.5	1.5
rgn	180 (100)	24	82.19999924	0.031	82.19999924	0.031	1.5	1.5
rout	556 (300)	291	1077.56	117.844	1077.56	22.641	1.5	1.5
set1ch	712 (240)	492	54537.75	8.109	54537.75	1.203	1.5	1.5
seymour	1372 (1372)	4944	425	89.078	423	2556.313	2	1
stein27	27 (27)	118	18	0	18	0.046	1.5	1.5
stein45	45 (45)	331	30	0.078	30	0.328	1.5	1.5
swath	6805 (6724)	884	471.033123	1326.672	478.027556	428.827	1	2
vpm1	378 (168)	234	20	0.172	20	0	1.5	1.5
vpm2	378 (168)	234	14	0.109	13.75	0.125	2	1
AVERAGE			2113361.622	300.287746	2112999.07	193.26	1.52	1.48

Railway maintenance optimisation problems – A survey

Danijela Đorić^{1,2}, Rachid Benmansour²

Said Hanafi², Nenad Mladenović^{1,2}, Raca Todosijević²

¹ Institut de Recherche Technologique Railenium, F-59300 Famars, France

² LAMIH-UMR CNRS 8201, Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis, Le Mont Houy, 59313

Valenciennes Cedex 9, France

e-mail: danijela.djoric@railenium.eu

Abstract. In the past, railway maintenance actions were usually planned based on the knowledge and experience of the railways company. The main goal was to provide a high level of safety, and there was little concern for economic and operational optimisation issues. Today, however, the deregulated competitive environment and budget limitations are forcing railway companies to move from safety limits to cost-effective maintenance limits to optimise operation and maintenance procedures. These maintenance railway optimisation problems have been studied from a mathematical perspective for decades. The aim of these article is to summarize some of the most important problems which have been presented in literature with the re models.

Keywords: optimisation, maintenance, railways, metaheuristics

1. Introduction

Railway optimization problems have been studied from a mathematical programming perspective for decades. This is particularly true for design problems, but not only for them. The design of a complete railway system is highly complex and is naturally divided into sub-problems; they are not independent, the choices taken to solve one of the sub-problems heavily influence the others. Most of these problems turn out to be NP-hard and have a huge size, but the decomposition helps to apply mathematical techniques in order to find more effective solutions. Among railway optimization problems, the best known are those dealing with the main phases needed in the completion of the Railway System construction. These phases are performed in sequence since the solution of the problem if containing all the different features, would be too complex. The most studied research areas are Line Planning, Train Timetabling, Train Platforming, Rolling Stock Circulation, Train Unit Shunting and Crew Planning. In recent years, the focus is on individual problem aspects in order to understand precisely where the inherent complexity of railway optimization lies.

2. Maintenance optimisation

There are many aspects of maintenance that can be the subject of optimization, including decisions regarding maintenance intervals, balance of corrective and preventive maintenance, grouping of maintenance activities, and the timing of maintenance and renewal. Academic literature presents a range of methods for optimization and decision support for maintenance of critical infrastructure, but so far, these have rarely been adopted by the studied industries (OPTIRAIL 2013). According to standards, maintenance is a “combination of all technical, administrative and managerial actions during the life cycle of an item intended to retain it in, or restore it to, a state in which it can perform the required function” (EN 13306). The maintenance activities themselves are performed either as corrective maintenance after a disturbing equipment failure has occurred, or preventive maintenance to reduce the probability of future breakdowns (Swanson, 2001). The generalised systematic periodic maintenance, which was the general practice a few decades ago, is not currently the best practice (because it is costly, requires track possession and results in the deterioration of the components; in particular in respect of data quality level, old working approaches completely miss the target of 100% completeness and correctness making full automation of the new working methods

impossible). This kind of maintenance has progressively been replaced by “Condition-based maintenance” (CMB) (UIC 2010).

The objective is to seek the optimal strategies for the management of the infrastructures that can cover the life cycle of the optimal management. It is a question of using the analyses results of wear (parameters of reliability) to calculate preventive intervention periods (systematic and/or conditional) of equipment maintenance (optimal maintenance strategies). That implies an optimal management of the “spare parts” throughout the life cycle.

Although there are many problems related to railway infrastructures, the time limitation imposed by the paper will allow us the possibility to address only a few of them. Therefore, the global objectives will be limited to six problems of railway maintenance optimization.

2.1. Preventive maintenance planning

Budai et al. introduce the preventive maintenance scheduling problem (PMSP), where a schedule for the maintenance activities has to be found for one link so that the sum of the possession costs and the maintenance costs are minimized (Budai et al., 2006). The aim is to consider the clustering of maintenance activities on the same link in a network in order to reduce the disturbance of railway traffic. A mathematical programming formulation and two heuristics are proposed to solve this NP-Hard problem. When the number of routine works increases, then it is difficult to solve the PMSP to optimality within a few hours. Therefore, the need to propose some new approximate approach techniques is obvious. One of the most successful so called metaheuristics, or a framework for building a heuristic, is the Variable neighborhood Search (VNS) methodology.

2.2. Problem of cyclical scheduling maintenance

Related to the PMSP problem, there is another issue to invoke, especially when the costs associated with preventive maintenance are significant. More precisely, we propose to solve the problem of cyclical scheduling maintenance activities under a certain given cost-structure assuming a fixed cycle length

(Grigoriev et al., 2006). It is also assumed that there is a number of machines m (or infrastructures) and a time interval T . During each period of the time interval T , at most m machines can be serviced. When machine i is serviced, a given non-negative servicing cost of b_i is incurred, regardless of the period. In each period t , a machine i not yet serviced is in operation; this incurs an operation cost of $g_i(t)$. a_i , where a_i is a given positive integer, and $g_i(t)$ is the number of periods elapsed since the last servicing of the machine i . The problem is now to determine a maintenance schedule such that total servicing costs and operating costs are minimized. Since the problem is NP-Hard (more than 12 hours to solve instance with $m=10$ and $T=18$), approximate methods that give a good (close to optimal) schedule in a very short time will be investigated. The presented models can also be extended to solve many types of practical problems, since in reality there are many additional constraints.

2.3. Joint scheduling of maintenance and spare parts

Maintenance efficiency of industrial systems is an important economic issue especially for a multi-component system (Elhadaf et al., 2012). The main difficulties arise while choosing the maintenance actions, such as minimal repair or replacement, which minimize cost of maintenance and maximize the reliability. Most of the maintenance models assume that the replacement items are drawn from an infinite stock (Tsai et al., 2004). However, in some real life situations, this is not the case. As a matter of fact, most of the published studies treat the maintenance and spare parts inventory policies separately or sequentially.

The availability of spare parts is an important factor in maintenance efficiency (Martorell et al., 2002). Therefore, in the last decades, many researchers have proposed joint optimization of spare parts inventory and maintenance policies (Ilgin and Tunali, 2007). Therefore, for this problem, we examine planning of the preventive maintenance actions for multi-component system during its lifetime. This planning aims to determine, for each component of the system, the optimal ordering

time and the optimal preventive replacement time.

2.4. Classification of equipment in maintenance process

The investment cost of a new infrastructure is very high, and the cost of maintaining the entire infrastructure in a good condition is a tremendous task. So, it is necessary to select and prioritize both equipments and maintenance actions. The aim regarding this action is to present an appropriate approach to deal with the problem of classifying equipment with respect to their importance for maintenance purpose. In fact, a multi-criteria approach is a suitable one, in this case when mono-criteria approach is no longer applicable (Chelbi and Ait-Kadi, 2002). The adopted method is able to point out the group of equipment considered as a strategic one (from a certain viewpoints), and which consequently deserves more attention and deeper analysis. Audit and improvement of processes to: synchronize work between maintenance teams; better coverage planned activities; deploy a management by objectives for each team/each technician-coordinate logistics operations.

2.5. The track maintenance scheduling problem

To realize a maintenance project, qualified technicians, tools, and spare parts are required. In general, the periods assigned to the maintenance teams are limited, and their duration is reduced. These constraints are related to the objectives of commercial profitability. After completing the project, the maintenance team has to start the second project, and so on. Each time, the costs associated with transporting, crews, and heavy machinery between consecutive project locations are very high. This asks for minimizing the travelling distance while all the projects are carried out by suitable teams and at suitable times (Peng et al., 2011). Generally, TMSP can be formulated either as a time space network (TSN) model, or a vehicle routing problem (VRP) model with side constraints. An iterative approach was proposed to solve the large-scale TMSP model. We propose to design the methods that will help to improve solution speed and optimality when dealing with

industrial problems. To improve the management of this process, we can also benefit from an organizational change by using a rail-road system. In that sense, the network disruption is lower and the mobilization of equipped railcar is limited.

2.6. Technician routing and scheduling problem

The Technician Routing and Scheduling Problem (TRSP) deals with a limited crew of technicians K that serves a set of requests R . In the TRSP, each technician has a set of skills, tools, and spare parts, while requests require a subset of each. The problem is then to design a set of tours of minimal total duration such that each request is fulfilled exactly once, within its time window, by a technician with the required skills, tools, and spare parts. It is important to note that the departure of technicians may be delayed to minimize the waiting time at each visited request, thus reducing the duration of tours. The TRSP naturally arises in a wide range of settings, including transport, telecoms, public utilities, and companies planning maintenance operations. The TRSP can be seen as an extension of the Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW), where technicians play the role of vehicles and requests are made by clients. Thus, it belongs to the class of NP-Hard problems. (Pillac 2011.)

A distinctive feature of this problem is that it introduces several compatibility constraints between technicians and requests. While skills are intrinsic attributes, technicians may carry different tools and spare parts over the planning horizon. Technicians start their tour from home, with a set of tools (renewable resources) and spare parts (consumed once the technician serves a request) that allow them to serve an initial set of requests. Technicians may have the opportunity to replenish their tools and spare parts at a central depot at any time to service more requests.

3. Conclusion

The goal of the maintenance optimization process is to select the appropriate maintenance techniques for each piece of equipment within a system and identify its periodicity to achieve regulatory requirements; to select maintenance targets concerning safety, equipment reliability, and system availability/costs. When

maintenance optimization is effectively implemented it will: (1) improve system availability, (2) reduce overall maintenance costs, (3) improve equipment reliability, and (4) improve system safety.

Optimization methods have long been considered as the best choice for solving NP-Hard problems. These methods, which use classical mathematical analysis techniques, have been successively improved by many contributions. It remains true, however, that many problems resist to be solved exactly by the current methods. As a consequence, hybrid methods (integration of optimization methods, simulation and statistics) have attracted attention as possible alternatives or supplements to the more classical approaches. Generic hybrid methods are also part of the techniques developed to solve different optimization problems. With the integration of computers in the planning process, discrete optimization methods became available for the optimization of international, national, and regional public rail transport. A growing number of railroad problems has become solvable by using modern optimization techniques and increasing power of computers.

Analysing the survey we found out that for the solving these railways maintenance optimization problems and the meet there objectives is necessary to apply new metaheuristics technics. Most of the previously defined problems can be solve by VNS, because the VNS algorithm has been successfully applied to optimization problems in different fields, such as logistics, transportation, clustering, location, scheduling etc. The success of VNS is mainly because it exhibits the desirable properties of metaheuristics (Hansen et al., 2008, 2010), such as simplicity, robustness, user-friendliness, and generality. Also, the idea for the solving these problems use Variable Neighborhood Decomposition Search with Pseudo-Cuts, Formulation space search techniques, Mixed Integer Programs (MIPs) and simulation modeling and optimization.

References

- [1] **Optirail**, *Characteristics of different approaches to and frameworks for maintenance optimization methodologies*, 2013.
- [2] **EN 13306:2010** - *Maintenance. Maintenance terminology*, 2010.
- [3] **Swanson, L.** *Linking maintenance strategies to performance. International Journal of Production Economics*, 2001, 70, 3, pp. 237-244.
- [4] **UIC** *Maintenance of high speed lines 2010*.
- [5] **G Budai, D Huisman and R Dekker** Scheduling preventive railway maintenance activities. *Journal of the Operational Research Society* 57, 1035–1044, 2006.
- [6] **A. Grigoriev, J. van de Klundert and F.C.R. Spiekma**, Modeling and solving the periodic maintenance problem. *European Journal of Operational Research* 172, 783–797, 2006.
- [7] **H. Elhadaf, R. Benmansour, H. Allaoui, M. Tkiouat, A. Artiba**, Preventive maintenance scheduling for a multi-component system and spare parts inventory. *Asset Management & Maintenance Journal*, 25(2), 2012.
- [8] **Y.T. Tsai, K.S. Wang, and L.C. Tsai**, A study of availability-centered preventive maintenance for multi-component systems. *Reliability Engineering & System Safety*, 84(3):261–270, 2004.
- [9] **S. Martorell, A. Sanchez, S. Carlos, and V. Serradell**, Comparing effectiveness and efficiency in technical specifications and maintenance optimization. *Reliability Engineering & System Safety*, 77(3):281–289, 2002.
- [10] **M.A. Ilgin and S. Tunali**, Joint optimization of spare parts inventory and maintenance policies using genetic algorithms. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 34(5):594–604, 2007.
- [11] **A. Chelbi and D. Ait-Kadi**, Classement des équipements par ordre de priorité pour la maintenance : une approche multicritère. *Decision sciences*, 11, 1-22, 2002.
- [12] **F. Peng, S. Kang, X. Li and Y. Ouyang**, A Heuristic Approach to the Railroad Track Maintenance Scheduling Problem. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering* 26, 129–145, 2011.
- [13] **V. Pillac** *Dynamic vehicle routing: solution methods and computational tools. Phd thesis 2012*.
- [14] **P. Hansen, N. Mladenović and J.A. Moreno-Pérez**, Variable neighborhood search: methods and applications (invited survey). *Annals of Operations Research* (175): 367–407, 2010.

VNS-based Approach to Minimum Cost Hybrid Berth Allocation Problem

Tatjana Davidović

*Mathematical Institute of the Serbian Academy of Sciences and Arts, Belgrade, Serbia
e-mail: tanjad@mi.sanu.ac.rs*

Nataša Kovač

*Maritime Faculty, University of Montenegro Kotor, Montenegro
e-mail: knatasa@ac.me*

Zorica Stanimirović

*Faculty of Mathematics, University of Belgrade, Belgrade, Serbia
e-mail: zoricast@matf.bg.ac.rs*

Abstract. This study considers the Minimum Cost Hybrid Berth Allocation Problem (MCHBAP) with fixed handling times of vessels. The goal of MCHBAP is to minimize the total costs of waiting and handling, as well as earliness or tardiness of completion, for all vessels. It is well known that even simpler variants of Berth Allocation Problems are NP hard. Therefore, meta-heuristic methods represent the natural choice to deal with MCHBAP. A new optimization method based on the deterministic variant of Variable Neighborhood Search (VNS) method is developed. Namely, we define three types of neighborhoods based on *sequence pair* solution representation and incorporated them into Variable Neighborhood Descent (VND) environment. The proposed VND implementation is tested on two sets of examples and compared with other metaheuristic approaches from the recent literature. Our computational results show that the proposed VND is able to find optimal solutions for real life test instances significantly faster than other methods. On randomly generated instances, VND outperformed other methods with respect to the running time with negligible deterioration of solution quality for 4 out of 15 examples.

Keywords: Meta-heuristics, Local Search, Scheduling vessels, Handling cost, Earliness/tardiness.

1. Introduction

The Berth Allocation Problem (BAP) assumes that the berth layout of a port is given, along with a set of vessels that are to be served within the planning time horizon. The main goal is to assign a berthing position and a berthing time to each incoming vessel to be served within a given time horizon in order to minimize some objective [1]. Vessels are represented by the expected time of arrival, the size, anticipated handling time, a preferred berth in the port, and penalties. BAP is proved to be NP-hard in [2].

Various approaches to different variants of BAP can be found in recent literature [1, 3–7]. In this study, the case of static hybrid BAP [3] is considered with the objective to minimize the total cost of berthing and penalties of earliness and delay of each vessel. We refer to this variant as Minimum Cost Hybrid Berth Allocation Problem, MCHBAP. This variant of BAP was introduced in [8], the Mixed Integer Linear Programming formulation (MILP) was proposed and used with CPLEX 11.2 and MIP-based meta-heuristics on real life test instances. The proposed formulation was shown to be very complex, and it was

not possible to obtain optimal solutions for the examples with more than 20 vessels. Therefore, nature inspired meta-heuristic approaches were proposed for dealing with larger problem instances: Bee Colony Optimization (BCO) method [6] and Evolutionary-based approach (EA) [7].

We now propose a new approach, based on the Variable Neighborhood Search (VNS) method. VNS is a simple and effective meta-heuristic method based on local search procedure [9, 10]. The basic idea of VNS is the systematic change of neighborhoods both within a descent phase, to find a local optimum, and a perturbation phase to escape from the corresponding valley. VNS has been widely used to address combinatorial and global optimization problems [10]. It has already been applied to minimum cost discrete BAP in [4]. The considered variant of BAP penalizes tardiness and awards earliness of vessels. Discrete BAP is simpler than MCHBAP, since each vessel occupies only one berth. Therefore, it was easy to define several neighborhood structures for VNS. The results presented in [4] show that VNS is able to provide optimal solutions for all small size instances and to out-

perform concurrent algorithms on large instances.

These results inspired us to apply VNS to MCHBAP. As the first attempt we use deterministic variant of VNS called Variable Neighborhood Descent (VND). The proposed VND is compared against existing heuristic methods proposed in the literature for solving MCHBAP: BCO and EA. Our computational results show that the proposed VND produces high-quality solutions and outperforms existing meta-heuristic approaches with respect to CPU time.

The rest of this paper is organized as follows. Sect. 2 contains the description of MCHBAP. Sect. 3 is devoted to the proposed VND approach. Experimental evaluation is given in Sect. 4. Concluding remarks and the directions for future work are in Sect. 5.

2. Problem description

As described in [8], input data of MCHBAP are:

- l : The total number of vessels;
- m : The total number of berthing positions;
- T : The total number of time segments in the planning horizon;
- $vessel$: The sequence of data describing vessels with the following structure ($k = \overline{1, l}$):

$vessel = \{(ETA_k, a_k, b_k, d_k, s_k, c_{1k}, c_{2k}, c_{3k}, c_{4k})\}$. The elements of a 9-tuple $vessel$ represent the following data for each vessel: The expected arrival time (ETA_k), the processing time (a_k), the length (b_k), the required departure time (d_k), the least-cost berthing location for reference point (s_k) and the associated costs for missing the preferred berth (c_{1k}), speeding up (c_{2k}) or slowing down (c_{3k}) the vessel and missing the the departure time (c_{4k}).

A feasible solution of MCHBAP satisfies two sets of constraints: each berth can be assigned to only one vessel at time segment $t \in T$, and a berth is allocated to the vessel only between its arrival and departure times. The goal of MCHBAP is to minimize total penalty cost for a feasible solution including: the penalty incurred as a result of missing the least-cost berthing location of the reference point; the penalties resulted by the actual berthing earlier or later than the expected time of arrival and the penalty cost induced by delaying the departure after the promised due time. The last three terms influence the objective function in case they are positive. More precisely, the objective function can be expressed as follows:

$$f = \sum_{k=1}^l (c_{1k}\sigma_k + c_{2k}(ETA_k - At_k)^+ + c_{3k}(At_k - ETA_k)^+ + c_{4k}(Dt_k - d_k)^+), \quad (1)$$

$$\text{where } (a - b)^+ = \begin{cases} a - b, & \text{if } a > b, \\ 0, & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (2)$$

σ_k denotes the distance from the least-cost berthing location of the reference point, calculated as

$$\sigma_k = \sum_{t,i} \{|i - s_k| : \text{vessel } k \text{ is at position } (t,i)\}, \quad (3)$$

and At_k and Dt_k represent actual berthing and departure times for a $vessel_k$, respectively.

3. Proposed VNS-based approach to MCHBAP

The proposed VND is based on *sequence pair* solution representation introduced in [11]. It involves two types of permutations, denoted as H i V , which describe the positions of vessels in the port. These permutations are formed based on the following rules: (a) if vessel j precedes vessel i in the permutation H , than vessel i "can not see" vessel j on "left-up" view, (b) if vessel j precedes vessel i in the permutation V , than i "can not see" j on "left-down" view.

Each allocation may be represented as a pair of permutations (H, V) , while each pair (H, V) corresponds to a class of allocations. Pair of permutations (H, V) is often used for the VLSI layout design problems that require creating tight packed elements, since the total used space is to be minimized [11]. This requirement is explored to break the ties when decoding (H, V) for these problems.

Differently from VLSI layout design problems, MCHBAP requires allocation of vessels such that the total cost is minimized. Therefore, the decoding process has to differ. We have developed a procedure that finds the best reference point for each vessel starting from a pair of permutations H and V , in such a way that allocations of vessels are still defined by the constructed pair (H, V) .

Our VND algorithm starts with creating an initial solution by forming initial groups of vessels. The conflicted vessels (regarding their most preferred berths and ETA parameter values) are placed in the same group. If a group has a single element, the vessel from this group is not conflicted with other vessels. Therefore, it can be directly allocated on the cheapest possible position for this vessel.

After allocating single element groups, remaining groups of vessels are sorted in non-increasing order regarding their cardinality, and the vessels are allocated on available positions. Vessels belonging to the same group are sorted in non-decreasing order according to their ETA parameter values, and placed one by one in the port (starting from left to right) on the cheapest available position. In this way, a feasible initial solution is obtained, which represents a starting point for creating initial permutations H and V . Furthermore, based on the obtained initial solution, we

identify the group of vessels that are not placed on their most preferred positions. This group is denoted as ωS , and the vessels included in ωS are sorted in non-increasing order of their costs with respect to the current best solution. During the algorithm's run, the structure of ωS may change, but the elements are always sorted according to the corresponding costs.

The proposed VND uses three types of neighborhoods, which are used only for the vessels from ωS . We always start from the vessel in ωS with the highest cost and later process vessels with lower costs. For a given size k , $k = 1, 2, 3, \dots, k_{max}$, the neighborhoods are used in the following order:

(i) *ChangePositionH*: selected vessel is first moved k positions to the left in permutation H , and if there is no improvement, the same vessel is moved k positions to the right in H , while permutation V remains unchanged,

(ii) *ChangePositionV*: selected vessel is first moved k positions to the left in permutation V , and if there is no improvement, the same vessel is moved k positions to the right in V , while permutation H remains unchanged,

(iii) *ChangePositionHV*: combination of *ChangePositionH* and *ChangePositionV*, where all possible changes of H and V are considered.

Parameter k_{max} depends on the current position of the selected vessel and can take values between 1 and $l-1$.

4. Experimental results

In order to compare the efficiency of the proposed VND with existing metaheuristic approaches from [6, 7], two sets of test instances were considered. The first set contains real-life instances for BAP proposed in [12], which involve 21 up to 28 vessels, 12 berths and the time horizon of 54 units. The second set of instances is a subset of randomly generated BAP data set from [5], with 35 vessels, 8 berths, and 112 time units. The instances from the second set are considered as hard, since exact solver could not find optimal solutions within a half an hour time limit.

All experiments were conducted on an Intel Pentium 4, with 3.00-GHz CPU and 512 MB of RAM running on the Microsoft Windows XP Professional Version 2002 Service Pack 2 operating system. The proposed VND is coded in the Wolfram Mathematica v8.0 programming language, as well as the BCO and EA [6, 7]. BCO and EA methods are run 10 times on each test example with different seed values with the time limit of 10 minutes of CPU.

The obtained results are presented in Tables 1 and 2. In the first column of Table 1, the number of vessels for real-life test instances are given, while

the first column of Table 2 contains instance's number. Objective values corresponding to optimal/best known solutions are given in the second column, with the heading *Opt* and *BK*, respectively. Next columns are related to the results obtained by BCO [6], EA [7] and the VND approach proposed in this paper.

Table 1. Results for real-life test examples:
 $l \in \{21, \dots, 28\}$, $m = 12$, $T = 54$

		BCO	EA	VNS
1	Opt	AvgT(s)	AvgT(s)	minT(s)
21	4779	8.41	196.35	0.50
22	4983	4.97	119.44	0.55
23	5193	4.25	189.85	0.61
24	5643	13.52	109.25	0.66
25	5953	5.30	156.82	0.67
26	6298	18.25	156.12	0.83
27	6478	8.14	188.95	0.89
28	6980	18.12	324.74	0.95
av.	5778.375	10.12	180.19	0.71

Since for real life instances, all methods were always able to generate optimal solutions, Table 1 contains only CPU times. From results presented in Table 1, it can be seen that the proposed VND approach showed to be superior comparing to both BCO and EA. The average running time of VND through all real-life instances is 0.71 seconds, compared to 10.71 seconds and 180.19 seconds of average running times of BCO and EA, respectively.

In each run of BCO and EA, the best found total cost is memorized and the minimal values obtained after 10 executions of algorithms are presented in the columns named *Best*. After 10 runs of BCO and EA, the corresponding average values are calculated and presented in columns named *AvgC* and *AvgT*, respectively. The resulting gap $G\%$ (percentage of relative error) of *AvgC* from the optimal *Opt* or best-known *BK* objective value is calculated as $100 \cdot (AvgC - Opt) / Opt$, or $100 \cdot (AvgC - BK) / BK$.

For the VND method, the best total cost is presented in the column *Best*, and the corresponding CPU time is given in the column *minT*. The resulting gap $G\%$ of the best VNS solution *Best* is calculated in similar way as in the case of BCO and EA method.

By analyzing the results presented in Table 2, which are obtained on the subset of randomly generated test instances, it can be seen that VND still has shortest average running time (28.5 s) compared to BCO (86.74 s) and EA (240.27s). EA showed the best performance regarding solution quality, since it reached best-known solution in all considered examples. However, BCO produced solutions with

Table 2. Results for generated test examples: $l = 35, m = 8, T = 112$

Inst. no.	BK	BCO				EA				VNS		
		Best	AvgC	AvgT(s)	G(%)	Best	AvgC	AvgT(s)	G(%)	Best	minT(s)	G(%)
1	717	718	718	143.75	0.1395	717	717	104.44	0	717	20.94	0
2	491	491	491	54.00	0	491	491	282.21	0	493	1.44	0.4073
3	683	683	683	51.80	0	683	683.4	246.88	0.0586	683	15.26	0
4	554	554	554	237.64	0	554	554	169.15	0	554	123.11	0
5	594	594	594	40.41	0	594	594	114.75	0	594	91.34	0
6	486	486	486	41.42	0	486	486	108.11	0	486	1.72	0
7	543	543	543	34.09	0	543	543	583.80	0	543	149.66	0
8	554	554	554	52.30	0	554	554.6	267.55	0.1083	554	2.27	0
9	531	531	531	34.84	0	531	531	207.60	0	537	1.40	1.1299
10	486	486	486	42.31	0	486	486.6	487.42	0.1235	486	1.834	0
11	480	480	480	190.81	0	480	480	108.38	0	480	1.43	0
12	573	573	573	145.77	0	573	573	188.12	0	578	1.98	0.8726
13	520	520	520	47.23	0	520	520	116.29	0	520	7.02	0
14	557	557	557	59.77	0	557	557	135.95	0	569	3.62	2.1543
15	627	627	627	124.95	0	627	632.2	483.35	0.8293	627	4.43	0
av.		559.8	559.8	86.74	0.0093	559.7	560.2	240.27	0.0746	561.4	28.50	0.3043

lower average gap (0.0093%), compared to both EA (0.0746%) and VND (0.3043%). In four cases, the best solutions obtained by the proposed VND have certain gaps from the best-known solutions. However, in these four cases, the VND running times were significantly shorter compared to corresponding running times of BCO and EA approaches.

5. Conclusion

MCHBAP with fixed handling times of vessels is considered. A new optimization method based on VND is proposed and compared with the state-of-the-art approaches. Our preliminary computational results show that the proposed VND is competitive with the best performing metaheuristic methods (BCO and EA). Solutions of similar quality are obtained much faster with our VND. Presented results indicate that VNS based methods represent a promising approach to MCHBAP, as well as other variants of BAP. The future work will be directed to further improvements of the proposed VND approach, developing new VNS based methods and possible combinations with other metaheuristic or exact solvers.

Acknowledgements. *This work has been partially supported by Serbian Ministry of Science, grant Nos. OI174010, OI174033.*

References

- [1] C. Bierwirth and F. Meisel. A survey of berth allocation and quay crane scheduling problems in container terminals. *EJOR*, 202:615–627, 2010.
- [2] A. Lim. The berth planning problem. *OR letters*, 22(2):105–110, 1998.
- [3] C. Bierwirth and F. Meisel. A fast heuristic for quay crane scheduling with interference constraints. *J. Schedul.*, 12(4):345–360, 2009.
- [4] P. Hansen, C. Oğuz, and N. Mladenović. Variable neighborhood search for minimum cost berth allocation. *EJOR*, 191(3):636–649, 2008.
- [5] S. Kordić, B. Dragović, T. Davidović, and N. Kovač. Combinatorial approach to exactly solving discrete and hybrid berth allocation problem. (*submitted*), 2014.
- [6] N. Kovač. Bee colony optimization algorithm for the minimum cost berth allocation problem. In proc. *BALCOR 2013*, pp. 245–254, BG-Zlatibor, Serbia, 2013.
- [7] N. Kovač, T. Davidović, and Z. Stanimirović. Evolutionary algorithm for the minimum cost hybrid berth allocation problem. In proc. *IISA 2015*, accepted, Ionian University, Corfu, Greece, 2015.
- [8] T. Davidović, J. Lazić, N. Mladenović, S. Kordić, N. Kovač, and B. Dragović. Mip-heuristics for minimum cost berth allocation problem. In proc. *ICTTE 2012*, pp. 21–28, Belgrade, Serbia, 2012.
- [9] N. Mladenović and P. Hansen. Variable neighborhood search. *Comput. & OR*, 24(11):1097–1100, 1997.
- [10] P. Hansen, N. Mladenović, J. Brimberg, and J. A. Moreno Pérez. Variable neighborhood search. In M. Gendreau and J.-Y. Potvin, eds., *Handbook of Metaheuristics*, pp. 61–86. (sec. ed.) Springer, 2010.
- [11] H. Murata, K. Fujiyoshi, S. Nakatake, and Y. Kajitani. VLSI module placement based on rectangle-packing by the sequence-pair. *IEEE Trans. Comput.-Aided Des. Integr. Circ. and Syst.*, 15(12):1518–1524, 1996.
- [12] D. Changa, Z. Jiang, W. Yan, and J. He. Integrating berth allocation and quay crane assignments. *Transport. Res. E*, 46(6):975–990, 2010.

Basic variable neighborhood search for the bipartite unconstrained 0-1 quadratic programming problem

Aleksandar Kartelj

*Faculty of Mathematics, University of Belgrade, Studentski Trg 16, 11000 Belgrade, Serbia
e-mail: kartelj@matf.bg.ac.rs*

Zorica Dražić

*Faculty of Mathematics, University of Belgrade, Studentski Trg 16, 11000 Belgrade, Serbia
e-mail: zdrazic@matf.bg.ac.rs*

Nenad Mladenović

*Mathematical Institute, Serbian Academy of Sciences and Arts, Kneza Mihaila 36, 11000 Belgrade, Serbia
e-mail: nenad@turing.mi.sanu.ac.rs*

Abstract. In this paper a bipartite unconstrained 0-1 quadratic programming problem is considered. This problem has numerous applications and it is known to be NP-hard so it provides a challenging area for metaheuristics. In order to solve this problem we developed a variable neighborhood search (VNS) based heuristic. The proposed VNS method was tested and compared with the performance of other optimization heuristics from the literature. Computational results show some advantages of this new approach.

Keywords: Variable neighborhood search, Quadratic programming, 0-1 variables, Graphs, Optimization.

1. Introduction

The *bipartite unconstrained 0-1 quadratic programming problem* (BQP) discussed in this paper is a generalization of the well known *unconstrained 0-1 quadratic programming formulation problem*. Let us consider a complete bipartite graph $G = (V, E)$ where V denotes the set of vertices and E denotes the set of edges. Let $I = \{1, 2, \dots, m\}$ represent the set of vertices on the left-hand side of the graph, $J = \{1, 2, \dots, n\}$ the set of vertices on the right-hand side of the graph and $V = I \cup J$. The set E represents the set of edges that connect the vertices in I with the vertices in J . To each vertex $v \in V$ a weight c_v is assigned. Further, for each $(i, j) \in E$ a weight q_{ij} is assigned corresponding to the edge connecting vertices $i \in I$ and $j \in J$. Weights on the vertices and edges can be positive, negative or zero. BQP consists of finding a subgraph of G that maximizes the sum of the weights associated with the chosen vertices and the edges that connect them, i.e. selecting the set $S \subseteq V$ such that $\sum_{v \in S} c_v + \sum_{i, j \in S} q_{ij}$ is maximized.

In [1] authors studied the BQP and identified a several polynomially solvable special cases of this problem. Several heuristic approaches based on construction and local search algorithms and their combinations for solving BQP were proposed in [2]. In

[4] authors combined branch and bound with iterated local search heuristic. A hybrid heuristic which combined a tabu search algorithm with a very-large scale neighborhood search was proposed in [5]. There are some other well known combinatorial optimization problems that can be modelled as BQP: maximum weight biclique [3], matrix factorization [6], maximum cut on bipartite graphs [7].

In this paper we propose a Variable neighborhood search heuristic for solving BQP problem (Section 2). Experimental results and comparison with other heuristics from the literature are presented in Section 3 and finally Section 4 presents the conclusions.

2. Variable neighborhood search for BQP

Variable neighborhood search (VNS) [8] is a local search based metaheuristic which has been successfully applied to a wide variety of both global and combinatorial problems. Let N_k , $k_{\min} \leq k \leq k_{\max}$, be a finite set of pre-selected neighborhood structures that will be used in the search. The basic idea of this method is to explore these neighborhoods in a search for a better solution. In this way the search process can avoid traps of local optima and it could be directed to some new regions of the search space. In each VNS iteration the neighborhood of the cur-

rent solution can be systematically changed according to given neighborhood structures, in order to find a better solution. The basic VNS randomly chooses a neighbor of the current solution in the shaking step, runs a local search from it to get a local optimum, and resumes the search from this new solution if there has been an improvement. Otherwise, the neighborhood structure is systematically changed.

The proposed VNS algorithm for BQP uses a binary representation of the solutions. The solution S of BQP is represented by a binary vector X of length $m + n$, where first $|I| = m$ elements represent the vertices from the left-hand side of the graph, followed by $|J| = n$ elements representing the vertices from the right-hand side of the graph and $V = I \cup J$. If the element on the l -th position, $1 \leq l \leq m + n$, in the binary vector X has the value of 1, it indicates that the vertex $v_l \in V$ is included in the solution set of vertices S of the problem. Otherwise, a bit with the value of 0 indicates that the corresponding vertex is not included in the set S .

Let us define the *weight potential* of each vertex which will be used in the algorithm. Let U be the set of all vertices that have not been selected to the set S . For each vertex $i \in U$ the weight potential $w_p(i)$ is defined as $w_p(i) = c_i + \sum_{j \in U} q_{ij}$.

The initial solution for VNS is generated using the construction procedure C1 from [4]. Starting from the empty set S (i.e. solution vector X with all elements equal to 0), we randomly select a vertex from a restricted list of top candidates that will be added to the set S . This list of potential candidates is made on the basis of the *initial potential* of each vertex which is defined as follows. For each left-hand side vertex $i \in U$ the initial potential $w_p^{init}(i)$ is defined as $w_p^{init}(i) = c_i + \sum_{j \in S} q_{ij} + \sum_{j \in U} \max(0, q_{ij})$ where U is the set of all vertices that have not been selected to the set S . The similar expression is formulated for a right-hand side vertices $j \in U$. The candidates for adding to the set S are all vertices $u \in U$ with weight potential which satisfies $w_p^{init}(u) \geq w_{\max} \cdot (1 - \alpha)$, where $w_{\max} = \max_{u \in U} w_p^{init}(u)$ and α is a given parameter.

After adding a vertex to the set S , the initial potentials of some vertices must be changed. Suppose that a right-hand side vertex $j \in U$ has been added to the set S . All initial potentials of the left-hand side vertices $i \in U$ are updated using the following expression: $w_p^{init}(i) = w_p^{init}(i) - \max(0, q_{ij}) + q_{ij}$. Similar expression for updating the initial potentials of the right-hand side vertices is used in the case when the left-hand side vertex is added to the set S .

The initial solution is created when all initial potentials of the unselected vertices are strictly negative,

i.e. $w_p^{init}(u) < 0$ for all $u \in U$.

The objective function value $f(S)$ for a feasible solution S is calculated as the sum of all weights of vertices and edges from the S , i.e. $f(S) = \sum_{v \in S} c_v + \sum_{i,j \in S} q_{ij}$.

Defining the effective neighborhood structures is crucial in VNS. The neighborhood $N_k(X)$, $k_{\min} \leq k \leq k_{\max}$, of the solution X is defined as a set of all vectors X' which differ from X in k positions. More precisely, solution vertex sets S' and S obtained from vectors X' and X respectively, differ in exactly k vertices. The shaking procedure chooses a random solution X' in the neighbourhood $N_k(X)$ as follows. For a given k , first we choose k random integer numbers from $\{1, \dots, m + n\}$. This vector (ind_1, \dots, ind_k) represents the indices of the elements from the solution vector X which will be modified. Next, we change the binary value of elements of vector X on those positions. If $X(ind_l) = 0, l = 1, \dots, k$ (the vertex is not included in the set S) we add this vertex to the set S i.e. $X(ind_l) = 1$. Otherwise, if $X(ind_l) = 1, l = 1, \dots, k$ (the vertex is already in the set S) we remove it from S by changing $X(ind_l) = 0$. The resulting vector is denoted as X' .

Starting from solution S' , represented by the solution vector X' , obtained by shaking, the local search procedure explores a small neighborhood of X' searching for a better solution. The local search developed for solving BQP uses 1-swap neighborhood. For each vertex we follow the next steps. If the vertex v is included in the solution and its potential is negative ($w_p(v) < 0$) we remove it from the solution. Otherwise, if the vertex v is not included in the solution and its potential is positive ($w_p(v) > 0$) we add it to the solution. After each adding/removing the vertex from the solution the weight potentials of some vertices are modified in the similar way as previously described. The best improvement strategy was used.

For each solution obtained in the local search we update the objective function value in the following way. For each vertex $v \in V \setminus S'$ which is added to the solution S' , we update the objective function value as $f(S' \cup \{v\}) = f(S') + w_p(v)$. On the other hand, for each vertex $v \in S'$ which is removed from the solution S' , the objective function value is updated by $f(S' \setminus \{v\}) = f(S') - w_p(v)$. The best solution from local search is denoted as S'' .

After obtaining the solution S'' from the local search, represented by the vector X'' , we have to compare it to the incumbent solution S so we can make a decision whether or not to accept it. Since the BQP is the problem of maximization, if the objective function value of the local optimum is greater than the objective function value of the incumbent solu-

tion, i.e. $f(S'') > f(S)$, we move there and continue the search with the same neighborhood N_k . If $f(S'') < f(S)$ we repeat the search with the same S and the next neighborhood N_{k+1} . Finally, in the case when $f(S'') = f(S)$ we move to S'' with probability p and continue the search with the same neighborhood from S'' and with probability $1 - p$ we continue the search with the same S and the next neighborhood N_{k+1} .

Whenever k_{\max} is attained, the search continues with the first neighborhood $N_{k_{\min}}$. This is repeated until the stopping criterion is met. Input parameters for VNS are the minimal and the maximal number of neighborhoods that should be searched, k_{\min} and k_{\max} , the maximal number of iterations $itermax$ or the maximum CPU time allowed $tmax$, the probability p of moving from one to another solution with the same objective function value and parameter α which is used for obtaining the initial solution.

3. Computational results

In this Section we present computational results obtained by VNS algorithm proposed in this paper for solving BQP problem. The algorithm was implemented in C programming language. All computational experiments have been performed on Intel Xeon 2.33GHz under Windows 7 operating system.

To test the performance of our algorithm, the computational experiments were carried out on a set of instances from the literature [2], available at <http://www.cs.nott.ac.uk/~dxk/>. These instances are classified into five categories according to the graph types: random, max biclique, max induced subgraph, max cut and matrix factorization instances. Each category contains three kinds of instances: small instances ($m = \{20, 25, 30, 35, 40, 45, 50\}$, $n = 50$), medium instances ($m = \{200, 400, 600, 800, 1000\}$, $n = 1000$) and large instances ($m = \{1000, 2000, 3000, 4000, 5000\}$, $n = 5000$). We compare the results obtained by VNS with the best known solutions according to the [4].

We used the following parameter values for VNS: $k_{\min} = 2$, $k_{\max} = 500$, $itermax = 5000$, $p = 0.4$ and $\alpha = 0.3$. Table 1 presents the results of the proposed VNS approach compared with the published results obtained on the same set of 25 medium size test instances by two ILS algorithms (ILS-C1 and ILS-C2) from [4]. In the first column the name of the algorithm is given. The second column, labeled as π , contains the values of parameter π used by ILS-C1 and ILS-C2 algorithms. The last two columns contain the average objective function value (Avg. Obj.) and the average CPU time in seconds (CPU seconds). As it can be seen from Table 1 the average objective

function value obtained by the proposed VNS (equal to 1771607.72) is better than average objective function values obtained by ILS-C1 and ILS-C2.

Method	π	Avg.obj.	CPU seconds
ILS-C1	0.10	1753657.20	47.01
	0.20	1745306.32	50.43
	0.30	1712148.16	59.60
	0.40	1642497.24	67.95
ILS-C2	0.10	1757667.40	40.75
	0.20	1744390.40	44.56
	0.30	1697604.08	55.30
	0.40	1669465.88	62.61
VNS		1771607.72	71.57

Table 1. Comparison of VNS and two ILS variants on medium size instances

Table 2 shows the comparison of five heuristics from the literature with the proposed VNS on the set of 50 medium and large size instances. We compared the results obtained by three best procedures from [2]: $V_1^{ex}(R)$ (VND exhaustive algorithm combining Alternating and Flip local searches), $M(V_1^{ex})$ (Multi-Start metaheuristic) and $R_{m/3}^m$ (Multi-Start Row-Merge construction heuristic), the best results obtained by the algorithms ILS-C1 and ILS-C2 from [4] and results obtained by the proposed VNS. From Table 2 it follows that proposed VNS outperformed all the other heuristics considering the average objective function values.

Method	Avg.obj.	CPU seconds
$V_1^{ex}(R)$	13369203.60	1.71
$M(V_1^{ex})$	13873178.39	327.09
$R_{m/3}^m$	14420402.57	327.09
ILS-C1	13650410.42	653.71
ILS-C2	14337611.18	160.00
VNS	14462376.20	846.27

Table 2. Comparison of VNS and five heuristics on medium and large size instances

Finally, in Table 3 we compare our VNS method with the best heuristic from [5] called *Hybrid* which combines a tabu search algorithm with a very large scale neighborhood search and the results obtained by ILS-C2 from [4] on the same set of medium and large size instances. All three algorithms were executed with a stopping criterion $tmax = 1000s$.

4. Conclusion

This paper is devoted to the bipartite unconstrained 0-1 quadratic programming problem. For

Method	Avg.obj.
Hybrid	14575952.58
ILS-C2	14455832.30
VNS	14448674.82

Table 3. Comparison of VNS, Hybrid and ILS-C2 on medium and large size instances

solving this problem we propose a Variable neighborhood search based heuristic and compare the obtained results with several heuristics from the literature.

Future work may include use of more complex neighborhood structures for solving BQP, or usage of other types of local search and initialization procedures.

Acknowledgements. *This research was supported by Serbian Ministry of Education, Science and Technological Development under the grants No. 174010.*

References

- [1] **A.P. Punnen, P. Sripratak, D. Karapetyan.** The bipartite unconstrained 0-1 quadratic programming problem: Polynomially solvable cases. *Discrete Applied Mathematics*, 2015.
- [2] **D. Karapetyan, A.P. Punnen.** Heuristic algorithms for the bipartite unconstrained 0-1 quadratic programming problem. *arXiv preprint arXiv:1210.3684*, 2012.
- [3] **C. Ambühl, M. Mastrolilli, O. Svensson.** Inapproximability results for maximum edge biclique, minimum linear arrangement, and sparsest cut. *SIAM Journal on Computing*, 2011, 40(2), 567 - 596.
- [4] **A. Duarte, M. Laguna, R. Martí, J. Sánchez-Oro.** Optimization procedures for the bipartite unconstrained 0-1 quadratic programming problem. *Computers & Operations Research*, 2014, 51, 123-129.
- [5] **F. Glover, T. Ye, A.P. Punnen, G. Kochenberger.** Integrating tabu search and VLSN search to develop enhanced algorithms: A case study using bipartite boolean quadratic programs. *European Journal of Operational Research*, 2015, 241 (3), 697-707.
- [6] **N. Gillis, F. Glineur.** Low-rank matrix approximation with weights or missing data is NP-hard. *SIAM Journal on Matrix Analysis and Applications*, 2011, 32 (4), 1149-1165.
- [7] **N. Alon, A. Naor.** Approximating the cut-norm via Grothendieck's inequality. *SIAM Journal on Computing*, 2006, 35(4), 787-803.
- [8] **N. Mladenović, P. Hansen.** Variable neighbourhood search. *Computers & Operations Research*, 1997, 24, 1097-1100.

Heuristic Algorithms for the Location Problem with Flexible Demand

Tatyana Levanova

*Sobolev Institute of Mathematics, Omsk Branch, Omsk, Russia
e-mail: levanova@ofim.oscsbras.ru*

Alexander Gnusarev

*Omsk F.M. Dostoevsky State University, Omsk, Russia
e-mail: alexander.gnussarev@gmail.com*

Abstract. This work is devoted to development of heuristics algorithms for NP hard facility location and design problem with flexible demand. There is a set of demand points and its subset of potential locations for facilities with different design scenarios. There are pre-existing competitive facilities. The customer demand is flexible, it depends on the total utility the customer derives from facilities. The goal is to optimize simultaneously the locations, and scenarios taking into account the maximum level of budget and pre-existing competitive facilities maximizing the attracted demand share. Unlike the majority of facility location models the customer demand is not fixed, it depends on the total utility the customer derives from this facility. We construct Simulated annealing and Variable neighborhoods descent algorithms, adjust control parameters that significantly affect the quality of the solutions and propose neighborhoods of a special type. An experimental analysis of algorithms built on the basis of the models of the special social structure is done, showing their advantage over the CoinBonmin solver built into GAMS system.

Keywords: discrete optimization, location problems, heuristic, variable neighborhood descent, simulated annealing

1. Introduction

Recently much attention was given to the approximate methods of solution of combinatorial optimization problems. In last decades a set of heuristics was proposed to solve different practical problems. Such metaheuristics as Genetic algorithm [6], Ant colony optimisation [5, 10], Bee colony [4], Immune system [3], Tabu search [2] and so on came into attention of researchers. This work is devoted to development of Variable neighborhood descent [7] and Simulated annealing [2] algorithms for facility location and design problem with flexible demand [1].

2. Problem Formulation

Many economic situations are described using mathematical models of discrete problems of optimal location. In this paper, heuristics are developed for the following facility location problem [1]. There are a set of points of the demand. A new market participant plans to place facility in them by selecting one of the options (scenarios) of their work. His competitor has already opened his own facilities borrowed some items and satisfied some demand. New participant needs to determine where, how many and which variant to use to open facilities in order to attract the largest volume of demand. The peculiarity of the

problem is that the demand is not fixed, but depends on where and what type of facilities are located. In some papers this type of demand is called “elastic” (see, for example [1]). It leads to the nonlinearity of the objective function corresponding to mathematical model and to the additional difficulties of finding a solution.

The model was proposed by R. Aboolian, O. Berman, D. Krass in [1]. For formulate this model let us introduce the following notations:

N is a set of demand points;

$P \subset N$ is a subset of potential location for facilities;

$C \subset P$ is a subset of pre-existing competitive facilities;

R is a set of design scenarios, $r \in R$;

d_{ij} is the distance function, $i, j \in N$.

w_i is the weight of demand of customer i ;

a_{jr} is the attractiveness of the facility opened in point $j \in S$ with scenario r ;

β is the distance sensitivity parameter;

λ_i is the characteristic of flexible demand in point i ;

c_{jr} is the opening cost.

Problem variables: $x_{jr} = 1$, if facility is opened in point j with scenario r ; $x_{jr} = 0$, otherwise.

Utility $u_{ij} = \sum_{r=1}^R k_{ijr} x_{jr}$, where $k_{ijr} = a_{jr} (d_{ij} + 1)^{-\beta}$.

The total utility the customer $i \in N$ receives

from competitive facilities is

$$U_i(C) = \sum_{j \in C} u_{ij}.$$

The demand function

$$g(U_i) = 1 - \exp\left(-\lambda_i U_i\right),$$

where $U_i = \sum_{j \in S} \sum_{r=1}^R k_{ijr} x_{jr} + U_i(C)$ is the total utility for a customer at $i \in N$ from all open facilities.

The company's total share of facility $i \in N$:

$$\begin{aligned} MS_i &= \frac{U_i(S)}{U_i(S) + U_i(C)} = \\ &= \frac{\sum_{j \in S} \sum_{r=1}^R k_{ijr} x_{jr}}{\sum_{j \in S} \sum_{r=1}^R k_{ijr} x_{jr} + \sum_{j \in C} u_{ij}}. \end{aligned}$$

Then the mathematical model will look like:

$$\begin{aligned} \sum_{i \in N} w_i \cdot g(U_i) \cdot MS_i &\rightarrow \max \\ \sum_{j \in S} \sum_{r=1}^R c_{jr} x_{jr} &\leq B, \\ \sum_{r=1}^R x_{jr} &\leq 1, \\ x_{jr} &\in \{0, 1\}, \quad r \in R, j \in S. \end{aligned}$$

In more detail the objective function looks like

$$\begin{aligned} \sum_{i \in N} w_i \left(1 - \exp\left(-\lambda_i \left(\sum_{j \in S} \sum_{r=1}^R k_{ijr} x_{jr} + U_i(C) \right)\right) \right) \cdot \\ \cdot \left(\frac{\sum_{j \in S} \sum_{r=1}^R k_{ijr} x_{jr}}{\sum_{j \in S} \sum_{r=1}^R k_{ijr} x_{jr} + \sum_{j \in C} u_{ij}} \right) \rightarrow \max. \end{aligned}$$

It is known that this location problem is NP-hard [9].

3. Algorithms and Computational Experiment

This paper presents the deterministic variant of Variable neighbourhood search technique [8] and Simulated annealing algorithm (SA) [2] for solving the location problem with flexible demand.

Deterministic variant of Variable neighbourhood search (VNS) is called Variable neighbourhood descent (VND). Unlike basic VNS there is no step "Shaking" in VND [7]. The stopping criteria may be e.g. maximum number of iteration or maximum CPU time. The main steps of Variable neighbourhood descent are described below.

Scheme of VND algorithm

Step 0. Initialization. Define a set S of neighbourhoods \mathcal{N}_k , $|S| = K$, initial solution x , initial record $Rec(x)$ and stopping criterion. Let $k = 1$.

While stopping condition is not satisfied repeat the following steps.

Step 1. Repeat the following steps until $k = K$.

Step 1.1. Exploration of neighbourhood. Find the neighbour $x' \in \mathcal{N}_k(x)$ with the best value $Rec(x')$.

Step 1.2. Move or not. If $Rec(x')$ is better than $Rec(x)$, set $x := x'$, $k := 1$ and continue the search with \mathcal{N}_1 . Otherwise $k := k + 1$.

The important part of VND is a neighborhood set. Two types of neighborhoods were proposed.

Let the vector $z = (z_i)$ be such that z_i corresponds to facility i : $z_i = r$ iff $x_{ir} = 1$. The feasible initial solution z is obtained using special deterministic procedure.

Neighborhood 1

Feasible solution z' is called neighboring for z if it can be obtained with the following steps:

- choose randomly one of the open facilities p with scenario z_p and close it;
- select the facility q which is closed and has higherest attractiveness; then open facility q with the scenario z_p .

Neighborhood 2

Feasible solution z' is called neighboring for z if it can be obtained with the following operations:

- choose randomly one of the open facilities p with scenario z_p and reduce the number of scenario;
- select randomly the facility q and increase the number of scenario of facility q .

Besides the Lin-Kernighan neighbourhood was apply (*Neighborhood 3*).

The frame of Simulated annealing algorithm (SA) is the following [2].

Scheme of SA algorithm

Step 0. Initialization. Specify the initial values of the parameters. Define an initial solution x , initial record $Rec(x)$ and a stopping criterion. Let $k = 1$.

Iteration k , $k \geq 1$.

Repeat the following steps predefined number of times.

Step 1. Generate the neighbour x' of x in neighbourhood \mathcal{N} .

Step 2. If $Rec(x')$ is better than $Rec(x)$, set $x := x'$, otherwise set $x := x'$ with probability p .

Step 3. Change parameters values. While stopping condition is not satisfied, go to the next iteration, $k := k + 1$.

Probability p depends on solution quality and current values of parameters. Experimental tuning of the parameters of both algorithms was carried out.

Computational experiments were carried out with an objective of approbation of introduced algorithms. The comparative analyses of their work with the system GAMS (CoinBonmin solver) on special test examples generated according to [1] is executed.

The test examples consist of two sets with euclidean and arbitrary distances and the following data: each node serves as a potential facility location, $P = N$; there are three different design scenarios for new facilities; the opening costs are identical for all potential locations; the budget limit B is varied between 3 and 9 units in units of 2; the number of customers is varied between 60 and 300; the demand parameter is $\lambda_i = 1$; the higher customer sensitivity to distance ($\beta = 2$).

The search for best known solutions was performed with the use of GAMS system (solver CoinBonmin), on PC Intel i5-2450M, 2.50GHz, memory 2GB. Table 1 contains some information about CPU time for test problems with arbitrary distances. In this experiment, the solver CoinBonmin stopped when it could not improve its record. Stopping criterion for VND was exploration of neighbourhoods without improvement of the solution. The stopping condition for SA was reaching minimum value of temperature parameter. CPU time for VND and SA for achievement of stopping criterion is given in the table. On the average for this time VND received solutions better than GAMS in 1.55 % of the cases, and SA prevailed – in 1.71%. On the test cases with arbitrary distances in 71 cases out of 96 VND found better solutions than the records obtained by GAMS (SA in 75 out of 96). We note however that VND is more than 3 times faster than SA.

The test cases with euclidean distances proved to be difficult for the CoinBonmin solver. In particular the maximum CPU time for test problems with $n = 60$ was more than 63 hours. Therefore CoinBonmin was given 10 min of CPU time on each instance of higher dimensions. Solver CoinBonmin found the best known solutions in 13 cases out of 80. The VND and SA algorithms in less time found new best known solutions for all test problems with euclidean distances with dimensions from 80 to 300.

N	60	150	300
VND	0.75	4.21	12.7
SA	3.4	14.7	55.29
CoinBonmin	154.28	1478.24	5261.6

Table 1. Arbitrary distances, CPU time, sec

4. Conclusion

We created versions of the Simulated annealing and Variable neighbourhood descent algorithms for the location problem with flexible demand. New neighborhoods of a special type were proposed, experimental tuning of the parameters of both algorithms was carried out. Two sets of test examples of special structure were generated. Proposed algorithms found new best known solutions or solutions with small relative error. VND algorithm is faster in comparison with other considered algorithms.

The obtained results indicate the usefulness of the proposed variants of SA and VND algorithms for solving the applied problem. Development of Variable neighborhood search algorithm and its analysis is planned in further.

Acknowledgements. *T. Levanova, A. Gnusarev are supported by RFBR, grant 14-001-00656.*

References

- [1] **R. Aboolian, O. Berman, D. Krass.** Competitive Facility Location and Desing Problem. *European Journal of Operations Research*, 2007, 182(1), 40–62.
- [2] **E. Arts and J.K. Lenstra.** Local Search in Combinatorial Optimization. *Wiley, Chichester*, 1997.
- [3] **D. Dasgupta.** Advances in artificial immune systems. *IEEE Computational Intelligence Magazine*, 2006, 1(4), 40–49.
- [4] **T. Davidović, D. Teodorović, M. Šelmić.** Bee Colony Optimization Part I: The Algorithm Overview. *Yugoslav Journal of Operational Research*, 2015, 25(1), 33–56.
- [5] **M. Dorigo, T. Stützle.** Ant Colony Optimization: Overview and Recent Advances. *In: M. Gendreau and Y. Potvin (eds.), Handbook of Metaheuristics, 2nd ed., Springer, Verlag, New York*, 2010, pp. 227–263.
- [6] **D. E. Goldberg.** Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning. *Reading, MA: Addison-Wesley*, 1989.
- [7] **P. Hansen, N. Mladenovic.** Variable neighborhood search: Principles and applications (invited review) *European J. Oper. Rec.*, 2001, 130(3), 449–467.
- [8] **P. Hansen, N. Mladenovic and J.F. Moreno-Perez.** Variable neighbourhood search: algorithms and applications. *Ann. of Operations Research*, 2010, 175, 367–407.
- [9] **D. Krass, O. Berman, R. Aboolian.** Capturing Market Share: Facility Location and Design Problems. *Proc. of International conference “Discrete optimization and operations research”*, 2013, pp. 7–11.
- [10] **T. V. Levanova, M. A. Loresh.** Algorithms of Ant System and Simulated Annealing for the p-median Problem. *Automation and Remote Control*, 2004, 65 (3), 431–438.

Variable Neighborhood Search for Asymmetric Distance-Constrained Vehicle Routing Problem

Samira Almoustafa

Brunel University, UK,

e-mail: samira.al-moustafa@brunel.ac.uk

Nenad Mladenovic

University of Valenciennes, Valenciennes, France,

e-mail: nenad@mi.sanu.ac.rs

Abstract. The asymmetric distance-constrained vehicle routing problem (ADVDP) looks at finding vehicle tours to connect all customers with a depot, such that the total distance is minimised; each customer is visited once by one vehicle; every tour starts and ends at a depot; and the travelled distance by each vehicle is less than or equal to the given maximum value. We use Variable Neighborhood Search (VNS) as a heuristic to find the best feasible solution for groups of instances. We wanted to determine how far the difference is between the best feasible solution obtained by VNS and the value of optimal solution in order to use the output of VNS as an initial feasible solution (upper bound procedure) to improve multistart method. Unfortunately, based on the search strategy (best first search), using a heuristic to find an initial feasible solution is not useful. The reason for this is because the branch and bound is able to find the first feasible solution quickly. In other words, using a good initial feasible solution as an upper bound will not increase the speed of the search. However, this would be different for the depth first search. However, we found a big gap between VNS feasible solution and an optimal solution, so VNS cannot be used alone unless for large test instances when other exact methods are not able to find any feasible solution because of memory or stopping conditions.

Keywords: distance-constrained vehicle routing problem, Variable Neighborhood Search,

1. Introduction

Distance-constrained vehicle routing problem (DVRP) is an NP-hard problem. It is defined as follows: Find the optimal set of tours with minimum travelled distance to connect the depot to n customers using m vehicles, such that: every customer is visited exactly once; every vehicle starts and ends its tour at the depot; the total travelled distance by each vehicle in the solution is less than or equal to the maximum possible travelled distance [7].

It is an asymmetric DVRP if the distance from vertex i to vertex j is different from vertex j to vertex i . Otherwise, the symmetric DVRP is defined. The literature is rich for symmetric VRPs and poor for asymmetric VRPs, although the symmetric VRPs are considered as a special case of asymmetric VRPs. The exact methods of asymmetric VRPs have a weak performance on symmetric VRPs. Furthermore, the methods designed for symmetric VRP instances may not

be adapted easily to solve asymmetric VRPs. We use a multistart branch and bound method to find the optimal solution to ADVDP, computational experiments show that we are able to exactly solve large test instances with up to 1000 customers, for more information see [1,2,3]. It does not always find a feasible solution and stops due to lack of memory. Moreover, for some large instances when distance constraint is tight, solving them can become harder and the exact method may stop before it finds any feasible solution. For these reasons, in this paper we develop a heuristic based on Variable neighborhood search to find a good feasible solution in a short space of time.

Variable neighborhood search (VNS) is proposed by Mladenovic and Hansen in 1997 [6]. Its basic idea is to use different neighborhoods in order to move from local optima towards the global optima.

We develop heuristic based on VNS to find a good feasible solution in case our exact multistart branch and bound method stops because of memory or stopping conditions.

We use the route-first-cluster-second approach [4] to transfer TSP solution to ADVRP solution.

The structure of this paper is as follows: we explain VNS based heuristic for solving ADVRP. The initialization algorithms are presented in section 2, and the main algorithm VNS-ADV RP is explained with more detail in section 3. The last two sections present the obtained results and the analysis beyond them, conclusion and future research.

2. Initialization Algorithms

We developed a code to solve ADVRP heuristically by using a VNS approach. We call our heuristic VNS-ADV RP. Heuristics for solving VRP variants use two local search types: cluster-first-route-second, or route-first-cluster-second. We use in this paper route-first-cluster-second. Our heuristic VNS-ADV RP in its initialization step, calls two subroutines: INIT-TSP and INIT-ADV RP where TSP is the traveling salesman problem.

We denote n : the number of customers, m : the number of vehicles, D : distance matrix, D_{max} : maximum distance allowed, $ntrial$: the number of iterations, $ntrial_{max}$: the maximum number of iterations, x : the best solution, f_{tsp} : the objective function of TSP solution, $f_{besttsp}$: the best solution to TSP, R : tour.

```

Procedure INIT-TSP( $n, m, D, ntrial_{max}, x, f_{tsp}$ );
1  $f_{besttsp} \leftarrow \infty, ntrial \leftarrow 0$ ;
2 while ( $ntrial < ntrial_{max}$ ) do
3    $ntrial \leftarrow ntrial + 1$ ;
4   RndPermut( $x, f$ )// Build random TSP tour;
5   Swap( $x, x'$ )// Best improvement local search;
6   if  $f(x') < f(x_{tsp})$  then
7      $x_{tsp} \leftarrow x'$ ;
   end
6 end
8  $x \leftarrow x_{tsp}$ ;

```

Algorithm 1: INIT-TSP Algorithm

2.1. INIT-TSP algorithm

INIT-TSP generates a few initial asymmetric traveling salesman problem (ATSP) solutions and improves them. Its steps can be explained in the following way:

- Build a random initial ATSP solution (**RndPermut** procedure).
- Improve the initial solution by a well-known local search (**Swap** procedure).

2.2. INIT-ADV RP algorithm

INIT-ADV RP transforms ATSP solution to ADVRP solution and it has two stages:

```

Algorithm INIT-ADV RP( $n, m, D_{max}, D, x, f, x_{best}, f_{best}$ );
1  $R \leftarrow x; f_{best} \leftarrow \infty$ ;
   (Initial solution to ADVRP);
2 for  $i = 2$  to  $n$  do
3   Cluster customers from big tour  $R(i)$  into subtours  $(R_1, \dots, R_{m'})$  by
   choosing  $x(i)$  as the first customer after the depot, where  $m'$  is the
   number of subtours // Best Improvement;
4   Calculate  $f_i = f(R_1) + f(R_2) + \dots + f(R_{m'})$ ;
5   if  $f_i < f_{best}$  then
      $R_{best} \leftarrow R(i)$ ;
   end
6 end
7  $R_{best} \leftarrow (R_1, \dots, R_m)$  (Improve solution);
8 for  $j = 1$  to  $m$  do
9   Swap( $R_j, R'_j$ ) // Local Search;
10  if  $f'_j < f_j$  then
11     $R_j \leftarrow R'_j$ ;
  end
12 end
13  $f_{best} = f_1 + f_2 + \dots + f_m$ ;
14  $R_{best} = (R_1, \dots, R_m)$ ;

```

Algorithm 2: INIT-ADV RP Algorithm

First stage: build $(n - 1)$ solutions to ADVRP, compare between them and choose the best feasible solution. In case INIT-ADV RP cannot find any feasible solution then we choose based on the value of the new objective function F :

$$F = f_{old} + 100 \times \max\{LT - D_{max}, 0\}.$$

Where LT is the longest tour in the current solution (feasible or infeasible). If the obtained solution is feasible then

$$LT < D_{max}, F = f_{old}.$$

Otherwise, an infeasible solution will be chosen based on the smallest amount of infeasibility.

Second stage: improve each tour in the chosen solution (Swap procedure). The improved solution is used as an initial solution to ADVRP in the VNS-ADV RP algorithm.

3. Main Algorithms for ADVRP

3.1. VNS-ADV RP algorithm

This algorithm is considered the main algorithm in our program where CPU time is used as a stopping condition. Two subroutines are called in a loop in order to improve the initial ADVRP solution as follows:

- Shake ($x; x'; k$): This subroutine swaps k randomly chosen pairs of customers in the k^{th} neighborhood of ($x' \in N_k(x)$). For example if $k = 2$ then two pairs of customers are swapped at random to get a new solution $x' \in N_2(x)$.
- Local Search ($x; x'; x''$): This subroutine searches for a feasible solution by moving a customer from one tour to be inserted in another tour.

The details of VNS-ADVRP algorithm are given in Algorithm 3,

```

Algorithm VNS-ADVRP( $n, m, D, iter_{max}, x_{opt}, f_{opt}, t_{max}, k_{max}$ );
1 INIT-TSP( $n, m, D_{max}, D, iter_{max}, x, f_{tsp}$ );
  // Get initial TSP solution;
2 INIT-ADVRP( $n, m, D_{max}, D, x, f, x_{best}, f_{best}$ );
  // Get initial ADVRP solution;
3  $niter \leftarrow 0$ ;
4 while ( $t < t_{max}$ ) do
5    $niter \leftarrow niter + 1$ ;
6   if ( $niter > niter_{max}$ ) then go to 1;
7    $k \leftarrow 0$ ;
8   while  $k < k_{max}$  do
9     Shake( $x, x', k$ ) // Shaking;
10    LocalSearch( $x', x''$ ) // First improvement;
11    NeighborhoodChange( $x, x'', k$ ) // Change neighborhood;
    end
    t=time();
  end
12  $x_{opt} = x, f_{opt} = f$ 

```

Algorithm 3: VNS-ADVRP Algorithm

3.2. Local Search Algorithms

Local search algorithm uses the first improvement strategy and applies insertion which is a special case of 3-opt. It starts from a solution obtained by shaking which could be feasible or not. Then it inserts every customer $x_i \in T_j$ between any two vertices that belong to all other subtours, except T_j . The cardinality of this insertion is $O(n^2)$. The details of local search algorithm are given in Algorithm 4.

4. Computational Results

All experiments were implemented under windows XP and on intel(R) Core(TM)2 CPU 6600@2.40GHz, with 3.24 GB of RAM. The code is written in FORTRAN. Test Instances. Full asymmetric distance matrices are generated at random using the uniform distribution to generate integer numbers. These integer numbers belong to one of these intervals [1, 100]; [1, 1000]; [1, 10000]. The shortest

distance between every two customers is calculated. The size of test instances between 40 to 1000 customers is categorized. For each $n \leq 200$, two different number of vehicles are used: $m1 = n/20$ and $m2 = n/10$. For instances $240 \leq n \leq 1000$, we use only $m1$. We generate four different distance matrices for each combination of ($n; m$). However; only one distance matrix is generated for large test instances (i.e., $200 < n \leq 1000$). The maximum distance allowed is $D_{max} = \infty$. The maximum CPU time for small test instances is 10 seconds and for large test instances is 100 seconds. All test instances used in this paper can be found on the following web site: <http://www.mi.sanu.ac.rs/~nenad/advrp/>

```

Procedure Local Search( $x', x''$ );
1  $niter \leftarrow 0, Improve \leftarrow true$ ;
2 while ( $Improve$ ) do
3    $niter \leftarrow niter + 1$ ;
4    $Improve = False$ ;
5   for  $i = 2$  to  $n$  do
6     Find in  $x'$  index of the tour  $j$  where customer  $x_i \in T_j$ ;
7     for  $h = 1$  to  $n$  do
8       if  $x_h \notin T_j$  then
9         Insert customer  $x_i$  between vertex  $x_h$  and  $x_{h+1}$ ;
10        if tour improved then
11          Save customer  $x_i$  and vertex  $x_h$  and tour  $T_j$ ;
12           $Improve = true$ ;
13          GoTo 14;
        end
      end
    end
  end
14 if  $Improve$  then
15    $x'' \leftarrow$  (in  $x'$  insert customer  $x_i$  between vertex  $x_h$  and  $x_{h+1}$  in the tour  $T_j$ );
16   Update objective function  $f$ ;
17    $x' \leftarrow x''$ ;
  end
end

```

Algorithm 4: Local Search Algorithm

4.1. Numerical Analysis

We compared two methods: MSBB-ADVRP, and VNS-ADVRP. The summary table contains the number of vertices, the average % *dev* and the average CPU Time in each case, where:

$$\% dev = \frac{f(VNS) - f(bestknown)}{f(bestknown)} \times 100$$

The percentage of error(%*dev*) and the CPU Time increase when number of customers increase. The results we get are not good enough. In addition, when we reduced D_{max} , sometimes we faced difficulties in finding any feasible solution. The reason for

this is probably that the route-first-cluster-second approach is not suitable.

Table 1: Summary Table

<i>n</i>	Average of Group 1		Average of Group 2		Average of Group 3	
	<i>%dev</i>	<i>CPU</i>	<i>%dev</i>	<i>CPU</i>	<i>%dev</i>	<i>CPU</i>
40	5.10	10.00	5.02	10.00	3.80	10.01
60	8.02	10.05	7.48	10.03	8.08	10.05
80	9.50	10.08	7.76	10.09	8.45	10.09
100	11.95	10.15	9.79	10.11	10.61	10.24
120	14.66	10.16	11.93	10.37	8.93	10.27
140	16.61	10.35	15.02	10.30	13.28	10.54
160	18.47	10.47	14.53	10.54	15.26	10.74
180	18.94	10.54	14.87	10.88	14.04	10.84
200	20.96	11.21	16.85	11.97	16.64	11.30
240-400	24.44	103.15	19.85	110.87	18.96	117.30
440-600	24.82	120.97	29.42	121.73	24.13	118.93
640-800	21.99	148.26	33.41	189.65	28.72	362.70
840-1000	18.53	246.66	35.40	394.16	30.14	559.48

We believe that the cluster-first-route-second approach will improve VNS results. However, when the number of customers increases, which may be a realistic urban problem, all exact solution methods fail to reach a solution and a heuristic is the only choice.

5. Conclusion

We use VNS based heuristic to find a feasible solution to ADVRP, but we did not get satisfactory results. The reason for why this is could be in the use of route-first-cluster-second approach. However, the combination of VNS with an exact method could give good results. Using the VNS solution as an initial upper bound for possible depth-first B&B method will reduce the number of active nodes in multi-start branch and bound. Such that, the chance of finding the optimal solution, especially for large instances, will be larger if the value of *Dmax* is tight. In general, this approach can help to resolve the memory problem of MSBB-ADVPRP.

In future research, to improve VNS based heuristic for solving ADVRP; we suggest the use of cluster-first-route-second approach and use of more neighborhood structures within recent VNS methodologies [5].

References

[1] **S. Almoustafa, S. Hanafi, and N. Mladenovic.** Multistart branch and bound for large asymmetric distance-constrained vehicle routing problem. In: A. Migdalas and A. Sifaleras and C.K. Georgiadis and J. Papathanasiou and E. Stiakakis (eds.), Optimization Theory, Decision Making, and

Operational Research Applications., chapter 2, pages 15-38. Springer Proceedings in Mathematics & Statistics 31, 2012.

[2] **S. Almoustafa.** Distance-Constrained Vehicle Routing Problem: Exact and Approximate Solution (Mathematical Programming), PhD Thesis, Brunel university London, 2013.

[3] **S. Almoustafa, S. Hanafi, and N. Mladenovic.** New exact method for large asymmetric distance-constrained vehicle routing problem. European Journal of Operational Research, 226(3):386-394, 2013.

[4] **J. E. Beasley.** Route-first cluster-second methods for vehicle routing. Omega, 11:403-408, 1983.

[5] **B. Jarboui, H. Derbel, S. Hanafi, and N. Mladenovic.** Variable neighborhood search for location routing. Computers & Operations Research, 40:47-57, 2013.

[6] **N. Mladenovic and P. Hansen.** Variable neighbourhood search. Computers and Operations Research, 24(11):1097-1100, 1997.

[7] **P. Toth and D. Vigo.** Vehicle routing problem, SIAM, 2002.

Improved variable neighborhood decomposition search for community detection by modularity maximization

Dušan Džamić

*Faculty of Organizational Sciences, University of Belgrade, Jove Ilića 154, Belgrade, Serbia
e-mail: dusan.dzamic@fon.bg.ac.rs*

Daniel Aloise

*Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Campus Universitario s/n, Natal-RN, Brazil
e-mail: aloise@dca.ufrn.br*

Nenad Mladenović

*Mathematical Institute, Serbian Academy of Sciences, Knez Mihajlova 35, Belgrade, Serbia
e-mail: nenad@crt.umontreal.ca*

Dragan Urošević

*Mathematical Institute, Serbian Academy of Sciences, Knez Mihajlova 35, Belgrade, Serbia
e-mail: draganu@turing.mi.sanu.ac.rs*

Abstract. The analysis of complex networks is playing an important role in computer science, biology and social sciences, among other fields. Many real life networks like communication networks, biological and social networks display community structure which identifies groups of nodes within which connections are denser than between them. Community detection is an interdisciplinary subject with a vast spectrum of applications that has attracted the interest of many researchers in various fields in the past few years. The most used criterion for that purpose, despite some recent criticism, is modularity maximization, proposed by Newman and Girvan. In this paper we present a Variable Neighborhood Decomposition Search (VNDST) for solving the modularity maximization problem, with addition mechanism to overcome the local maximum. The performance of our VNDST algorithm we evaluate on the well-known set of instances of clustering problems from the 10th DIMACS Implementation Challenge. Experimental results show that the proposed VNDST algorithm outperforms other algorithms from the literature.

Keywords: community detection, modularity maximization, clustering, variable neighborhood search

1. Introduction

Many systems in real world exist in the form of network, such as biological network, social network, World Wide Web network, transportation network etc., which are also called complex network. Complex network has been one of the most popular research areas in recent years due to its applicability to the wide scale of disciplines [1], [2]. Many networks display “community structure”: the nodes in networks are often found to cluster into tightly

knit groups with a high density of within group edges and a lower density of between group edges [2]. The goal is to uncover the real community structure in complex network. The research on complex network clustering is of fundamental importance for both the theoretical significance and practical applications on analyzing network topology, comprehending network function, unfolding hidden law of network and forecasting network activities, which has been used in many areas, such as

organization management and recognition, biological network analyzing, web community mining, topic based web document clustering, search engine, link prediction, etc. [3].

Community detection in network (graph) refers to finding subset of vertices in a graph (called clusters, or communities, or modules) which are densely connected among themselves but less connected with vertices in other community. There are many ways to formalize this idea. One way to identify communities is to specify an objective function to minimize or maximize. Various objective functions have been proposed such as multiway cut [4], normalized cut [5], ratio cut [6] and modularity [7]. One of the most popular initially proposed by Girvan and Newman in 2002 is to maximize the modularity, which represents the fraction of edges within clusters minus the expected fraction of such edges in a random graph with the same degree distribution.

In this paper we proposed a Variable Neighborhood Decomposition Search(VNDST) for solving the modularity maximization problem, with addition mechanism to overcome the local maximum. The paper is organized as follows. In section 2 we present formulations of the problem. In Section 3, we present our proposed VNDST algorithm and detail its components. In Section 4, we present an extensive computational study and results with the proposed algorithm. Finally, some concluding remarks are given in section 5.

2. Modularity

Let $G = (V, E)$ be a graph, or network, with vertex set V of cardinality n and edge set E of cardinality m . The following precise definition of modularity is given in [7]:

$$Q = \sum_c a_c - e_c$$

where a_c is the fraction of all edges that lie within community $c \in C$, and e_c is the expected value of the same quantity in a graph

in which the vertices have the same degrees but edges are placed at random. Modularity can then be written equivalently as:

$$Q = \sum_{c \in C} \left(\frac{m_c}{m} - \frac{K_c^2}{4m^2} \right)$$

where m_c denotes the number of edges in community $c \in C$, i.e., which belong to the subgraph induced by the vertex set V_c of that community, and K_c denotes the sum of degrees d_i of the vertices of community $c \in C$.

A good partition of the vertex set of a graph into communities is obtained when the modularity is maximized. Using second definition of modularity the corresponding problem can be expressed by means of a convex Mixed Integer Quadratic Programming (MIQP) formulation [8]. Numerous heuristics have been proposed to maximize modularity such as simulated annealing, genetic search, spectral clustering, dynamical clustering, and quantum mechanics [9].

3. Variable neighborhood search

Variable Neighborhood Search (VNS) metaheuristic [10] combines local search with systematic changes of neighborhood in the descent and escape from local optimum phases. Since its inception, VNS has undergone many developments and has been applied in numerous fields. For small and medium size problems, descent local searches are very fast and general heuristics usually use much longer CPU times. But, for very large problem instances, local search algorithms often require substantial amounts of running time. One way to reduce the running time is using decomposition search which explores the structure of the problem concentrating on small parts of it. We proposed modification of VNDS algorithm described in [12] with local search, shaking and decomposition component.

3.1. Local search

For local search we used LPAm+ heuristic algorithm proposed by Liu and Murata in [11] with modification described in [12]. LPAm+ is composed of a label propagation algorithm and a community merging routine. Complexity of one iteration in label propagation is $O(m)$ and one round of merging pairs of communities can execute in $O(m \log n)$ time.

3.2. Shaking

In shaking our algorithm explores different types of neighborhoods for getting out of local maxima:

- 1) All the vertices in a community are made singleton communities.
- 2) Splits a community into two equal parts. Vertices are assigned to each part randomly.
- 3) Move each vertex of a community to one of its neighborhoods or to new community.
- 4) Splits a community into two equal parts and then merges two or more communities into a single one.

3.3. Decomposition problem

Subproblem S is constructed with a randomly selected cluster and s neighboring clusters from solution of problem P .

3.4. Accepting solution

In addition to shaking components algorithm has another mechanism to overcome the local maximum. The basic idea is to accept poor solutions if no progress in improving solutions for a long time. We have introduced a parameter (T), which increases until there is no progress in improving solutions. For high value of the parameter T the probability of accepting worse solutions from current solutions is increasing. After improving the current solutions parameter T returns to the initial value.

3.5. VNDST heuristic

The decomposition is combined with the shaking and local search presented in the previous subsection within a variable neighborhood schema:

1. *Algorithm VNDST(P)*
2. $x = \text{RandomSolution}()$;
3. $x^* = x$;
4. $\text{LocalSearch}(x, P)$;
5. $s = 1$;
6. *while stop.cond. not satisfied do*
7. $S = \text{Decomposition}(x, s)$;
8. $k = K \in \{1, 2, 3, 4\}$
9. $x' = \text{Shaking}(x, k, S)$;
10. $x' = \text{LocalSearch}(x', S)$;
11. $d = \text{modularity}(x') - \text{modularity}(x)$;
12. *if* $d > 0$ *or* $e^{d/t} > R(0, 1)$ *then*
13. $x = \text{LocalSearch}(x', P)$;
14. $\text{Update}(x^*)$;
15. $s = 1$;
16. $t = 0$;
17. *else*
18. $s = s + 1$;
19. $t = \text{Increase}(t)$;
20. *if* $s > S_{\max}$ *then*
21. $s = 1$;
22. *end*
23. *end*
24. *end*
25. *return* x^* ;

4. Experimental results

The proposed algorithm is programmed in C++, and compiled with GNU g++ on Intel® Core™ i5-2400 CPU @ 3.10GHz × 4 and 4GB of RAM. The instances are taken from the Clustering chapter of the 10th DIMACS Implementation Challenge.

In our set of experiments, the instances were split into two different categories. The algorithm was allowed to run for 180 seconds (3 minutes) for instances in first category, 1800 seconds (30 minutes) for instances in second category. Table 1 presents the computational results obtained in five independent runs of proposed VNDST algorithm. The first and

second column refers to the category and name of the instance. The third present the best solution obtained with proposed VNDST algorithm. Last column L, refers to the best results found in the literature [12].

Category	Instance	Q	L
1	adjnoun	0,313367	0,313367
	celegans_metabolic	0,453248	0,453248
	celegansneural	0,503782	0,503782
	chesapeake	0,265796	0,265796
	dolphins	0,528519	0,528519
	football	0,60457	0,60457
	jazz	0,445144	0,445144
	karate	0,41979	0,41979
	lesmis	0,566688	0,566688
	polbooks	0,527237	0,527237
	2	as-22july06	0,677024
astro-ph		0,745028	0,744887
cond-mat-2003		0,777358	0,776717
cond-mat-2005		0,746059	0,74482
cond-mat		0,85398	0,853402
email		0,582829	0,582799
hep-th		0,857858	0,857692
netscience		0,9599	0,9599
PGPgiantcompo		0,886308	0,886043
polblogs		0,427105	0,427105
power		0,940933	0,940874

Table 1. Experimental results

For the instances in category 1 proposed VNDST algorithm has reached the optimal solution for all instances. In 10 of 11 instances from second category, VNDST algorithm proposed here improved the best known solutions.

5. Conclusion

Communities detection in complex network has been one of the most popular research areas in recent years due to its applicability to the wide scale of disciplines. In this paper we proposed a Variable Neighborhood Decomposition Search (VNDST) for solving the modularity maximization problem, with addition mechanism to overcome the local maximum. The performance of proposed VNDST algorithm with this addition mechanism we evaluate on the well-known set of instances of clustering problems. Experimental results show that the proposed

VNDST algorithm outperforms other algorithms from the literature.

Acknowledgements. *This research was partially supported by Serbian Ministry of Education and Science under the grants No. 174010 and 47017.*

References

- [1] **D.J. Watts and S.H. Strogatz**, Collective Dynamics of Small-World Networks, *Nature*, vol. 393, 1998. pp. 440-442.
- [2] **M. Girvan and M. E. J. Newman**, Community structure in social and biological networks, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, vol. 99, 2002. pp. 7821-7826.
- [3] **M. A. Porter, J. P. Onnela and P. J. Mucha**, Communities in Networks, *Notices of the American Mathematical Society*, vol. 56, 2009. pp. 1082-1097, 1164-1166.
- [4] **O.Goldschmidt, and D.S Hochbaum**, A polynomial algorithm for the k-cut problem for fixed k, *Mathematics of Operations Research* vol. 19, no.1, 1994. pp. 24–37.
- [5] **J.Shi, and J.Malik**, Normalized cuts and image segmentation, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 22, no. 8, 2000. 888–905.
- [6] **C.J Alpert, and S.-Z. Yao**, Spectral Partitioning: The More Eigenvectors, The Better, *Proc. 32nd ACM/IEEE Design Automation Conference* , 1995. pp. 195–200.
- [7] **M. Newman. and M. Girvan**, Finding and evaluating community structure in networks, *Physical Review E*, vol. 69, no. 026133, 2004.
- [8] **G. Xu, S.Tsoka, and L.G Papageorgiou**, Finding community structures in complex networks using mixed integer optimisation. *The European Physical Journal B*,60,2007. 231–239.
- [9] **S. Fortunato**, Community detection in graphs, *Physics Reports* , vol. 486, no. 3-5, 2010.75–174.
- [10] **N. Mladenović,, and P. Hansen**, Variable neighborhood search. *Computers & Operations Research*, 24(11), 1997. 1097-1100.
- [11] **X. Liu, and T. Murata**, Advanced modularity specialized label propagation algorithm for detecting communities in networks, *Physica A* , vol.389, 2010. pp.1493–1500.
- [12] **D.Aloise, G. Caporossi, P. Hansen, L. Liberti, S. Perron, and M. Ruiz**, Modularity maximization in networks by variable neighborhood search. *Graph Partitioning and Graph Clustering*, 2012. 588, 113.

Prostorno raspoređivanje objekata primenom Optimizacije kolonijom pčela

Ivana Vukićević Biševac

Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305, Beograd
e-mail: i.vukicevic@sf.bg.ac.rs

Danijela Pjevčević

Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305, Beograd
e-mail: danijela@sf.bg.ac.rs

Katarina Vukadinović

Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305, Beograd
e-mail: k.vukadinovic@sf.bg.ac.rs

Apstrakt. Problem prostornog raspoređivanja objekata (FLP- Facility layout problem) jedan je od najvažnijih problema koje treba rešiti prilikom projektovanja proizvodnih sistema. Primenjeni raspored/razmeštaj objekata ima veliki uticaj na efikasnost sistema.

U ovom radu je razmatran i rešavan višekriterijumski problem prostornog raspoređivanja objekata (mFLP). Predložen algoritam zasnovan na Optimizaciji kolonijom pčela testiran je na 4 primera, a ostvareni rezultati su upoređeni sa najboljim poznatim rezultatima.

Ključne reči: Prostorno raspoređivanje objekata, Optimizacija kolonijom pčela, Efikasnost saobraćajne infrastrukture

1. Uvod

Problem prostornog raspoređivanja objekata se javlja u proizvodnim sistemima, na aerodromima, u lučkim terminalima itd. Objekti koje je potrebno rasporediti u prostoru su najčešće mašine, odeljenja, radionice, skladišta, saobraćajnice itd. Za određivanje efikasnosti primenjenog rasporeda najčešće se koristi simulacija, a mera kojom se određuje kvalitet rešenja, odnosno prostornog rasporeda objekata, su troškovi rukovanja materijalima. Prema Tompkinsu (1996) u modernim proizvodnim sistemima ovi troškovi čine od 20% do 50% ukupnih operativnih troškova. Efikasnim planiranjem i pravilnim raspoređivanjem objekata ovi troškovi se mogu smanjiti za 10-30% (Sahin, 2011). Pored ušteda u troškovima, pravilan raspored objekata može dovesti i do skraćanja

proizvodnih ciklusa, smanjenja broja uskih grla i vremena rada pretovarne mehanizacije, i do povećanja efikasnosti infrastrukture.

2. Pregled literature

Poslednjih decenija prostorno raspoređivanje objekata je interesantno polje za brojne istraživače. Razvijeni su brojni egzaktni algoritmi i veliki broj heuristika. FLP je u literaturi najčešće modeliran kao: Kvadratni problem pridruživanja (QAP- Quadratic assignment problem) (Koopmans i Beckmann, 1957), a najčešće korišćena kriterijumska funkcija je suma proizvoda rastojanja i tokova. Rosenblatt (1979) je definisao FLP kao problem višekriterijumske optimizacije. Prva kriterijumska funkcija je predstavljala sumu proizvoda rastojanja i tokova, a druga ukupan stepen bliskosti zasnovan na funkciji bliskosti.

Pored kvantitativnih kriterijuma, brojni autori definišu i kvalitativne kriterijume kojima se ocenjuju različiti prostorni rasporedi objekata. Neke od metoda višekriterijumskog odlučivanja korišćenih za rešavanje ovog problema su: Topsis (Yang i Hung 2007), AHP (Yang i Kuo, 2003), Fazi Topsis (Yang i Hung, 2007). Aiello i ostali (2006) su koristili Elektra metod za izbor nedominiranih rešenja dobijenih Genetskim algoritmom.

Razvijen je veliki broj egzaktnih algoritama. Ovi algoritmi su najčešće zasnovani na metodi Grananja i ograničavanja (Nugent i ostali 1968), Odsecanja ravni (Bazaraa i Sherali, 1980) i Dinamičkom programiranju (Rosenblatt 1986). Međutim ovim algoritmima se mogu rešiti problemi malih dimenzija. Poslednjih godina se najčešće primenjuje višekriterijumski pristup, a za rešavanje se koriste metaheuristike. Među metaheuristikama, Genetski algoritmi su najčešće korišćeni za rešavanje kako statičkog tako i dinamičkog problema (Mak i ostali, 1998; El-Baz 2004; Tam, 1992; Aiello i ostali, 2012).

3. Višekriterijumski problem prostornog raspoređivanja objekata

QAP je opšte prihvaćena formulacija za FLP. Potrebno je rasporediti n objekata na n potencijalnih lokacija, pri čemu svakom objektu može biti dodeljena samo jedna lokacija i obrnuto. QAP su prvi definisali Koopmans i Beckmann (1957) kao problem raspoređivanja fabrika, između kojih se realizuju tokovi, na potencijalne lokacije. Pri rešavanju ovog problema najčešće se optimizira više kriterijuma koji mogu da budu i kvantitativni i kvalitativni, a neki su i konfliktni. U ovom radu su korišćene dve kriterijumske funkcije, koje se uz pomoć težinskih koeficijenata svode na jednu. Različite kriterijumske funkcije imaju različit opseg vrednosti pa je potrebno normalizovati ulazne podatke, kako neke kriterijumske funkcije ne bi imale veći uticaj na rešenje. Višekriterijumski FLP se može matematički formulisati na sledeći način (Matai, 2015):

$$\min Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^n A_{ijkl} X_{ij} X_{kl} \quad (0)$$

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} = 1 \quad \forall j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = 1 \quad \forall i = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

$$X_{ij} = \{0, 1\} \quad \forall i, j \quad (4)$$

$$w_1 + w_2 = 1 \quad (5)$$

$$A_{ijkl} = w_1 f_{ik} d_{jl} - w_2 cr_{ik} \quad (6)$$

gde su:

n - broj objekata, $X_{ij} = 1$ ako je objektu i dodeljena lokacija j , f_{ik} - tokovi između objekata i i k , d_{jl} - rastojanje između lokacija j i l , w_1 i w_2 – težinski koeficijenti, cr_{ik} - stepen bliskosti objekata i i k .

Singh i Singh (2008) utvrdili su da izbor težinskih koeficijenata ima veliki uticaj na konačno rešenje. U praksi vrednost ovih koeficijenata najčešće utvrđuje projektant na osnovu svog prethodnog iskustva. Oni su predložili četiri metode za utvrđivanje vrednosti težinskih koeficijenata.

QAP je jedan od najtežih problema kombinatorne optimizacije. Može biti generisano $n!$ različitih rasporeda. Problemi dimenzija $n > 30$ ne mogu optimalno da budu rešeni u razumnom vremenu, pa je u ovom radu za rešavanje predložen algoritam zasnovan na Optimizaciji kolonijom pčela.

4. Optimizacija kolonijom pčela (BCO)

U radu je korišćena Optimizacija kolonijom pčela zasnovana na poboljšanju kompletnog rešenja. Ovu varijantu BCO metaheuristike su predložili Davidović i ostali (2011). U prvoj fazi se uz pomoć Heuristike generiše početno rešenje. Zatim se Optimizacijom kolonijom pčela poboljšava (modifikuje) rešenje.

Heuristički algoritam za generisanje početnog rešenja

1. Za sve objekte izračunati vrednosti $F_i = \sum_{k=1}^n f_{ik}$.
2. Za sve lokacije izračunati vrednosti $D_j = \sum_{l=1}^n d_{jl}$.

3. Prvo rasporediti objekat $i = \max_i \{F_i\}$ na lokaciju $j = \min_j \{D_j\}$ i tako redom do poslednjeg objekta. Poslednji objekat $i = \min_i \{F_i\}$ rasporediti na lokaciju $j = \max_j \{D_j\}$.

BCO algoritam

Kroz zadati broj iteracija pčele obavljaju određeni broj letova unapred i letova unazad. U svakoj iteraciji pčele modifikuju najbolje do tada otkriveno rešenje. Pri svakom letu unapred na slučajan način se generiše k objekata kojima se menjaju lokacije, a zatim se za svaku permutaciju k objekata računaju koristi:

$$V_s = Z_{max} - Z_s \quad \forall s = 1, \dots, k! \quad (7)$$

gde je $Z_{max} = \max_s \{Z_s\}$.

Na osnovu koristi pčele donose odluku o modifikovanju rešenja. U radu je korišćen Logit model izbora.

Nakon modifikovanja rešenja pčele se vraćaju u košnicu, vrši se normalizacija vrednosti kriterijumskih funkcija i poređenje rešenja.

$$O_b = \frac{Z_{max} - Z_b}{Z_{max} - Z_{min}} \quad \forall b = \overline{1, B} \quad (8)$$

Z_b – vrednost kriterijumske funkcije pčele b, Z_{min} – minimalna vrednost kriterijumske funkcije, Z_{max} – maksimalna vrednost kriterijumske funkcije.

Verovatnoća da će pčela pri sledećem letu unapred da ostane lojalna svom rešenju je:

$$p_b^{u+1} = e^{-\frac{(O_{max}-O_b)}{u}} \quad \forall b = \overline{1, B} \quad (9)$$

Svaka pčela koja odluči da ne ostane lojalna svom rešenju donosi odluku koju će lojalnu pčelu pri sledećem letu unapred da prati. Za svaku lojalnu pčelu računa se verovatnoća da će neopredeljena pčela da odluči da pri sledećem letu unapred modifikuje njeno rešenje:

$$p_l = \frac{O_l}{\sum_{l \in L} O_l} \quad (10)$$

gde je L skup lojalnih pčela.

Dobijena rešenja poboljšati 2OPT algoritmom. Na kraju algoritma se bira najbolje rešenje postignuto kroz zadati broj iteracija.

	Težnski koeficijenti	Najbolje poznato rešenje (Matai, 2015)	Kriterijumska f-ja (Matai, 2015)	Najbolje rešenje BCO	Kriterijumska f-ja BCO	Odstupanje (%)
n=6	w1 =0.5899 w2 =0.4101	[4 3 1 5 6 2]	34.1759	[3 6 2 1 5 4]	34.1759	0
	w1 =0.5036 w2 =0.4964	[5 6 3 4 2 1]	22.0076	[1 6 5 3 2 4]	22.0076	0
	w1 =0.5051 w2 =0.4949	[4 3 1 5 6 2]	22.2191	[1 6 5 3 2 4]	22.2191	0
	w1 =0.5051 w2 =0.4949	[4 3 1 5 6 2]	22.2191	[1 6 5 3 2 4]	22.2191	0
n=8	w1 =0.5949 w2 =0.4051	[1 5 8 3 2 7 6 4]	124.6624	[4 6 7 2 3 8 5 1]	124.6624	0
	w1 =0.4703 w2 =0.5297	[4 6 7 2 3 8 5 1]	52.8928	[2 7 6 4 1 5 8 3]	52.8928	0
	w1 =0.5991 w2 =0.4009	[2 7 6 4 1 5 8 3]	127.0816	[1 5 8 3 2 7 6 4]	127.0816	0
	w1 =0.5991 w2 =0.4009	[2 7 6 4 1 5 8 3]	127.0816	[1 5 8 3 2 7 6 4]	127.0816	0
n=12	w1 =0.6945 w2 =0.3055	[3 5 12 2 8 7 10 6 1 11 9 4]	1678.2656	[1 11 8 3 7 6 5 12 4 9 10 2]	1681.044	0.165
	w1 =0.4693 w2 =0.5307	[3 5 12 2 8 6 7 10 1 11 9 4]	1050.4075	[1 11 8 3 7 6 5 12 4 9 10 2]	1052.2856	0.178
	w1 =0.5096 w2 =0.4904	[4 9 11 1 10 7 6 8 2 12 5 3]	1162.7645	[1 11 8 3 7 6 5 12 4 9 10 2]	1164.8032	0.175
	w1 =0.5096 w2 =0.4904	[4 9 11 1 10 7 6 8 2 12 5 3]	1162.7645	[1 6 8 3 9 7 5 11 4 10 12 2]	1164.8032	0.175
n=15	w1 =0.7448 w2 =0.2552	[12 7 14 15 6 13 9 1 8 11 10 5 3 2 4]	2459.5818	[6 15 14 7 12 11 8 1 9 13 4 2 3 5 10]	2459.5824	0.000
	w1 =0.4566 w2 =0.5434	[12 7 14 15 6 13 9 1 8 11 10 5 3 2 4]	1411.1108	[6 15 14 7 12 11 8 1 9 13 4 2 3 5 10]	1411.111	0.000
	w1 =0.4566	[12 7 14 15 6 13 9	1411.1108	[6 15 14 7 12 11 8 1	1411.111	0.000

	w2 =0.5434	1 8 11 10 5 3 2 4]		9 13 4 2 3 5 10]		
--	------------	--------------------	--	------------------	--	--

Tabela 1. Rezultati testiranja

5. Testiranje algoritma

Predloženi algoritam je testiran na 4 primera Singh and Singh (2008) i ostvareni rezultati su upoređeni sa najboljim poznatim rezultatima za date primere (Matai, 2015) (Tabela 1). Testiranja su izvršena na laptopu Fujitsu Intel(R) Core (TM) i7-4702MQ CPU 2,2 GHz, 6 GB RAM memorije. Algoritam je testiran za sledeće ulazne parametre: broj iteracija 1000, broj letova unapred 5, broj pčela 10, $k=2,3$ i 4.

U dva testirana primera za različite vrednosti težinskih koeficijenata nema odstupanja u odnosu na najbolje poznate rezultate, dok u druga dva testirana primera odstupanja su manja od 0,2%.

6. Zaključak

U ovom radu je predložen novi algoritam zasnovan na Optimizaciji kolonijom pčela koji se može koristiti za rešavanje FLP. Rezultati testiranja su pokazali da predložen algoritam može da generiše veoma dobra rešenja u okviru prihvatljivog vremena rada računara.

Zahvalnica. Ovaj rad je podržan od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, kroz projekat TR 36002, za period 2011-2015.

Bibliografija

[0] **J.A. Tompkins, J.A. White, Y.A. Bozer, E.H. Frazelle, J.M.A. Tanchoco, J. Trevino.** Facility Planning. Wiley, 1996.

[0] **R. Sahin.** A simulated annealing algorithm for solving the bi-objective facility layout problem. Expert system with applications, 2011, 38, 4460-4465.

[0] **T. C. Koopmans and M. J. Beckmann,** Assignment problems and the location economic activities, Econometrica, 1957, 25, 53–76.

[4] **M. J. Rosenblantt.** The facilities layout problem: a multi-goal approach. International Journal of Production Research, 1979, 17, 323-332

[5] **T. Yang, C. C. Hung.** Multiple-attribute decision making methods for plant layout design problem. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 2007, 23, 126–137.

[6] **T. Yang, C. W. Kuo.** A hierarchical AHP/DEA methodology for the facilities layout design problem, European Journal of Operational Research, 2003,147, 128-136.

[7] **G. Aiello, M. Enea, G. M. Galante.** A multi-objective approach to facility layout problem by genetic search algorithm and Electre method. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 2006, 22, 447-455.

[8] **C. E. Nugent, T. E. Vollmann, J. Ruml.** An Experimental Comparison of Techniques for the Assignment of Facilities to Locations. Operations Research, 1968, 16, 150-173.

[9] **M. S. Bazaraa, H. D. Sherali.** Benders' partitioning scheme applied to a new formulation of the quadratic assignment problem. Naval Research Logistics Quarterly, 1980, 27, 29-41.

[10] **M. J. Rosenblant.** The dynamics of plant layout. Management science, 1986, 32, 76-86.

[11] **M. A. El-Baz.** A genetic algorithm for facility layout problems of different manufacturing environments. Computers & Industrial Engineering, 2004, 47, 233–246.K.

[12] **L. Mak, Y. S. Wong, T. S.Chan.** A genetic algorithm for facility layout problems. Journal of Computer Integrated Manufacturing Systems, 1998, 113–123.

[13] **K. Y. Tam.** Genetic Algorithm, Function Optimization and Facility Layout Design. European Journal of Operation Research, 1992, 63, 322-346.

[14] **G. Aiello, G. L. Scalia, M. Enea.** A multi objective genetic algorithm for the facility layout problem based upon slicing structure encoding. Expert system with application, 2012, 39, 10352-10358.

[15] **S.P. Singh, V.K. Singh.** An improved heuristic approach for multi-objective facility layout problem. International Journal of Production Research, 2010, 48, 1171-1194.

[16] **T. Davidović, D. Ramljak, M. Šelmić, D. Teodorović.** Bee colony optimization for the p-center problem. Computers & Operations Research, 2011, 38, 1367- 1376.

[17] **R. Matai.** Solving multi objective facility layout problem by modified simulated annealing. Applied

Mathematics and Computation, 2015, 261, 302-311

Robusna optimizacija na primeru određivanja optimalnog plana proizvodnje

Marija Lukić

Fakultet organizacionih nauka, Jove Ilića 154, Beograd

e-mail: lukicmarija89@gmail.com

Stefan Marković

Fakultet organizacionih nauka, Jove Ilića 154, Beograd

e-mail: stefan.markovic.1987@gmail.com

Apstrakt. Veliki broj realnih problema je veoma teško predstaviti preciznim determinističkim modelima zato što je realizacija pojedinih parametara modela neizvesna. Postoje različiti načini kojima se tretira neizvesnost, a jedan od njih je robusna optimizacija i njen konzervativni pristup. Koristeći se konzervativnim pristupom robusne optimizacije moguće je modelovati složene realne probleme i dobiti zadovoljavajuća rešenja. Konzervativni pristup podrazumeva pronalaženje rešenja koje će uvek zadovoljavati postavljena ograničenja. Ovaj pristup zahteva realizaciju najnepovoljnijeg scenarija, odnosno scenarija u kome će funkcija cilja imati najbolju vrednost. Zbog toga se ovaj pristup često naziva i pesimističkim pristupom. Konzervativni pristup robusne optimizacije je pogodan za tretiranje neizvesnosti u situacijama kada donosioci odluka nisu skloni riziku.

U radu ćemo predstaviti zadatak robusne optimizacije pri određivanju optimalnog plana proizvodnje gde ćemo razmatrati neizvesnost u parametrima ograničenja. Takođe ćemo prikazati metodologiju rešavanja problema robusne optimizacije i dati poređenje rezultata konzervativnog pristupa i rezultata optimizacije uz pretpostavku realizacije očekivanih vrednosti iz skupa parametara ograničenja.

Ključne reči: Robusna optimizacija, Linearno programiranje, Konzervativni pristup

1. Uvod

Prvi radovi u kojima se spominju robusnost i robusna optimizacija datiraju još iz davnih 1980-ih. Međutim, koncept robusne optimizacije se intenzivno razvijao u periodu od prethodnih petnaest godina i to naročito u oblasti operacionih istraživanja i inženjerskom menadžmentu.

Svaki pokušaj modelovanja nekog realnog sistema podrazumeva suočavanje sa neizvesnim, nepotpunim ili pogrešnim podacima. Termin „robusna optimizacija“ je definisan sa ciljem da obuhvati nekoliko različitih pristupa i da zaštiti donosioca odluke od neodređenosti u parametarima i stohastičke neizvesnosti (Gabrel, Murat, & Thiele, 2013). Razlikujemo dva pristupa optimizaciji u slučaju neizvesnosti: stohastičku i robusnu

optimizaciju. Kod stohastičkog programiranja poznate su verovatnoće realizacija određenih vrednosti parametara. Kod robusne optimizacije se ne polazi od pretpostavke da su poznate verovatnoće, već se podrazumeva da neizvesni parametri mogu uzeti vrednosti iz unapred poznatog skupa vrednosti. Osnovna verzija robusne optimizacije podrazumeva postojanje tzv. „tvrdih“ ograničenja, gde ograničenja moraju uvek biti zadovoljena za realizaciju bilo koje vrednosti parametara iz skupa raspoloživih (Gorissen, Yanıkoğlu, & Hertog, 2015).

2. Pregled literature

Robusna optimizacija je pristup modelovanju koji se zasniva na definisanju plana koji će dobro funkcionisati čak i u

slučaju realizacije najgoreg scenarija (Bertsimas & Sim, 2003).

Problem robusne optimizacije je sličan klasičnom optimizacionom problemu koji se sastoji od funkcije cilja i nekog skupa ograničenja. Za razliku od klasičnog problema, robusan model mora biti projektovan u skladu sa neizvesnošću i to na takav način da bude osposobljen da generiše robusna rešenja. Nakon toga, može se koristiti bilo koji optimizacioni algoritam za rešavanje robusnog modela, bilo da je to neki matematički model, metaheuristika ili evolucioni algoritam (Paixao & Souza, 2014).

Mulvey, Vanderbei i Zenios (1995) smatraju da je prilikom razmatranja neizvesnosti neophodan proaktivan pristup koji podrazumeva formulisanje matematičkog modela čije rešenje neće biti mnogo osetljivo na promene u parametrima modela, za razliku od klasičnih formulacija modela matematičkog programiranja.

Paixao i Souza (2014) definišu sledeće tipove neizvesnosti: promene u okruženju i operativnim uslovima, promene u upravljačkim promenljivima tokom procesa optimizacije i neizvesnost u realizaciji ograničenja.

Postoje različiti načini da se neizvesnost inkorporira u matematički model. Sa aspekta teorije, svi oni se uglavnom zasnivaju na definisanju robusnog dvojnika $F(x)$, originalne funkcije cilja $f(x)$. Međutim, Beyer i Sendhoff (2007) navode da se u praksi mogu javiti dva problema: kako definisati $F(x)$ i kako optimizovati $F(x)$. Sa jedne strane, postoji metoda simplifikovanja realnog problema i njegovo svodenje na oblik koji se može rešiti standardnim matematičkim metodama, dok sa druge strane postoje i tehnike simulacije optimizacije koje se uglavnom koriste u praksi kada se funkcija cilja $F(x)$ ne može analitički predstaviti. Deterministički tip modelovanja neizvesnosti podrazumeva definisanje domena vrednosti u kome neizvesnost može da varira (Beyer & Sendhoff, 2007).

Osnovna paradigma robusne optimizacije zasniva se na analizi najgoreg slučaja, odnosno rešenje se ocenjuje na osnovu realizacije

najnepovoljnijih vrednosti slučajnih parametara (Gabrel, Murat, & Thiele, 2013).

Robusna optimizacija se u osnovi sastoji od tri koraka: identifikovanje i kvantifikovanje neizvesnosti u problemu, definisanje robusnog modela koji će generisati robusna rešenja i rešavanje robusnog modela korišćenjem neke od tehnika optimizacije (Paixao & Souza, 2014).

Za predstavljanje robusnog programiranja u matematičkom obliku korišćemo knjigu prof. Vujoševića (2012). Osnovna pretpostavka konzervativnog pristupa je da vrednosti u parametrima ograničenja imaju neizvestan karakter, a kako ovakav pristup ne dozvoljava nedopustivost rešenja, originalni optimizacioni zadatak ima sledeću determinističku zamenu:

Naći vektor $\xi = (x_0, x_1, \dots, x_n)$ tako da se maksimizira vrednost novouvedene promenljive x_0 pod uslovom da za bilo koje vrednosti slučajnih parametara kriterijumska funkcija nije manja od vrednosti x_0 :

$$\max_{x \in U} \{x_0 | f(x) \geq x_0\} \quad (1)$$

Uvođenjem dodatnih ograničenja zadatak se može prevesti u problem u kome su neizvesni samo parametri ograničenja, pri čemu se eliminiše neizvesnost u kriterijumskoj funkciji. Tako dobijamo preformulisano determinističku zamenu sledećeg oblika:

Naći vektor $\xi = (x_0, x_1, \dots, x_n)$ tako da se dobije maksimum promenljive:

$$\max_{x \in U} \{f(\xi) = x_0\} \quad (2)$$

p.o.

$$f(x) \geq x_0 \quad (3)$$

$$g_i(x, A_i) \leq b_i, i = 1, \dots, m \quad (4)$$

Ovako definisan model sadrži neizvesne parametre isključivo u funkciji ograničenja.

Prema prof. Vujoševiću (2012), rešenje je robusno ako nije (mnogo) osetljivo na promene parametara sistema, odnosno, ako se ne menja kada se promene parametri sistema. Proces pronalaženja ovakvih rešenja naziva se robusnom optimizacijom.

3. Metodologija

U radu ćemo prikazati primer robusne optimizacije u slučaju određivanja optimalnog plana proizvodnje.

Kada ne bi postojala neizvesnost u realizaciji vrednosti parametara slučajnih promenljivih, optimalan plan proizvodnje u slučaju maksimizacije dobiti bilo bi jednostavno odrediti nekom od tehnika linearnog programiranja.

Opšti zadatak linearnog programiranja ima sledeću formulaciju (Vujošević, 2012):

$$\max F(x) = \sum_{i=1}^n c_j x_j \quad (5)$$

p.o.

$$\sum_{i=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i, i = 1, \dots, m \quad (6)$$

$$x_j \geq 0, j = 1, \dots, n \quad (7)$$

gde $c_j x_j$ predstavlja dobit komponente j , x_j upravljačke promenljive, dok a_i predstavlja slučajne promenljive u sistemu.

Međutim, u praksi se donosioci odluka veoma često susreću sa neizvesnošću pri realizaciji parametara slučajnih promenljivih i tu neizvesnost mogu tretirati na različite načine.

Posmatrajmo primer preduzeća koje proizvodi šest različitih vrsta proizvoda. Potrebno je odrediti vektor upravljačkih promenljivih $X = (x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6)$ koje predstavljaju količine proizvoda koje treba proizvoditi, a da pri tome ostvarena dobit bude maksimalna. Ako pretpostavimo da postoji neizvesnost u realizaciji parametara slučajnih promenljivih, tako da parametar slučajne promenljive a_{ij} može uzeti slučajnu vrednost iz unapred zadatog intervala $[a_{ij}^{min}, a_{ij}^{max}]$, tada naš primer postaje problem robusne optimizacije:

$$\begin{aligned} \max F(x) = & 800x_1 + 600x_2 \\ & + 800x_3 + 900x_4 \\ & + 950x_5 + 600x_6 \end{aligned} \quad (8)$$

p.o.

$$\begin{aligned} [3, 5]x_1 + [2, 6]x_3 + [5, 7]x_4 \\ + [6, 8]x_5 \\ + [2, 4]x_6 \leq 480 \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} [3, 5]x_1 + [5, 7]x_2 + [6, 8]x_5 \\ \leq 300 \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} [7, 9]x_1 + [5, 7]x_2 + [3, 5]x_3 \\ + [1, 3]x_4 \\ + [4, 6]x_5 \\ + [8, 10]x_6 \leq 724 \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} [5, 9]x_2 + [5.5, 8.5]x_3 + [3, 7]x_4 \\ + [3.5, 8.5]x_5 \\ + [1, 5]x_6 \leq 550 \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} [6.5, 11.5]x_1 + [4, 6]x_2 \\ + [4.5, 7.5]x_3 \\ + [5, 9]x_5 \\ + [1.5, 4.5]x_6 \\ \leq 480 \end{aligned} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} [4, 8]x_1 + [2.5, 7.5]x_2 \\ + [1.75, 6.25]x_3 \\ + [7, 9]x_4 \\ + [1, 5]x_5 \leq 520 \end{aligned} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} [8.75, 11.25]x_3 + [19, 21]x_4 \\ + [5.5, 6.5]x_5 \\ \leq 750 \end{aligned} \quad (15)$$

$$\begin{aligned} [7.5, 10.5]x_1 + [4.75, 5.25]x_2 \\ + [5, 7]x_3 \\ + [5.25, 8.75]x_4 \\ + [7, 9]x_5 \\ + [6, 8]x_6 \leq 820 \end{aligned} \quad (16)$$

$$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6 \geq 0 \quad (17)$$

Nakon ovako formulisanog problema, potrebno je definisati determinističkog dvojnika.

Prilikom kreiranja determinističkog dvojnika zadatog problema, neizvesnost ćemo tretirati konzervativnim pristupom robusne optimizacije, pod pretpostavkom da vrednosti parametara slučajnih promenljivih podležu uniformnoj raspodeli. Konzervativni pristup robusne optimizacije podrazumeva da će parametri slučajnih promenljivih uzimati vrednosti iz skupa raspoloživih vrednosti tako da ograničenja uvek budu zadovoljena:

$$a_{ij} = a_{ij}^{max} \quad (18)$$

$$i = 1, \dots, m \quad j = 1, \dots, n$$

Deterministički dvojnici definisanog problema ima sledeću formu:

$$\begin{aligned} \max F(x) = & 800x_1 + 600x_2 \\ & + 800x_3 + 900x_4 \\ & + 950x_5 + 600x_6 \end{aligned} \quad (19)$$

p.o.

$$5x_1 + 6x_3 + 7x_4 + 8x_5 + 4x_6 \leq 480 \quad (20)$$

$$5x_1 + 7x_2 + 8x_5 \leq 300 \quad (21)$$

$$9x_1 + 7x_2 + 5x_3 + 3x_4 + 6x_5 + 10x_6 \leq 724 \quad (22)$$

$$9x_2 + 8.5x_3 + 7x_4 + 8.5x_5 + 5x_6 \leq 550 \quad (23)$$

$$11.5x_1 + 6x_2 + 7.5x_3 + 9x_5 + 4.5x_6 \leq 480 \quad (24)$$

$$8x_1 + 7.5x_2 + 6.25x_3 + 9x_4 + 5x_5 \leq 520 \quad (25)$$

$$11.25x_3 + 21x_4 + 6.5x_5 \leq 750 \quad (26)$$

$$10.5x_1 + 5.25x_2 + 7x_3 + 8.75x_4 + 9x_5 + 8x_6 \leq 820 \quad (27)$$

$$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6 \geq 0 \quad (28)$$

Ovako definisan problem predstavlja zadatak linearnog programiranja. Za rešavanje modela koristili smo softver LINGO. Vrednost funkcije cilja iznosi $F(x) = 74547$, a vrednosti upravljačkih promenljivih iznose $(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6) = (17, 13, 0, 30, 6, 37)$ respektivno. S obzirom na to da smo pretpostavili da će parametri slučajnih promenljivih uzeti najnepovoljnije vrednosti iz skupa raspoloživih, što je u skladu sa pesimističkim pristupom robusnoj optimizaciji, vrednost funkcije cilja je najniža. Za ovaj deterministički dvojniki i pri ovom rešenju više ne postoji rizik da će realizacija slučajnih promenljivih uticati na dobijeno rešenje. Ukoliko bi parametri slučajnih promenljivih uzeli bilo koje druge vrednosti iz raspoloživog skupa, vrednost funkcije cilja bi se povećala.

U sličaju kada bi donosilac odluke bio skloniji riziku i pretpostavio da će parametri slučajnih promenljivih uzeti očekivane vrednosti:

$$a_{ij} = \frac{a_{ij}^{min} + a_{ij}^{max}}{2} \quad (29)$$

$$i = 1, \dots, m \quad j = 1, \dots, n$$

tada bi vrednost funkcije cilja za definisani problem robusne optimizacije iznosila $F(x) = 89864$, a vrednosti slučajnih promenljivih $(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6) = (11, 19, 9, 27, 21, 33)$. Sada je vrednost funkcije cilja viša nego kada smo neizvesnost tretirali konzervativnim pristupom robusne optimizacije, međutim

ovde postoji značajan rizik da se ova vrednost funkcije cilja neće realizovati.

4. Diskusija i zaključak

Robusna optimizacija je metoda koja se može primeniti na bilo koji optimizacioni problem gde je moguće jasno odvojiti numeričke podatke od strukture problema koji se rešava.

Iako konzervativni pristup robusne optimizacije ne dozvoljava nedopustivost rešenja, ovakav pristup tretiranju neizvesnosti često ne daje dovoljno dobra rešenja koja su primenljiva u realnim problemima. Stohastička optimizacija daje dublji uvid u razmatrani problem, ali su i metode rešavanja tako postavljenih problema znatno složenije. Ipak, robusna optimizacija i dalje predstavlja legitiman i rado korišćen pristup za tretiranje neizvesnosti u parametrima mnogih matematičkih modela i realnih problema.

Zahvalnica. *S.Marković je podržan od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.*

Bibliografija

- [1] Bertsimas, D., & Sim, M. (2003). Robust discrete optimization and network flows . Mathematical Programming 98 , 49–71.
- [2] Beyer, H.-G., & Sendhoff, B. (2007). Robust optimization – A comprehensive survey. Science Direct , 3190–3218.
- [3] Gabrel, V., Murat, C., & Thiele, A. (2013). Recent advances in robust optimization: An overview. European Journal of Operational Research .
- [4] Gorissen, B. L., Yanikoglu, İ., & Hertog, D. (2015). A practical guide torobust optimization. Omega , 124-137.
- [5] Mulvey, J. M., Vanderbei, R. J., & Zenios, S. A. (1995). Robust Optimization of Large-Scale Systems. Operations Research, Vol. 43 , 264-281.
- [6] Paixao, M., & Souza, J. (2014). A Robust Optimization Approach to the Next Release Problem in the Presence of Uncertainties. The Journal of Systems & Software .
- [7] Vujošević, M. (2012). Metode optimizacije u inženjerskom menadžmentu. Beograd: Fakultet organizacionih nauka.

Efficient Pseudo-Random Generator for Homogeneous Filling of 2D arrays

Nenad Stojiljković

*Faculty of Electronic Engineering, Computer Department, P.O. Box 73, 18000 Niš, Serbia
e-mail: nenad.jiggy.stojiljkovic@gmail.com*

Vladan Vučković

*Faculty of Electronic Engineering, Computer Department, P.O. Box 73, 18000 Niš, Serbia
e-mail: vladan.vuckovic@elfak.ni.ac.rs*

Abstract. In this paper we consider problem of randomly fill in a two dimensional array with pseudo-random numbers generator (PRNG) when we use output sequence of generator to address element location. The main goal of this research is to determine is it possible to use existing algorithms for PRNGs, and to see how algorithms behave during this task. In ours research we formed a test for PRNGs that consist of two phases. In first phase we used visual representation of generator's output sequence to see distribution nature of output values, and measure generator's output overhead. Than in second phase we measure time needed to fill in a two dimensional array when generator's output sequence is used to address element location. Final goal is to mark off few algorithms that got the best time and can fulfill this not so easy task.

Keywords: pseudo-random numbers generator, algorithms, correlation, 2D arrays

1. Introduction

Generating random numbers is a problem that exists for decades and gets attention from researches in different domains. Pseudo-random number generators have found as useful concept in many different areas, from scientific and engineering fields of study, to casinos and other aspects of the entertainment industry. When we have to describe some non deterministic phenomenon it is good practice to use some variant of Monte Carlo method. Due to problem nature and today tendencies for computer systems parallelization we often obtain applications for which we must consider problems as the 2D array. Here we meet some questions. How can we describe some phenomenon as the 2D array with use of pseudo-random numbers generators to satisfy some non deterministic behavior? Which algorithm for pseudo-random numbers generator to use? Is it possible to fill in 2D array if we use two successive numbers from the PRNG's output sequence to address elements locations? To find some answers on these questions, we test PRNGs algorithms to see how they behave when we use them to fill in the 2D array on non deterministic way. We pick out pseudo-random numbers generators, because true-random numbers generators (TRNGs) do not satisfy one important criterion, availability of pseudo-random numbers sequence with required length at any time. Namely with TRNGs we must use some unpredictable event from outer world for entropy, as volume of thunderstorm, because of that we can't have

required output sequence at any time we get request for it. It is clear than TRNGs can't satisfy our needs so we must use mathematical algorithms to get pseudo-random numbers sequence.

2. Testing of PRNGs

Pseudo-random numbers generators give output numbers which are seemingly random, so when we perceive them better, we can see some strong correlations between them. If there is some linear correlation between pairs of successive output values, when we use this values as elements locations in the 2D array, chosen locations will be from some small subset of all locations. So we can never fill in the 2D array because our algorithm will prefer some small subset of possible choices in the repetitive manner. Also if there is no some linear correlation between pairs of successive output values, if some pairs have been repeated in the output sequence, our algorithm will repeat some locations and create writing overhead. When we have addressing overhead, probability that we never visit some location will increase. So we can end up in infinite time needed to fill in the 2D array. To prevent this problem and chose good algorithm to fill in the 2D array we created two phase test. In first phase we compared PRNGs on basis of overhead coefficient. This coefficient is equal to the quotient of number of not visited locations and number of elements of the 2D array when we randomly fill in the 2D array with the PRNG output sequence. Length of output sequence

is equal to the number of elements of the 2D array. When we chose four best algorithms with the smallest overhead coefficients we can go to second phase. In second phase we compare PRNGs on time basis. We measure the time needed to randomly fill in 2D array. Goal is to select a PRNG with best fill in time. For this research we consider next pseudo-random numbers generators:

- *Linear congruential generator* (LCG) [3]
- *Subtractive generator* (SG) [3]
- *Blum BlumShub* (BBS) [3]
- *Wichmann Hill* (WH) [8]
- *Inversivecongruential generator* (ICG) [3] [4]
- *Lagged Fibonacci generator* (LFG) [2]
- *Well Equidistributed Long-period Linear* (WELL512) [6]
- *Indirection, Shift, Accumulate, Add, Count* (ISAAC) [1]
- *Mersenne twister* (MT) [5]
- *Multiply with carry* (MWC) [7]
- *Complementary multiply with carry* (CMWC) [7]
- *Linear feedback shift registrar* (LFSR) [7]
- *XorShift* (XS) [7]

2.1. The overhead coefficient test for PRNGs

In first test our goal is to discover correlations between output values and to measure overhead coefficient. On the basis of this test we chose PRNGs that have small overhead coefficient and do not have linear correlations among successive pairs of output values. Generators that do not fulfill listed conditions can't fill in the 2D array, because they will visit only small subset of available locations in repetitive manner. For first test we use bitmap as representative of 2D arrays. An idea is that on the basis of graphical representation of the pseudo-random numbers generator output sequence, we can examine behavior of that generator. Size of created bitmap is $m \times n$ pixels. We use a pair of successive output values as pixel location, so to fill in the bitmap we need $m \times n \times 2$ output values. Idea is that when fill in algorithm visit pixel first time, that pixel will be painted in red, when algorithm visit same location second time, pixel will be painted in green, also if algorithm visit same location more than two times pixel will be painted in yellow. Not visited pixels are black. Thus created bitmap show us how output values behavior look like. In an ideal case bitmap will be all red. Places where we have green and yellow pixels are places where overhead exists. For this purpose we used application named *RNGVisual* [7]. This application had implemented all algorithms mentioned in second section. We can set all needed generator and bitmap related parameters and get visual repre-

sentation for generated pseudo-random sequence. To get some statistical valid output we have detail section in which we can see number of red, green, yellow and black pixels and also a value of overhead coefficient. For purpose related to this article we do not need visual output of resulting bitmap, we only need results from details section mentioned above. The overhead coefficient is equal to the quotient of number of black pixels and the number of all pixels in the bitmap. In Table 1 we can see results of testing bitmaps with size of 10×10 and 100×100 pixels. Table 2 contains result for bitmaps with size of 1000×1000 pixels. *Score* field show us number of black pixels, and overhead coefficient in brackets. When we see value like 40 (0.4) it's mean that there are 40 black pixels and overhead coefficient is 0.4. In regular field which name tell us resolution of bitmap when we see something like 16(32) + 11(25) this mean that there are 16 green pixels which are visited 32 times, and 11 yellow pixels which are visited 25 times. Those values give us very clear insight in PRNGs behavior.

	10 × 10	Score	100 × 100	Score
LCG	0(0) + 5(100)	95 (0.95)	0(0) + 50(10000)	9950 (0.9950)
WH	16(32) + 11(35)	40(0.4)	1791(3582) + 857(2805)	3739 (0.3739)
MWC	5(10) + 11(83)	77 (0.77)	350(700) + 1239(8687)	7798 (0.7798)
CMWC	21(42) + 8(25)	38 (0.38)	1756(3512) + 917(3079)	3918 (0.3918)
ICG	0(0) + 3(99)	96 (0.96)	0(0) + 97(10000)	9903 (0.9903)
LFG	21(42) + 6(18)	33 (0.33)	371(742) + 1906(9078)	7543 (0.7543)
LFSR	7(14) + 23(82)	66 (0.66)	0(0) + 400(10000)	9600 (0.96)
SG	25(50) + 3(11)	33 (0.33)	1890(3780) + 773(2546)	3663 (0.3663)
MT	4(8) + 19(90)	75 (0.75)	1814(3628) + 830(2747)	3731 (0.3731)
WELL512	16(32) + 8(27)	35 (0.35)	1812(3624) + 829(2708)	3691 (0.3691)
XS	16(32) + 8(27)	35 (0.35)	1891(3782) + 792(2611)	3710 (0.3710)
BBS	2(4) + 22(95)	75 (0.75)	7(14) + 1(9816)	9822 (0.9822)
ISAAC	19(38) + 7(24)	36 (0.36)	1810(3620) + 817(2682)	3675 (0.3675)

Table 1. The overhead coefficient test results

In making decision, beside overhead coefficient, we had also considered number of green and yellow dots for all bitmap sizes. An ideal test result values will be like 0 (0) + 0 (0), which means that there are no overhead at all. We can see that **LCG** is one good example for bad pseudo-random generator. This generator had very high values of overhead coefficient for all bitmap sizes, from 0.95 for small bitmap to 0.99 for the biggest one. For example we can consider smallest bitmap result, as we can see this algorithm generate 0 green points and 100 yellow points that address only 5 locations. From this result we can

	1000 × 1000	Score
LCG	0(0) + 250(1000000)	999750 (0.99975)
WH	183782(367564) + 80490(265315)	368607 (0.3686)
MWC	25(50) + 22386(997589)	975228 (0.97523)
CMWC	77(154) + 7792(988744)	981029 (0.98103)
ICG	0(0) + 41(1000000)	999959 (0.99996)
LFG	0(0) + 62499(999999)	937500 (0.9375)
LFSR	0(0) + 4000(1000000)	996000 (0.996)
SG	183828(367656) + 80310(264379)	367897 (0.3679)
MT	184024(368048) + 80315(264345)	368054 (0.36805)
WELL512	183785(367570) + 80493(264766)	368058 (0.36806)
XS	183984(367968) + 80236(264119)	367867 (0.36787)
BBS	5(10) + 1(998366)	998370 (0.99837)
ISAAC	183549(367098) + 80128(264014)	367435 (0.36744)

Table 2. The overhead coefficient test results

consider that **LCG** generator have high correlation in output values, because this algorithm got all 100 generated points to exact 5 locations. Other example worth consideration is very popular **MT** generator. This generator had good results with bigger bitmap resolutions but on small resolutions like 10×10 , overhead coefficient was very bad. We can see from Table 1 that for bitmap resolution 10×10 , this generator had overhead coefficient value of 0.75, this means that we had 75 black pixels form 100 pixels in bitmap. Also we can see that dots behavior was like $4(8) + 19(90)$. **MT** generator output sequence had 8 generated value mapped to 4 green pixels and 90 generated values mapped to only 19 pixels. From test results we can see that **MT** generator is bad decision for small 2D arrays. To better understand what is happen with output values of this PRNG we must see how it really works. In *RNGVisual* application, implemented version of **MT** algorithm has *mersenne prime* value of 19937 and initial state vector with length of 624. This generator is produce random value by performing operations on initial state vector. When 624 output values are created, algorithm initialize new block of 624 values. This algorithm has problem with linear correlation between initial state vector values, so when number of created output sequence is equal or less than 624 overhead coefficient value is big. Over-

head coefficient in our test has value of 0.75, because bitmap resolution is 10×10 , so number of generated output values is 100. Because 100 is smaller than 624, linear correlation between output values is strong.

On the basis of the test results we had picked 4 PRNGs that got the smallest overhead coefficients. From results in Table 1 and Table 2 we select next generators: **SG**, **WELL512**, **XS** and **ISAAC**. One very interesting pseudo-random numbers generator from ours top four algorithms is **XS** (*XorShift*). As we could see from Table 1 and Table 2, **XS** is one very good pseudo-random numbers generator, it had overhead coefficient values of 0.35, 0.37 and 0.36 for 10×10 , 100×100 and 1000×1000 resolutions respectively. This algorithm also has very simple implementation. As initial state this generator has two seed values. Used operations like XOR, SHIFT and + are basic and fast operations with direct hardware implementation in all standard processors. The following listing shows pseudo-code for *XorShift* generator:

```

long seed[2];
long xorshift() {
long x := seed[0];
long const y := seed[1];
seed[0] := y;
x := x ^ (x << 23);
x := x ^ (x >> 17);
x := x ^ (y ^ (y >> 26));
seed[1] := x;
return x + y;
}

```

In the next phase we compare selected four PRNGs on time basis. We measure the time needed to randomly fill in 2D array with them. Goal is to select a PRNG with the best fill in time.

2.2. The time test of PRNGs

The second test goal is to see how much time is needed to visit all locations of the 2D array with PRNGs. In this time a matrix is given as a representative of the 2D array. On initial state the matrix is filled with zeros. Matrix dimensions is $m \times n$, and the pseudo-random numbers generator output sequence length is $m \times n \times 2$. Test algorithm get pairs of successive output values and use them to address matrix elements locations. When some location was visited, value at that location was changed from zero to one. Algorithm stops when all elements in matrix are equal to one, i.e. algorithm stops when sum of all elements is equal to the number of elements. If algorithm was used all generator's output values and matrix is not fill in due to overheads, the PRNG create new block of output sequence which length is $m \times n \times 2$. This block

	10 × 10	100 × 100	1000 × 1000
WELL512	0 s	0.0311932 s	2.7344111 s
XS	0 s	0.0156244 s	3.0625579 s
ISAAC	0.0155839 s	0.0156105 s	2.4375463 s
SG	0 s	0.0312638 s	3.1094129 s

Table 3. Time needed to fill in a 2D array

based structure is chosen due to time-consuming initial process of **SG**, **WELL512** and **ISAAC** generators. Otherwise algorithm must call the PRNG for every single value, and go through initial state of generator every time. Test results are in Table 3. Results show time needed to fill in matrix with ones in seconds.

From Table 3 we can see that **ISAAC** (*Indirection, Shift, Accumulate, Add, Count*) algorithm had the best time on the test with arrays which size is greater or equal 100×100. It is absolute winner when we talk about very big arrays with impressive 2.43 seconds needed to fill in the 1000×1000 matrix. But this algorithm had bad result for small arrays, in our test **ISAAC** spent 0.0156 seconds for the 10×10 array. This is because of time consuming initialization process. In following listing we can see pseudo-code for **ISAAC** algorithm:

Input: a, b, c and the internal state s , an array of 256 32-bit words

Output: an array r of 256 32-bit words

```

        c ← c + 1
        b ← b + c
for  $i = 0, \dots, 255$  do
        x ←  $s_i$ 
         $a \leftarrow f(a, i) + s_{i+128 \bmod 256}$ 
         $s_i \leftarrow a + b + s_{x \gg 2 \bmod 256}$ 
         $r_i \leftarrow x + s_{s_i \gg 10 \bmod 256}$ 
        b ←  $r_i$ 
end for
return  $r$ 

```

$$f(a, i) = \begin{cases} a \ll 13 & \text{if } i \equiv 0 \pmod{4} \\ a \gg 6 & \text{if } i \equiv 1 \pmod{4} \\ a \ll 2 & \text{if } i \equiv 2 \pmod{4} \\ a \gg 16 & \text{if } i \equiv 3 \pmod{4} \end{cases}$$

This algorithm has 3 input values and one initial seed array with size of 256, 32-bit locations. **ISAAC** returns block of 256 pseudo-random output values, so it is very fast with bigger arrays but when number

of matrix elements are smaller than 256, as we had in test with 10×10 matrix, algorithm overrun number of needed pseudo-random values and waste time to create values that will be thrown away.

3. Conclusion

On the basis of test results we can conclude that **WELL512**, **XS** and **ISAAC** are three pseudo-random numbers generators that worth consideration when we think about randomly filling in 2D arrays. **ISAAC** had the best result on bigger arrays, like 100×100 and greater, but on small arrays like 10×10, this algorithm had time-consuming initial process that slows down his performances. This algorithm is also cryptographic secure. **XS** have very good performance, and it is great because of his very simple implementation, only few lines of code, but with bigger arrays like 1000×1000, this algorithm was little slower than **ISAAC**. **WELL512** is very good algorithm, this algorithm is some kind of golden middle when we need good performance for very small and very big arrays in the same time. For arrays with size equal or smaller than 100×100, **XS** has an impressive speed and again, a very simple but effective implementation.

Acknowledgements. *This paper is supported with III44006-10 project of the Ministry of Education and Science Republic of Serbia.*

References

- [1] **J. Aumasson.** On the pseudo-random generator ISAAC. *FHNW, 5210 Windisch, Switzerland*, 2006.
- [2] **P. Burns.** Lagged, Fibonacci Random Number Generators. *Lecture GS 510, Colorado State University*, 2004.
- [3] **D. E. Knuth.** The Art of Computer Programming: Seminumerical Algorithms. *Addison Wesley Longman, Massachusetts*, 1998.
- [4] **O. Lendl.** Explicit Inverse Pseudorandom Number Generators. *Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Salzburg*, 1996.
- [5] **M. Matsumoto, T. Nishimura.** Mersenne Twister: A 623-dimensionally equidistributed uniform pseudorandom number generator. *Keio University, Yokohama*, 1998.
- [6] **F. Panneton, P. L'Ecuyer.** Improved Long-Period Generators Based on Linear Recurrences Modulo 2. *ACM*, Vol. 32, Issue 1, 2006, pp. 1-16.
- [7] **Nenad Stojiljković.** Grafičko predstavljanje generatora pseudo-slučajnih brojeva. *Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu*, 2014.
- [8] **B.A. Wichmann, I.D. Hill.** Algorithm AS 183: An Efficient and Portable Pseudo-Random Number Generator. *Applied Statistics*, Vol. 31, No. 2, 1982, pp. 188-190.

Parallel variable neighborhood search algorithm to minimize the makespan on hybrid flow shop problems

Dušan Džamić

Faculty of Organizational Sciences, University of Belgrade, *Jove Ilića 154, Belgrade, Serbia*
e-mail: dusan.dzamic@fon.bg.ac.rs

Aleksandar Đenić

Faculty of Mathematics, University of Belgrade, Studentski trg 16, Belgrade, Serbia
e-mail: djenic@matf.bg.ac.rs

Miroslav Marić

Faculty of Mathematics, University of Belgrade, Studentski trg 16, Belgrade, Serbia
e-mail: maricm@matf.bg.ac.rs

Abstract. Flow-shop scheduling problems represents a class of scheduling problems with a focus on processing a given set of jobs, where all jobs have to be processed in an identical order on a given number of machines. Hybrid flow-shop (HFS) problems overcome one of the limitations of the classical flow-shop model by allowing parallel processors at each stage of task processing. HFS problems are common manufacturing environments in many industries, such as the glass, building materials, steel, paper and textile industries. In this paper, we propose parallel variable neighborhood search algorithm (PVNS) for solving the HFS scheduling problem with minimum makespan objective. Initial solution is obtained by reduced version of the variable neighborhood search, called reduced variable neighborhood search algorithm (RVNS). Analysis of the most CPU consuming computational parts of the algorithm are done and obtained parts are parallelized. The proposed algorithm is tested on the well-known benchmark problems for HFS problem. Experimental results show that the proposed algorithm is a viable and effective approach for the hybrid flow shop scheduling problem.

Keywords: hybrid flow shop; parallel variable neighborhood search, scheduling, combinatorial optimization

1. Introduction

Production scheduling is a decision-making process that plays a crucial role in manufacturing and service industries. The main task in production scheduling is to determine how to allocate production resources to tasks over given time periods, with the aim of optimizing one or more objectives.

In HFS problem machines are arranged into several stages in series, and each of which has one or more identical machines in parallel. A job has to pass through all stages and must be processed by exactly one machine at every

stage. HFS problem widely exists in real manufacturing environments, such as the glass, building materials, steel, paper, textile and pharmaceutical industries. As shown by Gupta [1], the problem is NP-hard even if the manufacturing environment is characterized by two stages, the former having two machines and the latter just a single machine. The HFS problem has attracted a lot of attention given its complexity and practical relevance. Many different approaches (exact algorithms, heuristics, and meta-heuristics) have been proposed to solve the HFS problem. Recent and

comprehensive reviews on the HFS can be found in [2]. During the past decades, meta-heuristics, which can generate approximate solutions close to the optimum but with considerably less computational time, has become a new and effective approach to solve the HFS problem.

In this paper, we propose parallel variable neighborhood search (PVNS) for solving the HFS scheduling problem with minimum makespan objective. The paper is organized as follows. In Section 2 we present the mathematical tools and techniques that have proven to be useful for HFS. This includes formulations of the problem and representations of the feasible set. In Section 3, we present our proposed parallel variable neighborhood search algorithm and detail its main components. In Section 4, we present an extensive computational study with the proposed algorithm. Experiments and the computational results are presented. Finally, some concluding remarks are given in Section 5.

2. Mathematical formulation

In a HFS, machines are arranged into k stages in series. At each stage s ($s = 1, \dots, k$), there are m_s identical parallel machines, where $m_s \geq 2$ in at least one stage. Job j ($j = 1, \dots, n$) has to be processed on any one machine at each stage, and a machine can process only one job at a time. All jobs and machines are available at time zero, setup times are negligible, preemption is not allowed, the capacity of buffers between stages is unlimited and problem data is deterministic and known in advance.

The model of the HFS problem can be formulated as follows [3]:

min C_{\max} subject to:

$$C_{\max} \geq F_{js}, \quad s = 1, \dots, k, \quad j = 1, \dots, n \quad (1)$$

$$F_{js} = S_{js} + P_{js}, \quad s = 1, \dots, k, \quad j = 1, \dots, n \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^{m_s} X_{ijs} = 1, \quad s = 1, \dots, k, \quad j = 1, \dots, n \quad (3)$$

$$F_{js} \leq S_{j(s+1)}, \quad s = 1, \dots, k-1 \quad (4)$$

$$S_{xs} \geq F_{ys} - LY_{xys} \quad \forall (x, y), \quad s = 1, \dots, k \quad (5)$$

$$X_{jis} \in \{0,1\}, Y_{jis} \in \{0,1\}, \quad s = 1, \dots, k, \quad i = 1, \dots, m_s, j = 1, \dots, n \quad (6)$$

S_{js}, P_{js}, F_{js} are respectively starting, processing and finishing time of job j at stage s . X_{jis} is a binary variable equal to 1 if job j is assigned to machine i at stage s and 0 otherwise. Y_{jis} is a binary variable equal to 1 if job j precedes job i at stage s and 0 otherwise. L is a large constant.

The objective is to minimize the makespan, or maximum completion time (C_{\max}). Constraints (1) and (2) are used to define the makespan. Constraint (3) ensures that each job is processed exactly by one machine at each stage. Constraint (4) ensures that each job can be started at the current stage only after it has been completed at the preceding stage. Constraints (4) and (5) together require that each machine can process only one job at a time and the starting time of the current job must be greater than the finishing time of the preceding job. Constraint (6) defines the binary variables. All the decision variables are integers, so the model is an integer programming formulation.

3. Parallel variable neighborhood search

Variable Neighborhood Search (VNS) metaheuristic [4] combines local search with systematic changes of neighborhood in the descent and escape from local optimum. Since its inception, VNS has undergone many developments and has been applied in numerous fields. For small and medium size problems, local search descent is usually very fast. But, for very large problem instances, local search algorithms often require substantial amounts of running time. One way to reduce the running time and increase exploration in the search space is using parallelization. Several strategies for parallelizing a VNS algorithm have been presented in the literature [5], [6].

3.1. Solution representation and neighborhood structure

A solution is simply represented by an array of numbers consisting of a permutation of n jobs. It is notable that the solution encoding given above contains no machine selection (routing) information in each stage. In this study, to decode the solution representation the jobs are arranged into machine by priority rules to the first available machine. To illustrate the decoding, consider a simple example of a HFS problem with 5 jobs and 2 stages. Both stages consist of 2 identical parallel machines. Figure 1. shows an example of decoding solution (5, 3, 4, 1, 2).

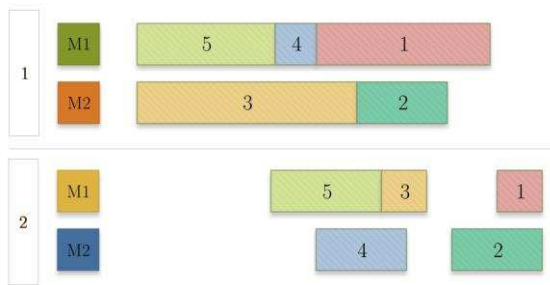


Figure1. Decoding solution (5,3,4,1,2)

A neighbour of permutation x is obtained by interchanging the jobs in positions i and j .

3.4. Algorithm

VNS algorithm consists of repetition of two main phases: shake phase and local search phase. An initial solution for the VNS algorithm is obtained by Reduced VNS algorithm (RVNS), which consists of repetition of shake phase.

CPU profiler shows that the local search phase is the most CPU consuming computational part of the non-parallel version of the algorithm. Local search uses more than 97% of total process running time. That was motivation for adding parallelization to local search. The main idea is to divide search for the best improvement in the neighborhood of the current solution to different processors.

Task Parallel Library (.NET Framework 4.5) is used. Pseudo codes of PVNS and parallel local search are presented in Algorithms 1. and 2.

```

output: sol;
sol = initialize_random_solution();
//RVNS
while rvns stopping condition is not satisfied
  for k = 1 to rvns_max
    sol' = shake(sol, k);
    if sol' is better than sol then
      sol = sol';
      break;
    end if
  end for
end while
//VNS
while vns stopping condition is not satisfied
  for k = 1 to rvns_max
    sol' = shake(sol, k);
    sol' = parallel_local_search(sol');
    if sol' is better than sol then
      sol = sol';
      break;
    end if
  end for
end while

```

Algorithm 1. PVNS for HFS

```

input: sol;
output: sol;
improvement = true;
while improvement
  improvement = false;
  parallel foreach sol' in neighborhood(sol)
    lock sol
      if sol' is better than sol then
        sol = sol';
        improvement = true;
      end if
    end lock
  end parallel foreach
end while

```

Algorithm 2. Parallel local search

4. Experimental results

In this section, we present the results of a computational experiments conducted to verify the performance of the proposed PVNS algorithm. The algorithms were programmed in C# and run on an Intel Core i7 860, and 8 GB

RAM. Proposed algorithm have been applied to Carlier and Neron's benchmark problems [7]. The lower bound (LB) of these problems for makespan minimization [8], [9] was calculated to analyse the performance of the algorithms.

Maximal neighborhood used for shake phase in RVNS is 3, while maximal neighborhood used for shake phase in VNS is $minimum(20, \frac{n}{3})$. Stopping condition for RVNS algorithm is 1000 successive iterations without improvement. Stopping condition for VNS algorithm is 10000 successive iterations without improvement, or until the LB was reached. If the LB was not found within those limits, the search was stopped and the best solution was accepted as the final solution.

Instance group	Time[s]	LB obtained
j10c10a	0.003	6/6
j10c10b	0.002	6/6
j10c10c	0.013	0/6
j10c5a	0.001	5/5
j10c5b	0.000	6/6
j10c5c	0.028	5/6
j10c5d	0.148	5/6
j15c10a	0.004	6/6
j15c10b	0.001	6/6
j15c5a	0.001	6/6
j15c5b	0.001	6/6
j15c5c	1.333	5/6
j15c5d	2.694	1/6

Table 1. Results on benchmark problems

The computational results are summarized in Table 1. In the first column it is given instance group name, in the second column average computational time, while in the third column it is given number of instances on which algorithm found lower bound, separated by number of instances in appropriate instance group. It can be seen that the average times of presented algorithm are very low, and that algorithm found lower bound solution for 63 of 77 tested instances.

3. Conclusion

In this paper, we have examined a Hybrid flow shop problem, which is an NP-hard problem. A parallel variable neighborhood search algorithm PVNS has been developed to solve the problem. We evaluated the proposed algorithm on the set of Carlier and Neron's benchmark problems. Computational results revealed that PVNS is a viable and effective approach for the hybrid flow shop scheduling problem. Future research may be conducted to further investigate the algorithm to solve other scheduling problems.

Acknowledgements. This research was partially supported by Serbian Ministry of Education and Science under the grants No. 174010.

References

- [1] **J.N.D. Gupta**, Two-stage, hybrid flowshop scheduling problem, *Journal of the Operational Research Society*, 1988., 39, 359–364.
- [2] **R. Ruiz, J.A. Vázquez Rodríguez**, The hybrid flow shop scheduling problem, *Eur. J. Oper. Res.* 2010., 205 1-18.
- [3] **C.J. Liao, E. Tjandradjaja, T.P. Chung**, An approach using particle swarm optimization and bottleneck heuristic to solve hybrid flow shop scheduling problem, *Appl. Softw. Comput.* 2012., 12, 1755–1764.
- [4] **N. Mladenović, P. Hansen**, Variable neighborhood search. *Computers & Operations Research*, 1997., 24(11), 1097-1100.
- [5] **T.G Crainic, M. Gendreau, P. Hansen, N. Mladenovic**, Cooperative parallel variable neighbourhood search for the p-median. *Journal of Heuristics*, 2004., 10, 293–314.
- [6] **F. Garcia Lopez, B. Melian Batista, J.A. Moreno Perez, J.M. Moreno Vega**, The parallel variable neighbourhood search for the p-median problem. *Journal of Heuristics*, 2002., 8, 375–388.
- [7] **J. Carlier, E. Neron**, An exact method for solving the multi-processor flow shop, *RAIRO-Oper. Res.*, 2000., 34, 1–25.
- [8] **D.L. Santos, J.L. Hunsucker, D.E. Deal**, Global lower bounds for flow shops with multiple processors, *Eur. J. Oper. Res.* 1995., 80 112–120.
- [9] **E. Neron, P. Baptiste, J.N.D. Gupta**, Solving hybrid flow shop problem using energetic reasoning and global operations, *Omega—Int. J. Manage. Sci.*, 2001., 29, 501–511.

LOGISTICS

IZBOR POŠILJKI ZA UTOVAR I NJIHOVO RASPOREĐIVANJE U TOVARNOM PROSTORU POMOĆU CONSTRAINT PROGRAMINGA

Vlado Popović

Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet

e-mail: vlado.popovic@yahoo.com

Milorad Kilibarda

Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet

e-mail: m.kilibarda@sf.bg.ac.rs

Milan Andrejić

Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet

e-mail: m.andrejac@sf.bg.ac.rs

Apstrakt. Izbor što bolje kombinacije pošiljki sa aspekta zarade koja se ostvaruje njihovim prevozom, svakodnevni je posao organizatora zbirnog transporta. Svakako, računski najteže pitanje o kome se pri tom mora voditi računa je da li izabrana kombinacija može da se složi u tovarni prostor. Ovde je ta situacija posmatrana kao dvodimenzionalni ortogonalni problem pakovanja ranca sa mogućnošću rotiranja paketa za 90 stepeni, uz dva dodatna ograničenja. Prvo se odnosi na poštovanje nedeljivosti pošiljke, tj. sva koleta izabrane pošiljke moraju biti utovarena. Drugo se pak odnosi na uvažavanje redosleda istovara pošiljki prilikom raspoređivanja koleta na tovarnom prostoru. Problem je rešen pomoću constraint programinga (CP-a), odnosno backtracking pretrage. Proces pretrage bio je vođen conflict driven heuristikom uz primenu restart pravila, što je dovelo do brzog rešavanja test problema. Do konačnog rešenja se dolazilo stalnim povećavanjem minimalne zarade koja mora da se ostvari prevozom, za dato vozilo.

Ključnereči: raspoređivanje pošiljki, CP, conflict driven heuristika

1. Uvod

Izbor najbolje kombinacije pošiljki, sa aspekta zarade koja se ostvaruje njihovim prevozom, problem je s kojim se svakodnevno susreću mnogi organizatori transporta prilikom punjenja transportnih jedinica. Naročito je prisutan u zbirnom drumskom transportu, ali i u kontejnerskom. Kompleksnost tog problem posledica je potrebe za optimalnim slaganjem pošiljki u tovarnom prostoru, koje su obično sastavljene od više koleta i moraju biti poređane po redosledu istovara. Problem se dodatno komplikuje ukoliko pošiljke nisu na jednom mestu, pa je potrebno uključiti i rutiranje. Ovde pak to nije obuhvaćeno.

Kao takav, problem odgovara problemu pakovanja ranca (knapsack problemu) koji sadrži dodatna ograničenja u vezi sa slaganjem (tovarenjem) paketa. S obzirom da je ovde razmatran u dve dimenzije uz mogućnost okretanja za 90 stepeni, može se nazvati dvodimenzionalni neorijentisani ortogonalni knapsack problem sa ograničenjima utovara. Koliko je autorima ovog rada poznato, utovar pošiljki u drumska vozila samo je u jednom radu (Silveira i ostali, 2011) povezan sa knapsack problemom. Uglavnom je postavljan kao ortogonalni problem pakovanja (OPP) ili bin packing problem (BPP) i rešavan zajedno sa problemom rutiranja. Suprotno, u slučaju kontejnera rešavan je posebno, i kao svaki od

problema pakovanja. Pregled radova koji su se bavili utovarom pošiljki u kontejner dali su Bortfeldt i Wascher (2012), a u drumska vozila (zajedno sa rutiranjem) Pinto i ostali (2006).

Opisani problem je u radu modeliran i rešen kao constraint satisfaction problem (CSP). Dakle, funkcija cilja je predstavljena ograničenjem kod koga je desna strana minimalna zarada. Ako program pronađe rešenje za postavljeni iznos, on se podiže i problem se ponovo rešava; tako sve dok ne postane nerešiv. Određivanje prve minimalne zarade ne bi trebalo da je upitno, jer menadžeri uglavnom znaju ispod koje cene se ne isplati otpremati kamion/kontejner za neku destinaciju.

CP kao metoda rešavanja problema je izabrana jer se pokazala veoma efikasnom pri rešavanju OPP-a. Mesyagutov i ostali (2012) ističu da sa njom ostvaruju najbolji rezultati za ovaj problem, navodeći radove u kome je to dokazano. Jedan od glavnih razlog za to je „Constraint Propagation“, o kojoj će u biti reći nešto kasnije. Za rešavanje CSP-a u ovom radu korišćena je backtrackig metoda vođena conflict driven heuristikom uz primenu restart pravila. Primena ove heuristike i pravila dodatno je doprinela uspehu iznesene ideje, jer je ubrzala dolazak do rešenja problema.

Rad je organizovan na sledeći način. U narednom poglavlju data je postavka problema i njegov model u formi CSP-a. U trećem je opisana conflict driven heuristika i restart pravilo. U četvrtom poglavlju dat je numerički primer, a u okviru zaključka još jednom razmotren izneti pristup problemu i dati pravci njegovog budućeg razvoja.

2. Postavka problema

Ulazni podaci za problem su, zarada po pošiljki, dimenzije koleta i tovarnog prostora, redosled po kome se istovaraju pošiljke i minimalna zarada koja mora biti ostvarena. Izlazni podaci, tj. rešenje problema jesu x i y koordinate odabranih koleta u okviru tovarnog prostora.

Problem je kombinatorni, jer se biraju pravougaonici (koleta) iz konačnog skupa za

smeštaj unutar velikog pravougaonika (tovarnog prostora), uz poštovanje određenih uslova (ograničenja). Zapravo, biraju se tačke unutar velikog pravougaonika u kojima će se postaviti donji levi uglovi izabranih koleta. Koletu u tom prostoru može da bude postavljeno vodoravno ili uspravno, tj. nisu razmatrani položaji pod uglovima između.

Notacija korišćena prilikom matematičkog predstavljanja problema u OML-u (objective modeling language) je sledeća: Za promenljive: $x[i]$ – celobrojna promenljiva koja označava x koordinatu i -tog koleta; $y[i]$ – celobrojna promenljiva koja označava y koordinatu i -tog koleta; $b[i]$ – boolean promenljiva koja označava da li se i -to koletu pakuje (utovara) ili ne. Za parametre: C – minimalna vrednost ture; L, W – dužina i širina tovarnog prostora; Koleta – skup koleta svih raspoloživih pošiljki; K – ukupan broj koleta; T – ukupan broj koleta u odnosu moguće položaje ($T=2 * K$); $duzina[i]$, $sirina[i]$, $zarada[i]$, $posiljka[i]$ – dužina, širina, zarada za prevoz i pošiljka (kojoj pripada) i -tog koleta. Celokupna zarada za prevoz neke pošiljke vezana je za njeno prvo koletu.

2.1. Model

```
Model[
Parameters[Integers,L=,H=,T=,K=,C=],
Parameters[Sets,Koleta],
Parameters[Integers,duzina[Koleta],
sirina[Koleta],zarada[Koleta],posiljka[Koleta],
Decisions[Booleans,b[Koleta]],
Decisions[Integers[0,L], x[Koleta]],
Decisions[Integers[0,H], y[Koleta]],
Constraints[
//1. Koleta moraju da se nalaze u granicama
tovarnog prostora
Foreach[{i,Koleta},Implies[b[i],x[i]<=L-
duzina[i] & y[i]<=W-sirina[i]]],
//2. Ne sme da dođe do preklapanja koleta
Foreach[{i,T},{j,i+1,T},Implies[b[i]&b[j],
x[i]>=x[j]+duzina[j] | x[i]+duzina[i]<=x[j] |
y[i]>=y[j]+sirina[j] | y[i]+sirina[i]<=y[j] ]],
//3. Koletu može biti položeno ili vodoravno ili
uspravno
Foreach[{i,K},AsInt[b[i]]*AsInt[b[i+K]]==0],
```

//4. Ako je jedno koletu neke pošiljke odabrano, onda moraju biti odabrana i ostala koletu te pošiljke

```
FilteredForeach[ {i,1,K},posiljka[i]==posiljka[
i-1],Implies[b[i],b[i-1] | b[i+K-1]]],
FilteredForeach[ {i,K-1},
posiljka[i]==posiljka[i+1],Implies[b[i],b[i+1] |
b[i+K]]], FilteredForeach[ {i,K+1,T}
,posiljka[i]==posiljka[i-1],Implies[b[i],b[i-1] |
b[i-K+1]]], FilteredForeach[ {i,K,T-1}
,posiljka[i]==posiljka[i+1],Implies[b[i],b[i+1]
| b[i-K-1]]],
```

//5. Površina utovarenih koletu mora biti manja od površine tovarnog prostora (uvedeno radi ubrzanja pretrage)

```
Sum[ {i,Koleta},duzina[i]*sirina[i]*
AsInt[b[i]]] <=L*W,
```

//6. Minimalna zarada C mora da se ostvari

```
Sum[ {i,Koleta},zarada[i]* AsInt[b[i]]] >=C,
```

//7. Poštovanje redosleda istovara pošiljki u zavisnosti od rednog broja pošiljke

```
Foreach[ {i,T-1}, {j,i+1,T}, Implies[b[i] &
posiljka[i]!=posiljka[j] &
posiljka[i]<=posiljka[j], x[i]>=x[j] ]],
Foreach[ {i,K,T-1}, {j,i+1,T}, Implies[b[i] &
posiljka[i]!=posiljka[j] &
posiljka[i]<=posiljka[j], x[i]>=x[j-K] ]]]
```

3. Conflict driven variable ordering (vo) heuristika i restart pravilo

Conflict driven vo je heuristika koju su predložili Boussemart i ostali (2004), a predstavlja pravilo po kome se bira naredna promenljiva u procesu pretrage. Dokazano je jedna od heuristika koje najviše doprinose poboljšanju backtracking metode. Zasniva se na „Fail First“ principu i „Contention“ principu. Prvi princip podrazumeva biranje promenljive kod koje je najveća šansa da joj se neće moći dodeliti vrednost. Najočitiiji primer primene tog principa je minimal domen first vo heuristika (dom). Prema drugom principu prednost imaju promenljive prisutne u ograničenjima većeg razdora. Ostvaruje se tako što se za ograničenja uvode težine koje se povećavaju svaki put kada uzrokuju da neka promenljiva ostane praznog domena. Na osnovu tih težina određuje se težina promenljivih, koja predstavlja sumu težina

ograničenja u kojima se nalazi. Predstavnik je wdeg heuristika. Konačno, prema conflict driven heuristici promenljive se biraju prema količniku vrednosti dobijenih po dom i wdeg heuristici. Stoga se ta heuristika označava i kao dom/wdeg. Smatra se da zajedno sa MAC (Mainaining Arc Consistency) algoritmom pretrage, predstavlja najefikasniji način rešavanja CSP-a. Kako MAC i conflict driven zapravo rade zajedno? Neka je u nekom koraku pretrage izabrana promenljiva v za dodelu vrednosti, jer je imala najmanju vrednost parametra dom/wdeg. Prema nekom pravilu dodeljuje joj se vrednost iz njenog domena. Potom, proverava se da li će to uzrokovati da neka druga promenljiva ima prazan domen (dolazi do constraint propagacije). Ukoliko hoće, ograničenju koje je direktno uticalo na to se povećava težina za jedan. Ta vrednost se oduzima promenljivoj v , i proverava isto za sledeću vrednost. Ukoliko nijedna vrednost ne može da joj se dodeli, a da pri tom neka druga promenljiva ne dobije prazan domen, pretraga se vraća na prethodnu promenljivu i njoj se traži nova vrednost.

Ova heuristika može da se unapredi ukoliko se primeni restart pravilo. Ono podrazumeva da, ukoliko nakon određenog broja vraćanja pretrage nije pronađeno rešenje, pretraga kreće iznova, ali od neke druge promenljive. Naime, izbor prve promenljive od izuzetne je važnosti za celokupnu pretragu. Kako kod conflict driven heuristike na početku sve promenljive imaju istu vrednost parametra dom/wdeg, jasno je zašto je dobro koristiti ovo pravilo. Grimes i Wallas (2007) su otišli korak dalje i razvili dva nova načina na koja restart pravilo može da pomogne conflict driven heuristici da bude još bolja.

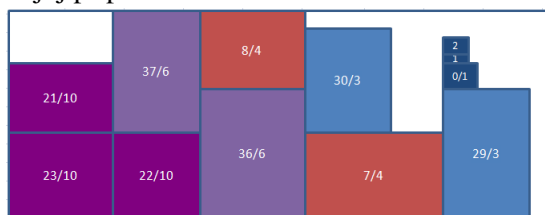
4. Primer

U tabeli 1 dati su podaci o pošiljkama i njihovim koletima, raspoloživim za utovar. Sve dimenzije su u dm. Postoje 24 koletu (K=24), odnosno razmatra se njih 48 zbog dva različita položaja koja mogu zauzeti (T=48). Raspodeljeni su u 10 pošiljki. Zbog ograničenog prostora, u tabeli nisu navedena sva koletu u horizontalnom položaju, nego

samo prvo i poslednje. Pretpostavljeno je da se radi o kamionu dimenzija tovarnog prostora 62x24 dm, a da je redosled istovara pošiljki jednak njihovom redosledu u tabeli.

koleta	dužina	širina	pošiljka	zarada
0	4	3	1	50
1	3	1	1	0
2	3	2	1	0
3	10	8	2	100
4	9	7	2	0
5	15	10	3	150
6	12	10	3	0
7	16	10	4	200
8	12	9	4	0
9	14	10	5	200
10	15	9	5	0
11	16	10	5	0
12	15	12	6	170
13	14	10	6	0
14	17	15	7	180
15	16	10	7	0
16	18	9	7	0
17	13	10	8	180
18	12	12	8	0
19	12	11	8	0
20	15	10	9	110
21	12	8	10	200
22	10	10	10	0
23	12	10	10	0
24	3	4	1	50
...47	10	12	10	0

Tabela 1. Podaci o koletima
Najbolje rešenje koje je postignuto podrazumeva zaradu od 770 n.j. i raspored koleta kao na slici 1. Do rešenja se došlo pomoću Microsoft Solver Foundationa (MSF-a), uz korišćenje backtracking pretrage vođene conflict driven vo heuristikom sa restartom i primenom forward ordering value heuristike. Dobijeno je rešavanjem problema za postavljenu minimalnu zaradu od 750 n.j., a za 39927ms. Za ostale, do tog, potrebno je bilo znatno manje vremena. Na slici, na koletima, prvi broj označava koletu, a drugi pošiljku kojoj pripada.



Slika 1. Plan utovara i odlaganja pošiljki

5. Zaključak

Rad predstavlja jedan od retkih koji je se bavio izborom kombinacije pošiljki za utovar, i jedan od retkih koji je pošiljke posmatrao kao skup koleta. Iznesena ideja za njegovo rešavanje jest nova, možda i neobična ali je lako primenjiva i daje brza rešenja. S druge strane, vrlo lako mogu da se dodaju druga ograničenja, npr. u vezi sa nosivošću ili pak vremenom utovara ili istovara. Ovde to nije urađeno jer se tako dodatno sužava prostor rešenja i olakšava problem. Pažnja autora u budućnosti će biti usmerena na razvoj sopstvene aplikacije u kojoj bi se dalje mogla razvijati conflict driven heuristika i restart pravilo. MSF jest koristan ali ne pruža informacije o conflict driven heuristici koju koristi niti na koji način restart utiče na nju.

Bibliografija

- [1] **A. Bortfeldt, G. Wäscher.** Container Loading Problems - A State-of-the-Art Review. *FEMM Working Papers 120007, Otto-von-Guericke University Magdeburg, Faculty of Economics and Management*, 2012.
- [2] **D. Grimes, R.J. Wallace.** Learning from failure in constraint satisfaction search. *AAAI Workshop on Learning for Search, Boston, USA*, 2006.
- [3] **F. Boussemart, F. Hemery, C. Lecoutre, L. Sais.** Boosting systematic search by weighting constraints. *In Proc. Sixteenth European Conference on Artificial Intelligence-ECAI'04*, 2004, pp. 146–150.
- [4] **J. Silveira, E. Xavier, F. Miyazawa.** Two Dimensional Knapsack with Unloading Constraints, *Electronic Notes in Discrete Mathematics*, 2011, 37, pp. 267-272.
- [5] **M. Iori, S. Marttelo.** Review an annotated bibliography of combined routing and loading problems. *Yugoslav Journal of Operations Research*, 2013, 23/ 3, pp. 311-326.
- [6] **M. Mesyagutov, G. Scheithauer, G. Belov.** New constraint programming approaches for 3D orthogonal packing. *Technical report, Preprint MATH-NM-01-2012, Technische Universität Dresden*, 2012.
- [7] **T. Pinto, C. Alves, J. de Carvalho.** An overview on recent approaches for vehiclerouting problems with loading constraints. *X Congreso Galego de Estatística e Investigación de Operacions, Pontevedra*, 2006.

Analiza efikasnosti distributivnih procesa u kompanijama za proizvodnju i distribuciju pića

Milan Andrejić

Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet

e-mail: m.andrejec@sf.bg.ac.rs

Milorad Kilibarda

Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet

e-mail: m.kilibarda@sf.bg.ac.rs

Vlado Popović

Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet

e-mail: vlado.popovic@yahoo.com

Apstrakt: Performanse distributivnih procesa u velikoj meri zavise od performansi transportnih sistema. Transport je poslednji u nizu distributivnih procesa koji u velikoj meri utiče na zadovoljstvo krajnjeg korisnika. Postoje različiti aspekti merenja transportne efikasnosti. U ovom radu je detaljnije analizirana efikasnost transportnih procesa u kompanijama koje se bave proizvodnjom i distribucijom pića. U sistemu posmatranom u ovom radu prati se više desetina različitih pokazatelja grupisanih u tri grupe: izvršni pokazatelji, finansijski pokazatelji i pokazatelji produktivnosti. Jedan od osnovnih problema koji je prisutan u posmatranom sistemu jeste formiranje jedinstvene mere efikasnosti koja bi obuhvatila pomenute pokazatelje. U ovom radu je predložen hibridni model baziran na analizi glavnih komponenti i analizi obavljanja podataka, koji rešava pomenuti problem. Predloženi model pruža informacije o korektivnim akcijama neophodnim za unapređenje efikasnosti. Rezultati pokazuju izuzetnu pogodnost primene predloženog modela.

Ključne reči: efikasnost, distribucija, analiza glavnih komponenti, analiza obavljanja podataka

1. Uvod

U promenljivim tržišnim uslovima upravljanje logističkim procesima i lancima snabdevanja osnovni je preduslov opstanka na tržištu. Praćenje, merenje i unapređenje performansi jedan je osnovnih zadataka. U literaturi se poslednjih godina veća pažnja posvećuje efikasnosti, kao važnom pokazatelju rada sistema (Andrejić i ostali 2013, Kim, 2010). Kompleksnost transportnih procesa u velikoj meri usložnjava proces merenja efikasnosti. S obzirom na to da transportni troškovi predstavljaju najveći procenat

ukupnih logističkih troškova merenje i unapređenje transportne efikasnosti ima veliki značaj. U literaturi se većina pristupa za merenje efikasnosti bazira na primeni „*Single ratio*“ pokazatelja koje ne pružaju pravu sliku funkcionisanja sistema (Simons i ostali 2004).

Glavni cilj ovog rada je razvoj novog modela merenja efikasnosti transportnih procesa u kompanijama za proizvodnju i distribuciju pića.

2. Transportni procesi u kompanijama za distribuciju pića

U istraživanju sprovedenom u ovom radu došlo se do zaključka da bez obzira na velike

sličnosti u logističkim sistemima koji posluju u Srbiji postoje i izvesne razlike u funkcionisanju i organizaciji voznih parkova u različitim kompanijama. U tom smislu postoje razlike u funkcionisanju transportnih procesa u trgovinskim lancima, farmaceutskoj industriji, distribuciji naftnih derivata, itd (Donselaar i ostali 1998).

Za razliku od prethodno pomenutih broj pokazatelja koji se prati u kompanijama za proizvodnju i distribuciju pića znatno je veći. U konkretnom slučaju pokazatelji se mogu grupisati u tri kategorije (tabela 1). Prvu grupu čine izvršni pokazatelji u koju spadaju više različitih pokazatelja o broju vozila kao i pokazatelji o izvršenom radu: (prevezena količina, pređena rastojanja, vremena rada, itd). Drugu grupu čine finansijski pokazatelji. Na prvom mestu to je budžet kojim kompanija raspolaže. Pored toga u grupu finansijskih pokazatelja spadaju i troškovi, kao i niz izvedenih "single ratio" pokazatelja koji se tiču troška po jedinici pređenog rastojanja, odnosno prevezene količine, itd.

Tip	Indikator	U/I ^t
Izvršni pokazatelji (operativni)	Broja vozila	U
	Broj vozila u upotrebi	U
	Broj vozila korišćenih za isporuku	U
	Obim isporuke (hl)	I
	Broj otpremljenih proizvoda	I
	Transportovana količina (t)	I
	Prosečan kapacitet vozila (t)	U
	Ukupno vreme rada kamiona (h)	U
	Ukupno rastojanje (km)	I
	Finansijski	Budžet (RSD)
Potrošeno (RSD)		U
Koeficijent iskorišćenja budžeta (%)		U
Trošak/proizvod (RSD/proizvod)		U
Trošak/km (RSD/km)		U
Trošak/hl/km (RSD/hl/km)		U
Trošak/proizvodu/km (RSD/proizvod/km)		U
Performanse (produktivnost)	Prosečno vreme u ruti (h)	U
	Prosečna dužina rute (km)	U
	Prosečna broj proizvoda u isporuci	U
	Prosečna težina tereta (t)	U
	Prostorna iskorišćenost vozila (%)	I
Prosečan istovar (drop size) (hl)	U	

Tabela 1. Pokazatelji funkcionisanja transportnih procesa

Poslednju grupu čine pokazatelji kojima menadžment pridaje najveću pažnju. Menadžment posmatrane kompanije ovu

grupu naziva performanse produktivnosti. Ovo zapravo predstavlja pravu sliku realnih sistema i "neshvatanja" pojmova produktivnost i efikasnost. Reprezentativni pokazatelji ove grupe su prosečno vreme u ruti, prosečna dužina rute, prostorna iskorišćenost vozila, itd.

Važno je napomenuti da se u tabeli 1 pojavljuje i jedan od pokazatelja koji karakteriše kompanije koje se bave distribucijom pića. Naime "drop size" pokazatelj se odnosi na prosečan istovar u isporuci i izražen je u hektolitrima (hl). Kao i u distribuciji proizvoda široke potrošnje i u ovom delu se isporuke organizuju tako da vozilo u jednoj turi realizuje veći broj istovara (isporuka).

3. Merenje efikasnosti transportnih procesa

S obzirom na veliki broj pokazatelja (18 ulaza i 4 izlaza) standardni BCC DEA model se ne može primeniti. U ovom delu je korišćen model baziran na PCA – DEA (*Principal Component Analysis – Data Envelopment Analysis*) metodi. Nezavisna procena efikasnosti šest voznih parkova lociranih u šest gradova u Srbiji sprovedena je u ovom poglavlju. Usled vremenskih promena efikasnost je praćena u periodu od 12 meseci, pri čemu svaki vozni park u određenom vremenskom periodu predstavlja zasebnu DMU, tako da je merena efikasnost 72 DMU (Andrejić i ostali 2013, Andrejić i Kilibarda 2011).

$$\max_{U_{PC}, V_{PC}} U_{PC} Y_{PC}^a \quad (1)$$

Uz ograničenja:

$$V_{PC} X_{PC}^a = 1 \quad (2)$$

$$V_{PC} X_{PC} - U_{PC} Y_{PC} \geq 0 \quad (3)$$

$$V_{PC_i} - V_{PC_{i+1}} \geq 0, \text{ za } i = 1, \dots, m - 1 \quad (4)$$

$$U_{PC_i} - U_{PC_{i+1}} \geq 0, \text{ za } i = 1, \dots, m - 1 \quad (5)$$

$$V_{PC}^t L_x \geq 0 \quad (6)$$

$$U_{PC}^t L_y \geq 0 \quad (7)$$

$$V_{PC}, U_{PC}, \text{ free} \quad (8)$$

V_{PC} i U_{PC} predstavljaju vektore težina koji su dodeljeni ulaznim i izlaznim glavnim komponentama, dok X_{PC} i Y_{PC} predstavljaju matrice ulaznih i izlaznih promenljivih. L_x i L_y predstavljaju matrice linearnih koeficijenata dobijenih primenom analize glavnih komponenti ulaznih i izlaznih podataka. U narednoj tabeli su dati rezultati analize glavnih komponenti na 18 ulaznih i 4 izlazne veličine. Od 18 ulaznih promenljivih izdvojeno je ukupno četiri glavne komponente koje objašnjavaju ukupno 87.05 % ukupne varijanse.

Ulazi	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4
Broja vozila	0.975	-0.064	-0.073	-
Broj vozila u upotrebi	0.967	-0.113	-0.062	-
Broj vozila korišćenih za isporuku	0.871	-0.340	0.054	-
Prosečan kapacitet vozila (t)	-0.362	0.173	0.042	0.898
Ukupno vreme rada kamiona (h)	0.877	-0.331	0.068	-
Budžet (RSD)	0.983	-0.053	-0.010	-
Potrošeno (RSD)	0.933	-0.35	0.024	-
Koeficijent iskorišćenja budžeta (%)	-0.313	-0.023	0.023	-
Trošak/proizvod (RSD/proizvod)	-0.136	0.797	-0.382	0.237
Trošak/km (RSD/km)	0.068	0.958	-0.113	-
Trošak/hl/km (RSD/hl/km)	-0.447	0.823	-0.200	0.075
Trošak/proizvodu/km (RSD/proizvod/km)	-0.451	0.819	-0.202	0.077
Prosečno vreme u rutu (h)	0.021	0.080	0.119	-
Prosečna dužina rute (km)	-0.422	-0.191	0.092	0.571
Prosečna broj proizvoda u isporuci	-0.002	-0.215	0.943	-
Prosečna težina tereta (t)	0.090	-0.121	0.953	0.075
Prosečan istovar (drop size) (hl)	-0.133	-0.194	0.956	0.006
Ukupna varijansa	43.67	66.22	77.72	87.05
Izlazi	PC 1			
Obim isporuke (hl)	0.993			
Broj otpremljenih proizvoda	0.991			
Transportovana količina (t)	0.993			
Ukupno rastojanje (km)	0.940			
Prostorna iskorišćenost vozila (%)	0.574			
Ukupna varijansa	83.33			

Tabela 2. Rezultati analize glavnih komponenti

U prvoj komponenti koja sadrži najveći deo varijanse (43.67%) najveći značaj imaju pokazatelji vozila (broj vozila, broj vozila u upotrebi, broj korišćenih vozila) i finansijski pokazatelji budžeta i ukupnih troškova.

U drugoj komponenti koja objašnjava 23% varijanse najveći značaj imaju izvedeni pokazatelji vezani za troškove (trošak/proizvod, trošak/hl/km, trošak/proizvodu/km). Prosečan broj proizvoda u isporuci, prosečna težina tereta, prosečan istovar od najvećeg su značaja za treću ulaznu komponentu. Za četvrtu, ujedno i poslednju ulaznu komponentu, najveći značaj ima kapacitet vozila i prosečna dužina rute.

Sa druge strane, od pet izlaznih promenljivih izdvojena je jedna glavna komponenta koja objašnjava 83.33% ukupne varijanse. Gotovo sve promenljive, osim iskorišćenosti vozila, podjednako učestvuju u formiranju ove komponente. Pet izdvojenih komponenti korišćeno je za procenu efikasnosti posmatranih voznih parkova. Rezultujuće efikasnosti su prikazane u tabeli 3.

	Prosek	St.greška
Standardni BCC DEA model	0.9999	0.0001
PCA – DEA model	0.52	0.16

Tabela 3. Rezultujuće efikasnosti

Rezultati u prethodnoj tabeli pokazuju da se standardni modeli i pristupi često ne mogu uspešno primeniti na realnim primerima.

Sa druge strane primena PCA – DEA pristupa predloženog u ovom radu daje izuzetno dobre rezultate. Diskriminaciona moć modela je velika s obzirom na to da je prosečna efikasnost 0.52 pri čemu se svega jedna jedinica može smatrati potpuno efikasnom. Za skup posmatranih voznih parkova može se reći da je prosečna neefikasnost 48%, što dalje znači da posmatrani vozni parkovi mogu unaprediti svoje poslovanje primenom odgovarajućih korektivnih akcija.

Model predložen u ovom radu pruža informacije o mogućim unapređenjima i to pre svega kroz bolju organizaciju rada, smanjenje broja vozila i potrošnje energije sa jedne

strane, kao i povećanje obima isporuke sa druge strane.

U nastavku je detaljnije objašnjen postupak smanjenja broja vozila. Kao jedan od glavnih resursa u procesu distribucije proizvoda, vozila u velikoj meri utiču na efikasnost distributivnih centara. Slično kao i za većinu resursa u logističkim procesima, dimenzionisanje predstavlja osnovni korak. Loše dimenzionisanje, nedovoljna iskorišćenost i loša organizacija korišćenja vozila osnovni su razlozi za pojavljivanje viška vozila. Usled loše iskorišćenosti i nestručnog upravljanja voznim parkovima, kompanije ne uspevaju da realizuju isporuke sa postojećim kapacitetima pa se pojavljuje potreba za angažovanjem spoljnih prevoznika (*outsourcing*).

Osnovni koraci smanjenja broja vozila slični se odnose na:

- određivanje tačnog broja vozila neophodnih za funkcionisanje – definisanje viška (rezultat modela);
- maksimalno iskorišćenje potrebnih viljuškara;
- ispitivanje mogućnosti prebacivanja viška viljuškara u druge sisteme i podsisteme koji su u vlasništvu kompanije;
- preostali višak se može iznajmljivati ili prodati.

U cilju unapređenja efikasnosti posebno je važno uvođenje savremenih informacionih sistema za praćenje rada vozila i vozača u cilju maksimalnog iskorišćenja i sprečavanja zloupotrebe.

U konkretnom primeru je uočeno da se predloženim modelima, koji su bazirani na PCA – DEA pristupu, mogu prevazići nedostaci standardnog DEA pristupa, s obzirom na to da nije bilo moguće primeniti standardni DEA pristup.

4. Zaključak

U ovom radu je predložen novi model za merenje efikasnosti transportnih procesa u kompanijama za proizvodnju i distribuciju pića. Sa jedne strane modeli prisutni u literaturi poseduju brojna ograničenja i nije ih moguće primeniti u praksi, dok sa druge strane merenje efikasnosti u praksi se svodi na praćenje pokazatelja parcijalne produktivnosti. Rezultati predloženog PCA-DEA pristupa na posmatranom primeru pokazuju pogodnost njegove primene. Pristup objedinjuje sve pokazatelje u jedinstvenu meru efikasnosti i pruži odgovarajuće informacije o mogućim unapređenjima.

U budućim modelima potrebno je detaljnije istražiti uticaj spoljnih i unutrašnjih faktora na rezultujuće efikasnosti. Takođe je potrebno u budućim modelima uključiti i kvalitativne pokazatelje u procesu merenja i unapređenja efikasnosti.

Zahvalnica. *Ovaj rad je delimično podržan od strane Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije, projekat TR 36006, za period 2011-2014.*

Bibliografija

- [1] Andrejić, M., Bojović, N., Kilibarda, M., Benchmarking distribution centres using Principal Component Analysis and Data Envelopment Analysis: a case study of Serbia, *Expert Systems with applications*, 2013, 40, 10, 3926-3933.
- [2] Andrejić M, Kilibarda M., "The efficiency of logistics processes of products distribution", *Proceedings of the national quality festival*, Kragujevac, 2011, A 237 – A 242.
- [3] Donselaar K., Van Kokke K., and Allesie M., "Performance measurement in the transport and distribution sector", *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, Vol. 28, No. 6, 1998, 434-450.
- [4] Kim T. (2010), Efficiency of trucks in logistics: Technical and scale efficiency, *Asian Journal on Quality*, Vol. 11, No. 1, 2010, 89-96.
- [5] Simons D., Mason R., and Gardner B. Overall Vehicle Effectiveness, *International Journal of Logistics: Research and Applications*, Vol. 7, No. 2, 2004, 119-135.

MILP formulation for Solving the Problem of Scheduling Battery Operated Material Handling Vehicles in the Case of the Battery Swap Strategy

Nenad Bjelić, Milorad Vidović, Branislava Ratković, Dražen Popović

University of Belgrade – Faculty of Transport and Traffic Engineering

e-mail: {n.bjelic, mvidovic, b.ratkovic, d.popovic}@sf.bg.ac.rs

Abstract. Consideration of batteries and electrically powered material handling equipment as independent elements in realization of material handling tasks implies that they have to be coupled before tasks' execution starts. In this research we considered a problem of assigning batteries and tasks to material handling vehicles. We represented the problem in a graph form and gave mathematical formulation of the problem in the form of mixed integer linear programming model. We also conducted some numerical experiments in order to test the efficiency of the proposed mathematical model.

Keywords: materials handling, MILP, battery management

1. Introduction

Material handling equipment powered by electrical power stored in batteries has been used widely across numerous logistics systems. This is caused, on the first place, by the high ecological and environmental standards that this type of vehicles satisfies. Precisely, they have no exhaust emissions and noise level is much lower than in the case of equipment powered by the internal combustion engines. Moreover, the use of electrical power results in equipments' lower operational costs. On the other side, because the vast majority of batteries are produced in the lead-acid technology, their capacity is sufficient for approximately one 8h working shift. Therefore, for around the clock, or 2 shifts, logistics systems, which are a great majority, batteries must be recharged or replaced. However, it should be mentioned that although lots of effort has been made in substituting lead-acid technology for lithium-ion, necessity for replacement or recharge will remain. Therefore, results of this research are not limited for only

the current battery technology. There are several strategies that are implemented in practice for batteries refilling [1]. Due to recharging procedures that require long time for full recharging, and therefore slow recharging, in the case of partial recharging, the most widely used strategy is battery swap. This strategy implies that whenever an energy level in a vehicle's battery drops on a critical level, battery is swapped with a fully charged battery from the available pool of batteries. Number of batteries required in the pool depends on the efficiency of making decisions related to assigning tasks to batteries, and batteries to vehicles, with respect to the temporal aspect of the problem. This research focuses on this problem by providing mixed integer linear programming formulation of the problem.

Therefore, the rest of the paper is organized in such way that in the following section we give a brief literature review of the problem. In the section 3 we present mathematical formulation of the problem. In section 4 we present results of numerical experiments used

for evaluation of efficiency of presented formulation. Finally, we give some final thoughts about the considered problem.

2. Short literature review

Although there are papers [2] in which efficiency of battery management is emphasized as one of very important emerging issues in managing material handling systems, this topic did not received significant researchers' attention. As a result there are only several papers, [3], [4], [5] that in different ways deal with the battery management in electrically powered material handling vehicles. More detailed insight into these papers is given in [1].

Here we note that the problem which is the most similar to the problem considered in this paper is subject of the study given in [1] with the main difference that in [1] authors did not supposed the possibility of swapping empty for charged batteries, but only considered assignment of tasks to vehicle-battery pairs.

3. Problem description and mathematical formulation

Problem considered in this research implies an optimal assignment of handling tasks from a set Z , $Z = \{1, 2, \dots, n\}$ to the best combination of batteries from set B , and vehicles from set V , i.e. an optimal triple assignment from set obtained as Cartesian product of sets Z , B , and V , with the objective to minimize the number of used batteries. Assumptions that stand for the problem are: a task must be served by only one battery-vehicle pair; that an emptied battery may be swapped for fully charged from a pool during a vehicles working time, where working time of vehicle v , $T^v, v \in V$ could not be exceeded and swap procedure lasts t_{swap} time units for all battery-vehicle pairs. It is also assumed that once battery is emptied it cannot be recharged during a planning horizon, and therefore it is not considered for further swapping. Besides that, it is supposed that homogenous vehicle fleet is used, meaning that energy, e_i , and time, t_i , required for realizing every task $i \in Z$, are the same for all vehicles

and they are known in advance. Energy level of every battery b in the pool, $E_0^b, b \in B$, as well as the starting moment of vehicle's v availability, $T_0^v, v \in V$, are also supposed to be known in advance.

Based on this description problem can be represented in the form of a graph (Figure 1) where beside nodes representing tasks from the set Z , there are an additional nodes from a set \bar{Z} , $\bar{Z} = \{n+1, n+2, \dots, 2n\}$, and nodes, 0 and $2n+1$, representing depot as a starting and an ending point, respectively. Every node from \bar{Z} is related to one node in Z , and it represents swap of a battery after a task. Because a battery can be swapped only after a task has been finished, a node from \bar{Z} can be visited only from its corresponding Z node.

According to previously said considered problem is defined on graph $G = (N, E)$ where N is set of nodes $N \in \{Z \cup \bar{Z} \cup 0 \cup 2n+1\}$, and E is set of edges $E \in \{(v, b, c), \forall v \in V, \forall b \in B, \forall c \in C\}$, where $C \in \{(0, i) \cup (i, j) \cup (j, 2n) \cup (i, n+i), \forall i, j \in Z\}$ is set of edges on a graph, given on Figure 2, for one battery-vehicle pair. The goal is to visit all tasks from Z exactly once such that number of batteries is minimized.

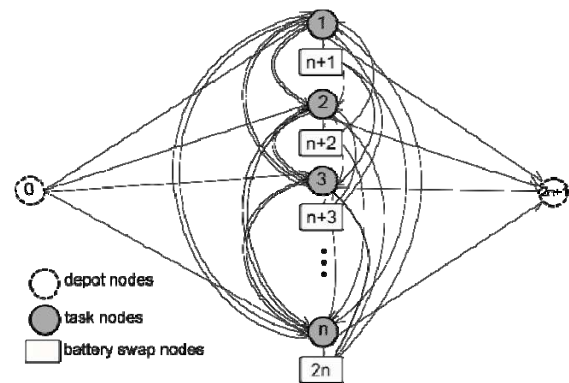


Figure 1. Graph representation of the considered problem.

Therefore, if a decision variable $x_{ij}^{vb} (\forall i, j \in (Z \cup \bar{Z}), v \in V, b \in B)$ has value 1 when vehicle v equipped with battery b after serving task i serves task j , and has value 0, otherwise, and if T_i denotes the end of task i 's service time, while E_i denotes energy level of a battery after task i is served, then mathematical formulation of the problem can be written as:

$$\min \sum_{i \in Z} \sum_{v \in V} \sum_{b \in B} x_{0i}^{vb} + \sum_{i \in Z} \sum_{j \in Z} \sum_{v \in V} \sum_{b \in B} x_{ij}^{vb} \quad (1)$$

Subject to:

$$\sum_{v \in V} \sum_{b \in B} \sum_{i \in Z \cup \{0\}} x_{ij}^{vb} = 1, \forall j \in Z \quad (2)$$

$$\sum_{v \in V} \sum_{b \in B} x_{i, n+i}^{vb} \leq 1, \forall i \in Z \quad (3)$$

$$\sum_{i \in Z \cup \{n+j, 2n+1\}} x_{ji}^{vb} = \sum_{i \in Z \cup \{0\}} x_{ij}^{vb} \quad (4)$$

$$\forall j \in Z, \forall v \in V, \forall b \in B$$

$$x_{i, n+i}^{vb} = 1 \Rightarrow \sum_{j \in Z \setminus \{i\}} \sum_{g \in B \setminus \{b\}} x_{i+n, j}^{vg} = 1 \quad (5)$$

$$\forall i \in Z, \forall v \in V, \forall b \in B$$

$$\sum_{b \in B} \sum_{j \in Z} x_{0j}^{vb} = \sum_{b \in B} \sum_{j \in Z} x_{j, 2n+1}^{vb}, \forall v \in V \quad (6)$$

$$\sum_{b \in B} \sum_{j \in Z} x_{0j}^{vb} \leq 1, v \in V \quad (7)$$

$$\sum_{b \in B} \sum_{i \in Z \cup \{0\}} \sum_{j \in Z} x_{ij}^{vb} t_j \quad (8)$$

$$+ \sum_{b \in B} \sum_{j \in Z} x_{j, n+j}^{vb} t_{swap} \leq T^v, v \in V \quad (9)$$

$$x_{0j}^{vb} = 1 \Rightarrow T_j = T_0^v + t_j \quad (9)$$

$$\forall j \in Z, \forall v \in V, \forall b \in B$$

$$x_{ij}^{vb} = 1 \Rightarrow T_j = T_i + t_j \quad (10)$$

$$\forall i \in Z, \forall j \in Z, \forall v \in V, \forall b \in B$$

$$x_{n+i, j}^{vb} = 1 \Rightarrow T_j = T_i + t_{swap} + t_j \quad (11)$$

$$\forall i \in Z, \forall j \in Z, \forall v \in V, \forall b \in B$$

$$x_{ij}^{vb} = 1 \Rightarrow E_j = E_i - e_j \quad (12)$$

$$\forall i \in Z, \forall j \in Z, \forall v \in V, \forall b \in B$$

$$x_{ij}^{vb} = 1 \Rightarrow E_j = E_0^b - e_j \quad (13)$$

$$\forall i \in \bar{Z} \cup \{0\}, \forall j \in Z, \forall v \in V, \forall b \in B$$

$$\sum_{v \in V} \sum_{j \in Z} x_{0j}^{vb} + \sum_{v \in V} \sum_{j \in Z} \sum_{i \in \bar{Z}} x_{ji}^{vb} \leq 1 \quad (14)$$

$$\forall b \in B$$

$$T_i, E_i \geq 0, \forall i \in Z \quad (15)$$

$$x_{ij}^{vb} \in \{0, 1\} \quad (16)$$

$$\forall i \in Z \cup \bar{Z} \cup \{0\} \quad (16)$$

$$\forall j \in Z \cup \bar{Z} \cup \{2n+1\}$$

Objective function (1) minimizes the number of used batteries from the pool which is calculated as a sum of all edges exiting the depot and edges exiting from the set \bar{Z} .

Constraint (2) defines that every task must be visited exactly once, while constraint (4) provides that each node that has been entered must be leaved. Constraint (3) defines that \bar{Z} node may be visited only from its Z counterpart. Change of batteries in \bar{Z} nodes is defined in (5). (6) provides that all vehicles that leaves the depot must return to it, while (7)

defines that each vehicle must leave the depot with only one battery. Constraints (8)-(13) and (15) provide time and energy consistency during planning horizon and prohibit forming of loops. Finally, constraint (14) defines that each battery may be used only once.

It should be stressed out that all constraints that are not given in linear form are transferred to linear form by implementing big M transformation.

4. Numerical examples

In order to investigate performances of proposed formulations in terms of applicability in solving practical problems we generated three sets of problems of different size, i.e. computational complexity: low, moderate and high. Low complexity set implies existence of five material handling tasks that has to be realized with a fleet of two vehicles and a pool of three batteries. In the case of the moderate computational complexity tasks there are ten tasks, three vehicles and five batteries, while in the high complexity case there are 50 tasks, 5 vehicles, and 10 batteries. All three sets contain five randomly generated instances. Energy and time requirements of tasks are randomly generated according to $U(500, 6000)$ Wh and $U(10, 100)$ min, respectively. Energy stored in batteries is also generated at random according to $U(5000, 15000)$ Wh. Time availability of vehicles for executing considered set of material handling tasks is generated randomly according to $U(360, 960)$ min., while the moment after which they are available is chosen at random according to discrete $U(1, 6)$, where number of vehicles that do not start task service from the beginning of the planning horizon are $U(0, 1)$ for the cases of 2 and 3 vehicles in the fleet, and $U(1, 2)$ for the five vehicle fleet. All generated instances are available to interested reader upon request to the corresponding author.

Developed mathematical models are solved with the CPLEX 12.6 MILP solver on a Windows 7SP1 64bit OS driven by Intel Core i5 3470 na 3.2GHz with 8GB of RAM, with 2h working time limitation.

Results of numerical tests are given in Table 1, where for every solved instance we provide data about the minimal number of used batteries, as well as their order number from a pool. Beside that we present time needed for solving an instance. Instances solved to optimality are bolded, while in the case of instances, for which it was impossible to find feasible solutions with the used configuration instead of a data there is a dash. In the case of high complexity problems CPLEX's branch and bound algorithm wasn't able to find feasible solutions for all instances.

Complexity	Problem No.	Objective value	Time [s]
Low	1	2 (1,3)	2.436
	2	3 (1,2,3)	4.493
	3	2 (1,3)	2.408
	4	2 (1,3)	1.062
	5	2 (2,3)	0.646
Moderate	1	-	7200
	2	4 (1,3,4,5)	7200
	3	4 (1,2,3,4)	7200
	4	3 (1,4,5)	7200
	5	3 (1,3,4)	7200
High	No feasible solution obtained		

Table 1. Results of numerical experiments

5. Conclusion

As it can be seen from Table 1 it is obvious that this is very hard combinatorial optimization problem. For low complexity problems solver was able to find optimal solutions for all instances in practically acceptable time. When problem complexity is increased solver did not succeed to find optimal solutions for the given time for neither one instance. Moreover, in the case of one instance it was not able to find any feasible solution, just as in the case of instances of high computational complexity.

Based on previously said it is obvious that solving problems of practical scale is not possible without the implementation of some heuristic based algorithms. Therefore, following research related to this problem should include development of appropriate heuristic algorithm.

The necessity of heuristic algorithm is even more present if heterogeneous fleet of vehicles

is considered because number of variables rises on higher level. The most of material handling is equipped with such structure of vehicles.

Finally, it should be noted that presented mathematical formulation requires minimal transformations if the goal of the system is to minimize number of used vehicles, or a makespan of tasks' execution, or costs related to battery utilization...

Acknowledgements. *This paper is partially supported by the Ministry of education, science and technological development of the Government of the Republic of Serbia through the project TR36006 in the period 2011- 2015.*

References

- [1] **M. Vidović, B. Ratković,** Modeling approach to simultaneous scheduling batteries and vehicles in materials handling systems. *Proceedings of the XLI Operation Research Symposium – SYMOPIS 2014*, 2014, pp. 341 – 346. (In Serbian)
- [2] **I. Vis,** Survey of research in the design and control of automated guided vehicle systems, *European Journal for Operational Research*, 2006, Vol. 170, pp. 677–709.
- [3] **P. Preuss,** Managementsystem für batteriebetriebene Flurförderzeuge, DHF Nr. 1/2, 1987.
- [4] **R. McHaney,** Modelling battery constraints in discrete event automated guided vehicle simulations, *International Journal of Production Research* 1995, Vol. 33/11, pp. 3023-3040.
- [5] **M. Vidović, M. Sretenović, S. Cvetić,** Genetski algoritam izbora optimalne kombinacije zadatak - vozilo – baterija“, *Soft Computing days, SYM-OP-IS '98*.

Model za ocenu rizika logističkog procesa

Gordana Radivojević

Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305, Beograd, Srbija

Univerzitet u Beogradu, Institut Mihajlo Pupin, Volgina 15, Beograd, Srbija

g.radivojevic@sf.bg.ac.rs

Vladimir Gajović

Kompanija Dunav osiguranje a.d.o., Makedonska 4, Beograd, Srbija

vladimir.gajovic@dunav.com

Apstrakt. Savremeni logistički procesi su neprekidno izloženi brojnim rizicima, koji se mogu realizovati u oblasti proizvodnje, transporta, pretovara i skladištenja robe. Ocena rizika podrazumeva ocenu pojedinačnih uticaja svih poznatih elementa rizika i ukupnog rizika kako bi se došlo do pouzdanosti funkcionisanja celokupnog sistema. U radu je razvijen model za ocenu rizika logističkog procesa fizičke distribucije robe koji se zasniva na primeni metoda AHP i FAHP, i fazi logici. Model je testiran na velikom broju primera i u radu je prikazana analiza izlaznih rezultata.

Ključne reči: logistički proces, ocena rizika, AHP metoda, FAHP metoda, fazi sistem.

1. Uvod

Savremeni logistički procesi su izloženi brojnim rizicima, koji se mogu realizovati u oblasti proizvodnje, transporta, pretovara i skladištenja robe, i mogu delovati na robu, transportna sredstva, infrastrukturu i okruženje. Ocena rizika podrazumeva ocenu pojedinačnih uticaja svih poznatih elementa rizika i ukupnog rizika kako bi se došlo do pouzdanosti funkcionisanja celokupnog sistema. U teoriji i praksi postoje različiti modeli i metode koji se primenjuju za ocenu rizika logističkih procesa.

Cilj ovoga rada je razvoj modela za ocenu rizika jedne klase logističkog procesa fizičke distribucije robe koji se zasniva na primeni metoda AHP (Analytic Hierarchy Process) i FAHP (Fuzzy Analytic Hierarchy Process), i fazi logici. Rad je organizovan na sledeći način. U drugom poglavlju su opisani osnovni elementi rizika logističkog procesa. Treće poglavlje obuhvata razvoj i opis modela za ocenu rizika, a četvrto primenu modela sa

numeričkim primerima. U petom poglavlju su data zaključna razmatranja.

2. Osnovni elementi rizika logističkog procesa fizičke distribucije robe

U ovom radu je posmatran proces fizičke distribucije, koji obuhvata sve aktivnosti transporta, pretovara i skladištenja robe, komercijalne i administrativne operacije, od izvora do cilja kretanja. S obzirom na veliki broj potencijalnih rizika u ovim aktivnostima, veoma je teško sprovesti sveobuhvatnu identifikaciju i analizu. U radu je urađena klasifikacija na pet osnovnih elemenata rizika, koji imaju najveći uticaj na ukupan rizik fizičke distribucije robe.

Karakteristike i tehnološke osobine robe (KTO). Postoji mnogo vrsta robe različitih karakteristika i zahteva u pogledu transporta, pretovara, skladištenja i dodatnih operacija. Sa aspekta rizičnosti, roba se može podeliti u homogene grupe, slične po osobinama, verovatnoći nastanka šteta i očekivanim posledicama.

Vrsta pakovanja i obezbeđenja robe (POR).

Osnovna uloga pakovanja i obezbeđenja robe je zaštita od oštećenja do kojih može doći u toku transporta, pretovara i skladištenja. Primena odgovarajućeg pakovanja i mere dodatnog obezbeđenja u velikoj meri mogu da smanje rizik u svim logističkim procesima.

Tehnološke karakteristike i organizacija prevoza (TKO). Svaki vid transporta, vrsta transportnih sredstava i način organizacije prevoza nose određene rizike. Roba se može transportovati drumskim i železničkim vozilima, sredstvima vodnog i vazdušnog saobraćaja, u organizaciji pošiljaoca, primaoca ili špeditera.

Karakteristike i specifičnosti relacije prevoza (KSR). Vrsta (unutrašnji ili međunarodni) i vreme trajanja transporta, karakteristike transportnog lanca, lokacije pretovara, struktura transportnih mreža, kvalitet transportne i saobraćajne infrastrukture, bezbednost teritorije su neke od karakteristika koje imaju uticaj na ukupan rizik realizacije transporta.

Ostali logistički parametri (OLP). Ostali logistički parametri obuhvataju posebno osetljivu robu, dodatne zahteve i tehnologije pretovara, organizaciju i tehnologije skladištenja, vlasništvo nad skladištem, klimatske uslove duž transportnog lanca, zakonsku regulativu i propise, i dr.

3. Model za ocenu rizika logističkih procesa

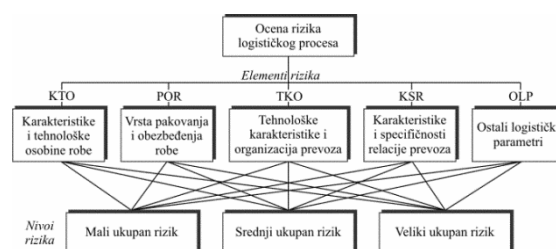
Model za ocenu rizika logističkog procesa fizičke distribucije robe od pošiljaoca do primaoca, koji je razvijen u ovom radu, se zasniva na primeni metoda AHP i FAHP, i fazi logici. Osnovna ideja pri razvoju modela je bila da se na kvalitetan način modelira ukupan rizik procesa, tako da se uzmu u obzir različiti elementi rizika, njihov međusobni odnos, relativni značaj i uticaj na ukupan rizik. Prednosti primene metoda AHP, FAHP i fazi logike su relativno jednostavan razvoj i primena, mogućnost korekcije parametara modela od strane eksperata i brzo dobijanje rešenja u konkretnim uslovima.

Ulazne veličine modela su elementi rizika (KTO, POR, TKO, KSR i OLP) a izlazna

većina je ukupan rizik logističkog procesa (UR). Model za ocenu rizika obuhvata tri dela:

- I Primena metode AHP,
- II Primena metode FAHP, i
- III Fazi sistem.

U prvom i drugom delu se primenom metoda AHP i FAHP određuje značaj svakog elementa rizika i ukupan rizik logističkog procesa. Primena metoda se zasniva na hijerarhijskom razlaganju određenog problema na elemente hijerarhije, koji su strukturirani u nivoe (Radivojević, Gajović, 2014). Hijerarhijska struktura modela (slika 1) obuhvata: cilj – ocenu rizika logističkog procesa, kriterijume – pet elemenata rizika i alternative – nivoe ukupnog rizika.



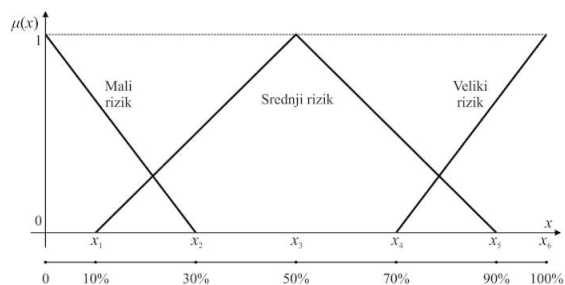
Slika 1. Hijerarhijska struktura rizika

Ulazne vrednosti za AHP metodu su ekspertske ocene međusobnog odnosa elemenata rizika izražene vrednostima na Saaty-ovoj skali od 1 do 9 (Saaty, 1987). Izlazni rezultat AHP metode je ocena ukupnog rizika logističkog procesa i kvantifikacija prioriteta – značaja c_j svakog elementa rizika ($j = 1, \dots, 5$).

FAHP metoda je proširena verzija AHP metode u kojoj se ulazne veličine – poređenje elemenata rizika, opisuju fazi brojevima. Primena fazi brojeva može da poboljša tačnost procene eksperta i kvalitet izlaznih rezultata. U ovom radu je korišćena Chang-ova FAHP metoda (1996). Izlazni rezultat FAHP metode je vrednost prioriteta – značaja S_i svakog elementa rizika ($i = 1, \dots, 5$) i ukupnog rizika logističkog procesa.

Treći deo modela je fazi sistem za ocenu ukupnog rizika logističkog procesa. Ulazne veličine u fazi sistem su elementi rizika (KTO, POR, TKO, KSR i OLP) koji se mogu biti mali, srednji ili veliki, i mogu opisati fazi skupovima. Funkcije pripadnosti fazi skupova

X_M – mali rizik, X_S – srednji rizik i X_V – veliki rizik, prikazane su na slici 2. Oblik funkcija pripadnosti fazi skupova X_M , X_S i X_V je isti za sve elemente rizika, ali se vrednosti x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 i x_6 , koje predstavljaju levu i desnu granicu, i vrednost sa najvećim stepenom pripadnosti fazi brojeva, razlikuju za svaki element rizika.



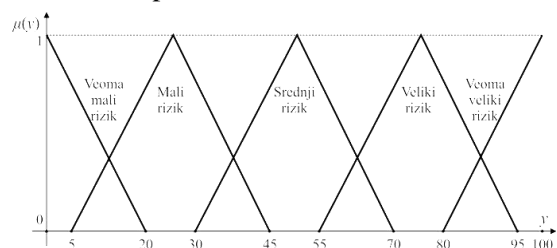
Slika 2. Funkcije pripadnosti fazi skupova X_M, X_S i X_V

Izlazni rezultati AHP i FAHP metoda su vrednosti prioriteta c_i i S_i za svaki element rizika i ($i = 1, \dots, 5$). Interval vrednosti l_i ulazne promenljive i u fazi sistem se određuje prema relaciji:

$$l_i = \frac{c_i + S_i}{2} 100 \quad (1)$$

Na osnovu definisanog intervala vrednosti l_i ulaznih promenljivih, mogu se odrediti leva i desna granica, i vrednost sa najvećim stepenom pripadnosti fazi brojeva X_M, X_S i X_V , za svaki element rizika i (prema slici 2): $x_{i1} = 0.1l_i$, $x_{i2} = 0.3l_i$, $x_{i3} = 0.5l_i$, $x_{i4} = 0.7l_i$, $x_{i5} = 0.9l_i$ i $x_{i6} = l_i$.

Izlazna veličina fazi sistema je ukupan rizik logističkog procesa (UR), koji može biti veoma mali, mali, srednji, veliki ili veoma veliki. Funkcije pripadnosti fazi skupova Y_{VM} – veoma mali rizik, Y_M – mali rizik, Y_S – srednji rizik, Y_V – veliki rizik i Y_{VV} – veoma veliki rizik, prikazane su na slici 3.



Slika 3. Funkcije pripadnosti fazi skupova Y_{VM}, Y_M, Y_S, Y_V i Y_{VV}

Fazi sistem se zasniva na algoritmu aproksimativnog rezonovanja, koji obuhvata 243 fazi pravila definisana na skupu $KTO \times POR \times TKO \times KSR \times OLP \times UR$. Nivoi ukupnog rizika logističkog procesa (VM, M, S, V i VV) su u pravilima ravnomerno zastupljeni i definisani su na osnovu ekspertskog iskustva i znanja.

U modelu se prvo primenjuje AHP metoda, zatim FAHP i fazi sistem. Softverska podrška modela je razvijena u Microsoft Excel programu i MATLAB softveru.

4. Primena modela

Ulazne veličine za AHP metodu su ekspertske ocene poređenja parova elemenata rizika primenom skale od 1 do 9 (tabela 1). Ove ocene su dobijene anketiranjem eksperata iz oblasti upravljanja rizikom u transportu i osiguranju.

Tabela 1. Matrica poređenja elemenata – AHP

	KTO	POR	TKO	KSR	OLP
KTO	1	3	5	5	5
POR	1/3	1	3	3	3
TKO	1/5	1/3	1	1	1/3
KSR	1/5	1/3	1	1	1
OLP	1/5	1/3	3	1	1

Za FAHP metodu su kao ulazne veličine korišćene ekspertske ocene izražene fazi brojevima (tabela 2).

Tabela 2. Matrica poređenja elemenata – FAHP

	KTO	POR	TKO	KSR	OLP
KTO	(1,1,1)	(1,3,5)	(3,5,7)	(3,5,7)	(3,5,7)
POR	$(\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1)$	(1,1,1)	(1,3,5)	(1,3,5)	(1,3,5)
TKO	$(\frac{1}{7}, \frac{1}{5}, \frac{1}{3})$	$(\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1)$	(1,1,1)	(1,1,3)	$(\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1)$
KSR	$(\frac{1}{7}, \frac{1}{5}, \frac{1}{3})$	$(\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1)$	$(\frac{1}{3}, 1, 1)$	(1,1,1)	(1,1,3)
OLP	$(\frac{1}{7}, \frac{1}{5}, \frac{1}{3})$	$(\frac{1}{5}, \frac{1}{3}, 1)$	(1,3,5)	$(\frac{1}{3}, 1, 1)$	(1,1,1)

Primenom relacija AHP i FAHP metoda određuju se vrednosti prioriteta svakog elementa rizika i na osnovu toga prema relaciji (1) interval vrednosti i parametri funkcija pripadnosti trouglastih fazi brojeva mali rizik, srednji rizik i veliki rizik, za sve elemente rizika (tabela 3).

Tabela 3. Parametri funkcija pripadnosti

	KTO	POR	TKO	KSR	OLP
AHP	0.488	0.233	0.074	0.087	0.118
FAHP	0.393	0.287	0.085	0.088	0.147
	0	0	0	0	0
Mali rizik	0	0	0	0	0
	13.215	7.8	2.385	2.625	3.975
	4.405	2.6	0.795	0.875	1.325
Srednji rizik	22.025	13	3.3975	4.375	6.625
	39.645	34.4	7.155	7.875	11.925
	30.835	18.2	5.565	6.125	9.275
Veliki rizik	44.05	26	7.95	8.75	13.25
	44.05	26	7.95	8.75	13.25

Fazi sistem je testiran na velikom broju hipotetičkih primera. S obzirom na nepostojanje statističkih podataka, ulazne veličine koje predstavljaju pet elemenata rizika su dobijene simulacijom. Svaki element rizika i je simuliran kao nezavisna promenljiva koja ima ravnomernu raspodelu u intervalu $(0, l_i)$. Simulirano je 1000 skupova ulaznih podataka. Analiza izlaznih rezultata je obuhvatila određivanje relativnih težinskih faktora svakog elementa rizika i njihovo učešće u ukupnom riziku. Izlazni rezultati su prikazani u tabeli 4.

Tabela 4. Rezultati AHP, FAHP i fazi sistema

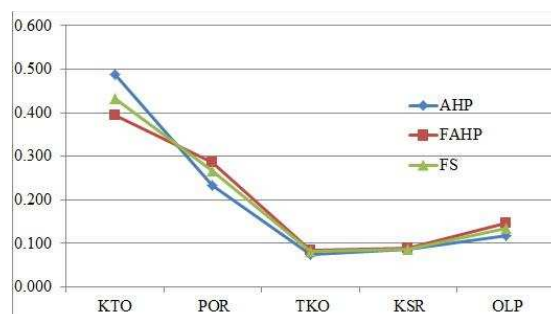
	KTO	POR	TKO	KSR	OLP
AHP – c_i	0.488	0.233	0.074	0.087	0.118
FAHP – S_i	0.393	0.287	0.085	0.088	0.147
$(c_i + S_i)/2$	0.441	0.260	0.079	0.088	0.133
Fazi sistem	0.432	0.266	0.081	0.087	0.134

Analiza rezultata ukazuje na sledeće zaključke:

- Fazi sistem daje rezultate koji odgovaraju rezultatima dobijenim sa AHP i FAHP. Razlike rezultata fazi sistema i prosečnih vrednosti dobijenih sa AHP i FAHP, su manje od 2.5% za sve elemente rizika.
- Rangiranje težinskih faktora elemenata rizika je isto za sva tri pristupa (KTO, POR, OLP, KSR, TKO).
- Najveći uticaj na ukupan rizik posmatrane klase logističkog procesa imaju karakteristike i tehnološke osobine robe, a zatim pakovanje i obezbeđenje robe.

- Tehnološke karakteristike i organizacija prevoza, karakteristike i specifičnosti relacije prevoza i ostali logistički parametri manje utiču na ukupan rizik.

Na Slici 4 je dat grafički prikaz izlaznih rezultata za sva tri pristupa za ocenu rizika.

**Slika 4.** Grafički prikaz izlaznih rezultata

5. Zaključak

U radu je opisan model za ocenu rizika logističkog procesa fizičke distribucije, koji se zasniva na primeni metoda AHP i FAHP, i fazi logici. Metode AHP i FAHP su omogućile primenu ekspertskog znanja i razvoj fazi sistema za ocenu ukupnog rizika logističkog procesa. Model je testiran na velikom broju primera, koji su pokazali mogućnost njegove primene u konkretnim uslovima.

Napomena: Ovaj rad je finansiran od strane MNTR Republike Srbije, u okviru projekta TR 36005 (2011-2015).

Bibliografija

- [1] Chang, D. Y., Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP, European Journal of Operational Research, 1996, 95 (3), 649-655.
- [2] Matlab Statistics Toolbox User's Guide R2014b, 2014, MathWorks.
- [3] Radivojević, G., Gajović, V., Supply chain risk modeling by AHP and FAHP methods, Journal of Risk Research, 2014, 17 (3), 337-352.
- [4] Saaty, T. L., Risk-Its Priority and Probability: The Analytic Hierarchy Process, Risk Analysis An international Journal, 1987, 7 (2), 159-172.
- [5] Waters, D., Supply Chain Risk Management: Vulnerability and Resilience in Logistics, Kogan Page, 2007.
- [6] Zimmermann, H. J., Fuzzy Set Theory and its Applications, 4th Edition, Springer, 2001.

Предлог унапређења модела система логистике

Владимир Буквић

Дирекција за стандардизацију, кодификацију и метрологију, Ратка Ресановића 1, 11040 Београд
e-mail: vladimir.bukvic@mod.gov.rs

Апстракт. Полазећи од постојеће праксе у овом раду је дата скица унапређења пројектовања и управљања логистичким системима заснованог на математичкој теорији организације.

Кључне речи: логистички системи, математички модел, организациони модел

1. Увод

Практични инжењерски приступ технолошком пројектовању складишта као сегмента логистичког система је описано у изврсној монографији [1]. Термини као што су технолошки захтев и елемент система који га реализује изведен у прихватљивом технолошком решењу, су саставни део терминологије и методологије пројектовања. На катедри техничког обезбеђења, односно катедри логистике Војнотехничке академије, у периоду 1995-2006. године, у доброј мери су проширили примену на остале функције војне логистике, посебно одржавање, снабдевање и инфраструктура (Петар Станојевић, Василије Мишковић, Радован Максић). Без обзира на успешност, приликом пројектовања логистичке организације јасно су уочени потребе њеног унапређења.

Приступ унапређењу пројектовања логистичких система предложен у овом раду састоји се у следећем: 1) утврдити математичке основе до сада успешно примењеног инжењерског приступа; 2) тако развијен модел повезати са општом теоријом организације, како би се дефинисао нови теоретски (математички) модел логистичких система, а затим 3) теоретски модел елементе преточити у инжењерски прихватљиву терминологију и

практичне поступе пројектовања система, али и управљања.

Пракса пројектовања логистике (пословне или војне) се у доброј мери заснива на Вајмуровој теорији трикотиледона [2]. Исте елементе Вајмурове теорије трикотиледона можемо препознати у поступцима пројектовања и димензионисања у другим војскама, попут поступка дефинисаног у [3]. У њему су дефинисана четири типа правила димензионисања логистичких елемената, односно доделе ресурса: 1) структура бојишта, 2) формацијска – егистенцијална, 3) оптерећење и 4) ручно – директно уношење количине. Упркос значајним резултатима и успесима, јасно се могу уочити одређени проблеми за које постојећи инжењерски приступ не даје адекватно решење засновано на научним основама и у теоретски заокруженом оквиру. У поднаслову монографије [1] јасно уочавајући ова ограничења, стоји да се методологија односи само на технологију, а не и на целу организацију. Но и када останемо на домену технологије, назире се потреба јасног теоретског утемељења дефинисања процеса на пример, који се надомештава применом симулационог модела. Наиме саставни део предложене методологије у фази димензионисања је примена симулација са теоријом редова у позадини прорачуна. Даљи напредак научне области није могућ

без унапређења теоретских основа. У складу са тим у овом чланку дају се скица предлога теоретске основе изучавања појава у логистици.

2. Теорија трикотледона

Теорија трикотиледона је теорија пројектовања система. Према [2] систем је уређен седмочлани скуп дефинисан као $Z = (S, P, F, T, z, Q, \zeta)$ где је: Z систем; S је стања система; P је скуп појединачних улаза у систем; F је скуп дозвољених путања улаза у систем; T је временска скала система; z је функција прелаза стања система према следећем: нека је f временска слика, путања, улаза у систем Z , то јест $f \in F$, и нека је x стање система Z у поченом временском тренутку 0 , тако да је $x \in S$, а време t је припада временској скали T , то јест $t \in T$, тада је са $z(f, x, t)$ означено стање система Z у времену t , полазећи од тог да је стање система Z у времену 0 било x а за задату функција f као путања улаза од временског тренутка 0 до времена t ; коначно, скуп Q је скуп појединачних, тренутних излаза из система; а ζ је дефинисана функција таква да је за стање x система у неком времену са $\zeta(x)$ одређена вредност излаз у датом временском тренутку.

Пројектовање система, односно анализа проблема је дефинисана као уређена шесторка $\mathcal{P} = (\mathcal{X}, \mathcal{T}, \alpha, \beta, \gamma, \nu)$, где су \mathcal{P} пројекат решења, \mathcal{X} је улазно-излазна спецификација, захтеви односно услов који пројектован систем треба да задовољи, са \mathcal{T} је означена технологија, α је рангирање с обзиром на улазно-излазни котиледон дефинисан условима, показатељима успешности \mathcal{X} , β је рангирање унутар технолошког котиледона успостављено помоћу \mathcal{T} , γ је рангирање с обзиром на котиледон изведивост над скуповима \mathcal{X} и \mathcal{T} као компромис између ранга α и β , и коначно ν је план тестирања. Улазно-излазни захтеви је петочлани уређен скуп у форми $\mathcal{X} = (X, G, Y, H, \eta)$, где су X скуп појединачних вредности улаза за које се

систем пројектује, G су све могуће путање, слике временских вредности улаза за које се систем пројектује, Y је скуп појединачних излаза које пројектовани систем треба да понуди на излазу, H је скуп свих путања излаза које пројектовани систем треба да генерише, а η функција која задату улазну путању треба да поклопи са свим могућим путања излаза. Технологија је скуп система које чине компоненте – делове који се повезују на одређени прописани начин, најчешће као парови захтев – елемент, који као јединствени део технолошке концепције, испуњава постављени захтев. Такав систем јесте решење проблема. Улазно-излазни котиледон је дефинисан улазно-излазним захтевима (захтеване вредности показатеља рада система) и чине га скуп свих система који ове захтеве испуњавају. Када је усвојен скуп улазно-излазних захтева, на основу њега се дефинишу могући елементи скупа улазно-излазног котиледона I/O , тако да је могуће увести рангирање α , упоређивањем било која два елемента овог котиледона управо по њиховим улазно-излазним показатељима. с друге стране технолошко котиледон је скуп свих потенцијалних система које је могуће изградити у датој технологији. Систем Z је изградив у технологији \mathcal{T} , ако се систем Z састоји од упарених делова од којих су сви у технологији \mathcal{T} . Рангирање β елемената технолошког котиледона U/R се на сличан начин обавља упоређивање два система из котиледона у односу на искоришћење ресурса употребљених у њиховим контрукцијама и потребним за њихов рад. Елементи котиледона изводљивости су они елементи улазно-излазног котиледона које је могуће извести, реализовати, начинити, у технологији \mathcal{T} . Систем Z је елемент котиледона изводљивости ако задовољава улазно-излазне захтеве \mathcal{X} и изведив је у технологији \mathcal{T} , на начин да постоји Z^Y који је изведен у овој технологији и који подражава, симулира систем Z , то јест постоји подсистем Z^S система Z^Y , $Z^S \subset Z^Y$,

за који је Z хомоморфна слика. Иделани излаз пројектованог система, односно фазе анализе јесте избор система Z из скупа котиледона изводљивости као оптималног у односу на уређење, рангирање γ . Стварни систем Z^{real} ће бити реализован у фази примена резултата класичне системске методологије решавања проблема, по плану резултатног систем Z^V састављеног из парова захтева и компоненти, елемената, који су изведени у технологији \mathcal{T} , постоји систем који се анализира. Базични елемент исказа проблема јесте и начин на који ће изведени стварни систем Z^{real} бити тестиран. План провере испуњења захтева v јесте део исказа проблема \mathcal{P} како би се утврдио стватно достигнути ниво улазно-излазних показатеља, као и степен искоришћеност за то употребљених ресурса у односу на изабрани оптимум Z^V . План провере система v је практични израз појава у стварном свету свих других теоретских појмова и исказа $\mathcal{X}, \mathcal{T}, \alpha, \beta$ као и γ .

Два су Вајмурова предлога посебно важна, који захтевају допунски напор у првој и другој фази пројектовања логистичког система: прецизно дефинисање проблема у сарадњи са клијентом и математичка формализација дефинисања захтева.

3. Математичка теорија организације

Добро развијена теоретска основа и математички модел организације засноване на математичкој теорији општих система (Математичку Mathematical General Systems Theory) дефинисали су Такахара и Месаревић у [4] (у даљем тексту ТММ). Овај математички модел организације употребљен је као основа за унапређење постојеће праксе и допуне вајмуровог модела. У [4] је примењена математичка теорија општих система на добро познате проблеме организационих наука. Тиме је дат целовити математички модел организације, у линији са низом претходних настојања да се у духу

логичког позитивизма, тако успешно примењеног у природним наукама, примени математика и у организационој науци. Ова претходна настојања, могу се сврстати у две категорије: целовите концептуално-термиолошке, али без чврсте математичке заснованости ([5] и [6]) или имају приступи са добром математичком основом али се односе на парцијалне проблеме, а не на свеукупног организације. За примере математиког моделовања парцијалних проблема организације, а чије елементарне трагове можемо наћи у приступу овде примењеном, наводе се два случаја: (1) примена теорије редова дата у [7] на случају распона руковођена као модел димензионисања броја руководилаца и (2) примена теорије аутоматског управљања у организационим наукама наведена је у [8]. Са становишта ТММ ово су примитивне и грубе апроксимација. ТММ математички модел организације или модел организационе кибернетике има свој корен у традиционалном опису организације према [9] (организација је отворен друштено-технички систем; вештачки хијерахијски систем са негативном ентропијом, који се налази или у стабилном стању или у стању динамичке равнотеже, поседује механизам повратне спреге, одликује се способности прилагођавања и поседује механизам одржавања, раст се обезбеђује унутрашњим еланом, поседује својство еквифиналност, тј. за отворени сложени систем до истог стања као циља постоје различити путеви и организације је управљачки систем). Хијерхија ТММ има четири нивоа: (1)технолошки процес, (2)регулација/адаптација, (3)координација и (4) само-организација прилагођавања. Задња два нивоа представљају управљачки подсистем. Нормативни модел ТММ је теоретска основа за модел хијерахијског логистичког система за који је развијен симулациони модел односно програмско решење за оцену организације. Овим је заокружен полазни теоретски модел из које се изводи симулациони модел потребан у

фази димензионисања. Тиме је обезбеђено испуњење захтева следствености наведеног у [10].

Технолошки процес у ТММ има две улазне варијабле: управљачка улазна варијабла m и улаз ресурса u_r . Усвајањем следеће ознаке за структуру стања $x \stackrel{\text{def}}{=} (m, u_r) \in X$, технолошки процес P као улазно излазни система са X на Y . Нека је са u_0 означено познати полазни ресурси на располагању. Тада је $X = M \times \{u_0\}$ а $P: X \rightarrow Y$.

Усвајањем Вајмуровог модела као основе за технолошки модел ТММ мора се раздвојити спрег технолошки захтев – технолошки елемент. Технолошки елемент постаје ТММ ресурс u_r а технолошки захтев се исказује управљачком улазном варијаблом m . Према ТММ моделу, сваки доносилац одлука у технолошком подсистему има властити представу слику или слику P_i^m циљног модела и свој сопствени циљ G_i . Циљ је водиља управљања понашања подцелине технолошког подсистема. Циљ је утврђена тачка циљног стања или, равнотежна тачка c^* регулације. Критеријуми исказују циљ регулације и представљају трећи котиледон вајмурове теорије.

4. Закључак

Овде је приказан начин развоја општег модела логистичких система заснован на проширењу постојеће теоретске основе применом ТММ, математичког модела организације. Прихватљивост овог модела је условљена усвајањем теоретске терминологије али и излагањем основа ТММ у настави будућих инжењера организације и логистике.

Аутор се захваљује проф. др Братиславу Петровићу на сугестијама у примени теорије система.

Bibliografija

- [1] Слободан Вукићевић, Складишта, Превинг, Београд, 1995. године
- [2] A. Wayne Wymore, Applications of mathematical system theory to system design, modelling and simulation, WSC '81: Proceedings of the 13th conference on Winter simulation - Volume 1, January 1981
- [3] ... Total Army Analysis, Army Regulation 71–11
- [4] Takahara, Yasuhiko and Mihajlo Mesarovic, Organization Structure, Cybernetic Systems Foundation, Kluwer Academic/ Plenum Publishers, 2004
- [5] Talcott Parsons, Suggestions for a Sociological Approach to the Theory of Organizations-I, Administrative Science Quarterly, Vol. 1, No. 1 (Jun., 1956), pp. 63-85
- [6] Talcott Parsons, Suggestions for a Sociological Approach to the Theory of Organizations. II, Administrative Science Quarterly, Vol. 1, No. 2 (Sep., 1956), pp. 225-239
- [7] Hill, Lawrence S., The Application of Queuing Theory to the Span of Control, Academy of Management Journal, Vol. 6, No. 1 (Mar., 1963), pp. 58-69 (12 pages)
- [8] Simon, Herbert A., On the Application of Servomechanism Theory in the Study of Production Control, Econometrica, Vol. 20, No. 2 (Apr., 1952), pp. 247-268
- [9] Kast, Fremont E. and James E. Rosenzweig, General Systems Theory: Applications for Organization and Management, The Academy of Management Journal, Vol. 15, No. 4, General Systems Theory (Dec., 1972), pp. 447-465
- [10] Winsberg, Eric, Simulations, Models, and Theories: Complex Physical Systems and Their Representations, Philosophy of Science, Vol. 68, No. 3, Supplement: Proceedings of the 2000 Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association. Part I: Contributed Papers (Sep., 2001), pp. S442-S454

Određivanje broja i lokacija baza za zimsko održavanje puteva - Studija slučaja putne mreže Rasinskog okruga

Marina Milenković

Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305, Beograd
e-mail: marina.milenkovic@sf.bg.ac.rs

Draženko Glavić

Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305, Beograd
e-mail: drazen@sf.bg.ac.rs

Miloš Nikolić

Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305, Beograd
e-mail: m.nikolic@sf.bg.ac.rs

Apstrakt. Određivanje broja i lokacija baza za zimsko održavanje puteva predstavlja jednu od važnih strateških odluka prilikom planiranja aktivnosti zimskog održavanja puteva. Većina preduzeća koja se bave zimskim održavanjem puteva donose odluke o broju i lokacijama baza na osnovu iskustva na terenu. Razvojem optimizacionih modela lokacija baza za zimsko održavanje puteva ne samo da bi se povećavala efikasnost ili efektivnost zimskog održavanja puteva, već bi se ostvarile značajne uštede, povećala mobilnost, i smanjili ekološki i društveni uticaji. U ovom radu su date formulacije dva modela. Prvim modelom se utvrđuju lokacije pet baza za zimsko održavanje puteva tako što se minimiziraju ukupna pređena rastojanja vozila koja sprovode aktivnosti zimskog održavanja puteva. Drugim modelom se utvrđuje broj i lokacija baza za zimsko održavanje puteva tako da se minimiziraju ukupni transportni troškovi i troškovi izgradnje baza za zimsko održavanje puteva. Dobijeni modeli su primenjeni za putnu mrežu Rasinskog okruga. Problem je rešen korišćenjem softvera LPSolve.

Ključne reči: Baze za zimsko održavanje puteva, Lokacijski problem, Problem P medijana

1. Uvod

Zimsko održavanje puteva je uobičajena praksa tokom zime u mnogim zemljama i uključuje uklanjanje snega sa kolovoza i posipanje soli i abraziva na putevima kada ih led ili sneg učine klizavim. Kako bi se ove aktivnosti uspešno sprovele neophodno je postojanje odgovarajućih baza u kojima se pored vozila skladišti i potreban materijal (so, rizla itd.).

Problemi lokacija baza za zimsko održavanje puteva se generalno formulišu kao lokacijski problemi na mreži, kod kojih objekti

moгу biti locirani samo u čvorovima ili na granama mreže (Perrier i ostali., 2007). Pojedini autori su problem izbora lokacija baza za zimsko održavanje puteva razmatrali pojedinačno (Korhonen i ostali., 1992; Rahja i Korhonen, 1994; Gupta, 1998), dok su pojedini razvili integrisane modele u kojima su pored izbora broja i lokacija baza za zimsko održavanje puteva razmatrali i problem rutiranja vozila ili određivanja veličine voznog parka (Hayman i Howard, 1972; Reinert i ostali, 1985; Lotan i ostali, 1996; Cai i ostali, 2009).

Ciljevi ovog rada su sledeći: 1) da se utvrde lokacije pet baza za zimsko održavanje puteva, u okviru putne mreže Rasinskog okruga, kako bi se minimizirala ukupna rastojanja koja pređu vozila prilikom sprovođenja aktivnosti zimskog održavanja puteva; 2) da se utvrde broj i lokacija baza za zimsko održavanje puteva, u okviru putne mreže Rasinskog okruga, kako bi se minimizirali transportni troškovi vozila i troškovi izgradnje baza.

Preostali deo rada je organizovan na sledeći način: u drugom poglavlju su date formulacije dva modela. Rezultati koji su dobijeni za studiju slučaja putne mreže Rasinskog okruga, korišćenjem softvera LPSolve, su prikazani u trećem poglavlju. U četvrtom poglavlju su data zaključna razmatranja.

2. Matematičke formulacije modela

U radu su razvijena dva modela. Prvim modelom se utvrđuju lokacije pet baza za zimsko održavanje puteva tako što se minimiziraju ukupna rastojanja vozila koja pređu vozila prilikom sprovođenja aktivnosti zimskog održavanja. Drugim modelom se utvrđuje optimalan broj i lokacija baza za zimsko održavanje puteva tako da se minimiziraju transportni troškovi i troškovi izgradnje baza za zimsko održavanje puteva.

Problem izbora lokacija baza za zimsko održavanje puteva je formulisan kao problem P medijana. S obzirom da su unapred poznate rute vozila (deonice koje održava svako vozilo) i imajući u vidu da svaku rutu održava jedno vozilo definisan je skup ruta vozila koji je označen sa I ($i \in I$). Zatim su utvrđene potencijalne lokacije i definisan je skup kandidata za lokacije baza za zimsko održavanje puteva, koji je označen sa J ($j \in J$). Neka su najkraća rastojanja koja prelaze vozila kada su u praznom hodu od ruta ($i \in I$) do baza ($j \in J$) označena sa l_{ij} . Dužina rute koja

se održava je uvek ista i označena je sa s_i . S obzirom na to da se svako vozilo mora vratiti u početnu bazu i imajući u vidu da svako vozilo kod dvotračnih puteva sprovodi održavanje u svakom smeru posebno (u jednom prolazu čisti jednu saobraćajnu traku), to su najkraća pređena rastojanja vozila utvrđena na sledeći način: $d_{ij} = 2l_{ij} + 2s_i$. Na taj način je formirana matrica najkraćih pređenih rastojanja vozila. U radu je pretpostavljeno da je potražnja ruta $a_i=1$, s obzirom da se prioriteta održavanja razlikuju samo u načinu sprovođenja aktivnosti (kod puteva prvog prioriteta kolovozi se čiste i posipaju čistom soli, kod puteva drugog prioriteta kolovozi se čiste i posipaju samo rizlom ili šljakom, dok se kod puteva trećeg prioriteta sa kolovoza samo uklanja sneg), odnosno svako vozilo sprovodi održavanje ruta samo jednom u toku snežne oluje.

Neka je x_{ij} binarna promenljiva koja uzima vrednost 1 kada rutu i održava vozilo koje se nalazi u bazi j , i vrednost 0 u suprotnom i binarnu promenljivu. Takođe, neka je y_j binarna promenljiva koja uzima vrednost 1 ako je baza locirana u čvoru j , odnosno 0 u suprotnom.

Matematička formulacija za problem izbora lokacija p baza minimiziranjem ukupnih pređenih rastojanja vozila, bazirana na formulaciji problema p medijana, može se predstaviti na sledeći način:

Minimizirati

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} a_i d_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

Pri ograničenjima

$$\sum_{j \in J} x_{ij} = 1 \quad (i \in I) \quad (2)$$

$$\sum_{j \in J} y_j = P \quad (3)$$

$$x_{ij} \leq y_j \quad (i \in I, j \in J) \quad (4)$$

$$x_{ij}, y_j \in \{0,1\} \quad (i \in I, j \in J). \quad (5)$$

Kriterijumsku funkciju (1) koja predstavlja ukupna pređena rastojanja vozila potrebno je minimizirati. Ograničenje (2) ukazuje na to da svaka ruta može biti održavana vozilom samo iz jedne baze. Da će ukupno biti locirano P objekata garantuje se ograničenjem (3). Ograničenje (4) obezbeđuje da svaka ruta može biti dodeljena bazi koja je otvorena. Ograničenjem (5) promenljive x_{ij} i y_j se definišu kao binarne.

Uzimanjem u razmatranje jediničnih transportnih troškova (z) i cena izgradnji baza (c_j), može se težiti minimizaciji ukupnih troškova. Matematička formulacija za ovako definisan problem može se predstaviti na sledeći način:

Minimizirati

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} a_i d_{ij} z x_{ij} + \sum_{j \in J} c_j y_j \quad (6)$$

Pri ograničenjima

$$\sum_{j \in J} x_{ij} = 1 \quad (i \in I) \quad (7)$$

$$x_{ij} \leq y_j \quad (i \in I, j \in J) \quad (8)$$

$$x_{ij}, y_j \in \{0,1\} \quad (i \in I, j \in J). \quad (9)$$

Kriterijumska funkcija (6) koja predstavlja ukupne troškove transporta i troškove izgradnje baza, se minimizira. Ograničenje (7) ukazuje na to da svaka ruta može biti održavana vozilom samo iz jedne baze. Ograničenje (8) obezbeđuje da svaka ruta može biti pridružena bazi koja je izabrana (otvorena). Na kraju je potrebno obezbediti da promenljive x_{ij} i y_j budu binarne. Ovo se postiže ograničenjem (9).

3. Studija slučaja putne mreže Rasinskog okruga

U radu je za studiju slučaja izabrana putna mreža Rasinskog okruga (ukupne dužine 630,546 km). Trenutno se održavanje puteva

na području Rasinskog okruga vrši iz pet baza za zimsko održavanje puteva.

Za putnu mrežu Rasinskog okruga utvrđene su potencijalne lokacije baza za zimsko održavanje puteva i one su predstavljene odgovarajućim čvorovima. Ukupno je definisano 47 potencijalnih lokacija, što znači da skup J čini 47 kandidata za lokacije baza ($j=1, \dots, 47$). Nakon toga su rute predstavljene odgovarajućim čvorovima i imajući u vidu da je na pomenutoj putnoj mreži definisano ukupno 14 ruta, to je skup I činilo 14 ruta ($i=48, \dots, 61$).

3.1. Izbor lokacija pet baza minimiziranjem ukupnih pređenih rastojanja vozila

Prvi zadatak je bio da se utvrde lokacije baza za zimsko održavanje puteva, ako bi i dalje ostalo pet baza za zimsko održavanje puteva na putnoj mreži Rasinskog okruga. Dakle, potrebno je locirati pet objekata ($P=5$) tako da ukupna pređena rastojanja svih vozila budu minimalna. U Tabeli 1 su prikazani rezultati koji su dobijeni korišćenjem softvera LPSolve.

Tabela 1. Rešenje prvog zadatka

Vrednost kriterijumske f-je 1.235.418 m
$y_1=1$
$y_{11}=1$
$y_{20}=1$
$y_{35}=1$
$y_{46}=1$

Iz Tabele 1 se može videti da vrednost kriterijumske funkcije iznosi 1.235.418 m, i da se lokacije pet baza za zimsko održavanje puteva nalaze u čvorovima sa sledećim oznakama: 1, 11, 20, 35 i 46.

Rute 48, 49, 52, 53 i 57 se opslužuju vozilima koja se nalaze u bazi 1, rute 50 i 51 vozilima iz baze 20, rute 54, 55 i 56 vozilima koja se nalazi u bazi 11, rute 58 i 59 vozilima iz baze 35 i rute 60 i 61 vozilima iz baze 46.

3.2. Izbor broja i lokacija baza minimiziranjem ukupnih troškova

Na osnovu razgovora sa nadležnim organima za zimsko održavanje puteva, kao i uz pomoć softvera HDM utvrđene su vrednosti određenih troškova. Za troškove eksploatacije motornih vozila po pređenom kilometru korišćena je vrednost od 70 dinara. Ova vrednost je dobijena u HDM-u, pretpostavljajući da se vozila kreću prosečnom eksploatacionom brzinom od 40 km/h. Prema izveštaju meteorološke stanice, u Srbiji u proseku sneg pada 45 dana u godini. Stoga je u radu uzeto da vozila zimske službe sprovode održavanje u proseku 45 dana u toku jedne godine. Imajući u vidu da su troškovi izgradnje jedne baze veliki i da bi bilo potrebno posmatrati tu investiciju na duži vremenski period, s obzirom da nije potrebno svake godine ulagati u njenu izgradnju, utvrđeno je da je period posmatranja od 10 godina optimalan period i u radu su ukupni troškovi razmatrani za ovaj vremenski period. U radu je pretpostavljeno da prosečna cena izgradnje baza ista i da iznosi 500.000 evra.

Tabela 2. Rešenje drugog zadatka

Vrednost kriterijumske f-je 43.037.967.000 din.
$y_5=1$
$y_{11}=1$
$y_{35}=1$
$y_{46}=1$

Rezultati koji su prikazani u Tabeli 2 pokazuju da je broj baza četiri i da je njih potrebno locirati u čvorovima 5, 11, 35 i 46. Takođe je utvrđeno da se rute 48, 49, 50, 51, 52, 53 i 57 opslužuju vozilima iz baze 5, rute 54, 55 i 56 vozilima iz baze 11, rute 58 i 59

vozilima iz baze 35 i rute 60 i 61 vozilima iz baze 46.

5. Zaključak

Značaj razvoja optimizacionih modela lokacija baza za zimsko održavanje puteva je veliki. Pored ostvarenja značajnih ušteda, kroz smanjenje troškova transporta, od lokacija baza može zavisiti i nivo usluge, mobilnost, ostvarena produktivnost i bezbednost samih učesnika u saobraćaju. U radu su predložene dve matematičke formulacije za određivanje optimalnih lokacija baza. Testiranja predloženih formulacija su izvršena na realnom primeru.

Bibliografija

- [1] **N. Perrier, A. Langevin and J. F. Campbell.** A survey of models and algorithms for winter road maintenance. Part III: Vehicle routing and depot location for spreading. *Computers & Operations Research*, 2007, 34, 211-257.
- [2] **P. Korhonen, M. Teppo, J. Rahja and H. Lappalainen.** Determining maintenance truck station network and snow plow routes in Finland. In: *International Symposium on Snow Removal and Ice Control Technology*. Washington, DC: National Research Council, 1992.
- [3] **J. Rahja and P. Korhonen.** Total optimizing of the storage and transportation process for salt and sand. In: *Ninth PIARC International Winter Road Congress*. Vienna, Austria: Bundesministerium für Wirtschaftliche Angelegenheiten, 1994, 413-20.
- [4] **J.D. Gupta.** Development of a model to assess costs of opening a new or closing an existing outpost or county garage. Report No FHWA/OH-99/003, University of Toledo, Ohio, 1998.
- [5] **R.W. Hayman and C.A. Howard.** Maintenance station location through operations research at the Wyoming State Highway Department. *Highway Research Record*, 1972, 391, 17-30.
- [6] **K.A. Reinert, T.R. Miller and H.G. Dickerson.** A location-assignment model for urban snow and ice control operations. *Urban Analysis*, 1985, 8, 175-91.
- [7] **T. Lotan, D. Cattrysse, V. Oudheusden and K.U. Leuven.** Winter gritting in the province of Antwerp: a combined location and routing problem. *Belgian Journal of Operations Research, Statistics and Computer Science*, 1996, 36, 141-57.
- [8] **W.P. Cai, G. Liu, W.S. Cao.** A study of Vehicle and Materials Depot Location Problems for Winter Road Maintenance. *ICCTP 2009: Critical Issues in Transportation Systems Planning, Development and Management*, 2009, 1-6.

Alati za implementaciju globalnih nabavnih aranžmana

Slobodan Aćimović

Ekonomski fakultet Univerziteta u Beogradu, Kamenička 6, 11 000 Beograd
e-mail: asloba@ekof.bg.ac.rs

Veljko Mijušković

Ekonomski fakultet Univerziteta u Beogradu, Kamenička 6, 11 000 Beograd
e-mail: mijuskovic@ekof.bg.ac.rs

Dušan Marković

Ekonomski fakultet Univerziteta u Beogradu, Kamenička 6, 11 000 Beograd
e-mail: dusanm@ekof.bg.ac.rs

Apstrakt: Primenom strategije globalne nabavke svet se posmatra kao jedinstveno tržište, šireći mogućnosti saradnje i van ustaljenih nacionalnih i regionalnih okvira. Reč je o strateškoj opciji koja i globalno tek dobija na povoju, te je važno da se trend globalne nabavke dobro analizira i prouči kako bi menadžment preduzeća znao kako da najbolje iskoristi ovu opciju. Bitan element u toj analizi jesu i specifični alati globalne nabavke (kontratrgovinski aranžmani, slobodne trgovinske zone) koji su i centralni predmet preokupacije u ovom radu.

Sam rad podeljen je u dve celine. U okviru prve celine objašnjavaju se kontratrgovinski aranžmani. Druga celina za predmet analize ima značaj upotrebe slobodnih trgovinskih zona. Cilj rada je da edukuje menadžere preduzeća koji bi koristili strategiju globalne nabavke o tome koji im alati stoje na raspolaganju u procesu njene implementacije. Na taj način bi svaki menadžerski tim preduzeća koji želi da implementira ovu stratešku opciju znao koji alat je najadekvantije primeniti i u kojim okolnostima, kako bi globalna nabavka bila što efikasnije realizovana.

Ključne reči: globalna nabavka, kontratrgovinski aranžmani, slobodne trgovinske zone

1. Uvod

Preduzeća koja se odluče na primenu strategije globalne nabavke između ostalog moraju znati i koji im “alati” tom prilikom stoje na raspolaganju. Pod “alatima” globalne nabavke u ovom slučaju podrazumevamo specifične spoljnotrgovinske aranžmane i dogovore, koji olakšavaju umnogome poslovanje u miljeu koji nije do kraja poznat ni preduzeću ni njegovim menadžerima nabavke.

U glavne grupe “alata” ubrajamo:

- Kontratrgovinske aranžmane
- Slobodne trgovinske zone

O svakoj od ove dve grupe detaljnije u nastavku.

2. Kontratrgovinski aranžmani

Kontratrgovinski aranžmani podrazumevaju takvu vrstu transakcije gde kupac i prodavac imaju bar parcijalnu naturalnu razmenu. Ova

razmena može biti kompletno naturalnog (barter) tipa, ili može uključivati deo plaćanja u novcu. Usled različitosti metoda kontratrgovine, radi se o pojmu koji je teško precizno definisati. Najučestalije tumačenje kaže da se radi o “komercijalnoj transakciji gde se nabavka vrši putem jednog ili više povezanih ugovora, a plaćanje realizuje isporukom dobara ili usluga, kao dodatak ili u zamenu za novčano plaćanje”. (Stevens, 1995, str. 28-31)

Jedna zemlja može posegnuti za kontratrgovinskim aranžmanima iz brojnih razloga, od kojih je najočigledniji taj da ne postoji dovoljno likvidnih finansijskih sredstava za plaćanje uvezene robe. Drugi razlog je vezivanje proizvoda za tržišta gde preduzeće inače ne bi imalo pristup. Kontratrgovinske aranžmane vezujemo najčešće za skupu robu, kao što su vojna oprema ili pak avioni. Iako su inicijalno svi kontratrgovinski aranžmani grupisani jedinstveno, razvojem međunarodne razmene došlo je do pojave nekih varijacija, pa tako mi danas poznajemo pet osnovnih vrsta kontratrgovinskih aranžmana: (Carter & Gagne, 1988, str. 31-37)

- Barter aranžmani
- Ofset aranžmani
- Kontrakupovine
- Kompenzacije
- Svič aranžmani

Barter aranžmani predstavljaju suštinski najjednostavniji oblik kontratrgovine, gde se jedni proizvodi razmenjuju za druge, bez upotrebe novca. Zarad realizacije ovog aranžmana neophodno je da strane koje trguju potpišu jedan ugovor koji opisuje specifičnu transakciju i traje ograničeno, kraće vreme. Iako može delovati jednostavno, barter

aranžman je forma kontratrgovine koja se najmanje praktikuje u svakodnevnom poslovanju.

Ofset aranžmani podrazumevaju da dobavljači određenog resursa izvrše kontrakupovinu proizvoda određene vrednosti jedne zemlje tokom definisanog vremenskog perioda. Međutim, oni dozvoljavaju preduzećima da nabave bilo koji proizvod iz preduzeća u toj zemlji. Na taj način, dobavljač obično kupuje proizvode koji su direktno povezani sa njegovim poslovnim zahtevima, naročito sirovine i potrebne komponente.

Slično ofset aranžmanima, *aranžman* kontrakupovine zahteva da dobavljač kupi određenu količinu proizvoda iz zemlje koja je kupila njegove proizvode. Zahtevani iznos kontrakupovine obično je između 10 i 80% vrednosti prodaje, a nekada čak procentualno i prevazilazi vrednost inicijalno kupljenih proizvoda. Glavna razlika u odnosu na ofset aranžmane i ujedno glavni nedostatak jeste što dobavljač mora da kupi proizvode koji su nepovezani sa njegovim primarnim biznisom. Obično se dobavljaču predočava lista prihvatljivih proizvoda koji se mogu koristiti u kontrakupovini, te se on od date liste odlučuje šta će nabaviti. Unošenje obaveze o kontrakupovini u ugovor o kupoprodaji odgovara preduzeću kupcu ali ne i dobavljaču, jer ona za njega izaziva dodatne troškove. (Kozomara, 2005, str. 492) Komplikacije za dobavljača nastaju kasnije prilikom pronalaženja tržišta, tj. kupca kome plasirati tako kupljenu robu, čime transakcija postaje složenija i cenovno zahtevnija. (Carter & Gagne, 1988, str. 31-37)

Kompenzacije predstavljaju vrstu aranžmana koji se realizuju onda kada npr. preduzeće izgradi postrojenje u stranoj zemlji ili pruži uslugu, opremu ili tehnologiju koja bi pomogla

rad tog postrojenja. Nakon toga, to preduzeće pristaje da prisvoji deo proizvodnog asortimana postrojenja u vidu isplate. Ovakvi aranžmani pogodni su za zemlje koje obiluju prirodnim bogatstvima, ali imaju problem sa nedostatkom jake valute.

Svič aranžmani podrazumevaju učešće treće strane- trgovca koji prodaje nabavljene, kontrakupljene resurse. Ovi aranžmani javljaju se u situaciji kada dobavljač pristane da prihvati proizvode zemlje kupca, kao parcijalnu nadoknadu umesto novca. Ali, ukoliko dobavljač suštinski ne želi date proizvode, može ih prodati, sa popustom, trgovcu koji dalje sa njima trguje.

3. Slobodne trgovinske zone

Slobodne trgovinske zone predstavljaju specijalizovane industrijske i komercijalne oblasti obično locirane u blizini nekih ključnih pograničnih tačaka. Strana i domaća roba, uključujući sirovine, komponente i gotove proizvode može se uneti u ove oblasti bez plaćanja odgovarajućih propisanih carina. Uneta roba može se skladišiti, izlagati, prodavati, prepakivati, sastavljati, sortirati i njome se može manipulirati po želji pre reizvoza ili ulaska u prostor nacionalne carine. (Bennet, 1996, str. 90-91)

Slobodne trgovinske zone postoje širom sveta, na svih pet kontinenata. U nastavku analiziramo specifičnosti uspostavljanja i funkcionisanja slobodnih trgovinskih zona u SAD i Meksiku.

SAD. Slobodne trgovinske zone u SAD nazivaju se strane trgovinske zone. Reč je o lokacijama sa restriktivnim prilazima koje se nalaze blizu bitnih graničnih tačaka. Njih odobrava poseban Odbor za strane trgovinske zone i one funkcionišu pod nadzorom

Carinske i pogranične zaštitne službe. Postoje dve kategorije stranih trgovinskih zona- opšte zone i podzone. Unutar opštih zona upravlja se robom za mnoga preduzeća i one su najčešće pod patronatom javnih, pograničnih službi. Podzone su specijalizovane, namenske zone, obično locirane u blizini proizvodnih postrojenja. Funkcije koje obavljaju strane trgovinske zone se razlikuju i mogu se grupisati u: proizvodne, prometne, skladišne, manipulativne, za povraćaj taksi i izložbene. (Odbor za strane trgovinske zone SAD, 2015)

Meksiko. Koncept slobodnih trgovinskih zona ili industrijskih parkova u Meksiku realizuje se preko tzv. "makiladora". Makiladore ili meksičke slobodne trgovinske zone dobile su naziv od španske reči za fabričko postrojenje (maquila) koje se unutar njih nalazi. Makile ili fabrička postrojenja mogu biti u vlasništvu nemeksičkih rezidenata koji ih obično kupuju ili grade unutar te zone da bi koristili prednosti jeftine radne snage. Stoga, zaključujemo da su ova fabrička postrojenja najpogodnija za radno-intenzivnu proizvodnju. Još od 2006. godine makiladore su zaslužne za gotovo polovinu meksičkog izvoza. Danas, devet godina kasnije, ovaj trend nastavlja sa uzlaznom tendencijom. Trenutno postoji oko 3.100 lokacija za makiladore od čega je apsolutna većina smeštena na meksičko-američkoj granici. Ove slobodne zone zapošljavaju oko 2 miliona ljudi. (The economist, 2015)

4. Zaključak

Razmatrajući specifičnu ulogu nabavke u kontratrgovinskim aranžmanima, kažemo da ona nije toliko eksplicitna u ovom slučaju, kao što je to marketinška uloga preduzeća, zadužena za pregovaranje oko takvih aranžmana. Nabavka je pre reaktivna, identifikujući izvore snabdevanja koji će

pomoći da se zadovolje kontratrgovinski zahtevi, uslovi dogovaranja, određivanje tržišne vrednosti kontranabavljenih proizvoda i sl.

Zaključujući, ističemo da i upotreba slobodnih trgovinskih zona svakako jeste važan “alat” koji mogu koristiti preduzeća koja se odluče na opciju globalnog snabdevanja. Međutim, svetski trend uvođenja širih regionalnih trgovinskih aranžmana u neku ruku obesmišljava postojanje slobodnih trgovinskih zona, ali ne u tolikoj meri da možemo očekivati njihovu kompletnu skorašnju eliminaciju.

Bibliografija

- [1] **Bennett, R.** (1996). International Business. Pitman Publishers. USA, str. 90-91.
- [2] **Carter, J., Gagne, J.** (1988). The do's and don'ts of countertrade. Sloan Management Review. Vol. 3, No.1, str. 31-37.
- [3] **Kozomara, J.** (2005). Spoljnotrgovinsko poslovanje. Institut za ekonomsku diplomatiju, Beograd, str. 492.
- [4] **Odbor za strane trgovinske zone SAD**, internet sajt, dostupno na: <http://enforcement.trade.gov/ftzpage/info/ftzstart.html>, pristupljeno 3/4/2015.godine.
- [5] **Stevens, J.** (1995). Global purchasing and the rise of countertrade. Purchasing and Supply Management. No. 9, str. 28-31.
- [6] **The Economist**, članak Mexico's maquiladoras-Big maq attack, internet izdanje, dostupno na: <http://www.economist.com/news/business/21588370-50-year-old-export-industry-provides-millions-jobs-has-reinvent-itself-quickly>, pristupljeno 3/4/2015.godine.

Globalna nabavka- značaj i perspektive primene

Slobodan Aćimović

Ekonomski fakultet Univerziteta u Beogradu, Kamenička 6, 11 000 Beograd

e-mail: asloba@ekof.bg.ac.rs

Veljko Mijušković

Ekonomski fakultet Univerziteta u Beogradu, Kamenička 6, 11 000 Beograd

e-mail: mijuskovic@ekof.bg.ac.rs

Dušan Marković

Ekonomski fakultet Univerziteta u Beogradu, Kamenička 6, 11 000 Beograd

e-mail: dusanm@ekof.bg.ac.rs

Apstrakt: Sa izraženim trendovima globalizacije, potpomognutim rapidnim promenama u vidu unapređenja informacionih tehnologija, nabavka sve više dobija globalni karakter. Geopolitička situacija nakon II svetskog rata znatno je promenjena i idalje u velikoj meri evoluirala: od kreiranja NAFTA aranžmana, preko ujedinjenja Nemačke, formiranja Evropske Unije, raspada SSSR-a, pa sve do nastanka nove Evroazijske unije 2014. godine. Date okolnosti dovele su do liberalizacije trgovinskih tokova razmene, što je imalo i značajne implikacije na razvoj strategije globalne nabavke preduzeća. Globalna nabavka kao savremena strateška opcija preduzeća predmet je detaljne analize u ovom radu.

Sam rad podeljen je u tri celine. U okviru prve celine objašnjava se pojam globalne nabavke. Druga celina za predmet analize ima značaj ove strateške opcije. Konačno, poslednja, treća celina posvećena je uporednom prikazu ključnih prednosti i nedostataka strateške opcije globalne nabavke. Cilj rada je da ukaže na rastući značaj strategije globalne nabavke, kao i na glavne snage i slabosti njene primene. Na taj način bi svaki menadžerski tim preduzeća koji želi da implementira ovu stratešku opciju imao dobar pregled realnih benefita koje ona sa sobom nosi.

Ključne reči: strategija, globalna nabavka, preduzeće.

1. Umesto uvoda- definisanje globalne nabavke

Pojam globalne nabavke nema univerzalnu konotaciju. Naime, neki autori prave razliku između međunarodnog, multinacionalnog i inostranog snabdevanja, s jedne strane i strateškog globalnog snabdevanja, s druge. Pod prva tri pojma oni podrazumevaju “nabavku izvan zemlje proizvodnje preduzeća koja se realizuje na takav način da se ne vrši

koordiniranje zahteva među međunarodnim ograncima jednog preduzeća”. (Birou & Fawcett, 1993, str. 28-37) S druge strane, strateško globalno snabdevanje definiše se kao “koordinacija i integracija zahteva za nabavkom među svetskim preduzećima, koja dele ponudu, procese i dobavljače”. (Birou & Fawcett, 1993, str. 28-37) Iz navedenih tumačenja vidimo da iako možda na prvi pogled ovi termini deluju kao sinonimi, oni to suštinski nisu. Možemo konstatovati da je važan element razlikovanja ovih termina kod

navedenih autora *način obavljanja posla* na globalnom nivou (koordinirano ili ne). Jedan drugi autor, kao osnovu terminološkog razgraničavanja vrsta nabavke, koristi teritorijalnu limitiranost poslovanja i organizaciono ustrojstvo. Tako, on razlikuje postojanje: domaće, međunarodne i globalne nabavke. (Stevens, 1995, str. 20-28) Pod *domaćom* nabavkom podrazumevamo najjednostavniju stratešku varijantu transakcija preduzeća koje kupuje potrebne resurse od dobavljača koji se nalaze u okviru iste zemlje. *Međunarodna* nabavka predstavlja takvu vrstu nabavke gde je kupac pozicioniran u različitoj zemlji u odnosu na dobavljača. Jasno je da se stoga radi o kompleksnijoj situaciji nego u slučaju domaće nabavke, budući da kupci moraju da izlaze na kraj sa složenijim pregovorima, različitim zakonskim okvirima, valutnim rizikom i ostalim neujednačenim varijablama. Konačno, globalna nabavka može se faktički smatrati nadogradnjom varijante međunarodne nabavke, sa višim stupnjem integracije globalnih aktivnosti. To znači da globalna nabavka ima širi i složeniji opseg, kao i da vrši integraciju snabdevanja, operacija, tehnologije i ostalih aspekata međunarodnog poslovanja.

Iz prethodne terminološke diferencijacije vidimo da suština globalne nabavke upravo počiva na razvijenim aktivnostima integracije. Stevens ističe da integracija globalne nabavke obuhvata dva aspekta: a) internacionalizaciju nabavke i b) usvajanje strateške orijentacije menadžmenta snabdevanja. (Stevens, 1995, str. 28-31) Zaključujući, možemo konstatovati da iako nema jednobraznog tumačenja pojma globalne nabavke, radi se o najkompleksnijem obliku međunarodnih transakcija, koji se bazira na punoj integraciji aktivnosti poslovanja i korišćenju svih prilika međunarodnog tržišta. U ovom slučaju, jednostavno rečeno, ceo svet gleda se kao

tržište preduzeća koje primenjuje strategiju globalne nabavke.

2. Značaj globalne nabavke

Posmatrajući svet u poslednjih pola veka, možemo konstatovati da je ubrzanje razvoja transportnih i komunikacionih tehnologija dovelo do njegovog figurativnog "smanjivanja". Prethodni trendovi, zajedno sa neslućenim mogućnostima razvoja interneta, doprineli su intenzivnoj primeni i porastu značaja globalne nabavke kao strateške opcije. Bez obzira što trgovinske varijante i partneri menjaju svoj nastup u zavisnosti od brojnih ekonomskih faktora, jasan je trend ka intenziviranju globalne nabavke. U prilog datoj tvrdnji vezanoj za svetsku trgovinu u poslednjih pola veka, vidimo da je obim razmene po različitim kategorijama dobara u periodu od 1950. godine do 2012. godine porastao više od stotinu puta. U okviru ovako zapaženog porasta trgovinskih performansi, veliki procenat potiče upravo od tokova podstaknutih snabdevanjem na globalnom nivou.

Značaj intenziviranja trgovinskih transakcija i primenu strategije globalne nabavke nije poljuljala ni Globalna kriza, započeta krajem 2008. godine. Čak suprotno. Globalno posmatrano, na bazi relativno skorašnjih istraživanja, recesija je rezultovala upravo relativno nižim obimom nabavke iz izvora koji se nalaze bliže samom preduzeću. Na primer, istraživanje koje je sproveo magazin *Purchasing* 2009. godine pokazalo je da je na početku te godine svega 9% ispitanika iz analiziranih preduzeća u SAD razmatralo mogućnosti nabavke na globalnom planu, dok se taj procenat povećao na čak 21% od ukupnog broja ispitanika do kraja te iste godine. Od tih 21%, preko 50% ispitanika dalo je odgovor da je krajem 2009. godine zaista i

nabavljalo van okvira zemlje, ali ipak unutar bliže prostorne udaljenosti. Konačno, oko 28% ispitanika odgovorilo je da vidi i primenjuje strategiju globalnog snabdevanja iz siromašnijih zemalja sa jeftinijim resursima kao dobar način izlaska iz globalne krize. (Hannon, 2009, str. 23-25) Iz navedenih podataka vidimo da se primarni značaj globalne nabavke odnosi na otvaranje mogućnosti snabdevanja resursima koji su najprihvatljivije rešenje za preduzeće, bez obzira na prostornu udaljenost. U prvi mah, ovakav zaključak možda i nije najlogičniji, uzimajući u obzir da troškovi dopremanja resursa čine značajan deo njihove cene koštanja. Međutim, objašnjenje leži u tome da prevagu nad cenom transporta u ovom slučaju odnosi cena samog resursa, koja može biti drastično niža ako se tržište posmatra šire nego do sada.

Pored dominantnog cenovnog faktora, postoji svakako još dosta argumenata koji idu u prilog primeni strategije globalnog snabdevanja. Jasno je da su ti argumenti blisko vezani za konkretan resurs koji se nabavlja. Detaljnija argumentacija generalnih prednosti primene strategije globalne nabavke data je u okviru naredne tačke ovog rada. Ono što ostaje kao zaključak ovog dela jeste da je globalna nabavka realan trend današnjice i da ju je poželjno primenjivati. Međutim, budući da međunarodni milje prevazilazi znanja kojima raspolaže lokalni dobavljač, temeljna informisanost i specifične veštine svakako su potreban preduslov da bi strategija globalne nabavke imala pun efekat. To je uslov koji svaki menadžer nabavke mora imati u vidu pre preduzimanja bilo kakvih akcija ove vrste.

3. Prednosti i nedostaci primene globalne nabavke

Strategija globalne nabavke nikako ne predstavlja jednostavan i siguran poslovni poduhvat. Zato je važno razumeti zašto preduzeće nabavlja van okvira jedne zemlje. Sve razloge za primenu ove strateške opcije možemo grupisati u dve kategorije: (Carter & Narasimhan, 1990, str. 2-11)

- promene u poslovnom okruženju
- potrebe za povećanjem konkurentnosti preduzeća

Elemente navedenih kategorija, zarad veće preglednosti, u nastavku dajemo tabelarno prikazano:

PROMENE U POSLOVNOM OKRUŽENJU	
1.	Intenzivna i sveobuhvatna međunarodna saradnja
2.	Imperativ minimizacije troškova
3.	Potreba za postizanjem fleksibilnosti u proizvodnji
4.	Skraćivanje ciklusa za plasiranje novih proizvoda
5.	Pooštavanje standarda kvaliteta
6.	Konstantne promene u tehnologiji
POTREBE ZA POVEĆANJEM KONKURENTNOSTI PREDUZEĆA	
1.	Nedostupnost resursa/proizvoda na domaćem tržištu
2.	Nedovoljan kapacitet domaće proizvodnje da bi se odgovorilo na postavljene zahteve
3.	Obezbeđivanje kontinuiteta snabdevanja usled bojazni od nestašica/štrajkova
4.	Veća konkurentnost globalnih izvora u pogledu cene, kvaliteta, isporuke
5.	Pristup i dostupnost globalnih tehnoloških dostignuća
6.	Mogućnosti nastupa na brzo-rastućim tržištima

Tabela 1. Prednosti globalne nabavke

Bez obzira na iskazane prednosti predočene u okviru prethodne tabele, jasno je da ne postoji “magična formula” koja garantuje poslovni uspeh pri implementaciji strategije globalne nabavke. Zbog toga, kao i zbog drugih uočenih teškoća, mnoga preduzeća-kupci nerado pribegavaju strateškoj opciji

globalne nabavke, osim kada je to neophodno i ne može se izbeći. Ipak, ima autora koji su baveći se ovom problematikom, skloni da prihvate stav da globalno snabdevanje nije različito u bilo kom suštinskom smislu od nabavke iz domaćih izvora. Oni smatraju da se pri realizaciji globalne nabavke postižu isti ciljevi, uz isti set metoda i poslovnih poteza. (Baily et al., 1998, str. 242-243)

Međutim, jasno je da prilikom realizacije strategije globalnog snabdevanja, ako ništa drugo, onda zbog manjeg poznavanja složenijeg miljea, može doći i često dolazi do određenih teškoća koje se ne susreću kod primene konvencionalne nabavke. U nastavku dajemo tablearni prikaz određenih prepreka koje se javljaju kao smetnja globalnoj nabavci, te se kao takve obično koriste kao argument protiv ove strategije: (Branch, 2001, str. 280-283)

1	Otežana komunikacija sa dobavljačima (usled različitih časovnih zona, radne nedelje i sl.)
2	Znatno veća količina vremena koju je potrebno izdvojiti za pregovore sa globalnim dobavljačima u odnosu na pregovore sa lokalnim dobavljačima
3	Valutni problemi (odabir valute poslovanja+ kursne razlike)
4	Pravni problemi (određivanje izvora prava, dogovor oko arbitraže i formulacija ugovora)
5	Problemi vezani za reklamaciju robe sa potencijalnim nedostacima
6	Zastoji u isporuci (usled loših vremenskih prilika i raznih društvenih faktora)
7	Problemi vezani za uslove isporuke

Tabela 2. Nedostaci globalne nabavke

Kao što iz prethodne tabele možemo zaključiti postoji nemali broj faktora koji ipak predstavljaju ozbiljan izazov za svako preduzeće-kupca koje želi da pristupi snabdevanju iz globalnih izvora. Stoga je dobro da preduzeće-kupac bude unapred upoznato i sa dobrim i sa lošim stranama ove strateške opcije kako bi donelo ispravnu odluku. Navedeni problemi, tj. argumenti protiv nisu pak nepremostivi. Uobičajen način za njihovo prevazilaženje jeste putem različitih edukacija i treninga. Time se postiže podrška za globalni nastup i prevazilazi tenzija povezana sa fenomenom promena.

Bibliografija

- [1] **Baily, P., Farmer, D., Jessop, D., Jones, D.** (1998). Purchasing principles and management, 8th Edition. Pitman, USA, str. 242-243.
- [2] **Birou, L., Fawcett, S.** (1993). International purchasing benefits, requirements and challenges. International journal of purchasing and supply. No. 5, Vol. 3, str. 28-37.
- [3] **Branch, A.** (2001). International Purchasing and management. Thomson, USA, str. 280-283.
- [4] **Carter, J., Narasimhan, R.** (1990). Purchasing in the international marketplace. Journal of Purchasing and Materials Management, Vol. 2, No.7, str. 2-11
- [5] **Hannon, D.** (2009). Supply trends have buyers sourcing closer to home. Or not? Purchasing. Vol. 12, str. 23-25.
- [6] **Stevens, J.** (1995). Global purchasing and the rise of countertrade. Purchasing and Supply Management. No. 9, str. 28-31.

MS Excel simulation model to dimensioning subsystems of Logistics center and road-rail intermodal terminal

Milorad Vidović, Milorad Kilibarda

University of Belgrade – Faculty of Transport and Traffic Engineering, Logistics Department

e-mail: { mvidovic, m.kilibarda}@sf.bg.ac.rs

Abstract. The paper presents the basic concept of the simulation model used in dimensioning of the rail-road intermodal terminal, and logistics center. Structure of the model, user interface, important inputs and obtained results are also presented.

Keywords: Simulation, MS Excel, Logistics center, Intermodal terminal

1. Introduction

The rail–road terminals provide the space, the equipment and the operational environment for transferring intermodal transport units between the different transport modes. Rail–road terminals may consist of a wide range of installations, ranging from simple terminals providing transfer between two or three modes of transport, to more extensive logistics centers centres providing a number of value-added services such as storage, empties depot, maintenance, repair, etc [1].

The process of a logistics center and intermodal terminal design is a complex task that is essentially relies on quantification, sizing, and technological harmonization of envisaged subsystems and functional units. This process is iterative in its nature, and needs adequate approach to calculating all relevant variables and sizing of individual functional units, subsystems and components. Those processes, in the same time, are the key segments and base for the solution development.

Design and project appraisal of container terminals may be carried out through two main approaches: optimization or simulation.

Although the approaches based on optimization models allow a more elegant and compact formulation of the problem, Discrete Event Simulation models that overcome mathematical limitations of optimization approaches [2]. Several applications of simulation models have been proposed since 80’s and 90’s and their results confirm that such an approach is quite effective at simulating container terminal operations. More comprehensive literature review on this topic is given in [3].

This paper presents one more application in this area, ie. the concept of the simulation model developed for “Feasibility study for Logistic Centre and Intermodal Terminal at Vrsac” [4] and its main results.

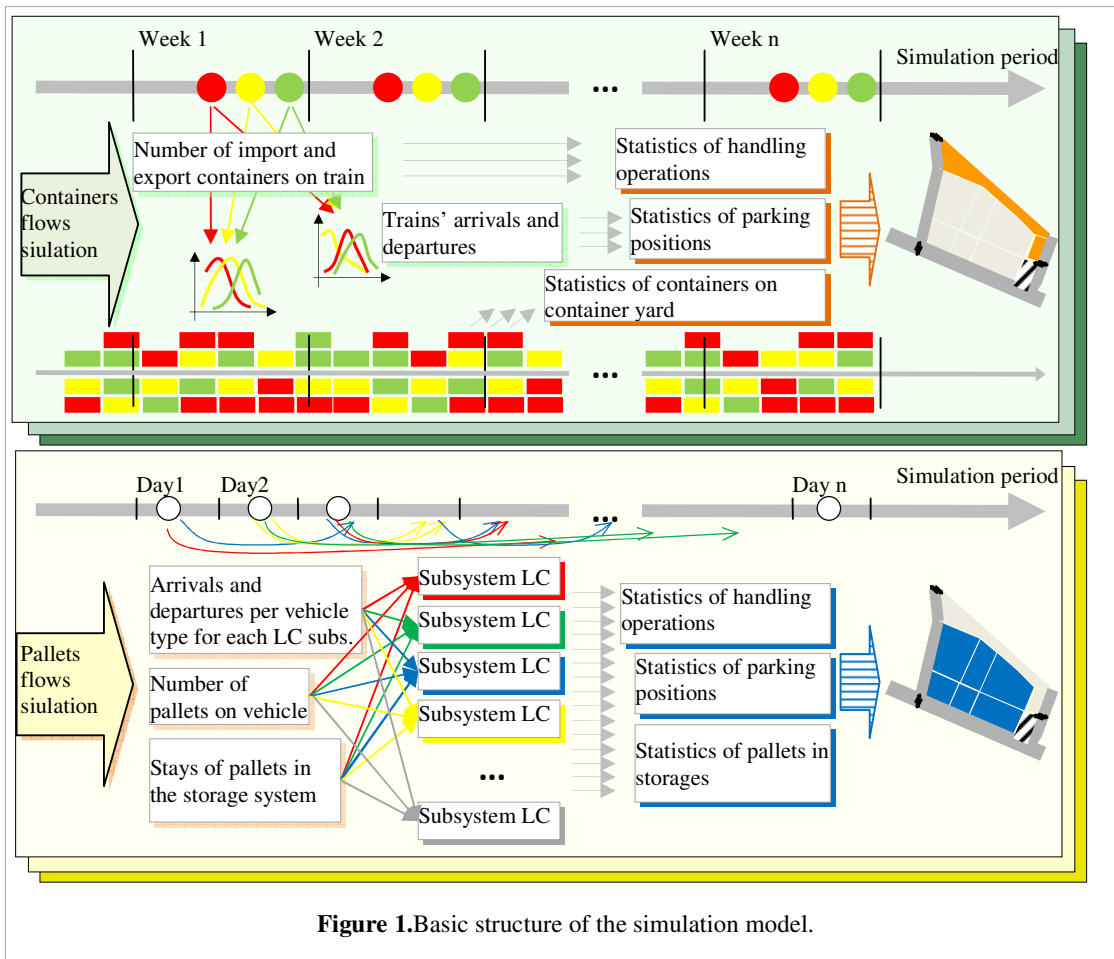
Respecting the fact that the focus of activities in the logistics center and intermodal terminal in Vršac are concentrated in terminal, storages and in internal transportation handling subsystems, the authors have decided to implement a very detailed analysis and simulation of all freight flows in the system, thus providing the basis for the quantification of the main performance measures of those subsystems.

Remaining of the paper is organized as follows. In the section 2 we present the basic structure of the model. In section 3 we present inputs and MS Excel user interface, while in section 4 we briefly discussed and present forms and types of the model results. Section 5 gives some concluding remarks.

2. Basic structure of the simulation model

The development of a simulation model used in the study was based on the desire for a high degree of imitation of real processes in the logistics center and intermodal terminal. The model is designed flexibly, in the sense that it covers three possible strategies of future development of the system: pessimistic, realistic and optimistic, covering a period of approximately 10 years.

simulates the two main categories of cargo flows: palletized cargo, and intermodal containers. Container flows are initiated by the timetable of trains which import containers to the terminal or export containers from the terminal. After the arrival of the train and unloading, import containers should be shipped to the end user by road transport within a defined interval. By the time preceding the loading export containers on train, containers were placed in a storage area, where are also placed import containers after being unloaded from train, waiting there shipment to the user. Arrival of vehicles delivering export, or shipping import containers, is defined by two random variables. One that takes values within a given interval in number of days (accumulation or to shipping) and the second



The concept of the simulation model is summarized in the Figure 1. The model

defining moment of arrival of the vehicle in the system in given dat. The second variable is

monitored at the level of one hour intervals on the day of arrival. In this way it is possible to monitor availability of intermodal terminal parking space in hour intervals.

Statistics of the number of received and shipped containers, and containers were transhipped directly, represents also a demand for performing transshipment operations by container reach stacker.

Flows of palletized goods in the logistics center are monitored through the receipt and dispatch of two categories of road vehicles: larger, transporting 28 pallets, and smaller that transports 8.5 pallets. For each of the subsystems of logistics center, based on the estimated values of the weekly intensities of pallet input flows, it is actually defined the number of pallets entering the system. By simulating the stay of pallets it is also defined when the pallets leave the system. In this way, number of pallets in warehouses is also determined. Monitoring the number of pallets entering or leaving the warehouse determines, also, the demand for loading unloading operations performed by forklifts.

Simulating the number of pallets in the vehicle quantify the expected number of vehicles in each category (small and large vehicles). Flows of vehicles, whose arrivals are simulated in hourly levels, provide also opportunity for monitoring statistics of engaged parking. This probability distribution allows the evaluation of the required number of parking spaces.

3. Inputs and simulation model user interface

Simulation model is implemented in MS Excel-u 2007, using Excel VBA (Visual Basic for Applications) tool, which simplified use of simulation model inputs which were available in MS Excel format.

Some screen shots of the user interface for

the input part of the simulation model are shown in Figure 2.

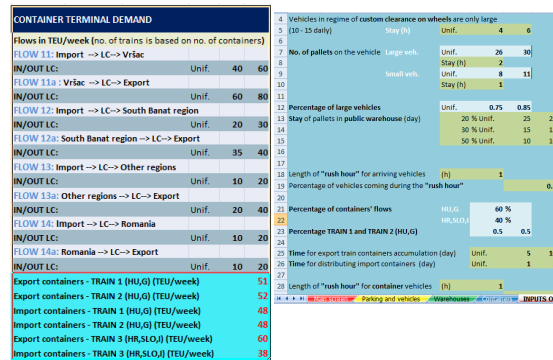


Figure 2. User interface for the inputs of the simulation model

In addition to the input variables that are related with the estimation of goods' flows intensities the model application assumed, also, a number of other parameters and variables:

- Working days and length of shifts
- Data on container trains and vehicles that transport export and import containers to/from the terminal
- Road vehicles characteristics, vehicles' arrivals intensities and stay of vehicles in the terminal and LC
- Period of storing pallets in subsystems of logistics system

After examining used inputs especially in the modeling of flows of goods, we accepted dominant use of uniform probability distribution in continuous, and discrete versions. Actually, it is frequently used concept in the case of the presence of large uncertainties, what is here assumed since the terminal and logistics center will start exploitation in five years. However, result of those input stochastic variables, show expected results in the form close to the usual characteristics of similar logistics systems.

4. Forms and types of most important results

The proposed simulation modeling concept gives a possibility of obtaining a large number of outcomes. These outcomes can be conditionally divided into two groups:

- statistical frequencies distributions of certain variables
- relevant parameters and system performance measures

Specified output values were determined as a result of simulation experiments conducted in three scenarios (optimistic, realistic and pessimistic). In addition, in accordance with defined objectives and the model structure, simulation results are presented in three main categories:

- Performance measures relevant for dimensioning the intermodal terminal
- Performance measures relevant for dimensioning logistics center subsystems
- Performance measures relevant for dimensioning parking space

For the purposes of the feasibility study, in each of the scenarios we simulated the ten-year operation of the system with 260 working days each day.

In Figure 3, and Table 1, as examples, we presented the form of some of obtained results that can be obtained from the simulation model, which are relevant for dimensioning subsystems of intermodal terminal and logistics center.

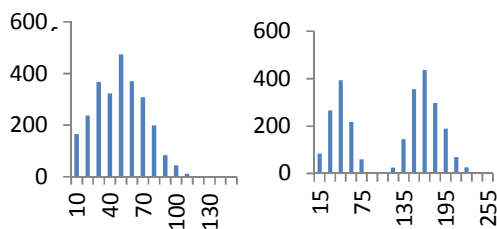


Figure 3. Example distribution of number of containers in container yard (left), and number of handling operations (right)

5. Conclusion

In this paper we presented the simulation model implemented in MS Excel 2007, used in dimensioning intermodal terminal and logistics

<i>Containers storage zone engagement (TEU/day)</i>	
Minimal number of containers stored	< 10
Maximal number of containers stored	193
Average number of containers stored	76.91
Average number containers arrived (days with arrivals)	57.52
Average number containers delivered (days with deliveries)	62.56

Table1. Example relevant values and performance measures

center in Vrsac. Proposed approach is proved as very efficient and helpfull, confirming again that the discrete event simulation is powerfull, effective and reliable tool for performing analyses of logistics systems. This model also showed that MS Excel, because of its numerous functions, and possibility of using VBA offers alternative simulation tool.

Acknowledgements. *This paper is partially supported by the Ministry of education, science and technological development of the Government of the Republic of Serbia trough the project TR36006 in the period 2011- 2015.*

References

- [1] **A. Ballis, J. Goliás**, Comparative evaluation of existing and innovative rail–road freight transport terminals, *Transportation Research Part A* 2002, Vol. 36. pp 593–611.
- [2] **A. Carteni, S. de Luca**, Tactical and strategic planning for a container terminal: Modelling issues within a discrete event simulation approach, *Simulation Modelling Practice and Theory* 2012, Vol. 21, pp.123–145.
- [3] **A. Carteni, S. de Luca**, Simulation of a container terminal through a discrete event approach: literature review and guidelines for application, in: *Proceedings of the European Transport Conference*, Noordwijkerhout, Netherlands, 2009..
- [4] Feasibility study for Logistic Centre and Intermodal Terminal at Vrsac, Vrsac, ref no. 1388 / Municipality of Vrsac / 43219 / 31.05.2013-3/ 3, University of Belgrade, Faculty of transport and traffic engineering, Belgrade 2014

MATHEMATICAL PROGRAMMING

Metodički pristup linearnom programiranju

Vladimir Baltić

e-mail: baltic@matf.bg.ac.rs

Apstrakt. Linearno programiranje se predaje na velikom broju fakulteta u Srbiji, počev od Matematičkog, preko nekoliko tehničkih fakulteta, zaključno sa ekonomskim fakultetima. Ono je direktno povezano i sa drugim oblastima Kombinatorne optimizacije, poput transportnog problema, celobrojnog programiranja i višekriterijumske analize. Stoga je od velikog značaja kako pristupiti predavanju linearnog programiranja. Mi ćemo ovde izložiti matricni pristup mešovitom problemu linearnog programiranja, sa nekim olakšicama koje slede iz linearne algebre.

Ključne reči: linearno programiranje, metodika, linearna algebra

1. Uvod

Veliki broj problema koji se sreću u praksi mogu se opisati i rešiti metodama linearnog programiranja. Iz tog razloga se linearno programiranje uči na velikom broju fakulteta u Srbiji u okviru predmeta sa raznim nazivima – Matematika na ETF-u i Vojnoj akademiji, Linearno programiranje (nekada Kombinatorna optimizacija) na Matematičkom fakultetu, Operaciona istraživanja na FON-u, Ekonomsko matematički metodi i modeli na Ekonomskom fakultetu u Beogradu, Kvantitativni metodi u Ekonomiji na Ekonomskom fakultetu u Subotici. Na većini se linearno programiranje izlaže preko Simpleks tabele, dok se na Ekonomskom fakultetu u Beogradu materija izlaže preko matricne metode.

Mi ćemo ovde izložiti modifikaciju matricne metode. Ona se može koristiti i za probleme kod kojih baza nema 3 nego više elemenata, jer ćemo izračunavanje inverzne matrice vršiti linearnim transformacijama, umesto uobičajeno preko određivanja adjungovane matrice. Dodatne prednosti su i što na početku svake iteracije vršimo proveru određene inverzne matrice baze, kao i izračunavanja u I i II simpleks kriterijumu prethodne iteracije. Sve to ćemo ilustrovati na jednom primeru ispitnog zadatka.

2. Linearno programiranje

Prvo ćemo tražiti inverznu matricu. Detaljnija razmatranja, kao i prikazane različite metode traženja inverzne matrice, možete naći u [1, str. 32-35].

2.1. Određivanje inverzne matrice

Definicija 1. Matrica I čiji su elementi na glavnoj dijagonali jednaki 1, a ostali su 0 se naziva *jedinična*

matrica

$$I = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

U literaturi se javlja i oznaka E .

Definicija 2. Inverzna matrica kvadratne matrice A , u oznaci A^{-1} , je matrica za koju važe jednakosti $A^{-1} \cdot A = A \cdot A^{-1} = I$.

Inverznu matricu možemo odrediti (pogledati Primere 2.14 i 2.15 iz [1]) rešavanjem n sistema sa n nepoznatih, preko adjungovane matrice ili pomoću elementarnih transformacija vrsta (to su transformacije koje se koriste prilikom izračunavanja ranga matrice) vršeći prelaz od matrice A i jedinične matrice do jedinične matrice i inverzne matrice, tj.

$$A \mid I \rightsquigarrow I \mid A^{-1}.$$

U nastavku ćemo na primeru konkretne matrice A (ta se matrica javljala u prethodnoj iteraciji Simpleks metode na pismenom ispitu iz EMMM u januaru 2005, I grupa) ilustrovati ovu poslednju metodu, jer je ona izuzetno pogodna za matrice koje se javljaju u problemima linearnog programiranja, jer te matrice imaju veliki broj elemenata jednakih 0.

Primer 1. Odrediti inverznu matricu A^{-1} matrice

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & -1 & 0 \\ 5 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

Rešenje.

$$\begin{array}{cccc|cccc} 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 5 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{array}$$

Prvo poslednju vrstu dovedimo ispred prve vrste.

$$\begin{array}{ccc|ccc} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & \text{III-I} \\ 5 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & \text{IV-5}\cdot \end{array} \rightsquigarrow$$

Ovde nam $\text{IV} - 5 \cdot \text{I}$ označava da ćemo od IV vrste oduzeti prvu vrstu pomnoženu sa 5, tj. od odgovarajućeg elementa IV vrste oduzimamo odgovarajući element iz prve vrste pomnožen sa 5. U narednom koraku $/ \cdot (-1)$ označava da III vrstu množimo sa (-1) . Ove oznake nisu samo obrazloženja, tj. pomoć pri pregledanju nastavniku, nego i studentu pomažu da vidi šta izračunava!

$$\begin{array}{ccc|ccc} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 & -1 & / \cdot (-1) \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -5 & 0 & 0 & 0 & 1 & -5 \end{array} \rightsquigarrow$$

Time smo dobili $A^{-1} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & -5 \end{bmatrix}$. \triangle

Napomena 1. Sve operacije koje se sprovode na levoj strani da bismo od matrice A dobili jediničnu matricu moraju se izvršiti i na desnoj strani!

2.2. Postavka problema linearnog programiranja

Veoma je bitno da studenti mogu sami da postave problem linearnog programiranja iz teksta u kome su im dati svi brojevi podaci, jer bi to morali da urade i u realnim problemima. Ilustrovaćemo to na primeru pismenog ispita iz EMMM u januaru 2005, A grupa.

Primer 2. *Preduzeće koje proizvodi četiri proizvoda, A, B, C i D, treba da odredi optimalan mesečni plan proizvodnje. Ugovorene obaveze su takve da se mesečno mora proizvesti i isporučiti najmanje 500 proizvoda A, i najmanje 1 000 proizvoda C. Za proizvodnju jednog proizvoda A treba utrošiti 3 časa rada, za proizvod B 2 radna časa, za proizvodnju proizvoda C 2 radna časa, i za proizvodnju proizvoda D 1 radni čas. Mesečni kapacitet proizvodnje je 10 000 radnih časova. Profit po jedinici proizvoda A je 10 novčanih jedinica, proizvoda B 20 novčanih jedinica, proizvoda C je 30 novčanih jedinica i proizvoda D 40 novčanih jedinica. Odrediti optimalan mesečni plan proizvodnje.*

Rešenje. Označimo sa x_1, x_2, x_3, x_4 , redom, koliko proizvodimo proizvoda A, B, C i D. Tada funkcija cilja (profit), koju treba maksimalizovati, postaje $\max z = 10 \cdot x_1 + 20 \cdot x_2 + 30 \cdot x_3 + 40 \cdot x_4$.

Uslovi su:

$x_1 \geq 500, x_3 \geq 1\,000$ (iz unapred ugovorenih obaveza) i $3 \cdot x_1 + 2 \cdot x_2 + 2 \cdot x_3 + 1 \cdot x_4 \leq 10\,000$ (iz kapaciteta proizvodnje), kao i $x_1, x_2, x_3, x_4 \geq 0$ (iz nenegativnosti promenljivih u problemu LP).

Stoga dati problem zadajemo na sledeći način:

$$\max z = 10 \cdot x_1 + 20 \cdot x_2 + 30 \cdot x_3 + 40 \cdot x_4,$$

$$x_1 \geq 500,$$

$$x_3 \geq 1\,000,$$

$$3 \cdot x_1 + 2 \cdot x_2 + 2 \cdot x_3 + 1 \cdot x_4 \leq 10\,000,$$

$$x_1, x_2, x_3, x_4 \geq 0. \quad \triangle$$

Napomena 2. Ovo je mešoviti problem maksimuma, jer se u uslovima javljaju nejednakosti i sa \geq i sa \leq . Kod standardnog problema maksimuma ne javljaju se nejednakosti sa \geq .

Da bismo primenili simpleks metodu za određivanje optimalnog rešenja u modelu linearnog programiranja, pored *realnih promenljivih* x_1, x_2, x_3, x_4 uvešćemo i *dodatne promenljive* x_5, x_6, x_7 i *veštačke promenljive* x_{5M}, x_{6M} da bismo sistem nejednačina u uslovu sveli na sistem jednačina. Osim u sistem nejednačina uvodimo ih i u funkciju cilja, pri čemu dodatne promenljive idu sa nultim koeficijentima, dok veštačke promenljive idu sa koeficijentom $-M$ (gde M predstavlja neki veoma veliki broj). Dok dodatne promenljive imaju neka značenja (što ćemo videti kasnije), veštačke promenljive služe samo da bismo mogli da započnemo simpleks algoritam i čim jednom ispadnu iz baze nikad više se neće vratiti u nju. Broj realnih promenljivih označićemo sa r , tj. $r = 4$, a dodatnih sa k (to je broj uslova), tj. $k = 3$.

Time smo dobili da problem linearnog programiranja možemo zapisati u matičnom obliku: funkcija cilja postaje $\max z = c \cdot x$, dok su uslovi $A \cdot x = b$.

Primer 3. *Prevedimo problem iz Primera 2 na matični oblik.*

Rešenje. $\max z = 10 \cdot x_1 + 20 \cdot x_2 + 30 \cdot x_3 + 40 \cdot x_4 + 0 \cdot x_5 - M \cdot x_{5M} + 0 \cdot x_6 - M \cdot x_{6M} + 0 \cdot x_7$
 $1 \cdot x_1 - 1 \cdot x_5 + 1 \cdot x_{5M} = 500,$
 $1 \cdot x_3 - 1 \cdot x_6 + 1 \cdot x_{6M} = 1\,000,$
 $3 \cdot x_1 + 2 \cdot x_2 + 2 \cdot x_3 + 1 \cdot x_4 + x_7 = 10\,000,$
 $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_{5M}, x_{6M} \geq 0.$

Problem možemo zapisati i kao

$$\begin{aligned} \max z &= c \cdot x, \\ A \cdot x &= b, \end{aligned}$$

gde su matrice:

$$\begin{aligned} c &= (10, 20, 30, 40, 0, -M, 0, -M, 0), \\ x &= (x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_{5M}, x_{6M})^T, \\ A &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 \\ 3 & 2 & 2 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad b = \begin{bmatrix} 500 \\ 1\,000 \\ 10\,000 \end{bmatrix}. \quad \triangle \end{aligned}$$

2.3. Rešavanje problema linearnog programiranja

Od izuzetnog značaja je da studenti "osete" problem, tj. da u jednostavnijim slučajevima (poput onih koji im se zadaju na ispitu) mogu da "pogode" optimalno rešenje. To je bitno, jer kada u radu mogu da idu ka 2 različite baze, biraće onu koja je "bliža" bazi u već ranije određenom optimalnom rešenju. To ćemo ponovo ilustrovati na problemu iz Primera 2.

Primer 4. *Odredimo optimalno rešenje problema iz Primera 2.*

Rešenje. Posmatrajmo koji od proizvoda A,B,C,D donosi najveći prinos po satu vremena utrošenog za njegovu proizvodnju. Proizvod A donosi $\frac{10}{3} \frac{n \cdot j}{h}$, B $10 \frac{n \cdot j}{h}$, C $15 \frac{n \cdot j}{h}$ i D $40 \frac{n \cdot j}{h}$. Stoga se najviše isplati proizvoditi proizvod D. Proizvode A i C ćemo proizvoditi $x_1 = 500$ i $x_3 = 1000$ (zbog unapred ugovorenih obaveza), B nećemo proizvoditi, $x_2 = 0$. Ostatak mesečnog kapaciteta ćemo iskoristiti na proizvodnju najisplativijeg proizvoda D:

$$x_4 = 10000 - 3 \cdot x_1 - 2 \cdot x_2 - 2 \cdot x_3 = 6500.$$

Tada je funkcija cilja $\max z = 295000$.

U ovom slučaju sve dodatne promenljive su jednake nuli, $x_5 = x_6 = x_7 = 0$. \triangle

Napomena 3. Promenljive koje su jednake nuli nisu u bazi, tako da dobijamo da su bazične promenljive x_1, x_3 i x_4 , tj. poslednja baza je $\alpha = (A_1, A_3, A_4)$.

Napomena 4. U prvom koraku će početna baza uvek biti jednaka jediničnoj matrici $\alpha = I$, tako da su tu značajno pojednostavljena izračunavanja.

Sada ćemo izložiti jednu iteraciju simpleks algoritma korak po korak, sa metodičkim napomenama.

I korak

odrediti skup bazičnih promenljivih B (za njih ćemo koristiti indekse i) i nebazičnih N (za njih j), a zatim izračunati inverznu matricu α^{-1} za tekuću bazu α .

II korak

odrediti vrednosti bazičnih promenljivih na 2 načina (sem u I iteraciji, gde možemo samo na prvi način):

1° $x_B = \alpha^{-1} \cdot b$;

2° na osnovu vrednosti iz II simpleks

kriterijuma prethodne iteracije:

novouvedena promenljiva $x_j = \varrho$,

dok su ostale promenljive $x_i = x'_i - \varrho \cdot d_{ij}$

(x'_i su vrednosti iz prethodne iteracije).

Napomena 5. Uvek treba određivati bazične promenljive na oba načina, jer na taj način vršimo proveru i α^{-1} , kao i kraja prethodne iteracije. Ako se dobiju različite vrednosti ili neko nedopustivo rešenje (npr. da je neko bazično $x_i < 0$), onda treba proveriti prethodna izračunavanja.

III korak

izračunati vrednost funkcije cilja $z = c_B \cdot x_B$, gde je c_B podmatrica matrice C koja odgovara vrednostima koeficijenata bazičnih promenljivih.

Napomena 6. Na grešku ukazuje i smanjenje vrednosti funkcije cilja u odnosu na prethodnu iteraciju.

IV korak

kako sve nebazične kolona-vektore možemo izraziti u obliku linearne kombinacije bazičnih: $N = \alpha \cdot D$ iz ove matrice jednačine dobijamo da je matrica koeficijenata linearne kombinacije $D = \alpha^{-1} \cdot N$; matrica koeficijenata linearne kombinacije D je oblika $r \times k$, tj. imamo da je $D = [d_{i,j}]$, gde $i \in B, j \in N$.

V korak (I simpleks kriterijum)

prvo odredimo matricu $Z_N = c_B \cdot D$ oblika $1 \times k$, a zatim tražimo

$$\max_j (c_j - z_j) > 0$$

(ukoliko su sve vrednosti $c_j - z_j \leq 0$, algoritam staje i dobijeno je optimalno rešenje)

i $t = j$ za koje se postiže maksimum i onda nebazični vektor A_t treba da udje u novu bazu, što možemo zapisati kao $A_t \rightarrow \alpha$.

Napomena 7. Ukoliko su sve vrednosti $c_j - z_j < 0$ dobijeno je jedinstveno optimalno rešenje, a ako je neko $c_j - z_j = 0$, a ostala ≤ 0 onda imamo višestruko optimalno rešenje.

VI korak (II simpleks kriterijum)

prvo odredimo

$$\varrho = \min_i \frac{x_i}{d_{ij}} \quad \text{za } d_{ij} > 0,$$

i $s = i$ za koje se postiže minimum i onda bazični vektor A_s treba da izadje iz baze, što možemo zapisati kao $A_t \rightarrow \alpha \rightarrow A_s$.

Time je određena tekuća baza u sledećoj iteraciji.

Primer 5. *Odredimo simpleks metodom optimalno rešenje problema iz Primera 2.*

Rešenje. Zbog skučenosti prostora, ovde ćemo prskočiti prve tri i dati samo poslednju IV iteraciju!

U prethodnoj iteraciji je baza bila $\alpha_3 = (A_1, A_3, A_7)$ i u poslednja dva koraka smo dobili $A_4 \rightarrow \alpha_4 \rightarrow A_7$, tj. baza za IV iteraciju je $\alpha_4 = (A_1, A_3, A_4)$.

I korak

bazične promenljive su $i \in B = \{1, 3, 4\}$, a nebazične su $j \in N = \{2, 5, 6, 7\}$ (ovde ne treba stavljati veštačke promenljive x_{5M} i x_{6M} , jer one kad ispadnu iz baze u nju se nikad više neće vratiti).

Inverzna matrica je $\alpha_4^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -3 & -2 & 1 \end{bmatrix}$.

II korak

1°

$$x_B = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix} = \alpha^{-1} \cdot b = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -3 & -2 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 500 \\ 1000 \\ 10000 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 500 \\ 1000 \\ 6500 \end{bmatrix}.$$

2° na osnovu vrednosti iz II simpleks kriterijuma prethodne iteracije:

novouvedena promenljiva $x_4 = \varrho = 6500$,

dok su ostale promenljive

$$x_1 = x'_1 - \varrho \cdot d_{14} = 500 - 6500 \cdot 0 = 500,$$

$$x_3 = x'_3 - \varrho \cdot d_{34} = 1000 - 6500 \cdot 0 = 1000.$$

III korak

$$z = c_B \cdot x_B = (c_1, c_3, c_4) \cdot \begin{bmatrix} x_1 \\ x_3 \\ x_4 \end{bmatrix} = (10, 30, 40) \cdot \begin{bmatrix} 500 \\ 1000 \\ 6500 \end{bmatrix} \\ = 10 \cdot 500 + 30 \cdot 1000 + 40 \cdot 6500 = 295000.$$

IV korak

$$D = \begin{bmatrix} d_{12} & d_{15} & d_{16} & d_{17} \\ d_{32} & d_{35} & d_{36} & d_{37} \\ d_{42} & d_{45} & d_{46} & d_{47} \end{bmatrix} = \alpha^{-1} \cdot N = \alpha^{-1} \cdot (A_2, A_5, A_6, A_7) \\ = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -3 & -2 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 2 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 2 & 3 & 2 & 1 \end{bmatrix}.$$

V korak

$$Z_N = (z_2, z_5, z_6, z_7) = c_B \cdot D = (c_1, c_3, c_4) \cdot D \\ = (10, 30, 40) \cdot \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 2 & 3 & 2 & 1 \end{bmatrix} = (80, 110, 50, 40).$$

Za sve nebazične promenljive j računamo $c_j - z_j$:

j	c_j	z_j	$c_j - z_j$
2	20	80	-60
5	0	110	-110
6	0	50	-50
7	0	40	-40

Kako su sve vrednosti $c_j - z_j < 0$, algoritam staje i dobijeno je jedinstveno optimalno rešenje. \triangle

Sva izračunavanja izvedena u prethodnom primeru mogu se sprovesti u Ekselu (eng. Microsoft Office Excel). To bi studentima značajno olakšalo samostalni rad, kao i uvežbavanje simpleks metode.

Pored standardnih eksel funkcija, ovde se pri izračunavanjima koriste i funkcije za množenje matrica, traženje inverzne matrice, kao i određivanje determinante: MMULT, MINVERSE, MDETERM.

Takodje, eksel okruženje se može urediti tako da pored rezultata pišu i komentari, a da je svaka iteracija u odvojenom listu (eng. worksheet) eksel dokumenta. Tako prikaz rezultata dobija na preglednosti, što samo po sebi olakšava savladavanje materije.

2.4. Postoptimalna analiza i komentari

Dodatne promenljive imaju analitička svojstva – one predstavljaju iznose neiskorišćenih resursa, tj. za koliko bismo mogli da promenimo uslove.

Dualne promenljive određuju koliko bi promena nekog uslova uticala na povećanje (smanjenje) funkcije cilja z .

Medju dodatnom promenljivom x_{r+i} i dualnom promenljivom y_i jedna je jednaka 0, dok druga ima pozitivnu vrednost.

2.5. Grafička metoda

U jednostavnijim slučajevima, kada je dvodimenzioni problem, može se optimalno rešenje naći i pomoću grafičke metode, koja se sastoji od skiciranja oblasti dopustivih rešenja. Maksimiziranje funkcije cilja se sprovodi povlačenjem paralelnih pravih (kroz temena oblasti) do one koja je najdalja od koordinatnog početka. Značaj grafičke metode je i u tome što pomoću nje studenti stižu bolju predstavu šta su dopustiva rešenja. Podsetimo se stare izreke da slika vredi hiljadu reči.

3. Zaključak

Linearno programiranje je izuzetno važna tema, koja se javlja u svakom kursu koji uključuje i neku optimizaciju. Takodje, bitno je i zbog povezanosti sa drugim temama, poput transportnog problema (koji je specijalni slučaj LP) ili celobrojnog programiranja (gde se prvo reši LP, a zatim se primeni neka od metoda poput Gomorijevog metoda sečenja ili Metod grananja i ogradjivanja Landa i Doiga). Zbog toga je od velikog značaja i matodički pristup izlaganju ove materije, kombinovan sa savremenim tehnologijama (računari, tj. Eksel), zahvaljujući kome će studenti što bolje savladati datu materiju.

Zahvalnica. Zahvaljujem se Aleksandru Saviću i Djordju Dugošiji sa Matematičkog fakulteta, Zoranu Popoviću, Draganu Azdejkoviću i Mladenu Stamenkoviću sa Ekonomskog fakulteta u Beogradu, kao i Veri Vujčić i Mirjani Čangalović sa FON-a, sa kojima sam tokom godina vodio razgovore, vezane za linearno programiranje.

Bibliografija

- [1] **M. Backović, J. Vuleta, I. Prica, Z. Popović.** Ekonomsko matematički metodi i modeli – zbirka rešenih problema. Centar za izdavačku delatnost Ekonomskog fakulteta u Beogradu, 2004.
- [2] **V. Baltić, O. Milić.** Metodička zbirka rešenih zadataka iz matematike 1. FON, Beograd, 2012.
- [3] **D. Cvetković, M. Čangalović, Dj. Dugošija, V. Kovačević, S. Simić, J. Vuleta.** Kombinatorna optimizacija – Matematička teorija i algoritmi. DOPIS, Beograd, 1996.
- [4] **T. Kiš, M. Čileg, D. Vugdelija, O. Sedlak.** Kvantitativni metodi u ekonomiji. Ekonomski fakultet Subotica, 2005.

On the fractional group Steiner tree problem

Slobodan Jelić

University of Osijek, Department of Mathematics, Trg Ljudevita Gaja 6, 31000 Osijek, Croatia
e-mail: sjelic@mathos.hr

Abstract. This paper considers a linear relaxation of the cut-based integer programming formulation for the group Steiner tree problem (FGST). We combine an approach of Koufogiannakis and Young (2013) with nearly-linear time approximation scheme for minimum cut problem in Christiano et. al (2011) in order to develop a fully polynomial time approximation scheme for FGST problem. Our algorithm returns the solution to FGST whose objective function value is at most $1 + 6\varepsilon$ times optimal, for $\varepsilon \in \langle 0, 1/6 \rangle$, in $\tilde{O}(mk(m + n^{4/3}\varepsilon^{-16/3})/\varepsilon^2)$ time, where n , m and k are numbers of nodes, edges and groups in the group Steiner tree instance, respectively. This algorithm has a better worst-case running time than the previous one in Garg and Khandekar (2002) when the number of groups is large enough.

Keywords: fully polynomial time approximation scheme, group Steiner tree problem, fractional group Steiner tree problem, covering linear program, packing linear program

1. Introduction

Problem definition. A group Steiner tree problem (GST) was introduced by Reich and Widmayer [18], motivated by the problem of wire routing with multiport terminals in physical VLSI design. We are given an undirected graph $G = (V, E)$, $|V| = n$, $|E| = m$, with edge-weight function $w : E \rightarrow \mathbb{R}_+$, and a family of subsets of V , $\mathcal{G} = \{G_1, \dots, G_k\}$, $k \in \mathbb{N}$, $G_i \neq \emptyset$ which are called *groups*. The problem is to find a subtree T such that

$$\sum_{e \in E(T)} w(e)$$

is minimized and $V(T) \cap G_i \neq \emptyset$ for each $i \in [k]$. An instance of group Steiner tree problem is denoted by (G, \mathcal{G}, w) . We consider the algorithm for the *rooted version* where the pre-specified node r is required to be in the solution subtree. Node r is called a *root*.

Let $\mathcal{S}_r = \bigcup_{i=1}^k \{S \subseteq V \setminus \{r\} : G_i \subseteq S\}$ be a family of all subsets S of $V \setminus \{r\}$ such that the cut $(S, V \setminus S)$ separates some group G_i from pre-specified root r and $\delta(S) = \{\{s, t\} \in E : s \in S, t \notin S\}$. We are ready to give a *natural cut-based integer programming formulation* of this problem :

$$\begin{aligned} \min \quad & \sum_{e \in E} w(e)z_e \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{e \in \delta(S)} z_e \geq 1, \quad S \in \mathcal{S}_r, \\ & z_e \in \{0, 1\}, \quad e \in E. \end{aligned} \quad (1)$$

In this paper, we consider a relaxed version of problem in (1) where integrality constraints $z_e \in$

$\{0, 1\}$, $e \in E$ are replaced by non-negativity constraints $z_e \geq 0$, $e \in E$,

$$\begin{aligned} \min \quad & \sum_{e \in E} w(e)z_e \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{e \in \delta(S)} z_e \geq 1, \quad S \in \mathcal{S}_r, \\ & z_e \geq 0, \quad e \in E. \end{aligned} \quad (2)$$

The LP problem in (2) is called a *fractional group Steiner tree problem* (FGST). We give an interpretation in terms of the flow network by adding new nodes and using max-flow min-cut theorem. Let us assume we introduce a new node g_i for each group G_i and a directed edge from g_i to each node $v \in G_i$ with infinite capacity. The value of variable z_e is interpreted as the capacity of edge e . Conditions in (1) ensure that the capacity of each cut separating some group G_i from root r (or equivalently, some g_i from r) is at least one. Using max-flow min-cut theorem, it is easy to see that capacities z_e are sufficient to send at least one unit of flow from each node g_i to root r .

Motivation and related problems. The group Steiner tree problem generalizes two important problems: Steiner tree problem [12, 2, 3] and set cover problem [5, 7]. Furthermore, algorithms for this problem can be used to solve some other related problems [6]. There are also applications in finding a team of experts in social networks [16, 17].

Solving of the LP relaxation of the problem at some starting phase of the algorithm is very often in combinatorial optimization. Particularly, (2) is solved in the randomized rounding phase of polylogarithmic approximation algorithm for GST given by Garg et al. [9]. Fortunately, it is not necessary to solve (2) to opti-

mality. An $(1+O(\varepsilon))$ -approximate solving of (2), for some small $\varepsilon > 0$, does not asymptotically change approximation ratio in [9]. We use this fact as a motivation to find an efficient FPTAS for (2). We say that some algorithm for minimization problem is a (FP-TAS) if it returns solution whose cost is at most $1 + \varepsilon$ times cost of optimal, for arbitrarily small $\varepsilon > 0$, in time that is polynomial in the input size of the problem and $1/\varepsilon$.

1.1. Previous work and contributions

The paper by Garg and Khandekar [8] considers the fractional Steiner Forest and some related problems. They also give $(1+\varepsilon)$ -approximation of the optimal solution of FGST in $\tilde{O}(mk(m+n^2 \log n)/\varepsilon^2)$ time¹.

Although FGST has a compact flow-based formulation with polynomially many variables and constraints [11], combinatorial algorithms exploiting special structure of a problem have better worst-case running time bounds than some known algorithms for general linear programming problems. Since (2) has exponentially many constraints, state-of-the-art approaches in [14, 15, 13] cannot be directly applied.

First, we want to present that nearly linear-time FPTAS for explicit fractional packing and covering linear programs by Koufogiannakis and Young in [15] is adoptable to FPTAS for FGST problem. Even more, this adaptation yields an algorithm that is similar to the algorithm for maximum multicommodity flow problem and other fractional packing problems that is presented in [10]. Second, the running time of our algorithm is $\tilde{O}(mk(m+n^{4/3}\varepsilon^{-16/3})/\varepsilon^2)$ which becomes interesting when the number of groups k is large enough comparing to the number of nodes. After a careful comparing of running times of algorithm in [8] and the algorithm in this paper, we conclude that the later one has a better running time for large enough value² of k . More precisely, it happens when the parameter k is larger than $(m+n^{4/3}\varepsilon^{-16/3})c/22^{\varepsilon^{-8/3}+\frac{n^{1/6}}{\sqrt{\log n}}}$ where c is some constant that comes from running time of $(1+\varepsilon)$ -approximate min-cut algorithm in [4].

1.2. Preliminaries

For an undirected graph $G = (V, E)$, $r \in V$, $G_i \in \mathcal{G}$, we say that cut $(S, V \setminus S)$ separates group G_i from r if $G_i \subseteq S$ and $r \notin S$. Sometimes, we identify cut $(S, V \setminus S)$ with set S . For a cut S , $\delta(S)$ denotes a set of all edges $e = \{s, t\}$ in E such that $s \in S$ and $t \notin S$.

¹ $\tilde{O}(f(n))$ denotes $O(f(n) \log^c g(n))$ for some function g and positive constant c

²note that k can be exponential function of n

After transformation of (2), we obtain the following fractional covering program

$$\begin{aligned} \min \quad & \sum_{e \in E} x_e \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{e \in \delta(S)} \frac{1}{w(e)} x_e \geq 1, \quad S \in \mathcal{S}_r, \\ & x_e \geq 0, \quad e \in E, \end{aligned} \quad (3)$$

while dual is the fractional packing linear program

$$\begin{aligned} \max \quad & \sum_{S \in \mathcal{S}_r} y_S \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{S \in \mathcal{S}_{r,e}} \frac{1}{w(e)} y_S \leq 1, \quad e \in E, \\ & y_S \geq 0, \quad S \in \mathcal{S}_r, \end{aligned} \quad (4)$$

where $\mathcal{S}_{r,e} = \{S \in \mathcal{S}_r : e \in \delta(S)\}$.

2. Algorithm

2.1. Description of the algorithm

Let $\tilde{y}_e(t)$ be $\sum_{S \in \mathcal{S}_{r,e}} y_S(t)/w(e)$, for $e \in E$. Let $x_e(t)$, $e \in E$ and $y_S(t)$, $S \in \mathcal{S}_r$ be primal and dual variables at iteration $t \geq 0$. At the beginning, we have $x_e(0) = 0$, $e \in E$ and $y_S(0) = 0$, $S \in \mathcal{S}_r$. Following the idea of exponential potential function methods in [1], our algorithm iteratively improves primal solution $x_e(t)$ by quantity that is proportional to $p_e(t)/|\mathbf{p}(t)|$ where

$$p_e(t) = (1 + \varepsilon)^{\tilde{y}_e(t-1)}. \quad (5)$$

Instead of random sampling of primal and dual variables, we deterministically increase one variable in dual and all variables in primal. At each iteration in line 9 of Algorithm 1, we increment dual variable $y_{\hat{S}(t)}$ by $\tilde{W}(t)$, where set $\hat{S}(t)$ defines $(1 + \varepsilon)$ -approximate minimum cut with respect to the capacities

$$c_e(t) := \frac{1}{w(e)} \frac{p_e(t)}{|\mathbf{p}(t)|}, \quad \text{for } e \in E,$$

in graph G that separates some group G_i from r , and $\tilde{W}(t) := \min_{e \in \delta(\hat{S}(t))} w(e)$. A computing of $\hat{S}(t)$ in line 6 is solved as a sequence of k $(1 + \varepsilon)$ -approximate minimum cut problems [4] in the network that is constructed as follows: for each edge $e = \{u, v\} \in E$ introduce two directed edges (u, v) and (v, u) where each of them has the capacity $c_e(t)$; for each group $G_i \in \mathcal{G}$ $i \in [k]$, introduce a new node g_i ; for each $i \in [k]$ and each $v \in G_i$ introduce a directed edge (g_i, v) with infinite capacity. At the end, let $\hat{S}(t)$ be a cut with minimum capacity among all k

computed cuts. The same procedure is used in line 19 with respect to the capacities \mathbf{x} .

We also note, at line 8 of Algorithm 1, that $\hat{W}(t)$ is the step length of increasing primal variable $x_e(t)$ in direction $p_e(t)/|\mathbf{p}(t)|$, for $e \in E$. Vectors $\tilde{y}_e(t)$ and $p_e(t)$ are updated in lines 10-17. Our algorithm terminates when $M(t) \geq T$ where

$$M(t) := \max_{e \in E} \tilde{y}_e(t). \quad (6)$$

Scaling the primal solution \mathbf{x} by capacity of the $(1+\varepsilon)$ -approximate minimum cut gives a feasible primal solution.

Algorithm 1 FPTAS for fractional group Steiner tree problem

```

1:  $x_e(0) := 0, \tilde{y}_e(0) = 0$  for all  $e \in E, y_S(0) := 0,$ 
    $S \in \mathcal{S}_r, M(0) \leftarrow 0, t := 0, T := \frac{\ln m}{\varepsilon^2}$ 
2:  $p_e(1) := 1, e \in E$ 
3: while  $M(t) < T$  do
4:    $t \leftarrow t + 1$ 
5:    $c_e(t) \leftarrow \frac{1}{w(e)} \frac{p_e(t)}{|\mathbf{p}(t)|}, e \in E$ 
6:   calculate  $(1 + \varepsilon)$ -approximate minimum cut
    $\hat{S}(t)$  with respect to the capacities  $\mathbf{c}(t)$ 
7:    $\hat{W}(t) \leftarrow \min_{e \in \delta(\hat{S}(t))} w(e)$ 
8:    $x_e(t) \leftarrow x_e(t-1) + \hat{W}(t) \cdot \frac{p_e(t)}{|\mathbf{p}(t)|}, e \in E$ 
9:    $y_{\hat{S}(t)}(t) \leftarrow y_{\hat{S}(t)}(t-1) + \hat{W}(t)$ 
10:   $M(t) \leftarrow M(t-1)$ 
11:   $\tilde{y}_e(t) \leftarrow \tilde{y}_e(t-1) + \frac{\hat{W}(t)}{w(e)}, e \in \delta(\hat{S}(t))$ 
12:   $p_e(t+1) \leftarrow p_e(t)(1 + \varepsilon)^{\frac{\hat{W}(t)}{w(e)}}, e \in \delta(\hat{S}(t))$ 
13:  if  $\tilde{y}_e(t) > M(t)$  then
14:     $M(t) \leftarrow \tilde{y}_e(t)$ 
15:  end if
16:   $\tilde{y}_e(t) \leftarrow \tilde{y}_e(t-1), e \notin \delta(\hat{S}(t))$ 
17:   $p_e(t+1) \leftarrow p_e(t), e \notin \delta(\hat{S}(t))$ 
18: end while
19: calculate  $(1 + \varepsilon)$ -approximate minimum cut  $S'$ 
   with respect to the capacities  $\mathbf{x}(t)$ 
20:  $m(t) \leftarrow \sum_{e \in \delta(S')} x_e(t)$ 
21: return  $\mathbf{x}(t)/m(t)$ 

```

3. Analysis

3.1. Approximation ratio analysis

First, we give some technical facts without proof that are necessary for an analysis.

Proposition 1.

- i) $(1 + \varepsilon)^x \leq 1 + \varepsilon x$, for all $0 < \varepsilon < 1$ and $0 \leq x \leq 1$
- ii) $(1 + \varepsilon)x \leq e^{\varepsilon x}$, for all $\varepsilon, x \in \mathbb{R}$

Proposition 2. For all $t \geq 1$ Algorithm 1 maintains the following invariants:

- i) $|\mathbf{x}(t)| = |\mathbf{y}(t)|, t \geq 0$
- ii) $\max_{e \in E} (\tilde{y}_e(t) - \tilde{y}_e(t-1)) = 1$

The crucial fact in the analysis of the approximation ratio of Algorithm 1 is the upper bound on the value of $\Phi(t+1)$, where Φ is a potential function given by

$$\Phi(t) = |\mathbf{p}(t)|.$$

This approach is widely used in design of the fast combinatorial approximation algorithms for similar problems [1].

Lemma 1. For any $t \geq 1, \Phi(t+1) \leq m \exp\left(\varepsilon \sum_{t'=1}^t \hat{W}(t') \hat{C}(t')\right)$, where $\hat{C}(t)$ is the capacity of $(1 + \varepsilon)$ -approximate minimum cut $\hat{S}(t)$.

Proof. Since $\Phi(t+1) = \sum_{e \in E} (1 + \varepsilon)^{\tilde{y}_e(t)} = \sum_{e \in \delta(\hat{S}(t))} p_e(t) (1 + \varepsilon)^{\frac{\hat{W}(t)}{w(e)}} + \sum_{e \notin \delta(\hat{S}(t))} p_e(t)$, from fact ii) in Proposition 2 and Proposition 1 it follows that $\Phi(t+1) \leq \Phi(t) \exp\left(\varepsilon \sum_{e \in \delta(\hat{S}(t))} c_e(t) \hat{W}(t)\right)$. By telescoping of the previous inequality, we obtain $\Phi(t+1) \leq m \exp\left(\varepsilon \sum_{t'=1}^t \hat{W}(t') \hat{C}(t')\right)$. \square

Lemma 2. Let $m(t)$ be $\min_{S \in \mathcal{S}_r} \sum_{e \in \delta(S)} \frac{x_e(t)}{w(e)}$, for $t \geq 1$, then $\sum_{t'=1}^t \hat{C}(t') \hat{W}(t') \leq (1 + \varepsilon)m(t)$.

Proof. Let us observe from line 8 of Algorithm 1 that $x_e(t) = \sum_{t'=1}^t \hat{W}(t') p_e(t') / |\mathbf{p}(t')|$. For any arbitrary $S \in \mathcal{S}_r$, we easily show that $\sum_{e \in \delta(S)} \frac{x_e(t)}{w(e)} = \sum_{t'=1}^t \hat{W}(t') \sum_{e \in \delta(S)} c_e(t')$, where $c_e(t')$ is given in line 5 of Algorithm 1. Since $(1 + \varepsilon)$ -approximate minimum cut $\hat{S}(t')$ is calculated at each iteration t' with respect to the capacities $c_e(t')$, it is obvious that $(1 + \varepsilon) \sum_{e \in \delta(S)} x_e(t) / w(e) \geq \sum_{t'=1}^t \hat{W}(t') \hat{C}(t')$. \square

The following theorem gives the upper bound on approximation ratio of Algorithm 1.

Theorem 1. After a termination, for any $\varepsilon \in \langle 0, 1/6 \rangle$, Algorithm 1 returns $(1 + 6\varepsilon)$ -approximate solution to the LP relaxation of the group Steiner tree in (3).

Proof. Statements of Lemmas 1 and 2 imply $(1 + \varepsilon)^{\tilde{y}_e(t)} \leq m \exp(\varepsilon(1 + \varepsilon)m(t)), e \in E$, which, after taking the natural logarithm of both sides, becomes $\tilde{y}_e(t) \ln(1 + \varepsilon) \leq \ln m + \varepsilon(1 + \varepsilon)m(t), e \in E$.

Since the last inequality is valid for all $e \in E$, it follows that $M(t) \ln(1 + \varepsilon) \leq \ln m + \varepsilon(1 + \varepsilon)m(t)$. Our algorithm terminates when inequality $M(t) \geq T$ which gives $\frac{m(t)}{M(t)} \geq 1 - 3\varepsilon$. Now, for any $\varepsilon \in \langle 0, 1/6 \rangle$,

it follows that $M(t)/m(t) \leq 1 + 6\varepsilon$. Let $\hat{\mathbf{x}}$ be the vector returned by Algorithm 1 and \mathbf{x}^* the optimal solution to (3). From fact *i*) in Proposition 2, strong duality theorem and the previous inequality, it follows that $|\hat{\mathbf{x}}|/|\mathbf{x}^*| \leq \frac{M(t)}{m(t)} \leq 1 + 6\varepsilon$. \square

3.2. Running time analysis

In this section we give an analysis of running time of Algorithm 1.

Theorem 2. *Algorithm 1 returns $(1+6\varepsilon)$ -approximate solution to (3) in $\tilde{O}(mk(m + n^{4/3}\varepsilon^{-16/3})/\varepsilon^2)$ time.*

Proof. Update operations, inside the while loop (lines 3-18), excluding line 6, take $O(m)$ time. Furthermore, it takes $\tilde{O}(k(m + n^{4/3}\varepsilon^{-16/3}))$ time per iteration since running time of line 6 dominates the time of all update operations [4]. It remains to show that there are at most $(m \ln m)/\varepsilon^2$ iterations until termination. There are at most m iterations until $M(t)$ is increased by 1 because at least one edge is a maximizer of left-hand side term in *ii*) of Proposition 2. It follows that $M(t)$ is at least T after at most mT iterations of while loop. \square

4. Conclusions

We presented simple adaptation of FPTAS in [14, 15] to FPTAS for FGST. In such a way we obtained Algorithm 1 that computes $(1+\varepsilon)$ -approximate solution to the fractional group Steiner tree problem whose running time outperforms the algorithm in [8] when the number of groups is large enough.

References

- [1] **D. Bienstock.** *Potential Function Methods for Approximately Solving Linear Programming Problems: Theory and Practice.* Springer, August 2002.
- [2] **J. Byrka, F. Grandoni, T. Rothvoß, L. Sanità.** An improved LP-based approximation for Steiner tree. In *STOC '10 Proceedings of the 42nd ACM symposium on Theory of computing*, pages 583–592, New York, USA, June 2010. ACM Press.
- [3] **J. Byrka, F. Grandoni, T. Rothvoß, L. Sanità.** Steiner Tree Approximation via Iterative Randomized Rounding. *Journal of the ACM*, 60(1):1–33, February 2013.
- [4] **P. Christiano, J. A. Kelner, A. Madry, D. A. Spielman, S. H. Teng.** Electrical flows, Laplacian systems, and faster approximation of maximum flow in undirected graphs. *Proceedings of the 43rd annual ACM symposium on Theory of computing - STOC '11*, page 273, 2011.
- [5] **V. Chvátal.** A Greedy Heuristic for the Set-Covering Problem. *Mathematics of Operations Research*, 4(3):233–235, 1979.
- [6] **K. Elbassioni, S. Jelić, D. Matijević.** The relation of Connected Set Cover and Group Steiner Tree. *Theoretical Computer Science*, 438:96–101, June 2012.
- [7] **U. Feige.** A threshold of $\ln n$ for approximating set cover. *Journal of the ACM*, 45(4):634–652, July 1998.
- [8] **N. Garg, R. Khandekar.** Fast Approximation Algorithms for Fractional Steiner Forest and Related Problems. In *FOCS '02 Proceedings of the 43rd Symposium on Foundations of Computer Science*, pages 500–509. IEEE Computer Society, November 2002.
- [9] **N. Garg, G. Konjevod, R. Ravi.** A Polylogarithmic Approximation Algorithm for the Group Steiner Tree Problem. *Journal of Algorithms*, 37(1):66–84, October 2000.
- [10] **N. Garg, J. Könemann.** Faster and Simpler Algorithms for Multicommodity Flow and Other Fractional Packing Problems. *SIAM Journal on Computing*, 37(2):630–652, January 2007.
- [11] **E. Halperin, G. Kortsarz, R. Krauthgamer, A. Srinivasan, N. Wang.** Integrality Ratio for Group Steiner Trees and Directed Steiner Trees. *SIAM Journal on Computing*, 36(5):1494–1511, January 2007.
- [12] **K. Jain.** A Factor 2 Approximation Algorithm for the Generalized Steiner Network Problem. *Combinatorica*, 21(1):39–60, January 2001.
- [13] **S. Jelić, S. Laue, D. Matijević, P. Wijerama.** A Fast Parallel Implementation of a PTAS for Fractional Packing and Covering Linear Programs, *International Journal of Parallel Programming*, 43(5):840–875, October 2015.
- [14] **C. Koufogiannakis, N. E. Young.** Beating simplex for fractional packing and covering linear programs. In *FOCS'07 Proceedings of the 48th Annual IEEE Symposium on Foundations of Computer Science*, pages 494–504. IEEE, 2007.
- [15] **C. Koufogiannakis, N. E. Young.** A Nearly Linear-Time PTAS for Explicit Fractional Packing and Covering Linear Programs. *Algorithmica*, March 2013.
- [16] **T. Lappas, K. Liu., E. Terzi** Finding a team of experts in social networks.. In *KDD'09 Proceedings of the 15th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining*, pages 467–476, New York, USA, 2009. ACM Press.
- [17] **C. T. Li, M. K. Shan, S. D. Lin.** On team formation with expertise query in collaborative social networks, *Knowledge and Information Systems*, 42(2):441–463, February 2015.
- [18] **G. Reich, P. Widmayer.** Beyond Steiner's Problem: A VLSI Oriented Generalization. In *WG '89 Proceedings of the Fifteenth International Workshop on Graph-theoretic Concepts in Computer Science*, pages 196–210, New York, USA, 1990. Springer-Verlag New York, Inc.

Evaluation of Pareto Optimal Solutions in Intermodal Networks

Dorđe Stakić

University of Belgrade, Faculty of Mathematics, Studentski trg 16, 11000 Belgrade, Serbia
e-mail: djordjes@matf.bg.ac.rs

Radoslav Rajković

University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering, Innovation center, Kraljice Marije 16, 11000 Belgrade, Serbia
e-mail: rrajkovic@mas.bg.ac.rs

Dušan Tošić

University of Belgrade, Faculty of Mathematics, Studentski trg 16, 11000 Belgrade, Serbia
e-mail: dtošic@matf.bg.ac.rs

Nenad Zrnić

University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering, Kraljice Marije 16, 11000 Belgrade, Serbia
e-mail: [nznrc@mas.bg.ac.rs](mailto:nzrnic@mas.bg.ac.rs)

Abstract. Intermodal transportation, with the options of integrating multiple modes, provides a flexible response to the changing supply chain management requirements in global markets and distribution systems. The container has substantially contributed to the adoption and diffusion of intermodal transportation, which has led to profound changes in the transport sector. In real-life situations, decision makers often have to deal with conflicting objectives. During the transport of goods, one of the most important criteria emerge customer requirements for minimization of transportation costs, while others are oriented to faster delivery. In view of rising environmental concerns of greenhouse gas emissions, shipping lines must also consider cutting down their carbon footprints in their strategic and tactical planning. In this paper was analyzed evaluation of Pareto solutions from single to multi-object optimization in container transport networks observing transportation cost, transit time and CO₂ emissions. The findings presented in this paper indicate that the optimization performed by use of single, bi-objective and multi-objective evolutionary algorithm is a viable approach that may help managers responsible for a company policy-making to improve their business performance by following constant market changes and making reliable comparisons.

Keywords: Intermodal transportation, Optimization, Pareto solution

1. Introduction

In the process of globalization, containerization is continuing to make a vital contribution to the rapidly growing international trade. It provides shippers with safe, easy and relatively cheap access to international markets in any part of the world through a highly integrated, efficient network of trunk routes and feeder services utilizing transshipment opportunities. The sustained growth of container trade has been accompanied by the globalization of container shipping market.

One of the most frequent fields of the observations in the container transport is optimization of container flows. Various multi-objective evolutionary algorithms have been developed to efficiently solve these optimization problems. Therefore, different researchers have defined the term "solving a multi-objective optimization problem" in various ways. Solving a multi-objective optimization problem is sometimes understood as approximating or computing all or a representative set of Pareto optimal solutions¹².

When decision making is emphasized, the objective of solving a multi-objective

¹Ehrgott, 2005

²Carlos et al., 2007

optimization problem is referred to supporting a decision maker in finding the most preferred Pareto optimal solution according to subjective preferences³⁴.

Cho et al.⁵ presented a dynamic programming algorithm and draw Pareto optimal solutions that can simultaneously meet two objective functions (cost and time) by applying the Label Setting algorithm, a type of Dynamic Programming algorithms, after setting the feasible area. Iniestra and Argueta⁶ developed a bi-criteria model considering cost and travel time, to identify the intermodal transport chain to supply automotive parts from USA to Mexico considering TW and congestion on the transfer nodes.

In this paper is proposed single, bi and multi-objective decision-making model to solve the problem of container transport from shippers loading port to the final place of delivery. Different combinations of considered criteria are shown in the corresponding 2D model of developed Pareto optimal solutions. Evaluating from single to multi-objective optimization it was developed optimal route for container transport.

The remaining part of the paper is organized as follows: Section 2 explains problem description and mathematical model; Section 3 reports and analyzes the results and illustrates how the model could be used. Finally, Section 4 is focused on conclusions.

2. Problem description

We consider an intermodal transportation chain which based on the import-way and composed by two legs. The first leg represents maritime transfers from origin port to gateway ports (port of discharge) using different operators. The second leg of the chain represents the inland component of the distribution, in which containers are routed from gateways to final destination, by different mode of transportation (road, rail and barge). The network is composed by three categories of

nodes: origin port (port of loading), gateway ports (ports of discharge), destination (place of delivery), and two categories of links, maritime and inland.

The developed mathematical model is related to multi-objective optimization, minimizing transportation cost, transit time and CO₂ emission.

2.1. Mathematical model

The model formulation and corresponding explanations are given as follows:

N - set of nodes, let $N = S \cup E \cup B$, where S stands for origin port, E stands for gateway ports and B stands for place of delivery

A - set of arcs connecting an origin to a gateway (first-leg arcs)

C - set of arcs connecting gateways to place of delivery (second-leg arcs)

t_{ij} - binary cost variable representing containers flow on first-leg arc, operator " i " to gateway " j ", $t_{ij} \in \{0,1\}$

l_{jk} - binary cost variable representing containers flow on second-leg arc, gateway " j ", mode of transport " k ", $l_{jk} \in \{0,1\}$

tt_{ij} - binary time variable representing containers flow on first-leg arc, operator " i " to gateway " j ", $tt_{ij} \in \{0,1\}$

tl_{jk} - binary time variable representing containers flow on second-leg arc, gateway " j ", mode of transport " k ", $tl_{jk} \in \{0,1\}$

d_{ijs} - binary CO₂ emission variable representing container flow on first-leg arc, operator " i " to gateway " j " by service " s ", $d_{ijs} \in \{0,1\}$

g_{jk} - binary CO₂ emission variable representing container flow on second-leg arc, gateway " j ", mode of transport " k ", $g_{jk} \in \{0,1\}$

i - number of operators, $i \in \{1, \dots, 6\}$

j - number of port, $j \in \{1, \dots, 5\}$

s - type of services, $s \in \{1, \dots, 3\}$

k - mode of transport, $k \in \{1, \dots, 3\}$

TSE_{ijs} - transit time on first-leg arcs (expressed in days)

³Miettinen, 1999

⁴Branke et al., 2008

⁵Cho et al., 2012

⁶Iniestra and Argueta, 2010

TEB_{jk} - transit time on second-leg arcs (expressed in days)

CSE_{ij} - transportation cost on first-leg arcs (expressed in \$)

CPC_{ij} - port cost (expressed in €)

CEB_{jk} - transportation cost on second-leg arcs (expressed in €)

CO₂SE_{ijs} - CO₂ emissions on first-leg arcs (expressed in kg/TEU)

CO₂EB_{jk} - CO₂ emissions on second-leg arcs (expressed in kg/TEU)

Objective functions:

Minimize Cost =

$$\sum_{(i,j) \in A} ((CSE_{ij} + CPC_{ij}) * t_{ij}) + \sum_{(j,k) \in C} (CEB_{jk} * l_{kj}) \quad (1)$$

Minimize Time =

$$\sum_{(i,j) \in A} \sum_s (TSE_{ijs} * tt_{ijs}) + \sum_{(j,k) \in C} (TEB_{jk} * tl_{jk}) \quad (2)$$

Minimize CO₂ emission =

$$\sum_{(i,j) \in A} \sum_s (CO_2SE_{ijs} * d_{ijs}) + \sum_{(j,k) \in C} (CO_2EB_{jk} * g_{jk}) \quad (3)$$

Constraints:

$$\sum_{(i,j) \in A} t_{ij} = 1 \quad (4)$$

$$\sum_{(j,k) \in C} l_{jk} = 1 \quad (5)$$

$$\sum_{(i,j) \in A} t_{ij} = \sum_{(j,k) \in C} l_{jk}, \forall j \quad (6)$$

$$\sum_{(i,j) \in A} \sum_s tt_{ijs} = 1 \quad (7)$$

$$\sum_{(j,k) \in C} tl_{jk} = 1 \quad (8)$$

$$\sum_{i,s} tt_{ijs} = \sum_k tl_{jk}, \forall j \quad (9)$$

$$\sum_{(i,j) \in A} \sum_s d_{ijs} = 1 \quad (10)$$

$$\sum_{(j,k) \in C} g_{jk} = 1 \quad (11)$$

$$\sum_{i,s} d_{ijs} = \sum_k g_{jk}, \forall j \quad (12)$$

The objective function (1) minimizes total cost of container import flow through the transport network. The objective function (2) minimizes total transit time of container import from origin to final place of delivery. The objective function (3) minimizes total CO₂ emissions in transport network. Constraints (4) and (5) define a single best solution for cost from a group of ordered pairs on the maritime and inland part. Constraint (6) selects the same port for the first and second leg-arc and defines one route from origin to place of delivery regarding transportation cost. Constraint (7) defines a single best solution for transit time on the ocean and depends of different type of service. Constraint (8) gives a single best solution for transit time on the second leg-arc. Constraint (9) selects the same port for the first and second leg-arc and represents one route from origin to place of delivery regarding transit time. Constraint (10) defines a single best solution for CO₂ emission on the ocean and depends of different type of service. Constraint (11) gives a single best solution for CO₂ emission on the second leg-arc. Constraint (12) represents one route from origin to place of delivery regarding CO₂ emission.

3. Results

The results present evaluation from single to multi-objective optimization using Pareto optimal solution. As a case study it is analyzed container flows from Shanghai to Belgrade. Table 1, 2 and 3 represent optimal solutions based on minimization per one objective.

Operator	MSC
Port of discharge	Rijeka
Mode of transport	Rail
Optimal rate TEU	1639 EUR

Table 1. Cost optimization

Operator	COSCO
Port of discharge	Thessaloniki
Mode of transport	Truck

Optimal time	28 days
---------------------	---------

Table 2. Time optimization

Operator	MSK
Port of discharge	Constanza
Mode of transport	Barge
Optimal CO₂ emission	1406 kgCO ₂ /TEU

Table 3. CO₂ emission optimization

2D and 3D Pareto optimal solutions are presented in Fig.1 using different combinations of observed criteria. The model was programmed in MATLAB and simulations were performed on the Intel Core i7-3612 QM 2.1 GHz computer.

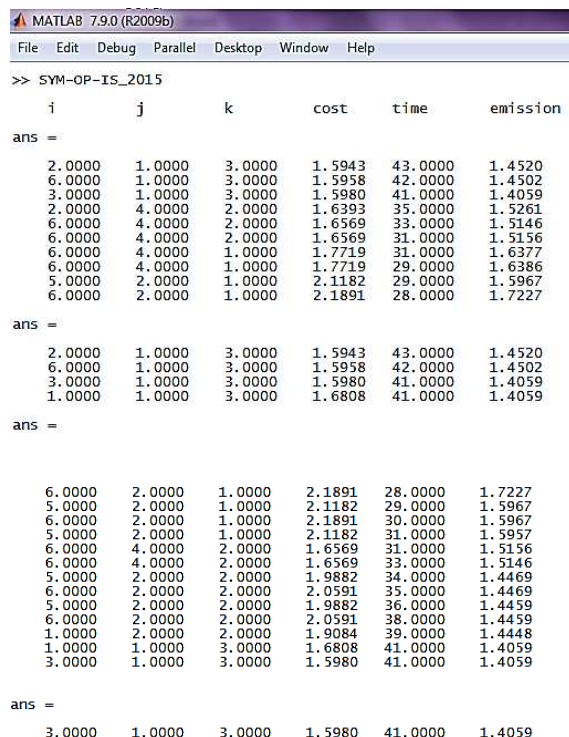


Figure1. Simulation results

The optimal transportation cost, transit time and CO₂ emissions in intermodal transport between Shanghai and Belgrade using Pareto optimization are 1598 EUR/TEU, 41 days and 1405,9 kg CO₂/TEU. The operator CMA-CGM using BEX/FEMEX1 westbound service from Shanghai on the first-leg arc reaches to the gateway port, Constanta port, and continues on the second-leg arc with barge to the final destination Belgrade.

4. Conclusion

In this paper was analyzed the supply chain network with primary focus on import of containers from Shanghai to Belgrade through Mediterranean ports, observing the six world's largest container operators with their different type of ocean services and three different inland transport modes.

The main goal of this research is to provide an optimal route with shortest transit time, lowest transportation cost and minimal CO₂ emission of container import using Pareto optimization.

The operator CMA-CGM using BEX/FEMEX1 westbound service from Shanghai on the first-leg arc reaches to the gateway port, Constanta port, and continues on the second-leg arc with barge to the final destination Belgrade.

Findings of this paper is a viable approach that can help managers who made a policy of the company, in order to improve their businesses following the constant changes in the market and making reliable comparisons.

Acknowledgements. R.Rajkovic is supported by Project TP - 36027, financed by the Ministry of Education Science and Technological Development, Republic of Serbia.

References

- [1] **J. H. Cho, H. S. Kim, H. R. Choi.** An intermodal transport network planning algorithm using dynamic programming--A case study: from Busan to Rotterdam in intermodal freight routing. *Journal Applied Intelligence*, 2012, 36 (3), 529–541.
- [2] **J. G. Iniestra, C. M. Argueta.** Pareto Frontier Construction for a bi-criteria intermodal transport problem with Time Windows and Congestion on the Modal Change for the automotive parts importation: A study case on Mexico. In: *Proceedings of the 2010 Industrial Engineering Research Conference*, 2010, 1–6.
- [3] **M. Ehrgott.** *Multicriteria Optimization*, Birkhäuser, 2012.
- [4] **A. C. C. Carlos, B. L. Gary, D. A. V. Veldhuisen.** *Evolutionary Algorithms for Solving Multi-Objective Problems*, Springer, 2012.
- [5] **Kaisa Miettinen.** *Nonlinear Multiobjective Optimization*, Springer 2012.
- [6] **J. Branke, K. Deb, K. Miettinen, R. Slowinski.** *Multiobjective Optimization: Interactive and Evolutionary Approaches*. Springer 2012.

Generalization of Hypercylindrical Function

Dusko Letic, Ivana Berkovic, Biljana Radulović, Dragica Radosav

University of Novi Sad, Technical Faculty M. Pupin, Zrenjanin, Serbia

dletic@open.telekom.rs, berki@sbb.rs, biljana.radulovic66@gmail.com, radosav@tfzr.uns.ac.rs

Abstract - In this paper are presented the results of theoretical researches of hypercylinder function on the basis of generalization of two known functions referring to hypercylinder $S(k,r)$ and hypervolume $V(k,r)$ of the hypercylinder and conjectured recurrent relation between them. In view of two introduced freedom degrees k and n is performed the generalization of these functions, so we have got a special continual function, i.e. a generalized hypercylinder function.

Key word: Hypercylindrical function, Special function

I. CYLINDRICAL AND HYPERCYLINDRICAL OBJECTS

1.1 AN INTRODUCTION OF CYLINDRICAL OBJECTS

Cylindrical bodies are known from the beginning of civilization. In the ancient Greece, China, Egypt and in the other places of its development, was thoroughly studied the cylinder phenomena. The greatest architect, nature, from times immemorial directed its geometry to cylindrical objects. Innumerable dendroid retain these characteristics from the most primitive evolutionary development to this day Archimedes (287 - 212 BC) studied with the exact – geometrical methods sphere and cylinder, noticing special regularities existing between them. From the standpoints of geometry and topology cylinder is a geometrical body whose characteristics are well-known. The cylinder axis can be inclined at some angle in relation to bases. Its height can differentiate from diameter. Such cylinder is the most common. Cylinder is normal if its basis and axis line are vertical one to another. Then its cross section on this line is of rectangular form, while the orthogonal section (concurrence) is in the circle form. Those are simultaneously also two key projections of cylinder, and they are not any more mutually identical as with cube (only squares) or balls (only circles).

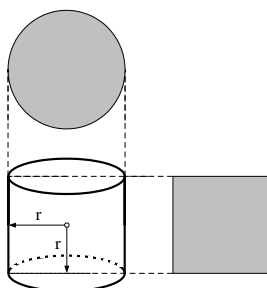


Fig. 1 Vertical cylinder of the equal height and diameter with two non-identical projections (right).

If we analyze the special case when the cylinder height is equal to diameter (Fig. 1), with differentiating solid-cylinder (of full object) on radius, we obtain surf-cylindrical objects (surface cylinder). In that case six

framed geometrical cylinder entities are certainly mutually dependent (Fig. 2). This recurrence on the basis of the derivatives of the functions connected to cylinders can be the key connection for defining general hypercylindrical function. Characteristics cylinder entities accessible to the sensory perception with the column solid-cylinder (right) and surf-cylinder (left), are systematized in the next figure.

II. SUPPOSITIONS CONNECTED TO THE HYPERCYLINDRICAL FUNCTIONS

The hypercylinder function is a hypothetical function connected to multidimensional space. It belongs to the group of special functions, so its testing is preformed in view of the known functions of the gamma (Γ) type, psi (ψ_0), beta (B), and the like. The most significant value of this function is its generalizing from discretion to continuum. In addition, we can from the field of natural integer values of dimensions (freedom degrees k and n), pass analytically on the set of real and non – integer values, and so there concur as well the conditions for its graphic interpretation and more concise multigeometrical analysis. To the development of the theory of hypercylindrical, hyperspherical, hypercubic and other H -functions, have contributed: Gohara and J. Nishikawa [2], Gwak, Lee B-H. and Lee W. [4], Hinton [5], Hocking and Young [6], Lee and Kim [7], Manning [11], Maunder [15], Neville [16], Rucker [17], Sommerville [19], Sun and Bowman [20], Young [21], Letic and Davidovic [9] and the others. Today the researches of the hypercylindrical function are represented both in Euclid's and Riemann's geometry (molecular dynamics, neural networks, hypercylindrical black holes and the like). The functions of the hypergeometrical objects are hypothetical functions connected with multidimensional geometry. In this part is performed the generalizing of the cylinder function in so – called hypercylinder as an unique form, and after that we can through matrix present special cases that make the family of hypercylindrical function. Hypercylinder, in other words the multidimensional cylinder, presents the generalizing of the three-dimensional cylinder that is defined on the basis of the three dimensions X,Y,Z . In the case when the dimension is $k = 3$, this cylinder may be surface (surf) or cubic (solid), while $k > 3$ is multidimensional cylinder. This shorter analysis is not enough to explain the definition of the hypercylindrical object, taking into consideration that the information about it are considered from many aspects, as well with e.g. hypersphere or hypercube. That what mathematicians have exactly defined, is presented through formulas for even and odd dimensions (with the help of the freedom degree k). Naturally these dimensions are discrete and integer, because they are defined by factorial functions.

Their generalizing is based on the gamma function characteristic that overcomes discretions between dimensions evenness and oddness, and simultaneously makes continuum between them, so that the dimensions do not have to have the value of only the natural numbers.

1.3 The surface and cube hypercylindrical functions

Theoretically are already defined the hypercylindrical functions and they refer to the hypercylindrical surface (surf) and hypercylindrical volume (solid) [22, 13]. So, there are:

Table 1

Dimensions (freedom degree)	Volume hypercylinder
Even dimensions	$V_{2b} = \frac{2^{2b} \pi^{b-1} b! r^{2b-1}}{(2b)!} h$
Odd dimensions	$V_{2b+1} = \frac{\pi^b r^{2b}}{b!} h$
General dimensions	$V_k = \frac{\sqrt{\pi^{k-1}} r^{k-1}}{\Gamma((k+1)/2)} h$

Where $\Gamma(z)$ is – the gamma function. When we analyse a special, simpler hypercylinder case, where its height is equal to diameter ($h = 2r$), then the previous formulae for the hypercylinder surface and hypercylinder volume, respectively give as it is in the table Table 2, respectively Table 3:

2. THE HYPERCYLINDRICAL FUNCTION OF THE NTH FREEDOM DEGREE

2.1 THE HYPERCYLINDRICAL FUNCTION WITH ONE FREEDOM DEGREE

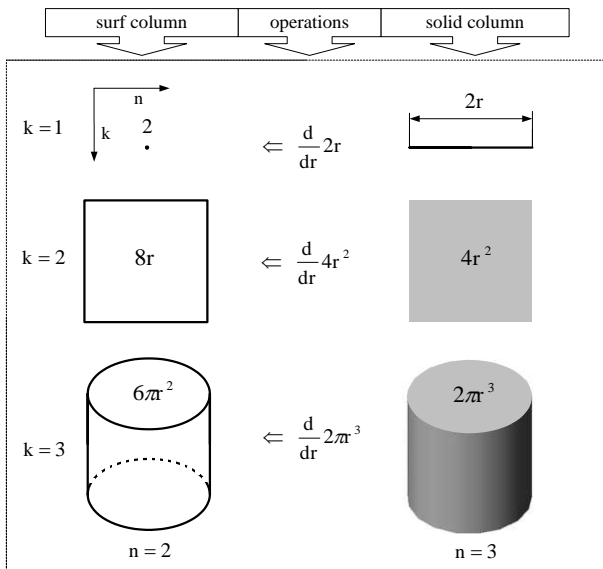


Figure 2 Moving through the real surfaces vector (left): subtracting one freedom degree k from the surface cylinder, we obtain the square size, and for two (freedom degrees), the number 2. Motion through the real solids vector (right): subtracting one freedom degree k from the full cylinder, we get the full square, and for two (freedom degrees), the line segment-diameter

Table 2

Hypercylindrical surface ($h = 2r$)	Continual form
Even dimensions	$S_{2b} = \frac{2^{2b+1} \pi^{b-1} r^{2b-1} \Gamma(b+1)}{\Gamma(2b)}$
Odd dimensions	$S_{2b+1} = \frac{2(1+2b)\pi^b r^{2b}}{\Gamma(b+1)}$
General dimensions	$S_k = \frac{2k\sqrt{\pi^{k-1}} r^{k-1}}{\Gamma((k+1)/2)}$

Table 3

Hypercylindrical volume ($h = 2r$)	Continual form
Even dimensions	$V_{2b} = \frac{2^{2b+1} \pi^{b-1} r^{2b} \Gamma(b+1)}{\Gamma(2b+1)}$
Odd dimensions	$V_{2b+1} = \frac{2\pi^b r^{2b+1}}{\Gamma(b+1)}$
General dimensions	$V_k = \frac{2\sqrt{\pi^{k-1}} r^k}{\Gamma((k+1)/2)}$

The expressions for hypersurface $S_k = \frac{2k\sqrt{\pi^{k-1}} r^{k-1}}{\Gamma((k+1)/2)}$ and

hyper volume $V_k = \frac{2\sqrt{\pi^{k-1}} r^k}{\Gamma((k+1)/2)}$ present the key basis for

making an unique form of the hypercylindrical function. The basis for that is one essential characteristic of the previous formulas, and it is that with the derivative of the hyper volume function on radius, we get the hypersurface function, provided that $h = 2r$. The similar property is also characteristic for the hypersphere [24], [13], and on the assumption as well for the hypercube [12], [13]. Obviously that the hypercylinder surface for the radius r is now presented in the form:

$$S(k,r) = \frac{\partial}{\partial r} V(k,r) = \frac{\partial}{\partial r} \frac{2\sqrt{\pi^{k-1}} r^k}{\Gamma\left(\frac{k+1}{2}\right)} = \frac{2k\sqrt{\pi^{k-1}} r^{k-1}}{\Gamma\left(\frac{k+1}{2}\right)} \quad (2.1)$$

With some generalizings these expressions can generate the family of hypercylindrical functions, and their development would be preformed on “horizontal” dimensions or freedom degrees with the mark n , where is $n \in \mathbb{N}$. In the frame of every “horizontal” freedom degree n exists also “vertical” or orthogonal freedom degree k (Fig. 2).

III. GENERAL FORM OF THE HYPERCYLINDRICAL FUNCTION

The function $V(k,r)$ will be further designated with $HY(k,3,r)$ (Hypercylinder), where k - dimension is in the frame of 3rd freedom degree ($n=3$), and r hypercylinder radius. The general mark would be now presented with the function of three arguments, in the form $HY(k,n,r)$. With the hypercylinder of 3rd freedom degree, there is, as at stake, as it is noted, the volume. While with the hypercylinder of 2nd freedom degree is at stake the surface to which suits the function $HY(k,2,r)$. Well, in view of previous there are:

$$HY(k,3,r) = V(k,r) \quad \text{and} \quad HY(k,2,r) = S(k,r) \quad (2.2)$$

Passing on the higher function than the reference one - e.g. surface one, is done by integrating, so that the previous functional equation $HY(k,3,r)$ can be presented in the following form:

$$HY(k,3,r) = \int_0^r HY(k,2,r) dr = \frac{2\sqrt{\pi^{k-1}} r^k}{\Gamma\left(\frac{k+1}{2}\right)} \quad (2.3)$$

Freedom degree is here conditionally defined and presents the level of hypercylindrical entity dimensions. So, in the first freedom degree ($n = 1$) is covered only length entity. In the second there is the surface one, and in the third is the volume entity. Higher freedom degrees are covered from 4th, 5th to the n^{th} degree. These concepts are precisely defined in topology and geometry, and in this paper are specially treated. For 4th horizontal freedom degree follows the hypercylindrical function of the form

$$HY(k,4,r) = \int_0^r HY(k,3,r) dr = \int_0^r \int_0^r HY(k,2,r) dr dr = \frac{2\sqrt{\pi^{k-1}} r^{k+1}}{(k+1)\Gamma\left(\frac{k+1}{2}\right)} \quad (2.4)$$

For 5th freedom degree, it is equal:

$$HY(k,5,r) = \int_0^r HY(k,4,r) dr = \dots \int_0^r \int_0^r \int_0^r HY(k,2,r) dr dr dr = \frac{2\sqrt{\pi^{k-1}} r^{k+2}}{(k+1)(k+2)\Gamma\left(\frac{k+1}{2}\right)} \quad (2.5)$$

Where is e.g. $HY(k,2,r)$ the hypercylindrical function of the second freedom degree. The integration procedure to higher freedom degrees would lead to the n^{th} hypercylindrical function and general value of the placed integral. This is also the way that in view of the recurrent relation we shall perform its generalization in the form

$$HY(k,n,r) = \int_0^r HY(k,n-1,r) dr \quad (2.6)$$

This result can be obtained in many equivalent ways, so that the final or generalized form of the hypercylindrical function is followed. Consequently:

Definition 2.1. The generalized hypercylindrical function is defined by equality ($r \in \mathbb{N}$).

$$HY(k,n,r) = \frac{2\sqrt{\pi^{k-1}} r^{k+n-3} \Gamma(k+1)}{\Gamma(k+n-2)\Gamma\left(\frac{k+1}{2}\right)} \quad (2.7)$$

where $\Gamma(z)$ is the gamma function. Definition is not valid for all $k, n \in \mathfrak{R}$, as the Γ function is not defined for negative integers and 0. Or with the equivalent form:

$$HY(k,n,r) = \frac{2^{k+1} \sqrt{\pi^{k-2}} r^{k+n-3}}{\Gamma(k+n-2)} \Gamma\left(\frac{k}{2} + 1\right) \quad (2.8)$$

Concluding about general value of this integral is helped with the fact that:

$$\frac{k}{\prod_{i=0}^{n-3} (k+i)} = \frac{1}{(k+1)(k+2) \dots (k+n-3)} = \frac{\Gamma(k+1)}{\Gamma(k+n-2)} = \frac{k}{(k)^{(k-2)}} \quad (2.9)$$

The previous functional equation can be presented as well with so-called Pochhammer's symbols $(a)^{(k)} = \frac{\Gamma(a+x)}{\Gamma(a)}$

established on the quotient of the gamma function [1]. At the some time with the derivatives on the radius r , we can as well perform "motions" to the lower freedom degrees, starting from the n^{th} one, in view of the recurrent relations of the type:

$$\frac{\partial}{\partial r} HY(k,n,r) = HY(k,n-1,r) \quad \frac{\partial^n}{\partial r^n} HY(k,n,r) = HY(k,0,r) \quad (2.10)$$

The example of the derivation right shows that is achieved the first ($n = 1$) freedom degree, and that is two levels under hyper volume, and one under the hypersurface and it matches to hypersize of the hypercylinder.

Table 4

Function	Freedom Degrees	Name
$HY(k,3,r)$	$k < 3$	Hypocylindrical solids
	$k = 3$	Cylindrical solid
	$k > 3$	Hypercylindrical solids

The column vector in Fig.4 refers to the hypercylindrical solids. HY solid with the freedom degree $k = n = 3$ refers to the cylindrical solid. In this column for $k < 3$ each primitive is named hypercylindrical solid. For $k > 3$ ($k \in \mathbb{Z}$) these objects are hypercylindrical objects. Well, the first hypercylindrical solid is square (or disk, in projections), while the another one is radius or line segment. Formally, they are solids (volumes) with reduced one, in other words two freedom degrees k . Specially for the integer values, these objects are named primitives. The similar partition refers as well to the freedom degree $n = 2$, that refers to the surface cylindrical objects (left column).

IV. 3. THE MATRIX FORM OF THE HYPERCYLINDRICAL FUNCTION

V. THE SUBMATRIX OF THE HYPERCYLINDRICAL FUNCTIONS

Taking into consideration that the hypercylindrical function is two-dimensional (leaving reserve to the radius r , as the third dimension), and that its values change depending on the freedom degrees numbers n and k ($k = 0, 1, 2, 3, \dots$ and $n = 0, 1, 2, 3, \dots$), it is assumed that these functions can be in the discrete form presented with the following matrix $M_{k \times n}$. For example for two

adjoining columns of this matrix $[M]^{<n-1>} = \frac{\partial}{\partial r} [M]^{<n>}$

follows the relation

$$[M]^{<n-1>} = \frac{\partial}{\partial r} \begin{bmatrix} \frac{2r^{n-3}}{\pi\Gamma(n-2)} \\ \frac{2r^{n-2}}{\Gamma(n-1)} \\ \frac{8r^{n-1}}{\Gamma(n)} \\ \frac{12\pi^{n-1}}{\Gamma(n+1)} \\ \vdots \\ \frac{2\sqrt{\pi^{k-1}}r^{k+n-3}\Gamma(k+1)}{\Gamma(k+n-2)\Gamma\left(\frac{k+1}{2}\right)} \\ \frac{2\sqrt{\pi^{k-1}}r^{k+n-4}\Gamma(k+1)}{\Gamma(k+n-3)\Gamma\left(\frac{k+1}{2}\right)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{2r^{n-4}}{\pi\Gamma(n-3)} \\ \frac{2r^{n-3}}{\Gamma(n-2)} \\ \frac{8r^{n-2}}{\Gamma(n-1)} \\ \frac{12\pi^{n-1}}{\Gamma(n)} \\ \vdots \\ \frac{2\sqrt{\pi^{k-1}}r^{k+n-4}\Gamma(k+1)}{\Gamma(k+n-3)\Gamma\left(\frac{k+1}{2}\right)} \end{bmatrix} \quad (3.2)$$

Interesting results can be obtained in view of horizontal (n) or vertical (k) freedom degrees. So, for example it follows that

$$\frac{2k\sqrt{\pi^{k-1}}r^{k-1}}{\Gamma\left(\frac{k+1}{2}\right)} \Big|_{k=3} \vee \frac{8r^n}{\Gamma(n)} \Big|_{n=2} \vee \frac{2\sqrt{\pi^{k-1}}r^{k+n-3}\Gamma(k+1)}{\Gamma(k+n-2)\Gamma\left(\frac{k+1}{2}\right)} \Big|_{k=3, n=2} \Rightarrow 6\pi^2 \quad (3.3)$$

or volume level:

$$\frac{2\sqrt{\pi^{k-1}}r^k}{\Gamma\left(\frac{k+1}{2}\right)} \Big|_{k=3} \vee \frac{12\pi^n}{\Gamma(n+1)} \Big|_{n=3} \vee \frac{2\sqrt{\pi^{k-1}}r^{k+n-3}\Gamma(k+1)}{\Gamma(k+n-2)\Gamma\left(\frac{k+1}{2}\right)} \Big|_{k=3, n=3} \Rightarrow 2\pi^3 \quad (3.4)$$

Thus this property is interesting because it can lead to the same result in view of two special formulae, or using only one, general. On the basis of the general formula (1.7) and the matrix $M_{k \times n}$ ($k, n \in \mathbb{N}$) (2.6) follow concrete values for the selected submatrix 11x12 ($k = -4, -3, \dots, 4$; $n = -1, 0, 1, \dots, 7$).

VI. THE HYPERCYLINDRICAL FUNCTION GRADIENT

Gradient can be defined for the hypercylindrical function, taking into consideration its differentiability. As this function contains the independent variables: k, n and r, follows the solution of the gradient functions $\nabla_{k,n,r}$ in the vector form:

$$\nabla_{k,n,r} \{HY(k,n,r)\} = \begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial k} HY(k,n,r) \\ \frac{\partial}{\partial n} HY(k,n,r) \\ \frac{\partial}{\partial r} HY(k,n,r) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \ln 2r\sqrt{\pi} + \frac{1}{2}\psi_0\left(\frac{k}{2}+1\right) - \psi_0(k+n-2) \\ \ln r - \psi_0(k+n-2) \\ \frac{1}{r}(k+n-3) \end{bmatrix} \quad (3.5)$$

This function has special meaning with establishing the extreme of the contour HY functions.

$$M[HY]_{k \times n} = \quad (3.6)$$

	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	$\frac{n}{k}$
1260	$\frac{1260}{\pi^3 r^8}$	$-\frac{180}{\pi^3 r^7}$	$\frac{30}{\pi^3 r^6}$	$-\frac{6}{\pi^3 r^5}$	$\frac{3}{2\pi^3 r^4}$	$-\frac{1}{2\pi^3 r^3}$	$\frac{1}{4\pi^3 r^2}$	$-\frac{1}{4\pi^3 r}$	undef.	-4
0	0	0	0	0	0	0	0	$-\frac{1}{2\pi^2}$	$-\frac{r}{2\pi^2}$	-3
$-\frac{120}{\pi^2 r^6}$	$-\frac{120}{\pi^2 r^6}$	$\frac{24}{\pi^2 r^5}$	$-\frac{6}{\pi^2 r^4}$	$\frac{2}{\pi^2 r^3}$	$-\frac{1}{\pi^2 r^2}$	$\frac{1}{\pi^2 r}$	undef.	undef.	undef.	-2
0	0	0	0	0	0	$\frac{1}{\pi}$	$\frac{r}{2\pi}$	$\frac{r^2}{2\pi}$	$\frac{r^3}{6\pi}$	-1
0	0	0	0	$\frac{2}{\pi}$	$\frac{2r}{\pi}$	$\frac{r^2}{\pi}$	$\frac{r^3}{3\pi}$	$\frac{r^4}{12\pi}$	$\frac{r^5}{60\pi}$	0
0	0	0	2	2r	r^2	$\frac{r^3}{3}$	$\frac{r^4}{12}$	$\frac{r^5}{60}$	$\frac{r^6}{360}$	1
0	0	8	8r	4r ²	$\frac{4r^3}{3}$	$\frac{r^4}{3}$	$\frac{r^5}{15}$	$\frac{r^6}{90}$	$\frac{r^7}{630}$	2
0	12π	12π	6π ²	2π ³	$\frac{\pi^4}{2}$	$\frac{\pi^5}{10}$	$\frac{\pi^6}{60}$	$\frac{\pi^7}{420}$	$\frac{\pi^8}{630}$	3
64π	64π	32π ²	$\frac{32\pi^3}{3}$	$\frac{8\pi^4}{3}$	$\frac{8\pi^5}{15}$	$\frac{4\pi^6}{45}$	$\frac{4\pi^7}{315}$	$\frac{4\pi^8}{630}$	$\frac{\pi^8}{630}$	4

Figure 3 The submatrix $HY(k,n,r)$ of the function that covers one area of real freedom degrees ($k, n \in \mathbb{Z}$). Noticeable are as well coordinates of six characteristics cylindrical functions (undef. are undefined, most often singular values $\pm \infty$, while 0 are zeros of this function)

VII. THE SURFACE GRAPHICS OF THE HYPERCYLINDRICAL FUNCTION

The graphic of $HY(k,n,r)$ function can be presented for the field of real numbers, including both freedom degrees, and adopting radius as a parameter. Graphic generating is performed with the program package Mathematica. In the domain $k, n \in \mathbb{N}$ and with the unit radius, the function is convergent. In the other three quadrants of the coordinate system, the oscillations are characteristic, the appearance of zeros and function singularities $HY(k,n,1)$ (Fig. 5), so it is demanding for analytical testing. The same characteristics are as well noticeable on the presented matrix (Fig. 3).

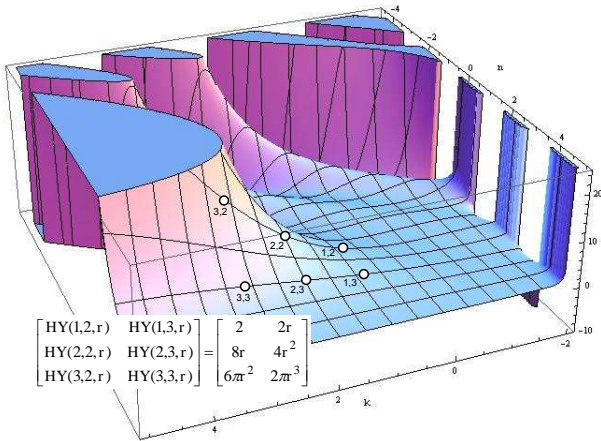


Figure 4 3D hypercylindrical function for the unit radius $HY(-2 \leq k \leq 5, -9/2 \leq n \leq 5, 1)$ and the coordinates of the real cylindric entities ($k, n \in \mathfrak{R}$)

VIII. CONCLUSION

Hypercylinders present one part of the multigeometrical objects. Researching the hypercylindrical functions, there are at stake the next extensions: of continual dimensions that include noninteger values, of zeroth dimensions, of domain dimensions less than zero, consequently the area of complex freedom degrees and the like. Theoretically they exist, and the generalization achieved with this work refers to the generality in phenomena which we can find in multidimensional geometry and topology. In any case the matrix of complex dimensions demands special structuring and deeper mathematical analysis. In the introduction was stated that sphere is the most symmetric geometric body. Some more bodies have such characteristic, but not in full. Namely, cube is symmetrical on orthogonal coordinates and in that case it is because of orthogonal retained the property that its functions derivatives of solid-entities (on half axis) make surf-entity functions (4.1 - right).

$$\text{sphere: } \frac{d}{dr} \begin{bmatrix} 2r \\ \pi r^2 \\ \frac{4}{3} r^3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 \\ 2\pi r \\ 4r^2 \end{bmatrix}, \quad \text{cube: } \frac{d}{dr} \begin{bmatrix} 2r \\ 4r^2 \\ 8r^3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 \\ 8r \\ 24r^2 \end{bmatrix} \quad (4.1)$$

cylinder symmetrically is twofold and is not more unambiguous on all coordinate axes as with sphere. These properties are the essential suppositions for defining the recurrent relations that would give the connections among functions of some entities and on columns, in other words, series of hypercylindrical matrix. The considered analysis of the multidimensional space and formulas of this geometry leads to the conclusion of its complexity and the connections with the special functions and the other mathematical areas.

IX. REFERENCES

- [1] M. Abramowitz,.: Handbook of mathematical functions with formulas, graphs, and mathematical tables, 9th printing. New York: Dover, 1972.
- [2] K. Gohara and J. Nishikawa, From hybrid dynamical systems point of view, *Artificial Life and Robotics*, Volume 7, Number 4 / December, pp: 189-192, 2004.
- [3] R. Gregory and R. Laflamme, Hypercylindrical black holes, *Phys. Rev. D* 37, 305–308, 1988.
- [4] B. Gwak, B-H. Lee and W. Lee, Geodesic Properties and Orbits in 5-dimensional Hypercylindrical Spacetime, *General Relativity and Quantum Cosmology*, arXiv:0806.4320v2 [gr-qc], 2008.
- [5] H. C. Hinton, *The Fourth Dimension*, Pomeroy, WA: Health Research, 1993.
- [6] G. J. Hocking and. S. G. Young, *Topology*, New York: Dover, 1988.
- [7] J. Lee and H-C. Kim, Stationary vacuum hyper-cylindrical solution in 4+ 1 dimensions, *Mod.Phys.Lett. A*22:2439-2452, 2007.
- [8] D. Letic and N. Cakic, Srinivasa Ramanujan, *The Prince of Numbers*, Computer Library, (ISBN 976-86-7310-452-2), Belgrade, 2010.
- [9] D. Letic, B. Davidović, *The Dimensional Fluxes of the Hypercylindrical Function*, Abstract and Applied Analysis, Accepted March 2011, *Journal Hindawi*, pages 19, 2011.
- [10] D. Letic, B. Davidović, I. Berković and T. Petrov, *Mathcad 13 in mathematics and visualization*, (ISBN 978-86-7310-398-3), Computer Library, Belgrade, 2007.
- [11] H. P. Manning, *Geometry of Four Dimensions*, ISBN-13: 9781445582917, ISBN-10: 1445582910, Phillips Press, pp. 364, April 2010.
- [12] D. Letic, N. Cakic, B. Davidović, I. Berković, E. Desnica, *Some Certain Properties of the Generalized Hypercubical Functions*, *Advances in Difference Equations*, Accepted December 2011. *Journal Hindawi*, Springer, pages 14, 2012.
- [13] D. Letic, B. Davidović, I. Berković, B. Radulović, D. Radosav, *Three Archimedes' Bodies*, (Scientific Monograph), University of Novi Sad, Technical faculty "M. Pupin", Zrenjanin, 2012.
- [14] M. Marx and Y. Venema, *Multi-Dimensional Modal Logic*, *Applied Logic Series 4*, Kluwer Academic Publishers, 1997.
- [15] F. R. C. Maunder, *Algebraic Topology*, New York: Dover, 1997.
- [16] H. E. Neville, *The Fourth Dimension*, Cambridge, England: Cambridge University Press, 1921.
- [17] R. Von B Rucker, *The Fourth Dimension: A Guided Tour of the Higher Universes*, Boston, MA: Houghton Mifflin, 1984.
- [18] A.V. Ryabov, Constant pressure molecular dynamics on a hypercylinder, *Phys. Rev. E. Stat. Nonlin. Soft. Matter. Phys.* 2001 Aug;64(2 Pt 2): 026112. Epub, Jul 19. 2001.
- [19] Y. M. D. Sommerville, *An Introduction To The Geometry of n Dimensions*, New York: Dover, p. 136, 1958.
- [20] Q. Sun and J. M. Bowman, Diatom-diatom reactive scattering in hypercylindrical, *International Journal of Quantum Chemistry*, Volume 36 Issue S23, p: 115-126, 2009.
- [21] R. D. Young, Hypercylindrically Deduced Cuts in Zero-One Integer Programs, *JSTOR: Operations Research*, Vol. 19 No. 6, pp. 1393-1405, Oct., 1971.
- [22] <http://functions.wolfram.com/Constants/Khinchin/introductions/ClassicalConstants/01.html>
- [23] <http://mathworld.wolfram.com/Ball.html>.

Aproksimacija modifikovane tabele kontingencije Džordanovom dekompozicijom: izbor poželjne kombinacije radnih dana za održavanje konsultacija sa studentima

Lazar Čolić

Ekonomski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Kamenička 6

lazar@ekof.bg.ac.rs

Marina Petrović

Ekonomski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Kamenička 6

marinap@ekof.bg.ac.rs

Apstrakt

U ovom radu predstavljamo metodologiju formiranja perceptivnih mapa korišćenjem aproksimacije modifikovane matrice kontingencije Džordanovom dekompozicijom. Na osnovu podataka iz pitanja sa višestrukim odgovorima formiramo modifikovanu matricu kontingencije. Razlaganjem matrice kontingencije primenom dekompozicije singularne vrednosti, analogno pristupu kod glavnih komponenti i korespondencione analize, dobijamo perceptivnu mapu koja objašnjava prirodu veze između kategorija pitanja sa višestrukim odgovorima. Prethodno navedena metodologija se primenjuje nad podacima dobijenim u empirijskom istraživanju sprovedenom nad studentima Ekonomskog fakulteta u Beogradu koji su 2014. godine slušali predmet Istraživanje tržišta. Između ostalog, studenti su imali zadatak da zaokruže tačno dva radna dana u nedelji kada im najviše odgovara da dolaze na konsultacije iz Istraživanja tržišta. Na ovaj način pokazali smo da opisana metodologija može imati jako značajnu ulogu u eksplorativnom istraživanju tržišta konkurentskih proizvoda, ali i u drugim oblastima.

Ključne reči: glavne komponente, Džordanova dekompozicija, korespondenciona analiza

1. Uvod

Problem analize podataka dobijenih na osnovu pitanja sa višestrukim odgovorima u poslednjih desetak godina postaje sve aktuelniji. Većina istraživača je pokušala da butstrap metodom ili prilagođavanjem hi-kvadrat testa prevaziđe ovaj problem [1]. Prilagođenim hi-kvadrat testom se prevazilaze problemi utvrđivanja postojanja veze između varijabli, ali se ne analizira priroda veze između kategorija ukrštenih promenljivih. Metodologija koju predstavljamo u ovom radu upravo analizira prirodu veze između kategorija promenljivih sa višestrukim odgovorima. U nastavku je prikazana pomenuta metodologija i njena

primena na empirijskim podacima. Na kraju rada dat je zaključak o oblasti u kojoj se ova metodologija može primeniti.

2. Metodologija

U ovom delu na sisematski način predstavljamo nov pristup analize promenljivih sa višestrukim odgovorima kroz razlaganje tabele kontingencije (odnosno matrice) primenom dekompozicije singularne vrednosti analogno pristupu kod glavnih komponenti i korespondencione analize.

2.1 Analiza glavnih komponenti

Glavne komponente predstavljaju linearne kombinacije opserviranih slučajnih

promenljivih u analizi. Koeficijenti linearnih kombinacija se računaju tako da se obuhvati što je moguće više informacija (odnosno varijabilnosti) iz originalnih podataka. Kada se odrede koeficijenti linearne kombinacije prve glavne komponente onda se postupak ponavlja tako što se formira nova glavna komponenta uz ograničenje nekorelisanosti sa prethodnom glavnom komponentom. Tako prva glavna komponenta objašnjava najveći deo varijabiliteta originalnih slučajnih promenljivih u poređenju sa ostalim glavnim komponentama, uz uslov ortogonalnosti na sledeću glavnu komponentu. Varijabilitet koji objašnjava druga glavna komponenta je manji od prve i ortogonalna je na narednu glavnu komponentu itd. Najviše se može formirati onoliko glavnih komponenti koliko ima originalnih slučajnih promenljivih.

Drugi pristup glavnim komponentama jeste da ih možemo posmatrati kao slučajne promenljive koje mogu u manjem broju od broja originalnih promenljivih da aproksimiraju kovarijacionu matricu originalnog skupa slučajnih promenljivih. [2] Prema ovom pristupu glavne komponente izvodimo korišćenjem Džordanove dekompozicije matrice kao specijalan slučaj dekompozicije singularne vrednosti. [3] U nastavku ćemo bez dokaza definisati Džordanovu dekompoziciju matrice, a zatim iskoristiti pokazanu dekompoziciju u izvođenju glavnih komponenti. Svaka simetrična matrica \mathbf{M} ($p \times p$) se može predstaviti kao

$$\mathbf{M} = \mathbf{Q}\mathbf{K}\mathbf{Q}' \quad (1)$$

gde je sa \mathbf{K} označena dijagonalna matrica sa karakterističnim vrednostima od \mathbf{M} , $\mathbf{K} = \text{diag}(\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_{p-1}, \gamma_p)$ i gde je \mathbf{Q} ortogonalna matrica sa odgovarajućim karakterističnim vektorima, $\mathbf{Q} = (\mathbf{q}_1, \mathbf{q}_2, \dots, \mathbf{q}_{p-1}, \mathbf{q}_p)$.

Sledi primena Džordanove dekompozicije kod izvođenja glavnih komponenti.

Neka je \mathbf{X} n -dimenzioni slučajni vektor sa elementima x_1, x_2, \dots, x_n . Kovarijaciona matrica od \mathbf{X} je označena sa Σ . Glavne komponente predstavljaju linearnu kombinaciju elemenata slučajnog vektora \mathbf{X} . Označimo i -tu glavnu komponentu sa $Y_i = \alpha_{i1}x_1 + \alpha_{i2}x_2 + \dots + \alpha_{in}x_n$ ili u matičnom obliku $\alpha_i'\mathbf{X}$. Slučajan vektor svih glavnih komponenti obeležićemo sa \mathbf{Y} . Ako sa \mathbf{L} označimo kovarijacionu matricu vektora glavnih komponenti \mathbf{Y} i sa \mathbf{P} matricu gde kolone čine karakteristični vektori od Σ onda na osnovu relacije (1) važi sledeće:

$$\Sigma = \mathbf{P}\mathbf{L}\mathbf{P}' \text{ ili } \mathbf{P}'\Sigma\mathbf{P} = \mathbf{L} \quad (2)$$

Iz (2) sledi da preko matične relacije $\mathbf{P}'\mathbf{X} = \mathbf{Y}$ dobijamo glavne komponente sa kovarijacionom matricom $E(\mathbf{Y}\mathbf{Y}') = E(\mathbf{P}'\mathbf{X}\mathbf{X}'\mathbf{P}) = \mathbf{P}'\Sigma\mathbf{P} = \mathbf{L}$ gde smo sa \mathbf{L} označili dijagonalnu matricu sa karakterističnim vrednostima na dijagonalni u opadajućem redosledu.

Ako relaciju (2) izrazimo u razvijenom obliku dobijamo

$$\begin{aligned} \Sigma &= \mathbf{P}\mathbf{L}\mathbf{P}' = \\ & [\alpha_1 \alpha_2 \dots \alpha_n] \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \lambda_2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \lambda_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \alpha'_1 \\ \alpha'_2 \\ \vdots \\ \alpha'_n \end{bmatrix} \\ &= \lambda_1 \alpha_1 \alpha'_1 + \lambda_2 \alpha_2 \alpha'_2 + \lambda_3 \alpha_3 \alpha'_3 + \dots + \lambda_n \alpha_n \alpha'_n \end{aligned}$$

Iz prethodne relacije vidimo da je doprinos glavne komponente Y_i kovarijacionoj matrici Σ dat matricom $\lambda_i \alpha_i \alpha'_i$ za $i = 1, 2, \dots, n$ tako da bi sa prvih p glavnih komponenti imali aproksimaciju kovarijacione matrice originalnih varijabli datu sa:

$$\sum_{i=1}^p \lambda_i \alpha_i \alpha'_i \approx \Sigma$$

Postoje više načina za određivanje optimalnog broja zadržanih glavnih komponenti i svi se zasnivaju na karakterističnim vrednostima [4].

¹ Ovdje koristimo osobinu ortogonalne matrice \mathbf{Q} gde važi $\mathbf{Q}' = \mathbf{Q}^{-1}$ iz čega sledi da je $\mathbf{Q}\mathbf{Q}' = \mathbf{Q}'\mathbf{Q} = \mathbf{I}$.

2.2 Korespondenciona analiza

Glavna svrha korespondencione analize ogleda se u tome da na što jednostavniji način prikažemo prirodu veze između dve varijable. Postoji velika sličnost između korespondencione analize sa analizom glavnih komponentata. Obe analize nastoje da putem redukcije dimenzija opišu na što jednostavniji način vezu između posmatranih varijabli. Ipak, analiza glavnih komponentata je rezervisana za metričke varijable dok se korespondenciona, pre svega, primenjuje na kategorijskim varijablama (ali je takođe moguće sprovesti analizu i na metričkim varijablama).

2.3 Tabela kontingencije promenljivih sa višestrukim odgovorima

Promenljivu sa višestrukim odgovorima možemo prikazati u tabeli kontingencije tako što će i po redovima i po kolonama biti date kategorije iste promenljive. U takvoj tabeli kontingencije vrednosti na glavnoj dijagonali predstavljaju frekvencije ispitanika koji su odabrali datu kategoriju, a frekvencije van glavne dijagonale predstavljaju uslovne frekvencije. Ova matrica predstavlja polaznu tačku u korespondencionoju analizi, ali za razliku od korespondencione analize gde analiziramo prirodu veze između dve varijable sada nam je cilj da analiziramo kategorije jedne varijable sa višestrukim odgovorima. Na sličan način kao i kod analize glavnih komponentata vršimo dekompoziciju matrice (kod glavnih komponentata se vrši dekompozicija kovarijacione matrice) kako bi se preko (poželjno) dvodimenzionalnog dijagrama na što verodostojniji način opisale informacije sadržane u tabeli kontingencije. Kako kod glavnih komponentata obično dekomponujemo korelacionu matricu tako i ovde moramo da standardizujemo matricu kontingencije. To činimo putem sledeće formule:

$$a'_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{a_{ii}} \sqrt{a_{jj}}} \quad (4)$$

gde je a'_{ij} standardizovan element u i-tom redu i j-toj koloni, dok je a_{ij}

nestandardizovani element u i-tom redu i j-toj koloni tabele kontingencije promenljive sa višestrukim odgovorima. Na ovaj način dobijamo matricu čiji su dijagonalni elementi jedinice, dok su ostali elementi simetrični u odnosu na glavnu dijagonalu. Primenom Džordanove dekompozicije možemo aproksimirati dobijenu matricu u npr. dve dimenzije.

3. Empirijska analiza

U empirijskom delu sprovodimo analizu koja primenjuje metodologiju objašnjenu u prethodnom delu. Sprovedeno je istraživanje sa ciljem da se utvrdi kojim danima studentima najviše odgovara da se održavaju konsultacije. Uzorak je obuhvatio studente koji su došli na vežbe na dan uzorkovanja, njih 61. Iako uzorak nije slučajna daja nam jasnu sliku o upotrebnosti vrednosti objašnjene metodologije. Studenti su od pet radnih dana u nedelji trebali da izaberu dane (u ovom slučaju tačno dva dana) kojima žele da imaju konsultacije iz predmeta Istraživanje tržišta na Ekonomskom fakultetu u Beogradu. Jasno je da u praktičnim istraživanjima dani mogu biti zamenjeni konkurentskim proizvodima ili kategorijama, a ispitanici mogu birati nekoliko od ponuđenih proizvoda. U Tabeli 1. prikazan je raspored frekvencija varijable sa višestrukim odgovorima gde je u trećoj koloni data procentualna struktura odgovora po danima u nedelji, dok je u četvrtoj koloni data procentualna struktura ispitanika. Na osnovu podataka iz ovakve tabele može se zaključiti da od 61 ispitivanog studenta njih 55,7% želi prijem četvrtkom u kombinaciji sa nekim drugim danom, a od 122 odgovora četvrtak se pojavljuje u 27,9% slučajeva. Analizom strukture odgovora moguće je zaključiti da su četvrtak i sredo dani koji su najčešće navedeni kao poželjni dani za konsultacije. Prethodno međutim ne mora da znači da je to najpoželjnija kombinacija.

	N	Procenat odgovora	Procenat ispitanika
ponedeljak	23	18,9%	37,7%
utorak	20	16,4%	32,8%
sreda	27	22,1%	44,3%
četvrtak	34	27,9%	55,7%
petak	18	14,8%	29,5%
Ukupno	122	100,0%	200,0%

Tabela 1. Raspored frekvencija višetrukkih odgovora

Ukrštanjem varijable sa višestrukim odgovorima sa samom sobom dobijamo Tabelu 2.

	pon	uto	sre	čet	pet
pon	23	0	12	4	7
uto	0	20	4	16	0
sre	12	4	27	7	4
čet	4	16	7	34	7
pet	7	0	4	7	18

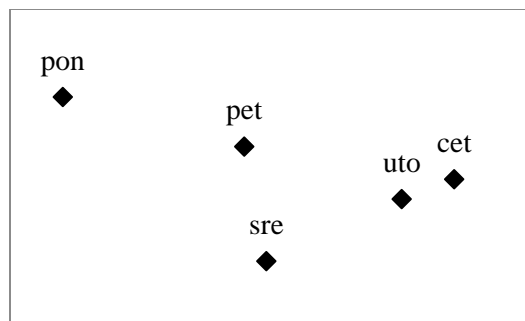
Tabela 2. Unakrsna tabela višetrukkih odgovora

Standardizovanjem Tabele 2. prema formuli (4) dobijamo standardizovanu matricu prikazanu u Tabeli 3.

	pon	uto	sre	čet	pet
pon	1,00	0,00	0,48	0,14	0,34
uto	0,00	1,00	0,17	0,61	0,00
sre	0,48	0,17	1,00	0,23	0,18
čet	0,14	0,61	0,23	1,00	0,28
pet	0,34	0,00	0,18	0,28	1,00

Tabela 3. Standardizovana unakrsna tabela višetrukkih odgovora

Primenom Džordanove dekompozicije na standardizovanu matricu vršimo aproksimaciju na osnovu koje formiramo glavne komponente. Zadržavanjem prve dve komponente možemo na dvodimenzionalnom dijagramu (čije dimenzije su upravo ove dve komponente) da prikazemo bliskost pojedinih kategorija promenljive. Drugim rečima, možemo dobiti perceptivnu mapu prirode veze između poželjnih radnih dana za održavanje konsultacija koja je data na Grafikonu 1.



Grafik 1. Perceptivna mapa

Sa Grafikonu 1. imamo uvid u preferencije studenata na koji način su birali omiljene dane za konsultacije. Npr. vidimo da ukoliko nekom odgovara utorak kao dan za konsultacije, verovatno mu i četvrtak odgovara. Isto tako vidimo da ako nekom odgovara četvrtak, najverovatnije mu ne odgovara ponedeljak.

4. Zaključak

Primena metodologije koja je objašnjena u ovom radu može imati veliku upotrebu u istraživanju tržišta konkurentskih proizvoda. Naime, primenom ove metodologije na varijable sa višestrukim odgovorima tipa „Zaokružite proizvode/brendove koje koristite...“ može se steći bolji uvid u prirodu veze između navedenih proizvoda/brendova i to upravo analizom dobijene perceptivne mape proizvoda.

Bibliografija

- [5] **K. M. Lavassani, B. Movahedi, V. Kumar.** Developments in Analysis of Multiple Response Survey Data in Categorical Data Analysis: The Case of Enterprise System Implementation in Large North American Firms, *Journal of Applied Quantitative Methods*, 2008., Vol. 4, No.1, 45-53.
- [6] **Z. Kovačić.** Multivarijaciona analiza. Ekonomski fakultet, Univerzitet u Beogradu, 1994.
- [7] **W. K. Hardle, L. Simar.** An applied Multivariate Statistical Analysis. Springer, Berlin-Heidelberg, 2011.
- [8] **R. A. Johnson, D. W. Wichern.** Applied Multivariate Statistical Analysis. Pearson Prentice Hall, 2007.
- [9] **T. W. Anderson.** an Introduction to Multivariate Statistical Analysis. Wiley, New Jersey, 2003.

Applications of the finite state automata for counting compositions

Vladimir Baltić

e-mail: baltic@matf.bg.ac.rs

Abstract. In this paper we will use the finite state automata to count the number of compositions (ordered partitions) with some constrains. We will describe corresponding automaton and illustrate it through the examples.

Keywords: compositions, exact enumeration, finite state automata, recurrences.

1. Introduction

For the beginning, we will recall the concept of composition, as well as the finite state automaton.

Definition 1. Denote by $[m]$ the set of first m natural numbers, i.e. $[m] = \{1, 2, \dots, m\}$.

Definition 2. A composition of the integer n into m summands is any solution $x = (x_1, x_2, \dots, x_m)$ of the equation $x_1 + x_2 + \dots + x_m = n$ with integer $x_i \geq 1, i \in [m]$.

Sometimes compositions in the literature called ordered partitions (in composition the order of the summands counts, and in partition it does not!). We will deal with the compositions in which the number of summands is not important, but that they are all from a fixed subset S of the set $[k]$.

More about compositions can be found in [?].

Definition 3. A finite state automaton M consists of five parts:

1. a finite set (alphabet) T of inputs;
2. a finite set S of (internal) states;
3. a subset Y of S (whose elements are called final, accepting or "yes" states);
4. an initial state (or start state) s_0 in S ;
5. a next-state function F from $S \times T$ into S .

Such an automaton M is denoted by:

$$M = (T, S, Y, s_0, F).$$

Definition 4. A state is said to be *accessible* state if it can be reached from the start state. A state $s \in S$ is called *sink state* if $F(s, x) = s$ for all $x \in T$.

Definition 5. The nondeterministic finite automaton is a variant of finite automaton with the following characteristic:

zero or more than one possible value may exist for state transition (in the deterministic finite automaton, the next possible state is uniquely determined).

More about finite state automata can be found in [?]. More about applications of the finite state automata in combinatorics can be found in [?] and [?].

2. Main results

For compositions with all summands from the set $[k]$, we construct a finite state automaton able to recognize and enumerate them.

Theorem 1. *The set of the internal states S consists of the states denoted by the numbers $0, 1, 2, \dots, k-1$ and one more sink state, denoted by Q , corresponding to impossible state.*

The alphabet T is given by:

$$T = \{-1, 1, 2, 3, \dots, k\}.$$

There is only one "yes" state $-Y = \{0\}$.

The start state is the same as the only one "yes" state, $s_0 = 0$.

The next-state function, for $x \in T$ and $s \in S$, is defined by:

- $F(s, x) = s + x - 1$ if $s = s_0 = 0$ and $x > 0$;
- $F(s, x) = s - 1$ if $s \neq s_0 = 0$ and $x = -1$;
- $F(s, x) = Q$ otherwise.

The finite state automaton $M = (T, S, Y, s_0, F)$ recognizes only the compositions with the summands from the set $[k]$.

Proof. First two next-state function lead to conclusion that after each $x > 0$ will be followed by exactly $x - 1$ elements -1 . Together they correspond to the summand x in the composition.

Only one "yes" state, $s_0 = 0$, ensures that all summands are fully generated.

Alphabet $T = \{-1, 1, 2, 3, \dots, k\}$ with previous conclusions provides that the summands in the composition are just from the set $[k]$. \square

We will illustrate the previous theorem in the following example.

Example 1. *We construct a finite state automaton able to recognize compositions with the summands from the set $[3] = \{1, 2, 3\}$ and after that we will enumerate them.*

Solution. Alphabet is $T = \{-1, 1, 2, 3\}$.
 Internal states are $S = \{0, 1, 2, Q\}$.
 The initial state and the only one "yes" state is $s_0 = 0$.
 The next-state function $F(s, x)$ is presented by Table 1.

inputs x	states s			
	0	1	2	Q
-1	Q	0	1	Q
1	0	Q	Q	Q
2	1	Q	Q	Q
3	2	Q	Q	Q

Table 1. The next-state function $F(s, x)$.

The automaton M can be shown using its state diagram, shown in Figure 1.

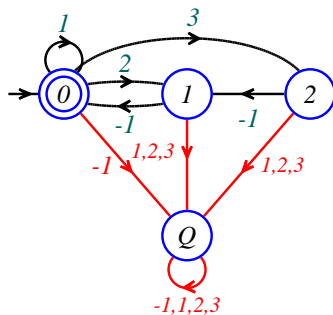


Figure 1. The automaton M

For more clarity, we can omit edges leading to sink state Q and the state Q - leading to a new automaton M_2 . In fact, M_2 is nondeterministic automaton (there is zero possible values for some state transition). It is presented in Figure 2.

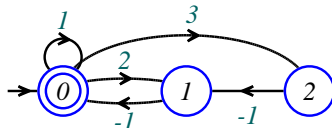


Figure 2. The automaton M_2

From the state diagrams of automata M and M_2 , we can get a system of the recurrence equations. Notice, once more, that the number of the compositions of n with summands from the set $[3] = \{1, 2, 3\}$, denoted by a_n , is equal to the number of the closed walks of length n from vertex 0 to vertex 0. Denote by b_n (c_n) the number of the closed walks of length n from vertex 1 (2) to vertex 0. The next-state function $f(s, x)$ given in Table 1 translates directly into the system of recurrences.

$$a_{n+1} = a_n + b_n + c_n, \quad (1)$$

$$b_{n+1} = a_n, \quad (2)$$

$$c_{n+1} = b_n. \quad (3)$$

with initial conditions $a_0 = 1, b_0 = c_0 = 0$.

From the equation (2) we find $b_n = a_{n-1}$. Putting that into the equation (3) gives $c_n = a_{n-2}$. That leads us to homogeneous linear recurrence equation with constant coefficients:

$$a_{n+1} = a_n + a_{n-2} + a_{n-3},$$

with initial conditions $a_0 = 1, a_1 = 1$ and $a_2 = 2$.

This is a Tribonacci sequence (A000073 from The On-Line Encyclopedia of Integer Sequences, [?]) shifted for 2 places. More about Tribonacci sequence can be found in [?, pages 144-146]. \triangle

Previous result can be generalized as follows. Consider a finite state automaton that recognizes compositions with the summands from the set $[r + 1] = \{1, 2, \dots, r, r + 1\}$. Digraph corresponding to the non-deterministic automaton M_2 (in which reverse the orientation of each edge) is isomorphic to the digraph $G = D(S)$ corresponding to the system of recurrence equations in Example 9 from [?] (it is presented in Figure 3.).

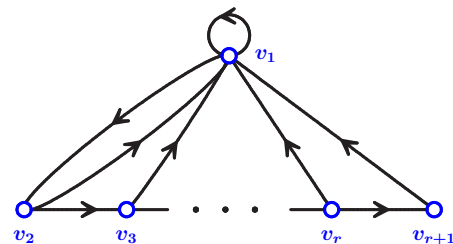


Figure 3. The digraph $G = D(S)$

The foregoing observations lead to the following statement.

Theorem 2. The number of compositions of n into elements of the set $[r + 1] = \{1, 2, \dots, r, r + 1\}$ is equal to the number of permutations of the set $[n]$ satisfying the conditions $-1 \leq p(i) - i \leq r$. \square

Example 2. We illustrate previous theorem for $n = 4$ and $r = 2$.

Solution. There are $a_4 = 7$ compositions of $n = 4$ into elements of the set $[r + 1] = \{1, 2, 3\}$ and there are also 7 permutations of the set $[n] = \{1, 2, 3, 4\}$ satisfying the conditions $-1 \leq p(i) - i \leq r = 2$.

Such compositions are

- 1 + 1 + 1 + 1
- 1 + 1 + 2
- 1 + 2 + 1
- 2 + 1 + 1
- 1 + 3
- 2 + 2
- 3 + 1

and corresponding permutations are

- 1234
- 1243
- 1324
- 2134
- 1423
- 2143
- 3124.

△

3. Conclusion

Previous exposure can be generalized to the compositions with summands from an arbitrary subset P of the set $[k]$. Proofs will be omitted, because they are analogous to the previous one.

Definition 6. Denote by $S - \alpha$ the set of numbers from S decreased by α , i.e. $S - \alpha = \{s - \alpha \mid s \in S\}$.

Theorem 3. The set of the internal states S consists of the states denoted by the numbers from $P - 1$ and one more sink state, denoted by Q , corresponding to impossible state.

The alphabet T is given by:

$$T = \{-1\} \cup P.$$

There is only one "yes" state $-Y = \{0\}$.

The start state is the same as the only one "yes" state, $s_0 = 0$.

The next-state function, for $x \in T$ and $s \in S$, is defined by:

- $F(s, x) = s + x - 1$ if $s = s_0 = 0$ and $x > 0$;
- $F(s, x) = s - 1$ if $s \neq s_0 = 0$ and $x = -1$;
- $F(s, x) = Q$ otherwise.

The finite state automaton $M = (T, S, Y, s_0, F)$ recognizes only the compositions with the summands from the set P . □

Theorem 4. The number of compositions of n into elements of the finite set P is equal to the number of permutations of the set \mathbb{N}_n satisfying the conditions $-1 \leq p(i) - i \leq r$ and $p(i) - i \notin I$, where

$I = \{0, 1, \dots, r - 1, r\} \setminus (P - 1)$ and r is the largest element of P decreased by 1. □

Example 3. We construct a finite state automaton able to recognize compositions with the summands from the set $P = \{1, 3, 4\}$ and after that we will enumerate them.

Solution. The nondeterministic automaton M_3 can be shown using its state diagram, shown in Figure ??.

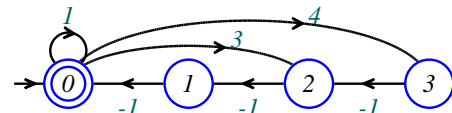


Figure 4. The automaton M_3

From this automaton M_3 we can derive the system of linear recurrence equations, which when solved gives a linear recurrence equation $a_n = a_{n-1} + a_{n-3} + a_{n-4}$, with initial conditions $a_0 = 1, a_1 = 1, a_2 = 1, a_3 = 2$ and the corresponding generating function $A(z) = \frac{1}{1 - z - z^3 - z^4}$.

This is the sequence A006498 in [?].

For $n = 5$ there are $a_5 = 6$ compositions of $n = 5$ into elements of the set $S = \{1, 3, 4\}$ and there are also 6 permutations of the set $[n] = \{1, 2, 3, 4, 5\}$ satisfying the conditions $-1 \leq p(i) - i \leq r = 3$ and $p(i) - i \notin \{2\}$, i.e. $p(i) - i \in \{-1, 0, 1, 3\}$.

Such compositions are

- 1 + 1 + 1 + 1 + 1
- 1 + 1 + 3
- 1 + 3 + 1
- 1 + 4
- 3 + 1 + 1
- 4 + 1

and corresponding permutations are

- 12345
- 12543
- 14235
- 15234
- 31245
- 41235.

△

The finite state automata are powerful tool for generating some combinatorial structures. Tracing the generation, it leads us to the system of recurrence equations.

With some modifications in the finite state automata we can handle with the partitions, but leave it for the next lecture.

References

- [1] **V. Baltić.** On the Number of Certain Types of Strongly Restricted Permutations. *Applicable Analysis and Discrete Mathematics*, 2010, Vol. 4, No 1, 119-135.
- [2] **V. Baltić.** Applications of the finite state automata in the enumerative combinatorics. *In: Proceedings of XXXVI Symposium on Operational Research*, Ivanjica, 2009, pp. 155-158.
- [3] **V. Baltić, M. Saković.** The counting of even and odd restricted permutations with the finite state automata. *In: Proceedings of XXXIX Symposium on Operational Research*, Tara, 2012, pp. 217-220.
- [4] **D. Stevanović, V. Baltić, S. Simić, M. Ćirić.** Diskretna matematika (in serbian). *DMS, Beograd*, 2008.
- [5] **M. Čangalović, V. Manojlović, V. Baltić.** Diskretne matematičke strukture (in serbian). *FON, Beograd*, 2014.
- [6] The On-Line Encyclopedia of Integer Sequences, <http://oeis.org/>

A new procedure for generating good approximations to the non-dominated sets of bi-objective linear fractional programming problems

Bogdana Stanojević

*Mathematical Institute of the Serbian Academy of Sciences and Arts, Kneza Mihaila 36, 11001 Belgrade, Serbia,
e-mail: bgdnpop@mi.sanu.ac.rs*

Milan Stanojević

*Faculty of Organizational Sciences, University of Belgrade, Jove Ilića 154, 11000 Belgrade, Serbia
e-mail: milans@fon.bg.ac.rs*

Abstract. The main contribution of this paper is the procedure that constructs a good approximation to the non-dominated set of the bi-objective linear fractional programming problem using the solutions to certain linear optimization problems. In our approach we propose a way to generate a discrete set of feasible solutions that are further used as starting points in any procedure for deriving efficient solutions. The efficient solutions are mapped into non-dominated points that form a 0th order approximation of the Pareto front.

We report the computational results obtained by solving random generated instances, and show that the approximations obtained by running our procedure are better than those obtained by running other procedures suggested in the recent literature. We evaluated the quality of each obtained approximation using classic metrics.

Keywords: bi-objective optimization, linear fractional programming, efficient solutions, non-dominated points, 0th order approximation, Pareto front

1. Introduction

In [?], Ruzika and Wiecek emphasized the need of finding an approximate efficient set or an approximate non-dominated set to multiple objective problems, especially when an exact description is not available, or the decision maker is not interested to obtain the complete solution set due to overflow of information. They also presented a survey of the approximation methods in multiple objective programming, proposed a classification scheme for reviewing and comparing diverse approaches, and included a discussion on the quality measures for approximations.

In 2013, Pereyra et al. [?] described an approach for constructing an equispaced Pareto front for constrained bi-objective optimization. In 2012, Ehrgott et al. [?] presented a dual variant of Benson's "outer approximation algorithm" for multiple objective linear programming, thus making the multiple objective optimization problems and the approaches for estimating the non-dominated sets of such problems actual again. Recently, in [?] and [?], two apparently different iterative procedures for finding efficient solutions to the MOLFP were presented.

In Section 3 we present a new approach for constructing a 0th order approximation of the non-dominated set for the bi-objective linear fractional

programming (BOLFP) problems. We call our new approach "the convex combination of efficient solutions" (CCES) due to the generation of new starting points from the convex combinations of two efficient solutions already generated. We use the metrics introduced in [?] for evaluating the quality of the approximation we obtain.

Our computational results, including the evaluations of the quality of the approximations for random generated instances, are reported in Section 4.

2. Basic notation and terminology

2.1. Problem's formulation

The MOLFP problem is defined as follows:

$$\text{"max"}_{x \in X} \left\{ \frac{N_1(x)}{D_1(x)}, \dots, \frac{N_p(x)}{D_p(x)} \right\} \quad (1)$$

where $X = \{x \in R^n | Ax \leq b, x \geq 0\}$ is a convex and bounded set, A is an $m \times n$ constraint matrix. x is an n -dimensional vector of decision variables and $b \in R^m$, $N_i(x) = c_i^T x + \alpha_i$, $D_i(x) = d_i^T x + \beta_i$, $\forall i = 1, \dots, p$, $c_i, d_i \in R^n$, $\alpha_i, \beta_i \in R$, $\forall i = 1, \dots, p$, $d_i^T x + \beta_i > 0$, $\forall i = 1, \dots, p$, $\forall x \in X$, and $p \geq 2$.

The notation $z_i(x) = \frac{N_i(x)}{D_i(x)}$, $i = 1, \dots, p$ is also used through the paper. We follow [?] in assuming that $c_i^T x + \alpha_i > 0$, $\forall i = 1, \dots, p$, $\forall x \in X$. The term

“max” being used in Problem (1) is for finding all efficient solutions in a maximization sense. The set of all efficient solutions is called efficient set. The image of the efficient set through the objective functions is called non-dominated set. The non-dominated set of the bi-objective optimization problem is called Pareto front.

The classic idea for solving the MOLFP problems is to weighting the objective functions and to solve a parametric single-objective optimization problem. For BOLFP problems, the use of weighting method means to solve Problem (2)

$$\max_{x \in X} w_1 \frac{N_1(x)}{D_1(x)} + w_2 \frac{N_2(x)}{D_2(x)}, \quad (2)$$

where $w_1, w_2 \in R_+$. This method can be used either in an a priori context, i.e. one efficient solution is desired and w_1 and w_2 are chosen according to the relative importance of the criteria; or in an a posteriori context, i.e. all extreme points that are efficient solutions to Problem (1) are desired and they are obtained as solutions to Problem (2) for different values of the parameters w_1 and w_2 . The objective function in (2) is not linear fractional anymore, thus it is hard to solve Problem (2) directly, even for fixed values of the parameters w_1 and w_2 .

Several approaches for generating an efficient solution to the MOLFP problem can be found in literature. Two of them, introduced in [?] (let us call it “deviational variables approach” (DVA)) and [?] (let us call it “parametric approach” (PA)), are essential to our work. A draft overview of the metrics used for measuring the quality of the approximation of the non-dominated set is given in Section 2.2.

The approach from [?] – “the convex combination of the marginal solutions” (CCMS) – promoted the idea of using the feasible solutions that are convex combination of marginal solutions as starting points in DVA. The authors used the weights that represent the coefficients of the relative importance of the objective functions as weights in constructing the convex combination. The approach from [?] – “the random generation” (RG) – recommended to partition the feasible set in a certain number of rectangles, and then, from each partition, to select randomly a starting point for PA. Then, the generated efficient solutions form the approximation.

2.2. Measures of approximation

In this section we draftly present the metrics introduced in [?] for measuring the quality of the approximation of the non-dominated set of MOLFP problems. We restrict our attention to the BOLFP

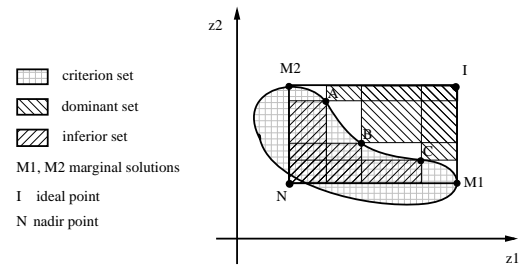


Figure 1. Overview of the specified terminology

problems where both objectives have to be maximized. We define all metrics according to the ideal point and nadir point.

Let us denote by P_{gen} the set of the generated non-dominated points. The surface inferior to a given point is the rectangle defined by the given point and the nadir point of the problem. The inferior set of a set of given points is the union of the inferior sets of the given points. The dominant set of a given point is the rectangle defined by the given point and the ideal point; and the dominant set of a set of given points is the union of the dominant sets of the given points, see Figure 1. In this figure the set of the generated efficient solutions is $P_{gen} = \{M1, M2, A, B, C\}$, and the inferior and dominant sets of P_{gen} are distinctly shaded.

The **hyper-area difference** of P_{gen} (denoted by $HD(P_{gen})$) is the difference between the area of the inferior set of the ideal point and the area of the inferior set of P_{gen} . An approximation P_{gen}^1 is considered better than P_{gen}^2 if and only if $HD(P_{gen}^1) < HD(P_{gen}^2)$.

The **Pareto spread** of an approximation refers to the ranges of the objective functions and ranges covered by the solutions in the approximation. The Pareto spread of P_{gen} with respect to the i^{th} objective function, $i = 1, 2$, is defined as

$$OS_i(P_{gen}) = \frac{\bar{z}_{max}^i - \bar{z}_{min}^i}{z_{max}^i - z_{min}^i}.$$

The overall Pareto spread of P_{gen} is defined as

$$OS(P_{gen}) = OS_1(P_{gen}) \cdot OS_2(P_{gen}).$$

P_{gen}^1 is considered better than P_{gen}^2 if and only if $OS(P_{gen}^1) > OS(P_{gen}^2)$.

For measuring the **accuracy** of an approximation P_{gen} the so called frontier approximation of P_{gen} (denoted by $AP(P_{gen})$) is involved. $AP(P_{gen})$ is defined as the area of the region bounded by the inferior and the dominant sets of P_{gen} . The accuracy of an

approximation is defined as

$$AC(P_{gen}) = \frac{1}{AP(P_{gen})}.$$

P_{gen} is as accurate as $AP(P_{gen})$ is closer to zero, and as $AC(P_{gen})$ is closer to infinity.

The **number of distinct choices** provided by an approximation is related to a parameter μ used for establishing whether two different non-dominated points are distinct or not from the point of view of the Decision Maker. Partitioning the criterion space by a grid of size μ , and counting the rectangles of the grid that have non-empty intersection with P_{gen} , the number of distinct choices $NDC_\mu(P_{gen})$ is obtained. We use two parameters, μ_1 and μ_2 , such that the ranges of both objectives are split in the same number of sub-intervals (v), i.e.

$$\mu_i = \frac{z_{max}^i - z_{min}^i}{v}, i = 1, 2. \quad (3)$$

Comparing two approximations, the better is the one that has greater number of distinct choices.

The ratio between the cardinality of P_{gen} and the number of distinct choices defines another metric, the **cluster** CL_μ . Thus the cluster is defined as

$$CL_\mu(P_{gen}) = \frac{|P_{gen}|}{NDC_\mu(P_{gen})}.$$

Comparing two approximations, the better is the one that is less clustered, i.e it has smaller value for the metric cluster.

3. The CCES method

Our aim is to generate $2^k + 1$ efficient solutions to Problem (1) that together approximate the efficient set. Let us denote by E_{gen} the set of the generated efficient solutions.

Our approach is based on “divide et impera” principle. In the beginning we insert the two efficient marginal solutions M_1 and M_2 in E_{gen} . Then we use the midpoint of the line segment that connects the marginal solutions as the starting point in DVA, generate a new efficient solution e_1 , and insert it in E_{gen} . In this way we split the initial problem of finding $2^k - 1$ efficient solutions between M_1 and M_2 in two sub-problems: one of finding $2^{k-1} - 1$ efficient solutions between M_1 and e_1 , and another one of finding $2^{k-1} - 1$ efficient solutions between e_1 and M_2 . Further, we recursively break down each problem into two sub-problems of the same type, until k comes to 0, and the corresponding sub-problems are

simply solved by adding one more efficient solution to E_{gen} .

The formalized recursive procedure for generating the approximation of the efficient set is presented in Algorithm 1. The input values of the function called *recursion()* are: e_1 and e_2 – the efficient solutions between which $2^k - 1$ new efficient solutions have to be generated, and L – the set of the efficient solutions already generated. The output L' of the recursive function is the updated set of the generated efficient solutions. Inside the function, x_0 is the midpoint of the line segment $[e_1e_2]$; e is the efficient solution generated by the DVA using the starting point x_0 ; L_1 is obtained by adding to L the efficient solutions obtained by solving first sub-problem; and L_2 is obtained by adding to L_1 the efficient solutions obtained by solving the second sub-problem. In the main program, the recursive function is called as $E_{gen} = recursion(M_1, M_2, \{M_1, M_2\}, k)$, and as a consequence, $2^k + 1$ distinct efficient solutions will be generated.

Algorithm 1. *The steps of the recursive function for the CCES:*

recursion(e_1, e_2, L, k) $\rightarrow L'$

- If $k = 0$ then return L ;
- $x_0 \leftarrow \frac{1}{2}e_1 + \frac{1}{2}e_2$;
- Generate the efficient solution $e = DVA(x_0)$;
- $L_1 \leftarrow recursion(e_1, e, L, k - 1)$;
- $L_2 \leftarrow recursion(e, e_2, L_1, k - 1)$;
- return $L_2 \cup \{e\}$;

end

4. Computational results

For our experiments we used $v = 20$ in formula (3) to compute the sizes of the rectangles that form the grid required in the definition of the number of distinct choices.

The experiments presented in this section were performed on three groups of random generated instances with $n = 10$, $n = 20$, and $n = 50$, where n is the number of the decision variables. For each group (i.e. for each value of n), 10 random instances were generated in the same way as in [?].

Tables 1, 2, and 3 report the averages of the values of the metrics that describe the approximations obtained by running RG, CCMS, and CCES on random generated instances, for each group separately. As seen in these tables, CCES outperforms both RG and CCMS regarding all metrics, except the hyper-area difference for $n = 20$ (where RG is better than both CCMS and CCES). The overall Pareto spread and the Pareto spread with respect to both objectives

	RG	CCMS	CCES
$\# P_{gen} \uparrow$	114	125.4	129
$\#it \downarrow$	396.2	317.1	168.2
HD \downarrow	354.74909	346.04175	343.93251
OS \uparrow	0.1087064	1	1
$OS_1 \uparrow$	0.2459338	1	1
$OS_2 \uparrow$	0.3250910	1	1
AC \uparrow	0.0511105	0.2806577	1.4273325
NDC \uparrow	6.4490873	25.2	35.9
CL \downarrow	30.673558	5.4047091	3.642094

Table 1. The statistical results for 10 random generated instances with $n = 10$

	RG	CCMS	CCES
$ P_{gen} \uparrow$	124.3	128.9	129
$\#it \downarrow$	433.5	332.5	193.1
HD \downarrow	6029.8106	6217.087	6209.3585
OS \uparrow	0.0161434	1	1
$OS_1 \uparrow$	0.1696121	1	1
$OS_2 \uparrow$	0.1322998	1	1
AC \uparrow	0.0052479	0.1242397	0.4129159
NDC \uparrow	4.0697619	23	34.1
CL \downarrow	40.946779	5.7958852	3.8519668

Table 2. The statistical results for 10 random generated instances with $n = 20$.

	RG	CCMS	CCES
$ P_{gen} \uparrow \uparrow$	127.8	128.4	129
$\#it \downarrow$	502.7	387.5	235.3
HD \downarrow	50417.389	49449.367	49441.119
OS \uparrow	0.0001467	1	1
$OS_1 \uparrow$	0.0090807	1	1
$OS_2 \uparrow$	0.0159513	1	1
AC \uparrow	0.0012530	0.0464596	0.1323275
NDC \uparrow	1.2374603	24.9	30.6
CL \downarrow	112.44508	5.3224854	4.2614988

Table 3. The statistical results for 10 random generated instances with $n = 50$.

are the same for CCES and CCMS due to the inclusion of the efficient marginal solutions in both generated sets. For the rest of the metrics, all values are significantly better for CCES comparing to CCMS.

5. Final remarks

In this paper we introduced a new approach – CCES – for constructing a 0th order approximation of the non-dominated set for the BOLFP problems. We combined a special way of generating relevant feasible solutions with a procedure for mapping them into non-dominated points. We showed that the obtained non-dominated points form a good approximation for the Pareto front of the problem, much better

than other approximations obtained by applying the approaches suggested in the literature.

In the recent literature we found two different procedures for deriving efficient solutions from given feasible solutions, DVA and PA. In order to decide which of them to use in CCES for mapping a feasible solution to a non-dominated point, we compared them theoretically, and found them much the same. We picked DVA, and used it in our experiments.

The well-known approaches found in the literature – that aimed to compute Pareto front approximations of 0th order for bi-criterion optimization problems – analyzed the criterion space, and then introduced some bounding constraints to the original feasible set according to the values of one objective function. Differently, the method proposed in this paper inspected the feasible set and then efficiently approached the Pareto front.

In our further works we will try to generalize the method for finding a good approximation to the non-dominated set of a multiple objective ($p > 2$) linear fractional programming problem.

Acknowledgments

This research was partially supported by the Ministry of Education and Science, Republic of Serbia, Project numbers TR36006 and TR32013.

MILP model for vehicle scheduling problem considering the transport of agricultural raw materials

Ana Anokić

Faculty of agriculture, University of Belgrade

e-mail: anokicana@agrif.bg.ac.rs

Abstract. This paper introduces a variant of vehicle scheduling problem (VSP) with specific constraints related to the transport of agricultural raw materials. Mixed integer linear programming model is proposed and tested using Commercial Lingo15 Solver on real-life data. Optimal solutions are obtained for smaller-size instances with less than 120 variables and 60 constraints. For larger-size instances that could not be solved to optimality, best-known objective values are presented. The analysis of the obtained results could be a basis for improvements in the transportation sector of agricultural production.

Keywords: transportation, mixed integer programming, vehicle scheduling, Lingo solver

1. Introduction

Large companies which purchase raw materials from different manufactures need good organization of transport with minimum expenditure of time and money. In agricultural production, the low prices of raw materials on the market have forced the companies to organize transport from producers to the factory, on their own expense, in order to motivate manufacturers to remain in production of specific culture. Therefore, collection centers are being closed down and companies rent vehicles and hire workers who perform loading, transportation and unloading goods during the season.

The vehicle scheduling problem (VSP) determines the set of trips that a vehicle will make during the day in order to reduce the costs based on using the vehicles [1]. There are many articles considering this problem in literature. Some of them deal with public transportation systems in urban areas, [2], [4], [5], cash transportation with security [3] or agricultural goods, [6] and [7]. An overview of different

variants of scheduling problems and solution methods can be found in [8].

This paper proposes a new variant of vehicle scheduling model which includes problem specific constraints, relating to the transport of industrial plants, such as sugar beet.

2. MILP model for the VRP

Let us consider a set $I = \{1, \dots, m\}$ of m vehicles of the same capacity K , located in the factory area, which is their starting and finishing point for each vehicle route. Agricultural goods are stored at n locations from the set $J = \{1, \dots, n\}$. Since each location stores different amount (c_j), which significantly exceeds K , every location must be visited several times in order to transport of all its goods. There is information about the number of days that the collected goods are standing on open-air (t_j) at each location j and the distance of those locations from the factory (d_j). It is not an imperative to deliver all amounts to the factory, some of them can be transported some other day, but the factory requires the total daily amount of C tones. The reason for this lies in the fact that once the factory machines

start to work they must not be stopped, because the starting process is very expensive. Another condition that has to be satisfied is that all goods that are standing outside for more than t_0 days must be transported to the factory, because they will lose quality and their price will be decreased. In addition, suppose that the average velocity of each vehicle is v , the average time that is needed for loading and for unloading the vehicles of capacity K are w and u , respectively. In this transport organization, vehicles make several tours until they finish daily transport. The maximum number of tours that each vehicle can make is noted as k_{\max} , but not all vehicles will have full number of tours. Some of them will make less than k_{\max} tours. To implement this condition, in the proposed model “empty” tours are allowed. They can be considered as time that a vehicle spends in factory area waiting for new tour, or after finishing the last one. The obtained results showed that the duration of each “empty” tour was zero. The goal of the considered variant of VSP is to find optimal plan for transport that minimizes the moment when every last tour for each vehicle is finished, under conditions mentioned above.

In the proposed model, two sets of decision variables are used: binary variables x_{ijk} ($i \in I = \{1, \dots, m\}$, $j \in J = \{1, \dots, n\}$, $k \in \{1, \dots, k_{\max}\}$) with relation: $x_{ijk}=1$, if the vehicle i visits the location j at the tour number k or $x_{ijk}=0$, otherwise and real value variables t_{ik} ($i \in I = \{1, \dots, m\}$, $k \in \{1, \dots, k_{\max}\}$), which present the departure time from the factory for the vehicle i in its tour k . In this model t_{ik} are bounded with working time. T is real variable used in objective function.

Using the notation mentioned above, a MILP model of the considered problem is given as:

$$\min T \quad (1)$$

$$K \sum_{i \in I} \sum_{k=1}^{k_{\max}} x_{ijk} - K < c_j, \quad \forall j \in J \quad (2)$$

$$K \sum_{i \in I} \sum_{k=1}^{k_{\max}} x_{ijk} \geq c_j \operatorname{sgn}(t_j - t_0), \forall j \in J \quad (3)$$

$$K \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k=1}^{k_{\max}} x_{ijk} \geq C \quad (4)$$

$$\sum_{j \in J} x_{ijk} \leq 1, \quad \forall i \in I, \forall k \in \{1, \dots, k_{\max}\} \quad (5)$$

$$t_{i,k+1} \geq t_{ik} + 2 \sum_{j \in J} x_{ijk} \frac{d_j}{v} + (u + w) \sum_{j \in J} x_{ijk} \\ \forall i \in I, \forall k \in \{1, \dots, k_{\max} - 1\} \quad (6)$$

$$t_{ik_{\max}} + 2 \sum_{j \in J} x_{ijk_{\max}} \frac{d_j}{v} + \\ (u + w) \sum_{j \in J} x_{ijk_{\max}} \leq T, \quad \forall i \in I \quad (7)$$

$$x_{ijk} \in \{0,1\}, \quad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall k \in \{1, \dots, k_{\max}\} \quad (8)$$

$$t_{ik} \in [8.00; 20.00], \quad \forall i \in I, \forall k \in \{1, \dots, k_{\max}\} \quad (9)$$

The objective function (1), together with constraint (7) minimizes the working time T . More precisely, the goal is to minimize the last moment when all daily transports are done and all vehicles are back in the factory finishing their last tours. The constraint (2) ensures that the total amount that can be transported from each location does not exceed the amount that is collected and stored at that location (c_j). The constraint (3) ensures that all amounts from some location will be transported if standing outside for longer than t_0 days. The constraint (4) provides the daily needs of the factory. The constraint (5) reflects the fact that each vehicle at each tour can visit at most one location. The left side can be zero if the tour is “empty”. Each tour for fixed vehicle cannot start if the previous isn't over, meaning that its starting time must be at least the starting time of the previous one plus the duration of driving in both directions, loading and unloading. This fact is ensured with constraint (6). The variables are defined by relations (8) and (9).

Note that there is a possibility that the vehicle that last visits some fixed location can be half or more empty, while leaving that location. For example, if $c_j = 100$ and $K=30$, the four tours are needed to transport all 100 tones but the last vehicle will transport only 10 tones to the factory, so the constraint (2) includes on the left side subtrahend K and strict inequality. Otherwise, without subtrahend K for this example, the constraint (2) will allow only three tours, and without strict inequality this constraint would allow one more unnecessary tour. The main purpose of the constraint (3) is provided. Indeed, if $t_j > t_0$ then the right side is equal to c_j so the sum of all amounts that are

transported from location j must be at least c_j . If $t_j \leq t_0$, the constraint (3) is satisfied, regardless of the transported amount.

3. An illustrative example

As an example, the input data for instance Test_5,3,5 with total number of 101 variables and 58 constraints is given in Table 1.

Table 1. Input data for instance Test_3,5,5

Notation	Data
c_i (tons)	Locations: L ₁ : 60 L ₂ : 300 L ₃ :400
t_i (days)	Locations: L ₁ : 4 L ₂ : 8 L ₃ :5
d_i (km)	Locations: L ₁ : 60 L ₂ : 30 L ₃ :40
K(tons)	30
t_0 (days)	7
v (km/h)	50
u (hours)	0.1
w (hours)	0.25
C(tones)	750

This example was solved for elapsed runtime of 23.27 seconds and after 274 893 iterations. The global optimum with objective value of $T=17.35$ was obtained, meaning that the job is finished at 17:21. The optimal solution is presented in Table2.

Table 2. Transportation plan for example Test_5,3,5

Vehicle \ Tour	Tour1	Tour2	Tour3	Tour4	Tour5
Vehicle 1	L3 8.00	L2 9.95	L2 11.50	L3 13.05	L3 15.00
Vehicle 2	L3 8.00	L3 9.95	L3 11.90	L2 13.85	L3 15.40
Vehicle 3	L3 8.00	L3 9.95	L3 11.90	L2 13.85	L3 15.40
Vehicle 4	L1 8.00	L2 9.55	L2 11.10	L2 12.65	L2 14.20
Vehicle 5	L3 8.00	L3 9.95	L2 11.90	L2 13.45	L3 15.00

Note: Each cell contains the location name and departure time t_{ik} (hours) from the factory to that location

As we can see in Table 2, the number of times each of the three locations L1, L2, L3 were visited are: 1, 10 and 14, so the amounts of 30t, 300t and 420t of goods from each location respectively, total of 750t arrived in factory, as the capacity of vehicles is 30t. That is the amount which was required in constraint (4). The constraint (3) is satisfied too, as it can be seen observing the location L2. All of its goods has to be transported in factory as it stands

outside for $t_2 = 8$ days which is more than $t_0 = 7$ that is allowed, and it is done by visiting the location 10 times and transportation of all of its 300t to the factory.

4. Results

The instances that have been tested are noted as Test_m,n,k, where m presents the number of vehicles, n presents the number of locations and k presents the maximum number of tours that any vehicle can make. Each instance includes three values corresponding to each location L_j ($j=1, \dots, m$): the capacity (c_j) which presents the amount of goods that are stored at every observed location L_j , the number of days that the goods are waiting to be transported to the factory (t_j) at each location and the distance of location from the factory (d_j). In addition, input data involve the vehicle capacity (K), the maximum number of days that goods are allowed to stay outside (t_0), the daily needs of the factory (C), the average velocity of vehicles (v), the average time that is needed for unloading (u) and for loading (w) the vehicles of capacity K. All instances are generated based on real-life data obtained from agricultural production considering the processing of sugar beet in Serbia.

Two groups of instances have been tested in this paper using Lingo 15 solver, at the Intel Core i5-3320M processor on 2.60 GHz with 2 GB RAM memory under Windows 7 operating system. The smaller-size instances up to 120 variables and 60 constraints were solved to optimality. The results are presented in Table 3, which is structured as follows. The first column presents the instance name, in the second and the third the size of instance is given including the total number of variables (Var) and constraints (Con). The total solver iterations (It) and elapsed runtime seconds (t) are given in next two columns.

Table 3. Computational results on smaller-size instances

Instance	Size		It	t
	Var	Con		
Test_5,3,2	41	28	121	0.21
Test_4,3,3	49	32	382	0.14
Test_4,4,4	81	42	126 284	9.00

Test_4,3,5	81	48	211 509	16.58
Test_5,4,4	101	50	9 871 638	806.16

For larger-size instances with more than 120 variables and 60 constraints, Solver was not able to provide optimal solutions in time limit of 9 hours. However, for each considered larger-size instance, Lingo solver quickly provides a feasible solution.

For example, while solving the instance Test_15,20,20 which includes 6401 variables and 832 constraints, Lingo Solver was interrupted after more than 9 hours working and 25 398 248 total solver iterations with no global optimum found. The best feasible solution that Lingo solver found after only 21.83 second and 97 604 total solver iterations with objective value T= 18, can be excepted as the objective bound is 17.79217. Table 4 presents the results for larger-size instances, obtained by interrupting Lingo solver, as follows. The first column presents the instance name, the second and the third contain the best objective value (BO) and the upper bound (UB), respectively, obtained by Lingo Solver, and the last column presents the elapsed runtime seconds (t) before interrupting.

Table 4. Computational results on larger-size instances

Instance	BO	UB	t
Test_5,4,5	11.35	11.20	5.40
Test_5,5,5	11.00	10.54	5.79
Test_5,7,10	22.00	21.96	5.62
Test_10,10,10	21.00	20.50	6.16
Test_10,15,15	31.60	31.20	6.29
Test_20,10,15	31.20	30.85	6.75
Test_20,15,20	36.6	36.12	8.66

In examples Test_20,10,15 and Test_20,15,20 the variable bound in constraint (9) was changed in [0.00,30.00], and [0.00,40.00], respectively in order to obtain feasible solution, considering the number of tours, so it corresponds to the two days plan.

5. Conclusion

This paper proposed a mathematical model that solved a transportation problem for large factories which collect goods from different

manufacturers without collecting centers. For small instances with less than 120 variables and 60 constraints the global optimum was obtained for very short runtime. For large instances, the best objective values which correspond to feasible solutions are presented. As no global optimum for large instances was obtained, this could be the challenge for developing some optimization methods for solving the considered problem, especially the case of larger problem dimensions.

References

- [1] **O. Ibarra-Rojas , R. Giesen, Y. Rios-Solis:** An integrated approach for timetabling and vehicle scheduling problems to analyze the trade-off between level of service and operating costs of transit networks, *Transportation Research Part B: Methodological*, 2014, Vol.70, pp.35-46
- [2] **F. Baita, R. Pesenti, W. Ukovich, D. Favaretto:** A comparison of different solution approaches to the vehicle scheduling problem in a practical case, *Computers & Operations Research* 27, 2000, pp.1249-1269
- [3] **Y. Shangyao, W. Sin-Siang, W. Ming-Wei:** A model with a solution algorithm for the cash transportation vehicle routing and scheduling problem, *Computers & Industrial Engineering* 63, 2012, pp. 464-473
- [4] **H. Wang, J. Shen:** Heuristic approaches for solving transit vehicle scheduling problem with route and fueling time constraints, *Applied Mathematics and Computation* 190, 2007, pp. 1237-1249
- [5] **A. Haghani, Mohamadreza Banihashemi, Kun-Hung Chiang:** A comparative analysis of bus transit vehicle scheduling models, *Transportation Research Part B* 37, 2003, pp.301-322
- [6] **A. Higgins:** Scheduling of road vehicles in sugarcane transport: A case study at an Australian sugar mill, *European Journal of Operational Research* 170, 2006, pp. 987-1000
- [7] **E. L. Milan, S. M. Fernandez, L. M. Plaragones:** Sugar cane transportation in Cuba, a case study, *European Journal of Operational Research* 174, 2006, pp. 374-386
- [8] **A. Allahverdi:** The third comprehensive survey on scheduling problems with setup times/costs, *European Journal of Operational Research* 246, 2015, pp. 345-378

An Elastic Demand Pricing in a Competitive Single Allocation Hub Location and Pricing Problem

Dimitrije Čvokić

University of Banja Luka

e-mail: dimitrije.chwokitch@yahoo.com

Abstract. We address and analyse a setting for a Competitive Single Allocation Hub Location and Pricing Problem. Demand is supposed to be elastic, with a known downward sloping function when there is only one price in the market. Taking that, we illustrate an estimation of total demand when two prices are offered and the market is divided by the logit rule. On that as a basis, we propose how to find the optimal pricing for the Follower.

Keywords: pricing, demand, Stackelberg competition, hub location

1. Introduction

Recently, in [1], Marianov and Lürer-Villagra have proposed Competitive Hub Location and Pricing Problem, addressing it from the Follower's point of view. In their analysis, they assumed that demand is non-elastic, that is transport through network was essential. For that case, they proved that there is optimal pricing for the Follower, and even gave a closed form expression for it.

In this setting, a region is already served by an existing company, called the Leader, that utilizes a transportation network with a hub and spoke topology. There is a reduced transportation cost (due to economies of scale) in the traffic between hubs, and not on the spokes. The Leader uses the mill pricing. His hubs are located optimally for cost minimization, serving every origin-destination pair. A new company, the Follower, plans to enter the market, with its own hub and spoke network, and it is going to set prices to maximize profit, rather than its market share (a cherry picking strategy). The logit model is used as a discrete choice model (for more information reader is referred to [2]).

Here, we address a little bit modified version of the Follower's Problem in Competitive Hub Location and Pricing of Lürer-Villagra and Marianov. First, we induce a constraint that competitors can offer only one route to a customer. For us it is more realistic case than one in which company (a competitor) offers several routes for the same origin-destination pair, especially in the airline or freight transport industry. Second modification is that we allow demand to be elastic, contrary to the setting of Lürer-Villagra and Marianov.

2. Problem of Total Demand Estimation

It is assumed that smooth downward-sloping demand function $d(p)$ for one price is already known, with its choke-off price \bar{p} (i.e. $d(\bar{p}) = 0$). Also, we assume that $d(0) < \infty$. The problem is to estimate, in some way, a two price demand function (which will be denoted for now as $d_2(p, q)$). Of course, logit model will determine how the market should be divided according to the prices.

One quite rough, but straightforward approach to this issue is to separate analysis of total demand from the market share (the logit model). In other words, we should come up with some assumptions about the market:

$$(A1) \quad d_2(p, p) = d_1(p)$$

$$(A2) \quad d_2(p, q) = d_2(q, p)$$

$$(A3) \quad d(p) \geq d_2(p, p + \varepsilon) \geq d(p + \varepsilon) \text{ where } \varepsilon \in [0, \bar{p} - q]$$

These assumptions are quite natural, and generally refer to one price consistence, symmetry, and inverse relationship alike property (when situation is worse for the customers, than demand shouldn't be higher). The problem is that they are giving us an infinite set of the possible 2-price demand functions, which is not a very neat situation. So, to extract one of them, we should do something. Taking a step forward in this direction should involve a different specification of (A3), or another assumption(s).

For now, we will involve another assumption

$$(A4) \quad d_2(p, \bar{p}) = d(p)$$

This basically says that when one company is setting a choke-off price, then (almost) everyone will ignore its services. It is not unreasonable assumption, especially if \bar{p} is quite big (moreover infinite), or slope of 1-price demand functions is getting less and

less steep. One can even say that management of the company is not interested in totally irrational percentage of population. Now, a simple and straightforward lemma pops up.

Lemma 1. *If a market with known 1-price downward-sloping demand function $d(p)$ and single non profit price \bar{p} satisfies the assumptions (A1)-(A4), then the function for its 2-price demand is*

$$d_2(p, q) = d(\min\{p, q\}). \quad (1)$$

Proof. We have that

$$d(p) = d_2(p, p) \geq d_2(p, p + \varepsilon) \geq d_2(p, \bar{p}) = d(p)$$

for all $\varepsilon \in [0, \bar{p} - p]$, that is $d_2(p, p + \varepsilon) = d(p)$. Taking into account (A2), we obtain the same result for the $d_2(p + \varepsilon, p)$, which gives us (1). \square

Conceptually, separating market share from the total demand has some rough edges. For example, one "edgy" situation is when \bar{p} is finite, one competitor is using it, and the other one is drastically lower. Second case is when lower price is very close to the higher \bar{p} . From lemma we have that price \bar{p} should be ignored, but by the logit it won't. Nevertheless, in both cases, because of the logit model, competitor with choke-off price should take miserably small part of the market, or total demand itself should be miserable. So, we can assume that lemma is good at least as a starting point. Generally, we expect that demand is strongly affected by the lower price. Here, it is just extended to the "clean" (and extreme) case, for which there is even some rationale.

On the other hand, one can think of a convex combination of 1-price demands (lower and higher), which should incorporate logit model directly. Moreover, the logit looks like a natural choice how to put appropriate "weight" to the 1-price demand functions. In other words, besides the Lemma 1, we propose

$$d_2(p, q) = \frac{e^{-\Theta p} d(p) + e^{-\Theta q} d(q)}{e^{-\Theta p} + e^{-\Theta q}} \quad (2)$$

as a 2-price demand function. Here, Θ is the price sensitivity parameter, and it is already known. We can see, the assumptions (A1)-(A3) are satisfied, and the lower price is always the more important one.

We must say that we have no knowledge that someone else has done something similar. It can be that this is already a well known result, a little bit outdated, so it's not easy to find it among huge quantity of mathematical publications today. Then, it could be that we are not aware of the specific scientific (economic) jargon. Nevertheless, we emphasize that we

do not take credit for someone's else work. At last, the estimation of 2-price demand function is just a tool that we need to illustrate a technique for finding the Follower's optimal price.

3. Mathematical Model

Follower's Problem is defined over a directed multi-graph $G = G(N, A)$, where N is the non-empty set of nodes and A is the set of arcs, which are connecting every pair of its nodes. For every arc $(i, j) \in A$, there is an opposite arc $(j, i) \in A$. Hubs are located at nodes $i \in N$, and for each possible hub location there is a fixed cost f_i . Hubs can be shared, and there are no capacity constraints. Each non-hub node can be connected only to one hub, thus ensuring that for every origin-destination (OD) pair, there will be only one route offered by each of the competitors. In other words, from hub location point of view, this is a single-allocation hub location problem. For every arc $(i, j) \in A$ there is a fixed (positive) cost f_{ij} for allocating it as a spoke, and a (positive) transport cost per unit of flow c_{ij} . It is assumed that cost is non-decreasing function of distance. On inter-hub transfer there is a known fixed discount factor $\alpha \in (0, 1)$. Both, the Leader and the Follower, have the same arc costs. This assumption can easily be relaxed. Concatenation of arcs composes a route, where hubs are located in the joints. At most two hubs are allowed to be on a single route. The transportation cost $c_{ij/kl}$ over a route $i \rightarrow k \rightarrow l \rightarrow j$ is given in the following expression $c_{ij/kl} = c_{ik} + \alpha c_{kl} + c_{lj}$. Demand $d(p^L, p^F)$ for every origin-destination (OD) pair $(i, j) \in N^2$ is assumed to be *elastic*, with downward sloping function. Every customer is served either by the Leader or by the Follower. Both competitors are using mill pricing. The logit model is used for a discrete choice. It has a sensitivity parameter Θ with an already known positive value assigned. The objective is to maximize profit, rather than a market share. There are no budget constraints. The proposed model is as follows.

$$\max \sum_{i,j,k,l \in N} (p_{ij/kl}^F - c_{ij/kl}) M_{ij/kl} - \tau \quad (3)$$

$$\tau = \sum_{i \in N} f_i y_i + \sum_{(i,j) \in A} f_{ij} y_{ij} \quad (4)$$

$$M_{ij/kl} = \frac{d(p_{ij}^L, p_{ij/kl}^F) y_k y_l y_i y_k y_l y_j e^{-\Theta p_{ij/kl}^F}}{y_s y_t y_i y_s y_{st} y_{tj} e^{-\Theta p_{ij/st}^F} + e^{-\Theta p_{ij}^L}} \quad \forall i, j, k, l \in N \quad (5)$$

$$\sum_{j \in N} y_{ij} = 1, \quad \forall i \in N \quad (6)$$

$$y_{ij} - y_j \leq 0, \quad \forall i, j \in N \quad (7)$$

$$p_{ij/kl}^F \geq 0, \quad \forall i, j, k, l \in N \quad (8)$$

$$y_i \in \{0, 1\}, \quad \forall i \in N \quad (9)$$

$$y_{ij} \in \{0, 1\}, \quad \forall (i, j) \in A \quad (10)$$

Here, profit is calculated as a sum of all revenues minus the fixed installation costs, described in equation (4). Follower's market share for particular price $p_{ij/kl}^F$ on a route $i \rightarrow k \rightarrow l \rightarrow j$ is given by (5), where $d(p_{ij}^L, p_{ij/kl}^F)$ represents total demand for the corresponding Leader's and Follower's prices. Constraint (6) assures that non-hub node is allocated only to one hub, and (7) states that demand node i can't be connected to a j , unless hub is located there. Price and decision variables are specified in (8)-(10).

4. Follower's Pricing

We take the work of Bitran and Ferrer in [3] as a basis, just like Lüer-Villagra and Marianov have done in [1], merely adapting their approach.

When formula (1) is taken into consideration, there are two cases for the Follower's pricing:

- he is overpricing the Leader's price
- he is underpricing the Leader's price

Proposition 1. *If in CSAHLPP, for a particular OD pair, 1-price demand function with single non-finite choke-off price $d(p)$ is already known, then the Follower's choice for the optimal price p^{F*} , overpricing the Leader's p^L , is given by*

$$p^{F*} = c^F + \frac{1}{\Theta}(1 + W_0(e^{\Theta(p^L - c^F) - 1})) \quad (11)$$

if and only if $p^L < c^F + \frac{2}{\Theta}$, where c^F is the Follower's cost per unit of flow.

Proof. Objective is to maximize profit for particular OD pair, so it can be written as

$$\max_{p^F > p^L} \frac{d(p^L)(p^F - c^F)}{e^{\Theta(p^F - p^L)} + 1}$$

because demand is determined, according to our setting, by the lower fixed price p^L . First Order Conditions are

$$d(p^L) \left[e^{\Theta(p^F - p^L)} (c^F \Theta - \Theta p^F + 1) + 1 \right] = 0$$

Second term has to be equal to 0. The equivalent equation after multiplying with $e^{\Theta p^L}$ and regroup-

ing terms is $(\Theta(p^F - c^F) - 1)e^{\Theta p^F} = e^{\Theta p^L}$. After dividing with $e^{\Theta c^F - 1}$ and taking into account the definition of the Lambert W function, we see that $W_0(e^{\Theta(p^L - c^F) - 1}) = \Theta(p^F - c^F) - 1$ which gives us (11). Now, objective function is differentiable, in (p^L, ∞) only possible zero is c^F , on (c^F, ∞) function is positive, has horizontal axis as its asymptote. We conclude that p^{F*} is global maximum if $p^{F*} > p^L$, which is equivalent to

$$c^F + \frac{1}{\Theta}(1 + W_0(e^{\Theta(p^L - c^F) - 1})) - p^L > 0.$$

Left hand side of the inequality, with respect to p^L , always has negative slope $-(W_0(e^{\Theta(p^L - c^F) - 1}) + 1)^{-1}$ and only one point where it is equal to 0, or more precisely, at $c^F + \frac{2}{\Theta}$. \square

Remark 1. If $p^L > c^F + \frac{2}{\Theta}$ there is ε -optimal solution $p^{F*} = p^L + \varepsilon$.

Remark 2. If choke-off price is finite, like in linear demand, than we need to check if (11) is less than or equal to \bar{p} . That condition is equivalent to

$$\bar{p} - c^F - \frac{1}{\Theta}(1 + W_0(e^{\Theta(p^L - c^F) - 1})) \geq 0.$$

From this we obtain that

$$p^L \leq \frac{\ln(\Theta e^{\Theta(\bar{p} - c^F) - 1} (-c^F + \bar{p} - \frac{1}{\Theta})) + c^F \Theta + 1}{\Theta}$$

must be satisfied, too.

Remark 3. If choke-off price is finite, and cost c^F is bigger than or equal to \bar{p} , than we don't have feasible solution. If $c^F = \bar{p}$, than only case when we have feasible solution is when $p^L < \bar{p}$. But in that situation Follower is not making any profit, because only feasible solution is $p^{F*} = c^F$.

For the second case, following choice of utility function in [4], that is to keep algebra simple, we address the case of exponential 1-price demand function.

Proposition 2. *If in CSAHLPP, for a particular OD pair, 1-price demand function is $e^{-\alpha p}$ (where $\alpha > 0$), than there exist unique Follower's optimal price p^{F*} on that OD pair, underpricing the Leader's p^L , if and only if there is a solution for*

$$e^{-\Theta(p^L - p^F)} \left[\frac{\Theta}{\alpha - \frac{1}{p^F - c^F}} + 1 \right] = -1 \quad (12)$$

on the interval $(c^F + \frac{1}{\alpha + \frac{2}{\Theta}}, \min\{p^L, c^F + \frac{1}{\alpha}\})$.

Proof. Objective can be written as

$$\max_{p^F < p^L} M \frac{p^F - c^F}{e^{\alpha p^F} (e^{\Theta(p^F - p^L)} + 1)}$$

First Order Condition says that

$$e^{\Theta p^L} (\alpha(c^F - p^F) + 1) + e^{\Theta p^F} ((\alpha + \Theta)(c^F - p^F) + 1) = 0$$

from which we get (12). Because p^F must be less than p^L , term in the square brackets must be negative, and because we are using mill pricing, it must be less than -1 . From that we get search interval, where also left hand side of (12) is the product of a positive increasing convex function with a negative decreasing concave function. Result is negative decreasing concave function, from which we conclude that there can be only one solution for (12). \square

Remark 4. In case when search interval is empty, there exists an ε -optimal solution $p^{F*} = p^L - \varepsilon$.

Corollary 1. *If in both cases we have ε -optimal solutions, than the optimal solution for the Follower's is the Leader's price p^L .*

Now we can design our procedure (for exponential demand, as an example).

```

input:  $p^L, c^F, \Theta, \alpha$ 
output:  $p^{F*}$ 
begin
  if  $p^L \in [0, c^F + \frac{2}{\Theta}]$ 
     $p^F_{>} \leftarrow c^F + \frac{1}{\Theta} (1 + W_0(e^{\Theta(p^L - c^F)} - 1))$ 
  else
     $p^F_{>} \leftarrow p^L$ 
  if  $(c^F + \frac{1}{\alpha + \frac{\Theta}{2}}, \min\{p^L, c + \frac{1}{\alpha}\}) \neq \emptyset$ 
     $p^F_{<} \leftarrow$  solution of (12)
  else
     $p^F_{<} \leftarrow p^L$ 
  compute profits for  $p^F_{>}$  and  $p^F_{<}$ 
   $p^{F*} \leftarrow$  solution of a bigger profit
end

```

Using (2) instead of (1), we obtain next proposition.

Proposition 3. *Let the $\alpha e^{-\beta p}$ be the 1-price demand function for a particular OD pair of CSAHLPP. If (2) is used as the estimation of 2-price demand, then there exist unique optimal pricing for the Follower on that OD pair.*

Proof. Objective can be written as

$$\max_{p^F} \frac{\alpha(p^F - c^F)(e^{-(\Theta+\beta)p^F} + e^{-(\Theta+\beta)p^L})}{e^{\Theta p^F} (e^{-\Theta p^L} + e^{-\Theta p^F})^2} \quad (13)$$

From the analysis of this function we can conclude that it has only one maximizer. One can numerically find it from the corresponding transcendental equations, taking $c + \frac{1}{\Theta}$, or even p^L , as a starting point. \square

5. Conclusion and Future Research

A non-linear mix-integer programming model is formulated for the Follower in single allocation hub location and pricing competition. Demand in this model is taken to be elastic, with downward sloping function. Also, here, we use the logit model for a discrete consumer choice, instead of gravity rule. On the basis of that, when 1-price demand is exponential, a few illustrative propositions are derived, which are giving us equations, from which we can numerically find the unique optimal Follower's pricing.

In future, the plan is to research more about n -price total demand. Also, we are interested in model refinement, with designing a good and fast metaheuristics for computational experiments.

Acknowledgements. *This research was partially supported by the*

References

- [1] **V. Marianov, A. Lüer-Villagra** A competitive hub location and pricing problem. *European Journal of Operational Research*, 2013, 231(3), 734-744.
- [2] **J.d.D. Ortuózar, L.G. Willumsen** *In: Modelling Transport, Wiley-Blackwell, West Sussex*, 2011, pp. 227-268
- [3] **G.R. Bitran, J.-C. Ferrer** On pricing and composition of bundles. *Production and Operations Management*, 2007, 16(1), 93-108.
- [4] **R. Abolian, O. Berman, D. Krass** Optimizing pricing and location decisions for competitive service facilities charging uniform price. *Journal of the Operational Research Society*, 2008, 59, 1506-1519.
- [5] **H. Eiselt, V. Marianov** A conditional p-hub location problem with attraction function. *Computers & Operations Research*, 2009, 36(12), 3128-3135

Modeliranje problema korišćenja poljoprivredne avijacije

Bisera Andrić Gušavac, Milan Stanojević

Fakultet organizacionih nauka, Jove Ilića 154, Beograd

e-mail: {bisera; milans}@fon.bg.ac.rs

Apstrakt. Stopa iskorišćenja zemljišta raste u skladu sa rastom populacije, tako da je danas, zbog ekstenzivnog korišćenja, obradivo zemljište sve lošijeg kvaliteta i sve je više zagađeno, a posledica toga je da ga ima sve manje. Efektivno upravljanje poljoprivredom je neophodno kako bi se produžila produktivnost zemljišta, a korišćenje avijacije u obradi zemljišta je često nezamenjivo zbog njegovih karakteristika koje onemogućavaju neki drugi način obrade. U radu je prikazan matematički model optimizacije primene poljoprivredne avijacije u tretiranju obradivog zemljišta. Pretpostavka je da je obradivo zemljište podeljeno na parcele koje predstavljaju korisnike, a letelišta predstavljaju snabdevače. Poljoprivrednim avionima se zadovoljava tražnja korisnika (parcela). Opisani problem modelira se kao specijalni slučaj VRP-a.

Ključne reči: Matematičko programiranje, kombinatorna optimizacija, poljoprivreda, optimizacija.

1. Opis problema

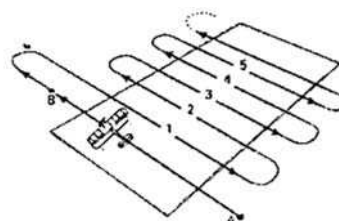
U ovom radu se prikazuje primena kombinatorne optimizacije za optimizaciju tretiranja zemljišta hemikalijama na poljoprivrednom zemljištu koje je podeljeno na parcele na kojima je potrebno izvršiti jednu operaciju tretiranja zemljišta hemikalijama. Ovu operaciju je potrebno izvesti poljoprivrednom avijacijom. Na gazdinstvu postoji više potencijalnih letelišta koja se mogu koristiti za uzletanje i sletanje aviona.

Sličan problem rešavan je u radu (Andrić Gušavac et al. 2013) gde je primenjen jednostavan lokacijski model na primeru poljoprivrednog gazdinstva podeljenog na 256 parcela sa devet potencijalnih lokacija za letelišta. Autori su dali lokacijsko-alokacijsko rešenje za sve parcele, a u radu (Andrić Gušavac et al. 2014) primenjen je jednostavan lokacijski model sa ograničenim kapacitetom i data su uporedna rešenja primene oba modela.

U ovim radovima uzima se u obzir samo ograničeni kapacitet letelišta, a ne i kapacitet aviona i kao rešenje se dobija samo lokacija letelišta i alokacija svih parcela. Nedostatak je što se pretpostavlja da se jedna parcela može

obrađivati sa više letelišta – postoje situacije kada parcele koje je potrebno obraditi nisu locirane jedna pored druge i preostane neobrađen mali procenat jedne parcele tako da bi avion morao da jedan let utroši samo radi obrade tog neobrađenog dela.

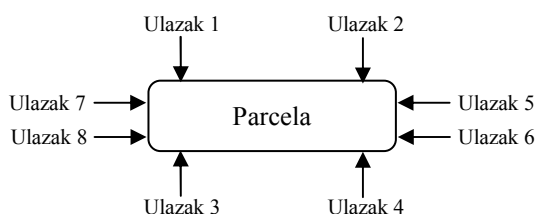
Formulisanjem potpuno novog modela pomenuti nedostaci su otklonjeni, a uvodi se i način (varijanta) obrade samih parcela. U literaturi je prikazano nekoliko načina kretanja poljoprivrednih aviona pri obradi parcela (Jakovljević, 2006). Obrada zemljišta (parcela) najčešće se vrši na način koji je prikazan na slici 1.



Slika 1. Najčešće korišćen način kretanja poljoprivrednih aviona pri radu (prilagođeno iz Jakovljević, 2006)

Ovakvom obradom najmanje se gubi vremena pri zaokretu aviona, a na taj način su i troškovi obrade manji. Na osnovu slike 1

uočavaju se dve ključne tačke pri obradi parcele – tačka ulaska aviona na parcelu i tačka izlaska aviona sa parcele. Tačka izlaska aviona sa parcele je uslovljena tačkom ulaska i vrstom aviona kojim se vrši obrada. Vrsta aviona određuje i širinu zahvata pri obradi i na taj način se, nakon definisane tačke ulaska na parcelu, može odrediti i tačka izlaska. Tačka izlaska aviona sa parcele bitna je zbog određivanja sledeće parcele koju će isti avion obraditi. Na osnovu ovakvog načina kretanja aviona pri radu definisane su moguće tačke ulaska aviona na jednu parcelu pri njenoj obradi i prikazane su na slici 2. Ulazne tačke aviona na parcelu određuju i sve varijante obrade te parcele kojih, u skladu sa načinom obrade prikazane na slici 1 ima najviše osam.



Slika 2. Moguće tačke ulaska aviona pri obradi parcele koje definišu varijantu obrade parcele

Da bi se jedno zemljište podeljeno na parcele efikasno obradilo uz pomoć avijacije, potrebno je odrediti:

1. lokaciju letelišta koja će se koristiti za obradu,
2. alokaciju parcela,
3. varijante obrade za sve parcele,
4. redosled obrade parcela.

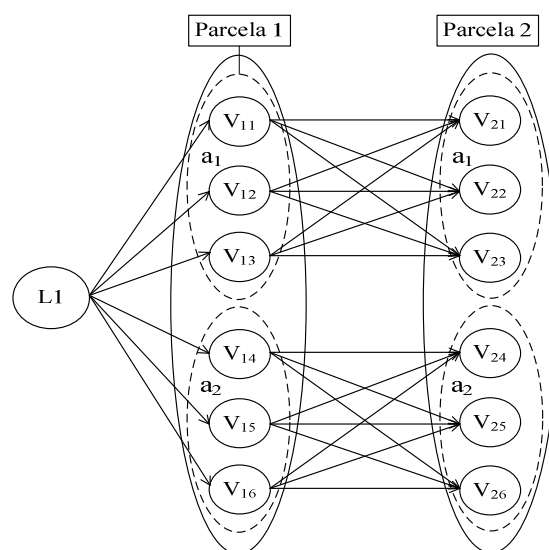
2. Modeliranje problema

Opisani problem u ovom radu modelira se kao specijalni slučaj VRP-a sa više depoa. Letelišta se modeliraju kao čvorovi koji predstavljaju depoe. Parcele se ne mogu modelirati direktno kao čvorovi korisnika, jer ne postoji samo jedan način zadovoljenja njihove potražnje – za svaku parcelu postoji više varijanti obrade, t.j. zadovoljenja potražnje te parcele, što zavisi i od aviona koji je dodeljen toj parceli. Ovo je razlog zašto se varijante obrade modeliraju kao čvorovi grafa.

Uvodi se i pojam leta koji podrazumeva moguće putanje od letelišta do neke ulazne tačke na parcelu, putanje od tačaka izlaska sa

jedne do tačaka ulaska na drugu parcelu i putanje od izlaznih tačaka sa parcele do letelišta. Letovi se modeliraju kao grane grafa.

Na slici 3 prikazan je primer modeliranja letelišta, parcela, varijanti obrade i letova. Letelište je modelirano kao čvor L1. Radi pojednostavljenja slike, za svaku parcelu su prikazane samo po tri varijante obrade koje su modelirane kao čvorovi korisnika. Zbog pojednostavljenja, na slici nisu prikazani povratni letovi (grane) od parcele 2 do letelišta L1.



Slika 3. Grafovsko modeliranje letelišta, parcela, varijanti obrade i letova

Na slici 3 uočavaju se po dva skupa varijanti obrade kod svake parcele. Ovi skupovi predstavljaju varijante obrade parcela određenim avionom, tako da se grane grafa mogu formirati samo između čvorova grafa (varijanti obrade) koje se odnose na različite parcele, ali na isti avion. što se uočava sa slike 3.

Graf se formira uz saradnju sa iskusnim pilotima/ekspertima koji, sem prethodno navedenih pravila formiranja grafa, procenjuju i sa koje varijante obrade je moguće leteti na sledeću varijantu. Na ovaj način je moguće smanjiti teorijski maksimalni broj grana grafa u skladu sa realnim problemom koji se rešava.

2.1. Notacija

Kako bi formulisali matematički model problema, uvešćemo sledeće oznake.

L - skup svih lokacija na kojima se može postaviti letelište,

P - skup svih parcela koje se obrađuju,
 A - skup svih aviona kojima se vrši obrada parcela,
 V - skup svih varijanti obrade svih parcela,
 $N = L \cup V$ - skup svih letelišta i svih varijanti obrade (skup svih čvorova grafa),
 $E \subseteq \{(i, j) | i, j \in N\}$ - skup svih letova,
 $Va: V \rightarrow A$ - funkcija koja mapira varijantu obrade u avion,
 $Vp: V \rightarrow P$ - funkcija koja mapira varijantu obrade u parcelu,
 $Pv: P \rightarrow \mathcal{P}(V)$, $Pv(p) = \{v | p = Vp(v)\}$ - funkcija koja za zadanu parcelu vraća skup varijanti obrade te parcele,
 $Pav: P \times A \rightarrow \mathcal{P}(V)$, $Pav(p, a) = \{v | p = Vp(v), a = Va(v)\}$ - funkcija koja za zadanu parcelu i zadati avion vraća skup varijanti obrade te parcele tim avionom.

U matematičkom modelu postoje sledeće promenljive:

$$y_l = \begin{cases} \mathbf{1}, & \text{letelište } l \text{ se koristi za obradu} \\ \mathbf{0}, & \text{u suprotnom} \end{cases}, l \in L$$

$$x_{vw} = \begin{cases} \mathbf{1}, & \text{postoji let između čvorova } v \text{ i } w \\ \mathbf{0}, & \text{u suprotnom} \end{cases},$$

$$v, w \in N$$

$$f_{la} = \begin{cases} \mathbf{1}, & \text{avion } a \text{ koristi letelište } l \\ \mathbf{0}, & \text{u suprotnom,} \end{cases}$$

u_{ap} - potrošnja hemikalije aviona $a \in A$ do parcele $p \in P$,

U matematičkom modelu figurišu sledeći parametri:

c_l - fiksni trošak aktiviranja letelišta $l \in L$,

b_{vw} - dužina leta $(v, w) \in E$,

h_p - potražnja parcele $p \in P$ za hemikalijom,

k_a - kapacitet rezervoara za hemikalije aviona $a \in A$,

q_a - kapacitet rezervoara za gorivo aviona $a \in A$,

d_v - dužina parcele $p = Vp(v)$ kada se obrađuje varijantom obrade v avionom $a = Va(v)$,

g_a - potrošnja goriva aviona $a \in A$,

s - cena goriva.

2.2. Matematički model

$$(\min) \left(\sum_{l \in L} c_l y_l + s \sum_{a \in A} \left(g_a \sum_{(v, w) \in E} b_{vw} x_{vw} \right) \right) \quad (1)$$

p.o.

$$\sum_{(v, w) \in E} x_{vw} = \sum_{(w, v) \in E} x_{wv}, \quad w \in V \quad (2)$$

$$\sum_{a \in A} f_{la} \leq |A| y_l, \quad l \in L \quad (3)$$

$$\sum_{l \in L} f_{la} \leq \mathbf{1}, \quad a \in A \quad (4)$$

$$\sum_{\substack{(l, v) \in E: \\ Va(v)=a}} x_{lv} = f_{la}, \quad l \in L, a \in A \quad (5)$$

$$\sum_{\substack{(v, l) \in E: \\ Va(v)=a}} x_{vl} = f_{la}, \quad l \in L, a \in A \quad (6)$$

$$\sum_{\substack{(v, w) \in E: \\ w \in Pv(p)}} x_{vw} = \mathbf{1}, \quad \forall p \in P \quad (7)$$

$$u_{ap} - u_{ar} + k_a \sum_{\substack{(v, w) \in E: \\ v \in Pav(p, a) \\ w \in Pav(r, a)}} x_{vw} \leq k_a - h_r, \quad \begin{matrix} a \in A, \\ p, r \in P: \{(i, j) \in E | i \in Pav(p, a), \\ j \in Pav(r, a)\} \neq \emptyset \end{matrix} \quad (8)$$

$$\sum_{\substack{(v,w) \in E: \\ (v \in LV \vee a(v)=a), \\ (w \in LV \vee a(w)=a)}} (b_{vw} + d_w)x_{vw} \leq q_a/g_a, \forall a \in A \quad (9)$$

Kao kriterijum optimizacije uzeti su ukupni troškovi obrade jednog isparcelisanog poljoprivrednog zemljišta, a ove troškove čine fiksni troškovi aktiviranja svih letelišta sa kojih će se vršiti obrada i varijabilni troškovi vezani za potrošnju goriva (1). Varijabilni troškovi uključuju potrošnju goriva pri doletu do parcele, pri obradi i pri odletu na letelište.

Skupom ograničenja (2) se za svaku varijantu obrade $w \in V$ obezbeđuje da je ulazni stepen čvora $w \in V$ jednak izlaznom stepenu, odnosno da je broj doleta do varijante obrade jednak broju odleta sa nje.

Veza između letelišta i parcela modelirana je ograničenjima (3) kojima se sprečava situacija da je neko letelište aktivno, a da nijedan avion ne poleće sa njega.

Pretpostavka je da svaki avion može da odleti samo jednom sa letelišta, što je modelirano ograničenjima (5), a takođe svaki avion nakon obrade parcela može i da doleti samo jednom na letelište (6).

Pretpostavka je da se svaka parcela može obraditi samo jednom varijantom obrade (ne dozvoljava se parcijalna obrada parcela), što je modelirano ograničenjima (7).

Svaki avion ima određenu nosivost rezervoara za hemikalije kojim se tretiraju parcele. Ograničenjima (8) obezbeđuje se da se ne prekorači zadati kapacitet rezervoara pri obradi parcela, t.j. dopustive su samo one rute čiji ukupni kapacitet ne prelazi kapacitet rezervoara. Ovim skupom ograničenja istovremeno se i obezbeđuje da rešenje ne sadrži podkonture, odnosno obezbeđuje takve

rute da jedan avion mora krenuti sa letelišta, obraditi parcelu ili više parcela i vratiti se na letelište sa kog je poleteo.

Ograničenja za kapacitet rezervoara za gorivo aviona modelirana su skupom ograničenja (9).

3. Zaključak

U ovom radu analiziran je problem korišćenja poljoprivredne avijacije u tretiranju isparcelisanog zemljišta i za ovaj problem je formulisan matematički model. Izvršeno je nekoliko eksperimenata na test primerima sa dva letelišta, četiri parcele i tri varijante obrade svake parcele, a eksperimenti su rađeni sa 2-4 aviona. Okvirno vreme izvršavanja je nekoliko sekundi, međutim, zbog ograničenog prostora ovi rezultati nisu prikazani. U daljem istraživačkom radu izvršice se još eksperimenata na test primerima većih dimenzija i na primeru iz prakse.

Bibliografija

- [1] **Andrić Gušavac B., Stojanović D., Jakovljević S.** (2013). Simple plant location model in agriculture aviation in Serbia, XI Balkan Conference on Operational Research Balcor 2013, pp. 321-326
- [2] **Gušavac, B. A., Stojanović, D., & Sokolović, Ž.** (2014). Application of some locational models in natural resources industry-agriculture case. Operational research and quantitative methods in management 1140, 1141
- [3] **Jakovljević S.,** (2006): Optimization of technically - technological systems in agriculture aviation of Serbia. (Doctoral disertation). University of Belgrade. (In Serbian)

SOFT COMPUTING

Bulovski konzistentna NPN logika

Dragan Radojević

Institut Mihajlo Pupin, Volgina 15, 11000 Beograd

e-mail: dragan.radojevic@pupin.rs

Apstrakt. NPN logika za razliku od uobičajenih logika uzima vrednosti: (a) $\{-1,0,1\}$ tro-vrednosni slučaj, (b) $\{-1 = -N/N, -(N-1)/N, \dots, 0, \dots, N/N=1\}$, $(2N+1)$ vrednosni slučaj i (c) $[-1, 1]$ realno-vrednosni (fazi) slučaj. U radu se daje Bulovski konzistentna realizacija NPN logike i to za sve navedene slučajeve. Navedena realizacija počiva na realno-vrednosnoj i više-vrednosnoj realizaciji konačne Bulove algebre, poznate pod imenom interpolativna Bulova algebra.

Ključne reči: NPN logika, više-vrednosna logika, fazi logika, interpolativna Bulova algebra (realno-vrednosna realizacija Bulove algebre)

1. Uvod

NPN logika se javila kao prirodna osnova za tretiranje problema kao što je npr. kognicija, kognitivne mreže, [1] itd. U početku su tretirane tri vrednosti iz skupa $\{-1,0,1\}$ da bi kasnije došlo do uopštenja: više-vrednosni slučaj sa $2N+1$ vrednosti pa sve do realno-vrednosnog slučaja: interval $[-1, 1]$. Više-vrednosna i/ili realno-vrednosna realizacija Bulove algebre u ovom pristupu služe kao osnova za Bulovski konzistentnu realizaciju NPN logike u opštem slučaju.

2. Interpolativna Bulova algebra

Interpolativna Bulova algebra (IBA) je popularno ime za realno-vrednosnu realizaciju Bulove algebre [2], [3]. Disjunktivna kanonična forma logičke funkcije dve promenljive glasi:

$$\begin{aligned} \phi(x, y) = & (\phi(1,1)x \wedge y) \vee (\phi(1,0)x \wedge \bar{y}) \vee \\ & (\phi(0,1)\bar{x} \wedge y) \vee (\phi(0,0)\bar{x} \wedge \bar{y}). \end{aligned}$$

Ovaj izraz u originalnom Bulovom radu [4] glasi:

$$\begin{aligned} \phi(x, y) = & \phi(1,1)xy + \phi(1,0)x(1-y) + \\ & \phi(0,1)(1-x)y + \phi(0,0)(1-x)(1-y). \end{aligned}$$

U ovom izrazu promenljive x i y uzimaju vrednosti 0 ili 1, a proizvod je logički operator konjunkcije a zbir disjunkcije.

Gore navedeni izraz, u slučaju kada se zbir i proizvod tretiraju na uobičajeni način, pretstavlja posebni slučaj realno-vrednosne realizacije Bulove funkcije koja zadovoljava sve aksiome i teoreme Bulove algebre. Atomske funkcije dve promenljive $x, y \in [0,1]$ u opštem slučaju glase:

$$x \wedge y = x \otimes y,$$

$$x \wedge \bar{y} = x - x \otimes y,$$

$$\bar{x} \wedge y = y - x \otimes y,$$

$$\bar{x} \wedge \bar{y} = 1 - x - y + x \otimes y.$$

Gde je \otimes generalizovani proizvod, koji zavisi od odnosa između promenljivih i nalazi se u slučaju realno-vrednosne realizacije, u opsegu:

$$\max(x + y - 1, 0) \leq x \otimes y \leq \min(x, y).$$

Suma vrednosti atomskih funkcija je identično jednaka 1. U klasičnom dvo-vrednosnom slučaju suma je takođe identična 1, pošto samo jedna atomska funkcija ima vrednost 1 a preostale 0. Vrednosti analizirane logičke funkcije za slučaj kada su analizirane

vrednosti promenljivih iz skupa $\{0,1\}$, koincidiraju sa relacijama uključenosti atomskih funkcija u analiziranu logičku funkciju, odnosno predstavljaju logičku strukturu analizirane logičke funkcije [5] i kao takve su algebarsko svojstvo. Za logičke strukture važi strukturalna funkcionalnost, čija je vrednosna posledica istinitosna funkcionalnost valjana samo u dvo-vrednosnom slučaju, [1]. Klasični slučaj $x, y \in \{0,1\}$ je samo posebni slučaj ovako definisanog opšteg slučaja $x, y \in [0,1]$.

Dakle, proizvoljna logička funkcija primenom IBA se prevodi jednoznačno u odgovarajući Bulov polinom [1].

3. NPN više-vrednosna logika

Tretira skup vrednosti

$$\left\{ \frac{-N}{N} = -1, \frac{-N+1}{N}, \dots, 0, \dots, \frac{N}{N} = 1 \right\}.$$

Ovo su transformacije vrednosti iz Bulovskog više-vrednosnog slučaja $\left\{ 0, \frac{1}{2N}, \frac{2}{2N}, \dots, \frac{2N}{2N} = 1 \right\}$ u odgovarajući NPN slučaj:

$$\begin{aligned} \{x_1, \dots, x_n\}, \quad x_{i=1, \dots, n} &\in \left\{ 0, \frac{1}{2N}, \frac{2}{2N}, \dots, \frac{2N}{2N} = 1 \right\} \\ \{\tilde{x}_1, \dots, \tilde{x}_n\}, \quad \tilde{x}_{i=1, \dots, n} &\in \left\{ \frac{-N}{N} = -1, \frac{-N+1}{N}, \dots, 0, \dots, \frac{N}{N} = 1 \right\} \\ \varphi(\tilde{x}_1, \dots, \tilde{x}_n) \end{aligned}$$

$$x_i = \frac{\tilde{x}_i + 1}{2}, \quad i = 1, \dots, n.$$

$$\begin{aligned} \varphi(\tilde{x}_1, \dots, \tilde{x}_n) &= 2\varphi(x_1, \dots, x_n) - 1, \\ &= 2\varphi\left(\frac{\tilde{x}_1 + 1}{2}, \dots, \frac{\tilde{x}_n + 1}{2}\right) - 1 \end{aligned}$$

U slučaju više-vrednosne logike generalizovani proizvod može da bude samo:

$$a \otimes b =_{\text{def}} \min(a, b),$$

ili u slučaju komplementarnih promenljivih Lukašijevičeva t-norma:

$$a \otimes b =_{\text{def}} \max(a + b - 1, 0).$$

Svi ostali generalizovani proizvodi dolaze u obzir samo u slučaju realno-vrednosne realizacije Bulove algebre.

Veza između NPN promenljivih $\tilde{a}, \tilde{b} \in \{-1 = -N/N, -(N-1)/N, \dots, 0, \dots, N/N = 1\}$ i funkcija sa klasičnim više-vrednosnim promenljivim $a, b \in \{0, \frac{1}{2N}, \dots, \frac{2N}{2N} = 1\}$ data je sledećim izrazima za promenljive i funkcije:

$$\tilde{a} = 2a - 1, \quad a = \frac{\tilde{a} + 1}{2}.$$

$$\begin{aligned} \varphi(\tilde{a}, \tilde{b}) &= 2\varphi(a, b) - 1, \\ &= 2\varphi\left(\frac{\tilde{a} + 1}{2}, \frac{\tilde{b} + 1}{2}\right) - 1 \end{aligned}$$

Primer 1. Negacija u NPN slučaju:

$$\begin{aligned} \neg a &= 1 - a, \\ \neg \tilde{a} &= 2\neg a - 1, \\ &= 2(1 - a) - 1, \\ &= 1 - 2a, \\ &= 1 - (\tilde{a} + 1) \\ &= -\tilde{a} \\ \underline{\underline{\neg \tilde{a} = -\tilde{a}}} \end{aligned}$$

Primer 2. Isključenje trećeg i kontradikcija u slučaju NPN logike:

$$\begin{aligned} \tilde{a} \wedge \bar{\tilde{a}} &= 2a \wedge \bar{a} - 1, \\ &= -1. \quad (a \wedge \bar{a} = 0) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tilde{a} \vee \bar{\tilde{a}} &= 2a \vee \bar{a} - 1, \\ &= 1. \quad (a \vee \bar{a} = 1) \end{aligned}$$

Primer 2. Suma logičke funkcije i njoj komplementarne funkcije za $a, b \in [0,1]$ identički je jednaka

$$\varphi(a, b) + \bar{\varphi}(a, b) = 1, \quad (\bar{\varphi}(a, b) = 1 - \varphi(a, b)).$$

U NPN slučaju:

$$\varphi(\tilde{a}, \tilde{b}) + \bar{\varphi}(\tilde{a}, \tilde{b}) = 0, \quad (\bar{\varphi}(\tilde{a}, \tilde{b}) = -\varphi(\tilde{a}, \tilde{b})).$$

Primer 3. Relacije ekvivalencije i negacije ekvivalencije EXOR u slučaju NPN logike:

$$\varphi(\tilde{a}, \tilde{b}) \Leftrightarrow \bar{\varphi}(\tilde{a}, \tilde{b}) = -1,$$

$$(\varphi(a, b) \Leftrightarrow \bar{\varphi}(a, b) = 0).$$

$$\varphi(\tilde{a}, \tilde{b}) \vee \bar{\varphi}(\tilde{a}, \tilde{b}) = 1,$$

$$(\varphi(a, b) \vee \bar{\varphi}(a, b) = 1).$$

Primer 4. Suma logičkog izraza i njemu komplementarnog izraza u slučaju više vrednosne logike i u slučaju NPN logike:

$$a, b \in \{0, \frac{1}{N}, \frac{2}{N}, \dots, \frac{N}{N} = 1\}$$

$$1. \quad a \wedge b + \bar{a} \vee \bar{b} = 1.$$

$$2. \quad a \wedge \bar{b} + \bar{a} \vee b = 1.$$

$$3. \quad \bar{a} \wedge b + a \vee \bar{b} = 1.$$

$$4. \quad \bar{a} \wedge \bar{b} + a \vee b = 1.$$

$$5. \quad a + \bar{a} = 1.$$

$$6. \quad b + \bar{b} = 1.$$

$$7. \quad a \Leftrightarrow b + a \vee b = 1.$$

$$8. \quad \underline{0} + \bar{1} = 1$$

$$\tilde{a}, \tilde{b} \in \{-1 = -\frac{N}{N}, -\frac{N-1}{N}, \dots, 0, \frac{1}{N}, \frac{2}{N}, \dots, \frac{N}{N} = 1\}$$

$$1. \quad \tilde{a} \wedge \tilde{b} + \bar{\tilde{a}} \vee \bar{\tilde{b}} = 0.$$

$$2. \quad \tilde{a} \wedge \bar{\tilde{b}} + \bar{\tilde{a}} \vee \tilde{b} = 0.$$

$$3. \quad \bar{\tilde{a}} \wedge \tilde{b} + \tilde{a} \vee \bar{\tilde{b}} = 0.$$

$$4. \quad \bar{\tilde{a}} \wedge \bar{\tilde{b}} + \tilde{a} \vee \tilde{b} = 0.$$

$$5. \quad \tilde{a} + \bar{\tilde{a}} = 0.$$

$$6. \quad \tilde{b} + \bar{\tilde{b}} = 0.$$

$$7. \quad \tilde{a} \Leftrightarrow \tilde{b} + \tilde{a} \vee \tilde{b} = 0.$$

$$8. \quad -1 + 1 = 0.$$

3.1. NPN tro-vrednosna logika

NPN tro-vrednosna logika je posebni slučaj NPN više-vrednosne logike. Vrednosti promenljivih kao i vrednosti logičke funkcije u

slučaju NPN tro-vrednosne logike pripadaju skupu $\{-1, 0, 1\}$. Skup vrednosti Bulovski konzistente tro-vrednosne logike je $\{0, 1/2, 1\}$.

$$\{x_1, \dots, x_n\}, \quad x_{i=1, \dots, n} \in \{0, \frac{1}{2}, 1\}$$

$$\{\tilde{x}_1, \dots, \tilde{x}_n\}, \quad \tilde{x}_{i=1, \dots, n} \in \{-1, 0, 1\}$$

$$\varphi(\tilde{x}_1, \dots, \tilde{x}_n)$$

$$x_i = \frac{\tilde{x}_i + 1}{2}, \quad i = 1, \dots, n.$$

$$\varphi(\tilde{x}_1, \dots, \tilde{x}_n) = 2\varphi(x_1, \dots, x_n) - 1,$$

$$= 2\varphi\left(\frac{\tilde{x}_1 + 1}{2}, \dots, \frac{\tilde{x}_n + 1}{2}\right) - 1.$$

Primer 5. Negacija u slučaju tro-vrednosne logike:

$$\tilde{a} \in \{-1, 0, 1\}$$

$$a \in \{0, \frac{1}{2}, 1\}$$

example :

\tilde{a}	$\neg \tilde{a} = -\tilde{a}$	a	\tilde{a}
1	-1	1	1
0	0	.5	0
-1	1	0	-1

4. NPN realno-vrednosna logika

U realno-vrednosnom slučaju, kada su vrednosti promenljivih kao i vrednost logičke funkcije sa intervala $[-1, 1]$ generalizovani operator proizvoda u realno-vrednosnom Bulovom polinomu mogu da budu sve funkcije sa intervala:

$$\max(x + y - 1, 0) \leq x \otimes y \leq \min(x, y).$$

$$\{x_1, \dots, x_n\}, \quad x_{i=1, \dots, n} \in [0, 1]$$

$$\{\tilde{x}_1, \dots, \tilde{x}_n\}, \quad \tilde{x}_{i=1, \dots, n} \in [-1, 1]$$

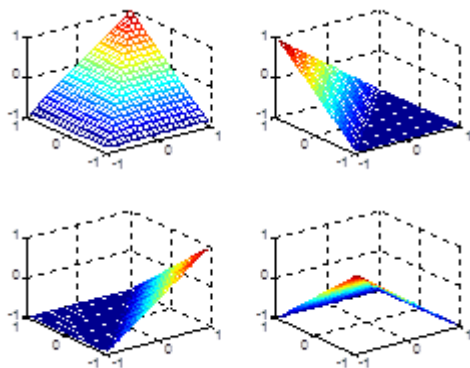
$$\varphi(\tilde{x}_1, \dots, \tilde{x}_n)$$

$$x_i = \frac{\tilde{x}_i + 1}{2}, \quad i = 1, \dots, n.$$

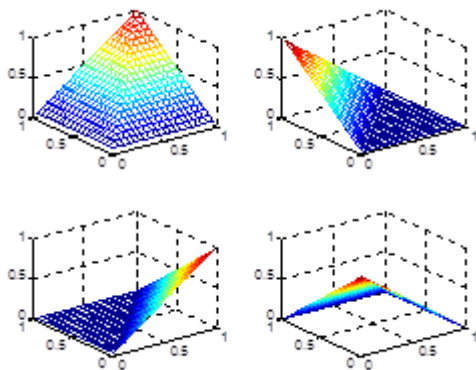
$$\varphi(\tilde{x}_1, \dots, \tilde{x}_n) = 2\varphi(x_1, \dots, x_n) - 1,$$

$$= 2\varphi\left(\frac{\tilde{x}_1 + 1}{2}, \dots, \frac{\tilde{x}_n + 1}{2}\right) - 1.$$

Grafička interpretacija NPN logike data je za funkcije: $a \wedge b$, $a \wedge \bar{b}$, $\bar{a} \wedge b$, $\bar{a} \wedge \bar{b}$ na sledećoj slici:



Grafička interpretacija istih funkcija u slučaju realno-vrednosne logike data je na sledećoj slici:



5. Zaključak

NPN logika u tro-vrednosnom, više-vrednosnom i realno-vrednosnom slučaju realizuje se u Bulovom okviru tako što se izvrši transformacija promenljivih na 0-1 interval, primeni odgovarajuća Bulov polinom a potom se rezultat transformiše na NPN interval. Ovaj pristup je od značaja za tretiranje problema vezanih za primenu NPN logike (kognitivne mreže npr.) na konzistentan način.

Bibliografija

- [1] **B. Kosko.** Fuzzy Cognitive Maps, Int.J. of Man-Mashine Studies, Vol. 24, pp. 65-75, 1986
- [2] **D. Radojević.** [0,1]-valued logic: A natural generalization of Boolean logic Yugoslav Journal of Operations Research 10 (2000), Number 2, 185-216.
- [3] **D. Radojević.** Real-Valued Realizations of Boolean Algebras are a Natural Frame for Consistent Fuzzy logic, On Fuzziness, A Homage to Lotfi Zadeh – Volume 2, SPRINGER, 2013, pp. 559-565.
- [4] **J. Bool.** [1854]. An Investigation of the Laws of Thought. Prometheus Books. ISBN 978-1-59102-089-9.
- [5] **D. Radojević.** Logical Measure - Structure of Logical Formula, Technologies for Constructing Intelligent Systems 2, A Springer-Verlag Company edited by Bernadette Bouchon-Meunier, Julio Gutierrez-Rios, Luis Magdalena, Ronald R. Yager, 01/2002: chapter Logic and Logic Based Systems: pages 417-429; Physical-Verlag., ISBN: 3-7908-1455-5

Grafička interpretacija IFS-IBA pristupa

Pavle Milošević, Ana Poledica, Aleksandar Rakićević, Bratislav Petrović

Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, Jove Ilića 154, 11000 Beograd, Srbija
e-mail: {pavle.milosevic, ana.poledica, aleksandar.rakicevic, bratislav.petrovic}@fon.bg.ac.rs

Dragan Radojević

Institut Mihajlo Pupin, Volgina 15, 11000 Beograd, Srbija
e-mail: dragan.radojevic@pupin.rs

Apstrakt. IFS-IBA pristup je nastao kao jedan od odgovora na debatu vezanu za odnos intuicionističke logike i teorije intuicionističkih fazi skupova (IFS). On podrazumeva uvođenje interpolativne Bulove algebre (IBA), kao algebre u IFS. Operacije nad IFS su uopštene korišćenjem generalizovanih Bulovih polinoma. Na taj način ovaj pristup zadržava jednostavnost i deskriptivnost IFS, a pridodaje mu opštost IBA. U ovom radu ćemo se baviti grafičkom interpretacijom IFS-IBA pristupa. Grafički ćemo prikazati osnovne operacije u ovom pristupu, sa posebnim naglaskom na zakone isključenja trećeg, kontradikcije i duple negacije. Za razliku od klasičnih grafičkih interpretacija IFS, u ovoj će se nivo pripadnosti i nivo nepripadnosti inicijalnog IFS meriti na različitim osama, što je blisko ljudskoj percepciji ovih pojmova.

Ključnereči: Intuicionistički fazi skupovi, Interpolativna Bulova algebra, IFS-IBA pristup, grafička interpretacija

1. Uvod

Potreba da neki matematički pristup ima grafičku interpretacije je oduvek bila velika. U slučaju jasne, jednostavne i direktne grafičke interpretacije, pristup je lakše objasniti, opravdati, a zatim i koristiti.

U okviru ovog rada predstavimo grafičku interpretaciju IFS-IBA pristupa [1]. Ovaj pristup je nastao uvođenjem interpolativne Bulove algebre (IBA) [2] u intuicionističke fazi skupove (IFS) [3]. Posebnu pažnju ćemo posvetiti grafičkoj interpretaciji zakona isključenja trećeg, kontradikcije i duple negacije, koji su aktuelne teme u IFS teoriji [4, 5].

U poglavljima 2. i 3. objasnićemo osnove IFS i IBA. Poglavlje 4. će biti posvećeno IFS-IBA pristupu, sa akcentom na grafičku interpretaciju operacija, zakona isključenja

trećeg, kontradikcije i duple negacije. U poglavlju 5. iznećemo glavne zaključke i pravce daljeg rada.

2. Intuicionistički fazi skupovi

Teorija intuicionističkih fazi skupova predstavlja generalizaciju klasične teorije fazi skupova [3]. Za razliku od fazi skupa, čija je osnova samo funkcija pripadnosti, IFS je uređeni par funkcija pripadnosti i nepripadnosti:

$$A = \{(x, \mu_A(x), \nu_A(x)) | x \in E\} \quad (1)$$

gde je $\mu_A(x): E \rightarrow [0,1]$ funkcija pripadnosti, $\nu_A(x): E \rightarrow [0,1]$ funkcija nepripadnosti elementa x skupu A . Da bi skup A bio IFS potrebno je da $\mu_A(x) + \nu_A(x) \leq 1$ za svako x . Na ovaj način IFS implicitno podržava koncept neodređenosti:

$$\pi_A(x) = 1 - \mu_A(x) - \nu_A(x) \quad (2)$$

gde je $\pi_A(x)$ nivo neodređenosti. U slučaju da neodređenost ne postoji $\pi_A(x) = 0$, IFS se svodi na klasičan fazi skup.

Rad na različitim grafičkim interpretacijama IFS je intenzivan. Pregled postojećih interpretacija se može naći u [6].

3. Interpolativna Bulova algebra

Interpolativna Bulova algebra je konzistentna [0,1]-vrednosna realizacija klasične Bulove algebre [2]. Oslanjajući se na princip strukturne umesto na klasični princip istinitosne funkcionalnosti, IBA se nalazi u Bulovom okviru [7]. Tehnički, IBA ima dva nivoa: strukturni nivo, gde se logičke funkcije transformišu u generalizovani Bulov polinom (GBP) korišćenjem pravila transformacije [7], i vrednosni nivo, gde se uvode same vrednosti i koristi odgovarajući operator kao generalizovani proizvod (\otimes).

Pojmovi GBP i generalizovanog proizvoda su svojstveni za IBA. GBP je polinom koji sem standardnih operatora sabiranja i oduzimanja sadrži i \otimes . Generalizovani proizvod se može posmatrati kao algebarski operator, koji na vrednosnom nivou može biti bilo koja t-norma veća od Lukašievičeve, a manja od min t-norme.

Relacije bazirane IBA pristupu imaju jasnu geometrijsku interpretacija o čemu više detalja se može naći u [8, 9].

4. IFS-IBA pristup i njegova grafička interpretacija

Iako izuzetno jednostavna, laka za razumevanje i bliska ljudskom rezonovanju, IFS teorija je pretrpela niz kritika. Najviše njih se odnosilo na problem neprikladnosti naziva samog koncepta – klasična algebra nad IFS se ne nalazi u okviru intuicionističke logike [4, 5]. Naime, u klasičnoj IFS teoriji korišćena je jaka negacija i nije ispunjen zakon kontradikcije, što je u suprotnosti sa intuicionizmom. To je predstavljalo motivaciju za uvođenje interpolativne Bulove algebre u

IFS teoriju [1]. U okviru IFS-IBA pristupa operacije nad IF skupovima su definisane korišćenjem GBP na sledeći način:

$$A \cap B = \{\mu_A \otimes \mu_B, \nu_A + \nu_B - \nu_A \otimes \nu_B\} \quad (3)$$

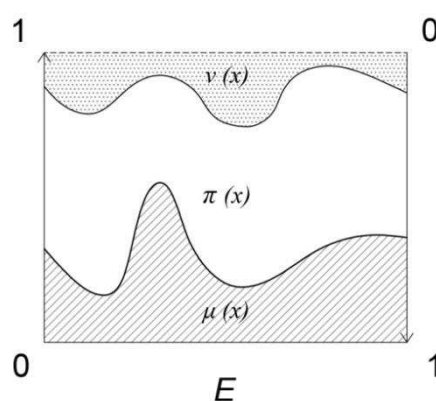
$$A \cup B = \{\mu_A + \mu_B - \mu_A \otimes \mu_B, \nu_A \otimes \nu_B\} \quad (4)$$

$$\bar{A} = \{\nu_A, 1 - \nu_A\} \quad (5)$$

IBA pravila transformacije [7] su dopunjena pravilom koje se tiče odnosa nivoa pripadanja i nivoa nepripadanja istom skupu, što je karakteristično za IFS:

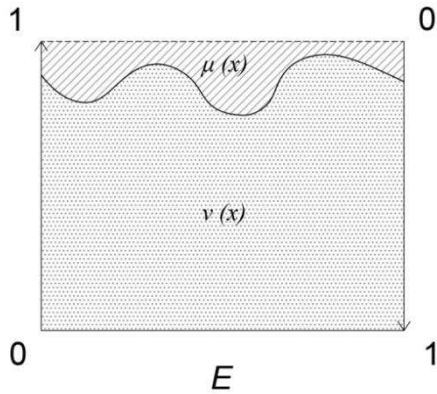
$$\mu_A \otimes \nu_A = 0 \quad (6)$$

Ovo pravilo nas dovodi do jasne grafičke interpretacije IFS-IBA pristupa prikazanom na Slici 1. Išrafirana površina predstavlja pripadnost i meri se na levoj vertikalnoj osi. Tačkasta površina predstavlja nepripadnost i meri se na desnoj osi. Prazna površina predstavlja neodređenost, jasno jednaka $\pi_A = 1 - \mu_A - \nu_A$. Za razliku od klasičnih interpretacija, u ovoj se pripadnost i nepripadnost mere na suprotno orjentisanim osama, što je blisko ljudskom poimanju tih pojmova. Isti način prikaza važi i za naredne slike. Ovakva interpretacija ima osobine jedne od postojećih IFS grafičkih interpretacija [6], ali se razlikuje zbog merenja osobina na različitim osama.



Slika 1. Grafička interpretacija IFS-IBA pristupa

Negacija IF skupa u IFS-IBA pristupu zadata formulom (5) je prikazana na Slici 2.



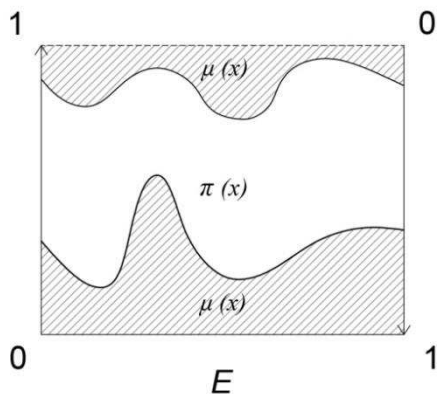
Slika 2. Grafička interpretacija negacije IFS u IFS-IBA pristupu

4.1. Grafička interpretacija zakona isključenja trećeg, kontradikcije i duple negacije u IFS-IBA pristupu

Kao što je već navedeno, glavna motivacija za nastanak IFS-IBA pristupa je neispunjenost osnovnih postulata intuicionizma u IFS pristpu. U okviru ovog poglavlja pružićemo grafičku interpretaciju zakona isključenja trećeg, kontradikcije, duple negacije, i zakona isključenja trećeg i kontradikcije u modifikovanom obliku [6]. Detaljni dokazi nisu tema ovog rada, već se mogu se naći u [1].

a) *Zakon isključenja trećeg* (Slika 3.):

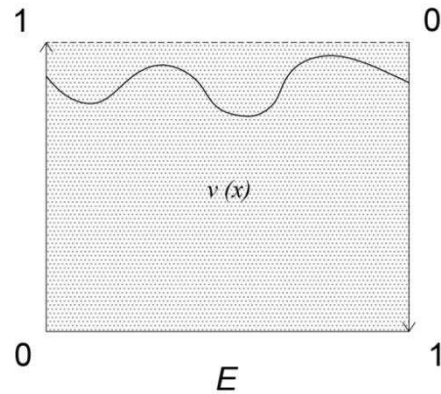
$$\begin{aligned} (A \cup \bar{A})^{\otimes} &= \\ &= \{\mu_A + \nu_A - \mu_A \otimes \nu_A, \nu_A \otimes (1 - \nu_A)\} \quad (7) \\ &= \{\mu_A + \nu_A, \nu_A - \nu_A\} = \{1 - \pi_A, 0\} \end{aligned}$$



Slika 3. Grafička interpretacija zakona isključenja trećeg u IFS-IBA pristupu

b) *Zakon kontradikcije* (Slika 4.):

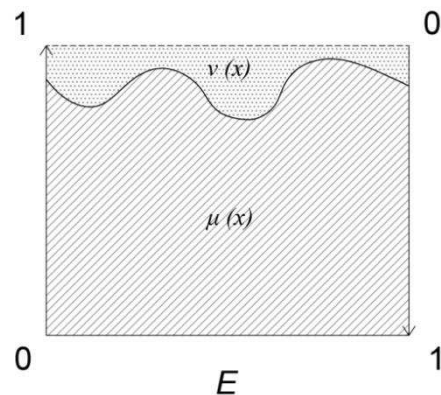
$$\begin{aligned} (A \cap \bar{A})^{\otimes} &= \\ &= \{\mu_A \otimes \nu_A, \nu_A + 1 - \nu_A - \nu_A \otimes (1 - \nu_A)\} \quad (8) \\ &= \{0, 1 - \nu_A + \nu_A\} = \{0, 1\} \end{aligned}$$



Slika 4. Grafička interpretacija zakona kontradikcije u IFS-IBA pristupu

c) *Zakon duple negacije* (Slika 5.):

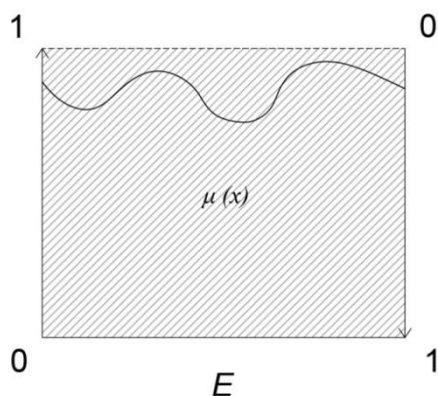
$$(\bar{A})^{\otimes} = \{\nu_A, 1 - \nu_A\}^{\otimes} = \{1 - \nu_A, \nu_A\} \quad (9)$$



Slika 5. Grafička interpretacija zakona duple negacije u IFS-IBA pristupu

d) *Zakon isključenja trećeg u modifikovanom obliku* (Slika 6.):

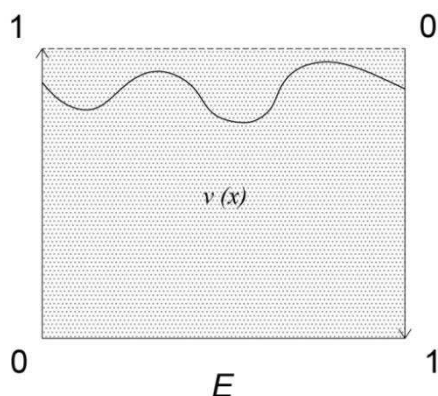
$$\begin{aligned} (\bar{A} \cup \bar{A})^{\otimes} &= \\ &= \{1 - \nu_A + \nu_A - (1 - \nu_A) \otimes \nu_A, \nu_A \otimes (1 - \nu_A)\} \quad (10) \\ &= \{1 - \nu_A + \nu_A, \nu_A - \nu_A\} = \{1, 0\} \end{aligned}$$



Slika 6. Grafička interpretacija modifikovanog zakona isključenja trećeg u IFS-IBA pristupu

e) Zakon kontradikcije u modifikovanom obliku (Slika 7.):

$$\begin{aligned}
 & (\bar{A} \cap \bar{A})^{\otimes} = \\
 & = \{(1 - v_A) \otimes v_A, v_A + 1 - v_A - v_A \otimes (1 - v_A)\} \quad (11) \\
 & = \{v_A - v_A, 1 - v_A + v_A\} = \{0, 1\}
 \end{aligned}$$



Slika 7. Grafička interpretacija modifikovanog zakona kontradikcije u IFS-IBA pristupu

5. Zaključak

U okviru IFS-IBA pristupa zakon kontradikcije, kao i zakoni kontradikcije i isključenja trećeg u modifikovanom obliku važe. Klasični zakon isključenja trećeg važi samo za slučaj kada ne postoji neodređenost, a zakon duple negacije ne važi. Ove zaključci podržavaju ideju intuicionizma.

Ove tvrđenja imaju jednostavnu i direktnu grafičku interpretaciju, koja ide u prilog IFS-IBA pristupu. Za razliku od postojećih

grafičkih interpretacija IFS, pripadnost i neprispadnost jednom istom skupu se mere na suprotno orjentisanim osama, što je blisko ljudskoj percepciji. Glavna tema daljeg istraživanja biće relacije implikacije i ekvivalencije u IFS-IBA pristupu, kao i njihova grafička interpretacija.

Bibliografija

- [1] P. Milošević, A. Poledica, A. Rakićević, B. Petrović, D. Radojević. Introducing Interpolative Boolean algebra into Intuitionistic fuzzy sets. In: J.M. Alonso, H. Bustince and M. Reformat (eds.), Proceedings of the 2015 Conference of the International Fuzzy Systems Association and the European Society for Fuzzy Logic and Technology, Atlantis Press, Paris, 2015, pp. 1389-1394.
- [2] D. Radojević. New [0,1]-valued logic: A natural generalization of Boolean logic. Yugoslav Journal of Operational Research, 2000, 10(2), 185 - 216.
- [3] K. Atanassov. Intuitionistic fuzzy sets. Fuzzy Sets and Systems, 1986, 20, 87 - 96.
- [4] D. Dubois, S. Gottwald, P. Hajek, J. Kacprzyk, H. Prade. Terminological difficulties in fuzzy set theory – the case of “intuitionistic fuzzy sets”, Fuzzy Sets and Systems, 2005, 156, 485 - 491.
- [5] G. Cattaneo, D. Ciucci. Basic intuitionistic principles in fuzzy set theories and its extensions (A terminological debate on Atanassov IFS). Fuzzy Sets and Systems, 2006, 157(24), 3198 - 3219.
- [6] K. Atanassov. On Intuitionistic Fuzzy Sets Theory, Springer-Verlag, Berlin–Heidelberg, 2012.
- [7] D. Radojević. Real-Valued Realizations of Boolean Algebra are a Natural Frame for Consistent Fuzzy Logic. In: R. Sesing, E. Trillas, C. Moraga and S. Termini (eds.), On Fuzziness: A Homage to Lotfi A. Zadeh, Studies in Fuzziness and Soft Computing 299, Springer-Verlag, Berlin–Heidelberg, 2013, pp. 559-565.
- [8] D. Radojević. Grafički prikaz logičkih bulovski konzistentnih realno-vrednosnih relacija. In: M. Martić, M. Vujošević, D. Makajić-Nikolić, M. Kuzmanović and G. Savić (eds.), Zbornik radova XL Simpozijum o operacionim istraživanjima, Fakultet organizacionih nauka, Beograd, 2013, pp. 557-562.
- [9] A. Poledica, P. Milošević, I. Dragović, B. Petrović, D. Radojević. Modeling consensus using logic-based similarity measures. Soft Computing, 2015, DOI: 10.1007/s00500-014-1476-5.

Izbor investicionog portfolija primenom logičkog hijerarhijskog klasterovanja

Aleksandar Rakićević, Ivan Nešić, Pavle Milošević, Bratislav Petrović

Fakultet organizacionih nauka, Jove Ilića 154, 11000 Beograd

e-mail: {aleksandar.rakicevic, inesic501212d, pavle.milosevic, bratislav.petrovic}@fon.bg.ac.rs

Dragan Radojević

Institut Mihajlo Pupin, Volgina 15, 11060 Beograd

e-mail: dragan.radojevic@pupin.rs

Apstrakt. U ovom radu predstavljena je primena logičkog hijerarhijskog klasterovanja u rešavanju problema izbora investicionog portfolija. Logičko klasterovanje grupiše objekte na osnovu logičke mere sličnosti/različitosti, koja je u opštem slučaju realno-vrednosna. Kao meru različitosti, predloženi pristup koristi interpolativnu relaciju ekskluzivne disjunkcije zasnovanu na interpolativnoj Bulovoj algebra. Problem izbora portfolija rešen je kao problem izbora „perspektivnih“ klastera, pri čemu sve akcije unutar takvog klastera ulaze u investicioni portfolio. Udeli akcija u portfoliju računaju se na osnovu broja odabranih klastera i broja akcija unutar svakog od njih. Klasteri su formirani na bazi tri investiciona pokazatelja: prinosa na kapital, odnosa tržišne cene i prihoda od prodaje, kao i odnosa knjigovodstvene i tržišne cene akcije. Predloženi pristup je testiran nad akcijama sa Beogradske berze, pri čemu rezultati simulacije pokazuju da je njegovim korišćenjem moguće nadmašiti ulaganja u reporni portfolio koji prati kretanje glavnog berzanskog indeksa BelexLine.

Ključne reči: izbor portfolija, selekcija akcija, logičko klasterovanje, interpolativna Bulova algebra.

1. Uvod

Klasterovanje je jedna od najvažnijih tehnika nenadgledanog učenja za grupisanje podataka. Grupisanje se vrši na bazi izabrane mere bliskosti (eng. proximity measure) koja može biti mera udaljenosti (eng. distance measure), mera različitosti (eng. dissimilarity measure) ili neka druga mera od interesa. Objekti se međusobno upoređuju i grupišu tako da se postigne: što veća bliskost objekata unutar klastera i što manja bliskost objekata između različitih klastera.

Upravo mera bliskosti predstavlja jedan od suštinskih elemenata svakog algoritma za klasterovanje. Izbor mere direktno je povezan sa posmatranim problemom koji pokušavamo da rešimo. Tako, na primer, ukoliko se klasterovanje koristi za grupisanje objekata raspoređenih u geografskom prostoru, zdrava logika nalaže upotrebu neke od mere

udaljenosti kao što su Euklidovo rastojanje, Menhetn rastojanje i slično. S’ druge strane, upotreba logičkih mera različitosti opravdana je u slučajevima kada se posmatrani objekti porede i grupišu po osobinama koje su opisane logičkim vrednostima.

Postoji veliki broj mera različitosti koje se mogu iskoristiti za problem binarne prirode tj. kada logičke vrednosti ukazuju samo na postojanje osobine, ali ne i na njen intenzitet. Takve mere su Hamingovo rastojanje, Žakardov koeficijent, Dajsov koeficijent itd. Situacija je potpuno suprotna kada je problem koji se rešava takav da zahteva upotrebu logičke mere različitosti koja može da radi sa realnim vrednostima tj koja može da meri razlike u intenzitetu osobina objekata.

Interpolativna Bulova algebra predstavlja adekvatan matematički okvir koji omogućava realizaciju logičke mere sličnosti/različitosti u

realno-vrednosnom Bulovom okviru. Takva mera sličnosti/različitosti u stanju je da upoređuje objekte ne samo po postojanju određenih osobina već i prema njihovim intenzitetima. Ova njena osobina omogućava laku primenu u već postojećim algoritmima za klasterovanje.

U ovom radu predstavljena je primena logičkog klasterovanja za rešavanje problema izbora investicionog portfolija. Korišćena tehnika logičkog klasterovanja zasnovana je na realno-vrednosnoj (fazi) logičkoj meri različitosti koja se nalazi u Bulovom logičkom okviru. Klasterovanje se vrši na osnovu tri investiciona pokazatelja, a akcije se biraju za portfolio ukoliko pripadaju „perspektivnim“ klasterima.

U poglavljima 2 i 3 dati su osnovni teorijski koncepti. Poglavlje 4 objašnjava predloženi metod, dok su u poglavlju 5 predstavljeni rezultati. Zaključna razmatranja su data u okviru poglavlja 6.

2. Interpolativna Bulova algebra (IBA)

Interpolativna Bulova algebra (IBA) je realno-vrednosna realizacija Bulove algebra. U nauku ju je uveo Radojević [1]. IBA je zasnovana na principu strukturne funkcionalnosti i sastoji se od dva nivoa: simboličkog i vrednosnog. Na simboličkom nivou bilo koji logički izraz se može transformisati u odgovarajući generalizovani Bulov polinom (GBP). U tu svrhu koriste se pravila transformacije definisana u [2]. Transformacija na simboličkom nivou omogućava očuvanje Bulovih zakona, odnosno logičku konzistentnost, koje ostale viševrednosne logike nemaju. Više detalja o IBA se može pronaći u [3].

2. Logičko klasterovanje

Logičko klasterovanje, u opštem smislu, definišemo kao klasterovanje koji koristi realno-vrednosnu logičku meru sličnosti/

različitosti za grupisanje objekata. U predl. pristupu, korišćena je mera različitosti zasnovana na interpolativnoj relaciji [4]. Interpolativne relacije su realno-vrednosne logičke relacije (konzistentne fazi relacije) koje su realizovane pomoću IBA.

Ideja logičkog klasterovanja prvi put je predstavljena od strane Rakićevića i ostalih [5] na konferenciji SYM-OP-IS 2011. godine. U tom radu pokazano je da logička relacija ekskluzivne disjunkcije realizovana pomoću IBA može biti iskorišćena kao mera različitosti između objekata. Kao konzistentna fazi mera, ona može procesuirati realne logičke vrednosti u Bulovom okviru. Ovo je bio prvi put da se takva mera koristi za klasterovanje objekata.

Ovim je napravljen značajan iskorak u odnosu na dotadašnje, autoru poznate, logičke pristupe u tehnici klasterovanja. Klasični logički pristupi bili su u stanju da procesuiraju samo binarne logičke vrednosti. Ovo je omogućavalo da se objekti razlikuju po tome da li poseduju određenu osobinu, ali ne i prema intezitetu posedovanja iste. Klasični fazi pristupi, sa druge strane, nisu imali razvijenu adekvatnu fazi meru. Oni su se uglavnom oslanjali na proceduru razvijenu od strane Tamure i ostalih [6], koja je korišćenjem max-min kompozicije u n-koraka svodila bilo koju subjektivnu realciju na Zadeovu relaciju sličnosti [7]. Ovakav pristup je zahtevao postojanje početne subjektivne relacione matrice kojom bi se opisale sličnosti među objektima, ne omogućavajući „direktno merenje“ sličnosti objekata na osnovu inteziteta posedovanja posmatranih osobina.

U [8] Rakićević i ostali su detaljnije obrazložili ideju logičkog klasterovanja i prikazali algoritam za hijerarhijsko logičko klasterovanje. Predloženi pristup testiran je na problemu grupisanja evropskih zemalja prema njihovim makro-ekonomskim indikatorima.

4. Izbor investicionog portfolija primenom logičkog klasterovanja

U ovom radu, logičko klasterovanje je primenjeno na rešavanje problema izbora portfolija. Za potrebe testiranja predloženog metoda korišćen je primer Beogradske berze i to akcije koje čine tržišni indeks BeexLine. Korišćeni su podaci u periodu od 1.6.2013. godine do 1.6.2015. godine.

Problem izbora portfolija se sastoji iz dva pod-problema: izbor komponenti portfolija i određivanje njihovog udela u portfoliju. Predloženi pristup vrši izbor akcija na bazi rezultujućih klastera, dobijenih logičkim klasterovanjem akcija koje čine BeexLine indeks. Grupisanje preduzeća u klaster se vrši na osnovu tri investiciona pokazatelja: prinosa na kapital (ROE)¹, odnosa tržišne vrednosti i prihoda od prodaje (P/S), kao i odnosa tržišne i knjigovodstvene cene preduzeća (P/B). Svaki dobijeni klaster opisan je srednjom vrednošću navedenih investicionih pokazatelja. Ukoliko su prosečne vrednosti pokazatelja na nivou klastera „povoljne“, klaster se definiše kao „perspektivan“ i akcije koje se u njemu nalaze ulaze u sastav portfolija.

Udeo svake od akcija u portfoliju određen je pomoću sledeće formule:

$$w_t^i = \frac{\left(\frac{1}{K_t}\right)}{n_t^k}, \quad (1)$$

gde w_t^i predstavlja udeo akcija kompanije i u investicionom portfoliju u trenutku t, K_t broj izabranih klastera u trenutku t, dok n_t^k predstavlja broj firmi koje se nalaze u klasteru k u trenutku t.

Kao što se to može videti iz formule (1), predloženi model je dinamičke prirode što znači da se postupak klasterovanja ponavlja kroz vreme, pa se sa promenom investicionih

¹Umesto originalnog prinosa na kapital, korišćen je modifikovani pokazatelj kod koga se kao vrednost kapitala uzima trenutna tržišna vrednost kompanije.

pokazatelja menjaju se i udeli akcija u portfoliju. Izbor akcija i kalkulacija njihovih težina, kao i tržišno usaglašavanje portfolija vrši se prvog trgovačkog dana u mesecu.

5. Rezultati

Pre izvršavanja algoritma za logičko klasterovanje potrebno je izvršiti transformaciju početnih podataka u logičke vrednosti (intezitete posmatranih osobina). Za tu svrhu, korišćena je klasična max-min normalizacija podataka. Potrebno je naglasiti da je pre normalizacije izvršeno uklanjanje ekstremnih vrednosti sa krajeva intervala kako bi normalizovane vrednosti što verodostojnije opisivale intezitete posmatranih osobine.

Komp	Cena	ROE	P/S	P/B	k	w
AERO	575	0,284	1,000	0,563	2	0,083
AGBC	1650	0,357	0,144	0,065	4	
ALFA	14155	0,527	0,283	0,255	3	0,042
BIPB	25	1,000	0,056	0,028	3	0,042
BMBI	38391	0,474	0,712	1,000	2	0,083
ENHL	759	0,360	1,000	0,662	2	0,083
FITO	2600	0,602	0,482	0,462	3	0,042
GFOM	320	0,314	0,079	0,137	4	
GMON	2292	0,802	0,166	0,279	3	0,042
IMLK	3525	0,400	0,646	1,000	2	0,083
IMPL	820	0,780	0,008	0,131	3	0,042
INSJ	9020	0,445	0,179	1,000	1	
JESV	4799	0,502	0,169	0,394	3	0,042
LSTA	207	0,328	0,000	0,035	4	
MOIN	11500	1,000	0,037	0,168	3	0,042
MTLC	2200	0,541	1,000	0,461	2	0,083
NIIS	900	0,810	0,269	0,490	3	0,042
PLNM	1590	1,000	0,049	0,261	3	0,042
PLNN	21573	0,606	0,664	0,798	2	0,083
PRGS	15	0,000	1,000	0,000	5	
RDJZ	451	0,315	0,025	0,000	4	
SJPT	524	0,096	0,311	0,447	4	
TETO	6000	0,649	0,117	0,460	3	0,042
TGAS	5400	0,408	0,486	0,246	3	0,042
TIGR	52	0,000	0,000	1,000	1	
VBSE	800	0,302	0,004	0,000	4	
VDAV	5200	0,293	0,139	0,290	4	
VITL	769	0,000	0,066	0,077	4	
VZAS	337	0,620	0,176	0,233	3	0,042
Vrednosti portfolija					1.132.080 din	

Tabela 1. Izbor portfolija na dan 1.7.2014.

U Tabeli 1 prikazani su rezultati izbora portfolija za mesec avgust 2014. godine. Izbor klastera za investiranje izvršen je na osnovu prosečnih vrednosti pokazatelja po klasterima, koje su prikazane u Tabela 2.

k	n^k	ROE	P/S	P/B
1	2	0,22	0,09	1
2	6	0,44	0,84	0,74
3	12	0,72	0,19	0,28
4	8	0,25	0,10	0,13
5	1	0	1	0

Tabela 2. Karakteristike klastera na dan 1.7.2014.

Na osnovu prosečnih vrednosti pokazatelja po klasterima, za investiranje su odabrani klaster 2 i klaster 3. Udeli akcija u portfoliju izračunati su korišćenjem formule (1).

Kao meru uspešnosti predloženog pristupa korišćen je standardni prinos, a kao reporni portfolio zadat je BelexLine tržišni indeks. Kako bi rezultati simulacije bili što realniji, transakcioni troškovi su uzeti u obzir. Konačni rezultati prikazani su u okviru Tabele 3.

Portfolio	Vrednost na dan		Prinos
	1.6.2013.	1.6.2015.	
Predloženi pristup	1.000.000	1.476.956	47,70 %
BelexLine portfolio	1.000.000	1.398.435	39,84 %

Tabela 3. Konačni rezultati na dan 1.6.2015.

Predloženi pristup je ostvario značajno bolje rezultate od repernog indeksnog portfolija. Rezultati ukazuju da je upotreba klasterovanja kao tehnike za izbor portfolija opravdana i, čak šta više, može ostvariti zavidne rezultate u odnosu na pasivni indeksni pristup portfolio menadžmentu.

6. Zaključak

Uspešna primena logičkog klasterovanja u rešavanju problema izbora portfolija otvara prostor za integraciju predloženog pristupa u okviru složenijeg sistema za algoritamsko trgovanje. Dodavanjem trgovačke komponente

sistema – koja na osnovu zadanog modela donosi odluku o tačnom momentu kupovine/prodaje akcija i načinu ispostavljanja kupo-prodajnih naloga, dodatno bi se unapredili postignuti rezultati i izvršila optimizacija troškova trgovanja. Ovo bi automatizovalo process trgovanja do najvišeg nivoa, zahtevajući prisustvo čoveka isključivo kao kontrolnu komponentu ali ne i upravljačku.

Budući rad će biti usmeren upravo ka realizaciji jednog takvog sistema.

Bibliografija

- [1] **D. Radojević.** New [0,1]-valued logic: A natural generalization of Boolean logic. *Yugoslav Journal of Operational Research*, 2000, 10 (2), 185-216.
- [2] **D. Radojević.** Real sets as consistent Boolean generalization of classical sets. In: L. Zadeh, D. Tufis, F. Filip, I. Dzitac (eds.) *From Natural Language to Soft Computing: New Paradigms in Artificial Intelligence*, Editing House of Romanian Academy, 2008, pp. 150-171.
- [3] **D. Radojević.** Real-Valued Realizations of Boolean Algebras Are a Natural Frame for Consistent Fuzzy Logic. In: R. Sesing, E. Trillas, C. Moraga, S. Termini (eds.) *On Fuzziness: A Homage to Lotfi A. Zadeh*, *Studies in Fuzziness and Soft Computing* 299, Springer, pp. 559-565.
- [4] **D. Radojević.** Interpolative relations and interpolative preference structures. *Yugoslav Journal of Operational Research*, 2005, 15(2), 171-189.
- [5] **A. Rakićević, I. Nešić, D. Radojević, B. Petrović.** Hierarchical clustering using consistent fuzzy technique. U J. Vuleta, M. Backović, Z. Popović (eds) *Zbornik XXXVIII Simpozijuma o operacionim istraživanjima*, 2011, str. 418-420.
- [6] **S. Tamura, K. Higuchi, K. Tanaka.** Pattern classification based on fuzzy relations. *IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics*, 1978, 1, 61-66.
- [7] **L. Zadeh.** Similarity relations and fuzzy ordering. *Information Science*, 1971, 3, 177-200.
- [8] **A. Rakićević, I. Nešić, D. Radojević.** A novel approach to hierarchical clustering based on logical measure of dissimilarity. In N. Mladenović, G. Savić, M. Kuzmanović, D. Makajić-Nikolić, M. Stanojević (eds.) *Proceedings of the 11th Balkan Conference on Operational Research*, 2013, pp. 147-155.

MANAGEMENT

ORIJENTISANOST NA BREND, INOVATIVNOST I RAZVOJ DUGOROČNIH ODNOSA KAO PRETPOSTAVKE USPEŠNOG POSLOVANJA

BRAND ORIENTATION, INNOVATIVENESS AND DEVELOPMENT OF LONG-TERM RELATIONSHIPS AS PREREQUISITES FOR A SUCCESSFUL BUSINESS

Dr Saša Veljković

Ekonomski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Kamenička 6

veljkos@ekof.bg.ac.rs

Dr Zoran Bogetic

Ekonomski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Kamenička 6

bogeticz@ekof.bg.ac.rs

Rezime: *Savremeni uslovi poslovanja stavljaju preduzeća u Srbiji pred velike izazove. Izražena konkurencija, naročito iz inostranstva, ali i drugi faktori, zahtevaju od menadžera da racionalno troše resurse i usmeravaju ih na prave aktivnosti. Strateška i taktička dimenzija poslovnog upravljanja moraju biti usklađene. Mnogobrojne studije u inostranstvu ukazuju na značaj orijentisanosti na brend, inovativnosti i razvoja dugoročnih odnosa sa partnerima u kanalima marketinga, kao i na njihov uticaj na poslovne rezultate. Istraživanje sprovedeno u Srbiji u oblasti visoko-obrtnih proizvoda svakodnevne potrošnje, potvrđuje ove nalaze. Faktorska analiza izdvojila je jasno tri faktora (latentne varijable): brend orijentaciju, inovativnost i razvoj dugoročnih odnosa u kanalima marketinga. Sva preduzeća podeljena su na osnovu datih pretpostavki u dva klastera. Na kraju, autori su posebno prodiskutovali razlike između klastera, kako u pogledu njihovih karakteristika, tako i u pogledu tržišne pozicije i finansijskih rezultata preduzeća.*

KLJUČNE REČI: ORIJENTISANOST NA BREND, INOVATIVNOST, MENADŽMENT ODNOSA SA KUPCIMA, STRATEGIJSKI MENADŽMENT, BREND MENADŽMENT

Abstract: *Modern business conditions put the companies in Serbia on big challenges. Strong competition, especially from abroad, but also other factors, require from the managers rational consumption of resources and their routing to the relevant activities. Strategic and tactical dimensions of business management must be harmonized. Numerous studies abroad have highlighted the importance of the brand orientation, innovativeness and development of long-term relationships with partners in marketing channels, and their impact on operating results. Research conducted in Serbia in the field of FMCG products, confirms these findings. Factor analysis is clearly singled out three factors (latent variables): brand orientation, innovation, and development of long-term relationships in marketing channels. All companies are divided into two clusters based on the given prerequisites. Finally, the authors have particularly discussed the differences between clusters, both in terms of their characteristics, and in terms of market position and financial results of companies.*

KEY WORDS: BRAND ORIENTATION, INNOVATIVENESS, CUSTOMER RELATIONSHIP MANAGEMENT, STRATEGIC MANAGEMENT, BRAND MANAGEMENT

1. UVOD

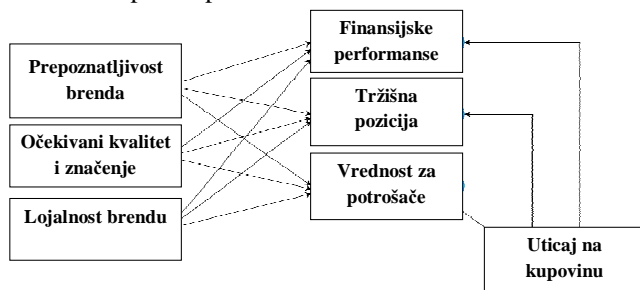
Globalizacija, ukidanje granica za protok roba, ljudi i kapitala, mnogobrojne promene u privredi i društvu i sve izraženija konkurencija naspram stagnirajuće tražnje, samo su neke od karakteristika modernog poslovnog ambijenta u Republici Srbiji. U takvoj situaciji postaje sve složenije upravljati preduzećem, naročito u onim sektorima i granama privrede u kojima je stalni pritisak na preduzeća i njihove proizvode, zatim gde postoji jak uticaj brenda i uopšte

marketinških aktivnosti na potrošače, kao i gde su direktni kanali prodaje slabo izraženi, a preduzeća (proizvođači i zastupnici) su upućeni na trgovinu (veleprodaju i naročito maloprodaju) kao posrednike u kanalima marketinga. Navedeni uslovi su izraženi kod veće grupe proizvoda (i delatnosti) koji su predmet česte kupovine i potrošnje, a namenjeni su krajnjim kupcima (potrošačima). Zato preduzeća moraju pažljivo pristupiti problematici vodeći računa o konkurenciji i potrošačima, te u tu svrhu pripremiti strateške i taktičke aktivnosti kojima će pospešiti i

unaprediti poslovanje i poslovne performanse. Stoga je u fokusu dalje analize upravo oblast visoko-obrtnih proizvoda svakodnevne potrošnje, sa posebnim osvrtom na ključne pretpostavke koje doprinose uspešnom poslovanju u ovoj heterogenoj oblasti. U tom smislu je cilj da se utvrdi da li se jasno mogu izdvojiti pojedine pretpostavke uspešnog razvoja preduzeća u tržišnim uslovima, kao i u čemu se razlikuju preduzeća koja uspešnije primenjuju te elemente u poslovanju u odnosu na ostala preduzeća.

2. BREND KAO POKRETAČ RAZVOJA

U mnogim istraživanjima je pokazano da brendovi predstavljaju značajan izvor vrednosti za potrošače, pa samim tim u velikoj meri utiču i na donošenje konačne odluke u kupovini proizvoda.



Ilustracija 1. Dimenzije i uticaji brenda ([1], str. 222)

Pojednostavljena verzija povezanosti vrednosti brenda za potrošače sa stvaranjem vrednosti za preduzeće, data je u Ilustraciji 1. Suštinski, kreiranjem vrednosti za potrošače stvara se pretpostavka kreiranja vrednosti i za preduzeće u formi maksimiranja dobiti u dugom roku. Osim toga, vrednost se formira i po osnovu smanjenja rizika u poslovanju i bolje efikasnosti i efektivnost ulaganja resursa u proizvodnju i marketing.

Kelerov lanac vrednosti brenda može poslužiti kao korisno sredstvo za razumevanje procesa kreiranja vrednosti brenda. Logično, na početku se nalaze investicije u marketinške aktivnosti, pre svega u formi ulaganja u razvoj proizvoda, ali i u integrisane komunikacije, kanale prodaje i zaposlene. Ukoliko se adekvatno sprovede, ovo investiranje imaće efekte u smislu znanja i ponašanja potrošača što, dalje, utiče na tržišne performanse brenda koje se mogu videti kroz: premijumsku cenu datog brenda, elastičnost cene, tržišno učešće, uspeh ekspanzije (širenja) brenda, strukturu troškova i profitabilnost. Tržišne performanse će dalje uticati na stavove investitora na tržištu kapitala, što će se onda odraziti i na višu cenu akcija kompanije i veći P/E racio. ([2] str. 29)

Očigledno je da brend zaokuplja pažnju teoretičara i praktičara zbog mnogobrojnih koristi koje može imati i za potrošače i za preduzeće, ali i za druge učesnike u kanalima marketinga i širu društvenu zajednicu. Kreirajući konceptualni okvir pretpostavki i efekata brend

menadžmenta, Gisip i Harun su pošli od sledećih dimenzija: organizacija i poslovna kultura koji su usmereni na brend, znanje i edukacija o brendu, marketinške sposobnosti preduzeća, inovativnost i brend orijentacija. Nezavisne varijable u ovom modelu su: odnos top menadžmenta prema brendu, podržavajući resursi kompanije i tržišna orijentacija. Brend menadžment u ovom modelu ima ulogu medijatora, povezujući nezavisne varijable sa performansama brenda (opširnije videti u [3]). U drugoj studiji, autori Wong i Merrilees dolaze do zaključka da na performanse brenda pozitivno utiču dve latentne varijable: brend orijentacija i inovativnost. Performanse brenda (tj. njegova tržišna pozicija) dalje utiču na finansijske performanse preduzeća (prema [4]).

Razlike u posmatranju efekata brend menadžmenta moraju početi od razlika pojedinih proizvoda i usluga, odnosno njihove namene. Tako je utvrđeno da razlike sa aspekte tretiranja i primene brenda i brend menadžmenta postoje ne samo u zavisnosti od toga da li se radi o poslovnom (takozvanom B-to-B, Business-to-Business) tržištu ili tržištu finalne potrošnje (B-to-C, Business-to-Consumer), već i u okviru svakog od njih pojedinačno. Tako su npr. utvrđene razlike između pojedinih kategorija unutar gore spomenute dve šire grupe/tipa proizvoda. Sa aspekta uloge brenda i brend menadžmenta i uticaja na potrošače i (performanse) preduzeća, može se praviti razlika između visoko-obrtnih proizvoda svakodnevne potrošnje (FMCG, uobičajena skraćena od eng. reči Fast Moving Consumer Goods) i trajnih potrošnih dobara (o tome videti u [5]). Naravno, i sama FMCG kategorija može se dalje podeliti u uže grupe.

Moderni uslovi poslovanja podrazumevaju da mora postojati saradnja u kanalima marketinga, naročito vertikalno posmatrano. Učesnici na tržištu, pre svega u istom lancu vrednosti, upućeni su jedni na druge. Odnosi između različitih učesnika u kanalima marketinga su ipak veoma složeni i različiti za pojedine kategorije roba. Razlikuju se i osnovni ciljevi preduzeća kao proizvođača i posrednika. Proizvođač primarno želi da, nakon izbora kanala distribucije i posrednika, što efikasnije i efektivnije isporuči proizvode i usluge na način da se kreira satisfakcija i lojalnost potrošača ka njegovim brendovima (preferirana tržišna pozicija). Nasuprot tome, trgovina (na veliko i malo), kao posrednik, teži da uspostavi dobre odnose sa proizvođačima, kako bi profitabilno poslovala i obezbedila zadovoljne potrošače koje želi da trajnije veže za sebe. Uprkos širokom polju na kojima se može uspostaviti saradnja, postoje određeni elementi u saradnji između učesnika u kanalima marketinga, koji mogu prouzrokovati probleme i sukobe. Savremene tendencije, kako u Srbiji, tako još više u razvijenim zemljama sveta, govore u prilog promeni snaga na relaciji proizvođač-veleprodavac-maloprodavac-potrošač. Na odnose između učesnika u kanalima marketinga može uticati veći broj faktora. To mogu biti: veličina partnera, tip proizvoda, broj posrednika u datoj kategoriji i na datom tržištu, učešće preduzeća u

ukupnoj prodaji partnera, ekskluzivnost ponude, kvalitet i stručnost menadžmenta, jačina brenda itd. Zbog toga se odvijaju dva paralelna procesa: građenja čvrstih partnerskih odnosa i konkurencije i konflikata (prema [6], str. 276).

U novije vreme sve više do izražaja dolazi informatička snaga maloprodavaca. Piercy i Lane u tom kontekstu ukazuju na neophodnost informisanja, razvoja odnosa i poslovne integracije (prema [7], str. 564). Zrelost industrijske grane takođe utiče na dobavljače da saraduju sa maloprodavcima. Kada su jedine determinante uspeha cena i raspoloživost robe dobavljači su u opasnoj situaciji degeneracije ponude u prostu robu (eng. commodity). Otuda i važnost adekvatnog poslovnog manevrisanja u životnom ciklusu proizvoda (prema [8], str. 10). Rizik komoditizacije brendova upućuje dobavljače na bližu saradnju sa maloprodavcima. Da bi dobavljač kontrolisao odnos sa maloprodavcem, on treba da bude fokusiran na potrebe i interese kupca, što se u ovom slučaju postiže međusobnom saradnjom (prema [8], str. 10).

Na osnovu svega izloženog može se izvesti zaključak da su na konkurentnim tržištima, poput robe svakodnevnog potrošnje, orijentisanost na brend, inovativnost i razvoj dugoročnih odnosa u kanalima marketinga, značajni faktori i pretpostavke uspeha preduzeća, što je i osnova za istraživanje i empirijsku analizu predstavljenu u nastavku.

3. EMPIRIJSKA ANALIZA

Kako bi se proverile pretpostavke uspeha preduzeća, sprovedeno je istraživanje metodom intervjuisanja putem on-line ankete. Nakon eliminacije nepotpunih odgovora, 93 je uzeto u dalju analizu. Ovi odgovori ujedno predstavljaju 93 brenda i povezane aktivnosti brend menadžmenta, pri čemu sva preduzeća posluju na teritoriji Republike Srbije u nekoj od oblasti visoko-obrtnih proizvoda namenjenih potrošačima zastupljenih u maloprodajnim lancima. Iako uzorak nije statistički reprezentativan za celu Srbiju, šarolikost brendova, užih oblasti u kojima konkurišu, porekla kompanija i neke druge karakteristike, daju dobru osnovu za donošenje određenih zaključaka. U Tabeli 1 data je struktura odgovora prema užim kategorijama visoko-obrtnih proizvoda.

Što se ostalih karakteristika uzorka tiče, 66,7% preduzeća je u većinskom ili apsolutnom domaćem vlasništvu, a što se brenodva tiče, 58,1% je izvorno domaćih, a 41,9% stranih. Oko 2/3 preduzeća u uzorku su proizvođači, a pored njih je i 30% zastupnika/distributera i 4,3% ostalih preduzeća (uglavnom zadruge). Posmatrano prema veličini (po klasifikaciji APR-a) 21,5% preduzeća iz uzorka pripada malim, 36,6% srednjim i 41,9% velikim. Ako se posmatra učešće izvoza u prodaji, 23,7% nije izvozilo, 53,8% je imalo do 24% učešće izvoza u ukupnoj prodaji, 15,1% preduzeća je imalo 25-49% i 7,5% je bilo izrazito izvozno orijentisano, sa učešćem izvoza od preko 50% u prodaji.

Uža kategorija visoko-obrtnih proizvoda	Frekvencija	%
a) Hrana – sveža i smrznuta (sveže i smrznuto voće i povrće, sveže meso, riba, hleb...)	21	22.6
b) Hrana – pakovana (konzerve, konditori, mleko i mlečni proizvodi...)	26	28.0
c) Bezalkoholna pića	5	5.4
d) Alkoholna pića	10	10.8
e) Visoko obrtna neprehrambena roba (papirna galanterija, sredstva za higijenu – ličnu i kućnu itd.)	11	11.8
f) Farmaceutski i srodni proizvodi (lekovi i preparati na OTC režimu, kozmetički proizvodi...)	8	8.6
g) Ostali FMCG proizvodi	12	12.9
Ukupno	93	100.0

Tabela 1. Struktura ispitanika prema užim kategorijama visoko-obrtnih proizvoda

Ispitanici su odgovarali na veći broj tvrdnji, zaokruživanjem odgovora datih na sedmostepenoj Likertovoj skali. Faktorskom analizom, uzevši kao donju granicu za prikazivanje faktorskih opterećenja vrednost od 0,50, izdvojena su upravo 3 faktora, koji korespondiraju sa postavljenim pretpostavkama, a tvrdnje koje su ušle kao sastavni deo svakog od tih faktora date su u Tabeli 2. Faktor 1 predstavlja *Inovativnost*, tvrdnje u okviru drugog faktora opisuju *Orijentisanost ka brendu*, a treći faktor predstavlja *Razvoj dugoročnih odnosa u kanalima marketinga*.

Rotated Component Matrix^a

	Component		
	1	2	3
U poređenju sa konkurencijom postoji visoka stopa tehnološkog napretka.	.851		
U poređenju sa konkurencijom preduzeće ima visoku stopu inovacija.	.754		
Prate i primenjuju najnovija IT dostignuća.	.753		
Brend menadžment je snažan instrument unapređenja konkurentske pozicije preduzeća.		.814	
Brendiranje prožima sve poslovne aktivnosti.		.778	
Brendiranje prožima sve marketinške aktivnosti.		.730	
Brend menadžment smanjuje rizik poslovanja preduzeća.		.656	
Postoji odličan protok informacija o brendu od trgovine ka preduzeću.			.846
Trgovci znaju da naprave najbolju ponudu za svoje kupce.			.682
Postoji odličan protok informacija o brendu ka trgovinama.			.642
Menadžeri nabavke u trgovinskim preduzećima poseduju visoku ekspertizu			.586

Extraction Method: Principal Component Analysis.
Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

a. Rotation converged in 5 iterations.

Tabela 2. Faktorska analiza

U daljoj analizi je sprovedena segmentacija uzorka da se utvrdi postojanje homogene grupe ispitanika u odnosu na primenu polaznih pretpostavki uspešne poslovne prakse. U tu svrhu, kako bi se dobili segmenti primenjena je hijerarhijska klaster analiza (Ward's method) kao tehnika koja se koristi u sličnim studijama. Polazna osnova bile su latentne varijable (faktori) dobijeni putem faktorske analize, prikazani u Tabeli 2. U konkretnom slučaju, podela na dva klastera je bila optimalna, imajući u vidu veličinu uzorka, homogenost unutar klastera i heterogenost između njih.

Kako bi se testirala statistička značajnost razlika između klastera, korišćeni su χ^2 test i ANOVA u zavisnosti od tipa podataka. Osnovni nalazi bi se mogli sumirati na sledeći način. U prvi klaster svrstano je 49 brendova, a u drugi 44. Po svim latentnim varijablama (posmatrajući aritmetičku sredinu prosečnih vrednosti tvrdnji koje konstituišu svaki od tri izdvojena faktora) postoji statistički značajna razlika ($p < 0.01$), pri čemu Klaster 2 ima znatno bolje rezultate. To se odnosi i na procenu tržišne pozicije brendova, koju su kroz davanje odgovora na Likertovoj sedmostepenoj skali takođe vršili ispitanici (odgovarajući na tvrdnje o svesnosti i reputaciji brenda kod potrošača i distributera i tendencijama u tržišnom učešću – u Tabeli 3 je data prosečna vrednost navedenih tvrdnji u koloni *Ocena tržišne pozicije brenda*). Što se tiče EBITDA marže, razlika između klastera je utvrđena na nivou $p < 0.1$, a podaci o marži za svako preduzeće dobijeni su iz zvaničnih finansijskih izveštaja.

Ako se pogledaju karakteristike preduzeća (brendova) svrstanih u dva klastera, može se videti da u Klasteru 1 dominiraju domaća preduzeća (posmatrano po vlasništvu) i domaći brendovi (posmatrano po poreklu brenda), a u Klasteru 2 je natprosečno učešće stranih preduzeća i brendova. Kao ilustracija, 21 od 31 preduzeća sa većinskim stranim vlasništvom je u Klasteru 2, dok je 39 od 62 preduzeća sa većinskim domaćim vlasništvom u Klasteru 1. Slični su podaci i ako se posmatra poreklo brenda. Kod stranih brendova je 25 od 39 u Klasteru 2, dok je većina domaćih brendova (35 od 54) u Klasteru 1.

Ward Method		Orijentacija ka brendu	Razvoj odnosa u KM	Inovativnost	Ocena tržišne pozicije brenda	EBITDA marža
Klaster 1	Mean	5.25	3.81	3.99	5.19	6.61%
	N	49	49	49	49	47
	Std. Dev.	1.13192	.82999	.97835	1.16973	.113753
Klaster 2	Mean	6.06	4.95	5.96	6.08	10.52%
	N	44	44	44	44	40
	Std. Dev.	.77359	.95171	.61466	.67420	.080872
Tota l	Mean	5.63	4.35	4.92	5.61	8.41%
	N	93	93	93	93	87
	Std. Dev.	1.05462	1.05304	1.28868	1.06109	.101350

Tabela 3. Karakteristike klastera

Iako ne postoji statistička značajnost po svim uže definisanim grupama proizvoda, primetno je da preduzeća (brendovi) iz oblasti farmacije dominantno pripadaju Klasteru 2 (7 od 8), dok preduzeća iz oblasti svežih i smrznutih prehrambenih proizvoda u većoj meri pripadaju Klasteru 1 (14 od 21). Kod drugih uže definisanih FMCG kategorija raspored po klasterima je prilično ujednačen.

4. ZAKLJUČAK

Preduzeća moraju strateški pristupiti svom poslovanju vodeći računa o svim elementima koji utiču na stvaranje vrednosti za potrošače i preduzeće. Pritom se naročito moraju fokusirati na balansirano korišćenje značajnih pretpostavki uspešnog poslovanja, gde svakako spadaju istinska brend orijentacija, jaka usmerenost na inovacije i građenje dobrih partnerskih odnosa u kanalima marketinga. Preduzeća koja u tome uspeju imaće i bolje tržišne i finansijske performanse. Pouke u pogledu korišćenja dobijenih nalaza naročito se odnose na domaća preduzeća i brendove, koji evidentno zaostaju u primeni naprednih koncepata u odnosu na preduzeća u stranom vlasništvu i zastupnike stranih brendova.

LITERATURA

- [1] Baldauf A., Cravens K. S., and Binder G. Performance Consequences of Brand Equity Management Evidence from Organization in the Value Chain. *Journal of Product & Brand Management*, 2003, 12, No.4, 220-236.
- [2] Keller K. L., Lehmann D. R. How Do Brands Create Value. *Marketing Management*, 2003, 12, No. 3, 26-31.
- [3] Gisip, I.A. & Harun, A. Antecedents and Outcomes of Brand Management from the Perspective of Resource Based View (RBV) Theory. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 2013, Vol 4 No 10, 432-438.
- [4] Wong, H.Y. & Merrilees, B. The performance benefits of being brand-orientated. *Journal of Product Brand Management*, 2008, 17, 372-383.
- [5] Baumann, C., Hamin, H., and Chong, A. The role of brand exposure and experience on brand recall—Product durables vis-à-vis FMCG. *Journal of Retailing & Consumer Services*, Mar2015, Vol. 23, 21-31.
- [6] Veljković, S. *Brend menadžment u savremenim tržišnim uslovima*. Ekonomski fakultet, Beograd, 2010.
- [7] Piercy N. and Lane, N. Transformation of the Traditional Salesforce: Imperatives for Intelligence, Interface and Integration. *Journal of Marketing Management*, 2003, Vol. 19, 563-582.
- [8] McDonald M., Gogers B. and Woodburn D. *Key Customer-How to Manage Them Profitably*, Butterworth-Heinemann, Oxford, 2000.

Značaj društvenih mreža u procesu planiranja i sprovođenja marketing kampanja

Marina Brbaklić Tepavac

Babbler Media Marketing doo, Zmaj Jovina 4, I/5, 25000 Sombor

e-mail: marina.tepavac@babbler.rs

Aleksandra Vukmirović

Stata.rs doo Milutina Milankovića 132/9, 11070 Beograd

e-mail: aleksandra.vukmirovic@stata.rs

Apstrakt. Ovaj rad bavi se analizom značaja društvenih mreža za planiranje i sprovođenje marketing kampanja. Cilj rada je da ukaže na mogućnosti upotrebe društvenih mreža u marketingu i da ukaže na smernice za njihovo uključivanje u integrisanu marketing strategiju kompanija. Prvi deo rada analizira društvene mreže sa kao koristan marketinški alat. Izlaganje nastavlja analizom upotrebe društvenih mreža kao izvora informacija : o korisnicima, upotrebi proizvoda, satisfakciji potrošača, i kao dodatni kanal za interakciju sa potrošačima i drugim stejkholderima. Predstavljeni primer iz prakse ilustruje principe uspešno sprovedene marketing kampanje i nudi smernice za upotrebu društvenih mreža u cilju ostvarivanja željenog dosega ciljne grupe, poverenja i uključenosti potrošača. Primer prikazuje kako strategijski pristup i integrisanje tri vrste medija: medija u vlasništvu kompanije, plaćenih medija i zarađenih medija dovodi do željenih rezultata. Izlaganje u ovom radu može da posluži kao osnova ljudima iz prakse za kreiranje strategije društvenih medija u okviru integrisane marketing strategije.

Ključne reči: Društveni mediji, društvene mreže, društveni CRM, internet marketing, marketing strategija.

1. Uvod

Društveni mediji (Social Media, SM) poslednjih nekoliko godina ostvarili su ogroman rast mereno brojem korisnika. Prema istraživanju koje sprovodi Emarketer [1] broj korisnika društvenih mreža (Social Networks, SN) približava se broju dve milijarde.

Društveni mediji odnose se na konverzacijski, distributivni način kreiranja i diseminacije sadržaja i komunikacije između zajednica [2]. SM označavaju načine na koji korisnici stupaju u online interakcije, i uključuju aktivnosti kao što su kreiranje sadržaja i komentarisane na blogovima, komuniciranje i deljenje sadržaja sa prijateljima, porodicom, poslovnim saradnicima i zaposlenima. Postoji veliki broj SM aplikacija kao što su blogovi, mikroblogovi, društvene mreže, forumi, wiki, platforme za deljenje fotografija i video materijala, društvene mreže zasnovane na lokaciji, virtuelne realnosti zasnovane na lokaciji i dr [3].

Širenje upotrebe SM dovelo je do promena u načinima na koji ljudi komuniciraju, saraduju, kreiraju i primaju informacije. Pored uticaja na na nivou pojedinca, društveni mediji pronašli su način da

stvore vrednost u poslovnom, političkom i drugim kontekstima.

Iako je većina kompanija svesna potrebe da budu aktivne na društvenim medijima, malo je onih koje razmeju načine kako da SM uključe u svoje marketing strategije, koje indikatore uspešnosti da koriste i koju metriku. Velik broj SM platform dovodi do toga da oglašivači često prisustvo na pomenutim platformama tretiraju kao samostalne aktivnosti umesto kao deo integrisanog sistema.

2. Upotreba društvenih mreža u marketing kampanjama

U ovom trenutku milioni ljudi povezuju se u zajednice na SN kako bi delili informacije i povezivali se sa drugima sa kojima imaju zajedničke interese, vrednosti i/ili životne stilove. Mnoge od ovih zajednica implicitno ili eksplicitno su organizovane oko potrošnje i marketing interesa [4].

Potencijal SN je ogroman – Facebook sa 1.390 miliona aktivnih korisnika mesečno, Twitter sa 284 miliona i YouTube sa 1.000 miliona aktivnih korisnika (izvor: Socialbakers) praktično predstavljaju države za sebe. Lične i poslovne društvene mreže jesu mesta gde ljudi razmenjuju informacije. SN su

mesta gde se šire tračevi, traže informacije, dele iskustva putem tekstova, glasovnih poruka, video sadržaja i fotografija. Ukoliko je neko imao loše iskustvo sa određenim proizvodom i uslugom, kao na primer hotelskom uslugom, društvene mreže su mesto gde će iskazati svoje nezadovoljstvo. U slučaju da je usluga bila veoma loša, mogli bi pokrenuti i negativnu kampanju protiv kompanije putem bloga.

Korkoran [5] deli medije prema stepenu kontrole oglašivača na tri tipa medija: mediji u vlasništvu oglašivača (kompanijski website), plaćeni mediji (sponzorstva i advertizing) i zarađeni mediji (viralni marketing na društvenim mrežama).

Sa stanovišta marketinga dve su osnovne primene društvenih mreža i to kao: izvor informacija o korisnicima i kao kanal za interakciju sa korisnicima.

2.1. Društvene mreže kao izvor informacija o korisnicima

U poslednjih nekoliko godina razvijena je interdisciplinarna istraživačka oblast pod nazivom Analiza društvenih medija (Social Media Analytics) sa primarnim ciljem da razvija i evaluira tehnički okvir i softverske alate za praćenje, modelovanje i analizu podataka dobijenih iz društvenih medija [3]. Ovakav pristup analizi omogućava transformaciju ogromne količine sirovih podataka, odnosno kako ih Manovich [4] naziva "Big Social Data" u vredne i korisne poslovne informacije koje mogu poslužiti kao osnova za donošenje poslovnih odluka.

Marketing istraživači koriste SM na različite načine koji uključuju [6]: uočavanje šablona ponašanja, panele potrošača, društvene mreže, online zajednice za marketing istraživanja, platforme za slušanje i geografsko targetiranje.

Informacije dobijene uz pomoć SMA mogu poslužiti donosiocima odluka kao imput za kreiranje strategija društvenih medija u okviru šire digitalne strategije i marketing strategije. U fazi analize i planiranja marketinga ovi podaci imaju značaj u identifikaciji potrošačkih trendova i za dobijanje informacija o upotrebi proizvoda. Određen uvid u navedene informacije kompanije mogu da steknu putem monitoringa aktivnosti na društvenim mrežama. Uprkos činjenici da većina pretraživača (Google, Bing) sada uključuje i SM u rezultate svojih pretraga, ovakve pretrage predstavljaju skroman i nepouzdan izvor informacija. Takođe, određen stepen automatizacije neophodan je kako bi se iz ogromne količine podataka dobile informacije na kojima se mogu zasnivati poslovne odluke.

2.2. Društvene mreže kao kanal za interakciju

Pored korišćenja SN kao imputa prilikom donošenja marketing odluka, iste mogu da služe i kao kanal za komunikaciju sa korisnicima, konkurencijom i drugim stejkholderima (novinarima, investitorima i širom društvenom zajednicom). Neke od koristi korišćenja SN u marketingu uključuju: privlačenje novih korisnika, dobijanje povratnih informacija od strane korisnika i zajednice, podizanje svesti o proizvodu i naporima kompanije, građenje virtuelnih zajednica i prikupljanje sredstava.

Kompanije uz pomoć SN mogu da komuniciraju svoju ponudu. Mnoge firme koriste Facebook i Twitter kako bi komunicirale specijalne ponude zainteresovanim pretplatnicima. Takođe, uz pomoć SN moguće je promovisati preporuke samih korisnika. Vlasnici hotela i restorana koriste ocene i preporuke korisnika sa sajtova kao što su Booking.com, Tripadvisor.com i Foursquare.com kako bi promovisali svoju ponudu drugim klijentima. Brendovi kao što su Smashbox i MAC koriste preporuke prijatelja u okviru svojih stranica za e-trgovinu.

U eri medija koje kreiraju sami korisnici, društvene mreže ne funkcionišu samo kao kanal za prenos poruka, već imaju ulogu i u podsticanju viralnog marketinga (Word of Mouth Marketing, WOMM). Društvene mreže omogućile su potrošaču njegovo pravo glasa. Ukoliko je (ne)zadovoljan proizvodom ili uslugom može preporučiti određen brend ili iskritikovati kompaniju koja se prema njemu nije ponašala sa dužnim poštovanjem. I sve to može proslediti svojim saradnicima, prijateljima, porodici koji ta iskustva mogu dalje proslediti ljudima u svojim krugovima i brzo se doseže do milionske publike. Prema istraživanju Nielsena [7] o poverenju potrošača u različite kanale marketinga preporuke drugih potrošača jedan su od najkredibilnijih vidova reklame. Sa druge strane, nemogućnost kontrole nad komunikacijom koja se odvija između samih korisnika nameće kompanijama potrebu osluškivanja raspoloženja korisnika u realnom vremenu i prilagođavanje u skladu sa feedbackom korisnika.

Pored čisto komunikacijskog aspekta, SN koriste se i kao svojevrsni kanal za transakcije. Mnogi maloprodajni lanci kao i muzičke zvezde kao što su Lady Gaga i Justin Bieber imaju svoje Facebook prodavnice.

Mogućnost interakcije omogućava kompanijama uspostavljanje i održavanje dugoročnih odnosa sa korisnicima u okviru Društvenog menadžmenta odnosa sa potrošačima (Social Customer Relationship Management, Social CRM). Društveni CRM je koncept orijentisan oko potrošača, koji podrazumeva upotrebu informacionih tehnologija (IT) u vidu

softverskih rešenja i alata koji integrišu informacije o potrošačima iz svih izvora, analiziraju ih i primenjuju dobijene rezultate u cilju izgradnje snažnijih odnosa sa potrošačima [8].

3. Planiranje i sprovođenje marketing kampanja u praksi

U nastavku rada prikazana je studija slučaja koja je deskriptivne prirode. Njen cilj je da putem analize uspešno realizovane integrisane marketing kampanje, uz pomoć društvenih mreža, ukaže na faktore koji utiču na uspeh kampanje.

3.1. Osnovne informacije

PSP-Farman Holding je internacionalna građevinska kompanija koja posluje u oblasti razvoja, projektovanja, izgradnje i opremanja objekata. PSP-Farman Holding investitor je stambeno-poslovnog kompleksa „West 65” koji se nalazi na uglu Ulice Omladinskih brigada i trase unutrašnjeg magistralnog prstena na Novom Beogradu. Stanovi u okviru kompleksa grade se i opremaju po najvišim standardima ali imaju i relativno visoku cenu kvadrata.

Cilj promotivne kampanje koje trajala mesec dana, bio je da se potencijalni korisnici i šira javnost upozna sa projektom „West 65”. Osnovna ideja kampanje bila je da se kupovina stana u okviru kompleksa predstavi kao vid investicije. Merenje efekata kampanje vršeno je putem broja prikaza, interakcije (lajkova, komentara, deljenja), kao i putem broja prodajnih sastanaka.

3.2. Ciljna grupa

Ciljna grupa kampanje bili su ljudi poreklom iz Srbije, starosti 35 do 60 godina, sa višim novom prihoda koji žive i rade u inostranstvu (Nemačka, Austrija, Holandija, Švajcarska, Švedska, Norveška, Rusija, Hrvatska, Bosna i Hercegovina i Crna Gora). Takođe, kampanja je trebala da targetira i ljude sa višim nivoom prihoda koji žive u Beogradu i u većim gradovima u Srbiji (preko 70.000 stanovnika).

Desktop istraživanje ukazalo je na to da prvu ciljnu grupu čine ljudi koji online medije (prvenstveno Facebook) koriste kako bi bili u kontaktu sa prijateljima i rodbinom u Srbiji. Takođe, prate i online sadržaje koji se odnose na trenutnu situaciju u Srbiji (emisije namenjene dijaspori). Kupovinu stana u Srbiji vide kao investiciju u budućnost.

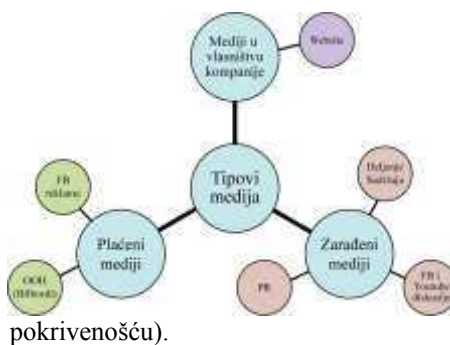
Druga ciljna grupa jesu ljudi koji žive i rade u Srbiji. Vlasnici su jedne ili više nekretnina. Kupovinu dodatne nekretnine vide kao ulaganje u budućnost, odnosno kao relativno sigurnu investiciju u poređenju

sa štednjom u banci i/ili kao životni prostor za svoju decu.

3.3. Implementacija

Kreiranje sadržaja koji bi bio referentan za ciljnu grupu bilo je od velike važnosti. Sadržaj je trebalo da se fokusira na racionalne prednosti stambenog kompleksa, a da u drugi plan stavi emotivne benefite. Facebook reklame, postovi, video materijali za kompanijski website i Youtube kanal kao i idejno rešenje za outdoor (bilborde) imali su akcent na lokaciji, kvalitetu gradnje i elitnosti samog kompleksa.

Mediji korišćeni u kampanji uključivali su kako medije u vlasništvu oglašivača (kompanijski website), plaćene medije (bilbordi, Facebook reklame) tako i zarađene medije (diskusije na Facebooku, komentare na Youtube kanalu, deljenje sadržaja sa FB stranice, kao i interesovanje štampanih medija sa nacionalnom



Slika 1. Mediji korišćeni u kampanji

Prilikom sprovođenja kampanje, vreme je bilo od velike važnosti. Kampanja je krenula početkom marta, pre Uskrsa i prvomajskih praznika, kada većina ljudi koja živi i radi van Srbije dolazi da poseti rodbinu i prijatelje. Outdoor kampanja počela je krajem marta i trajala je tokom uskršnjih praznika.

PR strategija implementirana je sa ciljem da produži trajanje kampanje i ojača uključenost ciljne grupe. Pojavljivanja predstavnika prodaje u emisijama na televizijama sa nacionalnom i/ili regionalnom pokrivenošću u Srbiji i dijaspori (online) imalo je za cilj informisanje ciljne grupe i šire javnosti o samom projektu, kao i izgradnju imidža investitora kao profesionalnog i gradnju kredibiliteta. U toku trajanja kampanje organizovano je i druženje sa novinarima gde je predstavljeno 100 novih stanova i 11 lokala, što je rezultiralo u objavama u štampanim i online medijima u toku trajanja kampanje.

Tokom monitoring aktivnosti na društvenim mrežama u toku kampanje, uočeno je nekoliko negativnih komentara vezano za projekat. Komentari

su izražavali sumnju da će projekat ikada biti završen u celosti. Druga zamerka se odnosila na okruženje kompleksa koje korisnici vide kao hladno. Kao odgovor na komentare korisnika urađen je snimak ogednog stana, koji deluje kao realan životni prostor, koji je postavljen na kompanijski website i Youtube kanal. Drugi snimak je prikazivao stanare kompleksa, kao otvorene, prijatne i obične ljude kao kontrast urbanom okruženju Novog Beograda.

3.4. Evaluacija i naučene lekcije

Zvanična Facebook stranica je u martu mesecu dobila 682 nova fana. U toku trajanja kampanje, stranica je prikazana 124.852 puta, a 2.120 fanova imalo je interakciju sa Facebook stranicom (lajkovi, komentari, deljenje). Na strani su objavljena 23 posta, postove su videli fanovi iz 13 zemalja. Snimke postavljene na Youtube kanal pogledalo je oko 30.000 ljudi.

U toku trajanja kampanje i neposredno nakon završetka iste, uočen je porast u zakazivanju prodajnih sastanaka od 15%.

Postavljanje strategijskog okvira omogućilo je da pre sprovođenja kampanje imamo odgovore na četiri ključna pitanja: ko je naša ciljna grupa, koje medije konzumiraju, na koji način da im se obratimo i putem kojih kanala komunikacije.

Sledeći faktori doprineli su uspešnosti sprovedene kampanje:

Sadržaj – sadržaj mora biti prilagođen ciljnoj grupi u pogledu teme, stila i tona komunikacije.

Strategijski okvir (integrisanost) – integrisanost svih medija u kampanji (medija u vlasništvu kompanije, plaćenih medija i zarađenih medija) koji zajedno doprinse ostvarenju postavljenih ciljeva.

Mesto – koje medije koristiti u kampanji kako bismo došli do ciljne grupe.

Indikatori uspeha – pre početka kampanje potrebno je odrediti indikatore uspeha koji treba da budu objektivni, realno ostvarljivi i konkretni i pratiti ih u toku trajanja kampanje.

Dijalog – konstantno osluškivanje raspoloženja i prilagođavanje komunikacije.

Budžet – za razliku od tradicionalnih medija društveni mediji ne zahtevaju velike budžete. U slučaju da kompanija raspolaže sa malim budžetom, treba da se iskoristi potencijal medija u vlasništvu kompanije, zarađenih medija i odnosa sa javnošću.

4. Zaključak

Društvene mreže danas predstavljaju mesta gde ljudi razmenjuju informacije i iskustva. To su mesta gde se šire tračevi, pitaju pitanja o različitim temama i

stvaraju zajednice oko sličnih interesa i/ili interesovanja. Uzimajući u obzir navedeno, ne iznenađuje činjenica da mnoge kompanije i organizacije koriste društvene mreže kao marketinški alat za monitoring satisfakcije potrošača, dijalog sa korisnicima, segmentaciju ciljne grupe, targetiranje i kao dodatni kanal za plasiranje komercijalnih sadržaja.

Iako većina kompanija razume neophodnost prisustva i aktivnost na društvenim mrežama, veliki deo njih čini grešku što društvene mreže tretira kao odvojene platforme koji funkcionišu odvojeno jedne od drugih i od ostalih marketinških kanala komunikacije. Za razliku od ovakvog pristupa, društvene medije bi trebalo uvrstiti u integrisanu marketing strategiju čiji je centralni deo iskustvo potrošača. Digitalni mediji ne služe kao alternativa, odnosno zamena za tradicionalne medijime već kao medij koji omogućava da se proširi uticaj marketinga sa svesti o proizvodu/usluzi na uključenost i lojalnost korisnika.

Bibliografija

- [1] Worldwide Social Network Users: Q1 2015 Complete Forecast. Available: <http://www.emarketer.com>, 2015
- [2] **D. Zeng, H. Chen, R. Lusch, S. Li.** Social media analytics and intelligence. IEEE Intelligent Systems, 2010, 25, 13–16
- [3] **S. Stieglitz, L. Dang-Xuan, A. Bruns, C. Neuberger.** SocialMedia Analytics, An Interdisciplinary Approach and Its Implications for Information Systems. Springer Fachmedien Wiesbaden, 2014, 56, 101-109.
- [4] **L. Manovich.** Trending: the promises and the challenges of big social data. In: Gold MK (ed) Debates in the digital humanities, University of Minnesota Press, Minneapolis, 2012, 460–475.
- [5] **S. Corcoran.** 2009, Available at: http://blogs.forrester.com/interactive_marketing/2009.
- [6] **A. Patino, D.A. Pitta, R. Quinones.** Social media's emerging importance in market research. Journal of Consumer Marketing, 2012, 29, 233 – 237.
- [7] Nielsen, Global Trust in Advertising and Brand Messages, 2012. Available at: <http://www.nielsen.com/us/en/reports/2012/global-trust-in-advertising-and-brand-messages.html>
- [8] **F. Kotler, V. Vong, Dž. Sonders, G. Armstrong.** Principi marketinga. MATE, Beograd, 2007, 481-485.

Some Consideration on the Specifics of IT Projects Management

Zoran Nešić

University of Kragujevac, Faculty of Technical Sciences, Čačak, Serbia

e-mail: zoran.nesic@ftn.kg.ac.rs

Nebojša Denić

Faculty of Information Technology, Belgrade, Serbia

e-mail: nebojsa.denic@alfa.edu.rs

Miroslav Radojičić

University of Kragujevac, Faculty of Technical Sciences, Čačak, Serbia

e-mail: miroslav.radojicic@ftn.kg.ac.rs

Jasmina Vesić Vasović

University of Kragujevac, Faculty of Technical Sciences, Čačak, Serbia

e-mail: jasmina.vesic@ftn.kg.ac.rs

Abstract. This paper presents some considerations on the management of information technology projects. In this sense are analyzed the schedule of activities within the process of project management, as well as the balance between the project team and technology. The process of IT project management has specific features that makes it some different from classic projects. In this sense, the paper examines the specifics of the process of IT projects management. The paper presents the key features of specific software tool for project management "project2manage". From the presented analysis, the conclusion is that the software application "project2manage" can have significant support for activities related to project management. The paper illustrates the characteristics of application tools with the main task of ensuring the successful completion of the project and creation of quality products on schedule, with the use of minimal resources.

Keywords: Information Technology, Project Management, Project2manage

1. Introduction

Managers of information systems have a key role in the implementation of information technology in their organizations. They plan, coordinate and direct explore all technological activities in business systems and companies. At the same time they are in contact with other managers, in order to determine the objectives of business systems and technology of companies, in accordance with the set of objectives.

In this sense significant support provide tools that help to predict and control the results of the efforts undertaken in the organization. In order to successfully manage the projects, it is very important to complete the term, to remain within the limits of the budget and that customers are satisfied with the results.

Wysocki & McGary (2003, p. 3) [1] look at the project as a series of complex and interrelated activities that must be completed in accordance with the requirements in a specific time frame and financial framework. Young (2001, p. 21) [2] defines project management as

a dynamic process control and appropriate use of company resources. For successful realization of the project it is necessary time management, materials, people and costs in order to realize the project within concerted deadlines, estimated costs and within the appropriate quality of the final product [3].

2. Specifics of IT project management

Information projects include research, analysis, then purchase and installation of new hardware and software and often the software development. Some projects involve small changes to software, allowing that existing equipment works with the new. Other projects deal with software development. The fact is that software development requires a project manager to deal with traditional methods of project management, which depend on the life cycle of each product separately [4].

In contemporary business companies and systems it is imperative that information technology work efficiently and reliably. However, in business in real terms, the decisions are based on incomplete information, which are related to the degree of uncertainty. Therefore, the risk remained an integral part of project management [5], [6].

Analysis of IT projects indicate problems that occurred throughout the life cycle of a project, which could be avoided if they had been identified early in the project and that at the time began with the solution of high risk elements [7].

By analyzing the particularities of the IT projects of the classical projects, Taylor (2004, p. 2) [8] noted that the elements of project process management is the same regardless of whether it comes to IT projects. However, it is more difficult to determine the compliance of other software products. Information technologies are faced with the "attacks" from all sides: constant changing of business requirements, hardware compatibility, software

bugs, security holes and network bandwidths [9]. A key feature of IT project management is the quick decision making [10]. This is necessary because in the rapid pace of the Internet, many of the projects shall be completed within three months [11].

Whittacker (1999, p. 23) [12] In his research proves that one of the most common causes for the breakdown of the IT projects is poor planning of the project, or poorly prepared project plan and inadequate project of risk management.

Since the IT projects differ from other projects, they must have special tools and techniques of project management [8]. These tools and techniques can be applied to any other project, regardless of whether they are about making programs, mechanical equipment or in construction or other engineering. IT projects makes different, compared to other, risks in the project, quick setup requires of the project to meet labor market demands, the short lifetime of technology and high dependency on other projects.

3. The possibility of Tool „Project2manage“

„Project2Manage“ [13] is an online project management application, which has as a goal to ensure good cooperation between team members, in order to achieve the intended goals of the project. The main features that "Project2Manage" offers are:

Management of team members. It is possible to restrict or allow complete access to resources, as well as create, delete, and edit data on members of the team which uses the system.

The exchange of messages between team members. Anyone can be fully informed using integrated messaging mechanism, so there is no need for sending e-mails. The mechanism allows simple asynchronous communication among team members. Messages can be public or private.

Setting the time alert for team members. It is possible to set the alarm when something

important happens in the project, so that no one will forget important events.

File sharing. All team members can share files and other types of documents or images using the built-in mechanism for file transfer. Allowed file upload size is up to 500MB.

Tasks assign. The mechanism for the allocation of tasks to team members always have in a "head" when something needs to be done and deadlines which have to be met. They could be easily seen when you what to do and also what has been completed.

Online collaboration with other team members. "Project2manage" is a great tool for group work, with a forum for members from remote locations in which they can participate for the exchange project information with their colleagues.

Simplicity. "Project2manage" provides a very simple and intuitive user interface, with which it is a pleasure to work with.

When you know how to make a project and how to engage users, it can be seen how the assign tasks to another user. Before allocation of tasks, it is necessary to create a list of tasks (to-do list) and later will be inserted as needed tasks (to-do item) in that list. In the tasks there is a possibility that items are marked as private, which means that it can only be accessed by users from a particular business system and the company. There is also another benefit in creation of the list, and that is to create a list linked to a specific deadline endings. When you create a list or a list of tasks you have the possibility to add new tasks to the existing list. Also, if there are existing tasks they can be edited, deleted, or marked as completed.

By the option "New To-Do Item", you can enter a new element and assign the task to another user. This mechanism seems at first sight very easy to use, but there is one small drawback. If you want multiple users to participate in a task, there must be a copy of that element, because the option "Assign To:" only supports one user. The result would be a little redundant and perhaps confusing.

"Project2manage" implements a deadlines set by using the "milestones" (control point check on the way), Figure 1. In the

"Milestones" can be found detailed description of tasks that are late, also scheduled tasks in a calendar format. It is important that the control point is awarded to an employee (and there is a disadvantage because you can not assign more workers at the same time) and set the date. And here can be assign a control point mark as private. Newly created milestone will be visible in the calendar, and the user will receive a warning when it comes to the moment of check.

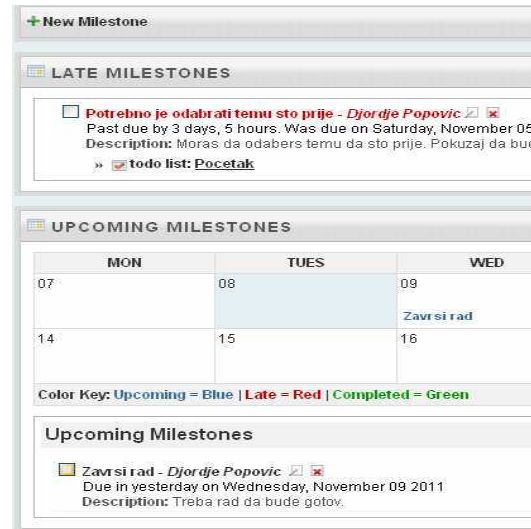


Figure 1. Setting timelines

"Project2manage" allows you to create reports for time tracking and project developments. Users can in a simple way create their business daily. Time tracking mechanism is available on the navigation menu.

It is possible already created reports export to PDF or CVS format. To export a report to PDF format or CVS is necessary to choose "New Time report". There is possibility to choose: time, users (who should be in the report) and the report format.

"Project2manage2" allows users to use asynchronous communication mechanisms. Messages have their name, they can be grouped by category, and the body of a message may edited by the embedded text editor. Anyone who sends a message may decide whether the message is private, in order to be seen only a receiver. On message can be added binary archive, and can also bind messages to a "milestone", so everyone who is connected with

the "milestone" will be informed of the message. If the sender wants, he can transform the message into "topic-subscribe" type of communication. This means that other users, who are logged in that message, get a notification whenever if there is some comment or reply to that message.

"Spot2Jot" is an integrated application for collaborative writing. It allows creation of online documents and share with other users. Each time when someone edits a "spot2jot" keeps the new version of the document, so it can be later seen the original version, in order to be compared with the current revisions.

The final option "project2manage" that you need present is a file upload. Users who have permission to use file upload, can do upload of binary and text files, so that others users can take them. Files for download can be found in the "File Uploads".

4. Conclusion

IT project management is a complex undertaking of which often depends the future of the company. This makes it possible to deliver an acceptable product in the estimated time and within budget. Most unsuccessfully completed projects can be avoided if the project team in the early stages of the project properly assess and alleviate risk factors, or that risk management is integrated with certain activities within the framework of project management.

IT managers coordinates the activities carried out by a large number of IT professionals such as software engineers, programmers, systems analysts and other experts for specialist support. Management is a key factor for quality, fast and reliable improvement and / or implementation of new hardware infrastructure, computer networks and software applications in enterprises.

From the analyzes it can be concluded that the software application "project2manage" for project management can be considered as practical and easy tool for use and that therefore can be applied in the project

management process in order to achieve positive business results.

References

- [1] **R. K. Wsocki, R. McGary.** Effective Project Management: Traditional, Adaptive, Extreme (3rd ed.). *Wiley Publishing, Indiana*, 2003.
- [2] **D. Young.** Project Office Start-up. *PM Network*, 2001, 3(1), 21-32.
- [3] **M. P. Spinner.** Project Management: Principles and Practices. *Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River*, 1997.
- [4] **K. Schwalbe.** Information technology project management (5th ed.). *THOMSON Course Technology, Boston*, 2007.
- [5] **R. Burke.** Project Management: Planning and Control Techniques (4th ed.). *John Wiley & Sons, Ltd., Chichester*, 2003.
- [6] **R. Fairley.** Risk Management for Software Projects. *IEEE Software*, 1994, 11(3), 57-67.
- [7] **W. B. Boehm.** Software Risk Management: Principles and Practices. *IEEE Software*, 1991, 8(1), 32-41.
- [8] **J. Taylor.** Managing information technology projects: applying project management strategies to software, hardware, and integration initiatives. *Amacom, New York*, 2004.
- [9] **J. Phillips.** IT Project Management. On Track from Start to Finish (2nd ed.). *McGraw-Hill Company, Emeryville, California*, 2004.
- [10] **J. Sodhi.** IT Project Management Handbook. Management Concepts, Leesburg Pike, Vienna: 2001.
- [11] **S. F. Gilbert.** 90 days to launch – Internet projects on time and on budget. *John Wiley & Sons, New York*, 2001.
- [12] **B. Whittaker.** What went wrong? Unsuccessful information technology projects. *Information Management & Computer Security*, 1999, 7(1), 23-29.
- [13] Project2manage - project management software. Retrieved from <http://www.project2manage.com/>

Аксиоматско заснивање организационих наука, нацрт тврдог језгра

Владимир Буквић

Дирекција за стандардизацију, кодификацију и метрологију, Ратка Ресановића 1, 11040 Београд

e-mail: vladimir.bukvic@mod.gov.rs

Апстракт. У раду је изнет покушај дефинисања постулата организационих наука према лит. [2] и [3]. Чврста заснованост организационих наука обезбедила би већу поузданост примене научних резултата.

Кључне речи: постулати организационих наука

1. Увод

Имре Лакатош дефинише методологију научног истраживачког програма састављеног од „дврдог језгра“ и „заштитног појаса“ у научној дисциплини. У овом раду полазно питање је шта су границе организационих наука као научног, истраживачког програма у смислу Лакатошове филозофије науке. Средишње језгро логистике може бити било која од различитих дефиниција усвојених кроз исоријски развој научне дисциплине, или неких од актуелних парадигми (понгде се говори и о предпарадигмитских стању научне дисциплине). Прегледом истраживања у организационим наукама, стиче се утисак да се готово све може разматрати унутар организације, и посебно да се све више области из других науке преузима у организационим наукама. Коначно, може ли се организациона наука, наука о организацији, засновати као истраживачки програм са празним језгром која би се састојала у вештини координације улаза из других дисциплина? Полазећи од Лакатошевог приступа, то није могуће, а заштитни појас организационих наука остаје веома широк.

Најпрецизније гледиште о улози принципа према Новаковићу ([1]), се налази код Николаса Максвела ([2] и [3]).

У околностима нових научних области, а посебно када постоји објективна вишеструка сложена природа друштвених феномена које треба објаснити, од посебне је важности применити одговарајући поступак стварање теоретског објашњења у форми тврдог језгра. У том погледу Максвелове препоруке, посебно због своје детаљности и прецизности јесу добра полазна тачка, рационални покушај уобличавања у проверљивом облику оквирног плана грађења тврдог језгра. Максвелове препоруке се односе на питање на који начин доћи до нацрта метафизичког оквирног нацрта (blueprint) или оквирног плана грађења нечега што треба да буде тврдо језгро. У ([2]) истичу се циљ и вредности с којима се приступа истраживању. Они одговарају двама врстама проблема: (а) чисто рационални проблем; дефинисање теорије, чак и у случају чисте науке има рационалну позадину решавања проблема, те да је избор између више теорија вођен чисто рационалним разлозима решавања проблема; (б) прагматични рационални проблем; у контексту задате чисте науке, рационални опажајно препознатљиво утврдити да ли је нека теорија средњег нивоа стварно корисна, релевантна, с обзиром на практични, технички проблем, те да је потпуно неразумно користити

алтернативну теорију која не решава проблем.

2. Нацрт тврдог језгра

У циљу дефинисања тврдог језгра предлаже се полазни основ хипотетичке јединствене теорије организационих наука као основе за теоретско заснивање посебних научних дисциплина као што је менаџмент или логистика. То су следећа четири постулата:

- 1) јединственост човека као биолошког, психолошког и друштвеног бића.
- 2) комуникација, специјално језик као вишеслојена хијерархијски систем знакова и основно средство комуникације, основни су предуслов човека као друштвеног бића.
- 3) нормативни однос је услов настанка и опстанка човека, управо човекова је нужда и потреба стварања норми, правила, као механизма сопственог настанак и развоја.
- 4) друштвени механизам описује скуп делова у међусобном деловању који тако састављени имају резултат који није садржан ни у једном од њих појединачно, отуда су друштвени механизми основна форма испољавања друштвених односа; то је средство човековог друштвеног деловања.

3. Образложење

Циљно усмерено трагање за основним постулатима Максвел је формулисао у тачки 11. лит.[3] правила процене схватљивости оквирног отиска (intelligibility of blueprints) која увећавају ефекте његове примене.

- 1) У првом постулату је дефинисан човек као јединка, индивидуални биолошки, психолошки и друштвени организам. Првим се постулатом уводи човек као свесно и као делатно биће. Људи имају различите циљеве, жеље и веровања. "Imagine how difficult physics would be if electron could think" су речи Мареја Гелмана (Murray Gell-Mann). Полазећи од ове од ове три основне особине и

одређености човека уобичајено је говорити о три оквира моделовања човековог понашања: 1) рационални активни модел, као полазни идеални модел човека, којим се претпоставља човекова способност оптимизације, избора оптималног, најбољег решења у датим околностима (M1 модел); 2) модел стварног човековог понашања (behavioral model) до којег се дошло на основу стварног посматрања понашања људи, али и развоја сазнања о стварним неролошких и психичким механизмима човека (M2 модел); и 3) модел заснован на поштовању правила, наиме људи у свом понашању следе одређена наметнута правила (M3 модел).

2) Други корак се односи на дефинисање интеракција, узајамног деловање, најмање две јединке, две индивидуе, који показују одређени одзив једна на другу и понашају се сходно природи тог међусобног односа. Оваква радња се састоји пре свега од постизања разумевања. У радњи размене значења (communicative action) језик има улогу не само постизања међусобног разумевања, већ и улогу уклапања (coordinate) циљно усмереног деловања различитих делатних самосталних јединки, субјеката, као и улогу преносника, медија, у процесу њиховог подруштвљавања, социјализације. Језичка комуникацију се огледа у задња два аспекта: друштвено удруживање у циљно усмереном деловању и подруштвљење две јединке способне за деловање. Узајамно деловањена разменом значења се састоји од међусобног остваривања утицаја помоћу симбола (на симболима засновано утицање) и нормативним обликовањем очекиваног понашања. У разматрању природе основне друштвене радње, за разлику од радње човека као индивидуе, говори се као о језичкој радњи (language action па одатле разговору, conversation, ради одређене намере) или радњи размене значења (communicative action). У обликовању модерног пословања заснованог на рачунарима, примењују се оба приступа.

Тако се рад Терија Винограда, Мединамора и Флореса ([4]) позива на Остина (Austin, J.L.) и Сиерлеа (Searle, J.R.) а са друге стране Јан Дитц ([5]) се позива на Јиргена Хабермаса (Habermas, J.). Вишеструка је потреба да се употребе резултати ових истраживања. Кале Лутињен ([6]) се позива на потребу решавања проблема проистеклих из заснивања информационог система на техничком фактору и рационалном моделу одлучивања (модел M1). Боље разумевање људске комуникације, из којег би проистекао нови систем размене порука (message), не само као захтев боље комуникације човека са човеком када се ова одиграва посредовањем информационих технологија као медија у обављању пословне комуникације, већ и било каква врста комуникација посредоване информационом технологијама комуникација са корисницима, купцима и добављачима, партерима у најширем смислу, укључујући и државне органе, попут потреб пријаве пореза, регистрација, размена новаца, итд. Ово је такође важно у аутоматизацији обраде порука, која нужно поставља строге захтеве формализације засноване на чвршћим и поузданијим теоретским основама ([7])

3) Значају нормативног одређења код нас је посебно истакнуто у С.Бован ([8]). Према [9], теоретски приступи су груписани у две класе. Једну чине Нуел Белнап са сарадницима, названу *stit theory* (од *i sees to it that ϕ – i* се побринуо да буде ϕ , условно „теорија старања“) а друга је логика динамике – *dynamic logic*. Оба струје имају заједничку филозофску традицију модалних логика, а кључна разлика између ове две гране јесте у односу на проучавање самих радњи. Логика динамике укључује проучавање унутрашње структуре самог деловања, категорије какве су догађаји и радња (actions).

Кенгер Линделова теорија нормативних односа (Kanger-Lindahl theory of normative positions) и технике за њену аутоматизацију

су до сада најсвеобухватнији начин да се на систематски начин и у потпуности представе и објасне пресликавање затвореног простора логички могућих нормативних односа између два лица (агента) у односу на одређене типове деловања. Ови односи - позиције су нормативни, управљачки или однос утицаја. Изворно, Стиг Кенгер пионирски покушај да се примени модална деонитичка логија (логика обавеза и права) са динамичком логиком радње/извршиоца (action/agency). Ларс Линдел је развио Кенгерову основу у неколико важних аспеката обезбеђујући коментаре у односу на Хоефилдов рад али и правну традицији изван које Хоефилд не излази. Коначно Ингмар Перн (Ingmar Pörn) примењује сличну технику на истраживање проблема управљања (“control”) и наметања ставова – стварање утицаја (“influence”) као друштвених односа. Тако Белнап има два оператора, оператор обавезности и оператор радње. Оператором радње δX примењује се над исказом, реченицом ϕ , са значењем да се X побринуо, чињењем, деловањем да буде ϕ . За Кенгерову теорију важна су оба чина: чињење, деловање да буде ϕ и пропуштање деловања да буде ϕ . И пропуштање чињења, нечињење, јесте чињење. Изразом $\delta X: \phi$ тврди се да је субјекат X извршио радњу која за резултат, последицу има стање описано реченицом ϕ (алтернативно се ово означава са $stit_x\phi$, али исто тако и $[X stit: \phi]$ где је X агент, делатни покретачки субјета, а ϕ је исказ, реченица којом се описује постигнуто стање. Испред исказа $\delta X: \phi$ (да се X побринуо да буде ϕ) стављањем различитих модалних префикса, довијамо различите нормативне исказе: обавеза (oblige $O\delta X: \phi$), одрицање (waiver $W\delta X: \phi$), дозвола (permit $P\delta X: \phi$) или забрана (forbid $F\delta X: \phi$). Радња – деловање којим се мења одређено стање није само везане за физичку активност. Одређене последице у виду промене стања односа између два лица имају и језички искази (linguistic action – performative) уместо

искључивог средства комуникације у циљу размену информација (informative).

Детаљни след ове линије води до деонтичке модалне логике за опис бирократске организације, логичким исказима. У [9] дата је другачија перспектива употреби информационе технологије у бирократији, Ли раздваја два проблема, проблем приказивања и проблем моделовања бирократских правила и процедура. Бирократски систем није само информациони систем, већ и систем организационог управљања и друштвене контроле, па преноси много више од података. Бирократски систем преноси наређења, комаде, обавезе, уговоре, дозволе о овлашћења, право гласа, препоруке и упутства, забране, провере итд. Отуда Лијево решење се састоји из два дела: језгра који чини деонтички језика DR којим се обрађују деонтичких правила, и његовим проширења језиком PN (Petri Net), којим су обухваћени динамички аспекти бирократских процедура. Бирократске процедуре обухватају једну или више радњи (action) које обавља запослен у организацији (агент). Процедуре се састоје из низа радњи које следе једна за другом или радњи које се обављају упоредо. Обављање радњи такође може бити условљено одређеним условима или догађајима. Ова дешавања зависност у времену су основе логике бирократије, како би се утврдило ко шта треба да уради и када.

4) Механизам описује скуп делова у међусобном деловању који тако састављени имају резултат који није садржан ни у једном од њих појединачно, отуда су друштвени механизми основна форма испољавања друштвених односа; то је средство човековог друштеног деловања.

4. Закључак

Овде је наведена скица могућег постулирања организационих наука. Даљи

рад би омогућио њихово заснивање на начин како је то заснована геометрија и друге парадигматски зреле науке, па самим тим и поузданој примени научних резултата у свакодневном решавању проблема.

Библиографија

- [1] **Новаковић, Станиша**, Хипотезе и сазнање, улога хипотеза у расту научног сазнања, Нолит, Београд, 1984
- [2] **Nicholas Maxwell**, The rationality of scientific discovery part I: the traditional rationality problem, *Philosophy of Science*, Vol. 41 No. 2, June 1974, pp.123 - 153.
- [3] **Nicholas Maxwell**, The rationality of scientific discovery part II: an aim oriented theory of scientific discovery, *Philosophy of Science*, 41 (3) 247 - 295.
- [4] **Raul Medina-Mora, Terry Winograd, Rodrigo Flores, Fernando Flores**, The action workflow approach to workflow management technology, *Proceedings of the 1992 ACM conference on Computer-supported cooperative work*, p.281-288, November 01-04, 1992, Toronto, Ontario, Canada
- [5] **Jan L.G. Dietz**, The deep structure of business processes, *Communications of the ACM*, v.49 n.5, May 2006
- [6] **Kalle Lyytinen**, Different Perspectives on Information Systems: Problems and Solutions, *ACM Computing Surveys*, Vol. 19, No.1, March 1987, 5-46
- [7] **Steven O. Kimbrough, Scott A. Moore**, On automated message processing in electronic commerce and work support systems: speech act theory and expressive felicity, *ACM Transactions on Information Systems (TOIS)*, v.15 n.4, p.321-367, Oct. 1997.
- [8] **Бован Саша**, Парадигматски корени социологије права (основи биолошке теорије права) монографија, Београд, 2004.
- [9] **Segerberg, Krister, Meyer, John-Jules and Kracht, Marcus**, "The Logic of Action", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Winter 2013 Edition), Edward N. Zalta (ed.), URL = <http://plato.stanford.edu/archives/win2013/entries/logic-action/>
- [10] **Ronald M. Lee**, Bureaucracies as Deontic Systems, *ACM Transaction on Office Information System*, Vol.6, No.2, April 1988, Pages 87-108.

БУЏЕТИРАЊЕ И УПРАВЉАЊЕ НА ОСНОВУ УЧИНКА

Милена Кнежевић

*Ректорат Универзитета одбране, Павла Јуришића Штурма 1, Београд
e-mail: milena.knezevic@mod.gov.rs*

Бранко Тешановић

*Војна академија Универзитета одбране, Павла Јуришића Штурма 33, Београд
brate@verat.net*

Абстракт. У овом раду презентован је нов модел буџетирања јавних расхода и издатака Републике Србије. За разлику од досадашњег буџетирања које је било према потребама функција државе сада се уводи буџетирање на основу учинка. Мерење достигнутих резултата у јавној управи а не степена реализације расположивих финансијских средстава нужна је потреба нарочито у условима њиховог недостатка. Поред тога, у раду је дат пример мерења учинка у образовању као веома тешко мерљиве функције било ког друштвеног уређења са дефинисањем показатеља учинка. Затим, дат је приказ оптимизације утрошка расположивих финансијских средстава по дефинисаним показатељима учинка.

Кључне речи: буџетирање, управљање, учинак, показатељи учинка.

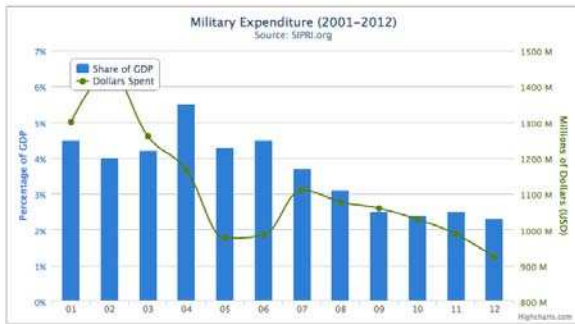
1. Увод

У савременом светском поретку буџетски циклус је незамислив без информација о учинку. Нарочито је изражена потреба за подацима о учинку када су финансијска средства ограничена, у време или након економских криза или у крајњем одговорног односа према трошењу буџетских средстава. Идеја планирања буџета према учинку датира још из 50.-их година прошлог века и према Фредерику Мошеру буџетски процес се фокусира на програмске функције, попут одбране, образовања, социјалних давања, пољопривреде, трговине и осталих. У Републици Србији се од 2008. године интензивно ради на увођењу оптималног модела програмског буџетирања јавних расхода и издатака и од 2015. године коначно може да се каже да је буџет исказан програмски и то по функцијама.

Међутим још увек недостају механизми који би омогућили мерења ефикасности и ефективности утрошка јавних прихода и примања, односно, расхода и издатака буџета Републике Србије.

2. Неопходност управљања помоћу учинка

Уколико би постојали „механизми“ који би омогућили мерење ефикасности и ефективности утрошка јавних прихода и примања, односно расхода и издатака буџета Републике Србије могло би да се каже да се та средства троше оптимално. У ситуацији када држава која је погођена великом економском кризом светских размера планира утрошак веома рестриктивних средстава неопходно је крајње одговорно и рационално приступити њиховој расподели.



Табела 1. Издвајања за одбране % БДП у Републици Србији

Према доступним подацима *Института за управљање ресурсима одбране* из Монтереја у Калифорнији у периоду од 2001. до 2012. године учешће издатака и расхода одбране у бруто домаћем производу (БДП) је са почетних 4,5% у 2001. години, пао на 2,2% у 2012. години. Наравно и номинални износ прерачунат у \$ је имао негативан тренд раста. Како онда један сложен систем попут система одбране да развија своје способности у веома турбулентном окружењу са веома учесталим променама претњи из окружења да им се прилагоди и да чак креира и развија нове способности када на располагању има ограничена финансијска средства са негативним трендом раста? У таквим условима намеће се потреба управљања финансијским средствима помоћу учинка, односно ефикасно и ефективно.

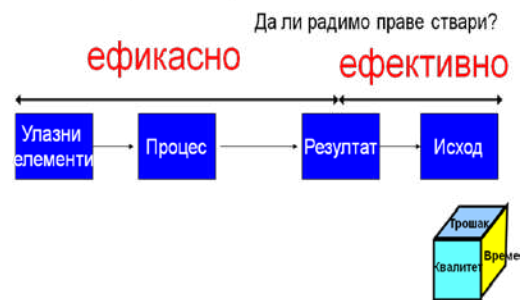
3. Дефинисање показатеља учинка

Приликом исказивања задатака и активности буџетских корисника инсистира се на максималном квалитету реализације планираних задатака и активности уз минималан утрошак ресурса и времена. Однос квалитета, трошкова и времена приказан је на Слици 1. У складу са наведеним, очекивања морају бити јасно дефинисана. Такође планови морају бити структурално усаглашени са буџетом и укупним трошковима.

Током процеса реализације планираних задатака и активности а ради веће прецизности мерења исхода неопходна је већа количина веродостојних информација, нарочито повратних информација. *Правилно и правремено структуриране информације представљају показатеље учинка.*

Као што је приказано на Слици 1, показатељи учинка треба да нам помогну да одлучимо да ли добро радимо ствари (ефикасно) и да ли радимо праве ствари (ефективно)?

Да ли добро радимо ствари?



Слика 1. Показатељи учинка¹

При чему *улазне елементе* представљају ресурси укључујући трошкове и радну снагу. *Процес* се одвија кроз реализацију активности односно кроз уложени напор и кроз процес рада. *Резултат* представља створени производ и услуге. *Исходе* чине резултати, достигнућа и утицаји.

4. Пример повезивања учинка са буџетом

Уколико је циљ Универзитета одбране у Београду: **бити регионални лидер у едукацији из области војног образовања**, онда се морају утврдити активности неопходне за достизање датог циља. Наравно неопходно је утврдити надлежности организационих јединица система одбране у сврху реализације и достизања датог циља. На пример, за достизање горе наведеног циља:

¹ Преузето од Howard Rohm из Института за билансне карте успеха (The Balanced Scorecard Institute)

- организациона јединица система одбране за кадрове и школовање је надлежна за упис кадета и студената на Универзитет одбране, што подразумева дефинисање броја потребних кадета за систем одбране и укупно расположивих капацитета за школовање припадника других оружаних армија у региону.
- програмска активност Војно образовање је надлежна за финансирање расхода и издатака Универзитета одбране за потребе школовања кадета и студената као и обезбеђење утрошка сопствених прихода по основу школовања припадника страних оружаних армија из региона.
- Војна академија је надлежна за логистичку подршку обезбеђења услова школовања и
- школовање усавршавање на Универзитету одбране се одвија кроз **ефикасно коришћење ресурса**, промоцију побољшане сарадње и координације између заинтересованих страна у сврху **делотворне** реализације програмске активности *Војно образовање*, а све у циљу достизања статуса **регионалног лидера у области војног образовања**.

Повезивање учинка са буџетом није ни мало лаган задатак већ веома комплексан и захтеван јер је неопходно измерити учинак. Постоји низ дилема шта треба мерити код учинка али најчешће су то: улазни елементи, процес (обим посла и активности), резултате, исходе (ефекте, резултате, итд.), ефикасност и продуктивност, карактеристике обима посла (активности) и информације и објашњења.

Уколико је жељени исход: Најмање 95% полазника курса показује бар у доброј мери напредак у војним вештинама у “х” контексту, послу или функцији (при чему питање из анкете пружа избор одговора у

вези са напретком са следећим вредностима: никакав, делимичан, у доброј мери и одличан).

Шта ће довести до жељених исхода? *Прво*, неопходно је дефинисати резултате реализације сваке активности или задатка. *Друго*, делегирати одговорности тако да је за сваки резултат одговоран само један појединац. *Треће*, неопходно је утврдити колико то кошта и *на крају* утврдити расположиви буџет.



Слика 2. Дефинисање трошкова жељених исхода²

У пракси најтеже је утврдити колико то кошта. Нарочито у условима када су мере штедње буџетских средстава на снази. Тада је веома тешко утврдити који је то оптималан однос квалитета исхода и његовог трошка.

Уколико расположиви буџет у потпуности одговара са средствима организацији датог учинка, онда сви улазни елементи одговарају захтевима за несметану реализацију активности и жељених резултата као што је то приказано на Слици 2.

% радни сати	Буџет	Опрема		Борбена			
		Залослени (одржавање)	Снабдевање	Обука	Техника	Управљање	
		0.380	0.160	0.085	0.030	0.020	0.325
Цив. лица	36,703						
Војна лица	856,752						
Опрема	31,537						
Рентирање	22,314						
Комуникац	21,278						
Залогне	39,224						
Материјал за обуку	11,198						
Остало	7,234						
Укупно	1,026,240	389,971	164,198	87,230	30,787	20,525	333,528

Однос:
Резултат = f(улазни елементи)

Слика 3. Дефинисање трошкова жељених исхода³

² George C. Marshall European Center for Security Studies in cooperation with the DRMI

Детаљнији приказ мерења трошкова жељених исхода дат је на Слици 3. Искан је буџет са свим расположивим средствима, организација и улазни елементи са % радних сати за дату активност која доприноси реализацији жељеног исхода. На основу % радних сати веома једноставно се рачуна појединачни трошак – Слика 4.

% радни сати	Опрема			Борбена техника			Управљање
	Заложени (одржавање)	Снабдевање	Обука	Обука	Управљање	Управљање	
Буџет	0.380	0.160	0.085	0.030	0.020	0.325	
Цив. лица	36,703	13,947	5,872	3,120	1,101	734	11,928
Војна лица	856,752	325,566	137,080	72,824	25,703	17,135	278,444
Опрема	31,537	11,984	5,046	2,681	946	631	10,250
Рентирање	22,314	8,479	3,570	1,897	669	446	7,252
Комуникац.	21,278	8,086	3,404	1,809	638	426	6,915
Залихе	39,224	14,905	6,276	3,334	1,177	784	12,748
Материјал за обуку	11,198	4,255	1,792	952	336	224	3,639
Остало	7,234	2,749	1,157	615	217	145	2,351
Укупно	1,026,240	389,971	164,198	87,230	30,787	20,525	333,528

Слика 4. Појединачни трошкови жељеног исхода

Табеларни приказ свих јединичних трошкова наведеног жељеног исхода дат је на Слици 5.

% радни сати	Опрема			Борбена техника			Управљање
	Заложени (одржавање)	Снабдевање	Обука	Обука	Управљање	Управљање	
Буџет	0.380	0.160	0.085	0.030	0.020	0.325	
Цив. лица	36,703	13,947	5,872	3,120	1,101	734	11,928
Војна лица	856,752	325,566	137,080	72,824	25,703	17,135	278,444
Опрема	31,537	11,984	5,046	2,681	946	631	10,250
Рентирање	22,314	8,479	3,570	1,897	669	446	7,252
Комуникац.	21,278	8,086	3,404	1,809	638	426	6,915
Залихе	39,224	14,905	6,276	3,334	1,177	784	12,748
Материјал за обуку	11,198	4,255	1,792	952	336	224	3,639
Друго	7,234	2,749	1,157	615	217	145	2,351
Укупно	1,026,240	389,971	164,198	87,230	30,787	20,525	333,528
Јединице	10,000	7,680	72,900	3,050	1,050		
ЈЕДИНИЧНИ ТРОШАК	38,997	21,380	1,197	10,094	19,547		

Слика 5. Приказ јединичних трошкова

Уколико је приликом дефинисања жељеног исхода одређен оптималан број „јединица“ за његову реализацију једини начин да се смањи цена коштања јесте смањење јединичног трошка! Нажалост, имајући у виду све различите разлоге за мерење учинка, не постоји ни једна, најбоља, магична мера. Сходно томе, за сваку намену, јавни менаџери треба да креирају различите мере са сопственим,

јединственим карактеристикама. Прорачун јединичног трошка, је приказан је на Слици 6.

$$3.050 \text{ полазника обуке} \times 10.094 = 30.787.000$$

количина x јединични трошак = буџет

↑

Мера обима посла

↑

Трошкови улазних елемената искоришћени за обуку

Слика 6. Прорачун јединичног трошка

Један од начина да смањимо трошкове јесте да смањимо време за обуку. У том случају предложени укупни трошак обуке био би 24.000,00 а трошак по полазнику обуке био би:

$$24.400,00 / 3050 = 8.000,00$$

У наведеном примеру смањењем трошкова обуке смањио би се укупан трошак жељеног исхода за 6.387 новчаних јединица.

5. Закључак

Потреба за мерењем учинка и резултата рада државне управе датира још из средине прошлог века. У Републици Србији се интезивно ради на увођењу механизма за примену мерења резултата буџета према учинку а не према проценту реализације финансијског плана. Савремени услови диктирају темпо развоја који неминовно изискује све више улагања у развој и модернизацију док су буџети држава углавном рестриктивни и максимално ограничени. Једини начин да се усваја па чак и развија савремена технологија јесте мерење резултата према учинку, јер уколико тога нема финансијска средства ће се трошити из навике по искуству а не због потребе и крајњем развоја нашег друштва.

Библиографија

- [1] **Howard Rohm**. Certification Exam Study Guide – 2011 Edition
- [2] **George C.Marshall European Center** for Security Studies in cooperation with the **DRMI**
- [3] **Чилег, М., Вугделија, Д., Киш, Т.**, Операциона истраживања, Економски факултет, Суботица, 1996.стр.101-109.

³ Предавања са Института за управљање ресурсима одбране (DRMI) из Монтереја у Калифорнији

Heterogenost preferencija gastronomskih turista u Srbiji

Milena Vukić

*Srednja ugostiteljsko turistička škola, Jug Bogdanova 28, Beograd
milena.vukic12@gmail.com*

Marija Kuzmanović

*Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, Jove Ilića 154
marija.kuzmanovic@fon.bg.ac.rs*

Milan Martić

*Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, Jove Ilića 154
milan@fon.bg.ac.rs*

Apstrakt. Gastronomski turizam postaje sve popularniji oblik turizma koji ne samo da povećava održivost i autentičnost jedne destinacije, već kroz organizovanje gastronomskih manifestacija omogućava jedno totalno turističko iskustvo. Conjoint analiza je jedna od istraživačkih tehnika koja može pomoći u rešavanju problema izbora ključnih karakteristika gastronomskih manifestacija, identifikovanju heterogenosti preferencija turista, ali i kao podrška organizatorima u kreiranju marketinških strategija usmerenih na targetirane segmente. Rezultati empirijske studije koja je sprovedena daju bolji uvid u preferencije gastronomskih turista u Srbiji, što može rezultirati u kreiranju efikasnije strategije pozicioniranja i obezbediti održivu konkurentsku pozicijuna turističkom tržištu.

Ključne reči: gastronomske manifestacije, preferencije gastro turista, Conjoint analiza, heterogenost

1. Uvod

Potrošnja hrane se tretirala jako dugo samo kao dodatak dnevnom iskustvu turista i njena uloga kao nevidljivog dela svakodnevnih turističkih aktivnosti dugo vremena je stvarala problem prihvatanja gastronomskog turizma gde je smatrano da je njegov značaj i doprinos turizmu od male važnosti. Veoma mali broj radova je istraživao manifestacije i događaje posvećene hrani. Halager i Kolijano utvrdili su da je dostupnost posebne vrste hrane, uključujući i vino, voće, povrće, ribu, dalo povoda za organizovanje festivala i događaja koji će se dopasti i turistima i lokalnom stanovništvu [3]. Festivali hrane kao forma turizma hrane, mogu igrati važnu ulogu u predstavljanju novih ukusa turistima kao i upoznavanju sa različitim običajima.

U gastronomske manifestacije ubrajaju se sajmovi, festivali, izložbe, kulturni i industrijski događaji koji se održavaju redovno ili s vremena na vreme. Iz poslovne perspektive njihova primarna marketing funkcija je da obezbede proizvodima, sponzorima, zajednici koja je domaćin i ostalim stejkholderima šansu da se istaknu na tržištu, dodajući vrednost brendu i gradeći dugoročne odnose sa potrošačima [4].

Opšti zaključak koji se nameće je da gastronomske manifestacije mogu imati jako značajnu ulogu u ekonomiji, kulturi i promociji naše zemlje, a različiti sadržaji tokom cele godine mogu pomoći i u prevazilaženju problema sezonalnosti [5]. Većina ljudi koja se bavi organizovanjem događaja vrlo brzo nauči da sve lokalne događaje treba bazirati na postojećim kulturnim i fizičkim resursima jer su oni jaka

osnova za stvaranje strategije pozicioniranja jednog mesta.

2. Faktori koji utiču na kupovinu

Potrošač poljoprivrednih i prehrambenih proizvoda razvija se pod uticajem globalne kulture koju čine sledeći faktori: veća mobilnost potrošača i putovanja, liberalizacija spoljnotrgovinske politike, razvoj tehnologije i svetskih medija, sve veći broj svetskih dešavanja i razvoj globalnih marki [7]. Pored globalne kulture na preferencije potrošača utiče i pojedinačna kultura koje se razlikuju prema svojim obrascima ponašanja u ishrani. Što se tiče kupovine hrane ona se odnose na set svesnih i nesvesnih odluka koje potrošač donosi prilikom kupovine ili konzumacije hrane. Kupovina ima i ključnu ulogu u simboličkom, ekonomskom i socijalnom aspektu života pojedinca jer predstavlja način za izražavanje preferencija, identiteta i kulturnih značenja. Konzumiranje hrane jedan kompleksan proces donošenja odluka na koji utiču brojni faktori, među kojima su kulturni, socijalni, psihološki i senzorni [2]. Međutim, mnogi autori se slažu da se ti faktori mogu grupisati u tri velike kategorije: pojedinac, hrana i okruženje [6]. Ipak, na osnovu pregleda postojećih studija o turističkoj potrošnji hrane može se zaključiti da postoji pet glavnih faktora koji utiču na konzumiranje hrane: kultura i religija, socio-demografski faktori, osobine ličnosti, prošlo iskustvo i motivacioni faktori [1].

3. Preferencije gastro turista u Srbiji

Cilj istraživanja je bio da se identifikuju preferencije potrošača u Srbiji prema gastronomskim manifestacijama. U tu svrhu korišćena je Conjoint analiza, a istraživanje je sprovedeno u periodu od marta do maja 2014. godine.

3.1. Dizajniranje studije

U prvoj fazi izvršeno je identifikovanje ključnih karakteristika gastro manifestacija. Izabrano je šest atributa korišćenjem više izvora: na osnovu rezultata preliminarnog istraživanja kao i na osnovu razgovora sa stručnjacima iz oblasti turizma i gastronomije.

Za svaki od atributa identifikovani su i nivoi performansi (Tabela 1).

Plan eksperimenta generisan je u softverskom paketu SPSS 16.0. Generisan je ortogonalan plan od 16 profila uz dva kontrolna profila čija je namena bila provera kvaliteta prikupljenih podataka. Pored Cojoint zadatka, upitnik je sadržao i osnovna demografska pitanja. Podaci su prikupljeni putem društvenih mreža (Facebook, Twitter) ili e-maila. U istraživanju je učestvovao 461 ispitanik, a proverom validnosti odbačeno je 30 anketa.

Atributi	Nivoi
Vrsta kuhinje (K)	Domaća Nacionalna Internacionalna
Mogućnost degustacije (D)	Plaća se Besplatna
Estetsko oblikovanje (E)	Visok nivo Srednji nivo Nizak nivo
Dužina postojanja (T)	Sa tradicijom Novi festival Postoji par godina
Lokacija (L)	Ruralna Gradska
Zabavni sadržaj (Z)	Bogat Oskudan

Tabela 1. Lista ključnih atributa i njihovih nivoa

3.2. Rezultati istraživanja

U ukupnom uzorku koji je činio 431 ispitanik nešto više od polovine su bile žene (55%). Prosečna starost ispitanika iznosila je 25 godina. Najveći broj anketiranih 67% imali su mesečne prihode od 40000 do 80000 dinara. Njih 19% je imalo primanja do 20000 dinara, 11% je bilo sa primanjima od 80000 do 160000 dinara dok samo 3% anketiranih imaju primanja preko 160000 dinara. Što se tiče radnog statusa najveći broj ispitanika su bili studenti (36.4%), đaka je bilo 29.5%, zaposlenih 28.5%, nezaposlenih 4.4% dok je penzionera bio najmanji broj (1.2%).

Preferencije ispitanika prema određenim karakteristikama gastro manifestacija (parcijalne korisnosti nivoa atributa) prikazane su u Tabeli 2, dok su na Slici 1 grafički

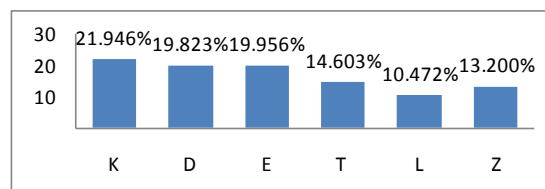
predstavljene značajnosti svakog atributa. Vrednost Pearsono-ovog koeficijenta iznosi 0.994 što ukazuje na to da dobijeni rezultati imaju visok nivo kvaliteta. Visoka vrednost Kendall-ovog koeficijenta korelacije (0.983) ukazuje na visok nivo korelacije između ulaznih i procenjenih preferencija. Kendall-ov koeficijent za dva kontrolna profila (holdout) ima vrednost 1.000, što je dodatni pokazatelj da su dobijeni podaci visokog kvaliteta. Predznak ispred parcijalnih korisnosti je u skladu sa očekivanjima. Na primer, negativan predznak ukazuje da ispitanik ne preferira manifestacije na kojima se plaća degustacija. Ispitanici su pokazali očekivano ponašanje i za sve ostale ordinalne attribute. Ovi rezultati se mogu smatrati kao indikacija teorijske validnosti upitnika, odnosno u kojoj meri su dobijeni rezultati u saglasnosti sa očekivanjima.

Atributi	Nivoi atributa	Parcijalne korisnosti	Std. greška
Vrsta kuhinje	Domaća	-0.178	0.032
	Nacionalna	0.002	0.038
	Internacionaln	0.176	0.038
Mogućnost degustacija	Besplatna	0.409	0.024
	Plaća se	-0.409	0.024
Estetsko oblikovanje	Visok nivo	0.257	0.032
	Srednji nivo	0.003	0.038
	Nizak nivo	-0.259	0.038
Dužina postojanja	Sa tradicijom	0.120	0.032
	Novi festival	-0.005	0.038
	Postoji par godina	-0.115	0.038
Lokacija	Gradska	0.036	0.024
	Ruralna	-0.036	0.024
Zabavni sadržaji	Bogat	0.204	0.024
	Oskudan	-0.204	0.024
Constant	3.081	0.028	
Correlations between observed and estimated preferences			
Pearson's R	0.994	Sig=0.000	
Kendall's tau	0.983	Sig=0.000	
Kendall's tau for Holdouts	1.000		

Tabela 2. Preferencije ispitanika prema karakteristikama gastro manifestacija

Na Slici 1 se može videti da je najznačajniji atribut na nivou celog uzorka

„Vrsta kuhinje“ čija je prosečna značajnost 21.946 %. Nešto manju značajnost imaju atributi „Estetsko oblikovanje hrane” (19.956%) i „Mogućnost degustacije” (19.823%). Umereno važni atributi su „Dužina postojanja” (14.603%) i „Zabavni sadržaj” (13.200%), dok je najmanje značajan atribut „Lokacija”(10.472%).

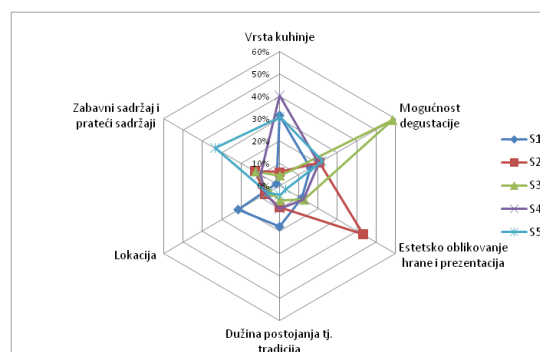


Slika 1. Prosečne značajnosti atributa

Gastronomska manifestacija koju bi posetioци najradije posetili ima sledeće karakteristike: internacionalnu ili nacionalnu kuhinju, visok ili srednji nivo estetskog oblikovanja hrane, besplatnu degustaciju, poseduje tradiciju, sadrži bogat zabavni i prateći sadržaj, dok je lokacija na kojoj bi voleli da se organizuje gradska sredina.

3.3. Segmentacija na osnovu preferencija

Koristeći istraživanjem dobijene preferencije za svakog pojedinačnog ispitanika, izvršena je post hoc segmentacija, pri čemu su kao kriterijum segmentacije korišćene individualne parcijalne korisnosti. U tu svrhu korišćena je K-means klaster analiza u okviru paketa SPSS 16.0. Izolovano je pet segmenta (Slika 3) zato što je analiza varijanse pokazala da se ovi segmenti značajno razlikuju jedan od drugog, s obzirom na njihove prosečne parcijalne korisnosti dobijene Conjoint analizom.



Slika 3. Relativne značajnosti atributa po segmentima

Prvi segment obuhvata 35 ispitanika koji najviše vrednuju vrstu kuhinje (31.33%). Mesto održavanja manifestacije im je takođe veoma bitno (21.43%). Estetski momenat u prezentovanju hrane im je na pretposlednjem mestu (11.36%) dok su na gastronomskim manifestacijama najmanje zainteresovani za zabavni sadržaj (1.62%).

Drugi segment (110 ispitanika) čine ispitanici kojima je estetika i prezentacija hrane (43.34%) daleko najvažnija prilikom posete gastronomskim manifestacijama. Ovi ispitanici preferiraju besplatnu degustaciju (20.47%) kao i bogat zabavni sadržaj (12.92%) a manifestacije koje bi oni rado posetili moraju imati bogatu tradiciju (9.76%) i moraju se održavati u urbanoj sredini (7.55%). Najmanje bitna im je vrsta kuhinje.

Treći segment čini 99 ispitanika koji su se eksplicitno izjasnili da im je besplatna degustacija (58.32%) najbitnija. Na drugom mestu im je visok nivo estetskog prezentovanja hrane, kao i bogat zabavni sadržaj (12.59%). Oni preferiraju gastronomske manifestacije sa tradicijom ili one koje postoje par godina koje se po mogućstvu održavaju u urbanoj sredini, dok najmanje bitna im je vrsta kuhinje (4.54%).

Četvrti segment obuhvata 85 ispitanika i za njih je ubedljivo najbitnija karakteristika vrsta kuhinje. Besplatna degustacija hrane im je takođe veoma bitna kao i da ona bude estetski oblikovana. Preferiraju manifestacije koje imaju dugu tradiciju kao i bogat zabavni sadržaj, a najmanje bitno im je mesto održavanja festivala (7.33%) gde radije biraju ruralnu sredinu.

Petom segmentu pripada 102 ispitanika kojima je najbitniji zabavni sadržaj (33.56%), ali i vrsta kuhinje (30.69%) kao i besplatna degustacija (21.94%). Iako im mesto održavanja manifestacije generalno nije toliko bitno (6.44%) više preferiraju ruralnu sredinu. Najmanje bitne karakteristike su im dužina postojanja festivala (4.19%) kao i prezentovanje hrane (značajnost iznosi 3.19%).

4. Zaključak

Cilj ovog rada bio je da se istraže preferencije gastro turista u Srbiji, kao i u kojoj meri su one heterogene. Naime, rezultati istraživanja na agregatnom nivou su pokazali da manifestacija koju bi turista najradije posetili ima sledeće karakteristike: internacionalnu ili nacionalnu kuhinju, visok ili srednji nivo estetskog oblikovanja hrane i prezentacije, besplatnu degustaciju, poseduje tradiciju, sadrži bogat zabavni i prateći sadržaj, dok je lokacija na kojoj bi voleli da se organizuje gradska sredina. Međutim dublja analiza preferencija je dala još bolji uvid u heterogenost tržišta, tako da je bilo moguće izdvojiti pet segmenata koji se među sobom značajno razlikuju. Ovakvi rezultati bi mogli biti od velike koristi za formulisanje marketing i komunikacionih strategija ali i za kreiranje novih manifestacija koje bi dodale vrednost turističkom proizvodu naše zemlje i na taj način pomogle u pozicioniranju kako na regionalnom tako i na svetskom tržištu.

Bibliografija

- [1] **G. Y. Kim, A. Eves, C. Scarles.** Building a model of local food consumption on trips and holidays: a grounded theory approach. *International Journal of Hospitality Management*, 2009, 28, 423–431.
- [2] **J. Sobal, A. C. Bisogni, M. C. Devine, M. Jastran.** A conceptual model of the food choice process over the life course. In: Shepherd, R., Raats, M. (Eds.), *The Psychology of Food Choice*. CAB International, Oxfordshire, 2006, pp. 1–18.
- [3] **M. A. Hjalager, A. M. Corigliano.** Food for tourists Determinants of an image. *International Journal of Tourism Research*, 2000, volume 2(4), 281–293.
- [4] **M. C. Hall, D. R. Mitchell.** *Wine Marketing: A Practical Approach*. Butterworth-Heinemann, Oxford, 2008.
- [5] **M. Vukić, M. Popović, M. Kuzmanović.** Branding in Serbian Rural Tourism, *Journal of Economics and Behavioral Studies*, vol. 4, no. 11, pp. 671-676, 2012 (ISSN: 2220-6140).
- [6] **N. Gains.** The repertory grid approach. In: MacFie, H.J.H., Thomson, D.M.H. (Eds.), *Measurement of Food Preferences*. Blackie Academic and Professional, London, 1994, pp. 51–76.
- [7] **S. Veljković.** Uticaj potrošačkog etnocentrizma na izbor marke proizvoda, doktorska disertacija. Ekonomski fakultet, Beograd, 2005.

Prosocijalno ponašanje ili individualizam u Srbiji: Rezultati eksperimenta

Tijana Blažić

Fakultet organizacionih nauka, Jove Ilića 154

e-mail: tijanablazic91@gmail.com

Marija Kuzmanović

Fakultet organizacionih nauka, Jove Ilića 154

e-mail: marija.kuzmanovic@fon.bg.ac.rs

Apstrakt. Ovaj rad ima za cilj da ukaže na značaj merenja društvenih preferencija i određivanje društveno vrednosne orijentacije. Naime, upoznavanje društvenih preferencija ljudi omogućava razvoj saradnje, međuljudskih odnosa, ali i konflikata i sukoba, pa samim tim ima veliki značaj. Iako postoje razne tehnike za merenje društvenih preferencija, u ovom radu će biti prikazana jedna od najpopularnijih tehnika, takozvana tehnika "prstena" (Ring 24 Measure). Tehnika "prstena" omogućava da se utvrdi društveno vrednosna orijentacija ljudi. Rezultati eksperimenta kao i sam eksperiment imaju za cilj da ukažu kakva je društvena orijentacija ljudi u Srbiji, koliko je razvijeno prosocijalno ponašanje u okviru posmatranog uzorka kao i to koliko su ljudi spremni da pomognu i saraduju međusobno.

Ključne reči: društveno vrednosna orijentacija, prosocijalno ponašanje, društvene preferencije, tehnika "prstena"

1. Uvod

U svakodnevnom životu, ljudi su sastavni deo međusobnih interakcija, samim tim su svakodnevno uključeni u proces donošenja odluka. Proces donošenja odluka, kao i sprovođenje odluke određuje društvena orijentacija ljudi, kao i njihove preferencije. Cilj ovog rada je da utvrdi društveno vrednosnu orijentaciju ljudi u Srbiji, kao i to koliko je zastupljeno prosocijalno ponašanje. Preferencija kao pojam predstavlja davanje prvenstva nekoj od ponuđenih alternativa prilikom izbora, zasnovano na nizu psiholoških procesa, a najviše je pod uticajem emocionalnih stavova.

Društvene preferencije su takav tip preferencija koji podrazumeva brigu o društvenim ciljevima i koje navode pojedinca da pozitivno ili negativno vrednuju isplate i blagostanja druge strane. Predstavljaju važnu osnovu za proces odlučivanja i iz tog razloga su se razvile razne tehnike za njihovo merenje.

U ovom radu će biti stavljen akcenat na tehniku koja se zove Ring 24 Measure ili tehnika "prstena".

2. Ring 24 Measure

Grisinger i Livingston su 1973. godine (D. W. Griesinger, J. W. Livingston, 1973) predstavili geometrijski okvir društveno vrednosne orijentacije kojim su pokazali da postoji beskonačan broj društvenih orijentacija. Par godina kasnije, Librand je formirao čuvenu tehniku "prstena" (Ring 24 Measure) za merenje društvenih preferencija (Liebrand, 1984).

Ring 24 Measure obuhvata seriju od 24 pitanja. Primer jednog pitanja dat je u tabeli 1.

1.	A	B
Ti dobijaš	2	7
Drugi dobija	37	25

Tabela 1: Zadatak u okviru Ring 24 Measure

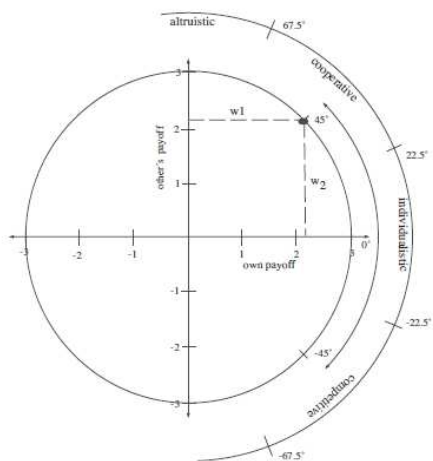
U okviru svakog pitanja, a u zavisnosti od sopstvenih preferencija, ispitanik treba da izabere opciju A ili B. Potrebno je uputiti

ispitanika da vrši raspodelu sa nepoznatom osobom pod nazivom "Drugi". Ponuđene opcije uključuju kombinacije prihoda jednog i drugog učesnika. Nakon izbora opcija, treba sabrati isplate za oba učesnika. Sumiranje prihoda omogućava da se izvrši procena dodeljenih težina ispitanika koji je vršio raspodelu resursa. Težine koje se dobijaju proračunom služe kako bi se odredio tzv. SVO (Social Value Orientation) ugao (θ) koji se računa na sledeći način:

$$\theta = \arctan\left(\frac{(\sum P_O)}{(\sum P_S)}\right) \quad (1)$$

gde P_O predstavlja sumu isplata za drugog učesnika, a P_S sumu isplata koju je ispitanik izabrao za sebe (Ackermann, 2014).

Na osnovu dobijenog SVO ugla se iskazuje kom tipu društvenih preferencija pripada ispitanik. Ispitanik će biti altruista ukoliko se ugao nalazi između 112,5 i 67,5 stepeni, a prosocijalan tip ukoliko je između 67,5 i 22,5 stepeni. Individualci imaju ugao u rasponu između 22,5 i -22,5 stepeni, dok je kod kompetitivnih između -22,5 i -67,5 stepeni (Ackermann, 2014).



Slika 1: Grafički prikaz SVO prstena

Tipovi orijentacija se mogu svrstati u dve kategorije, orijentacija ka sebi i orijentacija ka drugima. Ukoliko su ljudi zabrinuti i za dobrobit drugih ljudi onda se smatraju prosocijalnim. Postoje četiri kategorije društveno vrednosne orijentacije, gde su individualizam i kompetitivnost za ljude

orijentisane ka sebi, a prosocijalne su altruizam i saradnja.

Karakteristike pomenutih kategorija su:

1) Individualizam (Individualistic) - Individualisti su ljudi orijentisani ka sebi i donose odluke zasnovane na ličnim interesima. Fokusrani su na sopstvene rezultate i niti pomažu niti ometaju druge članove. Njihove akcije mogu indirektno da utiču na druge, iako to nije njihov primarni cilj.

2) Takmičenje (Competitive) - Iako su kao individualisti orijentisani ka sebi, takmičari imaju cilj da smanje dobit protivniku što je više moguće. Zastupaju uverenje da svako treba da maksimizira svoju dobit. Imaju najveću verovatnoću po pitanju ulaska u sukobe. Međutim, ova stavka njih ne zabrinjava jer su oni relativno ravnodušni prema održavanju dobrih međuljudskih odnosa.

3) Saradnja (Cooperative) - Pripadnici ove grupe žele da maksimiziraju kako svoju dobit tako i dobit saigrača. Zastupaju strategije u kojima obe strane pobeđuju, pa su samim tim veoma poželjni za ulaske u međuljudske odnose jer su spremni na ravnomernu raspodelu.

4) Altruizam (Altruistic) - Altruisti su apsolutno motivisani da pomognu onima kojima je pomoć potrebna. U nadi da će pomoći drugima da ostvare dobitak, dobrovoljno žrtvuju svoje rezultate. Najmanje brinu o svojim interesima u odnosu na ostale kategorije društvenih preferencija.

Tehnika „prstena“, kao i sam koncept društveno vrednosne orijentacije su se pokazali kao veoma značajni za ispitivanje saradnje, altruizma, procesa pregovaranja, konflikata i slično.

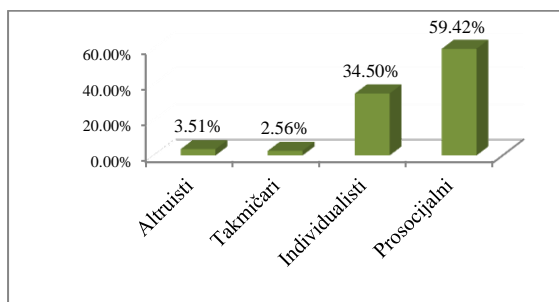
3. Eksperiment

U eksperimentu su učestvovali ispitanici različitog profila: učenici, studenti, zaposleni i nezaposleni. Eksperiment je sproveden u periodu od 11.06.-25.06.2015. u Srbiji. Sproveden je u vidu web ankete kojoj su ispitanici mogli da pristupe putem interneta. Učesnici eksperimenta su dobrovoljno

prihvatili da učestvuju u istraživanju. Prilikom prikupljanja podataka, pristiglo je 429 odgovora, od čega je 313 (72.96%) bilo validnih. Za validne odgovore, prihvatana je konzistentnost veća od 50%, tako da je prosečna konzistentnost validnih odgovora iznosila 77.4% (Liebrand, 1984). Međutim, postoje studije u kojima je za konzistentnost korišćen i procenat manji od 50, pa je u nekim studijama iznosio čak 20% (R. Suleiman, D. V. Budescu, I. Fisher, D. M. Messick, 2004).

U okviru eksperimenta, zastupljenost po polu je sledeća: muški pol 25.88%, ženski pol 74.12%, tako da se može zaključiti da tri četvrtine validnih odgovora pripada ženskom polu. U odnosu na status učesnika, nezaposlenih je 4.47%, zaposlenih 15.34%, učenika 0.96%, dok je studenata 78.91% i neiskazanog statusa 0.32%.

Nakon analiziranja validnih odgovora, utvrđena je zastupljenost ispitanika po tipu preferencija (Grafik 1).

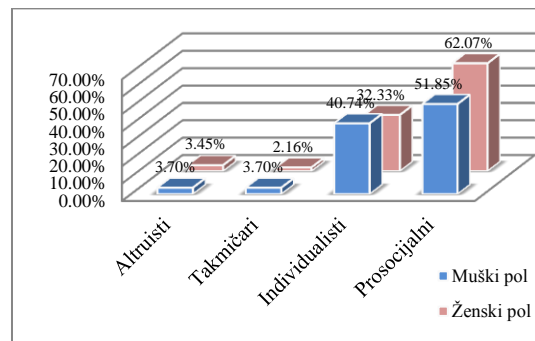


Grafik 1: Zastupljenost učesnika po tipu preferencija

Kao što se može videti na grafiku 1, najveća zastupljenost pripada prosocijalnom tipu društvenih preferencija (59.24%). Nakon toga slede individualisti (34.50%), dok se preostala dva tipa javljaju u mnogo manjem broju: altruisti čine 3.51% uzorka, dok je kompetitivnih tek 2.56%.

Na grafiku 2 se može videti odnos tipova društvenih preferencija po polovima. Iako je zastupljenost žena u uzorku tri puta veća u odnosu na muškarce, kod oba pola je isti redosled zastupljenosti tipova društvenih preferencija: najviše prosocijalno orijentisanih, zatim individualista, potom altruisti i najmanje takmičara. Procenat prosocijalno orijentisanih

je veći kod ženskog pola (62.07%) u odnosu na muški pol (51.85%). Takođe, može se uvideti činjenica da je veći broj individualaca kod muškaraca (40.74%), dok je kod žena taj broj nešto manji (32.33%).



Grafik 2: Zastupljenost pola po tipu preferencija

Što se tiče veze između statusa i pripadnosti određenom tipu preferencija, može se izvršiti sledeća podela po zastupljenosti tipova:

- 1) Individualizam i prosocijalni tip kod učenika i nezaposlenih,
- 2) Sva četiri tipa preferencija kod studenata i zaposlenih.

Nakon dodatne analize podataka, uočava se to da je kod učenika veći broj individualista a kod nezaposlenih veći broj prosocijalnih. Ono što se može izdvojiti kod druge grupe jeste to da je podjednaka zastupljenost altruista i takmičara, dok je kod zaposlenih više altruista od takmičara za nešto manje od dva procenata.

Nakon određivanja tipova preferencija svakog od učesnika eksperimenta, utvrđena je zajednička dobit po tipu kom pripadaju (Tabela 2).

Tip	Prosečna isplata		
	Sebi	Drugome	Ukupna
Altruista	1215.09	1251.09	2466.18
Kompetitivan	1245.25	1162	2407.25
Individualista	1284.88	1207.06	2491.95
Prosocijalan	1246.83	1242.61	2489.45
	1258.81	1228.58	2487.39

Tabela 2: Prosečna dobit po tipu preferencija

Na osnovu tabele 2 može se zaključiti da najveću zajedničku dobit imaju individualisti, ali je mala razlika u odnosu na prosocijalan

tip; altruisti imaju malo veću zajedničku dobit u odnosu na kompetitivne. Kao što se može primetiti, prosocijalan tip i individualisti najviše doprinose zajednici. Na pojedinačnom nivou, najbolje je biti takmičarski nastrojen, ali s obzirom da se to postiže tako što će se nautiti drugome to nije društveno prihvatljivo.

Rezultati eksperimenta ukazuju na to da altruisti nisu doveli do povećanja "zajedničkog dobra". U želji da pomognu drugome, doveli su do toga da ne pomognu zajednici. Na osnovu razlike između ukupne prosečne isplate za sebe i ukupne prosečne isplate za drugoga, vidi se da altruista deluje na svoju štetu jer je njegova prosečna isplata -36, kod prosocijalnog tipa razlika iznosi 4 što znači da teže ravnomernoj raspodeli isplata i da je njihova raspodela zasnovana na saradnji. Kod kompetitivnih se vidi ubedljivo najveća razlika 83.25, u njihovu korist, dok kod individualista približna razlika iznosi 77.82.

4. Diskusija

Stanovnici Srbije su učesnici mnogih humanitarnih akcija kao što su pomoć poplavljenim područjima, davanje krvi, volontiranje u institucijama za pomaganje ugroženim osobama. Samo učešće u njima je dovoljno dobar pokazatelj prosocijalnog ponašanja stanovnika Srbije. Rezultati eksperimenta dodatno potkrepljuju tu činjenicu. Takođe, ono što je veoma bitno jeste to da su učesnici eksperimenta dobrovoljno učestvovali u njemu što je još jedan vid prosocijalnog ponašanja. Neki autori su ukazali na činjenicu da su prosocijalna ponašanja kod odraslih ljudi iskazana u procentu oko 60, individualizam oko 30, dok su kompetitivni preostalih 10 (Van Lange, P. A. M. Otten, E. M. N. De Bruin, J. A.

Joireman, 1997). Rezultati ovog eksperimenta su u skladu sa rezultatima pomenutih autora.

Položaj društva koje žene i muškarci imaju u Srbiji ima uticaja na tip preferencije. Neke studije su prikazale činjenicu da zastupljenost prosocijalnog ponašanja zavisi od položaja koji ljudi imaju u društvu (N. O'Higgins, A. Palomba, P. Sbriglia, 2014). Što se tiče ljudi u Srbiji, kod muškaraca je zastupljeno više individualista nego kod žena, dok su žene više prosocijalno orijentisane. Iako društvo u Srbiji teži ka ravnopravnosti polova, ipak još uvek dominira patrijarhat na šta su rezultati ukazali.

Ovaj rad je značajan iz razloga što ukazuje da su ljudi u Srbiji spremni da pomognu, da sarađuju i da razvijaju dobre međuljudske odnose.

Bibliografija

- [1] **D.W. Griesinger, J.W. Livingston.** Toward a model of interpersonal motivation in experimental games. Behavioral Science, 1973.
- [2] **W.B.G. Liebrand.** The effect of social motives, communication and group-size on behavior in an n-person multi-stage mixed-motive game. European Journal of Social Psychology, 1984.
- [3] **K.A. Ackermann.** Social value orientation: An analysis of measurement, form, predictive power and malleability of social preferences. 2014
- [4] **R. Suleiman, D.V. Budescu, I. Fischer, D. M. Messick.** Contemporary Psychological Research on Social Dilemmas. Cambridge University Press, 2004.
- [5] **Van Lange, P.A.M. Otten, E.M.N. De Bruin, J.A. Joireman.** Development of prosocial, individualistic, and competitive orientations: Theory and preliminary evidence. Journal of Personality and Social Psychology, 1997.
- [6] **N. O'Higgins, A. Palomba, P. Sbriglia.** Gender Effects, Culture and Social Influence in the Dictator Game: An Italian Study. UNIVERSITY OF SIENA LABSI WORKING PAPER, 2014.

Primena SERVQUAL metode u elektronskom zdravstvu

Irina Dunčević¹

irina.duncevic@gmail.com

Dragoljub Simonović¹

d.simonovic@yahoo.com

Marina Jovanović Milenković¹

marinaj@fon.bg.ac.rs

¹*Fakultet organizacionih nauka, Jove Ilića, Beograd*

Apstrakt. U radu je dat akcenat na značajnost merenja zadovoljstva korisnika zdravstvenih usluga, jer je zdravstvo grana u kojoj svi korisnici teže istom cilju, a to je održavanje zdrave populacije. Jedan od načina merenja je pomoću SERVQUAL metode. Njenom primenom sagledavaju se percepcije i očekivanja korisnika zdravstvene usluge i poređenje sa realnim stanjem. Rezultatima metode se pokazuje koje su to tačke pružanja usluga kojima korisnici nisu zadovoljni, to jest koje su slabosti i snage sistema. Izlaženje u susret očekivanjima pacijenata predstavlja izazov koji je potrebno ispuniti radi povećanja zadovoljstva uslugama. Doprinos rada se sastoji u pregledu dostupnih izvora iz područja primene Servqual metode i njene primene u elektronskom zdravstvu. U radu je dat pregled koliko se metoda primenjuje u svetu poslednjih godina. Značajnost rada se ogleda u tome što ovoj temi nije dovoljno posvećena pažnja kada je u pitanju pružanje zdravstvenih usluga i merenje zadovoljstva korisnika Republike Srbije.

Ključne reči: zdravstveni sistem, elektronsko zdravstvo, SERVQUAL metoda

1. Uvod

Zadovoljiti potrebe korisnika zdravstvenih usluga vrlo je teško. Postoje velike razlike između potencijalnih potreba korisnika zdravstvenih usluga i objektivnih mogućnosti zdravstvene ustanove da ih zadovolji. Još uvek se ne može tačno znati koje su stvarne zdravstvene potrebe stanovništva, jer zdravstveno stanje stanovništva jedan je od najvažnijih, ali ne i jedini činioc koji ih određuje. Reforme zdravstvenih sistema su preduzete poslednjih godina koje imaju za cilj povećanje zadovoljstva korisnika zdravstvenih usluga. U tu je svrhu neophodno pratiti i analizirati stavove, očekivanja i percepcije korisnika kako bi se ustanovilo podudaraju li se i u kojoj meri s onima koje imaju pružaoci usluga. Jedan od načina je primena SERVQUAL metode.

2. Povezanost elektronskog zdravstva i SERVQUAL metode

Elektronsko zdravstvo predstavlja sistem koji uključuje elemente moderne medicine, informaciono-komunikacionih tehnologija, kao i elektronskog poslovanja kako bi olakšao i poboljšao pružanje zdravstvenih usluga uz što veće korišćenje prednosti koje nudi moderna tehnologija. Elektronsko zdravstvo se određuje kao primena Interneta i srodnih tehnologija u sistemu zdravstvene zaštite, kojima se poboljšava pristup, efikasnost, efektivnost i kvalitet medicinskih i poslovnih procesa koje sprovode učesnici u tom sistemu, sa osnovnim ciljem poboljšanja zdravstvenog stanja pacijenta [1]. Elektronsko zdravstvo ne predstavlja zamenu lekara i eksperata, već poboljšanje veze između lekara i pacijenata. Ono olakšava saradnju između subjekata u medicinskom sistemu, kroz bržu komunikaciju, deljenje podataka i konsultacija putem Interneta [2].

Utvrđivanje nedostataka klasičnog zdravstvenog sistema je moguće na više načina. Jedan od njih je utvrđivanje oblasti

kojima je potrebno poboljšati kvalitet pomoću percepcije pacijenata (korisnika usluga) o trenutnom nivou zdravstvenih usluga koje ustanova pruža [3]. SERVQUAL (Service Quality) metoda predstavlja multidimenzionalnu meru koja je široko rasprostranjena u više oblasti poslovanja, razvijenu da bi poslovne organizacije imale uvid šta kvalitet usluga znači korisnicima datih usluga i koji je način da se kvalitet izmeri [4]. SERVQUAL meri kvalitet usluga u pet dimenzija: pouzdanost, odgovornost, sigurnost, opipljivost i saosećanje [5, 6] (Tabela 1).

Dimenzija	Opis
Pouzdanost	Sposobnost pružaoca usluge da ispuni obećane deatnosti odgovorno i precizno
Odgovornost	Volja, znanje i sposobnost preuzimanja posledica pri pružanju usluga
Sigurnost	Znanje i učtivost zaposlenih i njihova sposobnost da posoji poverenje kod korisnika usluga
Opipljivost	Fizički aspekt koji uključuje izgled pružaoca usluga i komunikativnost
Saosećanje	Mogućnost pružanja pojedinačne i specifične pažnje korisnicima usluga od strane zaposlenih

Tabela 1. Opis dimenzija SERVQUAL metode

3. Primena SERVQUAL metode u klasičnom i elektronskom zdravstvu

Primena Servqual metode za pojedinačne oblasti poslovanja i pružanja usluga, zahteva korekciju i menjanje pitanja kako bi bila u skladu sa poljem izučavanja, zemljom u kojoj se istraživanje vrši, kao i sa mentalitetom korisnika usluga koji popunjavaju SERVQUAL upitnik. Osnovni SERVQUAL model se sastoji od 22 ili 23 pitanja koja se mogu proširivati i prilagođavati željenim oblastima pružanja usluga (Slika 1 – [7]). Cilj upitnika je identifikovanje prednosti i slabosti usluga na takav način da menadžment bolnice može održavati snage, a poboljšavati slabosti u

cilju pružanja boljih usluga svojim korisnicima [8].

Items / Dimensions
TANGIBILITY
1. The hospital must have preserved and modern equipment
2. The hospital's physical facilities must be visually appealing and pleasant
3. The staff at the hospital must have neat appearance and outfits in accordance with the characteristics of the work environment
4. The reports and other documents delivered to the patient must be easily understood and visually appealing
MEAN TANGIBILITY
RELIABILITY
5. The hospital must conduct its activities on time
6. The hospital must demonstrate sincere interest in solving the problems of the patient
7. The hospital must perform the services and procedures correctly the first time, not causing rework
8. The hospital must provide its services within the implementation time promised
9. The hospital must submit reports, documents and information about the patient without errors
MEAN RELIABILITY
ASSISTANCE
10. At the hospital, the staff must inform patients exactly when services will run
11. At the hospital, the staff must meet promptly the patients needs
12. At the hospital, the staff must try to help the patients
13. At the hospital, the staff must be available to respond to the requests of the patient
MEAN ASSISTANCE
SAFETY
14. At the hospital, the behavior of the staff must reassure patients
15. Hospital patients must feel secure in using its services
16. At the hospital, the staff should be polite and courteous to the patients
17. At the hospital, the team must have adequate knowledge to answer questions from patients
MEAN SAFETY
EMPATHY
18. At the hospital, the staff must pay individual attention to each patient
19. The hospital must operate at times suitable to the patients
20. The hospital must have a team to give personal attention to the patients
21. The hospital must prioritize the interests of the patient
22. At the hospital, the staff must understand the specific needs of the patients
MEAN EMPATHY
SERVICE QUALITY:
23. At the hospital, the overall quality of care in cardiac surgery should be satisfactory
MEAN OF SCALE SERVQUAL-Card

Slika 1 Upitnik korišćen za merenje zadovoljstva korisnika zdravstvenom uslugom [7]

Godine 2005. Pakdil i Harwood koristili su SERVQUAL kao jednu od najuspešnijih metoda za merenje korektnosti usluga na osnovu merenja nivoa zadovoljstva pacijenata u klinikama u Turskoj [9]. U radu 2009. godine, Butt i De Run su je adaptirali za svoje potrebe i primenili na oceni kvaliteta usluga privatnog zdravstva Malezije [10]. Pansiri i Mmerek su 2010. godine Servqual model upotrebili za merenje nivoa kvaliteta usluga i zadovoljstva pacijenata u bolnicama i klinikama Bocvane [11]. Neki autori su adaptirali model i dublje su obradili ovaj problem [12]. Buykozkan, Cifci i Guleryuz su koristili isti model za merenje kvaliteta usluga zdravstvenih sistema [13], a Ahmed i Samreen su proširili primenu SERVQUAL metode na merenje značajnih dimenzija koje imaju uticaj na zadovoljstvo pacijenata bolničkim uslugama [14]. John, Yatim i Mani izveli studiju pomoću SERVQUAL modela da bi istražili očekivanja pacijenata i percepcija kvaliteta usluga pruženih pacijentima u stomatološkoj zdravstvenoj zaštiti zajedno sa

merenjem jaza zadovoljstva [15]. Godine 2013. Mukhtar, Saeed i Ata su zaključili da je SERVQUAL model vrlo koristan za procenu kvaliteta usluga jedne organizacije i da omogućava upravljačkom odboru date organizacije da identifikuje jazove u kvalitetu na kojima bi trebalo raditi u cilju poboljšanja [16]. Februara 2015. godine Yin, Huang, Shieh, Liu i Wu su koristili SERVQUAL u kombinaciji sa "Importance-performance" modelom radi istraživanja kvaliteta usluga korišćenih u ustanovama sa zastupljenom telemedicinom [8]. U svim navedenim radovima, SERVQUAL model je ocenjen kao uspešan pri merenju nivoa kvaliteta usluga.

3.1 Potencijali za primenu elektronskog zdravstva na osnovu rezultata SERVQUAL metode

Danas je gotovo nemoguće naći zdravstvene ustanove koje ne koriste ništa od usluga i mogućnosti koje pruža elektronsko zdravstvo, pa se može reći da se testiranjem zdravstvenih sistema zapravo testiraju i sistemi elektronskog zdravstva. Na području bivše Republike Jugoslavije su rađena neka istraživanja na ovu temu. U Republici Hrvatskoj, Bajdo i Kondić su 2005. godine upotrebom SERVQUAL metode došli do zaključka da se ova metoda može uspešno koristiti u zdravstvenim institucijama za merenje zadovoljstva pacijenata pruženim uslugama [17]. Godine 2010., prema nekim istraživanjima u Hrvatskoj, došlo se do zaključka da je potrebno poboljšati uslugu prema svim dimenzijama, a posebno prema dimenzijama odgovornosti i sigurnosti [18]. Tačnije prema rezultatima istraživanja ispitanicima je najvažnija dimenzija »sigurnost«, tj. znanje i ljubaznost osoblja ustanove primarne zdravstvene zaštite i njihova sposobnost ulivanja pouzdanja i sigurnosti. Sledeća dimenzija po važnosti je sposobnost ustanove primarne zdravstvene zaštite za pružanjem pouzdane i tačne usluge [18]. Iste godine Huseinspahić koristio je SERVQUAL model prilikom razvijanja determinanti u vezi sa tehničkim dimenzijama kvaliteta i ocenio ga kao koristan alat [19].

Aprila 2015. godine, Ramadani je pokazala postojanje jaza između dve dimenzije kvaliteta – sigurnosti i saosećanja, uz naglasak na potrebe unapređenja usluga u te dve dimenzije [20]. Međutim, situacija u Republici Srbiji nije na zavidnom nivou. Do sada nema relevantnih kontinuiranih podataka koji ukazuju koji je nivo zadovoljstva korisnika zdravstvenih usluga. Neophodno je stvoriti odgovarajuću, kontinuiranu proverenu sliku o potrebama, percepcijama i očekivanjima korisnika zdravstvenih usluga kako bi se napravila i odgovarajuća reforma zdravstva Republike Srbije. Tome u prilog ide i činjenica da je još uvek primena elektronskog zdravstva na početnom nivou.

Činjenice koje su sagledane u svim ovim naučnim radovima i istraživanjima ukazuju na poboljšanja koja se dobijaju primenom SERVQUAL modela u elektronskom zdravstvu. Većina istraživanja zdravstvenih ustanova je sprovedena u zapadnim društvima sa već uvedenim sistemima e-zdravstva [16], dok na Balkanu postoji značajan napredak u istraživanjima na temu kvaliteta u zdravstvu putem SERVQUAL modela [4, 6, 17, 20, 21]. Odgovori koji se dobijaju korišćenjem SERVQUAL modela trebalo bi da se primene pri korišćenju elektronskog zdravstva. Uvođenje sistema elektronskog zdravstva u oblasti kojima je potrebno unapređenje u opštem slučaju omogućava investiciju na duže staze poput lakšeg organizovanja medicinskih kartona u centralnoj bazi podataka. IKT tehnologije mogu biti korišćene da bi obezbedile efektivnu upotrebu tretmana i povećaju ulogu koju pacijent ima u svom lečenju [12]. Uvođenjem IKT-a u zdravstveni sistem se povećavaju efikasnost, produktivnost i kvalitet rada u zdravstvenoj ustanovi, evaluiira rad, eliminiše dupliranje podataka, i omogućava sveobuhvatnije korišćenje podataka [4].

4. Zaključak

Važno je prilagoditi SERVQUAL skalu za specifične potrebe kulture, nacije i samog sektora. Rezultatima SERVQUAL metode se pokazuje koje su to tačke pružanja usluga

kojima korisnici nisu zadovoljni, tj. koje su slabosti i snage sistema. Izlaženje u susret očekivanjima pacijenata predstavlja izazov koji je potrebno ispuniti radi povećanja zadovoljstva uslugama. Doprinos rada se sastoji u pregledu dostupnih izvora iz područja primene SERVQUAL metode i njene primene u elektronskom zdravstvu. Značajnost rada se ogleda u tome što ovoj temi nije dovoljno posvećena pažnja kada je u pitanju pružanje zdravstvenih usluga i merenje zadovoljstva korisnika Republike Srbije. Rad treba da bude podsticaj menadžerima i zaposlenima u zdravstvenim ustanovama za buduća merenja kvaliteta zdravstvenih usluga, kojima bi se identifikovali elementi koji mogu značajno da poboljšaju zadovoljstvo korisnika.

Bibliografija

- [1] Häyrynen K, Saranto K, Nykänen P., (2008), Definition, structure, content, use and impacts of electronic health records: a review of the research literature, *Int J Med Inform.*, dostupno na <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>
- [2] Eysenbach G.,(2001),What is e-health?, *J. Med Internet Res*, Volume 3, Issue 2
- [3] O'Connor, S.J., Shewchuk, R.M., and Carney, L.W., 1994, "The Great Gap," *Journal of Health Care Marketing*, 14(2), 32-39.
- [4] Milenković D., Jovanović Milenković M., Vujin V., Aleksić A., Radojičić Z., Electronic health system: Development and implementation into the health system of Republic of Serbia, *Vojnosanitetski Pregled, Military Medical and Pharmaceutical Journal of Serbia*, Vol 69, no. 10, str 880-891(2012)
- [5] Parasuraman A, Zeithaml VA, Berry LL(1988). SERVQUAL a multiple – item scale for measuring consumer perceptions of service quality. *J. Retail.* 64(2):12-37.
- [6] Blešić I., Pavlović T. Lj., Kalenjuk B., Primena modifikovanog SERVQUAL modela u oceni kvaliteta hotelskih usluga na primeru Banje Gornja Trepča, *Zbornik radova Departmana za geografiju, turizam i hotelijerstvo* 38/2009, 2009.
- [7] Carvalho Borges J. B., De Carvalho S. M. R., De Moraes Sliva M. A., Quality of service provided to heart surgery patients of the Unified Health System – SUS, *Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovascular*, 2010
- [8] Shieh, J.I., Wu, H.H., Huang, K.K.: A DEMATEL method in identifying key success factors of hospital service quality. *Knowl.-Based Syst.* 23(3), 277–282 (2010)
- [9] Pakdil F., Harwood T. N.: Patient Satisfaction in a Preoperative Assessment Clinic: An Analysis Using SERVQUAL Dimensions, *Total Quality Management*, Vol. 16, No 1, 15-30, 2005
- [10] Butt M. M., De Run E. C.: Private healthcare quality: applying a SERVQUAL model, *Faculty of Economics and Business, Universiti Malaysia, International Journal of Health Care*, Vol. 23 No. 7, 2010.
- [11] Pansiri, J., Mmereki, R.N.: Using the SERVQUAL model to evaluate the impact of public service reforms in the provision of primary health care in Botswana. *J. Afr. Bus.* 11, 219–234 (2010)
- [12] Brahmabhatt M., Baser N., Joshi N., Adapting the Servqual scale to hospital services: An empirical investigation of patients' perceptions of service quality, *Zenith International Journal of Multidisciplinary Research*, Vol. 1 Issue 8, 2011.
- [13] Buyukozkan, G., Cifci, G., Guleryuz, S.: Strategic analysis of healthcare service quality using fuzzy AHP methodology. *Exp. Syst. Appl.* 38, 9407–9424 (2011)
- [14] Ahmed, R., Samreen, H.: Assessing the service quality of some selected hospitals in Karachi based on the SERVQUAL model. *Pak. Bus. Rev.* 13(2), 266–314 (2011)
- [15] John, J., Yatim, F.M., Mani, S.A.: Measuring service quality of public dental health care facilities in Kelantan, Malaysia. *Asia-Pac. J. Public Health* 23(5), 742–753 (2011)
- [16] Mukhtar, H., Saeed, A., Ata, G.: Measuring service quality in public sector using SERVQUAL: a case of Punjab dental hospital, *Lahore. Res. Hum. Soc. Sci.* 3(22), 65–70 (2013)
- [17] Bajto M., Kondić Ž., Mjerenje zadovoljstva korisnika usluga SERVQUAL modelom na primjeru opće bolnice, 6. Hrvatska Konferencija o Kvaliteti – Opatija, 2005.
- [18] Ozretić Došen Đ., Škare V., Škare T., Mjerenje kvalitete usluge primarne zdravstvene zaštite SERVQUAL instrumentom, *Rev. soc. polit.*, god. 17, br. 1, str. 27-44, Zagreb 2010.
- [19] Huseinspahić N., Razvijanje determinanti za mjerenje tehničke dimenzije kvaliteta usluga u zdravstvu korištenjem SERVQUAL modela, *Sarajevo Business and Economics Review*, issue: 30/2010,2010
- [20] Ramadani M., Kvaliteta zdravstvenih usluga bolničkog liječenja, *Diplomski rad, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu*, 2015.
- [21] Mabić M., Bevanda A., Zahilić A., Kvaliteta u zdravstvu – percepcija pacijenata Doma Zdravlja Mostar, 7. *Naučno-stručni skup sa međunarodnim učešćem "Kvalitet 2011"*,2011

Specifičnosti imena kao elementa brend identiteta u farmaceutskoj industriji

KATARINA ARIZANOVIĆ MILOŠEVIĆ

Leo Burnett

karizanovicffm@yahoo.com

LANA LALIĆ

AbbVie Biopharmaceuticals GmbH

lalic.lana@yahoo.com

Apstrakt: Ime brenda predstavlja deo koji se može izgovoriti, a može se sastojati od reči, slova i brojeva. Dugoročno gledano, ime će mu doneti dugovečnost i priželjkivanu snagu, a sam izbor imena predstavlja osnov za razvijanje logotipa, pakovanja, promotivnih kampanja i ostalih, neophodnih stvari. Proces davanja imena brendovima je izuzetno složen i predstavlja kombinaciju veština umetnosti i nauke. On ne podrazumeva samo davanje predloga imena i odabir najboljeg rešenja od ponuđenih, već je to jedan izuzetno složen proces. Ime treba da bude originalno, drugačije od onih koje ima konkurencija, "magično", lako za zapamtiti, zvučno i sl. S druge strane, davanje imena lekovima nije običan, marketinški posao, već se moraju zadovoljiti određeni kriterijumi, bliže definisani u pravilnicima regulatornih tela, a koji se primarno odnose na bezbednost pacijenata. Ime leka ne sme izazvati zabunu ili konfuziju u odnosu na indikaciju, populaciju pacijenata kojoj je lek namenjen, farmaceutski oblik, način primene, jačinu, način izdavanja leka. Takođe, ime leka ne sme sadržati promotivnu poruku u pogledu terapijske primene, farmaceutskih karakteristika i sastava leka.

Ključne reči: ime, brend identitet, farmaceutska industrija

1.0. Ime brenda

Ime brenda predstavlja deo koji se može izgovoriti, a može se sastojati od reči, slova i brojeva. Dugoročno gledano, ime će mu doneti dugovečnost i priželjkivanu snagu, a sam izbor imena predstavlja osnov za razvijanje logotipa, pakovanja, promotivnih kampanja i ostalih, neophodnih stvari. Proces davanja imena brendovima je izuzetno složen i predstavlja kombinaciju veština umetnosti i nauke. On ne podrazumeva samo davanje predloga imena i odabir najboljeg rešenja

od ponuđenih, već je to jedan izuzetno složen proces. Ime treba da bude originalno, drugačije od onih koje ima konkurencija, "magično", lako za zapamtiti, zvučno i sl. Ukoliko se ime odnosi samo na opis proizvoda, to uskraćuje mogućnost proširenja brenda. Pronalaženje imena je postalo jedan od najizazovnijih i najtežih poslova, kako za same poslovne organizacije, tako i za konsultante. Prema rečima M. Globe¹, najbolje je pridržavati se jednog metoda za određivanje imena za brendove: najbolje je početi od spiska imena, koji su sastavili ljudi različitih profila, a sa druge strane, paralelno okupiti i fokusnu grupu koja će da komentariše slike koje odražavaju željena svojstva brenda, ne bi li se na taj način došlo do neke relevantne ideje za ime brenda. Najvažnije je istaći da ime dobija potpuno novo značenje kada se poveže sa poslovnim konceptom, a ne posmatra samo za sebe, izolovano. "Takođe, kada se vrši izbor imena za brend potrebno je generisati što više mogućnosti, pa onda sistemom eliminacije, pomoću određenih kriterijuma, sužavati izbor. Ti kriterijumi mogu biti:

1. sposobnost imena da izrazi jedinstvene koristi brenda;
2. mogućnost prevođenja na različite jezike;
3. mogućnost izgovaranja na različitim jezičkim područjima;
4. mogućnost pravne zaštite;
5. postojanje eventualnih negativnih značenja ili asocijacija predloženih reči itd." ²

Proces testiranja imena brenda je neophodan i obuhvata niz različitih testova, počev od jezičkih testova, testova pamćenja, asocijacija itd. Jezički testovi se odnose na fonetiku. Treba voditi računa o ponavljanju suglasnika, samoglasnika, o rimovanju i sl. Dobro je kad brend počinje i završava se istim slovom, kada se ponavljaju slogovi (Coca-Cola), kada su laka za pamćenje ali i efektna itd. Poželjno je izbegavati da se ime završava na "is" jer se veliki broj oboljenja (cistitis, laringitis) završava na pomenuta slova, ali i izbegavati imena koja zvuče kao psovke. Test asocijacije se odnosi na asocijacije koje ime brenda stvara kod kupaca. Ime brenda može biti lično, ime mesta, akronim, može da bude opisno, preuzeto ili potpuno izmišljeno. Tržište poznaje i alfanumerička imena, šaljiva, imena sastavljena od nekoliko reči, pa čak i strana imena.

2.0. Novi proizvodi na farmaceutskom tržištu

Novi proizvodi na farmaceutskom tržištu se predstavljaju iz mnogo razloga, ali najčešći razlog je povećanje prodaje kompanije u postojećim, kao i novim tržištima. Novi proizvodi se takođe

¹ Mark Globe je predsednik, generalni i kreativni direktor jedne od deset najvećih svetskih firmi u oblasti kreiranja imidža brenda, specijalizovane za dizajn identiteta proizvoda, ambalaže, web prezentacija i sl.

² S. Cicvarić, Brend: kreiranje, pozicioniranje i održavanje, Zadužbina Andrejević, Beograd 2006. str. 31.

uvode da bi se obezbedila zaštita kompanijskog udela na tržištu t.j. market share-a. Npr. kompanija može razviti i marketirati novi proizvod koji će zapravo zameniti jedan od njenih starijih lekova, što je često imalo smisla pre 20-30 godina kada bi stariji lek izgubio patentnu zaštitu ili deo tržišta. Na današnjem tržištu, naročito uz generičke konkurente i visoke troškove razvoja leka, neophodno je da novi lek ima dodatnu vrednost da bi bio uspešan. Kada se govori o uvođenju novog leka, nameće se pitanje davanja imena leku.

3.0. Davanje imena leku

„Skoro svi lekovi imaju 4 imena: hemijsko, kompanijsko, generičko i komercijalno. Veruje se da dobro komercijalno ime pomaže prodaji leka, a da loša imena često naškode prodaji. Ali, koje je ime dobro za lek zavisi od nekoliko faktora:

1. Hemijsko ime nedvosmisleno označava molekulsku strukturu aktivne supstance leka i koriste ga primarno hemičari, a retko ili nikad lekari, pacijenti ili zaposleni u kompaniji.
2. Kompanijsko ime: kompanije dodeljuju interne registracije ili kodove svim supstancama koje sintetišu ili izoluju, radi lakše komunikacije unutar kompanije ili sa spoljnim grupama dok im se ne dodeli generičko ime.
3. Generičko ime: osnovni kriterijum u izboru generičkog imena je da ono treba da potiče od prethodno imenovanog strukturnog analoga, od hemijskog imena ili od nameravane terapijske upotrebe. Očigledno, ime ne sme biti isto ili vrlo slično u odnosu na postojeća. Generička imena ne smeju da impliciraju prekomeran benefit ili neodobrenu upotrebu lekovite supstance. Obično je potrebno oko 8 meseci do 2 godine za ovaj proces. Jedan od razloga za ovako dug vremenski period je potreba da se ime ispita u drugim zemljama (npr. ime može imati neželjeno značenje ili konotaciju na nekom jeziku). Kompanije preferiraju da se imena lekovitih supstanci (generička imena) teško izgovaraju i pamte, kako bi i lekari i pacijenti lakše zapamtili zvučnije komercijalno ime (npr. generičko: ustekinumab, brend: Stelara®).
4. Komercijalno ime (brend, trademark) je ime dodeljeno od strane kompanije nakon utvđivanja da druge kompanije ili grupe ne koriste to ime ili ime koje je suviše blisko, sa kojim bi moglo doći do konfuzije. „Komercijalno ime se koristi u oglašavanju, promotivnim kampanjama i za diferenciranje proizvoda. Ime može namerno biti izabrano

da zvuči „high teck“ ili naučno i „stodgy“, u zavisnosti od načina promovisanja ili oglašavanja.”³

Farmaceutske kompanije troše puno vremena, truda i novca da pronađu najpogodnije komercijalno ime. Takođe, postoji trend i želja za nalaženjem komercijalnog imena koje će moći da se koristi barem u većini, ako ne i u svim zemljama, zbog čega se moraju zadovoljiti kriterijumi različitih regulatornih tela. Međutim, dešava se i da jedna kompanija ima više komercijalnih imena za jedan lek koji se prodaje u različitim zemljama, što je delom rezultat nemogućnosti nalaženja jedinstvenog imena koje može biti korišćeno širom sveta, ali takođe i lokalnog marketinga koji ima svoje viđenje željenog imena. Postoje različite odrednice za izbor komercijalnog imena, pa tako npr. neki lek može imati ime koje je u direktnoj vezi sa generičkim imenom (Miansan® - mianserin), ime koje asocira na mehanizam delovanja leka (Diunorm® – diuretik), ime koje ukazuje na način primene (Chymoral® – oralna primena), ime koje označava poreklo (Humira® - humano monoklonsko antitelo).

4.0. Zaključak

Davanje imena lekovima nije običan, marketinški posao, već se moraju zadovoljiti određeni kriterijumi, bliže definisani u pravilnicima regulatornih tela, a koji se primarno odnose na bezbednost pacijenata. Ime leka ne sme izazvati zabunu ili konfuziju u odnosu na indikaciju, populaciju pacijenata kojoj je lek namenjen, farmaceutski oblik, način primene, jačinu, način izdavanja leka. Takođe, ime leka ne sme sadržati promotivnu poruku u pogledu terapijske primene, farmaceutskih karakteristika i sastava leka. Ukratko, jeste naziv leka ono što će ga izdiferencirati u odnosu na konkurenciju (Brufen® vs Nurofen®), ali zbog specifičnosti samog farmaceutskog tržišta, kao što je objašnjeno, davanje imena leku je složen proces koji izlazi iz strogog okvira marketinga.

Bibliografija

- [1] B. Spilker, Multinational pharmaceutical companies: Principles and Practices, Raven Press, New York, 1994., str. 551.
- [2] S. Cicvarić, Brend: kreiranje, pozicioniranje i održavanje, Zadužbina Andrejević, Beograd 2006. str. 31.
- [3] <http://www.ema.europa.eu/ema>

³ B. Spilker, Multinational pharmaceutical companies: Principles and Practices, Raven Press, New York, 1994., str. 551.

SYM-OP-IS 2015: XLII Simpozijum o operacionim istraživanjima, 2015.

Logo kao element brenda i njegov uticaj na originalni poslovni identitet uz prikaz slučaja energetskog pića Guarana

KATARINA ARIZANOVIĆ MILOŠEVIĆ

Leo Burnett

karizanovicffm@yahoo.com

BRANKA JOVANOVIĆ

Orange Studio

branka.jovanovic@orange.rs

Apstrakt: Reč logotip se vezuje za latinsku reč logos, što znači znak, jezik, govor i predstavlja prvi element sveukupne imovine kompanije, koji se ujedno i najduže pamti. Profesionalno oblikovan logo, uspostaviće originalan poslovni identitet, a atraktivno dizajniran, s druge strane, unosi u poslovanje potpuno novi zamah. U kontekstu ovog rada, logotip Guarane je dizajniran tako da u potpunosti oslikava karakter brenda (energičan, samouveren, otvoren, mladalački, aktivan, živ, zabavan). Svi elementi logotipa, kao i sam tag line, osmišljeni su i kreirani tako da mogu da funkcionišu i zasebno (znak „Sovica“ je prepoznatljiva i minimalistički dizajnirana brend ikona koja simbolizuje mentalnu budnost, mudrost, dinamičnost i kreativnost, a ona je i najprepoznatljiviji element logotipa) što, ukratko, predstavlja ogroman komunikacijski potencijal. U savremenim uslovima privređivanja, gde je konkurencija zaista velika i surova i gde je tržište jedino mesto gde se snage mogu odmeriti, dizajn ima veliku moć, jer se jedino uz pomoć kvalitetnog i kreativnog dizajna, proizvodi mogu izdiferencirati. Smatra se da je Guarana to i postigla na tržištu na kome posluje.

Ključne reči: brend identitet, logo, Guarana.

1.0. UVOD

Brending predstavlja proces kreiranja i menjanja svih elemenata brenda (imena, logoa, dizajna, ličnosti i poruke) kojima se organizacije, proizvodi i usluge (kao i osobe, mesta i ideje) u svesti kupaca pozicioniraju od konkurentskih. Prema navedenoj definiciji, brend elementi su: ime, logo,

dizajn, ličnost i poruka."¹ Kreiranje elemenata brenda jeste osnova izgradnje brend identiteta i brend imidža. Brend identitet predstavlja sve ono što kompanija želi da stvori na tržištu u svesti svojih potrošača, odnosno kupaca i ostalih ciljnih grupa. S druge strane, brend imidž predstavlja sliku koju ciljna grupa ima o određenom brendu. Brend predstavlja spoj velikog broja komponenti: estetskih, racionalnih i emotivnih elemenata, sam proizvod, odnosno njegovo pakovanje, oglašavanje i ostale komunikacijske aktivnosti, pa je veoma jasno "da se procesi kreiranja, pozicioniranja, održavanja i upravljanja brendom mogu uspešno sprovesti integracijom aktivnosti marketinga i odnosa s javnošću."²

2.0. LOGO

Vezuje se za latinsku reč logos, što znači znak, jezik, govor i predstavlja vizuelnu prezentaciju poslovnog identiteta na tržištu. Logo kompanije se prvi primeti i najduže pamti od sveukupne poslovne imovine. Logo predstavlja prepoznatljiv „znak/pečat“ koji kompanija koristi, a kod kupaca stvara određene asocijacije i očekivanja. Profesionalno oblikovan logo, uspostaviće originalan poslovni identitet, a atraktivno dizajniran, s druge strane, unosi u poslovanje potpuno novi zamah (HRG logo vs TYZE logo). Logo sam po sebi ne mora obavezno da bude sredstvo za komunikaciju, ali svakako deluje kao simbol onoga što kompanija predstavlja (ili se nada da predstavlja) i odgovarajuće percepcije potrošača.³ Treba istaći da je logo najvažniji vizuelni resurs kompanije i u skladu sa time se treba i ophoditi pri njegovoj prezentaciji. U svetu je odavno prihvaćena, a i kod nas sve više na značaju dobija izrada Knjige grafičkih standarda⁴ jer je pravilna upotreba i standardizacija primene logotipa od izuzetne važnosti. Logo mora biti nosilac svake kampanje, a ostali elementi vizuelnog identiteta predstavljaju prateći materijal. Logo može biti tekstualni, grafički ili kombinovani. Predmet ovog rada jeste kombinovani logotip.

3.0. PRIKAZ SLUČAJA ENERGETSKOG PIĆA GUARANA

3.1.1. Ukratko o poreklu

¹ S. Cicvarić, Brend: kreiranje, pozicioniranje i održavanje, Zadužbina Andrejević, Beograd 2006. str. 29.

² S. Cicvarić, Brend: kreiranje, pozicioniranje i održavanje, Zadužbina Andrejević, Beograd 2006. str. 29.

³ M. Gobe, Emocionalno brendiranje, Mass Media International, Beograd 2006., str. 122.

⁴ Dizajn osnovnih vizuelnih komunikacija čine brend logotip, knjiga grafičkih standarda i korporativni identitet. Knjiga grafičkih standarda predstavlja osnovnog vodiča u stvaranju i pozicioniranju brenda na tržištu i uz pomoć nje će se izbeći negativni efekti koji se obično javljaju prilikom pogrešnog i neskladnog korišćenja elemenata vizuelnog identiteta.

Crveni plod guarana biljke, veličine zrna kafe, veoma je bogat kofeinom. Izdrobljeno seme guarane koristi se kao stimulans, ubrzava percepciju, poboljšava memoriju, osvežava, pojačava koncentraciju, deluje kao antioksidans i prirodno podiže energetske nivo organizma. Upravo energetske naboje koji konzument oseti nakon konzumacije Guarane i budnost koja se postiže, nedvosmisleno su trasirali put pri dizajniranju logotipa i kompletnog vizuelnog identiteta brenda sa ciljem sublimiranog povezivanja sa prirodom i poreklom.

3.1.2. Logo Guarane

Logo Guarane jeste kombinovani i sastoji se od znaka i tipografije. Znak „Sovica“ je prepoznatljiva i minimalistički dizajnirana brend ikona koja simbolizuje mentalnu budnost, mudrost i dinamičnost. Njenim nastankom sam logotip Guarane je obogaćen, i uz tag line NO SLEEP koji potpisuje energetske stav brenda, čini skladnu grafičku kompoziciju.



Slika 1. Logo Guarane

Ukratko, da bi se lakše upamtio i na dalje prepoznao, logotip mora da bude jednostavan, grafički skladno formatiran sa standardizovanim kolornim kodom, što Guarana zadovoljava. Tipografija je custom made, kako bi se vezivala jedino i isključivo za to energetske piće. Pored žute i crne kao osnovnih boja, crvenom bojom je akcentovan tag line NO SLEEP. Ideja pri kreiranju logotipa, tj. uz tag line čitave grafičke kompozicije, bila je da svaki element kompozicije može da funkcioniše potpuno zasebno, tako da se danas potpuno samostalno koriste i Sovica, i logotip i tag line, što je nemejljivo bogatsvo brenda i negov snažan komunikacijski potencijal.⁵ Ukratko, ceo logotip je dizajniran tako da u potpunosti oslikava karakter brenda (energičan, samouveren, otvoren, mladalački, aktivan, živ, zabavan). Svi elementi biljke guarana i njeno suštinsko značenje i namena, sadržani su u znaku, koji nedvosmisleno komunicira sa konzumentima, a upravo u tome se i ogleda međuzavisnost marketinga i dizajna. Cilj je da krajnji konzument razume poruku koju mu šalje određeni brend. Guaranu potpuno razumeju njeni konzumenti, koji su pretežno urbani, samosvesni, obrazovani ljudi, mladi duhom, od 18 i više godina.

3.1.3. Poslovni identitet i filozofija

⁵ Za više detalja, posetiti www.guarana.rs

Dizajn i kompanija moraju biti povezani kako bi se stvorila kompletna (pozitivna) slika o jednom brendu. Razmišljajući u kontekstu teme rada, jako je važno da logotip bude atraktivan, originalan, prepoznatljiv i pre svega dopadljiv ciljnoj grupi, kako bi konstantno obezbeđivao pozitivne reakcije. Logotip je prvi element brend identiteta koji se uoči i uz sam grafički dizajn ambalaže, ostaje u podsvesti, zato je važno da već on oslikava kompletnu filozofiju brenda. Guarana je oduvek bila filozofija i postala je lifestyle. Svaki dan je novi izazov! Carpe diem! Guarana je originalna, uvek inovativna, sa mnoštvom direktnih i motivišućih svakodnevnih poruka, nestandardnim formatima komunikacije, koja uz prepoznatljiv logotip, kao osnovni element brend identiteta, potpisuje Nosleep Challenge on-line konkurs, Volume Up žurke, No Sleep – Make Love limited edition, Street Art aktivacije, Drink & Link digitalnu nagradnu igru i sl. Guarana je postala sastavni deo života adolescenata, ona je deo urbanih „džepova“ svakog grada, vidimo je na grafitima, ilustracijama, skicama itd.

4.0. ZAKLJUČAK

U savremenim uslovima privređivanja, gde je konkurencija zaista velika i surova i gde je tržište jedino mesto gde se snage mogu odmeriti, dizajn ima veliku moć, jer se jedino uz pomoć kvalitetnog i kreativnog dizajna, proizvodi mogu izdiferencirati. Proizvodi. Brendovi. Ljudi. U svakom slučaju, počinje se od logotipa. Debbie Millman, autorka radio emisije Design Matters na Voice Of America i jedna od uglednih brend stratega vodeće kompanije za branding u SAD, Sterling Brands smatra da intelekt nadahnjuje kreativnost i da dizajneri stvaraju dela koja su lična, a ipak se dotiču svih ljudi. Ono što dizajner mora da oseća jeste visok stepen empatije. Dizajner treba da prenese poruku tako da je ciljno tržište razume. Vreme će pokazati kakav će uspeh ostvariti brend Guarana, ali sudeći po dosadašnjim rezultatima... kreativni tim i dizajneri su u potpunosti razumeli ciljno tržište, jer danas je Guarana lider na domaćem tržištu energetskih napitaka kao uvek aktivan i inovativan brend sa prepoznatljivom brend ikonom.

Bibliografija

- [1] F. Kotler, K. L. Keler, Marketing menadžment, Data Status, Beograd, 2007.
- [2] M. Gobe, Emocionalno brendiranje, Mass Media International, Beograd 2006.
- [3] S. Cicvarić, Brend: kreiranje, pozicioniranje i održavanje, Zadužbina Andrejević, Beograd 2006.
- [4] Studio Orange- arhiva

Menadžment visokoškolskih ustanova i ispitni rokovi

Janko Cvijanović

Ekonomski institut, Beograd

e-mail: jankocvi@eunet.rs

Mališa Žižović

Poslovni fakultet, Valjevo, Univerzitet Singidunum Beograd

e-mail: zizovic@gmail.com

Nada Damljanović

Fakultet tehničkih nauka, Čačak, Univerzitet u Kragujevcu

e-mail: nada.damljanovic@gmail.com

Dragan Turanjanin

Visoka poslovna škola strukovnih studija, Blace

e-mail: turanjanindragan@live.com

Apstrakt. U ovom radu su razmatrane neke moguće odluke koje menadžment visokoškolskih ustanova može doneti prilikom organizovanja ispitnih rokova (broj rokova i način realizacije). Te mogućnosti analizirane su i rangirane u višekriterijumskom modelu prema predloženom skupu kriterijuma.

Ključne reči: Ispit, student, znanje, alternative, kriterijum.

1. Uvod

Poslednjim izmenama Zakona o visokom obrazovanju, ispitni rokovi – vreme održavanja i broj rokova su izostavljeni iz zakonske obaveze i prepušteni “nižim” instancama pri čemu će se ta problematika regulisati statutima visokoškolskih ustanova. Nije isključeno sa će ovo ići još niže, i da će visokoškolske ustanove ovo pitanje prepustiti nižim organizacionim jedinicama, katedrama, u zavisnosti od njihovih specifičnosti, a možda će se ići dotle da svaki nastavnik organizuje ispite u zavisnosti od specifičnosti predmeta koji predaje, i u dogovoru sa predstavnicima studenata. U takvoj specifičnoj i naizgled zamršenoj situaciji ostaju otvorena brojna pitanja pred menadžmentom visokoškolskih ustanova, pre svega kako raditi i šta raditi,

koja su rešenja najbolja u datim situacijama. Ostaju otvorena brojna pitanja (za zakonodavne organe i sve nas) kakve će društvo kadrove dobijati iz ovakvih i ovako koncipiranih visokoškolskih ustanova. Naravno, otvoreno je i pitanje za roditelje budućih studenata, i za same studente, gde i kako će dobiti najbolje i najefikasnije obrazovanje u zavisnosti od toga kakva su rešenja visokoškolske ustanove izabrale, i naravno od toga šta studenti žele: diplomu, ili znanje, ili oboje. Verovatno će visokoškolske ustanove dati neki okvirni plan ispita uz ogradu da postoji mogućnost da se taj plan menja odlukama Nastavno-naučnog veća.

U ovom radu će biti date neke od mogućnosti koje visokoškolske ustanove mogu izabrati. Te mogućnosti će biti analizirane u višekriterijumskom modelu u

kojem će se porediti i rangirati varijante prema datim podacima, bez pretenzija da je to rešenje idealno.

2. Varijante u višekriterijumskom modelu

U ovoj proceduri polazimo od klasičnog problema višekriterijumskog odlučivanja: skup varijanti koji treba oceniti prema skupu kriterijuma primenom odgovarajućeg računa. Tokom poslednjih decenija razvijen je veliki broj metoda i tehnika za ovu namenu. Za pregled dostupnih metoda za rešavanje problema višekriterijumskog odlučivanja upućujemo na monografije M. Radojičić, M. Žižović [6], C. L. Hwang, K. Yoon [3], E. Triantaphyllou [7], J. Figueira i dr. [2], I. Nikolić, S. Borović [5], I radove M. Žižović i dr. [8,9].

Jasno je da su u ovom višekriterijumskom modelu alternative broj ispitnih rokova i načini njihovog organizovanja. Mi ćemo dati nekoliko mogućnosti i svaku od njih opisati.

A_1 - Tri ispitna roka – decembar, maj i avgustovski.

Ovaj plan je blizak američkom modelu studiranja i ovde će biti ukratko izložen jer bi na ovaj način "bolonjski proces" imao smisao u realnoj primeni.

Studenti upisuju Univerzitet i u zavisnosti od toga koje ispite polože, dobijaju odgovarajuću diplomu. Nastava iz svih predmeta (svi predmeti se predaju u svakom trimestru) bi u zimskom (tačnije jesenjem) trimestru počinjala prvog septembra, a završavala se petnaestog decembra. Decembar ispitni rok bi počeo šesnaestog decembra i završio bi se do kraja decembra. Prolećni trimestar (tačnije zimsko-prolećni) bi počeo dvadesetog januara, a završio se desetog maja. Majski ispitni rok bi počeo jedanaestog maja i završio do dvadeset šestog maja. „Popravni“ trimestar (letnja škola) bi počeo prvog juna i završio se do kraja jula. Popravni

ispitni rok (avgustovski) bi počeo prvog avgusta i završio se desetog avgusta.

Ovde se podrazumeva da se svi predmeti slušaju svakog trimestra, najviše jedan čas iz jednog predmeta u jednom danu pre podne, a u popodnevnom satima bi studenti radili sa savetnicima (koji nisu podređeni nastavnicima). Ako neki student ne položi ispit na kraju trimestra, onda on taj predmet prijavljuje i sluša ponovo u sledećem trimestru. Završni ispit u ispitnom roku je praktično nijansiranje ocene i finaliziranje pokazivanja stečenog znanja, jer su studenti i nastavnici bili u kontaktu ceo trimestar tokom koga su nastavnici pratili i ocenjivali napredovanje svakog studenta.

U radovima [1] i [4] je detaljno analizirana organizaciona struktura američkih univerziteta i organizaciona struktura državnih univerziteta i visokih škola u Srbiji. O radu u letnjim školama može se videti u [10].

A_2 - Ispitni rokovi prema Zakonu pre promena.

Karakteristično je da su ovde ispitni rokovi bili januarski, aprilski, junski, septembar i oktobarski, a da su pojedine ustanove uvodile i druge rokove, ali nije bilo nekih dobrih rezultata.

A_3 - Ispitni rokovi se definišu kao januarski, februar, aprilski, junski, julski, avgustovski, septembar i oktobarski (septembar II).

A_4 - Svake radne nedelje prvi radni dan (ponedeljek) je ispitni dan. Ispiti se održavaju svakog ispitnog dana u školskoj godini (oko 30 rokova).

Koristeći ovu varijantu, student bi imali mogućnost da planiraju svoje ispitne aktivnosti u zavisnosti od svojih mogućnosti i potreba. Jasno, u ovom slučaju bi se definisalo koliko delova ima jedan ispit (mogao bi imati više

delova) i za koje vreme bi morao biti realizovan.

Ova varijanta nije pogodna za nastavnike jer bi svi tog dana morali da dođu na posao!

Jasno je da je moguće napraviti mnogo alternativa ovakvog tipa i da će mnogo njih biti u opticaju, ali mi ih ovde nećemo dodavati više mogućnosti.

3. Kriterijumi za ocenjivanje alternativa

Za ocenjivanje ovakvog modela može se dati jako veliki broj kriterijuma u zavisnosti od toga šta su prioriteti ocenjivača. Takođe, ti kriterijumi mogu imati različit značaj za ocenjivanje.

Ovde ćemo dati jedan skup kriterijuma koji će birati najpovoljniju alternativu sa stanovišta stečenog znanja i potom mogućnosti da se to znanje primeni u praksi za dobrobit pojedinca koji je to znanje stekao, kao i društva u kojem će taj pojedinac raditi.

C_1 - Efikasnost studiranja.

Ovaj kriterijum će ocenjivati mogućnosti da student rasporedi ispite i na najbolji mogući način iskoristi vreme predviđeno za studiranje.

C_2 - Nivo očekivanog znanja studenta.

Ovaj kriterijum će ocenjivati alternative prema mogućem postignutom nivou znanja tokom studiranja.

C_3 - Kriterijum javnosti (transparentnosti) ocenjivanja na ispitima.

Ovaj kriterijum će ocenjivati alternative prema mogućnostima ustanove da se ispiti organizuju transparentno (makar na nivou uvida studenata u znanje svih ocenjivanjih kolega).

C_4 - Kriterijum kontrole ostvarenog nivoa znanja.

Ovaj kriterijum će ocenjivati alternative prema mogućnostima društva da oceni nivoe znanja studenata koji su već završili dati ispit

(ovo bi bilo i ocenjivanje nastavnika i ocena koje su nastavnici dali studentima).

Jedna od mogućnosti da se pristupi po ovom kriterijumu bi bila da svaka visokoškolska ustanova za svaki predmet u toku njegove akreditacije prati šta će student koji položi taj predmet znati u obliku pitanja i zadataka koji bi bili dati u akreditacionom materijalu. Državna komisija koja bi ocenjivala rad bi iz ovog seta pitanja izabrala neka i na kraju roka bi studenti popunjavali test sa ovim pitanjima (najviše jedan test u jednom roku) i na taj način bi se stekao uvid u stečena znanja. Ovo bi moglo da bude i ocenjivanje rada ustanove i nastavnika!

C_5 - Kriterijum cene studiranja.

Ovaj kriterijum bi ocenjivao alternative tome kolika bi u pojedinim slučajevima bila cena obrazovanja jednog svršenog studenta, a u zavisnosti od kvaliteta njegovog znanja i mogućnosti da se uklopi u privredu.

Ocene po kriterijumima će biti od 1 do 10, pri čemu se pretpostavlja da je 1 nezadovoljavajući nivo, a da je 10 najbolji moguć nivo.

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
A_1	10	8	10	10	5
A_2	8	4	4	2	6
A_3	8	4	4	2	6
A_4	9	8	8	1	5

Tabela 1. Vrednosti alternativa

U ovom radu, višekriterijumsko rangiranje predloženih alternativa, izvršeno je na osnovu Mrežnog metoda za višekriterijumsko ocenjivanje koji je uveo M. Žižović i dr. [8]. Ovaj metod se bazira na računanju rastojanja date alternative A_i od hipotetički idealne-najbolje alternative A^* i hipotetički najgore alternative A_* . U račun se uključuje čitav niz parametara, počev od onih uobičajenih kojima

se uzima u obzir značaj važnosti kriterijuma, do onih koji su za ovaj metod specifični kao što su funkcije kojima se opisuje značaj razlike između alternativa. Za jednu alternativu kažemo da je bolja od druge ako je bliža hipotetički najboljoj alternativu A^* i udaljenija od hipotetički najgore alternative A_* .

Primenom Mrežnog metoda dobijen je sledeći rang alternativa

$$A_1 \rightarrow A_4 \rightarrow A_3 \rightarrow A_2,$$

i istaknuta je prednost alternative A_1 u odnosu na ostale upoređivane.

4. Zaključak

Svaki nastavnik prati rad studenata tokom semestra, a konačnu ocenu znanja utvrđuje na završnom ispitu. Uslovi i način polaganja ispita, kao i kalendar ispitnih rokova definišu se statutima visokoškolskih ustanova i pratećim pravilnicima o polaganju ispita.

U ovom radu date su neke mogućnosti za organizovanje ispitnih rokova. Ove mogućnosti su posmatrane kao alternative u višekriterijumskom modelu i izvršeno je njihovo rangiranje prema datom skupu kriterijuma.

Bibliografija

- [1] **J. Cvijanović, M. Žižović, J. Lazić**, Bolonjska deklaracija i menadžment u visokoškolskim ustanovama, *Industrija- časopis Ekonomskog instituta, Beograd*, broj 1/2007, 113-120, YU ISSN 0350-0373.
- [2] **J. Figueira, S. Greco, M. Ehrgott**, Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys, *Springer Verlag*, 2005.
- [3] **C. L. Hwang, K. Yoon**, Multiple attribute decision making methods and applications, *Spriner Verlag*, 1981.
- [4] **J. Lazić, M. Žižović**, Menadžment univerziteta i Bolonjska deklaracija, *Zbornik radova Sim-Op-Is*, 2006, ISBN 978-86-7680-124-4.
- [5] **I. Nikolić, S. Borović**, Višekriterijumska optimizacija, metode, primena u logistici, softver, *Centar vojnih škola Vojske Jugoslavije*, 1996.
- [6] **M. Radojičić, M. Žižović**, Primena metoda višekriterijumske analize u poslovnom odlučivanju, monografija, Tehnički fakultet, Čačak, 1998.
- [7] **E. Triantaphyllou**, Multi-Criteria Decision Making Methods: A Comparative Study, *Kluwer Academic Publishers, Dordrecht*, 2000.
- [8] **M. Žižović, N. Damljanović, V. Lazarević, N. Deretić**, New method for multicriteria analysis, *U.P.B. Sci. Bull. Series A 73 (2)* (2011) 13-22.
- [9] **M. Žižović, N. Damljanović**, Main advantage of lattice MCD-method, *The XIII international conference on mathematics and its applications ICMA 2012, Timisoara, Romania*, (2012) 315-320, (ISSN 1224-6069).
- [10] **M. Žižović, D. Turanjanin, N. Deretić**, Organizacija letnjih škola na visokoškolskim ustanovama, *Naučno-stručna konferencija: Na putu ka dobru znanja, Sremski Karlovci*, 2010, ISBN 978-86-85067-41-9.

**BUSINESS
INTELLIGENCE
DECISION
MAKING**

Uticaj srednjoškolskog obrazovanja na uspeh visokoškolske edukacije: studija slučaja sa Fakulteta organizacionih nauka

Sonja Išljamović

Fakultet organizacionih nauka, Beograd, *Jove Ilića 154*

e-mail: sonjaisljamovic@gmail.com

Srdan Lalić

Republički zavod za statistiku, Beograd, *Milana Rakića 5*

e-mail: srdjan.lalic@stat.gov.rs

Apstrakt: Celokupan uspeh studiranja može biti determinisan sa mnogobrojnim činiocima, koji se prevashodno odnose na sam naučno-nastavni plan i program visokoškolske edukacije, kao i zainteresovanost i posvećenost studenta tokom obrazovnog procesa. Ukoliko sagledamo širu sliku, kao dodatni činioci mogu se izdvojiti lične karakteristike studenata i prethodno stečeno znanje tokom srednjoškolskog obrazovanja. Upravo uticaj završene srednje škole na performanse uspešnosti studiranja predstavlja predmet ovog rada, gde je analiza uticaja srednje škole izvršena je iz dva ugla. Prvi pogled se zasniva na primeni ANOVA testa, nad stvarnim rezultatima diplomaca Fakulteta organizacionih nauka, radi utvrđivanja korelacije između tipa završene srednje škole i indikatora uspešnosti studiranja. Sa druge strane, izvršeno je anketiranje studenata, te primenom AHP metode evaluacija rezultata kako bi se sagledala njihova perspektiva uticaja stečenog znanja u srednjoj školi i mogućnost njegove primene na fakultetu. Kao rezultat istraživanja, za svaki od indikatora uspešnosti studiranja utvrđen je tip srednje škole koji ima najbolji potencijal.

Ključne reči: visokoškolska edukacija, srednjoškolsko obrazovanje, srednja škola, analitički hijerarhijski proces, uspeh studiranja

1. Uvod

Bolonjsku deklaraciju visokoškolske ustanove u Srbiji primenjuju više od 10 godina i u tom periodu zabeležena su mnogobrojna poboljšanja celokupnog edukativnog procesa. Paralelno sa usvajanjem Bolonjske deklaracije, univerziteti i fakulteti u Srbiji su razvijali i osavremenjivali naučno-nastavne programe u cilju da se što pre prilagode promenama, novim naučnim saznanjima i trenutnim tržišnim trendovima, fokusirajući se na kontinuiranom praćenju obrazovnih potreba. Broj diplomiranih studenata povećan je za 16% nakon primene Bolonjske deklaracije, dok je prosečna ocena rasla, od 8.13 ± 0.288 za studente po ne-bolonjskim programima na 8.42 ± 0.3346 za studente koji su studirali po Bolonjskoj deklaraciji (Republički zavod za statistiku, 2011). Prosečno vreme studija smanjeno je sa 6 godina i 5 meseci na 5 godina i jedan mesec na osnovnim nivoima

akademske studija nakon uvođenja Bolonjske deklaracije (Išljamović et al., 2012). Uspeh studiranja, kao rezultat celokupne visokoškolske edukacije, u dobroj meri zavisi i od prethodno stečenog znanja i uspeha koji su studenti ostvarili u srednjoj školi. Shodno tome, osnovni predmet ovoga rada predstavljaće uticaj tipa završene srednje škole na uspeh studiranja.

Istraživački rad je strukturiran u 5 poglavlja, gde će u drugom delu biti predstavljeni osnovni statistički podaci o uspehu studiranja shodno tipu srednje škole. Treće poglavlje daje rezultate istraživanja kako bruceši sagledavaju uticaj srednjoškolskog obrazovanja na uspeh studiranja, dok će u četvrtom delu biti predstavljena komparativna analiza prethodnih rezultata. Peto poglavlje daće zaključna razmatranja i buduće smernice rada i istraživanja.

2. Uticaj završene srednje škole na uspeh studiranja

Ovim istraživanjem obuhvaćeno šest generacija studenata Fakulteta organizacionih nauka, Univerziteta u Beogradu, koji su upisani shodno principima visokoškolske edukacije zasnovanih na primeni Bolonjske deklaracije. Ukupno 2958 studena koji su upisani na fakultet u periodu od 2005. go 2010. godine, a koji su studije završili do maja 2015. godine obuhvaćeni su predstojećom statističkom analizom. Srednje škole iz kojih studenti dolaze na studije klasifikovane u 6 osnovnih tipova: Gimnazija, Tehnička srednja škola, Elektrotehnička srednja škola, Ekonomska srednja škola, Mašinska srednja škola, Ostale srednje škole. U tom vremenskom intervalu više od 70 % upisanih studenata je diplomiralo, ostvarujući ukupnu prosečnu ocenu od 8.57 uz prosečno vreme studiranja od 4 godine i 10 meseci.

Sa ciljem da se utvrde i definišu osnovni odnosi između činioca uspeha studiranja i tipa završene srednje škole primenjen je ANOVA test, a sve to u nameri da se pravovremeno

utvrdi struktura i šabloni ponašanja i studiranja shodno prethodno završenoj srednjoj školi.

Parametarska statistička metoda za poređenje tri i više grupa – ANOVA – primenjena je u analizi kod 6 tipova srednjih škola iz kojih studenti dolaze na studije, analizirajući zavisnost 5 varijabli po tipu srednje škole, čiji su rezultati prikazani u Tabeli 1. Analizirajući značajnost varijable koja se odnosi na uspeh studenata na prijemnom ispitu prilikom upisa na fakultet, zabeležen je trend da studenti koji su završili Gimnaziju ostvaruju statistički značajno bolje rezultate od studenata koji su prethodno završili Tehničke, Elektrotehničke ili Ekonomske srednje škole. Takođe, u pogledu broja poena na prijemnom ispitu, studenti koji su završili Tehničke ili Elektrotehničke srednje škole ostvaruju bolje rezultate od studenata koji su imali srednjoškolsko obrazovanje u Ekonomskim srednjim školama. Studenti koji dolaze iz Mašinskih srednjih škola se nalaze na trećem mestu po prosečnom broju poena na koje beleže na prijemnom ispitu.

Varijabla	Gimnazija	Tehnička škola	Elektrotehnička škola	Ekonomska škola	Mašinska škola	Ostale škole	ANOVA p-value	Welch	Brown-Forsythe	PostHoc
Poeni na prijemnom ispitu	67.54±19.08	46.29±22.14	59.71±19.54	41.19±23.46	58.35±23.17	51.05±22.28	p<0.01**	p<0.01**	p<0.01**	GIM>TEH**b GIM>ETS**b GIM>EKO**b GIM>OSS**b TEH>EKO**b ETS>EKO**b EKO>MAS**b
Matematika 1	8.29±1.32	7.44±0.97	7.51±1.26	7.05±1.36	7.72±1.15	8.11±1.91	p<0.01**	p<0.01**	p<0.01**	GIM>TEH**b GIM>ETS**b GIM>EKO**b TEH<OSS**b EKO<OSS**b
Osnovi informaciono-komunikacionih tehnologija	8.43±1.37	7.48±1.16	7.65±1.29	7.14±1.53	7.52±1.08	8.27±1.24	p<0.01**	p<0.01**	p<0.01**	GIM>TEH**b GIM>ETS**b GIM>EKO**b EKO<OSS**b
Prosečna ocena studija	8.72±0.61	8.69±0.54	8.46±0.63	8.54±0.59	8.07±0.84	8.14±0.37	p<0.01**	p<0.01**	p<0.01**	TEH>MAS**a ETS>MAS**a EKO>OOS**a TEH>OSS**a ETS>OSS**a
Prosečna dužina studiranja	4.98±0.73	4.67±0.54	4.85±0.81	4.82±0.84	5.16±0.93	5.23±0.95	p<0.01**	p<0.01**	p<0.01**	EKO<OSS**a TEH<OSS**a ETS<OSS**a MAS>TEH**b MAS>EKO**b

Tabela 1. Analiza varijanse između tipa završene srednje škole i ključnih varijabli uspešnosti studiranja

Kod varijabli koje se odnose na ocene iz predmeta Matematika 1 i Osnovi informaciono-komunikacionih tehnologija studenti koji dolaze iz Gimnazija ostvaruju najbolje prosečne ocene, dok studenti koji su završili srednje Ekonomske škole ostvaruju najmanju prosečnu ocenu iz tih predmeta. U skladu sa tim, utvrđena je statistički značajna razlika između Gimnazije, sa jedne strane i

Tehničke, Elektrotehničke i Ekonomske srednje škole, gde su studenti koji dolaze iz Gimnazije ostvarili značajno bolji rezultat na navedenim predmetima. Sa druge strane, značajno je istaći da studenti koji dolaze iz srednjih stručnih škola ostvaruju značajno bolji rezultat iz predmeta Matematika 1 od studenata koji su završili srednju Tehničku ili Ekonomsku školu.

U pogledu ostvarene prosečne ocene na kraju studija u odnosu na tip srednje škole koju su pre upisa na osnovne akademske studije završili, najbolji prosek ostvaruju studenti koji su završili Gimnaziji. Primenom ANOVA testa utvrđeno je postoji statistički značajna razlika, koja nam ukazuje da studenti koji su završili Tehničku ili Elektrotehničku srednju školu u pogledu ostvarene prosečne ocene na kraju studija, ostvaruju statistički značajno veće prosečne ocene od kolega koji su prethodno završili srednju Mašinski ili stručnu školu.

Sagledavajući prosečnu dužinu studiranja, po kriterijumu tipa srednje škole koju su završili pre Fakulteta organizacionih nauka, postoji statistički značajna razlika, koja nam ukazuje da studenti koji su završili Tehničku ili Ekonomsku srednju školu, u pogledu dužine studiranja ostvaruju statistički značajnu razliku od kolega koji su prethodno završili Gimnaziju, a ujedno i kraće vreme studiranja. U pogledu značajnosti po prosečnom vremenu studiranja, posebno se izdvajaju studenti koji su pre upisa na fakultet Tehničku, Ekonomsku ili Elektrotehničku srednju školu u odnosu na kolege koji su završili Mašinsku srednju školu ili neku drugu strični srednju školu, Tabela 1.

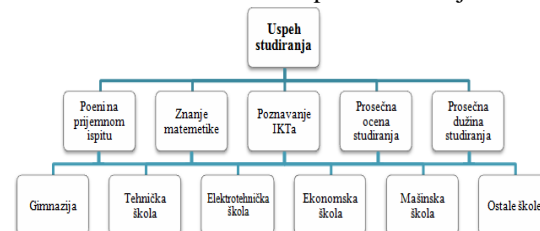
3. Uticaj završene srednje škole na uspeh studiranja iz ugla studenata

Sa ciljem da se ispita i utvrdi kako studenti sagledavaju svoj uspeh na studijama u zavisnosti iz koje srednje škole su došli na studije, sprovedena je anketa među 200 studenata prve godine osnovnih akademskih studija. Pred studente je postavljen upitnik u okviru kojega su trebali da ocene, odnosno uporede svoj uspeh sa uspehom ostalih kolega, u zavisnosti iz koje srednje škole su došli na studije po pet osnovnih kriterijuma, Slika 1. Rezultati ankete evaluirani su korišćenjem analitičkog hijerarhijskog procesa (AHP) sa ciljem da se izvrši rangiranje tipova srednjih škola.

Primenom AHP metoda u postupku utvrđivanja uticaj završene srednje škole na uspeh studiranja iz ugla studenata realizovan je putem narednih koraka, (Saaty, 1980):

1. struktuiranje problema – definiranje cilja, kriterijuma i alternativa kao osnovnih činilaca hijerarhijskog modela, te shodno njima, definisanje upitnika sa neophodnim parovima za poređenje. Kao glavni cilj definiano je utvrđivanje zavisnosti uspeha studiranja u odnosu na tip završene srednje škole, a kao kriterijumi postavljeni su: Poeni na prijemnom ispitu, Znanje matematike, Poznavanje IKTa, Prosečna ocena studiranja, Prosečna dužina studiranja. Kao alternative modela izdvojeno je 6 osnovnih tipova srednje škole, Slika 1.
2. prikupljanje podataka – shodno definisanoj hijerarhiji u prvom koraku, u okviru ankete bruciši su trebali da uporede 5 osnovnih kriterijuma kroz 10 parovnih poređenja (svaki kriterijum sa svakim), te potom da po svakom kriterijumu ocene svaki od tipova srednje škole, gde su prilikom svakog parovnog poređenja mogli da odaberu ocenu od 1 (podjednako značajne alternative) do 9 (prva alternative u paru je dominantno značajnija od druge).

Slika 1. AHP model za rangiranje srednjih škola shodno uspehu studiranja



3. određivanje relativnih težina – na osnovu ocena studenata u anketi, za svako od poređenja, izračunata je srednja vrednost, te su na osnovu tih srednjih vrednosti kreirane matrice poređenja za izračunavanje lokalnih (relativnih) težina svakog kriterijuma i alternative. Tokom postupka određivanja relevantnih težina, za prioritizaciju kriterijuma rešavana je matrica dimenzija 5x5, dok je za rangiranje alternativa po svakom od pet kriterijuma rešavana matrica dimenzija 6x6.
4. nalaženje rešenja problema – vektor globalnih težina, kao finalno rešenje

prioritetizacije, dobijeno je na osnovu prethodno određenih vektora lokalnih težina po kriterijumima i alternativama. Kao najbolja (kao alternative sa najvećom težinom i rangom 1) izdvojila se Gimnazija (0.239), potom sledi Elektrotehnička škola (0.228). Kao srednje škole sa vrlodobrim rangom i potencijalom za uspešno studiranje, studenti su rangirali Tehničku (0.153) i Ekonomsku (0.159) srednju školu. Kao škole sa najslabijim rangom, izdvojile su se srednja Mašinska škola (0.125) i ostale srednje stručne škole (0.096).

Prema ocenama studenata, kao najbolja škola po kriterijumu broj poena na prijemnom ispitu, znanju matematike i prosečnoj oceni studiranja izdvojila se Gimnazija. Za kriterijumu Poznavanje IKT-a najbolje rangirana bila je Elektrotehnička škola, a po kriterijumu Prosečna dužina studiranja izdvojila se Ekonomska srednja škola. U pogledu značajnosti kriterijuma po kojima je izvršeno rangiranje, oni imaju sledeći prioritet, redosled: Prosečna ocena studiranja, Poeni na prijemnom ispitu, Prosečna dužina studiranja, Znanje matematike, Poznavanje IKTa.

4. Komparativna analiza ostvarenih rezultata uspeha studiranja i predikcije studenata u zavisnosti od tipa srednje škole

Sagledavajući podatke o stvarnom uspehu studiranja i potencijalnom uspehu studiranja iz ugla studenata, može se uočiti trend, da se u najvećem broju slučajeva studenti koji su došli na studije sa prethodno stečenim srednjoškolskim obrazovanjem u gimnazijama ostvaruju najbolji uspeh. Kao i rezultati ANOVA testa i bruceši su ocenili da studenti iz Gimnazija imaju najbolje predispozicije za uspešno studiranje, pre svega u pogledu znanja matematike i prosečnog broja poena na prijemnom. Studenti su izdvojili sa srednjoškolski iz Elektrotehničkih škola bi trebali da imaju najbolje znanje iz

informaciono-komunikacionih tehnologija, dok prema statističkim podacima oni zauzimaju 3 mesto. Prema kriterijumu prosečne dužine studiranja, prema statističkim podacima sa najkraćim prosečnim vremenom studiranja se izdvojila Tehička škola, dok prema odgovorima studenata to bi bila Ekonomska srednja škola.

5. Zaključak

Sprovedeno istraživanje, koje je imalo za cilj da se utvrde zakonitosti između podataka o uspehu studiranja i prethodno završene srednje škole, ukazalo je da studenti koji završe Gimnaziju imaju najbolje predispozicije za uspešno studiranje. Takođe, zabeležen je trend da studenti koji dolaze iz Tehničkih, Elektrotehničkih i Ekonomskih škola beleže odlične rezultate u pogledu prosečne ocene na kraju studija i u pogledu prosečne dužine studija, iako na početku studija nisu imalo tako dobre rezultate. Može se zaključiti da anketirani studenti, iako se nalaze tek na početku studija su realno sagledali rezultate studiranja u zavisnosti iz kojih srednjih škola je neko od studenata došao u sistem visokoškolskog obrazovanja. Shodno ovim rezultatima može se kreirati osnova za donošenje odluka menadžmenta fakulteta u cilju promocije u određenim srednjim školama. Dalji pravci istraživanja će uključivati anketiranje diplomiranih studenata, te komparativnu analizu njihovih rezultata, sa ciljem da se utvrdi da li se i kako menja perspektiva studenta tokom studiranja u zavisnosti od prethodno završene srednje škole.

Bibliografija

- [1] **Išjamović, S., Vukićević, M. Suknović, M.** (2012). Demographic influence on students' performance - case study of University of Belgrade, Technics Technologies Education Management, 7(2), pp. 645-666, ISSN 1840-1503.
- [2] **Republički statistički zavod Srbije** (2011). Statistički godišnjak 2010. www.stat.gov.rs.
- [3] **Saaty, T. L.**, (1990) The Analytic Hierarchy Process, McGraw-Hill, New York.

Primena predikcionih tehnika za analizu smanjenja odliva klijenata, na primeru telekomunikacione kompanije u Srbiji

Srđa Bjeladinović

*Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu, Jove Ilića 154, 11000 Beograd
e-mail: srdja.bjeladinovic@fon.bg.ac.rs*

prof. dr Milija Suknović

*Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu, Jove Ilića 154, 11000 Beograd
e-mail: milija.suknovic@fon.bg.ac.rs*

prof. dr Zoran Marjanović

*Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu, Jove Ilića 154, 11000 Beograd
e-mail: zoran.marjanovic@fon.bg.ac.rs*

Apstrakt. U današnje vreme, telekomunikacione kompanije se susreću sa velikim izazovima kako povećati profitabilnost. U istraživanjima analiziranim u ovom radu, utvrđeno je da odliv postojećih klijenata (eng. churn) predstavlja veći "trošak" za poslovanje od oportunitetnog troška koji nastaje usled ne potpisivanja ugovora sa novim klijentima. Na skupu podataka pribavljenih od jedne telekomunikacione kompanije koja posluje u Srbiji biće prikazano kako se na osnovu 11 parametara korišćenja usluga može utvrditi koji klijenti imaju sklonost ka odlivu (klijenti sa najmanje adekvatnim paketima). Primenom 16 različitih metoda predikcije iz 3 različite data mining tehnologije (regresiona analiza, stablo odlučivanja i neuronske mreže) dobijeni su modeli predikcije koji nude predlog optimalnog pretplatnog paketa za svakog klijenta, čime se umanjuje verovatnoća njegovog odliva. Na kraju rada, u cilju uštede resura u procesu obrade podataka i smanjenja vremena reagovanja kompanije na nastale promene biće prikazano koji su to parametri najznačajniji i na koji način se njihov broj može smanjiti, uz zadržavanje efektivnosti kreiranog modela.

Ključnereči: odliv klijenata, telekomunikacione kompanije, tehnike predikcije

1. Uvod

Analizom referentnih radova iz oblasti utvrđeno je da u oblasti telekomunikacija ozbiljan problem predstavlja pojava odliva klijenata (eng. "churn"). Uzrok pojave odliva klijenata može biti uslovljen velikim brojem faktora, poput: primamljive ponude drugog telekomunikacionog operatera, usluga omiljenog broj, mogućnost prenošenja neiskorišćenih sredstava u naredni mesec, upravljanje troškovima i slično. Neretko uzrok predstavlja i bolja pokrivenost mreže, tj. stabilniji signal, brži Internet i napredniji servisi koje pruža određena kompanija (ažurnost uvođenja novih rešenja i standarda iz

oblasti IT tehnologija, poput pogodnosti 4G telefonije). Po istraživanju iz 2014. godine koje je sprovedla kompanija CISCO, mesečna količina "mobilnih" podataka koja se razmeni je 2.5 EB (exabyte-a) [1]. Svako smanjenje obrade količine podataka nedvosmisleno donosi uštedu resursa, samim tim i smanjuje troškove obrade. U ovom radu posebna pažnja će biti posvećena tom problemu i mogućnosti poboljšanja.

2. Pregled oblasti

Odliv klijenata jedan je od najvećih izazova sa kojima se susreću svremene telekomunikacione kompanije. Po analizi grupe autora [2], pridobijanje novog klijenta predstavlja za kompaniju "5 puta veći trošak,

nego zadržavanje postojećeg". Zato ni ne čudi što se u radovima može naći primena različitih data mining tehnologija u cilju izgradnje predikcionih modela za zadržavanje klijenata, privlačenje novih, analizu ponašanja (zadovoljstva) klijenata itd. Neki od radova se zasnivaju na proceni stepena odliva klijenata i njegovom smanjenju u kompanijama na određenim tržištima: Korea [3], Poljska [4] i Turska [5].

S' obzirom na količine podataka koje se koriste u telekomunikacionim kompanijama [1], određeni autori ističe potrebu smanjivanja skupa podataka nad kojima se vrše analize [6], [7]. Time bi se omogućilo skraćivanje vremena potrebnog za prikupljanje i obradu podataka, kao i za izvođenje same analize.

3. Predmet i cilj istraživanja

Predmet ovog rada predstavlja izradu predikcije za jednu telekomunikacionu kompaniju u Srbiji, koja bi predvidela opravdanost potencijalne promene paketa usluga postojećih korisnika i odredila adekvatni paket za svakog klijenta. Biće korišćeni različiti modeli predikcije kreirani upotrebom regresijone analize, stabala odlučivanja i neuronskih mreža.

Cilj rada je kreiranje modela, na osnovu kojeg bi postojećim korisnicima bili ponuđeni adekvatni paketi servisa u cilju njihovog zadržavanja, čime bi se smanjio potencijalni odliv klijenata. Na osnovu kreiranih predikcionih modela, biće dat predlog redukcije broja ulaznih atribura potrebnih za analizu sklonosti korisnika ka odlivu, čime se omogućava kompaniji da proaktivnije ponudi akcije ili druge adekvatne pogodnosti shodno navikama klijenata, a sve u cilju zadržavanja postojećih korisnika.

Skup podataka koji će se koristiti sadrži 10 ulaznih i jednu izlaznu varijablu. Izlazna varijabla je visina mesečne pretplate, dok su ulazne varijable:

1. Procenat poziva kraćih od 60 sekundi u ukupnim pozivima,
2. Godine klijenta,
3. Klijentski "staz" - u mesecima,

4. Prosečan broj dana sa outgoing pozivima - prosek 6 meseci,
5. Prosečna mesečna naplata - prosek 6 meseci,
6. Prosečna količina utrošenih MB - prosek 6 meseci,
7. Odnos broja poziva u mreži naspram ukupnog broja poziva,
8. Odnos broja poziva naspram broja poziva i broja sms poruka,
9. Odnos broja poziva u romingu naspram broja poziva u nacionalnom saobraćaju,
10. Prosečan broj outgoing poziva po danu (kada ih je bilo).

4. Razvoj predikcionih modela

Za izradu predikcionih modela, u ovom radu korišćeni su modeli regresije, stabla odlučivanja i neuronskih mreža. Za svaki od predikcionih problema, razvijen je poseban set modela, shodno konceptu, grupaciji modela kojoj pripada. Za svaku od grupacija modela, biće odabran najbolji model po kriterijumima apsolutne prosečne greške i koeficijenta linearne regresije. Nakon toga, za najbolji model iz svake grupacije, biće izračunata tačnost i značajnost svih ulaznih atributa. Za razvoj predikcionih modela i određivanje značajnosti svakog od parametara korišćen je Clementine 12 softver.

4.1. Predikcij putem regresionih modela, stabala odlučivanja i neuronskih mreža

Kao metode regresione analize odabrane su Enter, Stepwise, Backward, Forwards. Vrednosti apsolutnih grešaka su bile 0.001, 0.002, 0.555 i 0.001 respektivno, dok su zabeležene vrednosti linearne korelacije 0.816 za prve tri navedene metode i 0.818 za Forwards metodu, čiji se model, za ovaj slučaj predikcije, može smatrati optimalnim (u skladu sa gore navedenim kriterijumima). Za izdvojeni regresioni model, koji je pokazao najbolje performance u procesu predikcije paketa mobilnih usluga, urađena je procena značajnosti svakog od ulaznih atributa. U Forwards regresionom modelu, kao najznančajni ulazni atributi u procesu predikcije, izdvojili su se: Šestomesečni

prosek pretplata (0.5105), Dnevni broj poziva (0.2811), Šestomesečni prosek broja dana sa odlaznim pozivima (0.0907) i Odnos broja poziva u romingu naspram broja poziva u nacionalnom saobraćaju (0.0582). Značajno je naglasiti da šestomesečni prosek naplate troškova determiniše model, a samim tim i odgovarajući paket mobilnih usluga sa značajnošću preko 50%, gde je pored nje izuzetno je značajan i broj dnevnih odlaznih poziva, sa značajnošću tek nešto manjom od 30%.

U procesu razvoja modela stabala odlučivanja, zasnovanih na C&RT modelu, shodno karakteristikama, razvijeno je 6 različitih grupa modela, gde je za svaku grupu izvršen razvoj modela sa dubinom pod 3 do 8 nivoa. Rezultati ukazuju da se kao optimalan model može odabrati model C&RT stabla sa 5 nivoa. Do petog nivoa vrednosti apsolutne prosečne greške se konstantno smanjuju, a vrednost koeficijenta linearne regresije raste, dok se kod modela sa 6 nivoa primećuje stagnacija u navedenim pokazateljima. Analizirani su metode PruneGini, PruneTwoing, PruneOrdered, nonPruneGini, nonPruneTwoing, nonPruneOrdered. U pogledu apsolutne prosečne greške, kao najbolji su se pokazali modeli C&RT nonPruneTwoing i C&RTnonPruneOrdered,

sa vrednošću od 0.545. U pogledu koeficijenta linearne korelacije izvio se model C&RT nonPruneGini, sa procentom linearne korelacije do 84.9%, a za njim slede C&RT nonPruneTwoing i C&RTnonPruneOrdered sa vrednošću od 84.7%. Zbog bliskosti rezultata, a dajući prednost značajnosti koeficijentu linearne korelacije, kao najbolji model se može proglasiti C&RT nonPruneGini model. Za ovaj model, kao najznačajni atribut, koji ima najveću dominaciju nad celim predikcionim modelom, (više od 85%) izdvojio se šestomesečni prosek naplate usluga mobilne telefonije. Atributi koji imaju oko 6% uticaj na celokupni predikcioni model izdvojili su se Dnevni broj poziva i Šestomesečni prosek broja dana sa odlaznim pozivima.

Razvijenih šest modela (Quick, Dynamic, Prune, Multiple, RBFN, ExPrune) koji se zasnivaju na modelu neuronske mreže, pojedinačno, ali i ukupno dali su bolje rezultate od modela regresije ili stabla odlučivanja, ostvarujući najbolju vrednost u pogledu koeficijenta linearne korelacije od 0.890 (Prune).

Za ovom metodom, po pitanju koeficijenta linearne korelacije ne zaostaje mnogo Quick metoda, sa 0.885. Međutim, Quick metoda ostvaruje više od 8 puta bolji rezultat po

Modeli	Atributi	Značajnost atributa	Br. atributa	Apsolutna prosečna greška	Linearna korelacija
Regression Forwards	Prosečna mesečna naplata - prosek 6 meseci	0.5105	4	0.001	75.2%
	Prosečan broj outgoing poziva po danu	0.2811			
	Prosečan broj dana sa outgoing pozivima - prosek 6 meseci	0.0907			
C&RT nonPruneGini	Prosečna mesečna naplata - prosek 6 meseci	0.8611	3	0.656	82.5%
	Prosečan broj outgoing poziva po danu	0.0651			
	Prosečan broj dana sa outgoing pozivima - prosek 6 meseci	0.0563			
NN Quick	Prosečna mesečna naplata - prosek 6 meseci	0.4300	6	0.835	87.5%
	Odnos broja poziva u romingu naspram broja poziva u nacionalnom saobraćaju	0.1995			
	Prosečan broj outgoing poziva po danu	0.1023			

Tabela 1. Pokazatelji prosečne greške i koeficijenta linearne korelacije za tri "najbolja" modela predikcije

pitanju broja apsolutnih grešaka u odnosu na Prune (0.623 naspram 5.173), te je za Quick metodu rađena provera značajnosti atributa. Kao i kod prethodnih modela, kao najznačajni atribut izdvojio se šestomesečni prosek naplate usluga mobilne telefonije, sa značajnošću preko 40%, ali je bitno da istaći da kod modela neuronskih mreža se mogu izdvojiti još 2 ulazna atributa sa značajnošću preko 10% (Prosečan broj outgoing poziva po danu i Odnos broja poziva u romingu naspram broja poziva u nacionalnom saobracaju).

4.2. Komparativna analiza rezultata

Pregledom do sada navedenih rezultata asno se uviđa da je najefikasniji model po pitanju prosečne greške Forward refresioni model, dok je model sa najvećim koeficijentom linearne korelacije Quick model neuronske mreže, sa vrednošću 0.885. Analizom rezultata iz Tabele1 jasno se uočava da je od modela onaj sa najmanjom greškom Forwards model regresione analize, dok je model sa najvišim stepenom korelacije Quick model neuronskih mreža. S' obzirom da je u "najboljem" modelu zasnovanom na stablu odlučivanja, C&RT nonPruneGini, značajnost ostalih atributa primetno manja od navedenog, ovaj model bi bio pogodan koristiti ukoliko bi se tražio model samo sa najznačajnijim atributom, dok je izabrani model regresione analize, Regression Forwards, je postigao najmanju apsolutnu grešku, ali istovremeno i najniži stepen linearne korelacije, od sva tri modela data u komparativnoj analizi. Kao zaključak se nameće da je najpogodniji model za redukovanje broja atributa Quick model neuronskih mreža. Apsolutna greška se može smatrati prihvatljivom, dok je stepen linearne korelacije najviši od svih analiziranih modela.

5. Zaključak

U radu su korišćeni podaci kompanije koja pruža telekomunikacione usluge na teritoriji Srbije. Predikcionim metodama pokazano je kako na osnovu ulaznih parametara može biti određen iznos optimalnog paketa pretplate, čime se može uticati na smanjenje odliva

korisnika. Primenom 3 različite data mining tehnologije izdvojile su se metode sa "najboljim" odnosom prosečne apsolutne greške i stepena linearne korelacije, a kao najprihvatljivija od svih spomenutih ispostavila se Quick metoda neuronskih mreža. U cilju smanjenja količine podataka koja se prikuplja i obrađuje, a samim tim i smanjenja vremena potrebnog da kompanija odreaguje na promene koje nastaju u okruženju i poslovanju, prikazano je kako se redukcijom sa 10 na 3 ulazna parametra mogu dobiti rezultati predikcije prihvatljive apsolutne greške i stepena linearne korelacije. Dalje istraživanje bi podrazumevalo proveru mogućnosti primene kreiranih modela na pre-paid klijente i ispitivanje mogućnosti njihovog pridobijanja.

Bibliografija

- [1] Cisco Whitpeper, *Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update*, 2014–2019, Izvor: http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/white_paper_c11-520862.html, pristupano: maj 2015.
- [2] Kunder, C. Bhat, D. Kotian, H. Decision Support System For Telecom Company, *International Journal of Computer Engineering and Technology (IJCET)*, 2014, 5(1), 103-111
- [3] Kim, H.S. Yoon, C.H. Determinants of subscriber churn and customer loyalty in the Korean mobile telephony market, *Telecommun. Policy* 2008, 28, 751–765
- [4] Owczarczuk M. Churn models for prepaid customers in the cellular telecommunication industry using large data marts, *Expert Syst. with Applications*, 2010, 37, 4710–4712
- [5] Kisioglu, P. Topcu, Y.I. Applying Bayesian BeliefNetwork approach to customer churn analysis: a case study on the telecom industry of Turkey, *Expert Syst. with Applications*, 2011, 38, 7151–7157
- [6] Kantardzic, M. Kumar, A. Toward Autonomic Distributed Data Mining with Intelligent Web Services, *IKE'03 Proceedings of the International Conference on Information and Knowledge Engineering, Las Vegas, USA*, 2003, 544–552.
- [7] Tsai, C.F. Chen, M.Y. Variable selection by association rules for customer churn prediction of multimedia on demand, *Expert Syst. with Applications*, 2010, 37, 2006–2015.

Fazifikacija Saaty-jeve skale primenom trouglastog fuzzy broja sa promenljivim intervalom poverenja

Dako Božanić

Vojna akademija, Univerzitet odbrane u Beogradu, Pavla Jurišića Šturma 33, Beograd
e-mail: dbozanic@yahoo.com

Samed Karović

Vojna akademija, Univerzitet odbrane u Beogradu, Pavla Jurišića Šturma 33, Beograd
e-mail: karovic.samed@gmail.com

Dragan Pamučar

Vojna akademija, Univerzitet odbrane u Beogradu, Pavla Jurišića Šturma 33, Beograd
e-mail: dpamucar@gmail.com

Apstrakt. U radu je prikazan jedan pristup u fazifikaciji Saaty-jeve skale. Fazifikacija je izvršena primenom trouglastih fuzzy brojeva sa promenljivim intervalom poverenja. Interval poverenja fuzzy broja različit je od jednog do drugog poređenja u parovima koje vrše donosioci odluka/eksperti. Primenom matematičkih izraza interval poverenja je doveden u direktnu vezu sa stepenom uverenosti donosioca odluka/eksperta u poređenje koje vrši. Time je izvršena kvantifikacija stepena uverenosti i iskazan njen direktni uticaj na ocenu težinskih koeficijenata kriterijuma i izbor najpovoljnijih alternativa.

Ključne reči: analitički hijerarhijski proces (AHP), Saaty-jeva skala, trouglasti fuzzy broj, fazifikacija Saaty-jeve skale, grupno odlučivanje.

1. Uvod

Metodu analitičkog hijerarhijskog procesa razvio je *Thomas Saaty* [1]. Za potrebe ove metode on je razvio posebnu skalu. Saaty-jeva skala danas predstavlja standard analitičkog hijerarhijskog procesa (AHP) i analitičkog mrežnog procesa (AMP). Pored toga što se koristi u metodama AHP i AMP, ova skala je veoma pogodna za korišćenje u kombinaciji sa drugim metodama, u delu vezanom za određivanje težina kriterijumskih funkcija. Klasična Saaty-jeva skala prikazana je u tabeli 1. Suština njenog korišćenja svodi se na poređenje kriterijuma odnosno alternativa u parovima. Poređenje se vrši dodeljivanjem jedne od vrednosti iz Saaty-jeve skale koja na najbolji način opisuje međusobni odnos dva kriterijuma/alternative.

Standardne vrednosti	Definicija	Inverzne vrednosti
1	Isti značaj	1
3	Slaba dominantnost	1/3
5	Jaka dominantnost	1/5
7	Vrlo jaka dominantnost	1/7
9	Apsolutna dominantnost	1/9
2, 4, 6, 8	Međuvrednosti	1/2, 1/4, 1/6, 1/8

Tabela 1. Saaty-jeva skala za poređenje u parovima

Primenom definisanog matematičkog aparata dodeljene vrednosti se obrađuju, a na izlazu se dobijaju kvantifikativne vrednosti težina kriterijumskih funkcija odnosno alternativa. Ove vrednosti se dalje mogu rangirati, porediti i sl.

Poređenje u parovima može da vrši jedno lice, a skala je našla primenu i u grupnom odlučivanju [2], [3].

3. Fazifikacija Saaty-jeve skale

U literaturi je moguće pronaći veliki broj fazifikacija Saaty-jeve skale, u kojima se umesto standardnih vrednosti koriste fuzzy brojevi. Grubo posmatrano postoje dva pristupa u fazifikaciji Saaty-jeve skale. Najčešća fazifikacija odnosi se na primenu fuzzy brojeva sa unapred definisanim intervalom poverenja [4]-[11]. Druga vrsta fazifikacija pristupa definisanju skale primenom promenljivog intervala poverenja fuzzy broja. Na primer u radovima [12]-[15] interval poverenja zavisi od stepena uverenosti DO u svoje tvrdnje, gde se stepen uverenosti (β) definiše na nivou cele skale, tabela 2.

Standardne vrednosti	Fazifikacija prikazana u [42]-[47]
1	(1, 1, 1) ako se poređenje vrši sa samim sobom,
3	($\beta, 1, 2-\beta$) u ostalim slučajevima
3	($3\beta, 3, (2-\beta)3$)
5	($5\beta, 5, (2-\beta)5$)
7	($7\beta, 7, (2-\beta)7$)
9	($9\beta, 9, 9$)
2, 4, 6, 8	($x\beta, x, (2-\beta)x$), $x = 2, 4, 6, 8$

Tabela 2. Fazifikovana Saaty-jeva skala za poređenje u parovima pomoću stepena uverenosti definisanog na nivou cele skale

Na bazi analize prethodne skale može se doći do nove fazifikacije gde interval poverenja svakog fuzzy broja zavisi od stepena uverenosti donosioca odluka – eksperta u svaku od tvrdnji koje iznosi, tabela 3.

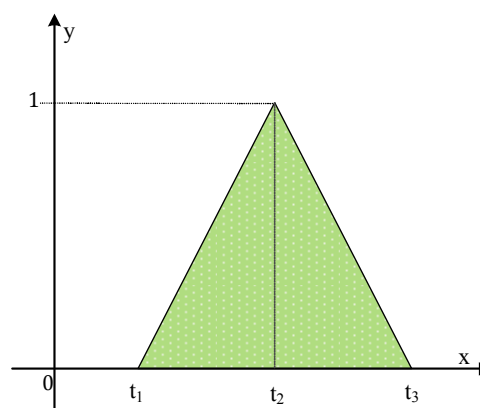
Osnovu za definisanje nove skale predstavlja uvođenje stepena uverenosti donosioca odluka – eksperata koje daju prilikom poređenja - γ . Za razliku od skale prikazane u tabeli 2. gde je parametar β , jednak za sva poređenja jednog donosioca odluka/eksperta, stepen uverenosti γ se definiše na nivou svakog poređenja u parovima. Drugim rečima, dozvoljava se da donosioci odluka/eksperti nisu u potpunosti sigurni u tvrdnje koje iznose, odnosno imaju različit stepen uverenosti γ_{ji} u tačnost poređenja u parovima. Vrednost stepena uverenosti kreće se u intervalu $\gamma \in [0, 1]$, gde

$\gamma_{ji} \neq 0$, a $\gamma_{ji} = \gamma_{ij}$. Vrednost stepena uverenosti $\gamma_{ji} = 1$ opisuje apsolutnu uverenost (100%) donosioca odluke/eksperta u definisano poređenje. Sa smanjenjem stepena uverenosti, smanjuje se i γ_{ji} .

vr ed no st	Fuzzy broj	Inverzne vrednosti fuzzy broja
1	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)
3	($3\gamma_{ji}, 3, (2-\gamma_{ji})3$)	($1/(2-\gamma_{ji}), 3, 1/3, 1/3\gamma_{ji}$)
5	($5\gamma_{ji}, 5, (2-\gamma_{ji})5$)	($1/(2-\gamma_{ji}), 5, 1/5, 1/5\gamma_{ji}$)
7	($7\gamma_{ji}, 7, (2-\gamma_{ji})7$)	($1/(2-\gamma_{ji}), 7, 1/7, 1/7\gamma_{ji}$)
9	($9\gamma_{ji}, 9, (2-\gamma_{ji})9$)	($1/(2-\gamma_{ji}), 9, 1/9, 1/9\gamma_{ji}$)
2, 4, 6, 8	($x\gamma_{ji}, x, (2-\gamma_{ji})x$), $x = 2, 4, 6, 8$	($1/(2-\gamma_{ji}), x, 1/x, 1/x\gamma_{ji}$) $x = 2, 4, 6, 8$

Tabela 3. Fazifikovana Saaty-jeva skala za poređenje u parovima pomoću stepena uverenosti za svaku tvrdnju

U navedenoj skali koriste se trouglasti fuzzy brojevi, slika 1, gde je na x-osi prikazana veličina fuzzy broja (leva i desna distribucija), a na y-osi stepen pripadnosti fuzzy broja. Zahvaljujući uvođenju različitog stepena uverenosti u svaku tvrdnju, leve (t_1) i desne (t_3) distribucije fuzzy brojeva se razlikuju od jednog do drugog fuzzy. Kada je stepen uverenosti maksimalan ($\gamma_{ji} = 1$), onda je $t_1 = t_2 = t_3$, odnosno ne postoji fuzzy broj, već klasična veličina poređenja iz Saaty-jeve skale.



Slika 1. Izgled trouglastog fuzzy broja \tilde{T}

Fuzzy broj $\tilde{T} = (t_1, t_2, t_3) = (x\gamma, x, (2-\gamma)x)$,
 $x \in [1, 9]$ se definiše izrazima:

$$t_1 = x\gamma = \begin{cases} x\gamma, & \forall 1 \leq x\gamma \leq x \\ 1, & \forall x\gamma < 1 \end{cases} \quad (1)$$

$$t_2 = x, \quad \forall x \in [1, 9] \quad (2)$$

$$t_3 = (2-\gamma)x, \quad \forall x \in [1, 9] \quad (3)$$

Definisanje inverznog fuzzy broja
 $\tilde{T}^{-1} = (1/t_1, 1/t_2, 1/t_3) = (1/(2-\gamma)x, 1/x, 1/\gamma x)$,
 $x \in [1/9, 1]$ vrši se izrazima:

$$1/t_1 = 1/(2-\gamma)x = \begin{cases} 1/(2-\gamma)x, & \forall x < 1/(2-\gamma)x < 1 \\ 1, & \forall 1/(2-\gamma)x > 1 \end{cases} \quad (4)$$

$$1/t_2 = 1/x, \quad \forall 1/x \in [1/9, 1] \quad (5)$$

$$1/t_3 = 1/\gamma x, \quad \forall 1/x \in [1/9, 1] \quad (6)$$

4. Prikaz primene fazifikovane Saaty-jeve skale

Nakon definisanja nove skale logičan korak je prikaz načina njene primene. Primena bi se vršila kroz sledeće korake:

1) prikupljanje podataka od DO/eksperta (poređenja se vrše u parovima primenom klasične Saaty-jeve skale, tabela 1., navodeći i stepen uverenosti u svako poređenje koje se vrši);

$$E = \begin{matrix} & K_1 & K_2 & \dots & K_n \\ K_1 & \begin{bmatrix} a_{11}; \gamma_{11} \\ a_{21}; \gamma_{21} \\ \vdots \\ a_{n1}; \gamma_{n1} \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} a_{12}; \gamma_{12} \\ a_{22}; \gamma_{22} \\ \vdots \\ a_{n2}; \gamma_{n2} \end{bmatrix} & \dots & \begin{bmatrix} a_{1n}; \gamma_{1n} \\ a_{2n}; \gamma_{2n} \\ \vdots \\ a_{nn}; \gamma_{nn} \end{bmatrix} \\ K_2 & & & & \\ \vdots & & & & \\ K_n & & & & \end{matrix} \quad (7)$$

2) primena AHP sa fazifikovanom Saaty-jevom skalom za svakog DO/eksperta posebno;

3) agregacija dobijenih vektora prioriteta.

Prikaz primene fazifikovane Saaty-jeve skale biće izvršen na apstraktnom primeru gde su dva DO/eksperta definisala težine tri kriterijuma.

Korak 1:

U prvom koraku DO/eksperti definišu poređenje kriterijuma u parovima i stepen uverenosti u dato poređenje.

$$E_1 = \begin{matrix} & K_1 & K_2 & K_3 \\ K_1 & \begin{bmatrix} 1;1 \\ 6^{-1};0.2 \\ 9^{-1};0.5 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 6;0.2 \\ 1;1 \\ 3^{-1};0.95 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 9;0.5 \\ 3;0.95 \\ 1;1 \end{bmatrix} \\ K_2 & & & \\ K_3 & & & \end{matrix}$$

$$E_2 = \begin{matrix} & K_1 & K_2 & K_3 \\ K_1 & \begin{bmatrix} 1;1 \\ 8^{-1};0.3 \\ 5^{-1};0.6 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 8;0.3 \\ 1;1 \\ 4^{-1};0.7 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 5;0.6 \\ 4^{-1};0.7 \\ 1;1 \end{bmatrix} \\ K_2 & & & \\ K_3 & & & \end{matrix}$$

Korak 2:

U drugom koraku vrši se primena fazifikovane Saaty-jeve skale. Najpre se primenom izraza 1-6 dobijaju matrice E'_1 i E'_2 .

$$E'_1 = \begin{matrix} & K_1 & K_2 & K_3 \\ K_1 & \begin{bmatrix} 1;1;1 \\ 0.09;0.17;0.83 \\ 0.07;0.11;0.22 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 1.2;6;10.8 \\ 1;1;1 \\ 0.32;0.33;0.35 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 4.5;9;13.5 \\ 2.85;3;3.15 \\ 1;1;1 \end{bmatrix} \\ K_2 & & & \\ K_3 & & & \end{matrix}$$

$$E'_2 = \begin{matrix} & K_1 & K_2 & K_3 \\ K_1 & \begin{bmatrix} 1;1;1 \\ 0.07;0.13;0.42 \\ 0.14;0.20;0.33 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 2.4;8;13.6 \\ 1;1;1 \\ 2.8;4;5.20 \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} 3;5;7 \\ 0.19;0.25;0.36 \\ 1;1;1 \end{bmatrix} \\ K_2 & & & \\ K_3 & & & \end{matrix}$$

Primenom standardnih koraka metode AHP dobijaju se težinski vektori w svakog od kriterijuma matrice E'_1 i E'_2 .

$$w'_1 = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (0.624, 0.764, 0.713) \\ (0.273, 0.166, 0.222) \\ (0.103, 0.070, 0.065) \end{bmatrix}$$

$$w'_2 = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (0.645, 0.723, 0.699) \\ (0.089, 0.071, 0.110) \\ (0.269, 0.206, 0.191) \end{bmatrix}$$

Zatim se vrši defazifikacija dobijenih vrednosti težinskih vektora w , primenom izraza [16]:

$$W = ((t_3 - t_1) + (t_2 - t_1)) / 3 + t_1 \quad (8)$$

Defazifikacija može da se vrši i primenom nekog drugog izraza - načina.

Dobijene vrednosti nakon defazifikacije prikazane su u tabeli 4. Takođe, u tabeli 4. su prikazane i vrednosti koje bi se dobile

primenom standardne metode AHP (bez fazifikacije).

	DO 1/Ekspert 1		DO 2/Ekspert 2	
	klasična AHP	fuzzy AHP	klasična AHP	fuzzy AHP
K ₁	0.764	0.701	0.723	0.688
K ₂	0.166	0.220	0.071	0.090
K ₃	0.070	0.079	0.206	0.222

Tabela 4. Težinske vrednosti kriterijuma

Korak 3:

U sklopu ovog koraka vrši se agregacija težinskih koeficijenata primenom neke od poznatih metoda. U ovom radu agregacija je izvršena primenom aritmetičkog težinskog osrednjavanja [3]:

$$a_{ij}^G = \sum_{p=1}^P e_p w_i \quad (9)$$

gde su: a_{ij}^G – konačna (kompozitna) vrednost težinskih koeficijenata kriterijuma, w_i – težinska vrednost i -tog kriterijuma ($i=1,2,\dots,n$) koju je definisao p -ti DO/ekspert, e_p – značaj p -tog člana grupe G odnosno DO/eksperta (pojedinačne težine članova grupe prethodno su aditivno normalizovane).

U konkretnom slučaju primenom izraza 10 dobijaju se konačne težinske vrednosti kriterijuma prikazane u tabeli 5.

	Konačne (kompozitne) težinske vrednosti kriterijuma	
	klasična AHP	fuzzy AHP
K ₁	0.744	0.694
K ₂	0.118	0.155
K ₃	0.138	0.151

Tabela 5. Konačne (kompozitne) težinske vrednosti kriterijuma

Prilikom proračuna težinskih vrednosti prikazanih u tabeli 5., uzet je identičan značaj DO/eksperta ($e_1 = e_2$).

5. Zaključak

Primena nove fazifikovane Saaty-jeve skale ukazuje na značajna odstupanja u dobijanju krajnjih rezultata kako u pojedinačnom, tako i u grupnom odlučivanju u

odnosu na primenu klasične Saaty-jeve skale.

Kao što se može videti iz tabela 4. i 5.

odstupanja u krajnjim vrednostima kreću se od 0.009 do 0.063. Pri tom treba imati u vidu da je u ovom radu prikazan model sa samo dva DO/eksperta, samo sa tri kriterijuma, gde su mišljenja DO/eksperta imala istu težinsku vrednost i sa relativno sličnim poređenjima kriterijuma. Zbog toga je logično očekivati da će ove razlike povećavati pri pojavi više DO/eksperta, više kriterijuma i podkriterijuma, kao i razlikama u značaju DO/eksperta.

Prikazana modifikacija Saaty-jeve skale značajna je kada se ima u vidu da u realnoj situaciji DO/eksperti neće uvek biti sigurni u svoje tvrdnje, već će njihova uverenost u određena poređenja u parovima biti manja ili veća. Ta razlika u uverenju u poređenje koje je izvršeno je primenom nove skale kvantifikovana.

Bibliografija

- [1] Saaty, T. L. The analytic hierarchy process. McGraw-Hill, New York, 1980.
- [2] Zoranović, T., Srđević, B. Primer primene AHP u grupnom odlučivanju u poljoprivredi. Zbornik radova, SYM-OP-IS, 2003. pp. 723-726.
- [3] Srđević, B., Zoranović, T. AHP u grupnom odlučivanju sa potpunom i nepotpunom informacijom. Zbornik radova, SYM-OP-IS, 2003, pp. 727-730.
- [4] Retaei, J., Fahim, P.B.M., Tavasszy, L. Supplier selection in the airline retail industry using a funnel methodology: Conjunctive screening method and fuzzy AHP. Expert systems with applications, 2014, 41, pp. 8165-8179.
- [5] Yeap, J.A.L., Ignatius, J., Ramayah, T. Determining consumers' most preferred eWOM platform for movie reviews: A fuzzy analytic hierarchy process approach. Computers in Human Behavior, 2014, 31, pp. 250-258.
- [6] John, A., Paraskevadakis, D., Bury, A., Yang, Z., Riahi, R. An integrated fuzzy risk assessment for seaport operations. Safety Science, 2014, 68, pp. 180-194.
- [7] Kamvysi, K., Gotzamani, K., Andronikidis, A. Capturing and prioritizing students' requirements for course design by embedding Fuzzy-AHP and linear programming in QFD. European Journal of Operational Research, 2014, 237, pp. 1083-1094.

- [8] **Janjić, A., Stanković, M., Velimorivć, L.** Smart Grid Strategy Assessment Using the Fuzzy AHP. Zbornik radova, ICT FORUM, 2014, pp. 13-18.
- [9] **Janacković, G.L., Savić, S.M., Stanković, M.S.** Selection and ranking of occupational safety indicators based on fuzzy AHP: a case study in road construction companies. *South African Journal of Industrial Engineering*, 2013, 24(3), pp. 175-189.
- [10] **Gardašević-Filipović M.** Multicriteria optimization in a fuzzy environment: the fuzzy Analytic hierarchy process. *Yugoslav Journal of Operations Research*, 2010, 20(1), pp. 71-85.
- [11] **Srđević, B., Dantas, Y., Modeiros, P.** Fuzzy AHP Assessment of Water Management Plans. *Water Resour Manage*, 2008, 22, pp. 877-894.
- [12] **Božanić, D., Pamučar, D., Đorović, B.** Modifikacija metode analitičkog hijerarhijskog procesa i njena primena u donošenju odluka u sistemu odbrane. *Tehnika*, 2013, 68(2), pp. 327-334.
- [13] **Pamučar, D., Đorović, B., Božanic, D., Čirović, G.** Modification of the dynamic scale of marks in analytic hierarchy process (ahp) and analytic network approach (anp) through application of fuzzy approach. *Scientific Research and Essays*, 2012, 7(1), pp. 24-37.
- [14] **Božanić, D., Pamučar, D., Đorović, B., Milić, A., Lukovac V.** Primena fuzzy AHP metode na izbor pravaca dejstva Grupe za dopunsko zaprečavanje. Zbornik radova, *SYM-OP-IS*, 2011, pp. 556-559.
- [15] **Pamučar, D., Čirović, G., Sekulović, D., Ilić, A.** A new fuzzy mathematical model for multi criteria decision making: An application of fuzzy mathematical model in a SWOT analysis. *Scientific Research and Essays*, 2011, 6(25), 5374-5386.
- [16] **Seiford L. M.** The evolution of the state-of-art (1978-1995). *Journal of Productivity Analysis*, 1996, 7, pp. 99-137

Bearing fault detection based on wavelet transform and statistical pattern recognition

Dragoljub Gajic^{1, 2, 3*}, Aleksandar Brkovic^{3, 4}, Jovan Gligorijevic^{3, 4},
Ivana Savic-Gajic^{5, 6}, Olga Georgieva²

¹School of Electrical Engineering, University of Belgrade, Serbia

²Faculty of Mathematics and Informatics, University of Sofia "St. Kl. Ohridski", Bulgaria

³Tetra Pak, Gornji Milanovac Packaging Materials Plant, Serbia

⁴Faculty of Engineering, University of Kragujevac, Serbia

⁵Faculty of Technology, University of Nis, Serbia

⁶Center of Excellence DEWS, University of L'Aquila, Italy

Abstract: We present a new technique for detection of bearing faults in vibration signals. After normalization of vibration signals we extracted representative features in time-frequency domain using wavelet transform. The features were separately extracted in a few frequency sub-bands of interest. The dimension of feature space was optimally reduced to two using scatter matrices. In the reduced two-dimensional feature space the fault detection was performed by a quadratic classifier. Accuracy of the new technique was tested on the bearing data recorded at the Case Western Reserve University Bearing Data Center. An overall accuracy of 100% was achieved.

Keywords: Fault detection, bearings, wavelet transform, scatter matrices, quadratic classifiers.

1. Introduction

Rolling-element bearings are among the most common components of rotating machinery available in various industries from agriculture to aerospace. They operate under high loading and severe conditions. Their faults occur gradually and represent one of the foremost causes of failures in rotating machinery. Defective bearings generate various forces causing high amplitude of vibration. Therefore it is very important to avoid deteriorating condition, degraded efficiency and unexpected failures of rotating machinery using a reliable, fast and automated technique for early fault detection in bearings. In this paper a new technique for early fault detection based on wavelet transform and statistical pattern recognition is presented. Its flowchart is shown in Figure 1.

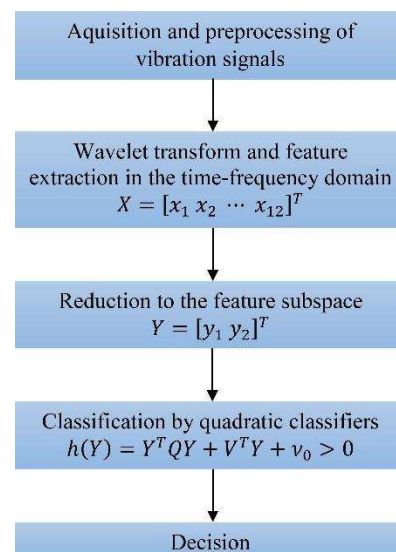


Figure 1. Flowchart of the new technique

2. Materials and methods

2.1. Materials

In order to test the capability of the new technique the vibration signals obtained from the Case Western Reserve University (CWRU) Bearing Data Center [1] is used since it has become a standard reference in the field of fault detection in bearings. The sampling frequency

was 12000 Hz. In total two sets of the signals were used in this study: (i) normal and (ii) faulty with ball, inner and outer race faults with diameter of 0.007 inches. The recorded vibration signals are normalized to zero mean and unit variance as well as divided into segments of 1024 sample each, as shown in Figure 2. In total 1024 segments were used, 512 for design and 512 for testing of the new technique for early fault detection in bearings.

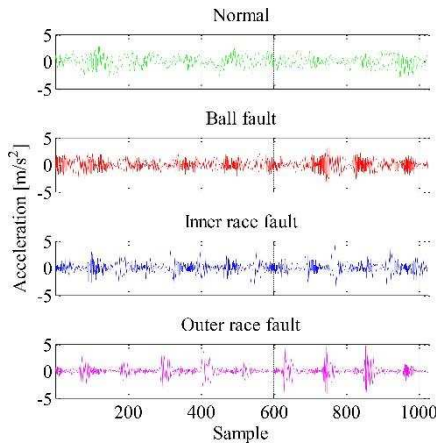


Figure 2. Segments of the vibration signals

2.2. Methods

The wavelet transform (WT) has been widely applied in the field of non-stationary signal analysis in the time-frequency domain [2] including analysis of vibration signals as well [3] [4]. Using the WT the vibration signals recorded with a sampling frequency of 12000 Hz were decomposed into the following six frequency sub-bands A_5 0-187.5 Hz, D_5 187.5-375 Hz, D_4 375-750 Hz, D_3 750-1500 Hz, D_2 1500-3000 Hz and D_1 3000-6000 Hz. Following the signal decomposition, the standard deviation and the logarithmic energy entropy of the obtained wavelet coefficients in each sub-band were extracted as representative features in the time-frequency domain. Thus, in total 12 features were extracted. Note that the standard deviation is used here to quantify the average and relative energy in each sub-band because the vibration signals were previously normalized to zero mean and unit variance. On the other hand the entropy is a measure of the degree of order/disorder of the signal.

In order to achieve a better separability between different classes of bearing condition a

mapping of the existing feature space into a new one should be performed. The dimension of the new feature space can also be reduced without any significant loss of information that makes the classification process much simpler. Although the principal component analysis (PCA) is one of the most widely used techniques for reduction of the feature space dimension [5] in this paper we apply the technique based on scatter matrices [6] since it is more suitable for classification problems. Let L be the number of classes which should be classified and M_i and Σ_i , $i = 1 \dots L$ the mean vectors and the covariance matrices of these classes, respectively. Then the within-class scatter matrix can be defined as $S_W = \sum_{i=1}^L P_i \Sigma_i$ and the between-class scatter matrix as $S_B = \sum_{i=1}^L P_i (M_i - M_0)(M_i - M_0)^T$ where M_0 is the joint vector of mathematical expectation for all the classes together, i.e. $M_0 = \sum_{i=1}^L P_i M_i$. Then the problem of dimension reduction is reduced to the identification of the $n \times m$ transformation matrix A which maps the random vector X of dimension n onto the random vector $Y = A^T X$ of dimension m and at the same time maximizes the criteria $J = tr(S_W^{-1} S_B)$. This criteria is invariant to non-singular linear transformations and results into transformation matrix that takes this form $A = [\Psi_1 \ \Psi_2 \ \dots \ \Psi_m]$ where Ψ_i are the eigenvectors of the matrix $S_W^{-1} S_B$ which correspond to its m greatest eigenvalues. The dimension reduction based on scatter matrices applied to the case shown in Figure 3 would result into selection of the mapped feature y_2 . Obviously it is much better choice than y_1 selected by the PCA in terms of more accurate classification as the main goal of the dimension reduction.

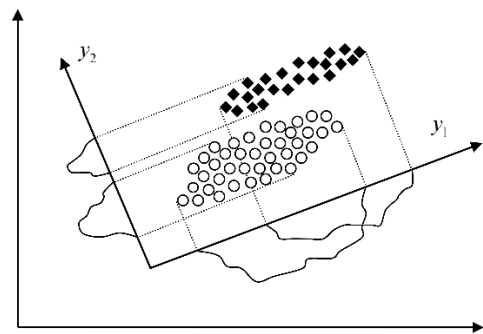


Figure 3. Reduction of the feature space dimension

After the dimension reduction to two a quadratic classifier is designed. Quadratic classifiers are already known to be very good and robust solutions to the problems of classification of vectors whose statistical features are either unknown or change over time. In addition they also allow visual insight into the classification results. A quadratic classifier to be designed in the two-dimensional feature subspace $Y = [y_1 \ y_2]^T$ can be defined by the following equation:

$$h(Y) = Y^T Q Y + V^T Y + v_0 \quad (1)$$

where the matrix Q , vector V and scalar v_0 are the unknowns to be optimally determined [6].

3. Results and discussion

After the application of the WT in total 12 features shown in Table 1 were extracted from each of 1024 segments of the vibration signals.

Index	Feature	Sub-band
x_1	Standard deviation	A_5
x_2	Standard deviation	D_5
x_3	Standard deviation	D_4
x_4	Standard deviation	D_3
x_5	Standard deviation	D_2
x_6	Standard deviation	D_1
x_7	Energy Entropy	A_5
x_8	Energy Entropy	D_5
x_9	Energy Entropy	D_4
x_{10}	Energy Entropy	D_3
x_{11}	Energy Entropy	D_2
x_{12}	Energy Entropy	D_1

Table 1. Extracted features

Since none of the extracted features is sufficiently reliable for early fault detection, their optimal combination is found following the mapping and dimension reduction procedure based on scatter matrices described in Section 2. The mapped features shown in their new two-dimensional space are presented in Figure 4. Obviously in this way separability between different classes is quite satisfactory. In the final step a quadratic classifier also shown in Figure 4 is designed. This design of the new technique for the fault detection in

bearings is performed using the design set of 512 segments. The remaining set of 512 segments is used to test the performance of the new technique. The overall accuracy of 100% was achieved.

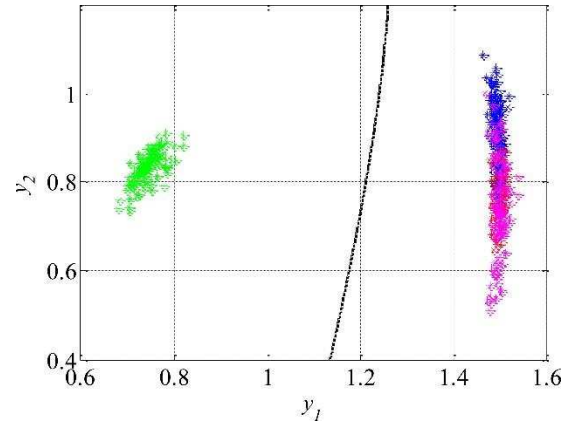


Figure 4. Dimension reduction and classification for the fault detection, normal (green) and faulty (red, blue and magenta) segments

Having in mind the results of other techniques available in the literature and tested on the same vibrations signals, e.g. those published in Mechanical Systems and Signal Processing between 2004 and early 2015 [7], the new technique demonstrated a very good performance which is either better or comparable with other available techniques which usually deploy much more complex algorithms. In addition, in this work only the segments with the smallest fault diameter were used because we were interested in incipient fault detection. It should also be emphasized that the vibration signals were normalized before the feature extraction. In that way we managed to overcome one of main disadvantages of other techniques in terms of application in a real production environment since most of them also rely on the amplitude of the vibration signals as one of the key discriminatory features. However, the amplitude has been found as unreliable in real applications since it varies even with healthy bearings, e.g. depending on their load.

4. Conclusion

In order to further increase productivity of rotating machinery it is necessary to deploy an advanced techniques for an early fault detection. In this paper we described such a technique to be used in rotating-element bearings as the most common components of rotating machinery. The new technique based on the wavelet transform and statistical pattern recognition demonstrated a very high accuracy that is either better or comparable with other available techniques which in most cases require a very large training set and a large number of parameters to be selected and adjusted to obtain good results. A special attention has been paid to robustness of the new technique not only during the feature extraction and the reduction of the feature space dimension but also during the classification process that resulted in the choice of quadratic classifier known for both its simplicity and a high level of robustness in the applications of this type. Quadratic classifiers have also one more important advantage that is possibility of visualization of the classification results in two-dimensional space. As part of our future work we plan to test the new technique in the field of fault diagnosis as well.

Acknowledgements. The support from the Marie Curie FP7-ITN InnHF, Contract No: PITN-GA-2011- 289837 and the Erasmus Mundus Action II EUROWEB+, Contract No: 552125-EM-1-2014-1-SE-ERA MUNDUS-EMA21 is gratefully acknowledged.

References

- [1] **X. Lou, K.A. Loparo.** Bearing fault diagnosis based on wavelet transform and fuzzy inference. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 2004, 18:5, 1077-1095.
- [2] **D. Gajic, Z. Djurovic, J. Glijorjevic, S. di Gennaro, I. Savic-Gajic.** Detection of epileptiform activity in EEG signals based on time-frequency and nonlinear analysis. *Frontiers in Computational Neuroscience*, 2015, 9:38.

- [3] **Z.K. Peng and F.L. Chu.** Application of the wavelet transform in machine condition monitoring and fault diagnostics: a review with bibliography, *Mechanical Systems and Signal Processing*, 2004, 18:2, 199-221.
- [4] **P.K. Kankar, S.C. Sharma, S.P. Harsha.** Fault diagnosis of ball bearings using continuous wavelet transform. *Applied Soft Computing*, 2011, 11:2, 2300-2312.
- [5] **W. Sun, J. Chen, J. Li.** Decision tree and PCA-based fault diagnosis of rotating machinery. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 2007, 21, 1300-1317.
- [6] **K. Fukunaga.** *Introduction to Statistical Pattern Recognition.* Academic Press, Boston, 1990.
- [7] **W.A. Smith and R.B. Randall.** Rolling element bearing diagnostics using the Case Western Reserve University data: A benchmark study. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 2015, 64-65, 100-131.

Primena analitičkog hijerarhijskog procesa za rangiranje država sa Balkana po indikatoru ekoloških performansi

Sonja Išljamović

Fakultet organizacionih nauka, Beograd, Jove Ilića 154

e-mail: sonjaisljamovic@gmail.com

Rade Lazović

Fakultet organizacionih nauka, Beograd, Jove Ilića 154

e-mail: lazovic@fon.bg.ac.rs

Apstrakt: Razvoj jedne države može se pratiti i ogledati kroz njen razvoj privrede, učešća u tehničkom i tehnološkom napretku, povećanju broja stanovnika i stepenu obrazovanosti stanovništva. Kako se usled globalizacije i industrijskog napretka, mogu pojaviti i sporedni negativni efekti na stanje životne sredine i ekosistem, kao bitnu komponentu razvoja jedne države treba uključiti i indikatore održivog razvoja i ekološkog otiska. Indeks ekoloških performansi (EPI), koji se bazira na 9 osnovnih komponenti povezanih sa očuvanjem životne sredine, održivosti ekosistema i globalnog zdravlja nacije, definisan je od strane Ujedinjenih nacija za praćenje ekološke održivosti država na godišnjem nivou. Izračunavanje vrednosti indeksa ekoloških performansi države bazira se na aritmetičkoj sredini svih komponenti, gde neke od ekstremnih vrednosti u podacima lako mogu da naruše celokupnu sliku stanja ekološke održivosti. U ovom radu dat je predlog modela kako se može odrediti novi rang država po indeksu ekoloških performansi, korišćenjem analitičkog hijerarhijskog procesa (AHP). Uporednim poređenjem vrednosti za svaku od komponenti indikatora ekoloških performansi između država može se dobiti preciznija slika stanja ekološke održivosti određenog regiona. Novo rangiranja Balkanskih zemalja po indikatoru ekoloških performansi uz korišćenje analitičkog hijerarhijskog procesa predstavljeno je u vidu studije slučaja u ovom radu.

Ključnereči: indeks ekoloških performansi, analitički hijerarhijski proces, ekološka održivost, rangiranje

1. Uvod

Održivi razvoj, gde se kao glavne kategorije mogu izdvojiti održivost životne sredine i održivost ekosistema, možemo posmatrati kao stanje kada su razvoj i očuvanje životne sredine u ravnoteži, odnosno kada svakodnevne životne aktivnosti i korišćenje prirodnih resursa ne narušavaju balans celokupnog ekosistema, već doprinose njegovom očuvanju i obnavljanju. Međutim paterne održivosti ekosistema, u današnje vreme sve više narušavaju urbanizacija, idustrijalizacija, globalizacija, gde je prevashodni naglasak na održivosti ekonomije i socio-političkoj održivosti, dok se ekološka komponenta stavlja u drugi plan. Sa ciljem da se popravi takva situacija, krajem XX veka,

definisan je koncept indikatora ekološkog otiska (Ecological Footprint), kao alat za obračun resursa kojim se meri koliko se biološki produktivnog zemljišta i vodenih površina koristi od strane populacije, i vrši upoređivanje tog rezultata sa njihovom raspoloživošću, (Wackernagel & Rees, 1996). Usled složenosti obračuna ekološkog otiska, pre svega vremena potrebnog za prikupljanje svih relevantnih podataka, 2006. godine Ujedinjene nacije su definisale novi indikator u vidu Indeksa Ekoloških Performansi (Environmental Performance Index, u daljem tekstu EPI), koji danas predstavlja jedan od vodećih indikatora prilikom ocene ekološke održivosti jedne zemlje. Kako je reč o indikatoru koji se razvijao poslednjih 10

godina, postoji prostor za njegovo unapređenje, što i predstavlja osnovni predmet ovog rada.

U okviru ovog rada, u uvodnom delu biće predstavljene osnovne komponente indeksa ekoloških performansi, kao i način njegovog obračuna. Nakon toga, biće predstavljeni osnovni koncepti analitičkog hijerarhijskog procesa, kao metode za rangiranje. U centralnom delu rada biće prikazana primena analitičkog hijerarhijskog procesa za rangiranje država sa Balkana po indikatoru ekoloških performansi. U zaključnom delu rada biće definisane smernice za dalja unapređenje i prilagođavanje obračuna indikatora ekoloških performansi.

2. Osnovni koncepti indikatora ekoloških performansi

U poslednjih nekoliko godina termin "zaštita životne sredine" se sve više koristi, kako u naučnoj literaturi, tako i od strane analitičara i donosioca odluka u oblasti održivog razvoja. Briga oko prirodnih resursa je sve zastupljenija i na nivou pojedinca ali i na novu kompanija, gde se ona prepoznaje kao bitna komponenta "poslovne održivosti" jer bolje ekološke performanse mogu dovesti do potencijalnih koristi različitih interesnih grupa (Labuschagne et al., 2005).

Indeks ekoloških performansi (Environmental Performance Index, u daljem tekstu EPI) predstavlja metod kvantifikacije i rangiranja ekoloških performansi jedne države. Ovaj indeks se razvijao u periodu od 1999. do 2005. godine kao rezultat istraživanja i razvoja istraživačkih centara pri univerzitetima Yale i Columbia, uz podršku World Economic Forum European Commission. Od 2006. godine, Ujedinjene Nacije ga uvrštavaju kao jedan od važnijih kriterijuma za ostavriavanje Milenijumskih ciljeva (Millennium Development Goals), u strukturi koju i danas ima. Osnovne komponente, na kojima se zasniva EPI su Ekološko zdravlje i Vitalnost ekosistema, koji se dalje granaju na 9 bitnih komponenti (Uticaj na zdravlje, Kvalitet vazduha, Vodovod i kanalizacija, Vodeni resursi, Poljoprivreda, Šume, Ribolov,

Biodiverzitet, Energija i klima), koje su detaljnije predstavljene na slici 1.

EPI pruža analitičarima i donosiocima odluka sažete informacije o postojećem stanju i zaštiti životne sredine određenog regiona, sa posebnim fokusom na analizu ekoloških sistemima. Sa stanovišta operacionih istraživanja EPI se zasniva na pristupu koji se vođen podacima (data-driven), a po pitanju primene tehnika za izračunavanje EPI-a bazira se na indirektnom pristupu. Ekonomski, energetski i ekološki pod-indikatori identifikovani su kao ključni činioci, čije se vrednosti tokom analize normalizuju i integrišu u ukupan indeks tehnikama agregiranja, (Niemeijer, 2002).

Metodologija izračunavanja EPI definisana je od strane Yale Center (Yale Center for Environmental and Policy et al., 2014) koja se zasniva na 9 osnovnih komponenti i njihovim podkomponentama. Za svaku od država na nivou komponente (odnosno podkomponente ukoliko postoji) definiše se vrednost "blizina od cilja" (proximity-to-target), koja predstavlja odnos između stvarne vrednosti komponente u određenom trenutku (najčešće na godišnjem nivou) i željene, ciljne vrednosti po istim kriterijumima (Formula 1).

$$\text{blizina od cilja} = \frac{\text{stvarna vrednost} - \text{ciljna vrednost}}{\text{stvarna vrednost}} \cdot 100 \quad (1)$$

Nakon toga radi se sumiranje svih vrednosti po kategorijama (odnosno podkategorijama), te izračunavanje njihove prosečne vrednosti. Tako dobijen broj predstavlja vrednost EPI, na osnovu kojega se određuje rang države.

U izveštaju za 2014. godinu, shodno rangu po EPI, prvih 5 država sa najboljom ekološkom situacijom su bile: Švajcarska, Luksemburgu, Australija, Singapur i Češka, dok sa druge strane, države kod kojih je najalarmantnija situacija po pitanju održivosti ekološkog sistema su bile: Somalija, Mali, Haiti, Lesoto i Avganistan.

3. Osnovni koncepti analitičkog hijerarhijskog procesa

Analitički hijerarhijski proces (Analytic Hierarchy Process, u daljem tekstu AHP) je metod višekriterijumskog odlučivanja koji je

razvio Thomas L. Saaty sedamdesetih godina dvadesetog veka. Glavni cilj metode je određivanje globalnih težina u odnosu na koje se vrši rangiranje alternativa. Osnovni metodološki koraci u primeni AHP metode su (Saaty 1980):

- struktuiranje problema - dekompozicija problema, identifikacija elemenata i njihovo pozicioniranje u okviru hijerarhije;
- prikupljanje podataka – proces kada donosilac odluka daje svoj sud i ocene za svaki od parova na svakom od hijerarhijskih nivoa, a takođe se mogu koristiti i kvantitativni ili kvalitativni podaci koji su relevantni za ocenu i rešavanje nekog problema;
- određivanje relativnih težina - određivanje lokalnih (relativnih) težina na osnovu matrica poređenja po parovima;
- nalaženje rešenja problema – predstavlja vektor globalnih težina koji se dobija se na osnovu prethodno određenih vektora lokalnih težina.

4. Predlog novog izračunavanja indeksa ekoloških performansi na primeru Balkanskih država

Postojeća metodologija za izračunavanje EPI ima prednosti što se do podataka za komponente i podkomponente dolazi na lako dostupan i brz način, a sam postupak obrachuna celokupnog EPI i ranga država shodno njemu predstavlja jednostavan postupak. Međutim, koristeći postojeći model za kalkulaciju EPI, shodno postupku koji je predstavljen u drugom poglavlju ovog rada, usled izračunavanja vrednosti “blizina od cilja“ može doći do neadekvatne obrade ekstremnih vrednosti ili vrednosti koje nedostaju, kao i kod uprosečavanja sumarne vrednosti, gde sve

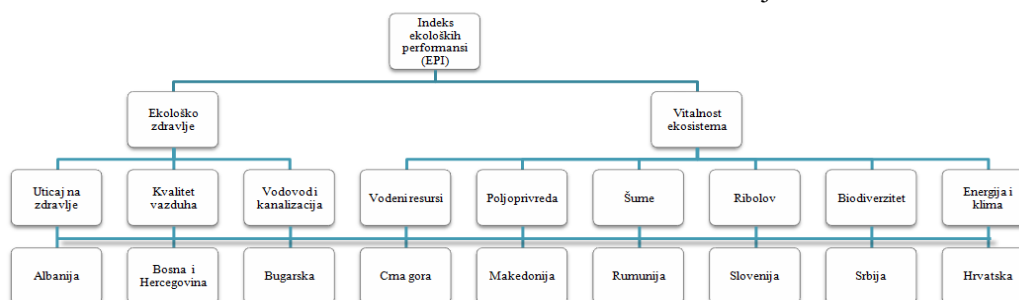
komponente imaju podjednaki značaj i uticaj na celokupnu vrednost EPI. Studija slučaja Balkanskih država, na kojima će biti predstavljen predlog nove metodologije za izračunavanje EPI, obuhvata 9 država koje su navedene u sledećoj tabeli, kao i njihove vrednosti EPI za 2014. godinu sa rangom, Tabela 1.

Država	EPI %	EPI rang
Slovenija	76.43	15
Srbija	69.13	31
Bugarska	64.01	41
Hrvatska	62.23	45
Crna Gora	55.52	62
Albanija	54.73	67
Rumunija	50.52	86
Makedonija	50.41	89
Bosna i Hercegovina	45.79	107

Tabela 1. Rezultati EPI 2014

Osnovna ideja kod primene AHP metode za rangiranje država po EPI jeste kreiranje hijerarhijske strukture, Slika 1, gde se kao globalni cilj definiše vrednost EPI koju treba da dobijemo za svaku od država, koje u datom modelu predstavljaju alternative. Na prvom nivou kriterijuma nalaze se dve osnovne grupe komponenti, dok se na drugom nivou kriterijuma nalazi 9 osnovnih komponenti EPI. Kreiranjem ovakve hijerarhijske strukture omogućiće se da se za svaku od komponenti, kao i za svaku od država odrede težinski koeficijenti za kasniju prioritizaciju. Ulazne podatke za AHP model čine podaci iz izveštaja Environmental Performance Index 2014.

- Tokom razvoja AHP modela biće kreirano nekoliko matrica sa ocenama sa Saaty-jeve skale (od 1 do 9) i to sa sledećom strukturom:
 - 1 matrica 2x2 za poređenje grupa komponenti;
 - 2 matrice – 3x3 za poređenje komponenti u okviru Ekološkog zdravlja i 6x6 za poređenje komponenti u okviru Vitalnosti ekosistema;
 - 9 matrica – 9x9 za svaku od komponenti EPI za ocenu značajnosti država.



Slika 1. Hijerarhijska struktura za rangiranje država

Država	Biodiverzitet	Slovenija	Srbija	Bugarska	Hrvatska	Crna Gora	Albanija	Rumunija	Makedon.	Bosna i Hercegov.	Vektor relativ. težina
Slovenija	100	1	1	3	3	5	4	4	8	9	0.2603
Srbija	99.78		1	2	2	4	3	3	8	9	0.2103
Bugarska	68.85			1	1/2	3	2	2	7	9	0.1219
Hrvatska	70.87				1	3	2	2	5	8	0.1415
Crna Gora	51.6					1	1/3	1/3	5	8	0.0551
Albanija	63.19						1	1	5	8	0.0856
Rumunija	63.51							1	5	8	0.0856
Makedonija	27.54								1	7	0.0264
Bosna i Hercegov.	2.5									1	0.0129

Tabela 3. Ocena država po komponenti Biodiverzitet

Definisanje ocena poređenja po parovima na nivou svake od komponenata urađeno je međustobnim poređenjem vrednosti komponente za svake dve države, gde je izgled jedne od takvih matrica, sa popunjenom gornjom trougaonom matricom dat u Tabeli 3, uz prateće vrednosti iz izveštaja Environmental Performance Index 2014. Takođe, u Tabeli 3 u poslednjoj koloni prikazane su vrednosti vektora relativnih težina po komponenti Biodiverzitet za svaku od država nakon primene AHP metode, gde se te vrednosti koriste dalje za izračunavanje ukupnog EPI po AHP metodi, ali se mogu i koristiti za rangiranje država određenoj komponenti.

Nakon što je izvršena celokupna kalkulacija AHP metode i dobijene željeni težinski koeficijenti za svaku do država, shodno njima, određen je i rang država, gde su oba rezultata, uz poređenje sa početnim EPI rangom prikazani u Tabeli 4.

Tabela 4. Uporedni pregled EPI i AHP ranga

Država	EPI rang	Relativni EPI rang	AHP znač.	AHP rang
Slovenija	15	1	0.18571	1
Srbija	31	2	0.13306	3
Bugarska	41	3	0.11004	4
Hrvatska	45	4	0.10964	5
Crna Gora	62	5	0.08755	7
Albanija	67	6	0.09316	6
Rumunija	86	7	0.14420	2
Makedonija	89	8	0.07423	8
Bosna i Hercegov.	107	9	0.06236	9

Rangiranje koje je dobijenom primenom AHP metode razlikuje se od ranga država iz izveštaja Environmental Performance Index 2014, Tabela 4, ali se uočava da su države na prvom i poslednjem mestu primenom obe metodologije izračunavanja EOI iste. Primenom AHP metode Rumunija je najviše dobila, pozicionirajući se na 2. mesto, dok je značajno slabiji rang dobila Crna Gora.

5. Zaključak

Rezultat ovog rada ukazuje da je moguće primeniti AHP metodu kao novi način za rangiranje država po EPI. Uskled nedostatka inicijalne kalkulacije EPI koja se bazira na aritmetičkim sredinama, primenom AHP metoda, kao boljeg matematičkog rešenja za prioritizaciju, određivanjem vektora težinskih koeficijenata kao rezultata međusobnog poređenja, može se doći do pouzdanijeg ranga država. Budući pravac primene AHP metoda za izračunavanje EPI zasniva se na uključivanju dodatnog hijerarhijskog novoa, nivo sa podkategorijama, za koje postoje podaci i primeni na drugim državama.

Reference

- [1] **Labuschagne, C., Brent, A. C. & van Erck, R. P. G.** (2005). Assessing the sustainability performance of industries. *Journal of Cleaner Production*, 13(4), 373–385.
- [2] **Niemeijer, D.** (2002) Developing indicators for environmental policy: Data-driven and theory-driven approaches examined by example. *Environmental Science & Policy*, 5(2), 91–103.
- [3] **Saaty, T. L.**, (1990) *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, New York.
- [4] **United Nations World Commission on Environment and Development.** (2009). *Our Common Future: Reports of the World Commission on Environment and Development.* <http://www.un-documents.net/ocf-02.htm>
- [5] **Wackernagel, M. & Rees, W.E.**, (1996) *Our Ecological Footprint, Reducing Human Impact on The Earth.* New Society Publishers, Gabriola Island, Philadelphia.
- [6] **Yale Center for Environmental Law and Policy (YCELP) and Center for International Earth Science Information Network (CIESIN) of Columbia University.** 2014. *Environment Sustainability Index.* USA

AGRICULTURE, FORESTRY AND HYDRAULICITY

Irregular Consumption Cycles

Vesna D. Jablanovic

University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Nemanjina 6, 11080 Belgrade
vesnajab@ptt.rs

Abstract. This paper addresses the *following question* : “ What are some of the key factors that drive fluctuations in consumption ? “ The chaos theory framework is the standard way that economists think about the irregular cycles in consumption. Chaos theory is used to prove that chaotic fluctuations can indeed arise in completely deterministic models. The basic aim of this paper is to provide a relatively simple chaotic household consumption growth model that is capable of generating stable equilibrium, cycles, or chaos depending on parameter values of the chaotic consumption model.

Key words: Consumption, Stability, Chaos.

1. Introduction

Chaos theory is used to prove that chaotic fluctuations can indeed arise in completely deterministic models. Chaos theory reveals structure in aperiodic, dynamic systems. Chaotic systems exhibit a sensitive dependence on initial conditions. Chaos theory started with Lorenz's (1963) discovery of complex dynamics arising from three nonlinear differential equations leading to turbulence in the weather system. Li and Yorke (1975) discovered that the simple logistic curve can exhibit very complex behaviour. Further, May (1976) described chaos in population biology. Chaos theory has been applied in Economics by Day (1982, 1983), Grandmont (1985), Goodwin (1990), Lorenz (1993), Jablanovic (2012,2013), among many others.

The basic aim of this paper is to provide a relatively simple household consumption growth model that is capable of generating stable equilibria, cycles, or chaos depending on parameter values.

2. The model

Irregular movement of household consumption can be analyzed in formal framework of the chaotic growth model :

$$k_m = \frac{\Delta K}{\Delta Y} \quad (1)$$

$$I_t = \Delta K \quad (2)$$

$$C_t = \alpha Y_t^{1/2} \quad (3)$$

$$Y_t = C_t + I_t \quad (4)$$

$$m = \frac{\Delta Y}{\Delta I} \quad (5)$$

$$a = \frac{\Delta I}{\Delta C} \quad (6)$$

Where : Y – real income , C – private household consumption, K – the stock of capital , I – investment , m –the multiplier, k_m - the marginal capital coefficient , ΔK – increase in capital, ΔI – increase in investment, ΔC – increase in private household consumption, ΔY – increase in real income, a – the accelerator. (1) determines the marginal capital coefficient ; (2) changes in the capital stock comes from investments , (3) contains the household consumption function , (4) national accounting identity , (5) defines the multiplier and (6) contains the accelerator.

Substitution gives

$$C_{t+1} = \left(\frac{a m k_m - 1}{a m k_m} \right) C_t + \left(\frac{1}{\alpha^2 a m k_m} \right) C_t^2 \quad (7)$$

Further, it is assumed that the current value of private household consumption is restricted by its maximal value in its time series. This premise requires a modification of the growth law. Now, household consumption growth rate depends on the current size of household consumption, C , relative to its maximal size in its time series C^m . We introduce c as $c = C/C^m$. Thus c range between 0 and 1. Again we index c by t , i.e., write c_t to refer to the size at time steps $t = 0, 1, 2, 3, \dots$. Now growth rate of household consumption is measured as

$$c_{t+1} = \left(\frac{a m k_m - 1}{a m k_m} \right) c_t + \left(\frac{1}{\alpha^2 a m k_m} \right) c_t^2 \quad (8)$$

This model given by equation (8) is called the logistic model. For most choices of α, m, a, k_m there is no explicit solution for (8). Namely, knowing α, m, a, k_m and measuring c_0 would not suffice to predict c_t for any point in time, as was previously possible. This is at the heart of the presence of chaos in deterministic feedback processes. Lorenz (1963) discovered this effect - the lack of predictability in deterministic systems. Sensitive dependence on initial conditions is one of the central ingredients of what is called deterministic chaos.

This kind of difference equation (8) can lead to very interesting dynamic behavior, such as cycles that repeat themselves every two or more periods, and even chaos, in which there is no apparent regularity in the behavior of c_t . This difference equation (8) will possess a chaotic region. Two properties of the chaotic solution are important: firstly, given a starting point c_0 the solution is highly sensitive to variations of the parameters α, m, a, k_m ; secondly, given the parameters α, m, a, k_m the solution is highly sensitive to variations of the initial point c_0 . In both cases the two solutions are for the first few periods rather close to each other, but later on they behave in a chaotic manner.

It is possible to show that iteration process for the logistic equation

$$z_{t+1} = \pi z_t (1 - z_t) \quad \pi \in [0, 4] \quad (9)$$

is equivalent to the iteration of growth model (8) when we use the identification

$$z_t = - \frac{1}{\alpha^2 (a m k_m - 1)} c_t \quad (10)$$

$$\text{and } \pi = \left(\frac{a m k_m - 1}{a m k_m} \right) \quad (11)$$

Using (10) and (8) we obtain

$$\begin{aligned} z_{t+1} &= - \frac{1}{\alpha^2 (a m k_m - 1)} c_{t+1} = \\ &= - \frac{1}{\alpha^2 (a m k_m - 1)} \left[\left(\frac{a m k_m - 1}{a m k_m} \right) c_t + \left(\frac{1}{\alpha^2 a m k_m} \right) c_t^2 \right] \\ &= - \frac{1}{\alpha^2 a m k_m} c_t - \frac{1}{\alpha^4 a m k_m (a m k_m - 1)} c_t^2 \end{aligned}$$

On the other hand, using (9), (10) and (11) we obtain

$$\begin{aligned} z_{t+1} &= \pi z_t (1 - z_t) = \\ &= - \left(\frac{a m k_m - 1}{a m k_m} \right) \left[\frac{1}{\alpha^2 (a m k_m - 1)} c_t \right] \left\{ 1 + \left[\frac{1}{\alpha^2 (a m k_m - 1)} c_t \right] \right\} \\ &= - \frac{1}{\alpha^2 a m k_m} c_t - \frac{1}{\alpha^4 a m k_m (a m k_m - 1)} c_t^2 \end{aligned}$$

Thus we have that iterating (8) is really the same as iterating $z_{t+1} = \pi z_t (1 - z_t)$ using (10) and (11). It is important because the dynamic properties of the logistic equation (9) have been widely analyzed (Li and Yorke (1975), May (1976)).

It is obtained that :

- (i) For parameter values $0 < \pi < 1$ all solutions will converge to $z = 0$;
- (ii) For $1 < \pi < 3,57$ there exist fixed points the number of which depends on π ;
- (iii) For $1 < \pi < 2$ all solutions monotonically increase to $z = (\pi - 1) / \pi$;
- (iv) For $2 < \pi < 3$ fluctuations will converge to $z = (\pi - 1) / \pi$;
- (v) For $3 < \pi < 4$ all solutions will continuously fluctuate;
- (vi) For $3,57 < \pi < 4$ the solution become "chaotic" which means that there exist totally aperiodic solution or periodic solutions with a very large, complicated period. This means that the path of z_t fluctuates in an apparently random fashion over time, not settling down into any regular pattern whatsoever.

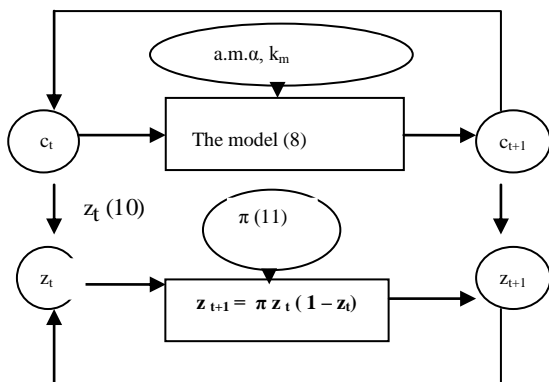


Figure 1. Two quadratic iterators running in phase are tightly coupled by the transformations indicated

3. Conclusion

This paper suggests conclusion for the use of household consumption growth model in predicting the fluctuations of household consumption . The model (8) has to rely on specified parameters α , a , m , k_m , and initial value of household consumption , c_0 . But even slight deviations from the values of parameters α , a , m , k_m and initial value of household consumption , c_0 , shows the difficulty of predicting a long-term behavior of household consumption.

A key hypothesis of this work is based on the idea that the coefficient $\pi = \left(\frac{a m k_m - 1}{a m k_m} \right)$ plays a crucial role in explaining household consumption

stability, where m –the multiplier, k_m - the marginal capital coefficient, a – the accelerator.

References

- [1] **Day. R.H.**, "Irregular Growth Cycles". American Economic Review,72: 406-414, June 1982.
- [2] **Day, R.H.**, "The Emergence of Chaos from Classical Economic Growth", Quarterly Journal of Economics 98:200-213,1983.
- [3] **Goodwin. R. M.**, Chaotic Economic Dynamics . Clarendon Press Oxford , New York. 1990.
- [4] **Grandmont. J.M.**, "On Endogenous Competitive Business Cycles", Econometrica 53: 994-1045, 1985.
- [5] **Jablanović, V.** »Budget Deficit and Chaotic Economic Growth Models” Aracne editrice S.r.l, Roma , 2012.
- [6] **Jablanović, V.** „Elements of Chaotic Microeconomics“, Aracne editrice S.r.l. , Roma , 2013.
- [7] **Li, T., Yorke, J.**, "Period Three Implies Chaos", American Mathematical Monthly 8: 985-992, 1975.
- [8] **Lorenz, E.N.**, "Deterministic nonperiodic flow" , Journal of Atmospheric Sciences 20: 130-141,1963.
- [8] **Lorenz. H.W.**,Nonlinear Dynamical Economics and Chaotic Motion, 2nd editon. Springer-Verlag, Heidelberg,1993.
- [10] **May, R.M.**, "Mathematical Models with Very Complicated Dynamics", Nature 261: 459-467,1976.

Profitabilnost organske poljoprivredne proizvodnje: studija slučaja kukuruza

Ivana Lečovski-Milojkić

Univerzitet u Beogradu - Fakultet organizacionih nauka, Jove Ilića 154

e-mail: ivana.lecovski@gmail.com

Apstrakt. Profitabilnost je jedan od osnovnih kriterijuma koji poljoprivredni proizvođači uzimaju u obzir kada se odlučuju za određeni tip proizvodnje. Međutim, sve je više proizvođača, koji pored profitabilnosti, zahtevaju i kvalitet, bezbednost i očuvanje životne sredine. Organska proizvodnja je standardizovana, održiva i u skladu sa prirodnim procesima. Ovaj rad analizira ekonomski aspekt organske poljoprivrede u smislu mogućnosti ostvarenja zadovoljavajućeg nivoa profitabilnosti. Istražuje se trenutno stanje u oblasti poljoprivrede i razmatraju mogućnosti za njeno dalje unapređenje i usavršavanje, kako bi se stvorila mogućnost za ostvarenje visokih prinosa uz očuvanje ograničenih prirodnih resursa. Istraživanja objavljena do 2000. godine uglavnom pokazuju nižu profitabilnost organske u odnosu na konvencionalnu poljoprivredu, dok kasnija istraživanja ipak idu u prilog organskoj poljoprivredi, što ima veze sa širenjem površina pod organskom proizvodnjom i usavršavanjem prakse organske poljoprivrede tokom vremena.

Ključne reči: profitabilnost, organska poljoprivredna proizvodnja, profitabilnost organske poljoprivredne proizvodnje

1. Uvod

Koncept organske poljoprivrede nastaje kao odgovor na brojne probleme koje je sa sobom donela masovna konvencionalna poljoprivredna proizvodnja početkom XX veka, i od tada je izvršen veliki broj istraživanja u ovoj oblasti. Jedno od prvih značajnih istraživanja izvršile su *Lady Eve Balfour* i *Alice Debenham*, davne 1939. pod nazivom *Haughley Experiment*, prvi dugoročni i na terenu sprovedeni eksperiment kojim je izvršeno poređenje organske i konvencionalne proizvodnje. Rezultati ovog eksperimenta su, između ostalog pokazali i uvećanje prinosa organske proizvodnje tokom posmatranog perioda.

Analizom raspoložive literature dolazi se do zaključka da organska poljoprivreda u

proseku daje niže prinose, ali zbog toga što ima iste ili niže troškove u odnosu na konvencionalnu proizvodnju, a u isto vreme značajno više prodajne cene, organski proizvođač ostvaruje viši nivo dobiti u odnosu na konvencionalnog. Mnoga istraživanja sprovedena u različitim delovima sveta pokazala su da organske farme mogu biti produktivne poput konvencionalnih, pa čak i produktivnije (Charyulu Deevi & Biswas, 2011).

Osnovni faktori koji utiču na profitabilnost organske proizvodnje su vrsta useva, visina prinosa, prodajne cene na tržištu ali i cene semenskog materijala, troškova radne snage, troškova sertifikacije, kvalitet zemljišta, klimatski faktori, voda, ali i obučenosť radne snage, i primena novih naučnih saznanja i novih tehnologija u procesu proizvodnje.

U radu će se analizirati profitabilnost organske proizvodnje na primeru kukuruza, u periodu 2006-2014. godine, u odnosu na konvencionalnu proizvodnju prema podacima sa tržišta Sjedinjenih Američkih Država.

2. Organska poljoprivredna proizvodnja

Organska proizvodnja je zakonski regulisana proizvodnja koja uključuje kontrolu i sertifikaciju proizvodnje i proizvoda (kontrola „od njive do trpeze“). Organsku poljoprivredu najbolje možemo definisati kroz njen cilj, a to je proizvodnja zdravstveno bezbedne, kvalitetne hrane na ekološki održiv način (FAO, 2011). To je složen, strogo kontrolisani sistem, koji funkcioniše pod strogo definisanim pravilima Svetskog udruženja pokreta organskih proizvođača (*IFOAM- International Federation of Organic Agriculture Movements*), a koje svaka zemlja prilagođava svojim uslovima i specifičnostima, a zatim i zakonski reguliše. Postoji niz uslova koje svaki proizvođač mora ispuniti kako bi mogao obavljati organsku poljoprivrednu proizvodnju.

Prema definiciji FAO (*Food and Agriculture Organisation*), organska proizvodnja je „sistem koji se oslanja na upravljanje ekosistemom pre nego na eksterne poljoprivredne inpute.“

Organska poljoprivredna proizvodnja je poznata po „4 NE“ (Oudshoorn, Sorensen & Boer, 2011):

- (1) NE veštačkim đubrivima;
- (2) NE hemijskim pesticidima;
- (3) NE veštačkim aditivima; i
- (4) NE genetski modifikovanim organizmima.

Organska proizvodnja je alternativni način da se prevaziđu problemi održivosti, globalnog zagrevanja i bezbednosti hrane (Charyulu Deevi & Biswas, 2011).

3. Standardi u oblasti organske poljoprivrede

Osnovni uslovi za zasnivanje organske poljoprivrede su (FAO, 2011):

- (1) Prostorna izolacija zemljišnih parcela, stočarskih farmi i prerađivačkih pogona od mogućih izvora zagađenja;
- (2) Poljoprivredno zemljište čiji je sadržaj štetnih materija ispod maksimalno propisanih dozvoljenih količina (zemljište čiji je sadržaj teških metala i drugih kontaminenata do 50% od propisane maksimalno dozvoljene količine za konvencionalnu proizvodnju);
- (3) Propisani kvalitet vode za navodnjavanje;
- (4) Usklađeni razvoj biljne i stočarske proizvodnje.

Neophodan uslov za započinjanje organske proizvodnje je poštovanje zakona i podzakonskih akata koji detaljno propisuju odabir parcele i uslove pod kojima se ova proizvodnja može da se odvija (Oljača et al., 2008).

4. Pojam i determinante profitabilnosti organske proizvodnje

Profitabilnost i uticaj na životnu sredinu su dva kriterijuma od najvećeg interesa za poređenje performansi. Iako postoje različite mere ekonomskih performansi poljoprivrednih proizvođača, profit je generalno jedan od najčešće korišćenih indikatora uspeha ekonomskih aktivnosti (Morris, Hopkins & Winter, 2001).

Prilikom analize profitabilnosti u obzir se uzimaju visina prinosa, cene i troškovi, koji su pod uticajem sledećih determinanti profitabilnosti (Nemes, 2009):

- (1) Poljoprivredne politike – ekonomske performanse u najrazvijenijim zemljama su pod snažnim uticajem državnih podsticaja za organsku proizvodnju, što nije slučaj u zemljama u razvoju, gde država

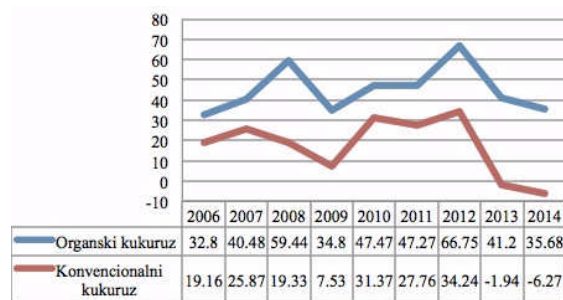
izdvaja znatno manje sredstava za podsticaj organske proizvodnje;

- (2) Tržišno okruženje – bitan aspekt profitabilnosti organske proizvodnje je mogućnost ostvarivanja viših cena za organske nego konvencionalne proizvode na tržištu;
- (3) Političko okruženje – tržišno okruženje veoma često je pod uticajem političkih faktora (i obrnuto);
- (4) Upravljačke sposobnosti organskih proizvođača – iskustvo proizvođača i sposobnost donošenja odluka su jedne od najvažnijih determinanti ostvarivanja profitabilnosti. Uspeh farme je pod uticajem upravljačkih sposobnosti farmera, posebno u oblasti marketinga.

5. Profitabilnost organske proizvodnje kukuruza

U narednom delu rada će biti analizirana studija slučaja profitabilnosti organske proizvodnje kukuruza na osnovu finansijskih podataka organskih i konvencionalnih farmi SAD koje koriste FINPACK softver za finansijsko praćenje i analizu poslovanja farme, razvijen od strane Centra za upravljanje finansijama u poljoprivredi Univerziteta Minesote. Podaci korisnika ovog softvera se prikupljaju i skladište u bazi podataka FINBIN – *Farm Financial Database*. Na osnovu generisanih podataka, mogu se formirati izveštaji prema različitim kriterijumima, u zavisnosti od potreba korisnika (FINBIN, 2015).

Prema podacima iz baze podataka FINBIN, formiran je grafikon sa vrednostima pokazatelja operativne profitne marže proizvodnje kukuruza, obračunatih na osnovu prosečnih vrednosti za sve organske proizvođače u periodu 2006-2012. godine.



Grafikon 1 – Operativna profitna marža za kukuruz iz organske i konvencionalne proizvodnje¹

Za kukuruz iz organske proizvodnje možemo reći da ostvaruje značajnu prednost u smislu profitabilnosti u odnosu na konvencionalno proizveden, što se može uočiti na osnovu visine stope operativne profitne marže, koja je tokom čitavog intervala 2006-2014. godine bila značajno viša u odnosu na vrednost istog pokazatelja u konvencionalnoj proizvodnji. Posmatrani pokazatelj se kod organskog kukuruza kretao u intervalu vrednosti 32,8 – 66,75%, što znači da su organski proizvođači kukuruza u proseku na 1 dolar prihoda od prodaje ostvarivali od 0,33 do 0,67 dolara, što je značajno imajući u vidu kretanje vrednosti ovog pokazatelja kod konvencionalne proizvodnje kukuruza, koji je u 2013. i 2014. godini imao negativnu vrednost.

Sa razvojem novih tehnologija primenjivih u proizvodnji hrane i iznalaženjem novih tehnika za rast prinosa uz očuvanje resursa, velike su mogućnosti da se stvore uslovi za dalji rast profitabilnosti organske proizvodnje. U budućnosti će to zavisiti od nekoliko faktora (Isikli, 2003):

- (1) Tehničkog progressa – sa razvojem novih tehnika, može doći do rasta relativne konkurentnosti organske proizvodnje.
- (2) Kretanja cena – od kretanja cena na tržištu poljoprivrednih proizvoda

¹ Izvor podataka: Farm Financial Database (FINBIN) 2015b, Farm Financial Database (FINBIN) 2015c.

uopšte ali i kretanja cena organskih proizvoda, kao i od mogućnosti ostvarenja razlike u ceni će zavisiti i profitabilnost;

- (3) Podsticaji države – od planova države po pitanju podsticaja poljoprivrednoj proizvodnji u velikoj meri će zavisiti i profitabilnost proizvodnje. Većina država u velikoj meri prepoznaje značaj organske proizvodnje, pa se stoga značajna sredstva izdvajaju za podsticaje.

6. Zaključak

Rezultati sprovedenog istraživanja pokazali su da organska poljoprivredna proizvodnja dostiže relativno visoku profitabilnost, analizirano na osnovu studije slučaja tržišnih kretanja i proizvodnje kukuruza u Sjedinjenim Američkim Državama.

Lokalitet, vrsta useva i vremenske prilike igraju ulogu u komparativnoj profitabilnosti dva posmatrana sistema upravljanja proizvodnjom (Greer et al., 2008).

Analiza efekata prinosa organske prema konvencionalnoj proizvodnji mora uzeti u obzir i poljoprivredni sistem u kom se analiza obavlja – konvencionalna poljoprivredna proizvodnja u razvijenim zemljama ima industrijski karakter, za razliku od nerazvijenih i zemalja u razvoju (Bolwig, Gibbon&Jones 2009). U nerazvijenim zemljama, čak i konvencionalna proizvodnja ne dostiže svoj maksimum jer se obavlja na manjim farmama, uz skromnu upotrebu mehanizacije i veštačkih đubriva.

Bibliografija

- [1] **L.E. Balfour.** Towards a Sustainable Agriculture – The Living Soil. *IFOAM Conference, Switzerland,*

1977.

<http://www.soilandhealth.org/01aglibrary/010116Bal fourspeech.html>.

- [2] **S. Bolwig, P. Gibbon, S.Jones.** The Economics of Smallholder Organic Contract Farming in tropical Africa. *World Development Vol. 37, No.6, 2009.*, pp. 1094-1104.
- [3] **K. Charyulu Deevi, S. Biswas.** Organic Input Production and Marketing in India – Efficiency, Issues and Policies. *Centre for Management in Agriculture (CMA), Indian Institute of Management, Ahmedabad, p.16, 2011.*
- [4] **Food and Agriculture Organization of United Nations (FAO).** Priručnik za organsku proizvodnju – za poljoprivredne proizvođače. *Projekat TCP/MNE/3201: Organska poljoprivreda u Crnoj Gori: Zajednička podrška malim proizvođačima u organskoj poljoprivredi, 2011.*
- [5] **Farm Financial Database (FINBIN) 2015a.** <http://www.finbin.umn.edu/>
- [6] **Farm Financial Database (FINBIN) 2015b.** <http://www.finbin.umn.edu/FinB.dll/generate?RecId=332834>
- [7] **Farm Financial Database (FINBIN) 2015c.** <http://www.finbin.umn.edu/FinB.dll/generate?RecId=332838>
- [8] **G. Greer, W. Kaye-Blake, E. Zellman, C. Parsonson-Ensor.** Comparison of the financial performance of organic and conventional farms, *Journal of Organic Systems, Vol.3 No.2, 2008.*
- [9] **E. Isikli.** The economics of Organic Agriculture. *Cahiers Option Mediterraneennes n.61, 2003, pp. 3-16.*
- [10] **C. Morris, A. Hopkins, M. Winter, M.** Comparison of the Social, Economic and Environmental Effects of Organic, *ICM and Conventional Farming, Gloucestershire, United Kingdom: CCRU Cheltenham and Gloucester College of HE, 2001.*
- [11] **N. Nemes.** Comparative analysis of organic and non-organic farming systems: a critical assessment of farm profitability. *Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, June 2009.*
- [12] **S. Oljača, Đ. Glamočlija, D. Kovačević, M. Oljača, Ž. Dolijanović Ž.** Potencijali brdsko-planinskog regiona Srbije za organsku poljoprivrednu proizvodnju, *Poljoprivredna tehnika, Broj 4, decembar 2008., str.61-68*
- [13] **F.W. Oudshoorn, C.A.G. Sorensen, I.J.M. Boer.** Economic and environmental evaluation of three goal-vision based scenarios for organic dairy farming in Denmark. *Agricultural Systems 104(2011), Elsevier, 2011, p. 315-325.*

**MILITARY
DEFENSE
APPLICATIONS**

OPTIMIZACIJA TROŠKOVA VOJNIH USTANOVA

Paun Lučanović

*Ministarstvo odbrane, Birčaninova 5, Beograd
pajalucanovic@gmail.com*

Dragan Lučanović

*Labteh, Milutina Milankovića 7B, Beograd
brate@verat.net*

Dragan Bojanić

*Univerzitet odbrane, Pavla Jurišića Šturma 1, Beograd
dragan.bojanic@mod.gov.rs*

Abstrakt. Vojne ustanove koje obavljaju proizvodnu i uslužnu delatnost po principu sticanja i raspodele dobiti, nakon decenijske nelikvidnosti su od 2008. godine nastavile poslovanje kao budžetski korisnik, što je prouzrokovalo dodatno opterećenje za budžet odbrane. Traganje za optimalnim načinom poslovanja vojnih ustanova predstavlja ujedno i rešenje za smanjenje opterećenja budžeta odbrane. Jedan od načina da vojne ustanove posluje na račun sopstvenih prihoda jeste dostizanje njenih sposobnosti za stvaranje profita, uz optimizaciju troškova poslovanja. U tu svrhu, posebna pažnja u radu posvećena je primeni matematičkih modela.

Ključne reči: vojne ustanove, optimizacija troškova, profit.

1. Uvod

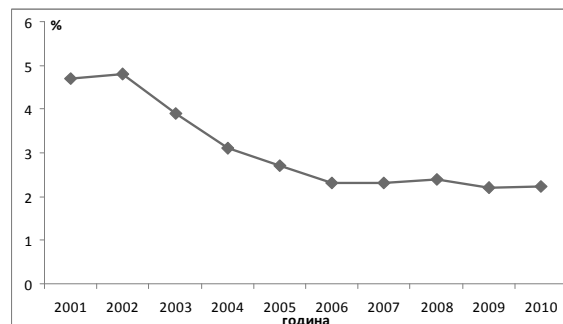
Potrebe sistema odbrane za finansijskim rashoda i izdataka uvek veće od mogućnosti države da te obaveze isfinansira. Naravno, finansiranje rashoda i izdataka sistema odbrane podrazumeva finansiranje održavanja postojećih sposobnosti sa težnjom na razvoj novih sposobnosti za izvršavanje njegovih misija i zadataka. Međutim, prelaskom vojnih ustanova na budžet Ministarstva odbrane, samim tim i sistema odbrane, dodatno su uvećani problemi finansiranja rashoda i izdataka. Jer, su obaveze vojnih ustanova iz prethodnog perioda opteretile postojeći budžet sistema odbrane, i na taj način ugrozile finansiranje razvoja novih sposobnosti sistema odbrane. Za tekuće funkcionisanje ili održavanje postojećih sposobnosti sistema odbrane bilo je na snazi restriktivno finansiranje.

S toga je neophodno, naći rešenje u okviru koga bi vojne ustanove poslovale na račun sopstvenih prihoda sa eventualno zanemarljivim podsticajnim sredstvima iz

državnog budžeta. Na taj način poslovanje vojnih ustanova ne bi opterećivalo budžet sistema odbrane.

2. ANALIZA FINANSIRANJA SISTEMA ODBRANE

Na osnovu podataka iz Zakona o budžetu Republike Srbije urađena je analiza finansiranja rashoda i izdataka sistema odbrane u periodu od 2001. do 2010. godine. Ovaj period je uzet kao relevantan za posmatranje jer su u tom vremenu proizašli i najveći problemi u finansiranju sistema odbrane a naročito u poslovanju vojnih ustanova.

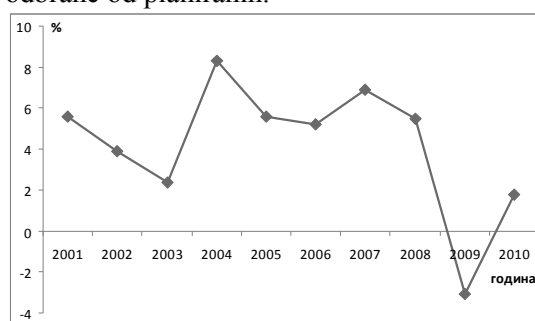


Slika 1: % učešća izdataka odbrane u BDP

Posmatrajući Sliku 1, grafikon učešća rashoda i izdataka odbrane u bruto društvenom proizvodu (BDP) u periodu od 2001. do 2010. godine, može se uočiti da je trend izdvajanja države za potrebe odbrane u tom periodu bio negativan. Naročito je značajan „pad“ izdvajanja države za potrebe odbrane zabeležen u periodu od 2002. do 2006. godine. Od 2007. godine država ne izdvaja za potrebe odbrane, kako je opredeljeno politikom Vlade u datom periodu, već znatno manje. Kada se zna da su ukupna izdvajanja države za potrebe sistema odbrane, odnosno, budžet sistema odbrane (B_{so}) direktno srazmeran veličini BDP kao i procentu izdvajanja iz njega za potrebe sistema odbrane tj. koeficijentu (K_{so}), sledi:

$$B_{so} = BDP * K_{so} \quad (1)$$

Ukoliko BDP Republike Srbije raste uz utvrđen koeficijent (K_{so}) sistem odbrane može da očekuje više sredstava za finansiranje rashoda i izdataka u cilju razvoja sposobnosti. Takođe, rastom koeficijenta (K_{so}) uz nepromenjen BDP sistem odbrane može da planira realizaciju finansijskih sredstava srazmernu rastu K_{so}. Međutim, smanjenjem K_{so}, kao što je to bio slučaj poslednjih godina, sistem odbrane može da očekuje i finansira samo prioritetne oblasti razvoja, kao i održavanje sposobnosti. Period realnog „pada“ BDP, kao što je prikazano na Slici 2, takođe znači manje raspoloživa sredstva za sistem odbrane od planiranih.



Slika 2: Realni rast BDP u %¹

Uticaj svetske finansijske krize na „rast“ BDP oslikava se na Slici 2, u periodu od 2008. do 2009. godine, što je dodatno pogoršalo i onako tešku situaciju u vezi sa finansiranjem potreba sistema odbrane. Kao što je prikazano na ovoj slici, BDP je baš u periodu kada su i izdvajanja za potrebe odbrane bila najniža,

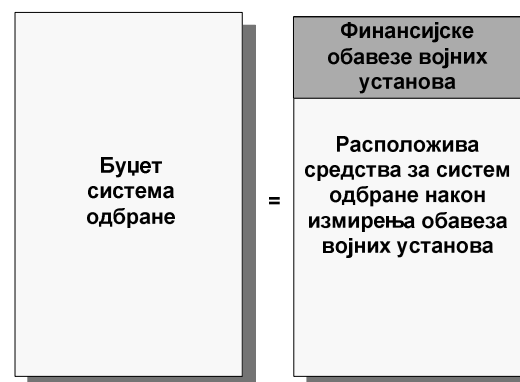
¹ Извор: Министарство финансија и Републички завод за статистику

beležio negativnu stopu rasta. U tom periodu su izdvajanja za potrebe odbrane svedena na minimum. Kao posledica drastičnog smanjenja finansijskih sredstava namenjenih sistemu odbrane je to, da je najveći deo ukupnih rashoda odbrane predstavljalo rashode za plate i vojne penzije. Za operativne izdatke u vezi sa tekućim funkcionisanjem sistema odbrane finansijskih sredstava jedva da je bilo dovoljno za održavanje postojećih sposobnosti.

Investicioni izdaci na nivou sistema odbrane su u posmatranom periodu bili gotovo zanemarljivi. Pored tako strukturiranih statističkih i realnih podataka, na teret sredstava iz budžeta Republike Srbije, za potrebe odbrane (budžet sistema odbrane) nametnuti su i troškovi vojnih ustanova. Tako da su rashodi za sistem odbrane (R_{so}) u 2008. godini umanjeni za obaveze vojnih ustanova, koje su iskazane kao troškovi vojnih ustanova (T_{vu}) iz prethodnog perioda:

$$R_{so} = \text{Budžet odbrane} - T_{vu} \quad (2)$$

Ili, slikovito prikazano na Slici 3, gde je odnos učešća finansijskih obaveza vojnih ustanova u ukupnim rashodima budžeta odbrane prikazan u znatno većem obimu od realnog.



Slika 3: Struktura budžeta odbrane²

Iz navedene jednačine proizilazi da se raspoloživa sredstva za sistem odbrane mogu povećati uz rast budžeta odbrane ili smanjenjem obaveza vojnih ustanova. Međutim, na osnovu pokazatelja o realnom rastu BDP i trendu izdvajanja za sistem odbrane iz BDP malo je verovatno da će budžet odbrane rasti. S toga, je neophodno optimizirati troškove (obaveza) vojnih ustanova, da bi ostalo više raspoloživih sredstava za opremanje sistema odbrane i razvoj novih sposobnosti u skladu sa

² Трандафиловић С.и Кнежевић М., стр. 19

savremenim izazovima i rizicima u bezbednosnom okruženju.

3. OPTIMIZACIJA TROŠKOVA VOJNIH USTANOVA NA PRIMERU PROIZVODNJE ZA POZNATOG KUPCA

Proizvodnja za poznatog kupca uveliko smanjuje rizik da uloženi resursi u proizvodnju neće naći svog kupca i tako ostati trošak koji bi opteretio cenu koštanja ostalih proizvoda. Takođe, proizvodnjom za poznatog kupca unapred se ugovara cena po kojoj će se dati proizvod isporučiti na tržište. Prilikom ugovaranja takve proizvodnje i prodaje vodi se računa da ugovorena cena bude veća od troškova proizvodnje i da dinamika isporuke prati raspoložive kapacitete namenske industrije.

Ukoliko je razlika između ugovorene cene prodaje i troškova proizvodnje veća to je dobit za vojne ustanove, koje obavljaju proizvodnu delatnost, veća. Međutim, nedostatak, ugovorenih prodajnih cena ili proizvodnje za poznatog kupca je, što se uglavnom proizvodi ugovaraju za prodaju tako da se „pokriju“ samo troškovi proizvodnje. Jedno od mogućih rešenja jeste da se optimizuju troškovi proizvodnje uz odgovarajuću dinamiku isporuke.

Ako se na osnovu iskustvenih podataka zna da vojna ustanova, koja obavlja proizvodnu delatnost ima raspoložive kapacitete za nedeljnu proizvodnju x komada određenih meta. Ako su funkcije ukupnog nedeljnog troška i zavisnosti prodajne cene o količini proizvodnje iste, date u izrazima:

$$C(x) = 5.000 + 2x \quad (3)$$

$$p = -0,001x \quad 0 \leq x \leq 10.000$$

prilikom ugovaranja cene i isporuke datih meta, treba voditi računa da je prihod od prodaje x po ceni od p din po komadu:

$$R(x) = xp \quad (4)$$

$$= x(10 - 0,001x)$$

$$= 10x - 0,001x^2$$

Dakle matematički model je:

Maksimum

$$R(x) = 10x - 0,001x^2 \quad 0 \leq x \leq 10.000 \quad (5)$$

$$R'(x) = 10 - 0,002x$$

$$10 - 0,002x = 0$$

$$x = 5.000$$

uz maksimalna naprežanja raspoloživih kapaciteta vojne ustanove, koja obavlja

proizvodnu delatnost, može se nedeljno proizvesti 5.000 komada meta.

Za određivanje maksimalnog ekstrema koristimo test druge derivacije:

$$R''(x) = -0,002 < 0 \quad \text{za svaki } x$$

Dakle, nedeljni maksimalni prihod vojne ustanove, koja obavlja proizvodnu delatnost je:

$$\text{Ma } x \quad R(x) = R(5000) = 25.000 \text{ din}$$

Kako je profit = prihod – trošak, i kako, uz maksimalna naprežanja pri proizvodnji, troškovi rastu progresivno a profit ne prati tempo rasta troškova, sledi da pri maksimalnoj mogućoj količini proizvodnje nije i najveći ostvaren profit:

$$P(x) = R(x) - C(x)$$

$$= 10x - 0,001x^2 - 5.000 - 2x$$

$$= 8x - 0,001x^2 - 5.000$$

Matematički model glasi:

Maksimum

$$P(x) = 8x - 0,001x^2 - 5.000 \quad 0 \leq x \leq 10.000$$

$$P'(x) = 8 - 0,002x$$

$$8 - 0,002x = 0$$

$$x = 4.000$$

$$P''(x) = -0,002 < 0 \quad \text{za svaki } x$$

Kako je $x = 4.000$ jedina kritična tačka i $P''(x) < 0$,

$$\text{Max } P(x) = P(4.000) = 11.000 \text{ din}$$

Dakle, nedeljnom proizvodnjom 4.000 meta ostvaruje se maksimalan profit od 11.000 dinara. Iz funkcije zavisnosti prodajne cene o potražnji, za $x = 4.000$, dobijamo da je:

$$p = 10 - 0,001(4.000) = 6 \text{ din}$$

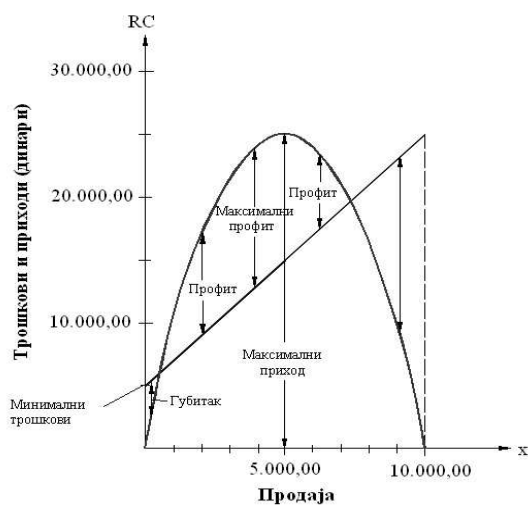
Dakle, nedeljnom prodajom 4.000 meta po ceni od 6 dinara po komadu, ostvaruje se nedeljni profit u iznosu od 11.000 dinara. Uočava se da to nije isti nivo prodaje koji daje maksimalan prihod. Ali, na nivou proizvodnje od 5.000 komada, kada se ostvaruje maksimalan prihod, troškovi proizvodnje su 15.000 dinara a profit 10.000 dinara.

Svi rezultati ilustrovani su na slici 4. Takođe se uočava da profit postaje maksimalan za

$$P(x) = R'(x) - C'(x) = 0 \quad (6)$$

tj., kada se granični prihod izjednači sa graničnim troškovima (za nivo prodaje od 4.000 meta

procenat rasta prihoda jednaka je procentu rasta troškova – uočava se da je kosina kriva u toj tački međusobno jednaka).



Slika 4: Grafikon troškova i prodaje

Znači, nedeljnom proizvodnjom i isporukom 4.000 meta po ceni od 6 dinara po komadu, ostvaruje se ukupan prihod od 24.000 dinara. Troškovi proizvodnje ovih meta su 13.000 dinara a profit je 11.000 dinara.

Ne postojanje raspoloživih kapaciteta za proizvodnju dodatnih 1000 komada meta nedeljno, povećava troškove proizvodnje, što obrnuto proporcionalno utiče na rast profita vojne ustanove, koja obavlja proizvodnu delatnost.

3. ZAKLJUČAK

Finansiranje rashoda i izdataka sistema odbrane Republike Srbije od strane države poslednjih godina je sve restriktivnije. Nakon izdataka za personalne rashode sistemu odbrane ostaje sredstava na raspolaganju za tekuće funkcionisanje. Kada se to prevede na vojničku terminologiju, sistem odbrane ima na raspolaganju finansijskih sredstava dovoljno samo za održavanje postojećih

spособnosti. Za razvoj novih sposobnosti u skladu sa savremenim izazovima i rizicima nema raspoloživih sredstava iz budžeta države.

Problem u vezi sa finansiranjem rashoda i izdataka odbrane se usložnjava od kada je stupila na snagu odluka da se stvorene i prenete obaveze vojnih ustanova, koje su do tada obavljale delatnost po principu sticanja i raspodele dobiti, finansira sredstvima iz budžeta odbrane. Na taj način se smanjuju ukupno raspoloživa sredstva za finansiranje rashoda i izdataka sistema odbrane.

Optimizacija troškova ne samo vojnih ustanova koje obavljaju proizvodnu delatnost već i sistema odbrane je neophodna ukoliko se želi razvijati i modernizovati. Međutim, kako doći do tog nivoa kada je moguće izdvajati sredstva i za razvoj novih sposobnosti veoma je teško spoznati. Za početak neophodno je racionalizovati potrošnju i ulagati znatno više u nauku i razvoj što bi dugoročno poboljšalo kvalitet kadra ali i dovelo do optimizacije utroška na nivou sistema odbrane i države u krajnjem.

Bibliografija

- [1] Porter M, *Konkurentska prednost*, ASEE Books, Novi Sad, 2007.
- [2] Trandafilović S. i Knežević M.: *Finansiranje sistema odbrane i programsko budžetiranje*, Medija centar „Obrana“, Beograd, 2013.
- [3] Thompson, A., Strickland, G., *Strateški menadžment-konkurentska prednost*, MATE, Zagreb, 2007.
- [4] Petrić, J., *Operaciona istraživanja*, knjiga druga, Savremena administracija, Beograd 1976.
- [5] Čileg, M., Vugdelića, D., Kiš, T., *Operaciona istraživanja*, Ekonomski fakultet, Subotica, 1996.

Primena operacionih istraživanja u strategijskom planiranju odbrane

Dejan Stojković

Uprava za strategijsko planiranje Ministarstva odbrane, Birčaninova 5, Beograd

e-mail: dej.stojkovic@gmail.com

Apstrakt. U sistemu odbrane operaciona istraživanja se koriste u mnogim oblastima, a poslednjih godina sve više se primenjuju i u strategijskom planiranju, kao posebnoj disciplini planiranja odbrane. U radu su prezentovane mogućnosti primene operacionih istraživanja u različitim fazama strategijskog planiranja odbrane: strategijskoj analizi, strategijskom izboru i strategijskoj implementaciji. Posebno su obrazloženi pojedini alati i tehnike koje se uspešno primenjuju u strategijskom planiranju odbrane. Primena operacionih istraživanja u strategijskom planiranju odbrane ima za svrhu da smanji subjektivnost u procenjivanju i odlučivanju, kao i da podrži proces donošenja strategijskih odluka.

Ključne reči: operaciona istraživanja, strategijsko planiranje, odbrana.

1. Uvod

Kao što je dobro poznato, operaciona istraživanja su nastala u vojsci, da bi se kasnije njihova primena proširila na mnoge druge oblasti društvene delatnosti. Mnoge vojske operacionim istraživanjima poklanjaju izuzetnu pažnju i teže njihovom kontinuiranom razvoju.

Kada je reč o primeni operacionih istraživanja u sistemu odbrane, ona se uspešno koriste u mnogim oblastima, od planiranja i izvođenja operacija, pa do logistike. Poslednjih godina operaciona istraživanja se sve više primenjuju i u strategijskom planiranju odbrane.

Operaciona istraživanja se sa uspehom primenjuju u različitim fazama strategijskog planiranja odbrane. Osnovna svrha njihove primene je podrška donošenju strategijskih odluka i optimizacija rešenja strategijskih problema u oblasti odbrane.

2. Strategijsko planiranje odbrane

Strategijsko planiranje odbrane je deo planiranja odbrane u okviru koga nadležni državni organi, dokumentima najvišeg nivoa, određuju strategijske ciljeve u oblasti odbrane i utvrđuju načine njihove realizacije.

Strategijsko planiranje odbrane ima za cilj da obezbedi usklađenost sistema odbrane sa stanjem njegovog okruženja, odnosno da omogući sistemu odbrane racionalno i pravovremeno reagovanje na promene u okruženju.

Proces strategijskog planiranja odbrane obuhvata tri opšte faze: strategijsku analizu, strategijski izbor i strategijsku implementaciju. Operaciona istraživanja svoju ulogu ostvaruju u svakoj od faza strategijskog planiranja odbrane.

3. Primena operacionih istraživanja u strategijskoj analizi

Strategijska analiza je početna faza strategijskog planiranja odbrane koja se sprovodi kako bi se sagledala pozicija sistema odbrane u postojećem i budućem okruženju. Dobro sprovedena strategijska analiza je od suštinskog značaja za uspeh strategijskog planiranja odbrane.

U strategijskoj analizi operaciona istraživanja se koriste prilikom sagledavanja uticaja okruženja na funkcionisanje i razvoj sistema odbrane, analizi troškova sistema odbrane, proceni izazova, rizika i pretnji bezbednosti i sl.

Jedna od najpoznatijih metoda strategijskog upravljanja je SWOT analiza. Međutim, ozbiljan nedostatak SWOT analize je njena subjektivnost, odnosno nemogućnost procene značaja i uticaja pojedinih činilaca na funkcionisanje i razvoj organizacije. Iz tog razloga je nastalo više pomoćnih tehnika koje imaju za cilj da primenom kvantitativnog pristupa ukažu na značaj i uticaj pojedinih činilaca okruženja, kao i da smanje subjektivnost SWOT analize.

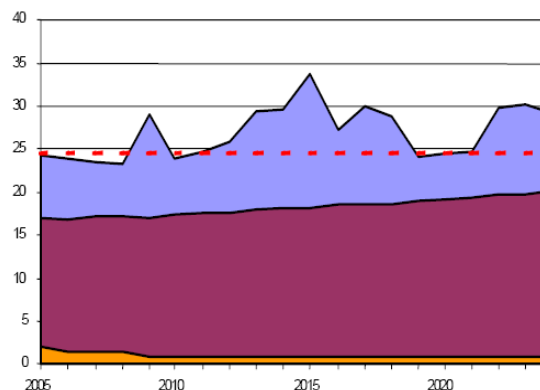
Primeri kvantitativnih tehnika čijom primenom se dopunjuju rezultati SWOT analize su IFE (engl. Internal Factors Evaluation) matrica, EFE (engl. External Factors Evaluation) matrica i IE (engl. Internal-External) matrica. Primer IFE matrice dat je u Tabeli 1.

Tabela 1. Primer EFE matrice

Mogućnosti	Ponder	Vrednost	Ponderisana vrednost
Dobra međunarodna vojna saradnja	10%	3	0,30
Dostupnost savremenog naoružanja	15%	4	0,60
Bezbednosne integracije	20%	4	0,80
Pretnje	Ponder	Vrednost	Ponderisana vrednost
Ekonomska kriza	10%	2	0,20
Nepovoljni demografski trendovi	15%	1	0,15
Loša pravna regulativa	10%	2	0,20
Novi oblici ugrožavanja bezbednosti	20%	1	0,20
Vrednosti: izrazita pretnja (1), neznatna pretnja (2), neznatna šansa (3), izrazita šansa (4)			
Ukupna ponderisana vrednost	100%		2,45

Radi otklanjanja nedostataka klasičnog pristupa SWOT analizi, razvijene su njene modifikacije koje su zasnovane na principima fuzzy logike. Takozvana fuzzy SWOT analiza uspešno se može primeniti i u strategijskom planiranju odbrane.

Operaciona istraživanja veliku primenu imaju i u analizi troškova sistema odbrane, a radi procene finansijske održivosti snaga. Za tu namenu, a za potrebe Ministarstva odbrane Kraljevine Norveške, razvijen je i specijalizovan softver KOSTMOD koji se uspešno koristi i u Ministarstvu odbrane Republike Srbije. Primer rezultata analize primenom tog softvera prikazan je na slici 1.



Slika 1. Primer rezultata analize korišćenjem KOSTMOD-a

Poseban aspekt primene operacionih istraživanja u strategijskoj analizi jeste primena u proceni bezbednosnog okruženja. Država koja posebnu pažnju pridaje korišćenju kvantitativnih pristupa u proceni bezbednosnog okruženja je Ruska Federacija. Primer procene stanja vojnopolitičke situacije do koje se dolazi primenom kvantitativnih metoda dat je u Tabeli 2.

Tabela 2. Procena vojno-političke situacije

Vrsta vojnopolitičke situacije	Stanje vojnopolitičke situacije	Kriterijum za procenu
Situacija u miru	Mirna	$0 \leq P_{kn0} < 0,5$
	Tenzija	$0,5 \leq P_{kn0} < 1$
	Kriza	$1 \leq P_{kn0} < 2$
	Konflikt	$2 < P_{kn0} \leq 3$
Situacija u ratu	Vojni sukob	$P_{kn0} > 3$

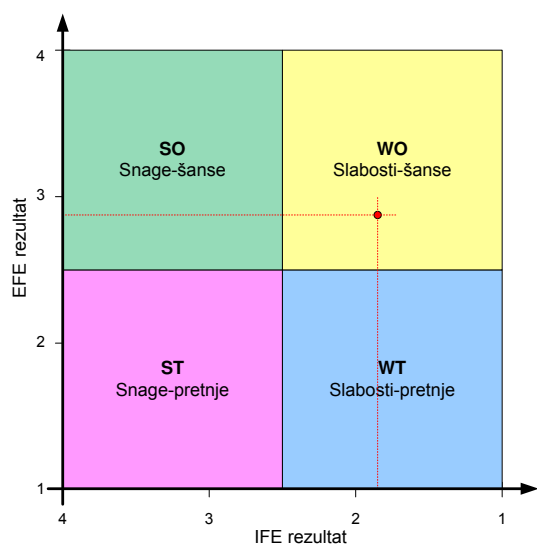
4. Primena operacionih istraživanja u strategijskom izboru

Strategijski izbor uključuje identifikovanje, opis i ocenu strategijskih opcija, kao i izbor strategije. Naime, na osnovu sučeljavanja pozitivnih i negativnih uticaja činilaca strategijskog okruženja potrebno je izabrati optimalan „kurs akcije“ kako bi sistem odbrane realizovao svoje ciljeve i izvršio dodeljene misije i zadatke.

Operaciona istraživanja imaju ulogu i u toj fazi strategijskog planiranja. Primena odgovarajućih matematičkih modela može olakšati izbor optimalne strategije, ali i umanjiti subjektivnost prilikom selekcije.

Korišćenjem rezultata EFE i IFE matrice, tj. objedinjenom analizom unutrašnjih i spoljašnjih činilaca moguće je formirati tzv. IE (engl. Internal-External) matricu na osnovu koje se određuje pozicija institucije u

okruženju. Kombinovanje TOWS i IE matrice može da pomogne prilikom izbora strategije.



Slika 2. IE matrica

Iako postoje brojni pristupi u planiranju razvoja sistema odbrane, može se reći da je poslednjih godina prevladajući pristup zasnovan na sposobnostima. Taj pristup omogućava razvoj odbrambenih sposobnosti u skladu sa procenjenim izazovima, rizicima i pretnjama bezbednosti i uz uzimanje u obzir ograničenost resursa. S obzirom na ograničenost resursa neophodno je odrediti prioritete u razvoju sposobnosti, u čemu važnu ulogu mogu imati metode i tehnike operacionih istraživanja.

Prilikom kreiranja različitih opcija strukture snaga takođe je moguće koristiti operaciona istraživanja, posebno kada je reč o proceni troškova konkretne strukture. Prethodno pomenuti softver KOSTMOD omogućuje da se primenom matematičkih modela relativno precizno sagledaju troškovi koje generišu različite strukture snaga i da se proveru njihova finansijska održivost, što je važno za donošenje konačne odluke o budućoj strukturi.

4. Primena operacionih istraživanja u stratezijskoj implementaciji

Stratezijska implementacija odnosi se na stvaranje uslova za prevođenje strategije u akciju. Ona uključuje utvrđivanje redosleda i dinamike sprovođenja akcija, planiranje alokacije resursa, optimizaciju organizacije i

niz drugih mera koje treba da omoguće primenu odabrane strategije.

Kao i u prethodnim fazama stratezijskog planiranja odbrane, mogućnosti primene operacionih istraživanja i u ovoj fazi su velike.

Pored primene u planiranju vremena i optimizacije raspodele resursa, poslednjih godina dosta se radilo na razradi matematičkih modela koje treba da omoguće što objektivnije praćenje dostizanja utvrđenih ciljeva. Kroz rad na primeni koncepta usklađenih pokazatelja (Balanced Scorecard) razvijeni su relativno jednostavni modeli koji preko određivanja merljivih indikatora i njihovog ponderisanja omogućavaju relativno objektivno procenjivanje dostizanja ciljeva u sistemu odbrane.

3. Zaključak

Mogućnosti primene operacionih istraživanja u stratezijskom planiranju odbrane su velike. Primena operacionih istraživanja ima za svrhu da smanji subjektivnost u procenjivanju i odlučivanju, kao i da podrži proces donošenja odluka.

Operaciona istraživanja mogu se uspešno primenjivati u svim fazama stratezijskog planiranja odbrane. Svaka od faza stratezijskog planiranja odbrane ima svoje specifičnosti što treba uzeti u obzir prilikom primene operacionih istraživanja.

U stratezijskom planiranju odbrane mogu se koristiti metode i tehnike operacionih istraživanja koje se primenjuju i u drugim oblastima. Takođe, za potrebe odbrane razrađuju se i koriste posebni alati i tehnike koje uvažavaju specifičnosti te društvene delatnosti.

Bibliografija

- [1] D. Stojkovic, B. R. Dahl, Methodology of Long Term Defence Planning, Norwegian Defence Research Establishment (FFI), Kjeller, Norway, 2007.
- [2] H. Bucur-Marcu, Ph. Fluri, T. Tagarev, Defence Management: Introduction, Geneva Centre for the Democratic Control of Armed forces (DCAF), Geneva, 2009.
- [3] J. M. Bryson, Strategic planning for public and nonprofit organizations : a guide to strengthening and sustaining organizational achievement, Jossey-Bass, 2004.

- [4] **M. Kovač, D. Stojković, V. Mitić**, Model proračuna operativnih troškova sposobnosti u fazi izvođenja multinacionalnih operacija, *Vojno delo*, (4) zima/2014.
- [5] **M. Kovač, D. Stojković**. Strategijsko planiranje odbrane. Vojnoizdavački zavod, Beograd, 2009.
- [6] **M. Kovač, Ž. Dulanović, D. Stojković**, Određivanje efikasnosti vojnoorganizacionih sistema - teorijske osnove, Vojnoizdavački zavod, Beograd, 2006.
- [7] **V. Mitić, D. Stojković, M. Kankaras**, Defence strategic management- application of simulation in the personnel costs optimization, XIV International Symposium SymOrg 2014, Symposium Proceedings, Zlatibor, June 2014
- [8] **D. Stojković**, Organizaciono restrukturiranje vojske, Vojnoizdavački zavod, Beograd, 2008.

Vatrena sposobnost bespilotnog helikoptera naoružanog nevedenim raketnim zrnima u protivoklopnoj borbi

Dalibor Petrović

*Ministarstvo odbrane, Uprava za strategijsko planiranje, Birčaninova br.5, 11000 Beograd
e-mail: dalibor.petrovic@mod.gov.rs*

Vlada Mitić

*Ministarstvo odbrane, Uprava za strategijsko planiranje, Birčaninova br.5, 11000 Beograd
e-mail: vlada.mitic@mod.gov.rs*

Ivan Mudri

*Ministarstvo odbrane, Vojska Srbije, 204.vbr, 890.mhe, Pukovnika Milenka Pavlovića BB, 11273 Batajnica
e-mail: ivan.mudri2015@gmail.com*

Apstrakt. U radu je razmatrana mogućnost bespilotnog helikoptera da kopnenim snagama u okruženju obezbedi sposobnost uništenja lako oklopljenog cilja. Ova sposobnost je sagledana rešavanjem zadatka vazduhoplovne podrške besposadnom vazduhoplovnom platformom tipa helikopter, naoružanom višecevnim bacačem raketa na tačkasti cilj. Vatrena sposobnost ovakve platforme razmatrana je upotrebom Lanchester-ovog modela boja za slučaj kada vazduhoplovna platforma vrši iznenadan napad na cilj koji se brani ne pripremljenom vatrom. Analiza je sprovedena za slučaj jediničnih poligonskih snaga vazduhoplovne platforme i cilja, po takozvanom modelu boja jedan-na-jedan.

Ključne reči: Lanchester-ove jednačine, modelovanje boja, borbene snage, vazduhoplovna podrška.

Abstract. This paper presents the possibility of an unmanned helicopter in supporting land forces surrounded by enemy to provide them the capability to destroy light armored targets. This capability is analyzed through solving tactical task of usage the unmanned aerial vehicle - type helicopter as a close air support platform, armed with a multiple rocket launcher, battled with the single spotted target. Fire capability of this platform is considered using Lanchester's model of fighting for the case when the aviation platform performs a sudden attack on a target that is not prepared to defend itself by the fire. The analysis was conducted for the case of unit polygon forces, aviation platforms and the armored target in the so-called model of fighting one-to-one.

Keywords: Lanchester's equations, warfare modeling, combat forces, air support.

1. Uvod

Prilikom konstruisanja novog borbenog sredstva, neophodno je pravilno iskazati taktičko tehničke zahteve kao i odrediti način njegove upotrebe. Da bi se ovo postiglo potrebno je izvršiti procenu sposobnosti koju pruža novo sredstvo u odnosu na postojeća sredstva. Za ovakvu vrstu procene, mogu se koristiti deterministički modeli borbe, jer dozvoljavaju analizu vatrenih sposobnosti

borbenih platformi, stavljajući ih u supoziciju dva učesnika u sukobu.

Ovakvi matematički modeli borbe uzimaju samo vatrenu sposobnost platforme (verovatnoću pogađanja i brzinu vatre), a ne i tehnološke mogućnosti samih platformi, koje mogu da se odnose na: sposobnost zaštite, manevar, upravljanje vatrom i drugo, a koje u nekim borbenim situacijama mogu biti presudene. Prilikom analize potrebno uzeti u obzir način upotrebe platforme, odnosno

sposobnost iznenadnog dejstva iz nečekivanog pravca.

Ovim bi se specifičnost modelovanja boja ograničila na pitanje: koju sposobnost dobijamo primenom bespilotnog helikoptera u situaciji podrške jedinicama kopnene vojske u idealnim uslovima?

Za razmatranje vatrene sposobnosti ovakve borbene platforme mogu se koristiti matematički modeli boja (J.S.Przemieniecky, 2000) zasnovani na Lanchester-ovim diferencijalnim jednačinama.

Kao tipičan primer ovakve platforme može se usvojiti bespilotna vazduhoplovna platforma za neposrednu vazduhoplovnu vatrenu podršku kopnenim snagama. U ovom radu biće sproveden približni postupak za ocenu sposobnosti vazduhoplovnog dejstva jednog vazduhoplova naoružanog nevođenim raketnim zrnima, kao osnov za određivanje vatrene sposobnosti (Priručnik RV i PVO 1980), ali i kao osnov za opremanje jedinica kopnene vojske ovakvim borbenim platformama.

2. Osnovne taktičko-tehničke pretpostavke i podaci za simulaciju

Polazni scenario upotrebe bespilotnog helikoptera razrađen je za situaciju kada na pravcu napada jedinica kopnene vojske u toku izvršenju manevra proboja, neprijatelj ima jedan oklopni transporter. Jedinice koje vrše proboj ne poseduju protivoklopna sredstva, te će se razmatrati upotreba bespilotnog borbenog helikoptera naoružanog višecevnim lanserom nevođenih raketnih zrna za vatrenu podršku proboja.

Sposobnosti koje su potrebne jedinicama kopnene vojske tokom realizacije proboja, a koje može da nadomesti bespilotni helikopter su:

- Sposobnost uništenja lako oklopnog cilja;
- Sposobnost pripreme i vatrene podrške;
- Sposobnost zaštite jedinice demonstrativnim dejstvom.

Imajući u vidu da borbeni helikopter sam po sebi predstavlja trenutno najopasniji cilj, veći broj vatrene sredstva neprijatelja gađaće njega. Na ovaj način jedinice kopnene vojske ne bi bile izložene maksimalnom dejstvu neprijateljskog naoružanja, čime bi se

indirektno ostvarila sposobnost zaštite. Na osnovu navedenog, očigledno je da će jedinice kopnene vojske upotrebom bespilotnog helikoptera dobiti sposobnost demonstrativnih dejstava, te se ova sposobnost neće razmatrati. Takođe, u ovom radu neće se razmatrati sposobnost pripreme i vatrene podrške pešadijskoj četi, koja bi bila predmet drugog rada.

Uzimajući u obzir pretpostavljeni scenario, na prvoj liniji odbrane neprijatelja nalazi se oklopni transporter. Oklopni transporter očekuje napad jedinica kopnene vojske koje se pripremaju za izvršenje zadatka proboja iz okruženja, dok ne očekuje napad iz drugog pravca. Mogućnost da bespilotni helikopter neopaženo pride cilju, korišćenjem konfiguracije zemljišta i niskim letom, omogućava mu efekat iznenađenja, koji se ogleda u sposobnosti skrivenog pravca dejstva. Helikopter napada cilj iz pravca suprotnog od napada jedinica kopnene vojske te napadni ugao iznosi 90 stepeni i više.

Širina oklopnog transportera je 2.5m a dužina 7m. Oklopni transporter naoružan je topom 30mm sa teorijskom brzinom gađanja od 600metaka/minuti. Trenutno raspoloživi kapacitet je 200 metaka u spremištu topa. Verovatnoća pogađanja (p) topa na oklopnom transporteru jednim projektilom iznosi 0.015. Pretpostavlja se da je za uništenje bespilotnog helikoptera potrebno dva pogotka topom. Radijus uništenja jednog pogodka iznosi 3m a kružna verovatnoća greške (CEP) je 20m.

Vreme izvršenja gađanja oklopnog transportera, u koje ulazi pripremno vreme za gađanje, vreme leta projektila do cilja, kao i ukupno vreme gađanja jednim rafalom od 200 metaka iznosi 0.66 minuta.¹ Na osnovu navedenog, efektivna brzina vatre topa oklopnog transportera iznosi 1.252.

Imajući u vidu da su nevođene rakete sa kumulativnom bojevom glavom efikasno oružje protiv lako oklopljenih ciljeva, kao što su oklopni transporter, bespilotni helikopter naoružan je jednim lanserom nevođenih raketnih zrna 57mm (NRZ 57). Kapacitet lansera NRZ 57 je 16 raketa. Helikopter

¹ Pripremno vreme za gađanje se sastoji od potrebnog vremena okretanja kupole ka cilju, vremena nišanjenja i opaljenja.

dejtstuje iznenada na oklopni transporter sa udaljenosti od 1000m.²

Kružna verovatnoća greške (CEP) rakete 57mm iznosi 7,9m, radijus uništenja jednim pogodkom iznosi 5m, dok je brzina ispaljivanja raketa iz lansera jedna raketa u sekundi. Za uništenje oklopnog transportera teorijski potrebno je 1,7 projektila (Priručnik RV i PVO 1980), dok je verovatnoća pogađanja jednom raketom p jednaka 0,2.

Na osnovu navedenog, verovatnoća uništenja oklopnog transportera sa j projektila je:

$$p_j = 1 - \left(1 - \frac{p}{\omega}\right)^j \quad (1)$$

Gde je:

ω - potreban broj pogodaka za uništenje oklopnog transportera;

p - verovatnoća pogađanja bespilotnog helikoptera jednim projektilom.

Bespilotni helikopter, sa 16 raketa u jednom rafalu ima verovatnoću uništenja (p_j) oklopnog transportera od 0.815.

Na osnovu navedenog, nakon 16 ispaljanih raketa, za vreme od 0.66 minuta efektivna brzina gađanja bespilotnog helikoptera iznosi 1.429.

3. Model individualnog boja i rezultati simulacije

Imajući u vidu dati scenarijo u kome helikopter neopaženo prilazi cilju na efikasan domet svog naoružanja, može se zaključiti da u odnosu na oklopni transporter poseduje iznenađenje kao prednost, što je karakteristika gerilskog duela. Degradacija borbenih platformi rešavana je primenom mešovitog modela borbe tipa Lančester, koji se sastoji iz kombinacije kvadratnog modela borbe i gerilskog modela borbe (Przemieniecky 2000). Ovaj model pogodan je za analizu efikasnosti borbene platforme koja vrši iznenadni napad (bespilotni helikopter) na protivnika, a protivnik (oklopni transporter) kad je otkrije dejstvuje na nju direktnom nepripremljenom vatrom (Milinović 2013).

Matematičko očekivanje relativne degradacije jediničnih borbenih platformi u

iznenadnom duelu jedan na jedan, može se sagledati sledećim diferencijalnim jednačinama:

$$\frac{dm_p}{dt} = -\alpha_c m_c \quad (2)$$

$$\frac{dm_c}{dt} = -\frac{\alpha_p m_p m_c}{M_c} \quad (3)$$

Jednačina (2) predstavlja relativnu degradaciju oklopnog transportera koji trpi iznenadnu i direktnu vatru od strane bespilotnog helikoptera.

Jednačina (3) predstavlja nepripremljenu vatru oklopnog transportera kojom se degradira bespilotni helikopter.

Gde je:

m_p - relativna vrednost degradacije sposobnosti oklopnog transportera. Na početku dvoboja uzima se da je $m_p(t=0) = 1$;

m_c - relativna vrednost degradacije sposobnosti bespilotnog helikoptera. Na početku dvoboja uzima se da je $m_c(t=0) = M_c = 1$;

α_p, α_c - brzina verovatne vatre helikoptera i oklopnog transportera.

Obe diferencijalne jednačine imaju rešenja u analitičkom obliku. Za relativnu vrednost degradacije vatrene moći jediničnih platformi u dvoboju, kada je odnos: $2 - v^2 / 2v > 0$, a $v < 1.41$, može se napisati za degradaciju sposobnosti bespilotnog helikoptera, kao:

$$\mu_p = \frac{1 - \sqrt{\frac{2-v}{v}} \tan\left(\frac{1}{2}\tau\sqrt{2-v}\right)}{1 + \sqrt{\frac{v}{2-v}} \tan\left(\frac{1}{2}\tau\sqrt{2-v}\right)} \quad (4)$$

A za degradaciju sposobnosti oklopnog transportera, kao:

$$\mu_c = \frac{2-v}{2} \left[1 + \frac{v}{2-v} \left(\frac{1 - \sqrt{\frac{2-v}{v}} \tan\left(\frac{1}{2}\tau\sqrt{2-v}\right)}{1 + \sqrt{\frac{v}{2-v}} \tan\left(\frac{1}{2}\tau\sqrt{2-v}\right)} \right) \right]^2 \quad (5)$$

gde je:

μ_p, μ_c - relativna vrednost degradacije sposobnosti bespilotnog helikoptera i oklopnog transportera u analitičkom obliku

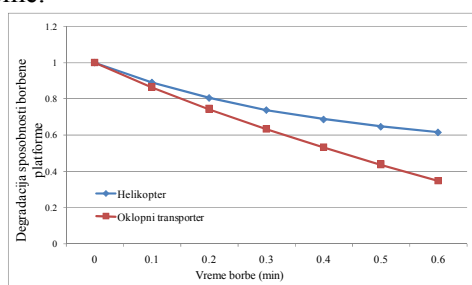
$\tau = \sqrt{\alpha_p \alpha_c} t$ - uslovna jedinica vremena,

$v = \alpha_p / \alpha_c$ - odnos efektivnih brzina gađanja oklopnog transportera i bespilotnog helikoptera.

Na slici 1, prikazan je rezultat rešenja jednačina 4 i 5, odnosno zavisnost vrednosti degradacije sposobnosti bespilotnog

² Navedeno rastojanje raketa predje za oko 1.7 sekundi, uzimajući u obzir da je brzina leta rakete oko 600m/s.

helikoptera i oklopnog transportera u odnos na vreme.



Slika 1. Degradacija sposobnosti borbene platforme u toku borbe

Na početku duela, sposobnost bespilotnog helikoptera i sposobnost oklopnog transportera nije degradirana i jednaka je 1. Primenom Lanchester-ovih jednačina, dve platforme su postavljene u izolovanu dinamiku borbe, a na osnovu ulaznih karakteristika svake platforme ponaosob.

Degradacije sposobnosti obe platforme zavisi od vremena t . Sa dijagrama se može uočiti da sposobnost oklopnog transportera brže degradira sa vremenom u odnosu na bespilotni helikopter. Ključna sposobnost bespilotnog helikoptera, koja dovodi do manje degradacije njegove sposobnosti jeste upravo sposobnost iznenađenja, odnosno sposobnost dejstva iz nepoznatog pravca. U ovom radu je usvojeno da je granično funkcionalno oštećenje platforme kada vrednost degradacije sposobnosti opadne na 30% od početne vrednosti.

Nakon 0.6 minuta vrednost degradacije sposobnosti oklopnog transportera pada na 0.348, dok je vrednost degradacije sposobnosti bespilotnog helikoptera 0.615. Na osnovu navedenog, može se zaključiti da će nakon 0.6 minuta bespilotni heliopter uništiti oklopni transporter, nanevši mu granično funkcionalno oštećenje.

4. Zaključak

U radu je pokazana mogućnost primene Lanchester-ovih jednačina koja jedne naoružane platforme za dejstvo na jedan naoružani cilj. Na ovaj način upoređuje se sposobnost vatre jedne platforme, u ovom slučaju bespilotnog helikoptera i sposobnost zaštite protivdejtstvom druge platforme, u ovom slučaju oklopnog transportera.

Dijagrami ovakvog modelovanja omogućavaju da se ispita vazduhoplovna ili

bilo koja druga platforma koja dejstvuje na pojedinačne ciljeve, a izložena je kratkotrajnom vatrenom dejstvu u jednom iznenadnom naletu. Degradacijom oružane platforme, pod određenom neprijateljevom vatrom i u zadatom intervalu dejstva, može se naneti granično funkcionalno oštećenje platforme, a koje je usvojeno da je oko 30% degradacije. Kada nastupi degradacija od oko 30%, dejstvo borbene platforme se prekida, jer platforma ne poseduje više sposobnost za dalje dejstvo i upotrebu. Na ovaj način može se, osim mera sposobnosti vatre, utvrditi i mere sposobnosti zaštite protivdejtstvom.

U prikazanom scenariju, bespilotni helikopter može biti efikasno sredstvo za podršku jedinica kopnene vojske u neutralisanju lako oklopljenog cilja koji se nalazi na pravcu dejstva jedinica kopnene vojske. Sposobnost iznenadnog dejstva bespilotnog helikoptera iz nepoznatog pravca je u funkciji zaštite bespilotnog helikoptera od uništenja. Na ovaj način se podržava osnovna sposobnost bespilotnog helikoptera u prikazanom scenariju, a to je sposobnost uništenja lako oklopljenog cilja.

Ovim se modelom može ispitivati ne samo smanjenje vatrene sposobnosti vazduhoplovne platforme, odnosno smanje sposobnosti oklopnog transportera, već i svake druge naoružane borbene platforme. Ispitivanje degradacije sposobnosti se u ovom modelu svodi na utvrđivanje uticaja brzine vatre i verovatnoće pogodaka borbene platforme na stepen degradacije sposobnosti borbene platforme.

Bibliografija

- [1]J.S. Przemieniecky, Mathematical methods in defense analyses, Third edition. *AIAA, Education Series, Redston, Virginia, USA, 2000*
- [2]M. Milinović, M. Kovač, D. Petrović, O. Jeremić, Capabilities Modeling of Nlos-Missiles in Modular Unit of Guard Forces Battle Team. *Balkan Conference on Operational Research (BALCOR 3013), Zlatibor, 2013, 559-568.*
- [3]Priručnik RV i PVO, SSNO, Beograd, 1980,
- [4]L.B. Anderson, F.A. Miercort. On Weapons Scores and Force Strenghts. *Warfare modeling, MORS, 1995, pp. 229–250.*

Model razvoja vatrene sposobnost taktičkih jedinica kopnene vojske u izvršavanju zadatka proboja

Vlada Mitić

Ministarstvo odbrane, Uprava za strategijsko planiranje, Birčaninova br.5, 11000 Beograd
e-mail: vlada.mitic@mod.gov.rs

Dalibor Petrović

Ministarstvo odbrane, Uprava za strategijsko planiranje, Birčaninova br.5, 11000 Beograd
e-mail: dalibor.petrovic@mod.gov.rs

Apstrakt. U radu je razmatran uticaj promene činioca sposobnosti doktrine na izvršenje zadatka proboja na primeru taktičke jedinice ranga pešadijske čete. Jedna od ključnih sposobnosti za izvršenje zadatka proboja je vatrena sposobnost, odnosno sposobnost jedinice da uništi određeni broj ciljeva u određenom vremenu. Vatrena sposobnost jedinica kopnene vojske u sukobu razmatra se primenom Lanchester-ovog modela boja. Analizom vatrene sposobnosti mogu se identifikovati nedostaci u vatrenim sposobnostima u pojedinim fazama boja. Delovanjem na činioc sposobnosti doktrina (taktika upotrebe) mogu se otkloniti identifikovani nedostaci u vatrenim sposobnostima jedinice i ispitati u simulaciji.

Ključnereči: Lanchester-ove jednačine, modelovanje boja, razvoj sposobnosti, doktrina, proboj iz okruženja.

1. Uvod

U cilju razvoja sposobnosti jedinica i vojske u celini modeluju se mogući scenariji njihove upotrebe u budućnosti. Jedan od mogućih scenarija na taktičkom nivou može biti i izvršenje zadatka proboja iz okruženja. Kako bi jedinica bila u mogućnosti da izvrši zadatak proboja iz okruženja mora posedovati određene sposobnosti. Jedna od najznačajnijih sposobnosti koja je potrebna za izvršenje zadatka jeste vatrena sposobnost. Za potrebe izrade modela uzet je primer realizacije zadatka proboja iz okruženja pešadijske čete.

Kako bi se odredila optimalna organizacija i doktrina (taktika upotrebe) mogu se koristiti deterministički modeli borbe, jer dozvoljavaju analizu vatrenih sposobnosti strana u sukobu.

Ovakvi matematički modeli uzimaju samo vatrenu sposobnost jedinice, odnosno verovatnoću pogađanja i brzinu vatre i time u velikoj meri ograničavaju model. Model je veoma uprošćen jer ne uzima u obzir sve: parametre okruženja (npr geografske karakteristike), sposobnosti (zaštite, manevra

itd.), zadatke koje jedinica može da izvršava i činioce sposobnosti (kadrovi, naoružanje itd.). Zbog navedenih ograničenja, model se ne može upotrebiti za evaluaciju doktrinarnih načela u toku izvršenja proboja.

Model daje dobru polaznu osnovu za dalju nadogradnju i omogućava ispitivanje uticaja doktrine na razvoj vatrenih sposobnosti pešadijske čete u procesu razvoja sposobnosti taktičkih jedinica.

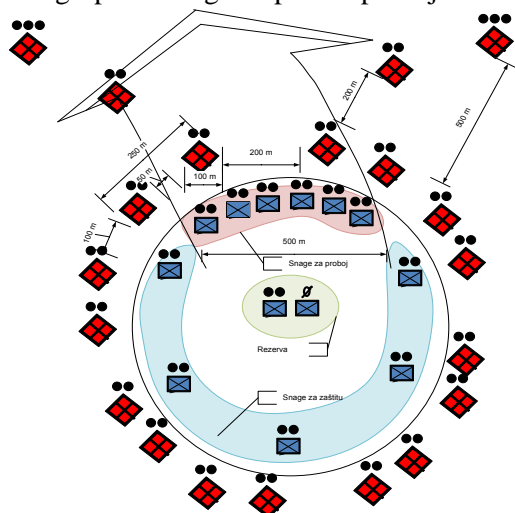
2. Osnovne taktičke pretpostavke scenarija

U scenariju je razmatrana situacija proboja iz okruženja jedinice taktičkog nivoa ranga pešadijske čete. Pešadijska četa plavog okružena je jedinicom ranga ojačanog bataljona crvenog.

Komandir plave čete je organizovao kružnu odbranu u dodiru sa neprijateljem i priprema se za izvršenje zadatka proboja iz okruženja. Snage plavog i crvenog naoružane su jedino automatskim puškama istih karakteristika. Pešadijske čete organizovane su u četiri voda od po tri odeljenja. Svako odeljenje ima osam vojnika.

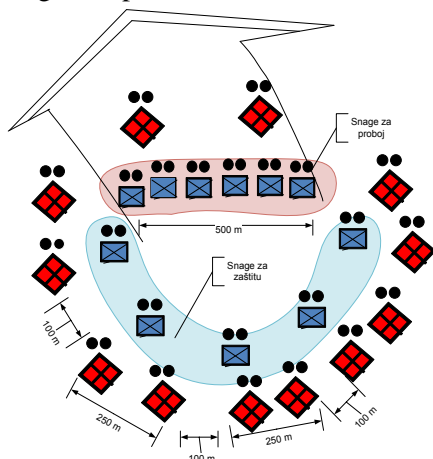
Snage plavog i crvenog nemaju izradene zakone za dejstvo i zaštitu. Komandir čete u okruženju je odlučio da izvrši proboj iz okruženja, tako da pravac napada bude u međuprostoru četa. Proboj iz okruženja će se realizovati u dve faze.

U prvoj fazi četa plavog probija odeljenja crvenog u prvoj liniji (Slika 1). Crveni će, u cilju sprečavanja izvlačenja iz okruženja plavog, smanjiti veličinu međuprostora, dok će plavi grupisati snage na pravcu proboja.



Slika 1. Šema izvršenja proboja u prvoj fazi

U drugoj fazi (Slika 2.) snage plavog imaju zadatak da probiju odeljenja crvenog u drugoj liniji. Crveni je uvideo pravac proboja pešadijske čete plavog, te odeljenjima u drugoj liniji zatvara pravac proboja pešadijske čete. Plavi snagama za razervu na početku druge faze proboja, popunjava najkritičnije gubitke. U drugoj fazi napada, front dodira između plavog i crvenog je znatno manji, pa snage su koncentrisanije. Crveni je zbog smanjenog fronta dodira prinuđen da zbije snage i smanji broj snaga u neposrednom dodiru.



Slika 2. Šema izvršenja proboja u drugoj fazi

Nakon izvršenja proboja, pešadijska četa plavog nastavlja sa izvlačenjem izbegavajući jače snage crvenog.

3. Model realizacije zadatka proboja i rezultati simulacije

Kako bi se sagledala sposobnost proboja iz okruženja pešadijske čete plavog, korišćen je model direktne borbe tipa Lančester (Przemieniecky 2000). Matematičko očekivanje relativnog smanjenja brojnog stanja strana u sukobu, možemo sagledati kroz sledeće diferencijalne jednačine:

$$dm_p/dt = -\alpha_c m_c \quad (1)$$

Jednačina (1) predstavlja relativno smanjenje brojnog stanja pešadijske čete plavog od strane crvenog.

$$dm_c/dt = -\alpha_p m_p \quad (2)$$

Jednačina (2) predstavlja relativno smanjenje brojnog stanja crvenog od strane plavog.

Gde je:

m_p, m_c - relativno smanjenje brojnog stanja plavog i crvenog. Na početku boja uzima se da je $m_p(t=0) = M_p$, a $m_c(t=0) = M_c$.

α_p, α_c - efektivna brzina vatre, koja pri verovatnoći uništenja cilja od 0.02, iznosi 0.6. Obe diferencijalne jednačine imaju rešenja u analitičkom obliku i može se napisati kao:

$$\mu_p = M_p \cosh(\sqrt{\alpha_p \alpha_c} t) - M_c \sqrt{\frac{\alpha_c}{\alpha_p}} \sinh(\sqrt{\alpha_p \alpha_c} t) \quad (3)$$

a za neprijateljeve snage koje drže četu u okruženju kao:

$$\mu_c = M_c \cosh(\sqrt{\alpha_p \alpha_c} t) - M_p \sqrt{\frac{\alpha_p}{\alpha_c}} \sinh(\sqrt{\alpha_p \alpha_c} t) \quad (4)$$

Gde je:

μ_p, μ_c - relativna vrednost smanjenja bojnog stanja brojnog stanja strana u sukobu

Uzimajući u obzir taktička načela (Taktika 1981), modelom su ispitivane dve opcije (tabela 1).

Opcija	Snage plavog			Snage crvenog	
	Za proboj (M_{pg})	Za zaštitu (M_{pp})	rezerva (M_{pr})	Na pravcu proboja (M_{cg})	Van pravca proboja (M_{cp})
1.	48	40	10	16	112
2.	64	24	10	16	112

Tabela 1. Početno brojno stanje snaga crvenog i plavog

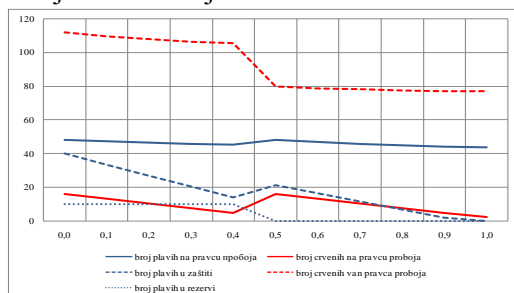
3. 1. Rezultati simulacije prve opcije

U prvoj opciji komandir čete plavog grupiše 1/2 snaga u sastavu snaga za proboj. U vremenu $t=0$ snage za proboj plavog započinju proboj odeljenja prve linije crvenog, dok snage za zaštitu odpočinju izvlačenje ka pravcu proboja štiteći vatrom krila, bokove i pozadinu snaga za proboj. U vremenu od $t=0,4$ snage za proboj plavog su izvršile proboj odeljenja prve linije crvenog, kada je snagama crvenog na pravcu proboja naneto oko 70% gubitaka (slika 3.). Snage za zaštitu sačuvala su 14 vojnika, dok su snage za proboj zadatak realizovale sa 45 vojnika. Uzimajući u obzir pretrpljene gubitke, plavi od rezerve popunjava snage za zaštitu sa 7 vojnika, a snage za proboj sa 3 vojnika. Odnos snaga u drugoj fazi proboja prikazan je u tabeli 2.

Opcija	Snage plavog		Snage crvenog	
	Za proboj (M_{pg})	Za zaštitu (M_{pp})	Na pravcu proboja (M_{cg})	Van pravca proboja (M_{cp})
1.	48	21	16	80
2.	62	14	16	80

Tabela 2. Brojno stanje snaga crvenog i plavog u drugoj fazi borbe

U toku druge faze, u vremenu od $t=0,5$ snage za proboj vrše napad na odeljenja crvenog u drugoj liniji borbenog rasporeda, a koja se nalaze na pravcu napada. Manji broj snaga na pravcu proboja dovodi do produžetka vremena za realizaciju zadatka proboja, a time i povećanju gubitaka snaga plavog, a naročito snaga zaštite. U vremenu od $t=0,9$ plavi ostaje bez snaga za zaštitu, tako da crveni ima mogućnost da dalje dejstvuje na snage za proboj sa kružne osnovice i time im nanese veće gubitke i spreči im izvršenje zadatka proboja iz okruženja.



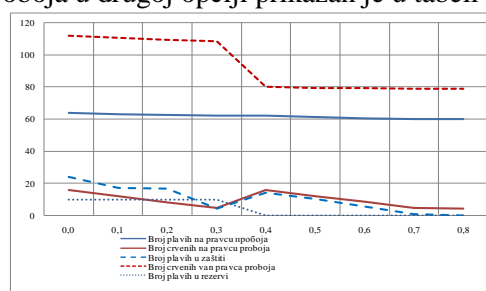
Slika 3. Relativna vrednost smanjenja brojnog stanja u prvoj opciji

U prvoj opciji, Nakon $t=1$, plavi može izvršiti proboj i sačuva oko 40% brojnog stanja.

3. 2. Rezultati simulacije druge opcije

U drugoj opciji, plavi u sastavu snaga za proboj grupiše 2/3 ukupnog brojnog stanja.

U vremenu od $t=0,3$ plavi izvršava zadatak proboja odeljenja prve linije crvenog, sa 62 vojnika (slika 4.). Snage u zaštiti su zbog malog brojnog stanja pretrpele znatno veće gubitke nego u odnosu na prvu opciju, te plavi odlučuje da sa snagama za rezervu popuni snage za zaštitu. Odnos snaga u drugoj fazi proboja u drugoj opciji prikazan je u tabeli 2.

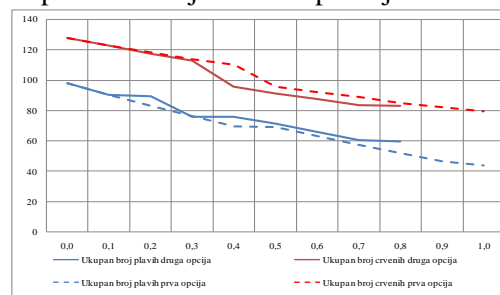


Slika 4. Relativna vrednost smanjenja brojnog stanja u drugoj opciji

Veće brojno stanje snaga za proboj dovodi do toga da četa izvrši proboj druge linije crvenog u vremenu od 0,8t, kada gubi i snage za zaštitu. U drugoj opciji, plavi je uspeo da sačuva oko 60% snaga.

4. Uticaj doktrine na razvoj vatrene sposobnosti pešadijske čete u izvršenju zadatka proboja iz okruženja

Upoređujući prvu i drugu opciju izvršenja zadatka proboja (Slika 5), može se zaključiti da je u drugoj opciji četa plavog sačuvala znatno veći broj ljudstva i smanjila rizik za neuspeh realizacije zadatka proboja.

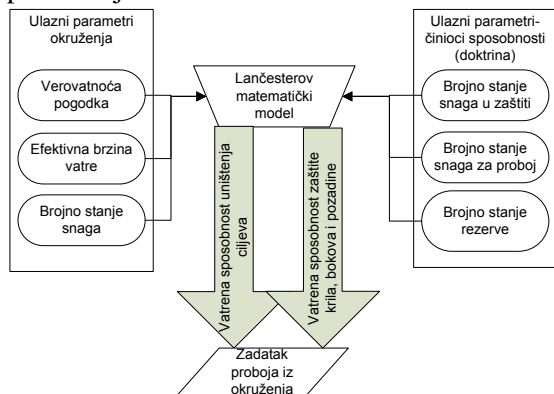


Slika 5. Relativna vrednost smanjenja brojnog stanja u obe opcije

Koncentracija većih snaga na pravcu proboja omogućava pešadijskoj četi da izvrši

zadatak u kraćem vremenskom intervalu i time sačuva veći broj snaga.

Prikazani model omogućava identifikovanje potrebnih sposobnosti i razvoj opcija za razvoj potrebnih sposobnosti, a prikazan je na slici 6.



Slika 6. Model upravljanja sposobnostima

Ulazni parametri u model se odnose na snage crvenog i to su: verovatnoća pogađanja naoružanja, efektivna brzina vatre, brojno stanje ljudstva na pravcu proboja i brojno stanje ljudstva van pravca proboja koji mogu ostvariti vatru na četv plavog. Izlaz iz modela je vatrena sposobnost pešadijske čete u izvršenju zadatka proboja, i to: vatrena sposobnost uništenja određenog broja pešadijskih ciljeva i vatrena sposobnost zaštite krila, bokova i pozadine. Drugi tip ulaznih parametara su promenljive koje se odnose na snage plavog, a mogu se grupisati po činilacima sposobnosti, u ovom slučaju kroz činilac doktrina. Promenom odnosa snaga u probouju i zaštiti, kao i načinom izvršenja zadatka proboja i angažovanja rezerve, vrši se uticaj na vatrenu sposobnost čete plavog, a time i na stepen izvršenja zadatka proboja iz okruženja. Model na ovaj način omogućava izbor najbolje opcije za dostizanje potrebne vatrene sposobnosti.

5. Zaključak

U radu je pokazana mogućnost primene Lanchester-ovih jednačina u modelovanju i simulaciji bopće jedinica kopnene vojske, jačine pešadijske čete, pri izvršenju taktičkog zadatka proboja iz okruženja. Jedna od

ključnih sposobnosti čete u realizaciji zadatka proboja jeste sposobnost vatre, i to: sposobnost uništenja određenog boja pešadijskih ciljeva i sposobnost zaštite krila, bokova i pozadine. Simulacija je izvršena na dve različite opcije upotrebe snaga, po kojima je u snagama za proboj angažovano 1/2, odnosno 2/3 ukupnih snaga.

Zbog svoje ograničenosti model se ne može upotrebljavati za evaluaciju doktrinarnih načela, već samo ispitivawe uticaja doktrine na vatrene sposobnosti u toku izvršenja zadatka proboja iz okruženja. Delovanjem na činilac doktrina može se razviti veliki broj opcija za izvršenje zadatka uticajem na odnos snaga za proboj i snaga za zaštitu, kao i načinom upotrebe snaga u toku izvršenja zadatka. Ispitivanjem većeg broja opcija može se doći do optimalne opcije razvoja sposobnosti vatre modelovane pešadijske čete.

Model je ograničen jer uzima u obzir samo vatrenu sposobnost uništenja cilja i vatrenu sposobnost zaštite krila, bokova i pozadine. Takođe, model ne uključuje sve ulazne parametre okruženja, kao ni sve činioce sposobnosti, ali se može nadograditi. Nadograđeni model može predstavljati osnovu za identifikovanje potrebnih sposobnosti, razvoj opcija za razvoj sposobnosti, kao i za izbor opcija za razvoj sposobnosti za izvršenje različitih zadataka Vojske Srbije.

Bibliografija

- [1] **J.S. Przemieniecky**, Mathematical methods in defense analyses, Third edition. AIAA, Education Series, Redston, Virginia, USA, 2000.
- [2] **J.R. Scales**, A Modified Lanchester Linear Process Calibrated to Historical Data. Warfare modeling, MORS, 1995, pp. 345–355.
- [3] **M. Kovač**, Metod određivanja efikasnosti ARJ za podršku. VIZ, 2000, 232–238.
- [4] **M. Milinović, M. Kovač, D. Petrović, O. Jeremić**, Capabilities Modeling of Nlos-Missiles in Modular Unit of Guard Forces Battle Team. BALCOR 2013, Zlatibor, 2013, 559-568.
- [5] **Grupa autora**, Taktika, VIZ, Beograd, 1981, 294-310.

RASTUĆI TROŠKOVI BORBENIH SISTEMA – PRIMER BORBENIH AVIONA

Ivana Cvetković

Ministarstvo odbrane, Uprava za strategijsko planiranje, Birčaninova br.5, 11000 Beograd
e-mail: ivana.cvetkovic@gmail.com

Nebojša Dragović

Ministarstvo odbrane, Sektor za budžet i finansije, Birčaninova br.5, 11000 Beograd
nebojsa.dragovic@mod.gov.rs

Ivan Petrović

Univerzitet odbrane, Pavla Jurišića-Šturma br.1, 11000 Beograd
e-mail: ivanpetrovic1977@gmail.com

Apstrakt. Danas se države suočavaju sa novim oblicima pretnji koje prevazilaze aspekte tradicionalnog rata. U tom smislu, javlja se neprestana potreba za nadmetanjem i ostvarivanjem konkurentske prednosti u odnosu na potencijalne neprijatelje i pretnje iz okruženja. Posledica ovih trendova su sve veća ulaganja u istraživanje i razvoj, kao i potreba za primenom inovativnijih, efikasnijih i efektivnijih borbenih sistema, što dovodi do rasta troškova proizvodnje borbenih aviona. Suočavajući se sa ograničenjima budžeta za odbranu, izazov za savremene države postaje održavanje neophodnih sposobnosti i uspešno suočavanje pretnjama koje sa sobom nosi okruženje 21. veka.

Ključne reči. borbeni sistemi, rast jediničnih troškova proizvodnje, rast troškova borbenih aviona

1. Uvod

Vojnu industriju u 21. veku karakterišu kompleksni borbeni sistemi i veoma sofisticirana tehnologija. Kao posledica sve većeg ulaganja u unapređenje performansi borbenih sistema kojim bi se odgovorilo na pretnje koje nameće savremeno okruženje, ističe se rast troškova, a posebno investicionih troškova (Kirkpatrick D. & Pugh P., 1983).

Izazovi koje sa sobom nosi savremeno okruženje prevazilaze aspekte tradicionalnog rata, a njihov spektar postaje širi. Savremene države, u skladu sa mogućnostima, preduzimaju mere radi odbrane od mogućih pretnji. U tom smislu, javlja se neprestana potreba za nadmetanjem i ostvarivanjem konkurentske prednosti u odnosu na potencijalne neprijatelje. Povećanjem ulaganja u istraživanje i razvoj omogućuje se primena inovativnijih, efikasnijih i efektivnijih borbenih sistema, što doprinosi ostvarenju leaderske pozicije na svetskom tržištu naoružanja i vojne opreme.

Cilj ovog rada je analiza uzroka rasta troškova savremenih borbenih sistema na primeru borbenog aviona, kao i određivanje trenda i dinamike rasta tih troškova. U prvom delu rada analizirani su uzroci rasta troškova borbenih aviona, a zatim je u drugom delu rada predstavljen odnos limita tehnologije u avio industriji i jediničnih troškova proizvodnje aviona. U trećem delu rada, izvršena je analiza rasta troškova na primeru četiri borbeni aviona sukcesivne generacije i mogućnosti za njihovo smanjenje.

2. Uzroci eskalacije troškova u avio industriji

Rast troškova u avio industriji predstavlja lančani proces delovanja različitih trendova. Sa jedne strane, kako pretnje iz okruženja postaju sve složenije, javlja se potreba za unapređenjem performansi naprednijih generacija borbenih aviona, što dovodi do povećanja kako troškova razvoja, tako i jediničnih troškova proizvodnje. Sa druge strane, države se sve teže odlučuju za

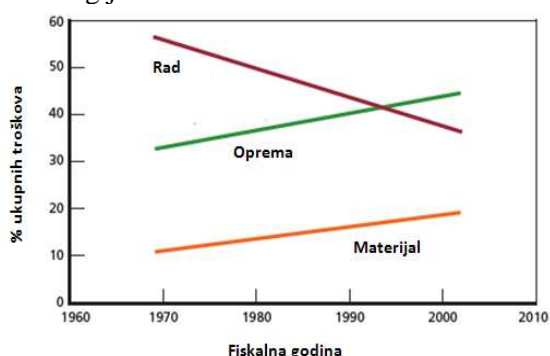
finansiranje ulaganja u razvoj i proizvodnju naprednijih borbenih aviona, pa ulažu u produženje životnog ciklusa i modernizaciju postojećih, jer su u tom slučaju izdvajanja daleko manja. Međutim, imajući u vidu nove pretnje i razvoj borbenih sistema neprijateljskih snaga, na ovaj način se dolazi do još većeg zaostajanja u konkurentskoj trci. Kao posledica ova dva trenda, primećuje se sve veći pad i proizvodnje i prodaje borbenih aviona (Kirkpatrick D., 2004).

Kada je reč o strukturi troškova, uočavaju se dva trenda (Kirkpatrick D., 1995):

1. rast jediničnih troškova proizvodnje borbenih avio sistema;
2. rastuća dominantnost fiksnih troškova.

Na rast ukupnih jediničnih troškova proizvodnje deluju dva faktora (Arena, Younissi, Brancati, Blickstein, & Grammich, 2008): (1) ekonomski faktori – odnose se na faktore proizvodnje (rad, materijal i oprema) i (2) potrošački faktori – odnose se na obeležja same prodaje (broj i karakteristike aviona).

Kako bi se analizirale cene faktora proizvodnje, neophodno je ukloniti efekte inflacije za posmatrani period. Za period od 1969. godine do 2003. godine, primećuje se pad učešća troškova rada u ukupnim troškovima proizvodnje aviona, a na račun rasta učešća troškova materijala i opreme (Slika 1). Ovo je pre svega posledica porasta produktivnosti i upotrebe tzv. „lean” proizvodnje, zatim „outsourcing” radne snage, kao i korišćenja unapređenih rešenja dizajniranja sistema primenom informacione tehnologije.



Slika 1. Trend učešća troškova faktora proizvodnje u ukupnim troškovima proizvodnje (Arena, Younissi, Brancati, Blickstein, & Grammich, 2008)

Potrošački faktori imaju najveći uticaj na cenu borbenih sistema i manifestuje se kao: (1) kvantitativni efekat – broj kupljenih aviona i (2) konfiguracioni efekat – karakteristike

aviona (Arena, Younissi, Brancati, Blickstein, & Grammich, 2008).

Kvantitativni efekat deluje na rast troškova na dva načina. Sa jedne strane, povećanjem količina prodatih aviona akumulira se iskustvo i koriste efekti učenja, a samim tim dolazi do rasta produktivnosti u proizvodnji. Sa druge strane, rast stope nabavke utiče da se većom količinom ostvare efekti ekonomije obima i smanje fiksni troškovi po jedinici.

Konfiguracioni efekat se odnosi na određivanje osnovnih karakteristika aviona (na primer, maksimalnu visinu i brzinu leta, pogonsku snagu i težinu), kao i na unapređenje određenih konfiguracija aviona. Zahtevi za boljim karakteristikama i unapređenje konfiguracija postojećih aviona utiče na porast jediničnih troškova proizvodnje, kao i na prodajnu cenu aviona.

Tri ključna razloga za dominantnost fiksnih u ukupnim troškovima proizvodnje aviona su (Kirkpatrick D., 1995):

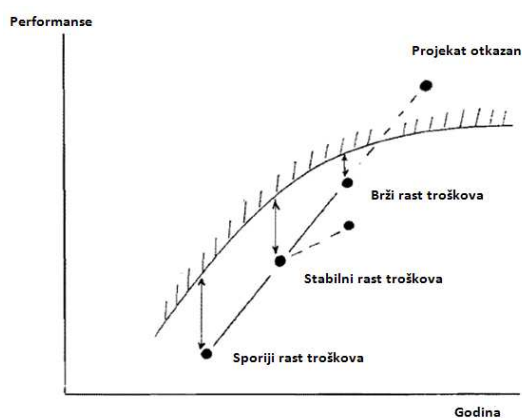
1. rast troškova istraživanja, razvoja, dizajniranja, testiranja i operativnih investicija između dve sukcesivne generacije borbenih aviona koji vode do povećanja ukupnih jediničnih troškova proizvodnje, a samim tim i do rasta prodajne cene borbenih aviona. Na ovaj način potrošači mogu priuštiti manji broj aviona, a padom količine prodatih aviona, iskorišćenje efekata ekonomije obima postaje ograničeno;
2. savremeni borbeni sistemi su veoma zavisni od primene kompleksnih softvera, a ovo zahteva ekstenzivan razvoj i testiranje;
3. sistemi naoružanja su veoma integrisani, pa oni moraju biti proizvod ekstenzivnog razvoja i testiranja kako bi mogli da se koriste u različitim uslovima i od strane različitih korisnika.

Kako je budžet namenjen za odbranu ograničen, finansiranje novih projekata će biti ograničeno, a za vladu postaje mnogo isplativije da ulaže u maksimalno iskorišćenje performansi postojeće tehnologije ili modernizaciju postojeće. U nastavku je predstavljen odnos između limita tehnologije i jediničnih troškova proizvodnje.

3. Tehnologija borbenih avio sistema i jedinični troškovi

Uvođenje nove tehnologije u avio industriji i njena primena vodi brzom rastu

performansi. Na početku je stopa rasta performansi koje se ostvaruju korišćenjem nove tehnologije veća u odnosu na stopu rasta troškova koji se ulažu u njenu eksploataciju, a nagib krive limita tehnologije strmiji u odnosu na nagib krive troškova. Nakon određenog vremenskog perioda, kada tehnologija postane zrela, njene granice postaju istražene i dostižne. Tada se nagib krive limita tehnologije izjednačuje sa nagibom krive troškova, a svako dalje ulaganje u eksploataciju tehnologije znači da je prirast koristi od korišćenja tehnologije manji u odnosu na prirast troškova koji pri tom nastaju. Odnos limita tehnologije i troškova prikazan je na slici 2.



Slika 2. Odnos limita tehnologije i troškova (Kirkpatrick D. & Pugh P., 1983)

Granica nakon koje je svako dalje ulaganje u eksploataciju postojeće tehnologije neefikasno je tačka preseka krive limita tehnologije i krive troškova. Povučene prethodnim uspesima, države nastavljaju dalje sa eksploatacijom postojeće tehnologije, što nakon određenog vremenskog perioda donosi isključivo gubitke. U tom slučaju, bolje je sredstva uložiti u razvoj nove tehnologije, čime bi došlo do većeg rasta performansi i pomeranja krive limita tehnologije naviše. Međutim, imajući u vidu ograničene budžete za odbranu, donosioci odluka pribegavaju iznalaženju novih načina za produženje životnog ciklusa postojećih avio sistema. U tom slučaju, u dugom roku jaz između tehnologije lidera na svetskom tržištu i tehnologije za koju je produžen životni ciklus postaje sve veći.

U slučaju ulaganja u razvoj nove generacije borbenih aviona, primećuje se skok u nivou performansi, ali i veliki skok u jediničnim troškovima proizvodnje. Ovo najviše zbog velikih izdvajanja za istraživanje

i razvoj. U nastavku je dat primer eskalacije troškova na primeru četiri borbenih aviona sukcesivnih generacija.

4. Određivanje dinamike rasta troškova na primeru borbenih avio sistema

U ovom primeru predstavljena je dinamika kretanja troškova borbenih aviona četiri različite generacije (F-16, F-18 E/F, F-35C i F-22A). Rast troškova se meri određivanjem rasta troškova, tj. procentualnim porastom troškova između vremenskih perioda. Izračunavanje porasta troškova predstavljeno je formulom (1).

$$X = \left(\frac{C_2}{C_1} - 1\right) \times 100 \quad (1)$$

Gde je:

- X – procentualni porast troškova;
- C_2 – trošak u vremenskom periodu 2;
- C_1 – trošak u vremenskom periodu 1.

Imajući u vidu da troškovi variraju protekom vremena, kako bi se ova pojava neutralisala, a slika o dinamici rasta troškova bila jasnija, izračunava se godišnja stopa rasta troškova. Za izračunavanje godišnje stope rasta troškova koristi se formula (2).

$$r = \sqrt[\text{god} 2 - \text{god} 1]{\frac{C_2}{C_1}} - 1 \quad (2)$$

Gde je:

- C_2 – trošak u godini 2;
- C_1 – trošak u godini 1.

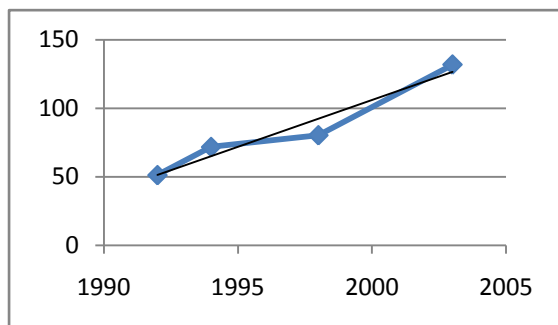
Na primeru cena iz kupoprodajnih ugovora po kojima su SAD prodale borbene avione sukcesivnih generacija Indiji, može se izračunati eskalacija troškova u posmatranom periodu. U tabeli 1. date su cene borbenih aviona različitih generacija. Da bi podaci o cenama bili uporedivi, cene su svedene na baznu godinu (2010 godina).

Avion	Godina nabavke	Cena u godini nabavke (u mil. \$)	Cena u baznoj (2010) godini (u mil. \$)
USA F-16	1992	25	51,25
USA F-18 E/F	1994	35	71,75
USA F-35C	1998	50	80,3
USA F-22A	2003	152	131,784

Tabela 1. Cene borbenih aviona četiri sukcesivne generacije

Korišćenjem formule (2), dobija se da je godišnja stopa rasta cena 8,96%. Takođe,

primećuje se trend rasta cena borbenih aviona sukcesivnih generacija čiji je prikaz dat na grafikonu 1.



Grafikon 1. Trend rasta cena borbenih aviona sukcesivnih generacija

Navedenim primerom potvrđuje se da postoji tendencija rasta prodajnih cena borbenih aviona sukcesivnih generacija. Kako su korišćeni podaci o prodajnim cenama, ne može se u potpunosti zaključiti da li su i u kom obimu na to uticali ekonomski faktori i potrošački faktori.

S obzirom da stope rasta troškova prevazilaze stope rasta izdvajanja za odbranu, u narednom periodu ključno postaje pitanje izbora: Da li održavati sve neophodne sposobnosti uz tehnologiju nižeg ranga ili nabaviti najsavremeniju tehnologiju, uz koncentrisanje sredstava na održavanje najvažnijih sposobnosti i preorijentaciju sredstava na mali broj projekata koji su od suštinskog značaja.

Kako bi se usporio rast troškova usled postojanja ograničenih budžeta za odbranu savremene države pribegavaju merama poput povećanja izvoza, unapređenja tehnologije proizvodnje i unapređenja organizacije proizvodnje, reforme sistema državnih nabavki i međunarodnoj saradnji sa ciljem deljenja troškova, rizika i prinosa od proizvodnje (Kirkpatrick D. & Pugh P., 1983) (Kirkpatrick D., 1995).

Navedene mere predstavljaju korisne načine za ostvarenje ušteda, međutim one ne mogu da neutralizuju celokupan efekat rasta troškova. Neke od navedenih mera su već uključene u trendove kretanja troškova, pa

samim tim ne mogu da daju dodatne korisne efekte.

3. Zaključak

Cilj rada bio je analiza uzroka rasta troškova savremenih borbenih sistema na primeru borbenog aviona, kao i određivanje trenda i dinamike rasta tih troškova. U savremenom svetu uočavaju se dva osnovna faktora koja utiču na rast troškova savremenih borbenih sistema: ekonomski i potrošački.

Na primeru četiri sukcesivne generacije borbenih aviona zapadne tehnologije određen je trend i dinamika rasta tih troškova. Na osnovu raspoloživih podataka godišnja stopa rasta cene borbenih aviona iznosi gotovo devet procenata. Međutim, ne može se u potpunosti zaključiti da li na ovaj rast utiči ekonomski i potrošački faktori i u kom obimu.

S obzirom na visinu godišnje stope rasta postavlja se pitanje mogućnosti srednje razvijenih država da prate savremene trendove razvoja borbenih sistema i održe sposobnosti svojih snaga za suprotstavljanje izazovima, rizicima i pretnjama u okruženju i svetu.

Značaj rada ogleda se u mogućnosti izračunavanja trenda rasta cena borbenih sistema i primene u dugoročnom planiranju odbrane, prvenstveno u planiranju opremanja savremenim borbenim sistemima.

Bibliografija

- [1] **D. L. Kirkpatrick, P. G. Pugh.** Towards the Starship Enterprise – Are the Current Trends in Defence Unit Costs Inexorable?, *Aerospace*, May 1983., pp. 16-23.
- [2] **D. L. Kirkpatrick.** The Rising Costs of Defence Equipment – The Reasons and Results, *Defence and Peace Economics*, Vol (6), 1995, pp. 263-288.
- [3] **D. L. Kirkpatrick.** Trends in the Costs of Weapon Systems and the Consequences, *Defence and Peace Economics*; Vol 15 (3), June 2004, pp. 259-277.
- [4] **Arena M. V., Younissi O., Brancati K., Blickstein I., & Grammich C. A.** Why has the Cost of Fixed-Wing Aircraft Risen? – Macroscopic Examination of the Trends in U.S. Military Aircraft Costs over the Past Several Decades, Report, National Defense Research Institute and Project Airforce, RAND, 2008.

ВИШЕКРИТЕРИЈУМСКА ОПТИМИЗАЦИЈА ПЕЊАЊА ЕЛЕКТРИЧНЕ БЕСПИЛОТНЕ ЛЕТЕЛИЦЕ, РАЧУНАРСКИ ПРОГРАМ "ВРАБАЦ"

MULTIDISCIPLINARY OPTIMIZATION CLIMBING ELECTRIC UAV, PROGRAM "VRABAC"

Коста Велимировић

Војнотехнички институт, Београд

kolevelimirovic@yahoo.com

Немања Велимировић

Југоимпорт-СДПР, Београд

nemanjavelimirovic@yahoo.com

Апстракт. У раду је приказан један метод прорачуна оптималних параметара пењања електричне беспилотне летелице. Модел ограниченог кретања летелице је описан системом нелинеарних диференцијалних једначина. Коришћена метода при одређивању параметара пењања је метода тоталне енергије. Метода оптимизације је вариациони рачун. Поступак је рачунарски имплементиран. Оптимизације и резултати илустровани су нумеричким примером.

Кључне речи: електрична беспилотна летелица, пењање, перформансе, варијациони рачун

Abstract: The method of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) climb parameter optimization is presented in this paper. The model of the aerial vehicle constrained of motion is given by the set of the non-linear differential equations. The climb parameter optimization is done by using the method of total energy. The procedure is being implemented by computer. Method of optimization is calculus of variation. The optimization procedure and the method results are illustrated by the numerical example.

Keywords: electrical unmanned aerial vehicles (UAV), climb, performances, calculus of variation

1. Увод

Ознаке:

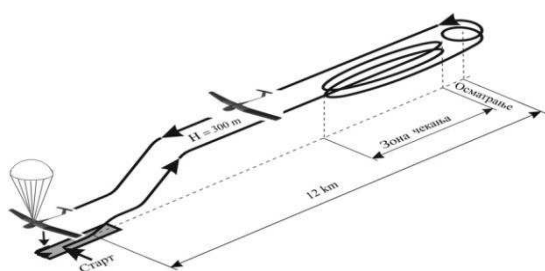
C_z коефицијент узгона (-)
 C_x коефицијент отпора (-)
 E_{bat} енергија батерије (J)
 R_x сила отпора (N)
 I, I_{namot} јачина струје (A)
 P, P_{elise} снага мотора, елисе (W)
 SVS специфични вишак снаге (m/s)
 T, T_{rav} вучна сила (N)
 U, U_{sr} напон батерије (V)
 V, V_{leta} брзина летелице (m/sec)
 g убрзање Земљине теже (9.81m/s²)
 h висина (m)
 h_e енергетска висина (m)

m маса летелице (kg)
 t време (s)
 x пређени пут у хориз.правацу (m)
Беспилотна летелица (Сл.1) је даљински командовани летећи робот са аутоматским управљањем који се користи као платформа за ношење специфичног корисног терета. Технолошки развијене земље уочиле су изразиту исплатљивост и сврсисходност коришћења беспилотних летелица. Основни проблем повећања долета и истрајности беспилотне летелице са електричним погоном своди се на избор одговарајуће батерије са максималном специфичном енергијом по јединици масе, задовољавајућом "густином енергије" (количник расположиве енергије и запремине) као и карактеристикама у

погледу расположиве јачине струје[4]. При лансирању и пењању потребно је обезбедити врло велике јачине струје. Пажња батерије током лансирања и пењања струјом велике ампераже драстично смањује капацитет. Како долет и истрајност летелице највише зависе од капацитета коришћених батерија мора се посебна пажња посветити уштеди енергије у свим фазама профила лета (Сл.2) а посебно пењања.



Слика 1. Домаћа електрична беспилотна летелица ВРАБАЦ, маса $m=8.5$ kg, Li-По батерије $U=29.6$ V, површина крила $S=0.75$ m²



Слика 2. Профил лета

У раду је разматрана фаза пењања. Коришћењем методе тоталне енергије (тотална енергија је збир потенцијалне и кинетичке енергије летелице) и применом варијационог рачуна дефинисано је оптимално пењање у односу на три критеријума: најбрже енергетско пењање, најстрмије енергетско пењање и енергетско пењања уз минимални утрошак електричне енергије.[2] У прорачуну пењања и осталих летних перформанси користи се наменски развијен рачунарски програм "VRABACPERF".

2. Рачунарски програм "VRABACPERF"

Програм "VRABACPERF" прорачунава основне и специјалне перформансе домаће беспилотне летелице ВРАБАЦ са електричним погоном (Сл.1) [5]. Летелица се посматра као материјална тачка непроменљиве масе, а метода прорачуна је метода тоталне енергије. Програм учитава масене, геометријске,

аеродинамичке и пропулзорске карактеристике летелице. Програм садржи мехатронички модел једносмерног електричног (без четкица) мотора. Програм прорачунава услове лансирања, пењање, крстарење, чекање, осматрање, планирање, заокрет и профил лета (Сл.2) [1][2]. Писан је у програмском језику MATHCAD 14.

3. Пењање летелице

Анализирајући најбрже енергетско пењање полази се од изведене енергетске једначине[2]:

$$(T - Rx) * V = m * g * \frac{dh}{dt} + \frac{d(m * V^2)}{dt}$$

Ако се уведе појам "енергетске висине" h_e

$$h_e = h + \frac{m * V^2}{2 * g}$$

изводи се израз за "генерализовану брзину пењања" или "специфични висак снаге"

$$SVS(h_e, V) = \frac{dh_e}{dt} = \frac{(T - Rx) * V}{m * g}$$

Време пењања $t_{1,2}$ од "енергетске висине" h_{e1} до h_{e2} може се приклатити интегралом

$$t_{1,2} = \int_{h_{e1}}^{h_{e2}} \frac{m * g}{(T - Rx) * V} dh_e$$

Применом варијационог рачуна одређује се екстремала $V(h)$ за коју интеграл има минималну вредност.[3][2] Euler-ов услов је:

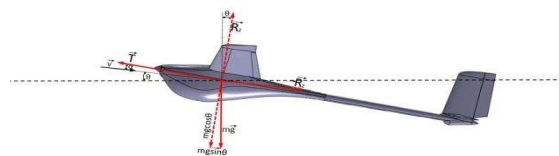
$$\frac{\partial \left[\frac{(T - Rx) * V}{m * g} \right]}{\partial V} - \frac{V}{g} * \frac{\partial \left[\frac{(T - Rx) * V}{m * g} \right]}{\partial h} = 0$$

односно

$$\frac{\partial [SVS(h_e, V)]}{\partial V} - \frac{V}{g} * \frac{\partial [SVS(h_e, V)]}{\partial h} = 0$$

Најстрмије енергетско пењање интересантно је за лансирање и пењања када постоји физичка препрека коју треба прескочити.[6] Једначина кретања у пењању (Сл.3) у правцу тангенте је:

$$T - Rx - m * g * \sin \theta - m * \frac{dV}{dt} = 0$$



Слика 3. ВРАБАЦ - план сила

Уводећи апроксимације да је $\sin \theta = \tan \theta = \frac{dh}{dx}$, (θ мали угао) и $V = \frac{dx}{dt}$, једначина кретања има облик:

$$T - Rx - m * g * \frac{dh}{dx} * (1 + \frac{V}{g} * \frac{dV}{dh}) = 0$$

Пређени пут у хоризонталном правцу је:

$$x = \int_{h_1}^{h_2} \frac{(1 + \frac{V}{g} * \frac{dV}{dh}) * m * g}{(T - Rx)} dh$$

$$x = \int_{h_1}^{h_2} \phi(h, V, \frac{dV}{dh}) dh$$

а Euler-ов услов за екстремалу:

$$\frac{\partial \phi}{\partial V} - \frac{d}{dh} \left[\frac{\partial \phi}{\partial (\frac{dV}{dh})} \right] = 0$$

уз упрошћење да је $\frac{dV}{dh} = 0$.

Извод $\frac{dh_e}{dx} = \frac{dh_e}{dt} * \frac{dt}{dx}$ се може изразити:

$$\frac{dh_e}{dx} = \frac{T - Rx}{m * g} = \phi(h_e, V)$$

Пређени пут дефинише се интегралом:

$$x = \int_{h_{e1}}^{h_{e2}} \frac{1}{\phi(h_e, V)} dh_e = \int_{h_{e1}}^{h_{e2}} \frac{1}{\phi(h_e, V)} dh_e$$

Euler-ов услов за одређивање минимума интеграла је:

$$\frac{\partial \phi}{\partial V} = 0$$

што и дефинише екстремалу за "најстрмије енергетско пењање".

$$\frac{\partial (\frac{T-Rx}{m * g})}{\partial V} = 0$$

Код енергетског пењања уз минимални утрошак електричне енергије потребна енергија E_{bat} за пењање је:

$$E_{bat} = \int_{h_{e1}}^{h_{e2}} \frac{1}{\frac{dh_e}{dx}} dh_e \text{ а како је}$$

$$\frac{dh_e}{dx} = \frac{\frac{dh_e}{dt}}{\frac{dx}{dt}} = \frac{dh_e}{dt} \frac{dt}{dx}$$

то интеграл који одређује енергију батерије за пењање се дефинише као:

$$E_{bat} = \int_{h_{e1}}^{h_{e2}} \frac{\frac{dE_{bat}}{dt}}{\frac{dx}{dt}} dh_e$$

Имајући у виду да је $\frac{dE_{bat}}{dt} = U * I$ то

горња једначина се може написати у следећем облику:

$$E_{bat} = \int_{h_{e1}}^{h_{e2}} \frac{U * I}{\frac{(T-Rx) * V}{m * g}} dh_e$$

Ако се уведе функција $\chi(h_e, V) = \frac{(T-Rx) * V}{U * I * m * g}$ израз за потребну енергију батерије је:

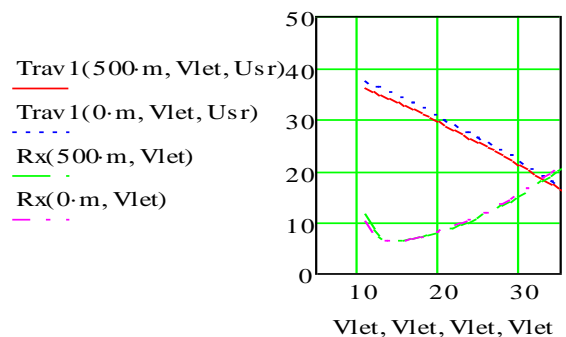
$$E_{bat} = \int_{h_{e1}}^{h_{e2}} \frac{1}{\chi(h_e, V)} dh_e$$

а Euler - ов услов за одређивање минимума:

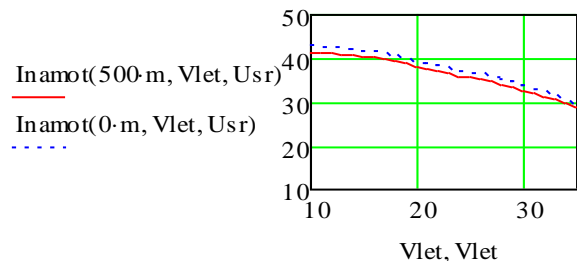
$$\frac{\partial \chi}{\partial V} = \frac{\partial (\frac{(T-Rx) * V}{U * I * m * g})}{\partial V} = 0$$

3. Нумерички пример

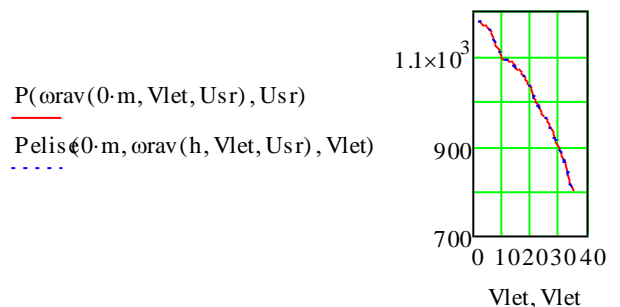
У нумеричком примеру приказане су неке карактеристичне зависности добијене прорачуном пењања за максимални режим рада мотора.



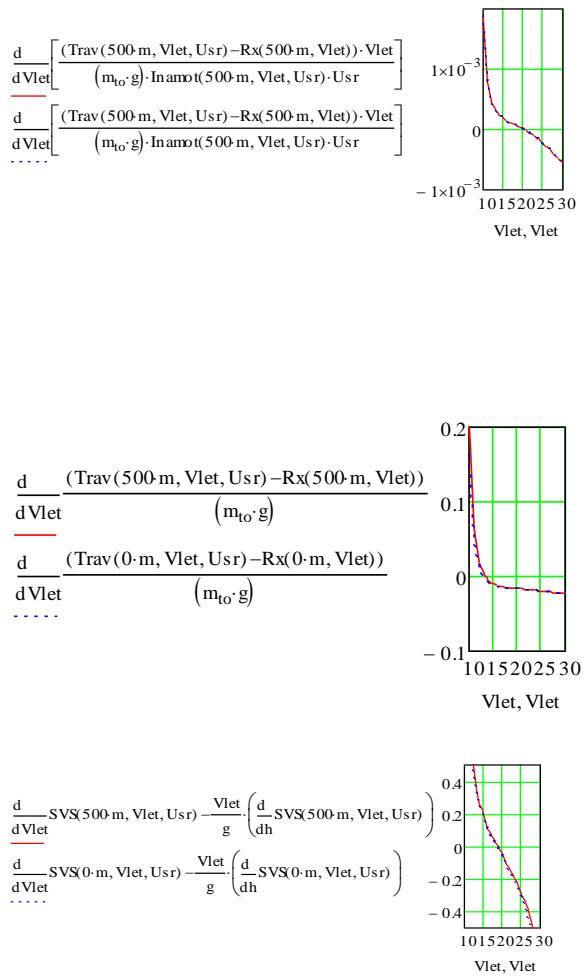
Слика 4. Макс.вучна сила и сила отпора у функцији брзине, $h=0,500$. m



Слика 5. Струја мотора у функцији брзине, макс.режим, $h=0,500$. m



Слика 6. Снага мотор-елиса у функцији брзине, макс.режим, $h=0$. m



Слика 7. Графички приказ одређивања оптималних брзина на путањи (нуле функција) за три критеријума

Висина пењања (m)	Најбрже енергетско пењање, V (m/s)	Најстрмије енергетско пењање, V (m/s)	Миним. утрошак ел.енергије V (m/s)
0.	18.56	12.66	20.55
500.	18.68	13.20	20.67

Табела 1. Оптималне брзине на путањи у пењању (три критеријума)

4. Закључак

Лансирање и пењање беспилотне летелице су најризичније и енергетски најзахтевније фазе профила лета. У раду је приказана метода оптимизације пењања у односу на три критеријума: најбрже енергетско пењање, најстрмије енергетско пењање и енергетско пењања уз минимални утрошак

електричне енергије. Метода и прорачун су илустровани нумеричким примером. Анализирајући резултате закључује се да је најприхватљивије пењање по два блиска критеријума: најбрже енергетско пењање и пењање уз минимални утрошак енергије батерије. Вертикална брзина пењања (при максималном режиму мотора) по критеријумима најбржег енергетског пењања и минималног утрошка енергије је практично максимална што за последицу има велике струје пражњења, пад напона а као последица и евентуални проблеми у функционирању летног рачунара, сензора и опреме. У циљу минимизирања ових проблема а и очувања капацитета батерије потребно је током лансирања и почетака пењања користити максимални режим рада мотора а када се летелица попне на безбедну висину (за мање од десет секунди) смањити режим рада мотора што за последицу има смањење струје пражњења а и вертикалне брзине пењања.

Коришћени рачунарски програмски пакет "VRABACPERF" прорачунава профил лета, основне и специјалне перформансе домаће електричне беспилотне летелице ВРАБАЦ. Програм је писан у програмском језику MATHCAD 14.

Библиографија

[1] Smetana, F. „Flight vehicle performance and aerodynamic control“, Air Force Institute of Tehnology, Wright-Patterson Air Force Base, Ohio, 2001

[2] Рендулић, З. "Механика лета", Војноиздавачки и новински центар, Београд, 1979.

[3] Симоновић, В. "Нумеричке методе ", Машински факултет, Београд, 1979.

[4] Велимировић К., Гајић-Крстајић Љ., Велимировић Н. " Неке предности водоничних горивих хелија у односу на литијум-полимер акумулаторе за пропулзију мини беспилотне летелице", XIII YUCORR International Conference , Book of Abstracts, p49, april 2011, Tara, Srbija

[5] Велимировић К., Велимировић Н. "Одређивање максималног тактичког радијуса клипно-елисне тактичке беспилотне летелице, програм Бели орао",SYM-OP-IS 2011

[6] Велимировић К., Велимировић Н. "The unmanned aerial vehicle launch catapult parameter optimization, program CATAPULT", SYM-OP-IS 2013

RANGIRANJE KANDIDATA U PROCESU SELEKCIJE LJUDSKIH RESURSA

Milan Kankaraš

Ministarstvo odbrane, Uprava za strategijsko planiranje, Beograd
e-mail: kankaras.milan@outlook.com

Srdan Dimić

Ministarstvo odbrane, Uprava za strategijsko planiranje, Beograd
e-mail: srdjan.dimic@mod.gov.rs

Ivana Cvetković

Ministarstvo odbrane, Uprava za strategijsko planiranje, Beograd
e-mail: ivana.cvetkovic88@gmail.com

Apstrakt. Opšti cilj upravljanja ljudskim resursima jeste ostvarivanje organizacione uspešnosti pomoću ljudi. Pretpostavka ostvarivanja organizacione uspešnosti jesu zaposleni čija znanja, sposobnosti i veštine odgovaraju zahtevima radnog mesta. Obezbeđivanje zaposlenih čije su individualne osobine usklađene sa zahtevima radnog mesta jedna je od osnovnih aktivnosti upravljanja ljudskim resursima, koja se, između ostalog, realizuje kroz proces selekcije ljudskih resursa. U procesu selekcije teži se smanjenju subjektivnog uticaja na izbor kandidata. U radu je prikazana mogućnost kombinovanja različitih metoda u procesu selekcije. Rad nudi praktična rešenja za određivanje relativne težine kriterijuma i rangiranje kandidata u procesu selekcije i može biti koristan za razvoj upravljanja ljudskih resursa.

Ključne reči: rangiranje, selekcija, CRITIC, PROMETHEE

1. Uvod

Dinamična promena uslova u kojima posluju savremene organizacija zahteva brzo prilagođavanje njihove delatnosti i načina poslovanja, što utiče na povećanje zahteva radnog mesta. Ostvarivanje organizacione uspešnosti najčešće zavisi od zaposlenih, odnosno njihovih znanja, sposobnosti i veština.

U tom smislu organizacije traže zaposlene koji ispunjavaju sve zahteve radnih mesta. Međutim, organizacije se vrlo često susreću sa problemom izbora adekvatnih lica zbog nesklada između zahteva radnih mesta i individualnih osobina kandidata. Jedan od osnovnih procesa, kojim se obezbeđuju adekvatni zaposleni jeste selekcija ljudskih

resursa, kao jedna od aktivnosti u oblasti upravljanja ljudskim resursima.

Proces selekcije karakteriše određeni nivo subjektivnosti. Odgovorno rukovodstvo organizacije pokušava da subjektivnost u procesu selekcije svede na najniži mogući nivo. Povećanje nivoa objektivnosti moguće je primenom unapred određenih kriterijuma i standardizovanih metoda i tehnika.

S obzirom da svi kriterijumi u izboru najboljeg kandidata nemaju isti značaj, neophodno je prvo odrediti njihove relativne težine. Za određivanje važnosti kriterijuma i izbor najboljeg kandidata donosioci odluka imaju na raspolaganju više različitih metoda i tehnika: objektivne metode za određivanje relativne važnosti kriterijuma (CRITIC, FANMA, metoda entropije) i metode

višekriterijumskog odlučivanja. S obzirom da se u problemu izbora najboljeg kandidata donosioci odluke suočavaju sa problemom rangiranja varijanti, na raspolaganju imaju različite metode: ELECTRE, PROMETHEE, MENOR, VIKOR, AHP i dr. Izbor konkretne metode zavisi od prirode problema.

2. Selekcija ljudskih resursa

Selekcija ljudskih resursa jeste proces kojim se, primenom unapred utvrđenih i standardizovanih metoda i tehnika, vrši izbor između više kvalifikovanih kandidata, kako bi se sa onima koji najviše odgovaraju zahtevima posla zasnovao radni odnos (Lojić, 2011). U tom smislu, rezultat procesa selekcije jesu zaposleni čiji kvalitet znatno utiče na ostvarivanje organizacione uspešnosti.

Osnovni ciljevi selekcije ljudskih resursa jesu maksimizirati radnu uspešnost kandidata i njihov uticaj na organizaciju i minimizirati greške u odlučivanju o izboru kandidata. Radi realizovanja navedenih ciljeva potrebno je proces selekcije uskladiti sa drugim aktivnostima u oblasti upravljanja ljudskim resursima, a posebno sa planiranjem, regrutovanjem i razvojem ljudskih resursa.

Proces selekcije ljudskih resursa karakteriše konstantno usklađivanje zahteva upražnjenih radnih mesta i znanja, sposobnosti i veština kandidata. Kandidat koji u najvećoj meri ispunjava zahteve upražnjenog radnog mesta biće izabran. Da bi se izabrao pravi kandidat moraju se ispuniti osnovne pretpostavke uspešne selekcije (Kulić, 2005):

- jasno određeni zahtevi posla (potrebna znanja, sposobnosti i veštine);
- utvrditi razlike između kandidata i
- pored znanja i sposobnosti sagledati i razvojne mogućnosti kandidata.

U tom smislu potrebno je voditi računa o individualnim razlikama kandidata i međuzavisnosti osobina kandidata i zahteva posla, a posebno o numeričkom iskazivanju osobina, razlika i međuzavisnosti. Individualne razlike (prvenstveno sposobnosti i karakteristike ličnosti) direktno utiču na adekvatan odgovor zahtevima posla.

Kao i većina procesa, a posebno procesa u upravljanju ljudskim resursima i selekcija je složen i višefazan proces. Osnovne faze u procesu selekcije su (Kulić, 2005):

- analiza prispelih prijava i prateće dokumentacije;
- preliminarni intervju;
- testiranje;
- dijagnostički intervju;
- provera referenci i
- ponuda posla i lekarski pregled.

Za izbor kandidata vrlo je važno prikupiti podatke o kandidatima. U tu svrhu koriste se razni metodi i instrumenti koji će dati objektivnu procenu, a najznačajniji su (Kulić, 2005):

- standardni izvori i instrumenti prikupljanja informacija o kandidatima;
- psihološki testovi;
- intervju;
- metodi i instrumenti vezani za posao i
- nekonvencionalni metodi selekcije.

Proces selekcije verifikuje se praćenjem i analiziranjem načina uključivanja novozaposlenih u radnu sredinu, kao i praćenjem i analiziranjem njihovih rezultata rada i napredovanjem u poslu. Evaluacija procesa selekcije traje najmanje tri meseca, a potvrda dobrog izbora kandidata jesu samo dobri rezultati rada.

U procesu selekcije veoma je važno ponuditi posao kandidatu koji ima najveću skladnost između ličnih potencijala i zahteva radnog mesta, a u proceni skladnosti težiti povećanju objektivne procene i smanjenju subjektivnih uticaja.

3. Objektivni pristup rangiranju kandidata

Procena skladnosti kandidata vrši se na osnovu unapred određenih kriterijuma, a u zavisnosti od individualne ispunjenosti kriterijuma vrši se rangiranje kandidata.

U skladu sa zahtevom da se smanji uticaj subjektivnog uticaja u procesu selekcije ljudskih resursa potrebno je koristiti metode za objektivno određivanje ranga kandidata. S obzirom da rang kandidata zavisi od njihove usklađenosti sa zahtevima radnog mesta, odnosno postavljenim kriterijumima, a da

postavljeni kriterijumi nemaju isti značaj za izbor kandidata, potrebno je prvo odrediti relativnu važnost kriterijuma.

Postoji više objektivnih metoda za određivanje relativne važnosti kriterijuma, a jedna od njih je CRITIC (Criteria Importance Through Intercriteria Correlation). Određivanje relativne važnosti kriterijuma metodom CRITIC zasnovano je na intenzitetu kontrasta i konflikta koji je sadržan u strukturi problema odlučivanja, odnosno na analitičkom ispitivanju matrice odlučivanja radi utvrđivanja informacija sadržanih u kriterijumima po kojima se ocenjuju varijante (Milićević & Župac, 2012).

Primena metode CRITIC počinje prevođenjem svih vrednosti kriterijuma u interval od nula do jedan prema izrazu 1. Ova transformacija zasnovana je na konceptu idealne tačke (Milićević & Župac, 2012).

$$x_{aj} = \frac{f_j(a) - f_j^-}{f_j^+ - f_j^-} \quad (1)$$

gde je:

x_{aj} – udaljenost varijante od idealne vrednosti;

$f_j(a)$ – trenutna vrednost kriterijuma;

f_j^+ – idealna (najbolja) vrednost kriterijuma;

f_j^- – anti idealna (najlošija) vrednost kriterijuma.

Na ovaj način početna matrica odlučivanja konvertovana je u matricu sa generičkim elementima, a vektor X_j moguće je posmatrati izolovano. Svaki vektor ima standardno odstupanje, odnosno meru odstupanja vrednosti varijanti (za određeni kriterijum) od srednje vrednosti. To odstupanje predstavlja meru intenziteta kontrasta posmatranog kriterijuma (Milićević & Župac, 2012).

U daljem postupku relativna važnost kriterijuma se određuje na osnovu vrednosti standardnog odstupanja vektora. Određivanje relativne važnosti kriterijuma normalizacijom standardnog odstupanja izračunava se prema izrazu 2 (Milićević & Župac, 2012).

$$w_j = \frac{\sigma_j}{\sum_{k=1}^n \sigma_k} \quad (2)$$

gde je:

w_j – relativna važnost određenog kriterijuma;

σ_j – standardno odstupanje određenog vektora;

σ_k – standardno odstupanje vektora.

Kada su određene relativne važnosti kriteriju i poznate individualne karakteristike

kandidata, njihovo rangiranje može se izvršiti nekom od višekriterijskih metoda. Za potrebe ovog rada primenjena je metoda PROMETHEE II (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations). U prvom koraku određuje se konkretan model rešavanja problema i vrednost funkcije preferencije za svaki par alternativa i svaki kriterijum (Nikolić & Borović, 1996).

Na osnovu prethodno određenih relativnih težina kriterijuma i vrednosti funkcije preferencija određuju se ukupne preferencije varijanti (proizvod relativnih težina kriterijuma i vrednosti funkcije preferencija). U poslednjem koraku računaju se tokovi preferencija: pozitivni- T^+ , negativni- T^- i ukupni- T (izrazi 3-5) (FTN).

$$T^+(a_i) = \frac{1}{p-1} * \sum IP(a, x) \quad (3)$$

$$T^-(a_i) = \frac{1}{p-1} * \sum IP(x, a) \quad (4)$$

$$T(a_i) = T^+(a_i) - T^-(a_i) \quad (5)$$

gde je:

$T^+(a_i)$ – pozitivan tok;

$T^-(a_i)$ – negativni tok;

$T(a_i)$ – ukupni tok;

IP – indeks preferencije.

Veća vrednost ukupnog toka znači bolju usklađenost zahteva upražnjenih radnih mesta i znanja, sposobnosti i veština kandidata.

4. Određivanje ranga kandidata

U radu se razmatra problem rangiranja pet kandidata za prijem u službu u svojstvu profesionalnog vojnika. Zbog ograničenog obima, u radu su razmatrana samo četiri kriterijuma i to: K1-prosek školovanja, K2-fizička sposobnost, K3-koeficijent inteligencije i K4-radno iskustvo. Individualne osobine kandidata u skladu sa kriterijumima data je u tabeli 1.

Kandidat	K-1	K-2	K-3	K-4
A	4,34	65	115	2
B	3,85	80	125	3
C	3,24	70	110	1
D	2,00	75	114	4
E	4,50	90	110	3

Tabela 1. Individualne osobine kandidata

Primenom izraza 1 i 2 određene su relativne važnosti kriterijuma (tabela 2):

Kandidat	K-1	K-2	K-3	K-4
A	0,94	0,00	0,33	0,33
B	0,74	0,60	1,00	0,67
C	0,50	0,20	0,00	0,00
D	0,00	0,40	0,27	1,00
E	1,00	1,00	0,00	0,67
σ	0,405	0,385	0,409	0,380
w	0,257	0,244	0,259	0,241

Tabela 2. Relativne važnosti kriterijuma

Na osnovu poznatih individualnih osobina kandidata i određenih relativnih važnosti kriterijuma izrađena je ukupna preferencija kandidata (slika 3).

Parovi	Preferencija	Parovi	Preferencija
A,B	0,257	C,D	0,257
A,C	0,756	C,E	0,000
A,D	0,516	D,A	0,484
A,E	0,259	D,B	0,241
B,A	0,743	D,C	0,743
B,C	1,000	D,E	0,500
B,D	0,759	E,A	0,741
B,E	0,259	E,B	0,500
C,A	0,244	E,C	0,741
C,B	0,000	E,D	0,500

Tabela 3. Ukupna preferencija kandidata

U poslednjem koraku, primenom izraza 3, 4 i 5, izračunati su ukupni tokovi radi određivanja potpunog poretka, odnosno određivanja ranga kandidata. Ukupni tokovi prikazani su u tabeli 4.

Kandidat	T ⁺	T ⁻	T
A	0,185	0,185	0,000
B	0,556	0,185	0,371
C	0,435	0,250	0,185
D	0,000	0,250	-0,250
E	0,000	0,306	-0,306

Tabela 4. Ukupni tokovi i rang kandidata

Na osnovu rezultata iz tabele 4 može se zaključiti da su individualne osobine kandidata „B” najviše usklađene sa zahtevima radnog mesta, a najmanje kandidata „C”.

5. Zaključak

U pristupu problemu istraživanja uzete su u obzir specifičnosti vojne organizacije, posebno u oblasti upravljanja ljudskim resursima.

Osnovni cilj rada bio je prikaz mogućnosti kombinovanja različitih metoda u procesu selekcije ljudskih resursa, ukazujući na značaj selekcije ljudskih resursa u savremenim organizacijama.

Sagledavanjem mogućnosti primene metoda CRITIC i PROMETHEE II u procesu selekcije ljudskih resursa ustanovljena je njihova praktična primenljivost. Na konkretnom primeru prijema jednog profesionalnog vojnika prikazan je način primene predloženih metoda.

Značaj rada se ogleda u mogućnosti primene različitih metoda u rešavanju ovakvih i sličnih problema bez obzira na oblik i pravnu formu organizacije.

Bibliografija

- [1] Kulić, Ž. (2005). Upravljanje ljudskim potencijalima. Begrade: Radnička štampa
- [2] Lojić, R. (2011). Upravljanje ljudskim resursima u sistemu odbrane. Beograd: Medija centar "Obrana"..
- [3] Milićević, M., & Župac (2012). Objektivni pristup određivanju težina kriterijuma. Beograd: Vojnotehnički glasnik LX, str 39-56.
- [4] Nikolić, I. i Borović, S. (1996). Višekriterijumska optimizacije. Beograd: Centar vojnih škola Vojske Jugoslavije.
- [5] FTN, Retrieved maj 15, 2015, from FTN: <http://www.iim.ftn.uns.ac.rs/pom/attachments/article/475/54%20Metoda%20PROMETHEE.pdf>.

Ocena modela za izradu minskih polja primenom metode „MENOR“

Aleksandar Milić

Univerzitet odbrane, Vojna akademija, Beograd
milickm5@gmail.com

Samed Karović

Univerzitet odbrane, Vojna akademija, Beograd
karovic.samed@gmail.com

Rade Slavković

Univerzitet odbrane, Vojna akademija, Beograd
bjor4s@gmail.com

Apstrakt: U radu je predstavljena mogućnost primene metode normalizacije kriterijumskih funkcija na više nivoa (MENOR), kao podrška odlučivanju za ocenu modela izrade protivoklopnih minskih polja. Istovremeno su identifikovani relevantni kriterijumi koji imaju presudan uticaj na ocenu modela izrade protivoklopnog minskog polja, prvenstveno imajući u vidu karakter savremenih operacija i misija u kojima se upotrebljavaju inženjerske jedinice.

Ključne reči: normalizacije kriterijumskih funkcija na više nivoa (MENOR), protivoklopno minsko polje, savremene operacije.

Abstract: In this paper presents the possibility of application method of the Normalization criterion function at multiple levels (MENOR), a decision support model for assessing the making antitank minefields. At the same time identified the relevant criterias which have a crucial influence on the evaluation of model making antitank minefield, especially taking into mind the character of modern operations and missions which employ engineer units.

Keywords: normalization criterion function at multiple levels (MENOR), antitank minefield, contemporary operations.

1. Uvod

Tokom pripreme i izvođenja borbenih operacija jedinice inženjerije zauzimaju značajno mesto i ulogu. Značaj se ogleda i kroz izvođenje dejstava i protivdejstava čiji sastavni deo čine inženjerska dejstva i protivdejstva. Cilj izvođenja inženjerskih dejstava manifestuje se: nanošenjem gubitaka neprijatelju, sprečavanjem, usporavanjem i kanalisanjem njegovog kretanja i manevra snaga, a izvodi se zaprečavanjem objekata, rejona i pravaca [1]. Osnovni način izvršavanja zadataka, iz sadržaja zaprečavanja, jeste izrada različitih vrsta prepreka, u kojima prednjače minsko-eksplozivne prepreke. U okviru minsko-eksplozivnih prepreka veliku primenu imaju i naročit efekat postižu minska polja (m/p) [2]. Za potrebe rada orijentacija je na izboru načina izrade protivoklopnih (PO) minskih polja u savremenim operacijama.

Izrada PO m/p, u zavisnosti od stepena opremljenosti savremenim sredstvima, vrši se: ručno, mašinski, kombinovano (kombinacijom ručnog i mašinskog načina) i sredstvima za

daljinsko miniranje (korištenjem vazduhoplova, artiljerijsko-raketnih sistema, artiljerije i modularnih pakovanja koja se mogu montirati na: oklopna borbena i motorna vozila ili se ručno prenositi).

U radu se razmatra primena metode normalizacije kriterijumskih funkcija na više nivoa, kao sistem za podršku odlučivanju o modelu zaprečavanja, koji se u najvećem obimu oslanja na izradu PO minskih polja. Težište primene je usmereno na aspekt provere ranije određenih značaja relevantnih kriterijuma koji imaju ključnu ulogu u izboru efikasnosti izrade i funkcionisanja sistema zaprečavanja.

2. Normalizacija kriterijumskih funkcija na više nivoa

Metoda Normalizacije kriterijumskih funkcija na više nivoa je vrsta metode kojom se sprovodi jednostavan postupak rangiranja varijanti u situacijama kada postoji veliki broj karakteristika i parametara [4]. Donosiocu odluke pruža se pomoć putem sprovođenja rangiranja sa više nivoa čime se pomaže pri rasuđivanju

između više nivoa značajnosti kriterijuma [5]. Svaki od korišćenih kriterijuma moguće je izražavati u kvantitativnom ili kvalitativnom obliku, a zatim na adekvatan način vednovanjem i uključivanjem u matematički model izvršiti određivanje najpovoljnije alternative po zadatim kriterijumima [6].

Prednosti metode ogledaju se u mogućnostima: razlaganje kriterijuma na teoretski proizvoljan broj nivoa, unosu vrednosti u kvalitativnom i kvantitativnom obliku i njihovo svođenje na bezimenu vrednost čime se na direktan način utiče na smanjenje subjektivnog uticaja donosioca odluke ili ispitanika. Postojanje mogućnosti razlaganja kriterijuma omogućava potpunije sagledavanje kompleksnosti pojedinih kriterijuma usled same složenosti istih (npr. Fizičke karakteristike m/p u sebi objedinjavaju: gustinu, dubinu, širinu, mogućnost preciznog definisanja granica m/p, težinu otkrivanja m/p, mogućnost ostavljanja prolaza u m/p, itd) ili se u modelu javlja preveliki broj kriterijuma (čak i preko 30) [5]. Odlučivanje, u određenim procesima, zasniva se na primeni ranije definisanih kriterijuma. U drugim procesima, za pojedine faze, definišu se novi kriterijumi koji ubrzavaju ili pojašnjavaju proces. Za novouočene ili manje obrađene probleme potrebno je definisati potpuno nove kriterijume radi donošenja kvalitetne odluke. Za potrebe izbora varijante izrade PO m/p dosadašnja praksa upućivala je na individualno odlučivanje donosioca odluke. Složenost savremenih borbenih dejstava nameće potrebu potpunijeg sagledavanja situacije i uzimanje u obzir većeg broja faktora predstavljenih kroz različite kriterijume. U tom cilju izvršeno je definisanje novih kriterijuma. Postupak je izvršen primenom Delfi metode. Naredni sprovedeni korak, predstavljen je određivanjem relativnog odnosa važnosti svakog kriterijuma. Vrednost relativnog odnosa važnosti elemenata procenjena je pomoću Satijeve skale relativnog značaja [3]. (Tabela 1)

Intezitet značaja	Definisanje
1	Isti značaj
3	Mala prednost
5	Velika prednost
7	Vrlo velika prednost
9	Ekstremno velika prednost
2,4,6,8	Međuvrednosti

Tabela 1: Satijeva skala relativnog značaja

Nakon definisanih kriterijuma i određivanja relativne važnosti samih kriterijuma, izvršeno je određivanje koeficijenata relativne važnosti kriterijuma.

Sa postojećim vrednostima elemenata matrice $C^{(r)}$ metoda MENOR sprovodi se u četiri osnovna koraka [7].

1. korak: Normalizacija kriterijumskih funkcija na r-tom nivou rangiranja;
2. korak: Formiranje matrice normalizovanih indeksa $V^{(r)}$;
3. korak: Ponavljanje koraka 1. i 2. r puta, uz neznatne razlike;
4. korak: Rangiraju se varijante prema nizu *padajućih vrednosti* $V_i^{(0)}$;

Dobijeni rang varijanti omogućava donosiocu odluke da se opredeli za jednu ili skup varijanti koje su najbolje u smislu ispunjavanja kriterijuma. Ova metoda ima prednost jer ne zahteva prethodnu proveru nezavisnosti kriterijuma, olakšava se određivanje relativne važnosti kriterijuma i potkriterijuma koje donosilac odluke razmatra odvojeno.

U konkretnom slučaju cilj primene metode MENOR definisan je kroz proveru dobijenih težinskih vrednosti kriterijuma i potkriterijuma, a na osnovu toga i njihov uticaj na dalje rangiranje alternativa.

3. Rešenje problema ocene modela za izradu minskih polja

Glavni problem predstavlja rangiranje definisanih kriterijuma za ocenu modela za izradu m/p u borbenim operacijama. Važno je imati u vidu da oni nemaju isti značaj u određenoj vrsti operacije, što je uslovalo posebno rangiranje za svaku vrstu operacije. Konkretno, potrebno je bilo odrediti kriterijume, a zatim njihov značaj u odnosu na ostale vrste operacija. U radu se razmatra samo odbrambena operacija.

3.1. Definisane problema

Rešava se problem ocene modela za izradu PO m/p u odbrambenoj operaciji, prikazanih u tabeli 2. U konkretnom slučaju, metodom eksperata definisano je sedam vrsta kriterijuma relevantnih za ocenu modela izrade minskih polja. Svi navedeni kriterijumi se mogu dekomponovati na određne potkriterijume, tako da su:

K₁ – Fizičke karakteristike m/p (gustina, dubina, širina, mogućnost preciznog definisanja granica m/p, težina otkrivanja m/p, mogućnost ostavljanja prolaza u m/p, trajnost – životni vek, količina ugrađenih PO mina);

K₂ – Karakteristike ugrađenih PO mina (mogućnosti ojačavanja PO mina, težina razminiranja, vreme bojeve sposobnosti, mogućnost samolikvidacije, mogućnost aktiviranja na daljinu);

K₃ – Potrebni resursi za izradu m/p (vreme, ljudstvo, broj sredstava i transportni kapaciteti);

K₄ – Ograničenja u izradi m/p (uticaj karakteristika zemljišta, uticaj doba dana, uticaj atmosferskih pojava, uticaj faze operacije, uticaj borbenog rasporeda jedinica u čijem rejonu se izrađuje m/p, uticaj KonZ-a, uticaj neprijatelja i uticaj raspoloživih sredstava);

Red. br.	Naziv kriterijuma	Alternative			
		A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
1.	Fizičke karakteristike minskog polja	Izrada PO minskog polja ručno	Izrada PO minskog polja mašinski (minopolagačem)	Izrada PO minskog polja kombinovanim načinom (mašinski i ručno)	Izrada PO minskog polja sredstvima za daljinsko miniranje na kratkim daljinama do 300m
2.	Karakteristike ugrađenih PO mina				
3.	Potrebni resursi za izradu minskog polja				
4.	Ograničenja u izradi minskog polja				
5.	Stepen zaštite ljudstva prilikom izrade minskog polja				
6.	Brzina izrade minskog polja				
7.	Namena minskog polja				

Tabela 2: Kriterijumi za ocenu modela

K₅ – Stepem zaštite ljudstva prilikom izrade m/p (stepen zaštite u različitim uslovima organizovanja odbrane, stepen zaštite pri izvršavanju dopunskog miniranja i zaštita u toku odstupanja);

K₆ – Brzina izrade m/p (raspoloživo vreme, način izrade, opremljenost jedinice tehničkim sredstvima, uticaj neprijatelja, tehničke karakteristike uređaja za miniranje), i

K₇ – Namena m/p (zaustavljanje, usmeravanje, kanalsanje, blokiranje kretanja i mogućnosti za izradu lažnog m/p).

U radu, zbog ograničenog obima sadržaja problematike, razmatrani su samo kriterijumi prvog nivoa. Podaci iz tabele 2 poslužili su kao polazni podaci u određivanju značaja određenog kriterijuma za odbrambene operacije i grupnim odlučivanjem, metodom ekspera-

ta, određene su težine i značaj kriterijuma za ocenu modela izrade PO m/p u odbrambenim operacijama koji su bitni za izbor varijante upotrebe u procesu donošenja vojnih odluka.

3.2. Rešenje problema

Primena MENOR-a omogućila je matematičko prikazivanje i dokumentovanje trenutne realnosti borbene situacije kroz rangiranje važnosti pojedinih kriterijuma, što je prikazano u tabeli 3.

Poređenje težinskih vrednosti kriterijuma ukazuje na odstupanje težine kriterijuma K₅ (Stepen zaštite ljudstva prilikom izrade m/p) u odnosu na ostale kriterijume. Time se potvrđuje potreba usmeravanja pažnje na pitanje zaštite ljudstva u uslovima vođenja savremenih operacija. Dobijena težinska vrednost upozorava na činjenicu da, u uslovima primene naoružanja poslednjih generacija i ostalih savremenih sredstava, pitanju zaštite ljudstva treba se posvetiti značajna pažnja. Ovom pitanju se pristupa krajnje pažljivo imajući u vidu da se borbenim dešavanjima u zoni izvođenja operacije povećava rizik po celokupne ljudske resurse.

Vrednost kriterijuma K₆ (Brzina izrade m/p), dodeljuje mu drugu poziciju u redosledu kriterijuma. Ovime se ističe važnost pravovremenog izvršavanja zadataka u fazi pripreme za izvođenje operacije i, jednostavno govoreći, odgovora na novonastalu situaciju u fazi izvođenja operacije. Brzina izrade m/p u velikoj meri opredeljuje uspešnost organizovanja i izvršenja odbrane, čime se stvaraju uslovi za kasnije izvršenje protivnapada.

Red. br.	Naziv kriterijuma	Vrednost kriterijuma
K₅	Stepen zaštite ljudstva prilikom izrade m/p	0,1839
K₆	Brzina izrade m/p	0,1672
K₁	Fizičke karakteristike m/p	0,1646
K₂	Karakteristike ugrađenih PO mina	0,1634
K₃	Potrebni resursi za izradu m/p	0,1373
K₇	Namena m/p	0,1079
K₄	Ograničenja u izradi m/p	0,0757

Tabela 3. – Težinske vrednosti kriterijuma

Odnos vrednosti kriterijuma K₁ (Fizičke karakteristike m/p), i kriterijuma K₂ (Karakteristike ugrađenih PO mina) dokazuje važnost ovih karakteristika. Ovakav odnos je očekivan,

imajući u vidu da je kvalitet izrađenog PO m/p uslovljen samim karakteristikama PO mina koje su, u tehničkim karakteristikama, uznapredovale veoma mnogo. Vrednosti kriterijuma K_3 (Potrebni resursi za izradu m/p) i njegova pozicija u rangu upućuje na zaključak da se pitanju resursa ne pridaje velika važnost usled realnosti situacija pri kojima će se vršiti angažovanje svih raspoloživih kapaciteta u cilju izrade minskih polja.

Vrednosti, a time i zauzeti rang, kriterijuma K_7 (Namena minskih polja) i kriterijuma K_4 (Ograničenja u izradi minskih polja) upućuju na zaključak da dodeljene najmanje vrednosti, u prvom pogledu mogu značiti da se radi o manje značajnim, ali nikako ne zanemarljivim kriterijumima.

Dodeljene vrednosti se mogu posmatrati kao posledica sagledavanja koncepta izvođenja savremenih operacija (brzina manevra, udari sa distance i velika vatrena moć) i uočenih posledica nastalih primenom savremenih sredstava ratne tehnike na ljudske resurse (vojne i civilne) u zoni izvođenja operacije. Ovakvi rezultati takođe, upućuju na zaključak da se shvatanja o odbrambenim operacijama, kao pretežno statičnog elementa u okviru dejstva, menjaju.

Na osnovu ovako definisanih i vrednovanih kriterijuma izvršeno je vrednovanje alternativa. Rezultati su predstavljeni u tabeli 4.

Red. br.	Naziv alternative	Vrednost alternative
A4	Izrada m/p primenom sredstava za daljinsko miniranje na kratkim daljinama	0,3750
A3	Izrada m/p kombinovano	0,2163
A1	Izrada m/p ručno	0,2155
A2	Izrada m/p mašinski (minopolagačem)	0,1931

Tabela 4. – Rang alternativa

Dobijeni vrednosti ponuđenih alternativa upućuju na zaključak da je model izrade m/p korišćenjem sredstava za daljinsko miniranje na kratkim daljinama (do 300m) pri zaprečavanju značajno dominantan u odnosu na ostale alternative.

Prikazani model je na naučnim osnovama potvrdio ono što većina lica, koja se bave ovom problematikom, i pretpostavlja. Način izrade m/p korišćenjem sredstava za daljinsko miniranje na kratkim daljinama prednjači u

odnosu na ostale načine izrade PO minskih polja.

4. Zaključak

Dobijeni rezultati pokazuju da primena metode normalizacije kriterijumskih funkcija na više nivoa, kao metode operacionih istraživanja, može imati uspešnu primenu u procesu ocena modela izrade minskih polja u odbrambenoj operaciji, posebno u sferi rangiranja kriterijuma i njihovog značaja kao elementa ocena modela. To je posebno važno za komandanta i komande, koji su akteri ovih procesa, jer daju osnovne vrednosti izražene u kvantifikaciji određenih kriterijuma, što predstavlja korak napred ka donošenju realnih odluka kojima mogu ostvariti definisane ciljeve.

Konkretna važnost primene metode normalizacije kriterijumskih funkcija na više nivoa, u kombinaciji sa drugim metodama, pokazuje neophodnost uvažavanja: postojanja većeg broja kriterijuma i potkriterijuma koji utiču na donošenje odluke; kvantifikovanih podataka kao pokazatelja pri izboru varijante u procesu odlučivanja u odbrambenoj operaciji; realnog sagledavanja svih aspekata koji prate određene procese i rizike u operacijama i neophodnost zahteva da komandanti trebaju poznavati veliki spektar relevantnih kriterijuma u procesu odlučivanja.

Bibliografija

- [1] Doktrina Vojske Srbije, GŠ VS, Medija centar „Obrana“, Beograd, 2010.
- [2] Pravilo Zaprečavanje i savlađivanje veštačkih prepreka, SSNO, UI-2/3, VINC, Beograd, 1989.
- [3] Saaty, T. L. (1980). The analytic hierarchy process. McGraw-Hill, New York,
- [4] Zelenović, D. Projektovanje proizvodnih sistema, Naučna knjiga, Beograd, 1987.
- [5] Mišković, V., Đukić, R., Kerec, Z., Izbor lokacije poljskog skladišta, Vojnotehnički glasnik, 3/91, 1991.
- [6] Đukić, R., Rangiranje alternative metodom normalizacije kriterijumskih funkcija na više nivoa, Naučno-tehnički pregled, Vol XXXIX, 1989, Br.6, UDK:519.872(047) = 861/862
- [7] Borović, S., Milićević, M.: Zbirka zadataka iz odabranih oblasti operacionih istraživanja, SŠONID, UNID, VA, Beograd, 2001.

Formulisanje opcija strategijskog upravljanja transportom primenom FUZZY SWOT analize

Srđan Dimić

Ministarstvo odbrane, Uprava za strategijsko planiranje, *Birčaninova 5*, Beograd
e-mail: srdjan.dimic@mod.gov.rs

Srđan Ljubojević

Univerzitet odbrane, *Vojna akademija, Pavla Jurišića Šturma 33*, Beograd
e-mail: srdjan.ljubojevic@va.mod.gov.rs

Milan Kankaraš

Ministarstvo odbrane, Uprava za strategijsko planiranje, *Birčaninova 5*, Beograd
e-mail: milan.kankaras@mod.gov.rs

Apstrakt. U skladu sa aktuelnom ekonomskom situacijom u zemlji i konstantnim smanjenjem budžetskih izdvajanja za potrebe odbrane, izražena je potreba racionalnog korišćenja raspoloživih resursa i sprovođenja održivih strategija razvoja. Polaznu osnovu u procesu strategijskog upravljanja čini pravilno shvatanje i analiza internog i eksternog okruženja, na osnovu kojih se definišu realne i održive strategije.

Ako se upravljanje transportom u sistemu odbrane posmatra sa aspekta sistema, suštinski važna premisa upravljanja tim sistemom jeste postojanje strategije, u smislu jasno definisanog željenog stanja sistema i skupa upravljačkih mera kojima će se to stanje dostići. U radu je prikazana mogućnost da se opcije strategijskog upravljanja transportom u sistemu odbrane formulišu primenom metoda strategijskog menadžmenta, na osnovu procene karaktera i intenziteta uticaja strategijskih faktora.

Proces razvoja opcija strategijskog upravljanja transportom u sistemu odbrane, zasnovan je na osnovnim idejama SWOT analize. Usled neizvesnog karaktera velikog broja uticajnih faktora za utvrđivanje mogućih opcija strategijskog upravljanja upotrebljena je fuzzy SWOT analiza.

Ključne reči: strategijsko upravljanje, transport, FUZZY SWOT.

1. Uvod

U potrazi za načinom unapređenja kvaliteta ponuđenih usluga i smanjenjem transportnih troškova, kao i povećanjem produktivnosti rada samih transportnih jedinica, primena metoda strategijskog menadžmenta može biti korisna pri analizi uticajnih faktora i izboru strategije upravljanja.

Suštinski važna premisa upravljanja transportom u sistemu odbrane, sa aspekta sistema, jeste postojanje održive strategije. Iako se pojam strategije može različito tumačiti, u ovom radu strategija upravljanja transportom posmatra se kao željeno stanje

sistema i skup upravljačkih mera kojima će se to stanje dostići (Ranković, 2006).

Za utvrđivanje mogućih opcija strategijskog upravljanja transportom upotrebljena je fuzzy SWOT analiza, usled neizvesnog karaktera velikog broja uticajnih faktora. Analizom transporta u sistemu odbrane i njegovog okruženja formiran je skup internih i eksternih faktora i procenjene su njihove vrednosti. Evaluacija strategijskih faktora izvršena je prema pristupu u (Ghazinoory, et al., 2007), dok je pri formulisanju strategijskih opcija posmatran procenat pripadnosti površine projekcije alfa preseka određenom „strategijskom” kvadrantu.

2. Proces razvoja strategijskih opcija

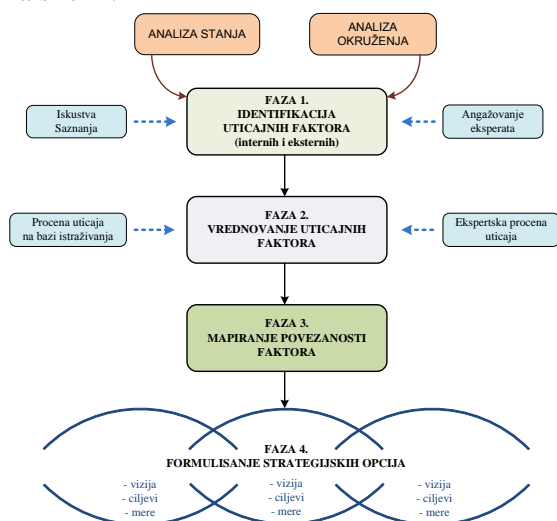
Formulisanje strategije uvek podrazumeva retrospektivni, introspektivni i prospektivni pogled na funkcionisanje sistema. Takođe, pri analizi strategijskih opcija treba imati u vidu da izabrana strategija mora da zadovolji nekoliko osnovnih uslova (Ansoff & McDonnell, 1990):

- da je u skladu sa poslovnom politikom;
- da sa sobom nosi prihvatljiv nivo rizika;
- da je konzistentna sa eksternim okruženjem;
- da je prihvatljiva sa aspekta raspoloživih resursa;
- da ima prihvatljiv vremenski horizont, shodno hitnosti implementacije, periodu prihvatanja i početka delovanja strategije;
- da je izvodljiva i da su joj rezultati merljivi itd.

Ove kriterijume treba da zadovolji i adekvatna strategija upravljanja transportom u sistemu odbrane Republike Srbije.

Teorija i praksa strategijskog upravljanja koriste niz metoda i tehnika kojima se stiče uvid u uslove funkcionisanja organizacije - sistema i formulišu odgovarajuće strategije. Usled svoje sistematičnosti, transparentnosti i relativno jednostavne primene, među najčešće korišćenim izdvaja se SWOT analiza.

Proces razvoja opcija strategijskog upravljanja transportom u sistemu odbrane, zasnovan na osnovnim idejama SWOT analize, uz izvesne modifikacije, prikazan je na slici 1.



Slika 1. Proces formulisanja strategijskih opcija zasnovan na idejama SWOT analize

3. FUZZY SWOT analiza

Osnovna ideja SWOT analize ogleda se u obezbeđenju konceptualnog okvira za izbor strategijske opcije, povezivanjem internih i eksternih faktora koji utiču na funkcionisanje posmatranog sistema. U nastojanjima da se prevaziđu nedostaci klasičnog koncepta SWOT analize, prvenstveno sa ciljem da se umanjí uticaj subjektivnosti analitičara, da se uticajni faktori na neki način kvantifikuju, da se uvaží neodređenost faktora i da se omogući prioritizacija strategija, razvijena je modifikacija koja počiva na principima fuzzy logike – fuzzy SWOT analiza (Ghazinoory, et al., 2007).

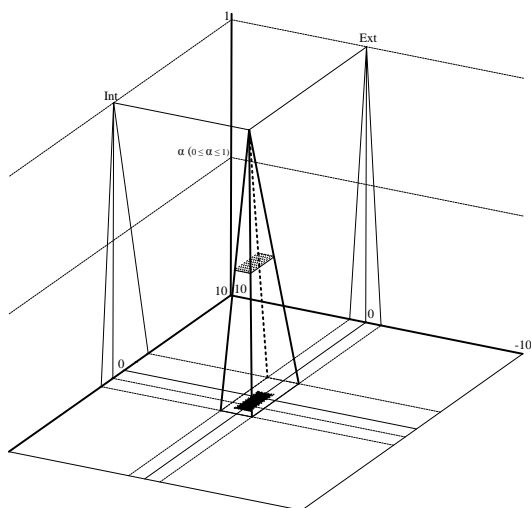
Polaznu osnovu fuzzy pristupa SWOT analizi predstavlja činjenica da se pojedini faktori, u odgovarajućoj meri, istovremeno mogu posmatrati i kao šansa i kao pretnja, odnosno i kao snaga i kao slabost. Pri ovakvom tumačenju faktora, adekvatan pristup proceni njihovog karaktera predstavlja fuzzy vrednost kojom će ta specifičnost biti izražena. Naime, karakter svakog posmatranog faktora može se predstaviti fuzzy brojem čija funkcija pripadnosti, u načelu može biti proizvoljnog oblika, ali je radi jednostavnosti operacija u postupku analize, praktično koristiti trouglaste fuzzy brojeve ($A=(a^l, a^m, a^u)$), gde je a^l - donja ili pesimistička vrednost, a^m - srednja ili najverovatnija vrednost i a^u - gornja ili optimistička vrednost faktora.

Zadatak menadžera, odnosno analitičara, angažovanih na formulisanju strategijskih opcija jeste fuzzy procena karaktera svakog od posmatranih faktora. Procena i eksternih i internih faktora vrši se na brojevnoj pravoj u intervalu $[-10, +10]$, gde negativna vrednost ukazuje na to da posmatrani faktor predstavlja pretnju, odnosno slabost, a pozitivna vrednost da posmatrani faktor predstavlja šansu, odnosno snagu.

Nakon utvrđivanja međusobne povezanosti faktora, u postupku mapiranja, potrebno je izvršiti agregaciju procenjenih vrednosti funkcija pripadnosti povezanih internih i eksternih faktora u parovima. Postupak agregacije rezultira skupom piramida

koje predstavljaju pretpostavke za formulisanje strategijskih opcija.

Postupak formulisanja strategijskih opcija, na osnovu rezultata agregacije, svodi se na izbor α preseka ($0 \leq \alpha \leq 1$) formiranih piramida, njihovu projekciju na ravan baza piramida, odnosno ravan SWOT matrice (slika 2) i utvrđivanje ispunjenosti kriterijuma za izbor kombinacija faktora.



Slika 2. Alfa presek i njegova projekcija na ravan SWOT matrice

Kao kriterijum, na osnovu koga će se utvrđivati gradivni faktori strategijskih opcija, preporučuje se izbor jednog od sledećih (Ghazinoory, et al., 2007):

- minimalno euklidsko odstojanje od temena matrice do granice projekcione površine;
- minimalna udaljenost od temena matrice do centra gravitacije projekcione površine, ili
- maksimalan procenat projekcione površine koji se nalazi u odgovarajućem kvadrantu matrice.

Strategijske opcije se potom formulišu na osnovu kombinacije faktora čiji su uticaji međusobno povezani, a koji u najvećoj meri zadovoljavaju izabrani kriterijum. Pri formulisanju strategijskih opcija treba imati u vidu i eventualnu indirektnu povezanost faktora, koji u kombinaciji zadovoljavaju izabrani kriterijum.

4. Formulisanje opcija strategijskog upravljanja transportom u sistemu odbrane

Imajući u vidu trenutno stanje transporta u sistemu odbrane, kao i aktuelne i buduće potrebe jedinica Vojske Srbije, formiran je

skup internih i eksternih faktora koji na upravljanje transportom ispoljavaju uticaj strategijskog karaktera. S obzirom da se pojedini faktori, razmatrani u SWOT analizi, istovremeno mogu posmatrati i kao šansa i kao pretnja, odnosno i kao snaga i kao slabost, priroda njihovog uticaja je predstavljena trouglastim fuzzy brojevima $A=(a^l, a^m, a^u)$, čije funkcije pripadnosti imaju oblik:

$$\mu_A x = \begin{cases} 0; & x \leq a^l \\ \frac{x - a^l}{a^m - a^l}; & a^l \leq x \leq a^m \\ \frac{a^u - x}{a^u - a^m}; & a^m \leq x \leq a^u \\ 0; & x \geq a^u \end{cases} \quad (1)$$

Tokom realizacije prve dve faze procesa - Identifikacija strategijskih faktora i Vrednovanje uticajnih faktora, preporučuje se primena neke od metoda grupnog odlučivanja, odnosno metoda ekspertskih mišljenja (Ljubojević, et al., 2014). Radi pojednostavljenja postupaka realizacije aktivnosti, ovom prilikom, tokom ilustracije predloženog procesa formulisanja strategijskih opcija upravljanja transportom u sistemu odbrane nisu angažovani eksperti već su strategijski faktori, procene njihovog uticaja i druge neophodne pretpostavke subjektivno generisani. Rezultat prve dve faze procesa predstavlja skup internih i eksternih faktora, koji imaju najveći uticaj na strategijsko upravljanje transportom u sistemu odbrane.

Formulisanje opcija strategijskog upravljanja transportom izvršeno je na osnovu evaluacije strategijskih faktora, povezanosti njihovih uticaja, izabrane vrednosti alfa preseka ($\alpha = 0.5$) i maksimalnog procenta pripadnosti projekcijske površine α preseka određenom „strategijskom” kvadrantu. Relevantnim kombinacijama faktora za formulisanje opcija smatrane su one kombinacije čija projekcija alfa preseka u potpunosti (100%) pripada nekom od strategijskih kvadranta.

Pregled kombinacija strategijskih faktora sa procentima projekcijskih površina po kvadrantima matrice dat je u tabeli 1.

Interni faktori	Eksterni faktori	% površine u I kvadrantu	% površine u II kvadrantu	% površine u III kvadrantu	% površine u IV kvadrantu
Int 1	Ext 1	100,00	0,00	0,00	0,00
Int 1	Ext 2	33,33	0,00	0,00	66,67
Int 1	Ext 3	80,00	0,00	0,00	20,00
Int 1	Ext 4	100,00	0,00	0,00	0,00
Int 1	Ext 5	0,00	0,00	0,00	100,00
Int 2	Ext 1	100,00	0,00	0,00	0,00
Int 2	Ext 2	33,33	0,00	0,00	66,67
Int 2	Ext 3	80,00	0,00	0,00	20,00
Int 2	Ext 4	100,00	0,00	0,00	0,00
Int 2	Ext 5	0,00	0,00	0,00	100,00
Int 3	Ext 1	100,00	0,00	0,00	0,00
Int 3	Ext 2	33,33	0,00	0,00	66,67
Int 3	Ext 3	80,00	0,00	0,00	20,00
Int 3	Ext 4	100,00	0,00	0,00	0,00
Int 3	Ext 5	0,00	0,00	0,00	100,00
Int 4	Ext 1	0,00	100,00	0,00	0,00
Int 4	Ext 2	0,00	33,33	66,67	0,00
Int 4	Ext 3	0,00	80,00	20,00	0,00
Int 4	Ext 4	0,00	100,00	0,00	0,00
Int 4	Ext 5	0,00	0,00	100,00	0,00
Int 5	Ext 1	0,00	100,00	0,00	0,00
Int 5	Ext 2	0,00	33,33	66,67	0,00
Int 5	Ext 3	0,00	80,00	20,00	0,00
Int 5	Ext 4	0,00	100,00	0,00	0,00
Int 5	Ext 5	0,00	0,00	100,00	0,00

Tabela 1. Kombinacije faktora i procenti

projekcijskih površina po kvadrantima matrice

Shodno izdvojenim kombinacijama faktora koje su relevantne za formulisanje strategijskih opcija, ekstrahovane su dve alternativne opcije strategijskog upravljanja transportom u sistemu odbrane:

Strategijska opcija 1 (Gradivni faktori su Int 1, Int 2, Int 3, Ext 1, Ext 4 i Ext 5 – Strategija iskorišćenja šansi i ublažavanja pretnji oslanjanjem na svoje snage): Na bazi saradnje u oblasti transporta i razmene iskustava sa stranim oružanim snagama i transportnim organizacijama u društvu, sa osloncem na prihvaćene principe razvoja transporta u sistemu odbrane, postojeća doktrinarna dokumenta i sturčnost sopstvenih kadrovskih resursa, dovršiti započeti proces normativnog uređenja transporta i, u uslovima ograničenih finansijskih sredstava, raznovrsnim merama centralizacije i optimizacije izgraditi efektan i efikasan sistem upravljanja transportom.

Strategijska opcija 2 (Gradivni faktori su Int 4, Int 5, Ext 1, Ext 4 i Ext 5 – Strategija ublažavanja svojih slabosti kroz ostvarenje šansi i izbegavanje ili ublažavanje opasnosti): Usled nepovoljne starosne strukture vojnih motornih vozila, kao i neadekvatnog dimenzionisanja, položaja i uloge organa saobraćajne službe u uslovima ograničenih finansijskih sredstava, optimizacijom u transportu i postepeniim znavljanjem voznog parka, kroz outsourcing pristup i partnerske odnose, obezbediti zadovoljenje transportnih potreba sistema odbrane, uz postepeno stvaranje uslova da se kroz proces organizacionih promena omogući implementacija adekvatnog modela strategijskog upravljanja transportom.

5. Zaključak

Uvažavajući promenljivost i karakter neizvesnosti u prirodi svih situacionih faktora, koji ispoljavaju uticaj na funkcionisanje transporta, pristup formulisanju opcija strategijskog upravljanja transportom u sistemu odbrane treba biti zasnovan na primeni fuzzy logike. Sam proces nužno treba biti fazno strukturiran, uz potpuno prihvatanje ekspertskih mišljenja. Samo tako formulisana strategija može imati kredibilitet i pretendovati da bude predvidivo ostvarljiva i održiva. Treba imati na umu i da svako angažovanje eksperata zahteva i ocenu njihove kompetencije.

Razvoj strategijskih opcija u radu treba posmatrati više sa metodološkog aspekta, nego sa aspekta izbora adekvatne strategijske opcije, upravo zbog neangažovanja eksperata u procesu identifikacije i procene uticaja strategijskih faktora.

Bibliografija

- [1] Ranković Ž.: Upravljanje bezbednošću saobraćaja u Vojsci, doktorska disertacija, Vojna akademija, Beograd, 2006.
- [2] Ghazinoory S., Esmail Zadeh A. & Memariani A.: Fuzzy SWOT analysis, Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, 18 (2007) 99-108.
- [3] Ansoff H. I. & McDonnell E.: Implanting Strategic Management, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1990.
- [4] Ljubojević S., Dimić S., Luković N.: Analitičnost u definisanju strategijskih opcija na primeru razvoja multimodalnog transporta u Vojsci Srbije, Vojnotehnički glasnik, 2 (2014), 74-95.

Izrada portfolio matrice za analizu ljudskih resursa primenom fuzzy logičkog sistema tip-2

Dragan Pamučar

*Vojna akademija, Univerzitet odbrane u Beogradu, ul. Pavla Jurišića Šturma 33, 11000 Beograd
e-mail: dpamucar@gmail.com*

Vesko Lukovac

*Vojna akademija, Univerzitet odbrane u Beogradu, ul. Pavla Jurišića Šturma 33, 11000 Beograd
e-mail: veskolukovac@yahoo.com*

Darko Božanić

*Vojna akademija, Univerzitet odbrane u Beogradu, ul. Pavla Jurišića Šturma 33, 11000 Beograd
e-mail: dbozanic@yahoo.com*

Apstrakt. U ovom radu prikazan jedan pristup unapređenju portfolio matrice za analizu ljudskih resursa u jedinicama saobraćajne podrške Vojske Srbije (VS), primenom nove generacije fuzzy logičkih sistema (fuzzy logički sistemi tip-2). Ova vrsta fuzzy logičkih sistema predstavlja značajno unapređenje postojećih fuzzy logičkih sistema tipa-1. Fuzzy logički sistemi tip-2 baziraju se na primeni novih intervalnih fuzzy brojeva, koji kvalitetnije razmatraju neodređenosti u odnosu na klasične fuzzy brojeve. Fuzzy logički sistem prikazan u ovom radu prevodi neodređenosti i neizvesnosti, koje prate portfolio analizu ljudskih resursa, u algoritam. Takav algoritam pravi razliku između podataka koji se jasno uklapaju u definisane skale procene i onih koji se nalaze na granicama vrednosti. Testiranje modela izvršeno je na ilustrativnim podacima. Podaci dobijeni testiranjem FLS-a tip-2 pokazuju da je preslikana portfolio matrica pogodna osnova za razvoj portfolio matrice za analizu vozača u transportnim jedinicama VS.

Ključne reči: fuzzy skup tip-2, fuzzy logički sistem tip-2, portfolio matrica, ljudski resursi.

1. Uvod

Svrha logistike u Vojski Srbije (VS) je da obezbedi stalnu podršku jedinicama u svim uslovima. Nosilac saobraćajne podrške VS, kao jedne od najvažnijih funkcija njenog logističkog obezbeđenja, je saobraćajna služba. Najveći deo ljudskih resursa u saobraćajnom sistemu angažovan je u izvršnim službama, te se čini primerenom procena da oko 70% ljudskih resursa u saobraćaju učestvuje u neposrednom obavljanju transportnog procesa, dok je preostali deo angažovan na poslovima administracije i uprave.

Jedinice saobraćajne podrške svakog dana primaju veliki broj transportnih zahteva od strane ostalih jedinica VS koje žele da prevezu različite vrste tereta ka različitim odredištima. Za uspešno funkcionisanje saobraćajne podrške, saobraćajnoj službi su neophodni prvenstveno kvalitetni ljudski resursi na izvršnom nivou – vojni vozači. Portfolio koncept kao efekatan okvir za analizu ljudskih resursa, predstavlja snažan alat za stvaranje uravnoteženog portfolia ljudskih resursa. Shodno tome, u ovom radu je prikazana postavka portfolio

matrice za analizu vozača u transportnim jedinicama VS koja je zasnovana na fuzzy logičkom sistemu tipa-2.

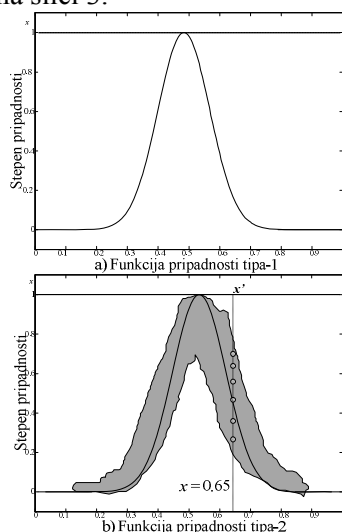
U narednoj sekciji rada prikazane su osnovne postavke fuzzy logičkih sistema tip-2 i ukratko je dat prikaz razlika između fuzzy skupova tipa-1 i tipa-2. U trećoj sekciji rada date su osnovne postavke FLS-a tip-2 u koji je preslikana portfolio matrica za analizu ljudskih resursa u jedinicama saobraćajne podrške VS. U četvrtoj sekciji rada data su zaključna razmatranja.

2. Fuzzy logički sistemi tip-2

Fuzzy skupovi i fuzzy logički sistemi (FLS) tipa-2 generalizuju fuzzy skupove i FLS tipa-1, što omogućava upravljanje većim brojem nepouzdanosti, nesigurnosti i neizvesnosti. Od samog početka primene fuzzy skupova, postojale su kritike da u fuzzy skupovima tipa-1 kod funkcije pripadnosti ne postoji neizvesnost, što protivreći reči *fuzzy*, budući da je konotacija te reči veliki broj nepouzdanosti. Postavlja se pitanje šta uraditi kada postoji nepouzdanost u stepenu pripadnosti fuzzy skupu. Odgovor na ovo pitanje dao je 1975. godine

prof. Lotfi A. Zadeh. Zadeh je predložio sofisticiranije vrste fuzzy skupova koje je nazvao fuzzy skupovi tipa-2. Fuzzy skup tipa-2 omogućava da se neizvesnosti u vezi sa funkcijom pripadnosti ugrade u teoriju fuzzy skupova, i direktan je način za rešavanje pomenutih kritika fuzzy skupova tipa-1. Time je omogućeno da ukoliko ne postoji neizvesnost, fuzzy skup tipa-2 se svodi na fuzzy skup tipa-1, koji je analogan smanjenju verovatnoće do određenosti kada nepredvidljivost nestane. Kako bi simbolično razlikovali fuzzy skup tipa-1 i fuzzy skup tipa-2, simbol (\sim) se stavlja iznad simbola za fuzzy skup tipa-2. Tako A označava fuzzy skup tipa-1, dok \tilde{A} označava uporedivi fuzzy skup tipa-2.

Funkcija pripadnosti fuzzy skupu tipa-2 nastaje kada kod tipa-1 funkcije pripadnosti, slika 1a, prikazemo u rasplinjutoj formi levu i desnu granicu intervala poverenja, kao što je prikazano na slici 1b. Tada dobijamo tip-2 funkciju pripadnosti koja je prikazana na slici 3.



Slika 1. Funkcija pripadnosti tipa-1 (a) i rasplinjuta funkcija pripadnosti tipa-1 (b)

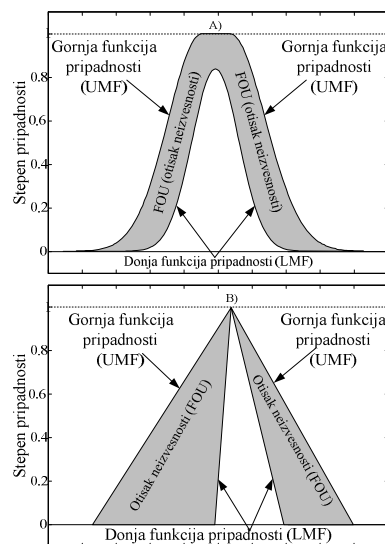
U ovom slučaju, za određene vrednosti promenljive x' funkcija pripadnosti ima različite vrednosti stepena pripadnosti, tako da možemo da odredimo stepene pripadnosti za svaku od tačaka (x'). Ponavljanjem prikazanog postupka za sve elemente $x \in X$ dobijamo trodimenzionalnu funkciju pripadnosti (tip-2 funkcija pripadnosti, kojom se opisuju tip-2 fuzzy skupovi (Castillo and Melin, 2008; Mendoza et al, O, 2009).

Kod funkcije pripadnosti opšteg fuzzy skupa tipa-2 (\tilde{A}), slika 2, vrednost funkcije pripadnosti u svakoj tački treće dimenzije opisuje se dvodimenzionalnim domenom koji se zove otisak neizvesnosti (engl. footprint of uncertainty – FOU). FOU predstavlja zamućenje funkcije pripadnosti kod tipa-1 (Slika 2). Tip-2 funkcija pripadnosti opisana (oivičena) je sa dve funkcije pripadnosti tipa-1, \overline{X} i \underline{X} , koje se još nazivaju gornja funkcija pripadnosti (engl. upper membership function - UMF) i donja funkcija pripadnosti (engl. lower membership function -

LMF), respektivno. Obe funkcije UMF i LMF su predstavljene fuzzy skupom tipa-1. Prema tome, moguće je koristiti aritmetičke operacije fuzzy skupa tipa-1 za karakterizaciju i rad sa fuzzy skupovima tipa-2. To znači da poznavaoi fuzzy skupova tipa-1 neće morati da ulažu mnogo vremena kako bi razumeli i koristili fuzzy skupove tipa-2.

Oblast koja je ograničena UMF i LMF naziva se FOU. Ukoliko se radi o normalizovanom fuzzy skupu tip-2 gde je $\mu_{\tilde{A}}(x,u) = 1, \forall u \in J_x \subseteq [0,1]$ funkciju pripadnosti prikazujemo kao na slici 2.

Fuzzy skupovi tipa-2 nalaze veoma široku primenu u FLS, pošto omogućavaju modelovanje neizvesnosti koje ne mogu biti modelovane fuzzy skupovima tipa-1. FLS koji su opisani najmanje jednim tip-2 fuzzy skupom nazivaju se još i FLS tip-2. FLS tipa-1 nemaju sposobnost da opisuju i procesuiraju neizvesnosti koje postoje u pravilima FLS-a, pošto koriste fuzzy skupove tip-1 kod kojih je stepen pripadnosti predstavljen pojedinačnim numeričkim vrednostima.

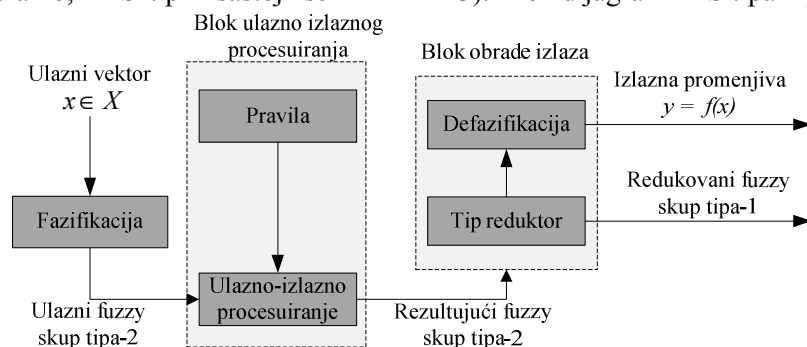


Slika 2. FOU fuzzy skupa tipa-2 (gausova i trougaona funkcija pripadnosti)

Sa druge strane FLS tip-2 su korisni za primenu u uslovima u kojima je teško odrediti vrstu i pojedine parametre funkcija pripadnosti i omogućavaju eksploataciju neizvesnosti koje javljaju u bazi pravila. Fuzzy skupovi tipa-1 nastali su kao posledica nemogućnosti krutog definisanja pripadnosti elementa x skupu. Veoma često se dešava da ne može da se odredi stepen pripadnosti elementa x skupu X sa 0 ili 1. Za opisivanje navedene neizvesnosti koriste se tip-1 fuzzy skupovi. Slično tome, u slučajevima kada je teško odrediti stepen pripadnosti (kao realan broj) elementa x u intervalu $[0,1]$, koriste se fuzzy skupovi tip-2.

Kao i kod FLS-a tip-1 i kod FLS tipa-2 ulazno-izlazne promenljive povezane su IF-THEN pravilima kod kojih su konsekvence (konkluzije) pravila predstavljene fuzzy skupovima tipa-2. FLS

tip-2 najčešće se koristi kada su okolnosti njihove primene suviše neizvesne, odnosno kada je skup podataka za obučavanje „pogođen“ šumom (neizvešnošću). Generalno, FLS tip-2 sastoji se iz



Slika 3. Fuzzy logički sistem tipa-2

Poznato je da primena FLS tip-2 omogućava modeliranje i minimiziranje efekata neizvesnosti u bazi pravila. Nažalost, FLS tip-2 su kompleksniji za modelovanje i razumevanje od FLS-a tip-1 pa zato njihova primena još uvek nije široko rasprostranjena (Mendel, 2001). Kao opravdanje za korišćenje FLS-a tip-2 Castro et al (2008) navode izvore neizvesnosti koje ne mogu uspešno da se obrađuju FLS tip-1. Detaljniji opis algoritma aproksimativnog rezonovanja i pojedinih blokova FLS tip-2 mogu da se pogledaju u Liu and Mendel (2008), Juang et al (2009) i Khosravi and Nahavandi (2014).

3. Portfolio matrica za analizu ljudskih resursa: Pristup primenom FLS tip-2

Osnova za postavku portfolio matrice za analizu vozača u transportnim jedinicama VS, bila je matrica koja se prema (Zelenika i Pupavac 2004) preporučuje za analizu ljudskih resursa u transportnim preduzećima, a koja počiva na "BCG" portfolio modelu. Varijable sa kojima se operiše kod ovog modela su radna uspešnost i razvojni potencijal, a kompletiranje matrice se sastoji od četiri koraka (Lukovac et al, 2013).

Sledeći korak je dređivanje položaja radnika u matrici pri čemu se svaki od radnika klasifikuje na jedan od sledećih načina (Zelenika i Pupavac 2004): Niska radna uspešnost/visok razvojni potencijal: "upitnici"; Visoka radna uspešnost/visok razvojni potencijal: "zvezde"; Visoka radna uspešnost/nizak razvojni potencijal: "konji za vuču"; Niska radna uspešnost/nizak razvojni potencijal: "klade". Klasična portfolio matrica (Lukovac et al, 2013) podrazumeva "oštru" klasifikaciju posmatranih elemenata ili atributa. Oštrom klasifikacijom atributi su raspoređeni tako da pripadaju isključivo jednoj klasi elemenata. Često je u stvarnosti nemoguće primeniti oštru klasifikaciju elemenata portfolio matrice. Primenom fuzzy logike za fazifikaciju i identifikaciju faktora portfolio matrice, odnosno njihovog uticaja na planiranje portfolia ljudskih resursa, eliminišu se navedeni problemi. Autori

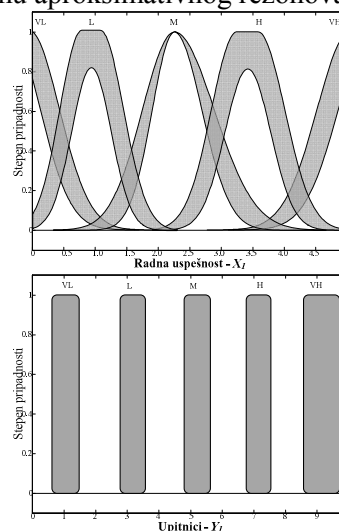
pet elemenata: fazifikatora, baze pravila, algoritma aproksimativnog rezonovanja (ulazno-izlazno procesuiranje), tip-reduktora i defazifikatora (Slika 3). Blok dijagram FLS tipa-2 prikazan na slici 3.

rada su se opredelili za primenu fuzzy skupova tipa-2, odnosno FLS tip-2 zbog bolje eksploatacije neizvesnosti u bazi pravila.

U narednom koraku, opisana portfolio matrica preslikana je u FLS tip-2. FLS tip-2 predstavljen je sa dve ulazne promenljive (Radna uspešnost - X_1 i Razvojni potencijal - X_2) i četiri izlazne promenljive (Klade - Y_1 , Konji za vuču - Y_2 , Upitnici - Y_3 i Zvezde - Y_4).

Vrednost izlaznih promenljivih nalazi se u intervalu [0,10]. Na slici 4 predstavljene su funkcije pripadnosti ulazne promenljive X_1 i izlazne promenljive Y_1 . Pošto se radi u Takagi-Sugeno vrsti FLS-a tip-2 funkcije pripadnosti izlazne promenljive opisane su singleton funkcijama.

Nakon fazifikacije ulaznih podataka, dobijeni ulazni fuzzy skupovi se mapiraju u izlazne fuzzy skupove pomoću posledičnog bloka. Ovo se postiže tako što se vrši kvantifikacija svakog pravila primenom teorije fuzzy skupova u mehanizmu aproksimativnog rezonovanja.



Slika 4. Funkcije pripadnosti ulazne promenljive X_1 i izlazne promenljive Y_1

Algoritam aproksimativnog rezonovanja sprovodi se kroz faze aktivacije i akumulacije fuzzy skupova (Wu & Mendel, 2007a; Wu & Mendel, 2007b; Castillo & Melin, 2008; Yeh i

dr., 2011). Slaganjem značajnosti pravila (faza akumulacije) dobija se rezultujući fuzzy skup tipa-2 (Zhou i dr, 2009).

Nakon fazifikacije ulaznih vrednosti (X_1 i X_2) za svakog radnika određuje se položaj u matrici pri čemu vrši klasifikacija na osnovu pripadnosti izlaznoj promenljivoj FLS-a (Y_1 , Y_2 , Y_3 i Y_4). Testiranje modela prikazano je u tabeli 1.

R.br.	X_1	X_2	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4
1.	3.58	2.38	2.785	1.356	5.263	4.614
2.	3.67	2.87	2.150	1.894	4.842	5.829
3.	4.58	3.09	0.520	0.634	6.672	7.049
4.	5.00	3.42	0.219	0.502	6.121	7.929
5.	4.21	3.25	0.879	1.417	5.481	7.198
6.	4.19	4.12	0.211	2.705	2.905	9.030
7.	3.95	4.05	0.372	3.601	2.679	8.674
8.	2.54	4.51	0.939	7.342	0.574	6.663
9.	2.68	4.89	0.493	7.629	0.396	7.461
10.	3.05	5.00	0.263	7.021	0.492	8.435
11.	4.31	4.69	0.032	2.689	1.622	9.673

Tabela 1. Analiza ljudskih resursa primenom FLS tip-2

Na izlazu iz FLS-a pokazuje se pripadnost svakog radnika (vozača) promenljivim Y_1 , Y_2 , Y_3 i Y_4 . Broj *upitnika*- Y_3 (problematičnih radnika) - onih koji mogu ali neće, potrebno je svesti na najmanju moguću meru. Isto važi i za *klade*- Y_1 . Dugoročno gledano sve *klade* i dobar deo onih koji mogu ali neće, predstavljaju potencijalne kandidate za eliminaciju iz portfolia ljudskih resursa saobraćajnog preduzeća. Njihov ukupan broj u portfoliu ljudskih resursa ne bi smeo prelaziti 20 %. Svodenjem njihovog broja na najmanju moguću meru, automatski se povećava efektivnost ulaganja u obrazovanje i obuku ostalih radnika. Broj *zvezda*- Y_4 i *konja za vuču*- Y_2 potrebno je maksimizirati s tim da bi broj *zvezda* trebao činiti barem 10 % portfolia ljudskih resursa (Zelenika i Pupavac 2004).

4. Zaključak

Portfolio analiza, kao jedna od tehnika strateškog menadžmenta, je veoma pogodna za analizu ljudskih resursa, a sve u cilju stvaranje uravnoteženog portfolia istih. U ovom radu je prikazana metodologija postavke portfolio matrice na osnovu koje bi se moglo pristupiti analizi vozača u transportnim jedinicama VS. Polazna osnova je bila matrica za analizu ljudskih resursa koji počiva na "BCG" portfolio modelu.

Na osnovu rezultata istraživanja prikazanih u ovom radu, može se zaključiti da je FLS tip-2, u koji je preslikana "BCG" portfolio matrica (radna uspešnost – razvojni potencijal), pogodna osnova za razvoj portfolio matrice za analizu vozača u

transportnim jedinicama VS. Prikazana metodologija razvoja ove matrice, može imati i širu primenu – za razvoj portfolio matrica za analizu ljudskih resursa i u ostalim jedinicama VS. Dalja istraživanja i unapređenja prikazane metodologije moguće je usmeriti u pravcu preslikavanja FLS-a tip-2 u adaptivnu neuronsku mrežu tip-2, uz primenu heurističkih algoritama za obučavanje adaptivne neuronske mreže tip-2.

Bibliografija

- [1] **O. Castillo, P. Melin**, Type-2 Fuzzy Logic: Theory and Applications, Springer, Heidelberg, 2008;
- [2] **J. R. Castro, O.Castillo, P. Melin and A. Rodriguez-Diaz**. Building fuzzy inference systems with a new interval type-2 fuzzy logic toolbox. Transactions on computational science. 4750, 2008, 104–114.
- [3] **C.F. Juang, R.B. Huang and Y.Y. Lin**. A recurrent self-evolving interval type-2 fuzzy neural network for dynamic system processing. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 17, 2009, 1092–1105.
- [4] **A. Khosravi and S. Nahavandi**. Effects of type reduction algorithms on forecasting accuracy of IT2FLS models, Applied Soft Computing, 17, 2014, 32–38.
- [5] **F. Liu and J.M. Mendel**. Aggregation Using the Fuzzy Weighted Average, as Computed by the KM Algorithms, *IEEE Trans. on Fuzzy Systems*, 16, 2008, 1-12.
- [6] **V. Lukovac, B. Đorović, D. Pamučar, Lj. Vasin**. Portfolio matrica za analizu vozača u transportnim jedinicama Vojske Srbije, SYMOPIS, 2013, 597-602.
- [7] **J.M. Mendel**. Uncertain Rule-Based Fuzzy Logic Systems: Introduction and New Directions, Prentice-Hall, Upper-Saddle River, NJ, 2001.
- [8] **O. Mendoza, P. Melin and G. Licea**. A hybrid approach for image recognition combining type-2 fuzzy logic, modular neural networks and the Sugeno integral. Journal of Information Sciences, Elsevier, 179(13), 2009, 2078–2101.
- [9] **D. Wu and J.M. Mendel**. Aggregation Using the Linguistic Weighted Average and Interval Type-2 Fuzzy Sets, *IEEE Trans. on Fuzzy Systems*, 15, 2007a, 1145–1161.
- [10] **D. Wu and J.M. Mendel**. Uncertainty measures for interval type-2 fuzzy sets, *Information Sciences*, 177, 2007b, 5378–5393.
- [11] **C.-Y. Yeh, W.-H. Jeng and S.-J. Lee**. An enhanced type-reduction algorithm for type-2 fuzzy sets, *IEEE Trans. on Fuzzy Systems*, 19(2), 2011, 227-240.
- [12] **R. Zelenika and D. Pupavac**. Upravljanje ljudskim potencijalima u prometu, Veleučilište u Rijeci, Rijeka, 2004.
- [13] **S.-M. Zhou, J. M. Garibaldi, R. I. John and F. Chiclana**. On constructing parsimonious type-2 fuzzy logic systems via influential rule selection, *IEEE Trans. on Fuzzy Systems*, 17(3), 2009, 654-667.

Ranking of Motives for Service in Military Active Reserve

Nebojsa Nikolic

Strategic Research Institute, Ministry of Defence, Neznamog junaka 38, Belgrade

nebojsa2008_g@yahoo.com

Abstract: Military Active Reserve is new concept of manning in Serbian Army, while similar concepts already exist in some foreign armed forces. Concept of Active Reserve have growing importance and actuality particularly in countries which turned off a military conscription obligation and crossed over voluntary principle and professional military forces. Concept of Active Reserve means that an citizen signed a contract with Ministry of defence about his willingness and readiness to serve in military service when he would be called upon, while in a meantime he lives and works his civilian life. This arrangement is limited in time, for example on three years of readiness. Active Reserve offers mutual benefit: it relaxes temporary problems related to manning of military units; and, it is a source of additional money for individuals engaged in. One of main questions related to Active Reserve, is level of propensity to serve in active reserve, but equally interesting is investigation on motivation factors standing behind their willingness to serve. This paper presents comparative view of those motivating factors.

Key words: Military organization, Manning, Recruitment, Active Reserve, Motives, Ranking

1. INTRODUCTION

One of manning concepts for military organizations is concept of Active Reserve – AR (Karanovic, 2011). In a time of declining military budgets and growing responsibilities, military organizations find out that part-time soldiers could span periodical needs for military human resources engagement. An individual in Active Reserve is that one who is in a higher level of readiness to be engaged in military unit in any moment during contractual (few years) period. Mutual obligations between military organization and an individual who wants to belong to the Active Reserve pool are prescribed by contract. The main goal of the AR concept is to sustain required level of operational and functional

capabilities of military units, staffs and defense organizations. To achieve that, AR individuals are expected to be invited for the training exercises and check-ups more than all other people in common reserve pool.

Military reserve has very important role in the defense matters in wartime as well as in peacetime when large scale emergency situations demands that (floods, earthquakes, fires, etc). Concept of Active reserve exists in many countries. In example, system of reserve forces is one of cornerstone in Israeli Defense Forces (IDF), providing about two thirds of overall defense manpower (Catignani, 2004). Importance of military reserve force grows with process of professionalization and canceling of conscripts system in many European states (Sedivy, 2013). Military

reserve has a potential to be a best pool for efficient personnel recruitment in a long term vision. There are several reasons for this statement: filling vacancies in military units, using competencies, economy of human and financial resources, and developing and sustaining links between the military organization and its civil society (Danielsson and Carlstedt, 2011). The paper presents results generated from empirical research about propensity of citizens of Republic of Serbia to engage themselves in a specific kind of military service marked here as “Active Reserve”.

2. NOTES ON RESEARCH ABOUT PROPENSITY TO SERVE IN AR

MoD’s Strategic Research Institute conducted empirical research about propensity of citizens to be voluntarily engaged for military service through the mechanism of “Active Reserve”. The research has been done during the last quarter of 2014 and included more than seven hundreds of anonymous citizens that fulfilled electronic questionnaire posted at the MoD site (www.mod.gov.rs, 2014). The questionnaire consists of: a general data questions like age, gender, education level, profession, informing sources, financial expectations, and, a set of direct questions related to the level of propensity to join Active Reserve and level of importance of 14 motivation factors offered. Design process of this questionnaire, has been positively influenced by other researches (that rarely appeared) on the similar topics, (Steinberg, 1991; Wiggins, 2014).

Our sample (708 responses to the electronic questionnaire) has some general characteristics as follows. Age of contributors: 28% have up to 25 years, and 72% have 26 to 32 years, which confirms well known opinion that younger people are more familiar with modern

technologies than older generations. Employment status of contributors: 56% unemployed, 44% employed. Educational level structure: 8% elementary school; 56% high school; 10% bachelor level; 26% master level. Marriage status: not marriage 63%; marriage 37%. Previous military experience (completed military service): 32% not finished military service; and 68% finished regular military service with weapons.

Gender composition includes slightly above 9% of female respondents, while the rest were of the opposite sex. At first sight this proportion sound as big difference, however it could be seen as big success on the side of gender issues: first, wide concept of women in the military uniform is relatively new in our country, so this result could be seen as great success for the whole society. Secondly, this empirical research was based on anonymity and voluntary base, so, this gender proportion is result of a free will of contributors regardless on any characteristics (nationality, religion, race, skin color, social status, etc, including gender issues), and in no way on any kind of restrictions, stereotypes, or something similar. Additionally, this proportion could be seen as level of willingness of female population to enter the military service. The matter of fact, this 9% of female contributors in Serbia is big success comparing it with similar research in Sweden (Danielsson and Carlstedt, 2011) where there were only 11 female participants in a sample size of 666 (that is, less than 2%)! This finding is collateral benefit of our research and it is really worth to be pointed out, taking into account that Sweden and Swedish armed forces are among only a few in the world considered as a “Benchmark states” in gender issues promotion.

Two main questions of the empirical research were related to discovering the level of propensity to serve in Active Reserve, and indicating the level of willingness to participate in the peace missions abroad (PMA) as a member of Active Reserve. Participants were asked to answer the question by choosing one of five offered marks: from 1 (meaning: „absolutely disagree“ to join AR and to participate in PMA) up to 5 (meaning: „absolutely agree“ to join AR and to participate in PMA). Empirical results showed

very high propensity to join AR (4,52) and high willingness to participate in PMA (3,99).

3. RANKING OF MOTIVES TO JOIN AR

There were 14 different motivation factors offered for evaluation as reasons for joining the Active Reserve. Participants were asked to value each motive on the scale from 1 („absolutely disagree“) up to 5 („absolutely agree“) according to their preferences. Responses were calculated and ranked as it is presented in Table 1.

MOTIVES FOR JOINING ACTIVE RESERVE (percentage representation of different answers; sample size 708)														
MOTIVES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	Patriotism	Care for world-peace	Love of arms	Family tradition	Earning of new knowledge	Traveling opportunity	Money	Curiosity	Adventurism	Meeting new people	Health insurance	Opportunity to give orders	Fan of soldier's way of life	Acquiring new qualifications
LEVEL OF AGREEMENT														
Absolutely disagree (1)	4	13	13	17	5	26	26	21	30	11	45	62	6	7
Mainly disagree (2)	1	9	14	19	4	14	22	22	13	11	18	15	6	6
Not sure (3)	4	19	19	14	7	18	19	18	16	19	15	9	11	11
Mainly agree (4)	17	36	34	19	25	27	21	22	21	34	12	7	36	35
Absolutely agree (5)	72	20	19	28	58	13	10	15	18	22	8	5	40	38
No answer	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
Sum (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
AVERAGE VALUE (scale 1-5)	4.46	3.33	3.24	3.14	4.21	2.79	2.59	2.81	2.78	3.37	2.14	1.70	3.91	3.85
Standard deviation	1.13	1.37	1.37	1.54	1.22	1.46	1.38	1.42	1.55	1.36	1.37	1.18	1.27	1.32
Mod	5	4	4	5	5	4	1	4	1	4	1	1	5	5
Median	5	4	4	3	5	3	2	3	3	4	2	1	4	4
RANK	1	6	7	8	2	10	12	9	11	5	13	14	3	4

Table 1. Motives for service in active reserve, statistics and ranks

Data presented in Table 1 show several things:

- The most dominant (4,46) motive is „Patriotism“, which is, in the original questionnaire, declared as „Love towards the country“. This is

praiseworthy output, maybe expected in this kind of research but it is always good to have it.

- Second (4,21) dominant motive is „Earning of new knowledge“, and close to him at fourth place (3,85)

is similar factor: „Acquiring new qualifications“. Both, present expectations of participants about possible benefits they expect from engagement in active reserve.

- At third place (3,91) is a motive declared as „Fan of soldier’s way of life“. This result is worth of deeper research. This could mean preference towards higher standards of order and discipline, but also it could be “romantic” opinion without experience from real military life and poor military comfort.
- Next in the line, at fifth position (3,37) is motive defined as „Meeting new people“.
- Surprisingly, „Money“, as a motive is poorly ranked at twelfth position (2,59) out of fourteen. It could be taken as surprise because of hard economic situation in the country.
- Before last ranked motive is “Health insurance” (2,14). This result confirms good level of participants’ awareness, and contributes to vanishing of some myths about different issues with prefix “military”. They simply do not see this as some particular reason to join AR.
- The worst (1,7) ranked motive is „Opportunity to give orders“. This result reflects maturity of participants.

Additional statistics in Table 1, confirm modest dissipation around average values.

4. CONCLUSIONS

Concept of Active Reserve assumes a high level of readiness to respond to the call of the military organization anytime during contractual period. There are mutual benefits for all sides: for AR individuals, for the military organization, as well as for society. Empirical results, particularly through motives evaluation, shows maturity of people interested for military service in AR. Also, high level of propensity to join AR is evident. Collateral findings show respective interest of female part of population, as well as confirmation of influence of modern technologies and Internet infrastructure on many aspects of every-day life. Future work is possible on further analysis of gathered empirical data and comparing it with foreign experiences on similar problems.

References

- [1.] Karanovic, N. Aktivna i pasivna rezerva. Odbrana, specijalni dodatak casopisa br.71, Media Center Odbrana, Beograd, 01.decembar, 2011.
- [2.] Catignani, S. Israeli Defence Forces Organizational Changes in an Era of Budgetary Cutbacks. RUSI Journal, 2004, (October), 72-76.
- [3.] Sedivy, J. NATO and Reserve Forces - a Czech View. The Officer, US ROA. 2013, (November-December), 5-6.
- [4.] Danielsson, E., Carlstedt, B. The Swedish Reserve Officer: Filling Vacancies or Using Competences. Armed Forces & Society, 2011, 37(2), 284-300.
- [5.] Ministarstvo odbrane, www.mod.gov.rs, 2014.
- [6.] Steinberg A. Individual Ready Reserve (IRR) Call-Up: Attitudes, Motivations, and Concerns. Research Report 1594, US Army Research Institute, 1991.
- [7.] Wiggins, B., Evans, S., Luchman, J., Gibson J. Motivators and Barriers to Recruiting Prior Service Members in the IRR. Military Psychology, 2014, 26(1), 23-32.

Utvrđivanje osnovnih karakteristika osposobljenosti komandi artiljerijskih jedinica za podršku primenom faktorske analize

Samed Karović

Univerzitet odbrane u Beogradu, *Vojna akademija, Pavla Jurišića Šturma 33*
e-mail: karovic.samed@gmail.com

Hajradin Radončić

Univerzitet odbrane u Beogradu, *Vojna akademija, Pavla Jurišića Šturma 33*
e-mail: hajradin.radoncic@gmail.com

Rade Slavković

Univerzitet odbrane u Beogradu, *Vojna akademija, Pavla Jurišića Šturma 33*
e-mail: bfor4s@gmail.com

Apstrakt. U radu se objašnjavaju elementi osposobljenosti komandi artiljerijskih jedinica za podršku i njihova neposredna implikacija na uspešnost artiljerijske vatrene podrške u borbenim operacijama. Procena značaja uticaja pojedinih oblika osposobljenosti obavljena je posredstvom subskele koja se odnosi na osposobljenost komandi artiljerijskih jedinica za podršku u užem smislu reči. Identifikovanje faktora osposobljenosti komandi artiljerijskih jedinica za podršku izvršeno je primenom faktorske analize.

Ključne reči: faktorska analiza, osposobljenost komandi, artiljerijske jedinice za podršku, borbene operacije.

1. Uvod

Efikasnost komandovanja artiljerijskim jedinicama za podršku u savremenim operacijama uslovljena je, između ostalog, i stepenom osposobljenosti komandi. Problem organizovanja komandovanja, taktičke upotrebe i upravljanja i rukovanja vatrom artiljerijskih jedinica, osnovni su elementi osposobljenosti i izraz njene efikasnosti u vatrenoj podršci borbenih operacija.

Faktorskom analizom moguće je utvrditi osnovne faktore osposobljenosti komandi artiljerijskih jedinica za podršku u ostvarivanju vatrene podrške u borbneim operacijama. Od stepena osposobljenosti komandi artiljerijskih jedinica vatrene podrške zavisice efikasnost ukupne vatrene podrške u borbenim

operacijama, a time i upornost izvođenja operacije prema početnoj zamisli.

2. Faktorska analiza

Faktorska analiza predstavlja skup statističko-matematičkih postupaka pogodnih za analizu podataka o međusobnoj povezanosti među posmatranim pojavama gde se u istraživanjima istovremeno pojavljuje veći broj varijabli koje stoje u međusobnim korelacijama i gde se zahteva utvrđivanje osnovnih izvora kovarijacije među podacima. Metod multivarijacione analize koji se koristi za opis međusobne zavisnosti velikog broja promenljivih korišćenjem manjeg broja osnovnih, ali neopažljivih slučajnih

promenljivih poznatih kao faktori, naziva se faktorska analiza.¹

Faktori koji su krajnji rezultat faktorske analize, linearne su kombinacije manifestnih varijabli ili kompozitne (složene) varijable i nazivaju se latentnim (prikrivenim) varijablama jer ih faktorskom analizom tek treba otkriti. Faktori su takođe varijable jer ispitanici imaju rezultate na faktorima kao i na manifestnim varijablama (faktorski rezultati).²

Faktorska analiza usmerena je na proučavanje povezanosti manifestnih varijabli koje predstavljaju pojave (obeležja ispitanika), a utvrđivanje povezanosti pojava i uzroka povezanosti pojava osnovni su ciljevi naučnih istraživanja. Faktori se mogu smatrati uzrokom kovarijanse manifestnih varijabli. Oni daju objašnjenje za povezanost pojava koje ispituju manifestne varijable.⁰

3. Artiljerijska vatrena podrška

Artiljerijska vatrena podrška predstavlja deo vatrene podrške koji se izvodi po planu operacije. Istovremeno čini i skup planiranih i pripremljenih vatri i raketnih udara artiljerijskih jedinica vatrene podrške po neprijateljevim snagama radi podrške dejstva sopstvenih snaga u izvršenju misije. Izvođenje artiljerijske vatrene podrške je složen deo sadržaja borbenih dejstava i traži maksimalno naprezanje ljudi i tehnike.³

Planiranje izvođenje artiljerijske vatrene podrške nameće problem njenog ostvarivanja i traži odgovore na najznačajnija pitanja osposobljenosti komandi artiljerijskih jedinica za podršku koja opredeljuju njene mogućnosti za izvršenje misije. Problem organizovanja,

komandovanja, taktičke upotrebe i upravljanja i rukovanja vatrom, osnovna su određenja osposobljenosti i izraz efikasnosti artiljerijske vatrene podrške.

4. Utvrđivanje osnovnih karakteristika vatrene osposobljenosti

Kao polazni kvantitativni podaci u analizi korišćene su procene kojima su ispitanici vrednovali uticaj opisanih oblika vatrene osposobljenosti artiljerijskih jedinica za podršku na izvođenje vatrene podrške u borbenim operacijama. Procene su obavljene na skupu od 36 manifestna oblika vatrene osposobljenosti jedinica, da bi se identifikovali osnovni faktori, kao latentne strukture, koji imaju značenje osnovnih dimenzija vatrene osposobljenosti artiljerijskih jedinica za podršku.⁴

Na osnovu Gutman-Kajzerovog kriterijuma za određivanje broja faktora, izdvojeno je sedam faktora osposobljenosti komandi artiljerijskih jedinica za podršku u borbenim operacijama. Vrednosti karakterističnih korenova za tih sedam faktora iznose: 12.1271, 2.474, 2.328, 1.674, 1.546, 1.240 i 1.050. Oni obuhvataju 66 odsto kumulativne proporcije varijanse (tabela 1). Interpretacija faktora polazi od matrice faktorske strukture nakon provedene rotacije faktora i identifikovanja varijabli koje imaju visoka apsolutna opterećenja na isti faktor. Opterećenje faktora više je bazirano u vezi sa sa praktičnom značajnošću. To je opšte načelo koje se često koristi, kao način vršenja preliminarnog ispitivanja faktorske matrice.

Za faktorska opterećenja veća od $\pm 0,30$ se smatra da zadovoljavaju minimalni nivo, opterećenja od $\pm 0,40$ se smatraju važnijima, a ako su opterećenja $\pm 0,50$ ili veća, smatraju se praktično značajnima. Što je veća apsolutna

¹Kovačić, J, Z. Multivarijaciona analiza, 1994. http://www.fonforum.org/download/treca/LINS/MVA_Knjiga.pdf

²Mejovšek, M. Metode znanstvenog istraživanja, NAKLADA SLAP, Zagreb, 2008.

³Hallada, Raphael, J. Fire Support Modernization: A Major Step Towards Deterrence, Military Review, 69, No, 8, 1987, p. 4-14.

⁴ Karović, S. (2003). Magistarski rad, Vojna akademija, Beograd

veličina faktorskog opterećenja, to je važnije opterećenje u interpretaciji faktorske matrice. Pošto je faktorsko opterećenje korelacija varijable i faktora, kvadrirano opterećenje je obim ukupne varijanse varijable, koji taj faktor objašnjava. Stoga, opterećenje od 0,30 se prevodi približno u objašnjenje od 10%, a opterećenje od 0,50 označava da faktor objašnjava 25% varijanse. Opterećenje mora da pređe 0,70 da bi faktor objasnio 50% varijanse. Može se zaključiti da su sedam izdvojenih faktora te pripadajuće varijable

karakteristika osposobljenosti komandi artiljerijskih jedinica vatrene podrške za svaki pojedini faktor i njihova faktorska opterećenja kako sledi: **Prvi faktor** nije precizno definisan i nije sasvim jasno da li je reč o rezidualnom faktoru koji je proizvod faktorizacije. Definišu ga varijable: kontrola sprovođenja odluke, pravilnost procene zemljišta i izbor vatri za neutralisanje. S obzirom na strukturu manifestnih varijabli latentna dimenzija koju oni manifestuju može se označiti kao

Tabela 1: Faktorska struktura osposobljenosti komandi artiljerijskih jedinica za podršku ⁵

Manifestni oblici uticaja vatrene osposobljenosti komande	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Precizno definisanje zadataka	0.068	0.182	0.033	0.137	0.113	0.701	0.223
Izbor metoda rada komande na donošenju odluke	-0.050	-0.094	0.904	-0.241	0.033	0.070	0.124
Kvalitet osnovne zamisli	-0.150	0.067	0.256	0.112	-0.598	0.004	0.642
Izdavanje predhodnih naređenja	-0.195	-0.167	0.059	0.409	0.183	0.532	0.198
Kompleksna procena operativnog okruženja	-0.343	-0.075	0.037	0.303	-0.319	0.295	0.014
Potpuna i kvalitetna procena neprijatelja	0.060	-0.065	0.037	-0.115	-0.004	0.812	-0.206
Pravilnost procene sopstvenih snaga	-0.084	0.028	0.351	-0.040	0.018	0.426	-0.198
Pravilnost procene zemljišta	-0.505	0.266	-0.077	0.043	-0.163	0.424	-0.196
Pravilnost procene vremena	-0.439	0.260	0.167	-0.001	-0.257	0.320	-0.095
Izrade plana rada komande	-0.045	0.113	0.819	0.176	0.403	-0.014	-0.119
Pravilnost angažovanja snaga za iavršenje zadataka	0.207	-0.030	0.141	-0.040	-0.119	0.732	0.162
Izbor vatri za neutralisanje	0.501	0.560	0.092	-0.063	0.121	0.382	0.132
Izbor zaprečnih vatri	-0.020	0.851	0.032	0.225	0.140	-0.085	0.011
Izbor vatri za uništavanje	-0.98	0.897	0.039	-0.075	0.035	0.074	0.061
Planiranje ostvarivanja nepokretne i pokretne zaprečne vatre	-0.174	0.808	-0.054	0.009	-0.099	-0.114	-0.237
Planiranje municije po fazama borbe	-0.119	0.194	0.028	-0.087	-0.085	0.100	-0.686
Naknadno planiranje vatri u izvršenju misije	-0.064	0.037	0.115	0.142	-0.227	-0.020	-0.603
Način donošenja odluke	0.151	0.015	0.753	-0.008	-0.125	-0.002	0.165
Pokretljivost komande	-0.162	-0.177	0.346	0.388	0.079	0.050	-0.277
Pravilnost izbora težišta podrške	-0.057	0.018	-0.016	-0.075	-0.480	0.442	-0.101
Pravilnost izbora manevra	-0.246	0.152	0.215	-0.126	-0.420	0.129	-0.107
Kvalitet izrade dokumenata	0.079	0.167	0.608	0.088	-0.149	-0.343	-0.233
Korišćenje KIS-a u procesu operativnog planiranja	0.256	-0.157	0.396	-0.001	-0.369	0.098	-0.142
Održavanje sadejstva sa podržanom jedinicom	0.069	-0.038	-0.222	0.296	-0.480	0.316	-0.184
Usklađenost manevra vatrom sa manevrom podržavane jedinice	-0.183	-0.065	-0.105	0.133	-0.856	0.132	0.043
Način organizacije sadejstva	-0.131	0.017	-0.044	0.167	-0.594	0.122	-0.043
Pravilno organizovanje rada komande	0.364	0.108	0.631	0.055	0.069	0.117	-0.055
Prenošenje odluke	0.002	-0.155	0.251	-0.068	-0.220	0.538	-0.191
Siguran i brz prenos naređenja	-0.028	0.035	-0.247	-0.032	-0.184	0.812	-0.121
Pravilno praćenje situacije	0.021	-0.002	-0.175	0.253	-0.445	0.429	0.037
Dostavljanje izveštaja i obaveštenja	0.039	0.062	-0.091	0.837	-0.097	-0.038	0.154
Vreme podnošenja izveštaja	0.237	0.127	0.108	0.669	-0.265	-0.195	0.004
Način korišćenja izveštaja	0.049	0.097	-0.025	0.814	-0.020	0.030	-0.052
Kontrola sprovođenja odluke	0.578	-0.085	-0.014	0.426	0.054	0.198	-0.014

⁵ Karović, S. Magistarski rad, Vojna akademija, Beograd, 2003.

"osposobljenost komande za procenu situacije naspram osposobljenosti za kontrolu *sprovođenja odluke*".

Drugi faktor definišu varijable koje ukazuju na uticaj izbora vatre u realizovanju vatrenih zadatka u podršci. Faktor je veoma homogen u struktuiranju manifestnih varijabli. Zajednička latentna osnova može se definisati kao osposobljenost komande u izboru artiljerijskih vatri.

Treći faktor definišu varijable čija varijansa zavisi isključivo od uvežbanosti komande u procesu pripreme i planiranje vatrene podrške.

Na osnovu značenja navedenih varijabli ovaj faktor je jednoznačno određen kao "osposobljenost komande za pravilan izbor i primenu metode rada".

Četvrti faktor uglavnom definišu oblici osposobljenosti komande za izradu i korišćenja izveštaja koji su nužni u procesu odlučivanja.

Uočljivo je da najveću projekciju na taj faktor imaju manifestne varijable koje su značajne za dostavljanje i korišćenje izveštaja. Zbog toga se četvrti faktor može jedinstveno definisati kao "osposobljenost komande u *korišćenju izveštaja u procesu odlučivanja*".

Peti faktor predstavljaju oblici osposobljenosti komande čija je zajednička odlika usklađivanje vatre sa manevrom podržavane jedinice i organizacija sadejstva.

. Na osnovu zasićenosti elemenata ovaj faktor se može definisati kao "osposobljenost komandi artiljerijskih jedinica *u usklađivanju vatre sa manevrom podržane jedinice*".

Šesti faktor reprezentuju oblici osposobljenosti komande koji se mogu označiti kao osposobljenost komande za *pravilno donošenje odluke, izbor težišta podrške i precizno definisanje zadataka*. Navedeni faktor dominantno je određen vektorom indikatora koji određuju kvalitet odluke.

Sedmi faktor reprezentuju oblici osposobljenosti komande za planiranje vatri i municije po fazama borbe. Značenje ovog faktora izraženo je osposobljenošću komande kroz planiranje vatri u borbenim dejstvima i donošenje osnovne zamisli. U skladu sa ovakvim manifestnim odrednicama, ovaj faktor je definisan kao "osposobljenost komande za planiranje vatri i municije u dinamici borbenih dejstva".

5. Zaključak

Primenom multivarijantne statističke tehnike, faktorskom analizom strukture međuodnosa (korelacija) među velikim brojem varijabli osposobljenosti komandi artiljerijskih jedinica za podršku, identifikovani su faktori kao zajedničke osnovne dimenzije osposobljenosti. Empirijskim istraživanjem karakteristika osposobljenosti komandi artiljerijskih jedinica vatrene podrške i primenom faktorske analize na prikupljenim podacima nastojalo se veći broj karakteristika svesti na manji broj osnovnih karakteristika osposobljenosti. Saznanja o osnovnim karakteristikama osposobljenosti komandi artiljerijskih jedinica vatrene podrške korisna su i za planiranje uspešnog izvršenja artiljerijske vatrene podrške u borbenim operacijama, posebno pri planiranju operacija, da bi se što efikasnije realizovala artiljerijska vatrene podrška.

Bibliografija

- [1] **Hallada, Raphael, J.** Fire Support Modernization: A Major Step Towards Deterrence, Military Review, 69, No, 8, 1987, p. 4-14.
- [2] **Karović, S.** Magistarski rad, Vojna akademija, Beograd 2003.
- [3] **Kovačić, J, Z.** Multivarijaciona analiza, 1994, http://www.fonforum.org/download/treca/LINS/MV_A_Knjiga.pdf.
- [4] **Mejovšek, M.** Metode znanstvenog istraživanja, NAKLADA SLAP, Zagreb, 2008.
- [5] <http://www.ekfak.kg.ac.rs/sites/default/files/> (23.06.2014, u 13.).

Determining the Importance of the Content of Operational Capabilities of SAF Units in Inspection Supervision by Applying the Methods of Analytic Hierarchy Process

Goran Radovanović

Ministry of Defence

e-mail: goran.radovanovic@vs.rs

Samed Karović

University of Defence, Military Academy, 33 Pavla Jurišića Šturma street

e-mail: karovic.samed@gmail.com

Abstract: The paper describes the application of method of Analytic Hierarchy Process (AHP) in order to determine the significance of content of operational capabilities of SAF in inspection supervision. The results are relevant and the determination of the importance of the specific criteria has been done by the inspectors who do the inspection supervision. The identified criteria have been institutionalized and they have been used in the real life conditions of inspection supervision with certain changes.

Key words: operational capabilities, Serbian Armed Forces (SAF), SAF units, inspection supervision, Analytic Hierarchy Process, the content of operational capabilities.

1. Introduction

The Defence Inspectorate as a part of the Ministry of Defence of the Republic of Serbia determines the application of law and other regulations and the importance of accomplishing certain tasks by the inspection supervision in the defence area and depending on the results of the supervision recommends and prescribes measures from its jurisdiction. Having in mind the significance of inspection supervision of operational capabilities in commands and units of SAF, the paper considers determining the elements of operational capabilities as the object of inspection supervision of operational capabilities of SAF units.

This paper stems from the research for the PhD dissertation on “The Model of Inspection Supervision of SAF Operational Capabilities”. The problem of determining the significance of the content of elements of operational capabilities that will be the subject of inspection supervision of certain SAF units has been set as a task of multi criteria optimization.¹ While choosing the elements

and questions of operational capabilities in inspection supervision the Analytic Hierarchy Process (AHP) has been applied as a method of finding a solution for Multi Attribute Decision Making.

2. Operational capabilities

Operational capabilities represent the potential of SAF or its parts to accomplish the desired operational effects in given time and under set standards and conditions by combining forces, means and ways of task performance. They are conditioned by various factors which are in correlation with organizational, human, time, material, technical, space and other factors.

According to the SAF Doctrine², “...operational capabilities of SAF have following capabilities elements: command, timely use of force, deployment and mobility in the area of operations, use of information space, efficient use of force, force protection and force sustainability”. Every element consists of several questions and factors that represent the subject of inspection supervision.

¹ Čupić, M.,Tumala, V.M.: Savremeno odlučivanje, metoda i primena, Naučna knjiga, Beograd, 1991.

² Doctrine of the Serbian Armed Forces, General Staff of the Serbian Armed Forces, Belgrade, 2010, pg.17.

Determined contents of operational capabilities in the process of inspection supervision have to allow the inspection to assess the state of operational capabilities and prescribe measures to the supervised subject for their improvement and to upgrade them to a desired level.

For this reason, it is necessary to determine the importance of certain elements in correlation with the kind of the tasks of the supervised units. Related to this, it is vital to analyze the questions and factors as parts of the elements and to determine their importance. This procedure represents a serious task in inspection supervision preparation and requires inspector's detailed understanding as well as an application of the method of multi criteria optimization.

3. Analytic Hierarchy Process

Analytic Hierarchy Process (AHP) as a tool to support decision making process can be used for solving complex decision making problems. It is based on multi-level hierarchy structuring of goals, criteria, sub-criteria and alternatives.

Relevant data are produced by the pairwise comparison. The comparison is used to estimate the level of significance of decision making criteria and alternatives. If performances are not completely in accordance, then it is set by the consistency improvement mechanism.³

In order to solve problems by AHP method, Expert Choice 11 software system is used as a support. The crucial advantage of this software, besides simplicity and speed, is the fact that the software does not demand decision maker's numeric marks when assessing the alternatives of criteria which can be impossible in this case.

Method and software are able to recognize inconsistency while the decision maker is assessing the capabilities. If the inconsistency quotient is higher than it is allowed it is not

necessary to repeat the whole procedure but the inconsistency can be corrected exactly where it is made.

It is used in cases when more than one decision maker is involved (group decision making), in cases of greater number of conflicting criteria and in multiple time periods i.e. when the problem is not finished by making one decision but it emerges again in partially changed circumstances when the problem is modified as well.

Considering the group of elements as a whole, AHP allows dynamic discussion, marks' revision, etc.

4. Problem Definition

It is crucial to define the importance of the criteria of operational capabilities in inspection supervision of SAF units.

No.	Criteria	Alternative		
1.	Command (C ₁)	Inspection supervision in army units (A ₁)	Inspection supervision in Air Force units (A ₂)	Inspection supervision in territorial force units(A ₃)
2.	Timely use of force (C ₂)			
3.	Deployment and mobility in the AOO (C ₃)			
4.	Use of information space (C ₄)			
5.	Efficient use of force (C ₅)			
6.	Force protection (C ₆)			
7.	Force sustainability (C ₇)			

Table 2. The criteria of content of operational capabilities

Table 2 shows the criteria of operational capabilities content and SAF units with alternatives which are inspected in practice.

All these criteria can be divided in sub-criteria and in practice they are considered interactively in defined units where the inspection supervision is done. The problem is formulated and solved as a hierarchical and mark assignment is done in pair.

Bearing in mind the characteristics of AHP method, the authors of this paper had a key task to choose this method especially in order to collect relevant data.

³ E.Triantaphyllou, S. H. Mann. Using The Analytic Hierarchy Process For Decision Making In Engineering Applications: Some Challenges, Inter'l Journal of Industrial Engineering: Applications and Practice, Vol. 2, No. 1, pp. 35-44, 1995.

5. Problem Solution

The data collected by the inspectors of the Defence Inspectorate of MoD have been used in order to determine the importance of operational capabilities content. The authors coordinated the assessments of the importance of criteria and alternatives in order to use AHP method. The standardized scale from 1 to 9 has been used for marking relevant relations with meaning given in table 1.

Intensity of importance	Definition
1	Equal importance
3	Somewhat more important
5	Much more important
7	Very much more important
9	Absolutely more important
2,4,6,8	Intermediate values

Table 1. The Saaty Rating Scale⁴

For defining alternatives it was especially important to notice that not all operational capabilities in SAF units have the same importance in inspection supervision.

Table 2 shows the criteria of the content of operational capabilities and SAF units as alternatives where inspection supervision is done.

In this particular case, seven types of criteria relevant for inspection supervision of operational capabilities have been defined. All these criteria can be decomposed into sub-criteria, and in practice they are especially considered mutually in defined units where inspection supervision is done. The defined content of operational capabilities and their order are shown in Table 3.

Criteria	Consistency ratio
Command	0,170
Timely use of force	0,149
Deployment and mobility in the AOO	0,125
Use of information space	0,107
Efficient use of force	0,152
Force protection	0,124
Force sustainability	0,173

Table 3. Order of importance of the content of operational capabilities

The importance of criteria has emerged from the practice, and while making the normative documents and certain ratios used in inspection supervision, criteria represent the results.

It is obvious from the table that the most important content of operational capabilities in inspection supervision is related to “force sustainability” and “command”, while the least important are “force protection” and “use of information space”.

Table 4 shows the content of operational capabilities and their importance during inspection supervision of SAF units depending on the kind of the unit.

Criteria	Alternatives		
	A ₁	A ₂	A ₃
C ₁	0,359	0,413	0,228
C ₂	0,424	0,344	0,232
C ₃	0,416	0,357	0,227
C ₄	0,347	0,400	0,253
C ₅	0,377	0,327	0,296
C ₆	0,350	0,357	0,293
C ₇	0,346	0,368	0,286

Table 4. The importance of content of operational capabilities

It is obvious from the table that in the inspection supervision of the Land Forces units the criterion “timely use of force” is the most important, while in the Air Force and Air Defence units, the most important criterion is “command”. In territorial force units the most important criterion is “efficient use of force”. This is because the Land forces units should perform tasks so as to reach their designated points and to reach the level of readiness to carry out the operation while in the Air Force and Air Defence units command is extremely important because of the specific technical equipment of this service.

In territorial force units, the most important is “the efficient use of force” considering their organization of force, equipment, mobilisation and plan of use.

In the Land Forces units, “force” sustainability” is the least important content of the operational capabilities and there is a small difference between this criterion and “the use of information space”. Apparently, it is very

⁴ Karović, S., i dr., Analitički hijerarhijski proces kao podrška odlučivanju angažovanja snaga u odbrambenoj operaciji, SYMOPIS 2011, Zlatibor, 2011.

important to mention that these criteria have not been implemented sufficiently into the Land Forces, which justifies the mentioned ranking.

In the Air Force and Air Defence units the least important criterion is “efficient use of force”. This ranking is the consequence of some other features of Air Force and Air Defence units which in specific conditions cannot perform the tasks in a contemporary way according to the aforementioned criterion.

In the territorial force units the least important criterion is “deployment and mobility in AOO”. That is the most important issue that these units have to deal with so that they could perform operations that specifically require the segment of mobility and efficient manoeuvre.

6. Conclusion

The identified problem related to determining the significance of the content of operational capabilities of SAF units in inspection supervision should be refined and the objectivity and functional objective of inspection supervision should be provided by understanding the problem in practice.

The paper recommends one of the possible solutions for identifying the significance of the content of operational capabilities which can be used to provide solution for developing the procedure for inspection supervision and

assessing objectively the elements of operational capabilities.

The advantage of AHP is its adjustability while solving similar problems, especially its adjustability while making group decisions and the way the criteria show up in a specific alternative.

Further research should build up a model and define specific values of parameters which are valued in inspection supervision according to the type of unit which is the object of inspection supervision.

Bibliography

- [1] Doctrine of the Serbian Armed Forces, General Staff of the Serbian Armed Forces, Belgrade, 2010, pg.17.
- [2] **E. Triantaphyllou, S. H. Mann.** Using The Analytic Hierarchy Process For Decision Making In Engineering Applications: Some Challenges, Inter'l Journal of Industrial Engineering: Applications and Practice, Vol. 2, No. 1, pp. 35-44, 1995.
- [3] **Karović, S., i dr.,** Analitički hijerarhijski proces kao podrška odlučivanju angažovanja snaga u odbrambenoj operaciji, SYMOPIS 2011, Zlatibor, 2011.
- [4] **Čupić, M., Tumala, V.M.:** Savremeno odlučivanje, metoda i primena, Naučna knjiga, Beograd, 1991.
- [5] <http://expertchoice.com/resource-center/> (11.07.2015. u 20.51).

**TRAFFIC,
TRANSPORTATION
AND
COMMUNICATION**

An Effect of High Power Amplifier Nonlinearity on the Signal Constellation in Satellite Communications

Hana Stefanovic

*School of Electrical Engineering and Computer Science of Applied Studies, V. Stepe 283, Belgrade, Serbia
e-mail: stefanovic.hana@yahoo.com*

Dejan Milic

*Faculty of Electronic Engineering, A. Medvedeva 14, 1800 Nis, Serbia
e-mail: dejan.milic@elfak.ni.ac.rs*

Verica Vasiljevic

*School of Electrical Engineering and Computer Science of Applied Studies, V. Stepe 283, Belgrade, Serbia
e-mail: vvasiljevic@viser.edu.rs*

Abstract. In this paper a memoryless nonlinear high power amplifier (HPA) model is proposed, in order to amplify singlecarrier or multicarrier input signal on satellite transponder. The variations in the signal envelope affecting the amplitude and phase of the output signal referred to as amplitude (AM-AM) and phase (AM-PM) envelope characteristics due to HPA nonlinearity, are computed according to the Saleh's model. Different values of HPA back-off level are used in simulation process, moving the HPA operating point from moderate to severe nonlinearity region. 16-QAM constellation format is proposed, while the input and output signal constellation is computed for different values of back-off level, showing phase rotation and amplitude compression in the output signal constellation.

Keywords: high power amplifier (HPA), back-off level, nonlinear distortion, Saleh's model

1. Introduction

Wireless terrestrial and satellite communication networks, developed to provide access to the communication infrastructure for mobile or fixed users, are required to operate at high data rates with constrained power and bandwidth [1-3]. Most of today's wireless systems are based on the cellular radio concept [4-6], allowing a large number of mobile users to seamlessly and simultaneously communicate to ground or satellite stations, using a limited amount of radio frequency (RF) spectrum.

In order to provide global coverage of broadband multimedia and internet-based services with a high signal quality to diverse users, satellites communication systems, including its integration with terrestrial

networks, are expected to play an important role in mobile communications [7-9].

The communication link between a satellite and the ground stations is exposed to a lot of impairments such as thermal noise, rain and atmospheric attenuations, multipath fading and shadowing [3, 6, 9]. It is also prone to loss such as those resulting from antenna misalignment and polarization [8].

A satellite transponder is a broadband RF channel used to amplify one or more carriers on the downlink side of a geostationary or non-geostationary satellite [10]. It is part of the microwave repeater and antenna system that is housed onboard the operating satellite. The bent-pipe repeaters usually using C and Ku bands, receive all signals in the uplink beam, translate them to the downlink band, and

separate them into individual transponders of a fixed bandwidth [6]. Each transponder is amplified by either a traveling wave tube amplifier (TWTA) or a solid state power amplifier (SSPA). Satellites of bent-pipe type are very popular for transmitting TV channels to broadcast stations, cable TV systems, and directly to the home [8].

In this paper a memoryless nonlinear power amplifier model is used, while some nonlinear models with memory are also very popular, with better capability of capturing the behavior of nonlinearity, but also increasing the degree of complexity [10].

The classical and most often used nonlinear memoryless model of a power amplifier is Saleh's model [11], published in 1981, while some modified, improved and extensible models based on Saleh's concept are described in literature [10, 12]. Saleh's model is a pure nonlinear model without memory, developed with single-tone measurements. Only two parameters, α and β , characterize the behavior of Saleh's nonlinear model of the power amplifier in terms of the amplitude-to-amplitude (AM-AM) and amplitude-to-phase (AM-PM) distortions. Saleh's model, widely used in different simulation experiments, has a simple structure and also fits the measured data well [11-13].

The common description of nonlinear systems with memory is the Volterra-series, a generalization of the classical Taylor-series [14]. As is the case with the Taylor-series, the Volterra-series has some significant drawbacks: slow convergence and, if the nonlinearity is pronounced, like saturation characteristics are, a high number of coefficients, appearing linear in the description, must be estimated in order to achieve good accuracy [14]. Therefore, alternative mathematical descriptions for nonlinear systems with memory are of interest [10, 15].

In this paper the HPA nonlinearity is described using Saleh's model. In this model, the relationship between the input signal and output signal of the amplifier is described by two memoryless functions, namely, amplitude

(AM-AM) and phase (AM-PM) nonlinearity envelope characteristics [11].

In order to maximize the output power in the downlink, the idea is to operate the amplifier as close to saturation as possible [5, 10]. The TWTA back-off is an independent parameter defining the amplifier operating point position, compared to the input power required to produce the maximum output power [13]. Decreasing the back-off means there is more output power. Since the thermal noise floor is fixed, the carrier-to-noise ratio (C/N) increases as the back-off decreases. On the other hand, as the back-off decreases the signal is driven further into the nonlinear region of the TWT curve, increasing the power of the intermodulation (IM) components [13, 16]. An optimum operating point is usually determined experimentally from measurements or via the simulation [5].

In this paper some illustrative examples are provided, for different values of the HPA back-off level, simulating both moderate and severe nonlinearity, including the comparison of transmitted signal scatter plot with the amplified signal scatter plot. 16-QAM signal constellation is proposed, while high-order constellations are also discussed.

The effect of HPA nonlinearity is simulated using Simulink and MATLAB RF Toolbox.

2. Memoryless Nonlinear HPA Model

A memoryless nonlinear Saleh's model of a power amplifier is proposed, with two parameters, α and β , characterizing the behavior of nonlinearity, in terms of the AM-AM and AM-PM distortions. The equations determining these distortions are [5, 11]:

$$a(r(t)) = \frac{\alpha_A r(t)}{1 + \beta_A r^2(t)} \quad (1)$$

for AM-AM distortion, and:

$$\Phi(r(t)) = \frac{\alpha_\Phi r^2(t)}{1 + \beta_\Phi r^2(t)} \quad (2)$$

for AM-PM distortion, where $r(t)$ stands for the envelope of the applied input signal $x(t) = r(t) \cos(\omega_0 t + \psi(t))$, while the output of the power

amplifier model is $y(t) = a(r(t)) \cos(\omega_0 t + \psi(t) + \Phi(r(t)))$.

Relationships given by these equations describe typical saturation-like characteristics, with a linear behavior if the signal amplitude is small. The typical values of the Saleh's model parameters in a group are $\alpha_A = 2.1587$, $\beta_A = 1.1517$, $\alpha_\phi = 4.0330$ and $\beta_\phi = 9.1040$ [5, 11].

Some typical settings for proposed Simulink model are presented in Fig.1.

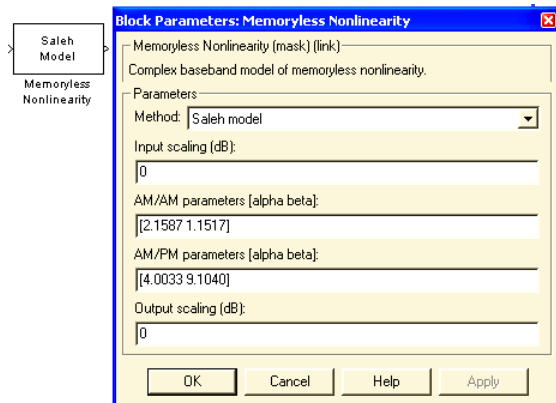


Figure1. Typical Saleh's model settings

The back-off parameter, which is defined as the ratio of the input saturation power, where the output power begins to saturate, to the average input power, is set to -10 dB and -5 dB, during the simulation process.

3. Signal Constellation Before and After Amplification

A scatter plot, presenting a plot of the in-phase (or direct) component of the signal versus the quadrature component, is analyzed for several values of HPA back-off level, for 16-QAM signal constellation. The signal constellation gives a qualitative measure of system performance. Thus, viewing the change in the signal constellation as system parameters are varied, gives a considerable insight into system performance.

Fig.2. and Fig.3 show the constellation diagram of a 16-QAM signal, before and after amplification, for different values of back-off level, illustrating phase rotation and amplitude compression in the output signal constellation.

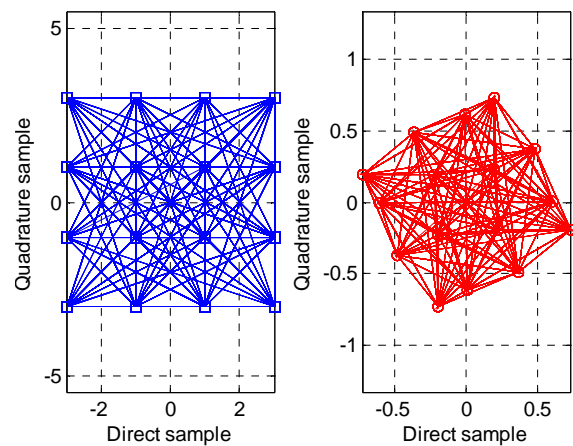


Figure2. The constellation diagram before and after amplification, for -10 dB back-off level

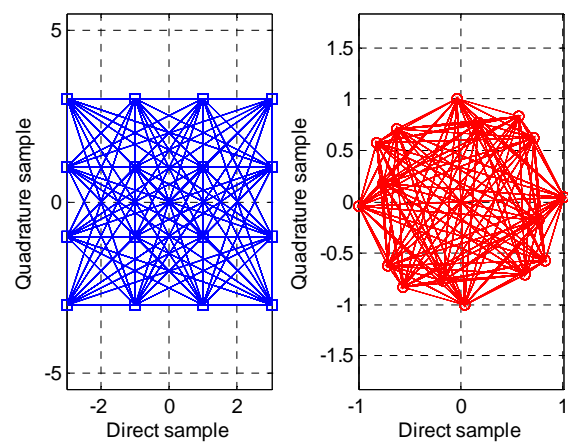


Figure3. The constellation diagram before and after amplification, for -5 dB back-off level

It can be concluded that the constellation diagram becomes distorted and this distortion appears as a compression and rotation of the constellation point. Consequently, the received signal would be harder to detect, resulting also in system bit-error-rate (BER) performance degradation.

It can be also concluded that higher nonlinearity, which means decreasing an absolute value of back-off level, moves a number of the signal points closer together. Since the error probability is a monotonic function of the Euclidean distance between a pair of points in signal space, the error probability will increase as the points in signal space move closer together.

Diagrams presented in Fig.4. and Fig.5. demonstrate the variation in the received signal from the transmitted signal due to both additive white Gaussian noise (AWGN) and HPA

nonlinearity, for different values of back-off level.

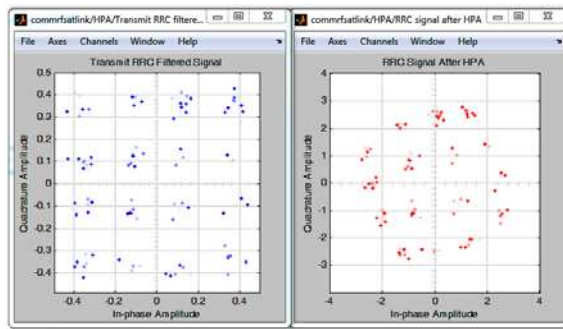


Figure4. The constellation diagram before and after amplification combined with the noise, for -7 dB back-off level

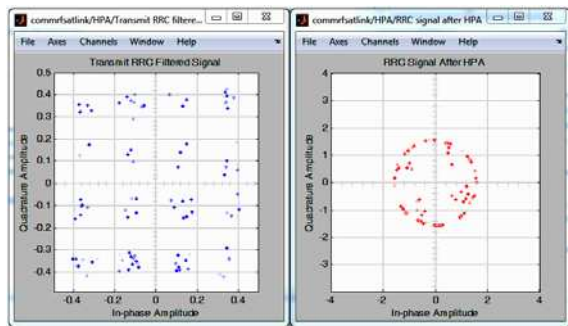
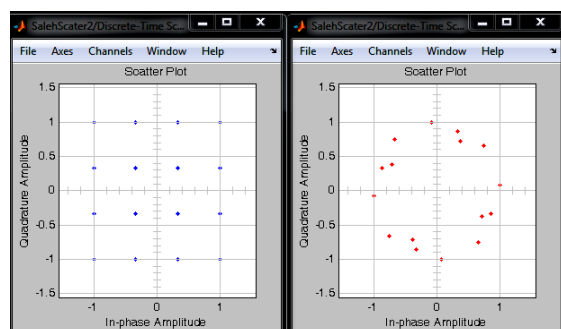


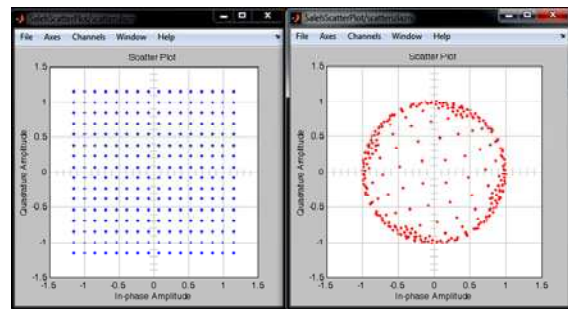
Figure5. The constellation diagram before and after amplification combined with the noise, for -3 dB back-off level

It can be concluded that the effect of HPA nonlinearity, combined with the noise, distorts the constellation diagram, and also that distortion becomes more significant as the absolute value of back-off decrease.

For high order constellations, as 64-QAM, the received signal would be harder to detect, resulting also in system BER performance degradation, as it is illustrated in Fig.6.



a)



b)

Figure6. The comparison of constellation diagrams of 16-QAM (a), and 64-QAM (b), for -7 dB back-off level

3. Conclusion

The purpose of this paper is to discuss an impact of high power amplifier nonlinearity on the signal constellation for 16-QAM modulation scheme in satellite communication link. An effect of HPA back-off level on the constellation diagram distortion is analyzed under different conditions, while some simulation results are also provided.

References

- [1] **J. Proakis, M. Salehi.** Digital Communications, 5th Ed. *McGraw-Hill, Boston*, 2008.
- [2] **G. Stuber.** Principles of mobile communication. *Kluwer Academic Publishers, Boston*, 2000.
- [3] **M.K. Simon, M.S. Alouini.** Digital Communications over Fading Channels. *John Wiley, New York*, 2004.
- [4] **T. Pratt, C. Bostian, J. Allnut.** Satellite Communications, 2nd Ed. *John Wiley&Sons Inc.*, 2003.
- [5] **W. Tranter, K. Shanmugan, T. Rappaport, K. Kosbar.** Communication Systems Simulation with Wireless Applications. *Prentice Hall*, 2004.
- [6] **D. Roddy.** Satellite Communications, 4th Ed. *McGraw-Hill*, 2006.
- [7] **B. Elbert.** Introduction to Satellite Communications, 3rd Ed. *Artec House*, 2008.
- [8] **R. Dybdal.** Communication Satellite Antennas: System Architecture, Technology, and Evaluation. *McGraw-Hill*, 2009.
- [9] **B.G. Evans.** Satellite Communication Systems, 3rd Ed., *The Institution of Engineering and Technology, UK*, 2008.
- [10] **D. Schreurs, M.S. O'Droma, A.A. Goacher, M. Gadringer.** RF power amplifier behavioral modeling. *The Cambridge RF and Microwave Engineering Series, Cambridge University Press, UK*, 2009.
- [11] **A.A. Saleh.** Frequency-independent and frequency-dependent nonlinear models of TWT amplifiers. *IEEE Trans. Commun.*, vol. COM-29, Nov. 1981, pp.1715 -1720.

- [12] **M.S. O'Droma, S. Meza, Y. Lei.** New modified Saleh models for memoryless nonlinear power amplifier behavioral modeling. *IEEE Commun. Lett.*, vol. 13, no. 6, Jun. 2009, pp.399-401.
- [13] **E. Bertran, M.S. O'Droma, P.L. Gilabert. G. Montoro.** Performance analysis of power amplifier back-off levels in UWB transmitters. *IEEE Trans. CE*, vol. 53, no. 4, Nov. 2007, pp. 1309 – 1313.
- [14] **J. Zhe, S. Zhihuan, H. Jiaming.** Volterra series based predistortion for broadband RF power amplifiers with memory effects. *Journal of Systems Engineering and Electronics*, vol. 19, no. 4, Aug. 2008, pp. 666-671.
- [15] **M.S. O'Droma, N. Mgebrishvili, A. Goacher.** New percentage linearization measures of the degree of linearization of HPA nonlinearity, *IEEE Commun. Lett.*, vol. 8, no. 4, Apr. 2004, pp. 214-216.
- [16] **C. Liu, H. Xiao, Q. Wu, F. Li, K.W. Tam.** Nonlinear distortion analysis of RF power amplifiers for wireless signals. *Int. Conf. on Signal Processing*, vol. 2, Aug. 2002, pp. 1282-1285.

Noise Abatement Measures on Airports: Mutual Dependence

Emir Ganić

University of Belgrade, The Faculty of Transport and Traffic Engineering, Vojvode Stepe 305, Belgrade, Serbia
e-mail: e.ganic@sf.bg.ac.rs

Marina Dobrota

University of Belgrade, Faculty of Organizational Sciences, Jove Ilića 154, Belgrade, Serbia
e-mail: dobrota.marina@fon.bg.ac.rs

Obrad Babić

University of Belgrade, The Faculty of Transport and Traffic Engineering, Vojvode Stepe 305, Belgrade, Serbia
e-mail: o.babic@sf.bg.ac.rs

Abstract. Airports generate benefits to their neighboring communities; however, one of the major external costs associated with these benefits is aircraft noise. Many airports have recognized noise problem long ago and have introduced a variety of measures to reduce its impact. Analyzing the Noise Abatement Measures (NAMs) implemented at different airports, it was concluded that NAMs are related in some way. In the guidelines for the application of a "Balanced approach", International Civil Aviation Organization (ICAO) has described the relationship or interdependency between some NAMs. The research presented in this paper focuses on finding statistical evidence to support the hypothesis that there is interdependency between the pairs of NAMs implemented at European airports. To examine interdependency we used Chi-square crosstabs test for all pairs of NAMs using data set for 246 European airports. The results of the analysis have shown that there is significant dependence between some pairs of NAMs.

Keywords: Air traffic, Airport, Noise Mitigation, Noise Abatement Measure (NAM).

1. Introduction

Major commercial airports generate benefits to their neighboring communities, providing more investment and employment, increasing mobility, as well as providing a strong stimulus to the globalization of the industry, business, and long distance tourism [1,2,3]. However, external costs are associated with these benefits and any increase in aircraft movement causes negative environmental impacts [1]. It is widely accepted that the most significant local environmental impacts related to the operation of airports arises from the noise generated by aircraft [4,5,6,7,8,9].

It has been shown that aircraft noise causes annoyance [4], various adverse health effects like hearing loss [10], cardiovascular diseases

[11], sleep disturbance [12], etc. Different organizations at the global level and numerous air transport system stakeholders are participating in finding solutions to this problem [6].

In September 2001, within the Resolution A33-7 [13], International Civil Aviation Organization (ICAO) has presented the policies and programs based on the so-called "Balanced approach" of aircraft noise management. Balanced approach consists of identifying the noise problem at an airport and then analyzing the various measures available to reduce noise [13]. Analysis of many international airports has shown that numerous measures for solving the noise problem at airports and in their surroundings have been developed and

implemented and thus respond to requests of “Balanced Approach” [6,14].

In the guidelines for the application of a "Balanced approach", ICAO has described the relationship or interdependency between the different principal elements of the Balanced Approach and complementary use of the various principal elements and the measures they involve [13].

The research presented in this paper focuses on finding statistical evidence to support the hypothesis that there is interdependency between the pairs of NAMs implemented at European airports.

This paper is organized as follows. Section 2 describes types of measures that airports have introduced to reduce noise impacts; Section 3 presents the research results and the discussion of these findings; Section 4 provides conclusions and future research directions.

2. Problem Definition and Methodology

Since 1992, Boeing maintains a database of airports around the world that implemented measures to reduce noise impacts [15].

According to Boeing's database, the number of European airports that applied some of the NAMs was 231 in 2009 and 246 in 2010. Airports have introduced 18 different NAMs so far [15,6]. This study does not observe eight land-use planning measures, and because of that, only the ten NAMs presented in Figure 1 will be discussed in this paper.

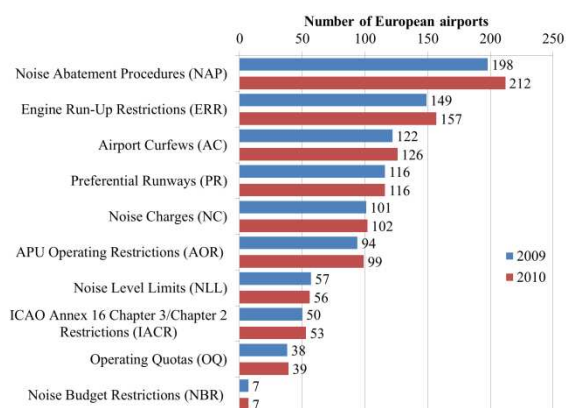


Figure 1. Distribution of number of airports in Europe that introduced NAMs for years 2009 and 2010 [15]

Comparison of frequency of NAMs at European airports for years 2009 and 2010 is given in Figure 1. The most common measures applied are Noise Abatement Procedures followed by Engine Run-Up Restrictions. Only seven airports have applied Noise Budget Restrictions.

By analyzing the NAMs implemented on different airports, we concluded that some NAMs are related. In some cases, sound insulation programs are funded based on noise charges imposed, and therefore it is assumed that a significant correlation exists between these two NAMs. Another observation is that noise level limits and noise charges are usually imposed and operated based on noise monitoring system. The existence of noise monitoring system at the airport could mean a greater likelihood of the introduction of these measures. These observations impose following questions:

- Are the NAMs connected in some way?
- Does the introduction of specific NAMs entail the introduction of other NAMs?

The main focus of this study is to investigate the mutual dependence between NAMs. The hypothesis examined in this study is the following: There is significant dependence between pairs of NAMs.

3. Results

The main idea of this research was to determine whether there is some significant dependence between pairs of NAMs. To do so, the Chi-square crosstabs test that examines whether there are significant relations between two categorical variables has been performed. All pairs of NAMs have been cross-tabbed, but only the significant ones will be presented in the paper.

Airport Curfews	APU Operating Restrictions	
	0	1
Count	0	32
% within Airport Curfews	0	26.7%
	1	67
	46.8%	53.2%

Table 1. Airport Curfews * APU Operating Restrictions Crosstabulation

Table 1 presents the results of chi-square crosstabs between Airport Curfews and APU Operating Restrictions, showing that within airports that hadn't introduced Airport Curfews, 73.3% of airports hadn't introduced APU Operating Restrictions either, while 26.7% had; within airports that had introduced Airport Curfews, 46.8% had not introduced APU

Operating Restrictions, while 53.2% had. The Continuity Correction test (used instead of Chi-square statistics since crosstabs dimensions are 2x2) value is 16.874, $p < 0.001$, showing that there is a significant dependency between Airport Curfews and APU Operating Restrictions.

Airport Curfews * Engine Run-Up Restrictions				Airport Curfews * Noise Charges			
		0	1			0	1
Count	0	61	59	Count	0	91	29
	1	28	98		1	53	73
% within Airport Curfews	0	50.8%	49.2%	% within Airport Curfews	0	75.8%	24.2%
	1	22.2%	77.8%		1	42.1%	57.9%
Continuity Correction				Continuity Correction			
20.569 $p < 0.001$				27.504 $p < 0.001$			

Airport Curfews * Preferential Runways				APU Operating Restrictions * Engine Run-Up Restrictions			
		0	1			0	1
Count	0	79	41	Count	0	72	75
	1	51	75		1	17	82
% within Airport Curfews	0	65.8%	34.2%	% within APU Operating Restrictions	0	49%	51%
	1	40.5%	59.5%		1	17.2%	82.8%
Continuity Correction				Continuity Correction			
14.858 $p < 0.001$				24.563 $p < 0.001$			

APU Operating Restrictions * Preferential Runways				ICAO Annex 16 Chapter 3/Chapter 2 Restrictions * Noise Level Limits			
		0	1			0	1
Count	0	97	50	Count	0	128	65
	1	33	66		1	16	37
% within APU Operating Restrictions	0	66%	34%	% within APU Operating Restrictions	0	66.3%	33.7%
	1	33.3%	66.7%		1	30.2%	69.8%
Continuity Correction				Continuity Correction			
24.019 $p < 0.001$				24.903 $p < 0.001$			

ICAO Annex 16 Chapter 3/Chapter 2 Restrictions * Operating Quotas				Noise Level Limits * Operating Quotas			
		0	1			0	1
Count	0	182	11	Count	0	172	18
	1	25	28		1	35	21
% within ICAO Annex 16 Chapter 3/Chapter 2	0	94.3%	5.7%	% within Noise Level Limits	0	90.5%	9.5%
	1	47.2%	52.8%		1	62.5%	37.5%
Continuity Correction				Continuity Correction			
65.75 $p < 0.001$				23.409 $p < 0.001$			

Table 2. Summary results

Table 2 presents the summary results of matching pairs of NAMs. Table 3 shows a group dependencies between NAMs, whereas sign + presents weak dependency while sign ++ presents strong one. From Table 3 it can be

seen that from 45 pairs of NAMs, there is strong dependence between nine, and weak dependency between 14 pairs of NAMs. There is no significant dependence between other pairs of NAMs.

	AC	AOR	ERR	IACR	NAP	NBR	NC	NLL	OQ	PR
Airport Curfews										
APU Operating Restrictions	++									
Engine Run-Up Restrictions	++	++								
ICAO Annex 16 Chapter 2,3	+	+	+							
Noise Abatement Procedures		+								
Noise Budget Restriction										
Noise Charges	++		+	+						
Noise Level Limit	+	+		++		+				
Operating Quotas	+		+	++			+	++		
Preferential Runways	++	++				+		+		

Table 3. NAMs dependencies

4. Conclusion

Analysis of NAMs, presented in this paper had the goal to investigate the mutual dependence between NAMs. The research was conducted based on data from Boeing's database for the year 2010 for 246 European airports. The Chi-square crosstabs test showed that there is significant dependence between nine pairs of NAMs. Mutual dependence between NAMs could be used to suggest airport managers what NAMs should be implemented based on NAMs that are in place at the airport.

A research presented in this paper is planned to be continued. Group dependencies between NAMs could be used as directives in order to perform Logistic regression tests and analyze the correlation between NAMs introduced. Logistic regression than could be used to explain whether the introduction of specific NAMs entails the introduction of other NAMs.

References

- [1] **T. Issarayangyun**, Aircraft Noise and Public Health: Acoustical Measurement and Social Survey around Sydney (Kingsford Smith) Airport. The University of New South Wales. 2005.
- [2] **M. Janić**, Aviation and externalities: the accomplishments and problems. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 1999, 4(3), 159–180.
- [3] **G. Nero and J. A. Black**, Hub-and-Spoke Networks and the Inclusion of Environmental Costs on Airport Pricing. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 1998, 3(5), 275–296.
- [4] **P. Brooker**, Do people react more strongly to aircraft noise today than in the past? Applied Acoustics, 2009, 70(5), 747–752.
- [5] **M. Ignaccolo**, Environmental capacity: noise pollution at Catania-Fontanarossa international airport. Journal of Air Transport Management, 2000, 6(4), 191–199.
- [6] **F. Netjasov**, Contemporary measures for noise reduction in airport surroundings. Applied Acoustics, 2012, 73(10), 1076–1085.
- [7] **NRC**. For Greener Skies: Reducing Environmental Impacts of Aviation (p. 70). Washington, D.C.: The National Academies Press. 2002
- [8] **P. Upham, J. Maughan, D. Raper, and C. Thomas**, Towards Sustainable Aviation (p. 248). London, UK: Earthscan. 2003
- [9] **P. Upham, C. Thomas, D. Gillingwater, and D. Raper**, Environmental capacity and airport operations: current issues and future prospects. Journal of Air Transport Management, 2003, 9(3), 145–151.
- [10] **H. Xie, H. Li, and J. Kang**, The characteristics and control strategies of aircraft noise in China. Applied Acoustics, 2014, 84, 47–57.
- [11] **L. Hansell, M. Blangiardo, L. Fortunato, S. Floud, K. de Hoogh, D. Fecht, ... P. Elliott**, Aircraft noise and cardiovascular disease near Heathrow airport in London: small area study. BMJ, 2014. 348 (jun05 8), g3504–g3504.
- [12] **S.A. Janssen, M.R. Centen, H. Vos, and I. van Kamp**, The effect of the number of aircraft noise events on sleep quality. Applied Acoustics, 2014, 84, 9–16.
- [13] **ICAO**. Guidance on the balanced approach to aircraft noise management (Second.). Montreal, Canada: International Civil Aviation Organization. 2008.
- [14] **E. M. Ganic, F. Netjasov, and O. Babic**, Analysis of noise abatement measures on European airports. Applied Acoustics, 2015, 92, 115–123.
- [15] **Boeing**. Airports with Noise and Emissions Restrictions. 2014 Retrieved from <http://www.boeing.com/commercial/noise>

Razvoj fazi logičkog sistema za upravljanje kolosečnim kočnicama u železničkoj stanici Beograd ranžirna

Marko Kapetanović

Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305, Beograd

e-mail: marko.kapetanovic@live.com

Dušan Teodorović

Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305, Beograd

e-mail: duteodor@gmail.com

Nebojša Bojović

Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305, Beograd

e-mail: nb.bojovic@sf.bg.ac.rs

Apstrakt. Upravljanje kolosečnim kočnicama predstavlja veoma bitan zadatak u procesu ranžiranja kola. Određivanje odgovarajućeg stepena kočenja ima za cilj sprečavanje sustizanja uzastopnih grupa kola na spuštalici, kao i zaustavljanje kola na željenom mestu na ranžirno-otpremnom koloseku. U ovom radu je za rešavanje problema izbora odgovarajućeg stepena kočenja u stanici Beograd ranžirna predložena primena fazi logike. Razvijeni fazi logički sistem je baziran na ekspertskom znanju. Intervjuisanjem operatera u ranžirnoj stanici definisane su ulazne i izlazne promenljive i kreirana je baza fazi pravila. Model je testiran na uzorku koji je formiran u toku intervjuisanja operatera. Dobijeni rezultati pokazuju visok stepen poklapanja sa stvarnim vrednostima.

Ključne reči: Ranžirna stanica, Kolosečne kočnice, Fazi logika, FIS

1. Uvod

Adekvatno upravljanje kolosečnim kočnicama ima ključnu ulogu u efikasnom procesu ranžiranja vozova. Kako bi se maksimalno iskoristila preradna moć ranžirne stanice i pritom sprečila oštećenja infrastrukture, kola i robe, od velike je važnosti primeniti odgovarajući stepen kočenja prilikom kretanja kola na spuštalici. Avramović (1989; 1995a; 1995b) je rešavao problem upravljanja kolosečnim kočnicama u uslovima potpune automatizacije. U ovom radu je posmatrana postojeća tehnologija upravljanja kolosečnim kočnicama u stanici Beograd ranžirna - u uslovima

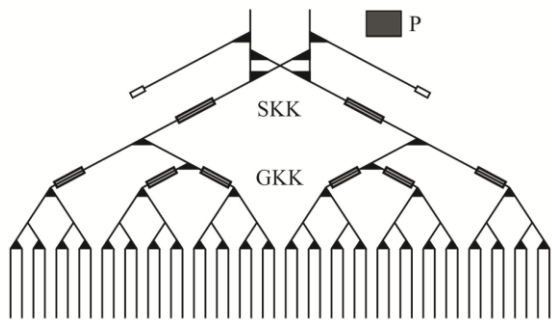
poluautomatizacije. Za rešavanje ovog problema predložena je primena fazi logike.

U drugom poglavlju ovog rada opisana je tehnologija upravljanja kolosečnim kočnicama u stanici Beograd ranžirna. Razvoj fazi logičkog sistema i rezultati testiranja modela su prikazani u trećem poglavlju. U četvrtom poglavlju su izneta zaključna razmatranja i mogući pravci daljeg istraživanja.

2. Upravljanje kolosečnim kočnicama u stanici Beograd ranžirna

Stanica Beograd ranžirna je poluautomatizovana gravitaciona ranžirna stanica, što podrazumeva automatsko formiranje puteva vožnje na osnovu programa za rastavljanje vozova i ručno upravljanje

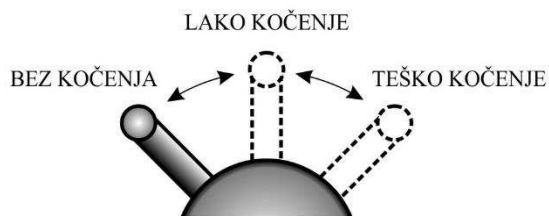
kolosečnim kočnicama. Kolosečne kočnice su raspoređene u dve zone (Slika 1): spuštalične (SKK) i grupne (GKK) kolosečne kočnice. Zadatak SKK je da obezbede tzv. intervalno kočenje, odnosno da spreče sustizanje kola na spuštatici, dok je zadatak GKK tzv. ciljno kočenje, odnosno zaustavljanje kola na određenom mestu na ranžirno-otpremnom koloseku.



Slika 1. Linijski prikaz kolosečne situacije sa pozicijom kolosečnih kočnica

Procesom ranžiranja upravljaju tri operatera locirana u kuli (postavnica 2). Vizuelno prateći proces ranžiranja, upravljanje kolosečnim kočnicama vrše na osnovu subjektivnih procena, uzimajući u obzir veličine kao što su trkačke osobine kola, slobodna dužina koloseka na koji se kola upućuju, i dr. Po pravilu, ovaj posao obavljaju najiskusniji operateri.

Spuštaličnom i grupnom kolosečnom kočnicom se upravlja ručno, promenom položaja poluga koje se nalaze na komandnom pultu. Svaka poluga ima tri položaja: „bez kočenja“, „lako kočenje“ i „teško kočenje“ (Slika 2).



Slika 2. Tri položaja poluge za upravljanje kolosečnim kočnicama

3. Razvoj fazi logičkog sistema za upravljanje kolosečnim kočnicama

Uspešna implementacija određenog fazi logičkog sistema (eng. Fuzzy Inference System - FIS) podrazumeva prethodno definisanje ulaznih i izlaznih promenljivih, utvrđivanje

funkcija pripadnosti i kreiranje baze fazi pravila (Teodorović i Šelmić, 2012).

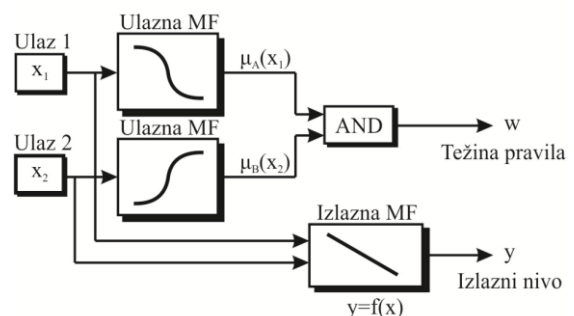
Najčešće korišćene tehnike fazi zaključivanja su Mamdani i Sugeno (Fuller, 2000). Glavna razlika između Mamdani i Sugeno metoda je u tome što su funkcije pripadnosti izlaza Sugena linearne ili konstante. Razlika se sastoji i u procedurama agregacije i defazifikacije. Za AND pravilo u okviru Sugeno fazi modela (Slika 3):

If x_1 is **A** and x_2 is **B** then $y = f(x)$

gde su **A** i **B** fazi skupovi u premisi, $y = f(x)$ je funkcija u konsekvenci, konačan izlaz sistema se računa kao (The MathWorks Inc, 2015):

$$KI = \frac{\sum_{i=1}^N w_i y_i}{\sum_{i=1}^N w_i} \quad (1)$$

gde su w_i težine pravila (stepen ispunjenja), jednake: $w_i = \text{AndMetod}(\mu_A(x_1), \mu_B(x_2))$.



Slika 3. AND pravilo u okviru Sugeno fazi modela

Kako operateri biraju jedan od tri moguća položaja poluga za upravljanje kolosečnim kočnicama, može se smatrati da izlazne funkcije predstavljaju konstante. Uzimajući to u obzir, Sugeno model je izabran, kao najpogodniji za posmatrani problem.

3.1. Definisane ulaznih i izlaznih promenljivih

Intervjuisanjem operatera u železničkoj stanici Beograd ranžirna definisani su kriterijumi i promenljive koje utiču na izbor stepena kočenja. Definisane ulazne promenljive i odgovarajući fazi skupovi su:

x_1 – Broj kola u grupi, sa fazi skupovima: **M** – Mali, **S** – Srednji, **V** – Veliki (Slika 4);

x_2 – Prosečna masa kola u grupi, sa fazi skupovima: **M** – Mala, **S** – Srednja, **V** – Velika (Slika 5);

x_3 – Vetar, sa fazi skupovima: **N** – Negativan, **BV** – Bez vetra, **P** – Pozitivan, **SP** – Snažan pozitivan (Slika 6);

x_4 – Temperatura, sa fazi skupovima: **N** – Niska, **S** – Srednja, **V** – Visoka (Slika7);

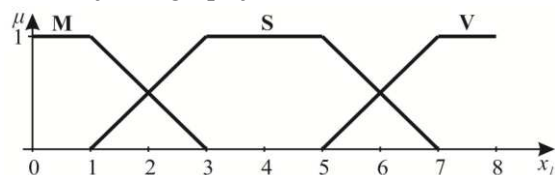
x_5 – Slobodna dužina koloseka, sa fazi skupovima: **M** – Mala, **S** – Srednja, **V** – Velika (Slika 8).

Definisane izlazne promenljive i odgovarajući fazi skupovi su:

y_1 – Stepen kočenja spuštalične kolosečne kočnice, sa fazi skupovima: **BK** – Bez kočenja, **LK** – Lako kočenje, **TK** – Teško kočenje (Slika9);

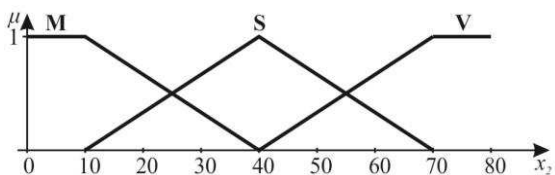
y_2 – Stepen kočenja grupne kolosečne kočnice, sa fazi skupovima: **BK** – Bez kočenja, **LK** – Lako kočenje, **TK** – Teško kočenje.

Prema važećem Pravilniku u stanici Beograd ranžirna, maksimalan broj kola u sastavu jedne grupe je 8.



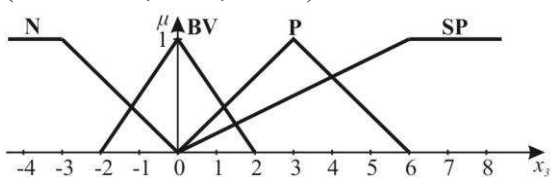
Slika 4. Podela domena ulazne promenljive x_1 i odgovarajuće funkcije pripadnosti

Uzimajući u obzir statističke podatke, maksimalna masa tovarnih kola koja se ranžiraju iznosi 80t.



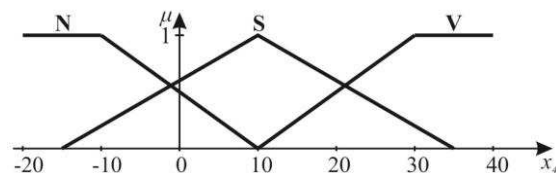
Slika 5. Podela domena ulazne promenljive x_2 i odgovarajuće funkcije pripadnosti

Posmatrajući pravac ose spuštalice i smer kretanja kola u toku ranžiranja, prema statističkim podacima koji obuhvataju pedesetogodišnji prosek, maksimalna brzina vetra se kreće u intervalu između -4,4 i 8,4m/s (Avramović, 1989; 1995a).



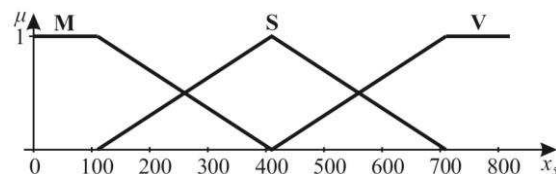
Slika 6. Podela domena ulazne promenljive x_3 i odgovarajuće funkcije pripadnosti

Usvojeni opseg vrednosti temperature je između -20 i 40°C.



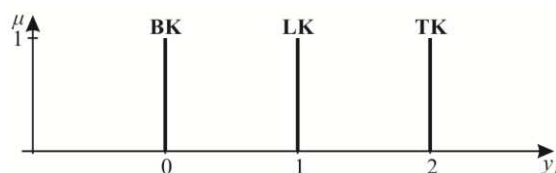
Slika 7. Podela domena ulazne promenljive x_4 i odgovarajuće funkcije pripadnosti

Maksimalna korisna dužina ranžirno-otpremnih koloseka u stanici iznosi 820m.



Slika 8. Podela domena ulazne promenljive x_5 i odgovarajuće funkcije pripadnosti

Usvojene vrednosti za tri moguća položaja poluge su 0, 1 i 2. Kako su SKK i GKK identične mehaničke konstrukcije, i kako način upravljanja identičan, i definisane izlazne promenljive su identične.



Slika 9. Podela domena izlazne promenljive y_1 i odgovarajuće funkcije pripadnosti

Parametri funkcija pripadnosti definisanih fazi skupova prikazani su u Tabeli 1.

Tabela 1. Parametri funkcija pripadnosti

Prom.	F-ja prip.	Parametri
x_1	M	trapmf (0,0,1,3)
	S	trapmf (1,3,5,7)
	V	trapmf (5,7,8,8)
x_2	M	trapmf (0,0,10,40)
	S	trimf (10,40,70)
	V	trapmf (40,70,80,80)
x_3	N	trapmf (-4,4,-4,4,-3,0)
	BV	trimf (-2,0,2)
	P	trimf (0,3,6)
	SP	trapmf (0,6,8,4,8,4)
x_4	N	trapmf (-20,-20,-10,0)
	S	trimf (-15,10,35)
	V	trapmf (10,30,40,40)
x_5	M	trapmf (0,0,110,410)
	S	trimf (110,410,710)
	V	trapmf (410,710,820,820)
y_1	BK	constant (0)
	LK	constant (1)
	TK	constant (2)
y_2	BK	constant (0)
	LK	constant (1)
	TK	constant (2)

3.2. Kreiranje baze fazi pravila

Jedan od najčešće korišćenih metoda za generisanje fazi pravila je Wang Mendelov metod, koji kombinuje numeričke podatke i lingvističke informacije (Teodorović i Šelmić, 2012). Kako se u stanici Beograd ranžirna ne registruje upotreba kolosečnih kočnica, ne postoji reprezentativan uzorak na osnovu kog bi se generisanje baze fazi pravila moglo sprovesti ovom metodom. Stoga je baza fazi pravila generisana na osnovu sugestija eksperata. Baza sadrži 324 fazi pravila, obuhvatajući sve kombinacije fazi skupova ulaznih promenljivih. Jedno od pravila glasi:

If x_1 is **M** and x_2 is **M** and x_3 is **N** and x_4 is **N** and x_5 is **M**, Then y_1 is **TK** and y_2 is **TK**

3.3. Testiranje modela

Tokom intervjuisanja operatera zabeležena je upotreba kolosečnih kočnica prilikom ranžiranja kola u sastavu jednog dolaznog voza, koji se sastojao od 11 grupa kola. Zabeležene vrednosti ulaznih promenljivih, kao i primenjeni stepeni kočenja, upotrebljeni su za testiranje razvijenog fazi sistema. Rezultati su prikazani u Tabeli 2. Sa y_1^* i y_2^* označeni su rezultati modela. Od 11 grupa kola, stvarne vrednosti stepena kočenja i vrednosti dobijene primenom modela se poklapaju u 8 slučajeva. U jednom slučaju se rezultati razlikuju samo kod upotrebe grupne kolosečne kočnice, dok se u preostala dva slučaja rezultati potpuno razlikuju.

Tabela 2. Rezultati ocene modela

x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	y_1	y_2	y_1^*	y_2^*
1	78	1	29	790	2	1	2	1
5	69	1	29	705	1	2	1	2
3	71	1	29	90	1	2	2	1
4	12	1	29	110	1	2	1	2
1	59	1	29	90	2	2	2	1
7	67	1	29	795	1	0	1	0
5	71	1	29	780	1	1	1	1
3	73	1	29	710	1	1	1	1
8	79	1	29	820	1	0	1	0
8	77	1	29	740	1	0	1	0
1	76	1	29	660	2	1	1	0

4. Zaključak

U radu je predstavljen razvoj fazi logičkog sistema za upravljanje kolosečnim kočnicama

u stanici Beograd ranžirna. Fazi logički sistem je razvijen na osnovu procedura i tehnologije koje se trenutno primenjuju. Intervjuisanjem operatera definisane su ulazne i izlazne promenljive i kreirana je baza fazi pravila. Razvijeni fazi logički sistem je testiran na uzorku koji je formiran u toku intervjuisanja operatera, i koji se sastoji od 11 grupa kola.

Model se može proširiti uvođenjem dodatnih promenljivih, kao što su fizičko stanje kola, fizičko stanje pojedinih koloseka, otpori od krivina i skretnica, i dr. Takođe, dodatnim posmatranjem i registrovanjem upotrebe kolosečnih kočnica može se formirati reprezentativan uzorak, koji bi omogućio generisanje baze fazi pravila primenom Wang Mendelovog metoda, kao i razvoj neuro-fazi sistema (eng. Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System - ANFIS).

Zahvalnica. Ovaj rad je podržan od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, kroz projekat TR 36022, za period 2011-2015.

Bibliografija

- [1] **Z.Ž. Avramović**, Računarsko upravljanje ranžirnim stanicama. Zavod za novinsko-izdavačku i propagandnu delatnost JŽ, Beograd, 1989.
- [2] **Z.Ž. Avramović**. Modelovanje i mikroručunarsko upravljanje ranžirnim stanicama. Zavod za novinsko-izdavačku i propagandnu delatnost JŽ, Beograd, 1995a.
- [3] **Z.Ž. Avramović**. Method for evaluating the strenght of retarding steps on a marshalling yard hump. European Journal of Operational Research, 1995b, 85, 504-514.
- [4] **R. Fuller**. Introduction to neuro-fuzzy systems. Springer-Verlag, Berlin, 2000.
- [5] Poslovni red stanice Beograd ranžirna II deo i Tehnološki proces rada za 2013./2014. godinu.
- [6] **D. Teodorović, M. Šelmić**. Računarska inteligencija u saobraćaju. Saobraćajni fakultet, Beograd, 2012.
- [7] **The MathWorks Inc.** Fuzzy Logic Toolbox™ User's Guide, 2015.

Istraživanje uticaja načina upravljanja saobraćajem na mere performansi obavljanja saobraćaja na aerodromima

Tatjana Krstić Simić i Obrad Babić

Univerzitet u Beogradu - *Saobraćajni fakultet*, Vojvode Stepe 305, 11000 Beograd

e-mail: t.krstic@sf.bg.ac.rs; e-mail: o.babic@sf.bg.ac.rs

Apstrakt. Predmet istraživanja u ovom radu predstavlja uticaj načina upravljanja saobraćajem na manevarskim površinama aerodroma, kao i vazдушnom prostoru u neposrednoj okolini aerodroma, od strane kontrole letenja, na efikasnost funkcionisanja aerodroma. U tu svrhu predložene su mere neefikasnosti obavljanja saobraćaja: vremenska neefikasnost, neefikasnost potrošnje goriva i emisije gasova. Izvršeni su eksperimenti za aerodrom pretpostavljene konfiguracije i saobraćajne potražnje, za različite taktike upravljanja od strane kontrole letenja, korišćenjem simulacionog modela SIMMOD. Dobijeni rezultati su analizirani i izvedeni su određeni zaključci. Pokazano je da različite taktike upravljanja saobraćajem od strane kontrole letenja generišu različitu efikasnost funkcionisanja sistema.

Ključne reči: upravljanje vazдушnim saobraćajem; aerodromi; efikasnost

1. Uvod

U nekoliko poslednjih decenija, obim vazdušnog saobraćaja je značajno porastao. Za Evropu se u 2035. godini očekuje obim saobraćaja od 14,4 miliona operacija, što je 1,5 puta više od obima u 2012. godini [1]. Tako veliki porast saobraćaja svakako ima pozitivne (doprinosi generalnom napretku), ali i negativne efekte na društvo i životnu sredinu. Negativni efekti obuhvataju buku u okolini aerodroma, zagađenje vazduha, zagušenja i kašnjenja itd. [2]. Na primer, u Evropi vazdušni saobraćaj generiše 3,5% celokupne emisije CO₂, pri čemu je 0,2% emisije (celokupne) generisano usled neefikasnosti upravljanja vazдушnim saobraćajem od strane kontrole letenja [3].

Predmet istraživanja u ovom radu predstavlja uticaj načina upravljanja saobraćajem na manevarskim površinama aerodroma, kao i vazдушnom prostoru u neposrednoj okolini aerodroma, od strane kontrole letenja, na mere performansi obavljanja saobraćaja na aerodromima. Naime,

za datu (trenutnu ili planiranu) saobraćajnu potražnju, različite mere upravljanja saobraćajem mogu rezultirati različitom efikasnošću obavljanja saobraćaja na aerodromu. U ovom radu, pod efikasnošću obavljanja saobraćaja podrazumeva se da se upravljanje saobraćajem vrši na takav način, da negativni efekti obavljanja letova budu što manji, tj. da se letovi realizuju pod uslovima koji su bliski optimalnim, tj. kao kada bi bili sami u sistemu.

Cilj istraživanja bio je određivanje međusobne zavisnosti između taktike upravljanja saobraćajem od strane kontrole letenja i efikasnosti obavljanja saobraćaja na aerodromu.

2. Mere neefikasnosti leta

Upravljanje vazдушnim saobraćajem može imati značajnu ulogu u smanjenju uticaja vazdušnog saobraćaja na životnu sredinu. U svrhu boljeg razumevanja ovog uticaja jedan od mogućih pristupa je kvantifikovanje datog uticaja koristeći relevantne mere neefikasnosti leta. Pri tome je neefikasnost leta definisana

kao bilo kakvo odstupanje od optimalne 4D putanje leta, u bilo kojoj fazi leta. U radu je uvedena mera neefikasnosti (Inefficiency Metric - IM), koja pruža informaciju o razlici između stvarnih (Stv.v.) i optimalnih vrednosti (Opt.v.) analiziranih parametara [4]:

$$IM (\%) = ((\text{Stv.v.} - \text{Opt.v.}) / \text{Opt.v.}) \times 100 \quad (1)$$

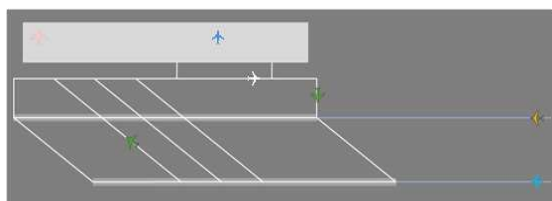
Za ocenu uticaja načina upravljanja od strane kontrole letenja na efikasnost funkcionisanja aerodroma odabrani su: vreme koje vazduhoplovi dodatno provedu u sistemu usled kašnjenja (Time Inefficiency - TI), dodatno gorivo koje potroše (Fuel Inefficiency - FI) i dodatna količina emitovanih gasova (Emission Inefficiency - EI).

3. Eksperiment

Primenom simulacionog modela SIMMOD (Verzija 8.1), modeliran je aerodrom sa dve poletno-sletne staze (PSS) i paralelnom rulnom stazom (RS) (Slika 1).

Sistem analiziran u ovom istraživanju obuhvata manevarske površine aerodroma (PSS i RS), kao i vazdušni prostor u neposrednoj okolini aerodroma. Vazduhoplovi u sletanju se u sistemu pojavljuju u tački završnog prilazanja, dok se vazduhoplovi u poletanju u sistemu pojavljuju u momentu kada traže dozvolu da krenu na poletanje.

Vazduhoplovi se pojavljuju u sistemu na slučajan način, pri čemu međuvreme nailaska između dva vazduhoplova (i za sletanja i za poletanja) ima ravnomernu raspodelu od 0 do 2,5 minuta - $R(0s, 150s)$. Ovaj intenzitet saobraćaja treba da ilustruje obim saobraćaja koji će dovesti do zagušenja sistema. Tip operacija i tip vazduhoplova su dodeljivani na slučajan način (odnos sletanja/poletanja: 50/50% i odnos heavy/large vazduhoplovi: 25/75%).



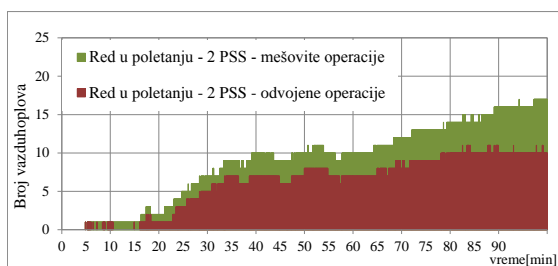
Slika 1. Aerodrom sa dve PSS i rulnom stazom paralelnom sa PSS

Analizirana su dva scenarija: scenario u kojem se primenjuje odvojeni (segregated) operativni mod – simultano obavljanje operacija na paralelnim PSS, pri čemu se jedna staza koristi isključivo za prilaz i sletanje, a druga isključivo za poletanja (u daljem tekstu Scenario 1) i scenario u kojem se primenjuje mešoviti (mixed) operativni mod – simultano obavljanje operacija na paralelnim PSS, pri čemu se jedna staza koristi za oba tipa operacija (sletanja i poletanja), a druga staza isključivo za sletanja. Pri tome, uvedena je pretpostavka da se spoljašnja PSS koristi za sletanja iz grupe large vazduhoplova dok heavy vazduhoplovi sleću na unutrašnju PSS (u daljem tekstu Scenario 2).

3.1 Rezultati eksperimenata i diskusija

U Tabeli 1 prikazane su vrednosti prosečnog broja opsluženih vazduhoplova, prosečnog ukupnog kašnjenja i kašnjenja po vazduhoplovu, dobijene za dve različite taktike upravljanja saobraćajem. Prikazane su vrednosti za sve posmatrane vazduhoplove koji su ušli u sistem u toku jednog sata, kao i vrednosti za vazduhoplove koji su opsluženi u posmatranom jednočasovnom intervalu. Na osnovu vrednosti prikazanih u Tabeli 1 može se videti da obe taktike daju slične vrednosti prosečnog kašnjenja i protoka sistema (prosečno kašnjenje po opsluženom vazduhoplovu je ~ 5 min za ~ 60 opsluženih vazduhoplova). Ukoliko se uzmu u obzir svi posmatrani vazduhoplovi (svi koji su ušli u sistem u 1. satu), kašnjenje po vazduhoplovu veće je za Scenario 2 gde su kašnjenja 6,74 min (u Scenariju 1 - 6,11 min).

Na slici 2 prikazane su vrednosti prosečne dužine reda vazduhoplova u poletanju za oba scenarija. Sa date slike može se videti da sistem u slučaju mešovitih operacija postaje zasićen: red u poletanju stalno raste i dostiže vrednost od čak 17 vazduhoplova, sa prosečnim kašnjenjem vazduhoplova od 12,55 minuta. U slučaju odvojenih operacija red za poletanje je, nakon početnog perioda, prilično „stabilan” (do 10 vazduhoplova), sa prosečnim kašnjenjem od 7,35 minuta.



Slika 2. Prosečna dužina reda u poletanju – Scenario 1 vs. Scenario 2

Na slici 3 dat je uporedni prikaz vrednosti mera neefikasnosti, dobijenih za Scenarije 1 i 2. Sa slike se može uočiti sledeće: za Scenario 2, posmatrano za sve vazduhoplove (na slici označeno sa svi) dobijene su više vrednosti TI i niže vrednosti FI i EI (usled manjeg kašnjenja sletanja). Vremenska neefikasnost TI vazduhoplova u poletanju veća je od TI vazduhoplova u sletanju za oba scenarija. Doprinos ukupnoj neefikasnosti potrošnje goriva i emisije gasova (FI i EI) poletanja i sletanja je sledeći: za Scenario 1 odnos je 36% : 64%, dok je za Scenario 2 taj odnos 81% : 19%. Za Scenario 2, TI poletanja je značajno veća (96%) od TI sletanja (4%), pa je i FI (odnosno EI) poletanja značajno veća od FI (EI) sletanja.

Emisija pojedinih gasova za sve vazduhoplove data je na Slici 4, za poletanja na Slici 5 i za sletanja na Slici 6. Na osnovu slika 4 do 6 može se videti da EI pojedinih gasova zavisi od TI (smanjenje TI dovodi do smanjenja EI i obrnuto), dok EI ostalih gasova zavisi od FI, i to:

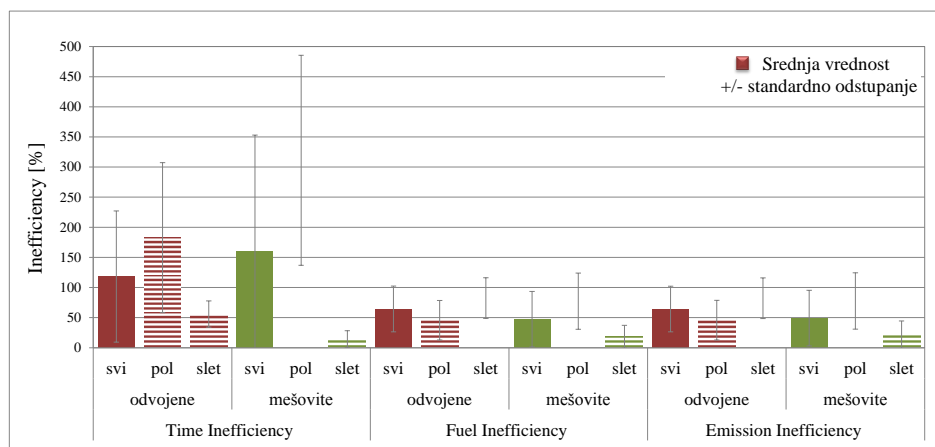
- Neefikasnosti emisije za CO₂, H₂O i SO_x direktno je zavisna od FI. Posmatrano za sve vazduhoplove (Slika 4), kao i za sletanja (Slika 6) neefikasnost emisije ovih gasova je manja za Scenario 2, dok je za poletanja (Slika 5) EI ovih gasova veća, u odnosu na vrednosti dobijene za Scenario 1;

- Vrednosti neefikasnosti emisije HC, benzena i CO su veoma zavisne od vremena koje vazduhoplov provede u taksiranju i/ili čekanju na rulnim stazama. EI za date gasove najviše zavisi od TI poletanja. Posmatrano za sve vazduhoplove i za poletanja, EI ovih gasova je značajno manja za Scenario 1, dok je za sletanja razlika između scenarija manja;

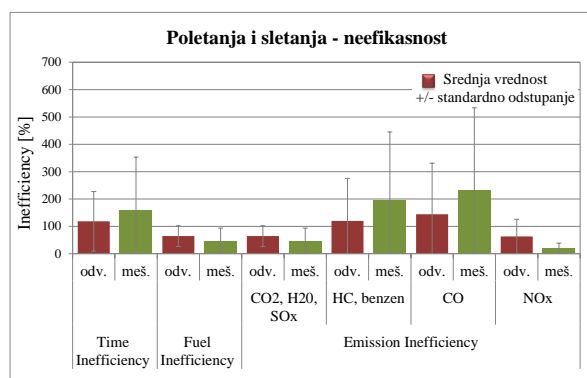
- Vrednost neefikasnosti emisije za NO_x, posmatrano za sve vazduhoplove i za sletanja (Slike 4 i 6), najviše zavisi od FI: vrednost EI za NO_x je niža za Scenario 2, dok je za poletanja ova razlika između scenarija manja (Slika 5).

Tabela 1. Kašnjenja vazduhoplova - Scenario 1 vs. Scenario 2

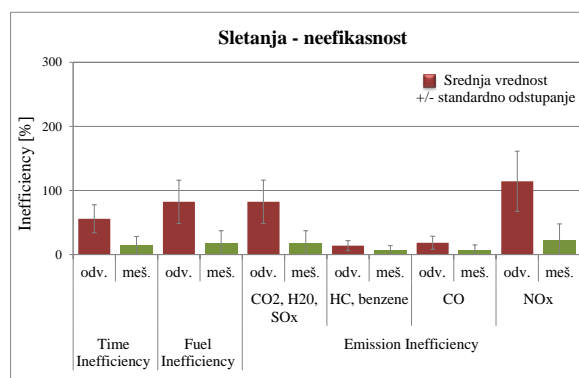
ATC taktika	Tip operacije	Prosečan broj opsluženih a/c u 1. satu	Prosečno ukupno kašnjenje a/c opsluženih u 1. satu	Prosečno kašnjenje po a/c opsluženom u 1. satu	Prosečan broj a/c koji su ušli u sistem u 1. satu	Prosečno ukupno kašnjenje a/c koji su ušli u sistem u 1. satu	Prosečno kašnjenje po a/c koji je ušao u sistem u 1. satu
Scen. 1 odvojene operacije	ukupno	60,00	308 min	5,13 min	81,50	498 min	6,11 min
	sletanja	29,33	129 min	4,40 min	41,50	204 min	4,92 min
	poletanja	30,67	179 min	5,84 min	40,00	294 min	7,35 min
Scen. 2 mešovite operacije	ukupno	59,17	292 min	4,94 min	81,50	549 min	6,74 min
	sletanja	31,83	37 min	1,16 min	41,50	47 min	1,13 min
	poletanja	27,33	256 min	9,37 min	40,00	502 min	12,55 min



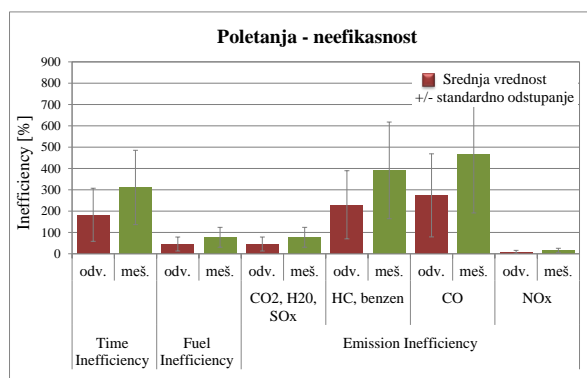
Slika 3. Vrednosti neefikasnosti – Scenario 1 vs. Scenario 2



Slika 4. Vrednosti neefikasnosti sa detaljnijim prikazom EI – Scen. 1 vs. Scen. 2



Slika 6. Vrednosti neefikasnosti za sletanja sa detaljnijim prikazom EI – Scen. 1 vs. Scen. 2



Slika 5. Vrednosti neefikasnosti za poletanja sa detaljnijim prikazom EI – Scen. 1 vs. Scen. 2

4. Zaključak

Na osnovu prikazanih rezultata i izvršenih analiza za Scenarije 1 i 2, može se zaključiti sledeće: primena taktike odvojenih operacija poletanja i sletanja generiše manje ukupne vrednosti TI, ali veće vrednosti ukupne FI i EI, u poređenju sa taktikom mešovitih operacija poletanja i sletanja.

Zahvalnica. Ovo istraživanje *podržano* je od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, kroz naučno-istraživački projekat Instituta Saobraćajnog fakulteta: “Podrška održivom razvoju sistema vazdušnog saobraćaja Republike Srbije” (broj TR36033), 2011-2015.

Bibliografija

- [1] **EEC**, Challenges of Growth 2013: Summary Report, 2013
- [2] **Janić, M.**, Developing an Indicator System for Monitoring, Analyzing and Assessing Airport Sustainability, EJTIR, 2010, pp. 206-229.
- [3] **EEC**, Performance Review Report: An Assessment of ATM in Europe during the Calendar Year 2013, Performance Review Commission, 2014
- [4] **Reynolds, T.G.**, Development of Flight Inefficiency Metrics for Environmental Performance Assessment of ATM, ATM2009, Napa, California

Efikasnost aviokompanija u Evropskoj uniji: primena AHP i DEA metoda

Slavica Dožić

*Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305
e-mail: s.dozic@sf.bg.ac.rs*

Danica Babić

*Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305
e-mail: d.babic@sf.bg.ac.rs*

Apstrakt. Efikasnost aviokompanije se, kao i u drugim granama privrede, meri kao količina proizvedenog outputa po jedinici uloženog inputa. Deregulacija vazdušnog saobraćaja, kao i povećana konkurencija uticale su na to da skoro sve aviokompanije smanje svoje operativne troškove i povećaju efikasnost u odnosu na period od pre dvadesetak godina. Predmet istraživanja u ovom radu je analiza efikasnosti aviokompanija u Evropskoj uniji u 2012. godini gde je primenom Analitičkog hijerarhijskog procesa (AHP) izvršeno rangiranje aviokompanija prema sveobuhvatnoj efikasnosti, dok je metodom Analize obavijanja podataka (DEA) procenjena pojedinačna efikasnost svake aviokompanije i identifikovani su neefikasni elementi poslovanja koji bi mogli da se unaprede. Dobijeni rezultati u istraživanju ukazuju na to da je efikasno samo 4 od 16 razmatranih aviokompanija koje posluju u Evropskoj uniji, da su niskotarifne aviokompanije znatno efikasnije u odnosu na tradicionalne, a da je ključ njihove prednosti u efikasnijem korišćenju radne snage, mereno kako u proizvedenom kapacitetu po zaposlenom, tako i po ostvarenom saobraćaju po zaposlenom.

Ključne reči: efikasnost aviokompanije, AHP, DEA

1. Uvod

Nezavisno od poslovnog modela koji primenjuju (tradicionalni (FC), regionalni (RA), niskotarifni (LCC) itd.), i kojoj vrsti obaveza podležu od strane nadležnih vlasti ili članica različitih udruženja, danas aviokompanije širom sveta imaju znatno više slobode u donošenju svih odluka koje će im obezbediti uspešno poslovanje i opstanak na tržištu. Te odluke se pre svega odnose na pronalaženje odgovarajućeg balansa između opsluživanja različitih segmenata tržišta, sa jedne strane i ispunjavanja ekonomskih interesa aviokompanije, sa druge strane. Iako je svakoj aviokompaniji u interesu da postigne što veći nivo iskorišćenosti resursa, mora se imati na umu da putnici pored kupovine karte „kupuju“ i veliki niz utisaka zajedno sa vazdušnim transportom.

Operativni sistem aviokompanije je, u ekonomskom smislu, proizvodni proces u kome se resursi kombinuju kako bi se dobio izlazni proizvod (output), a to je usluga transporta. Količina koju je moguće proizvesti je funkcija količine faktora proizvodnje koji su angažovani i efikasnosti njihovog korišćenja.

Predmet istraživanja u ovom radu je analiza efikasnosti aviokompanija u EU u 2012. godini gde je primenom AHP izvršeno njihovo rangiranje prema sveobuhvatnoj efikasnosti, dok je metodom DEA procenjena pojedinačna efikasnost svake aviokompanije i identifikovani su neefikasni elementi poslovanja koji bi mogli da se unaprede.

2. Efikasnost aviokompanija

Budući da se efikasnost kompanije meri kao količina proizvedenog outputa po jedinici uloženog inputa, važno je definisati pojmove

input i output aviokompanije. Za output aviokompanije u literaturi mnogi autori uzimaju ostvarene putničke kilometre (RPK), dok se pod inputom podrazumevaju operativni troškovi, broj zaposlenih i ponuđeni kapacitet izražen kao raspoloživi sedišta kilometri (ASK) [1]. Kao najčešći pokazatelji efikasnosti aviokompanije koriste se operativna efikasnost, efikasnost aviona i efikasnost zaposlenih. Operativna efikasnost odnosi se na efikasnost u pogledu operativnih troškova i ponuđenog kapaciteta (ASK). Efikasnost aviona predstavlja prosečan broj sati koje jedan avion preleti dnevno (h/dan). Koliku će efikasnost aviona aviokompanija da postigne zavisi od karakteristika mreže linija, reda letenja i dužine trajanja prihvata i otpreme aviona na aerodromu. Efikasnost zaposlenih meri se kao odnos ostvarenih rezultata (ponuđenog kapaciteta, troškova, prihoda, profita itd.) po zaposlenom radniku. Na povećanje efikasnosti zaposlenih utiču povećanje prosečne dužine linije i povećanje efikasnosti aviona.

Formulacijom i analizom efikasnosti u transportu bavili su se mnogi autori i rezultat je postojanje jedinstvenog mišljenja o tome šta je efikasnost u opštem smislu, ali je veliki broj načina na koji se ona može meriti, što dalje vodi ka različitim tumačenjima i rezultatima [2]. Analizom efikasnosti aviokompanija nakon deregulacije vazdušnog saobraćaja bavili su se u svojim radovima, između ostalih autori [3], [4] i [5] koristeći *Multifactor Productivity* i *Total Factor Productivity* metode. DEA metoda je takođe korišćena za merenje i evaluaciju efikasnosti aviokompanija u periodu nakon deregulacija tržišta [1], [6], [7], [8], [9], [10], [11] i [12].

U ovom radu je analizirana efikasnost 16 aviokompanija registrovanih u Evropskoj uniji (prema poslovnom modelu 8 aviokompanija je FC, 2 su RA i 6 je LCC). Podaci korišćeni u

istraživanju preuzeti su iz godišnjih izveštaja razmatranih aviokompanija (Tabela 1).

2.2. Rangiranje aviokompanija prema sveobuhvatnoj efikasnosti AHP metodom

Primenom metode AHP posmatrane aviokompanije su rangirane prema sveobuhvatnoj efikasnosti. Na prvom hijerarhijskom nivou su kao kriterijumi posmatrane različite vrste efikasnosti i to operativna efikasnost (OE), efikasnost aviona (EA) i efikasnost radne snage (ERS). Na drugom hijerarhijskom nivou su kao podkriterijumi OE uzeti: 1) ASK, 2) jedinični trošak po raspoloživom sedišta-kilometru (CASK) i 3) operativna margina (OM) aviokompanije. EA ima dva podkriterijuma: 1) iskorišćenje (IA), koje se izražava kao prosečni dnevni broj blok časova po avionu i 2) broj aviona u floti (BA). Kao podkriterijumi ERS su uzeti: 1) troškovi zaposlenih po zaposlenom (TZ/z), 2) raspoloživi tonski kilometri po zaposlenom (ATK/z) i 3) operativni profit po zaposlenom (OP/z).

IATA kod	ASK ·10 ⁹	CASK	OM	IA h/dan	BA	TZ/z ·10 ³	ATK/z	OP/z ·10 ³
FR	121	3,2	14,3	9	294	49	1360	81
PC	19	3,7	5,8	12,2	33	37	1414	32
WZZ	16	4,1	9,8	11,7	40	42	802	39
U2	72	5,9	8,6	11	203	70	880	49
TK	18	6	3	9,5	51	54	1006	19
LH	96	6,3	7	12,2	202	60	790	25
AF-KL	26	6,3	3,1	10,9	68	98	958	19
BA	30	6,7	1,8	9	45	63	685	7
DY	19	7,1	5	9,7	44	75	524	19
VY	60	7,5	1,63	11,2	155	52	648	-12
AB	9	7,5	-1,4	8,98	29	52	713	-7
EI	219	8,3	-0,1	10,3	377	73	520	-0,4
AY	269	8,8	-1,2	9,2	612	76	430	-3
A3	260	9	3,3	10,1	627	59	346	14
OU	2	11,1	-3,5	8,1	13	36	117	-7
SK	36	11,3	-1,1	8,3	147	104	344	-6

Tabela 1. Podaci o izabranim aviokompanijama

Na poslednjem hijerarhijskom nivou se nalazi 16 evropskih aviokompanija. IATA kodovi aviokompanija i odgovarajući podaci su prikazani u Tabeli 1. Međusobni odnosi između razmatranih kriterijuma i

podkriterijuma, kao i njihova važnost (težina), dati su u Tabeli 2.

Sveobuhvatna efikasnost				
	OE	EA	ERS	Tež. krit.
OE	1	2	2	0,50
EA	1/2	1	1	0,25
ERS	1/2	1	1	0,25
Operativna efikasnost				
	ASK	CASK	OM	Tež. podkrit.
ASK	1	1	1/2	0,25
CASK	2	1	1/2	0,25
OM	2	2	1	0,50
Efikasnost aviona				
	IA	BA		Tež. podkrit.
IA	1	2		0,67
BA	1/2	1		0,33
Efikasnost radne snage				
	TZ/z	ATK/z	OP/z	Tež. podkrit.
TZ/z	1	1	2	0,4
ATK/z	1	1	2	0,4
OP/z	1/2	1/2	1	0,2

Tabela 2. Međusobni odnosi i težine

U Tabeli 3 su dati konačan rang aviokompanija na osnovu sveobuhvatne efikasnosti i njihove težine dobijene primenom metode AHP. Iz Tabele 3 se može videti da su aviokompanije sa najvećom efikasnošću LCC aviokompanije, pri čemu je na prvom mestu Ryanair (FR) (težina 0,1429), zatim Pegasus (PC), Wizzair (WZZ) i EasyJet (U2). Kada su u pitanju FS, najveću efikasnost ima Turkish Airlines (TK) (težina 0,083), dok je najlošije rangirana aviokompanija SAS (SK) (0,0214).

Rang	IATA kod	Težine	Rang	IATA kod	Težine
1.	FR	0,143	9.	DY	0,052
2.	PC	0,104	10.	VY	0,052
3.	WZZ	0,099	11.	AB	0,051
4.	U2	0,084	12.	EI	0,039
5.	TK	0,083	13.	AY	0,035
6.	LH	0,067	14.	A3	0,029
7.	AF-KL	0,059	15.	OU	0,029
8.	BA	0,053	16.	SK	0,021

Tabela 3. Rang aviokompanija (AHP)

Obe RA, Croatia (OU) i Aegean (A3), nalaze se nisko na listi što se moglo i očekivati, imajući u vidu da su članice alijanse (Star alliance) u kojoj RA obično imaju ulogu fidera za dugolinijske letove tradicionalnih kompanija, zbog čega se više vodi računa o

kvalitetu usluge (visoka frekvencija, dostupnost leta itd.), a manje o efikasnosti obavljanja usluge.

2.3. Merenje efikasnosti DEA metodom

U DEA analizi svaka aviokompanija je posmatrana kao nezavisna jedinica odlučivanja. Za određivanje njihove efikasnosti korišćena su tri inputa (CASK, broj zaposlenih i ASK) i jedan output (RPK). Pretpostavka je da se minimiziraju inputi, odnosno da je primenjen ulazno orijentisan DEA model. Rezultati merenja relativne efikasnosti dati su u Tabeli 4.

IATA kod	Efikasnost	Faktor intenziteta
AF-KL	100.00%	3
U2	100.00%	12
WZZ	100.00%	2
FR	100.00%	2
BA	95.91%	AF-KL (0.50), U2 (0.39), FR (0.38)
LH	94.33%	AF-KL (0.88), U2 (0.13)
AB	89.26%	U2 (0.75)
TK	88.01%	AF-KL (0.09), U2 (0.79), FR (0.03)
DY	87.54%	U2 (0.27), WZZ (0.17)
VY	87.48%	U2 (0.14), WZZ (0.26)
PC	86.54%	U2 (0.20)
EI	86.01%	U2 (0.22)
AY	85.87%	U2 (0.36)
SK	84.68%	U2 (0.42)
A3	83.55%	U2 (0.11)
OU	76.45%	U2 (0.02)

Tabela 4. Efikasnost aviokompanija (DEA)

Na osnovu rezultata DEA analize 4 aviokompanije imaju relativnu efikasnost 100% (Air France KLM (AF-KL), Easyjet (U2), Wizzair (WZZ) i Ryanair (FR)), dok sve ostale imaju vrednost manju od 100% i procenjene su kao neefikasne. U trećoj koloni je dat skup referentnih aviokompanija za datu aviokompaniju, kao i faktori intenziteta tj. za koliko je potrebno promeniti ulaze kako bi i ta aviokompanija bila efikasna. Za efikasne aviokompanije u ovoj koloni je data informacija o tome koliko ima aviokompanija kojima su one uzor (benčmark). Ryanair (FR), Easyjet (U2) i Wizzair (WZZ) su i u praksi prepoznate kao kompanije koje na efikasan način koriste svoje resurse pridržavajući se

osnovnih principa niskotarifnog poslovanja, zbog čega i imaju najniže jedinične troškove. U Tabeli 5 date su smernice za potencijalno unapređenje efikasnosti svake aviokompanije koja je identifikovana kao neefikasna, odnosno dato je koliko bi svaki od inputa trebalo smanjiti da bi data aviokompanija postala relativno efikasna ne menjajući vrednost RPK.

IATA kod	CASK	Br. zaposl.	ASK
SK	78%	80%	16%
OU	99%	99%	31%
LH	5%	20%	5%
BA	5%	31%	5%
A3	91%	90%	13%
AB	41%	52%	10%
EI	82%	89%	15%
AY	68%	90%	14%
TK	12%	46%	12%
DY	65%	56%	12%
VY	70%	53%	14%
PC	71%	85%	12%

Tabela 5. Potencijalna unapređenja za neefikasne aviokompanije

3. Zaključak

Analiza efikasnosti korišćenja resursa pokazuje značajne razlike u postignutim rezultatima aviokompanija u EU, ukazujući na ono što bi moglo razlikovati uspešne aviokompanije od onih čiji opstanak na tržištu može biti doveden u pitanje. Dobijeni rezultati izdvajaju LCC poslovni model i ukazuju na to da je u nekim slučajevima potrebno znatno unaprediti efikasnosti FS i RA. Takođe se može zaključiti da bi od analiziranih inputa najviše trebalo smanjiti broj zaposlenih u aviokompanijama koje su prepoznate kao neefikasne. Budući da su troškovi zaposlenih jedni od najvećih troškova aviokompanija, unapređivanjem efikasnosti ovog segmenta poslovanja direktno se može uticati i na povećanje profitabilnosti iste.

Zahvalnica. Ovo istraživanje podržano je od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije kroz projekat TR36033 (2011-2015).

Bibliografija

- [1] **S. Lozano, E. Gutierrez.** A multiobjective approach to fleet, fuel and operating cost efficiency of European airlines. *Computers & Industrial Engineering*, 2011, 61, 473-481.
- [2] **T.H. Oum, M.W. Tretheway, W.G.W. II.** Concepts, Methods, and Purposes of Productivity Measurement in Transportation. *Transport Research Journal*, 1992, 26 (6), 493-505.
- [3] **T.H. Oum, X. Fu, C. Yu.** New Evidences on Airline Efficiency and Yields: A Comparitive Analysis of Major North American air Carriers and its Implications. *Transport Policy*, 2005, 12, 153-164.
- [4] **W. Homsombat, X. Fu, A. Sumalee.** Policy Implications of Airline Performance Indicators. *Transportation Research Record*, 2010, 2177, 41-48.
- [5] **K. Wang, X. Fan, X. Fu, Y. Zhou.** Benchmarking the performance of Chinese airlines: An investigation of productivity, yield and cost competitiveness. *J. Air Transport Management*, 2014, 38, 3-14.
- [6] **C. A. Scherada.** Oprational efficiency versus financial mobility in the global airline industry: a data envelope and tobit analysis. *Transportation Research Part A*, 2004, 38 (5), 383-404.
- [7] **Y.U. Chiou, Y.H. Chen.** Route-based performance evaluation of Taiwanese domestic airlines using data envelopment analysis. *Transportation Research Part E*, 2006, 42 (2), 116-12.
- [8] **C. Barbot, A. Costa, E. Sochirca.** Airlines performance in the new market context: a comparative productivity and efficiency analysis. *J. Air Transport Management*, 2008, 14 (5), 270-274.
- [9] **M.R. Greer.** Nothing focuses the mind on productivity quite like the fear of liquidation: changes in airline productivity in the United States, 2000-2004. *Transportation Research Part A*, 2008, 42 (2), 414-426.
- [10] **C.P. Barros, N. Peypoch.** An evaluation of European airlines' operational performance. *International Journal of Production Economics*, 2009, 122 (2), 525-533.
- [11] **S. Hong, A. Zhang.** An efficiency study of airlines and air cargo/passenger divisions: a DEA approach. *World Review of Intermodal Transportation Research*, 2010, 3 (1-2), 137-149.
- [12] **W. M. Lu, W. K. Wang, S. W. Hung, E. T. Lu.** The effects of corporate governance on airline performance: Production and marketing efficiency perspectives. *Transportation Research Part E*, 2012, 48, 529-544.

Mobilnost putnika u slučaju formiranja alijansi sa komplementarnim rutama: studija slučaja aviokompanija Air Serbia i Etihad Airways

Jovana Kuljanin i Milica Kalić

Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305, Beograd

e-mail: j.kuljanin@sf.bg.ac.rs

Apstrakt. U poslednje dve decenije u vazдушnom saobraćaju formiran je veliki broj alijansi koje udružuju aviokompanije na različitim kontinentima i primenom efikasnih mehanizama ušteda pružaju mogućnost opstanka na sve konkurentnijem tržištu. Sa druge strane, koncept alijansi podrazumeva integrisanje i koordinisanje mreža linija svih njenih članica u efikasnu celinu i kao takav daje posebne mogućnosti putnicima koje se ogledaju u većem broju destinacija, čak i u slučaju izostanka direktnih letova. U radu su razmatrane pogodnosti koje bi ostvario putnik na mreži linija aviokompanije Air Serbia nakon ulaska u komplementarnu alijansu sa Etihad Airways-om (EY). Rezultati ukazuju da je mobilnost putnika kroz mrežu domaćeg prevozioca znatno poboljšana uvođenjem novih direktnih destinacija, ali i efikasnim prostorno-vremenskim koordinisanjem letova sa strateškim partnerom u Abu Dabiju čime je omogućen pristup velikom broju novih destinacija. Povećanje indeksa dostupnosti mreže prevozioca ukazuje da je on spreman da omogući sve većem broju putnika ispunjenje njihovih socio-ekonomskih aktivnosti.

Ključne reči: alijanse, komplementarne rute, Air Serbia, Etihad Airways

1. Uvod

Deregulacija vazdušnog saobraćaja koja se dogodila u Sjedinjenim Američkim Državama (SAD) 1978. godine predstavljala je prekretnicu u razvoju komercijalnog vazdušnog saobraćaja u godinama koje slede. Nakon povlačenja države iz delokruga poslovanja aviokompanija koje je praćeno ukidanjem finansijskih sredstava i mnogobrojnih olakšica koje su do tada bile konstantno pružane, mnoge od njih morale su da izvrše korenite promene na svim nivoima kako da bi opstale na sve konkurentnijem tržištu. Prema autorima Burghouwt i ostali [1] najznačajnija od njih se svakako odnosila na ponovno projektovanje mreže linija aviokompanija koje su svoje operacije koncentrisale na malom broju centralnih aerodroma (koji se nazivaju čvorišta ili hubovi) sa kojih svakodnevno obavljaju veliki

broj letova organizovanih u vidu talasa. Američki avioprevozioci su nekoliko decenija unazad razvijali strategije kojim su poboljšavali svoje mreže linija koje su podrazumevale istovremeno uključivanje nekoliko aerodroma koji su služili kao hubovi, što je za rezultat imalo stvaranje mega-aviokompanija koje su pokrivala čitavo domaće tržište širom teritoriji SAD-a [2]. Za razliku od američkih prevozioca, velike evropske aviokompanije, ali i one iz ostatka sveta, su svoje operacije koncentrisale na jednom aerodromu u zemlji. Stoga je udruživanje aviokompanija sa različitim kontinentata (i država) u alijanse predstavljalo jedan od efektivnih načina da se njihovi pojedinačni hubovi povežu u jedinstvenu mrežu koja bi trebalo da obezbedi niz pogodnosti za aviokompanije, ali pre svega za njihove putnike.

Udruživanje aviokompanija u alijanse predstavlja prigodan način da aviokompanija članica posredno proširi svoju mrežu na one delove sveta gde bi ekonomski bilo neopravdano da te linije samostalno obavlja, ili u slučajevima kada zakonska regulativa određene zemlje to ne bi dozvoljava. Parker i ostali [3] smatraju da pripadnost alijansi pruža mogućnost svakoj njenoj članici da smanji svoje troškove kroz obavljanje koordinisanih aktivnosti na različitim nivoima kao što su: zajednička upotreba zemaljske opreme na aerodromima (gejtovi, šalteri za registraciju putnika, saloni itd), *code-share* (CS) operacije, prodaja karata po principu *block-space* ugovora, jedinstvena marketinška kampanja, razmena kabinskog osoblja i ostalo. S druge strane, Dennis [4] u svom radu navodi da velike alijanse koje se prostiru na svim kontinentima sveta omogućavaju putnicima veći broj destinacija, veću frekvenciju letenja i kraće vreme putovanja.

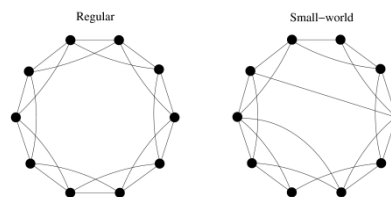
Istorijski posmatrano u vazдушnom saobraćaju postojao je značajan broj alijansi, te se tako u radu Iatrou i Alamdari [5] navodi da su četiri vodeće alijanse 2005. godine (Wings, Star Alliance, Oneworld i Sky Team) obavile čak 56% svetskog ostvarenog putnik kilometra. U poslednjih nekoliko godina, razvoj nove alijanse koja se formira oko bliskoistočne aviokompanije Etihad Airways koja okuplja i nekoliko evropskih aviokompanija (Air Berlin, Alitalia, Air Serbia) postaje sve značajnija na globalnom tržištu putovanja avionom. Imajući u vidu da je oko 2.9 milijardi ljudi u svetu 2012. godine koristilo vazdušni saobraćaj kao sredstvo prevoza kako bi realizovali svoje poslovne i/ili privatne aktivnosti [6], nesumnjivo je da problem mobilnosti putnika kroz mrežu zaokuplja sve veću pažnju naučne zajednice. Cilj rada je utvrđivanje stepena mobilnosti putnika nakon restrukturiranja aviokompanije

Jat Airways u Air Serbia-ju koja je postala strateški partner Etihad Airways u oktobru 2013. godine. Nakon uvodnog dela, detaljan pregled metodologije koja je korišćena u radu biće dat u poglavlju 2. Studija slučaja kojom je utvrđena mobilnost putnika kroz mrežu, kao i indeks dostupnosti nakon ulaska u partnerstvo biće prikazan u trećem poglavlju. Zaključna razmatranja i pravci daljeg istraživanja dati su u poslednjem, četvrtom poglavlju.

2. Metodologija

Većina radova u kojoj se razmatra problem konektivnosti kroz mrežu (*eng. network connectivity*) koristi osnovne principe sadržane u Teoriji grafova. Ova teorija je našla široku primenu u modeliranju procesa u mnogim vrstama mreža poput društvenih, telekomunikacionih, neuronskih i transportnih [7]. Prema ovoj teoriji, sve pomenute mreže se mogu opisati kao skup čvorova koji su povezani granama kojima se pridružuje određena težina u zavisnosti od vrste posmatrane mreže i problema koji se na njoj razmatra.

Ovaj rad je inspirisan radom autora Hsu i Shih [8], koji koriste osnove postulate iz teorije „malog sveta“ kako bi analizirali konektivnost i efikasnost formiranja komplementarne alijanse između jedne tajvanske i jedne američke aviokompanije. Prema analogiji sa teorijom „malog sveta“ komplementarne rute predstavljaju prečice koje omogućavaju da se vreme koje je neophodno da se prenese informacija između posmatranih parova čvorova smanji, kao i da se poboljša konektivnost i njena efikasnost na mreži kao što je to prikazano na Slici 1.



Slika 1. Regularna i mreža „malog sveta“

Za razliku od navedenog rada, autori u ovom radu razmatraju razliku u mobilnosti putnika kroz mrežu posmatrano sa stanovišta

samo domaće aviokompanije, sa detaljnom statističkom analizom vremena koje putnik provede čekajući na aerodromima na kome se obavlja transfer do željene destinacije (tzv. transferno vreme). Izraz kojim se izračunava mobilnost putnika kroz mrežu domaće aviokompanije pre i nakon ulaska u alijansu sa strateškim partnerom dat je Formulom (1):

$$M(G) = \frac{1}{\|N\|(\|N-1\|)} \sum_{i,j \in G} \frac{1}{t_{ij}^m} \quad (1)$$

gde $\|N\|$ prdstavlja ukupan broj čvorova, a $\|N\|(\|N\|-1)$ broj svih mogućih OD parova u mreži vazduhoplovnog prevozioca dok t_{ij}^m predstavlja najkraće vreme putovanja između OD čvorova i i j . Samim tim, odnosom $1/t_{ij}^m$ definisana je mobilnost između čvorova i i j , čija će vrednost biti nužno manja u slučaju većih vrednosti parametra u imeniocu i obratno (za slučaj da ne postoji put između čvorova i i j važi sledeće: $t_{ij}^m \rightarrow \infty$, $1/t_{ij}^m \rightarrow 0$). Sa praktične strane ovo znači da putnik koji započne putovanje u čvoru i verovatno neće stići u čvor j u prihvatljivom vremenu.

Pored izračunavanja mobilnosti, izuzetno je važno analizirati i način na koji putnici mogu da stignu do što većeg broja destinacija koristeći mrežu avioprevozioca kako bi obavili svoje socio-ekonomske aktivnosti. Za potrebe ovog rada, biće izračunat indeks pristupačnosti za samo jedan čvor u mreži koji ujedno predstavlja i bazu nacionalne aviokompanije (Formula (2)), gde

$$A_i = \sum_{j \neq i} \frac{P_j}{(t_{ij}^m)^\alpha}, \forall i, j \in G \quad (2)$$

A_i predstavlja pristupačnost početnog čvora i , parametrom P_j izražena je atraktivnost krajnjeg čvora j , dok α predstavlja parametar kojim se opisuje raspodela nakraćih vremena putovanja. Atraktivnost čvora je predstavljena brojem putnika na posmatranom aerodromu, s obzirom na to da je moguće povući značajnu paralelu između obima saobraćaja na aerodromu i ekonomske aktivnosti regiona u kome se isti nalazi. Obratno, ekonomski bogati regioni privlačiće veliki broj ljudi koji će

koristiti vazdušni saobraćaj kako bi obavili svoja poslovna i/ili privatna putovanja i tako doprineti još većem prosperitetu regiona.

3. Rezultati

Aviokompanija Air Serbia (ASL) je pravni naslednik nacionalne aviokompanije Jat Airways (JAT) i kao takva i dalje ima vodeću ulogu na aerodromu Nikola Tesla u Beogradu. Nakon formiranja strateškog partnerstva sa jednom od vodećih aviokompanija u svetu, kompanijom Etihad Airways, mreža linija domaćeg prevozioca je pretrpela značajne izmene kako u pogledu broja destinacija, tako i u pogledu njihove teritorijalne raspodele. Za potrebe ove analize korišćen je red letenja za letnju sezonu 2012, kada je nacionalni prevoznik JAT poslovao kao potpuno državna kompanija i 2015. godinu, u trenutku kada svoje poslovanje više od godinu u nazad obavlja kao kompanija Air Serbia (u kojoj je vlasnički udeo Etihad Airways-a 49%).

Tabela 1. Code-share partneri sa odgovarajućim indirektnim linijama i transfernim vremenima (TV)

CSPartneri	BD	TV (DEV)	HUB
EY	22	2h46min (±1h52min)	AUH
AB	10	2h32min (±1h5min)	TXL, DUS, STR
AF	4	2h53min (±1h12min)	CDG, ORY
SU	2	2h18min (±1h7min)	SVO
LO	2	3h12min (±1h)	WAW
A3	1	1h25min	ATH
CA	1	7h	VIE

JAT je obavljao ukupno 33 direktne linije i 5 CS partnera sa kojima je obavljala indirektno letove, dok ASL u ponudi ima 39 direktnih linija i 7 CS partnera. Treba napomenuti da svaki aerodrom u mreži predstavlja zaseban čvor, te ako se u obzir uzme da je 2012. JAT obavljao letove ka oba aerodroma u Londonu može se zaključiti da je mreža ASL proširena

za šest linija. Sklapanjem strateškog partnerstva sa EY, nacionalni prevozioc je preko Abu Dabija (AUH) indirektno proširio svoju mrežu na 22 nove destinacije (BD-broj destinacija) koje se uglavnom nalaze na teritoriji Srednjeg istoka, Dalekog istoka i Australije. Prilikom analize, prihvatljivo transferno vremeza letove unutar Evrope iznosilo je najviše 4h (za one najudaljenije destinacije), dok je za dugolinijske letove prošireno na 7h. Vreme potrebno da putnik izvrši transfer na AUH iznosi u proseku 2h i 46min (Tabela 1), a analiza je pokazala da transferno vreme za čak 14 destinacija (63% od ukupnog broja) iznosi oko 2h. Osim toga, Air Berlin (AB) je decembra 2011. godine postao deo Etihad alijanse, i kao takav intenzivirao saradnju sa ostalim članicama što pokazuje i broj CS linija koji iznosi 10 sa prihvatljivim transfernim vremenom od oko 2h i 32min. Konačno, u Tabeli 2 su prikazane promene u indeksu mobilnosti i dostupnosti mreže nacionalnog prevozioca pre i nakon pristupanja alijansi.

Tabela 2. Mobilnost i dostupnost mreže

	Mobilnost	Dostupnost (putnik/h)
Jat Airways	4,47E-04	3,03E+08
Air Serbia	6,16E-03	3,89E+08

Povećanje oba indeksa, indukovano uspostavljanjem nekoliko komplementarnih linija između nacionalnog prevozioca i kompanije EY nesumnjivo govori o pozitivnim efektima ovakvog poduhvata. Porast u indeksu dostupnosti (od 28%) ukazuje na to da je Beograd postao dostupniji većem broju putnika, što sa druge strane otvara mogućnost za privredni rast aerodroma, ali i šireg regiona. Korišćenjem novih komplementarnih ruta i kratkim vremenom zadržavanja na transfernom aerodromu Abu Dabi, ukupno vreme između čvorova se smanjuje što dovodi do značajnog povećanja mobilnosti kroz mrežu linija Air Serbia-je.

3. Zaključak

U radu je razmatrana mobilnost i dostupnost mreže nacionalnog prevozioca pre i posle formiranja alijanse sa EY koristeći vreme putovanja kao ključni parametar. Efikasna vremenska koordinacija letova ova dva prevozioca doprinela je značajnom povećanju mobilnosti kroz mrežu, i neposredno uticala da aerodrom Beograd postane dostupan sve većem broju putnika. Daljim istraživanjem potrebno je detaljno utvrditi raspodelu ovih indeksa u kontekstu veličine i broja aerodroma koji se na ovaj način povezuju.

Napomena. Ovaj rad je podržan od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja (evidencioni broj TR36033).

Bibliografija

- [1] **G. Burghouwt, J. Hakfoort, J. R. vanEck.** The spatial configuration of airline networks in Europe. *Journal of Air Transport Management*, 2003, 9, 309 - 323.
- [2] **S. L. Shaw.** Hub structures of major US passenger airlines. *Journal of Transport Geography*, 1993, 1, 47 - 58.
- [3] **J-H. Parker, A. Zhang, Y. Zhang.** Analytical models of international alliances in the airline industry. *Transportation Research Part B*, 2001, 35, 865 - 886.
- [4] **N. Dennis.** Scheduling issues and network strategies for international airline alliances. *Journal of Air Transport Management*, 2000, 6, 75 - 85.
- [5] **K. Iatrou, F. Alamdari.** The emirical analysis of the impact of alliances on airline operations. *Journal of Air Transport Management*, 2005, 11, 127 - 134.
- [6] **ICAO.** Annual Passenger Total Approaches 3 Billion According to ICAO 2012 Air Transport Results. Preuzeto sa: <http://www.icao.int/Newsroom/Pages/annual-passenger-total-approaches-3-billion-according-to-ICAO-2012-air-transport-results.aspx> (jun, 2012).
- [7] **T. G. Levis.** Network Science: Theory and Applications, Wiley, Ney Jersey, 2009.
- [8] **C-I. Hsu, H-H. Shih.** Small-world network theory in the study of network connectivity and efficiency of complementary international airline alliances. *Journal of Air Transport Management*, 2008, 14, 123 - 129.

Rešavanje problema trgovačkog putnika metaheuristikom Optimizacija kolonijom pčela

Miloš Nikolić

Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305, Beograd

e-mail: m.nikolic@sf.bg.ac.rs

Dušan Teodorović

Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305, Beograd

e-mail: duteodor@gmail.com

Apstrakt. Problem trgovačkog putnika (TSP) je jedan od najpoznatijih NP teških problema kombinatorne optimizacije. U ovom radu je za njegovo rešavanje predložen algoritam zasnovan na metaheuristici Optimizacija kolonijom pčela (BCO). Testiranja predloženog algoritma su izvršena na benčmark primerima. Dobijeni rezultati ukazuju da predloženim algoritmom mogu da se pronađu veoma kvalitetna rešenja.

Ključne reči: Problem trgovačkog putnika, Optimizacija kolonijom pčela, 2-OPT

1. Uvod

Problem trgovačkog putnika je jedan od najviše izučavanih problema kombinatorne optimizacije. (Laporte, 1992) Ovaj problem se može definisati na sledeći način: potrebno je odrediti najkraću rutu kojom treba da se kreće trgovački putnik kako bi obišao sve gradove i vratio se u grad iz koga je pošao. S obzirom na to da je ovaj problem NP težak problem kombinatorne optimizacije, za njegovo rešavanje je predložen veliki broj heurističkih algoritama. U radovima Lučić i Teodorović (2001, 2002 i 2003), Wong i ostali (2008a,b, 2009 i 2010), autori su problem trgovačkog putnika rešavali primenom konstruktivne verzije BCO algoritma. U ovom radu za rešavanje problema autori su odabrali verziju BCO algoritama zasnovanu na konceptu poboljšanja rešenja.

Preostali deo rada je organizovan na sledeći način: u drugom poglavlju opisana je metaheuristika Optimizacija kolonijom pčela. Predložani algoritam za rešavanje problema

trgovačkog putnika, koji je zasnovan na BCO metaheuristici je opisan u trećem poglavlju. U četvrtom poglavlju su predstavljeni rezultati testiranja predloženog algoritma. U petom poglavlju su data zaključna razmatranja i ukazano je na pravce daljih istraživanja.

2. Metaheuristika Optimizacija kolonijom pčela

Metaheuristiku Optimizacija kolonijom pčela predložili su Lučić i Teodorović (2001). Nakon njihovog rada, ova tehnika je korišćena pri rešavanju različitih problema kombinatorne optimizacije. Sve do 2011. godine korišćena je isključivo konstruktivna verzija ovog algoritma. U ovoj verziji algoritma pčele na početku iteracije imaju prazna rešenja i postepeno ih grade letovima unapred i unazad.

Autori Davidović i ostali (2011) su prvi koji su predložili BCO algoritam zasnovan na konceptu poboljšanja rešenja. Kod ove verzije BCO algoritma na početku svake iteracije pčele dobijaju rešenja koja kroz letove pokušavaju da poboljšaju.

BCO algoritam zasnovan na konceptu poboljšanja rešenja može se predstaviti sledećim pseudo kodom:

BCO algoritam

1. Odrediti početno rešenje
 2. **do**
 3. Dodeliti rešenje svakoj pčeli
 4. **for** $i = 1$ **to** broj letova
 5. Let unapred
 6. Let unazad
 7. **next**
 8. **until** (kriterijum zaustavljanja nije zadovoljen)
-

Na početku algoritma potrebno je odrediti početno rešenje. Za određivanje ovog rešenja može se koristiti i neki od već postojećih heurističkih algoritama.

Until petlja se izvršava dok uslov zaustavljanja ne bude zadovoljen. Uslov zaustavljanja mogu da budu na primer: broj iteracija, vreme izvršavanja algoritma, broj iteracija bez poboljšanja kriterijumske funkcije, i dr.

Na početku svake iteracije pčelama se dodeljuje početno rešenje koje one modifikacijama treba da poboljšaju. Modifikacije rešenja se vrše pri letu unapred. Pri vršenju modifikacija pčele nekada nalaze rešenja koja su lošija od prethodnih koje su imale. Na ovaj način je moguće izaći iz lokalnih optimuma koji se vrlo često javljaju pri rešavanju problema. Pseudo kod leta unapred može da se predstavi na sledeći način:

Let unapred

1. **for** $i = 1$ **to** broj promena
 2. Dozvoliti svakoj pčeli da napravi jednu modifikaciju svog rešenja
 3. Proveriti da li je pronađeno novo rešenje najbolje poznato rešenje
 4. **next**
-

Nakon izvršenog leta unapred pčele se vraćaju u košnicu. U košnici započinje razmena informacija i donošenje odluke da li će pčele da ostanu lojalne svojim prethodnim rešenjima ili neće. Pčele koje su odlučile da ne

budu lojalne svojim rešenjima, treba da donesu odluku koju lojalnu pčelu će da prate, odnosno, čije rešenje će da prihvate kao svoje. Pseudo kod ovog dela algoritma može se predstaviti na sledeći način:

Let unazad

1. Normalizovati kriterijumske funkcije rešenja svih pčela
 2. Odrediti lojalnost pčela svojim rešenjima
 3. Odrediti lojalne pčele koje će neloyalne pčele da prate
-

U zavisnosti da li se teži maksimizaciji ili minimizaciji kriterijumske funkcije, normalizaciju je moguće izvršiti na dva načina. U slučaju kada je kriterijumsku funkciju potrebno maksimizirati, normalizovana vrednost O_i za pčelu i se određuje kao:

$$O_i = \frac{T_i - T_{\min}}{T_{\max} - T_{\min}}, \quad (1)$$

odnosno u slučaju minimizacije:

$$O_i = \frac{T_{\max} - T_i}{T_{\max} - T_{\min}}, \quad (2)$$

gde su:

T_i – vrednost kriterijumske funkcije i -te pčele,
 T_{\min} – minimalna vrednost kriterijumske funkcije uzimajući u obzir sve pčele,

T_{\max} – maksimalna vrednost kriterijumske funkcije uzimajući u obzir sve pčele.

Nakon normalizacije vrednosti kriterijumskih funkcija, pčele donose odluke da li ostaju lojalne svojim rešenjima ili ne. Verovatnoća p_i da će pčela i da ostane lojalna svom rešenju se određuje na sledeći način:

$$p_i = e^{-(O_{\max} - O_i)} \quad (3)$$

Posle izvlačenja slučajnog broja γ iz intervala od 0 do 1, pčela donosi odluku da li ostaje lojalna svom prethodnom rešenju ili ne. Ukoliko je $0 < \gamma \leq p_i$ pčela ostaje lojalna svom rešenju, u suprotnom, ona odbacuje svoje rešenje.

Sve pčele koje nisu bile lojalne svom rešenju treba da odluče koju od lojalnih pčela će da prate. Verovatnoća q_i da će neloyalna pčela u narednom letu pratiti lojalnu pčelu i se određuje na sledeći način:

$$q_i = \frac{o_i}{\sum_{l \in L} o_l} \quad (4)$$

gde je L skup lojalnih pčela.

3. Rešavanje problema trgovačkog putnika BCO metaheuristikom

U ovom radu je za rešavanje problema trgovačkog putnika korišćen je BCO algoritam čiji je pseudo kod predstavljen u prethodnom delu rada. Za određivanje početnog rešenja korišćen je heuristički algoritam ubacivanja, koji se može predstaviti sledećim pseudo kodom:

Heuristički algoritam ubacivanja

1. Neka je N skup čvorova koji nisu uključeni u TSP rutu.
 2. **for** i = 1 **to** |N|
 3. Na slučajan način uzeti jedan čvor iz skupa N. Neka je to čvor k.
 4. Odrediti mesto u TSP ruti gde je trošak ubacivanja čvora najmanji.
 5. **next**
-

U ovom radu je kao kriterijum zaustavljanja korišćen ukupan broj iteracija koje treba da se izvrše. Na početku svake iteracije, definisano je da se pčelama kao početno rešenje dodeljuje trenutno najbolje poznato rešenje.

Pri letu unapred pčele vrše modifikovanje svojih rešenja, pri čemu teže da pronađu bolja rešenja. Modifikovanje rešenja se vrši na sledeći način:

Algoritam modifikovanja rešenja

1. Odrediti broj modifikovanja rešenja m
2. **for** i = 1 **to** m
3. Na slučajan način odrediti indeks prvog čvora koji se briše iz rute. Neka je to r.
4. Odrediti koliko čvorova još treba da bude isključeno iz rute trgovačkog putnika. Neka je to broj s.

5. Isključiti sve čvorove iz rute trgovačkog putnika čiji su indeksi od r do r+s.
 6. **next**
 7. Heurističkim algoritmom ubacivanja odrediti novu rutu trgovačkog putnika
 8. Izvršiti poboljšanje rute primenom 2-OPT algoritma
-

Vrednost broja modifikovanja rešenja m je određivana na slučajan način na intervalu od 1 to 3. Broj čvorova koji će biti isključeni iz rute je određivan na slučajan način sa intervala od nula do 10 % od ukupnog broja čvorova.

Nakon što su završena sva isključivanja čvorova iz rute trgovačkog putnika, korišćenjem prethodno opisanog heurističkog algoritma ubacivanja, vrši se dobijanje novog dopustivog rešenja. Dobijeno dopustivo rešenje se poboljšava 2-OPT algoritmom lokalnog pretraživanja.

Let unazad nije potrebno dodatno modifikovati. Izvršena implementacija odgovara opisu koji je dat u prethodnom poglavlju rada, pri čemu se normalizacija vrednosti kriterijumskih funkcija vrši pomoću izraza (2).

4. Numerički eksperimenti

Testiranje predloženog algoritma je izvršeno na benchmark primerima iz literature (www.math.uwaterloo.ca/tsp/vlsi/index.html). Korišćeno je 20 primera koji imaju od 131 do 1483 čvorova. Testiranja su izvršena na laptopu Lenovo koji ima sledeće karakteristike: Intel(R) Core (TM) i7-4700MQ CPU 2,4 GHz, 8 GB RAM memorije.

Korišćene su sledeći ulazni parametri u BCO algoritam:

Broj pčela = 20

Broj iteracija = 200

Broj letova = 5

Broj promena po letu = 1

Svaki primer je rešavan 5 puta i najbolje vrednosti su prikazane u tabeli 1. Takođe, u

tabeli su data i odstupanja dobijenih rezultata od najboljih poznatih u literaturi. Može se uočiti da se odstupanja kreću od 0 do 2,675 %. Od ukupno 20 primera, 11 primera ima odstupanje manje od 1 %. Odstupanje veće od 2 % se javilo samo u slučaju rešavanja primera koji imaju više od 1000 čvorova.

Tabela 1. Rezultati testiranja

Primer	Najbolje poznato	Najbolje BCO	Odstupanje (%)	Vreme (s)
xqf131	564	564	0,000	3,51
xqg237	1019	1024	0,491	13,06
pma343	1368	1369	0,073	30,01
pka379	1332	1333	0,075	37,12
bcl380	1621	1637	0,987	35,03
pbl395	1281	1288	0,546	41,04
pbk411	1343	1350	0,521	44,88
pbn423	1365	1373	0,586	50,31
pbm436	1443	1443	0,000	53,33
xql662	2513	2527	0,557	150,20
rbx711	3115	3174	1,894	172,69
rbu737	3314	3343	0,875	188,92
dkg813	3199	3236	1,157	163,10
lim963	2789	2825	1,291	237,37
pbd984	2797	2833	1,287	265,61
xit1083	3558	3621	1,771	340,16
dka1376	4666	4764	2,100	680,03
dca1389	5085	5221	2,675	706,08
dja1436	5257	5380	2,340	773,87
icw1483	4416	4527	2,514	851,01

U koloni 5 tabele 1 je dato prosečno vreme rada računara za svaki od primera (prosečno vreme za pet rešavanja svakog primera). Može se uočiti da je za primere kod kojih je broj čvorova manji od 500, potrebno vreme izvršavanja je bilo manje od jednog minuta (60 sekundi). Najveće vreme izvršavanja, 14,2 minuta, se javilo pri rešavanju primera sa 1483 čvorova.

5. Zaključak

U radu je razmatran problem trgovačkog putnika i za njegovo rešavanje je predložen BCO algoritam zasnovan na konceptu

poboljšanja rešenja. Razvijeni algoritam je testiran na benčmark primerima iz literature. Dobijeni rezultati ukazuju da je primenom BCO algoritma moguće dobiti veoma kvalitetna rešenja u okviru prihvatljivog vremena rada računara.

U toku budućih istraživanja potrebno je izvršiti analizu osetljivosti pojedinih ulaznih parametara predloženog algoritma.

Zahvalnica. Ovaj rad je podržan od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, kroz projekat TR 36002, za period 2011-2015.

Bibliografija

- [1] **T. Davidović, D. Ramljak, M. Šelmić, D. Teodorović.** Bee colony optimization for the p-center problem. *Computers & Operations Research*, 2011, 38, pp. 1367- 1376.
- [2] **G. Laporte.** The Traveling Salesman Problem: An overview of exact and approximate algorithms, *European Journal of Operational Research*, 1992, 59, pp. 231-247.
- [2] **P. Lučić, D. Teodorović.** Bee system: modeling combinatorial optimization transportation engineering problems by swarm intelligence. In *Preprints of the TRISTAN IV Triennial Symposium on Transportation Analysis*, 2001, pp. 441-445. Sao Miguel, Azores Islands.
- [2] **P. Lučić, D. Teodorović.** Transportation modeling: an artificial life approach. In *Proceedings of the 14th IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence*, 2002, pp. 216-223, Washington, DC.
- [2] **P. Lučić, D. Teodorović.** Computing with bees: attacking complex transportation engineering problems. *International Journal on Artificial Intelligence Tools*, 2003, 12, 3, pp. 375-394.
- [3] **L.P.Wong, M. Y. Hean Low, C. S. Chong.** A bee colony optimization algorithm for traveling salesman problem. In *2-nd Asia International Conference on Modelling & Simulation*, 2008a, pp. 818-823.
- [4] **L.P. Wong, M. Y. Hean Low, C. S. Chong.** Bee colony optimization with local search for traveling salesman problem. In *6-th IEEE International Conference on Industrial Informatics*, 2008b, pp. 1019-1025.
- [5] **L.P.Wong, M. Y. Hean Low, C. S. Chong.** An efficient bee colony optimization algorithm for traveling salesman problem using frequency-based pruning. In *7-th IEEE International Conference on Industrial Informatics*, 2009, pp. 775-782.
- [6] **L.P. Wong, M. Y. Hean Low, C. S. Chong.** Bee colony optimization with local search for traveling salesman problem. *International Journal on Artificial Intelligence Tools*, 2010, 19, 3, pp. 305-334.
- [7] www.math.uwaterloo.ca/tsp/vlsi/index.htm

Lociranje znakova o slobodnim parking mestima primenom fazi višekriterijumskog odlučivanja

Milica Šelmić

Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305, Beograd
e-mail: m.selmic@sf.bg.ac.rs

Dejan Ivanov

Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305, Beograd
e-mail: deja.ivanov@gmail.com

Dragana Macura

Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305, Beograd
e-mail: d.macura@sf.bg.ac.rs

Apstrakt. Sistemi za pružanje informacija i navođenje vozača do slobodnih parking mesta (Parking Guidance and Information Signs (PGI signs)) pružaju vozačima dinamičke informacije o slobodnim parking mestima. U ovom radu je kreiran model baziran na fazi višekriterijumskom odlučivanju sa ciljem da se odredi lokacija PGI znakova na transportnoj mreži. Korišćena je fazi TOPSIS metoda za rangiranje alternativa, na osnovu tri relevantna kriterijuma: maksimizacija protoka vozila kroz čvor, maksimizacija stepena čvora i minimizacija zasićenosti čvora znakovima vertikalne signalizacije i svetlosnim saobraćajnim znakovima. Model je ilustrovan numeričkim primerom čiji su rezultati prikazani u radu. Opisani model se može primeniti u procesu donošenja odluke gde treba locirati PGI znak na transportnoj mreži sa ciljem da se maksimizira broj informisanih vozača o broju slobodnih parking mesta.

Ključne reči: teorija lokacije, PGI znakovi, višekriterijumsko odlučivanje

1. Uvod

Saobraćajni planeri i inženjeri primenjuju različite strategije upravljanja saobraćajem u nastojanju da se smanje saobraćajna zagušenja.

U ovom radu je razmatran problem lociranja dinamičkih znakova za pružanje informacija i navođenja vozača do parkirališta sa slobodnim parking mestima (Parking Guidance and Information Signs (PGI signs)), kao posledica mera sprovođenja politike parkiranja automobila i u cilju smanjenja saobraćajnih zagušenja i indirektnih negativnih efekata.

Problem je rešavan primenom tehnike višekriterijumske analize, fazi TOPSIS

metode. TOPSIS je tradicionalna, jednostavna tehnika koja je laka za interpretaciju, kao i za objašnjenje menadžerima tj. donosiocima odluka. S druge strane, fazi pristup omogućava da se u procesu donošenja odluka uzimaju u obzir mišljenja više eksperata (za analizu u ovom radu pet eksperata). Dalje, donosiocima odluka je lakše da lingvističkim izrazima definišu relativne značaje elementa u sistemu (kriterijuma i alternativa). U ovom radu se težine utvrđenih kriterijuma opisuju pomoću lingvističkih promenljivih koje su modelirane trouglastim fazi brojevima.

Problemi lociranja znakova koji pružaju informacije o broju slobodnih parking mesta su analizirani u stručnoj literaturi sa brojnih

aspekata. Pregled modela za rešavanje ovih problema moguće je naći u sledećim radovima (Waterson et al. 2001, Thompson et al. 2001, Zhang et al. 2007, Šelmić 2011, Mei et al. 2012).

Rad je organizovan na sledeći način. Posle uvodnog razmatranja u drugom poglavlju rada je opisana fazi TOPSIS metoda. Nakon toga je u trećem poglavlju objašnjen razmatrani problem. Zatim je dat numerički primer i prikaz izbora najbolje alternative (čvora) za lociranje PGI znaka po tri kriterijuma primenom fazi TOPSIS metode. Na kraju, u petom poglavlju dat je zaključak.

2. Fazi TOPSIS metoda

Višekriterijumska analiza (VKA) je alat za donošenje odluka, razvijen za kompleksne višekriterijumske probleme koji sadrže kvalitativne i/ili kvantitativne aspekte problema kod procesa donošenja odluke.

Glavna svrha VKA jeste prevazilaženje problema na koje donosilac odluke nailazi prilikom rada sa velikom količinom kompleksnih informacija (Opricović et al., 2004).

Osnovna pretpostavka fazi TOPSIS metode je da izabrana alternativa ima najkraće rastojanje od fazi pozitivnog idealnog rešenja, a najduže rastojanje od fazi negativnog idealnog rešenja. Fazi pozitivno idealno rešenje maksimizira vrednosti alternativa po kriterijumima koristi (benefit), a minimizira vrednosti alternativa po kriterijumima troškova (cost). Fazi negativno idealno rešenje minimizira vrednosti alternativa po kriterijumima koristi (benefit), a maksimizira vrednosti alternativa po kriterijumima troškova (cost).

Specifičnosti fazi TOPSIS metode su sledeće (Ertuğrul et al., 2008):

Korak 1. Formirati fazi matricu odlučivanja "D", na osnovu preporuke eksperata:

$$\tilde{D} = \left. \begin{array}{c} A_1 \\ \vdots \\ A_i \\ \vdots \\ A_m \end{array} \left[\begin{array}{ccc} C_1 \dots & C_i \dots & C_n \\ \tilde{a}_{11} \dots & \tilde{a}_{1i} & \tilde{a}_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{a}_{i1} & \tilde{a}_{ii} & \tilde{a}_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{a}_{m1} & \tilde{a}_{mi} & \tilde{a}_{mn} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{D} = [\tilde{a}_{ij}]_{m \times n} \end{array} \right] \right\} \quad (1)$$

Korak 2. Normalizovati fazi matricu odlučivanja "D" ($\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n}$), na sledeći način:

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\begin{array}{c} \left(\frac{a_{ijl}}{a_{jrl}^*}, \frac{a_{ijm}}{a_{jrm}^*}, \frac{a_{ijr}}{a_{jrr}^*} \right) \text{ i} \\ a_{jrl}^* = \max_i a_{ijr} \end{array} \right) \quad (2)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\begin{array}{c} \left(\frac{a_{jil}}{a_{ijr}}, \frac{a_{jil}}{a_{ijm}}, \frac{a_{jil}}{a_{ijl}} \right) \text{ i} \\ a_{jil}^- = \min_i a_{ijl} \end{array} \right) \quad (3)$$

Korak 3. Odrediti težine:

$$\tilde{W} = (\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \tilde{w}_3, \dots, \tilde{w}_n) \quad (4)$$

Korak 4. Formirati normalizovanu otežanu matricu:

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n}, \quad (5)$$

$$\tilde{v}_{ij} = (\tilde{r}_{ij}) \cdot (\tilde{w}_{ij})$$

Korak 5. Izračunati fazi pozitivno idealno rešenje FPIS i fazi negativno idealno rešenje FNIS:

$$A^+ = (\tilde{v}_1^*, \tilde{v}_2^*, \dots, \tilde{v}_n^*); \quad (6)$$

$$\tilde{v}_j^* = \max_i \{v_{ij}\}$$

$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-) \quad (7)$$

$$\tilde{v}_j^- = \min_i \{v_{ij}\}$$

Korak 6. Izračunati rastojanje svake alternative do FPIS i FNIS:

$$d_i^* = \sum_{j=1}^n d_v(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^*) \quad (8)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d_v(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-) \quad (9)$$

Korak 7. Izračunati koeficijent bliskosti (CC_i) za svaku alternativu. Ovaj koeficijent predstavlja udaljenost i do fazi pozitivnog idealnog rešenja i od fazi negativnog idealnog rešenja. Koeficijent bliskosti se izračunava za svaku alternativu na sledeći način:

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+} \quad (10)$$

Najbolja alternativa je najbliža fazi pozitivnom idealnom rešenju (FPIS) i najudaljenija od fazi negativnog idealnog rešenja (FNIS).

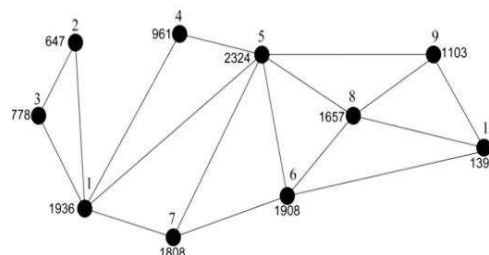
3. Lociranje PGI znakova primenom fazi TOPSIS metode

Korišćenjem PGI sistema vozači dobijaju tačne i kontinuirano ažurirane informacije o broju slobodnih parking mesta na parkiralištima i u parking garažama, a na osnovu kojih mogu blagovremeno da donesu odluku o potencijalnoj promeni rute kretanja pre nego što prođu kroz taj čvor. Zatim na osnovu subjektivnog iskustva biraju najkraću od više potencijalnih ruta kojom nastavljaju svoje putovanje do konačne destinacije.

U ovom radu je kreiran model baziran na fazi višekriterijumskom odlučivanju sa ciljem da se odredi lokacija PGI znakova na transportnoj mreži. Korišćena je fazi TOPSIS metoda za rangiranje alternativa, na osnovu tri kriterijuma: maksimizirati protok vozila kroz čvor i (C_1), maksimizirati stepen čvora i (C_2), minimizirati zasićenost čvora i znakovima vertikalne signalizacije i svetlosnim saobraćajnim znakovima (C_3).

Za potrebe istraživanja i analize, u radu je urađena mikrosimulacija. Analizirana je transportna mreža sa deset čvorova. Svaki čvor (raskrsnica) je povezan određenim brojem grana (ulica) sa ostalim čvorovima u mreži. Kroz svaki čvor prođe određeni broj vozila. Podaci o protoku vozila kroz čvor se dobijaju manuelnim brojanjem na terenu ili pomoću automatskih brojača saobraćaja.

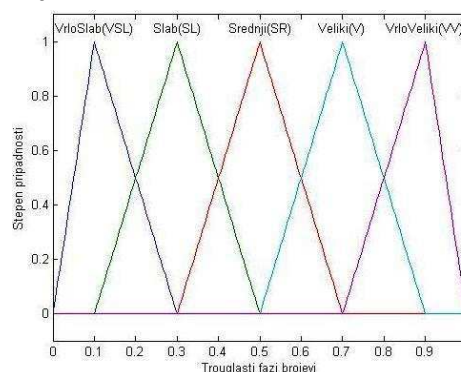
Na slici 1 je prikazana transportna mreža sa numerisanim čvorovima i protokom vozila kroz svaki čvor na mreži.



Slika 1. Prikaz transportne mreže

4. Numerički primer

Težine usvojenih kriterijuma su određene mikrosimulacijom od strane pet donosilaca odluke. Na slici 2 su prikazani trouglasti fazi brojevi lingvističkih promenljivih za težine kriterijuma.



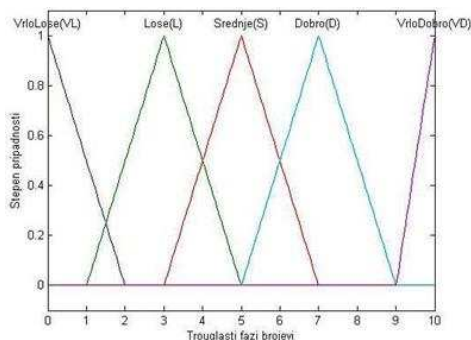
Slika 2. Trouglasti fazi brojevi lingvističkih promenljivih za težine kriterijuma

Kriterijum	Donosioci odluke					Težine (\tilde{w}_j)
	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	
C ₁	VV	V	SR	VV	V	(0.3, 0.74, 1)
C ₂	SL	SR	SR	V	SR	(0.1, 0.5, 0.9)
C ₃	SL	VS	VS	VS	S	(0, 0.18, 0.5)

Tabela 1. Težine kriterijuma određene od strane pet donosilaca odluke

U prethodnoj tabeli su prikazane težine kriterijuma (C_1 , C_2 , C_3) određene od strane pet donosilaca odluke.

Trouglasti fazi brojevi lingvističkih promenljivih za rangiranje alternativa prikazani su na sledećoj slici.



Slika 3. Troughlasti fazi brojevi lingvističkih promenljivih za rangiranje alternativa

Na osnovu trouglastih fazi brojeva lingvističkih promenljivih za rangiranje alternativa (čvorova), kao i na osnovu ocena donosilaca odluke po svakom od tri kriterijuma (C_1, C_2, C_3), izvršeno je rangiranje deset alternativa (čvorova).

Rezultati proračuna rastojanja svake alternative A_i od fazi pozitivnog idealnog rešenja d_i^* i od fazi negativnog idealnog rešenja d_i^- , kao i rezultati koeficijenta bliskosti za svaku alternativu A_i , prikazani su u tabeli 2. Na osnovu dobijenih rezultata je izvršeno rangiranje alternativa tj. čvorova za lociranje PGI znakova.

Alternative	d_i^*	d_i^-	CC_i	Rang
1	1,274	1,274	0,539	2
2	0,561	0,561	0,263	10
3	0,909	0,909	0,394	8
4	0,823	0,823	0,374	9
5	1,305	1,305	0,556	1
6	1,247	1,247	0,526	3
7	1,169	1,169	0,502	5
8	1,212	1,212	0,505	4
9	1,071	1,071	0,461	7
10	1,083	1,083	0,468	6

Tabela 2. Rezultati za d_i^* , d_i^- i CC_i

Analizom rezultata može se zaključiti sledeće:

$$A_5 > A_1 > A_6 > A_8 > A_7 > A_{10} > A_9 > A_3 > A_4 > A_2.$$

Razultati primene fazi TOPSIS metode pokazuju da je najbolja alternativa čvor 5. Na

ovaj način se dobila odluka o najpovoljnijoj lokaciji za PGI znak, uzimajući u obzir mišljenje pet eksperata o usvojena tri relevantna kriterijuma.

5. Zaključak

U radu je kreiran model baziran na fazi višekriterijumskom odlučivanju sa ciljem da se odredi lokacija PGI znakova na transportnoj mreži. Svaki čvor je vrednovan na osnovu tri kriterijuma. Prva dva kriterijuma su maksimizacionog tipa, a treći je minimizacionog tipa. Na osnovu dobijenih rezultata fazi TOPSIS metode određena je najpovoljnija lokacija PGI znaka po tri kriterijuma.

Bibliografija

- [1] **B. J. Waterson, N. B. Hounsell, K. Chatterjee.** Quantifying the potential savings in travel time resulting from parking guidance systems - a simulation case study, *Journal of the Operational Research Society*, 2001, 52(10), p. 1067-1077(11).
- [2] **R. G. Thompson, K. Takada K., S. Kobayakawa.** Optimisation of parking guidance and information systems display configurations, *Transportation Research Part C*, 2001, 9(1), pp. 69-85.
- [3] **K. Zhang, K. Yan, X. Zhou.** Optimization of PGI Signs Location Determination on the Base of Parking Guidance Behavior Survey, *School of Traffic and Transportation, Tongji University, Shanghai, China*, 2007.
- [4] **Z. Mei, Y. Tian, D. Li.** Analysis of Parking Reliability Guidance of Urban Parking Variable Message Sign System, *Mathematical Problems in Engineering*, 2012, ID 128379, pp. 1-10.
- [5] **M. Šelmić.** Lociranje objekata na transportnim mrežama primenom metoda računarske inteligencije, *Doktorska disertacija, Saobraćajni fakultet, Beograd*, 2011.
- [6] **S. Opricović, G. H. Tzeng.** Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS, *European Journal of Operational Research*, 2004, 156(2), 445-455.
- [7] **İ. Ertuğrul, N. Karakaşoğlu.** Comparison of fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods for facility location selection, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2008, 39, pp. 783-795.

Terminal Airspace Traffic Complexity as a Task-load and Safety Performance Indicator

Fedja Netjasov

University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering

e-mail: f.netjasov@sf.bg.ac.rs

Abstract: Development of generic metrics for measuring complexity of traffic in an airport terminal airspace as well as its potential usage as a performance indicator is discussed in this paper. The terminal airspace traffic complexity metric is considered to be a measure of both quantity as well as quality of potential interactions between flights in a given airspace, during a given period of time. Unlike most other approaches, the one presented in this paper excludes the air traffic controllers' workload issue from explicit consideration but indicates the level of complexity which could influence a task-load and safety.

Keywords: terminal airspace, air traffic complexity, performance indicator

1. Introduction

Complexity of air traffic can be defined as the level of either perceived or actual spatial and time-related interactions between aircraft (potential overtaking or crossing and merging conflicts) operating in a given airspace during a given period of time. Specifically, complexity of air traffic in terminal manoeuvring area (TMA) surrounding airport(s) can be very high solely because of the traffic intensity and its pattern in terms of mutual interactions between different traffic flows, as well as between individual aircraft.

Such presumably high complexity could be used for both planning and operational purposes mainly aimed at reducing it. But it could be used as task-load and safety indicator as well. Intuitively higher complexity could cause higher task-load and lower safety.

Complexity is understood as a demand characteristic of air traffic that is to be served by an appropriate supply system [1]. No single universal complexity measure exists but rather a set of complexity metrics, shown to be useful and relevant in a particular context and for a particular purpose [2]. In this paper, the

complexity of air traffic is considered as a measure of both quantity and quality (characteristics) of interactions between flights in a given airspace, i.e. TMA, during a given period of time [1, 3, 4, 5].

Traffic complexity affects control task complexity (Figure 1). It is expected that a more complex tasks will produce a higher air traffic controller (ATCo) workload. However the workload differs between ATCo's due to differences in their working environment, perception of the traffic situation, personal experience, etc (Figure 1). Therefore, complexity represents a contributing factor of task complexity and ATCo workload. Finally, workload is affecting safety. Intuitively, it can be assumed that increase of complexity and workload is causing decrease of safety, i.e. increase of risk of conflicts.

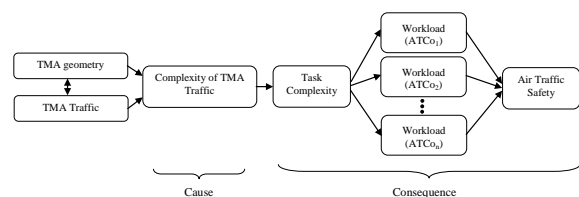


Figure 1. Simplified scheme of the relationship between complexity, task complexity, workload and safety

2. Index of complexity

Thinking about the problem of measuring complexity and considering the available literature from this field, it was concluded that insufficient consideration has been given to the measurement of complexity, independent of the area of its influence (e.g. independent of workload, ecological influence and similar).

The idea, which arises from this observation, was to define a measure which will be “objective”, i.e. that will not take into account the possible influences of complexity, but will simply consider a section of airspace and the traffic within it during certain period of time. In that way, a measure, which could serve as a variable (performance indicator) for determination of system influence on other elements (task-load, workload, safety), is attainable.

In this paper it is assumed that complexity presents a measure of quantity as well as quality of the interactions between the aircraft which are to be controlled (managed) by one air traffic controller [1, 3].

The metric, called **Index of Complexity** is proposed to serve as a TMA task-load and safety performance indicator.

The modelling of the complexity for air traffic in TMA, is based on an assumption that it consists of two basic parts: **static** and **dynamic** (Figure 2). The static part (CS) includes the terminal airspace geometry [1, 3]: the shape and dimensions of TMA, the number of airports, number and length of approach and departure paths, number of entry and exit points, etc. The dynamic part [1, 3] depends on traffic demand characteristics (distribution of arrival and departure traffic, aircraft mix, etc.) and distribution of traffic inside the TMA (distribution of traffic on paths, separation between aircraft, etc.). The dynamic part is divided into arrival (CDa) and departure (CDd) parts. It was assumed that the linear

sum of all the mentioned parts presents the Index of Complexity (C) [1, 3].

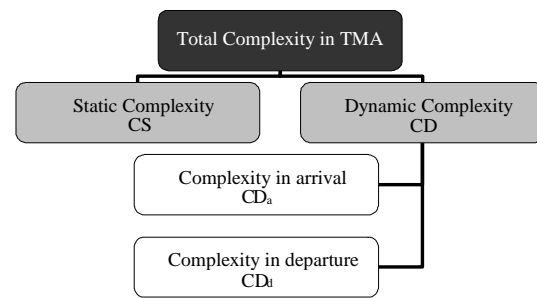


Figure 2. Structure of the terminal airspace traffic complexity metric

3. Modelling assumptions

The basic assumption is that the subject of analysis is a real, existing TMA with all its characteristics: number of entry and exit points, number of runways in use for departure and arrival, shape, dimensions, etc.

Considering the traffic in the TMA, it was assumed that besides flying through the TMA, one aircraft could be in position to possibly overtake (catch-up) the preceding aircraft on the same path (overtake conflict) or to be insufficiently separated at the point where paths are merged, from an aircraft coming from another path (merging conflict). Also it is assumed that the possibility of traffic demand exceeding the capacity of a path exists.

The basic idea of the proposed model is that system state and complexity have changed whenever an aircraft enters or leaves any trajectory [1, 3].

Input in the model is presented by the number of arriving and departing aircraft (Figure 3, upper image). Output is presented by the calculated index of complexity given as a function of time (Figure 3, middle image). Final output is presented by the cumulative duration of Index of complexity value (Figure 3, bottom image) obtained by transformation of middle image from Figure 3.

Cumulative duration of some index value given in Figure 3 (bottom) might be more relevant than the time when it occurred.

This kind of presentation is enabling assessment of ATCo task-load as well as system safety.

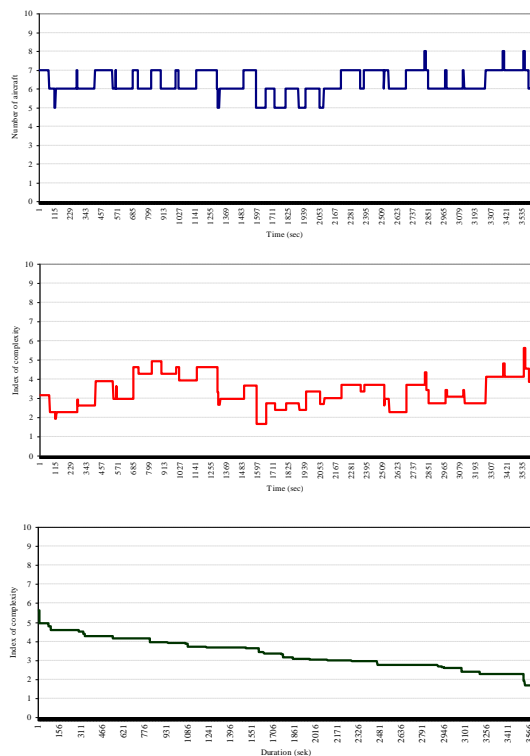


Figure 3. Input and outputs of the Index of complexity modelling process [3]

E.g. Figure 4 presents a shaded area (which value is, by the way, same at both middle and bottom image at Figure 3) which presents a Total Complexity (TC) during certain time interval (in this case 1 hour) calculated as: $TC = \int_0^t C(t)dt$. In a way, TC presents a task-load.

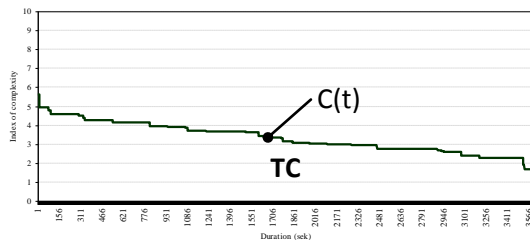


Figure 4. Cumulative duration of Index of complexity value $C(t)$

Figure 5 shows how long during the observed time period, a situation with certain Index of complexity value (higher or equal) lasts. E.g. Index of complexity ≥ 4 lasts around 800 seconds during one hour.

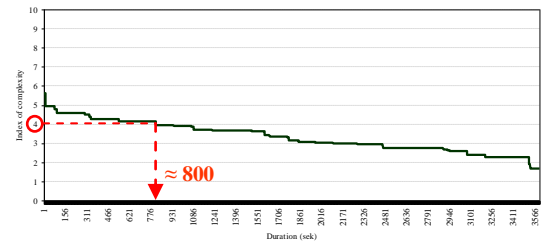


Figure 5. Duration of specific Index of complexity value

4. Illustration

A simple numerical example, considering only arrivals, has been produced to illustrate the outputs from the model. A generic TMA configuration is used containing two arrival trajectories (Figure 6). The distance between entry points (EP1) and (EP2) and the final approach fix (FAF) are equal to each other and 60NM long. A fleet consisting of two types of aircraft with velocities of 210 and 240kt enters the TMA.

Let assume that maximum threshold and consequently FAF throughput is 15 flights per hour. This fact results in an average inter-arrival time at FAF of 2 minutes. Aircraft entry times at two points (EP1 and EP2) are generated using Monte Carlo simulation with equal probability of entries.

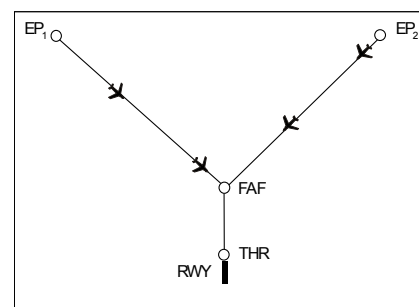


Figure 6. Terminal Airspace Generic Case

From figures 7 and 8 it can be concluded that increasing number of aircraft and/or increasing number of available paths is causing higher complexity values. According to Figure 1 and Figure 7 and 8 one can conclude that task-load is becoming higher as well. Higher task-load is intuitively causing decrease of air traffic safety.

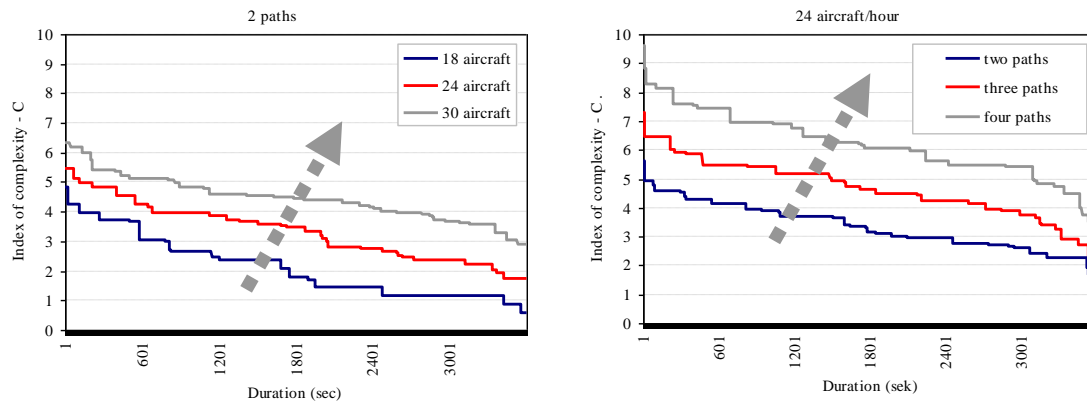


Figure 7. Increase of Index of complexity value vs. duration, based on increase of traffic flows (left image: 18, 24 and 30 aircraft/hour) and increase of number of arrival paths (right image: 2, 3 and 4 paths)

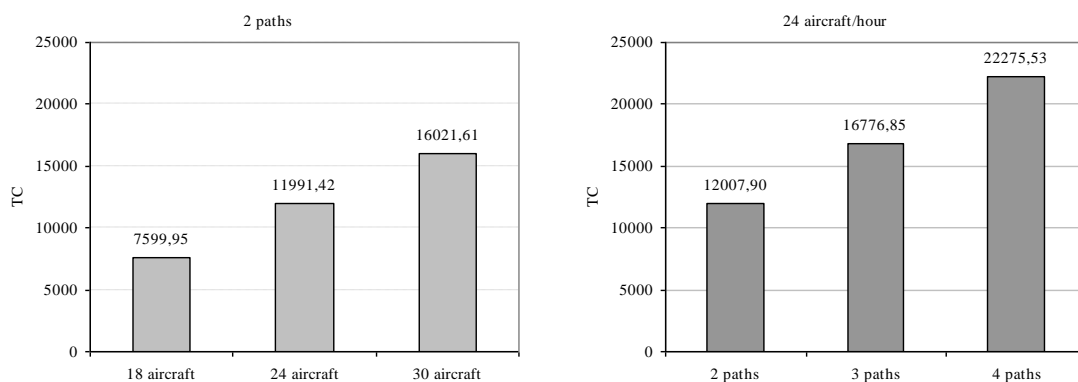


Figure 8. Cumulative duration of Index of complexity value (TC) based on increase of traffic flows (left image: 18, 24 and 30 aircraft/hour) and increase of number of arrival paths (right image: 2, 3 and 4 paths)

5. Conclusion

Starting with idea of quantifying terminal airspace complexity, this research resulted with a model of the Index of traffic complexity. The Index of traffic complexity presents a measure (metric) for estimation of the state of a given system, which is in nature very specific (airport terminal airspace).

Developed Index of complexity could be used for evaluation of current and novel organizational solutions for a TMA containing a single runway airport, or for estimation of effects of new arrival and departure trajectories implementation, on traffic in a TMA. Apart from this, it was demonstrated that Index of complexity could be used as a task-load and safety indicator i.e. that could be implicitly used for their assessment. Those

indicators could be used for benchmarking purposes. Determination of explicit relationship between complexity and task-load as well as safety presents a future research step.

References

- [1] **V. Tosic, F. Netjasov.** Terminal airspace traffic complexity metric. 5th EURO/INFORMS joint international meeting. Istanbul, Turkey, 2003.
- [2] **D. Gianazza.** Airspace configuration using air traffic complexity metrics. 7th USA/Europe air traffic management R&D seminar. Barcelona, Spain, 2007.
- [3] **F. Netjasov.** Terminal Airspace Traffic Complexity. 1st International Conference on Research in Air Transportation (ICRAT), Zilina, Slovakia, 2004, pp. 261-268.
- [4] **F. Netjasov, M. Janić, V. Tošić.** Developing a generic metric of terminal airspace traffic complexity, *Transportmetrica*, Vol. 7(5), 2011, pp. 369-394.

Primena funkcionalne analize rezonance u istraživanju udesa vazduhoplova

Sergej Cvijetić

Kontrola letenja Srbije i Crne Gore SMATSA d.o.o.

e-mail: sergejcvijetic@gmail.com

Feda Netjasov

Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu

e-mail: f.netjasov@sf.bg.ac.rs

Apstrakt. U ovom radu je predstavljen metod funkcionalne analize rezonance koji pripada kategoriji sistemskih modela nesreća vazduhoplova. Metod je kvalitativan po svojoj prirodi i prvenstveno je namenjen analizi nezgoda ili nesreća u cilju pronalaženju uzroka, što ga svrstava i u kategoriju kauzalnih metoda. Ovaj metod je našao veliku primenu u bezbednosno-kritičnim privrednim granama a od skoro i u analizi udesa u vazdušnom saobraćaju. Pored pregleda osnovnih principa na kojima je zasnovan ovaj metod, u radu je predstavljen i postupak primene (koraci) ovog metoda. Metod je ilustrovan na primeru sudara dva aviona iznad Zagreba 1976. godine. Primena metoda na ovom primeru je pokazala da postoje uzroci koji su otkriveni ovim metodom a do kojih zvanična istraga nije došla.

Ključne reči: bezbednost vazdušnog saobraćaja, modeliranje nesreća, metod funkcionalne analize rezonance

1. Uvod

Bezbednost u vazdušnom saobraćaju se definiše kao odsustvo mogućnosti koje bi dovele do povreda ili gubitka ljudskog života, oštećenja imovine ili štetnih posledica po životnu okolinu kao i prevencija pojave okolnosti za pojavu istih. Nesreće predstavljaju rezultate višestrukih i međusobno zavisnih faktora [1].

Da bi se bliže shvatili razlozi pojave nesreća, kao i mogućnosti njihove prevencije razvijani su modeli nesreća (accident models). Takvi modeli reprezentuju najbitnije funkcije i osobine modeliranog sistema. Početkom XX veka nastali su sekvencijalni (linearni) modeli nesreća [1]. Njima su nesreće predstavljane kao rezultat događaja ili okolnosti koje su se dešavale određenim redosledom – tzv. ”domino” efekat. Da bi se sprečila njihova pojava traženi su uzroci koji dovode do takvog

sleda događaja. Takođe, bezbednost sistema je održavana unapređivanjem mogućnosti odgovora na domino efekat.

U drugoj polovini prošlog veka dolazi do promene u razmišljanju. Počele su da se posmatraju kombinacije aktivnih otkaza i skrivenih stanja u sistemu. Ovakvi modeli su nazvani epidemiološki (kompleksni linearni) modeli [1]. Prevencija nesreća se vršila jačanjem odbrambenih barijera, dok je bezbednost održavana merenjem određenih pokazatelja kvaliteta rada.

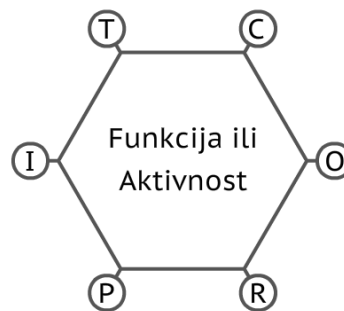
Sa druge strane, posmatrajući čovekovu ulogu u nesrećama došlo se do zaključka da je ona prolazila kroz različite faze tokom poslednjih decenija. Ispočetka je vladalo mišljenje da je čovek sklon greškama koliko i mašina koja se često kvari, pa je u skladu sa tim, prilikom sprovođenja istrage isključivi cilj bio da se pronađe ljudska greška. Vremenom ovakav stav je postao neodrživ, stoga su

objašnjenja tražena u uticaju uslova rada na čoveka, odnosno traženi su razlozi koji dovode do grešaka. Osnova istraga više nije bila da se pronađe ljudska greška već njen uzrok u procedurama i uslovima za rad. Ovakvim pristupom uočeno je da su uzroci nesreća mnogo kompleksniji u odnosu na prethodna shvatanja. Prihvaćena je činjenica da i uspeh i neuspeh (nesreća) imaju zajednički koren, tj. da su zapravo "dve strane istog novčića". Na toj tezi počivaju systemski (nelinearni) modeli. Kako bi se na nove sisteme (socio-tehničke i bezbednosno kritične) primenili systemski modeli došlo je do potrebe za novim i sveobuhvatnijim istraživanjima. Kao odgovor na ove potrebe javlja se naučna oblast, nazvana fleksibilnim inženjerstvom (Resilience Engineering), u kojoj se vrednuje sposobnost organizacija, grupa ili pojedinaca da predvide moguće rizike pre nego što dođe do otkaza ili oštećenja sistema [1].

2. Metod funkcionalne analize rezonance

Metod funkcionalne analize rezonance (Functional Resonance Analysis Method - FRAM) spada u grupu systemski modela nesreća koji predstavlja otkaze sistema kao posledicu funkcionalnih odstupanja koja nastaju zbog različitosti u obavljanju svakodnevnih funkcija ili aktivnosti u sistemu [2]. FRAM ima za cilj da pojedinačne ili organizacione karakteristike svake funkcije/aktivnosti predstavi ponaosob, kako bi se jasno uočio njihov mogući uticaj na operativne performanse sistema [2, 3].

Svaka funkcija ili aktivnost sistema se ponaosob predstavlja putem šest međuzavisnih parametara koji su definisani kao (slika 1): **ulaz** (input - I), **izlaz** (output - O), **vreme** (time - T), **kontrola** (control - C), **preduslovi** (preconditions - P) i **resursi** (resources - R). Međuzavisnost funkcija/aktivnosti se prikazuje vezom između odgovarajućih parametara.



Slika 1. FRAM šestougao sa parametrima [3]

3. Osnovni principi i koraci FRAM-a

Svrha FRAM-a je da bolje objasni dinamičku i nelinearnu prirodu interakcija različitih faktora u sistemu. FRAM se zasniva na 4 osnovna principa [4]:

- Princip jednakosti uspeha i neuspeha;
- Princip približnih prilagođavanja;
- Princip pojave; i
- Princip funkcionalnih odstupanja.

U svojoj postojećoj formi, FRAM metod se sastoji od sledećih 5 koraka [5]:

- Definisane svrhe analize;
- Identifikacija i opis funkcija sistema;
- Procena moguće pojave promenljivosti za svaku od funkcija;
- Identifikacija funkcionalnog odstupanja; i
- Identifikacija i uvođenje odgovarajućih zaštitnih mera.

4. Primena FRAM-a na sudar iznad

Zagreba

Nesreća u okolini Zagreba se dogodila 10. septembra 1976. godine oko 11 časova po lokalnom vremenu [6]. U sudaru su učestvovali vazduhoplov DC9 avio-kompanije Inex Adria Airways i vazduhoplov Trident 3 avio-kompanije British Airways. Vazduhoplov Trident 3 leteo je od aerodroma Hitrou u Londonu (Engleska) sa 54 putnika i 9 članova posade, na redovnoj liniji ka Istanbulu (Turska). Sa druge strane, let Adria 550 je bio čarter let u svrhu prevoza 108 turista od Splita (Hrvatska) do Kelna (Nemačka) i 5 članova posade.

5. Rezultati zvanične istrage i FRAM analize

Zvanična istraga [6] je pokazala da je nesreća prouzrokovana problemom u koordinaciji između i komunikaciji između kontrolora letenja kao i komunikaciji kontrolora sa pilotima. To je poslužilo kao polazna osnova za primenu FRAM-a.

Sistem kontrole letenja je sistem orijentisan ka čoveku (kontrolori letenja i posade vazduhoplova). Kontrolori letenja izdaju instrukcije posadama, koje potvrđuju prijem instrukcija i sprovode ih u delo, a kontrolor onda rezultat svega toga vidi ispred sebe na radarskom ekranu. Odobrenja i instrukcije kontrolora predstavljaju input za funkciju upravljanja avionom, dok output predstavljaju manevri vazduhoplova. Ostali parametri (vreme, kontrola i preduslovi) su praktično isti za obe funkcije, jedino se resursi razlikuju po tome što kontrolor koristi sisteme obrade radarskih podataka, a pilot sisteme koji mu omogućuju upravljanje vazduhoplovom. U skladu sa prethodno rečenim identifikovane su sledeće funkcije koje predstavljaju problem iz perspektive FRAM-a [7]:

- koordinacija;
- razdvajanje vazduhoplova; i
- osmatranje prostora oko vazduhoplova.

1) funkcija koordinacije predstavlja dogovor između dva kontrolora letenja u vezi sa vazduhoplovom, prostorom ili njegovim delom, od zajedničkog interesa. U svakodnevnom radu koordinacija predstavlja značajan deo kontrolorskog posla. Bitno je da bude jasna, konkretna i precizna. Na slici 2 (A) predstavljena je FRAM reprezentacija osnovnih podfunkcija koje utiču na koordinaciju: problem, rešavanje problema u skladu sa dogovorom, donošenje odluke o problemu. Svaku podfunkciju predstavlja jedan šestougao sa odgovarajućim parametrima. Parametri koji su bitni za pojedinu funkciju su označeni podebljanim

kružićima, dok ostali kružići nemaju dodeljene parametre za datu funkciju. Razlog tome je ili neraspoloživost (ne moraju sve funkcije da imaju sve parametre) ili nerelevantnost za konkretan primer.

2) funkcija razdvajanja vazduhoplova podrazumeva sve što kontrolor treba da uradi kako bi vazduhoplove držao na bezbednom rastojanju jedne od drugih. Na slici 2 (B) su predstavljene osnovne podfunkcije čije uspešno izvršavanje vodi adekvatnom razdvajanju vazduhoplova. Promenljivost u svesti o saobraćajnoj situaciji direktno uzrokuje promenljivost ostalih funkcija (Slika 2 (B)). Ukoliko se zna da promenljivost bilo kog parametra koji definiše neku funkciju, direktno vodi promenljivosti te funkcije, zaključuje se da je postojalo odstupanje prilikom izdavanja instrukcije kontrolora letenja (Slika 2 (B)).

3) funkcija osmatranja vazdušnog prostora oko vazduhoplova od strane posade se odnosi na obaveze pilota da u svakom trenutku, ukoliko to meteorološki uslovi dozvoljavaju, intezivno osmatraju prostor oko sebe kako bi eventualno mogli da preduzmu manevr za izbegavanje sudara. Informacije koje posada dobija od kontrolora odnose se na saobraćaj koji je kontrolisan ili kontrolor ima informaciju o načinu odvijanja tog saobraćaja. Na slici 2 (C) predstavljena je funkcija osmatranja vazdušnog prostora sa parametrima koji na nju utiču. Ova funkcija treba da se izvršava sve vreme dok traje let, neprekidno, ili stalnim ponavljanjem.

Na kraju, slikom 2 predstavljen je FRAM dijagram sa svim funkcijama i njihovom međuzavisnošću. Kako bi reprezentacija bila preglednija, nisu uvršteni opisi parametara, već je fokus stavljen na njihovu povezanost. Koristeći i opis svih funkcija i odgovarajućih podfunkcija (tabela 1) predstavljena je kompletna slika uzročno-posledične povezanosti događaja u slučaju sudara aviona iznad Zagreba.

6. Zaključci i preporuke

Posmatrajući FRAM analizu ove nesreće, otkriveni su glavni uzroci koji dovode do odstupanja od nominalnih performansi operativnog osoblja. U skladu sa njima moguće je definisati određene preporuke kako bi se pojačale zaštitne barijere u sistemu i sprečila pojava sličnih nesreća.

Koristeći FRAM metod u svrhu analize sudara iznad Zagreba došlo se do rezultata koji su vrlo približni rezultatima zvanične istrage.

Preporuke posle FRAM analize [7]:

- rasporediti kontrolore letenja na zadatke tako da budu podjednako opterećeni,
- jasnije definisati obaveze šefa smene kroz upustvo o njegovom radu, i
- izbegavati nepridržavanje pravila u bilo koju svrhu.

Preporuke zvanične istrage potvrđene FRAM analizom [7]:

- u cilju bolje koordinacije između kontrolora u operativnim jedinicama, predstaviti ovaj primer kao primer neadekvatne koordinacije (naučena lekcija),
- promeniti procedure po kojima se prilikom transfera radarske identifikacije zahteva od posada da isključe transponder, i da se, ukoliko je moguće, posadama ne menja kôd transpondera prilikom leta kroz isti vazdušni prostor, i
- upotrebljavati englesku frazeologiju u komunikaciji između kontrolora i pilota.

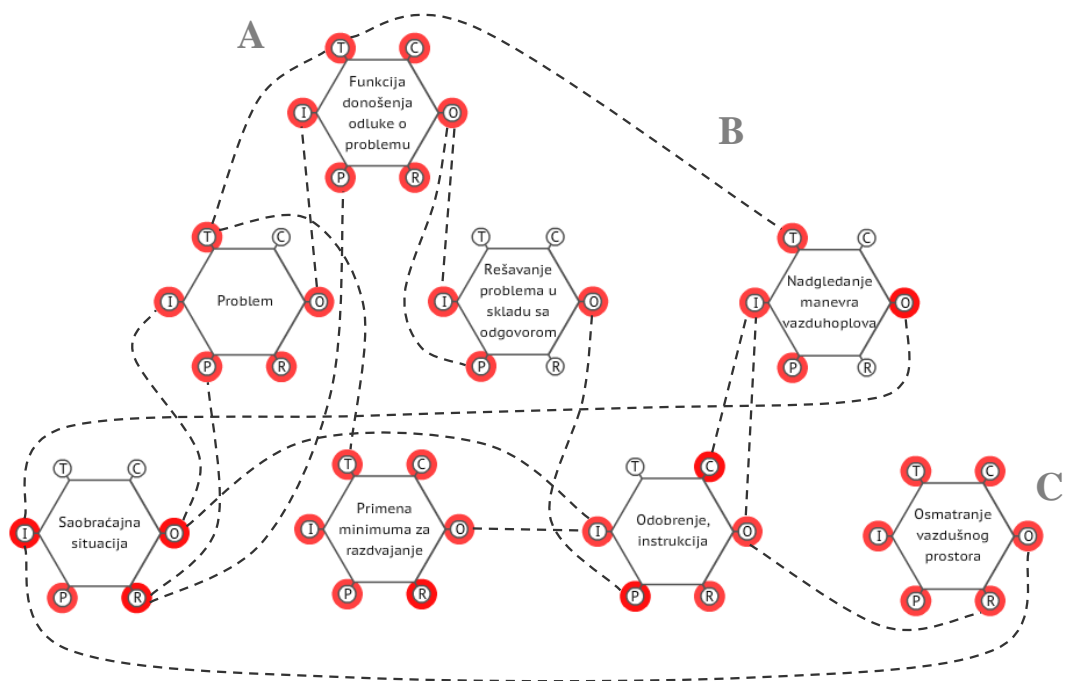
Bitan aspekt koji se FRAM analizom otkriva je sposobnost operativnog osoblja da reaguje na promene u operativnim uslovima. Uzimajući u obzir da rukovodioci ne mogu propisati postupke za svaki tip situacije, pogotovo u složenim sistemima kao što je kontrola letenja, kvalitet FRAM analize ogleda

se u sposobnosti da se uoči na koje promene pojedinih funkcija je osoblje najosetljivije.

U ovom radu je opisano kako se FRAM može koristiti za opis fleksibilnosti karakteristika kompleksnog socio-tehničkog sistema (kontrola letenja). Ilustracijom primene FRAM metoda na sudar iznad Zagreba pokazano je da tadašnji sistem kontrole letenja nije bio projektovan da apsorbuje odstupanja od nominalnih uslova kao i njihov zajedničkih uticaj na bezbednost sistema. Takođe je pokazano da se FRAM analizom mogu uočiti okolnosti koje zvaničnom istragom nisu prepoznate.

Bibliografija

- [1] **Netjasov F.** (2013). "Metodi ocene bezbednosti vazdušne plovidbe". Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Beograd.
- [2] **Hollnagel E.** (2010). Introduction to FRAM: The Functional Resonance Analysis Method. MINES ParisTech – Crisis And Risk Research Centre, France.
- [3] **Hollnagel E.** (2013). An Application of the Functional Resonance Analysis Method (FRAM) to Risk Assessment of Organisational Change. Swedish Radiation Safety Authority, Sweden.
- [4] **Hollnagel E., Pruchnicki S., Woltjer R., Etche S.** (2008). Analysis of Comair flight 5191 with the Functional Resonance Accident Model. 8th International Symposium of the Australian Aviation Psychology Association, Australia.
- [5] **Hollnagel E.** (2008). Risk assessment using FRAM. MINES ParisTech – Crisis And Risk Research Centre, France.
- [6] **Department of Trade** (1982), Aircraft accident report 9/82, British Airways Trident G-AWZT and Inex Adria DC9 YU-AJR, Report on the collision in the Zagreb Area, Yugoslavia, on 10 September 1976. Accident Investigation Branch, UK.
- [7] **Cvijetic S., Netjasov F.** (2015). Metod funkcionalne analize rezonance i njegova primena na sudar vazduhoplova iznad Zagreba. Tehnika, 70 (2), 2015, str. 324-330.



Slika 2. FRAM dijagram sa svim funkcijama i njihovom međuzavisnošću

Tabela 1. Opis funkcija bitnih za sudar iznad Zagreba [7]

Funkcije	Pod-funkcije	I	O	P	C	T	R
Koordinacija	Problem ili zahtev	Zahtev posade	Komunikacija	Mogućnost za ispunjavanje	/	Adekvatan period	Veza
	Odluka o problemu	Komunikacija	Odgovor	Adekvatna situacija	Kognitivne funkcije	Adekvatan period	Svest o situaciji
	Rešavanje problema	Odgovor	Instrukcija	Postojanje odgovora	/	/	/
Razdvajanje vazduhoplova	Saobraćajna situacija	Potreba za razdvajanjem	Potreba za odobrenjem	Relevantan saobraćaj	/	/	Slika na pokazivaču
	Koordinacija	Zahtev za resursima	Odgovor	Slika na pokazivaču	/	Adekvatan period	Veza
	Primena normi	Norme za razdvajanje	Odluka o normi	Adekvatna situacija	Alarmi za pilota I kontrolora letenja	Adekvatan period	Operativne procedure
	Odobrenje, instrukcija	Potreba za odobrenjem	Odobrenje kontrole letenja	Postojanje minimuma	Ponavljanje instrukcije od strane posade	/	Frazeologija
	Nadgledanje manevra	Odobrenje kontrole letenja	Korekcija ili ne	Radarski odrazi vazduhoplova	/	Adekvatan period	/
Osmatranje vazdušnog prostora	/	Vizuelna slika prostora	Manevar	Meteo uslovi i budnost pilota	Unakrsna provera	Neprekidno tokom leta	Slušanje frekvencije

Model za ocenu vozača u lancima snabdevanja

Branka Dimitrijević, Vladimir Momčilović

*Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet
e-mail: (b.dimitrijevic, v.momcilovic)@sf.bg.ac.rs*

Apstrakt. Vozači su značajan faktor kvaliteta i troškova realizacije usluga u lancima snabdevanja i praćenje njihovih performansi u tom pogledu razlikuje se od kompanije do kompanije. Na bazi tih performansi oni se ocenjuju, odnosno nagrađuju i kažnjavaju. Vrlo često u tom postupku koristi se ograničen skup podataka koji se najčešće svodi na ostvareni pređeni put i potrošnju goriva, koji usled heterogenosti transportnih zadataka ne govore dovoljno objektivno i sveobuhvatno o kvalitetu vozača. Dakle, ovi podaci i oni koji su sadržani u dosijeima vozača mogu biti dopunjeni pokazateljima koji su predmet drugih evidencija, a govore o performansama njihovog rada. U ovom radu predstavljen je model za ocenu vozača, na bazi analitičkog mrežnog procesa, kojim su identifikovani i klasifikovani relevantni kriterijumi sa aspekta ukupnih troškova koje generišu vozači u obavljanju svojih poslova i ustanovljene relacije među njima.

Ključne reči: performanse vozača, ocena, višekriterijumski model, analitički mrežni proces

1. Uvod

Značaj ljudskog faktora je presudan u realizaciji poslovnih procesa u lancima snabdevanja. Vozači predstavljaju značajan resurs u tim procesima i uticajni faktor na troškove i kvalitet transporta i pružanja usluge. Troškovi goriva (koji čine i do 1/3 ukupnih troškova transporta), troškovi održavanja, troškovi neblagovremene i/ili neadekvatne realizacije transportnih zahteva čine najznačajniji segment troškova na koje utiču vozači. Indirektno, oni utiču i na celokupni ugled kompanije. U literaturi su prisutni razni pristupi u sagledavanju uloge vozača i kvaliteta njihovog rada, ali i dalje postoje mesta za unapređenje. Uočava se odsustvo tretiranja tog problema na sveobuhvatan način.

Cilj ovog rada je pravljenje modela za ocenu kvaliteta vozača kroz pregled i sistematizaciju performansi vozača, zasnovanih na literaturi i praksi, sa idejom da odraze sve značajne segmente njihovog rada, a istovremeno da budu merljive i što je moguće objektivnije. Model treba da omogući rukovodiocima transportnih

kompanija uvid u kvalitet vozača i posluži kao podrška u sagledavanju razlika u njihovom radu i eventualno kao osnova za nagrađivanje ili kažnjavanje, dodatnu edukaciju i sl. U postizanju tog cilja, a kao posledica prirode problema, primenjen je metod višekriterijumskog vrednovanja - analitički mrežni proces (Analytic Network Process - ANP).

Rad je organizovan na sledeći način: u drugom poglavlju dat je kratak pregled literature koja obrađuje ovaj problem; potom su u narednom poglavlju identifikovane i klasifikovane performanse vozača od značaja za ocenu kvaliteta njihovog rada; u četvrtom poglavlju prikazan je ANP model; na kraju su data zaključna razmatranja.

2. Pregled relevantne literature

Lanci snabdevanja obuhvataju procese u kojima se od vozača zahteva posedovanje različitih znanja i veština. Ovi zahtevi su posledica njihovog učešća u većini segmenata lanaca snabdevanja i samim tim interakcije sa ostalim učesnicima.

U literaturi se velika pažnja posvećuje aspektima bezbednosti saobraćaja, odnosno vozačkim sposobnostima i uticajima spoljašnjih faktora (umora, uslova rada i sl.) na performanse vozača [1] i njihovo poređenje [2] iz oblasti medicine rada i psihologije.

U traganju za sveobuhvatnim pristupom ocene vozača pronađen je samo jedan rad [3], koji PROMETHEE i MAMSI metodama na bazi 2 kvantitativna i 9 kvalitativnih kriterijuma ocenjuje 31 vozača. Karakteristika ovog rada je oslanjanje, u najvećoj meri, na subjektivnu procenu vrednosti kriterijuma bez objašnjenja postupka njihovog dobijanja. Daljim pregledom literature ustanovljeno je da postoji nekolicina radova koji se bave vrednovanjem ljudskog faktora u drugim delatnostima korišćenjem AHP i ANP pristupa poput [4], u kome autori primenjuju hibridni višekriterijumski model zasnovan na ANP-u za poređenje zaposlenih u oblasti marketinga.

U ovom radu su identifikovane, grupisane i ANP modelom povezane relevantne performanse vozača, tako da se omogući sveobuhvatnost u sagledavanju kvaliteta njihovog rada i odgovori na potrebe logističkih i transportnih kompanija u pogledu vrednovanja vozača, istovremeno se trudeći da ono bude što objektivnije.

3. Performanse vozača

Performanse kvaliteta rada vozača ugrubo se mogu podeliti na tehničke i ne-tehničke. Tehničke performanse obuhvataju: vozačke sposobnosti izražene kroz odnos vozača i vozila (poznavanje tehnologije vozila, nega i održavanje vozila, rešavanje problema na vozilu, itd.) i ponašanje vozača u saobraćaju (način vožnje, poznavanje saobraćajnih propisa, incidentne situacije) i ostale veštine izražene kroz odnos vozača sa klijentima (ispunjavanje zahteva klijenata, tačnost isporuke, primopredaja robe, primedbe i pohvale klijenata, itd.) i odnos

vozača prema kompaniji (ispunjavanje zadatka, poštovanje procedura, itd.). Ne-tehničke performanse obuhvataju: socijalne, komunikacione, intelektualne sposobnosti i veštine vozača, itd.

U ovom radu, izabrane su i razmatrane tehničke performanse, koje su najznačajnije u pogledu uticaja na troškove koje vozači generišu, a što predstavlja predmet najvećeg interesovanja upravljača lancima snabdevanja. Takođe, na njihov izbor uticala je dostupnost podataka (evidencije službi za eksploataciju, održavanje vozila, kadrove, komercijalu, itd.) koja bi omogućila njihovu objektivniju kvantifikaciju. One su:

1. Potrošnja goriva koja se može izraziti u utrošenoj količini goriva po pređenom putu u funkciji snage i/ili zapremine motora;
2. Održavanje vozila, uzrokovano oštećenjima ili neispravnostima, koje se izražava vrednošću intervencija i delova;
3. Saobraćajni prekršaji, izraženi kroz materijalnu odgovornost kompanije;
4. Saobraćajne nezgode, izražene kroz materijalnu odgovornost kompanije kao vlasnika vozila;
5. Dugotrajna neraspoloživost vozača, kao trošak njegovog odsustvovanja dužeg od jednog radnog dana;
6. Kratkotrajna neraspoloživost vozača, kao trošak njegovog odsustvovanja do jednog radnog dana;
7. Dugotrajna neraspoloživost vozila, kao trošak nemogućnosti njegovog korišćenja duže od jednog radnog dana;
8. Kratkotrajna neraspoloživost vozila, kao trošak nemogućnosti njegovog korišćenja do jednog radnog dana;
9. Tačnost isporuke, kao trošak kompanije zbog kašnjenja ili gubitka poverenja klijenata;
10. Reklamacije kao trošak kompanije koji je nastao usled neadekvatnog stanja, količine i/ili vrste robe;

11. Nepoštovanje procedura, kao trošak nepridržavanja zahteva i preporuka kompanije, u pogledu dokumentacije i realizacije poslova koji nisu vožnja.

4. ANP model

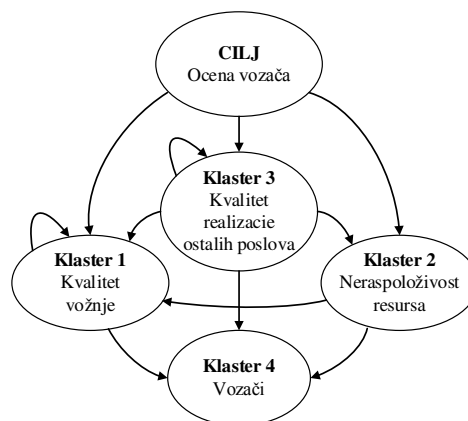
Analitički mrežni proces (ANP) je metod za modeliranje problema i donošenje odluka na bazi različitih kriterijuma i njihovih preferencija, uključujući interakcije u različitim smerovima između kriterijuma i/ili alternativa. ANP je proširenje i modifikacija metode AHP (Analitički hijerarhijski proces) [5]. Osnovna razlika ANP u poređenju sa AHP metodom, je mogućnost tretiranja interakcija između elemenata istog nivoa. Brojne su primene AHP i ANP metoda u najrazličitijim oblastima[6].

Performanse od 1 do 11 navedene u prethodnom poglavlju su kriterijumi na osnovu kojih su vrednovani vozači. Oni su podeljeni u tri klastera: kvalitet vožnje, neraspoloživost resursa i kvalitet realizacije ostalih poslova vozača u lancima snabdevanja.

Klaster 1 čine troškovi (kriterijumi 1, 2, 3 i 4), koji su posledica vožnje i nepropisnog ponašanja vozača u saobraćaju, kao i njegovog neadekvatnog odnosa prema vozilu. Klaster 2 čine troškovi (kriterijumi 5, 6, 7 i 8) koji proističu iz neraspoloživosti resursa (vozača i vozila) kao posledica neodgovornog ponašanja vozača u saobraćaju ili povrede radne discipline. Klaster 3 čine troškovi (kriterijumi 9, 10 i 11) koji su posledica neadekvatne realizacije ostalih poslova vozača, osim vožnje, a govore o ispunjavanju zahteva klijenata i matične kompanije. Klaster 4 čine vozači koji su alternative u ovom modelu.

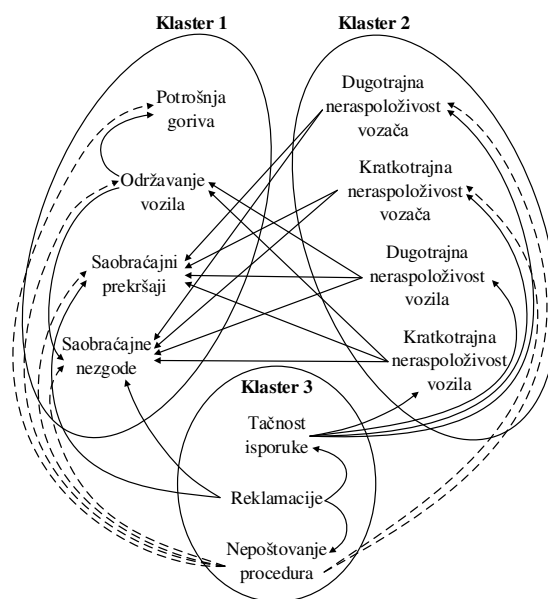
ANP model za ocenu vozača prikazan je na slici 1, gde se uočava da na realizaciju cilja utiču klasteri 1, 2 i 3, a na njih klaster 4. Takođe, na neraspoloživost resursa utiče kvalitet vožnje, dok na kvalitet realizacije ostalih poslova vozača u lancima snabdevanja utiču kvalitet vožnje i neraspoloživost resursa. Ovi uticaji

predstavljaju relacije između klastera. Interni uticaji između kriterijuma prisutni su u klasterima 1 i 3. U ocenjivanju međusobnih uticaja kontrolni kriterijum predstavljaju ukupni troškovi koje generišu vozači u obavljanju svojih poslova.



Slika 1. ANP model za ocenu vozača

Relacije između i unutar klastera 1, 2 i 3 prikazane su na slici 2.



Slika 2. Relacije između i unutar klastera 1, 2 i 3

Primer relacija između klastera, ilustrovan je uticajem na dugotrajnu neraspoloživost vozila, koja pripada klasteru 2, sledećih kriterijuma iz klastera 1: održavanje vozila kao rezultat zadržavanja na intervencijama koje su usledile zbog neadekvatnog odnosa vozača prema vozilu, saobraćajni prekršaji koji se odnose na isključenje vozila iz saobraćaja, a koji ponekad

mogu trajati i duže od jednog dana i saobraćajne nezgode koje imaju za posledicu štetu na vozilu i nemogućnost dugotrajnijeg korišćenja. Na kratkotrajnu neraspoloživost vozila takođe utiču pobrojani kriterijumi iz klastera 1, međutim nasuprot većim preferencijama koje imaju saobraćajne nezgode i održavanje vozila u odnosu na saobraćajne prekršaje u pogledu dugotrajne neraspoloživosti vozila, u slučaju kratkotrajne neraspoloživosti vozila situacija je obrnuta. Imajući u vidu da se kratkotrajna i dugotrajna neraspoloživost vozila na različite načine odražavaju na lance snabdevanja ova dva kriterijuma su i posmatrana odvojeno. Po sličnom principu rezonovano je i u slučaju kratkotrajne i dugotrajne neraspoloživosti vozača.

Relacije unutar klastera ilustrovane su kroz primer uticaja tačnosti isporuke i poštovanja procedura na reklamacije u klasteru 3. Neblagovremena isporuka može dovesti do situacije u kojoj klijent potpuno ili delimično odustaje od narudžbine. Nepoštovanje procedura može dovesti do reklamacije usled neslaganja naručene i isporučene robe zbog, na primer, neodgovornosti vozača prilikom utovara.

5. Zaključak

U ovom radu je prikazan model koji tretira problem ocenjivanja vozača na sveobuhvatan način, uzimajući u obzir veći broj heterogenih kriterijuma koji su grupisani prema poreklu nastanka, uvažavajući njihove međusobne uticaje. Model je koncipiran primenom ANP metode pri čemu je kontrolni kriterijum ukupni trošak koji kompanija snosi kao posledica delovanja vozača i koji je primarni fokus rukovodilaca u lancima snabdevanja. On omogućava bolji uvid u razlike nivoa kvaliteta vozača i na taj način objektivnije vrednovanje njihovog rada, kao i akcije koje kompanija može da preduzme u pogledu njihove edukacije.

Pravci budućih istraživanja su dvojaki. Sa jedne strane, model zahteva verifikaciju u okviru logističkih i transportnih kompanija koje obavljaju različite delatnosti (distribucija ekspres pošiljaka, city logistika, međunarodni transport robe, itd.). Sa druge, imajući u vidu mogućnosti koje ANP pruža u pogledu analize problema kroz prizmu koristi, troškova, mogućnosti i rizika, a uzevši u obzir da je prikazani model zasnovan na troškovima, ostaje da se razmotre i ostale opcije. Model zasnovan na koristima bi mogao da uzme u obzir performanse vozača koje govore o rezervama u potrošnji goriva [7] i onih koje nastaju kao rezultat provera znanja i obuka.

Zahvalnica. Ovaj rad je podržan sa projekata TR 36006 i TR 36010 Ministarstva za obrazovanje, nauku i tehnološki razvoj R. Srbije.

Bibliografija

- [1] **L.C. Barr, C.Y. Yang, R.J. Hanowski, R. Olson.** An assessment of driver drowsiness, distraction, and performance in a naturalistic setting, *Report No. FMCSA-RRR-11-010*. 2011
- [2] **X. Chen, Z. Wei, L. Gao.** Professional Driver Suitability Evaluation, *Procedia Engineering*, 2011. 15, 5222-5226.
- [3] **R. Morte, R. Pereira, D.B. Fontes.** MCDA applied to performance analysis and evaluation of Road drivers: A Case Study in the Road Transport Company. In *BS# 8217; 13 Third International Conference on Business Sustainability*. 2013.
- [4] **T. Gürbüz, Y.E. Albayrak.** An engineering approach to human resources performance evaluation: Hybrid MCDM application with interactions, *Applied Soft Computing*, 2014, 21, 365-375.
- [5] **T.L. Saaty.** Theory and Applications of the Analytic Network Process: Decision Making with Benefits, Opportunities, Costs and Risks. *RWS. Publications. Pittsburgh, USA*, 2009.
- [6] **S. Sipahi, M. Timor.** The analytic hierarchy process and analytic network process: an overview of applications, *Management Decision*, 2010, 48(5), 775 – 808.
- [7] **M. Cvetković, V. Momčilović, B. Dimitrijević.** Performance indicators for professional drivers' evaluation in supply chain. In: *Proceedings of the 2nd Logistics International Conference*, 2015, 253-258. Belgrade.

SIMULATION

Simulacija reda prevoza u Pošti Srbije primenom mobilnog programiranja

Njegoš Slavković, Kristian Iker, Milorad Stanojević, Marko Đogatović

Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305

e-mail: [njegos.slavkovic@gmail.com](mailto:njegoslavkovic@gmail.com), iker.kristian@gmail.com, milorad@sf.bg.ac.rs, m.djogatovic@sf.bg.ac.rs

Apstrakt. Primenom mobilnog programiranja na iOS operativnom sistemu napravljena je aplikacija simulacije reda prevoza u Pošti Srbije, na kojoj se mogu posmatrati vremena vožnje i iskorišćenosti nosivosti raspoloživih vozila. Korišćen je objektno-orijentisan pristup pomoću programskih jezika C++, Objective-C, i Apple iOS okruženje za izradu aplikacije.

Ključne reči: Simulacija, Mobilno programiranje, iOS, Objective-C

1. Uvod

Savremeno poslovanje je uslovljeno uticajem snažne konkurentnosti. Brojne su kompanije iz istih ili sličnih oblasti poslovanja, koje nude usluge korisnicima. Prema brojnim strategijama, korisnik ili kupac se postavlja u centar poslovanja, odnosno kreira se cilj koji podrazumeva zadovoljenje njegovih potreba uslugom određenog kvaliteta. Aktuelna svetska dešavanja primoravaju da se kompanije prilagođavaju trendovima, odnosno da se svaki od njihovih proizvoda ili usluga nađe u ponudi direktno na mobilnom uređaju svakog korisnika. Gledano iz tog ugla, mobilno programiranje postaje neophodna aktivnost koja obezbeđuje aplikacije koje su potrebne određenom korisniku. Vodeći se tom idejom u radu je predstavljen model funkcionisanja reda prevoza u Pošti Srbije, koji je izveden u aplikaciju urađenoj za mobilni operativni sistem iOS, koji predstavlja sistem kreiran i razvijan od strane Apple korporacije.

Objective-C je objektno-orijentisani programski jezik koji predstavlja spoj Smalltalk-a i C jezika. Osnovni je programski jezik korišćen od strane Apple kompanije za iOS i OS X operativne sisteme i njihove aplikativno/programske interfejsne Cocoa i

Cocoa Touch. Pored Objective-C jezika danas se razvija novi programski jezik Swift, koji treba da predstavlja njegovu zamenu [3][4].

Pored navedenih programskih jezika, u mobilnom programiranju je svakako dominantni jezik Java, koji je i najzastupljeniji na tržištu jer se koristi kao osnova za Android operativni sistem. Takođe, treba pomenuti i C# koji se koristi sa Microsoft Windows OS. Ovaj jezik je zasnovan na .NET tehnologiji.

Simulacija diskretnih događaja je specifična metodologija simulacije koja se bavi modeliranjem sistema koji se mogu predstaviti skupom događaja. Pod događajem se podrazumeva diskretna promena stanja entiteta sistema. Događaj nastupa u određenom trenutku vremena, odnosno promene stanja entiteta se dešavaju diskontinualno u vremenu, tj. samo u nekim vremenskim trenucima (kada nastupa događaj). Simulacija opisuje svaki diskretni događaj, krećući se od jednog događaja do drugog pri čemu nastaje pomak (prirast) vremena simulacije. Između dva uzastopna događaja, stanje sistema se ne menja [1].

U radu je dat simulacioni model reda prevoza Pošte Srbije, realizovan u jeziku C++, koji je integrisan u samu iOS aplikaciju. Svi navedeni rezultati će biti predstavljeni u aplikaciji na mobilnom uređaju.

2. Funkcionisanje reda prevoza u Pošti Srbije na teritoriji grada Beograda

Posmatraćemo deo poštanske mreže ograničen teritorijom grada Beograda (slika 1). Na ovoj teritoriji, statistički je pokazano da, postoji najveća fluktuacija poštanskih pošiljaka. Sedamnaest vozila je raspoređeno po odgovarajućem redu prevoza i obavlja poslove transporta.



Slika 1. Teritorija grada Beograda

Sistem javnog poštanskog operatora predstavlja najrazvijeniju logističku infrastrukturu u oblasti na kojoj deluje. Pošta Srbije svojim delovanjem na državnoj teritoriji teži da zadovolji potrebe korisnika i određeni nivo kvaliteta usluge. Brojne su analize koje se sprovode i tehnike koje se primenjuju zarad poboljšanja obavljanja poslovnih procesa.

Veliki značaj u pogledu kvaliteta usluge ima prenos pošiljaka na vreme, bez kašnjenja, kao i sigurnost poštanskih pošiljaka. Vozni park Pošte Srbije ima značajnu ulogu i predstavlja osetljiv deo logističkog sistema. Jasno je da funkcionisanje voznog parka ima veliki uticaj na kvalitet ukupne usluge, pa se teži kreiranju optimalnog reda prevoza. Takav red prevoza podrazumeva dovoljan broj vozila, koji se kreće različitim rutama, prikuplja i dostavlja sve pošiljke u sistemu bez

kašnjenja. Sa druge strane pojedine poštanske jedinice imaju mali broj pošiljaka, pa će određeni broj vozila po pristizanju u određene tačke imati manji broj pošiljaka. Postoje jedinice sa velikim brojem pošiljaka, pa se može desiti da je tovarni kapacitet, odnosno nosivost vozila nedovoljna da ih sve transportuje. Potrebno je uskladiti pokrivenost jedinica, iskorišćenost nosivosti vozila i ukupan broj pošiljaka koje treba zbrinuti na neki od pomenutih načina u određenom vremenskom periodu (u jednoj smeni, dve smene...)[2].

3. Programiranje u iOS-u

iOS (iPhone Operativni Sistem) je mobilni operativni sistem napravljen i razvijan od strane Apple korporacije i distribuiran samo na Apple hardveru. Predstavlja snažan operativni sistem mobilnih uređaja iPhone, iPad i iPodtouch.

Arhitektura iOS operativnog sistema se sastoji iz više softverskih slojeva od kojih svaki pruža okvire za programiranje i razvoj aplikacija koje koriste hardver koji se nalazi u osnovi. iOS ima osnovu koja je slična Unix operativnom sistemu. Svaka aplikacija može pristupiti svakom od prikazanih slojeva na steku da bi izvršila zadatak na uređaju. Međutim, svaki sloj pruža viši nivo apstrakcije u odnosu na rad sa hardverom. Pri programiranju aplikacija za iOS, rešenja treba da se nalaze u višim slojevima pre nego što se pristupi unosu koda koji zalazi u niže slojeve [3].

Fundamentalni koncept Objective-C programiranja jeste nasleđivanje klasa. Klasa opisuje ponašanje i zajedničke karakteristike za svaki tip podataka, koji važe za sve instance jedne klase. Korisnik može da kreira svoju klasu, a može da koristi klase u okviru programskog jezika u kom su definisane. Objekat se kreira instancom određene klase, obezbeđujući dovoljnu memoriju za taj objekat

i postavljajući inicijalne vrednosti u varijablama objekta. Objective-C je u odnosu na druge jezike specifičan po tome što je i sama klasa takođe objekat.

Objective-C je nadskup programskog jezika C i obezbeđuje objektno-orijentisane mogućnosti i dinamičko izvršavanje. Nasleđuje sintaksu, osnovne tipove i kontrolu toka C jezika. Takođe, obezbeđuje podršku za rad sa grafičkim interesom.

Aplikacije napisane u jeziku Objective-C koriste Cocoa ili Cocoa Touch razvojni okvir (framework) koji sadži gotove klase i kolekcije klasa. Cocoa i Cocoa Touch predstavljaju kombinaciju Foundation i AppKit razvojnog okvira i Foundation i UIKit razvojnog okvira. respektivno, i koriste se nezavisno u odnosu na operativni sistem (OS X i iOS respektivno).

Svaka od iOS aplikacija zasnovana je na MVC (Model – View – Controller) konceptu. Ovaj obrazac ne definiše samo uloge objekata u aplikaciji već definiše i način na koji objekti komuniciraju jedni sa drugima. Svaki od tri navedena objekta je razdvojen od ostalih granicom apstrakcije i komunicira sa objektima drugih tipova preko tih granica.

XCode je softverski alat u kome je moguće pisanje aplikacija za iOS i OS X operativne sisteme. XCode, takđe, sadrži mnoštvo alata za otkrivanje i ispravljanje grešaka, analizu i testiranje samog koda, podržava pisanje koda u Objective-C, C, C++ kao i Swift programskom jeziku, drugim rečima sve ono što je potrebno za razvoj softvera za Apple uređaje.

Objekti MVC se postavljaju na storyboard (u starijim aplikacijama su se koristili xib-ovi, XCode 4.3 i ranije verzije) koji predstavlja vizuelnu reprezentaciju interfejsa aplikacije. Storyboard prikazuje sadržaje interfejsa i vrši prelaske između njih, dok su u starijim aplikacijama prelasci vršeni isključivo putem napisanog koda i svaki poseban deo aplikacije

je imao svoju vizuelnu reprezentaciju predstavljenu jednom xib datotekom.

Objekat modela čuva specifične podatke aplikacije, definiše logiku i vrši obradu podatka. Kada je potrebno da radimo sa malo podataka, dobra praksa je korišćenje struktura podataka (klasa) koje su definisane u razvojnom okviru. Kada model zahteva definisanje poslovne logike onda je neophodno definisanje sopstvenih klasa, koje u implementaciji sa ugrađenim klasama daju najbolje mogućnosti. U konkretnom primeru, u modelu se nalaze podaci iz simulacije uradene u programskom jeziku C++.

Objekat View-a je objekat koji korisnik aplikacije može da vidi. Ovaj objekat je odgovoran za interakciju sa korisnikom. Glavna svrha view objekta je prikazivanje podatka iz objekta modela aplikacije i mogućnost uređivanja podataka.

Kontroler se ponaša kao veza između jednog ili više objekata View-a i objekata modela. Objekat kontrolera pristupa modelu, podacima modela i zatim se povezuje sa View-om na kom će se prikazati vrednosti uzete iz modela [4].

4. Rezultati mobilnog programiranja

Simulacioni model reda prevoza u Pošti Srbije realizovan je u programskom jeziku C++. Ulazne podatke, vremena kretanja automobila i iskorišćenosti kapaciteta vozila dobijamo iz Excel tabela koje konvertujemo u CSV (*Comma Separated Value*) datoteke. Podaci su uređeni na način da se učitavaju po vrstama. Slikom 2 predstaviceemo ulazne podatke, prosečna vremena kretanja vozila, koja su preuzeta iz plana reda prevoza Pošte Srbije, i koja su u modelu korišćena sa odgovarajućim odstupanjima. [2].

(Na primer vozilo (AUTO1) kreće iz garaže u 12:55h, dolazi u poštu Beograd 2 u 13:10h a iz nje kreće u 13:20h.)

АУТО 1	ГАРАЖА	11200	11282	11279	11276
	Бгд 2		Петровч.	Бечмен	Јаково 1
		13.10	13.50	14.05	14.25
	12.55	13.20	13.55	14.10	14.30
АУТО 2	ГАРАЖА	11200	11271	11273	11277
	Бгд 2		Сурчин	Бгд 87	Угринов.
		05.05	06.00	06.40	07.00
	04.50	05.35	06.10	06.45	07.05
АУТО 3	ГАРАЖА	11200	11103	11060	11160
	Бгд 2		Бгд 4	Бгд 38	Бгд 74
		05.15	05.40	06.00	06.20
	05.00	05.35	05.45	06.10	06.35
АУТО 4	ГАРАЖА	11200	11108	11210	11211
	Бгд 2		Бгд 12	Бгд 26	Борча
		05.30	06.00	06.20	06.35
	05.15	05.50	06.05	06.25	06.45

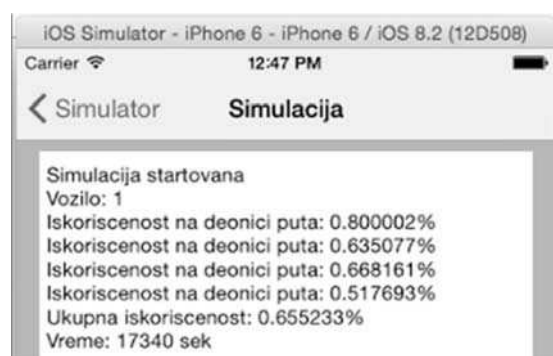
Slika2. Ulazni podaci, polazna i dolazna vremena

Slikom 3 predstaviceemo ulazne podatke ocekivanih zahteva za prevozom izrezenih u kilogramima, koje su u modelu koriscene sa odgovarajucim odstupanjima. (Na primer maksimalni kapacitet vozila (AUTO1) je 1500 a ocekivani zahtev za prevozom je 1300 kilograma na prvj deonici.)

Vozilo	Max Kapacitet	Deonice puta			
		1	2	3	4
Auto1	1500	1300	1000	1200	1200
Auto2	1500	800	1100	1200	1200
Auto3	1500	1200	800	1100	1300
Auto4	1500	1400	1000	1000	1300
Auto5	1500	900	1100	800	1300
Auto6	1500	1200	1200	800	1100
Auto7	1500	1200	1100	1200	1200
Auto8	1500	1400	1300	1100	1200

Slika3. Ulazni podaci, nosivi kapaciteti vozila

Na slici 4 je dat jedan deo resenja iz aplikacije i predstavlja segmentnu i ukupnu iskorišćenost nosivosti vozila broj 1, izraženu u procentima i ukupno vreme vozila provedeno u vožnji izraženo u sekundama.



Slika4. Rezultati iOS aplikacije

5. Zaključak

Mobilno programiranje otvara nove mogućnosti ka ostvarivanju korisničkih ciljeva. Na taj način moguće je realizovati poslovne projekte, koristeći poslovnu logiku i podatke, u nameri da se što bolje korisnik ili kupac upozna sa proizvodom (u našem slučaju, aplikacijom). Simulacioni model razvijen je u C++ jeziku i integrisan u iOS aplikaciju. U radu su prikazani rezultati simulacije funkcionisanja reda prevoza Pošte Srbije, na teritoriji grada Beograda, koji su predstavljeni u aplikaciji na mobilnom uređaju. Ovakav pristup je moguć prilikom analize funkcionisanja bilo kog realnog sistema od interesa.

Bibliografija

- [1] B. Radenković, M. Stanojević, A. Marković. *Računarska simulacija*, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2009.
- [2] D. Lazarević, *Simulacija funkcionisanja reda prevoza u Pošti Srbije na teritoriji Grada Beograda*, Seminarski rad, Saobraćajni fakultet, Univerzitet u Beogradu, 2014.
- [3] Stephen G. Kochan, *Programming in Objective-C (Developer's Library)*, 5th Edition, Addison-Wesley, 2013
- [4] <https://developer.apple.com/>

Animacija stohastičke simulacije primenom HTML5 kanvasa

Kristian Iker, Marko Đogatović, Milorad Stanojević

Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305

e-mail: iker.kristian@gmail.com, m.djogatovic@sf.bg.ac.rs, milorad@sf.bg.ac.rs

Apstrakt. U radu je data animaciona biblioteka realizovana u Javaskriptu korišćenjem HTML5 kanvas elementa. Realizovana animaciona biblioteka može da se koristi za animaciju simulacionog modela razvijenog u bilo kom simulacionom jeziku ili biblioteci. U radu je dat primer animacije sistema za razvrstavanje paketa pri čemu je simulacioni model realizovan C++ bibliotekom koja je zasnovana na raspoređivanju događaja.

Ključne reči: Stohastička simulacija, Javaskript programiranje, HTML5 kanvas, Animacija.

1. Uvod

Simulacioni model je apstraktni prikaz realnog sistema. Modelom se vrši pojednostavlјivanje realnog sistema, što znači da se samo značajna svojstva sistema uključuju u model. Animacija je dinamički, grafički prikaz simulacionog modela. Služi da se uklone greške koje se mogu javiti prilikom razvoja modela i verifikuje ispravno ponašanje simulacionog modela. Takođe, animacijom se drugima prikazuju naše ideje i pretpostavke realizovane modelom [1].

Danas većina simulacionih jezika i alata omogućava korisnicima da kroz animaciju grafički reprezentuju svoj simulacioni model. Pojedini jezici i alati omogućavaju samo dvodimenzionalnu, dok drugi obezbeđuju i trodimenzionalnu animaciju. Neki od njih su: GPSS/H i SLX sa ProofAnimation-om, MATLAB/Simulink SimEvents, Arena, AnyLogic, WITNES itd.

U radu će biti realizovana biblioteka za animaciju korišćenjem sledećih internet tehnologija: HTML5, canvas (canvas, platno) i Javaskript (JavaScript). Ovaj način animacije je izabran zato što su ove tehnologije svima dostupne (dovoljno je instalirati neki

savremeni internet pretraživač), nije potrebna kompilacija animacionog programa i ne zavise od operativnog sistema (zato što je animacioni program napisan u vidu jedne ili više datoteka koje se izvršavaju u pretraživaču) i ukoliko se simulacija izvršava na strani servera omogućava prikaz animacije na klijentskoj strani.

HTML5 je nova verzija jezika za označavanje HTML koja se koristi za semantičko opisivanje hipertekstulanih dokumenata na internetu. U odnosu na HTML 4.01, HTML5-om su uvedeni novi elementi jezika za označavanje, dok su pojedini elementi izostavljeni. Jedan od novo uvedenih elemenata je canvas element. Canvas element se koristi za crtanje u dve dimezije korišćenjem programskog interfejsa u Javaskript jeziku.

Javaskript je dinamički, skript programski jezik. Uglavnom se koristi na strani klijenta, u internet pretraživaču, za promenu sadržaja i stila dokumenta, interakciju sa korisnikom i asinhronu komunikaciju sa serverom. Pored toga, Javaskript se koristi i za programiranje na strani servera i za razvoj mobilnih i desktop aplikacija. Ovaj programski jezik je veliki deo svoje sintakse nasledio iz Jave, ali bez obzira

na to ova dva jezika nisu u vezi i imaju različitu semantiku. Ovaj jezik podržava više programskih paradigmi i to: objektno-orijentisano, proceduralno i funkcionalno programiranje. Objektno-orijentisano programiranje u Javaskript jeziku se ostvaruje korišćenjem prototipova. Prototip je postojeći objekat koji se koristi za stvaranje novog objekta koji će naslediti svu funkcionalnost prototipa i eventualno dodati novu funkcionalnost.

Pored korišćenja canvas elementa, animaciju u HTML5 je moguće ostvariti korišćenjem kaskadnih stilova ili SVG (*Scalable Vector Graphics*) vektorskih slika sa animacijom. Takođe je animaciju moguće sprovesti promenom (korišćenjem Javaskripta) DOM (*Document Object Model*) modela, kao i promenom vrednosti svojstava kaskadnih stilova ili atributa SVG elemenata. Svi navedeni načini animacije imaju iste mogućnosti, međutim ono što izdvaja canvas u odnosu na kaskadne stilove i SVG je da većina savremenih pretraživača koristi hardver, kada je to moguće, za iscertavanje na canvas elementu te je zbog toga animacija u pogledu performansi bolja u odnosu na druga dva navedena načina. Upravo to je razlog zbog čega se danas veliki broj internet video igara razvija korišćenjem HTML5 canvasa.

Pored detaljnog objašnjenja Javaskript biblioteke u radu će biti data primer animacije stohastičke simulacije sistema za razvrstavanje paketa. Simulacioni modeli će biti napravljeni korišćenjem C++ biblioteke za simulaciju primenom strategije raspoređivanja događaja [2].

2. Javaskript programski interfejs

HTML5 oznaka (tag) koja je pridružena canvas elementu glasi `<canvas>`. Koristi se na sledeći način u HTML dokumentu:

```
<canvas id='canvas'>Canvas not supported</canvas>.
```

Programski, canvas elementu se pristupa preko `id` atributa elementa upotrebom funkcije objekta dokumenta `getElementById()`. To se radi na sledeći način:

```
var canvas = document.getElementById('canvas');
```

Canvas element nema veliki programski interfejs. On se sastoji od dva atributa i tri funkcije. Dva atributa su `weight` i `height` koji vraćaju i postavljaju širinu i visinu canvas elementa. Od tri funkcije navešćemo samo jednu `getContext()`. Ova funkcija vraća kontekst u kome se vrši iscertavanje u dve dimenzije. Kontekst dobijamo korišćenjem sledećeg segmenta koda:

```
var context = canvas.getContext('2d');
```

pri čemu vrednost `'2d'` koja se prosleđuje kao argument funkcije znači da se radi od dvodimenzionalnom kontekstu.

Za razliku od canvasa, kontekst objekat ima puno atributa i funkcija različite namene. U tabeli 1 su dati neki od atributa i funkcija kontekst objekta (videti [3]).

Tabela 1. Neki atributi i funkcije kontekst objekta

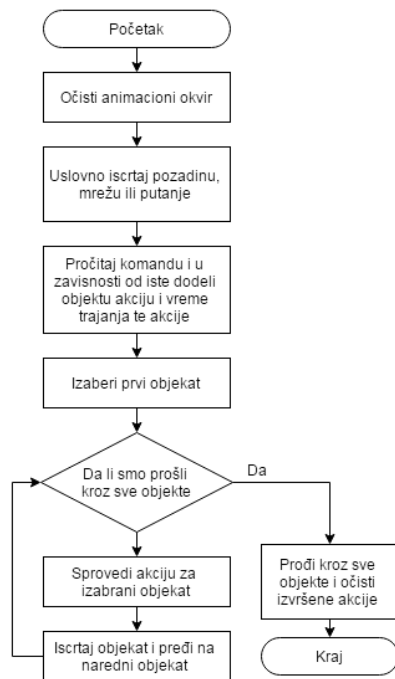
Naziv	Tip	Opis
<code>fillStyle</code>	Atribut	Boja, gradijent ili šara koja se koristi za popunjavanje površina.
<code>strokeStyle</code>	Atribut	Boja, gradijent ili šara koja se koristi za iscertavanje putanja.
<code>textAlign</code>	Atribut	Horizontalni položaj teksta prilikom iscertavanja.
<code>save()</code>	Funkcija	Postavlja tekuće stanje canvasa na stek.
<code>restore()</code>	Funkcija	Vadi stanje canvasa sa steka.
<code>arc()</code>	Funkcija	Isrtava luk.
<code>beginPath()</code>	Funkcija	Započinje putanju ili resetuje tekuću putanju.
<code>clearRect()</code>	Funkcija	Brise piksele unutar zadatog pravougaonika.
<code>fill()</code>	Funkcija	Popunjava tekuću putanju.
<code>fillText()</code>	Funkcija	Isrtava popunjeni tekst na canvasu.
<code>stroke()</code>	Funkcija	Isrtava definisanu putanju.
<code>drawImage()</code>	Funkcija	Isrtava sliku.

Za iscertavanje animacionog okvira koristi se funkcija `window.requestAnimationFrame()`. Ova funkcija kaže pretraživaču da

želimo da izvršimo animaciju i zahteva od pretraživača da pozove zadatu funkciju u cilju ažuriranja animacije pre narednog iscertavanja. Kao argumet ova metoda prima funkciju koja će biti pozvana pre narednog iscertavanja. Funkcija vraća celobrojnu vrednost koja se može proslediti funkciji `window.cancelAnimationFrame()` u cilju zaustavljanja animacije. `window` je objekat koji predstavlja otvoreni prozor u pretraživaču.

3. Javaskript biblioteka za animaciju

Ideja koja nas je vodila prilikom razvoja ove biblioteke je bila da njom omogućimo animaciju u bilo kom simulacionom jeziku ili programskoj biblioteci koja poseduje mogućnost ispisa u tekstualnu datoteku. Ovaj princip, ispisa komandi u tekstualnu datoteku koji se kasnije koriste za animaciju, potiče iz animacionog programa `ProofAnimation`.



Slika 1. Dijagram toka izvršavanja jednog animacionog okvira

Takođe, cilj je bio da se odvoji iscertavanje pozadine, objekata koji se kreću i animacionih putanja.

U `anim.js` datoteci najalze se dve klase: `Interval` i `Animation`. `Interval` klasa služi

da periodično (svakih 500 ms) prikaže vreme simulacije i prosečni broj frejmova u sekundi, dok klasa `Animacija` čita prosleđene komande i u zavisnosti od komande dodeljuje objektima akcije koje ažuriraju objekat za iscertavanje u animacionom okviru. Na slici 1 je prikazan dijagram toka izvršavanja jednog animacionog okvira.

U datoteci `paths.js` se nalazi Javaskript objekat `paths` u koji se upisuju putanje po kojima animacioni objekti mogu da se kreću. Putanje se sastoje iz segmenata koji mogu da budu linearni ili kružni. Linearni segmenti su zadati početnom i krajnjom tačkom, dok su kružni segmenti zadati pozicijom centra, radijusom, početnim i krajnjim uglom kružnog segmenta. Takođe, kod kružnog segmenta se zadaje da li je u smeru kazaljke na satu ili u suprotnom smeru. Vreme boravka na putanji se zadaje komandom objektu `duration` ili `speed`. Na ovaj način objekat zna koliko vremena mu treba da pređe celu putanju ili kolikom brzinom se kreće na putanji. Objekat se kreće od početka do kraja putanje. Pored ovih putanja postoje i kružne putanje, kao i putanje sa redovima čekanja. Kod kružnih putanja se kreću po putanji sve dok ga ne uništimo ili prebacimo na neku drugu putanju.

Kod putanja sa redovima čekanja kada objekti stižu na kraj putanje oni staju u red čekanja jedan iza drugog. Uklanjanje objekta iz putanje dovodi do pomeranja narednih objekata za jedno mesto napred. Animacioni objekat smeštamo na putanju korišćenjem komande `place_on`.

Komade animacione biblioteke se zadaju u `commands` objektu Javaskript datoteke `commands.js`. Ova datoteka se direktno generiše iz simulacionog programa ili biblioteke.

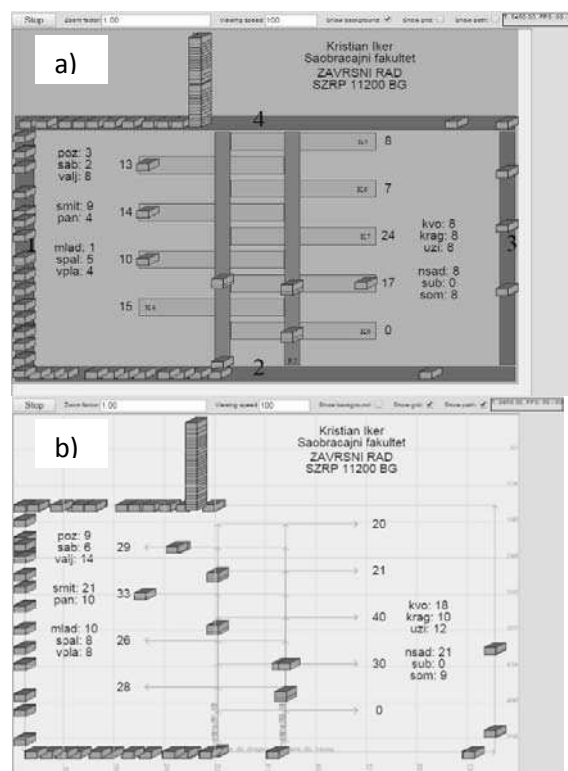
Pored zadavanja komandi u `commands.js` je moguće promeniti i dimenzije `canvas` elementa. U `background.js` se nalazi

funkcija `draw_background()` čijim pozivom se iscrtava statična pozadina animacionog okvira.

4. Primer animacije

Na slici 2 a) je prikazana slika izvršenja animacije modifikovanog simulacionog modela sistema za razvrstavanje paketa datog u [4]. Sistem je namenjen preradi paketa koji se razvrstavaju prema odredišnoj adresi na koju su upućeni. Paketi u centar pristižu drumskim transportnim sredstvima. Sam sistem sastoji se od 8 trakastih transportera, dva radna mesta za usmeravanje paketa, 9 kliznica, 18 skretnica. Paketi se uvode u sistem pomoću trakastih transportera 7 i 8, zatim kruže po transporterima 1, 2, 3 i 4, i konačno kada ih radnik na radnim mestima R1 i R2 razvrsta, pomoću trakastih transportera 5 i 6 se dalje usmeravaju ka odgovarajućim kliznicama. Na kliznicama 1,2,3,7 i 8 se takođe nalazi radnik, koji manuelno vrši razvrstavanje pristiglih paketa. Na slici se pored kanvas elementa u kome se prikazuje animacija vide i kontrole koje služe za upravljanje animacijom. Pored Start/Stop/Reload dugmeta, koje služi za započinjanje i zaustavljanje animacije tu se nalaze i dugmići za prikaz pozadine, putanja objekata i mreže. Na slici 2 b) je prikazana slika izvršenja animacije bez pozadine sa vidljivom mrežom i putanjama. Tekstualnim kontrolama se vrši unos faktora zumiranja, kao i brzine izvršenja animacije. U gornjem desnom uglu obe slike se vidi vreme animacije i prosečni broj animacionih okvira u sekundi.

Simulaciona biblioteka realizovana u C++ koja je korišćena za animaciju prikazuje i statistike redova čekanja i resursa, kao i statistike histograma. Rezultati simulacije mogu se videti u [4].



Slika 2. Primer animacije sa pozadinom (a) i bez pozadine sa vidljivom mrežom i putanjama (b)

5. Zaključak

U radu je prikazana animaciona biblioteka u dve dimenzije realizovana Javaskript jeziku korišćenjem kanvas elementa HTML5 dokumenta. Biblioteka je koncipirana tako da može da se koristi od strane bilo kog simulacionog jezika ili biblioteke.

Bibliografija

- [1] Radenković B., Stanojević M., Marković A. Računarska simulacija. *Saobraćajni fakultet, Beograd, 2009.*
- [2] Dogatović M., Stanojević M., Radenković B. *SIM-PA: An Open Source-Based Simulation Language*, XI Balkan Conference on Operational Research (BALCOR 2013). Zlatibor, 2013, pp 650-689.
- [3] Geary, D. *Core HTML5 Canvas: Graphics, Animation, and Game Development*, 2012, *O'Reilly Media.*
- [4] Iker K. Simulacija i animacija sistema za razvrstavanje paketa. *Završni rad, Saobraćajni fakultet, Beograd, 2014.*

Simulacija šalterske službe pošte primenom klasične DEVS specifikacije

Dušan Tadić, Marko Đogatović, Milorad Stanojević

Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305, Beograd

e-mail: tadic.dusan.sf@gmail.com, m.djogatovic@sf.bg.ac.rs, milorad@sf.bg.ac.rs

Apstrakt: U radu je razvijen simulacioni model šalterske službe za usluge novčanog poslovanja jedinice poštanske mreže 11030 (Beograd 8) primenom klasične DEVS specifikacije. Za razvoj modela iskorišćena je C++ biblioteka sa implementacijom simulatora i definisan je niz modularnih elemenata neophodnih za opisivanje realnog sistema. Realizovani model iskorišćen je za analizu efikasnosti rada šalterske službe.

Ključne reči: Simulacija, Objektno-orijentisano programiranje, DEVS specifikacija, Šalterska služba

1. Uvod

Realni sistem je izvor za prikupljanje relevantnih podataka o aktivnostima koje se u njemu dešavaju, kao i za definisanje modela na osnovu koga će se vršiti analiza njegovog funkcionisanja [1].

Jedan od načina modeliranja i analize je primenom specifikacije sistema zasnovanog na događajima (Discrete Event System Specification, DEVS). DEVS definiše način da se opišu sistemi čija se stanja menjaju u zavivosti od događaja na ulazu u sistem ili vremena trajanja stanja u kojem se sistem nalazi [2].

U ovom radu je razvijen simulacioni model u programskom jeziku C++ baziran na korišćenju biblioteke sa implementacijom simulatora [3] i izvršena je analiza efikasnosti šalterske službe za usluge novčanog poslovanja pošte 11030 Beograd 8.

2. Šalterska služba pošte 11030 Beograd 8

Šalterska služba u sali za novčano poslovanje organizovana je na sedam kanala opsluge (šaltera) podeljenih u dva segmenta, pet šaltera sa zajedničkim redom čekanja u prvom i dva šaltera sa zajedničkim redom čekanja u drugom segmentu.

Korisnicima su u ponudi sledeće vrste usluga: (1) prodaja vrednosnica, (2) internet i telefonske dopune, (3) pakovanje i pečaćenje paketa, (4) internet nalozi i telefonski brojevi, (5) “Diners” usluge, (6) “Western Union” usluge, (7) menjački poslovi, (8) jedna uplata i uputničke usluge, (9) grupna usluga, (10) transakcije sa tekućih računa bez provere stanja, (11) transakcije sa tekućih računa sa proverom stanja, (12) provera stanja, (13) štednja. Verovatnoće izbora usluge i raspodele vremena opsluge date su u tabeli 1.

Tabela 1. Verovatnoća izbora usluge i raspodela vremena opsluge [4].

Vrsta usluge	Verovatnoće	Raspodela vrem. opsl. [s]
1	0.143	Expo(13.7)
2	0.164	Expo(20.0)
3	0.014	Unif(120.0,1080.0)
4	0.003	Norm(204.7,32.2)
5	0.001	Norm(204.7,32.2)
6	0.001	Norm(204.7,32.2)
7	0.007	Norm(204.7,32.2)
8	0.204	Erlang(2,63.10)
9	0.178	Erlang(2,117.4)
10	0.049	Erlang(2,64.6)
11	0.099	Erlang(2,73.3)
12	0.114	Expo(24.0)
13	0.023	Erlang(2,278.6)

Usluge mogu biti univerzalnog karaktera (usluge 8 – 13, pružaju se na svim šalterima) i posebne (usluge 1 – 7, pružaju se isključivo na specijalizovanim šalterima). Pružanje posebnih usluga organizovano je na po jednom šalteru u svakom od segmenata. Na specijalizovanom šalteru prvog segmenta pružaju se posebne usluge 5, 6 i 7 pri čemu su

sve ove usluge istog prioriteta. Na specijalizovanom šalteru drugog segmenta od posebnih usluga pružaju se usluge 1, 2, 3, i 4 pri čemu su prve dve usluge većeg prioriteta. Na specijalizovanim šalterima prioritet se daje posebnim uslugama. Sve univerzalne usluge su istog prioreta.

Usled takve organizacije rada klijenti se opredeljuju za segment u koji odlaze u zavisnosti od izbora usluge, u slučaju da je izabrana usluga sa specijalizovanih šaltera, ili dužine reda čekanja po broju kanala opsluge u datom segmentu, u slučaju da je izabrana usluga univerzalnog karaktera.

Posle opsluge pojedini korisnici potražuju dodatne usluge, i to:

- svi korisnici koji su kupili vrednosnice se potom opredeljuju za bilo koju drugu uslugu i staju u odgovarajući red čekanja.
- polovina korisnika koji su proveravali stanje tekućeg računa, od kojih 40% potom zahveta transakciju sa tekućeg računa, a preostalih 60% zahteva grupnu uslugu,
- svi korisnici koji su izabrali uslugu zamene deviza se opredeljuju za bilo koju drugu uslugu pri čemu ako se ta usluga pruža na šalteru na kojem su trenutno odmah nastavljaju opslugu, u suprotnom odlaze u odgovarajući red čekanja.

Radno vreme pošte je od 7 do 19 časova i organizovano je u dve smene. Vreme između nailazaka klijenata je eksponencijalno raspodeljeno sa srednjim vremenom datim u tabeli 2.

Tabela 2. Vreme između nailazaka klijenata

Smena	Srednje vreme [s]
prepodnevna	26
poslepodnevna	29

Na šalterima u toku rada dolazi do prekida sa opslugom klijenata usled odlazaka radnika na pauzu, odlazaka do blagajne i popisa stanja šaltera. Odlasci radnika na pauzu dešavaju se u obe smene u trajanju od dvadeset minuta, osim

na specijalizovanom šalteru u drugom segmentu gde pauza traje petnaest minuta. Odlazak radnika na blagajnu se dešava na svim šalterima u obe smene u trajanju od deset minuta, osim na specijalizovanom šalteru u drugom segmentu gde odlazak na blagajnu traje dvesta sekundi. Popis stanja na šalterima je organizovan na kraju prve smene na svim šalterima, dok se na specijalizovanom šalteru prvog segmenta i u drugom segmentu u celini popis stanja vrti i na kraju druge smene.

Specijalizovani šalter prvog segmenta se zatvara deset minuta pred kraj radnog vremena pošte, tako da klijenti koji dođu u sistem posle tog trenutka i opredele se za neku od posebnih usluga sa tog šaltera napuštaju sistem bez opsluge. U sistem se ne primaju novi klijenti pet minuta pred kraj radnog vremena.

3. DEVS specifikacija rada šalterske službe

Realni sistemi opisani DEVS specifikacijom sastoje se od atomskih (atomic) i povezanih (coupled) elemenata (blokova).

Atomski blok definisan je sledećim parametrima:

$$M \langle X, Y, S, \delta_{int}, \delta_{ext}, \lambda, ta \rangle \quad (1)$$

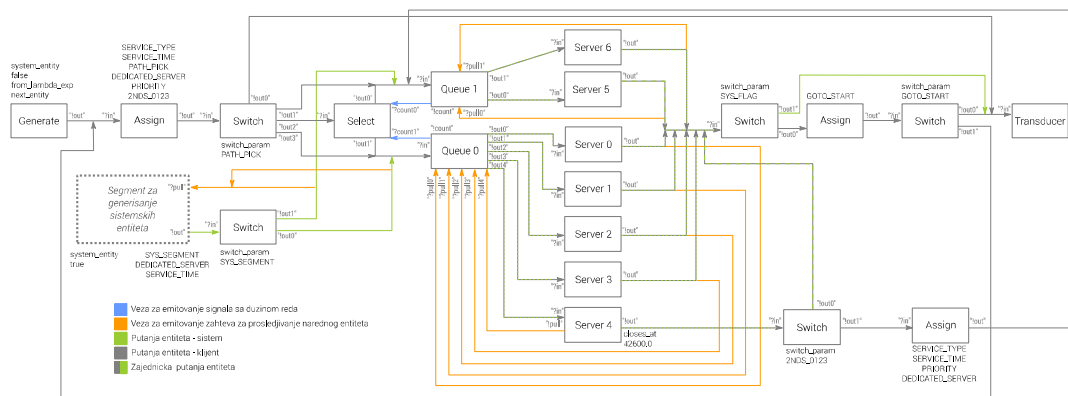
pri čemu je $X = \{(p, v) \mid p \in P_{in}, v \in X_p\}$ skup događaja na ulazu koji se sastoji od setova ulaznih portova i njihovog sadržaja, $Y = \{(p, v) \mid p \in P_{out}, v \in Y_p\}$ je skup događaja na izlazu, S je skup sekvencijalnih stanja, $\delta_{int}: S \rightarrow S$ je funkcija interne promene stanja, $\delta_{ext}: Q \times S \rightarrow S$ je funkcija eksterne promene stanja ($Q = \{(s, e) \mid s \in S, 0 \leq e \leq ta(s)\}$ je celokupni skup stanja, e je vreme proteklo od poslednje promene stanja), $\lambda: S \rightarrow Y$ je funkcija izlaza, $ta: R_0^+ \cup \{\infty\}$ je vreme trajanja trenutnog stanja elementa.

Povezani blokovi se sastoje od nekoliko atomskih i/ili povezanih blokova i definisani su kao:

$$CM \langle X, Y, D, \{M_i\}, \{I_i\}, \{Z_{ij}\}, Select \rangle \quad (2)$$

pri čemu su X i Y definisani na isti način kao kod atomskih elemenata (1), D je skup indeksa svih blokova, $\{M_i \mid \forall i \in D\}$ je atomski DEVS model, $\{I_i \mid \forall i \in D \cup \{CM\}\}$ je skup indeksa modela na koje utiče model i : $I_i \subseteq D \cup \{CM\}$, $i \notin I_i$, $\{Z_{ij} \mid \forall i \in D \cup \{CM\}, \forall j \in I_i\}$ je skup funkcija translacije izlaza sa modela i na model j , a $Select$ je funkcija koja rešava situacije kada se dva ili više događaja realizuju u isto vreme.

Model koji odgovara opisanom sistemu šalterske službe za novčano poslovanje prikazan je na slici 1.



Slika 1. Model šalterske službe pošte 11030 Beograd 8

Klijenti su u modelu predstavljeni entitetima (objektima koji se kreću kroz blokove sistema). Karakteristike klijenata implementirane su kao parametri entiteta i koriste se za određivanje putanje entiteta kroz sistem i njegovo zadržavanje u određenim segmentima sistema.

Za stvaranje entiteta zadužen je blok *Generate*. Svaki generisani entitet po nastanku dobija dve karakteristike, a to su: vreme generisanja i vrednost zastavice za sistemske entitete. Mogućnost da se napravi razlika između nesistemskih (klijenata) i sistemskih (ostalih) entiteta omogućava blokovima koji sakupljaju statističke podatke da u obzir uzmu samo odgovarajući tip entiteta i tako osiguraju realna merenja.

Ostali parametri se entitetima dodeljuju pomoću bloka *Assign*. Za ove blokove moguće je napisati pravilo ili listu pravila, koristeći

lambda izraze, po kojima se svim entitetima koji uđu u blok određuju vrednosti željenih parametara.

Za usmeravanje entiteta kroz model koristi se blok *Switch* koji čitanjem vrednosti određenog parametra entiteta, definisanog metodom *switch_param*, određuje odgovarajući izlaz na koji treba proslediti entitet.

Redovi čekanja u modelu su predstavljeni blokom *Queue*. Oni primaju entitete pre njihovog prosleđivanja na kanal opsluge. Blok *Queue*, pored ulaznog i izlaznih, poseduje i

dva signalna porta:

- *pull* - preko kojeg prima zahtev da prosledi novi entitet iz reda.
- *count* - preko kojeg emituje promene u dužini reda.

Iz reda čekanja se na oslobođeni kanal opsluge prvo šalju sistemski entiteti namenjeni tom kanalu, ako ih ima, a tek potom klijenti u zavisnosti od prioriteta opsluge.

Za izbor najkraćeg reda čekanja koristi se blok *Select* koji prima signale sa dužinama redova od blokova *Queue* na osnovu kojih preko odgovarajućeg izlaza prosleđuje entitete u najkraći red.

Kanali opsluge, predstavljeni blokom *Server*, prihvataju entitet na ulaznom portu i zadržavaju ga u sebi. Kanal opsluge zadržava entitet određeno vreme koje je navedeno u nekom od parametara entiteta i po isteku tog vremena ga prosleđuje na izlazni port. Po

završetku opsluge klijenta blok *Queue*, na koji je kanal opsluge povezan, se obaveštava da je kanal slobodan. Obaveštenje je moguće proslediti automatski, povezivanjem pull porta bloka *Queue* na izlazni port bloka *Server*, ili po potrebi, korišćenjem pull porta bloka *Server* (ova pogodnost je iskorišćena za modeliranje specijalizovanog šaltera u prvom segmentu koji se zatvara ranije, jer po zatvaranju šaltera nema smisla pozivati novog klijenta na opslugu).

Izlaz iz sistema rešen je blokom *Transducer* čija je svrha da uništi entitete.

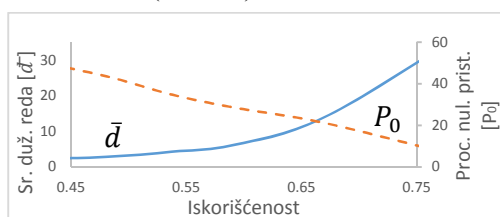
4. Simulacioni rezultati

Rezultati simulacije postojeće organizacije šalterske službe dati su preko šest osnovnih izlaznih parametara: srednje vreme provedeno u redu (\bar{t}_r), srednje vreme opsluge (\bar{t}_{ops}), maksimalne dužine redova čekanja (d_{max}), srednje dužine redova čekanja (\bar{d}), iskorišćenost kanala opsluge (η) i procenat klijenata koji nisu čekali u redovima (P_0) i dati su u tabeli 3 (indeks 1 se odnosi na prvi, a indeks 2 na drugi segment).

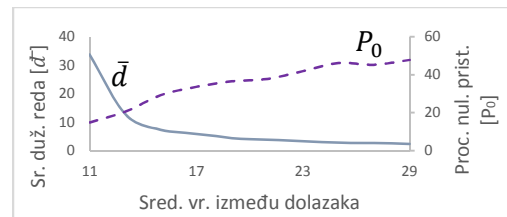
Tabela 3. Rezultati simulacije postojećeg stanja šalterske službe

\bar{t}_r	\bar{t}_{ops}	d_{1max}	d_{2max}	\bar{d}_1	\bar{d}_2	η_1	η_2	P_0^1	P_0^2
116.08	71.63	9	27	0.6	4.22	0.38	0.61	75.45	20.02

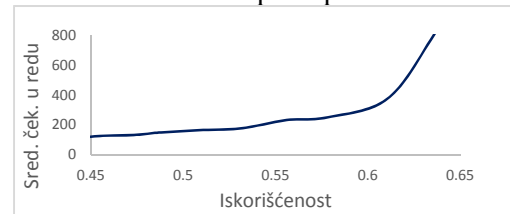
Na slici 2. prikazana je srednja dužina redova čekanja i procenat nultih pristupa u funkciji iskorišćenosti (za obe smene). Za popodnevnu smenu dobijeni su sledeći rezultati: srednja dužina redova i procenat nultih pristupa u funkciji srednjeg vremena između dolazaka (slika 3.), srednje vreme čekanja u funkciji iskorišćenosti (slika 4.) i maksimalne dužine redova u funkciji iskorišćenosti (slika 5.).



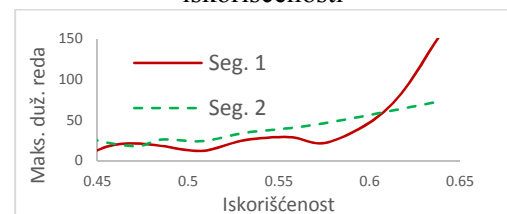
Slika 2. Srednja dužina redova i procenat nultih pristupa u funkciji iskorišćenosti



Slika 3. Srednja dužina redova i procenat nultih pristupa



Slika 4. Srednje vreme čekanja u funkciji iskorišćenosti



Slika 5. Maksimalne dužine redova u funkciji iskorišćenosti

5. Zaključak

DEVS je formalizam zasnovan na principu modularnosti i hierarhijske organizacije koji se koristi za modeliranje i analizu sistema zasnovanih na događajima. U radu je

prikazana implementacija modularnih elemenata primenom klasične DEVS specifikacije koji su iskorišćeni za realizaciju modela poštanske šalterske službe. Realizovani model je potom iskorišćen za analizu efikasnosti rada šalterske službe za novčano poslovanje pošte 11030 Beograd 8.

Bibliografija

- [1] Radenković B., Stanojević M., Marković A. (2009). Računarska simulacija. Saobraćajni fakultet, Beograd
- [2] Gabriel A. Wainer, Discrete-Event Modeling and Simulation, A Practitioner's Approach, 2009.
- [3] Dogatović M., Stanojević M., Simulacija sistema masovnog opsluživanja korišćenjem klasične DEVS specifikacije. SYM-OPI-IS 2014.
- [4] Samardžić I., Simulaciona analiza kvaliteta opsluživanja šalterske službe jedinice poštanske mreže 11030 Beograd 8, Diplomski rad, 2004.

СИМУЛАЦИЈА ОТПОРА КРЕТАЊУ БИЦИКЛА НА ТРЕНАЖЕРУ ЗА ИЗВОЂЕЊЕ ВЕЖБИ СНАГЕ И ИЗДРЖЉИВОСТИ

Милорад Ескић

Саобраћајни факултет, Војводе Стене 305, Београд

e-mail: milorad.eskic@dunav.com

Душан Ескић

Central Hub, Beograd

e-mail: dusaneskic@yahoo.com

Апстракт: Разматрање процене оптерећења спортисте у току вожње бицикла (тренажног или на терену) и њихово поређење са оптерећењима који се јављају у осталим уобичајеним вежбама снаге спортиста. Анализа отпора кретању бицикла као превозног средства омогућује оцену интезитета сила на педалама и уложеног рада за обезбеђење кретања. Поређење ових интезитета сила и покрета спортисте у току вожње са инезитетима оптерећења, пре свега ногу, која се јављају код уобичајених вежби снаге, долази се до закључка које од стандардних вежби могу бити замењене тренажном вожњом бицикла. На основу добијених резултата, дефинисаће се конструкциони елементи тренажног бицикла који ће омогућити његову примену у тренингу снаге спортиста

Кључне речи: Тренажни бицикл и оптерећење спортиста

1. Увод

Проучавајући литературу везану за спорт, може се уочити да се не налази много материјала за посебне видове тренинга у склопу тренажног процеса. Сваки тренер спортиста требало би да се усавршава на дозирању и остварењу разноврсности њихових тренинга. На основу познатих искустава и расположиве спортске и фудбалске литературе, тренер треба да пронађе оптималан приступ методама и начинима припреме непосредно пред наступ или такмичарску утакмицу. У намери да се међусобно повежу, наизглед две независне области људске делатности, покушало се да се анализом отпора кретању бицикла, који се често користи као тренажно средство у спорту (они директно представљају радна оптерећења вежбача) и да се та сазнања примене као елемент за остварење разноврсности тренинга снаге код спортиста. Део анализе ових отпора омогућава и дефинисање конструкције тренажног бицикла, који би испунио захтеве који се постављају у току тренинга. Ово се пре свега односи на дефинисање ротационе масе замајца и кочнице тренажног бицикла који би у довољниј мери заменио (симулирао) отпоре кретању на терену.

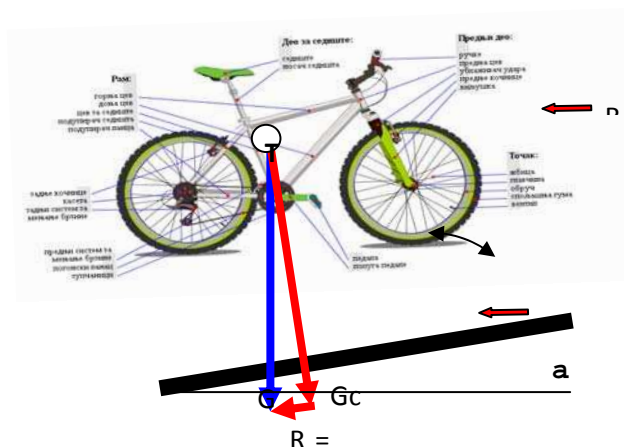
2. Бицикл као средство тренинга

Ако се посматра бицикл на успону (Сл.1). нагнутом за угао α у односу на хоризонталу, тада на њега у кретању делују следеће силе отпора:

$$R = R_f + R_u + R_v + R_a$$

Где су:

- R укупни отпор кретању
- R_f отпор котрљања
- R_u отпор успона
- R_v отпор ваздуха и
- R_a отпор убрзања
- T тежиште бицикла и возача
- G тежина бицикла и возача
- ϕ коефицијент отпора котрљању
- α угао успона



Слика 1. Силе које се супротстављају кретању бицикла на успону

За претпостављене податке о бициклу, возачу и стази:

Стаза је хоризонтална, угао нагиба $\alpha=0$
 Укупна маса возача и бицикла је 100кг
 Квалитетан суви асфалт коефицијент отпора котрљању је $f=0.01$

Отпор котрљања

Овај отпор зависи од укупне тежине возача и бицикла и коефицијента отпора котрљању у следећем облику:

$$R_f = G \cdot \cos \alpha \cdot f = 1000N \cdot 1 \cdot 0.01 = 10N$$

Отпор успона

Овај отпор зависи од укупне тежине возача и бицикла и угла нагиба стазе:

$$R_u = G \cdot \sin \alpha = 1000N \cdot \sin 0 = 0N$$

За различите успоне добијају се вредности отпора приказане у Табели 1

Табела 1 Отпор успона (Н)

у %	4	8	12	16
сина	0.04	0.08	0.12	0.16
R_u	40	80	120	160

Отпор кретању кроз ваздух

Овај отпор зависи од укупне чеоне површине $A=1m^2$ возача и бицикла изложене струјању, коефицијента облика $k=0.2$ и квадрата релативне брзине v_{rel} кретања возача у односу на честице ваздуха:

$$R_v = k \cdot A \cdot v_{rel}^2$$

За различите брзине добијају се вредности отпора приказане у Табели 2

Табела 2 Отпор кретању кроз ваздух (Н)

в (м/с)	2	4	6	8	10	12	14
R_v (Н)	8	32	72	128	200	288	392

Отпор убрзању

Ако се жели постићи брзина кретања од нпр. 0м/с до10м/с за време од 10с, тада је неопходно убрзање:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{10 \frac{m}{s}}{10s} = 1 \frac{m}{s^2}$$

Отпор убрзања возача и бицикла износи:

$$R_a = m \cdot a = 100kg \cdot 1 \frac{m}{s^2} = 100N$$

СИМУЛАЦИЈА ОТПОРА НА ТРЕНАЖНОМ БИЦИКЛУ

Анализа претходних резултата указује на то да су при кретању возила уопште, па и бициклисте, доминантни отпори успона, отпора ваздуха и убрзања. Утицај отпора котрљању се може занемарити. По својој природи отпор кретања на успону је непроменљив и као такав се може једноставно и лако симулирати константним кочењем ротирајућег диска. Кочење се може извести помоћу фриксионог точка, фриксионих трака или магнета. Недостатак ове врсте симулације се огледа у томе што при најмањем смањењу ритма окретања педала, долази до неприродног, потпуног заустављања ротационог диска тренажног бицикла. Код вожње у природи постоји значајна инерција возача на бициклу која не дозвољава нагле губитке брзине при краткотрајном прекиду погона на педалама. Отпори кретању кроз ваздух и отпори убрзању су зависни од

брзине кретања односно величине убрзања, дакле нису константни већ зависе од режима вожње. Ови отпори се у природи споро мењају због инерције постојећег кретања. Њихова симулацију треба извести помоћу залетања масивног ротационог диска на тренажеру. У наставку рада су приказане активности на дефинисању погона, преноса и габарита ротационог диска тренажера.

АНАЛИЗА ПОГОНА

Основни подаци о преносном механизму бицикла:

Пречник точка $D=640mm$

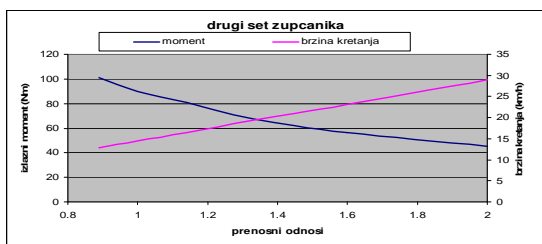
Полупречник педала $R=180mm$

Преносни односи:

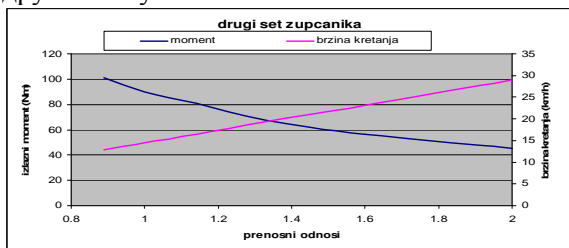
в (м/с)	2	4	6	8	10	12	14
R_v (Н)	8	32	72	128	200	288	392
прва група зупчаника	0.67	0.99	0.86	0.88	1.00	1.22	1.50
друга група	0.89	1.00	1.14	1.33	1.6	2.00	
трећа група	1.11	1.25	1.42	1.67	2.00	2.50	

За улазни обртни момент од 90Нм и број обртаја педала од $60min^{-1}$ добијају се следеће зависности излазног момента и брзине кретања од изабраног преносног односа:

Слика 2. Момент и обимна брзина точка за први сет зупчаника

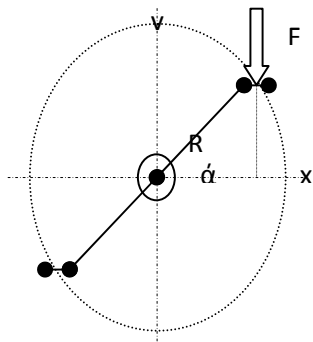


Слика 3. Момент и обимна брзина точка за други сет зупчаника



2.1.1 Основни подаци о погонском моменту на педалама

Односи сила на педали и обртног момента су дати на слици 4.



Слика 4. Однос обртног момента и силе на педали

Елементарни рад силе на педали у вертиланом правцу (оса у) износи:

$$dA = F \cdot dy$$

Како је означено на слици 5, следи да је:

$$y = R \cdot \sin \alpha$$

и

$$x = R \cdot \cos \alpha$$

Израз за елементарни рад добија следећи облик:

$$dA = F \cdot dy = F \cdot d(R \cdot \sin \alpha) = F \cdot R \cdot \cos \alpha \cdot d\alpha$$

Укупан рад силе на педали:

$$\text{од врха} \quad \alpha = \frac{\pi}{2},$$

$$\text{до дна} \quad \alpha = -\frac{\pi}{2} \text{ износи:}$$

$$A = \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} F \cdot R \cdot \cos \alpha \cdot d\alpha = F \cdot R \cdot \sin \alpha \Big|_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} = F \cdot R \cdot \left(\sin \left(\frac{\pi}{2} \right) - \sin \left(-\frac{\pi}{2} \right) \right) = F \cdot R \cdot (1 - (-1)) = 2 \cdot F \cdot R$$

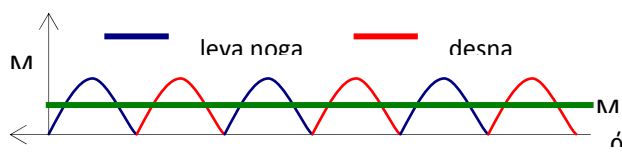
За пун окретај педала (када обадве ноге изврше рад) укупан рад је:

$$A = 2 \cdot (2 \cdot F \cdot R) = 4 \cdot F \cdot R$$

Интезитет обртног момента је променљив у току окретања педала и износи:

$$M = F \cdot x = F \cdot R \cdot \cos \alpha$$

Промена момента са углом окретања педала је приказана на слици 5.



Слика 5. Промена обртног момента са углом окретања педала

Средња непроменљива вредност момента који би за један цео круг остварио исти рад као и променљиви момент износи:

$$M_{sr} = \frac{A_{uk}}{2 \cdot \pi} = \frac{4 \cdot F \cdot R}{2 \cdot \pi} = \frac{2}{\pi} \cdot M_{max} = \frac{2}{\pi} \cdot F \cdot R$$

Кинетичка енергија бициклисте у вожњи

Кинетичка енергија бициклисте у вожњи зависи од масе (бициклисте и бицикла) и брзине транслаторног кретања њиховог тежишта (Т на слици 7):

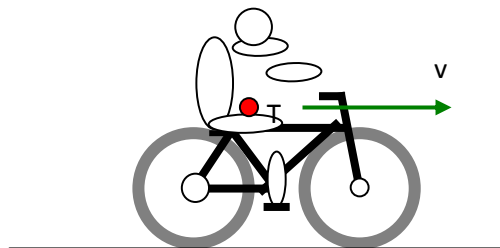
$$E_k = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

где су:

m укупна маса бицикла и бициклисте:

$$m = m_{bicikla} + m_{bicikliste}$$

v брзина транслаторног кретања



Слика 6. Положај тежишта и брзина кретања бициклисте

Кинетичка енергија ротационог диска (замајца)

Хомогени кружни диск приказана на слици 8 има момент инерције за ротацију око осе симетрије:

$$J = \frac{1}{2} m \cdot r^2$$

где је:

m маса диска

r пречник диска



Слика 7. Изглед замајца (хомогени диск)

Маса диска зависи од његове геометрије и густине материјала од кога је направљен:

$$m = r^2 \cdot \pi \cdot h \cdot \rho$$

где је:

h дебљина диска

ρ густина материјала од кога је диск израђен

Кинетичка енергија ротирајућег диска око сопствене осе симетрије износи:

$$E_k = \frac{1}{2} J \cdot \omega^2$$

Однос инерција кретања бициклисте и ротације замајца

Ако се претходни изрази за кинетичку енергију праволинијског кретања бициклисте и ротације замајца изједначе добија се:

$$\frac{1}{2} m_{bicikliste} \cdot v^2 = \frac{1}{2} J \cdot \omega^2 = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot m_{diska} \cdot r^2 \right) \cdot \omega^2$$

односно када се замени вредност масе диска:

$$m_{bicikliste} \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot (r^2 \cdot \pi \cdot h m_{diska}) \cdot r^2 \cdot \omega^2$$

одакле је:

$$r^2 = \sqrt{\frac{2 \cdot m_{bicikliste}}{\rho \cdot h \cdot \pi}} \cdot \frac{v}{\omega}$$

За усвојене вредности:

укупна маса бициклисте и бицикла 100кг

челични диск, густина

7800кг/м³

дебљина диска

0.1м

$$r^2 = \sqrt{\frac{2 \cdot 100 \text{kg}}{7800 \text{kg/m}^3 \cdot 0.1 \text{m} \cdot \pi}} \cdot \frac{v}{\omega} = 0.286 \cdot \frac{v}{\omega}$$

односно:

$$r = \sqrt{0.286} \cdot \frac{v}{\omega} = 0.51 \cdot \sqrt{\frac{v}{\omega}}$$

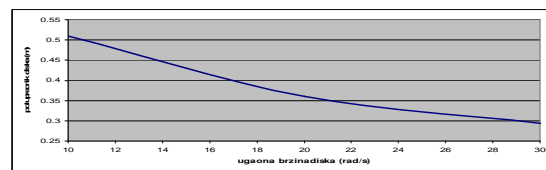
За одабрану брзину кретања бицикла од 10м/с (36км/х) и угаону брзину ротације диска од 10с⁻¹, добија се олупречник диска од:

$$r = 0.51 \cdot \sqrt{\frac{10}{10}} = 0.51 \text{m}$$

Пречник диска од 1м је превелики па решење треба тражити у повећању брзине обртања диска на нпр. 20с⁻¹ што би дало полупречник од:

$$r = 0.51 \cdot \sqrt{\frac{10}{20}} = 0.36 \text{m}$$

На дијаграму на слици 8 се може уочити зависност полупречника диска од његове угаоне брзине за брзину кретања бицикла од 10м/с.



Као што се види из приказаних зависности, свако смањење брзине кретања бицикла утиче на смањење полупречника диска, Ово значи да је за избор димензија диска пресудна максимална брзина кретања бициклисте, јер це тако одабрани диск моћи да симулира све остале услове вожње.

3. Закључци

У овом раду је дат материјал о аспектима тренажног процеса, поштујући основне принципе рада у спорту, значаја морфолошких и моторичких димензија, наставних принципа и метода. Као специфични део може се подвући покушај примене тренажног бицикла у процесу тренинга снаге и издржљивости а на основу знања базираним на познавању физичких процеса и закона механике крутих тела.

Одређени су отпори кретања бицикла на успону, отпори пробијања кроз ваздух, отпори котрљања и отпори убрзавања. Урађена је анализа преносних односа у појединим степенима преноса бицикла и њихов утицај на брзину кретања и излазни момент на погонском точку. Дефинисане су зависности између

силе на педали и укупног рада који се оствари окретањем педала за један пун круг. На основу једнакости енергија трансације (кретања бицикла) и ротације замајног диска тренажера, одређене су основне димензије замајног диска за различите брзине кретања бицикла. Утврђено је да је могуће извршити симулацију отпора кретању бицикла укључујући и симулацију отпора убрзавању јер се захтеване конструкционе мере замајца налазе у технички технолошки прихватљивим границама (пречник испод 600мм и дебљина од 100мм). Даљи рад по овој теми би се могао наставити у дефинисању силе кочења којом би се вршила симулација отпора кретању кроз ваздух и кретања на успону.

Литература

1. Ленаси Ј. и др. (2005) Мотори и моторна возила – Саобраћајни факултет Београд
2. Јанковић Д. и др. (2006) Упутство за израду вучног прорачуна-Машински факултет Београд
3. Тарг С.М. (1979) Кратки курс Теоријске механике –Грађевинска књига Београд
4. Ахметовић З. (1998) Основи спортског тренинга - Виша школа за спортске тренере - Београд
5. Важни З. (1978) Систем спортског тренинга - Београд
6. Добре Н. (2002) Основи фудбала - Едиција спорт - Београд
7. Нићин Ђ. (2000) Антропомоторика - Факултет физичке културе - Нови Сад
8. Нићин Ђ. (2003) Фитнесс - Факултет за менаџмент у спорту - Београд
9. Рајновић В. (1986) Фудбал - Факултет за физичко васпитање – Београд
10. Фратрић Ф. (2006) Теорија и методика спортског тренинга Покрајински завод за спорт - Нови Сад

STATISTICAL MODELS

Strategija Evropa 2020 i glavni indikatori razvoja Evropske Unije

Nemanja Milenković

*Fakultet organizacionih nauka, Jove Ilića 154
e-mail: milenkovic@fon.bg.ac.rs*

Aleksandar Đoković

*Fakultet organizacionih nauka, Jove Ilića 154
e-mail: djokovic@fon.rs*

Miloš Parežanin

*Fakultet organizacionih nauka, Jove Ilića 154
e-mail: parezanin.milos@fon.bg.ac.rs*

Predrag Kalaba

*Medical University of Vienna, Spitalgasse 23, Wien, Austria
e-mail: peja@fon.rs*

Dragan Vukmirović

*Fakultet organizacionih nauka, Jove Ilića 154
e-mail: vuk@fon.rs*

Apstrakt. Strategija “Evropa 2020” ima kratkoročni cilj da obezbedi uspešan izlazak iz aktuelne ekonomske i finansijske krize i dugoročan cilj da obezbedi održivu budućnost sa više posla i boljim uslovima života. Osnovni međusobno povezani elementi nove strategije su: tri povezane prioritetne oblasti, pet glavnih kvantitativnih ciljeva, sedam vodećih inicijativa, deset integrisanih smernica, koordinacija ekonomskih politika, čvršći instrumenti praćenja ostvarivanja strategije Evropa 2020, jasna podela nadležnosti i relevantnost za zemlje koje žele da postanu članice Evropske Unije. Evropska komisija je identifikovala trinaest indikatora podeljenih u pet grupa na osnovu kojih će se meriti uspešnost strategije Evropa 2020. Cilj ovog rada je da se korišćenjem faktorske analize i merenjem pomenutih trinaest indikatora ispita i prikaže trenutno stanje u zemljama Evropske Unije.

Ključne reči: Evropska Unija, Evropa 2020, faktorska analiza

1. Uvod

Svetska ekonomska kriza je izbrisala godine ekonomskog i socijalnog napretka i ukazala na strukturne slabosti evropske ekonomije. Evropska unija i države članice pokrenule su 2010. godine strategiju održivog rasta za idućih deset godina – strategiju “Evropa 2020”. Ona je posvećena kratkoročnim izazovima povezanim sa krizom,

ali i potrebi za strukturnim reformama pomoću mera za podsticanje rasta potrebnih da bi se Evropska Unija pripremila za budućnost.

Cilj ove strategije nije samo izlazak iz krize, već i rešavanje nedostataka postojećeg modela rasta i stvaranje uslova za pametan i održiv razvoj i rast (European commission, 2010). Strategija Evropa 2020 fokusirana je na tri međusobno povezana prioriteta:

1. Pametan rast – razvoj ekonomije zasnovane na znanju i inovacijama

(naučno-tehnološka istraživanja i razvoj, inovacije, obrazovanje i digitalno društvo).

2. Održivi rast - istovremeno podstiče konkurentnost i proizvodnju koja se efikasnije odnosi prema resursima.
3. Inkluzivni rast – bolja participacija na tržištu rada, borba protiv siromaštva i socijalna kohezija.

Utvrđeno je pet glavnih ciljeva za Evropsku Uniju do kraja 2020. godine (Jacob, 2015). Oni uključuju: zapošljavanje, istraživanje i razvoj, klimatske promjene i energetska održivost, obrazovanje i borbu protiv siromaštva i socijalne isključenosti.

Ciljevi strategije podupiru se i pomoću sedam vodećih inicijativa (unija inovacije, mladost u pokretu, digitalna agenda za Evropu, Evropa resursne efikasnosti, industrijska politika u doba globalizacije, nove kvalifikacije i mogućnosti zapošljavanja, evropska platforma za borbu protiv siromaštva) kojima se pruža okvir kojim Evropska Unija i regionalni centri zajednički jačaju napore u područjima kojima se podupiru prioritete strategije Evropa 2020.

Postoji još instrumenata Evropske Unije, poput jedinstvenog evropskog tržišta, proračuna i spoljnopoličke agende, kojima se doprinosi ostvarenju ciljeva strategije Evropa 2020. Smatra se da se u srži reformi koje zemlje članice moraju sprovesti nalazi neometano funkcionisanje tržište rada. U skladu s tim, borba protiv siromaštva i socijalne isključenosti podrazumeva mere za uklanjanje prepreka za zapošljavanje žena, starijih, mladih, invalida i legalnih migranata (Vuković, 2011).

Strategija Evropa 2020 nije bitna samo za države članice EU, već predstavlja i značajan potencijal za države kandidate i potencijalne kandidate za članstvo u EU za usmeravanje njihovih reformskih procesa. Evropska komisija je identifikovala trinaest indikatora podeljenih u sledećih pet grupa na osnovu kojih će se meriti postizanje pet glavnih ciljeva:

1. Zaposlenost (stopa zaposlenosti (STZ)),
2. Istraživanje i razvoj (bruto domaći troškovi na istraživanje i razvoj (TIR)),
3. Klimatske promene i energija (emisije gasova staklene baste (GSB), udeo obnovljivih izvora energije u bruto finalnoj potrošnji energije (OIE), primarna potrošnja energije (PPE),

finalna potrošnja energije (FPE) i emisija gasova staklene bašte u neprivrednim sektorima (ENS)),

4. Obrazovanje (procenat osoba sa sekundarnim i nižim stepenom obrazovanja (POS) i procenat osoba sa tercijarnim stepenom obrazovanja (POT)),
5. Siromaštvo i socijalna isključenost (procenat ljudi u opasnosti od siromaštva ili socijalne isključenosti (SSI), procenat ljudi koji žive u domaćinstvima sa veoma niskim intenzitetom rada (NIR), procenat ljudi u opasnosti od siromaštva nakon primanja socijalne pomoći (PSP) i procenat teško materijalno siromašnih ljudi (TMS)).

Pomenuti indikatori su sposobni da prikažu raznolikost zemalja i njihove performanse (Hudrlikova, 2013). Cilj ovog rada je da se korišćenjem pomenutih trinaest indikatora ispita trenutno stanje u zemljama Evropske Unije. U te svrhe korišćena je faktorska analiza kako bi se početni skup indikatora redukovao i kako bi se izdvojili i identifikovali ključni faktori koji će doprineti ostvarivanju prioriteta i glavnih ciljeva strategije Evropa 2020.

2. Faktorska analiza

Faktorska je analiza jedna od metoda višedimenzionalne analize. Jedan od zadataka faktorske analize jeste sažimanje većega broja međusobno povezanih izvornih varijabli u manji broj zajedničkih faktora koji će ih opisivati i objasniti njihovu međusobnu povezanost. Faktorska analiza primenjuje se i za identifikovanje dimenzija koje nisu odmah uočljive, za testiranje definisanih hipoteza i za istraživanje novog područja. Polazi se od pretpostavke da među varijablama postoji linearna korelacija, a svaki izdvojeni faktor nije u korelaciji sa drugim faktorima, osim ako nije rezultat kosogule rotacije faktora. To je upravo i jedna od prednosti primene faktorske analize – umesto nad velikim brojem korelisanih izvornih varijabli, analiza se sprovodi na nekorelisanim faktorima i na taj način se otklanja problem kolinearnosti varijabli.

Faktorska analiza pretpostavlja postojanje teorijskog modela kojim se uspostavlja relacija između opservacija n -dimenzione promenljive i manjeg broja zajedničkih faktora. Pored ocena parametara faktorskog modela, interes nam je

da odredimo i vrednost faktora za svaku jedinicu posmatranja, tj. faktorske skorove, kako zbog lakše interpretacije rezultata analize, tako i zbog korišćenja vrednosti faktora u daljoj analizi (Kovačić, 1994).

Model faktorske analize pretpostavlja da se X , vektor opažljivih promenljivih, može izraziti preko skupa od m neopažljivih promenljivih, koje nazivamo “zajednički faktori”, u oznaci F_1, F_2, \dots, F_m (gde je $m \ll p$) i p specifičnih, ali neopažljivih faktora, u oznaci $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_p$. Model u matricnom zapisu je

$$X_{p \times 1} - \mu_{p \times 1} = B_{p \times m} F_{m \times 1} + \varepsilon_{p \times 1}$$

Elementi matrice B tj. β_{ij} nazivaju se faktorska opterećenja i -te promenljive na j -ti faktor, a sama matrica naziva se matrica faktorskih opterećenja.

Pre izvođenja ove multivarijacione metode, potrebno je ispitati da li su podaci pogodni za faktorsku analizu. To se može utvrditi pomoću dva različita pokazatelja, Kajzer-Mejer-Olkinove (KMO) mere adekvatnosti uzorka (Kaiser, 1970) i Bartletovog testa sferičnosti. KMO pokazatelj bi trebalo da ima vrednost veću od 0.6 (Tabachnick and Fidell, 2007), a Bartletov test sferičnosti bi trebalo da bude statistički značajan ($p < 0.05$).

Ako su podaci pogodni za faktorsku analizu, sledeći korak je određivanje broja zajedničkih faktora. Taj izbor u velikoj meri opredeljuje kvalitet zaključaka na osnovu ocenjenog modela faktorske analize, pa mu se mora prići sa velikom oprežnošću. Ukoliko odaberemo suviše mali broj faktora, tada će značajni zajednički faktori biti izostavljeni iz analize, a u suprotnom slučaju (izborom suviše velikog broja faktora) neki od specifičnih faktora biće pomešani sa zajedničkim faktorima. Najpoznatiji kriterijum za izbor broja faktora je kriterijum jediničnog korena, na osnovu kojeg u modelu zadržavamo onoliko zajedničkih faktora koliko ima karakterističnih korena uzoračke korelacione matrice koji su veći od jedinice, tzv. Kajzerov kriterijum.

Kada se odabere broj izdvojenih faktora sledi njihovo tumačenje i izračunavanje faktorskih skorova. Faktorski skorovi su realizovane vrednosti faktora za svaku jedinicu posmatranja. Direktno izračunavanje faktorskih skorova je moguće samo ako je pri ocenjivanju modela faktorske analize korišćen metod glavnih komponenta, što u ovom radu jeste bio slučaj.

3. Rezultati

Baza podataka koja je korišćena u ovom radu obuhvata vrednosti pomenutih trinaest indikatora za 28 zemalja Evropske Unije. Korišćeni su podaci za 2012. godinu, jer je to poslednja godina za koju postoje vrednosti svih indikatora za posmatrane zemlje Evropske Unije. Kako bi se sproveda faktorska analiza, korišćen je statistički paket SPSS verzija 22. Izračunata Kaiser-Meyer-Olkinova mera iznosi 0.635, a Bartletov test sferičnosti je pokazao da podaci nisu sferični ($p < 0.05$), pa je analiza inicijalnog skupa indikatora nastavljena. U sledećoj tabeli možemo videti matricu faktorske strukture.

Indikator	Faktor		
	1	2	3
STZ	-.006	.891	.062
TIR	.078	.861	.066
GSB	.010	-.213	.856
OIE	-.261	.465	-.481
PPE	.947	.250	.045
FPE	.954	.248	.038
ENS	.965	.187	.043
POS	.380	-.500	.282
POT	-.093	.550	.506
SSI	.980	-.095	-.095
NIR	.970	.028	.082
PSP	.991	-.017	-.035
TMS	.790	-.340	-.343

Tabela 1. Matrica faktorske strukture

Prema Kajzerovom kriterijumu izdvojena su tri faktora. Procenat varijabiliteta koji je objašnjen sa ta tri faktora je 81.2% što je više nego zadovoljavajuće. Može se zaključiti da su izdvojena tri faktora, a njima pripadajući indikatori su sledeći:

- Faktor 1 – Privredna snaga (PPE, FPE, ENS, SSI, NIR, PSP, TMS)
- Faktor 2 – Potencijal dolazećih generacija (STZ, TIR, POS, POT)
- Faktor 3 – Prirodni kapaciteti (GSB, OIE)

Faktorski skorovi za svaku zemlju Evropske Unije dati su u Tabeli 2.

Zemlja	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3
Belgija	-0.206	0.209	0.652
Bugarska	-0.277	-1.034	-1.167
Češka	-0.427	0.213	-0.679

Danska	-0.604	1.267	-0.012
Nemačka	2.595	1.445	-0.138
Estonija	-0.756	0.707	-0.785
Irska	-0.512	-0.134	1.272
Grčka	-0.194	-1.393	0.126
Španija	1.358	-1.006	1.397
Francuska	1.702	0.821	0.462
Hrvatska	-0.626	-0.985	-0.792
Italija	2.084	-1.198	-0.957
Kipar	-0.730	-0.430	2.147
Letonija	-0.755	0.025	-1.385
Litvanija	-0.728	0.306	-0.693
Luksemburg	-0.745	0.117	1.139

Kada je u pitanju prvi faktor, možemo videti da su zemlje sa jakom privredom i industrijom Nemačka, Španija, Francuska, Italija i Velika Britanija. Na suprot njima, Estonija, Kipar, Letonija, Litvanija, Luksemburg i Slovenija su zemlje koje imaju nisku potrošnju energije i emisiju štetnih gasova.

Drugi faktor se odnosi na ulaganje u obrazovanje i razvoj. Danska, Švedska, Finska i Nemačka su zemlje koje su se izdvojile kao one koje najviše ulažu u budućnost narednih generacija, dok su Bugarska, Grčka, Španija, Italija, Malta i Rumunija zemlje koje ne ulažu u razvoj obrazovanja.

Treći faktor predstavlja prirodne kapacitete i obnovljive izvore energije. Zemlje koje imaju velike prirodne kapacitete su Irska, Španija, Kipar i Malta, dok Bugarska, Letonija, Rumunija i Slovačka nemaju velikih prirodnih bogatstava.

4. Zaključak

Pri trenutnim pokušajima izlaska iz finansijske krize, Evropska Unija mora ojačati svoju strategiju pametnog, održivog i uključivog rasta. U ovom trenutku, Evropska Unija je na putu ispunjivanja ciljeva u području obrazovanja, klimatske i energetske politike, ali ne i u području zapošljavanja, istraživanja i razvoja i smanjenja siromaštva.

Mađarska	-0.251	-0.843	-0.624
Malta	-0.585	-1.638	1.927
Holandija	-0.113	0.730	0.882
Austrija	-0.491	0.889	-0.310
Poljska	0.733	-0.360	-0.368
Portugal	-0.290	-0.724	0.453
Rumunija	0.370	-1.312	-1.880
Slovenija	-0.774	0.620	0.282
Slovačka	-0.613	-0.579	-1.015
Finska	-0.591	1.544	0.074
Švedska	-0.571	2.193	-0.504
Velika Britanija	1.998	0.552	0.500

Tabela 2. Faktorski skorovi

Napredak u ispunjivanju ciljeva može se pratiti korišćenjem prikazanog modela faktorske analize, kako Evropske Unije kao celine, tako i svake od zemalja članica ponaosob.

Bibliografija

- [1] **European commission.** Communication from the commission Europe 2020 - A strategy for smart, sustainable and inclusive growth. Brussels, 2010.
- [2] **Z. Jacob.** Health 2020 – Achieving Health and Development in Today’s Europe. *Global Policy* 2015, 6 (2), pp. 166-171.
- [3] **M. Vuković.** Strategija “Evropa 2020” – prioriteti i ciljevi. Fakultet političkih nauka, Godišnjak 5, 2011, pp. 493-513.
- [4] **L. Hudrliková.** Composite indicators as a useful tool for international comparison: The Europe 2020 example. *Prague Economic Papers*, 2013, 4, pp. 259-273.
- [5] **Z. Kovačić.** Multivarijaciona analiza. Ekonomski fakultet, Univerzitet u Beogradu, 1994.
- [6] **H. Kaiser.** An index of factorial simplicity. *Psychometrika*, 1974, 39, pp. 31–36.
- [7] **B. G. Tabachnick, L. S. Fidell.** Using multivariate statistics (5th edition), *Pearson Education*, Boston, 2007.

Metodski problemi utvrđivanja vrednosti pristrasnosti pri realizaciji uzorka u politikološkim istraživanjima usled pojave neodgovora

Srdan Blagojević

Rektorat Univerziteta odbrane

srdjan.blagojevic@mod.gov.rs

Dragan Bojanić

Rektorat Univerziteta odbrane

dragan.bojanic@mod.gov.rs

Apstrakt. Izbor tipa uzorka u politikološkim istraživanjima predstavlja jedan od bitnih činilaca tačnosti dobijenog rezultata. Jednom odabrani uzorak u praksi ne daje podatke koji sa istom preciznošću reprezentuju osnovni skup iz kojeg su odabrani jer neki imaju manju, a neki veću standardnu grešku. Postoje brojni razlozi nastajanja grešaka u politikološkim istraživanjima, a jedan od njih je svakako pojava neodgovora. U radu je ponuđen jedan od mogućih odgovora na pitanje: Kako u politikološkim istraživanjima utvrditi vrednost pristrasnosti koja nastaje kada od jednog dela osnovnog skupa nisu pribavljeni nikakvi podaci?

Ključnereči: merenje, uzorak, neodgovor, pristrasnost

1. Uvod

U politikološkim istraživanjima moguće je istraživati brojne činioce politike. Međutim, da bi se dobili valjani rezultati, od kojih umnogome zavisi razvoj političke akcije političkih patija i drugih aktera političkog života, nužna je primena naučnog metoda. Posebno mesto u politikološkim istraživanjima zauzima metoda ispitivanja, jer se empirijska politikološka istraživanja zasnivaju na utvrđivanju stavova, ciljeva, interesa, opredeljenja ispitanika, na osnovu kojih se može naučno zaključivati. Na osnovu pribavljenih podataka mogu se vršiti razna merenja koja moraju biti usklađena sa predmetom i ciljevima istraživanja, koja podrazumevaju dosledno poštovanje naučno proverenih pravila i procedura. Izbor tipa uzorka u empirijskim istraživanjima, bez obzira na njihove osnovne osobenosti koje smo naveli uz uvažavanje teorijskih postavki na kojima su zasnovani, ipak se ne bi mogao podvesti pod neko univerzalno i opšte važeće pravilo.¹ Takođe, jednom odabrani uzorak neće uvek, sa istom preciznošću biti reprezent osnovnog skupa. Pored brojnih razloga koji dovode

do ove pojave, kao jedan od bitnih možemo izdvojiti narušavanje verovatnoće izbora uzorka usled nastanka pojave neodgovora. Zbog toga je značajno istražiti mogućnosti merenja pojave pristrasnosti koja nastaje usled nemogućnosti da se od jednog dela osnovnog skupa pribave traženi podaci.

2. Značaj primene metode merenja u politikološkim istraživanjima

Iako društvene nauke, a time i političke ne raspolažu strogo kvantitativnim instrumentima za merenje važnih društvenih pojava kao što je to slučaj sa nekim prirodnim naukama, u poslednje vreme merenje ima veoma široku primenu u istraživačkoj praksi. U politikološkim istraživanjima i uopšte u politikološkim i društvenim naukama česti su iskazi: broj, količina, obim, udaljenost, trajanje, gustina, učestalost, brzina, podrška itd. Svi ovi i drugi iskazi ukazuju na određene veličine koje se mogu utvrđivati-meriti na razne načine.² Na osnovu opravdane tvrdnje Milosavljevića i Radosavljevića može se

¹ Timotić Milan, Metode merenja auditorijuma radija i televizije, Beograd 1998., str. 96.

² Milosavljević Slavomir, Radosavljević Ivan, Osnovi metodologije političkih nauka, Službeni glasnik, Beograd 2013., str. 594.

zauzeti čvrst stav da bez utvrđivanja dimenzija određenih pojava saznanje o njima ne može biti valjano i naučno istinito što nam ukazuje na neophodnost merenja u politikološkim istraživanjima.

Naučno saznanje je potpunije kada obuhvata kvalitativne i kvantitativne pokazatelje, a kvantitet se saznaje upravo merenjem kvaliteta. S toga je sasvim prihvatljiva definicija koju je ponudio Ristić, a koja glasi: „Merenje je procedura sistemskog utvrđivanja kvantitativnog svojstva neke pojave definisanim i odgovarajućim merama i merilima“.³ Društvene nauke moraju uvek pretendovati na što veći stepen egzaktnosti, u meri u kojoj je to moguće kada se ima u vidu predmet istraživanja.⁴

2. Mogući problemi u primeni metode

U vezi sa primenom metode merenja važno je naglasiti i neka njena ograničenja. Merenja društvenih pojava, kao specifične determinišu načini i oblici manifestovanja tih pojava. Dakle, merenje društvenih pojava zahteva postojanje upotrebljivih indikatora koji su, i sami, proizvod ljudi. Dva su bitna opšta indikatora: iskaz i ponašanje.⁵ Iskaz i delovi iskaza mogu biti mereni svim vrstama merenja (egzaktnim, konvencionalnim, intuitivnim). Ponašanje ljudi obuhvata sve ono što ljudi čine u zadovoljavanju svojih potreba i održavanju i razvijanju svojih odnosa i veza sa društvom i prirodom, ali ne podrazumeva strogo fiziološke potrebe.

Merenje društvenih pojava korišćenjem indikatora iskaza veoma usložava pojam vrednosti, zbog postojanja raznih komponenata iskaza. Uopšte uzev, utvrđivanje vrednosti iskaza i vrednosti na osnovu iskaza podrazumeva razvijanje veoma složene istraživačko-merne aparature i postupaka, ponavljanje merenja i strogo kontrolu merenja.⁶ Instrumenti merenja konstruišu se u određenim društveno-političkim uslovima za konkretne potrebe. Zbog toga je njihova primena

³ Vidi šire: Ristić Živan, O istraživanju, metodu i znanju, Beograd 1995.

⁴ Šuvaković Uroš, Metodološke studije, Kosovska Mitrovica, 2011, str. 145.

⁵ Vera Arežina, Problemi merenja ekološke bezbednosti, Beograd 2010, str.70.

⁶ Ibid, str. 72.

ograničena na konkretne političke sisteme za čiju namenu su i konstruisani. Primera radi, određena skala namenjena merenju rejtinga uspešnosti političkih partija u uslovima višestranačkog parlamentarizma ne može se primeniti u uslovima dvostranačkog parlamentarizma koji je karakterističan za predsedničke sisteme jer se u drugom slučaju uspešnost političke partije meri isključivo dužinom vršenja izvršne vlasti jedne, odnosno druge partije. Takođe važno je pomenuti i određena sistemska iskakanja u koja možemo svrstati bojkote izbora, vanredna stanja, revolucionarne situacije i slično.

3. Pojava neodgovora

Poseban problem u primeni metode merenja može predstavljati i pojava neodgovora, koja obično nastaje onda kada se anketnim ispitanjima ispituju interesi i ponašanja subjekata različitih svojstava. Ovakva pojava može narušiti verovatnoću izbora uzorka. Takođe, usled natanka ove pojave izostaju traženi podaci od dela osnovnog skupa iz kojeg je biran uzorak. Iako ovo ne važi za kvotne uzorke jer se kod njih insistira na ispunjenju planirane kvote, ovde problem može nastati usled odbijanja saradnje anketiranog lica unapred određenih svojstava i njegove zamene drugim licem. U oba slučaja postavlja se pitanje kako analizirati neku pojavu kada od jednog dela osnovnog skupa nisu pribavljeni nikakvi podaci? Posledica ove pojave je moguća pristrasnost čiji jer su dostupni odgovori samo određene grupe ispitanika koji se u mnogim slučajevima jedino uzimaju u obzir. Ovakva situacija umanjuje vrednost merenja. Da bi se to izbeglo potrebno je utvrditi moguće vrednosti pristrasnosti i uzeti ih u obzir prilikom vrednovanja rezultata.

4. Utvrđivanje pristrasnosti usled pojave neodgovora

Za potrebe teorijskog razmatranja problema neodgovora osnovni skup se može podeliti na dva stratum: N1- jedinice od kojih je moguće dobiti odgovor i N2- jedinice na koje nije moguće dobiti odgovor. Ako osnovni skup sadrži N jedinica onda važi relacija $N=N1+N2$. Ukoliko sa X1 označimo ocenu aritmetičke sredine prvog stratum, sa X2

drugog, onda bi aritmetički zbir osnovnog skupa mogli da izrazimo sledećom formulom (1):

$$X = (N_1X_1 + N_2X_2) / N \quad (1)$$

U slučaju neodgovora nemoguće je dobiti ocene za ceo osnovni skup, već samo za prvi stratum iz kojeg su prikupljeni podaci. U slučaju kad je izabran prost slučajni uzorak i kada validnim ocenama tretiramo samo one koje su dobijene iz prvog stratuma onda se neopravdano ocena smatra nepristrasnom i iskazuje se kao $BX_1 = X_1$.

Međutim ako želimo da zaista utvrdimo pristrasnost i njen uticaj na rezultate istraživanja onda ćemo koristiti sledeću formulu (2):

$$B = X_1 - X, \quad (2)$$

zamenom X iz jednačine (1) dobijamo da je

$$B = N_2 / N (X_1 - X_2) \quad (3)$$

Iz navedene formule (3) jasno se vidi da veličina pristrasnosti B zavisi od dva faktora, relativne veličine stratuma onih jedinica od kojih ne može da se dobije odgovor N_2/N i veličine razlike stratumskih sredina $X_1 - X_2$.

3. Zaključak

Možemo zaključiti da merenje, kao jedna od važnih metoda u istraživanju društvenih pojava i procesa ima za efekat sticanje saznanja o količini, dimenzijama, stabilnosti i promenama određene pojave. S obzirom da je merenje oslonjeno na ispitivanje, kao metodu pribavljanja podataka merenju se mora pristupiti oprezno. U istraživanju političkih pojava i procesa, s obzirom da se često radi o utvrđivanju ličnih stavova prema konkretnim događajima, političkim ličnostima i slično, istraživači se često mogu susresti sa pojavom neodgovora, koja direktno dovodi do pojave pristrasnosti. Ukoliko je stratum neodgovora veći, a razlika između stratumskih sredina nije nula, utoliko je i pristrasnost odgovora veća. Kako na veličinu osnovnog skupa istraživač ne može da utiče, jer je skup uslovljen ciljem i predmetom istraživanja, istraživaču jedino ostaje da utiče na smanjene pristrasnosti putem smanjenja broja neodgovora. Tu su mogućnosti istraživača velike,

uz pretpostavku da su obuka i odabir anketara i intervjuera uspešno obavljani, a njihova motivacija na potrebnom nivou.

Bibliografija

- [1] **S. Milosavljević, I. Radosavljević**, Osnovi metodologije političkih nauka, Službeni glasnik, Beograd 2013.
- [2] **M. Timotić**, Metode merenja auditorijuma radija i televizije, Beograd 1998.
- [3] **U. Šuvaković**, Metodološke studije, Kosovska Mitrovica, 2011.
- [4] **V. Arežina**, Problemi merenja ekološke bezbednosti, Beograd 2010.
- [5] **P. Burnam, i dr.** Metode istraživanja politike, Zagreb, 2006.
- [6] **Ž. Ristić**, O istraživanju, metodu i znanju, Beograd 1995.

Ocene indeksa ekstremne vrednosti i njihovo moguće poređenje

Jelena Stanojević

Ekonomski fakultet, Kamenička 6
e-mail: jelenas@ekof.bg.ac.rs

Apstrakt. U ovom radu dat je pregled ocena indeksa ekstremne vrednosti, koje su već poznate u literaturi. Po važnosti i primeni izdvajaju se Hilova ocena, Pikandsova ocena i ocena momenta. U teoremama je dato asimptotsko ponašanje ocena, kao i uslovi za njihovu slabu i jaku konzistentnost. Pažnja je posvećena takođe upoređivanju ocena i zaključeno je da se ne može izdvojiti najbolja ocena u svim situacijama, već se mora razmatrati svaki slučaj ponaosob.

Ključne reči: Ocena indeksa ekstremne vrednosti, asimptotska svojstva, konzistentnost, poređenje ocena

1. Uvod

U ovom radu dat je prikaz poznatih ocena indeksa ekstremne vrednosti, kao i njihove osobine (konzistentnost i asimptotska normalnost, koje nije lako dokazati) i jedan način njihovog poređenja, kao količnik njihovih srednjekvadratnih grešaka. Kako je poslednjih decenija velika pažnja posvećena proučavanju raspodela sa debelim repom (onih raspodela kod kojih rep opada kao stepena funkcija), kao važan problem se pokazuje ocena indeksa ekstremne vrednosti raspodele, koji je važan parametar same raspodele. Neka su X_1, \dots, X_n nezavisne jednako raspodeljene slučajne veličine sa raspodelom F , koja zadovoljava uslov da je pravilno promenljiva funkcija u beskonačnosti, sa indeksom promenljivosti $-1/\gamma$, tj $1 - F(x) \in RV_{-1/\gamma}$, za veliko x , gde je $\gamma > 0$. Za funkciju F se kaže da je pravilno promenljiva u beskonačnosti sa indeksom pravilne promenljivosti $-1/\gamma$ ako je pozitivno merljiva i takva da važi sledeća granična vrednost:

$$\lim_{t \rightarrow +\infty} \frac{F(tx)}{F(t)} = x^{-1/\gamma}, \quad x > 0.$$

Dalje su ovde razmatrane tri ocene indeksa ekstremne vrednosti, kao i njihove osobine: Hilova ocena, Pikandsova ocena i ocena momenta.

2. Hilova ocena

Ako je $X_{(1,n)}, \dots, X_{(n,n)}$ niz statistika poretka niza X_1, \dots, X_n , sledeću ocenu parametra γ predložio je Hill, 1975:

$$\gamma_{n,k}^{(1)} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \ln X_{(n-i+1,n)} - \ln X_{(n-k,n)},$$

gde je k broj koji zadovoljava $1 \leq k \leq n$. Problem izbora k je prilično kompleksan, dosta je razmatran u literaturi, pogledati na primer Danielsson et al., 2001, Dekkers i de Haan, 1993. Osnovni problem ove ocene je što pakuzuje veliku disperziju za malo k i veliku pristrasnost za veliko k . Kako bi se dobile informacije o ponašanju ove ocene, tj. pokazala asimptotska normalnost ocene, pretpostavlja se uslov drugog reda za funkciju $U := (\frac{1}{1-F})^-$, gde je sa $F^{\leftarrow}(x)$ označena uopštena inverz funkcija funkcije F ,

$$\lim_{t \rightarrow +\infty} \frac{\ln U(tx) - \ln U(t) - \gamma \ln x}{A(t)} = \frac{x^\rho - 1}{\rho} \quad (1)$$

$$\Leftrightarrow \lim_{t \rightarrow +\infty} \frac{U(tx)/U(t) - x^\gamma}{A(t)} = x^\gamma \frac{x^\rho - 1}{\rho},$$

za $x > 0$, parametar oblika drugog reda $\rho \leq 0$ i funkciju $|A|$ koja je pravilno promenljiva sa indeksom promenljivosti ρ (pogledati Geluk i de Haan, 1980). Sledi teorema o asimptotskoj normalnosti Hilove ocene.

Teorema 1. (de Haan i Peng, 1998) *Pod uslovom drugog reda (1) i za intermidijantno $k = k(n)$, (tj. niz celih brojeva iz skupa $[1, n]$ za koji važi: $k(n) \rightarrow \infty$, $\frac{k(n)}{n} \rightarrow 0$, $n \rightarrow \infty$), važi asimptotska normalnost $\gamma_{n,k}^{(1)}$ i može se napisati:*

$$\gamma_{n,k}^{(1)} =_d \gamma + \frac{\gamma}{\sqrt{k}} Z_k + \frac{A(n/k)}{1-\rho} (1 + o_p(1)) \quad (2)$$

gde je $Z_k = \sqrt{k}(\sum_{i=1}^k E_i/k - 1)$ i $\{E_i\}$, $i = 1, 2, \dots, k$, su nezavisne jednako raspodeljene eksponencijalne slučajne veličine. Ako je k takvo da je

¹Ukoliko je $P\{n^{-d}|X_n| \geq \epsilon\} \rightarrow p$, kaže se da je $X_n = o_p(n^d)$.

$\sqrt{k}A(n/k) \rightarrow \lambda \neq 0$ konačno, za $n \rightarrow \infty$, $\sqrt{k}(\gamma_{n,k}^{(1)} - \gamma)$ je asimptotski normalno sa disperzijom γ^2 i nenula sredinom $\lambda/(1 - \rho)$.

U radovima Peng, 1998 i Beirlant et al., 1999, autori su uspeali da uklone dominantnu komponentu asimptotske pristrasnosti ali uz rastuću asimptotsku disperziju.

3. Pikandsova ocena

Još jednu ocenu indeksa ekstremne vrednosti, koja se često koristi, predložio je Pickands, 1975. Za $k = k(n)$ intermidijatni niz, ocena Pikandsa je data sledećom formulom:

$$\gamma_{n,k}^{(2)} := (\ln 2)^{-1} \ln \frac{X_{(n-k+1,n)} - X_{(n-2k+1,n)}}{X_{(n-2k+1,n)} - X_{(n-4k+1,n)}}. \quad (3)$$

Pikands je pokazao da je ova ocena slabo konzistentna, dok je za niz $k(n)$ koji raste dovoljno brzo, ona jako konzistentna. U radu Pickands, 1975 su dati i uslovi pod kojima je ocena asimptotski normalna.

Teorema 2. (Dekkers i de Haan, 1989) (Slaba konzistentnost) Ako važi da $X_{(n,n)}$ konvergira u raspodeli ka nedegenerisanoj graničnoj raspodeli, koja je tipa ekstremne vrednosti, $k(n)$ je intermidijatni niz, tada $\gamma_{n,k}^{(2)} \rightarrow \gamma$ u verovatnoći, za $n \rightarrow \infty$.

Teorema 3. (Dekkers i de Haan, 1989) (Jaka konzistentnost) Ako važi da $X_{(n,n)}$ konvergira u raspodeli ka nedegenerisanoj graničnoj raspodeli, koja je tipa ekstremne vrednosti, $k(n)/n \rightarrow 0$ i $k(n)/\ln \ln n \rightarrow \infty$, $n \rightarrow \infty$, tada $\gamma_{n,k}^{(2)} \rightarrow \gamma$ skoro sigurno, za $n \rightarrow \infty$.

Teorema 4. (Asimptotska normalnost) Ako se pretpostavi da U ima pozitivan izvod i da postoji pozitivna funkcija a , tako da je za $x > 0$ i $\gamma \in \mathbb{R}$:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{(tx)^{1-\gamma} U'(tx) - t^{1-\gamma} U'(t)}{a(t)} = \pm \ln x, \quad (4)$$

tada:

$$\sqrt{k}(\gamma_{n,k}^{(2)} - \gamma)$$

ima asimptotski normalnu raspodelu sa sredinom 0 i disperzijom $\gamma^2(2^{2\gamma+1} + 1)/(2(2^\gamma - 1) \ln 2)^2$ za niz $k = k(n) \rightarrow \infty$ koji zadovoljava $k(n) = o(n/g^{\leftarrow}(n))$, gde je $g(t) := t^{3-2\gamma}(U'(t)/a(t))^2$, $n \rightarrow \infty$.

Dokaz prethodne teoreme pogledati u Dekkers i de Haan, 1989.

Primer 1. Ako su Z_1, Z_2 nezavisne jednako raspodeljene eksponencijalne slučajne veličine, tada raspodela $\exp(Z_1 + Z_2)$ zadovoljava Teoremu 4 za $\gamma = 1$ i $a(t) = 1$.

Primer 2. Za eksponencijalnu i uniformnu raspodelu važi $t^{1-\gamma} U'(t) \equiv 1$. Sledi da zaključci Teoreme 4 važe za sve nizove $k = k(n) \rightarrow \infty$, $k(n)/n \rightarrow 0$, $n \rightarrow \infty$. Isto važi za generalisanu Pareto raspodelu

$$F_\gamma(x) = 1 - (1 + \gamma x)^{-1/\gamma}, \quad \gamma \in \mathbb{R}, \quad 1 + \gamma x \geq 0.$$

4. Ocena momenta

Za krajnju tačku, $x^*(F) := \sup\{x | F(x) < 1\}$, se pretpostavlja da je $x^* = x^*(F) > 0$, što se može postići translacijom i definiše se:

$$M_n^{(1)} := \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \ln X_{(n-i+1,n)} - \ln X_{(n-k,n)}, \quad k < n,$$

$$M_n^{(2)} := \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k (\ln X_{(n-i+1,n)} - \ln X_{(n-k,n)})^2.$$

U radu Dekkers et al., 1975 je data sledeća ocena indeksa ekstremne vrednosti:

$$\gamma_{n,k}^{(3)} := M_n^{(1)} + 1 - \frac{1}{2} \left(1 - \frac{(M_n^{(1)})^2}{M_n^{(2)}} \right)^{-1}.$$

Pod određenim uslovima moguće je pokazati slabu i jaku konzistentnost ove ocene. Takođe se mogu dati uslovi pod kojima je ocena asimptotski normalna.

Teorema 5. (Dekkers et al., 1989) (Slaba konzistentnost) Ako važi da $X_{(n,n)}$ konvergira u raspodeli ka nedegenerisanoj graničnoj raspodeli, koja je tipa ekstremne vrednosti, $x^*(F) > 0$, $k(n)/n \rightarrow 0$ i $k(n) \rightarrow \infty$, $n \rightarrow \infty$, tada $\gamma_{n,k}^{(3)} \rightarrow \gamma$ u verovatnoći, za $n \rightarrow \infty$.

Teorema 6. (Dekkers et al., 1989) (Jaka konzistentnost) Ako važi da $X_{(n,n)}$ konvergira u raspodeli ka nedegenerisanoj graničnoj raspodeli, koja je tipa ekstremne vrednosti, $x^*(F) > 0$, $k(n)/n \rightarrow 0$ i $k(n)/(\ln n)^\delta \rightarrow \infty$, $n \rightarrow \infty$, za neko $\delta > 0$, tada $\gamma_{n,k}^{(3)} \rightarrow \gamma$ skoro sigurno, za $n \rightarrow \infty$.

Uslov asimptotske normalnosti ocene dat je uz poznavanje pojma pravilno promenljive funkcije, čija je definicija dalje data.

Definicija 1. Rastuća funkcija $H : (c, +\infty) \rightarrow \mathbb{R}$ je Π -promenljiva ako postoji nenegativna funkcija $a :$

$(c, +\infty) \rightarrow \mathbb{R}_+$ i funkcija $b : (c, +\infty) \rightarrow \mathbb{R}$, takve da za svako $x > 0$ važi jednakost:

$$\lim_{t \rightarrow +\infty} \frac{H(tx) - b(t)}{a(t)} = \ln x.$$

Koristi se oznaka $H \in \Pi$ ili $H \in \Pi(a)$ i funkcija a se naziva pomoćna funkcija za Π -promenljivu funkciju H .

Teorema 7. (Asimptotska normalnost) *Neka $X_{(n,n)}$ konvergira u raspodeli ka nedegenerisanoj graničnoj raspodeli, koja je tipa ekstremne vrednosti i $U := (1/(1-F))^\leftarrow$.*

(a) Za $\gamma > 0$:

$$\pm t^{-\gamma} U(t) \in \Pi(b_1),$$

za neku pozitivnu funkciju b_1 .

(b) Za $\gamma = 0$: Postoje pozitivne funkcije b_2 i b_3 tako da je:

$$\lim_{t \rightarrow +\infty} \frac{\ln U(tx) - \ln U(t) - b_2(t) \ln x}{b_3(t)} = \pm \frac{(\ln x)^2}{2}.$$

(c) Za $\gamma < 0$:

$$\mp t^{-\gamma} (U(+\infty) - U(t)) \in \Pi(b_4),$$

za neku pozitivnu funkciju b_4 .

Pretpostavlja se takođe da je $\lim_{n \rightarrow \infty} k(n) = +\infty$ i:

(d) Za $\gamma > 0$:

$$k(n) = o(n/g^\leftarrow(n)),$$

gde je $g(t) := t^{1-2\gamma}(U(t)/b_1(t))^2$.

(e) Za $\gamma = 0$:

$$k(n) = o(n/g^\leftarrow(n)),$$

gde je $g(t) := tb_2^2(t)/b_3^2(t)$.

(f) Za $\gamma < 0$:

$$k(n) = o(n/g^\leftarrow(n)),$$

gde je $g(t) := t^{1-2\gamma}[(\ln U(+\infty) - \ln U(t))/b_4(t)]^2$.

Tada:

$$\sqrt{k(n)} \left(\frac{M_n^{(1)}}{f(\ln X_{(n-k(n),n)})} - \rho_1(\gamma), \frac{M_n^{(2)}}{(f(\ln X_{(n-k(n),n)}))^2} - \rho_2(\gamma) \right),$$

za $f(t) := a(1/(1-F(e^t)))/U(1/(1-F(e^t)))$ ima asimptotski normalnu raspodelu, za $n \rightarrow \infty$, sa sredinom 0 i kovarijacionom matricom (s_{ij}) sa, za $\gamma \leq 0$,

$$s_{11} = (1-\gamma)^{-2}(1-2\gamma)^{-1},$$

$$s_{12} = 4(1-\gamma)^{-2}(1-2\gamma)^{-1}(1-3\gamma)^{-1},$$

$$s_{22} = 4(5-11\gamma)(1-\gamma)^{-2}(1-2\gamma)^{-2}(1-3\gamma)(1-4\gamma),$$

i za $\gamma \geq 0$,

$$s_{11} = 1, s_{12} = 4, s_{22} = 20.$$

Funkcije ρ_1 i ρ_2 su definisane:

$$\rho_1(\gamma) = \begin{cases} 1, & \gamma \geq 0, \\ 1/(1-\gamma), & \gamma < 0, \end{cases}$$

$$\rho_2(\gamma) = \begin{cases} 2, & \gamma \geq 0, \\ 2/((1-\gamma)(1-2\gamma)), & \gamma < 0. \end{cases}$$

Dokaz prethodne teoreme pogledati u Dekkers et al., 1989.

5. Moguće poređenje ocena

Pretpostavlja se da je X_1, X_2, \dots niz nezavisnih jednako raspedeljenih slučajnih veličina sa funkcijom raspodele F za koju je $1-F \in RV_{-1/\gamma}$, za $x > 0$, gde je $\gamma > 0$ (tj. rep raspodele je pravilno promenljiva funkcija sa parametrom promenljivosti $-1/\gamma$). Da bi se odredila brzina konvergencije repa pretpostavlja se uslov drugog reda, tj. da postoji funkcija a konstantnog znaka, takva da je:

$$\lim_{t \rightarrow +\infty} \frac{\frac{1-F(tx)}{1-F(t)} - x^{-1/\gamma}}{a(t)} = x^{-1/\gamma} \frac{x^\rho - 1}{\rho}, \quad (5)$$

za $x > 0$, gde je $\rho \leq 0$ parametar drugog reda. Neka je kao i ranije $U = (1/(1-F))^\leftarrow$ i $A(t) = \gamma^2 a(U(t))$. Jednakost (5) je ekvivalentna sledećoj jednakosti:

$$\lim_{t \rightarrow +\infty} \frac{\frac{U(tx)}{U(t)} - x^\gamma}{A(t)} = x^\gamma \frac{x^{\rho\gamma} - 1}{\rho\gamma}, \quad (6)$$

lokalno uniformno za $x > 0$. U radu de Haan i Peng, 1998 je pokazano da je nemoguće odrediti najbolju ocenu indeksa ekstremne vrednosti. Od situacije i uslova zavisi koja će se ocena pokazati najboljom. Takođe je istaknuto da se o najboljoj oceni u svim situacijama može govoriti kada se napravi pomak u određivanju optimalne vrednosti za $k(n)$.

Teorema 8. (de Haan i Peng, 1998) *Pretpostavlja se da važi jednakost (6). Neka je $k = k(n)$ niz celih*

brojeva za koji važi $k(n) \rightarrow \infty$ i $k(n)/n \rightarrow 0$ i:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \sqrt{k} A\left(\frac{n}{k}\right) = \lambda \in (-\infty, +\infty).$$

Definiše se $C_i = C_i(\gamma, \rho)$ na sledeći način:

$$\begin{aligned} C_1(\gamma, \rho) &= \frac{1}{1 - \gamma\rho}, \\ C_2(\gamma, \rho) &= \frac{1}{(2^\gamma - 1) \ln 2} \frac{2^{\rho\gamma} - 1}{\rho\gamma} (2^{\gamma + \rho\gamma} - 1), \\ C_3(\gamma, \rho) &= \frac{1}{1 - \rho\gamma} + \frac{\rho}{(1 - \rho\gamma)^2}. \end{aligned}$$

Tada:

$$\sqrt{k}(\hat{\gamma}_n^{(i)} - \gamma) \rightarrow_d N(b_i, \sigma_i^2),$$

za $i = 1, 2, 3$, gde su:

$$b_1 = \lambda C_1, b_2 = \lambda C_2, b_3 = \lambda C_3,$$

$$\sigma_1^2 = \gamma^2, \sigma_2^2 = \frac{\gamma^2(1 + 2^{2\gamma+1})}{(2^\gamma - 1)^2 \ln^2 2}, \sigma_3^2 = 1 + \gamma^2.$$

Za svaku ocenu $\hat{\gamma}_{n,k}^{(i)}$ se može izračunati da je asimptotska srednjekvadratna greška, $k^{-1}(\sigma_i^2 + b_i^2)$. Može se takođe videti da je $b_1 = b_2 = b_3$ i σ_1^2 je najmanja vrednost od svih, za $\rho = 0$.

Posledica 1. Neka je $\rho < 0$ i važi jednakost (6). Ako je $R(i, j)$ granična vrednost za količnik minimalnih srednjekvadratnih grešaka i -te i j -te ocene, tada važi:

$$R(1, 2) = \frac{(2^\gamma - 1)^2 \ln^2 2}{1 + 2^{2\gamma+1}} \cdot \left[\frac{(1 - \rho\gamma)^2 (2^{\rho\gamma} - 1)^2 (2^{\gamma + \rho\gamma} - 1)^2}{(\rho\gamma)^2 (1 + 2^{2\gamma+1})} \right]^{1/(2\rho\gamma - 1)},$$

za $1 + \rho \neq 0$ i

$$R(1, 3) = \frac{\gamma^2}{1 + \gamma^2} \left[\frac{(\gamma + \rho\gamma - \rho\gamma^2)^2}{(1 + \gamma^2)(1 - \rho\gamma)^2} \right]^{1/(2\rho\gamma - 1)},$$

za $1 + \rho - \gamma\rho \neq 0$.

6. Zaključak

Za raspodele sa pravilno promenljivim repom u literaturi je predloženo više ocena indeksa ekstremne vrednosti. Najpoznatija ocena jeste Hilova ocena, funkcija k najvećih statistika poretka. Ovde su još date i Pikandsova ocena i ocena momenta. Asimptotski optimalna vrednost za k statistika poretka koje se koriste u ovim ocenama, može se odrediti koristeći parametre drugog reda (u smislu minimalne

srednjekvadratne greške). Tako se mogu porediti dve ocene, poređenjem srednjekvadratnih grešaka, na dva načina. Prvi je poređenje za fiksirano $k = k(n) \rightarrow \infty$, za koje su obe ocene asimptotski normalne, dok je drugi način za poređenje upoređivanje za nizove $k(n)$, koji su različiti za dve ocene i koji su izabrani tako da je za svaku asimptotska srednjekvadratna greška najmanja. Treba reći da ovaj drugi pristup poređenja ocena, iako prirodan, nije mnogo razvijan. Ovde je u okviru teoreme i posledice data asimptotska normalnost svake ocene, kao i asimptotska srednjekvadratna greška svake ocene i količnik srednjekvadratnih grešaka za Hilovu ocenu i Pikandsovu ocenu, kao i za količnik Hilove ocene i ocene momenta.

Zahvalnica. J. Stanojević je podržana od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja i projekta 174020.

Bibliografija

- [1] J. Beirlant, G. Dierckx, Y. Goegebeur and G. Matthys. Tail index estimation and an exponential regression model. *Extremes* 2, 1999, 177–200.
- [2] J. Danielsson, L. de Haan, L. Peng and de Vries. Using a bootstrap methods to chose the sample fraction in tail index estimation. *J. Multivariate Anal.*, 2001, 76, 226–248.
- [3] A.L.M. Dekkers and L. de Haan. On the estimation of the extreme-value index and large quantile estimation. *The Annals of Statistics*, 1989, 17(4), 1795–1832.
- [4] A.L.M. Dekkers, J.H.J. Einmahl and L. de Haan. A moment estimator for the index of an extreme-value distribution. *The Annals of Statistics*, 1989, 17(4), 1833–1855.
- [5] A.L.M. Dekkers and L. de Haan. Optimal choice of sample fraction in extreme-value estimation. *J. Multivariate Anal.*, 1993, 47(2), 172–173.
- [6] L. de Haan and L. Peng. Comparison of tail index estimators. *Statistica Neerlandica*, 1998, 52, 60–70.
- [7] J.L. Geluk and L. de Haan. Regular Variation, Extension and Tauberion Theorems. *CWI Tract 40, Centre for Mathematics and Computer Science, Amsterdam, The Netherlands*, 1980.
- [8] L. Peng. Asymptotically unbiased estimators for the extreme-value index. *Statist. Probab. Lett.*, 1998, 38, 107–115.
- [9] J. Pickands. Statistical inference using extreme order statistics. *Ann. Statist.*, 1975, 3, 119–131.

Analiza i primena log-linearnih i logit modela u trodimenzionalnim tabelama kontingencije

Ivana Ivković

Ekonomski fakultet, Kamenička 6, 11000 Beograd

e-mail: ivanaivkovic@ekof.bg.ac.rs

Apstrakt. U ovom radu se analiziraju tabele kontingencije, log-linearni i logit modeli. Analiza tabela kontingencije sa dve promenljive je veoma jednostavna, ali sa povećanjem broja promenljivih postaje složena i zahteva upotrebu novih modela. Ako se analiza tabela kontingencije sa više od dve promenljive zasniva na dvodimenzionalnim marginalnim zbirovima, potrebno je izvršiti veliki broj pojedinačnih analiza, zbog čega se javlja mogućnost grešaka pri donošenju zaključaka. Predmet ovog rada je primena log-linearnih i logit modela u analizi tabela kontingencije sa tri ili više promenljivih. Cilj rada je pregled osnovnih tipova log-linearnih modela i njihova primena u analizi tabela kontingencije. Razmatraju se uslovi pod kojima se logit modeli koriste u analizi tabela kontingencije i opisuju veza između log-linearnih i logit modela. Analiza je sprovedena na podacima o broju studenata upisanih na akademske studije 2013/2014. godine prema načinu finansiranja, polu i regionu. Pokazano je koji log-linearni, odnosno logit model se najbolje prilagođava navedenim podacima.

Ključnereči: tabele kontingencije, log-linearni model, logit model

1. Uvod

Klasifikacijom jedinica posmatranja prema pripadnosti kategorijama dve ili više promenljivih nastaju tabele kontingencije. Analiza veze između dve promenljive je veoma jednostavna, međutim sa povećanjem broja promenljivih analiza postaje veoma složena i zahteva ispitivanje različitih modela nezavisnosti. Trodimenzionalne tabele kontingencije se ponekad analiziraju na osnovu dvodimenzionalnih marginalnih zbirova. Takva analiza ima nekoliko nedostataka, zbog čega se trodimenzionalne tabele ispituju posebnim metodama.

U ovom radu će se definisati osnovni pojmovi koji se odnose na trodimenzionalne tabele kontingencije. Predstaviće se sledeći modeli nezavisnosti: model potpune nezavisnosti, modeli parcijalne nezavisnosti, modeli uslovne nezavisnosti i model

jednakosti količnika unakrsnih proizvoda. Razmatraće se log-linearni i logit modeli u tabelama kontingencije $I \times J \times K$ i objasniti veza između ovih modela.

Cilj rada je predstavljanje log-linearnih i logit modela koji se mogu koristiti prilikom analize trodimenzionalnih tabela kontingencije, kao i izbor odgovarajućeg log-linearnog i logit modela prilikom analize podataka o broju studenata koji su upisani na državne fakultete u 2013/2014. godini.

2. Trodimenzionalne tabele kontingencije $I \times J \times K$

U trodimenzionalnim tabelama kontingencije se koriste sledeći simboli:
- tabela kontingencije se sastoji od I kategorija promenljive X , J kategorija promenljive Y i K kategorija promenljive Z i kaže se da je tipa $I \times J \times K$,

- ostvarena frekvencija u i -tom redu, j -toj koloni i k -tom sloju je n_{ijk} za $i = 1, 2, \dots, I$, $j = 1, 2, \dots, J$ i $k = 1, 2, \dots, K$,
 - odgovarajuća očekivana frekvencija je m_{ijk} ,
 a odgovarajuća verovatnoća p_{ijk} .

U trodimenzionalnim tabelama kontingencije može se ispitivati osam modela nezavisnosti (videti Christensen, 1990).

2.1 Modeli nezavisnosti

Model potpune nezavisnosti podrazumeva nezavisnost svih promenljivih X, Y i Z. Nulta hipoteza u ovom modelu glasi:

$$H_0^{(0)}: p_{ijk} = p_{i..} p_{.j.} p_{..k} \quad (1)$$

Modelima parcijalne nezavisnosti se predstavlja nezavisnost jedne promenljive u odnosu na preostale dve. Hipoteze se mogu postaviti na sledeći način:

$$H_0^{(1)}: p_{ijk} = p_{i..} p_{.jk} \quad (X \text{ je nezavisna od Y i Z}) \quad (2)$$

$$H_0^{(2)}: p_{ijk} = p_{.j.} p_{i.k} \quad (Y \text{ je nezavisna od X i Z}) \quad (3)$$

$$H_0^{(3)}: p_{ijk} = p_{..k} p_{ij.} \quad (Z \text{ je nezavisna od X i Y}). \quad (4)$$

Modelima uslovne nezavisnosti se podrazumeva nezavisnost dve promenljive za datu kategoriju treće promenljive. Hipoteze u ovim modelima glase:

$$H_0^{(1,2)}: p_{ijk} = \frac{p_{i.k} p_{.jk}}{p_{..k}} \quad (X \text{ i Y su nezavisne za date kategorije Z}) \quad (5)$$

$$H_0^{(1,3)}: p_{ijk} = \frac{p_{ij.} p_{.jk}}{p_{.j.}} \quad (X \text{ i Z su nezavisne za date kategorije Y}) \quad (6)$$

$$H_0^{(2,3)}: p_{ijk} = \frac{p_{ij.} p_{i.k}}{p_{i..}} \quad (Y \text{ i Z su nezavisne za date kategorije X}). \quad (7)$$

U modelu jednakosti količnika unakrsnih proizvoda nulta hipoteza se može postaviti na sledeći način:

$$H_0: \frac{p_{111} p_{i1k}}{p_{i11} p_{11k}} = \frac{p_{1j1} p_{ijk}}{p_{ij1} p_{1jk}} \quad (8)$$

3. Log-linearni modeli u tabelama kontingencije IxJxK

Koristeći hipoteze o nezavisnosti date u prethodnom odeljku biće predstavljeno osam log-linearnih modela (videti Christensen, 1990).

U slučaju ispitivanja nezavisnosti jedne promenljive od preostale dve promenljive (pri čemu ove dve promenljive mogu biti zavisne), razlikuju se sledeća tri log-linearna modela:

$$\log m_{ijk} = \lambda + \lambda_i^X + \lambda_j^Y + \lambda_k^Z + \lambda_{jk}^{YZ}, \quad (9)$$

$$\log m_{ijk} = \lambda + \lambda_i^X + \lambda_j^Y + \lambda_k^Z + \lambda_{ik}^{XZ}, \quad (10)$$

$$\log m_{ijk} = \lambda + \lambda_i^X + \lambda_j^Y + \lambda_k^Z + \lambda_{ij}^{XY}. \quad (11)$$

Ako se pretpostavi da su dve promenljive nezavisne za date kategorije treće promenljive, mogu se predstaviti sledeća tri modela:

$$\log m_{ijk} = \lambda + \lambda_i^X + \lambda_j^Y + \lambda_k^Z + \lambda_{ik}^{XZ} + \lambda_{jk}^{YZ}, \quad (12)$$

$$\log m_{ijk} = \lambda + \lambda_i^X + \lambda_j^Y + \lambda_k^Z + \lambda_{ij}^{XY} + \lambda_{jk}^{YZ}, \quad (13)$$

$$\log m_{ijk} = \lambda + \lambda_i^X + \lambda_j^Y + \lambda_k^Z + \lambda_{ij}^{XY} + \lambda_{ik}^{XZ}. \quad (14)$$

U modelu homogene asocijacije, log-linearni model se predstavlja na sledeći način:

$$\log m_{ijk} = \lambda + \lambda_i^X + \lambda_j^Y + \lambda_k^Z + \lambda_{ij}^{XY} + \lambda_{ik}^{XZ} + \lambda_{jk}^{YZ}. \quad (15)$$

Svaki od predstavljenih log-linearnih modela je specijalan slučaj potpunog log-linearnog modela:

$$\log m_{ijk} = \lambda + \lambda_i^X + \lambda_j^Y + \lambda_k^Z + \lambda_{ij}^{XY} + \lambda_{ik}^{XZ} + \lambda_{jk}^{YZ} + \lambda_{ijk}^{XYZ}. \quad (16)$$

Ovaj model sadrži parametre glavnih efekata za svaku promenljivu (λ_i^X , λ_j^Y i λ_k^Z), parametre efekata interakcija prvog reda za svaki par promenljivih, odnosno parcijalne asocijacije (λ_{ij}^{XY} , λ_{ik}^{XZ} i λ_{jk}^{YZ}) i parametre efekata interakcije drugog reda između tri promenljive (λ_{ijk}^{XYZ}) (videti Fienberg, 2007).

4. Logit modeli u tabelama kontingencije IxJxK

Logit modeli podrazumevaju modeliranje različitih logaritama izgleda koji su povezani sa zavisnom promenljivom (videti Agresti, 2002).

Neka su X i Z kvalitativne nezavisne promenljive, pri čemu X ima I kategorija, a promenljiva Z K kategorija. Zavisna promenljiva Y ima dve kategorije i tim kategorijama se dodeljuju vrednosti 0 i 1. Za tabelu kontingencije tipa Ix2xK logit model je oblika:

$$\log\left(\frac{P(Y=1)}{1-P(Y=1)}\right) = \beta_0 + \beta_i^X + \beta_k^Z, i = 1, \dots, I, \\ k = 1, \dots, K, \quad (17)$$

gde je $P(Y = 1)$ verovatnoća da Y uzme vrednost 1. Parametri β_i^X reprezentuju efekte promenljive X, a parametri β_k^Z efekte promenljive Z. Dakle, ovaj model sadrži glavne efekte promenljivih X i Z, bez interakcije. Efekat jedne nezavisne promenljive u modelu je isti za svaku kategoriju druge nezavisne promenljive.

4.1 Veza između log-linearnih i logit modela

Log-linearni i logit modeli su osnovni modeli koji se koriste prilikom analize asocijacija između kategorijskih promenljivih (videti Agresti, 2002). Upotreba log-linearnih modela u analizi tabela kontingencije ne zahteva podelu promenljivih na zavisne i nezavisne promenljive, odnosno svaka promenljiva se tretira kao zavisna, dok se kod logit modela pravi razlika između zavisne i nezavisnih promenljivih. Logit modeli se koriste kada veza između nezavisnih promenljivih nije od značaja. Analizom podataka koji su prikazani u tabelama kontingencije dobijaju se isti zaključci bilo da se koriste log-linearni modeli ili logit modeli.

Postoje dva principa koja definišu vezu između log-linearnih i logit modela (videti Christensen, 1990). Prvi princip proizilazi iz činjenice da efekti u logit modelu uključuju samo nezavisne promenljive i glasi: svaki efekat u logit modelu odgovara interakciji između logit efekta i zavisne promenljive u log-linearnom modelu. Drugi princip je da log-linearni model uvek uključuje interakciju između svih nezavisnih promenljivih.

5. Rezultati analize podataka o studentima upisanim na akademske studije 2013/2014.

Za potrebe ovog istraživanja posmatraju se studenti koji su upisani na državne fakultete u 2013/2014. godini, prema načinu finansiranja, polu i regionu. Klasifikovani su prema kategorijama tri promenljive: region (beogradski region, region Šumadije i Zapadne Srbije i region Južne i Istočne Srbije), pol

(muški i ženski) i način finansiranja (budžet i samofinansiranje).

U prvom delu analize predstavlja se osam log-linearnih modela, kojim se ispituju različiti oblici zavisnosti između promenljivih način finansiranja, pol i region.

Modeli nezavisnosti	G^2	Stepeni slobode	p-vrednost
Potpuna (P ¹ , NF, R)	20,616	7	0,004
Parcijalna (NF · R, P)	11,433	5	0,043
(P · R, NF)	14,404	5	0,013
(P · NF, R)	20,567	6	0,002
Uslovna (P · NF, P · R)	14,354	4	0,006
(NF · P, NF · R)	11,384	4	0,023
(R · P, R · NF)	5,221	3	0,156**
Homogena asocijacija (R · P · NF)	5,205	2	0,074**

Tabela 1. Pregled log-linearnih modela

Simbol ** u tabeli označava da se model dobro prilagođava podacima na nivou značajnosti $\alpha = 0,05$.

Jedan od načina da se ispita koji model se bolje prilagođava podacima je testiranje modela (R · P, R · NF) protiv modela (R · P · NF). Nulta hipoteza glasi: model (R · P, R · NF) se bolje prilagođava podacima, dok je alternativna hipoteza: model (R · P · NF) se bolje prilagođava podacima. Test statistika se dobija kao razlika vrednosti G^2 statistika ova dva modela, dok se broj stepeni slobode dobija kao razlika brojeva stepeni slobode. Pošto je tablična vrednost $\chi_{0,05;1}^2 = 3,841$, nulta hipoteza se ne odbacuje, na osnovu čega se donosi zaključak da se model (R · P, R · NF) bolje prilagođava podacima od modela (R · P · NF).

Drugi deo analize podataka o studentima upisanim na akademske studije prema načinu finansiranja, polu i regionu

¹ Skraćenice se odnose na nazive promenljivih: pol, način finansiranja i region

izvršen je primenom logit modela.

Pretpostavlja se da je promenljiva način finansiranja zavisna promenljiva, dok su pol i region nezavisne promenljive.

Ispitivanje trodimenzionalne tabele kontingencije obuhvata tri različita modela. Nultom hipotezom u logit modelu $\beta_0 + \beta_i^X$ se ispituje nezavisnost promenljive način finansiranja od promenljive pol. Ekvivalentan log-linearni model za navedeni logit model je (P · NF, P · R). Nulta hipoteza u modelu $\beta_0 + \beta_k^Z$ glasi: promenljiva način finansiranja je nezavisna od promenljive region. Odgovarajući log-linearni model je oblika (R · P, R · NF). Nulta hipoteza u modelu $\beta_0 + \beta_i^X + \beta_k^Z$ se može postaviti u sledećem obliku: promenljiva način finansiranja je nezavisna od promenljivih region i pol. Log-linearni model koji je ekvivalentan navedenom logit modelu je (R · P · NF) .

Odgovarajući logit model se može izabrati na osnovu tri kriterijuma: vrednosti χ^2 statistike testa, informacionih kriterijuma (AIC i BIC) i pseudo R^2 .

Na osnovu vrednosti χ^2 statistike testa, na nivou značajnosti od 5%, nulta hipoteza u modelima $\beta_0 + \beta_k^Z$ i $\beta_0 + \beta_i^X + \beta_k^Z$ se odbacuje (p-vrednosti su 0,010 i 0,027).

Na osnovu informacionih kriterijuma AIC i BIC, model $\beta_0 + \beta_k^Z$ se bira kao najbolji, jer su vrednosti AIC i BIC niže nego u preostala dva modela.

Koristeći treći kriterijum, pseudo R^2 , ne može se doneti odluka da li je bolji model $\beta_0 + \beta_k^Z$ ili model $\beta_0 + \beta_i^X + \beta_k^Z$, zato što su vrednosti pseudo R^2 u oba modela jednake.

Nakon što su uzeta u obzir sva tri kriterijuma, donosi se zaključak da je najbolji logit model $\beta_0 + \beta_k^Z$, što znači da region utiče na način finansiranja. Kao što je navedeno, odgovarajući log-linearni model za navedeni logit model je (R · P, R · NF). Ovaj log-linearni model je izabran kao najbolji model koji se prilagođava podacima u prvom delu analize.

Bazna kategorija promenljive naučna oblast je samofinansiranje, a promenljive region Južna i Istočna Srbija. Ocenjene vrednosti parametara za logit model formiran

za studente na budžetu, uz prvu kategoriju promenljive region (Beograd) i drugu kategoriju promenljive region (Šumadija i Zapadna Srbija) su -0,564 i -0,394. Koeficijent -0,564, koji je statistički značajan, pokazuje da je verovatnoća da student bude na budžetu niža za studente iz Beograda nego za studente iz Južne i Istočne Srbije.

6. Zaključak

U ovom radu su definisani osnovni pojmovi koji se koriste u trodimenzionalnim tabelama kontingencije. Razmatrani su sledeći modeli nezavisnosti: model potpune nezavisnosti, modeli parcijalne nezavisnosti, modeli uslovne nezavisnosti i model jednakosti količnika unakrsnih proizvoda. Predstavljani su log-linearni i logit modeli u tabelama kontingencije IxJxK i opisana veza između log-linearnih i logit modela. Analizirani su podaci o broju studenata koji su upisani na državne fakultete u 2013/2014. godini, prema načinu finansiranja, polu i regionu. Ustanovljeno je da se model uslovne nezavisnosti (nezavisnost pola i načina finansiranja od regiona) najbolje prilagođava datim podacima i da je njemu odgovarajući logit model oblika $\beta_0 + \beta_k^Z$. Ovaj rad može poslužiti kao osnova za druga istraživanja u kojima je od značaja ocenjivanje log-linearnih i logit modela i uspostavljanje veze između njih.

Bibliografija

- [1] **R. Christensen**. Log-Linear Models. Springer-Verlag, New York, 1990.
- [2] **A. Agresti**. Categorical Data Analysis. John Wiley & Sons, Inc. New York, 2002.
- [3] **S.E. Fienberg**. The Analysis of Cross-Classified Categorical Data. Springer Science and Business Media, LLC, New York, 2007.
- [4] **I. Ivković i V. Rajić**. N-dimenzionalne tabele kontingencije. Zbornik radova Sym-op-is 2014, 659–663.

Savremena praksa statističkog uzorkovanja kod revizijskih testova kontrola

Miroslav Todorović

Ekonomski fakultet Univerziteta u Beogradu

e-mail: todorovic@ekof.bg.ac.rs

Maja Milosavljević

Erste Bank A.D. Novi Sad

e-mail: maja.milosavljevic@erstebank.rs

Apstrakt. Uzorkovanje u revizorskoj praksi ima široku primenu. Naime, i pored napretka informacione tehnologije koji omogućava automatizaciju internih kontrola i testiranje čitavih populacija, uzorkovanje je zadržalo svoj značaj u reviziji. U ovom radu predstavljena je savremena praksa primene statističkog uzorkovanja u reviziji prilikom testiranja kontrola. Kako bi se postigli željeni ciljevi revizije u pogledu efektivnosti internih kontrola, uzorci na kojima se zasniva rad revizora moraju biti osmišljeni na način koji će obezbediti njihovu reprezentativnost, adekvatnost i svrsishodnost, uz poštovanje načela ekonomičnosti. Kako bi uzorci posedovali navedene karakteristike, neophodno je da isti budu dizajnirani i odabrani profesionalnim prosuđivanjem revizora, čak i u slučaju primene odgovarajućih statističkih metoda. Revizori moraju poznavati faktore koji opredeljuju veličinu uzoraka i preciznost dobijenih rezultata, kako bi adekvatno osmislili planove uzorka i izvršili interpretiranje dobijenih rezultata. Konačno, interpretacija rezultata nikada ne sme zanemariti kvalitativne karakteristike koje, u određenim slučajevima, mogu biti opredeljujuće za izvođenje pravilnih revizorskih zaključaka.

Ključne reči: revizija, statističko uzorkovanje, interne kontrole, testovi kontrola

1. Uvod

Revizori mogu testirati čitave populacije ili svoje zaključke zasnivati na testiranju uzoraka. Usled ograničenih resursa i potrebe za efikasnim radom, revizori koriste različite planove uzoraka za sticanje uveravanja, na osnovu čega izvode zaključke o čitavoj populaciji (Apostolou, 2004).

Konstantno unapređenje informacione tehnologije utiče na smanjenje neophodnosti uzorkovanja u radu revizora na dva načina – automatizacijom internih kontrola što omogućava proveru njene efektivnosti na samo jednom primeru, kao i uvećanim mogućnostima testiranja čitave populacije.

Navedeno, ipak, ne umanjuje značaj uzoraka u radu revizora.

U ovom radu, sagledani su pristupi testiranju internih kontrola zasnovani na uzorcima, rizik uzorkovanja i njegovi aspekti, kao i mogućnosti merenja i kontrolisanja ovog rizika. Takođe, razmatrano je uzorkovanje na osnovu svojstava koje se oslanja na binomnu raspodelu verovatnoće, kao najčešće korišćen pristup za testiranje internih kontrola. Sagledani su faktori koji opredeljujuće utiču na veličinu uzoraka i dati prikazi odgovarajućih tabela koji olakšavaju praktičnu primenu planova uzoraka. Konačno, ukazano na potrebu sagledavanja šireg konteksta prilikom tumačenja dobijenih rezultata u cilju izvođenja adekvatnih zaključaka.

2. Specifičnosti statističkog uzorkovanja kod testiranja kontrola

Dva su pristupa uzorkovanju u reviziji, ne samo kod testova kontrola već i kod suštinskih postupaka – statističko i nestatističko. I dok se kod statističkog uzorkovanja izbor reprezentativnog uzorka zasniva na odgovarajućoj teoriji verovatnoće, kod nestatističkog izbor je zasnovan isključivo na profesionalnom prosuđivanju revizora. Kako je prosuđivanje uvek subjektivno, preterani subjektivizam može se ukloniti pridržavanjem korisnih vodiča proisteklih iz poslovne prakse, kao što je određivanje veličine uzorka prema frekventnosti primene interne kontrole (vidi Tabelu 1).

Frekventnost primene kontrole	Odgovarajuća veličina uzorka
Godišnje	1
Kvartalno	2
Mesečno	2 do 5
Nedeljno	5 do 15
Dnevno	20 do 40
Više puta tokom dana	25 do 60

Tabela 1. Nestatističkog određivanja veličine uzoraka prema frekventnosti kontrole (PWC, 2004)

Profesionalno prosuđivanje revizora u vezi dizajniranja plana uzorkovanja, izvršenja plana i interpretacije dobijenih rezultata prisutno je, iako u manjoj meri, i kod statističkog uzorkovanja (Sawyer et al., 2012). Izbor između statističkog i nestatističkog pristupa svodi se na balansiranje između pouzdanosti i troškova. I dok statističko uzorkovanje podrazumeva mogućnost merenja i kontrolisanja rizika uzorkovanja zbog čega se smatra pozdanijim od nestatističkog, ono sa sobom nosi veće troškove vezane za obuke zaposlenih, dizajniranje i sprovođenje plana uzorka i interpretaciju dobijenih rezultata (Whittington, 2014).

Rizik uzorkovanja može se izbeći testiranjem čitave populacije; svako testiranje koje pokriva manje od 100% populacije donosi rizik uzorkovanja. Ovaj rizik odnosi se na mogućnost izvođenja drugačijeg zaključka revizora na osnovu testiranog uzorka nego što bi to bio slučaj da je testiranje izvršeno na čitavoj populaciji. Nereprezentativnost uzorka

je osnovni pokretač rizika uzorkovanja. Pri testiranjanju internih kontrola, revizori se suočavaju sa dva aspekta rizika uzorkovanja: 1) rizik preteranog oslanjanja na kontrole (u realnosti kontrole su manje efikasnije nego što se misli da jesu) i 2) rizik nedovoljnog oslanjanja na kontrole (kontrole su zapravo efikasnije).

Statističko uzorkovanje na osnovu svojstava često je korišćeni metod za testiranje kontrola (IIA, 2015). Ovakva vrsta uzorkovanja polazi od binomne raspodele koja podrazumeva da slučajna promenljiva može imati samo 2 ishoda – u slučaju internih kontrola da postoji odstupanje ili da ne postoji odstupanje – na osnovu čega se izvode revizorski zaključci o prihvatljivosti odstupanja na čitavoj populaciji. Uzorkovanje na osnovu svojstava može počivati na planovima stratifikovanog uzorkovanja koje najpre podrazumeva podelu populacije na stratumne iz kojih se biraju stavke u uzorak, planovima *stop-and-go* uzorkovanja, gde se polazi od uzorka malog obima, pa se na osnovu dobijenih rezultata testiranja odlučuje o eventualnom povećanju uzorka, kao i *discovery* uzorkovanja, kada se uzorak dizajnira tako da se očekuje barem jedno odstupanje (Reding et al., 2013).

Nakon identifikovanja cilja interne kontrole koja je predmet testiranja, definisanja odstupanja, populacije i jedinica uzorkovanja, neophodno je odrediti vrednosti parametara koje utiču na veličinu uzorka, odrediti veličinu uzorka, odabrati uzorak, izvršiti reviziju odabranih stavki u uzorku, utvrditi broj odstupanja i dostignuti gornji nivo odstupanja i, konačno, izvršiti interpretaciju dobijenih rezultata.

3. Određivanje veličine uzoraka

Vrednosti parametara koje utiču na veličinu uzorka – prihvatljiv rizik prekomernog oslanjanja na kontrole, prihvatljiva stopa odstupanja i očekivana stopa odstupanja u populaciji – određuju se profesionalnim prosuđivanjem revizora, što je, u slučaju populacija od preko 2.000 stavki,

ilustrovano u tabeli broj 2. Zanimljivo je da veličina populacije nema veliki uticaj na veličinu uzorka, osim u slučaju malih populacija (Stewart, 2012). Tako bi konzervativan pristup u uzorkovanju podrazumevao korišćenje navedene tabele i za populacije manje od 2.000 stavki.

10% rizik prekomernog oslanjanja na kontrole						
Očekivano odstupanje u populaciji	Prihvatljiva stopa odstupanja (broj očekivanih grešaka)					
	5%	6%	7%	8%	9%	10%
0.00	45 (0)	38 (0)	32 (0)	28 (0)	25 (0)	22 (0)
0.50	77 (1)	64 (1)	55 (1)	48 (1)	42 (1)	38 (1)
1.00	77 (1)	64 (1)	55 (1)	48 (1)	42 (1)	38 (1)
1.50	105 (2)	64 (1)	55 (1)	48 (1)	42 (1)	38 (1)
2.00	132 (3)	88 (2)	75 (2)	48 (1)	42 (1)	38 (1)

Tabela 2. Tabela veličine uzorka na osnovu svojstava (Reding et al., 2013)

Odabir veličine uzorka vrši se na sledeći način. Ukoliko bi, na primer, revizor odredio da je rizik prekomernog oslanjanja na kontrole 10%, prihvatljiva stopa odstupanja 8% i očekivana stopa odstupanja u populaciji 1%, odgovarajuća veličina uzorka bi bila 48 stavki. Revidiranjem samo 48 stavki iz populacije revizor izvodi zaključak o efektivnosti interne kontrole sa 90% pouzdanosti – pouzdanost od 100% zahtevala bi revidiranje svih stavki u populaciji. Zanimljivo je da, za razliku od uzorkovanja u naučne svrhe kod kojih se obično koriste veoma visoki nivoi pouzdanosti (95% do 99%), u reviziji se mogu koristiti niski ili umereni nivoi pouzdanosti ili uveravanja (50% do 80%) zato što revizor stiče dodatna uveravanja iz dokaza prikupljenih kroz druge postupke (Elder et al., 2013).

Rizik prekomernog oslanjanja na kontrole je negativno korelisan sa veličinom uzorka, a pozitivno sa željenim nivoom poverenja prilikom izvođenja tačnog zaključka o populaciji – ako revizor odredi da je rizik prekomernog oslanjanja na kontrole 10%, time je određen nivo poverenja od 90%. Prihvatljiva stopa odstupanja, negativno korelisan sa veličinom uzorka, predstavlja maksimalnu stopu odstupanja koju je revizor

spreman da prihvati i zaključi da je interna kontrola prihvatljivo efektivna. Očekivana stopa odstupanja u populaciji je direktno korelisan sa veličinom uzorka i treba da bude niža od prihvatljive stope odstupanja kako bi uzorkovanje na osnovu svojstava bilo svrsishodno (Jovković, 2010). Prilikom određivanja ove stope revizor koristi sopstveno prethodno iskustvo ili koristi mali preduzorak za tu svrhu.

Nakon što je odredio veličinu uzorka, revizor bira konkretne stavke koje će revidirati, najčešće slučajnim putem, kako bi svaka pojedinačna stavka populacije imala jednaku verovatnoću da bude izabrana.

4. Izvođenje zaključaka i interpretacija rezultata

Nakon revidiranja stavki u uzorku i evidentiranja broja identifikovanih odstupanja, utvrđuje se dostignuti gornji nivo odstupanja, a na osnovu evaluacionih tabela za uzorkovanje na osnovu svojstava, kao što je Tabela 3.

U našem primeru, kontrole smo testirali uz prihvatljivu stopu odstupanja od 8%, na uzorku od 48 stavki. Pretpostavimo, sada, da je na datom uzorku revizor utvrdilo samo jedno odstupanje u kontrolama. Da li takav propust govori da testirana kontrola ne funkcioniše efektivno?

10% rizik prekomernog oslanjanja na kontrole						
Veličina uzorka	Svaran broj uvrđenih odstupanja					
	0	1	2	3	4	5
20	10.90	18.10	24.50	30.50	36.10	41.50
25	8.80	14.70	20.00	24.90	29.50	34.00
30	7.40	12.40	16.80	21.00	24.90	28.80
35	6.40	10.70	14.50	18.20	21.60	24.90
40	5.60	9.40	12.80	16.00	19.00	22.00
45	5.00	8.40	11.40	14.30	17.00	19.70
50	4.60	7.60	10.30	12.90	15.40	17.80

Tabela 3. Evaluaciona tabela za uzorkovanje na osnovu svojstava (Reding et al., 2013)

Pošto uzorak od 48 stavki ne postoji u tabeli, uzimajući najbližu tabličnu vrednost od 50 možemo se uveriti da jedno odstupanje ukazuje na dostignuti gornji nivo odstupanja od 7,60%. Kako je dostignuti gornji nivo odstupanja manji od prihvatljive stope

odstupanja od 8%, zaključujemo da je testirana interna kontrola efektivna. Na drugoj strani, da je revizor utvrdio dva odstupanja dostignuti nivo odstupanja bi bio veći od prihvatljivog (10,30>8,00) što bi ukazivalo da kontrola nije efektivna.

I pored svih pokušaja da se revizorski posao učini više egzaktnim, revizorsko prosuđivanje je i dalje nezamenljivo za zaključivanje. Tako se i napred navedeni zaključci doneti na bazi egzaktnih kvantitativnih vrednosti mogu promeniti usled kvalitativnih karakteristika kontrola, kao što su relativni značaj date kontrole i ocena šta može krenuti po zlu ako kontrola ne funkcioniše efektivno. Revizor će, tako, najverovatnije odlučiti da se ne oslanja na interne kontrole iako je otkrio samo jedno odstupanje ukoliko posumnja da isto nije rezultat slučajnih grešaka u izvršavanju kontrola, već je povezano sa potencijalnim kriminalnim radnjama.

Kada rezultati testiranja ukazuju da kontrole nisu efektivne revizori mogu da: 1) izvedu testiranje kontrola na značajno većem uzorku da bi obezbedili dodatne dokaze, 2) testiraju kompenzirajuće ili redundantne kontrole ukoliko iste postoje ili 3) da zakluče da moraju da povećaju obim suštinskih postupaka (Christensen et al., 2015).

6. Zaključak

Revizorski rad, iako značajno unapređen razvojem informacione tehnologije, nezamisliv je bez primene uzoraka. Ovo iz razloga što uzorkovanje značajno utiče na efikasnost rada revizora i omogućava sticanje uveravanja sa odgovarajućom preciznošću. Međutim, kako bi bili svrsishodni, revizorski uzorci ne samo da moraju biti reprezentativni, već i adekvatno dizajnirani i izvršeni, uz poštovanje načela ekonomičnosti.

Izbor adekvatnog plana uzorkovanja zahteva primenu profesionalnog prosuđivanja

revizora. Osim toga, poznavanje parametara koji opredeljuju veličinu uzoraka i preciznost dobijenih rezultata, značajno je za adekvatnu interpretaciju istih. Naravno, prilikom tumačenja rezultata nikako ne smeju biti zanemarene kvalitativne karakteristike koje, u nekim slučajevima, mogu potpuno izmeniti zaključke izvedene samo na osnovu kvantitativnih podataka.

Bibliografija

- [1] **Apostolou B.**, Sampling: A Guide for Internal Auditors, *The Institute of Internal Auditors Research Foundation, Altamonte Springs*, 2004, 1-4.
- [2] **Christensen, B., Elder, R., Glover, S.**, Behind the Numbers: Insights into Large Audit Firm Sampling Policies. *Accounting Horizons*, 2015, Vol. 29, No. 1, 61-81.
- [3] **Elder R., Akresh A., Glover S., Higgs J., and Liljegren J.**, Audit Sampling Research: A Synthesis and Implications for Future Research, *Auditing: A Journal of Practice & Theory*, 2013, Vol. 32, No. 1, 99-129.
- [4] **Jovković B.**, Primena postupaka uzorkovanja revizora za svrhu testiranja kontrola preduzeća klijenta, *Ekonomski horizonti*, 2010, Vol. 12, No. 2, 133-153.
- [5] **PriceWaterhouseCoopers - PWC**, Serbanes-Oxley Act, Section 404 – Practice Guidance for Management, *PriceWaterhouseCoopers, Delaware*, 2004, 61.
- [6] **Reding K., Sobel P., Anderson U., Head M., Ramamoorti S., Salamasick M., Riddle C.**, Internal Auditing – Assurance and Advisory Services, 3rd edition, *The Institute of Internal Auditors Research Foundation, Altamonte Springs*, 2013., Ch. 11, 1-19.
- [7] **Sawyer L. B., Adams P., Cutler S., McCuaig B., Rai S., Roth J.**, Sawyer's Internal Auditing, Volume 2 – Internal Audit Processes and Methods, 6th edition, *The Institute of Internal Auditors Research Foundation, Altamonte Springs*, 2012, 125 – 128.
- [8] **Stewart T.**, Technical Notes on the AICPA Audit Guide Audit Sampling, *American Institute of Certified Public Accountants, New York*, 2012, 5-8.
- [9] **The The Institute of Internal Auditors - IIA**, Practices Advisory 2340-3: Audit Sampling, *The Institute of Internal Auditors Research Foundation, Altamonte Springs*, 2015, 1-4.
- [10] **Whittington R.**, CPA Excel Exam Review Study Guide: Auditing and Attestation, *John Wiley&Sons, New Jersey*, 2014, 465- 485.

Demografska projekcija stanovništva Republike Srbije

Igor Banjac

Fakultet organizacionih nauka, Jove Ilića 154, Beograd
igor.banjac@yahoo.com

Marina Jovanović Milenković

Fakultet organizacionih nauka, Jove Ilića 154, Beograd
marinaj@fon.bg.ac.rs

Dragan Vukmirović

Fakultet organizacionih nauka, Jove Ilića 154, Beograd
vukmirovic.dragan@fon.bg.ac.rs

Apstrakt. Demografski razvoj stanovništva je u uzročno-posledičnoj vezi sa ekonomskim i društvenim razvojem svake države. U okviru izučavanja demografskog razvoja rade se i projekcije stanovništva. One se koriste za prikaz očekivane veličine i strukture stanovništva u nekom budućem periodu (obično 30 ili 50 godina). Rade se u više varijanti, u zavisnosti od pretpostavljenog kretanja faktora (fertilitet, mortalitet, spoljne migracije), koji utiču na projekciju. U ovom radu su analizirane projekcije stanovništva Srbije u periodima 1981-2011 i 2011-2041 i upoređene sa rezultatima Popisa stanovništva 1981. i 2011. godine. Za analizu su, radi bolje uočljivosti, korišćene starosne piramide. Osnovni zaključci su da će se, i pored produženja trajanja života, ukupno stanovništvo smanjiti, usled niskog nataliteta (posledica niskog fertiliteta), a da se relativno pozitivan razvoj može očekivati samo ukoliko se značajno poveća imigracija, tako da migracioni saldo bude u većem plusu. Glavni doprinos rada je u ukazivanju na značaj projekcija, kao podrške u donošenju strateških odluka vezanih za demografski razvoj, posredno i ekonomski, a u cilju da se pravovremeno izbegne ostvarivanje neželjenih projektovanih stanja.

Ključne reči: demografski razvoj, projekcije stanovništva, natalitet, fertilitet, mortalitet, migracije

1. Uvod

U svetu se sve više govori o demografskom razvoju stanovništva. Postoje brojni naučni radovi na tu temu u čemu se ogleda i značajnost samog pojma. Sam pojam predstavlja kompleksan proces koga čine prirodno i mehaničko kretanje stanovništva (natalitet, fertilitet, mortalitet i migracije), kao i promene u demografskim strukturama (biološkim, socio-ekonomskim i intelektualnim). Između kretanja i struktura stanovništva postoji obostrana međusobna povezanost, koja se ogleda u tome što komponente kretanja stanovništva utiču na strukture, i obrnuto, demografske strukture

ispoljavaju svoj uticaj na natalitet i mortalitet, odnosno na preseljavanje stanovništva. S druge strane, komponente kretanja stanovništva kao i demografske strukture i promene u njima uslovljene su delovanjem brojnih činilaca: bioloških, socio-ekonomskih, ekoloških, kulturnih i socio-psiholoških.

Pored izučavanja demografskog razvitka, demografija se bavi projekcijama i prognozama stanovništva, što je naročito značajno za ekonomske i druge nauke, odnosno za discipline koje se bave planiranjem. Projekcije stanovništva se koriste dugi niz godina u svim razvijenim zemljama radi ukazivanja na mogući demografski razvoj,

tj. procenjivanja veličine i strukture stanovništva u nekom budućem periodu. Osnovni cilj je da se ocene pozitivne i negativne karakteristike projektovanih stanja i, strateškim odlukama, utiče na realizaciju pozitivnih i sprečavanje ostvarivanja negativnih projekcija. Projekcije se uglavnom rade na vremenski period od 30 do 50 godina. I u Republici Srbiji (ranije SFR Jugoslaviji) postoji duga tradicija izrada projekcija stanovništva. Osnovne projekcije stanovništva po starosti i polu za SFRJ izrađivale su se od Popisa stanovništva 1971. godine.

U ovom radu osvrnućemo se na projekcije Saveznog zavoda za statistiku SFRJ koje se odnose na period 1981. do 2011. godine za teritoriju Republike Srbije, kao i na projekciju Republičkog zavoda za statistiku za period od 2011. do 2041. godine, a na bazi podataka Popisa stanovništva 1981. i 2011. godine, kao i vitalnih događaja u prethodnom periodu. Prilikom izrade projekcija korišćen je softverski paket SPECTRUM.

2. Projekcije stanovništva Republike Srbije

Za postavljanje projekcija neophodno je prikupiti podatke iz sadašnjeg i prethodnog perioda pri čemu su najvažniji elementi vitalne statistike (fertilitet i mortalitet), kao i spoljne i unutrašnje migracije, a polazna osnova su podaci popisa stanovništva. Kad je fertilitet u pitanju, koristi se stopa ukupnog fertiliteta, tj. ukupan broj živorođene dece na jednu ženu za starosni interval od 15 do 49 godina [1]. Podaci za fertilitet se uzimaju na bazi popisa i povremenih anketa o fertilitetu. Za mortalitet koriste se skraćene aproksimativne tablice mortaliteta. Tablice mortaliteta pokazuju kako se jedna generacija istovremeno rođenih iz godine u godinu smanjuje pod dejstvom mortaliteta i konačno iščezava. Matične službe svakog meseca prikupljaju podatke o natalitetu, mortalitetu i unutrašnjim migracijama, dok postoji problem spoljnih migracija, jer za njih postoje samo nepotpuni podaci. Zbog toga je teže predvideti buduće migracije, jer su one često rezultat kratkoročnih ekonomskih, socijalnih ili

političkih promena, a posebno mesto imaju lokalni ratovi, čega smo svedoci poslednjih 25 godina.

U izradi projekcija stanovništva Republike Srbije za period od 2011. do 2041. godine korišćena je kohort-komponentna metoda [2] uz tzv. dekomponovani pristup gde je kao bazna populacija korišćeno prosečno procenjeno stanovništvo po starosti i polu u popisnoj 2011. godini. Projekcije su rađene u pet varijanti: niska, srednja, visoka, varijanta konstantnog fertiliteta i mortaliteta i varijanta nultog migracionog salda (Tabela 1).

Varijanta	Hipoteza		
	Fertilitet	Mortalitet	Migracije
Niska	Nizak	Očekivan	Očekivane
Srednja	Srednji	Očekivan	Očekivane
Visoka	Visok	Očekivan	Očekivane
Konstantna	Konstantan	Konstantan	Očekivane
Bez migracija	Srednji	Očekivan	Bez migracija

Tabela 1. Varijante projekcija stanovništva

Postavljen je su hipoteze o vrednostima stope ukupnog fertiliteta, mortaliteta i migracijama za projekciju stanovništva Republike Srbije od 2011-2041. godine.

Hipoteze o kretanju ukupne stope fertiliteta su date u četiri varijante: niska, srednja, visoka i konstantna do 2041. godine što je prikazano u Tabeli 2. Varijantom konstantnog fertiliteta predviđeno je da se stopa ukupnog fertiliteta zadrži na nivou koji je dostignut 2011. godine, odnosno 1,36 dece po ženi na nivou Srbije. Varijantom niskog fertiliteta pretpostavlja se nastavak pada fertiliteta do kraja projekcionog perioda kada bi se ukupna stopa zaustavila na 1,25. Srednjom varijantom predviđen je zaokret koji bi doveo do rasta stope fertiliteta do granice od 1,74 dece po ženi 2041. godine. Visoka varijanta predviđa konstantan rast stope fertiliteta koja bi dostigla 2,13 dece po ženi na nivou Srbije [3].

2011	2041			
	niska	srednja	visoka	konstantna
1,36	1,25	1,74	2,13	1,36

Tabela 2. Hipoteze o vrednostima stope ukupnog fertiliteta

Kada je u pitanju buduće kretanje mortaliteta, primenjene su dve varijante: konstantna i promenljiva. Kod konstantne varijante pretpostavlja se zadržavanje smrtnosti po starosti i polu u čitavom projekcionom periodu na nivou smrtnosti iz 2011. Pretpostavka kod promenljive varijante je da bi do kraja projekcionog perioda bilo prisutno kontinuirano smanjenje smrtnosti stanovništva.

Pol	Početak i kraj projekcionog perioda	
	2011	2041
M	71,7	77,8
Ž	76,6	82,5

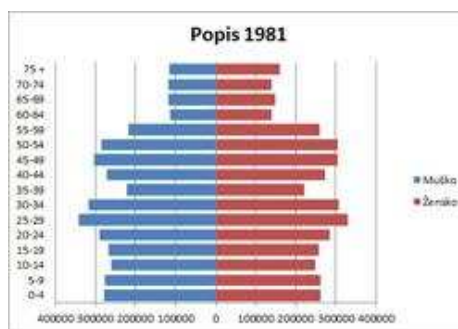
Tabela 3. Očekivano trajanje života po polu

Dve varijante su postavljene i prilikom projektovanja budućih migracionih trendova: varijanta nultog migracionog salda i varijanta „očekivanih“ migracija. Prva varijanta pretpostavlja nulti migracioni saldo po starosti i polu. Primenom ove varijante projektovani broj stanovnika zavisi samo od prirodnog kretanja stanovništva. Varijanta očekivanih migracija se odnosi na očekivanja u odnosu na migracije iz prethodnog perioda. Prilikom postavljanja ovih hipoteza korišćeni su rezultati poslednja dva popisa 2002. i 2011. godine.

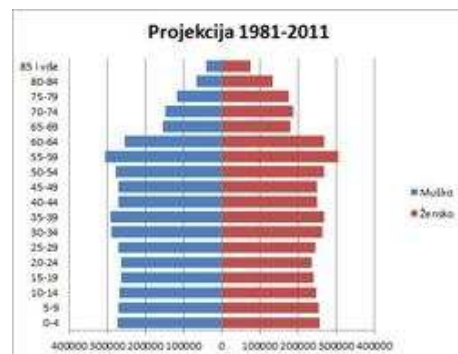
3. Analiza rezultata projekcije stanovništva Republike Srbije

Uporednom analizom realnog stanja iz Popisa stanovništva 1981. i 2011. i projekcije stanovništva Republike Srbije 1981-2011. i 2011-2041. godine, koristeći starosne piramide, mogu se izvući odgovarajući zaključci [3].

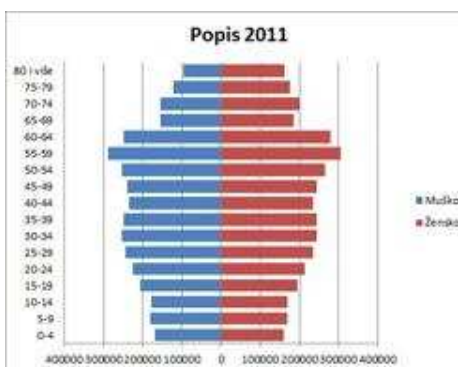
Na Slici 1. i Slici 3. prikazano je realno stanje stanovnika Srbije iz 1981. i 2011. godine prema Popisu stanovnika od 1981. godine tj od 2011. godine, dok Slika 2. i Slika 4. prikazuje projekciju stanovnika od 1981-2011. i 2011-2041. godine.



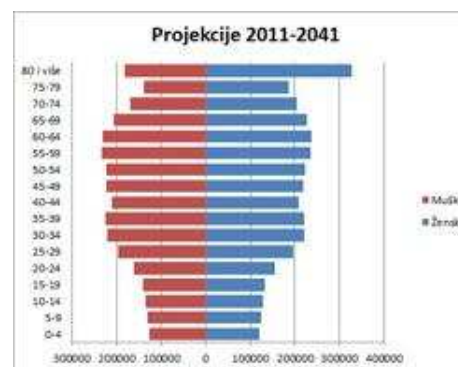
Slika 1. Popis stanovnika 1981. godine [4]



Slika 2. Projekcije stanovnika 1981-2011 godine [4]



Slika 3. Popis stanovnika 2011. godine [5]



Slika 4. Projekcije stanovnika 2011-2041. godine [3]

Uporednom analizom projekcije stanovnika od 1981-2011. godine i popisom

stanovnika iz 2011. godine može se uočiti da je baza starosne piramide iz Popisa stanovnika 2011. godine znatno uža od projektovane. Razlog treba tražiti u turbulentnim vremenima devedesetih, ali i u neadekvatnom reagovanju države osamdesetih godina, kada su projekcije već ukazivale na mogući pad nataliteta. Konkretno, prema projekciji stanovnika od 1981-2011. godine predviđeno skoro 300 000 novorođene dece za svaku petogodišnju grupu. Međutim prema popisu iz 2011. godine, rezultati ukazuju na činjenicu da je bilo manje od 200 000 novorođene dece prema svakoj petogodišnjoj grupi [5]. Prvi zaključak koji se iz ovog podatka može izvući jeste da je fertilitet, a samim tim i natalitet, znatno opao što praktično u budućem periodu ugrožava održivost stanovništva. Prema rezultatima Republičkog zavoda za statistiku, blagi porast nataliteta je bio samo u periodu od 2002.-2006. godine, a u svim ostalim vremenskim intervalima je u opadanju. Uzrok tih dešavanja su i loši ekonomski uslovi koji su vodili manjoj sklonosti ka reprodukciji. Jedan od uzroka svakako mogu biti i dešavanja tokom devedesetih koja su iskrivila migracije. Mnogo mladog stanovništva je napustilo zemlju, za razliku od prethodnog perioda kada su uglavnom radno sposobni odlazili u zrelim godinama. Taj trend se čak i pogoršao, tako da se sada iseljavaju i čitave porodice sa malom decom.

Kada pogledamo Sliku 4. tj projekcije stanovnika za period 2011. do 2041. godine možemo uočiti da se životni vek ljudi produžio i da je stanovništvo sve starije. U tabeli 4. prikazan je broj stanovnika do 19 i preko 60 godina u dve popisne godine, 1981. i 2011. godinu, dok projekcije za 2041. godinu predviđaju porast broja stanovnika starijih od 80 godina, posebno kod ženske populacije. Ova projekcija ima i optimističnu notu, a to je pozitivan migracioni saldo, uzrokovan pretpostavljenim snažnim ekonomskim razvojem. Ovo je naročito uočljivo kod starosnih grupa od 30 do 39 godina, kada se

uporede sa starosnim grupama od 0-9 godina u Popisu stanovništva 2011.

	Do 19 godina	Preko 60 godina
1981	2 170 668	1 055 047
2011	1 427 272	1 778 730

Tabela 4. Broj stanovnika do 19 i preko 60 godina [3]

Što se tiče migracija, negativan trend se može preokrenuti samo značajnim ekonomskim razvojem, čime bi Srbija postala veoma privlačna za potencijalne migrante.

4. Zaključak

Pitanje budućeg demografskog razvoja jedne države je od suštinske važnosti za svaku državu. Projekcijom stanovništva mogu se sagledati moguća kretanja ukupnog broja stanovnika sa njihovim karakteristikama: pol, starost, obrazovanje, ekonomska aktivnost i sl. Projekcijom stanovnika Republike Srbije u periodu od 2011-2041. godine može se uočiti da će doći do značajnog pada broja stanovnika [3], što je upozorenje i inicijativa za akciju da se to predupredi. Uvidom u kvantitativne posledice sprovođenja raznih mogućih politika prema stanovništvu, omogućava se donosiocima odluka da bolje sagledaju i poboljšaju demografski razvoj stanovnika.

Na donosiocima odluka je da analiziraju razne varijante demografskog razvoja i preduzmu odgovarajuće mere za sprečavanje negativnih trendova, kao što su starenje stanovništva, nizak natalitet i negativan migracioni saldo.

Bibliografija

- [1] Republički zavod za statistiku (2014a) Demografska statistika u Republici Srbiji., Beograd
- [1] Alho, J. M., Spencer B. D. (2005). Statistical Demography and Forecasting , New York : Springer
- [2] Republički zavod za statistiku (2014), Projekcije stanovništva Republike Srbije 2011-2041., podaci po opštinama i gradovima.
- [3] Savezni zavod za statistiku, 1989. Projekcije stanovništva Jugoslavije. Beograd
- [4] Republički zavod za statistiku (2012), Popis stanovništva, domaćinstava i stanova 2011. u Republici Srbiji. Beograd

Primena linearne regresije u dynamic pricing-u

Dana Bucalo Jelić

Poljoprivredni fakultet, Nemanjina 6, Zemun
e-mail: bucalo@agrif.bg.ac.rs

Apstrakt. Poslovni svet se suočava sa raznovrsnim mogućnostima koje pružaju savremene informacione i digitalne tehnologije. U digitalnoj eri mogućnost i prednost elektronskog poslovanja i elektronskog trgovanja čine značajan potencijal koji treba iskoristiti na najbolji i najefikasniji način. Sa pojavom elektronske trgovine, preduzeća mogu da ostvare maksimalni profit i da pojačaju svoju konkurentnost ali javlja se problem dinamičkog određivanja cena (eng. *dynamic pricing*). *Dynamic pricing* je strategija cena u kojoj preduzeća tokom vremena postavljaju veoma fleksibilne cene za proizvode ili usluge. Obzirom na kompleksnost problema *dynamic pricing-a* otvara se problem i u primeni poznatih matematičko statističkih metoda. Stoga se kroz ovaj rad prikazuju mogućnosti primene linearne regresije u *dynamic pricing-u*. Posebne napomene su učinjene u pravcu analize, da li se kvalitet ocena parametara linearne regresije, metodom najmanjih kvadrata, pogoršavaju povećanjem broja podataka.

Ključne reči: linearna regresija, ocena parametara, dynamic pricing.

1. Uvod

Kompanije koje posluju elektronski trenutno se bore sa kompleksnim zadatkom a to je utvrđivanje prave cene koju treba naplatiti kupcu za proizvod ili uslugu. Ovaj zadatak zahteva da preduzeće zna ne samo svoje operativne troškove i dostupnost ponude, već i koliko kupaca vrednuje proizvod, kao i šta bi mogla biti buduća potražnja. Stoga, kompaniji treba dosta informacija o svojim korisnicima, kako bi bila u mogućnosti da prilagodi svoje cene (Narahari, Raju, Ravikumar, Sourabh Shah, 2005). Napredak Internet tehnologije je znatno povećao količinu informacija i doveo do spajanja velikog broja kupaca, te prodavci mogu da se okupljaju oko klijenata i obezbede povezivanje sa njima, što za rezultat daje bržu i lakšu promenu cena. To je dovelo do povećanog primenjanja dinamičkog određivanja cena i većeg interesovanja za istraživanje o *dynamic pricing*.

Današnja digitalna ekonomija je spremna za *dynamic pricing*, međutim nedavna istraživanja su pokazala, da bi se izvukla korist od *dynamic pricing-a*, cene moraju da se prilagođavaju na veoma sofisticirane načine, zasnovanim na dobrim matematičkim modelima (Narahari, Raju, Ravikumar, Sourabh Shah, 2005). Stoga se i matematički modeli moraju izgraditi i prilagoditi modelima *dynamic pricing-a*.

Ovaj članak prikazuje primenu linearne regresije u *dynamic pricing-u*. U linearnoj regresiji osnovni zadatak je ocenjivanje nepoznatih parametara na osnovu podataka iz uzorka i uopšteno se smatra, da što je veći uzorak, to će ocene parametara biti bolje. Međutim,

Boer (2013) pokazuje da dodavanje podataka može pogoršati kvalitet ocene parametara.

2. Model regresione analize

Značajno mesto u metodama statističkog istraživanja zauzima ispitivanje veze između dve ili više pojava. Najpoznatiji statistički metod za nalaženje funkcionalne veze između jedne zavisno promenljive Y i jedne (X) ili više nezavisno promenljivih veličina (X_1, \dots, X_n) jeste regresiona analiza. Ova veza se izražava u obliku jednačine koja povezuje zavisno promenljivu sa nezavisno promenljivim veličinama. Ovde se posmatra linearni regresioni model koji se izražava jednačinom oblika:

$$Y = X\beta + \epsilon. \quad (1)$$

Osnovni zadatak regresione analize, jeste ocenjivanje nepoznatih parametara β na osnovu podataka (tj. X i Y). Za određivanje parametara koji najbolje reprezentuju posmatrane pojave koristi se jedan od "najellegantnijih" ali ujedno i vrlo snažni metod *najmanjih kvadrata*. Ovaj metod je jedan od metoda teorije grešaka koji se koristi za ocenu nepoznatih veličina na osnovu rezultata merenja, imajući u vidu njihovu fluktaciju, usled neizbežnih slučajnih grešaka (Kostić, 1996). Ovu metodu prvi je primenio Gauss i postavio je uslov minimizacije matematičkog očekivanja kvadrata određenih slučajnih odstupanja (tj.

uslov da suma kvadrata reziduala bude minimalna)

$$\hat{\beta} = \min \sum_{i=1}^t (Y - X\beta)^2 \quad (2)$$

Statistička svojstva, metode najmanjih kvadrata preko koje se ocenjuju parametri β , su relativno dobro poznata u slučaju kada su X fiksirane vrednosti. Odnosno u slučaju kada je Y zavisna promenljiva, X nezavisna ili objašnjavajuća promenljiva, ϵ slučajno odstupanje i β nepoznati parametri. Ovako definisan model sastoji se iz dva dela determinističkog $X\beta$ i stohastičkog. Međutim, kada su vrednosti nezavisne promenljive X neslučajne tj. kada X predstavlja sekvencijalno određen slučajni vektor, teorija je manje poznata (Lai, Wei, 1982). Takvi primeri stohastičkih regresora X javljaju se u mnogim ekonomskim i socijalnim pojavama. Važna karakteristika u ovim primenama je da vektor X_n u fazi n zavisi od prethodnih realizacija $x_1, y_1, \dots, x_{n-1}, y_{n-1}$ (Lai, Wei, 1982), a to je upravo osnova funkcionisanja koja se pojavljuje u *dynamic pricing-u*.

3. Dynamic pricing

Dynamic pricing modeli su srce moderne teorije finansija i razvili su se vrlo brzo u poslednjih nekoliko godina. To je strategija cena u kojoj preduzeća tokom vremena postavljaju veoma fleksibilne cene za proizvode ili usluge. Na taj način preduzeća mogu da ostanu konkurentna promenom cene na osnovu algoritma koji uzima u obzir cenu konkurenta, ponudu i tražnju ali i kao bitan faktor ponašanje potrošača i naravno mnoge druge spoljne faktore koji zavise od delatnosti preduzeća (Wikipedia, 2015). Pogodan je kada su tržišta veća, kada postoji intenzivna promenljivost ponude, tražnje i troškova, za umrežena tržišta. *Dynamic pricing* je uobičajena praksa u oblastima kao što su ugostiteljstvo, saobraćaj- avio, sport, Amazon, Ebay itd.

4. Linearna regresija i dynamic pricing

Potražanja za nekim proizvodom tokom određenog vremenskog perioda modelira se pomoću statističkog modela linearne regresije, pri čemu potražnja D_t zavisi od prodajne cene p_t ali i od nepoznatih parametara β . Međutim i prodajna cena p_t je uglavnom nepoznata za prodavca, pa se pojavljuje i problem utvrđivanja prodajne cene koja će generisati najveći prihod (Boer, Zwart). Da bi saznao cenu koja generiše najveći prihod, prodavac mora da eksperimentiše sa različitim prodajnim cenama u različitim periodima prodaje i na ovaj način, akumulira informacije o funkciji potražnje, i tako odredi optimalnu prodajnu cenu. Dosta

je pojava u ekonomiji koje podležu modelu *dynamic pricing-a* i koje je potrebno opisati modelom linearne regresije gde su nezavisne promenljive p_t slučajne tj. zavise od prethodnih realizacija. U svom radu Boer (2013) bavi se problematikom da li je posmatrani linearni regresioni model sa unapred određenim ili ne određenim p_t .

Posmatra se monopolist firma koja prodaje jedan proizvod, gde je potražnja za tim proizvodom u odnosu na prodajnu cenu definisana sa

$$D_t = \beta p_t + \epsilon \quad (3)$$

pri čemu je vreme $t = 1, 2, \dots$ diskretno. Na početku svakog perioda t monopolist treba da odredi prodajnu cenu $p_t \in [p_l; p_h]$, a cene $0 < p_l < p_h$ su minimalna i maksimalna cena koje su prihvatljive za firmu. Nakon utvrđivanja cene p_t , monopolist proučava realizaciju d_t potražnje $D_t(p_t)$, koja je slučajna promenljiva. Kao što se i vidi, monopolist mora istovremeno da proceni i nepoznate parametare i maksimizira kumulativni očekivani prihod

$$\sum_{t=1}^T E(D_t p_t) \quad (4)$$

tj. reward funkciju koja zavisi od ovih parametara (vidi opširnije Boer, Zwart; Besbes, Zeevi, 2012).

Kako cena p_t nije data a priori nameće se pitanje: kako treba izabrati p_t , $t \in N$ tako da ocene $\hat{\beta}$ dobijene metodom najmanjih kvadrata, budu jako postavljane, odnosno da $\hat{\beta}$ konvergira s.s ka β kako t raste? Shodno ovome Boer (2013) ističe, da se mora voditi računa o uslovima koji garantuju konvergenciju $\hat{\beta}$ ka β .

Postoji dosta politika kako odrediti prodajnu cenu p_t , međutim postavlja se pitanje da li politike cena koje koriste sve dostupne podatke dovode do boljih ocena parametara β . Boer (2013) kroz dva stava dokazuje da korišćene svih podataka nije prednost. On posmatra linearni model (3) i meri kvalitet ocene najmanjih kvadrata $\hat{\beta}$ pomoću

$$E[\|\hat{\beta}_t - \beta\|^2]. \quad (5)$$

Prvim stavom Boer (2013) obezbedjuje dovoljan uslov tako da (5) strogo raste ako se poveća broj podataka tj.

$$E[\|\hat{\beta}_{t+1} - \beta\|^2] > E[\|\hat{\beta}_t - \beta\|^2]. \quad (6)$$

Drugim stavom Boer (2013) pokazuje da postoje dva disjunktna skupa $T \cup \tilde{T} = N$ i niz p_t takvi da $\hat{\beta}_{t, \tilde{T}}$

konvergira s.s ka β kada $t \rightarrow \infty$, ali da $\hat{\beta}_t$ ne konvergira s.s ka β kada $t \rightarrow \infty$.

5. Zaključak

Dynamic pricing je veoma korisna strategija određivanja cena. Budućnost cena u mnogim oblastima će se manje ili više se povinovati *dynamic pricing-u* i u okviru toga preduzeća će morati nalaziti politiku određivanja cena koja balansira između optimalne cene i najvećeg prihoda. Shodno tome će se i upotreba matematičko-statističkih metoda morati prilagoditi njihovim potrebama jer će se nametati novi zahtevi.

Prilikom ocenjivanja parametara linearne regresije u *dynamic pricing-u* mora se posebna pažnja posvetiti odluci da li koristiti sve dostupne podatke ili samo jedan njihov deo. Predstavljena problematika je samo početak kompleksnog problema koji je neophodno dalje izučavati i u teoriji i u praksi.

Bibliografija

- [1] **A.V. den Boer.** Does adding data always improve linear regression estimates? *Statistics and Probability Letter* 83, 2013, pp.829–835.
- [2] **A.V. den Boer, B. Zwart.** Simultaneously learning and optimizing using controlled variance pricing. *submitted for publication.*
- [3] **T.L. Lai, C.Z. Wei.** Least squares estimates in stochastic regression models with applications to identification and control of dynamic systems. *The Annals of Statistics* 10 (1), 1982, pp.154-166.
- [4] **Y. Narahari, C.V.L. Raju, K. Ravikumar, Sourabh Shah** Dynamic pricing models for electronic business. *Sadhana*, 2005, Vol 30, Issue 2-3, pp.231–256.
- [5] **O.Besbes, A.Zeevi.** On the (surprising) sufficiency of linear models for dynamic pricing with demand learning. Columbia University, 2012.
- [6] **Momčilo Kostić.** Metodi statističke analize. Naučna knjiga, Beograd, 1996.
- [7] http://en.wikipedia.org/wiki/Dynamic_pricing. 2015.

Saglasnost i potpunost verovatnosnih pravila zaključivanja

Marija Boričić

Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu
e-mail: marija.boricic@fon.bg.ac.rs

Apstrakt. U nizu raznovrsnih koncepata aproksimativnog zaključivanja, od statističkih metoda, pa do rasplnutih sistema, posebnu klasu čine verovatnosne logike. Centralno mesto našeg izlaganja predstavlja sistem verovatnosnih pravila zaključivanja koji je potpun u odnosu na Karnap–Poper–Leblan–ov tip semantike. U radu izlažemo osnovne korake u obradlanju potpunosti i saglasnosti verovatnosnih pravila izvodjenja našeg sistema.

Ključne reči: aproksimativno zaključivanje; verovatnosna logika; neprotivrečnost; potpunost.

AMS 2010 Mathematics Subject Classification: 03B48, 03B50, 03B05.

1. Uvod

Klasična dvovalentna logika, kao neadekvatan sistem za praktična zaključivanja, dobila je alternative u polivalentnim logikama, ali i u sistemima aproksimativnog zaključivanja koji su razvijani tokom celog XX veka, počev od statističkog silogizma, pod čiju se formu mogu svesti sve moguće metode statističkog zaključivanja, do samih rasplnutih logika. Posebno važnu klasu sistema koji se bave fenomenom aproksimativnog zaključivanja predstavljaju verovatnosne logike (v. J. E. Fenstad (1981), Z. Ognjanović, M. Rašković, Z. Marković (2009)).

U našem razmatranju bavićemo se formalnim aspektima izraza $A[a, b]$, gde je A neki iskaz, $[a, b] \subseteq [0, 1]$, sa značenjem da je 'verovatnoća istinitosti iskaza A u intervalu $[a, b]$ '. Razvićemo formalan sistem zaključivanja koji manipuliše formulama oblika $A[a, b]$ i koji omogućava da polazeći od hipoteza $A_i[a_i, b_i]$, $i \in \{1, \dots, n\}$, koje su rezultat nekog ranijeg empirijskog istraživanja, izvedemo zaključak oblika $B[c, d]$. Putokaz takvim istraživanjima nalazimo kod Karnapa, Popera i Adamsa (v. E. Adams (1975), R. Carnap (1950), K. R. Popper (1955)), a već razvijene sisteme verovatnosnih logika kod niza autora (v. J. E. Fenstad (1981), A. M. Frisch, P. Haddawy (1993), T. Hailperin (1965, 1984), H. Leblanc, B. C. van Fraassen (1979), H. Leblanc (1982, 1983), Z. Ognjanović, M. Rašković (1996), Z. Ognjanović, M. Rašković, Z. Marković (2009), M. Rašković (1993), C. G. Wagner (2004)). Ovom radu prethodila su neka naša ranija istraživanja (v. M. Boričić, M. Jovović (2011), M. Boričić (2014a, 2014b, 2015)). Polaznu tačku predstavljaju pravila izvodjenja koja omogućavaju rad sa formulama oblika $A[a, b]$ i Karnap–Poper–Leblan–ova semantika, u odnosu na koju će naš sistem biti potpun.

2. Verovatnosna pravila izvodjenja

Ako je A formula iskaznog računa, onda izraz $A[a, b]$ proglašavamo formulom našeg sistema, gde $a, b \in I$ i I je konačan podskup intervala $[0, 1]$. Pravila izvodjenja imaju sledeću formu:

Aditivnost:

$$\frac{A[a, b] \quad B[c, d] \quad (A \wedge B)[e, f]}{(A \vee B)[a + c - f, b + d - e]} (ADD)$$

Napomenimo da se, ukoliko u prethodnom pravilu važi $a + c - f < 0$ ili $b + d - e > 1$, za donju granicu uzima 0, odnosno 1 za gornju. Slično i za ostala pravila izvodjenja.

Monotonost:

$$\frac{A[a, b] \quad A[c, d]}{A[\max(a, c), \min(b, d)]} (M \downarrow) \quad \frac{A[a, b]}{A[c, d]} (M \uparrow)$$

gde, za $(M \uparrow)$ pretpostavljamo $[a, b] \subseteq [c, d]$.

Pravila za konjunkciju:

$$\frac{A[a, b] \quad B[c, d]}{(A \wedge B)[a + c - 1, \min(b, d)]} (I \wedge)$$

i

$$\frac{A[a, b] \quad (A \wedge B)[c, d]}{B[c, 1 + d - a]} (E \wedge)$$

Pored ovih pravila, sistem sadrži još i za svaki iskazni veznik odgovarajući par pravila, za uvodjenje i eliminaciju veznika, kao i pretpostavku da ukoliko je A klasična tautologija, onda je $A[1, 1]$ aksioma našeg sistema.

3. Saglasnost pravila izvodjenja sa semantikom

Uz odgovarajuću definiciju modela, zasnovanu na Karnap–Poper–Leblan–ovom tipu semantike (v.

M. Boričić (2014b, 2015)), kao preslikavanje iz skupa svih iskaznih formula u skup I koje zadovoljava određene aksiome, opravdanje pravila aditivnosti i monotonosti daje sledeća lema:

Lema 1. (a) $p(A) + p(B) + p(A \wedge B) = p(A \vee B)$
 (b) Ako $A \rightarrow B$ klasična tautologija, onda $p(A) \leq p(B)$.

Dokaz. (a) Kako su formule $(A \wedge B) \vee (\neg A \wedge B)$ i B ekvivalentne u klasičnoj logici iskaza, i važi da je $p(A \wedge B \wedge \neg A \wedge B) = 0$, imamo $p(B) = p((A \wedge B) \vee (\neg A \wedge B)) = p((A \wedge B)) + p((\neg A \wedge B))$. Takođe, formule $A \vee B$ i $A \vee (\neg A \wedge B)$ su ekvivalentne, i $p(A \wedge \neg A \wedge B) = 0$. Iz prethodnog zaključujemo da važe jednakosti $p(A \vee B) = p(A \vee (\neg A \wedge B)) = p(A) + p((\neg A \wedge B)) = p(A) + p(B) - p(A \wedge B)$. \square

Pravila za uvođenje veznika bi bila opravdana ovakvim tvrdjenjem:

Lema 2. (a) $p(\neg A) = 1 - p(A)$
 (b) $\max(p(A), p(B)) \leq p(A \vee B) \leq p(A) + p(B)$
 (c) $p(A) + p(B) - 1 \leq p(A \wedge B) \leq \min(p(A), p(B))$
 (d) $\max(1 - p(A), p(B)) \leq p(A \rightarrow B) \leq 1 - p(A) + p(B)$

Granice u (a), (b) i (c) su najbolje moguće.

Dokaz. (d) Koristeći prethodno tvrdjenje imamo da je $p(A \rightarrow B) = p(\neg A \vee B) = p(\neg A) + p(B) - p(\neg A \wedge B) \leq p(\neg A) + p(B) = 1 - p(A) + p(B)$, i time je dokazano da važi gornja granica. Kako je $p(\neg A \vee B) \geq p(\neg A) = 1 - p(A)$ i $p(\neg A \vee B) \geq p(B)$, zaključujemo da tvrdjenje važi. \square

Opšti metod za određivanje najboljih mogućih granica verovatnoće logičkih funkcija slučajnih događaja, zasnovan na linearnom programiranju, razvio je Hailperin (v. T. Hailperin (1965)), a, po njemu, (v. takodje C. G. Wagner (2004)), Freše (v. M. Fréchet (1935)) je prvi pokazao da poznate Bulove (G. Boole) i Bonferonijeve (C. E. Bonferroni) nejednačine takodje daju najbolje moguće granice.

Pravila za eliminaciju veznika opravdava sledeće tvrdjenje:

Lema 3. (a) Ako $a \leq p(A) \leq b$ i $c \leq p(A \wedge B) \leq d$, onda $c \leq p(B) \leq d + 1 - a$.

(b) Ako $a \leq p(A) \leq b$ i $c \leq p(A \vee B) \leq d$, onda $c - b \leq p(B) \leq d$.

(c) Ako $a \leq p(A) \leq b$ i $c \leq p(A \rightarrow B) \leq d$, onda $a + c - 1 \leq p(B) \leq d$.

(d) Ako $a \leq p(\neg B) \leq b$ i $c \leq p(A \rightarrow B) \leq d$, onda $a + c - 1 \leq p(\neg A) \leq d$.

Granice u (a), (b), (c) i (d) su najbolje moguće.

Dokaz. (a) Kako je $p(B) = p(A \wedge B) + p(\neg A \wedge B) \geq p(A \wedge B) \geq c$, donja granica je opravdana. Dalje,

imamo $p(B) = p(A \vee B) + p(A \wedge B) - p(A) \leq d - a + 1$.

(d) Sa jedne strane imamo da je $p(\neg A) \leq p(\neg A \vee B) = p(A \rightarrow B) \leq d$, a sa druge $p(\neg A) = p(\neg A \vee B) + p(\neg A \wedge B) - p(B) \geq p(\neg A \vee B) - p(B) = p(A \rightarrow B) + p(\neg B) - 1 \geq a + c - 1$. \square

Sledeća lema predstavlja nekoliko verovatnosnih verzija pravila hipotetičkog silogizma.

Lema 4. Iz $A[a, a]$, $B[b, b]$, $C[c, c]$, $(A \rightarrow B)[r, r]$ i $(B \rightarrow C)[s, s]$ možemo izvesti:

(a) $(A \rightarrow C)[\max(1 - a, b) + \max(1 - b, c) - 1, 2 - a - b + c]$, i

(b) $(A \rightarrow C)[\max(r - a, r + s - 1), \min(s + 1 - a, r + c)]$.

(c) Iz $(A \rightarrow B)[a, b]$ i $(B \rightarrow C)[c, d]$ možemo izvesti:

$$(A \rightarrow C)[\max(0, a + c - 1), \min(b + d, 1)].$$

Granice u (a), (b) i (c) su najbolje moguće.

Napomenimo da prethodna lema (v. M. Boričić (2014a)) uopštava i sadrži kao svoje posebne slučajeve oba sledeća rezultata Hailperinovu verovatnosnu verziju pravila *modus ponens* (v. T. Hailperin (1984)) kao i Vagnerovu verovatnosnu verziju pravila *modus tollens* (v. C. G. Wagner (2004)).

Kao neposrednu posledicu gornjih tvrdjenja dobijamo saglasnost našeg sistema sa Karnap–Popper–Leblan–ovom semantikom (v. M. Boričić (2014b)):

Teorema 1. Ako je $A[a, b]$ dokaziva, onda je $A[a, b]$ zadovoljena u svakom modelu.

Uz pogodno definisanje pojmova neprotivrečne teorije, modela, zadovoljenja i kanonskog modela, može se dokazati i teorema potpunosti:

Teorema 2. Ako je $A[a, b]$ zadovoljena u svakom modelu, onda je $A[a, b]$ dokaziva.

4. Zaključak

Verovatnosne logike predstavljaju jednu mogućnost formalizacije i tretiranja aproksimativnog zaključivanja. Imajući u vidu da je u većini naučnih istraživanja izražena potreba za predstavljanjem iskaza oblika "iz skupa hipoteza oblika A_i čije su verovatnoće, redom, u intervalima $[a_i, b_i]$, $i \in \{1, \dots, n\}$ zaključujemo da važi iskaz B sa verovatnoćom iz intervala $[a, b]$ ", predstavili smo sistem pravila izvođenja koji nam omogućava da radimo sa takvim iskazima. Ovaj sistem je nastao kombinacijom dve velike ideje koje su se pojavile u logici XX veka. Ideje prirodni dedukcija Gerharda Gencena, koja je realizovana

u slučajevima čistih računa klasične i intuicionističke logike, i ideje Rudolfa Karnapa i Karla Popera o verovatnoći iskaza. Mada Karnap i Poper pripadaju dvema različitim školama mišljenja, dokazano je (v. H. Leblanc, B. C. van Fraassen (1979)) da su njihovi stavovi u ovom domenu ekvivalentni.

Zahvalnica. Ovo istraživanje je delom finansirano od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja u okviru Projekta broj 174026.

Bibliografija

- [1] **E. Adams.** The Logic of Conditionals. *Reidel, Dordrecht*, 1975.
- [2] **M. Boričić, M. Jovović.** Verovatnosne verzije osnovnih pravila izvodjenja, *SYM-OP-IS*, 2011, XXXVIII, 739 - 741.
- [3] **M. Boričić.** Hypothetical syllogism rule probabilized, *Bulletin of Symbolic Logic*, 2014a, 20, No. 3, 401 - 402, Abstract, Logic Colloquium 2012.
- [4] **M. Boričić.** Carnap–Popper–Leblanc–ov tip semantike za verovatnosno zaključivanje, *SYM-OP-IS*, 2014b, XLI, 644 - 647.
- [5] **M. Boričić.** Models for the probabilistic sequent calculus, *Bulletin of Symbolic Logic*, 2015, 21, No. 1, 60, Abstract, Logic Colloquium 2014.
- [6] **R. Carnap.** Logical Foundations of Probability. *University of Chicago Press, Chicago*, 1950.
- [7] **J. E. Fenstad.** Logic and probability, u *E. Agazzi (editor), Modern Logic — A Survey, Synthese Library, Vol. 149, Reidel, Dordrecht*, 1981, 223 - 233.
- [8] **M. Fréchet.** Généralisations du théorème des probabilités totales, *Fundamenta Mathematicae*, 1935, 25, 379 - 387.
- [9] **A. M. Frisch, P. Haddawy.** Anytime deduction for probabilistic logic, *Artificial Intelligence*, 1993, 69, 93 - 122.
- [10] **T. Hailperin.** Best possible inequalities for the probability logical function of events, *American Mathematical Monthly*, 1965, 72, 343 - 359.
- [11] **T. Hailperin.** Probability logic, *Notre Dame Journal of Formal Logic*, 1984, 25, 198 - 212.
- [12] **H. Leblanc, B. C. van Fraassen.** On Carnap and Popper probability functions, *The Journal of Symbolic Logic*, 1979, 44, 369 - 373.
- [13] **H. Leblanc.** Popper's 1955 axiomatization of absolute probability, *Pacific Philosophical Quarterly*, 1982, 69, 133 - 145.
- [14] **H. Leblanc.** Probability functions and their assumption sets — the singular case, *Journal of Philosophical Logic*, 1983, 12, 382 - 402.
- [15] **Z. Ognjanović, M. Rašković.** A logic with higher order probabilities, *Publications de l'Institut Mathématique*, 1996, 60 (74), 1 - 4.
- [16] **Z. Ognjanović, M. Rašković, Z. Marković.** Probability logics, u *Z. Ognjanović (editor), Logic in Computer Science, Zbornik radova, Mathematical Institute SANU, Belgrade*, 2009, 12 (20), 35 - 111.
- [17] **K. R. Popper.** Two autonomous axiom systems for the calculus of probabilities, *The British Journal for the Philosophy of Science*, 1955, 6, 51 - 57, 176, 351.
- [18] **M. Rašković.** Classical logic with some probability operators, *Publications de l'Institut Mathématique*, 1993, 53 (67), 1 - 3.
- [19] **C. G. Wagner.** Modus tollens probabilized, *British Journal for the Philosophy of Science*, 2004, 54(4), 747 - 753.

Neki matematički modeli za ocenu parametara stabilne raspodele

Dana Bucalo Jelić

*Poljoprivredni fakultet, Nemanjina 6, Zemun
e-mail: bucalo@agrif.bg.ac.rs*

Radojka Maletić

*Poljoprivredni fakultet, Nemanjina 6, Zemun
e-mail: maletic@agrif.bg.ac.rs*

Apstrakt. Permanentan rastući trend prisutnosti operativnog ili finansijskog rizika u poslovanju je realnost sa kojom se suočavaju subjekti kako u privrednom, tako i vanprivrednom sektoru, što problematiku uočenog rizika čini izuzetno važnom i aktuelnom. Da bi se modelirale finansijske pojave, koje uključuju i rizik, potrebno je pronaći adekvatan matematičko-statistički model koji će na osnovu dostupnih podataka moći da ih opiše. Kako je poslovanje u finansijama previše impuslivo za Gausovu raspodelu, familija stabilnih raspodela privukla je veliku pažnju i interesovanje. Ona dopušta pojavu "teških" repova i asimetrije što ih čini dobrim za modeliranje pojava koje uključuju ekstremne događaje. Obzirom da su stabilne raspodele definisane sa četiri parametra i da im nisu jasno definisane funkcije gustine, nameće se problem ocenjivanja parametara. Stoga je u radu prikazano nekoliko, najčešće korišćenih metoda za ocenu parametara stabilne raspodele.

Ključne reči: matematički modeli, stabilne raspodele, ocena parametara.

1. Uvod

Osnovni cilj modeliranja određene pojave je pronalaženje adekvatnog modela koji opisuje posmatranu pojavu na osnovu dostupnih podataka vezanih za nju. U kontekstu modeliranja rizika, potrebno je prvenstveno pronaći odgovarajući model koji opisuje frekvenciju događaja koji prouzrokuju operativni ili finansijski gubitak, kao i njegovu visinu. U toku pronalaženja odgovarajućeg modela, odlučujuće je izvršiti realnu ocenu parametara koji određuju osobine modela, a potom testirati da li dobijeni model dovoljno dobro opisuje posmatranu pojavu.

Često je pretpostavka da su finansijski prihodi kumulativni ishod velikog broja informacija i individualnih odluka koje se dešavaju tokom vremena, pa su od samog nastajanja posmatrani i modelirani kao da imaju Gausovu raspodelu. Najjači argument za to je bio baziran na centralnoj graničnoj teoremi koja kaže da zbir velikog broja nezavisnih, identično raspodeljenih promenljivih sa konačnim varijansama teži normalnoj raspodeli. Međutim, već dugo je poznato da normalna raspodela nije dovoljno dobar modela za finansijske prihode, što se vidi i kroz empirijska istraživanja koja pokazuju da finansijski prihodi imaju debele (teške) repove. Zato je familija stabilnih raspodela, u poslednjoj deceniji, privukla veliku pažnju i interesovanje zbog mogućnosti modeliranja podataka koji su previše impuslivi za Gausovu raspodelu.

Obzirom da stabilne raspodele mogu da dopuste po-

javu "teških" repova i asimetrije to ih čini dobrim za modeliranje empirijskih podataka, posebno podataka tj. pojava koje uključuju ekstremne događaje kao što su promene na finansijskim tržištima i prirodne katastrofe. Međutim, neophodno je na samom početku istraživanja definisati da li empirijska gustina liči na stabilne zakon raspodele, i onda je moguća primena jedne od metoda za ocenu parametara stabilne raspodele koje su ilustrovne u ovom radu.

2. Stabilne raspodele

Stabilne raspodele pripadaju bogatoj klasi mera koje imaju zanimljive teorijske i praktične osobine. Njihova primena u finansijskom modeliranju dolazi do izražaja zbog toga što su:

- podržane uopštenom centralnom graničnom teoremom, koja kaže da normalizovana suma nezavisnih i jednako raspodeljenih slučajnih veličina, kao graničnu raspodelu može da ima jedino neku raspodelu iz klase stabilnih.
- stabilne raspodele imaju "teške" repove (*eng. Leptokurtic*) što kvantitativno znači da je koeficijent spljoštenosti veći od 3, tj. podrazumeva "viši" i "tanji" vrh raspodele. To u potpunosti odgovara zahtevima finansijskih promenljivih kod kojih se često pojavljuju ekstremni događaji.

Slučajna promenljiva X (njena raspodela) je stabilna, ako za nezavisne kopije $X_1 \stackrel{d}{=} X$, $X_2 \stackrel{d}{=} X$ i

proizvoljne nenegativne brojeve $c_1 \geq 0, c_2 \geq 0$, postoje realni brojevi $a > 0$ i b , takvi da važi $c_1 X_1 + c_2 X_2 \stackrel{d}{=} aX + b$. Za svaku stabilnu slučajnu promenljivu X , postoji broj $\alpha \in (0, 2]$, tako da za a, c_1, c_2 važi $a^\alpha = c_1^\alpha + c_2^\alpha$. Broj α zove se indeks stabilnosti ili karakteristični eksponent. Stabilna slučajna veličina sa indeksom stabilnosti α zove se α -stabilna. Stabilne raspodele $S(\alpha, \beta, \sigma, \mu)$ su definisane sa četiri parametra:

- $\alpha \in (0, 2]$ indeks stabilnosti takođe se zove i indeks repa, određuje stepen u kome se repovi raspodele povećavaju ili smanjuju. Kada je jednako 2 imamo Gausovu raspodelu a kada opada varijansa je beskonačna i repovi podležu Pareto zakonu,
- $\beta \in [-1, 1]$ parametar asimetrije, $\beta > 0$ raspodela je asimetrična u desno, $\beta < 0$ asimetrična u levo,
- $\sigma > 0$ parametar razmere određuje širinu,
- $\mu \in R$ parametar položaja ili pomera 'vrh' distribucije

Sa stanovišta praktične primene, ključni nedostatak, stabilnih raspodela je taj što funkcije gustine verovatnoće (PDF) i kumulativne raspodele (CDF) nemaju jasno definisane formule. Stoga se α -stabilne raspodele najbolje mogu opisati njihovom karakterističnom funkcijom $\varphi_x(t) = E(e^{iXt})$:

$$\varphi_x(t) = e^{\{i\mu t - \sigma |t|^\alpha (1 - i\beta \text{sign}(t)z(t, \alpha))\}}, \quad (1)$$

$t \in R$, gde je μ realna konstanta, $\sigma > 0, \alpha \in (0, 2], \beta \in [-1, 1]$ i

$$z(t, \alpha) = \begin{cases} tg(\frac{\pi\alpha}{2}), & \alpha \neq 1 \\ -\frac{2}{\pi} \ln|t|, & \alpha = 1. \end{cases} \quad (2)$$

α indeks stabilnosti je najvažniji parametar u ovoj raspodeli, tj. on determiniše osnovna svojstva raspodele (*moment, repove, asimptotsko ponašanje sume, normiranje, itd.*). Međutim postoji mnogo različitih parametrizacija α -stabilnih raspodela i mnogo formula koje su ponikle iz različitih izvora i primena, te postoji konfuzija usled tih različitih reprezentacija.

Na osnovu brojnih postupaka koji se mogu sresti u literaturi, npr. iscertavanje pravog repa ili pak na osnovu definisanja indeksa repa, koju je predložio Hill (1975), može se zaključiti da pravo ponašanje repa α stabilne raspodele vidljivo je samo za izuzetno velike skupove podataka. U praksi, to znači da bi procenili α moramo da koristimo podatke velike frekvencije i ograničiti se na "udaljena" posmatranja. U suprotnom, zaključak o indeksu repa može nas dovesti u

zabludu i na kraju neosnovano da odbacimo α stabilnu raspodelu. Zato je neophodno nastaviti dalja testiranja i preći na problem ocene parametara.

3. Ocena parametara

Problem ocene parametara sastoji su u tome da se nađe statistika $\hat{\Theta} = \hat{\Theta}(X_1, \dots, X_n)$ kojom će se oceniti parametar Θ . Cilj je odabrati takvu statistiku $\hat{\Theta}$ koja daje bliske vrednosti nepoznatom parametru Θ koji ocenjujemo.

Osnovni problem kod ocenjivanja parametra stabilne raspodele, na osnovu uzorka (X_1, X_2, \dots, X_n) , jeste to što nisu jasno definisane funkcije gustine. Stoga pretpostavimo da je dat uzorak (X_1, X_2, \dots, X_n) nezavisnih i jednako raspodeljenih slučajnih promenljivih sa stabilnom raspodelom $S_\alpha(\beta, \sigma, \mu)$, ilustrovaćemo neke metode za procenu sva četiri parametra stabilne raspodele $\hat{\alpha}, \hat{\beta}, \hat{\sigma}, \hat{\mu}$. Prvo ilustroujemo najjednostavniji, najbrži ali ne i toliko precizan metod kvantilna, a onda nešto sporiji ali i tačniji metod karakterističnih funkcija i, konačno, zaključićemo izlaganje sa najsporijim i najpreciznijim pristupom maksimalne verodostojnosti. Ojed u svojim istraživanjima (2001) simulacijom vrši poređenje pomenutih metoda. Konstatovao je da su ocene metodom maksimalne verodostojnosti gotovo uvek preciznije nego ocene dobijene drugim metodama ocenjivanja, za njom sledi metod kvanila i na kraju metod momenata.

3.1. Metod kvantila

Prvi od modela koji se koristio za ocenu parametara stabilne raspodele jeste metod zasnovan na kvantilima. Ovaj jednostavan model razvili su Fama i Roll za ocenu parametara simetrične stabilne raspodele. Za $1 < \alpha \leq 2$ stabilna raspodela ima konačnu srednju vrednost, stoga je srednja vrednost uzorka konzistentna ocena parametra položaja μ . Međutim, Fama i Roll (1968) su pokazali da parametar položaja μ može biti nepristrasno ocenjen skraćenom (*engl. truncated*) srednjom vrednošću tj. kada se posmatra samo se da se uzme 50% skraćene srednje vrednosti kada se zna da α se nalazi između 0 i 2.

U radu Fama i Roll (1971) prikazali su model za ocenu parametara σ i α . Neka je x_p p -ti kvantil populacije tako da je $S(x_p; \alpha, \beta, \sigma, \mu) = p$, i neka je \hat{x}_p odgovarajući uzorački kvantil, ocena parametra σ se vrši preko:

$$\hat{\sigma} = \frac{\hat{x}_{0.72} - \hat{x}_{0.28}}{2 \cdot 0.827}. \quad (3)$$

Obzirom da je ocena dobijena kao linearna kombinacija statistika poredka, ona ima asimptotski normalnu raspodelu. Monte Karlo simulacijom je pokazano

da je asimptotska pristrasnost ocene manja od 0.4% i korišćenje ove ocene vršimo bez prethodnog znanja α . Sličnu proceduru isti autori primenjuju i za ocenu parametra α posmatrajući ponašanje repa raspodele. Ocenjivanje α se vrši upoređivanjem vrednost

$$\hat{z}_f = \frac{\hat{x}_f - \hat{x}_{1-f}}{2\hat{\sigma}} \quad (4)$$

sa odgovarajućom tabličnom vrednošću, gde je teško izabrati f . Monte Karlo simulacija pokazuje da se α najbolje ocenjuje za vrednosti $f = \{0.95, 0.96, 0.97\}$. Ovaj metod je jednostavan ali, asimptotska pristrasnost za $\hat{\sigma}$ i $\hat{\alpha}$ i restrikcija za α i β , predstavljaju problem. McCulloch (1986) je nadogradio model i razvio konzistentne ocene sva četiri parametra, sa ograničenjem da je $\alpha \geq 0.6$, pri čemu je model i dalje zadržao svoju jednostavnost u izračunavanju (Pavel et. al, 2005):

$$v_\alpha = \frac{x_{0.95} - x_{0.05}}{x_{0.75} - x_{0.25}}, v_\beta = \frac{x_{0.95} + x_{0.05} - 2x_{0.50}}{x_{0.95} - x_{0.05}} \quad (5)$$

Statistike $\nu_\alpha = \phi(\alpha, \beta)$ i $\nu_\beta = \phi(\alpha, \beta)$ su funkcije α i β tj. nezavisne i od σ i od μ . Zamenom ν_α i ν_β , primenom linearne interpolacije vrednosti datih u tabelama (McCulloch, 1986) dobijamo ocene parametara $\hat{\alpha} = \psi_1(\hat{\nu}_\alpha, \hat{\nu}_\beta)$ i $\hat{\beta} = \psi_2(\hat{\nu}_\alpha, \hat{\nu}_\beta)$.

Parametri razmere i položaja, σ i μ , se mogu oceniti na sličan način. Međutim, zbog diskontinuieta funkcije za $\alpha = 1$ i $\beta = 0$ ova procedura je komplikovana (vidi opširnije McCulloch, 1986).

Nedostatak izložene metode je u tome što postoji mogućnost da ne postoji rešenje datih sistema, ili pak da nije jedinstveno. Stoga se predloženi metod obično koristi za dobijanje početnih iteracija za maksimizaciju funkcije verodostojnosti, koja se vrši u okviru metode maksimalne verodostojnosti.

3.2. Pristupi karakterističnim funkcijama

Ideju o ocenjivanju parametara stabilne raspodele pomoću srednje vrednosti empirijske karakteristične funkcije dao je Press. Za slučajni uzorak (X_1, \dots, X_n) veličine n , empirijska karakteristična funkcija uzorka je $\hat{\phi}(t) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n e^{itx_j}$. Kako je $|\hat{\phi}(t)|$ ograničeno, tako su svi momenti gornje funkcije konačni i za svaku fiksnu vrednost t predstavljaju srednju vrednost slučajne promenljive $\exp(itx_j)$. Na osnovu zakona velikih brojeva, $\hat{\phi}(t)$ je konzistentna ocena karakteristične funkcije $\phi(t)$.

Press (1972) je predstavio jednostavan model ocene parametara nazvan metod momenata, gde se parametri

α i σ ocenjuju preko sledećih jednačina

$$\hat{\alpha} = \frac{\log \frac{\log |\hat{\phi}(t_1)|}{\log |\hat{\phi}(t_2)|}}{\log \left| \frac{t_1}{t_2} \right|} \quad (6)$$

$$\log \hat{\sigma} = \frac{\log |t_1| \log(-\log |\hat{\phi}(t_2)|) - \log |t_2| \log(-\log |\hat{\phi}(t_1)|)}{\log \left| \frac{t_1}{t_2} \right|} \quad (7)$$

Na sličan način se ocenjuju i preostala dva parametra izborom dve ne nulte vrednosti od t . Ocene su konzistentne s obzirom da se zasnivaju na ocenama f -je $\phi(t)$. Međutim, i pored toga Pavel et. al, ističu (2005) da je optimalni izbor ovih vrednosti dosta problematičan. Dobijene ocene su lošeg kvaliteta, a metoda se ne preporučuje za više od preliminarne procene. Problem koji se javlja jeste izbor odgovarajućih t vrednosti i na osnovu nekih istraživanja treba da budu $t_1 = 0, 2, t_2 = 0, 8, t_3 = 0, 1$ i $t_4 = 0, 4$.

Drugom preciznijom metodom je predložio Koutrouvelis (1980) to je metoda regresionog karaktera. Ona kreće sa nekim inicijalnim ocenama parametara i iterativno se nastavlja dok neki unapred zadat kriterijum ne bude zadovoljen. Brzina konvergencije zavisi od prvih početnih procena i kriterijuma konvergencije.

$$\log(-\log |\phi(t)|^2) = \log(2\sigma^\alpha) + \alpha \log |t| \quad (8)$$

Jednačina (8), zavisi samo od α i σ i figuriše da ocenimo parametre pomoću jednačine regresije $y_k = \log(-\log |\hat{\phi}(t_k)|^2)$, $w_k = \log |t_k|$ u modelu $y_k = m + \alpha w_k + \epsilon_k$, $k = 1, 2, \dots, K$, gde je t_k odgovarajući skup realnih brojeva $m = \log(2\sigma^\alpha)$ i ϵ_k označava veličinu greške.

Kogon i Williams su uprostiti ovaj metod tako što su izbacili iterativni postupak i uprostiti regresioni metod uzevši za početnu ocenu McCulloch-ov metod. Uopredni prikaz četiri navedena modela, na 100 simuliranih uzoraka, svaki veličine 2000 slučajnih brojeva, ilustrovan je tabelom 1 gde je sa M1 označen McCulloch metod, sa M2 metod momenata, sa M3 Koutrouvelis (regresioni metod) i sa M4 Kogon-Williams. Metod momenta je izašao sa najlošijim ocenama, koje su daleko od prihvatljivih. Sledeći po kvalitetu je McCulloch-ov metod sa prihvatljivim rezultatom i CPU vremenom znatno kraćim od regresionog modela. Preostala dva modela su takođe dala prihvatljive ocene. Uočljivo je da svi modeli imaju problem sa ocenom parametra β , stoga njegovu ocenu tražimo pomoću metode maksimalne verodostojnosti.

3.3. Metod maksimalne verodostojnosti

Metod maksimalne verodostojnosti (ML) uveden je u matematičku statistiku u drugoj deceniji dvade-

	$\hat{\alpha}$	$\hat{\sigma}$	$\hat{\beta}$	$\hat{\mu}$	CPU
M1	1.7005 2.60%	0.0050 2.16%	0.1045 110.7%	0.001 22.01%	0.025s
M2	1.9895 17.03%	0.0104 107.64%	0.0712 969.6%	0.001 33.56%	0.015s
M3	16988 1.66%	0.0050 1.69%	0.0989 108.2%	0.001 21.01%	0.300s
M4	1.6994 1.95%	0.0050 1.77%	0.0957 110.6%	0.001 21.14%	0.085s

Tabela 1. Prikaz dobijenih ocena pomoću 4 modela

setog veka. Ideja ovog metoda je da se za ocenu parametra izabere vrednost pri kojoj je verovatnoća realizacije dobijenog uzorka najveća. Pokazalo se da ovaj metod daje ocene koje su asimptotski (tj. za veliki uzorak) efkasnije od ocena dobijenih na bilo koji drugi način. Međutim, primena tog metoda često je vezana za kompleksnija izračunavanja.

Metod maksimalne verodostojnosti ML primenjuje isti princip rada za α stabilne raspodele kao i za sve ostale. Naime, ocena nepoznatih parametara zahteva najpre da se definiše funkcija verodostojnosti koja se potom maksimizira. Dakle, za posmatrani slučajni uzorak (X_1, \dots, X_n) ovaj metod ocenjuje vektor parametara $\Theta = (\alpha, \beta, \sigma, \mu)$ maksimizirajući funkciju:

$$L_{\theta}(x) = \sum_{i=1}^n \log \tilde{f}(x_i; \theta) \quad (9)$$

gde je $\tilde{f}(\cdot; \theta)$ funkcija gustine stabilne raspodele. Nedostak ove metode je što rešavanjem datog problema maksimizacije može se dobiti lokalni maksimum, a ne globalni. Može se desiti da rešenje datog problema maksimizacije ne postoji, a često nije lako odrediti varijansu ocene maksimalne verodostojnosti, te smo upućeni da izvršimo aproksimaciju iste.

S obzirom na kompleksnost izvođenja postoji samo par pokušaja upotrebe predloženog modela u oceni parametra stabilnih raspodela. DuMouchel (1973) je razvio aproksimirani ML model koji se bazira na grupisanju podataka u fiksirane intervale i koristeći se kombinacijama srednjih vrednosti izračunava gustinu raspodele. Brorsen i Yang (1990) su formulisali drugi metod ali samo za simetrične f-je sa $\alpha = 1$. Novije metode Mittink (1999) i Nolan (2001) su kvalitetnije u smislu preciznosti i kompjuterskog vremena.

Kao što je već pomenuto metod maksimalne verodostojnosti je daleko precizniji u određivanju ocena parametara, ali se postavlja pitanje da li je taj kvalitet u oceni dovoljno dobar razlog da se zanemari izuzetno sporo izračunavanje zbog kompleksnih proračuna.

4. Zaključak

Modeli koji su predstavljeni u ovom rada su samo deo potencijalnih, najčešće korišćenih matematičkih modela statističkih alatki pri modeliranju rizika u uslovima stabilne raspodele. Usled korišćenja različitih aproksimacija i numeričkih integracija kod ilustrovanja i smanjuje preciznost podataka, te upotreba konačnog modela zavisi od potrebe pouzdanosti matematičkog modela u definisanju stabilne raspodele, ali i od lične osposobljenosti za primenu kompleksnih proračuna kod definisanja pojedinih modela.

Bibliografija

- [1] **B.W. Brorsen and S.R. Yang.** Maximum Likelihood Estimates of Symmetric Stable Distribution Parameters. *Communications in Statistics - Simulations*, 1990, 19(4), pp.1459–1464.
- [2] **W.H. DuMouchel.** On the Asymptotic Normality of the Maximum-Likelihood Estimate when Sampling from a Stable Distribution. *Annals of Statistics*, 1973, 1(5), pp. 948–957.
- [3] **E.F. Fama and R. Roll.** Parameter Estimates for Symmetric Stable Distributions. *Journal of the American Statistical Association*, 1971, 66, pp.331–338.
- [4] **B.M Hill.** A simple general approach to inference about the tail of a distribution. *The Annals of Statistics*, 1975, 3, pp. 1163-1174.
- [5] **I.A. Koutrouvelis.** Regression-Type Estimation of the Parameters of Stable Laws. *Journal of the American Statistical Association*, 1980, 75, pp.918-928.
- [6] **S. Mittink, T. Doganoglu and D. Chenyao.** Computing the Probability Density Function of the Stable Paretian Distribution. *Mathematical and Computer Modelling*, 1999, 29, pp.235–240.
- [7] **J.H. McCulloch.** Simple Consistent Estimators of Stable Distribution Parameters. *Communications in Statistics - Simulations*, 1986, 15, pp.1109–1136.
- [8] **J.P. Nolan.** Maximum Likelihood Estimation and Diagnostics for Stable Distributions, in O.E. Barndorff-Nielsen, T. Mikosch, S. Resnick (eds.), *Levy Processes*, Birkhauser, Boston. , 2001.
- [9] **D. Ojeda.** Comparison of stable estimators, Ph.D. Thesis. *American University, Department of Mathematics and Statistics*, 2001.
- [10] **Č. Pavel, H. Wolfgang, W. RafaÂş.** Statistical Tools for Finance and Insurance. *Springer Science and Business Media*, 2005.
- [11] **S.J. Press.** Estimation in Univariate and Multivariate Stable Distribution. *Journal of the American Statistical Association*, 1972, 67, pp. 842–846.
- [12] <http://www.springeronline.com/3-540-40464-3>. *Handbook of Computational Statistics. Springer Heidelberg*, 2004.

Uticaj neoplastičnih oboljenja na pojavu dehiscencije laparotomije The effect of neoplastic disease on the occurrence of dehiscence laparotomy

Milorad Paunović

Klinički centar Srbije, Beograd, Srbija

e-mail: miloradpaunovic@yahoo.com

Milorad Eskić

Fakultet za graditeljski menadžment, Univerzitet Union, Beograd, Srbija

e-mail:

Apstrakt. Dehiscencija laparotomije predstavlja poremećaj zarastanja rane i može se ispoljiti u različitom stepenu. To je jedna od najznačajnijih komplikacija laparotomije sa delimičnom ili potpunom disrupcijom rane sa evisceracijom trbušnih organa što zahteva hitnu reintervenciju. Cilj ovog rada je da se utvrdi uticaj neoplastičnih oboljenja na pojavu dehiscencije laparotomije. Prospektivnom studijom bilo je obuhvaćeno 612 bolesnika operisanih na Klinici za opštu hirurgiju u Nišu u periodu od januara 2014. do decembra 2014. godine. Analiziran je uticaj neoplastičnih oboljenja na pojavu dehiscencije laparotomije. Rezultati su prikazani brojačno i procentualno. Od ukupno 24 ispitanika sa dehiscencijom laparotomije, 16 bolesnika je muškog pola ili 66,7% i 8 bolesnika ženskog pola ili 33,3%. Postoji statistički značajna povezanost između dehiscencije laparotomije i neoplastičnih oboljenja ($\chi^2=42,196$; $p<0,01$). Kod pacijenata sa neoplastičnim oboljenjima dehiscencija laparotomije je česta pojava.

Cljučne reči: dehiscencija laparotomije, neoplastična oboljenja, opšta hirurgija, rana, reintervencija.

1. Uvod

Dehiscencija laparotomije predstavlja poremećaj zarastanja rane. Postoji dehiscencija ili nesrastanje površnih slojeva rane (kože i potkožnog tkiva) dok duboki slojevi srastaju na zadovoljavajući način i popuštanje ili dehiscencija svih slojeva jednog dela ili cele operativne rane. Iako može početi u svako vreme, popuštanje rane obično počinje 7. postoperativnog dana. Javlja se u 0,5 do 3% operisanih (1). Dehiscencija laparotomije je praćena visokim morbiditetom i mortalitetom koji se kreće čak do 40%.

Proces zarastanja rane je izuzetno kompleksan i dinamičan skup celularnih, biohemijskih i imunoloških procesa.

Primena kortikosteroidne terapije u sklopu različitih oboljenja, smanjuje zarastanje epiderma i biosintezu kolagena. Sistemska steroidna terapija smanjuje otpornost rane na kidanje, usporava angiogenezu i epitelizaciju naročito kad su dati pre operacije ili tokom prva tri dana posle operacije. Poželjno je dozu steroida smanjiti za vreme kritične inflamatorne faze zarastanja rane. Istovremeno davanje vitamina A može dovesti do umanjenja štetnog dejstva steroida. Vitamin A ubrzava postizanje čvrstine rane, reepitelizaciju i steroidima inhibirano zarastanje rane (2).

Neoplastična oboljenja digestivnog trakta su čest razlog opsežnih operacija. Poremećaji zarastanja su češći kod malignih nego kod

benignih oboljenja. Uzroci nisu u potpunosti jasni. Pretpostavlja se da se proteini i kalorije gube u tumoru, da su mnogi bolesnici pothranjeni, a neretko su zbog anoreksije, nemogućnosti gutanja, povraćanja, rdjavog varenja i resorpcije u pravom marazmu. Takodje ima pretpostavki da tumorske ćelije luče supstance koje remete zarastanje rana. Ipak, izgleda da su tumorom uslovljeni poremećaji najvažniji jer hiperalimentacija restauriše normalno zarastanje (2).

Cilj istraživanja je utvrđivanje uticaja neoplastičnih oboljenja kao na nastanak dehiscencije laparotomije.

2. Metode

Istraživanje je organizovano po tipu prospektivne studije kojom je obrađen kao faktor rizika: prisustvo neoplastičnih oboljenja kod dehiscencije laparotomije 612 operisanih pacijenata na Klinici za opštu hirurgiju u Nišu tokom 2014. godine.

Ispitivani pacijenti su bili podeljeni u dve grupe: ispitivana (grupa pacijenata kod kojih je došlo do komplikacije-dehiscencije laparotomije) sa 24 pacijenta i kontrolna grupa (pacijenti kod kojih nije nastala dehiscencija laparotomije) sa 588 pacijenta.

Veličina statističkog uzorka je određena statističkom metodologijom uz zadovoljenje osnovnog principa-reprezentativnosti. Korišćen je normogram za određivanje optimalnog uzorka.

Od 612 ispitanika, 423 osoba je muškog pola i 189 osoba je ženskog pola. Od ukupno 24 ispitanika sa dehiscencijom laparotomije, 16 bolesnika je muškog pola ili 66,7% i 8 bolesnica su ženskog pola ili 33,3%. Bez dehiscencije laparotomije od ukupnih 588 ispitanika, 407 je muškog pola ili 69,2% i 181 ženskog pola ili 30,8% .

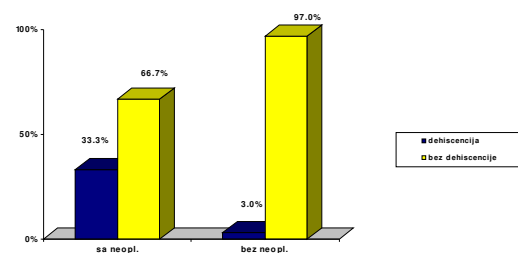
U ovom radu rezultati su prikazani tabelarno i grafički. U statističkoj analizi korišćene su metode deskriptivne statistike (srednja vrednost, standardna devijacija),

parametarski testovi (Studentov T-test) i neparametarski hi kvadrat test .

Za statističku obradu podataka korišćen je programski paket SPSS 14.0, a za izradu slika i tabele programski paket Microsoft Office Word 2003.

3. Rezultati istraživanja

Dehiscencija laparotomije javila se kod 3,9% ispitanika ili 24 bolesnika od ukupnih 612 ispitanika. Od 612 ispitivanih pacijenata 18 pacijenata (15 pacijenata je bolovalo od kacinoma debelog creva ili 2,46% i 3 od karcinoma želudca ili 0,48%), odnosno 2,94% pacijenata je bolovalo od neoplastičnih oboljenja. Postoji statistički veoma značajna povezanost između dehiscencije laparotomije i neoplastičnih oboljenja ($\chi^2=42,196$; $p<0,01$). Neoplastična oboljenja imalo je 6 pacijenata (svi su imali karcinom debelog creva) sa dehiscencijom laparotomije ili 33,3% i 12 pacijenata (9 je imalo karcinom oebelog creva, a 3 karcinom želudca) bez dehiscencije laparotomije ili 66,7%. Bez neoplastičnih oboljenja bilo je 18 pacijenata sa dehiscencijom laparotomije ili 3,0% i 576 pacijenata bez dehiscencije laparotomije ili 97,0% (slika 1).



Slika 1. Uticaj neoplastičnih oboljenja na pojavu dehiscencije laparotomije

4. Diskusija

Iako je napravljen veliki pomak u razumevanju fiziologije procesa zarastanja rane, hirurškoj tehnici i primeni savremenih tehnologija i materijala u hirurgiji, procenat otežanog zarastanja laparotomija je još uvek

visok. Dehiscencija laparotomije, javlja se kod oko 3% pacijenata. U retrospektivnoj studiji Rodriguez-Hermosa Ji i sar. iz Španije kod 57 pacijenata ili 0,45% od ukupnih 12622 pacijenata kod kojih je urađena laparotomija javila se dehiscencija laparotomije. Od toga je bilo 45 pacijenata muškog pola i 12 ženskog pola (3). Rezultati našeg istraživanja pokazuju da se dehiscencija laparotomije javila kod 3,9% ispitanika ili 24 bolesnika od ukupnih 612 ispitanika. U odnosu na pol 16 bolesnika je bilo muškog pola, a 8 ženskog. Kada je reč o polnoj strukturi, naša studija ne pokazuje statistički značajnu razliku medju polnim grupama.

Preoperativna priprema je važan period u lečenju i od adekvatnosti preoperativne pripreme zavisi rezultat operacije, učestalost komplikacija i smrtnost pacijenata. Potrebno je uraditi sve da se opšte stanje pacijenata preoperativno stabilizuje i sprovede minimum anesteziološke i hirurške preoperativne pripreme kada god to stanje pacijenta dozvoljava (4).

Prisustvo malignih oboljenja praćeno je intenzivnim tumorskim metabolizmom, pothranjenošću i poremećajem apsorpcije, što sve može poremetiti normalne procese zarastanja rane pa je samim tim i pojava dehiscencija češća. Mnogi lekovi, antitumorski i citostatici imaju uticaja na različite stadijume zarastanja rane, prvenstveno na ćelije u deobi (5). Postoji statistički veoma značajna povezanost između dehiscencije laparotomije i neoplastičnih oboljenja ($\chi^2=42,196$; $p<0,01$). Neoplastična oboljenja imalo je 6 pacijenata sa dehiscencijom laparotomije ili 33,3% i 12 pacijenata bez dehiscencije laparotomije ili 66,7%. Bez neoplastičnih oboljenja bilo je 18 pacijenata sa dehiscencijom laparotomije ili 3,0% i 576 pacijenata bez dehiscencije laparotomije ili 97,0% U studiji koju je radio

Oh SJ I sar. u Južnoj Koreji od 1987. do 2004.godine bilo je uključeno 8033 pacijenta. Dehiscencija laparotomije se javila u 9,3% operisanih pacijenata sa karcinomom (6). Prema drugoj grupi autora Aksamija G I sar. koji su radili studiju na Klinici za abdominalnu hirurgiju u Sarajevu od 1998. do 2002.godine dehiscenciju laparotomije posle operacije karcinoma debelog creva od 439 pacijenata imalo je 10 pacijenata ili 2,27% (7). U studiji rađenoj u Južnoj Koreji je procenat dehiscencija kod operisanih sa karcinomom nešto niži u odnosu na našu za razliku od studije rađene u Sarajevu kod koje je procenat veoma nizak.

U radu Akkusa A, Avdinuraza K. i saradnika koja je rađena na Medicinskom fakultetu Univerziteta Kirikkale u Turskoj dokazano je da dugotrajno korišćenje kortikosteroidne terapije dovodi do promene u sastavu enzima koji učestvuju u procesu glikolize tokom zarastanja rane. Vrednosti tenzije na šavnoj liniji su bile niže kod grupe gde je primenjivan carnitin u poređenju sa grupom gde je primenjivan samo methylprednisolon ($p>0,05$). Primena carnitina je dovela do povećanja nivoa hidroxyprolina u ranama kod grupe pacijenata koja je dobijala methylprednisolon i carnitin u poređenju sa kontrolnom grupom pacijenata ($p<0,05$). Primena carnitina dovodi do smanjenja tenzije na šavnoj liniji u odnosu na tenziju šavne linije rane kod koje se primenjuje samo methylprednisolon (8). Kortikosteroidi (dati posebno preoperativno i u toku prva tri postoperativna dana) usporavaju sve faze procesa zarastanja rane: inflamaciju, sintezu kolagena, epitelizaciju i angiogenezu. Brza korekcija moguća je primenom vit. A (20.000 IJ) i anaboličkih steroida (9).

Upoređujući rezultate svetskih studija sa rezultatima naše opservacione prospektivne studije dolazi se do zaključka da naši rezultati

ne zaostaju za rezultatima svetskih zdravstvenih ustanova.

5. Zaključak

Dehiscencija laparotomije se javlja kod manje od 5% pacijenata. Kod pacijenata sa neoplastičnim oboljenjima dehiscencija laparotomije je česta pojava. Analizom ovog faktora rizika hirurg može identifikovati bolesnike s visokim rizikom i preduzeti sve mere profilakse koje mu stoje na raspolaganju.

Bibliografija

- [1] **Radovanović S.** Kile prednjeg trbušnog zida. Prosveta, Požarevac. 1988: 119-23.
- [2] **Gerzić Z.** Komplikacije u digestivnoj hirurgiji. Zavod za udžbenike, Beograd 2000: 625-9.
- [3] **Rodriguez-Hermosa JI, Codina-Casadora, Ruiz B.Roig J.Girones J., Pujadas M., Pont J, Adeguer X, Acero D.** Risk factors for acute abdominal wall dehiscence after laparotomy in adults. Cir.Esp 2005; 280-6.
- [4] **Milan Visnjic,** Hirurgija, Medicinski fakultet Nis,DIGP „PROSVETA” Niš, 2005; 15-7.
- [5] **Miroslav M. Jeremic,** Abdominalna hirurgija I, Medicinski fakultet Univerziteta u Nisu, PELIKAN PRINT-Nis, 2009; 23-8.
- [6] **Oh SJ, Choi WB, Hyung WJ, Choi SH, Noh SH; Yonsei** Gastric cancer Clinic Department of surgery, College of Medicine, Yonsei University, Seoul, South Korea.2009; 239-45.
- [7] **Aksamija G, Tanović H, Sabanović J, Muhović S.** Early surgical complications after treatment of malignant diseases of the colon and rectum. Klinika za abdominalnu hirurgiju, KCV Sarajevo, Med. Arh. 2003;57(3 supp L1):23-4.
- [8] **Akkus A, Aydinuraz K, Daphan C, Saygun O, Caglayan O, Edremitlioglu M, Agalar F;** Effect of carnitine on cutaneous wound healing in immunosuppressed rats, Department of General Surgery, Kinkkale University Medical School, Suleyman Demirel Rasearch and Training Hospital, Kirikkale,Turkey, 2009 Aug;155(2);301-5.
- [9] **Morrison, PatrickJ., Spence, Roy A.J.** authors Hatchwell, Eli, series editor. Genetics for surgeons. London: Remedica; 2005.

**STOCHASTIC
MODELS
AND
TIME SERIES**

Značaj prognoziranja u procesu implementacije nove usluge

Jelena Milutinović

Visoka škola strukovnih studija za informacione i komunikacione tehnologije, Zdravka Čelara 16, 11000

Beograd

e-mail: jelena.milutinovic@ict.edu.rs

Apstrakt. Planiranje i prognoziranje novih usluga predstavlja sastavni deo procesa odlučivanja i neophodan alat u organizaciji poslovanja. Jedan od najprimenljivijih metoda za prognoziranje novih servisa kada ne postoje statistički podaci jeste Bassov difuzioni model kojim se dobija kriva životnog ciklusa proizvoda. Rezultati prognoziranja predstavljaju osnovu za donošenje niza operativnih, strateških i taktičkih odluka.

Ključnereči: prognoziranje, Bass difuzioni model, poštanski finansijski servisi

1. Uvod

Promena koncepta poslovanja poštanskih operatora stavlja u fokus povećanje efikasnosti i diversifikaciju usluga, pa se planiranje i prognoziranje novih usluga i korišćenje inovativnih metoda pokazuje kao neminovnost u organizaciji rada, kapaciteta, angažovanja radne snage i resursa. Supstitucija tradicionalnih usluga elektronskim, kao i unutrašnja konkurencija, utiču na razvijanje novih ponuda - kombinaciji fizičkih i elektronskih usluga.

Sa razvojem novih servisa sve značajnija postaje segmentacija tržišta u cilju pronalaženja grupa korisnika kojima bi se trebalo obratiti odgovarajućim marketinškim sredstvima.

U ovom radu se prikazuje primena jedne od modifikacija standardnog difuzionog Bassovog modela koja je primenljiva na slučaj kada se očekuje da će novi servis delimično da potisne iz upotrebe postojeći, pa oba ostaju u eksploataciji na zajedničkom tržištu neko vreme.

2. Prognoziranje novog servisa

Imperativ u poslovanju svake uslužne organizacije jeste kvalitetna usluga i zadovoljan korisnik, pa bi nove usluge trebalo da na adekvatan način zadovolje potrebe korisnika, ali i dokažu inovativnost organizacije i brigu za korisnika gradeći na taj način pozitivan imidž. Kada

organizacije iz poštanskog sektora, sa širokim asortimanom usluga, uvode nove usluge, vrlo teško je odrediti u kojoj meri je nešto inovacija ili prilagođavanje potrebama korisnika, pa se uglavnom smatra da su nove usluge u uslužnom sektoru kontinualni nastavak i nadogradnja postojećih usluga.

Poštanski sistem je određen kao stohastički sistem, pa se korišćenje različitih metoda prognoziranja javlja kao neophodnost u procesu planiranja, zauzimanju tržišne pozicije i ovladavanju novim poslovnim mogućnostima.

Prognoziranje predstavlja predikciju budućih potreba korišćenjem matematičkih metoda i ekspertskih procena. Većina metoda prognoziranja se bazira na prethodnom razvoju, odnosno zasniva se na tome da će budućnost biti reprodukcija prošlosti.

Kod prognoziranja novih servisa osnovni problem je nedostatak istorijskih podataka koji praktično čini neupotrebljivim sve metode osim difuzionog modela koji predstavljaju brzinu implementacije inovativne usluge na tržištu po fazama čiji je grafički prikaz predstavljen S krivom.

Bassov difuzioni model je prvi difuzioni model koji je upotrebljen u marketingu i opisuje proces prihvatanja novog servisa kroz interakciju postojećih i potencijalnih korisnika. Prema ovom modelu verovatnoća kupovine novog servisa je

linearna funkcija prethodnih prodaja, pa su ključni linearni koeficijenti povezani sa karakteristikama inovacije (eksterni uticaj) i imitacije (interni uticaj). Faktori koji utiču na brzinu difuzije se odnose na osobine servisa značajne za korisnika, ali i one na koje se može uticati odgovarajućom strategijom marketinga.

Konkretni parametri neophodni za modeliranje su p – brzina kojom započinje prihvatanje servisa i q – brzina kojom se dešava kasniji rast, pa se u zavisnosti od karakteristika novog proizvoda parametri menjaju, a samim tim i oblik krive.

3. Nova usluga Pošte Srbije – međunarodna poštanska uputnica

Revidiranje koncepta univerzalne poštanske usluge u svetlu socijalne, a posebno finansijske inkluzije ima za cilj uključivanje svih socijalnih grupa, a naročito onih najranjivijih (nezaposleni, siromašni, socijalno izolovani).

Nova usluga Pošte je međunarodna poštanska uputnica koja omogućava brz, jednostavan i siguran elektronski prenos novca sa Francuskom, Belorusijom, Rusijom, Ukrajinom i Crnom Gorom, a u najskorijem periodu biće završeni pregovori i sa Hrvatskom, Portugalijom i Republikom Srpskom. Kroz etapno uvođenje nove usluge ka grupama zemalja (oktobar 2014, jun 2015) ostvaruje se bolja segmentacija, ima se dovoljno vremena za analizu prethodnih podataka, proces prognoziranja i planiranja i racionalno i efikasno definisanje pristupnih tačaka – JPM koje vrše ovu uslugu.

Do sada se elektronski prenos novca vršio jedino putem Western Union uputnice u ili iz preko 200 zemalja sveta, s tim što ovu uslugu vrši i nekoliko komercijalnih banaka u Srbiji, dok jedino Pošta Srbije ima uslugu isplate Western Union uputnice na kućnoj adresi.

Nova usluga je konkurentna jer su rokovi prenosa slični, a usluga je i značajno povoljnija po ceni za korisnika. Očekivani efekti projekta su pružanje usluge brzog međunarodnog transfera novca, a cilj je elektronska razmena podataka sa drugim poštanskim upravama koje su korisnici ovog sistema.

Postavljeni prioriteti Svetskog poštanskog saveza u pojednostavljenju procedura trgovine za

mikro, mala i srednja preduzeća definišu određene standarde, ali i pravne i finansijske okvire kako bi se tokovi pošiljaka kretali neometano. Sa razvojem elektronskog poslovanja javljaju se i različiti problemi u zatvaranju lanca snabdevanja gde se poštanski operatori javljaju kao organizacije sa najviše iskustva u organizovanju dostave, ali i u zatvaranju finansijskih tokova. Funkcionisanje platnog prometa na ovaj način omogućava i rešavanje problema otkupnih pošiljaka i prekogranične elektronske trgovine.

4. Prognoziranje razvoja nove usluge

Za eksplicitno određivanje parametara p , q i m data je sledeća relacija:

$$s_t = a + b N_{t-1} + c N_{t-1}^2$$

gde je s_t broj novih korisnika u diskretnom trenutku t , a kumulativni broj korisnika N_{t-1} u trenutku $t-1$ je

$$N_{t-1} = \sum_{i=1}^{t-1} s_i$$

dok se parametri p , q i m dobijaju preko regresionih parametara a , b i c na osnovu sistema jednačina:

$$a = pm, b = q - p, c = -\frac{q}{m}$$

odakle je

$$p = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2}, \quad q = \frac{b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2} \quad \text{i} \quad m = \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2c}$$

Odgovarajuća funkcija cilja ima oblik

$$S = \sum_{t=1}^n (s_t - a - bN_{t-1} - cN_{t-1}^2)$$

pa se parametri određuju preko uslova minimiziranja funkcije cilja; tako se dobija sistem linearnih jednačina sa tri nepoznate:

$$\begin{aligned} \sum_{t=1}^n s_t &= an + b \sum_{t=1}^n N_{t-1} + c \sum_{t=1}^n N_{t-1}^2 \\ \sum_{t=1}^n s_t N_{t-1} &= a \sum_{t=1}^n N_{t-1} + b \sum_{t=1}^n N_{t-1}^2 + c \sum_{t=1}^n N_{t-1}^3 \\ \sum_{t=1}^n s_t N_{t-1}^2 &= a \sum_{t=1}^n N_{t-1}^2 + b \sum_{t=1}^n N_{t-1}^3 + c \sum_{t=1}^n N_{t-1}^4 \end{aligned}$$

čijim se rešavanjem dobijaju parametri a , b i c , a zatim pomoću gornjih jednačina i parametri

Bassovog modela. U konkretnom slučaju razmatran je novi servis (međunarodna poštanska uputnica) za koji se smatra da će delimično da potisne iz upotrebe postojeći (Western Union), ali će oba ostati u eksploataciji. Za prognoziranje upotrebe novog servisa se koriste raspoloživi podaci za broj korisnika postojeće usluge.

Godina	2009	2010	2011	2012	2013
Broj korisnika	79924	144440	201810	251223	333380

Tabela 1. Broj primljenih uputnica Western Union po godinama (Izvor: Postal statistics, UPU, 2013)

t	s_t	N_{t-1}	N_{t-1}^2	N_{t-1}^3	N_{t-1}^4	SN_{t-1}	SN_{t-1}^2
1	0,7992	0	0	0	0	0	0
2	1,4444	0,7992	0,6388	0,5105	0,4080	1,1544	0,9227
3	2,0181	2,2436	5,0339	11,2943	25,3404	4,5279	10,1590
4	2,5122	4,2617	18,1624	77,4035	329,8738	10,7065	45,6282
5	3,3338	6,7740	45,8867	310,8349	2105,5864	22,5831	152,9770
Σ	10,1078	14,0786	69,7218	400,0433	2461,2086	38,9718	209,6868

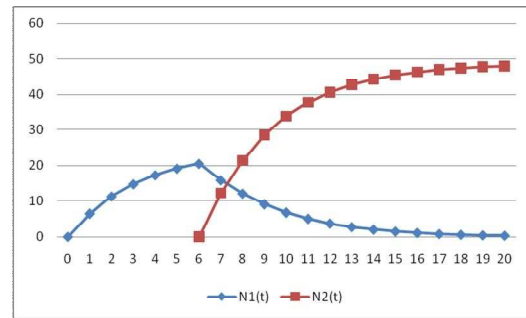
Tabela 2. Vrednosti potrebne za određivanje regresionih parametara izražen u 10^6

Rešavanjem sistema jednačina dobijamo regresione parametre $a=1,33111$; $b=0,50704$; $c=-0,02321$ iz kojih dobijamo difuzione parametre $m=24,34951$; $p=0,05467$ i $q=0,56511$.

Pri prognoziranju broja korisnika jedne i druge usluge, uzeto je da su parametri isti, pa su dobijeni rezultati dati tabelarno i grafički.

	$N_1(t)$	$N_2(t)$
6	20,52451	0
7	15,82217	12,18116
8	12,02465	21,47228
9	9,049885	28,48238
10	6,764784	33,73166
11	5,032311	37,64147
12	3,730611	40,54255
13	2,758738	42,68925
14	2,036372	44,27459
15	1,501182	45,44368
16	1,10559	46,30491
17	0,813675	46,93886
18	0,59853	47,40524
19	0,440106	47,74822
20	0,323527	48,00036

Tabela 3. Prognozirani broj korisnika WU uputnice (N1) i međunarodne uputnice (N2)

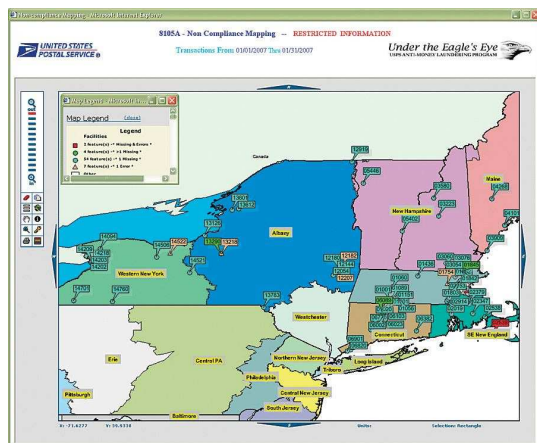


Slika 1. Prognozirani broj korisnika WU uputnice (N1) i međunarodne uputnice (N2)

3. Analiza poslovnih podataka

Primena novih tehnologija u procesu odlučivanja sve više predstavlja neminovnost tržišno orijentisanim organizacijama kojima donosi konkurentsku prednost.. Dobijeni rezultati su dobra osnova za planiranje rada, kapaciteta, angažovanja radne snage i resursa. Nova usluga, 461. po redu u asortimanu javnog operatora daje dobru osnovu za razvoj elektronske trgovine, ali i koncepta socijalne i finansijske inkluzije. Prema evidenciji NBS u 2013. godini na domaćim i stranim web sajtovima potrošeno je ukupno 8,16 milijardi dinara što je za 2,3 milijarde dinara više nego u 2012. godini, dok je ukupan broj transakcija za plaćanje roba i usluga preko stranih sajtova u 2013. godini iznosio 1454790 i to u vrednosti 62 miliona evra, odnosno 42,7 evra po transakciji. Prema podacima RZZS u Srbiji više od 2500000 ljudi koristi internet svakog ili skoro svakog dana, dok pristup internetu ima 55,8% domaćinstava u Srbiji; u Srbiji 2013. godine je oko 1000000 ljudi kupovalo online, odnosno oko 35,5% svih korisnika interneta.

Problemi koji su uočeni u drugim poštanskim upravama, kao što su zloupotrebe i pranje novca, mogu predstavljati prepreku razvoju novčanih usluga. USPS još od 2006. godine koristi GIS (Geografski informativni sistem) za praćenje tokova novca, pa se svaka transakcija beleži. To pomaže da se označe pošte sa velikim brojem sumnjivih transakcija po dva kriterijuma – frekvenciji i iznosu, ali i transakcije gde jedno lice često podiže novac koji pristizuje iz različitih delova zemlje. Vizuelizacijom podataka se mogu utvrditi obrasci kretanja novca koji se na drugi način ne bi mogli otkriti.



Slika 2. Praćenje tokova novca korišćenjem Web GIS-a (USPS)

Takođe, u jednoj studiji održivosti za UK Post office su svrstane u resurs koji je višeznačan za zajednicu jer pruža usluge od suštinskog značaja za svakodnevni život – smatraju ih uslovom opstanka za starije ljude – jedina pristupna tačka penzijama, plaćanju računa, ali i sastajanja i druženja sa drugim ljudima.

Humani aspekt na kome je zasnovana univerzalna poštanska usluga, postaje dobar okvir za razvoj novih usluga prilagođenih konkretnim potrebama korisnika, ali i efikasnije korišćenje infrastrukture jer, po poslednjim analizama, u Srbiji nešto više od 10% opština nema banku, pa se pošta javlja kao jedina pristupna tačka za sve vrste finansijskih usluga. Pružanje finansijskih usluga domaćinstvima sa malim i srednjim prihodima, davanje pogodnosti za trgovinu malim i srednjim preduzećima, ali i posebne usluge namenjene licima van tradicionalnih bankarskih tokova (migranti, raseljena lica, azilanti) čine značajan pomak za socijalnu i finansijsku inkluziju, odnosno saradnju i interkonekciju poštanskih mreža u stvaranju zajedničkih standarda i povećanju efikasnosti i efektivnosti.

Baza podataka kojom poštanski sistem raspolaže može biti dragocena za otkrivanje zakonitosti u podacima konceptom istraživanja podataka – data mining. Ovom tehnikom se otkrivaju značajne prikrivene strukture primenom različitih algoritama putem kojih se mogu pronaći i izdvojiti neočekivane informacije (relacije između

podataka, obrasci ponašanja, korelacije, trendovi), koje postaju osnova za segmentiranje tržišta i kreiranje ciljane marketinške strategije. Implementacijom SAP poslovnog softvera, Pošta Srbije je standardizovala procedure rada, integrisala celokupan informacioni sistem, ostvarila bolju kontrolu poslovnih procesa i ovladala kvalitetnijim i ažurnijim informacijama.

3. Zaključak

Revizija koncepta univerzalne usluge, diversifikacija usluga, segmentiranje tržišta u cilju pronalaženja obrazaca za definisanje novih usluga koje na optimalan način zadovoljavaju potrebe korisnika, korišćenje novih tehnologija kroz sisteme za podršku odlučivanju predstavljaju deo procesa planiranja koji zajedno sa korišćenjem podataka dobijenih prognoziranjem predstavljaju dobru osnovu za donošenje poslovnih odluka čime se može ostvariti konkurentna prednost na liberalizovanom tržištu.

Bibliografija

- [1] **V. Radojičić, B. Bakmaz, S. Veličković**, Prognoziranje novih telekomunikacionih servisa, *Saobraćajni fakultet*, 2013.
- [2] **J. A. Norton, F. M. Bass**, A Diffusion Theory Model of Adoption and Substitution for Successive Generations of High-Technology Products, *Management Science*, vol. 33, no. 9, 1987, 1069-1086
- [3] **Z. Jiang, D. C. Jain**, A Generalized Norton-Bass Model for Multigeneration Diffusion, *Journal Management and Science*, Volume 58, issue 10, 2012, 1887-1897
- [4] **V. Mahajan, E. Muller**, Timing, diffusional and substitution of successive generations of technological innovations: The IBM mainframe case *Technological Forecasting and Social Change*, 51, 1996, 109-132
- [5] **S. Veličković, V. Radojičić**, Nova modifikacija Bassovog modela sa etapnim razvojem infrastructure komunikacione mreže. *Springer, Berlin-Heidelberg*, 2000.

Primena Box-Jenkins pristupa za prognoziranje broja vozila na deonicama autoputeva u Srbiji

Bratislav Lazić

Univerzitet u Beogradu, Institut Mihajlo Pupin, Volgina 15, Beograd, Srbija
bratislav.lazic@pupin.rs

Nebojša Bojović

Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305, Beograd, Srbija
nb.bojovic@sf.bg.ac.rs

Gordana Radivojević

Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305, Beograd, Srbija
g.radivojevic@sf.bg.ac.rs

Gorana Šormaz

Univerzitet u Beogradu, Institut Mihajlo Pupin, Volgina 15, Beograd, Srbija
gorana.sormaz@pupin.rs

Apstrakt. Prognoziranje broja korisnika autoputeva u Srbiji je jedan od bitnih preduslova za planiranje i organizaciju rada Sistema naplate putarine. JP Putevi Srbije, koje se bavi organizacijom naplate putarine, treba da zna budući obim saobraćaja i u skladu sa time planira svoje resurse u segmentima nabavke, održavanja, uvođenja novih rešenja i primene različitih strategija upravljanja sistemom. U radu su analizirani istorijski podaci o broju vozila na autoputevima u Srbiji i na osnovu toga su razvijeni ARIMA modeli za prognozu broja vozila na deonicama autoputeva Beograd – Niš i Beograd – Šid. Modeli su primenjeni za prognozu mesečnog broja vozila za 2015. i 2016. godinu.

Ključne reči: vremenske serije, prognoziranje, ARIMA, naplata putarine.

1. Uvod

Mreža autoputeva u Republici Srbiji obuhvata deonice Beograd – Niš, Beograd – Šid i Beograd – Subotica, koje povezuju osnovne saobraćajne pravce prema istočnom i južnom Balkanu i centralnoj Evropi. Na svim deonicama autoputeva se vrši naplata putarine, i to je u nadležnosti JP Putevi Srbije, koje se bavi organizacijom rada, nadzorom, upravljanjem i tehničkim obezbeđenjem funkcionisanja sistema. Kako bi planiranje i organizacija rada odgovarali budućim potrebama sistema, potrebno je prognozirati broj vozila na svim deonicama autoputeva.

Prognoza se zasniva na broju vozila u prethodnom vremenskom periodu, odnosno na proučavanju mesečnih vremenskih serija vozila na deonicama autoputa. U ovom radu je za analizu vremenskih serija primenjena multiplikativna sezonska ARIMA klasa modela nestacionarnih vremenskih serija.

Rad je organizovan na sledeći način. U drugom poglavlju je opisana Box-Jenkins metodologija za analiziranje i modeliranje vremenskih serija. U trećem poglavlju su prikazani ARIMA modeli za prognoziranje broja vozila. U četvrtom poglavlju su data zaključna razmatranja i pravci budućih istraživanja.

2. Box-Jenkins metodologija za modeliranje vremenskih serija

Vremenska serija se može opisati kao skup vremenski uređenih realizacija jedne slučajne promenljive u toku više uzastopnih vremenskih perioda. Proučavanjem promena slučajne promenljive u vremenu nekada je moguće definisati model ponašanja koji omogućava prognoziranje budućeg stanja. Sezonske vremenske serije sadrže periodične promene koje se ponavljaju u određenim vremenskim intervalima. Kada se realizacija slučajne promenljive ponavlja posle perioda sezone sa izvesnim pravilnostima, može se očekivati da će vrednosti u periodima sezone biti u međusobnoj korelaciji.

Box i Jenkins su kombinujući operator sezonskog diferenciranja sa ARIMA modelom, definisali multiplikativni sezonski ARIMA model sa periodom sezone s kao $ARIMA(p, d, q) \times (P, D, Q)_s$, gde su p i q redovi nesezonskog autoregresivnog polinoma i polinoma pokretnih sredina, P i Q su redovi sezonskog autoregresivnog polinoma i polinoma pokretnih sredina, d je nesezonski a D sezonski stepen diferenciranja (Box et al., 1994; Wei, 2006; Cryer, Chan, 2008).

Box i Jenkins su predložili metodologiju za analiziranje i modelovanje vremenskih serija koja obuhvata četiri faze (Box et al., 1994):

- Identifikacija modela,
- Estimacija modela,
- Validacija modela, i
- Predviđanje.

Identifikacija modela se sastoji od niza postupaka nad podacima vremenskih serija, kako bi se izabrao odgovarajući model iz skupa ARIMA modela. Ovi postupci obuhvataju (Tsui et al., 2014): grafički prikaz vremenskih serija, grafički prikaz funkcija autokorelacije (ACF) i parcijalne autokorelacije (PACF), testove jediničnih korena i sezonski HEGY. Opisanim postupcima dolazi se do skupa vrednosti parametara ARIMA modela (p, q, d, P, Q, D) .

Estimacija modela podrazumeva da se za svaki mogući parametar (p, q, d, P, Q, D) određuju koeficijenti autoregresivnog

polinoma i polinoma pokretnih sredina, odnosno radi se fitovanje modela. U toku ove faze primenjuju se metoda nelinearnih najmanjih kvadrata i metoda maksimalne verodostojnosti. Najbolji je onaj model koji ima najmanju vrednost informacionog kriterijuma (Cryer, Chan, 2008).

Validacija modela obuhvata proveru reziduala – razlike realizovanih i prognoziranih vrednosti. Za ovo se koriste ACF i PACF funkcije reziduala, ili neki od formalnih pristupa (npr. Ljung-Box Q-statistika). Ako ne postoji autokorelacija u rezidualima model je adekvatan. U suprotnom, model je neadekvatan i potrebno je ponovo ići na fazu identifikacije.

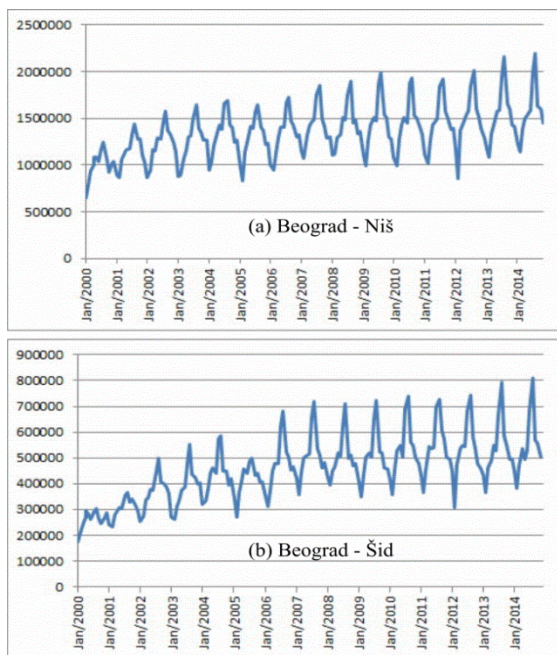
Predviđanje podrazumeva da se korišćenjem dobijenog modela izvrši prognoza vrednosti za h koraka unapred. Poređenjem dobijenih vrednosti sa h poslednjih vrednosti realizacije serije, koje nisu korišćene pri estimaciji parametara modela, može se proceniti da li izabrani model ima dobar kvalitet prognoze.

3. ARIMA modeli za prognoziranje broja vozila

Za prognoziranje broja vozila na deonicama autoputeva Beograd – Niš i Beograd – Šid korišćene su vremenske serije, za period januar 2000. – novembar 2014. godine (JP Putevi Srbije, 2000-2014). Vremenske serije sadrže 179 mesečnih realizacija, od kojih je prvih 168 korišćeno za estimaciju parametara modela a poslednjih 11 za ocenu performansi modela (Lazić et al., 2015).

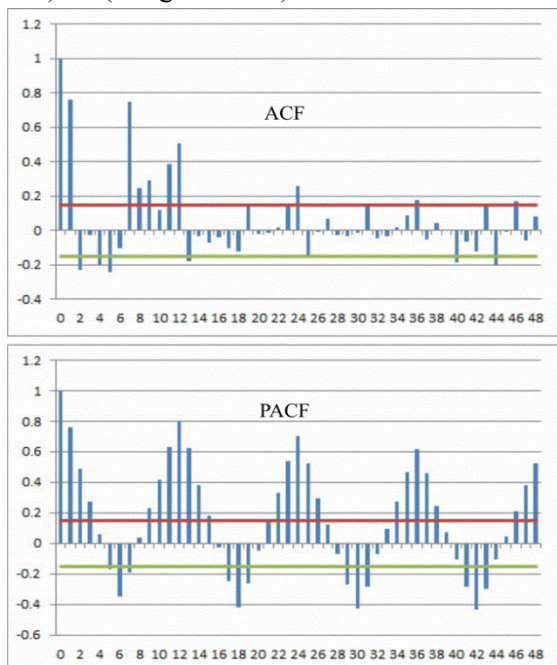
3.1. Identifikacija modela

Grafički prikaz vremenskih serija vozila na posmatranim deonicama prikazan je na slici 1. Sa grafika je uočeno je da su vremenske serije nestacionarne sa trendom rasta i sezonskom varijacijom. Sezonske varijacije se opravdavaju činjenicama da je najveći broj vozila u letnjem periodu kada su odmori i povećan tranzitni saobraćaj, a da je najmanje vozila u zimskim mesecima, posebno u uslovima niskih temperatura i padavina.



Slika 1. Vremenske serije za period 2000–2014.

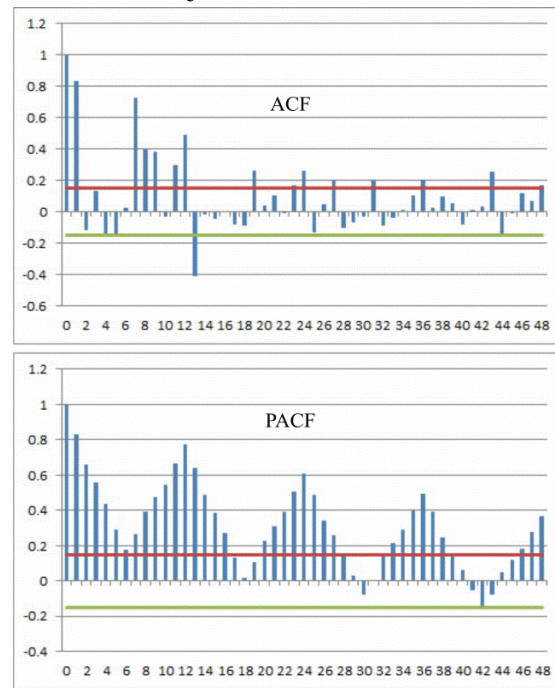
U cilju stabilizacije varijanse, izvršena je logaritamska transformacija podataka vremenskih serija. Za ln vremenske serije formirana je autokorelaciona funkcija (ACF) i parcijalna autokorelaciona funkcija (PACF), koje su prikazane na slikama 2 (Beograd – Niš) i 3 (Beograd – Šid).



Slika 2. ACF i PACF za deonicu Beograd – Niš

Velike vrednosti funkcije korelacije zabeležene su na svim vremenskim pomacima. Postepeno opadanje vrednosti ACF ukazuje na postojanje dugoročnog trenda i potrebu

diferenciranja ln vremenske serije, odnosno da je $d = 1$ u ARIMA modelu. Visoke vrednosti ACF na godišnjim pomacima ukazuju na potrebu da se modelom obuhvati sezonsko diferenciranje. Primenom operatora diferenciranja dobijene su stacionarne vremenske serije.



Slika 3. ACF i PACF za deonicu Beograd – Šid

3.2. Estimacija modela

Identifikacija modela je pokazala da posmatranim ln vremenskim serijama najviše odgovaraju modeli $ARIMA(p, 1, q) \times (P, 1, Q)_{12}$. U fazi estimacije modela razmatrani su svi mogući modeli iz alternativnog skupa modela za koje važi $p, q = 0, 1, 2$ i $P, Q = 0, 1$. Korišćenjem MATLAB Econometrix Toolbox®-a izvršena je estimacija koeficijenata autoregresivnog polinoma, polinoma pokretnih sredina, koeficijenata sezonskog autoregresivnog polinoma i polinoma pokretnih sredina za sve posmatrane modele. Za svaki od ovih modela nađene su vrednosti Akaike informacionog kriterijuma (AIC) i Bajesovog informacionog kriterijuma (BIC), i izvršen Ljung-Box Q-test. $ARIMA(1, 1, 2) \times (1, 1, 0)_{12}$ model za ln vremensku seriju deonice Beograd – Niš, i $ARIMA(0, 1, 2) \times (1, 1, 0)_{12}$ model za ln vremensku seriju deonice Beograd – Šid predstavljaju najbolje modele, jer je za njih

dobijena najniža vrednost AIC i BIC kriterijuma. Vrednosti parametara dobijenih modela date se izrazima (1) (Beograd – Niš) i (2) (Beograd – Šid).

$$\begin{aligned} (1 - B)(1 - B^{12})(1 + 0.354878B)(1 \\ + 0.715782B^{12})X_t \\ = (1 + 0.109707B \\ + 0.416844B^2)\varepsilon_t \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} (1 - B)(1 - B^{12})(1 + 0.567815B^{12})X_t \\ = (1 + 0.322099B \\ + 0.234622B^2)\varepsilon_t \end{aligned} \quad (2)$$

3.3. Validacija modela

Dijagnostičke provere potvrđuju da su izabrani modeli stacionarni i da nemaju redundantne parametre. Analiza reziduala (Ljung-Box $Q=11.6542$, p-vrednost $0.92747 > 0.05$ za deonicu Beograd – Niš i Ljung-Box $Q=25.0064$, p-vrednost $0.20119 > 0.05$ za deonicu Beograd – Šid) ukazuje da su reziduali strogo slučajni i da ne postoji značajna autokorelacija između reziduala na različitim vremenskim pomacima.

3.4. Prognoza broja vozila

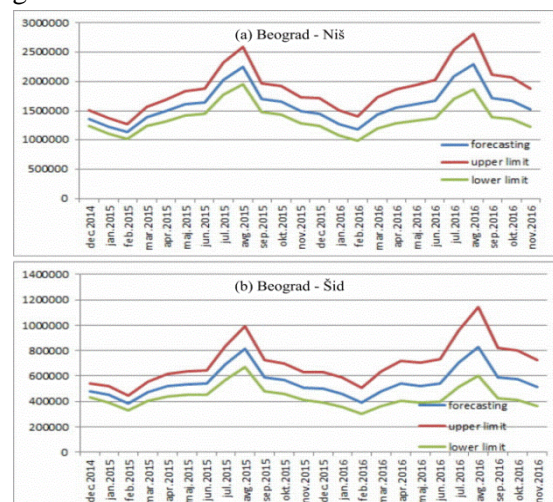
Poslednjih 11 mesečnih realizacija vremenskih serija su korišćene za ocenu performansi modela. Razlike između prognoziranih vrednosti dobijenih modelom i realizovanih vrednosti vremenskih serija za period januar-novembar 2014. godine su u granicama tolerancije jer su vrednosti srednje apsolutne procentualne greške (MAPE) i korena srednje kvadratne greške (RMSE) male. Ovo ukazuje da su dobijeni modeli dobri za prognoziranje.

Korišćenjem modela izvršena je prognoza broja vozila za period decembar 2014. – novembar 2016. godine. Vrednosti prognoze i 95% interval poverenja prikazani su na slici 4 (a) Beograd – Niš i (b) Beograd – Šid.

4. Zaključak

Prognoziranje broja korisnika autoputeva je od velikog značaja za JP Putevi Srbije, jer

se u skladu sa time vrši planiranje svih aktivnosti upravljanja, organizacije i održavanja sistema naplate putarine. U ovom radu je primenjena Box-Jenkins metodologija za izbor odgovarajućih ARIMA modela koji bi omogućili prognoziranje broja vozila na dve deonice autoputeva u Srbiji. Dobijeni modeli su pokazali visoke performanse i kvalitet izlaznih podataka. U radu je primenom modela urađena prognoza broja vozila za 2015. i 2016. godinu.



Slika 4. Prognoza broja vozila

Napomena: Ovaj rad je finansiran od strane Ministarstva nauke Republike Srbije, u okviru projekata TR 36005 i TR 36022 (2011-2015).

Bibliografija

- [1] Box G., Jenkins G., Reinsel G. (1994). Time Series Analysis Forecasting and Control. Third Edition. Prentice Hall.
- [2] Cryer J.D., Chan K. (2008). Time Series Analysis With Applications in R. Springer.
- [3] JP Putevi Srbije (2000-2014). Godišnji i mesečni izveštaji o naplati putarine.
- [4] Matlab Statistics Toolbox User's Guide R2014b. (2014). MathWorks.
- [5] Lazić, B., Bojović, N., Radivojević, G., Šormaz, G., Forecasting the Inventory Level of Magnetic Cards in Tolling System, Proceedings of the 2nd LOGIC University of Belgrade, Belgrade, 21-23 May 2015. pp. 20-25.
- [6] Tsui W.H.K., Baili H.O., Gilbery A., Gow H. (2014). Forecasting of Hong Kong airport's passenger throughput, Tourism Management 42, 62-76.
- [7] Wei W. (2006). Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods. Pearson Addison Wesley.

Primena I-Star modela na ocenjivanje troškova market impakta finansijskog instrumenta u visoko-frekventnom trgovanju

Sanja Lončar

Visoka poslovna škola strukovnih studija Novi Sad

e-mail: sanja.lonchar@gmail.com

Nataša Papić-Blagojević

Visoka poslovna škola strukovnih studija Novi Sad

e-mail: npapic.blagojevic@gmail.com

Apstrakt. Svaka transakcija finansijskim instrumentima uključuje market impakt. Kako bi se definisala što kvalitetnija strategija izvršenja neophodno je minimizovati i market impakt. U radu je na osnovu realnih tick podataka formulisan I-Star model za jedan finansijski instrument u periodima trgovanja od deset minuta. Tokom ocenjivanja parametara, prikazano je kako se mere promenljive modela (S , POV i σ) na osnovu istorijskih podataka u cilju uključivanja istih u nelinearni regresioni model.

Ključne reči: market impakt, nelinearna regresija, metoda nelinearnih najmanjih kvadrata

Abstract. With each trade in financial markets, market impact costs are included. In order to define best execution strategy it is of high importance to formulate good model for prediction and minimization of market impact. In this paper, I-Star model was applied on one financial instrument tick data with ten minutes trading periods. During parameters estimation, it is shown how to measure model variables (S , POV and σ) on the basis of historical data in order to include them in a non-linear regression model.

Key words: market impact, non-linear regression, non-linear least squares

1. Uvod

Pri svakom trgovanju finansijskim instrumentima, uključeni su i transakcioni troškovi. Perold (1988) uvodi ispitivanje transakcionih troškova kao razliku teorijskog i realnog portfolia.

Trošak market impakta¹ uključen je u grupu transakcionih troškova i predstavlja promenu cene finansijskog instrumenta izazvanu trgovanjem određenog naloga tog instrumenta na berzi (Johnson, 2010). U opštem slučaju utiče tako da cena raste (pada) kada kupujemo (prodajemo) finansijski instrument. U algoritamskom trgovanju postoji značajan broj algoritama izvršenja kojima je

cilj minimizacija market impakta i uglavnom se baziraju na principu da se veliki nalozi podele na manje delove i njima se trguje u toku dužeg vremenskog perioda.

Market impakt se razlaže na dve komponente (Almgren et al. 2005): privremeni impakt² i stalni impakt³. Privremeni impakt utiče samo na individualno izvršenje naloga, koje ga je i izazvalo (Gatheral, Schied, 2013). Stalni impakt utiče na cenu svih tekućih i budućih trgovanja. Najčešće je posledica novih informacija o finansijskom instrumentu tj. da li mu je vrednost potcenjena ili

¹ Eng. Market impact

² Eng. Temporary impact

³ Eng. Permanent impact

precejena i u skladu sa tim se vrši korekcija cene.

Matematičku formulaciju, Kissel i Glantz (2003) daju polazeći od funkcija $g(x)$ koja je putanja cene finansijskog instrumenta bez datog naloga i $f(x)$ koja predstavlja putanju cene instrumenta sa izvršenim nalogom:

$$\kappa(t) = f(t) - g(t) \quad (1)$$

Kako je praktično nemoguće izmeriti market impakt, jer to zahteva istovremenu realizaciju oba scenarija, vrši se njegova ocena koristeći različite modele poput onih formulisanih od Almgren & Criss (2001), Almgren et al (2005), Kissel & Glantz (2003), Kritzman et al. (2006).

2. I-Star model

I-Star model market impakta prikazan je u Kissel & Glantz (2003). U ovom modelu market impakt dat je sa

$$MI_{bp} = b_1 \cdot I^* \cdot POV^{a_4} + (1 - b_1) \cdot I^* \quad (2)$$

Prvi sabirak predstavlja privremeni, a drugi sabirak stalni market impakt, pri čemu je jedinica mere za market impakt u formuli (3) basis point⁴. Parametri b_1 i a_4 se dobijaju koristeći nelinearnu regresiju, POV je procenat količine trgovanja u vremenskom intervalu, a I^* je trenutni impakt definisan sa

$$I_{bp}^* = a_1 \cdot \left(\frac{Q}{ADV}\right)^{a_2} \cdot \sigma^{a_3} \quad (3)$$

Pri čemu je Q količina koja predstavlja apsolutnu vrednost razlike između ukupne količine kupljenih (V_{BUY}) i prodatih (V_{SELL}) akcija u posmatranom vremenskom intervalu, tj.

$$Q = \left| \sum V_{BUY} - \sum V_{SELL} \right| \quad (4)$$

Ukupna količina akcija trgovanih u istom vremenskom intervalu data je sa

$$V(t) = \sum_{i=1}^t v_i \quad (5)$$

a VWAP je definisan koristeći cene (p) i količine (v) pojedinih trgovanja i istom intervalu:

$$VWAP = \frac{\sum_{i=1}^t P_i V_i}{\sum_{i=1}^t V_i} \quad (6)$$

ADV⁵ je određen kao prosečno dnevno trgovanje u poslednjih 30 dana, a godišnja volatilitnost (σ), je standardna devijacija cena na zatvaranju u poslednja 22 dana koja je skalirana na godišnju volatilitnost množenjem sa $\sqrt{250}$. Količina u odnosu na ADV definisana je sa

$$S = \frac{Q}{ADV} \quad (7)$$

dok je procenat količine trgovanja u vremenskom intervalu dat sa

$$POV = \frac{Q}{V(t)} \quad (8)$$

Trošak je definisan kao razlika između prosečne cene trgovanja (VWAP) i inicijalne cene⁶ (P_0) koja predstavlja pokazatelj cene određen pre trgovanja. Trošak je izražen u bps.

$$C = \ln\left(\frac{VWAP}{P_0}\right) \cdot Side \cdot 10^4 \quad (9)$$

2.1. Podaci i primena modela

I-Star model je primenjen korišćenjem tik podataka⁷ akcija Vodafone Group plc (VOD.L) i to u periodu od 03.01.2006. do 31.08.2006. Parametri su ocenjeni na osnovu podataka iz prvih 80% uzorka, a zatim je na podacima van uzorka izvršena provera validnosti modela. Dnevno trgovanje je posmatrano od 9:30 do 16:00, pri čemu je ovaj period izdvojen na vremenske podintervale u trajanju od 10 minuta, za razliku od (Kissel, 2013) gde je dan posmatran u celini i podeljen na dva dela. Nakon ocenjivanja proste linearne regresije troška kao funkcije pojedinačnih promenljivih S (Slika 1), Volatilitnost (Slika2) i POV (Slika 3), koristeći prvih 80% podataka

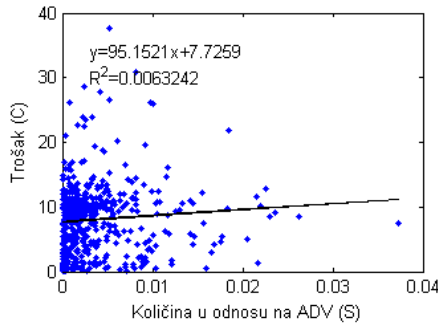
⁴ 1bps=0.01%

⁵ Eng. Average Daily Volume

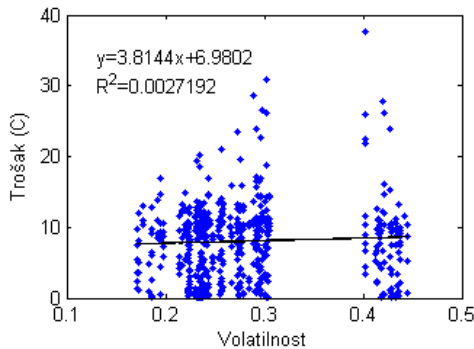
⁶ Arrival price

⁷ Eng. Tick data

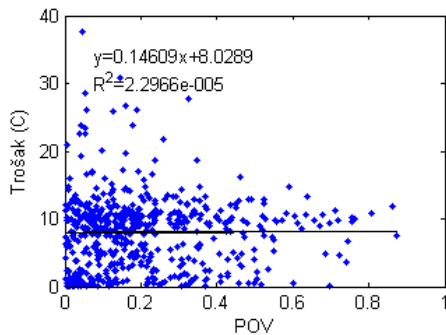
možemo zaključiti da postoji direktna zavisnost troška od njegove tri promenljive.



Slika 1. Prosta linearna regresija troška u zavisnosti od S



Slika 2. Prosta linearna regresija troška u zavisnosti od volatlnosti



Slika 3. Prosta linearna regresija troška u zavisnosti od POV

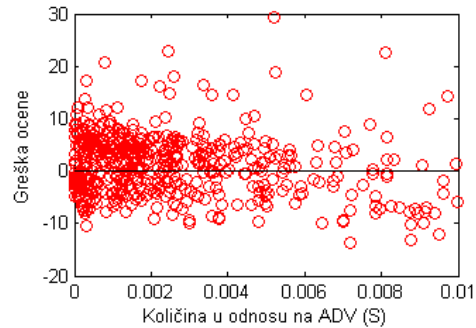
Dalje, ocenjujući nelinearnu regresiju metodom nelinearnih najmanjih kvadrata dobijeni su parametri I-Star modela za podatke iz uzorka (Tabela 1.)

a_1	a_2	a_3	a_4	b_1
100	0,11	0,89	0,10	0,70

Tabela 1. Parametri I-Star modela

Primenom modela na ostalih 20% podataka van uzorka dobili smo sledeće rezultate:

Greška ocene troška (Slika 4) definisana je kao razlika izmerenog troška i njegove ocene, na osnovu dobijenih podataka, do $S=0.006$, ocenjeni market impact je manji od realnih troškova, a nakon ove vrednosti ocena greške je veća od empirijskih vrednosti



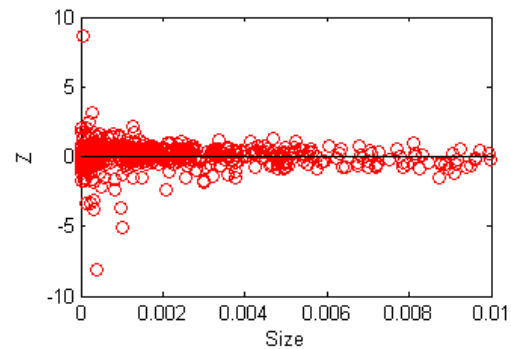
Slika 4. Greška ocene troška

Kako bi se izvršila provera validnosti modela, određeno je standardno očekivanje i standardna devijacija za slučajnu promenljivu Z (Slika 5) definisanu sa

$$Z = \frac{C - \widehat{MI}}{TR} \quad (10)$$

gde je ocenjeni rizik volatlnosti (TR)

$$TR = \sigma \cdot \sqrt{\frac{1}{3} \cdot \frac{1}{250} \cdot S \cdot \frac{1 - POV}{POV}} \cdot 10^4 bp \quad (11)$$



Slika 5. Vrednosti Z u zavisnosti od $S=Q/ADV$

3. Zaključak

U procesu trgovanja akcijama, uobičajeno je da se kupuju akcije pod najpovoljnijim uslovima, kao što su niska volatilnost i visoka likvidnost. Sa druge strane, prodaja akcija će se obavljati pod manje povoljnim uslovima, na primer, uz visoku volatilnost, nisku likvidnost i opadajuće cene. Takve tržišne okolnosti zapravo služe kao signal da li je pravi trenutak za kupovinu ili prodaju akcija. U tom smislu, odabir adekvatnog modela koji će sadržati vrednosti volatilnosti omogućiti i precizno ocenjivanje troškova.

Na osnovu dobijenih vrednosti $E(Z)=0,013$ i $\sigma^2 = 0,8857$ i s obzirom da "bez obzira na distribuciju Z, ako je model tačan, očekivanje od Z je nula i varijansa 1" (Kissel, 2013) možemo zaključiti da se model sa dobijenim parametrima može koristiti za predviđanje market impakta za datu akciju i vremenske intervale trgovanja od 10 min.

Bibliografija

- [1] **R. Almgren and N. Chriss** Optimal execution of portfolio transactions. *Journal of Risk* 3, 2001,5-40.
- [2] **R. Almgren, C. Thum, E. Hauptmann, and H. Li.** Direct estimation of equity market impact. *Risk*, 2005, 18(7), 58-62.
- [3] **J. Gatheral, and A. Schied** Dynamical models of market impact and algorithms for order execution. HANDBOOK ON SYSTEMIC RISK, Jean-Pierre Fouque, Joseph A. Langsam, eds,2013, 579-599.
- [4] **B. Johnson**, "Algorithmic Trading and DMA", 4Myeloma Press, London 2010
- [5] **R. Kissel. and M. Glantz**, Optimal Trading Strategies: quantitative approaches for managing market impact and trading risk", American Management Association 2003
- [6] **M. Kritzman, S. Myrgren, and S. Page** Implementation Shortfall. *Journal Of Portfolio Management*, 2006,33(1), 25-30.
- [7] **R. Kissell**, The Science of Algorithmic Trading and Portfolio Management, *Academic Press*, 2013
- [8] **A. Madhavan** Market microstructure: A survey. *Journal of financial markets*, 2000, 3(3), 205-258.
- [9] **A .F. Perold** The implementation shortfall: Paper versus reality, *Journal of Portfolio management*, Spring 1988

Application of economic-mathematical models for assessment of unemployment of young people

Tatjana Atanasova - Pachemska

Goce Delcev University in Stip, Republic of Macedonia

e-mail: tatjana.pachemska@ugd.edu.mk

Elena Mitreva

Goce Delcev University in Stip, Republic of Macedonia

e-mail: elena.210145@student.ugd.edu.mk

Martin Lapevski

Goce Delcev University in Stip, Republic of Macedonia

e-mail: martin.lapevski@ugd.edu.mk

Abstract

The unemployment is a common problem of modern labor markets and developed economies. Neither country is immune to the problem of unemployment, but they all have different unemployment rates. The most affected category that most felt the problem of unemployment is the young population. Reducing the rate of unemployed young people is a long and difficult process. The Republic of Macedonia is a country where the unemployment rate of young people is high. In this paper is analyzed the labor market in the country and the data are collected from the Nacional Institute of Statistics and Employment Agency about the number of unemployed youth in the past 10 years. Based on the data it is made estimation and forecasting for the unemployment trend of young people in Republic of Macedonia in the period from 2004 to 2013. Linear and exponential trend are the models which are used for the analysis. These two models are implemented to gain better insight into the trend of young unemployment in the next years.

Keywords: young unemployment, linear trend, exponential trend

1. Introduction

The unemployment is a worldwide problem, especially expressed in the developing countries, including Republic of Macedonia. The young unemployment has always been a major problem in Europe, because of the bigger unemployment rates compared with the USA. As the main problem for the high rate of young unemployment is potentiated the

mismatches between education and the needs of the labor market. In Republic of Macedonia, the demand for high educated labor force is not compatible with the supply of the labor market. For making the real and right decisions we need to forecast the direction of movement of unemployment. The forecast of the unemployment rate is very important for the economists to create strategies and

decision making in order to assist in developing in the economy in the future.

The purpose of this paper is predicting the number of unemployed young people in the next ten years based on the given data, i.e. to determine the direction and the tendency of movement of youth unemployment in the country. For this purpose, the data refer to the number of young unemployment people in the period from 2004 to 2013, based on this data we predict the trend of unemployment for the next ten years. Namely, the data which are analyzed were taken from the National Institute of Statistics and the Employment Agency of the Republic of Macedonia. Application of linear and exponential trend model identify the tendency of increasing or decreasing the number of youth unemployed in Republic of Macedonia.

2. Mathematical model

2.1 Linear trend model

Linear regression lives up to its name: it's a very straightforward approach for predicting a quantitative response Y on the basis of a single predictor variable X . It assumes that there is approximately a linear relationship between X and Y . Mathematically, we can write this linear relationship as:

$$Y \approx \beta_0 + \beta_1 X \quad (1)$$

You might read “ \approx ” as “approximately modeled as”. We will sometimes describe (1) by saying that we are regressing Y on X (or Y onto X).

In equation (1), β_0 and β_1 are two unknown constants that represent the intercept and slope terms in the linear model. Together, β_0 and β_1 are known as the model coefficients or parameters. We will produce estimates $\hat{\beta}_0$ and $\hat{\beta}_1$ for the model coefficients

$$\hat{y} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x \quad (2)$$

where \hat{y} indicates a prediction of Y on the basis of $X = x$. Here we use hat symbol, $\hat{}$, to denote the estimated value for an unknown

parameter or coefficient, or to denote the predicted value of the response.

In practice, β_0 and β_1 are unknown. So before we can use (1) to make predictions, we must use data to estimate the coefficients. Let

$$(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n) \quad (3)$$

represent n observation pairs, each of which consists of a measurement of X and a measurement of Y . The goal is to obtain coefficient estimates $\hat{\beta}_0$ and $\hat{\beta}_1$ such that the linear model (1) fits the available data well, so that $y_i \approx \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_i$ for $i = 1, \dots, n$. In other words, we want to find an intercept $\hat{\beta}_0$ and a slope $\hat{\beta}_1$ such that the resulting line is as close as possible. There are a number of ways of measuring the closeness. However, by far the most common approach involves minimizing the least squares criterion.

Let $\hat{y}_i \approx \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_i$ be the prediction for Y based on the i th value of X . Then $e_i = y_i - \hat{y}_i$ represents the i th residual – this is the difference between the i th observed response value and the i th response value that is predicted by the linear model. We define the residual sum squares (RSS) as

$$RSS = e_1^2 + e_2^2 + \dots + e_n^2 \quad (4)$$

Or equivalently as

$$RSS = (y_1 - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 x_1)^2 + (y_2 - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 x_2)^2 + \dots + (y_n - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1 x_n)^2 \quad (5)$$

The least squares approach chooses $\hat{\beta}_0$ and $\hat{\beta}_1$ to minimize RSS. Using some calculus, one can show that the minimizers are

$$\hat{\beta}_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (6)$$

$$\hat{\beta}_0 = \bar{y} - \hat{\beta}_1 \bar{x} \quad (7)$$

Where $\bar{y} \equiv \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$ and $\bar{x} \equiv \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$ are the sample means. In other words, (6) and (7) defines the least squares coefficient estimates for linear regression.

2.2. Exponential trend model

When a time series increases at a rate such that the percentage difference from value to value is constant, an exponential trend is

present. Equation (8) defines the exponential trend model.

$$Y_i = \beta_0 \beta_1^{X_i} \varepsilon_i \quad (8)$$

Where $\beta_0 = Y$ intercept, $(\beta_1 - 1) \times 100\%$ is the annual compound growth rate (in %).

The model in equation (8) is not in the form of a linear regression model. To transform this nonlinear model to a linear model we use a base 10 logarithm transformation. Taking the logarithm of each side of equation (8) results in equation (9).

$$\begin{aligned} \log(Y_i) &= \log(\beta_0 \beta_1^{X_i} \varepsilon_i) = \log(\beta_0) + (\beta_1^{X_i}) + \log(\varepsilon_i) \\ \log(\varepsilon_i) &= \log(\beta_0) + X_i \log(\beta_1) + \log(\varepsilon_i) \end{aligned} \quad (9)$$

Equation (9) is a linear model we can estimate using the least – squares method, with $\log(Y_i)$ as the dependent variable and X_i as the independent variable. This result in equation (10).

$$\log(\hat{Y}_i) = b_0 + b_1 X_i \quad (10a)$$

Where,

$b_0 =$ estimate of $\log(\beta_0)$ and thus $10^{b_0} = \hat{\beta}_0$

$b_1 =$ estimate of $\log(\beta_1)$ and thus $10^{b_1} = \hat{\beta}_1$

Therefore,

$$\hat{Y}_i = \hat{\beta}_0 \hat{\beta}_1^{X_i} \quad (10b)$$

Where, $(\hat{\beta}_1 - 1) \times 100\%$ is the estimated annual compound growth rate (in %).

3. Results

3.1. Results of linear trend model

The Table 1 shows the movement of the number of unemployed in period from 2004 to 2013.

Year	(X_t)	(Y_t)
2004	0	125418
2005	1	121495
2006	2	122561
2007	3	118867
2008	4	115906
2009	5	109776
2010	6	108380

2011	7	108627
2012	8	108262
2013	9	103210
Total	45	1142502

Table 1. Movement of unemployment in period from 2004 to 2013

From the Table 1 it can be noted that the unit for X is one year and the unit for Y are thousand unemployed people.

$$\bar{X} = 4,5; \bar{Y} = 114250,2;$$

$$\hat{\beta}_1 = -2422,8; \hat{\beta}_0 = 125152,8$$

The coefficient β_1 indicates that the number of unemployed in Republic of Macedonia, in the analyzed period, declines for 2.423 unemployed, and the coefficient β_0 is expected trend value and is 125.153 youth unemployed.

The estimated model of linear trend is:

$$\hat{Y} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X$$

$$\hat{Y} = -2422,8X + 125152,8$$

The variance of the trend is $\sigma_{\hat{Y}}^2 = 2990133,4$.

The standard deviation of the trend is $\sigma_{\hat{Y}} = 5468,21$

The representativeness of the trend is measured by standard deviation (standard error).

The coefficient of variation of the trend shows that the percentage of standard deviation from the mean trend variable Y is 4,79% (less than 10%) and suggest a good representation of the estimated linear trend model: $V_{\hat{Y}} = 4,79$

The prediction of the movement of the number of the unemployed in the period from 2015 to 2024 is shown in Table 2.

Year	(X_t)	(Y_t)
2015	10	100925
2016	11	98573
2017	12	95866

2018	13	93890
2019	14	91918
2020	15	90032
2021	16	87357
2022	17	84556
2023	18	82101
2024	19	80173

Table 2. Movement of the number of unemployment in period from 2015 to 2024

To determine the number of unemployed for each year in the future, starting from 2015 to 2024, is necessary to include the period X in the linear function.

$$\hat{Y} = -2422,8X + 125152,8$$

From the Figure 1 we can see that the number of unemployed will decline linearly in the next 10 years, so for 2015 assumes that the number of unemployed will be 100.925 and this trend will continue and in 2024 is expected 80.173 unemployed people.

The possibility of achieving forecast, i.e. prediction for 2024 is 94,19% and this is seen by the coefficient of determination which is $R^2 = 0,9419$.

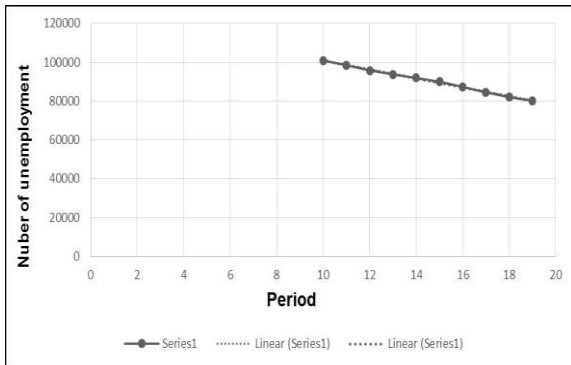


Figure 1. Function of linear trend in period from 2015 to 2024

Figure 2 shows the whole observed period from 2004 to 2024 using linear trend model.

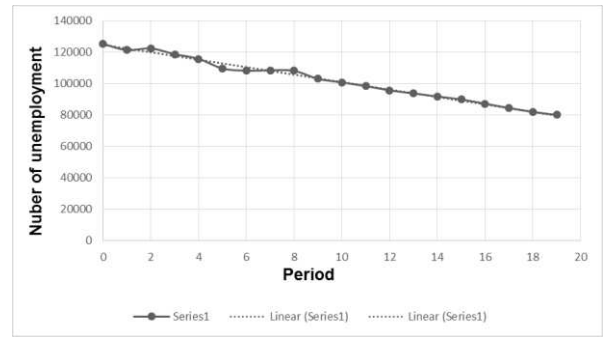


Figure 2. Function of linear trend in period from 2004 to 2024.

We can conclude that with the application of the linear trend model there will be a downward trend, i.e. linear decline of the number of unemployed in the next 10 years.

3.2 Results of exponential trend model

Below are shown the results of using the exponential trend model. The data for number of unemployment young people are same as Table 1.

The model of the exponential trend is:

$$\hat{Y} = \hat{\beta}_0 \cdot \hat{\beta}_1^X$$

To evaluate the parameters of the model with linear squares method is necessary to use logarithm:

$$\log \hat{Y} = \log \hat{\beta}_0 + \log \hat{\beta}_1 \cdot X$$

The evaluation of the parameters is:

$$\bar{X} = 4,5; \overline{\log Y} = 5,057003;$$

$$\log \hat{\beta}_1 = -0,009202; \log \hat{\beta}_0 = 5,098412$$

The estimated logarithmic model is:

$$\log \bar{Y} = 5,098412 - 0,009202X$$

With transformation:

$$\hat{\beta}_0 = 125433,05; \hat{\beta}_1 = 0,97903$$

We get the values of the parameters of the model, therefore the estimated model of the exponential trend is:

$$\hat{Y} = 125433,05 \cdot 0,97903^X$$

The parameter $\hat{\beta}_1$ shows estimation of the average rate of change of the variable Y per unit time X .

$$\bar{S} = -2,097\%$$

This means that the number of unemployed declines to 2,097% per year.

Representativeness of the model is examined with the coefficient of variation:

$$SR = 0,000426; \hat{\sigma}_{\log \hat{Y}} = 0,00729;$$

$$\hat{V}_{\log \hat{Y}} = 0,1442$$

The coefficient of variation is 0,14% (less than 10%) and shows the good representation of exponential trend model.

The assessment of the movement of the number of unemployed in the period from 2015 to 2024 is shown in Table 3.

Year	(X_t)	(Y_t)
2015	10	125433
2016	11	119082
2017	12	115368
2018	13	111772
2019	14	109766
2020	15	108810
2021	16	110045
2022	17	111629
2023	18	112991
2024	19	114492

Table 3. Movement of the number of unemployment in period from 2015 to 2024

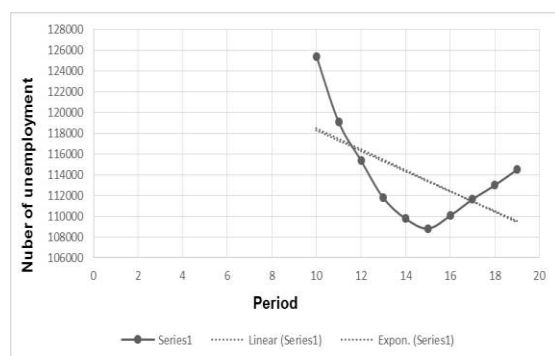


Figure 3. Function of exponential trend in period from 2015 to 2024

Exponential trend shows that after the fall of unemployment in 2013 are noticed its increase in 2015. Then will continue to decline and reach its minimum for which is expected to again start increasing.

The coefficient of determination is $R^2 = 0,9425$.

In Figure 4 is represented the entire period from 2004 to 2024 using an exponential trend.

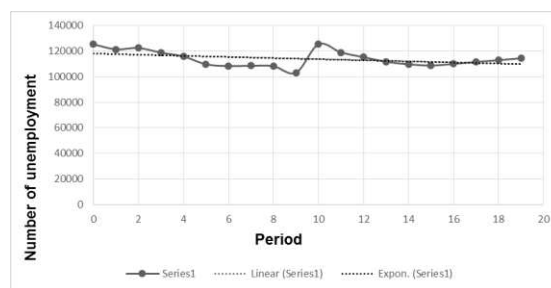


Figure 4. Function of exponential trend in period from 2004 to 2024

According to this, we can conclude that with application of exponential trend there will be a trend of exponential decline of the number of unemployed in the next 10 years.

4. Conclusion

This paper shows a way to predict the unemployment of young people in Republic of Macedonia in the next 10 years. For this purpose were used linear and exponential trend models. According to the obtained data we can conclude that there is expected downward trend of youth unemployment in Republic of Macedonia.

References

- [1] **Draper, R., N., Smith, H.** (1998). Applied Regression Analysis. A Wiley-Interscience Publication John Wiley & Sons.
- [2] **Grandov, Z., Stankov, B., Đokić, M.** (2013). *Primena statističke metode linearanog trenda na izračunavanje vrednosti ulaznih tokova SDI u Srbiji I Hrvatskoj.* Časopis za ekonomiju I tržišne komunikacije, Banja Luka, 164-178.
- [3] **Hudson, D., Wilson, A. C.** (1989). An empirical study of regression analysis as an analytical procedure. Contemporary Accounting Research, 196-215.
- [4] **James, G., Written, D., Hastie, T., Tibshirani, R.** (2013). An Introduction to Statistical Learning with application in R. Springer Text in Statistics, (59-68).
- [5] **Joksimović, D.** (2006). Poslovna statistika. Analiza vremenskih serija, Beograd, 260-281
- [6] **Papić, M.** (2008). Poslovna statistika. Zagreb, 33-61.
- [7] **Peter, J., Brockwell, R., Davis, A.** (2002). Introduction to time series and forecasting. Springer Texts in Statistics, 2nd Edition.
- [8] **Radojičić, Z.** (1999). Linearni statistički modeli. Beograd, 29-50.

**PRODUCTION
AND STOCK
MANAGEMENT**

Modeliranje upravljanja zalihama primenom nekooperativnih igara: pregled teorijskih nalaza

dr Marko Backović

Ekonomski fakultet, Kamenička 6, Beograd

e-mail: backovic@ekof.bg.ac.rs

dr Zoran Popović

Ekonomski fakultet, Kamenička 6, Beograd

e-mail: zpop@ekof.bg.ac.rs

Mladen Stamenković

Ekonomski fakultet, Kamenička 6, Beograd

e-mail: mladen@ekof.bg.ac.rs

Veljko Bojović

e-mail: bojovicveljko@gmail.com

Apstrakt. U radu će biti predstavljena analiza problema upravljanja zalihama primenom teorije igara. Konkretno, biće prikazano nekooperativno rešenje konkurentskog news-vendor modela, kako u igri koja se ne ponavlja, tako i igri koja se ponavlja. Na kraju rada dat je kratak prikaz daljih razrada ovog modela, koje su usledile nakon početnog razvoja.

Ključne reči: upravljanje zalihama, nekooperativne igre, Nešova ravnoteža, news-vendor model

1. Uvod

Dugo vremena se u modelima zaliha pretpostavljalo da je upravljanje zalihama problem koji zavisi samo od odluka jednog preduzeća, odnosno od odluka menadžera koji su u jednom preduzeću zaduženi za upravljanje zalihama. Pored toga, u tim modelima se tradicionalno pretpostavljalo da ne postoji mogućnost supstitucije dva ili više proizvoda, koja proizvode različita preduzeća, odnosno prodaju različiti prodavci koji su konkurentni u jednoj grani. Iako korisni, u smislu da su obuhvatili važne segmente problema upravljanja zalihama, ovi modeli su u potpunosti ignorisali odluke koje donose

konkurenti. Naime, upravo mogućnost supstitucije proizvoda od strane kupaca dovodi do toga da postoji *međuzavisnost* odluka konkurenata. Time se otvara mogućnost da se problem određivanja optimalnog nivoa zaliha modelira pomoću teorije igara. Prvi radovi koji su se bavili na taj način ovom problematikom napisani su krajem 80-ih godina prošlog veka, a nakon toga usledio je snažan razvoj u ovoj oblasti. Razvijen je veliki broj modela koji su pokušali da obuhvate različite situacije koje se mogu sresti u praksi. Za analizu takvih situacija obično se koristio, a i dalje se koristi, konkurentski news-vendor model, koji je nastao na bazi klasičnog news-vendor modela.

2. Klasičan news-vendor model¹

U klasičnom news-vendor modelu preduzeće se suočava sa tražnjom (ω) koja je slučajna promenljiva i ima kumulativnu funkciju raspodele $F(W) = P(W \leq \omega)$ koja ima neprekidnu gustinu raspodele $f(\omega) = \partial F(W)/\partial \omega$. Pored toga, pretpostavlja se da je funkcija f striktno pozitivna na nekom intervalu, tako da je funkcija F striktno rastuća i ima svoj inverznu funkciju F_w^{-1} . Preduzeće treba da odredi optimalan nivo zaliha kvarljivog proizvoda (x) koji ima jedinične troškove (c), pritom ne znajući unapred tačan nivo tražnje za njegovim proizvodima. Kada dođe do realizacije tražnje, proizvod se prodaje po ceni (r) po jedinici, za koju se obično pretpostavlja da je fiksna. Na početku perioda ne postoje zalihe i preduzeće se suočava sa sledećom dilemom - ukoliko odredi nivo zaliha koji prevazilazi tražnju, odnosno suočiće se sa *viškom zaliha* $(x - \omega)^+$, a vrednost proizvoda na kraju perioda (salvage value) označićemo sa s ; sa druge strane, ukoliko odredi niži nivo zaliha od potrebnog, odnosno ukoliko se suoči sa *viškom tražnje* $(\omega - x)^+$, imaće oportunitetne troškove, odnosno troškove nestašice (p), po jedinici proizvoda. Na osnovu izloženog, profit preduzeća može se prikazati na sledeći način:

$$\pi = \begin{cases} (r - c)x - (\omega - x)p, & x \leq \omega, \\ (r - c)\omega + (s - c)x, & x > \omega. \end{cases} \quad (1)$$

Preduzeće bira optimalan nivo zaliha (x) tako što maksimizira očekivani profit koji je dat sledećom funkcijom:

$$E(\pi) = rE \min\{\omega, x\} + sE(x - \omega)^+ - cx - pE(\omega - x)^+ \quad (2)$$

Izjednačavajući granični prihod sa graničnim troškom, optimalni nivo zaliha dobija se rešavanjem sledeće jednačine²:

$$F(x^*) = \frac{r-c+s}{r+p-s} \Rightarrow x^* = F_w^{-1} \left(\frac{r-c+s}{r+p-s} \right) \quad (3)$$

Kako je funkcija F striktno pozitivna, rešenje je jedinstveno. Ukoliko ne postoje troškovi nestašice ($p = 0$) i ukoliko je vrednost proizvoda na kraju perioda nula ($s = 0$), optimalan nivo zaliha je:

$$F(x^*) = \frac{r-c}{r} \Rightarrow x^* = F_w^{-1} \left(\frac{r-c}{r} \right) \quad (4)$$

3. Konkurentski news – vendor problem

Za razliku od klasičnog, u konkurentskom news-vendor modelu moguća je supstitucija između različitih proizvoda koje prodaju različiti prodavci. Naime, ukoliko kupac ne uspe da pronade željeni proizvod kod jednog prodavca, on možda neće odustati od kupovine već će otići kod drugog prodavca.³ U takvoj situaciji, nivo profita svakog prodavca ne zavisi samo od njegovog nivoa *zaliha već i od nivoa zaliha konkurenta*. U tom slučaju, javlja se mogućnost da se problem upravljanja zaliha analizira pomoću teorije igara.

3.1. Igra u jednom periodu (igra koja se ne ponavlja)

Najjednostavniji model⁴ pretpostavlja dva igrača u igri, odnosno dva prodavca i i j , od kojih se svaki suočava sa tražnjom za sopstvenim proizvodom ω_i i ω_j , respektivno. Ukupan nivo tražnje stoga je $\omega = \omega_i + \omega_j$. Ukoliko jedan od prodavaca odredi niži nivo zaliha od potrebnog, odnosno od budućeg nivoa tražnje, drugi prodavac može zadovoljiti jedan deo te tražnje koristeći sopstvene zalihe. Možemo zato napisati da je ukupan nivo tražnje drugog prodavca: $R_j = \omega_j + \beta_i(\omega_i - x_i)^+$ gde je β_i stopa supstitucije koja se kreće u intervalu $[0,1]$. Kao i u klasičnom modelu, preduzeće bira optimalan nivo zaliha maksimizirajući očekivani profit:

podcenjivanja tražnje. Rezultat će u oba slučaju biti isti.

³ Naravno, supstitucija nikad neće biti savršena, odnosno potpuna.

⁴ Model je dat prema Tranamil-Vidal [12]. Oznake ostaju iste.

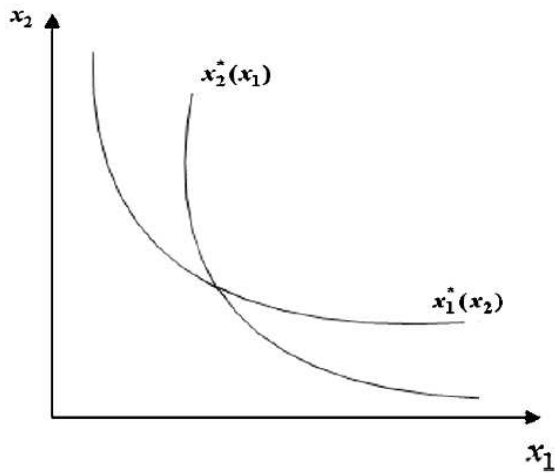
¹ Prikaz modela dat je na osnovu Chinchuluun et al [2]. Za više detalja pogledati Khouja [4].

² Razlomak u zagradi poznat je i kao **critical fractile**. Drugi način da se dođe do optimalnog rešenja je da se minimiziraju troškovi precenjivanja i

$$E[\pi_j(x_i, x_j)] = r_j E \min\{x_j, R_j\} + s_j E(x_j - R_j)^+ - c_j x_j - p_j E(R_j - x_j)^+ \quad (5)$$

Ukoliko ne postoji kooperacija između preduzeća, i ukoliko se oba preduzeća ponašaju racionalno, možemo odrediti optimalan nivo zaliha preko funkcija najboljeg odgovora koristeći koncept Nešove ravnoteže. Za igrača i funkcija najboljeg odgovora je strategija x_i^* koja maksimizira njegove isplate. Formalno: $B_i(x_j) = \operatorname{argmax}_{x_i} E(\pi_j(x_i, x_j)), \forall x_j$ (6)

Funkcije najboljeg odgovora možemo grafički predstaviti na sledeći način⁵:



Slika 1⁶. Funkcije najboljeg odgovora

Nešovu ravnotežu čini par nivo zaliha (x_i^*, x_j^*) ukoliko važi:

$$x_i^* = \operatorname{argmax}_{x_i} E(\pi_j(x_i, x_j)) \quad (7)$$

$$x_j^* = \operatorname{argmax}_{x_j} E(\pi_j(x_i, x_j)) \quad (8)$$

Iz klasičnog modela nam je poznato da je optimalan nivo zaliha:

$$x^* = \operatorname{argmax}_x E(\pi) = F_w^{-1}\left(\frac{r-c+s}{r+p-s}\right) \quad (9)$$

Stoga možemo napisati da je Nešova ravnoteža u konkurentskom news-vendor modelu data na sledeći način:

$$x_i^*(x_j^*) = F_{R_j}^{-1}\left(\frac{r_i - c_i + s_i}{r_i + p_i - s_i}\right) \quad (10)$$

⁵ Parlar [10] je u svom radu dokazao da funkcije najboljeg odgovora imaju negativan nagib. On je verovatno prvi koji se bavio ovom problematikom na ovaj način.

⁶ Chinchuluun et al [2]

$$x_j^*(x_i^*) = F_{R_i}^{-1}\left(\frac{r_j - c_j + s_j}{r_j + p_j - s_j}\right) \quad (11)$$

Kada je reč o postojanosti i jedinstvenosti Nešove ravnoteže lako se može pokazati da rešenje u ovom slučaju ispunjava oba uslova (videti [10]).

3.1. Igra koja se ponavlja

Upravljanja zalihama u praksi skoro uvek podrazumeva periodično donošenje odluka o dopuni/popunjavanju zaliha. Zbog toga je proširenje konkurentskog news-vendor modela na više perioda logičan nastavak razvoja ovog modela.⁷ Ovde ćemo razmatrati dva prodavca koji simultano donose odluke o dopuni zaliha na početku svakog perioda. Kao i u prethodnom slučaju, ukoliko se jedan od njih suoči sa viškom tražnje, jedan deo kupaca će otići kod drugog prodavca. Sa druge strane, višak zaliha se prenosi u sledeći period. Nivo zaliha na početku perioda označićemo sa I_i^t , dok su troškovi držanja zaliha po jedinici proizvoda h . Nakon dopune, ukupan nivo zaliha je $z_i^t = I_i^t + x_i^t$. Analogno prethodnom slučaju, ukupan nivo tražnje prvog prodavca⁸ je: $R_i^t = \omega_i^t + \beta_j(\omega_j^t - z_j^t)^+, i, j = 1, 2, t = 1, 2, \dots, n$ (12)

Početni nivo zaliha u narednom periodu jednak je razlici između nivoa zaliha u početnom periodu i količine prodatih proizvoda, što se može predstaviti sledećom jednačinom:

$$I_i^{t+1} = [z_i^t - \omega_i^t - \beta_j(\omega_j^t - z_j^t)^+]^+, i, j = 1, 2, t = 1, 2, \dots, n \quad (13)$$

Očekivani profit u prvom periodu je:

⁷ Netessine, Rudi i Wang [9] su prvi koji su proširili model na ovaj način. Ovde će ukratko biti prikazan njihov model. Oznake, kao i u prethodnom slučaju, ostaju iste.

⁸ Tražnju drugog prodavca dobijamo na sličan način.

$$E[\pi_i(z_1, z_2)] = r_i E \min\{R_i, z_i\} - h_i E(z_i - R_i)^+ - p_i E(R_i - z_i)^+ - c_i x_i \quad (14)$$

Kako buduće isplate vrede manje od sadašnjih, njih diskontujemo po stopi δ , $0 < \delta < 1$. Stoga će ukupan profit u ostatku posmatranog perioda biti:

$$E[\pi_i] = E \sum_{t=1}^{\infty} \delta_i^{t-1} [r_i \min\{z_i^t, R_i^t\} - h_i (z_i^t - R_i^t)^+ - p_i (R_i^t - z_i^t)^+ - c_i x_i^t] \quad (15)$$

Koristeći određene manipulacije (videti [3]), funkcija cilja se može konvertovati u sledeći oblik:

$$E[\pi_i] = c_i x_i^1 + \sum_{t=1}^{\infty} \delta_i^{t-1} G_i^t(z_i^t), \quad i = 1, 2 \quad (16)$$

gde je $G_i^t(z_i^t)$ funkcija cilja u jednom periodu. Konačno rešenje za optimalan nivo zaliha je:

$$z_i^* = F_{R_i^*}^{-1} \left(\frac{r_i - c_i}{r_i + h_i + p_i - c_i \delta_i} \right) \quad i = 1, 2 \quad (17)$$

4. Dalja razrada modela⁹

Nakon početnog modela, usledio je razvoj čitavog niza drugih modela koji su razradili ovu problematiku. Wang i Parlar [13] su proširili igru u jednom periodu na slučaj sa tri proizvoda, dok su Rudi i Netessine [11] razvili igru sa arbitrarnim brojem proizvoda i ustanovili su da postoji jedinstvena globalna Nešova ravnoteža koja je stabilna. Lippman i McCardle [6] su razvili konkurentski news-vendor model u uslovima duopolske i oligopolske strukture. U slučaju duopola oni su pokazali da postoji Nešova ravnoteža sa čistim strategijama koja je jedinstvena. Pored toga, značajan rezultat do kojeg su došli je da konkurencija dovodi do rasta optimalnog nivoa zaliha. Mahajan i van Ryzin [7] modelirali su igru u kojoj postoji n prodavaca koji prodaju supstitabilne proizvode, pod pretpostavkom da je tražnje stohastička, a potrošači heterogeni. Pokazali su da je ravnoteža jedinstvena u

slučaju simetrične igre. Pored ovih modela, razvijen je i čitav niz drugih koji polaze od pretpostavke da igrači nisu iste jačine, odnosno da se igra odvija između lidera i satelita (Štackelbergova igra). Ovakav tip igre analizirali su Rudi i Netessine [8], Lariviere i Porteus [5] i Anand et al [1].¹⁰

Bibliografija

- [1] **K. Anand, R. Anupindi, Y. Bassok.** Strategic Inventories in Procurement Contracts. University of Pennsylvania, working paper, 2002.
- [2] **A. Chinchuluun, A. Karakitsiou and A. Mavrommati.** Game theory models and their applications in inventory management and supply chain. In: A. Chinchuluun, P. Pardalos, A. Migdalas, & L. Pitsoulis (Eds.), Pareto optimality, game theory and equilibria. New York: Springer, 2008, pp. 833-865.
- [3] **D.P. Heyman, M.J. Sobel.** Stochastic Models in Operations Research. Vol. II: Stochastic Optimization, McGraw-Hill, New York, 1984.
- [4] **M. Khouja.** The Single-Period (News-Vendor) Problem: Literature Review and Suggestions for Future Research. Omega, 1999, 27, 537-553.
- [5] **M.A. Lariviere, E.L. Porteus.** Selling to the Newsvendor: An Analysis of Price-Only Contracts. Manufacturing & Service Operations Management, 2001, 3(4), 293-305.
- [6] **S. Lippman, K. McCardle.** The competitive newsboy. Operations Research, 1997, 45, 54-65.
- [7] **S. Mahajan, G. van Ryzin.** Inventory competition under dynamic consumer choice. Operations Research, 1997, 49, 646-657.
- [8] **S. Netessine, N. Rudi.** Supply Chain Structures on the Internet and the Role of Marketing-Operations Interaction. In: Simchi-Levi, D., Wu, S.D., Shen, Z.M. (eds) Handbook of Quantitative. Supply Chain Analysis: Modeling in the E-Business Era. Kluwer Academic Publishers, New York, 2004, pp. 607-639.
- [9] **S. Netessine, N. Rudi, Y. Wang.** Dynamic Inventory Competition and Customer Retention. working paper, 2003.
- [10] **M. Parlar.** Game theoretic analysis of the substitutable product inventory problem with random demands. Naval Research Logistics, 1988, 35, 397-4090.
- [11] **N. Rudi, S. Netessine.** Centralized and Competitive Inventory Models with Demand Substitution. Operations Research, 2003, 51(2), 329-335.
- [12] **R. Tranamil-Vidal.** Application of Game Theory in Inventory Management, XLIII Jornadas Argentinas de Informática e Investigación Operativa (43JAIIO) - XII Simposio Argentino de Investigación Operativa (SIO), Buenos Aires, 2014.
- [13] **Q. Wang, M. Parlar.** A Three-Person Game Theory Model Arising in Stochastic Inventory Control Theory. European Journal of Operational Research, 1994, 76, 83-97

⁹ Usled ograničenosti prostora biće navedeni samo najvažniji radovi i rezultati.

¹⁰ Poseban skup modela čine oni koji su u igru uključili i dobavljače. Za pregled literature pogledati Tranamil-Vidal [12].

RISK MANAGEMENT

Zaštita od poplava u industrijskoj zoni Šabac - pogon Beli limovi

Petra Tanović

Visoka tehnička škola strukovnih studija u Novom Sadu

e-mail: stevanovic@vtsns.edu.rs

Goran Stefanović

Odeljenje za vanredne situacije u Šapcu, Sektor za vanredne situacije, MUP R. Srbije

e-mail: stefanovicgoran93@gmail.com

Branko Babić

Visoka tehnička škola strukovnih studija u Novom Sadu

e-mail: babic@vtsns.edu.rs

Apstrakt.

Industrijalizacija i savremen način života dovode do poremećaja u životnoj sredini, a to se odražava u zagađenju (zemljišta, vode, vazduha), ubrzanom nestajanju prirodnih resursa i prekomernoj potrošnji svih vrsta energije. Posledice toga su klimatske promene, pojačan efekat staklene bašte, poremećaj biološke ravnoteže, nestanak mnogih biljnih i životinjskih vrsta i ugrožavanje čovekovog opstanka. Promene klime u širem smislu predstavljaju posledice složenih procesa i ogledaju se kroz promene klimatskih parametara tokom dužih perioda. Padavine su jedan od najvažnijih klimatskih faktora. Veći deo Srbije ima kontinentalni režim padavina sa većom količinom padavina u toplijem delu godine, a najviše padavina se događa u maju i junu. Cilj ovog rada je da ukaže na nedostatke u sistemu i organizaciji zaštite i spasavanja i da se ukaže na mere, postupke i radnje koje treba preduzeti, u privrednom društvu, da se u budućnosti spreče ili svedu na najmanju moguću meru sve opasnosti koje mogu ugroziti stanovništvo, materijalna i kulturna dobra i životnu sredinu.

Ključne reči: poplave, životna sredina, mere zaštite, opasne materije

1. Uvod

Zakonom o zaštiti životne sredine [2] obezbeđuje se ostvarivanje prava čoveka na život u zdravoj životnoj sredini i uravnotežen odnos privrednog razvoja i životne sredine. Zagađenje životne sredine jeste unošenje zagađujućih materija ili energije u životnu sredinu, izazvano ljudskom delatnošću ili prirodnim procesima koje ima ili može imati štetne posledice na kvalitet životne sredine i zdravlje ljudi.

Antropogeni faktori klimatskih promena nastaju delovanjem čoveka. Današnje razmatranje klimatskih promena uglavnom se svodi upravo na ove antropogeno indukovane promene klime. Klimatske promene predstavljaju promene klime koje se direktno ili indirektno pripisuju ljudskim aktivnostima koje menjaju sastav atmosfere i koje se za razliku od klimatskih varijabilnosti beleže tokom dužeg vremenskog perioda.

Padavine su jedan od najvažnijih klimatskih faktora. Količina padavina u Srbiji je nepravilno raspoređena i vremenski i prostorno. Normalna godišnja količina padavina za celu zemlju iznosi 896 mm. Godišnje količine padavina u proseku rastu sa nadmorskom visinom, tako da se suvlje oblasti sa padavinama ispod 600 mm nalaze na severoistoku zemlje i u dolini Južne Morave i

delu Kosova. Oblasti prema zapadu i jugozapadu predstavljaju najkišovitije delove Srbije gde se beleže padavine i do 1000 mm.

Veći deo Srbije ima kontinentalni režim padavina sa većom količinom padavina u toplijem delu godine, a najviše padavina se događa u maju i junu. U Srbiji je 2014. godina bila najkišovitija u periodu od 1951. godine do danas. Na dvanaest glavnih meteoroloških stanica (GMS) je prevaziđena maksimalna godišnja količina padavina.

Poplave se najčešće javljaju u proleće kada se usled kombinacije otopljenog snega i kiše formira izuzetno visok poplavni talas, kao u kasnu jesen koja se odlikuje obilnim padavinama. Da li će doći do izlivanja visokih voda zavisi od stanja vodostaja glavnog toka u vreme njegovog porasta, odnosno od sposobnosti rečnog korita da primi novu količinu vode do visine kritičnog nivoa, kao i od pripremljenosti sistema zazaštite od poplava. Kod ravničarskih reka poplave su češće nego kod planinskih. Osim toga, one su po posledicama većih razmera i sa većim posledicama po ljude i životnu sredinu.

Razvojem nauke i tehnologije čovek je za svoje potrebe stvorio veliki broj materijala složenog hemijskog sastava. Međutim, ako se ti materijali nađu u prirodi u velikim

koncentracijama dolazi do zagađenja životne sredine, a čak i do ekološke katastrofe velikih

2. Stanje u Železari Beli limovi pre poplava

Fabrika Železara Smederevo d.o.o. ogranak "Beli limovi" u Šapcu proizvodi beli lim koji se koristi u industriji ambalaže, za konzervisanje prehrambenih proizvoda, za pakovanje boja i lakova, hemikalija, farmaceutskih proizvoda, duvana, kozmetike, krunskih zatvarača i drugog. [7]

Opasne materije koje se koriste ili se stvaraju u procesu proizvodnje su: hrom trioksid, natrijum dihromat, natrijum hipohlorit, acetilen, 96% sumporna kiselina, fenolsulfonska kiselina, 34-36% vodonik peroksid, 45-50% rastvor natrijum hidroksida, natrijum bisulfit i gvožđe sulfat. Kao opasan otpad se stvara kalajni mulj, kalajni elektrolit i otpadna filter pogača od tretmana otpadnih voda [6].

Opasne materije su klasifikovane na osnovu pravilnika o klasifikaciji, pakovanju, obeležavanju i reklamiranju hemikalija i određenog proizvoda ("Sl. Glasnik RS", br. 59/10, 25/11, 5/12) i za njih se sačinjava plan zaštite od udesa i preduzimaju mere za sprečavanje udesa i ograničavanje uticaja udesa na život i zdravlje ljudi, materijalnih dobara i životnu sredinu ("Sl. Glasnik RS, br. 8/2013).

U slučaju udesa dolazi do oslobađanja toksičnih gasova kao što su ugljen monoksid, sumpor dioksid, sumpor trioksid, azot monoksid, azot dioksid, amonijak, hlor, hlor dioksid i razna fenolna jedinjenja.

U skladu sa savremenim trendovima velika pažnja se poklanja bezbednosti i zdravlju na radu i zaštiti životne sredine. U fabrici je ugrađen najsavremeniji pogon za prečišćavanje otpadnih voda koje nastaju u proizvodnom procesu.

Železara Smederevo d.o.o., ogranak Šabac, je 21.03.2014. godine formirala multidisciplinarni stručni tim za izradu plana zaštite od udesa i taj plan je donesen u skladu sa važećim zakonskim propisima neposredno pre poplava.[9] U tom planu je istaknuto da od 1997. godine pa do marta 2014. godine nije bilo udesa, što govori o kvalitetu rada i pažnji koja se poklanja zaštiti životne sredine i bezbednosti i zdravlju na radu.[9] Predmet Plana zaštite od udesa je hemijski udes i njegove posledice po životnu sredinu. Međutim, svaka aktivnost nosi sa sobom i određeni rizik. Verovatnoća nastanka rizika je

razmera.

veća kod složenih procesa proizvodnje. Osnovni zadatak prilikom svakodnevnog rada je da se primenom zaštitnih mera kao i redovnim kontrolnim merama rizik održava na prihvatljivom nivou.[13]

Izlivanje i prskanje prisutnih hemikalija može da izazove iritaciju ili opekotine na koži i očima kao i ozbiljnu iritaciju disajnih puteva sa upalom grla, kašljem, nedostatkom daha i hemijskim opekotinama disajnih puteva. [11]

U slučaju pucanja rezervoara, drenažnim sistemom se prolivena tečnost iz prihvatnih posuda odvodi u postrojenje za preradu otpadnih voda. Do udesa koji nosi ekološku opasnost može doći ukoliko otkazu pH i mV elektrode i šestovalentni hrom i fenoli zagađuju zajednički tretman otpadnih voda i potencijalno mogu dospeti do vodotoka Cerskog kanala.[11]

U slučaju prirodnih nepogoda - poplava opasnost od udesa koji nosi veliku ekološku opasnost je izlivanje hemikalija i otpadnog elektrolita kao i dospevanje otpadnog mulja u vodu može da izazove zagađenje zemljišta i vodotokova fenolima i šestovalentnim hromom.

Poplava se može definisati kao prirodna nepogoda izlivanja voda, tj. poplavnog talasa iz rečnog korita. Ovaj vid elementarnih nepogoda zahteva posebnu pažnju, naročito kad se ima u vidu iznenadna opasnost, učestalost javljanja, stepen ugroženosti koje sobom nosi. Poplave su najizrazitiji i najteži oblik delovanja vodene stihije.

2.1. Poplava u privrednom društvu „Železara Smederevo” d.o.o. Ogranak Šabac- Beli limovi

Od 1983. godine kada je fabrika izgrađena pa sve do maja 2014. godine, nije predviđen niti izrađen dokument ili elaborat kojim bi bile predviđene procedure, mere i radnje koje bi trebalo preduzeti u slučaju poplava, posebno ako se zna da je fabrika izgrađena na samoj obali reke Save bez ikakvog zaštitnog zida, nasipa ili bedema. [9]

Usled višednevnih vremenskih nepogoda na prostorima celog toka reke Save i njenih pritoka došlo je do velikog porasta vodostaja na reci Savi i Cerskom obodnom kanalu. Pošto se pogon nalazi u neposrednoj blizini rečnog korita Save, sa jedne strane, i Cerskog obodnog kanala sa druge strane, postojala je

velika opasnost od dotoka površinskih i izbijanja podzemnih voda u krugu fabrike. Glavna opasnost od dotoka površinskih voda je dolazila od vode koja je ulazila na prugu u proizvodnoj hali neposredno uz magacine gotovog proizvoda i sirovina, kao i od vode koja je mogla ući kroz ulaze u halu. Opasnost od izbijanja podzemnih voda je bila stalno prisutna i manifestovala se kao jak priliv podzemnih voda u podrum linije za kalaisanje. Rizici od eventualnih poplava u fabrici su bili veliki zbog količina gotovog proizvoda i sirovina. U tom trenutku u magacinima fabrike

2.1.1. Preduzete mere zaštite nakon poplava

Nakon poplava u maju 2014. godine i sanacija pogona i kruga preduzete su preventivne mere zaštite u slučaju novih poplava. Doneto je „radno uputstvo“ [6] o postupanju sa opasnim materijama i otpadnim materijama u slučaju poplava odnosno vanredne situacije izazvane poplavama. Uputstvo je stupilo na snagu 15.09.2014. godine i njime su precizirane odgovornost, procedure, postupci, mere i radnje u slučaju poplave. Popisana su sva mesta gde se u normalnim uslovima proizvodnje nalaze opasne materije i opasan otpad, razvrstane po vrstama i količinama. Navedene su procedure koje se izvode zavisno od porasta nivoa Save i lokacije na koje se opasne materije i opasan otpad izmeštaju-odlažu.[6] Nabavljena je i nova oprema koja će se koristiti u slučaju vanredne situacije: agregat, muljne pumpe velikog kapaciteta (slika 1), stabilna cevna instalacija za odvod vode iz podruma i hala.

U sve hale, magacinske prostore, podrumne urađene su cevi koje imaju zadatak da vodu koja bi došla u prostorije odvede do Cerskog obodnog kanala (slika 2).

Šahtovi su izdignuti deset centimetara iznad najvišeg nivo vode koji je zabeležen u vreme poplava. Ovo je značajna mera jer se time sprečava mešanje bilo koje površinske vode sa otpadnim vodama koje nastaju u proizvodnom ciklusu.

se nalazilo oko 3500 tona gotovog proizvoda i oko 1900 tona crnog lima - sirovine. [9]

Nakon istakanja hemikalija iz rezervoara isti su dopunjeni sa vodom zbog izjednačavanja pritiska sa plavnom vodom i sprečavanja oštećenja opreme. Istovremeno sa istakanjem hemikalija vršeno je i crpljenje vode iz podrumskih prostorija pogona. Na ovaj način je sanirano stanje u fabrici "Beli limovi" i sprečene nesagledive posledice po zdravlje ljudi, životinja i životnu sredinu, koje bi nastupile u slučaju da je došlo do izlivanja opasnih materija.



Slika 1: Pumpa velikog kapaciteta



Slika 2: Ugrađene cevi

2.1.2. Predložene mere zaštite u fabrici

U halama nekadašnje fabrike „Zorka“ još uvek se nalazi 12 tona piralena, koji je jedna od najkancerogenijih materija. Sadrži i 300.000 tona jarosit taloga i 900 tona olovnog srebrnog taloga.[9] Smatra se da ovaj otpad može uzrokovati pojavu tumora, promenu genetskog materijala. Izmeštanje ovog opasnog otpada prioritetna je obaveza i potrebno je izvršiti u najkraćem mogućem roku.

Kao dopuna građevinskim radovima, u novije vreme su u svetu sve više u primeni neinvesticione mere zaštite od poplava, najčešće kao dopuna već sprovedenih

građevinskih mera. Ove mere nemaju neposredan uticaj na proticaj velikih voda, ali odražavaju nastojanje da se smanje štete koje poplave mogu prouzrokovati, primenom strategije upravljanja, a ne izgradnje.

Najznačajniju preventivnu meru predstavlja izrada Procene ugroženosti i Planova zaštite i spasavanja, kao i ažuriranje Plana zaštite od udesa, u kojima se definišu obaveze i prava svih učesnika u odbrani od poplava i drugih opasnosti koje mogu zadesiti privredno društvo.

Adekvatnu zaštitu pružili bi zaštitni metalni zidovi koji se već nalaze u praktičnoj primeni u velikom broju gradova u svetu (slika 3). Zidovi za zaštitu od poplava su privremeno rešenje koje treba da privremeno zaustave vodu koja se izliva iz reke ili drugih vodenih pojaseva nakon ekstremnih vremenskih uslova. Najčešće imaju veliku kapiju koja se otvara kako bi ljudi i vozila prolazili ukoliko je to potrebno. Konstrukciju zidova čine aluminijumske daske i betonski stubovi koji se veoma brzo montiraju i veoma su laki. Osnova za postavljanje ovih zidova je betonska košuljica na koju se zidovi postavljaju, i ona je jedini fiksni element ovih zidova. Nakon poplave zidovi se lako mogu ukloniti i skladištiti do narednih opasnosti od poplava. U cilju zaštite i sprečavanja posledica od podzemnih voda neophodno je obezbediti mobilne pumpe za crpljenje vode visokog kapaciteta (slika 1).



Slika 3: Zid sa kapijom

Gumene čepove idealna su oprema za brzo i pouzdano začepeljivanje ili zatvaranje drenažnih sistema, cevovoda, kanalizacijskih sistema i kanala. Uglavnom se koriste tokom sanacije i održavanja, te prilikom popravke zbog curenja, te za ispitivanje novih i postojećih kanalizacijskih sistema i cevovoda. Čepovi su izrađeni od kvalitetne gume ojačane vlaknima. Otporni su na sve atmosferske prilike i hemijske materije (slika 4).



Slika 4: Gumeni čep

Vazdušni jastuci za zaptivanje i gumene čepove visoko su otporni na starenje. Životni vek im je preko 30 godina. Ovi uređaji su veoma otporni protiv hemikalija. Jedan uređaj se može upotrebiti u mnogo različitih prečnika cevi.

3. Zaključak

Sa urbanizacijom i povećanjem vrednosti materijalnih dobara, kao i neizvesnostima koje unose klimatske promene, pokazalo se da postojeći sistemi pasivne zaštite nasipima nisu dovoljni i da se strategija odbrane od poplava mora korigovati ne samo u tehničkom pogledu, već i promenom razmatranja rizika od poplava u javnosti. Umesto tradicionalnog pristupa odbrani od poplava, potrebno je preći na koncept živeti sa poplavama, koji je zasnovan na saznanju da apsolutna zaštita od poplava nije moguća. Čak i tamo gde postoje

objekti zaštite, prisutan je zaostali rizik od havarija.

Kao dopunu hidrograđevinskih mera, potrebno je preduzeti i niz preventivnih (neinvesticionih) mera, kao što su kartiranje, planiranje i uređenje prostora ugroženih poplavama. Pored karti plavnih zona, Evropske direktive predviđaju i izradu karti rizika, kao i planova upravljanja poplavama. U organizacionom smislu, potrebno je uspostaviti mrežu centara iz kojih bi se efikasno upravljalo svim aktivnostima u fazi

planiranja, pripreme i operativnog vođenja odbrane od poplava.

Na ugroženoj populaciji i privredi je da pruži svoj doprinos tako što će poštovati već doneta planska dokumenta i graditi objekte

van ugroženog područja, a na postojećim objektima primeniti razne mere za smanjenje štete od plavljenja (izolacija podruma, izmeštanje instalacija, postavljanje pokretnih barijera i dr.).

4. Bibliografija

- [1] Zakon o vanrednim situacijama (Sl glasnik R. Srbije br. 111/2009, 92/2011, 93/2012)
- [2] Zakon o zaštiti životne sredine (Sl. Glasnik R. Srbije br. 135/2004, 36/2009, 36/2009-dr. zakon, 72/2009-dr. zakon i 43/2011- odluka US)
- [3] Zakon o proceni uticaja na životnu sredinu (Sl glasnik R. Srbije br. 135/04 i 36/09)
- [4] Zakon o zaštiti od požara (111/2009)
- [5] Plan zaštite od udesa (21.03.2014)
- [6] Radno uputstvo Železare Smederevo-ogranak Beli limovi Šabac (15.09.2014)
- [7] Internet portal www.zelezarasmederevo.rs
- [8] Izveštaj o poplavama SVS MUP-a R. Srbije
- [9] Izveštaj o poplavama Železare Smederevo-ogranak Beli limovi Šabac
- [10] Šimon A. Đarmati, Đorđe Lj. Aleksić: Razorne sile Radnička štampa, Beograd 2004.
- [11] Čvorović V. Zoran, Odgovor na hemijski akcident, Zadužbina Andrejević, Beograd (1999)
- [12] Ratko Stojanović, Zaštita i spasavanje ljudi i materijalnih dobara u vanrednim situacijama, Vojno izdavački zavod, Beograd, 1984.
- [13] Upravljanje rizikom od udesa i sprečavanje zagađivanja životne sredine - metodološki pristup, Zbornik radova sa međunarodnog naučnog skupa „Vanredne situacije”, Vojno izdavački zavod, Beograd, 2009.
- [14] Biočanin R., Amidžić B., Zagađujuće materije u radnoj i životnoj sredini, Naučno-stručni skup zdravstvenih radnika Republike Srbije međunarodnim učešćem, Zlatibor, 2004.

Hibridni model za identifikaciju rizika u projektima inovacija proizvoda

Radul Milutinović

Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu, Jove Ilića 154
e-mail: radul.milutinovic@fon.bg.ac.rs

Biljana Stošić

Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu, Jove Ilića 154
e-mail: biljst@fon.bg.ac.rs

Dragana Makajić-Nikolić

Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu, Jove Ilića 154
e-mail: gis@fon.bg.ac.rs

Apstrakt. U današnjem poslovnom okruženju kompanije su primorane da preuzimaju značajan rizik ukoliko žele da brzo i uspešno plasiraju novi proizvod na tržište. Stoga, sposobnost efikasne identifikacije i upravljanja rizikom se smatraju ključnim tačkama u realizaciji visoko rizičnih projekata inovacija proizvoda. U radu će biti predstavljen novi, hibridni model za identifikaciju i ocenu rizika, kreiran povezivanjem dva dobro poznata metoda, RBS (engl. Risk Breakdown Structure) i FMEA (engl. Failure mode and effects analysis). Cilj rada je izrada alata za identifikaciju i ocenu rizika za projekte inovacija i razvoja novog proizvoda, kao i ukazivanje na mogućnost unapređenja identifikacije rizika inovacionih projekata. Kao osnova novog, hibridnog modela koristi se RBS metod, odnosno RBM (engl. Risk Breakdown Matrix) matrica. Matrica se sastoji od dve dimenzije (1) WBS (engl. Work Breakdown Structure) – u ovom slučaju WBS je predstavljen kroz faze modela Stage-Gate i (2) RBS – kategorije rizika koje mogu imati značajan uticaj na inovacioni projekat. FMEA metod se koristi zbog načina na koji se izračunava ukupan značaj rizika, odnosno, ocena koje se koriste za određivanje broja prioriteta rizika.

Ključne reči: Hibridni model, Identifikacija rizika, Izvori rizika, RBS, FMEA

1. Uvod

Značajan broj autora i lidera iz različitih grana identifikovao je inovacije u oblasti proizvoda/usluga kao ključne pokretače dugoročnog uspeha i profitabilnosti.

Sledi da kompanije moraju da preuzmu rizik ukoliko im je cilj da brzo i uspešno plasiraju novi proizvod ili uslugu na tržište. Dakle, većina današnjih kompanija se sa velikom pažnjom odnosi prema poboljšanju sopstvenih inovacionih performansi u cilju postizanja održivog rasta i značajne konkurentske diferencijacije [1].

Inovacije i inovacioni projekti

podrazumevaju relativno visok stepen rizika, imajući u vidu da se radi o prvoj realizaciji u datim uslovima, te da samo jedna od 60 ideja za razvoj novog proizvoda doživi komercijalni uspeh, odnosno, 80% radnih sati se odnosi na neuspešne inovacione poduhvate. Takođe, procenjeno je da oko 46% uložениh sredstava koje kompanija investira u razvoj i lansiranje novih proizvoda/usluga se odnosi na neuspele projekte [2].

Polazeći od rizika kao specifičnosti inovacionih projekata, kompanije moraju da pronađu način za identifikaciju i

prevazilaženje eventualnih posledica preuzetog rizika, kako bi se postigao komercijalni uspeh inovacije. Jedan od najznačajnijih elemenata upravljanja inovacionim projektima jeste minimiziranje uticaja rizika na osnovu metoda i tehnika upravljanja rizikom.

2. Upravljanje rizikom inovacionog projekta

Upravljanje rizikom predstavlja jednu od funkcionalnih oblasti projektnog menadžmenta i upravljanja inovacionim projektima, kao specifičnom kategorijom [3].

Proces upravljanja rizikom, u zavisnosti od autora, sastoji se od različitih faza. U sledećoj tabeli su predstavljeni neki od autora koji su dali svoje predloge procesa upravljanja rizikom.

Autori	Proces upravljanja rizikom
[4]	Identifikacija, Analiza, Prioritetizacija i Mapiranje, Rešavanje i Praćenje rizika
[5]	Razmatranje definisanog cilja, Identifikacija, Analiza, Planiranje, Praćenje, Kontrola
[6]	Identifikacija, Analiza, evaluacija, Reakcija, Praćenje i Kontrola
[7]	Identifikacija, Ocena, Reakcija, Praćenje, Dokumentovanje

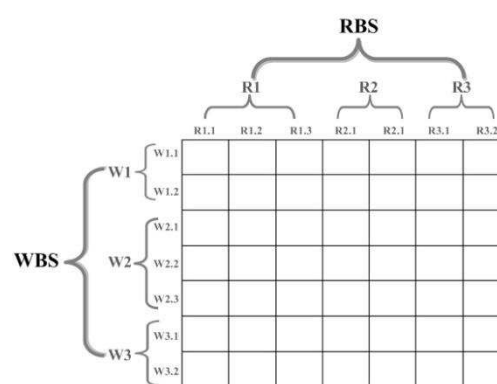
Tabela 1. Proces upravljanja rizikom

Upravljanje rizikom inovacionih projekata podrazumeva analizu svih faktora koji mogu da utiču na inovacioni proces. Zato je poželjno da projektni menadžeri, menadžeri za upravljanje rizikom, kao i neki od operativnih menadžera, budu uključeni u proces identifikacije rizika. S obzirom na veliki broj rizičnih događaja koji se mogu identifikovati u jednom inovacionom projektu, često je veoma teško izvršiti njihovu adekvatnu sistematizaciju. Shodno tome, u radu je predložen novi, hibridni model za identifikaciju i ocenu rizika, koji predstavlja kombinaciju dva dobro poznata metoda, RBS i FMEA metoda.

2.1. Osnovni koncepti RBS metoda

Prema Hillson-u [8] RBS predstavlja alat koji grupiše izvore rizika koji mogu da utiču na projekat i organizuje ih na način koji omogućava detaljno sagledavanje ukupne izloženosti projekta riziku (slika 1).

RBS metod se zasniva na uzajamnom odnosu strukture rada - WBS i strukture rizika - RBS. Ovakva struktura metoda omogućava generisanje matrice strukture rizika t.j. RBM matrice, koja olakšava projektnom timu da upravlja rizikom na svim nivoima određenog projekta, što je prikazano na slici 1 [9].



Slika 1. Proces upravljanja rizikom

Prvi korak u primeni RBS metoda se odnosi na definisanje WBS-a, do najnižeg nivoa. Zatim se vrši identifikacija rizika, odnosno definiše struktura rizika, da bi na kraju usledio proces popunjavanja matrice.

Vrednost svakog polja RBM matrice se izračunava na osnovu dva elementa [9]:

- verovatnoće pojavljivanja rizičnog događaja (P);
- stepena uticaja rizičnog događaja (I).

Dakle, verovatnoća se odnosi na prisustvo određene kategorije rizika, a uticaj na posledice koje ta kategorija rizika može da ima na WBS.

$$R_{WP,i} = \sum_{j=1}^n P_{i,j} * I_{i,j} \quad (1)$$

- $P_{i,j}$ - verovatnoća pojavljivanja j-tog rizičnog događaja u i-tom delu projekta;
- $I_{i,j}$ - uticaj rizičnog događaja j na i-ti deo projekta;

- $R_{WP,i}$ - ukupni značaj rizika u i-tom delu projekta.

2.2. Osnovni koncepti FMEA metoda

Analiza načina (oblika) i efekata otkaza predstavlja metod za identifikovanje i zaštitu proizvoda i procesa od problema pre nego što oni nastanu. Njegova svrha je da spreči pojavu kvarova, da poboljša bezbednost, i da poveća zadovoljstvo kupaca, odnosno da identifikuje i da prioritetizuje eventualne nedostatke u dizajnu proizvoda ili fazama procesa [10].

U tabeli 2. su prikazani različiti tipovi FMEA metoda.

Tip	Fokus
Sistem	Globalne funkcije sistema
Dizajn ili konstrukcija	Komponente i podsisteme
Proces	Proizvodnja i proces
Usluga	Funkcije usluge
Softver	Funkcije softvera

Tabela 2. Tipovi FMEA metoda ([11], [6])

Glavni cilj FMEA metoda je da generiše broj prioriteta rizika (engl. **RPN** – Risk Priority Number) za svaki oblik otkaza. RPN se određuje na osnovu sledeće tri ocene [10]:

- Ocena ozbiljnosti svakog efekta otkaza (engl. Severity - **S**);
- Ocena izglednosti pojavljivanja svakog efekta otkaza (engl. Occurence - **O**);
- Ocena izglednosti detektovanja svakog efekta otkaza (engl. Detection - **D**).

RPN se koristi za rangiranje otkaza u toku analize i određivanje prioriteta za preduzimanje korektivnih mera. Broj prioriteta rizika predstavlja proizvod ocena Ozbiljnosti (S), Pojavljivanja (O) i Detekcije (D).

$$RPN = S * O * D \quad (2)$$

Ocene koje utiču na formiranje RPN uzimaju vrednost na osnovu univerzalne skale ili se mogu formulisati za konkretan sistem koji se analizira [12].

2.3. Hibridni model za identifikaciju rizika

Cilj ovog rada je konstrukcija novog alata za identifikaciju i ocenu rizika u projektima inovacija i razvoja novog proizvoda. Ovaj alat je razvijen na osnovu dva prethodno definisana metoda – RBS i FMEA. Osnovni razlog korišćenja metoda RBS jeste njegova struktura koja je pogodna za identifikaciju rizika, pre svega, u smislu mogućnosti povezivanja izvora rizika sa fazama inovacionog projekta. To se ogleda kroz RBM matricu, i njene dve dimenzije – RBS i WBS. Za strukturu rada, koriste se faze poznatog Cooper-ovog Stage-Gate modela za upravljanje inovacionim projektima, gde se izdvajaju sledeće predefinisane faze: preliminarno istraživanje, izrada biznis slučaja, razvoj, testiranje i validacija i puna proizvodnja i plasiranje na tržište [13].

Sa druge strane, osnovni razlog korišćenja FMEA metoda jeste ocena detekcije koja ne postoji kod RBS metoda, a koja ima veliki uticaj na ukupan značaj rizika.

Osnovna ideja hibridnog modela je novi način kalkulacije RPN, koji je prilagođen identifikaciji i oceni rizika inovacionih projekata. Prema tome, kalkulacija se zasniva na sledećim pretpostavkama:

- $P \rightarrow O \Rightarrow$ verovatnoća pojavljivanja rizičnog događaja (P) iz RBS metoda se preslikava u ocenu izglednosti pojavljivanja efekta otkaza (O) iz FMEA metoda;
- $I \rightarrow S \Rightarrow$ uticaj rizičnog događaja (I) iz RBS metoda se preslikava u ocenu ozbiljnosti efekta otkaza (S) iz FMEA metoda.

Na osnovu ovih pretpostavki i pojedinačnih formula za izračunavanje ukupnog rizika kod oba metoda, predložen je sledeći način izračunavanja RPN:

$$\begin{aligned} R &= P * I \text{ (RBS)} = O * S \text{ (FMEA)} \\ RPN &= O * S * D \text{ (FMEA)} \\ RPN &= R * D \end{aligned} \quad (3)$$

Ova formula je prilagođena za korišćenje u oblasti inovacionih projekata obzirom da obuhvata kategorije rizika (izvori rizika) koje se vezuju za razvoj novog proizvoda i uticaj koji će te kategorije imati na faze razvoja novog proizvoda, u ovom slučaju, faze modela Stage-Gate.

Prvi korak u analizi predstavlja definisanje dimenzija WBS i RBS. Drugi korak je određivanje verovatnoća pojavljivanja kategorija rizika koje se vezuju za inovacioni projekat. Nakon toga sledi određivanje uticaja koji mogu imati te kategorije na određene faze inovacionog projekta. Zatim se određuje verovatnoća da će se određena kategorija rizika detektovati na vreme, odnosno, pre nego što ostvari svoj negativni uticaj i na kraju se vrši kalkulacija RPN.

		WBS						
		Preliminarno istraživanje	Izrada biznis slučaja	Razvoj	Testiranje i validacija	Proizvodnja i plasiranje na tržište	Σ	Rang
RBS	KR1							
	KR2		$R_{2,2} * D_{2,2}$					
	KR3							
	KR4							
	KR5							
	Σ							
	Rang							

Tabela 3. Hibridni model

Kao što se može videti u Tabeli 3, RPN za kategoriju rizika 2 (KR2) u fazi izrade biznis plana se izračunava množenjem značaja rizika ($R_{2,2}$) i ocene detekcije ($D_{2,2}$).

3. Zaključak

Imajući u vidu jednu od najvažnijih karakteristika inovacionih projekata, visoki rizik, veoma je bitno da kompanije inkorporiraju upravljanje rizikom u svoje procese inovacija ako žele da izbegnu prekoračenje troškova, odlaganje planiranih aktivnosti i loš kvalitet novih proizvoda.

Takođe, od velike važnosti za kompanije je korišćenje različitih alata za identifikaciju rizika, odnosno prilagođavanje istih različitim tipovima projekta, imajući u vidu da na različite projekte utiču različite kategorije rizika.

Shodno tome, u radu je prikazan novi model za identifikaciju rizika koji je podoban za projekte razvoja novih proizvoda. Predstavljeni hibridni model je značajan u smislu sagledavanja uticaja kategorija rizika na faze modela inovacija proizvoda. Vaš tekst ide ovde.

Bibliografija

- [1] **R. Milutnović, B. Stošić.** Key elements of innovation project management in services. *Management*, 2013, 69, 65-73.
- [2] <http://www.prod-dev.com/stage-gate.php>
- [3] **B. Stošić.** *Menadžment inovacija - inovacioni projekti, modeli i metodi*, FON, Beograd, 2013.
- [4] **P.G. Smith, G.M. Merritt.** *Proactive Risk Management: Controlling Uncertainty in Product Development*. Productivity Press, New York, 2002.
- [5] **R.M. Bruckner, B. List, J. Schiefer.** *Risk-Management for Data Warehouse Systems*. Lecture Notes in Computer Science, Springer Verlag, 2001, pp. 219-229.
- [6] **ISO 31000:2009(E).** *Risk management - Principles and guidelines*, International Organization for Standardization, Geneva, 2009.
- [7] **Project Management Institute (PMI).** *Practice Standard for Project Risk Management*, ISBN: 978-1-933890-38-8, 2009.
- [8] **D. Hillson.** *Use a Risk Breakdown Structure (RBS) to Understand Your Risks*. *Proceedings of the Project Management Institute Annual Seminars & Symposium*, San Antonio, Texas, USA, 2002.
- [9] **C. Rafele, D. Hillson, S. Grimaldi.** *Understanding project risk exposure using the two-dimensional risk breakdown matrix*. Project Management Institute, 2005.
- [10] **R. McDermott, R.J. Mikulak, M. Beauregard.** *The basics of FMEA*. CRC Press, 2009.
- [11] <http://www.npd-solutions.com/fmea.htm>
- [12] **C.A. Ericson II,** *Hazard analysis techniques for system safety*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2005.
- [13] **R.G. Cooper, S. J. Edgett.** *Maximizing productivity in product innovation*. *Research Technology Management*, 51(2), 2008.

Posledice poplava u Republici Srbiji 2014. godine

dr Branko Babić

Visoka tehnička škola strukovnih studija u Novom Sadu

babic@vtsns.edu.rs

Apstrakt: Katastrofalne poplave u Srbiji, u maju 2014. godine, prouzrokovane su ciklonom Tamara. Osnovni prirodni uzrok poplava su bile obilne padavine, nezabeležene na području R.Srbije. Republički hidrometeorološki zavod Srbije je blagovremeno najavio obilne padavine i opasnost, izdao upozorenja najvišeg stepena, kao i na opasnost od poplava. Posledice od bujičnih poplava su pokazale sistemske slabosti, od nedovoljnog investiranja u antierozione radove i pošumljavanje, nepoštovanje urbanističkog planiranja, neodgovarajućeg odlaganja otpada u reke i kanale. Kod ovih vodotoka su neophodne preventivne mere odbrane, posebno regulisanje rečnih korita i akumulacija za kontrolu velikih voda. Većina poplava desila se na vodotocima sa bujičnim hidrološkim režimom. Ovakav režim nemaju samo male brdsko – planinske bujice, već i veći vodotoci sa slivnom površinom do 1000 km², u koje spadaju pritoke Dunava, Save, Velike, Južne i Zapadne Morave. Ovi vodotoci su u maju 2014. izazvali velike poplave (Crnica u Paraćinu, Jasenica u Smederevskoj Palanci, Jadar u Osečini i dr.). Čak je i Kolubara, sa površinom sliva preko 4000 km², imala bujični poplavni talas koji je prouzrokovao katastrofalne posledice po stanovništvo, materijalna i kulturna dobra Obrenovca. Da li bi posledice poplava bile manje da je postojala bolja komunikacije između subjekata civilne odbrane, da li je nepotpuna izgrađenost sistema za odbranu od poplava na rekama Srbije, kao i vrlo slabo održavanje pojedinih objekata, bilo od presudne važnosti na katastrofalne posledice po stanovništvo i materijalna dobra. Odgovore na ova i slična pitanja možemo očekivati u narednom period od relevantnih činioca sistema civilne odbrane.

Ključne reči: poplave, štete, posledice

1. Uvod

Poplava, koju je izazvala obilna kiša u većem delu Republike Srbije, Bosne i Hercegovine, odnosno Republike Srpske, kao i istočne Hrvatske, prouzrokovala je veliku materijalnu štetu, gubitke ljudskih života, uništenje stočnog fonda i degradaciju životne sredine. Štete, iako velike, mogle su biti i veće da nije bilo pravovremenih prognoza, najava i upozorenja stručnjaka Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije.

Glavni uzrok obilnih padavina, koje su na nekim lokacijama nadmašile trećinu ukupnih godišnjih količina padavina, bio je neubičajeno sporo premeštanje prostranog dubokog ciklona iz oblasti Mediterana preko Balkanskog poluostrva. Pored toga, područje R. Srbije je već bilo izloženo jednom izuzetno vlažnom periodu sa dosta padavina. Naime, od 14. aprila do 05. maja 2014. godine u većini mesta u Republici Srbiji izmereno je između 120 i 170 l/m² padavina.

Najveća količina izmerena je u planinskim predelima zapadne i jugozapadne Srbije (na Zlatiboru 280,6 l/m², a na Kopaoniku 270,3 l/m²), dok je najmanja količina kiše izmerena na severu Banata, 72,5 l/m² u Kikindi. Već te padavine su prouzrokovale poplave širom zemlje, pri čemu je pričinjena velika materijalna šteta. Na poplavljenim područjima najviše su stradali usevi, putna infrastruktura i stambeni objekti, a veliki broj stanovništva bio je prisiljen da napusti svoje domove. Dakle, tlo je već bilo zasićeno vodom, a nove obilne padavine su povećale nivoe podzemnih

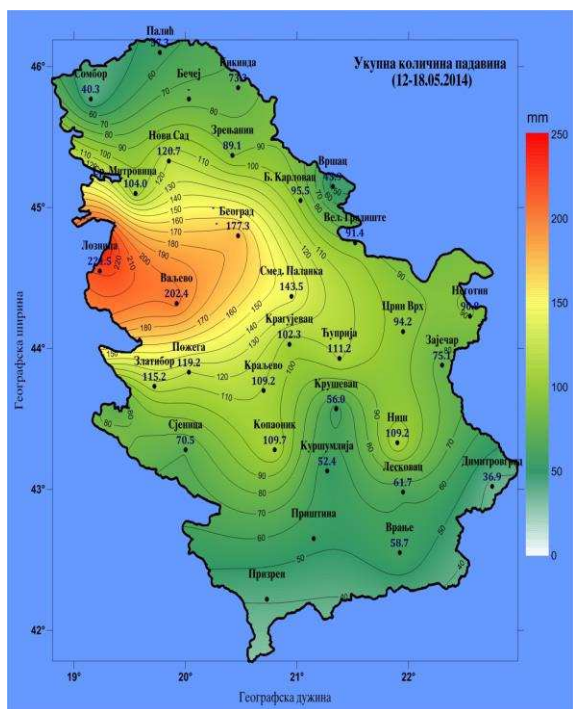
i površinskih voda i uslovile eroziju zemljišta i klizišta.¹

2. Analiza količine padavina na teritoriji republike Srbije u periodu od 12. do 18. maja 2014. godine

Kiša je padala neprekidno 14. i 15. maja. Količine padavine bile su rekordne, a na nekim lokacijama u zapadnim delovima Republike Srbije su nadmašile trećinu ukupnih godišnjih padavina. U većini krajeva su se kretale od 50 - 100 l/m², u zapadnoj Srbiji od 170 - 220 l/m², a u nekim mestima u okolini Valjeva prelazile su 300 l/m². Najmanje kiše je palo na severozapadu, jugu i jugoistoku zemlje i u jugoistočnom Banatu (**Slika 1**).

U periodu od 13. do 16. maja 2014. godine srušeni su svi mogući padavinski rekordi. 15. maja 2014. godine u Beogradu je pala nova rekordna jednodnevna količina kiše od 107,8 l/m². Prethodni jednodnevni maksimum padavina od 94 l/m² zabeležen je 14. juna 1994. godine. Zabeleženi su novi rekordi u količini kiše i za 2, 3, 4, 5, 10, 15 i 30 dana. U periodu od 12. do 16. maja 2014. godine u Beogradu je palo 177,3 l/m². Prethodni petodnevni maksimum od 156,0 l/m² bio je od 09. do 13. jula 1999. godine.

¹ Izveštaj Republičkog hidrometeorološkog zavoda od 14. Juna 2014. godine



Slika 1. Izohijete ukupne količine padavina na teritoriji Republike Srbije u periodu od 12. do 18. maja 2014. godine.

U periodu od 17. aprila do 16. maja 2014. godine u Beogradu je palo 321,6 l/m² kiše, što je za 38,6 l više od dotad najkišovitijeg 30-dnevnog perioda na prelazu iz juna u jul 1999. godine. Postavljen je novi mesečni rekord u količini padavina sa 280,4 l/m² (do polovine maja palo je 263,2 l/m² kiše). Prethodni mesečni maksimum od 262,5 l/m² bio je u julu 1999. godine (tabela 1). Inače, od početka godine u Beogradu je palo ukupno 436,2 l/m² kiše, što je novi rekord za period do 16. maja 2014. godine. U poslednjih mesec dana palo je 73% navedene količine kiše. Rekordno kišni dan (15. maj 2014.) u Beogradu je bio i znatno hladniji od proseka. Najviša dnevna temperatura je bila čak za 12°C niža od dugogodišnjeg proseka za taj datum.

Period	Novi rekord	Datum	Stari rekord	Datum
1 dan	107,8	15.05. 2014.	94	14.06. 1999.
2 dana	152,3	15-16.05. 2014.	136,4	14-15.06. 1994.
3 dana	173,2	14-16.05. 2014.	136,8	13-15.06. 1994.
4 dana	173,4	13-16.05. 2014.	152,4	27-30.08. 1985.
5 dana	177,3	12-16.05. 2014.	156,0	09-13.07. 1999.
10 dana	173,3	07-16.05. 2014.	169,7	06-15.06. 1994.

15 dana	249,2	02-16.05. 2014.	198,9	05-19.06. 1994.
30 dana	321,6	17.04-16.05. 2014.	283,0	14.06-13.07. 1999.
Mesec	280,4	Maj 2014.	262,5	Jul 1999.

Tabela 1: Meteorološka stanica Beograd (Vračar) – novi padavinski rekordi

3. Posledice po stanovništvo u zahvaćenim oblastima

Pored velikih šteta koje poplave prouzrokuju u momentu dejstva (utapanje ljudi i životinja, uništavanje useva, rušenje kuća, plavljenje stambenih i drugih objekata, rušenje mostova, štete na saobraćajnicama, industrijskim i drugim objektima i postrojenjima), teške posledice mogu imati i dugorični karakter. Dužim ostajanjem pod vodom osim uništavanja useva u tekućoj godini, ugrožava se i setva naredne godine.

Poplave koje su se desile u maju 2014. odnele su ljudske živote, nanele velike štete i izazvale ogromne gubitke. Prve procene, napravljene u organizaciji EU u kratkom periodu neposredno posle samih poplava, kažu da su štete i gubici preko od 1,5-2,0 milijardi evra.

U poređenju sa budžetom JVP Srbijavode, koji se sa 18 miliona evra u 2006. godini, smanjio na 7,5 miliona u 2013., i koji prema planovima i programima rada pokriva oko 20 do 30%, potrebnih sredstava, "uštede" u izdvajanjima za ovu oblast, i preraspodela namenskih sredstava sakupljenih preko vodnog doprinosa u budžet, imaju svoj udeo u nastalim štetama i gubicima. Pravovremenom i smelom akcijom nadvišenja nasipa u Mačvi na Drini (zajedno sa lokalnom samoupravom), koji čekaju rekonstrukciju defisanu projektnom dokumentacijom iz 70 - tih godina prošlog veka, izbegnute su moguće žrtve i velike štete. Na rekonstruisanim nasipima organizovan je stalni monitoring i nije bilo značajnijih problema. Nije poznato šta bi se desilo sa tim nasipima da nisu popustili nasipi u Bosni i Hrvatskoj. Detaljne hidrauličke i hidrološke analize svih aspekata poplava u smislu sagledavanja ukupnih količina voda, uticaja raznih scenarija, neophodne su i trebalo bi ih što pre započeti.

3.1. Zdravstvene posledice

Pri većini elementarnih nepogoda i izričitu negativno dominiraju, naročito u akutnim fazama nesreće, ljudi koji su pogođeni fizičkom traumom izazvanom grubom silom koja nastaje u toku razaranja pogođenog područja. Traume izazivaju u nesrećama i relativno najveći broj

smrtnih slučajeva. Zbog broja fizičkih trauma, kao i zbog relativno visoke smrtnosti od njih, zbrinjavanje trauma je jedan od najbitnijih zadataka u otklanjanju posledica nakon nepogode. Akutno sužen životni standard, nagle promene u načinu života ljudi, pribegavanje improvizacijama, imaju za posledicu naglo ugrožavanje lične, a samim tim i kolektivne higijene, što pogoduje nastanku infektivne patologije, koja može dovesti i do izbijanja epidemija. Mentalno - higijenski i psihijatrijski problemi javljaju se u vidu raznovrsnih psiho -reaktivnih manifestacija, kako u aktivnim fazama nesreće tako i kasnije, u fazama preživljavanja i resocijalizacije. Socijalno - medicinski problemi su sastavni deo problema koje pogođena zajednica treba da rešava u radu na normalizaciji života nakon nesreće. Očuvanje i oporavak pogođene zajednice i u uslovima najnižeg društvenog standarda prvi je uslov da ljudi aktivno rade na otklanjanju posledica i da postanu stvaraoci svog budućeg života. Naročito dominiraju problemi dece (napuštene i u porodici), iznemoglih osoba, staraca, trudnica, prestupi, psiho - neurotske reakcije kod dece itd. Pri sprovođenju mera radi otklanjanja tih i sličnih posledica naročito su neophodne humane i dobro smišljene procene i adekvatan postupak. U suprotnom rezultati će izostati, mere će izazvati suprotne reakcije, a kod ljudi će se zadržati stvoreni osećaj nesigurnosti i bespomoćnosti.

3.2. Socijalne posledice

Elementarne nepogode zadiru u socijalnu strukturu. Pri tome je veoma značajna činjenica da se najpre javlja akutno izmenjen socijalni položaj ljudi, kao pojedinačnih ličnosti i kao celine: socijalna diferencijacija koja je postojala pre nesreće iznenada se briše, između ljudi se uspostavljaju drugačiji međusobni odnosi. Tako izmenjena struktura stavlja pojedinca u sasvim nov odnos prema drugim ljudima, prema društvenoj zajednici. Taj odnos postaje u globalu bliži i intimniji. Uspostavlja se elementarni ritam u težnjama i akcijama čiji je osnovni cilj preživljavanje sa sredstvima koja su ostala. Preostala društvena dobra se moraju upotrebljavati tako da zadovolje elementarni zahtev svih, što znači da se ta dobra u mnogim slučajevima podružavaju. S druge strane, treba računati - negde više, negde manje i na to da može da bude i nesocijalnih postupaka, posebno u krajnjoj nemaštini.

3.3. Materijalne posledice

Ove posledice su najočiglednije. One obuhvataju i lična i zajednička društvena materijalna dobra. Razume se da u otklanjanju posledica elementarnih nepogoda veći značaj

imaju ona materijalna sredstva koja omogućuju preživljavanje. Od koncentracije i vrste materijalnih dobara na teritoriji zavisi koja sredstva valja u resocijalizaciji prvenstveno osposobljavati za upotrebu da bi se proces preživljavanja što bolje obezbedio. Materijalna rehabilitacija društva iziskuje mnogo napora i dosta vremena, a mogućnosti je mnogo manje nego potreba.

3.4. Ekološke posledice

Ekološke posledice su, iako se često i to neopravdano stavljaju u drugi plan, izuzetno značajne. Javljaju se prilikom razaranja ljudskih dostignuća, naročito hemijske industrije i postrojenja koja prate oslobađanja i širenja opasnih materija. Moramo imati u vidu i pojavu bioloških zagađivanja, koja nastaju kao rezultat razaranja vodovodnih i kanalizacionih instalacija (za vreme klizišta, zemljotresa, poplava). Samo neki od pokazatelja su i razaranja i uništavanje plodnog zemljišta i šumskih kompleksa, izmena geografskih karaktera pojedinih oblasti, kao i promene flore i faune. Osnovni problemi javljaju se zbog prodiranja plavne vode u izvorišta vode, što je praćeno kontaminacijom objekata i vode u njima, presecanja pristupa objektima vodosnabdevanja, oštećenja, razaranja elemenata vodosistema, zbog plavljenja pojedinih izvorišta zagađenja (nužnici, septičke jame, đubrišta, deponije itd.).

Kolike su posledice po stanovništvo i materijalna / kulturna dobra ostavile poplave u gradskoj opštini Obrenovac, može se videti iz sledećih podataka.

Jake kiše velikog obima i inteziteta dovele su do porasta voda (Koloubara, Tamnava, Peštan, Kupina...) tako da su se nabujale reke i kanali izlili, a voda je poplavila skoro čitavu teritoriju Obrenovca. Ugroženo stanovništvo je nakon evakuacije smešteno u prihvatne centre ili privatne smeštaje u Beogradu. Evidentirana je šteta na 3.092 individualnih porodničnih stambenih objekata; na 1.260 stanova u stambenim zgradama; na 125 poslovnih prostora; na 1.296 objekata malih preduzeća i 9 velikih preduzeća; u 3.774 domaćinstava; na 3468 vozila. Gruba finansijka procena štete na putnoj mreži je 600 miliona dinara. Vodovodna i kanalizaciona mreža je takođe pretrpela brojna oštećenja. Poplavljeno je 320 toplinskih stanica. Ovi podaci nisu konačni i stalno se dopunjuju. U poplavama je bilo ugroženo više romskih naselja na teritoriji čitave opštine. Ugroženo je ukupno 555 domaćinstava, odnosno 2.775 ljudi.

U prihvatnom centru u kasarni „Bora Marković“ u Obrenovcu se nalazilo oko 420 osoba, od toga oko 80 dece. Najveći broj osoba je u kasarnu stiglo 06.06.2014. godine. Većina evakuisanih poseduje kuće ili stanove. Kasarna je

nekoliko godina bila napuštena, ali očuvana. Potpuno je opremljena toaletima, tuševima, ali su oni ubrzo oštećeni, tako da je mali broj tuševa i česmi u funkciji. Osobe smeštene u prihvatnom centru vode sami računa o higijeni, ali to ne rade propisno i često su kupatila prljava i higijena je na niskom nivou. Opština Obrenovac i Crveni Krst davali su sredstva za čišćenje, ali to nije bilo dovoljno. Svi su dobijali pakete za ličnu higijenu sa neophodnim proizvodima (jednom nedeljno). Sobe su različitih veličina, ali u većim prostorijama ne boravi više od 10 ljudi, dok u su u manje smeštene po jedna porodica. Kreveti, dušeci i posteljina su obezbeđeni pre dolaska ljudi u kasarnu. Kasarna ima vodu, struju, ali instalacije nisu dobre za sezonu grejanja.

U Prihvatni centar u hotelu Obrenovac je bilo smešteno oko 200 osoba. Većina je iz naselja Braće Jugovića, Šljivice, Stara Tamnava... U hotel ih je smestio Centar za socijalni rad, početkom juna i iskorišćeni su svi kapaciteti hotela. Smešteni su u sobama, a porodice sa više dece se nalaze u malim prostorijama. Higijenski uslovi nisu bili na zadovoljavajućem nivou. Hotel je u lošem stanju i nije skoro renoviran. Nema tople vode i instalacije su loše. Uslovi nisu za dugotrajan boravak. Nemaју svi redovnu hranu kao u kasarni, nego samo oni koji imaju pravo na pomoć Crvenog krsta. Obroci su uglavnom bili suvi ili konzervirani.

4. Zaključak

U toku preduzimanja svih mera zaštite stanovništva i materijalnih / kulturnih dobara, uočeni su problemi u radu državne uprave i celog sistema zaštite i spasavanja u Srbiji. Navodimo samo neke probleme:

- neorganizovanost pri raspodeli humanitarne pomoći;
- neadekvatno obavljena dezinfekcija i dezinfekcija nakon povlačenja vode;
- neadekvatna briga o zaraznim bolestima i njihovom suzbijanju u pojedinim naseljima;
- nedostatak neophodnih resursa za sanaciju štete (npr. pumpe za izvlačenje vode) i način na koji su ovi resursi raspodeljivani;
- nedovoljna transparentnost izveštaja o proceni štete;
- nesaradnja vlasti i opozicije;
- institucije nisu znale šta im je opis posla, kada i na koji način treba da reaguju, kome da se obrate za pomoć ili informacije, šta je čija nadležnost i slično.

Da bi se moglo pristupiti organizovanom sprovođenju zaštitnih mera potrebno je uraditi sledeće:

- izraditi procenu ugroženosti od elementarnih nepogoda i drugih nesreća na svim nivoima organizovanja, posebno na nivou lokalnih samouprava i privrednih društava;
- vršiti monitoring: pratiti stanje i prikupljati podatke o rekama, rečicama, potocima, kanalima, vodenim akumulacijama, o podzemnim vodama i o visini vodostaja i poplavama; prikupiti podatke o broju ugroženih; bolja saradnju sa susednim opštinama;
- poštovati propisane norme ponašanja svih subjekata odbrane koji su odgovorni za sprovođenje mera zaštite;
- preduzimati zakonom propisanih mera za sve one koji krše propise ili ih ne sprovedu u praksi, što je do sada, na žalost, bilo zapostavljeno;
- spremi i uvežbati sistema uzbunjivanja u okviru sistema 112;
- obučiti pojedince, ekipe i grupe za izvršavanje planiranih zadataka u oblasti zaštite i spasavanja, posebno na lokalnom nivou;
- obučiti stanovništva, naročito iz samopomoći i prve pomoći u oblasti lične, uzajamne i kolektivne zaštite;
- blagovremeno preduzimati potrebne preventivne mere radi otklanjanja uzroka i sprečavanja posledica (podizanje nasipa oko reka, regulacija rečnih tokova i kanala na mestima gde postoji potencijalna opasnost od poplave);
- urbanističkim merama posvetiti posebnu pažnju;
- racionalno sprovoditi mere zaštite, u prvom redu preventivu, kako bi se umanjio broj žrtava i smanjila materijalna šteta;
- pravilno koristiti snage i sredstava pri otklanjanju posledica (ne nagomilavati ih, na vreme smenjivati radnu snagu, davati odmore i racionalno se koristiti tehnikom, itd.);
- obezbediti javnost priprema za zaštitu od elementarnih nepogoda, čime se obezbeđuju brža mobilizacija svih snaga i sredstava i efikasnije učešće u spasavanju i otklanjanju posledica.

Bibliografija

- [1] Izveštaj Vlade R.Srbije o elementarnoj nepogodi – poplavi koja je zadesila Republiku Srbiju i merama koje su preduzete radi spasavanja stanovništva i odbrane ugroženih mesta od poplava
- [2] Izveštaj Republičkog hidrometeorološkog zavoda od 14 juna 2014. godine
- [3] "Forum voda 2014", Naučno-stručni skup "Poplave u Srbiji, maj 2014."

Novi pristup određivanju K najznačajnijih komponenata sistema

Petar Pavlović, Dragana Makajić-Nikolić, Mirko Vujošević

Fakultet organizacionih nauka, Jove Ilića 154, Beograd

e-mail: petarpavlovic@yahoo.com

Apstrakt. U složenim sistemima koji se sastoje od velikog broja međusobno povezanih komponenata postoji problem određivanja onih K komponenata koje imaju najveći uticaj na ukupnu pouzdanost sistema. U klasičnim pristupima, koji se u literaturi najčešće navode kao određivanje mera značajnosti, se na različite načine razmatra uticaj pojedinačnih komponenti na pouzdanost sistema i vrši njihovo rangiranje. U ovom radu se predlaže pristup određivanju najznačajnijih komponenata sistema kao optimizacionom problemu. Formulacija optimizacionog problema se bazira na minipresecima, koji odgovaraju konjukcijama disjunktivne normalne forme strukturne funkcije stabla neispravnosti sistema, i postavljen je kao određivanje K komponenata koje se pojavljuju u najvećem broju minipreseka. Postavljeni optimizacioni problem je formulisan kao problem pokrivanja skupa. Optimizacioni problem je egzaktno rešavan pomoću GMPL solvera na grupi test primera, tzv. benchmark stabala neispravnosti, i dobijena rešenja su upoređena sa rešenjima dobijenim pomoću dve najpoznatije klasične mere značajnosti - Birnbaumove mere značajnosti i mere značajnosti Fasl-Veseli.

Ključne reči: Pouzdanost, minipreseci, mere značajnosti, pokrivanje skupa

1. Uvod

Pouzdanost sistema/komponente je sposobnost sistema/komponente da pod određenim uslovima funkcioniše određeni vremenski period (IEEE, 1990). Značaj pouzdanosti se ogleda u procesu projektovanja kada se nastoji obezbediti što je moguća viša pouzdanost sistema, kao i u procesima eksploatacije i održavanja kada se teži ostvarivanju što veće raspoloživosti.

U analizi pouzdanosti, mera značajnosti procenjuje značajnost pojedinačne komponente u sistemu. Koncept mera značajnosti je predložen 60-tih godina prošlog veka. Prve mere značajnosti je uveo Birnbaum (1969), a nakon toga su predloženi još mnogi tipovi mera značajnosti koje razmatraju i naglašavaju specifične performanse sistema. Nijedan tip mera značajnosti nije univerzalan jer različiti pristupi različito definišu faktore koji čine neku komponentu važnijom od druge. U svim klasičnim pristupima, krajnji

cilj je da se izvrši rangiranje komponenata sistema prema izračunatim apsolutnim vrednostima posmatrane mere značajnosti, pri čemu se komponente višeg ranga smatraju značajnijim. Jedan od problema predstavlja činjenica da klasične mere rangiraju samo pojedinačne komponente i nisu primenljive na kombinacije grupa komponenata (Zio, 2011).

Novi pristup koji se predlaže u ovom radu, uzima u obzir uticaj grupe komponenata na pouzdanost sistema. Rešavanjem formulisanog optimizacionog problema istovremeno se izdvaja K najznačajnijih komponenata sistema. Rad se sastoji iz pet poglavlja. U drugom delu su opisane dve najpoznatije mere značajnosti: Birnbaumova i mera značajnosti Fasl-Veseli. Problem određivanja K najznačajnijih komponenata i formulacija odgovarajućeg matematičkog modela su prikazani u trećem delu. U četvrtom delu rada je dato poređenje rezultata klasičnih mera značajnosti i predloženog modela. Peti deo rada se odnosi na zaključna razmatranja.

2. Mere značajnosti

Mere značajnosti daju informaciju o važnosti komponenata sistema s obzirom na njihov pojedinačnih uticaj na ukupnu pouzdanost sistema. Izračunavanjem odabrane mere značajnosti za svaku komponentu i rangiranjem komponenata na osnovu izračunatih vrednosti, može se formirati skup komponenata najznačajnijih za pouzdanost sistema. Dve najzastupljenije tradicionalne mere značajnosti koje su korišćene u ovom radu, u svrhu poređenja rezultata koje daje predloženi novi pristup, su Birnbaumova mera značajnosti i mera značajnosti Fasl-Veseli.

2.1. Birnbaumova mera značajnosti

Neka je $p_i(t)$ pouzdanost komponente i u trenutku t i neka je $\mathbf{p}(t) = (p_1(t), \dots, p_n(t))$ vektor pouzdanosti svih komponenata sistema. Funkcija pouzdanosti sistema se tada može označiti sa $h(\mathbf{p}(t))$. Birnbaumova mera značajnosti komponente i u trenutku t dobija se parcijalnim diferenciranjem pouzdanosti sistema po pouzdanosti posmatrane komponente (Holand, 1994):

$$I^B(i|t) = \frac{\partial h(\mathbf{p}(t))}{\partial p_i(t)} \quad (1)$$

2.1. Mera značajnosti Fasl-Veseli

Mera značajnosti Fasl-Veseli se može približno izračunati kao (Kuo, 2012):

$$I^{FV}(i|t) \approx \frac{1 - \prod_{j=1}^{m_i} (1 - \bar{Q}_i^j(t))}{Q(t)} \approx \frac{\sum_{j=1}^{m_i} \bar{Q}_i^j(t)}{Q(t)} \quad (2)$$

gde $\bar{Q}_i^j(t)$ označava verovatnoću j -tog minipreseka koji sadrži i -tu komponentu u trenutku t , dok $Q(t)$ označava verovatnoću otkaza sistema. Pošto je $Q(t)$ konstanta, komponente se mogu rangirati na osnovu sume verovatnoća minipreseka kojima komponente pripadaju.

3. Određivanje K najznačajnijih komponenata

Pri formulaciji problema koristi se terminologija iz oblasti analize stabla

neispravnosti, u kojoj su pojam otkaza komponente i pojam primarnog događaja sinonimi. Otkaz sistema se naziva vršni događaj.

Glavni elementi analize stabla neispravnosti su primarni događaji i minipreseci. Predloženi pristup polazi od sledećih definicija preseka I minipreseka (Ericson, 2005):

Definicija 1. Presek je skup događaja čije zajedničko događanje uzrokuje događanje vršnog neželjenog događaja.

Definicija 2. Minipresek je presek koji ne sadrži neki drugi presek.

Iz definicije 2 sledi da, ukoliko se bilo koji od događaja iz minipreseka ne dogodi, neće se desiti ni vršni događaj kao posledica realizacije tog minipreseka.

Ako se posmatra sistem sa n komponenata $I = (1, 2, \dots, n)$ i ako se otkaz i -te komponente, gde $i \in I$, označi kao primarni događaj, tada se može uvesti binarna promenljiva x_i koja će označavati indikator stanja i -te komponente:

$$x_i = \begin{cases} 1, & \text{otkaz komp. } i \\ 0, & \text{funkcionisanje} \end{cases} \quad (3)$$

Strukturalna funkcija sistema zavisi od vektora $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ i definisana je kao:

$$\varphi(X) = \begin{cases} 1, & \text{otkaz sistema} \\ 0, & \text{funkcionisanje} \end{cases} \quad (4)$$

Strukturalna funkcija sistema se može iskazati disjunktivnom normalnom formom gde predstavlja $C_j, j = 1, \dots, m$ konjunkcije skupova nekih od primarnih događaja. Ukoliko u stablu neispravnosti ne postoje višestruki događaji, svi skupovi preseka su minimalni (Ericson, 2005). Strukturalna funkcija je tako iskazana skupom minipreseka, gde je svaki minipresek poseban skup nekih od primarnih događaja. Vršni događaj, tj. otkaz sistema, će nastupiti ako se dogodi bar jedan skup primarnih događaja, odnosno bar jedan minipresek.

$$\varphi(X) = \bigvee_{j=1}^m C_j \quad (5)$$

Na osnovu prethodnog zapažanja, problem određivanja K najznačajnijih komponenata sistema se može posmatrati kao problem izdvajanja onih primarnih događaja kojima se eliminiše najveći broj minipreseka (Makajić-Nikolić, 2012). Pristup koji se predlaže u ovom radu polazi od analogije opisanog problema i poznatog problema pokrivanja skupa (Karp, 1972) i problema maksimalnog pokrivanja skupa (Samec, 2009).

Ako se sa n označi ukupan broj primarnih događaja, a sa m broj svih minipreseka, tada se mogu uvesti sledeći parametar i promenljive:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & i \in C_j \\ 0, & i \notin C_j \end{cases} \quad (6)$$

$$z_i = \begin{cases} 1, & \text{funkc. komp. } i \\ 0, & \text{otkaz komp. } i \end{cases} \quad (7)$$

$$y_j = \begin{cases} 1, & \text{minipresek } j \text{ je eliminisan} \\ 0, & \text{u suprotnom} \end{cases} \quad (8)$$

Parametar a_{ij} predstavlja indikator pripadnosti događaja i minipresecu j . Promenljiva z_i predstavlja indikator onemogućenosti primarnog događaja i , i inverzna je ranije uvedenom indikatoru x_i ($z_i = 1 - x_i$). Ukoliko je $z_i = 1$, tada se minipresek C_j sigurno neće realizovati i smatra se eliminisanim.

Optimizacioni problem pronalaženja K primarnih događaja čijim se izdvajanjem eliminiše maksimalan broj minipreseka se konačno može iskazati sledećim matematičim modelom:

$$\begin{aligned} \max F &= \sum_{j=1}^m y_j \\ \text{p.o.} & \\ \sum_{i=1}^n a_{ij} z_i &\geq y_j, \quad j = 1, \dots, m \\ \sum_{i=1}^n z_i &= k \end{aligned} \quad (9)$$

$$a_{ij} \in \{0, 1\}; \quad i = \overline{1, n}; \quad j = \overline{1, m}$$

$$z_i \in \{0, 1\}; \quad i = \overline{1, n}$$

$$y_j \in \{0, 1\}; \quad j = \overline{1, m}$$

Funkcija cilja predstavlja ukupan broj eliminisanih minipreseka. Prvim ograničenjem se obezbeđuje eliminisanje svih minipreseka kojima pripadaju izabrane komponente, a drugim da se izdvaja K komponenata.

4. Numerički rezultati

U cilju demonstracije predloženog pristupa određivanja K najznačajnijih komponenata sistema, izvršeni su eksperimenti na grupi test primera, tzv. bechmark stablima neispravnosti (Rauzy, 2010). Opis odabranih bechmark stabala neispravnosti (*BFT-Benchmark Fault Trees*) dat je u tabeli 1.

RB	BFT	E	BE	MCS	R
1	chinese	61	25	392	2-6
2	isp9605	72	32	5630	3-7
3	das9201	204	122	14217	2-7
4	baobab2	72	32	4805	2-6
5	baobab3	187	80	24386	2-11
6	das9208	248	103	8060	2-6
7	edfpa15r	198	88	26549	1-12
8	isp9603	186	91	3434	2-8

Tabela 1. Benchmark stabla neispravnosti

Kolone E, BE, MCS i R respektivno označavaju ukupan broj događaja u stablu, broj primarnih događaja u stablu, broj minipreseka i rang minipreseka (minimalan i maksimalan broj primarnih događaja u minipresecu).

Formulisani optimizacioni problem je prvo rešen egzaktno pomoću GLPK solvera. Komponente svakog od stabala značajnosti su potom rangirane pomoću Birnbaumove i Fasl-Veseli mere značajnosti, i izračunati su procenti poboljšanja pouzdanosti sistema ostvareni izdvajanjem prvih K komponenata u svakom od slučajeva. Broj najkritičnijih komponenata K u eksperimentima je variran od 2 do 5. Usporedni rezultati numeričkih eksperimenata dati su u tabelama 2 i 3. U

vrstama označenim sa EXC su prikazana rešenja formulisanog problema, a u vrstama označenim sa MZ rešenja dobijena na osnovu mera značajnosti, koji je bio isti za obe izabrane mere značajnosti.

	BFT	1	2	3	4
k=2	EXC	66.6525	69.7431	41.6300	61.3992
	MZ	66.6525	67.0669	41.6300	48.1828
k=3	EXC	99.9787	91.3175	51.1487	78.0295
	MZ	99.9787	75.1352	51.1487	51.5488
k=4	EXC	99.9991	98.5240	60.6675	94.0591
	MZ	99.9838	75.8009	60.6675	80.8427
k=5	EXC	100	99.0253	70.1862	96.3197
	MZ	99.9889	76.2447	70.1862	96.3197

Tabela 2. Procenti poboljšanja dobijeni novim pristupom i merama značajnosti, BFT 1-4

	BFT	5	6	7	8
k=2	EXC	34.5148	22.4615	22.1361	62.3652
	MZ	34.5148	22.4615	22.1361	62.3652
k=3	EXC	47.3829	30.3830	31.5469	66.8634
	MZ	46.9734	30.3830	31.5469	65.6734
k=4	EXC	59.1788	38.3045	40.3996	70.6241
	MZ	56.8727	38.3045	40.3996	68.9816
k=5	EXC	70.9748	45.5487	48.6944	74.3847
	MZ	64.2430	44.1617	48.6944	72.2897

Tabela 3. Procenti poboljšanja dobijeni novim pristupom i merama značajnosti, BFT 5-8

Komponente izdvojene egzaktnim rešavanjem postavljenog optimizacionog problema dovode do procenata poboljšanja pouzdanosti sistema koji ne samo da ni u jednom od testiranih slučajeva ne zaostaju za rešenjima dobijenim tradicionalnim pristupom, već su najčešće bolja od njih. Razlika u kvalitetu je najuočljivija u stablu *isp9605*, ali i u stablu *chinese* gde je izdvojeno pet

komponenta čijim predupređenjem od otkaza se ostvaruje potpuna pouzdanost sistema.

5. Zaključak

U radu se predlaže novi pristup određivanja K komponenata najznačajnijih za pouzdanost sistema, koji za razliku od klasičnih mera značajnosti kritične komponente određuje istovremeno, rešavanjem optimizacionog problema. Optimizacioni problem je formulisan kao problem određivanja K primarnih događaja čijim izdvajanjem se onemogućava realizacija najvećeg mogućeg broja minipreseka. Pristup je testiran na grupi benchmark stabala neispravnosti, i pokazalo se da daje bolje rezultate, odnosno obezbeđuje veće povećanje pouzdanosti u odnosu na tradicionalne mere značajnosti: Birnbaumove i Fasl-Veseli.

Bibliografija

- [1] **Institute of Electrical and Electronics Engineers.** *IEEE Standard Computer Dictionary: A Compilation of IEEE Standard Computer Glossaries.* New York, NY, ISBN 1-5593-079-3, 1990.
- [2] **R.Karp.** Reducibility among combinatorial problems. *Complexity of computer computations*, New York: Plenum, 85–103, 1972.
- [3] **Z.W.Birnbaum.** On the importance of different components in a multicomponent system. *P.R. Krishnaiah (Ed.) Multivariate Analysis-II, Academic Press, New York.,1969.*
- [4] **C.A.Ericson.** Hazard Analysis technique for System Safety. *New Jersey: John Wiley & Sons,2005.*
- [5] **A.H.Samee.** Approximation algorithms: Lecture 3, CS598CSC, *University of Illinois, 2009.*
- [6] **E.Zio.** Risk importance measures. *In:PhamH,editor. Safety and Risk Modeling and its Applications.London:Springer, 151–196.,2011.*
- [7] **A.Rauzy.** A Benchmark of Boolean Formulae. <http://iml.univmrs.fr/~arauzy/aralia/benchmark.html>, 2010.
- [8] **W.Kuo, X.Zhu.** Importance measures in reliability, risk, and optimization. *John Wiley&Sons, Chichester,2012.*
- [9] **M.Hoyland, Rausand.** *System Reliability Theory: Models and Statistical Methods, Wiley, 1994.*
- [10] **D.Makajić-Nikolić, M. Vujošević, N. Nikolić.** Određivanje skupa najkritičnijih komponenata. *Zbornik radova / XXXIX simpozijum o operacionim istraživanjima - SYM-OP-IS 2012, Tara, 647-650, 2012*

Optimization modeling in construction project risk mitigation, literature review

Mehrzad Abdi Khalife*

*Department of Industrial Engineering, Mazandaran University of Science & Technology, Babol, Iran
e-mail: mehrzadabdi@gmail.com*

Iraj Mahdavi

*Department of Industrial Engineering, Mazandaran University of Science & Technology, Babol, Iran
e-mail: irajarash@rediffmail.com*

Abstract. The paper surveys in construction projects risk assessment and modeling. It reviews the researches have been done in three decades and focuses on recent mathematical modeling for selection best response strategy to mitigate the risks. The review shows most recent reviews in risk management (RM) as well as Non Optimization approaches for selecting risk response strategy. Non optimization almost categorize in three classes. Moreover it introduces optimization methodology and modeling in details. With review trends in RM, gap for optimization modeling as exact solver is considerable; also shows evaluation samples are not mature enough.

Keywords: Project risk assessment, risk modeling, literature review, optimization modeling, mathematical model evaluation

1. Introduction

Construction project risk cannot be ignored, it can be managed, accepted, transferred, shared, or minimized but there is not project without any risk [1]. Project risk management is one of major topic in theoretical science and practical industries. Construction project due to its nature of product and complexity sometimes calls as risky business. Project environment and characteristic form related RM [2][3].

Construction project risk assessment and modeling along with solution methodology in English has been reviewed and presents in this paper. The scientific databases have been used for searching relevant papers such as science direct, springer, IEEE, eta. Different combinations of following key words have been searched: construction risk, Project risk, risk management, risk assessment, risk

mitigation, risk model, project uncertainty. As complimentary search, manual bibliography search has been deployed to find related articles in review papers. As result three hundred articles were reviewed and among them 71 articles were eligible to review in details for this article. The main questions which this article tries to answer are: 1) what are the methodologies for selecting response strategy for mitigate risks. The answer discusses in section two, Non optimization methodology for selecting response strategy. 2) What optimization methods have presented in RM. In section three details of optimization methodology have been surveyed. These details consist of objectives and criteria of optimization, subjective and restriction of models, solving methodology and at last validation and tests of models.

In this survey we narrowed and focused on operational researches in field of construction

* Correspondence Author

project risk management to select best risk response strategy, for guide researcher to fill gap and help them as database optimization modeling in construction project risk mitigation. Section four shows conclusion, gaps in risk management mitigation and future works. This research tries to show construction project risk management direction in past years and guide scientists who are interested in implement operational research (OR) in this field.

2. Non Optimization Methodologies,

Non optimization approaches have been used to select response strategy to project risks can be classified in three categories [4]. First, the zonal based approach, this approach is based on two dimensional evaluation of risk response. The risk probability and risk cost effects are two criteria in each of horizontal and vertical axis of zonal based approach [5][6] in the other researches risk evaluation criteria are different [7][8].

The trade-off approach is also two dimensional approach and it has same limitation like zonal based, the used objectives for trade off are expected costs and uncertainty factor of the expected costs for project risks [9], expected risk costs after implementation of risk response strategy with degree of the risk [10], and probability of completion project with total allocated budget and total project cost for a given probability of success [11].

Relation between project management and risk management are considered WBS-based approach for mitigate project risks with response strategy. The risk response activity can associate to direct identify activity from WBS of project [12]. Converting risks for prototype activities to actual project activity to generate risk response strategy has been discussed by Klein and his colleagues [13].

While discussion about risk is going on we are in uncertain environment. After implementation of these analytical approaches to select response to mitigate potential risks we are not sure we selected ultimate solution or not.

3. Optimization Methodologies

The mathematical models and optimization approaches are guide project management team to optimize selection of response strategy for risk mitigation. Optimization approaches has basic elements such as objectives and criteria of mathematical models, constraint of models and variables bonds. Also solving tools are presented to solve mathematical optimization models. For assure of model solver performance it is better to validate the obtained answer and validate the solver tools.

3.1. Objectives and criteria

Initial objective in project management is to control the budget and complete project in specific budgetary constraint. Ben-David and his colleagues presented total expected costs (TEC) of risk management which is combination of abatement actions costs (AAC) and expected risks loss (ERL). They assumed if the risk mitigation action occur in meanwhile of project it has costs (AAC) and management team of project has expectation of risky event in project, that risky event has side effect costs these expectation and it related costs are ERL [14]. Risk magnitude of projects calculate based on decomposing of risks attributes such as weighted score, risk likelihood and risk consequence [15]. Risk mitigation expenditures divide to risk magnitude give cost/risk ratio. Identified upper bond for this ratio based on historical projects records, give ability to compare upper bond with project cost/risk ratio. Minimizing the difference between upper bond and project cost/risk ratio is objective of Kayis et al. in 2007 [15]. Multi-objective optimization with conflicting objectives has been presented by Kilic et al. 2008 with expected total cost of project and the expected makespan of the project. Project total cost is sum of penalties cost for project delay, cost of risk reductions, overhead cost and project activities executional costs [16]. Total expected lost with contains risk preventive action expenditures, expected monetary loss, expected time loss, and expected quality loss is objective presented by Rezaee Nik et al. 2011. Fuzzy-AHP approach has been indicated to calculating the weighted

coefficients of objective function elements [17]. Maximization of project risk response strategy expected effect after implementation of response strategy is a criterion which has been presented by Zhang and Fan 2014 [4].

3.2. Subjective

All mathematical models presented in previous subsection have constraints. Initial constraint which is used by most of researchers is limitation of available budget [4][14][15][16][17]. Ben David et al. introduced two concepts, exclusion and implication of action. Which exclusion means if one action is selected due to mutual resource or technology we could not deploy the other related action, and implication means there is correlation between actions and if we select one of them the other related action should be selected too; hence there are logical constraints to check out these two concepts in mathematical model [14]. Combination of risk management and project time scheduling with regular project scheduling constraints has been presented by Kilic et al. 2008 [16]. The complexity of Zhang's mathematical model requires more constraints to keep the answer in feasible space; also there are time limitation constraint and quality level constraint as well as constraint for insuring project completion [4].

3.3. Mathematical models solvers

Mathematical solvers are presented in two categories: single objective solver and multi-objective solver. These solvers are also used for evaluating the approximate answer or exact answer. Heuristic and meta-heuristic algorithms are approximate approaches that have been used. Branch and bound algorithm [4][14][17], Naïve heuristic, greedy heuristic [14], least cost first (LCF), highest risk first (HRF), minimum cost-Risk ratio first (MCRF), random search (RS) [15], Genetic algorithm (GA) [15][16], heuristic based on a continuous cost versus duration model (CCDMH), heuristic based on GA results (GABH) [16], and heuristic iteratively evolutionary algorithm [17] are the mathematical models solvers that have been used. Branch and bound in exact solver and genetic

algorithm is meta-heuristic solver the rest of solvers are heuristic and approximate solvers.

3.4. Validation of Models

In this stage researchers have to prove all proposed modeling and methodologies. 11,520 random cases have been developed by Ben-David et al. 2002 [14]. A case in design, test and manufacture of a carbon-fiber composite (CFC) component with three different scenarios – normal case, higher mitigation budget and lower mitigation budget – was introduced [15]. Also random cases with 15, 25 and 35 activities were generated to evaluate bi-objective genetic approach [16]. Selection of the risk response in a power plant development project is a case study for Rezaee Nik and his colleagues to evaluate multi-objective proposed mathematical model [17]. Zhang et al. in 2014 used a construction project of ventilation and air conditioning system [4].

4. Conclusion and future researches

Project risk management is one of the most challenging areas of project management. Discussion about identification of the risks, what are the regional risks, how to handle the risks, how much organizational maturity affected risk management, and how to generate response strategies is going on. In project risk management process the next step after identifying risk is to estimate the risk attributes such as probability of occurrence, cost effect of this risk, time effect in project schedule, quality effect, manageability, vulnerability, controllability and etc.; third step in project risk management is control and managing identified risks. For this purpose response strategies are generated and the best combination of these responses with consideration of project constraints is the ultimate target in project risk management planning stage.

Gap of research in final stage –select project risk response– of project risk management planning is obviously clear. In this research we focused on optimization approach as exact and quantify tools and methodology. Also non-optimization approaches have been reviewed briefly.

While project risk mitigation is complex and uncertain aspect in project management, it requires more complicated mathematical modeling. In mathematical modeling can consider more projects risks attributes such as predictability [18], Exposure [19], Discrimination [20], manageability [21], controllability [22], Factor index [23], project vulnerability [24], and Significance [25]. Also optimization model shall lead to optimal budget allocation to guide design maker. In real work to avoid delay in project the delay penalties is consider by client, and it should consider in project risk management. Project management real word consideration and constraints can inter the mathematical modeling. This consideration could be quality, safety issues, environmental issues, stockholders concepts, and project cash flow.

References

- [1] **M. Latham.** Constructing the team. *HMSO London*, 1994.
- [2] **International Organization for Standardation** ISO, 2009. ISO 31000:2009 - Risk Management: Principles and Guidelines. International Organization for Standardization ISO.
- [3] **Project Management Institute.** Practice Standard for Project Risk Management. Project Management Institute, Pennsylvania, USA, 2009.
- [4] **Y. Zhang, Z. Fan.** An optimization method for selecting project risk response strategies. *International Journal of Project Management* 2014, 32, 412-422
- [5] **R. Flanagan, G. Norman.** Risk Management and Construction. *Blackwell, Oxford*. 1993.
- [6] **C. Piney.** Risk response planning: select the right strategy. *Fifth Project Management Conference, France*, 2002.
- [7] **M. Elkjaer, F. Felding.** Applied project risk management—introducing the project risk management loop of control. *International Project Management Journal*, 1999, 5, 16–25.
- [8] **S. Datta, S.K. Mukherjee.** Developing a risk management matrix for effective project planning—an empirical study. *Project Management Journal* 2001, 32, 45–57.
- [9] **C.B. Chapman, S.C. Ward.** Project risk management. *Processes, techniques and insights*. John Wiley, Chichester, UK, 1997.
- [10] **J. Pipattanapiwong, T. Watanabe.** Multi-party risk management process (MRMP) for a construction project financed by an international lender. *Proceedings of the 16th Association of Researchers in Construction Management (ARCOM) Annual Conference, Glasgow*, 2000.
- [11] **E. Kujawski.** Selection of technical risk responses for efficient contingencies. *Systems Engineering*, 2000, 5, 194–212.
- [12] **C.B. Chapman.** Large engineering project risk analysis. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 1979, 26, 78–86.
- [13] **J.H. Klein, P.L. Powell, C.B. Chapman.** Project risk analysis based on prototype activities. *Journal of the Operational Research Society*, 1994, 45, 749–757.
- [14] **I. Ben-David, G. Rabinowitz, T. Raz.** Economic Optimization of Project Risk Management Efforts. *The Israel Institute of Business Research*, 2002.
- [15] **B. Kayis, G. Arndt, M. Zhou, S. Amornsawadwatana.** A risk mitigation methodology for new product and process design in concurrent engineering projects. *Annals of the CIRP*, 2007, 56, 167–170.
- [16] **M. Kilic, G. Ulusoy, F. Serifoglu.** A bi-objective genetic algorithm approach to risk mitigation in project scheduling. *International Journal of Production Economics*, 2008, 112, 202-216.
- [17] **E. Rezaee Nik, S. Zegordi, A. Nazari.** A Multi-Objective Optimization and Fuzzy Prioritization Approach for Project Risk Responses Selection. *IEEE IEEM*, 2011
- [18] **R.N. Charette.** Software engineering risk analysis and management. *McGraw-Hill, New York*, 1989.
- [19] **O.A. Jannadi, S. Almishari.** Risk assessment in construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 2003, 129, 492.
- [20] **H.F. Cervone.** Project risk management. *OCLC Systems and Services*, 2006, 22, 256–262.
- [21] **T. Aven, J. Vinnem, H. Wiencke.** A decision framework for risk management, with application to the offshore oil and gas industry. *Reliability Engineering and System Safety*, 2007, 92, 433–448.
- [22] **E. Cagno, F. Caron, M. Mancini.** A multi-dimensional analysis of major risks in complex projects. *Risk Management*, 2007, 9, 1–18.
- [23] **J. Zeng, M. An, N.J. Smith.** Application of a fuzzy based decision making methodology to construction project risk assessment. *International Journal of Project Management* 2007, 25, 589–600.
- [24] **H. Zhang.** A redefinition of the project risk process: using vulnerability to open up the event-consequence link. *International Journal of Project Management*, 2007, 25, 694–701.
- [25] **S.H. Han, D.Y. Kim, H. Kim, W.S. Jang.** A web-based integrated system for international project risk management. *Automation in Construction* 2008, 17, 342–356.

Uticaj sklonosti ka riziku na troškove u lancima snabdevanja

Biljana Panić

Fakultet organizacionih nauka, Beograd
e-mail: panic.biljana@fon.bg.ac.rs

Dragana Makajić-Nikolić

Fakultet organizacionih nauka, Beograd
e-mail: makajic-nikolic.dragana@fon.bg.ac.rs

Mirko Vujošević

Fakultet organizacionih nauka, Beograd
e-mail: vujosevic.mirko@fon.bg.ac.rs

Apstrakt: Uzroci efekta biča u lancima snabdevanja mogu biti operacioni i bihejvioralni. U bihejvioralne, između ostalog, spadaju i osobine ličnosti, a jedna od osobina za koju je utvrđeno da utiče na efekat biča je i sklonost ka riziku. U ovom radu je ispitan uticaj sklonosti ka riziku kao osobine ličnosti učesnika u lancu snabdevanja na troškove lanca. Primenom Petrijevih mreža modeliran je lanac snabdevanja i simulirana je pivska igra sa učesnicima sklonim i nesklonim riziku kad oni za predviđanje tražnje primenjuju metod poslednjeg perioda i metod težinskih pokretnih proseka.

Ključne reči: sklonost ka riziku, efekat biča, lanci snabdevanja

1. Uvod

Koordinacija lanca snabdevanja dobro funkcioniše ako svi učesnici lanca snabdevanja (snabdevači, proizvođači, distributeri, veleprodavci, maloprodavci) uzimaju u obzir kako njihove akcije utiču na druge učesnike i na ceo lanac. Usled nedostatka informacija i nedovoljne koordinacije, dolazi do pojave efekta biča (bullwhip effect) koji podrazumeva poremećaj informacija unutar lanca snabdevanja jer različite faze u lancu imaju različite proračune o veličini tražnje, tako da tražnja sve više varira kako se ide od prodavca na malo ka proizvođaču. Efekat biča je prvi put prepoznat u radu (Forrester, 1958). Kasnije su uzroci efekta biča definisani kao “sistematsko iracionalno ponašanje igrača” ili kao “pogrešno shvatanje povratnih

informacija” (Sternan,1989, Goodwin 1994). Malu promenu u tražnji kupaca, trgovac na malo tumači kao trend rasta, što ga navodi da poveća porudžbinu. Što se ide više uz lanac, porast veličine porudžbina je veći. Uzroci efekta biča klasifikovani su na operacione i bihejvioralne (Croson i dr. 2004). Bihejvioralni uzroci se odnose na smanjenu racionalnost donosilaca odluka, posebno na pogrešno tumačenje povratnih informacija i zakašnjenja i mogu se grupisati u pet grupa.

- Ako donosioci odluke sumnjaju da će njihovi dobavljači ili korisnici pogrešno odlučivati, oni mogu odstupati od strategije ravnoteže da bi obezbedili zalihe za slučaj neoptimalnog ponašanja partnera. Neizvesnost izazvana unutrašnjim akcijama partnera u

lancu može se nazvati rizik koordinacije (Croson i dr. 2004).

- Ako učesnici ne mogu da procene kako će se ostali članovi lanca ponašati, jer imaju ograničeno znanje ili nedovoljno poverenje u motive ili kognitivne sposobnosti partnera, nastaju varijacije u tražnji (Croson i dr. 2004). Ovde nije reč samo o nepoverenju da će ostali učesnici hteti da se pridržavaju pravila, nego i o nepoverenju da će umeti da primene pravilo.

- Učesnici u lancu snabdevanja ponašaju se kao da postoje oscilacije u tražnji čak i kad ih nema, što ukazuje da kognitivna ograničenja učesnika izazivaju efekat biča (Serman, 1989, Croson i Donohue, 2006). Ljudima je teško da istovremeno razmišljaju o svojim zalihama, o zalihama u toku, o tome koliko je od njih poručeno, kolika je nezadovoljena tražnja i koliko da poruče.

- Ljudi često poručuju na bazi manjka između ciljnog nivoa zaliha i trenutnog, zanemarujuću količinu koju su poručili, a nije im još stigla. Razni autori (Serman, 1987, Kampmann, 1992, Diehl i Serman, 1995, Croson i Donohue, 2006, Kovačević i dr. 2013) su pokazali da čak i kad svi učesnici znaju koja je optimalna politika poručivanja i kad je tražnja konstantna i poznata svima i dalje većina učesnika zanemaruje porudžbine u toku.

- Neke osobine ličnosti mogu uticati na način odlučivanja (Ruël i dr. 2006, Panić i dr. 2014, Panić, 2015)

Za ilustrovanje efekta biča u okviru lanca snabdevanja, često se koristi pivska igra (beer game), kreirana u okviru Slounove škole za menadžment (Sloan School of Management) na Tehnološkom institutu u Masačusetsu (Massachusetts Institute of Technology - MIT) da bi se simulirale performanse lanca snabdevanja sa jednim učesnikom u okviru svake faze. Danas ovu igru igraju ljudi širom sveta - od studenata do top menadžmenta u

cilju boljeg razumevanja funkcionisanja lanaca snabdevanja.

U ovom radu biće pokazan uticaj sklonosti ka riziku na efekat biča kroz simulaciju lanca snabdevanja primenom vremenskih hijerarhijskih obojenih Petrijevih mreža.

2. Uticaj osobina ličnosti na efekat biča u lancima snabdevanja

Neke osobine ličnosti mogu uticati na način odlučivanja.

U radovima (Panić i dr. 2014, Panić, 2015) pokazano je da kooperativniji učesnici u lancima snabdevanja ostvaruju niže troškove.

Ruël i dr. (2006) su ispitivali korelaciju između ličnih osobina i performansi lanca snabdevanja – troškova usled nedostatka zaliha i troškova skladištenja. Ispitano je do koje mere samoeфикаsnost, lokus kontrole, tolerancija na višeznačnost i sklonost ka riziku mogu uticati na odlučivanje i performanse.

Samoeфикаsnost može biti definisana kao verovanje osobe u svoju sposobnost da izvrši zadatak (Bandura, 1977). Utvrđeno je da osobe koje sebe doživljavaju kao manje efikasne imaju više troškove usled nezadovoljenja tražnje, ali niže troškove skladištenja u odnosu na osobe koje sebe procenjuju kao efikasnije (Ruël, 2006).

Lokus kontrole (Rotter, 1990) je tendencija ljudi da pripisuju uzroke svog ponašanja ili sebi (unutrašnji lokus kontrole) ili sredinskim faktorima (spoljašnji lokus kontrole). Ljudi sa unutrašnjim lokusom kontrole veruju da mogu kontrolisati svoje rezultate, a ljudi sa spoljašnjim lokusom kontrole smatraju da su njihovi rezultati proizvod okolnosti koje su izvan njihovih moći. Osobe koje imaju spoljašnji lokus kontrole su pravile veće

troškove skladištenja i poručivale su veću količinu (Ruël, 2006).

Utvrđeno je da osobe koje preferiraju nedvosmislene situacije imaju više troškove usled nezadovoljenja tražnje, verovatno zato što se osobe koje vole višeznačnost osećaju bolje u igri koja može biti posmatrana kao dvosmislena situacija. Nivo porudžbina je viši što su osobe manje sklone dvosmislenim situacijama (Ruël, 2006).

Osobe koje nisu sklone riziku imaju veće troškove nedostatka zaliha nego osobe koje su umereno ili veoma sklone riziku (Ruël, 2006). Objašnjenje može biti da su takve osobe opreznije prilikom poručivanja, pa se dešava da nemaju dovoljno zaliha. Samo su proizvođači imali pozitivne zalihe, ali i oni niži nivo zaliha od proizvođača koji su skloniji riziku. Maloprodavci koji su manje skloni riziku prave u proseku veće porudžbine u odnosu na osobe koje su sklonije riziku na istoj poziciji. Ovo na prvi pogled može delovati nelogično, ali je najverovatnije da osobe koje su manje sklone riziku, sporije reaguju na promene u tražnji, ali kad reaguju, prave veće porudžbine. Kao rezultat takvog ponašanja, maloprodavci koji nisu skloni riziku izazivaju veći efekat biča i imaju veće troškove. Nasuprot tome, veleprodavci, distributeri i proizvođači koji nisu skloni riziku i ponašaju se na isti način, izazivaju manji efekat biča i imaju manje troškove, jer je na tim pozicijama bolje reagovati sporije na promene tražnje. Osobe sklonije riziku reaguju brže, što se pokazalo kao dobro na poziciji maloprodavca, ali loše na ostalim pozicijama.

Nienhaus (2002, 2006) je identifikovao i dva ekstremna tipa ponašanja koja su nazvana "sigurna luka" (safe harbor) i "panika" (panic). Kod ponašanja "sigurna luka" ljudi

poručuju više nego što im treba da bi obezbedili nivo sigurnosnih zaliha. To povećava njihove zalihe, ali i primorava njihove snabdevače ili da povećaju svoje porudžbine ili da plate zbog nezadovoljene tražnje. Ponašanje "panika" podrazumeva da učesnik samo prosleđuje porudžbine koje je dobio i tako još na početku isprazni svoje skladište. To u početku ne utiče na ostale učesnike, ali ako tražnja krajnjeg korisnika poraste, učesnik koji se ovako ponaša mora da poruči više nego što bi poručio učesnik koji ima sigurnosne zalihe. Tada ova strategija počinje da ima isti negativan efekat kao i prethodna. Autori su prikazali optimalne vrednosti koje se ostvaruju jedino kad je igrač računar. Što više uloga u lancu preuzimaju ljudi, to su troškovi veći. Ako igrač bira strategiju "panika", plaća veće penale, a ako bira "sigurnu luku", plaća više troškove zaliha (Nienhaus, 2006).

3. Pivska igra

Igra je kreirana početkom šezdesetih godina kao deo istraživanja industrijske dinamike Džeja Forestera (Jay Forrester). Odvija se za stolom na kome se simulira proizvodnja i distribucija piva (Serman, 1992). Formiraju se timovi koji igraju igru i čiji je cilj da minimiziraju troškove celokupnog lanca snabdevanja. Pobednik je tim koji odigra igru sa najmanjim troškovima. Od svakog učesnika se traži da uloži 1\$, pri čemu pobednik odnosi ceo ulog. Timovi se dele na četiri sektora: maloprodaja (Retailer), veleprodaja (Wholesaler), distribucija (Distributor) i proizvođač (Manufacturer). Jedna ili dve osobe upravljaju svakim od sektora. Žetoni predstavljaju gajbe piva, a špil karata predstavlja tražnju potrošača. Potrošač dolazi kod trgovca na malo da kupi pivo. Trgovac na malo nastoji da zadovolji tražnju kupca iz svojih zaliha. Svaka nezadovoljena porudžbina ostaje za naredni period kao

zaostala porudžbina (backlog). Maloprodaja poručuje od velikoprodaje koja pokušava da zadovolji ovu tražnju iz svojih zaliha. Velikoprodaja poručuje od distributera, distributer od proizvođača, a proizvođač naručuje sirovine od snabdevača. Pomeranje poručenih proizvoda odvija se kroz fazu uvođenja i fazu transporta, pa je potrebno da proteknu dve nedelje (dve iteracije simulacije) da bi proizvod prešao put od jedne faze do druge. Troškovi skladištenja iznose 0.50\$ po gajbi nedeljno, a troškovi koji nastaju usled nezadovoljenja tražnje su 1\$ po gajbi nedeljno. Igra počinje ravnotežnim stanjem u kome svaki učesnik ima na zalihama 12 gajbi piva, a početna tražnja svake faze je 4 gajbe. U toku prvih nekoliko nedelja igrači uče o mehanizmima popunjavanja porudžbina, stvaranju zaliha itd. U toku tog perioda tražnja je konstantna – 4 gajbe nedeljno. Igrači u toku prve tri nedelje mogu poručivati isključivo 4 gajbe nedeljno, što je i logično jer je tražnja takođe 4 gajbe. Početkom četvrte nedelje igrač može da poručuje količinu koju želi, pri čemu mu je naglašeno da tražnja potrošača može da varira. Jedan od njegovih zadataka je da predvidi tražnju, pa da na osnovu toga poručuje, ali imajući u vidu da je vreme isporuke dve nedelje. Znači, igrač bi trebalo da predvidi kolika će biti tražnja za dve nedelje, pa da toliko poručuje. Igra traje 50 simuliranih nedelja, ali traženi efekti su očigledni mnogo ranije.

Svaki igrač ima dobre lokalne informacije (o svojim zalihama, zaostalim porudžbinama, količini koja pristiže od njegovog neposrednog snabdevača i količini koju je upravo isporučio igraču kojeg on snabdeva), ali nema uvid u globalne informacije. Jedino maloprodaja ima predstavu kolika je tražnja krajnjeg potrošača, ostali mogu da saznaju samo koliko njihovi neposredni korisnici poručuju. Naravno, komunikacija među učesnicima nije

dozvoljena. Zbog ograničenja u komunikaciji i nedostatka informacija nemoguća je adekvatna koordinacija lanca snabdevanja.

4. Petrijeve mreže

Petrijeve mreže (Petri nets – PN) su grafička i matematička tehnika za modeliranje sistema i njihove dinamike. Koncept Petrijevih mreža je uveo Karl Adam Petri 1962. godine u doktorskoj disertaciji pod nazivom “Kommunikation mit Automaten”, na Fakultetu za matematiku i fiziku Univerziteta u Darmštatu u Nemačkoj.

Obojene Petrijeve mreže (Coloured Petri nets - CPN) su Petrijeve mreže višeg nivoa (high-level PN) koje mogućnosti Petrijevih mreža kombinuju sa mogućnostima programiranja višeg nivoa. Formalna definicija CPN-a može se naći u (Jensen and Kristensen, 2009).

U radu (Panić, 2015) pokazano je da Petrijeve mreže pružaju mogućnost uključivanja brojnih faktora koji utiču na lance snabdevanja, čak i faktora kao što su osobine ličnosti, pa simulacija primenom Petrijevih mreža može zameniti realni eksperiment.

5. Eksperiment

Za modeliranje pivske igre korišćena je hijerarhijska CPN koja omogućava modeliranje po nivoima hijerarhije i vremenska CPN koja uvodi vreme i kašnjenje u model. Opisani sistem je modeliran primenom CPN Tools-a (CPN, 2013). Struktura se sastoji od 21 modula (strana) organizovanih u četiri hijerarhijska nivoa (Slika 1a). Na slici 1b. prikazan je najviši nivo modela koji predstavlja ceo lanac snabdevanja.

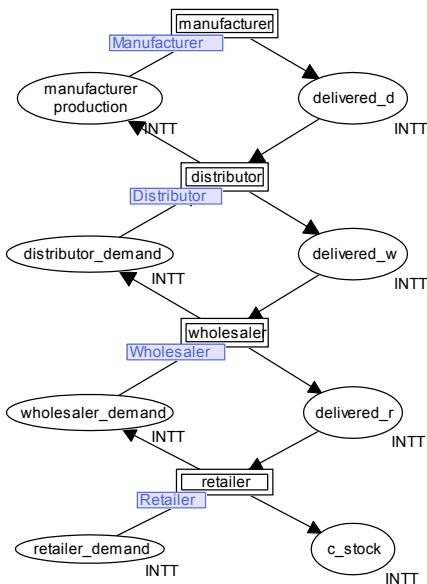
Četiri pomenuta učesnika u lancu modelirana su na podstranama. Na slici 2. prikazana je podstrana u okviru koje je modelirano ponašanje maloprodavca.

```

VSCTrans
VTop
  VRetailer
    VstrategychoiceR
      strategy_mav_R
      POS_R
    Rreceiving-fulfillment
  VWholesaler
    VstrategychoiceW
      strategy_mav_W
      POS_W
    Wreceiving-fulfillment
  VDistributor
    VstrategychoiceD
      strategy_mav_D
      POS_D
    Dreceiving-fulfillment
  VManufacturer
    VstrategychoiceM
      strategy_mav_M
      POS_M
    Mreceiving-fulfillment

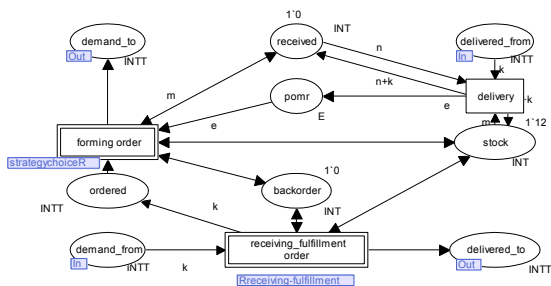
```

a)



b)

Slika 1. CPN hijerarhija (a) i najviši nivo hijerarhije (b)



Slika 2. Podstrana „Retailer”

Na sledećam hijerarhijskom nivou svaka podstrana (učesnik u lancu) ima jednu podstranu koja modelira prikupljanje podataka

o tražnji i isporuci i jednu podstranu koja modelira izbor strategije za predviđanje tražnje. Ova druga sadrži podstranu za modeliranje tražnje na osnovu dva metoda predviđanja: metod poslednjeg perioda (last period demand - LPD) i metod težinskih pokretnih proseka (weighted moving average - MAV). LPD kao osnovu za predviđanje koristi samo podatke o tražnji iz poslednjeg perioda, a MAV koristi podatke o tražnji iz više perioda, pri čemu se veća težina daje skorijoj tražnji (Stevenson, 2009). Funkcija $pos(k,n,s,l)$, kojom se modelira formiranje porudžbine maloprodavca, veleprodavca i distributera dobija se pomoću sledeće jednačine:

$$fun\ pos(k,n,s,l) = int.max(0, k + s * \alpha_1 - l * \alpha_2 - n),$$

gde je k procenjeni trend, n stanje na zalihama, s dug prema prvom nižem učesniku u lancu korigovan koeficijentom α_1 i l dug snabdevača prema posmatranom učesniku korigovan koeficijentom α_2 .

Funkcijom $pos(k,n,s)$ modelira se formiranje porudžbine proizvođača na sledeći način:

$$fun\ pos(k,n,s) = int.max(0, k + s * \alpha_1 - n).$$

Parametari α_1 i α_2 se menjaju kako bi se modelirala različiti načini odlučivanja učesnika. Parametar α_1 je 0 ako učesnik na porudžbinu formiranu na osnovu procenjene tražnje ne dodaje svoj dug, nego podrazumeva da je to već poručio i da je isporuka u toku, a 100 ako sva dugovanja dodaje na porudžbinu. Parametar α_2 je 0 ako učesnik podrazumeva da će mu sve što je poručio stići, a 100 ako na porudžbinu formiranu na osnovu procene dodaje i sve što mu duguje snabdevač.

Ako se pretpostavi da, kao kod Ruel (2006), osobe nesklone riziku reaguju sporije

na promene tražnje, to odgovara ponašanju "panika" Nienhaus i dr. (2006) i Nienhaus (2002). To bi značilo da osobe ne uvećavaju porudžbinu zbog svojih dugovanja, pa je $\alpha_1 = 0$, ali i da računaju na zalihe u toku, tj. ne uvećavaju porudžbinu, pa je $\alpha_2 = 100$. Pored toga, sporijem reagovanju odgovara metod pokretnih proseka za predviđanje tražnje, jer se ne reaguje odmah na promenu tražnje, nego se uzima tražnja u nekoliko prethodnih perioda. U tom slučaju ostvaruju se sledeći rezultati (nedeljno) (Tabela 1).

	malopr odavac	velepro davac	distributer	proizvođač	ukupno
zalihe	1.642	2.045	4.063	11.723	
nezadovoljena tražnja	52.867	4.431	0.284	0.009	
troškovi zaliha	0.821	1.022	2.031	5.862	9.736
troškovi nezadovoljene tražnje	52.86	4.431	0.284	0.009	57.584
ukupni troškovi					67.321

Tabela 1. Rezultat pивske igre kad su učesnici neskloni riziku (MAV)

S druge strane, osobe sklone riziku reaguju brže na promene tražnje i to odgovara ponašanju "sigurna luka". To bi značilo da osobe uvećavaju porudžbinu za toliko koliko duguju, pa $\alpha_1 = 100$, ali i da ne računaju da su im zalihe u toku pristigle, pa uvećavaju porudžbinu i $\alpha_2 = 0$. Bržem reagovanju odgovara metod poslednjeg perioda. U tom slučaju ostvaruju se sledeći rezultati (nedeljno) (Tabela 2).

Može se zaključiti da su troškovi osoba nesklonih riziku nezatno viši, ali da su troškovi nezadovoljene tražnje mnogo viši u odnosu na osobe sklone riziku, što potvrđuje rezultate (Ruel i dr, 2006, Nienhaus i dr, 2006, Nienhaus, 2002).

	malopr odavac	velepro davac	distributer	proizvođač	ukupno
zalihe	3.520	4.485	14.94	35.083	
nezadovoljena tražnja	11.151	7.320	4.579	5.509	
troškovi zaliha	1.76	2.243	7.47	17.542	29.014
troškovi nezadovoljene tražnje	11.151	7.320	4.579	5.509	28.56
ukupni troškovi					57.574

Tabela 2. Rezultat pивske igre kad su učesnici sklони riziku (LPD)

Međutim, ako bi osoba nesklona riziku morala da primenjuje metod poslednjeg perioda (LP), ali da može da koriguje porudžbinu kako želi ($\alpha_1 = 0$, $\alpha_2 = 100$), rezultat bi bio mnogo nepovoljniji (Tabela 3).

	malopr odavac	velepro davac	distributer	proizvođač	ukupno
zalihe	1.452	1.357	1.078	1.685	
nezadovoljena tražnja	51.849	55.41	58.515	2.662	
troškovi zaliha	0.726	0.679	0.539	0.842	2.786
troškovi nezadovoljene tražnje	51.849	55.41	58.515	2.662	168.44
ukupni troškovi					171.22

Tabela 3. Rezultat pивske igre kad su učesnici neskloni riziku (LPD)

Ako bi osobe sklone riziku morale da primenjuju metod pokretnih proseka (MA), troškovi bi bili mnogo veći (Tabela 4)

I u ovom slučaju su troškovi nezadovoljene tražnje osoba nesklonih riziku mnogo viši od njihovih troškova zaliha, ali su sada svi troškovi osoba sklonych riziku mnogo viši od troškova osoba nesklonych riziku.

	malopr odavac	velepro davac	distribu ter	proizvo đač	ukupno
zalihe	66.687	104.51	192.79	573.33	
nezadov oljena tražnja	10.276	35.593	75.762	84.451	
troškovi zaliha	33.343	52.255	96.394	286.67	468.66
troškovi nezadov oljene tražnje	10.276	35.593	75.762	84.451	206.08
ukupni troškovi					674.74

Tabela 4. Rezultat pивske igre kad su učesnici skloni riziku (MAV)

6. Zaključak

U radu je dat pregled bihevioralnih uzroka efekta biča u lancima snabdevanja. Jedan od tih uzroka su i neke osobine ličnosti, a u radu je, kroz simulaciju pивske igre u lancu snabdevanja, pokayano kako sklonost ka riziku učesnika u lancu snabdevanja utiče na troškove. Pokazalo se da osobe sklone riziku ostvaruju niže troškove od nesklonih riziku ako za predviđanje tražnje primenjuju metod poslednjeg perioda, a osobe nesklone riziku imaju niže troškove ako primenjuju metod pokretnih proseka.

Zahvalnica. Ovo istraživanje je podržano od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, Projekti MNTR33044 i MNTR35045.

Bibliografija

[1] **A. Bandura.** Self-efficacy: Towards a unifying theory of behavioural change, *Psychological Review*, 1977, 84, 191-215.

[2] **R.T.A. Croson, K.L. Donohue, E. Katok, J. Sterman.** Order Stability in Supply Chains: Coordination Risk and the Role of Coordination Stock, MIT Sloan Working Paper 4513-04, 2004. Retrieved from http://www.utdallas.edu/~emk120030/Order_Stability_0719.pdf

[3] **R. Croson, L. Donohue.** Behavioral Causes of the Bullwhip Effect and the Observed Value of Inventory Information, *Management science*, 2006, Vol. 52, No. 3, 323-336.

[4] **E. Diehl, J.D. Sterman.** Effects of Feedback Complexity on Dynamic Decision Making. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 1995, 62 (2), 198-215.

[5] **J. Forrester.** Industrial dynamics, a major breakthrough for decision makers. *Harvard Business Review*, 1958, 36, 37-66.

[6] **J. Goodwin, S. Franklin.** The beer distribution game: using simulation to teach systems thinking, *Journal of Management Development*, 1994, 13(8), 7-15.

[7] **K. Jensen, L. M. Kristensen.** Coloured Petri Nets. Modelling and Validation of Concurrent Systems. Heidelberg: Springer, 2009.

[8] **C.E. Kampmann.** Feedback Complexity and Market Adjustment: An Experimental Approach, PhD Dissertation, Sloan School of Management, MIT, Cambridge, MA, 1992.

[9] **J. Nienhaus.** What is the Bullwhip Effect caused by?, Study based on the Beer distribution Game online, *Supply Chain World Europe 2002*, Amsterdam, 2002.

[10] **J. Nienhaus, A. Ziegenbein, P. Schoensleben.** How human behaviour amplifies the bullwhip effect. A study based on the beer distribution game online. *Production Planning and Control*, 2006, 17(6), 547 - 557.

[11] **B. Panić, I. Kovačević, M. Vujošević,** "Uticaj kooperativnosti na efekat biča u lancu snabdevanja", *XLI Simpozijum o operacionim istraživanjima*, SYM-OP-IS 2014, Divčibare, 2014, pp. 293-298.

[12] **B. Panić.** Uticaj kooperativnosti na performanse u lancima snabdevanja, doktorska teza, Fakultet organizacionih nauka, Beograd, 2015.

[13] **J.B. Rotter.** Internal versus external control of reinforcement: A case history of a variable, *American Psychologist*, 1990, 45. 489-493.

[14] **G. Ruël, D.P. van Donk, T. van der Vaart.** The Beer Game Revisited: Relating Risk-Taking Behaviour And Bullwhip Effect, *Proceedings of the 13th International EurOMA Conference*, Glasgow, Scotland, 2006, 1, 403-412, Retrieved from <http://www.bdk.rug.nl/organisatie/clusters/PSD/pdf/Euroma2006RuelDonkVaart.pdf>

[15] **J.D. Sterman.** Testing Behavioral Simulation Models by Direct Experiment. *Management Science*, 1987, 33 (12), 1572-1592.

[16] **J. Sterman.** Modelling managerial behaviour: Misperceptions of feedback in a dynamic decision

making experiment, *Management Science*, 1989, 35(3), 321 -339.

- [17] **W.J. Stevenson, C.C. Sum.** *Operations management*, 2009, 8, Boston, MA: McGraw-Hill/Irwin

- [18] Teaching Takes Off, Flight Simulators for Management Education, "The Beer Game" Retrieved from <http://web.mit.edu/jsterman/www/SDG/beergame.html>.

INTEGRALNI PRISTUP UPRAVLJANJU RIZIKOM SAVREMENIH INDUSTRIJSKIH SISTEMA

Snežana Kirin

*Inovacioni centar Mašinskog fakulteta u Beogradu
e-mail: snezanakirin@yahoo.com*

Aleksandar Sedmak

*Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu
e-mail: aleksandarsedmak@yahoo.com*

Apstrakt. Današnje vreme karakterišu ubrzan tehnološki razvoj, promene prirodnog okruženja (ekstremne klimatske promene) i brze i turbulentne društveno-ekonomske promene pa zbog toga upravljanje i menadžerski problemi postaju sve složeniji, a upravljanje rizikom i bezbednošću postaje izuzetno važno. Industrijski sistemi postaju sve kompleksniji, što zahteva integralni pristup upravljanje rizikom, kao što je pokazano u radu.

Ključne reči: sistem, rizik, bezbednost

1. Uvod

Od prve industrijske revolucije do danas naučno-tehnološki razvoj se odvijao preko razvoja pojedinih naučnih disciplina i tehnoloških procesa, a samim tim i pojedinih privrednih grana. Današnje vreme karakterišu brze promene i globalizacija privrednih i društvenih aktivnosti, a upravljanje rizikom i bezbednošću zahteva multidisciplinarnost i integraciju bezbednosnih sistema. U procesu upravljanja rizikom razvijeni su novi koncepti i terminologija: otpornost, kompleksnost, fleksibilnost sistema, novi rizici.

Od objavljivanja IEC61508 standarda, posvećenog funkcionalnoj sigurnosti i povezanih standarda, kao na primer IEC61511 koji se odnosi na bezbednost procesa, interesovanje za korišćenje sertifikovanih instrumenta sigurnosnih sistema (SIS) je znatno povećano, [1]. Standard IEC 61508 ima sledeće stavove o rizicima:

1. Nulti rizik se nikada ne može dostići
2. Bezbednost se mora posmatrati i uzeti u obzir od samog početka nekog procesa
3. Neprihvatljivi rizici moraju se smanjiti, [2].

2. Koncept i objekti upravljanja bezbednošću industrijskog sistema

Dizajniranje optimalnog sigurnosnog sistema treba da omogući nesmetanu proizvodnju sa jedne strane i zaštitu posmatrani industrijski sistem od posledica većih i manjih hazarda sa druge. Neuspeh sigurnosnog sistema da ostvari svoje planirane funkcije može dovesti do značajnih posledica u odnosu na:

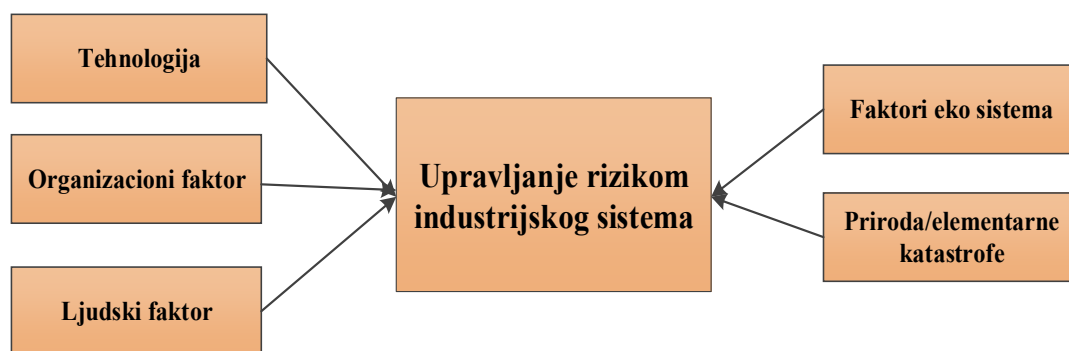
1. Bezbednost posmatranog sistema (koji se odnosi na bezbednost integriteta sistema),
2. Radne funkcije tj. mogućnost ostvarivanja proizvodnje usled lažnih uzbuna (u vezi sa sistemom bezbednosti).

Analitički pristup upravljanju rizikom predstavljaju istraživanja koja imaju za cilj da ponude rešenja u vidu alata i metoda u odnosu na karakteristike problema. Istraživanja rizikom se bave tehnologijom, organizacijom, izazovima ljudskog faktora, prirodnim katastrofama, sl. 1.

Pri upravljanju rizikom industrijskog sistema analiziraju se: tehnološki proces koji uključuje pouzdanost i bezbedni inženjering; organizacija procesa rada i uvođenje bezbednih procedura i regulativa; ljudski faktor sa aspekta mogućnosti i ograničenja: kognitivni inženjering, interakcija ljudi i mašina, bezbednosna kultura i učenje iz nesreća i istraživanja, percepcija rizika; uticaj privrednog sistema na eko sistem; mogućnost obezbeđivanja sistema od prirodnih

katastrofa. Cilj upravljanja rizikom je izgradnja

visoko pouzdanog industrijskog sistema.



Slika 1 Objekti upravljanja rizikom

3. Tehnološki i organizacioni rizik

Tehnologija i faktori eko sistema se posmatraju u zavisnosti od klasifikacije rizika. Visoko rizični sistemi su sistemi koji su sami po sebi kompleksni (nova tehnologija, međuzavisne komponente) i/ili u radu koriste opasne materije.

Razvojem tehnologije stvaraju se stalno novi rizici. Procena rizika za opremu se bazira na istorijskim podacima, podacima u procesu održavanja ili na deklaracijama proizvođača (kod nove opreme).

Kod starih tehnologija opasnost predstavlja starost opreme pri čemu njen projektovani životni vek predstavlja bitan podatak za procenu stepena rizika.

Organizacioni rizik predstavlja meru bezbednosti celog sistema, ili nekog podsistema organizacije. Formalno se izražava kao, [3] :

$$OBR=f(F1,F2,...Fn)$$

gde je f označava eksplicitnu ili implicitnu funkciju ili stanje, a $F1, F2, \dots, Fn$ su nezavisne varijable (delovi sistema, oprema, timovi, pojedinci).

Modeliranje efekata organizacionih faktora na bezbednost zahteva teoretsko razumevanje funkcionisanja organizacije da bi se „uhvatila“ njena kolektivna priroda.

Mere organizacionog bezbednosnog rizika mogu biti definisane u izrazima „devijacija“ organizacionog bezbednosnog izlaza od propisanog. Koncepti „greška“ i „devijacija“ mogu biti jasno definisani za komponente tehničko-tehnološkog sistema i za ljude koji direktno sa njima rade.

Prilikom procene rizika i izrade pravila i propisa koji obezbeđuju smanjivanje rizika od hazarda, važni su prethodno znanje i iskustvo.

Važan faktor upravljanja rizikom je ljudski faktor, koga je teško predvideti. Ljudski faktor dovodi do hazardnih situacija zbog greške, neuspešnosti u izvršenju operacije ili zbog nekog poremećaja.

4. Ljudski faktor

Važan faktor upravljanja rizikom je ljudski faktor, koga je teško predvideti. Ljudski faktor dovodi do hazardnih situacija zbog greške, neuspešnosti u izvršenju operacije ili zbog poremećaja. Ljudska greška može biti rezultat zamora, obučenosti/neobučenosti za rad u određenim uslovima ili aparaturom, nepoštovanje pravila i propisa, kognitivnih ograničenja kod kompleksnih zadataka. Iskustvo pokazuje da rad pri ekstremnim temperaturama, rad na visini, rad u skučenom prostoru i u noćnoj smeni povećavaju rizik od ljudske greške. [4]

- Teško je proceniti mogućnosti koje su rezultat jedinstvenosti ljudskih sposobnosti.
- Teško je proceniti ljudske granice u upravljanju ogromnom količinom informacija.
- Treba istraživati psihosocijalne hazarde na radnom mestu, kao i kompetentnost, vođstvo, osnaživanje, socijalni kapital i socijalni marketing.
- Veliki problem su interpersonalni odnosi i nejasnoće u razumevanje zbog nedorečenosti, dvosmislenosti, nejednake težine određenih pojmova u različitim kulturama u multikulturalnim organizacijama.

- Građenje kulture bezbednosti i vođstvo tokom promena, pri čemu je važno proučiti hazarde uzrokovane verovanjima i mentalnim sklopovima kako individualnim, tako i kolektivnim.

5. Integralni pristup bezbednosti industrijskog sistema

Kada se govori o metodologiji istraživanja bezbednosti od rizika može se reći da je bezbednost dinamički „ne događaj“. Postavlja se pitanje kojim metodama i na koji način analizirati i procenjivati „ne događaj“.

Integralni pristup upravljanja rizikom industrijskog sistema treba da definiše ciljeve, tabela 1, koji su po pravilu višedimenzioni (zavise od više faktora). Upravljanje bezbednošću zahteva izdvajanje sredstava pri čemu se ne zna korist od takvog ulaganja što predstavlja poseban izazov.

Industrijski sistemi su kompleksne strukture i prilikom određivanja stepena rizika posmatraju se njihovi podsistemi za koje se određuju faktori uticaja i međuzavisnosti sa drugim delovima, njihova priroda i struktura.

Prilikom određivanja modela bezbednosti treba definisati vitalne elemente i samim tim prioritete svakog industrijskog sistema. Pri tome se posmatraju svi organizacioni nivoi od najvišeg do najnižeg.

Cilj određivanja glavnih indikatora za bezbednost je da se identifikuje potencijal da se dogodi nesreća pre nego što se ona desi. Dosadašnji napor u upravljanju bezbednosti su uglavnom bili usmereni na identifikovanje opštih glavnih indikatora, kao što su zaostajanje i/ili propusti u održavanju, što se može sresti često u industrijskim sistemima. Ostali vodeći indikatori bezbednosti su sistemski specifični, pri čemu se počinje od analize opasnosti sistema i na taj način su ograničeni nalaženjem uzroka, prema tradicionalnim tehnikama analiza hazarda. Najviše se oslanjaju na kvantitativne metrike, često na osnovu procene verovatnoće rizika, [3].

Prilikom upravljanja rizikom se najčešće koriste tehnike merenja (pritisci, temperature, nivoi tečnosti, koncentracije supstance i slično). Uvedeni standardi poput IEC 61511 za

bezbednost procesa, predstavljaju osnovu građenja bezbedne kompanije i prvi nivo zaštite sistema od hazarda. Bezbednost procesa se obično sastoji od 3 podsistema:

1. Ulaz (senzori, detektori) koji zapisuju vrednosti parametara procesa koji se odvija.
2. Logički sistem, koji se sastoji od više logičkih jedinica koje sakupljaju vrednosti od različitih senzora u cilju donošenja odluke o eventualnom zaustavljanju procesa.
3. Sistem za zaustavljanje procesa.

U slučaju da bilo koji od parametara uzme vrednosti izvan definisanih granica obično se ugrađuje mehanizam koji ga vraća u željeno stanje. Ako to nije moguće, sledeći nivo bezbednosti treba da zaustavi process.

Kategorija		Principi	
1	Definisanje ciljeva	1.1.	Nepoznata vrednost koristi od upravljanja bezbednošću (vrednost nedogađaja) i ekonomska ograničenja
		1.2.	Višedimenzionalni ciljevi
2	Delovi organizacije	2.1.	Kategorizacija delova sistema-osnovne jedinice za analizu
		2.2.	Priroda i nivo rizika
		2.3.	Definisanje faktora uticaja
		2.4.	Određivanja međuzavisnosti: veze sa drugim delovima, njihova priroda i struktura
3	Pravci modelovanja	3.1.	Određivanje bezbednosnih prioriteta
		3.2.	„Multi-level“ pristup
		3.3.	Bezbednost rada i definisanje pravila i procedura
		3.4.	Prethodno znanje
		3.5.	Ljudski faktor / odstupanja od pravila i procedura
4	Tehnike	4.1.	Tehnike merenja
		4.2.	Tehnike modeliranja
		4.3.	Sistem održavanja opreme

Tabela 1 Integralno upravljanje bezbednošću industrijskog sistema

U standard koji se odnosi na funkcionalnu bezbednost, IEC61508 se za svaku komponentu pravi razlika između slučajne greške u radu hardvera (karakterise je

konstantna stopa greške) i sistematske greške. Na taj način Standard razlikuje opasne kvarove i neopasne greške. Ovo razdvajanje se zasniva na efektu kvarova na bezbednosne funkcije. Opasna greška je greška koja teži da inhibira sigurnosnu funkciju i komponenta/sistem će stoga biti u opasnom stanju. Neopasna greška može da teži aktiviranju sigurnosne funkcije (bez potrebe). Slika 2 prokazuje područja bezbednosti za dva tipa grešaka u odnosu na njihovu detekciju.



Slika 2 Greške po standardu IEC61508

Sveobuhvatna teorija upravljanje rizikom u organizaciji treba da kombinuje makro i mikro organizacioni prilaz i da se razrađuje i razvija kao „multi-level“ model. Kada se definiše upravljanje rizikom u organizaciji, onda je potrebno koristiti teoriju unakrsnih nivoa organizacionih međuzavisnosti i uzročnosti

Iz primenjenih istraživanja poznata je važnost znanja koje se može pretvoriti u akciju i važnost implementacije znanja. Treba naglasiti da postoji jaz između znanja i njegove implementacije. Tabela 2 daje pregled naučnih i praktičnih podataka u svim sferama, pa i u sferi bezbednosti.

Naučni podaci	Praktični podaci
Bazirano na eksperimentalnim istraživanjima (npr. Random kontrolisani eksperimenti)	Bazirani na praktičnim eksperimentima ili učenju iz iskustva (npr. „studije slučaja“)
Bazirani na teoriji	Bazirani na praksi
Nisu uvek praktično primenjivi	Nemaju uvek teorijski prizvuk
Univerzalno znanje	Znanje vezano za lokalni sistem i određeni kontekst
Može biti baza za praktičnu primenu	Ovo znanje često prethodi naučnim istraživanjima i saznanjima
Jednostavan i kompleksan sadržaj	Kompleksan i haotičan sadržaj

Visoko vrednovano za istraživače	Visoko vrednovano za praktičare
----------------------------------	---------------------------------

Tabela 2 Razlike između teorijskih i praktičnih istraživanja, [5]

Iz Tabele 2 može se videti da naučni podaci daju više opštih znanja koja nisu uvek praktično primenjiva i mogu biti baza za praktičnu primenu. Često se dešava da problemi i rešenja iz prakse vezana za neki lokalni sistem bude povod i prethodnica naučnim istraživanjima.

4. Zaključak

Prilikom upravljanja rizikom industrijskih sistema u savremenom svetu kontinuirano se traže nove paradigme za probleme u kojima se javljaju kontradiktorni i promenjivi zahtevi; čije rešenje je često teško prepoznati zbog složene međuzavisnosti problema. Visoko rizični sistemi pokušavaju da budu visoko pouzdani i da uspeju da izbegnu katastrofe u okruženju u kojem se mogu očekivati nesreće zbog faktora rizika i kompleksnosti. Pri tome se proširuju objekti istraživanja i u sfere koje nisu bile predmet istraživanja nauke.,

Upravljanje rizikom se može posmatrati kao investicija za koju je isplativost nepoznata. Izbor ključnih pokazatelja uspeha industrijskog sistema treba da poveže upravljanje bezbednošću sa poslovnim upravljanjem jer bezbednost, kao rezultat upravljanja rizikom predstavlja jedan od organizacionih izlaza (rezultata) koji utiče na druge rezultate, a i drugi rezultati utiču na njega, kao npr. profit i kvalitet.

Cilj upravljanja rizikom je otporan industrijski sistem na razne vrste pretnji, a on je ostvariv samo adekvatnim upravljanjem rizikom.

Bibliografija

- [1] Fares Innal, Yves Dutuit, Mourad Chebila, Safety and operational integrity evaluation and design optimization of safety instrumented systems, Reliability Engineering and System Safety 134 (2015) p.32–50 <http://www.iec.ch/functionalsafety/>
- [2] Nancy Leveson, A systems approach to risk management through leading safety indicators, Reliability Engineering and System Safety 136 (2015) 17–34
- [3] Barry Kirwan, Human error identification in human reliability assessment. Part 1: Overview of approaches, *Applied Ergonomics* 1992, 23(5), 299-318
- [4] Snežana Kirin, Siniša Borović, Mitar Božić, Miodrag Brzaković, Branislav Jakić, Izazovi budućih istraživanja u oblasti industrijske bezbednosti, *Integritet i Vek Konstrukcija* 15 (2015) 73

**MULTICRITERIA
ANALYSIS AND
OPTIMIZATION**

APPLICATION OF THE AHP IN THE PROCESS OF SELECTION OF THE BEST MATHEMATICAL SOFTWARE SOLUTIONS

Tatjana Atanasova - Pachemska

Goce Delcev University in Stip, Republic of Macedonia

e-mail: tatjana.pacemska@ugd.edu.mk

Martin Lapevski

Goce Delcev University in Stip, Republic of Macedonia

e-mail: martin.lapevski@ugd.edu.mk

Riste Timovski

Goce Delcev University in Stip, Republic of Macedonia

e-mail: riste.timovski@ugd.edu.mk

Abstract

Modern lifestyle and technology development naturally comes with a greater use of software packages and solutions in everyday life, as well as in education. This often results with numerous new software solutions on the market, usually similar between each other. These similarities lead to dilemma what is the software solution that can be recognized as most suitable for use. This paper presents the way to select the most suitable mathematical software package that could be used in teaching, with respect of technical and mathematical study courses in higher education. The selection is made by applying the mathematical method analytical hierarchical process (AHP). AHP is multi – criteria decision making method which is widely used in resolving the conflict situations for decision making processes. In order to achieve more realistic and relevant assessment, the criteria used for the decision making and selection performance are given by the international standard for software product quality ISO 9126. This combination of AHP method and ISO 9126 standard provides a good basis for optimization problem in a specific selection issue - selection of mathematical educational software.

Keywords: multi – criteria decision making, Analytic hierarchy process (AHP), mathematical software

1. Introduction

The IT development becomes increasingly important link in everyday activities. It also can be found in simplest daily activities, as well as in highly developed scientific problems. This rapid development contributes to appearance of various kinds of new software with increasing number. This leads to difficulties in selecting the most appropriate software. One way we suggest, in order of simplification of the making decision procedure is with appliance of mathematical method for multi criteria decision. One of these methods is the method of analytic hierarchy process (AHP).

The selection of basis criteria that will lead to the final decision will be crucial in the selection process. The determination of the most appropriate criteria can usually be a problem. In terms of software, the standard ISO 9126 provides a good framework for evaluation and selection of the best software solution. The presence of such a number of criteria that often leads to conflict situations in decision process imposes the application of mathematical methods for decision. AHP method as multi – criteria technique provides a solid basis for the resolution of such complex situations. AHP structures the problem in a hierarchical structure which allows the decision maker to

recognize the mutual dependence of the criteria and thus to determine the dependencies of one over another [6,7, 8].

The aim of this paper is to select the most adequate mathematical software that would be used for teaching purposes in higher education institutions, more precisely in mathematical and technical study courses / subjects. For this purpose, five mathematical software packages are selected as starting propose: Matlab, Maple, SPSS, Mathematica and Statistica. The features of the standard ISO 9126 as will be used as evaluation factors in AHP method.

2. Methodological basis

2.1. Defining the criteria for choosing the most appropriate mathematical software product

The criteria that will be defined below are used as factors in the selection of the best and most appropriate mathematical software solution. This criteria create the hierarchical structure of the AHP and based on them will be a decision. The criteria are following: **Functionality, Reliability, Usability, Efficiency, Maintainability, Portability.**

2.2. Mathematical model

First step in the process proposed for selecting the optimal mathematical software is definition of the evaluate criteria used to select the optimal mathematical software. Figure 1 schematically illustrates the developed AHP model for particular problem in this paper.

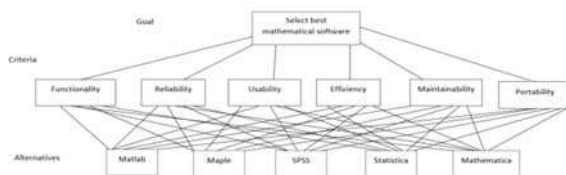


Figure1. AHP hierarchy model.

In the step, the elements of a particular level are compared pair – wise, with respect to a specific element in the immediate upper level. A judgment matrix is formed and used for computing the priorities of the corresponding elements. First, a criterion is compared pair – wise with respect to the goal. The judgment matrix, denoted as A will be formed using the comparison. Let A_1, A_2, \dots, A_n be the set of stimuli. The quantified judgments on pairs of stimuli A_i, A_j are represented by

$$A = [a_{ij}], \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

The comparison of any two criteria C_i and C_j with respect to the goal is made using the

questions of the type: which one of the two criteria C_i and C_j is more important and what is the quantity of it. Saaty suggests the use of a nine – point scale to transform the verbal judgments into numerical quantities representing the values of a_{ij} . Larger number assigned to the pair – wise comparison means larger differences between criteria levels. The entries a_{ij} are governed by the following rules:

$$a_{ij} > 0, \quad a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}}, \quad a_{ii} = 1 \text{ for all } i \quad (2)$$

This scale can be applied with ease to criteria that can be defined numerically as well as to those that cannot be defined numerically. Thus, relative importance scale is presented. The decision maker is supposed to specify judgments of the relative importance of each contribution of criteria towards achieving the overall goal.

With the numerical judgments a_{ij} recorded in the matrix A , the problem now is to recover numerical weights (W_1, W_2, \dots, W_n) of the alternatives from the matrix. For doing this, the following equation is considered:

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \cong \begin{bmatrix} W_1/W_1 & W_1/W_2 & \dots & W_1/W_n \\ W_1/W_1 & W_1/W_2 & \dots & W_1/W_n \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ W_n/W_1 & W_n/W_2 & \dots & W_n/W_n \end{bmatrix} \quad (3)$$

Moreover, lets multiply both matrices in equation (3) on the right with the weights vector $W = (W_1, W_2, \dots, W_n)$, where W is a column vector. The result of this multiplication of the matrix of pair – wise ratios with W is nW , hence it follows:

$$AW = nW \quad (4)$$

This is a system of homogenous linear equations. It has a non – trivial solution if and only if the determinant of $A - nI$ vanishes, that is, n is eigenvalue of A . I is a $n \times n$ identity matrix. Saaty's method computes W as the principal right eigenvector of the matrix A - that is

$$AW = \lambda_{max}W \quad (5)$$

where λ_{max} is the principal eigenvalue of the matrix A . If matrix A is a positive reciprocal one then $\lambda_{max} \geq n$. If A is consistency matrix, eigenvector X can be calculated by

$$A - (\lambda_{max}I)X = 0 \quad (6)$$

Here, using the comparison matrix, the eigenvectors were calculated by equations (5) and (6).

Consistency of the Comparison Matrix

The eigenvector method yields a natural measure of consistency. Saaty [6] defines the consistency index (CI) as

$$CI = \lambda_{\max} - n / (n - 1) \quad (7)$$

where λ_{\max} the maximum eigenvalue and n is the number of factor in the judgment matrix. Accordingly, Saaty defined the consistency ratio (CR) as

$$CR = CI / RI \quad (8)$$

For each size of matrix n , random matrices were generated and their mean CI value, called the random index (RI). RI represents the average consistency index over numerous random entries of same reciprocal matrices and its value is taken from table 2 where the first row (n) indicates the number of rows i.e. matrix size, whereas second row is Random consistency index. The consistency ratio CR is a measure of how a given matrix compares to a purely random matrix in terms of their consistency indices. A value of the consistency ratio $CR \leq 0.1$ is considered acceptable. Larger values of CR require the decision-maker to revise his judgments. Results of the consistency test and the CR of the comparison matrix form the available interview and previous data are all ≤ 0.1 indicating ‘consistency’.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49

Last step in AHP method is calculation of the overall level hierarchy weight, in order to select the best mathematical software. The composite priorities of the alternatives are then determined by aggregating the weights throughout the hierarchy.

3. Results

In addition, the results from the conducted research are shown and explained. As previously stated, the purpose of this research was to obtain the most appropriate mathematical software which could be used for teaching the study subjects in higher education with a mathematical or technical basis. Due to space limitations and the calculations volume, only the most important results are shown. Also, the criteria and alternatives are shown with short marks with legend: K1 – functionality, K2 – reliability, K3 – efficiency, K4 – usability, K5- maintainability and K6 – portability. For the alternatives, short marks are used with legend: A1 – Matlab, A2 - Maple, A3 – SPSS, A4 –Statistica and A5 – Mathematica.

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	Weights
K1	1	2	4	3	1/3	1	0,199776
K2	1/2	1	1/2	1	1/2	1/3	0,08542
K3	1/4	2	1	3	1/5	1/3	0,108705

K4	1/3	1	1/3	1	1/3	1/3	0,070595
K5	3	2	5	3	1	1	0,299622
K6	1	3	3	3	1	1	0,235882
Sum	6,083333	11	13,83333	14	3,366667	4	

Table 3. Pairwise comparison matrix of the main criteria with respect to the Goal

From Table 3 can be concluded that largest i.e. most important value with respect to the goal belongs to the criteria K5 (maintainability); $\lambda_{\max} = 6,481$, consistency index CI is 0,096; consistency ratio CR is 0,077. It is lower than 0,10, so the conclusion is that the level of inconsistency is accepted.

	A1	A2	A3	A4	A5	Weights
A1	1	3	2	3	4	0,397057
A2	1/3	1	2	2	3	0,222928
A3	1/2	1/2	1	1/2	3	0,147842
A4	1/3	1/2	2	1	2	0,160222
A5	1/4	1/3	1/3	1/2	1	0,071951
Sum	2,416667	5,333333	7,333333	7	13	

Table 4. Pairwise comparison matrix for the alternatives with respect to the functionality

From Table 4 can be concluded that largest i.e. most important value with respect to functionality have the alternative A1 (Matlab); $\lambda_{\max} = 5,252$; consistency index CI is 0,063; consistency ratio CR is 0,056. It is lower than 0,10, so the conclusion is that the level of inconsistency is accepted.

	A1	A2	A3	A4	A5	Weights
A1	1	4	3	2	3	0,389862
A2	1/4	1	1/2	1/5	1/3	0,066364
A3	1/3	2	1	2	1/2	0,15713
A4	1/3	5	1/2	1	1/2	0,168859
A5	1/3	3	2	2	1	0,217785
Sum	2,25	15	7	7,2	5,333333	

Table 5. Pairwise comparison matrix for the alternatives with respect to the reliability

From Table 5 can be concluded that largest i.e. most important value with respect to reliability have the alternative A1 (Matlab); $\lambda_{\max} = 5,387$; consistency index CI is 0,096; consistency ratio CR is 0,087. It is lower than 0,10, so the conclusion is that the level of inconsistency is accepted.

	A1	A2	A3	A4	A5	Weights
A1	1	3	2	4	2	0,364212
A2	1/3	1	1/3	1/2	1/5	0,070962
A3	1/2	3	1	2	1/2	0,178741
A4	1/4	2	1/2	1	1/3	0,100646
A5	1/2	5	2	3	1	0,285439
Sum	2,583333	14	5,833333	10,5	4,033333	

Table 6. Pairwise comparison matrix for the alternatives with respect to the efficiency

From Table 6 can be concluded that largest i.e. most important value with respect to efficiency have the alternative A1 (Matlab); $\lambda_{\max} = 5,155$; consistency index CI is 0,038; consistency ratio CR is 0,034. It is lower than 0,10, so the conclusion is that the level of inconsistency is accepted.

	A1	A2	A3	A4	A5	Weights
A1	1	2	2	3	1	0,278881
A2	1/2	1	1/2	5	1/3	0,155535
A3	1/2	2	1	2	1/2	0,170081
A4	1/3	1/5	1/2	1	1/5	0,067232
A5	1	3	2	5	1	0,328271
Sum	3,333333	8,2	6	16	3,033333	

Table 7. Pairwise comparison matrix for the alternatives with respect to the usability

From Table 7 can be concluded that largest i.e. most important value with respect to usability have the alternative A5 (Mathematica); $\lambda_{\max} = 5,273$; consistency index CI is 0,068; consistency ratio CR is 0,061. It is lower than 0,10, so the conclusion is that the level of inconsistency is accepted.

	A1	A2	A3	A4	A5	Weights
A1	1	5	4	4	3	0,450982
A2	1/5	1	1/5	1/3	1/3	0,056081
A3	1/4	5	1	2	1/3	0,162163
A4	1/4	3	1/2	1	1/2	0,112162
A5	1/3	3	3	2	1	0,218613
Sum	2,033333	17	8,7	9,333333	5,166667	

Table 8. Pairwise comparison matrix for the alternatives with respect to the maintainability

From Table 8 can be conclude that largest i.e. most important value with respect to maintainability have the alternative A1 (Matlab); $\lambda_{\max} = 5,366$; consistency index CI is 0,091; consistency ratio CR is 0,082. It is lower than 0,10, so the conclusion is that the level of inconsistency is accepted.

	A1	A2	A3	A4	A5	Weights
A1	1	3	3	4	2	0,388907
A2	1/3	1	5	3	2	0,263481
A3	1/3	1/5	1	1/3	1/2	0,072937
A4	1/4	1/3	3	1	1/2	0,112813
A5	1/2	1/2	2	2	1	0,161861
Sum	2,416667	5,033333	14	10,33333	6	

Table 9. Pairwise comparison matrix for the alternatives with respect to the portability

From Table 9 can be concluded that largest i.e. most important value with respect to portability have the alternative A1 (Matlab); $\lambda_{\max} = 5,341$; consistency index CI is 0,085; consistency ratio CR is 0,077. It is lower than 0,10, so the conclusion is that the level of inconsistency is accepted.

	K x A1	K x A2	K x A3	K x A4	K x A5
K1	0,1998	0,3971	0,0793	0,2229	0,0445
K2	0,0854	0,3899	0,0333	0,0664	0,0057
K3	0,1087	0,3642	0,0396	0,071	0,0077
K4	0,0706	0,2789	0,0197	0,1555	0,011
K5	0,2996	0,431	0,1351	0,0561	0,0168
K6	0,2339	0,3889	0,0917	0,3455	0,0622
STCMA		0,3988		0,1479	

Table 10. Synthesising to obtain the final result

A1	0,398763818
A5	0,190861807
A2	0,147851934
A3	0,140186177
A4	0,122336264

Table 11. Final result

After the final summary of the results and performing all the calculations from the final table 11, we can see that the best software solution that should be used is the software package Matlab.

4. Conclusion

This research shows practical way of mathematical way of decision making procedure. For that purpose, scientific and mathematical method AHP was used. In terms of deciding factors and making the right decisions, characteristics of International quality software standard ISO 9126 were applied. The decision was conducted in way of selection of the most appropriate and best software solution that would apply in teaching on technical and mathematical subjects in higher education institutions. After the analysis and calculations, it can be concluded that in competition of five software packages, **Matlab** is detected as most appropriate.

References

- [1] **B. Roy, Multicriteria (1996).** Methodology for Decision Aiding, Springer-Verlag,
- [2] **Drake, P.R. (1998).** Using the Analytic Hierarchy Process in Engineering Education. International Journal of Engineering Education, 14(3), 191-196.
- [3] **Forman EH, Gass SI (2001).** The analytic hierarchy process – an exposition. Operations Research 49(4): 469–486.
- [4] **ISO, ISO/IEC 9126-1 (2001):** Software Engineering - Product Quality - Part 1: Quality Model, International Organization for Standardization,
- [5] **Saaty, T.L. (1980).** The Analytic Hierarchy Process. McGraw, Hill International, New York.
- [6] **Saaty, T.L. (2008).** 'Decision making with the analytic hierarchy process', Int. J. Services Sciences, Vol. 1, No. 1, pp.83–98.
- [7] **Saaty, T.L. (2005)** Theory and Applications of the Analytic Network Process, Pittsburgh, PA: RWS Publications.
- [8] **Saaty, T. L, Vargas LG (2001).** Models, Methods, Concepts and Applications of the Analytic Hierarchy Process. Kluwer, Dordrecht.

Comparison of DEA Models Relating e-Health and Hospital Efficiency

Emmanouil Stiakakis, Angelo Sifaleras

*Department of Applied Informatics, School of Information Sciences,
University of Macedonia, Greece, 156 Egnatias Str., Thessaloniki 54636
Emails: {stiakakis, sifalera}@uom.gr*

Abstract. An industry that is under pressure to radically improve its efficiency performance is healthcare. In this paper, we examine the impact of e-health systems upon hospital efficiency. According to our methodology and since e-health has a broad meaning, an e-health system is defined as a set of at least the following practices: (i) the use of a hospital information system, (ii) the use of electronic health records, (iii) the implementation of an e-procurement policy, and, (iv) a human resource development policy for e-health. The literature points out that one of the most appropriate methodologies for assessing the efficiency of healthcare providers is Data Envelopment Analysis (DEA). Implementing two different models, i.e., normal DEA and system differentiated DEA, the results indicate that in both cases the proportion of the efficient hospitals is more than double in favor of the hospitals that use e-health systems.

Keywords: e-health; healthcare, efficiency, performance, normal DEA, system differentiated DEA

1. Introduction

The pursuit of increased efficiency in the healthcare system is a major concern of most developed countries. Certain efficiency measures focus on: a) facilitating access to patients' medical records, b) improving quality of care and reducing poor treatment decisions, c) cost savings, and, d) promoting research. This concern becomes more urgent as the pressures of technological innovation, an aging population and increased public demands and expectations combine to drive up expenses on healthcare still further. Our major focus here is to identify fundamental e-health attributes, proceeding with an empirical analysis on certain efficiency hospital e-health characteristics, applying Data Envelopment Analysis (DEA).

2. Research proposition

Our research focus here is to identify, quantify and evaluate certain e-health efficiency attributes that pertain to hospital organization and healthcare management. We support the view and proceed in its investigation that e-health does provide certain quantifiable efficiency evidence pertaining to hospital healthcare provision. We propose that e-health induces measurable increases in efficiency in certain measurable attributes. We also question

whether e-health requires processes of a large initial investment, such that e-health efficiency relates to large scale hospital care. It is a fact that many studies concerning various sectors investigate the relationship between efficiency and business size. Therefore, we ask whether e-health specialized hospital services require a certain hospital size.

3. Methodology

The approaches which have been mostly used to measure healthcare efficiency are DEA and Stochastic Frontier Analysis (SFA). Their main common strength is suitability for multiple inputs and outputs. In contrast with DEA, SFA is a parametric technique that defines the efficient behavior by specifying a stochastic model of output. We selected DEA here, for the following reasons: DEA applies fewer assumptions than SFA concerning outputs' relationship to inputs. DEA also produces relative efficiency measures by comparing the efficiency of an entity to that of its peers, which fits to the purpose of our study.

The appropriate model to evaluate the efficiency of healthcare providers is the VRS model, accounting for Variable Returns to Scale (a proportional increase in all inputs results in an increase of the output, but not at the same proportion). Constant Returns to Scale (CRS) is

not a valid assumption in healthcare studies. Doubling, for instance, the number of medical staff and the number of beds, i.e., two of the most significant inputs of a healthcare delivery system, will not certainly result in doubling the satisfaction of the patient.

In our case, two different DEA models have been applied, the normal and the system differentiated model. The second one has been chosen since the DEA results might have been affected by the fact that half of the hospitals examined use e-health systems and the other half do not, meaning that all DMUs considered may not be exactly peers. System differentiated DEA is appropriate when DMUs under examination exhibit systematic differences [1]. Additionally, the adoption of two different models enables comparison of the results and quite possibly provides a stronger support of the conclusions. All DEA computations have been carried out with DEA-Solver v.6.0 [2].

This work focuses on healthcare providers and more specifically public hospitals. The efficiency is defined as the ratio of outputs (services and outcomes of the healthcare system) produced over the inputs (resources) used, assuming constant service quality. It is certain that there is no agreed method of determining whether or not a specific variable should be included (or not) in the model. We followed the general criteria of exclusivity and exhaustiveness for the choice of inputs and outputs in our DEA model, given that official data availability on these e-health issues is most limited. Consequently, we have chosen, among the officially available data, these inputs that capture the most of the accounted resources and, those outputs that capture the most of the accounted outcomes deemed relevant for the particular e-health efficiency analysis, subject to the rule of exclusivity and exhaustiveness [3]. In our case, the numerator of the efficiency ratio is defined by the weighted sum of two variables, which are: (i) the average hospitalization time and (ii) the hospital's revenue from medical expenses and examinations. The average hospitalization time is a key output related to the quality of health services delivered to patients, while the revenue from medical expenses and examinations is a financial outcome which reflects the economic performance of the healthcare system. Correspondingly, the denominator of the efficiency ratio is defined by the weighted sum of three variables, namely: (i)

the number of medical staff, (ii) the number of beds and (iii) the operating expenses excluding payroll. The three components of input represent the labor, physical capital and financial resources, respectively. We excluded payroll from the operating expenses, to avoid correlated inputs in our analysis.

A sample of 36 Greek public hospitals, controlled by the government and operating under the National Health System, was used. Each hospital belongs to one of the 16 Regional Medical Administrations [4]. The sample comprises general hospitals only, ensuring in that way the comparability of DMUs. The sample size is satisfactory since the total number of the Greek public hospitals is 132 (that is a percentage of 27.3%). It should also be noted that the small number of DMUs is not a constraint, since DEA produces reliable results using small samples.

The selection procedure of the sample was as follows: three hospitals were randomly selected from each Regional Medical Administration. After taking off the hospitals, for which there were not complete data, an attempt was made to produce a sample equally divided into two groups, the first one consisting of hospitals that use e-health systems for three years at least, and the second of those which do not.

Since, the term "e-health" has a broad meaning, we defined an e-health system of a hospital as a set of at least the following items: (i) the use of a hospital information system, (ii) the use of electronic health records, (iii) the implementation of an e-procurement policy, and, (iv) a human resource development policy for e-health. Only the hospitals that fulfil all the above prerequisites were classified in the first group. The hospitals which have none or fewer than all the above practices were classified in the second group.

We used data from three different sources: (i) Web sites of the sampled hospitals, (ii) annual financial reports published by these hospitals (base year of 2008), and (iii) official reports published by the Greek Ministry of Health and Social Solidarity (base year of 2008). Contacts with the administrative staff of certain hospitals were needed in order to verify the application of the aforementioned specific e-health practices.

4. Results

A summary of normal DEA results is given in Table 1. Fifteen out of 36 hospitals are efficient DMUs. Efficient DMU is the one which has an efficiency score equal to unity (this is referred to as “technical efficiency”), without input excesses and output shortages (in fact, these inefficiencies are referred to as “mix inefficiencies”). Both conditions must be satisfied, so that efficiency of a DMU is attained. The percentage of efficient DMUs (41.7%) seems to be high. Nevertheless, we mention that the DEA method provides only relative measures. The average efficiency score is 0.8523 and the standard deviation 0.1852.

Table 2 presents a summary of system differentiated DEA results, which exhibit slight differences compared to normal DEA results. Now the number of efficient DMUs is 17, increased by 2, in comparison to normal DEA model. The average efficiency score is slightly higher (0.8644), while the standard deviation is almost identical (0.1825). Analyzing the results by group, the number of efficient e-health users has increased by 1 (12), as exactly the number of efficient non-users (5); the proportion of efficient users to efficient non-users remains over doubled. The average efficiency score is 0.9109 for the users, and 0.818 for the non-users; both slightly higher compared to normal DEA results.

5. Comparison of the results of the two DEA models

Two different DEA models were used to evaluate the impact of e-health practices on hospital efficiency, i.e., normal DEA assuming VRS and system differentiated DEA. The latter model was used to consider possible systematic differences between the two discrete groups of hospitals, i.e., e-health users and non-users. Only few differences arise by comparing the results of the two models. The number of efficient DMUs is slightly higher in system differentiated DEA, as well as the average efficiency score. The proportion of efficient e-health users to efficient non-users is over doubled in both models (11:4 in normal DEA and 12:5 in system differentiated DEA); hence, the conclusion regarding the impact of e-health on hospital efficiency would be the same either using the one or the other model.

6. Relationship between efficiency and hospital size

In order to investigate whether efficiency is related to the hospital size, the Pearson correlation coefficient was calculated. In this study, the hospital size is determined by the number of medical staff and the number of beds. The results regarding the correlations of efficiency to (i) the number of medical staff and (ii) the number of beds are presented in Table 3. The results show a negative relationship between efficiency and the two hospital size-specific determinants at the 0.01 level of significance.

7. Discussion

The current case study of the Greek National Health System reveals significant e-health results, thus adding to the scarce relevant literature that supports e-health based hospital efficiency outcomes and investments. We provide empirical evidence that e-health contributes to public hospitals' efficiency increase. This evidence is in line with the literature findings, indicating that certain attributes of an e-health system could be enablers for increased efficiency. However, there is no precise definition of an e-health system, nor the components of an e-health system are strictly defined. In this study, we suggest the following items as fundamental attributes of a hospital's e-health system: (i) the use of a hospital information system, (ii) the use of electronic health records, (iii) the implementation of an e-procurement policy, and, (iv) a human resource development policy for e-health. On the basis of these available but certainly crucial e-health attributes, we provide findings that the proportion of the efficient hospitals is more than double, in favor of the hospitals that use these certain e-health systems. We also conclude that hospital size, in terms of medical staff and number of beds, relates negatively to efficiency scores. Despite its minimal significance level, the latter statistical result might be indicative of certain e-health attributes that require further specialized research.

References

- [1] **Z. Yang**. Assessing the performance of Canadian bank branches using data envelopment analysis.

Journal of the Operational Research Society, 2009, 60(6), 771-780.

[2] **W.W. Cooper, L.M. Seiford, K. Tone.** Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software, 2nd ed. *Springer: New York*, 2007.

[3] **E. Thanassoulis.** Introduction to the Theory and Application of DEA Analysis: A Foundation Text with Integrated Software. *Kluwer Academic Publishers: Dordrecht*, 2001.

[4] **E. Mossialos, S. Allin, K. Davaki.** Analysing the Greek health system: A tale of fragmentation and inertia. *Health Economics*, 2005, 14(S1), S151-S168.

Appendix

	Number of medical staff	Number of beds	Operating expenses excluding payroll	Average hospitalisation time	Revenue from medical expenses and examinations
Max	385	1100	7972.51	11.8	42584.28
Min	57	120	719.16	3.6	2832.84
Average	147.11	450.22	2498.8	7.47	13258.26
SD	90.31	272.73	1854.55	2.2	10281.53
No. of DMUs in Data:		36			
No. of efficient DMUs:		15			
No. of inefficient DMUs:		21			
Average of scores:		0.8523			
Standard Deviation of scores:		0.1852			
Total number of simplex iterations:		702			

Table 1: Summary of normal DEA results

Total Statistics	
No. of DMUs in Data:	36
No. of efficient DMUs	17
No. of inefficient DMUs	19
Average of scores	0.8644
Standard Deviation of scores	0.1825
Total number of simplex iterations	440
Statistics by System or Group	
Group 1: e-health users	
No. of DMUs	18
No. of efficient DMUs	12
No. of inefficient DMUs	6
Average	0.9109
Standard Deviation	0.1539
Group 2: e-health non-users	
No. of DMUs	18
No. of efficient DMUs	5
No. of inefficient DMUs	13
Average	0.818
Standard Deviation	0.1965

Table 2: Summary of system differentiated DEA results

		No. of medical staff	No. of beds
Efficiency (normal DEA)	Pearson Correlation	-.506*	-.547*
	Sig. (2-tailed)	.002	.001
	N	36	36
Efficiency (system differentiated DEA)	Pearson Correlation	-.531*	-.581*
	Sig. (2-tailed)	.001	.000
	N	36	36

* Correlation is significant at the 0.01 level

Table 3: Correlation results

Osnovni koncept i pregled primena dvofaznog AHP/DEA pristupa

Milena Popović, Gordana Savić, Milan Martić

Fakultet organizacionih nauka, Jove Ilića 154

milena.popovic@fon.bg.ac.rs; goca@fon.bg.ac.rs; milan@fon.bg.ac.rs

Apstrakt. Imajući u vidu neke uočene teškoće pri implementaciji, posebno vezane za izbor relevantnih kriterijuma koji će omogućiti dobijanje realnih mera efikasnosti, razvijeni su hibridni modeli za povezivanje Analize obavljanja podataka (DEA) sa drugim metodama. Ocena efikasnosti pomoću DEA metode se vrši na osnovu više kriterijuma što je donekle uslovlilo njeno povezivanje sa Analitičkim hijerarhijskim procesom – AHP metodom. Brojni složeni problemi rešavani su upravo kombinacijom ove dve metode. Na ovaj način prevaziđeni su nedostaci pojedinačne i nezavisne primene svake od metoda. U ovom radu je dat osnovni koncept i pregled primena dvofaznog AHP/DEA pristupa. Ovaj pristup kreiran je u cilju smanjivanja subjektivnosti AHP metode i omogućavanja potpunog rangiranja DMU, a koje nije obezbeđeno primenom DEA metode (Sinuany-Stern et al., 2000).

Ključne reči: Analiza obavljanja podataka, Analitički hijerarhijski process, dvofazni AHP/DEA pristup.

1. Uvod

DEA je matematička tehnika merenja efikasnosti na bazi linearnog programiranja. Na osnovu rezultata ove tehnike može se odrediti koliko su pojedine jedinice o kojima se odlučuje – DMU, neefikasne u odnosu na jedinice koje su efikasne. Pored toga, može se zaključiti koliko je potrebno da se smanji određeni ulaz i/ili poveća određeni izlaz da bi ove jedinice postale efikasne (Charnes et.al., 1978). Glavna prednost DEA metode u odnosu na druge metode koje određuju efikasnost je da težina ulaza i izlaza ne treba da bude poznata a priori.

Rezultati DEA metode oslanjaju se na skup izlaza i ulaza koji se koriste u analizi, pa je to i jedan od najvažnijih koraka ove metode. U literaturi je relativno malo pažnje posvećeno kako ti ulazi i izlazi treba da budu izabrani. Mnogi autori jednostavno ulazne i izlazne promenljive, u svojim studijama, tretiraju kao „date“, a zatim prelaze na samu metodologiju. Drugi, pak, koriste statističke metode, kao na primer regresionu i korelacionu analizu, kao

pomoć pri smanjenju broja kriterijuma. Ipak, izbor DEA modela, kao i izbor ulaznih i izlaznih promenljivih zavisi od cilja i namene, ali i od svakog konkretnog slučaja.

AHP je tehnika koja se koristi za rangiranje više alternativa ili za izbor najbolje iz skupa raspoloživih. Rangiranje/selekcija se vrši u odnosu na ukupan cilj, koji je prikazan pomoću više kriterijuma (Saaty, 1991).

AHP je dizajniran za subjektivnu procenu više alternativa na osnovu više kriterijuma, organizovanih u hijerarhijsku strukturu. Na višem nivou procenjuju se kriterijumi, a na nižem se procenjuju alternative na osnovu kriterijuma. Donosilac odluke daje svoju subjektivnu ocenu odvojeno za svaki nivo i podnivo. Na osnovu tih procena se formiraju matrice poređenja parova, koje su zasnovane isključivo na subjektivnim procenama.

Poslednjih godina uloženi su značajni naponi u istraživanju mogućnosti povezivanja DEA sa AHP metodom. U nekim radovima AHP metoda je korišćena u slučajevima kada je

bilo potrebno obrediti relevantne ulaze i izlaze (Yoo, 2003), ili kada ih je potrebno agregirati i smanjiti njihov broj (Korhonen et al., 2001; Cai & Wu, 2001) ili za prevođenje kvalitativnih u kvantitativne podatke (Shang & Sueyoshi, 1995; Yang & Kuo, 2003; Ertay et al., 2006; Korpela et al., 2007; Azadeh et al., 2008; Jyoti et al., 2008; Lin et al., 2011; Raut, 2011), a potom je primenjivana DEA za izbor efikasnih jedinica.

U ovom radu biće prikazan osnovni koncept dvofaznog AHP/DEA pristupa kao i pregled radova koji su dati pristup koristili na različitim oblastima primene.

2. Dvofazni AHP/DEA pristup

U cilju smanjivanja subjektivnosti AHP metode i omogućavanja potpunog rangiranja, koje nije obezbeđeno primenom DEA metode, kreiran je dvofazni AHP/DEA pristup za rangiranje DMU (Sinuany-Stern et al., 2000).

U prvoj fazi ovog pristupa rešavaju se DEA modeli, ali se koriste ideje iz AHP metode, pa se stoga DMU porede po parovima. To znači da se rešavaju osnovni DEA modeli u kojima se porede dve po dve jedinice međusobno. Na osnovu dobijenih rezultata formira se matrica poređenja koja se u drugoj fazi koristi kao ulaz u AHP metodu. Rezultat primene AHP metode je potpuni poredak, koji donosilac odluke lako interpretira, pri čemu je izbegnuta subjektivnost pri dodeli težinskih koeficijenata.

Za bilo koji par jedinica A i B rešava se DEA model AA (M1) (maksimizira se efikasnost DMU jedinice A u poređenju sa DMU jedinice B) kao da ostale jedinice ne postoje.

MODEL (M1)

$$E_{AA} = (\text{Max}) h_k = \sum_{r=1}^s u_r y_{rA} \quad (1)$$

p.o.

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{iA} = 1 \quad (2)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rA} \leq 1 \quad (3)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rB} - \sum_{i=1}^m v_i x_{iB} \leq 0 \quad (4)$$

$$u_r \geq \varepsilon, \quad r = 1, 2, \dots, s \quad (5)$$

$$v_i \geq \varepsilon, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (6)$$

Model M1. predstavlja formulaciju DEA modela za dve jedinice. Analogno problemu AA formuliše se problem BB u kome se maksimizira efikasnost DMU jedinice B u poređenju sa DMU jedinice A. Kod ovakvih problema postoje samo tri ograničenja (ne uključujući ograničenja koja se odnose na nenegativnost težina). Budući da je optimalno rešenje bazno, rešenje problema linearnog programiranja imaće samo tri pozitivne promenljive (Krčevinac i koautori, 2004). To su jedna težina za ulaz, jedna za izlaz i jedna izravnavajuća promenljiva. Sinuany-Stern (Sinuany-Stern et al., 2000) je dao i tvrđenje da ako za problem AA postoji neki par ulaza i izlaza (i', r') takav da je $(y_{r'A} / x_{i'A}) > (y_{r'B} / x_{i'B})$ tada je $E_{AA} = 1$.

Pri unakrsnoj proceni DMU B korišćenjem optimalnih težina dobijenih pri oceni DMU A može se desiti da se pojavi višestruko rešenje. Sinuany-Stern (Sinuany-Stern et al., 2000) predlaže rešavanje DEA modela u kome će se maksimizirati unakrsna efikasnost DMU B tako da DMU A zadrži optimalnu efikasnost E_{AA} . Ovaj problem (BA) podrazumeva da se rešava DEA model M1 u kome ograničenje (4) ima sledeći oblik (4'):

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rB} - E_{AA} \sum_{i=1}^m v_i x_{iB} \leq 0 \quad (4')$$

Na taj način se dobija optimalna unakrsna efikasnost E_{BA} . Na osnovu rešenja E_{AA} , E_{BB} , E_{BA} , E_{AB} dobijenih rešavanjem 4 DEA modela se za svaki par jedinica j i k izračunavaju vrednosti a_{jk} ($j, k = 1, \dots, n$) prema formuli (8).

$$a_{jk} = \frac{E_{jj} + E_{jk}}{E_{kk} + E_{kj}}, a_{jj} = 1, j, k = 1, \dots, n \quad (8)$$

Vrednosti a_{jk} ($j, k=1, \dots, n$) se koriste za konstrukciju matrice poređenja parova neophodne za AHP metodu. Ove vrednosti zamenjuju subjektivne ocene donosioca odluke. Elementi a_{jk} odražavaju procenu važnosti DMU_j u odnosu na DMU_k. Ako je $a_{jk} < 1$, znači da je j-ta DMU procenjena kao lošija od k-te DMU. Očigledno je da važi $a_{kj} = 1/a_{jk}$, isto kao kod AHP metode.

U drugoj fazi se na osnovu matrice poređenja parova koja je generisana u prvoj fazi sprovodi AHP sa jednim nivoom hijerarhije kako bi se izračunala maksimalna sopstvena vrednost i odgovarajući vektor sopstvenih vrednosti. Vrednosti w_j ($j, k=1, \dots, n$) odražavaju relativnu važnost dodeljenu DMU_j. Vrednosti w_j ($j, k=1, \dots, n$) se razlikuju za svaku DMU_j i njihov opadajući redosled omogućava potpuno rangiranje jedinica koje se posmatraju.

3. Primena dvofaznog AHP/DEA pristupa

Predloženi AHP/DEA metod je primenjen za rangiranje filijala Investbanke a.d. Beograd (Martić & Popović, 2001). Primećeno je da je obim računanja veliki, pošto se za svaki par filijala rešavaju 4 DEA modela. U radu je ocenjivana efikasnost 31 filijale, što bi značilo da je potrebno rešavati $31 \times 30 \times 4 = 3720$ modela. Da bi se obim računanja smanjio rangirane su samo efikasne filijale pomoću predložene procedure.

Kasnije je i kroz druga istraživanja pokazano da AHP metoda može korišćenjem ovog dvofaznog AHP/DEA pristupa poboljšati upotrebljivost same DEA metode (Zilla et al., 2000; Yang & Kuo, 2003; Feng et al., 2004; Lee et al., 2008; Tseng & Lee, 2009; Ho & Oh, 2010, Rezaeitaziani & Barkhordariahmadi, 2015).

Feng (Feng et al., 2004) je u svom radu usvojio AHP/DEA pristup radi merenja efikasnosti aktivnosti istraživanja i razvoja na

univerzitetu. On je primenio koncept promenljive po parovima u AHP metodi u konceptu efikasnosti u DEA metodi i pokušao da maksimizira efikasnost aktivnosti istraživanja i razvoja na univerzitetu.

Tseng i Li (Tseng & Lee, 2009) u svom radu koriste AHP/DEA pristup da bi prikazali uporedni uticaj ljudskih resurasa na organizacione performanse. Istraživanje uključuje 129 upitnika iz kompanija u elektronskoj industriji u Tajvanu i 112 upitnika iz filijala u Kini. Rezultati ove studije mogu se koristiti i za objektivnu procenu težina faktora ljudskih resursa i za procenu organizacionih performansi.

Jang i Kuo (Yang & Kuo, 2003) su koristili AHP/DEA pristup za rešavanje problema rasporeda (layout-a) pogona u fabrici. Vrednosti kvalitativnih performansi su merene pomoću AHP, a zatim je korišćena DEA za rešavanje višeobjektnog problema rasporeda. Njegov cilj je bio da pronadu granice performansi iz skupa alternativa rasporeda razmatrajući i kvalitativne i kvantitativne podatke.

Zaključak

U radu je dat pregled radova objavljenih u periodu od 2000. do 2015. godine u međunarodnim časopisima, a koji imaju za cilj primenu dvofaznog AHP/DEA pristupa. Može se videti da je spektar polja primene veoma širok, a autori radova navode da ova sinteza daje bolje rezultate u poređenju sa pojedinačnom primenom svake od metoda pojedinačno.

Bibliografija

- [1] Azadeh, A., Ghaderi, S. F., & Izadbakhsh, H. Integration of DEA and AHP with computer simulation for railway system improvement and optimization, Applied Mathematics and Computation, 2008, 195(2), 775-785.
- [2] Cai, Y.Z., & Wu, W.J. Synthetic Financial Evaluation by a Method of Combining DEA with AHP,

- International Transactions in Operational Research, 2001, 8, 603-609.
- [3] **Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E.**, Measuring Efficiency of Decision Making Units, European Journal of Operational Research, 1978, 2(6), 429-444.
- [4] **Ertay, T., & Ruan, D.** Data envelopment analysis based decision model for optimal operator allocation in CMS, European Journal of Operational Research, 2004, 164(3), 800-810.
- [5] **Feng, Y. J., Lu, H., & Bi, K.** An AHP/DEA method for measurement of the efficiency of R&D management activities in university, International Transactions in Operational Research, 2004, 11, 181–191.
- [6] **Ho, C. B., & Oh, K. B.** Selecting internet company stocks using a combined DEA and AHP approach. International Journal of Systems Science, 2010, 41(3), 325-336.
- [7] **Korhonen, P.J., Tainio, R., & Wallenius, J.** Value efficiency analysis of academic research, European Journal of Operational Research, 2001, 130(1), 121-132.
- [8] **Korpela, J., Lehmusvaara, A., & Nisonen, J.** Warehouse operator selection by combining AHP and DEA methodologies, International Journal of Production Economics, 2007, 108, 135-142.
- [9] **Krčevinac, S., Čangalović, M., Kovačević-Vujičić, V., Martić, M., & Vujošević, M.**, Operaciona Istraživanja, Fakultet organizacionih nauka, Beograd, 2004.
- [10] **Jyoti, T., Banwet, D. K., & Deshmukh, S. G.** Evaluating performance of national R&D organizations using integrated DEA-AHP technique. International Journal of Productivity and Performance Management, 2008, 57 (5), 370-388.
- [11] **Lee, S.K., Mogi, G., Shin, S.C., & Kim, J.W.** Measuring the Relative Efficiency of Greenhouse Gas Technologies: An AHP/DEA Hybrid Model Approach, Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists, 2008, Vol II.
- [12] **Lin, M., Lee, Y., & Ho, T.** Applying integrated DEA/AHP to evaluate the economic performance of local governments in china. European Journal of Operational Research, 2011, 209 (2), 129-140.
- [13] **Martic, M., & Popovic, G.** An application of DEA for comparative analysis and ranking of regions in Serbia with regards to social-economic development, European Journal of Operational Research, 2001, 132, 343–356.
- [14] **Raut, R. D.** Environmental performance: A hybrid method for supplier selection using AHP- DEA. International Journal of Business Insights & Transformation, 2011, 5(1), 16-29.
- [15] **Rezaeitaziani, T., & Barkhordariahmadi, M.**, A two-stage model for ranking DMUs using DEA/AHP, International Journal Industrial Mathematics, 2015, 7 (2), ISSN 2008-5621.
- [16] **Saaty, T. L.**, Multicriteria Decision Making: The Analytic Hierarchy Process, RWS Publications, Pittsburgh, PA, 1991.
- [17] **Shang, J., & Sueyoshi, T.** A unified framework for the selection of a flexible manufacturing system, European Journal of Operational Research, 1995, 85, 297-315.
- [18] **Sinuany-Stern, Z., Mehrez, A., & Hadad, Y.** An AHP/DEA methodology for ranking decision making units, International Transactions in Operational Research, 2000, 7, 109-124.
- [19] **Tseng, Y.F., & Lee, T.Z.** Comparing appropriate decision support of human resource practices on organizational performance with DEA/AHP model, Expert Systems with Applications, 2009, 36, 6548-6558.
- [20] **Yang, T., & Kuo, C.A.** A hierarchical AHP/DEA methodology for the facilities layout design problem, European Journal of Operational Research, 2003, 147, 128–136.
- [21] **Yoo, H.** A study on the efficiency evaluation problem of total quality management activities in Korean companies, The Total Quality Management, 2003, 14(1), 119–128.
- [22] **Zilla, S. S., Abraham, M., & Yossi, H.** An AHP/DEA methodology for ranking decision making units. International Transactions in Operational Research, 2000, 7, 109–124.

Primena DEA metoda u analizi efikasnosti doživotnog učenja evropskih zemalja

Aleksandra Marcikić

Univerzitet u Novom Sadu, Ekonomski fakultet u Subotici
Segedinski put 9-11, 24000 Subotica, Srbija
e-mail: amarcikic@ef.uns.ac.rs

Boris Radovanov

Univerzitet u Novom Sadu, Ekonomski fakultet u Subotici
Segedinski put 9-11, 24000 Subotica, Srbija
e-mail: radovanovb@ef.uns.ac.rs

Apstrakt. Sticanje novih znanja i veština tokom celog života je oduvek bio osnovni činilac razvoja, kako pojedinca, tako i društva u celini. Aktivno ulaganje u sopstveno obrazovanje čoveka donosi benefite na svim poljima života, od povećane mogućnosti zapošljavanja, mobilnosti u poslu, efikasnosti, veće zarade, do socijalnih i psiholoških aspekata, kao što su veće samopouzdanje, satisfakcija, poboljšanje fizičkog i mentalnog zdravlja, odnosa među ljudima u porodici i društvu, većeg nivoa društvene angažovanosti i sl. Cilj ovog istraživanja je da ispita efikasnost programa doživotnog učenja u različitim evropskim zemljama. Analiza obavijanja podataka (DEA) predstavlja pogodan metod za komparaciju efikasnosti programa doživotnog učenja, zbog različite prirode, broja i mernih jedinica inputa i outputa. Podaci korišćeni u ovom radu su rezultati projekta BeLL i baze podataka Eurostat o broj kurseva i vremenu utrošenom na doživotno učenje sa strane inputa i ostvarenim sociološkim i psihološkim benefitima sa strane outputa. Uz raspoložive podatke najbolja relativna efikasnost se ostvaruje u Italiji, Švajcarskoj i Sloveniji, dok bi u ostalim zemljama trebalo sprovesti dalje analize o mogućnostima unapređenja posmatranih pokazatelja.

Ključnereči: doživotno učenje, analiza obavijanja podataka (DEA), analiza efikasnosti

1. Uvod

Današnji svet okarakterisan je neizvesnošću, izraženim migracijama, političkim previranjima, globalnom konkurencijom i jedini postojan element u modernom okruženju je promena. Aktuelni trendovi kao što su proces globalizacije, internacionalizacija političkih, ekonomskih i društvenih veza, razvoj tehnologije, osvešćivanje o očuvanju ekologije, nameću neprestalno prilagođavanje turbulentnom okruženju, ali je sa druge strane neophodno i razvijanje i sticanje novih znanja, stručnosti, umešnosti i sposobnosti, koje postaju ključne u oblasti ekonomije. U takvim uslovima, permanentno sticanje novih znanja i veština uz primenu i razvoj najsavremenijih tehnologija predstavlja neophodnu osnovu za razvoj i opstanak. Prihvatanje i uvažavanje koncepta doživotnog učenja i održivog razvoja obezbeđuju adekvatno prilagođavanje društva aktuelnim svetskim tendencijama. Demokratizacija

društva, promene na tržištu radne snage, promena strukture ekonomije navelo je i našu zemlju u protekloj deceniji da se, i kao društvo, i kao pojedinac u tom društvu, okrene učenju. Navedeni trendovi dovode do sagledavanja novih aspekata i formi učenja, čime se korenito menja shvatanje pojma učenja, kao i način razmišljanja o učenju. Za rešavanje savremenih problema neophodni su fleksibilnost, inovativnost, otvorenost, te učenje i razmena znanja dobijaju posebno mesto u ovom procesu. To je jedan od razloga izuzetnog značaja i aktuelnosti koncepta doživotnog učenja. Takođe je veoma važno napomenuti da je ideju doživotnog učenja neophodno razvijati pod okriljem održivosti, usled nerazdvojive povezanosti obrazovanja i učenja sa individualnim, socijalnim i ukupnim razvojem.

2. Koncept doživotnog učenja

Doživotno učenje se može definisati kao doživotno, dobrovoljno i samovoljno sticanje

znanja iz ličnih i/ili profesionalnih razloga. Kao takvo, ono podstiče socijalnu aktivnost pojedinca, aktivno delovanje i lični razvoj, a pozitivno utiče i na mogućnost zaposlenja i konkurentnost na tržištu. radne snage. Osnove koncepta doživotnog učenja navedene su u Faure-ovom izveštaju (1972), koji je nastao kao rezultat rada Međunarodne komisije za razvoj obrazovanja, gde se navodi da učenje treba da bude sveobuhvatno i doživotno. Na svim poljima, socioekonomskim, političkim, kulturnim prisutan je svetski trend povećane tražnje za visoko kvalifikovanim kadrovima, što još jednom potvrđuje neophodnost holističkog pristupa i unapređenja praktične implementacije koncepta doživotnog učenja, kako na globalnom, tako i na lokalnom nivou. Jedini način ostvarivanja održive prednosti u današnjem privrednom okruženju je putem inovacija. Inovacije predstavljaju proces putem kojeg individue, preduzeća, regioni, pa čak i države prilagođavaju sebe promenljivoj tržišnoj okruženju. Inovacije su pokretač rasta produktivnosti i životnog standarda, a glavni i jedini izvor inovacija su ljudi sa svojim znanjima i sposobnostima.

Svakom pojedincu, nezavisno od njegovog društvenog statusa, potrebno je obezbediti mogućnost da usvoji kompetencije koje će mu omogućiti da tokom čitavog života bude spreman da nauči nova znanja i veštine. Karakteristike današnje Evrope su brz razvoj društva znanja, kao i sve nepovoljnija struktura stanovništva po životnoj dobi, što utiče na razvijanje novog koncepta obrazovanja i obučavanja.

Doživotno učenje je sveobuhvatan pojam, osnova novom načinu razmišljanja u o oblasti obrazovanja koje će po svakim naznakama odrediti naša razmišljanja o obrazovanju i to za nekoliko decenija ispred nas. Što je i od toga bitnije jeste činjenica da će to uticati ne samo na naša razmišljanja već i na odluke i mere različitih vlada u oblasti obrazovanja.

3. Analiza obavljanja podataka (Data Envelopment Analysis - DEA)

Analiza obavljanja podataka je tehnika matematičkog programiranja koja se koristi za analizu i komparaciju efikasnosti različitih entiteta. Parametarski pristupi analizi efikasnosti baziraju se na merama centralne tendencije, te se efikasnost svakog entiteta upoređuje sa prosečnim vrednostima. Za razliku od parametarskih statističkih metoda, DEA poredi efikasnost svakog pojedinačnog entiteta sa najvišim ostvarenim nivoom

efikasnosti, a ne sa prosečnim. To je neparametarski pristup, jer ne zahteva a priori pretpostavku o analitičkoj formi posmatranih inputa i outputa. Značajna prednost DEA metoda je što se u analizi može koristiti različit broj raznorodnih inputa i outputa, koji mogu biti predstavljeni različitim tipovima metrike. Na osnovu podataka o ulazima i izlazima, ova metoda ocenjuje da li je neka jedinica o kojoj se odlučuje efikasna ili nije u odnosu na preostale jedinice uključene u analizu, odnosno da li se nalazi na granici efikasnosti. Granica efikasnosti u ekonomskom smislu predstavlja empirijski dobijenu maksimalnu vrednost outputa koji svaki entitet može ostvariti sa datim ulazima i ponaša se kao obvojnica za neefikasne jedinice. Analiza obavljanja podataka rezultira relativnim merama efikasnosti, jer zavisi od broja entiteta koji su uključeni u analizu, kao i od broja i strukture ulaznih i izlaznih podataka.

Pri analizi obavljanja podataka koriste se modeli linearnog programiranja za određivanje granice efikasnosti inputa i outputa. Kao rezultat pojedinačnih modela linearnog programiranja, dobija se efikasnost posmatranog entiteta, koja se kreće u granicama od 0 do 1. Entitet se nalazi na granici efikasnosti ukoliko ostvaruje vrednost 1, što znači da u poređenju sa ostalim jedinicama posmatrani entitet ne pokazuje neefikasnost u korišćenju inputa i generisanju outputa. Ukoliko su posmatrani entiteti relativno neefikasni, njihov indeks efikasnosti je manji od 1. U tom slučaju se zaključuje da je linearnom kombinacijom efikasnih entiteta iz uzorka moguće ostvariti istu vrednost outputa korišćenjem manje inputa.

Postoje različite formulacije modela linearnog programiranja koji se koriste u DEA analizi. Jedna od osnovnih formulacija DEA modela je navedena u nastavku. Neka je X_i vektor inputa entiteta i , a Y_i odgovarajući vektor outputa. Ukoliko u navedenom modelu želimo da analiziramo efikasnost entiteta 0 , X_0 će biti odgovarajući vektor inputa, a Y_0 odgovarajući vektor outputa. Tada model linearnog programiranja glasi:

$$\text{Min } \theta \quad (1)$$

$$\sum \lambda_i X_i \leq \theta X_0 \quad (2)$$

$$\sum \lambda_i Y_i \geq Y_0 \quad (3)$$

$$\lambda \geq 0 \quad (4)$$

gde su:

θ - relativna efikasnost entiteta 0

λ_i – težinski koeficijenti.

Naveden model će se u nastavku rada koristiti za ocenu efikasnosti programa doživotnog učenja u kontekstu održivog razvoja.

4. Analiza efikasnosti doživotnog učenja u evropskim zemljama

Živimo u vremenskom razdoblju kada neformalno obrazovanje dobija sve veći značaj, što potvrđuju i aktivnosti svetskih i evropskih organizacija koje se bave obrazovanjem. Prema definiciji Eurostat-a (citirano u BeLL Survey Results) pod formalnim obrazovanjem se podrazumeva obrazovanje koje pruža školski sistem jedne zemlje, u osnovnim, srednjim i višim školama i na univerzitetima. Formalno obrazovanje stiču mladi ljudi, uzrasta od 5 do 25 godina. Sa druge strane, pod neformalnim obrazovanjem se podrazumeva bilo kakav organizovani oblik učenja koji nije obuhvaćen formalnim obrazovanjem. Stoga, neformalno obrazovanje može da se stiče i unutar i van institucija obrazovnog sistema i namenjeno je osobama svih uzrasta.

Cilj ovog istraživanja je da ispita efikasnost programa doživotnog učenja u različitim evropskim zemljama. Analiza obavljanja podataka u ovom slučaju predstavlja pogodan metod za komparaciju efikasnosti programa doživotnog učenja, zbog različite prirode, broja i mernih jedinica inputa i outputa. Podaci koji će biti korišćeni u ovom radu su rezultati projekta BeLL (The Benefits of Lifelong Learning), koji je od 2011. do 2014. godine finansiran od strane Evropske Komisije. Osnovna svrha ovog projekta je bila da istraži individualne i društvene prednosti koje ostvaruju odrasli učesnici različitih programa doživotnog učenja. U istraživanju su učestvovali stanovnici evropskih zemalja, među kojima je i Srbija. BeLL projekat je pre svega fokusiran na neformalno, neprofesionalno i dobrovoljno učenje, za razliku od prethodnih studija, koje su u prvi plan stavljale formalno obrazovanje i stručna usavršavanja. Prednosti koje se ispituju u ovom istraživanju su definisane na osnovu šireg pristupa, koji je korišćen u prethodnim istraživanjima o benefitima samovoljnog obrazovanja odraslih, koja su sprovedena u Engleskoj i Finskoj (BeLL Survey Results). U studiji je učestvovalo preko 7000 ispitanika, a mišljenja o ostvarenim prednostima stečenim pohađanjem različitih neformalnih programa doživotnog učenja iznosili su popunjavanjem upitnika. U BeLL studiji prednosti

neformalnog doživotnog učenja klasifikovane su u četrnaest kategorija, a zatim su konfirmatornom faktorskom analizom određena tri faktora koja opisuju ove kategorije: kontrola života, stavovi i društveni kapital i posao, porodica i zdravlje. Prvi faktor sadrži sledeće tri grupe varijabli: lokus kontrole, samoefikasnost i osećaj o smislu života. Faktor Stavovi i društveni kapital sadrži varijable koje se tiču tolerancije, društvenog angažovanja i izmena u stavovima o obrazovanju. Treći faktor sadrži varijable koje se tiču zdravlja, mentalnog blagostanja, posla i porodice. Srednje vrednosti skorova Likertove skale ovih promenljivih korišćene su kao autputi u DEA modelu. Za inpute analize obavljanja podataka korišćeni su podaci o broju kurseva po zemljama i prosečnom vremenu utrošenom na programe doživotnog učenja. Svi podaci su iz 2011. godine i prikazani su u sledećim tabelama.

Država	Broj kurseva	Prosečno vreme utrošeno na programe doživotnog učenja
Engleska	693	157
Finska	1243	132
Nemačka	897	122
Italija	526	78
Rumunija	1037	209
Švajcarska	270	98
Srbija	975	120
Češka	988	85
Slovenija	1042	75

Tabela 1. Inputi DEA modela (izvor: BeLL i Eurostat)

Država	Kontrola života	Stavovi i društveni kapital	Posao, porodica i zdravlje
Engleska	4,96	5,5	5,13
Finska	5,07	5,53	5,16
Nemačka	4,88	5,24	5,02
Italija	4,88	5,38	4,91
Rumunija	5,59	5,74	5,5
Švajcarska	4,73	5,08	4,93
Srbija	5,15	5,31	5,12
Češka	4,89	4,85	4,63
Slovenija	5,34	5,49	5,23

Tabela 2. Autputi DEA modela (izvor: BeLL)

Na osnovu podataka iz tabele 1 i 2 formulisan je model linearnog programiranja za svaku državu, kako bi se izvršila analiza efikasnosti doživotnog učenja, ako su inputi broj kurseva i prosečno vreme utrošeno na programe doživotnog učenja, a autputi prednosti ostvarene u pogledu kontrole života, stavova i društvenog kapitala i posla, porodice i zdravlja. Rezultati DEA analize u vidu ostvarene relativne efikasnosti po zemljama, prikazani su u narednoj tabeli.

Država	Relativna efikasnost
Engleska	0,61
Finska	0,60
Nemačka	0,65
Italija	1,00
Rumunija	0,48
Švajcarska	1,00
Srbija	0,67
Češka	0,84
Slovenija	1,00

Tabela 3. Relativna efikasnost doživotnog učenja u evropskim zemljama (izvor: sopstveno istraživanje autora)

Na osnovu rezultata DEA analize možemo zaključiti da najviše prednosti i satisfakcije u odnosu na broj neformalnih programa doživotnog učenja i uloženo vreme ostvaruju učesnici u Italiji, Švajcarskoj i Sloveniji, dok je u Rumuniji taj odnos najlošiji.

5. Zaključak

Sticanje novih znanja i veština tokom celog života je oduvek bio osnovni činilac razvoja, kako pojedinca, tako i društva u celini. Unapređenje organizacije i institucionalizacija ove forme obrazovanja su pozitivni trendovi, koji treba da dovedu do omasovljavanja i popularizacije različitih oblika učenja u cilju opšte dobrobiti svih građana. Aktivno ulaganje u sopstveno obrazovanje čoveka donosi benefite na različitim poljima života, od povećane mogućnosti zapošljavanja, mobilnosti, poslovne efikasnosti, veće zarade, do socijalnih i psiholoških aspekata kao što su veće samopouzdanje, satisfakcija, poboljšanje fizičkog i mentalnog zdravlja, odnosa među ljudima u porodici i društvu, većeg nivoa društvene angažovanosti i sl. Naš rad se pre svega odnosio na neekonomske benefite

neformalnog doživotnog učenja i komparaciju odnosa inputa i autputa u različitim evropskim zemljama. Uz raspoložive inpute (broj kurseva i vreme utrošeno na doživotno učenje) najbolja relativna efikasnost se ostvaruje u Italiji, Švajcarskoj i Sloveniji, dok bi u ostalim zemljama trebalo sprovesti dalje analize o mogućnostima unapređenja posmatranih pokazatelja. Takođe bi u budućim istraživanjima bilo neophodno uključiti veći broj inputa i autputa u model i ispitati ekonomsku efikasnost. Nažalost, ne postoji sistematizovana i javno dostupna baza podataka o programima doživotnog učenja u Srbiji, što u velikoj meri otežava i onemogućava sprovođenje kompleksnijih kvantitativnih analiza. Nadamo se da će se u budućnosti poboljšati situacija i u tom pogledu, te da će se otvoriti prostor za nova istraživanja sa ciljem unapređenja kvaliteta i efekata formalnih i neformalnih programa doživotnog učenja, kako u Srbiji, tako i u regionu.

Bibliografija

- [1] **R.Bojanić, D. Nikolić, I. Kovačević, Z. Konjović.** Efikasnost nastavnog procesa kao jedno od merila rangiranja univerziteta odnosno fakulteta. XXI Skup trendovi razvoja "Univerzitet u promenama", Zbornik radova, Zlatibor, Srbija, 2015.
- [2] **Z. Ćirić, O. Sedlak, M. Čileg, I. Ćirić.** Visoko obrazovanje, promenljivo ekonomsko okruženje i tržište rada. XVII Skup trendovi razvoja "Internacionalizacija univerziteta", Zbornik radova, Kopaonik, Srbija, 2012.
- [3] **P. Jarvis.** Lifelong Learning and Active Citizenship in a Global Society, NIACE-Leicester, 2010, Vol. 10., No 1., pp. 3-19
- [4] **V. Orlović-Loven.** Koncept održivog razvoja i doživotnog učenja -dva okvira za jedan pogled na obrazovanje odraslih. *Andragoške studije*, 2012, No 1., pp. 9-22
- [5] **G. Popović, M. Martić.** Mogućnosti primene DEA metode za ocenu efikasnosti elektronske trgovine. SYM-OP-I S '02, Jugoslovenski simpozijum o operacionim istraživanjima, Zbornik radova, Tara, 2002.
- [6] Benefits of Lifelong Learning (BeLL) Survey Results, University of Eastern Finland, <http://www.bell-project.eu/cms/wp-content/uploads/2014/06/BeLL-Survey-results.pdf> (31.5.2015.)
- [7] <http://laboi.fon.bg.ac.rs/wp-content/uploads/dataPA/MEPS/Merenjeefikasnosti.pdf> (31.5.2015.)

ODLUČIVANJE O NABAVCI MATERIJALA PRIMENOM AHP METODE

Željko Stević

Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Saobraćajni fakultet Doboj
zeljkostevic88@yahoo.com

Ilija Tanackov

Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka
ilijat@uns.ac.rs

Slavko Vesković

Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet
veskos@sf.bg.ac.rs

Marko Vasiljević

Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Saobraćajni fakultet Doboj
drmarkovasiljevic@gmail.com

Bojana Ristić

Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Saobraćajni fakultet Doboj
bojanagojkovic@hotmail.com

Apstrakt: Cilj rada je donošenje odluke o nabavci materijala primenom višekriterijumske analize. Primenjujući analitičko hijerarhijski proces (AHP) vrši se izbor između pet alternativa na osnovu pet kriterijuma. U pitanju je nabavka čeličnih cevi koje se koriste za proizvodnju predizolovanih cevi. Najjeftinije ne mora značiti i najbolje, jer pored troškova, prilikom donošenja odluka ove prirode potrebno je uzeti u obzir i vreme za koje se materijal može isporučiti, način plaćanja i druge kriterijume koji zavise od konkretnog slučaja, stoga se kroz ovaj rad teži zadovoljenju više kriterijuma poštujući prioritete kompanije koja je predmet istraživanja.

Ključne reči: AHP, nabavka, kriterijum, alternative.

1. Uvod

Višekriterijumska analiza sa metodološkog aspekta, predstavlja sistemski pristup, a time i metodološki najefikasniji i najfunkcionalniji pristup rešavanju problema. (Kovačić 2008).

AHP se izdvaja kao jedna od glavnih metoda višekriterijumske analize koja se široko primenjuje za rešavanje problema u raznim oblastima, od izbora lokacijskih problema (Yildirim and Önder 2014; Tomić i dr. 2014; Kayikci 2010; Stević i dr. 2015), preko izbora transportnih sredstava (Stević i dr. 2012) do donošenja odluka koje mogu

imati značajan uticaj na poslovanje kompanija kao što je npr. izbor najpovoljnijih dobavljača kao u (Bobar i Lalić 2013; Mandić i dr. 2013).

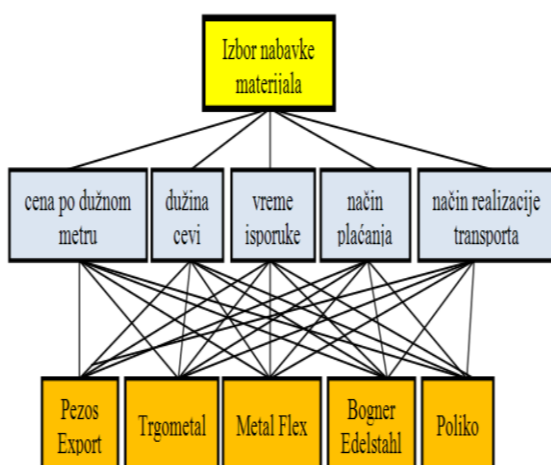
Prema (Saaty 2008) AHP je teorija merenja kroz poređenje parova i oslanja se na mišljenje stručnjaka za izvođenje prioritetskih skala.

Analitički hijerarhijski procesi (AHP) predstavlja alat u analizi odlučivanja, dizajniran u cilju pružanja pomoći donosiocima odluke u rešavanju kompleksnih problema odlučivanja u kojima učestvuju više ljudi koji donose odluke, a rešenje se traži na osnovu većeg broja kriterijuma. AHP se

intenzivno koristi za odlučivanje u oblastima menadžmenta, upravljanja, alokacije i distribucije (Konstantinos 2014)

2. Postavka problema i metodologija

Analitičko hijerarhijski proces predstavlja metodu koja se sastoji iz dekompozicije problema u hijerarhiju, gde se cilj nalazi na vrhu, zatim kriterijumi, podkriterijumi i skup potencijalnih rešenja. Na slici 1 prikazana je hijerarhijska struktura problema gde se mogu uočiti pet kriterijuma: cena po dužnom metru, dužina cevi, vreme isporuke, način plaćanja i način realizacije transporta na osnovu kojih treba doneti odluku o najpovoljnijoj kompaniji od koje treba nabaviti čelične cevi kako bi se moglo obezbediti odvijanje neprekidnog toka proizvodnje. Potencijalna rešenja su kompanije koje su prikazane na slici 1 od kojih se tri nalaze na teritoriji Bosne i Hercegovine, a ostale dve na teritoriji Srbije.



Slika 1. Hijerarhijska struktura problema

Nakon hijerarhijske postavke prvi korak koji je potrebno izvršiti je poređenje kriterijuma međusobno kako bi se mogli odrediti prioriteti.

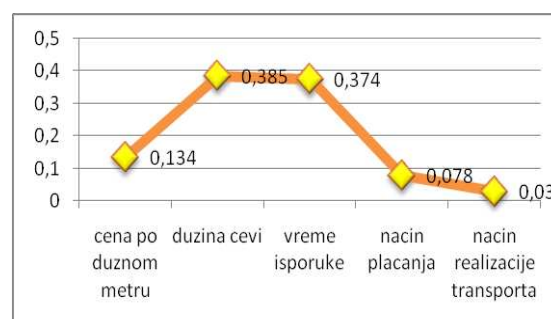
	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅
K ₁	1	1/5	1/5	3	7
K ₂	5	1	1	5	9
K ₃	5	1	1	5	7
K ₄	1/3	1/5	1/5	1	5
K ₅	1/7	1/9	1/7	1/5	1

Tabela 1. Poređenje kriterijuma međusobno

Poređenje parova kriterijuma izvršeno je prema trenutnim potrebama i zahtevima tržišta

koristeći Satijevu skalu (Saaty 1980). U izvršavanje poređenja kriterijuma bili su uključeni radnici komercijalne službe kompanije Energotehnika koja je predmet istraživanja.

Nakon izvršenog poređenja kriterijuma dobijeni su rezultati koji su predstavljeni na slici 2 sa koje se može videti da su najznačajnija dva kriterijuma, i to dužina cevi sa nivoom značajnosti 0,385, a drugi po važnosti kriterijum je vreme isporuke koji je za nijansu slabijeg prioriteta sa nivoom značajnosti 0,374. Ostala tri kriterijuma su znatno slabijeg prioriteta u odnosu na prethodno dva navedena.



Slika 2. Značaj kriterijuma

AHP spada u popularne metode i zato što ima sposobnost da identifikuje i analizira subjektivnost donosioca odluka u procesu rasuđivanja i vrednovanja elemenata hijerarhije. Čovek je retko konzistentan pri procenjivanju vrednosti ili odnosa kvalitativnih elemenata u hijerarhiji. AHP na određen način rešava ovaj problem tako što meri stepen konzistentnosti i o tome obaveštava donosioca odluka. Stepem konzistentnosti pri poređenju kriterijuma međusobno iznosi 0,09 što znači da su rezultati validni, jer je manji od 0,10.

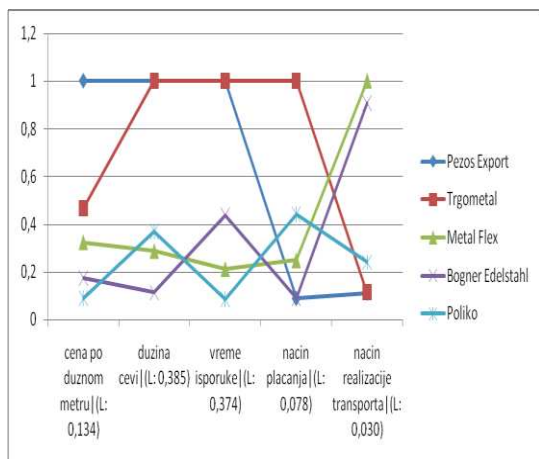
	PEI	Trgo metal	MF	BE	Poliko
cena d. metra	78,31	88,55	89,59	91	95,5
dužina cevi	12	12	11,60-11,70	5,8-6,2	10-12
vreme isporuke	odmah	odmah	5-7	3	30
način plaćanja	100% a.	100% a., 45 odg.	70% a. ost. 30	100% a.	50% a. i 50%
način transakc.	bez	bez	sa	sa	bez

Tabela 2. Karakteristike alternativa

U tabeli 2 prikazane su karakteristike alternativa prema kojim se kasnije vrši poređenje parova.

Cena dužnog metra izražena je u konvertibilnim markama, dužina cevi u metrima, vreme isporuke u danima. Kod načina plaćanja kod svih alternativa je avansno plaćanje sa određenim razlikama u zavisnosti od alternative. Tako da je kod alternativa jedan i četiri 100 % avansno plaćanje bez mogućnosti drugačijeg dogovora, dok je kod alternative dva moguće 100 % avansno ili 45 dana odgođeno uz garanciju banke. Alternativa tri zahteva 70 % avansno, a ostatak do 30 dana, dok alternativa pet nudi 50 % avansno i 50 % pre isporuke, tj. mogućnost plaćanja u 30 dana, jer toliko im je potrebno za isporuku materijala. Kada je u pitanju način realizacije transporta alternative tri i četiri obezbeđuju izvršenje transportnog procesa koji se ne naplaćuje posebno tj. uračunat u cenu materijala, dok prilikom nabavke materijala kod ostalih alternativa transport spada na teret preduzeća Energotehika.

Nakon izvršenog poređenja kriterijuma međusobno, te prikaza karakteristika alternativa po kriterijumima, potrebno je izvršiti poređenje alternativa po svakom kriterijumu pojedinačno, pri tom vodeći računa o već pomenutom stepenu konzistentnosti koji ne sme prelaziti 0.1 kako bi rezultati bili validni i kako subjektivnost koja postoji pri donošenju ovakvih odluka ne bi bitno uticala na konačan ishod.



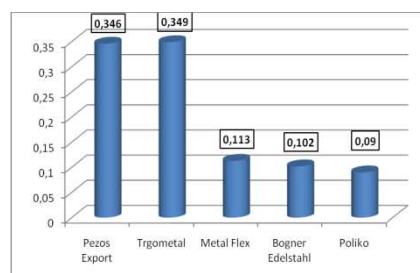
Slika 3. Značaj alternativa po svakom kriterijumu pojedinačno

Na slici 3 prikazani su značaji alternativa prema kriterijumima gde se može jasno videti koja alternativa prema kom kriterijumu predstavlja najbolje rešenje. Alternativa jedan prema prva tri kriterijuma predstavlja najbolje rešenje, jer se radi o alternativni koja je najjeftinija, vrši odmah isporuku materijala i ima dužinu cevi (12 m) koja najviše odgovara kompaniji Energotehika prema zahtevima tržišta (u slučaju drugačije dužine potrebno je vršiti navarivanje što iziskuje i vreme i novac). Međutim prema ostala dva kriterijuma ova alternativa ima veoma male vrednosti i predstavlja loše rešenje, jer je potrebno odmah izvršiti uplatu celokupnog iznosa i ne vrše transport materijala. Alternativa dva takođe predstavlja najbolje rešenje po tri kriterijuma: dva najprioritetnija (dužina cevi i vreme isporuke) i prema načinu plaćanja, jer je moguće izvršiti odgođeno plaćanje što je već navedeno i objašnjeno. Preostale tri alternative imaju manje vrednosti po svim kriterijumima, osim alternativa tri i četiri koje po kriterijumu način realizacije transporta predstavljaju najbolje rešenje.

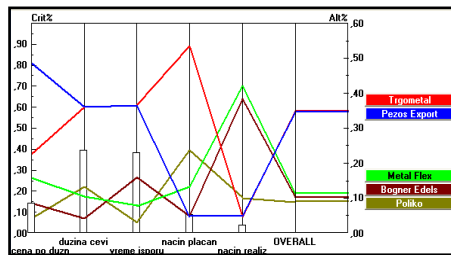
Potrebno je naglasiti da stepen konzistentnosti prilikom poređenja alternativa prema svakom kriterijumu ima vrednost koja se nalazi u dozvoljenoj granici kretanja.

3. Rezultati i analiza osetljivosti

Nakon svih sprovedenih koraka dolazi se do konačnog ranga alternativa koji je prikazan na slici 4 gde se može videti da alternativa dva Trgometal predstavlja najpovoljnije rešenje datog skupa, ali svega za manje od nijanse je razliku u odnosu na alternativu jedan Pezos Export-Import koja takođe može da predstavlja jako dobru opciju kada je u pitanju nabavka materijala.

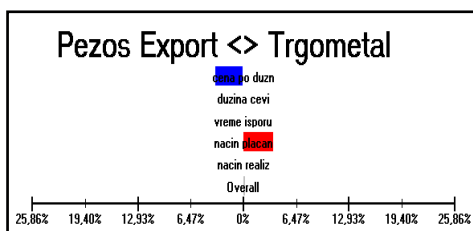


Slika 4. Konačan rang alternativa



Slika 5. Grafički prikaz uticaja kriterijuma na alternative i njihov konačan prioritet

Na slici 5 prikazan je uticaj svih kriterijuma pojedinačno na alternative, te njihov ukupni poredak. Jasno se može uočiti kako pojedina alternativa varira u odnosu na težinu kriterijuma, tako da npr. značaj alternative Trgometal raste kada je u pitanju drugi kriterijum i ostaje na istom nivou do trećeg kriterijuma i ponovo raste kada je u pitanju četvrti kriterijum, da bi naglo opao po zadnjem kriterijumu.



Slika 6. Poređenje dve najprihvatljivije alternative

Slika 6 pokazuje poređenje dve najprihvatljivije alternative Trgometal i Pezos Export-Import. Može se uočiti da Pezos prema kriterijumu cena po dužnom metru ima prednost u odnosu na Trgometal, dok su po drugom i trećem kriterijumu jednaki iz razloga jer imaju najbolju dužinu cevi i vrše isporuku materijala odmah. Po kriterijumu način plaćanja Trgometal je mnogo bolja opcija jer postoji mogućnost odgođenog plaćanja.

4. Zaključak

Donošenje odluka na bazi sagledavanja različitih kriterijuma koji utiču na efikasnost svakodnevnog poslovanja svakako predstavlja izazov, jer treba zadovoljiti više kriterijuma koji ponekad mogu biti i međusobno suprotstavljeni. Primenom AHP metode moguće je donositi odluke uzimajući u obzir važnost kriterijuma odnosno njihov prioritet koji predstavlja odraz tržišnih zahteva.

Koristeći AHP metodu u ovom radu zaključuje se da bi nabavku čeličnih cevi trebalo vršiti od kompanije Trgometal, dok i kompanija Pezos Export-Import predstavlja skoro podjednako dobro rešenje. U zavisnosti od tržišnih tendencija gde se zahtevi i potrebe često menjaju neophodno je primenjivati višekriterijumsku analizu češće kako bi se donosile adekvatne odluke koje obezbeđuju efikasno poslovanje.

Bibliografija

- [1] Y. Kayikci. A conceptual model for intermodal freight logistics centre location decisions, *Procedia Social and Behavioral Sciences* 2 (2010) 6297–6311
- [2] P. Konstantinos. The Analytical Hierarchical Process, International Hellenic University, 2014.
- [3] M. Kovačić. Primjena AHP metode za izbor lokacije luke nautičkog turizma na primjeru Sjevernog Jadrana, *Naše more, Znanstveno-stručni časopis za more i pomorstvo*, 55 (5-6), 249-261.
- [4] V. Bobar, S. Lalić. Izbor ekonomski najpovoljnije ponude u procesu elektronske javne nabavke, *SYM-OP-IS, Zlatibor*, 8–12. septembar 2013. str. 49-54
- [5] K. Mandić, B. Delibašić, R. Leskovic, A. Baggia. Fazi AHP pristup za selekciju dobavljača: studija slučaja za telekomunikacionu kompaniju, *SYM-OP-IS, Zlatibor*, 8–12. septembar 2013. str. 909-914
- [6] T. Saaty. „The Analytic Hierarchy Process”, Mc Graw-Hill, NewYork, 1980.
- [7] T. Saaty. Decision making with the analytic hierarchy process 2008.
- [8] Yildirim B., Önder E. Evaluating Potential Freight Villages in Istanbul Using Multi Criteria Decision Making Techniques, *Journal of Logistics Management* 2014, 3 (1): 1-10
- [9] Tomić V., Marinković D., Marković D. The Selection of Logistic Centers Location Using Multi-Criteria Comparison: Case Study of the Balkan Peninsula *Acta Polytechnica Hungarica* Vol. 11, No. 10, 2014
- [10] Ž. Stević, Z. Božičković, P. Jevtić, N. Jevtić, “Primena AHP metode kod izbora transportnog sredstva Trebava expres Doboju” *Međunarodna konferencija – Saobraćajnice i optimizacija transporta SIOT 2012*, 22. i 23. Novembar 2012. Doboju str. 195-200
- [11] Ž. Stević, S. Vesković, M. Vasiljević, G. Tepić, The selection of the logistics center location using AHP method University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, *LOGIC* 2015. 21-23 may 2015

Upoređivanje rezultata sinteze antenskog niza dobijenih preko Dolph-Čebiševljeve metode i optimizacione GLO metode

Žarko Rosić

Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, *Jove Ilića 153, Beograd*
e-mail: zarko.rosic88@gmail.com

Olivera Mihić

Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, *Jove Ilića 153, Beograd*
e-mail: oliveradj@fon.rs

Apstrakt. U ovom radu uporedili smo rezultate dobijene optimizacionom GLO metodom sa numeričkom Dolph-Čebiševljevom metodom za sintezu linearnog niza antena sa uniformnim rastojanjem između elemenata. Za maksimalni nivo bočnih talasa u Dolph-Čebiševljevoj metodi uzeta je vrednost nivoa bočnog talasa dobijena preko GLO metode. Svi eksperimenti su izvršeni korišćenjem MATLAB softverskog paketa. Rezultati pokazuju da dizajnirani antenski niz dobijen preko GLO metode je neznatno lošiji u odnosu na numeričku metodu.

Ključnereči: Linearni antenski niz, Dolph-Čebiševljeva metoda, Kombinacija globalne i lokalne pretrage.

1. Uvod

Antenski niz se koristi u radio, mobilnim i satelitskim sistemima da bi se povećala performansa sistema. Sistemu je potrebno da ima usku širinu glavnog talasa i nizak nivo maksimuma bočnih talasa u odnosu na maksimum glavnog talasa. Navedene dve karakteristike su u suprotnosti. Uska širina glavnog talasa ne generiše nizak nivo bočnih talasa i obrnuto. Poboljšanje jedne karakteristike prouzrokuje slabljenje druge karakteristike.

Dijagram zračenja niza antena zavisi od strukture niza, rastojanja između elemenata niza, amplitude i faze pobude elemenata. Metode za sintezu antenskog niza možemo da podelimo u dve grupe. Prvu grupu čine determinističke metode u njih spada Dolph-Čebiševljeva metoda (videti [2] i glavu 19 iz [3]). Drugu grupu čine stohastičke metode. U oblasti elektromagnetike sve se više primenjuju stohastičke metode u odnosu na determinističke. U stohastičke metode spadaju: Evolucionni Algoritmi (videti [4]), Tabu

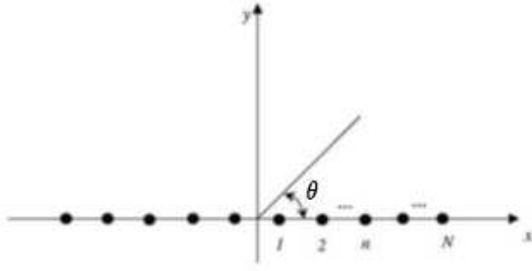
Pretraga (videti [5] i [6]), Optimizacija Rojem Čestica (videti [7]), Genetski Algoritmi (videti [8]-[10]), GLO (videti [1]) itd.

U ovom radu ćemo uporedi rezultate dobijene preko GLO optimizacione metode (koja je predstavljena u radu [1]) sa determinističkom metodom (Dolph-Čebiševljevom metodom), da bismo procenili efikasnost GLO metode pri dizajnu linearnog niza antena.

2. Linearni antenski niz

Linearni antenski niz sa $2N$ -elemenata kod koga su elementi niza simetrično raspoređeni po x -osi je prikazan na Slici 1. Dijagram zračenja linearnog antenskog niza je proporcionalan sa faktorom niza, (za detaljnije pogledati glavu 6 iz [11], [12], glavu 3 iz [13], glavu 20 iz [14], [15]).

U datom radu ćemo koristiti linearni niz antena sa $2N$ -elemenata simetrično raspoređenih po x -osi sa uniformnim rastojanjem, neuniformnim pobudama elemenata niza i istom fazom za svaki element niza $\varphi_n = 0$.



Slika 1. Geometrija linearnog niza antena od $2N$ elemenata

Faktor niza je sledećeg oblika:

$$AF(\theta) = 2 * \sum_{n=1}^N I_n \cos \left[\frac{(2n-1)kd \cos(\theta)}{2} \right], \quad (1)$$

gde su: I_n amplituda n -tog elementa antenskog niza, θ pravac prostiranja talasa,

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \text{ i } d = \frac{\lambda}{2}.$$

Maksimum glavnog talasa se dostiže u pravcu $\theta = 90^\circ$, gde je:

$$\max AF(\theta) = 2 * \sum_{i=1}^N I_n \cos \left[\frac{(2n-1)kd}{2} \right], \quad (2)$$

U oblasti telekomunikacija najčešće se kao merna jedinica uzima decibel (dB). Normalizovani faktor niza u decibelima je sledeći:

$$(AF(\theta))_{norm} = 20 \log \frac{|AF(\theta)|}{|\max(AF(\theta))|}. \quad (3)$$

Data relacija može da se primeni kao funkcija cilja u datoj optimizacionoj metodi.

3. Algoritam GLO metode

Rešavanje problema se sastoji od dva glavna dela: problema globalne maksimizacije po pravcu θ za fiksirane vrednosti pobude a^k i problema lokalne minimizacije po pobudi a za fiksiranu vrednost pravca θ^k .

Maksimum bočnih talasa za fiksirane vrednosti pobude a^k možemo naći globalnom pretragom po pravcu prostiranja talasa θ . Za rezultat globalne pretrage ne uzimamo najbolje lokalno rešenje, već drugo najbolje lokalno rešenje, jer najbolje lokalno rešenje pripada maksimumu glavnog talasa, a drugo najbolje lokalno rešenje maksimumu bočnih talasa. Za globalnu pretragu uzeta je multistart metoda.

Problem je oblika

$$global \max_{\theta} 20 \log \frac{|AF(a^k, \theta)|}{|\max(AF(a^k, \theta))|}, \quad (4)$$

po ograničenju

$$0 \leq \theta \leq \theta_1. \quad (5)$$

Kod problema lokalne optimizacije po pobudi a za fiksiranu vrednost pravca θ^k , (koje smo dobili preko globalne maksimizacije), optimizacija je izvršena na maloj okolini pobude a^k koje smo dobili u predhodnom koraku. Lokalna pretraga je izvršena korišćenjem postojeće funkcije u programu MATLAB. Donja i gornja granica za svaku koordinatu vektora a dobijamo na sledeći način:

$$LOW_i = [a_i^k - R], \quad i \in N \quad (6)$$

$$UP_i = [a_i^k + R], \quad i \in N \quad (7)$$

Problem je oblika

$$\min_a 20 \log \frac{|AF(a, \theta^k)|}{|\max(AF(a, \theta^k))|}, \quad (8)$$

po ograničenju

$$a_i^k - R < a < a_i^k + R \quad (9)$$

$$0 < a < 1. \quad (10)$$

Algoritam za rešavanje datog problema je sledeći:

1. Postavljanje inicijalnog rešenja a^1 , unošenje parametra R i postavljanje vrednosti 1 za k .
2. *Globalna pretraga po θ .* Izvršavanje globalne pretrage po θ za fiksirano a^1 da bi bilo izvršeno lociranje maksimum bočnih talasa θ^1 za kandidat rešenje.
3. *Ažuriranje.* Trenutno najbolje rešenje je $F^* = F(a^1, \theta^1)$, $a^* = a^1$.
4. Ponavljanje dok se ne zadovolji $k < k_{max}$.
 - a) Lokalna pretraga po a . Izvršavanje lokalne pretrage po a na malom regionu, pri fiksiranom parametru θ^k . Rešenje pretrage je a^{k+1} .

- b) *Globalna pretraga po θ* . Izvršavanje globalne pretrage po θ pri fiksiranom parametru a^{k+1} , da bi bilo izvršeno lociranje maksimuma bočnih talasa θ^{k+1} za trenutno rešenje.
- c) *Ažuriranje*. Provera da li je trenutno rešenje bolje od trenutno najboljeg rešenja. Ukoliko smo dobili bolje rešenje od trenutnog najboljeg rešenja vršimo ažuriranje $F^* = F(a^{k+1}, \theta^{k+1})$, $a^* = a^{k+1}$.
- d) Ako nije došlo do poboljšanja trenutnog najboljeg rešenja, posle zadatog broja iteracija stopirati rad petlje.
- e) $k \leftarrow k + 1$

5. Rešenje algoritma je F^* , a^* .

4. Dolph-Čebiševljeva metoda

Kao što smo već rekli, Dolph-Čebiševljeva metoda spada u grupu determinističkih (numeričkih) metoda. Korišćenjem karakteristika Čebiševljevih polinoma, možemo da dizajniramo antenski niz kod koga su svi bočni talasi na istom nivou u odnosu na glavni talas.

Procedura Dolph-Čebiševljeve metode:

1. Izabrati odgovarajući faktor niza (AF) za P elemenata antenskog niza

$$(AF)_P = \sum_{n=1}^M a_n \cos[(2n-1)u], \quad (11)$$

$P = 2M$

$$(AF)_P = \sum_{n=1}^M a_n \cos[2(n-1)u], \quad (12)$$

$P = 2M + 1$

2. Svaki $\cos(mu)$ iz relacije faktora niza može da se izrazi kao skup Čebiševljevih polinom $T_m(x)$, gde je $x = \cos(u)$
3. Za određeni maksimalni nivo bočnih talasa (R_0), naći x_0 tako da:

$$R_0 = T_{p-1}(x_0) = \cosh[(P-1) \cosh^{-1} x_0], \quad (13)$$

$$x_0 = \cosh \left[\frac{\cosh^{-1} R_0}{P-1} \right] \quad (14)$$

4. Izvršavanje $\text{zamenecos}(u) = \frac{x}{x_0}$ u relaciji faktora niza koji smo dobili u koraku 2
5. Izjednačavanje faktora niza koji smo dobili u koraku 4 sa $T_{p-1}(x)$ i izračunati amplitude antenskog niza.

Datom procedurom možemo samo da dobijemo amplitude uniformno raspoređenog antenskog niza za zadati maksimalni nivo bočnih talasa.

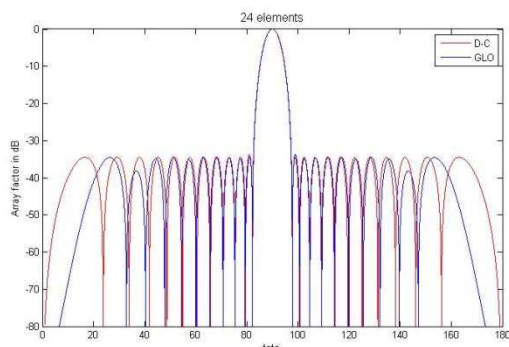
5. Rezultati

Eksperimenti su izvršeni korišćenjem MATLAB softvreskog paketa na PC Intel I3, procesora 3.5GHz i 8GB RAM. Izvršeni su eksperimenti za $R = 0.05, 0.08$ i 0.1 . Dobijeni rezultati su bolji za $R = 0.1$. Tu vrednost parametra R ćemo koristiti u ovom radu. U eksperimentu uzeto je $\theta_1 = 82$. U ovom radu smo koristili GLO metodu za optimizaciju amplituda linearnog antenskog niza sa uniformnim rastojanjem od 24 elementa. Rezultati dobijeni preko GLO metode i Dolph-Chebyshev-ljeve metode sa maksimalnim nivoom bočnih talasa $SLL = -34.5 \text{ dB}$, (koje smo dobili preko GLO metode), prikazani su na Tabeli 1. Dijagram zračenja za oba skupa amplituda prikazani su na Slici 2.

Br. Elem.	GLO metoda	Dolph-Chebyshev-a metoda
± 1	1	1.0000
± 2	0.9657	0.9758
± 3	0.9412	0.9289
± 4	0.8433	0.8619
± 5	0.7918	0.7787
± 6	0.6701	0.6839
± 7	0.5904	0.5824
± 8	0.4609	0.4794
± 9	0.3919	0.3795
± 10	0.2539	0.2870
± 11	0.2368	0.2049
± 12	0.1815	0.2225
FSLI[dB]	-34.5	-34.5

Tabela 1. Vrednosti amplituda elemenata antenskog niza

Dolph-Čebiševljeva metoda generiše perfektno snižene nivoe bočnih talasa sa najužom mogućom širinom glavnog talasa. Ova metoda može da se primeni samo na linearni antenski niz sa uniformno raspoređenim izotopnim elementima. Sa druge strane GLO metoda je fleksibilnija i može da se primeni i kod antenskog niza sa neuniformno raspoređenim elementima.



Slika 2. Dijagram faktora niza od 24 elementa

Širina glavnog talasa GLO optimizacione metode je malo šira u odnosu na širinu glavnog talasa dobijene preko Dolph-Chebyshev-ljeve metode. Razlika između dva slučaja je veoma mala (neznatna 0.1) i na Slici 2 je neprimetna što je dobro. Iz priloženog možemo da zaključimo da su rezultati GLO metode blizu optimalnom rešenju za datu širinu glavnog talasa.

6. Zaključak

U ovom radu smo uporedili stohastičku GLO metodu za izračunavanje minimalnog nivoa bočnih talasa sa determinističkom Dolph-Čebiševljevom metodom sa maksimalnim nivoom bočnih talasa dobijenog preko GLO metode. Iz priloženog se može zaključiti da je razlika u širini glavnih talasa veoma mala, ili bolje rečeno neznatna. Najveća mana Dolph-Čebiševljeve metode je što ova metoda može da se primeni samo na linearni antenski niz sa uniformno raspoređenim izotopnim elementima. Dok je GLO metoda više fleksibilnija i ona može da se primeni na probleme sa neuniformnim rastojanjem. Iz priloženog GLO metoda ima veliki potencijal za rešavanje problema sinteze antenskog niza.

Bibliografija

1. **Ž. Rosić.** Antenna array synthesis for suppressed side lobe level using combination of global and local search. *International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT)*, vol. 4. no. 6, December 2014, p. 58-61.
2. **A. D. Bresler.** A new algorithm for calculating the current distributions of Dolph-Chebyshev arrays. *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. AP-28, Nov. 1980, pp. 951-952.
3. **S. J. Orfanidis.** *Electromagnetic Waves and Antennas.* Rutgers University, 2014.
4. **Ch. Ramesh, P. Mallikarjuna Rao.** Antenna array synthesis for suppressed side lobe level using evolutionary algorithms. *International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT)*, Vol. 2, 2012, pp. 235-238.
5. **Y. Cengiz, H. Tokat.** Linear antenna array design with use of genetic, memetic and tabu search optimization algorithms. *Progress in Electromagnetics Research C*, Vol. 1, 2008, pp. 63-72.
6. **K. Guney and A. Akdagl.** Null steering of linear antenna arrays using a modified tabu search algorithm. *Progress In Electromagnetics Research*, PIER 33, 2001, pp. 167-182.
7. **M. Khodier, M. Al-Aqeel.** Linear and circular array optimization: A study using Particle Swarm Intelligence. *Progress in Electromagnetics Research B*, Vol. 15, 2009, pp. 347-373.
8. **S. Shrivastava, K. Cecil.** Performance analysis of linear antenna array using genetic algorithm. *International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT)*, Vol. 2, Issue 5, November 2012.
9. **G. K. Mahanti, N. Pathak, P. Mahanti.** Synthesis of thinned linear antenna arrays with fixed side lobe level using real-coded genetic algorithm. *Progress In Electromagnetics Research*, PIER 75, 319-328, 2007, pp. 319-328.
10. **Monorchio, S. Genovesi, U. Serra, A. Brizzi, G. Manara.** A technique to optimize nonuniformly spaced arrays with low side lobe level by using a genetic algorithm. *Antennas and Propagation Society International Symposium, 2005 IEEE*; 08/2005.
11. **C. A. Balanis.** *Antenna Theory: Analysis and Design.* John Wiley & Sons, 1997.
12. **W. H. Kummer.** *Basic Array Theory.* Proceedings of the IEEE, Vol. 80. No. 1, January 1992.
13. **W. L. Stutzman, G. A. Thiele.** *Antenna Theory and Design.* Wiley, New York, 1998.
14. **S. J. Orfanidis.** *Electromagnetic Waves and Antennas.* Rutgers University, 2014.
15. **J. D. Kraus, R. J. Marhefka.** *Antennas*, 2nd Ed. New York: McGraw-Hill, 2001.

Višekriterijumska analiza pretnji informaciono-komunikacionom sistemu

Dejan Kršljanin,

Centar za primenjenu matematiku i elektroniku, Vojska Srbije

e-mail: dejan.krsljanin@vs.rs

Apstrakt: U radu je razmatrana mogućnost primene višekriterijumske analize u rešavanju problema informacione bezbednosti, kroz primenu osnovnih koncepata. Višekriterijumska analiza realizovana je AHP (Analytic Hierarchy Process) metodom. U istraživanom modelu VKA, analizirana su dva kriterijumska nivoa sa tri alternative. Kao podrška odlučivanju razmatran je softverski alat Expert Choice.

Ključne reči: višekriterijumska analiza, bezbednosna pretnja, informaciono-komunikacioni sistem

UVOD

Stalne promene informacionog ambijenta i uslova, izloženost IK sistema rizicima i pretnjama bezbednosti, uzrok su velike odgovornosti za donosiocje odluka (DO), te je potrebna stalna i stručna podrška u izboru optimalnog načina za rešavanje problema. Za nesmetano funkcionisanje IK sistema neophodno je postojanje informaciono bezbednog ambijenta. Stvaranje potrebnog ambijenta postaje univerzalna društvena vrednost i cilj.

Sistemi za podršku odlučivanju (SPO) su bazirani na primeni IK u svrhu održavanja DO u procesu donošenja odluka i predstavljaju spoj IKT sistema, primene niza funkcionalnih znanja i donošenja odluka. SPO održavaju proces odlučivanja od faze formulacije problema, projektovanja, izbora, do implementacije. Podrškom odlučivanju za DO se obezbeđuju tačne, pravovremene i relevantne informacije. Sistemi za podršku odlučivanju ne mogu zameniti donosioca odluke.

U radu su sagledane: vrednosti IKT sistema (informacionih dobara), analiza bezbednosnih rizika i pretnji prema sistemu, višekriterijumska analiza primenom AHP podržana softverskim alatom Expert Choice, kao i mogućnosti unapređenja upravljanja u sferi informacione bezbednosti (IB) u donošenju odluka.

Namera autora je da pažnju DO pri rešavanju problema IB u IKT i sajber ambijentu, usmeri ka korišćenju SPO i primeni koncepata poslovne inteligencije (PI).

1. INFORMACIONO-KOMUNIKACIONI SISTEMI

Informaciono-komunikacioni sistem (IK sistem) može biti:

- elektronska komunikaciona mreža u smislu zakona koji uređuje elektronske komunikacije; uređaj ili grupa međusobno povezanih uređaja, takav da se u okviru tog uređaja, odnosno u okviru barem jednog iz te grupe uređaja, vrši automatska obrada podataka u skladu sa računarskim programom;
- računarski podaci koji se čuvaju, obrađuju, pretražuju ili prenose pomoću uređaja iz prethodnog

stava, a u svrhu njihovog rada, upotrebe, zaštite ili održavanja.

Informacioni sistem je skup komponenta organizovanih tako da omogućuju registrovanje, prikupljanje, prenos, obradu, skladištenje, analizu i distribuciju informacija za različite namene.

Informaciona bezbednost predstavlja skup mera koje omogućavaju da IKT sistem zaštiti tajnost, integritet, raspoloživost, autentičnost i neporecivost podataka kojima se rukuje putem tog sistema i da bi taj sistem funkcionisati kako je predviđeno, kada je predviđeno i pod kontrolom ovlašćenih lica. Detaljnije videti u [1].

Pretnje u sajber prostoru:

- karakteriše izrazita dinamičnost, veliki broj pojava formi, konstantno širenje na nove oblasti paralelno sa većom upotrebom računara i globalnih računarskih mreža, težina i teška sagledivost posledica, veliki broj počinitelaca, otežano otkrivanje i dokazivanje, specifičan profil počinitelaca, velike mogućnosti za prikrivanje učinjenog dela itd.
- predstavljaju društvenu opasnost zbog stalnog usavršavanja tehnika, jednostavnog izvršenja određenih dela kao i velike baze odakle se regrutuju počinioci. Teško je definisati pretnje u sajber prostoru kao što je i teško identifikovati izvor i motiv napadača.
- moгу biti: kriminalnog ili nekriminalnog porekla i međunarodnog ili nemeđunarodnog karaktera.

Potencijalni napadači (izvori pretnji) su:

- pojedinci sa kriminalnim namerama
- kriminalci (pojedince, grupe i organizovani kriminal),
- teroristi i raznorodne ekstremističke grupe
- države (prijateljske i/ili neprijateljske), bez obzira na njihov motiv (krađa, prevara, špijunaža, uticaj ili ratovanje).

2. SISTEMI ZA PODRŠKU ODLUČIVANJU

Donošenje odluke kojom rešavamo određeni problem, podrazumeva izbor jedne iz skupa alternativa, pri čemu je uslov da u skupu postoje najmanje dve alternative. [5]

Proces donošenja odluke zahteva određenu podršku, koja je potrebna iz najmanje tri razloga: [4] [5]

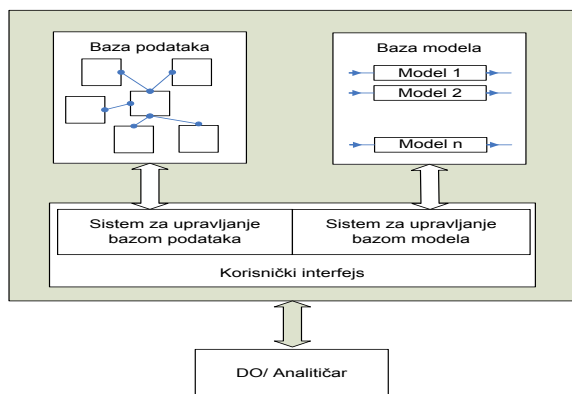
- velika količina podataka koje treba obraditi u određenom vremenu, uz često prisutnu nesrazmernost: ogromna količina podataka- vrlo malo vremena;
- ograničenost DO u raspoloživom vremenu za odlučivanje, koje je po pravilu pojedincu nedovoljno za obradu svih podataka koji su na raspolaganju;
- ispravna odluka je paradigma procesa upravljanja: ugled DO i uspeh organizacije meri se kvalitetom donetih odluka.

Uspešnost u obradi velike količine podataka i donošenje pravovremene odluke zahteva integrisanje podataka u poslovni proces na takav način da DO dobiju prave informacije i znanje za donošenje ispravnih odluka u rešavanju problema ili realizaciji procesnih funkcija upravljanja. [4]

Sistemi za podršku odlučivanju (SPO) su informacioni sistemi, koji su slični i komplementarni standardnim IS i imaju za cilj da podržavaju, uglavnom, poslovne procese donošenja odluka. Predstavljaju simbiozu informacionih sistema, primene niza funkcionalnih znanja i tekućeg procesa donošenja odluka. [4]

Svaki SPO sastoji se od, najmanje, tri podsistema (Sl. 1.):

- Baze podataka
- Baze modela i
- Korisničkog interfejsa



Slika 1. Komponente sistema za podršku odlučivanju

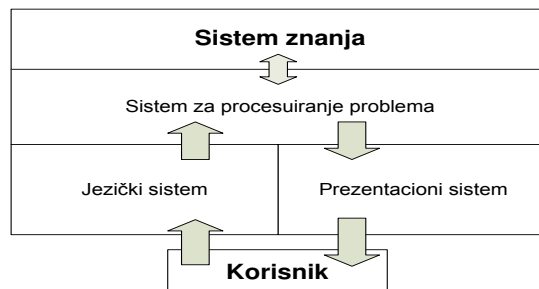
SPO su u razvoju evoluirali i u današnje vreme vreme ih prepoznajemo u dve veoma korišćene tehnologije za podršku odlučivanju na svim nivoima donošenja odluka:

- Poslovna inteligencija (PI), služi za podršku u polustrukturiranim i nestruktuiranim situacijama odlučivanja, na strateškom i taktičkom nivou i
- Upravljanje resursima preduzeća (ERP- Enterprise Resours Planning) podržava odlučivanje na operativnom i taktičkom nivou u uslovima strukturirane i polustrukturirane situacije odlučivanja.

Poslovna inteligencija (PI) je skup IT, organizacionih pravila kao i znanja i veština zaposlenih u organizaciji

udruženih u generisanju, zapisivanju, integraciji i analizi podataka sve sa ciljem da se dođe do potrebnog znanja za donošenje odluke. [4] Pod PI se najčešće podrazumevaju i oblasti: (1) skladište podataka i (2) otkrivanje zakonitosti u podacima (Data mining).

Sagledavanjem generičkog SPO (Sl. 2.) mogu se predvideti budući sistemi PI. Generički okvir za SPO treba da omogući efikasnu komunikaciju između DO i podataka organizacije.



Slika 2. Generički model sistema za podršku odlučivanju

Kao što je odlučivanje imanento svim procesnim funkcijama upravljanja (organizacione funkcije), tako je i podrška odlučivanju sadržana u svim sistemima razvijenim da podrže organizacione funkcije. Strukturu sistema PI (Sl.3.) sačinjavaju:

- Transakcioni (operativni) sloj,
- Integrativni sloj i
- Analitički sloj



Slika 3. Struktura sistema PI

3. PROCENA UGROŽENOSTI IK SISTEMA

Procena ugroženosti IKT sistema izvršena je primenom Analytical Hierarchy Process (AHP) metode koja spada u najviše korišćene metode višekriterijumskog odlučivanja VKO. [5] Izrada matematičkog modela VKO realizuje se u četiri koraka.

1. Definisane ulaznih podataka (kriterijume i alternative) na osnovu kojih se izrađuje hijerarhijska struktura modela za VKO.
2. Upoređivanje elemenata, u parovima, na svakom nivou hijerarhijske strukture. DO daje podatke o važnosti jednog elementa u odnosu na drugi. Odnos elemenata prikazujemo uz pomoć odgovarajuće Saaty-eve tabele relativne važnosti.
3. Izračunavanje težine kriterijuma, podkriterijuma i alternativa, nakon izvršene procene relativne važnosti elemenata po nivoima hijerarhijske strukture.
4. Analiza osetljivosti.

Da bi se izbegao subjektivni uticaj na izradu modela, AHP omogućava praćenje konzistentnosti procene u svakom delu postupka upoređivanja parova elemenata. Konzistentnost se prati pomoću indeksa konzistencije CI, (1)

$$CI = \frac{(\lambda - n)}{(n-1)} \quad (1)$$

Prema dobijenom indeksu konzistentnosti CI, računamo veličinu konzistentnosti CR, (2)

$$CR = \frac{CI}{RI} < 0.10 \quad (2)$$

gde je RI (Random Index Inconsistency) indeks konzistentnosti za matrice reda n slučajno generisanih upoređivanjem u parovima. Koristimo tablicu sa izračunatim vrednostima, prikaz slučajnih vrednosti dat je u Tabeli 1. U Tabeli 2 data je prilagođena skala inteziteta vrednosti primenjena u proceni ugroženosti informacionog sistema. [3]

Tabela 1. Vrednosti RI slučajnih indeksa

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R.I.	0,00	0,00	0,58	1,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,48
n	11	12	13	14	15					
R.I.	1,49	1,51	1,56	1,57	1,59					

Tabela 2. Prilagođena skala relativne vrednosti

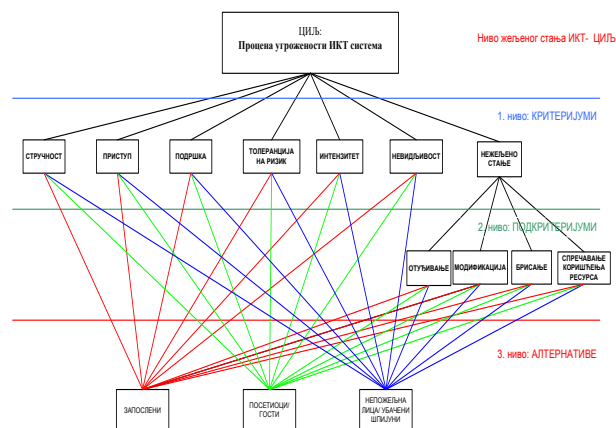
Intenzitet važnosti	definicija	objašnjenje
1	Nizak nivo	kriterijumi jedan u odnosu na drugi su po važnosti isti
3	Srednji nivo	jedan kriterijum je nešto veće važnosti u odnosu na drugi kriterijum
5	Visok nivo	izuzetno važan kriterijum u odnosu na drugi kriterijum
2,4	međuvrednosti	

Za potrebe problemskog sagledavanja u ovom istraživanju, kao izvori pretnji prema IKT sistemu, informacionim dobrima i resursima, definisani su:

- zaposleni,
- posetioci ili gosti,
- nepoželjna lica.

Prema mogućim alternativama (izvor pretnji bezbednosti IKT sistema), a u cilju analize izvora pretnji, određujemo osnovne kriterijume: *Stručnost*, *Pristup*, *Podrška*, *Tolerancija na rizik*, *Intezitet*, *Nevidljivost* i *Neželjeno stanje*. Kriterijum „Neželjeno stanje“ ima podkriterijume definisane tablicom odlučivanja: Otušavanje, Modifikovanje, Brisanje i Sprečavanje korišćenja-pristupa resursima.

Na osnovu dobijenih kriterijuma i alternativa izrađujemo hijerarhijsku strukturu modela višekriterijumskog odlučivanja, po nivoima hijerarhije (Sl. 4.).



Slika 4. Hijerarhijska struktura modela „Procene ugroženosti bezbednosti IKT sistema“

A. Proračun težinskog koeficijenta

Dalje vršimo upoređivanje kriterijuma prema vrednostima iz Tabele 2., kriterijumskog 1. nivoa pa prema alternativnom nivou, a potom vršimo upoređivanja dva kriterijuma i dodeljivanja težinskog odnosa, pristupamo izračunavanju težinskog vektora, (3):

$$\bar{tv} = \frac{a_{ij}}{\sum a} \quad (3)$$

U Tabeli 3. dat je prikaz težinskog odnosa kriterijuma prvog nivoa.

Tabela 3. Težinski odnos kriterijuma

	STRUČNOST	PRISTUP	PODRŠKA	TOLERANCIJA NA RIZIK	INTEZITET	NEVIDLJIVOST	NEŽELJENO STANJE
STRUČNOST	1,00	3,00	1,00	3,00	3,00	5,00	5,00
PRISTUP	0,33	1,00	3,00	1,00	1,00	3,00	3,00
PODRŠKA	1,00	0,33	1,00	3,00	3,00	1,00	1,00
TOLERANCIJA NA RIZIK	0,33	1,00	0,33	1,00	3,00	1,00	1,00
INTEZITET	0,33	1,00	0,33	0,33	1,00	5,00	5,00
NEVIDLJIVOST	0,20	0,33	1,00	1,00	0,20	1,00	1,00
NEŽELJENO STANJE	0,20	0,33	1,00	1,00	0,20	1,00	1,00
ukupno	3,20	6,67	6,67	9,33	11,20	16,00	17,00

U Tabeli 4. prikazani su rezultati izračunavanja vrednosti težinskog vektora za kriterijume 1. nivoa.

Tabela 4. Izračunavanje težinskih vektora za kriterijume

	STRUČNOST	PRISTUP	PODRŠKA	TOLERANCIJA NA RIZIK	INTEZITET	NEVIDLJIVOST	NEŽELJENO STANJE	zbir	PV-težinski koeficijent	u %
STRUČNOST	0,31	0,45	0,15	0,32	0,27	0,31	0,29	2,1084	0,30	30,12
PRISTUP	0,10	0,15	0,45	0,11	0,09	0,19	0,18	1,2846	0,18	18,07
PODRŠKA	0,31	0,05	0,15	0,32	0,27	0,06	0,06	1,2231	0,17	17,47
TOLERANCIJA NA RIZIK	0,10	0,15	0,05	0,11	0,27	0,06	0,06	0,8905	0,11	11,44
INTEZITET	0,10	0,15	0,05	0,04	0,09	0,31	0,29	1,0358	0,15	14,80
NEVIDLJIVOST	0,06	0,05	0,15	0,11	0,02	0,06	0,06	0,5088	0,07	7,27
NEŽELJENO STANJE	0,06	0,05	0,15	0,11	0,02	0,09	0,06	0,5356	0,08	7,65

Nakon dodeljivanja težinskog vektora vrši se izračunavanje težinskog koeficijenta za svaki kriterijum pojedinačno. Težinski koeficijent PV, dobijamo tako što po redovima računamo zbir težinskih vektora, rezultat podelimo sa brojem kriterijuma n (4):

$$PV = \frac{\sum a_{ij}}{n} \quad (4)$$

U našem modelu, indeks konzistentnosti je: $\lambda = 0.1$, a dobijene rezultate smatramo konzistentnim:

- indeks konzistentnosti (λ) = 0.1
- $I_{max} = 7,0564$
- CI = 0.0094 – indeks konzistentnosti

- CR = 0.0071 – stepen konzistentnosti
- stepen konzistentnosti: zadovoljava

Iz navedenih podataka vidimo da indeks konzistentnosti dobijen iz rezultata težinskog vektora kriterijuma zadovoljava postavljene uslov od 0,1 što ukazuje da je postupak dodeljivanja težinskih koeficijenata objektivno urađen. U suprotnom, aktivira se mehanizam povratne sprege i potrebno je vratiti se na Korak 2 u kome su dodeljene vrednosti upoređivanja dva kriterijuma treba korigovati, postupak ponoviti. Postupak se ponavlja za sve nivoe kriterijuma hijerarhijskog modela VKO.

Postupak izračunavanje težinskih vektora za alternative vrši se kao i izračunavanje težinskog vektora za kriterijumske nivoe, primenjena je i na nivou alternativa. U Tabeli 5. prikazan je odnos alternativa sa izračunatim težinskim vektorom prema zadatom kriterijumu.

Tabela 5. Proračun težinskog vektora za svaku alternativu prema zadatom kriterijumu

po kriterijumu: STRUČNOST	ZAPOSLENI	POSETIOCI I GOSTI	UBAČENI ŠPIJUN	PRIORITET
ZAPOSLENI	1,00	1,00	1,00	1,00
POSETIOCI I GOS	1,00	1,00	1,00	1,00
UBAČENI ŠPIJUN	1,00	1,00	1,00	1,00
zbir	3,00	3,00	3,00	

Postupak izračunavanja težinskog vektora alternative se ponavlja za sve kriterijume, ponaosob.

Na osnovu izračunatih težinskih vektora kriterijuma kao i prioriteta vektora formiramo tabelu za prikaz rezultata alternativa prema zadatim kriterijumima. Dobijeni rezultati prikazani su u Tabeli 6. Vrednost ukupnog prioriteta alternativa računamo (5):

$$UPA = \frac{\sum(PVI \cdot PRI)}{n} \quad (5)$$

Gde je: **UPA** – ukupan prioritet alternative

- **PVi** – težinski koeficijent kriterijuma
- **PRi** – vrednost prioriteta alternative prema zadatom kriterijumu
- **n** – broj kriterijuma.

Dobijeni rezultati se rangiraju po opadajućem redosledu, najveća vrednost u našem slučaju je rangirana brojem 1.

	Kriterijumi i njihove težine										Ukupni prioritet alternativa	rang alternativa
	STRUČNOST	PRISTUP	PODRŠKA	TOLERANCIJA NA RIZIK	INTEZITET	NEVIDLJIVOST	OTUĐIVANJE	MODIFIKACIJA	BRISANJE	SPREČAVANJE KORIŠĆENJA RESURSA		
	0,30	0,18	0,17	0,11	0,15	0,07	0,49	0,23	0,13	0,14		
zaposleni	1,00	0,78	0,78	1,00	0,78	1,00	0,56	0,56	0,78	1,00	1,5278	3
posetioci i gosti	1,00	1,00	1,00	0,78	1,00	1,00	1,67	1,67	1,00	1,00	2,4498	2
nepoželjna lica	1,00	1,67	1,67	1,67	1,67	1,00	1,67	1,67	1,67	1,00	2,9757	1
	0,9036	0,6222	0,6018	0,3939	0,5097	0,2181	1,9168	0,9041	0,4583	0,4247		
	2	5	6	8	7	10	1	3	4	9		

Tabela 6. Konačan rang alternativa i kriterijuma

Bezbednost posmatranog IK sistema je u najvećoj meri ugrožena od strane nepoželjnih lica. Navedeni izvor pretnje bezbednosti je alternativa najvišeg ranga, dok je kao bezbednosna pretnja IKT sistemu sa najvišim rangom, kriterijum „otuđivanje“.

Donosiocu odluke dobijeni rezultati analize ukazuju:

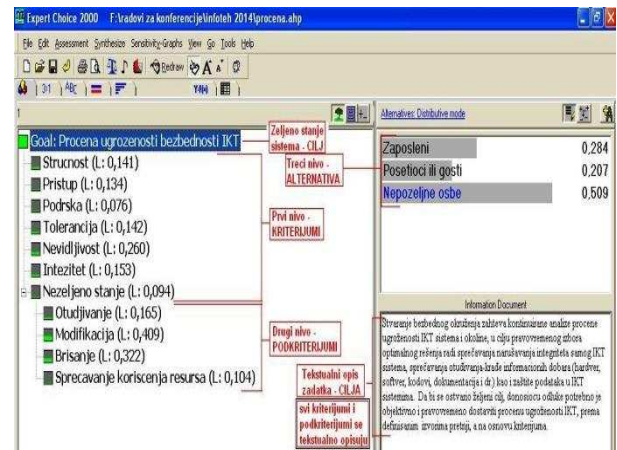
– da je IK sistem primarno bezbednosno ugrožen od strane nepoželjnih lica i postoji izražen rizik od krađe informacionih dobara.

– potrebno je doneti adekvatnu odluku radi preduzimanja mera poboljšanja fizičko-tehničke zaštite IK sistema i informacionih dobara.

B. Primena sistema za podršku odlučivanju Expert Choice

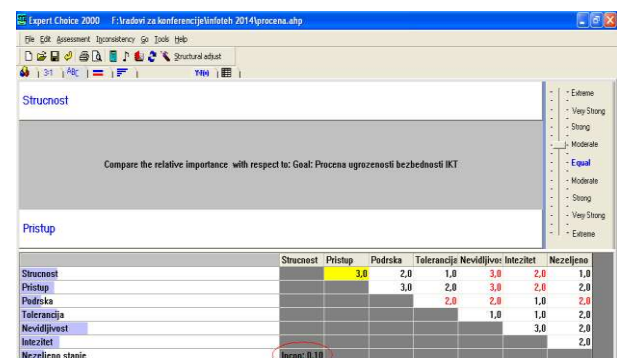
Expert Choice je u potpunosti primenjiv za AHP i podržava sve korake u realizaciji metode. Omogućava struktuiranje problema kao i upoređivanje alternativa i kriterijuma u parovima na više načina. Ima mogućnost vizuelizacije analize osetljivosti utemeljene na jednostavnom interaktivnom načinu izmene težina kriterijuma i alternativa. Može da preuzima podatke iz programskog paketa Microsoft Office i Oracle baze podataka.

Početak rada u programu Expert Choice bazira se na izradi hijerarhijske strukture sistema koji se analizira. Definišemo kriterijume prema nivoima kao i podkriterijume kao i alternative Svaki kriterijum može tekstualno da se opiše (Sl. 7).



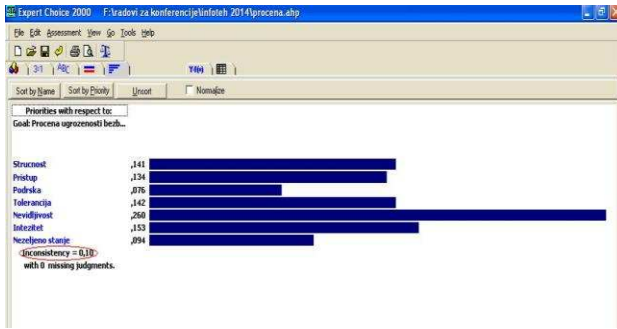
Slika 7. Hijerarhijska struktura u Expert Choice

Korišćenje sistema za podršku je postupno prema koracima AHP. Promene vrednosti težinskog koeficijenta treba da budu osmišljene, promenom jednog koeficijenta dolazi do refleksije na ostale vrednosti (promena nije linearna) Sl.8.



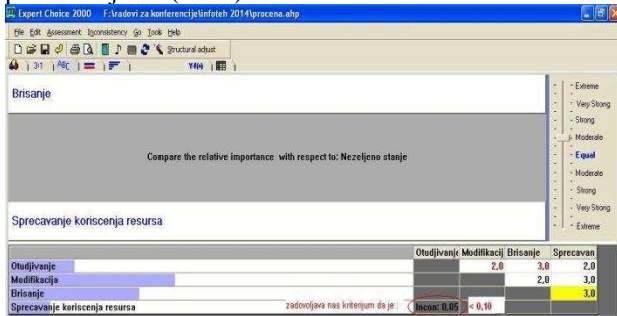
Slika 8. Određivanje težinskog koeficijenta za 1. Nivo

Ukupna inkonzistencija težinskog vektora kriterijuma 1.nivoa je 0,10 što ispunjava naš uslov objektivnosti te se može reći da je model dobro struktuiran. Sl.9



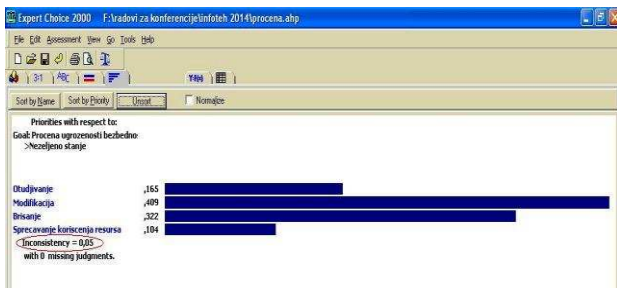
Slika 9. Prikaz težinskog koeficijenta kriterijuma 1. nivoa

Nakon izračunavanja težinskog koeficijenta kriterijuma 1. nivoa, određujemo težinski koeficijent kriterijuma 2.nivoa. Prikaz uporednih vrednosti 2.nivoa – podkriterijuma (Sl.10).



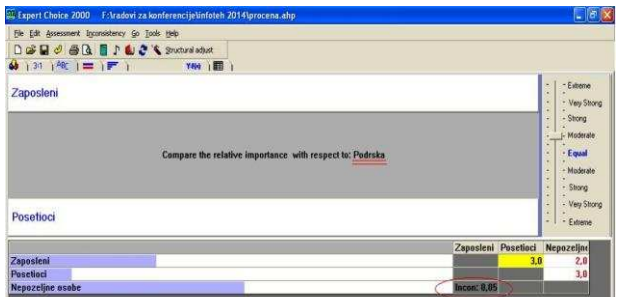
Slika 10. Proračun težinskih koeficijenata za kriterijume 2. nivoa – podkriterijume.

Ukupna inkonzistencija težinskog vektora podkriterijuma je 0,05 što ispunjava naš uslov objektivnosti Sl.11



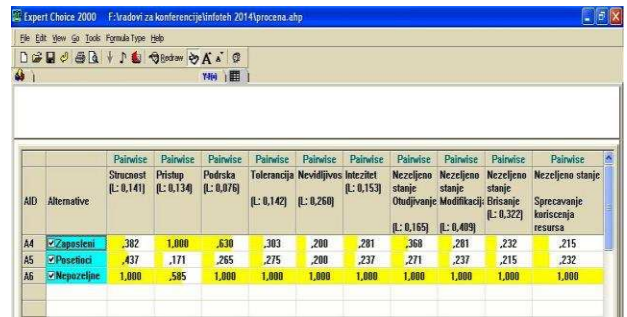
Slika 11. Grafički prikaz težinskog koeficijenta kriterijuma 1. nivoa- podkriterijumi

Prikaz uporednog odnosa alternativa dat je na (Sl.12).



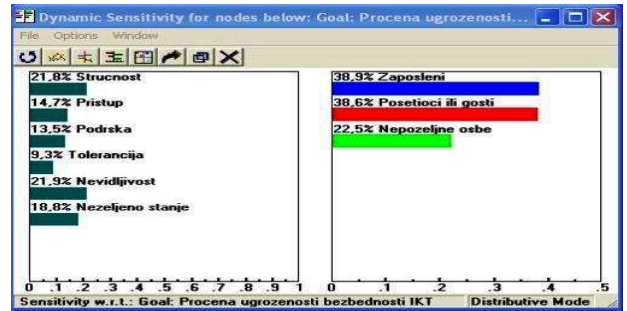
Slika 12. Upoređivanje alternativa prema zadatom kriterijumu

Prikaz težinskih veličina kriterijuma i podkriterijuma prikazom lokalnih prioriteta alternativa dato je na (Sl.13).

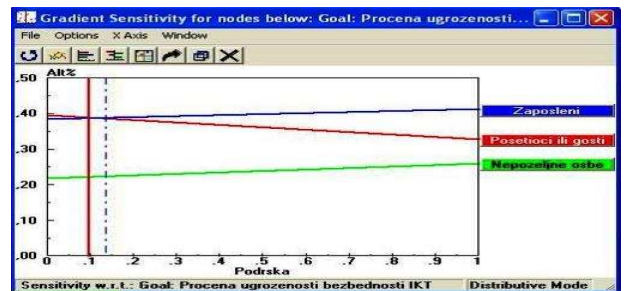


Slika 13: Tabelarni prikaz alternativa sa težinskim koeficijentom u odnosu na kriterijume

Nakon unosa zahtevanih podataka, izračunavanja matematički vrednosti Expert Choice nam omogućava i vizuelizaciju rezultata kroz mogućnost različitih grafičkih prikaza (Sl. 14. i 15.)



Slika 14. Grafički prikaz rezultata- garfikon performansi

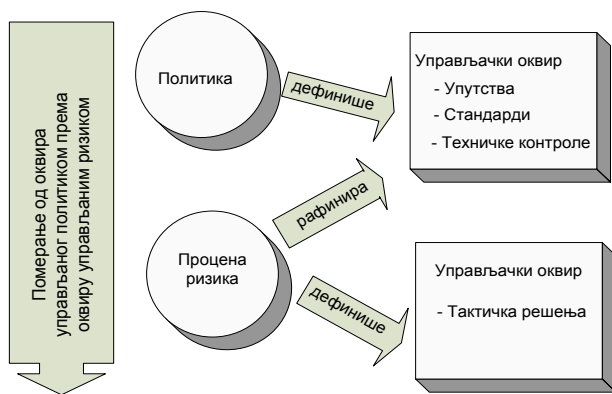


Slika 15. Grafikon gradacije

Sistem za podršku odlučivanju Expert Choice sa svim svojim mogućnostima predstavlja snažan alat koji se može veoma uspešno koristiti u procesu odlučivanja, kako za eksperte u oblasti IB tako i za donosiocce odluka.

4. PRIMENA POSLOVNE INTELIGENCIJE U INFORMACIONOJ BEZBEDNOSTI

Vizija budućnosti sistema za podršku odlučivanju je da se omogući funkcionisanje sistema pri čemu će put od zahteva za rešenjem do rešenja (informacije sa predlogom odluke) biti bez zastoja i bez prepreka (u realnom vremenu). Ostvarivanje ove vizije, proces dolaska do znanja (informacija sa akcijom), zahteva standardizovanje procesa. Svaki korak u procesu odlučivanja potrebno je strukturirati tako da je odluke moguće donositi za vrlo kratak vremenski period. Konkretna primena sistema PI treba da se usmeri na stvaranju uslova za funkcionisanje funkcionalnog modela sistema zaštite (Sl. 16.).



Slika 16. Funkcionalni model sistema zaštite

Neophodno je ići u korak sa brzim pozitivnim promenama u razvoju IKT. Mogućnosti unapređenja ostvarive su zahvaljujući činjenici da se odlučivanje razvilo u jaku naučnu disciplinu, a ceo proces se usmerava na korišćenje kvantitativnih metoda za izbor i donošenje odluke. Tehnološki razvoj i mogućnosti upotrebe informacionih dobara omogućava razvoj i stalnu primenu SPO i sistema PI.

Sistemi za podršku odlučivanju i poslovna inteligencija u funkcionisanju prikazanog koncepta zaštite primenjivi su u svim aspektima od strateškog preko taktičkog do operativnog odlučivanja, kroz sledeće aktivnosti:

- Stvaranje baze podataka o pretnjama, izvorima pretnji, ranjivostima, informacionim dobrima, faktorima rizika, upravljačkim interesima i sistemu zaštite; Razvoj sistema za upravljanje bazom podataka.
- Formiranje baze modela odlučivanja za rešavanje problema kod određenog procesa; Upravljanje modelima.
- Formulisanje korisničkog interfejsa za primenu u oblasti zaštite IKT sistema.

Potrebno je ujediniti koncept informaciono-komunikacionog sistema i koncept sistema za podršku odlučivanju sa ciljem potpune podrške DO u donošenju kvalitetnih odluka u zaštiti IKT sistema.

ZAKLJUČAK

Prikazani primer primene metode VKO je hipotetički, ne vezuje se za konkretan slučaj, što doprinosi opštosti rešenja i univerzalnosti primene na bilo koji IKT sistem, za različite izvore pretnje i za raznovrsne ranjivosti IKT sistema.

Poslovna inteligencija i SPO u daljoj integraciji sa IKT daju neslućene mogućnosti primene u predviđanju, planiranju, realizaciji i kontroli zaštite IKT sistema.

Dalji koraci u istraživanju ogledaju se u razvoju aplikacije za podršku menadžmentu da objektivnim odlučivanjem, izborom adekvatnog matematičkog modela i formiranjem baze podataka o IKT sistemima, može realizovati proces i funkcije upravljanja informacionom bezbednošću IKT sistema.

BIBLIOGRAFIJA

- [1] **Kršljanin D.**, Primena informacione tehnologije u borbi protiv terorizma, *Specijalistički rad*, Fakultet bezbednosti, Beograd, 2006.
- [2] **Forca, B.**, Strategijski menadžment u odbrani, *Vojno delo*, zima-2011,
- [3] **Saaty, T.L.**, *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill International, New York, NY, U.S.A. 1980.
- [4] **Suknović M., Delibašić B.**, *Poslovna inteligencija i sistemi za podršku odlučivanju*, FON, Beograd, 2010.
- [5] **Čupić M., Suknović M.**, *Odlučivanje*, FON, Beograd, 2010.

MATHEMATICAL PROGRAMMING, COMBINATORIAL OPTIMIZATION

Global Search in Nonconvex Optimization Problems

Alexander Strekalovskiy

Matrosov Institute for System Dynamics and Control Theory of SB RAS, Lermontov St., 134, Irkutsk, 664033, Russia
e-mail: strekal@icc.ru

Abstract. We consider a general optimization problem with functions, represented as a difference of two convex functions. In order to attack that problem we first concentrate on two particular cases: d.c. minimization and d.c. constraint problems — and explain local search methods and global search procedure for these two problems. Finally we give an overview of application problems investigated by the developed approach.

Keywords: nonconvex optimization problems, global optimality conditions, local search, global search

1. Introduction

Many optimization problems arising from different application areas turn out to be really nonconvex [1–4], in which, as known, most of local solutions are different from a global one even with respect to the value of the objective function.

Moreover, often the number of local solutions increases exponentially w.r.t. the dimension of the space, where the problem is stated.

On the other hand, the contemporary situation in Nonconvex Optimization may be viewed, as dominated by B&B and its ideological satellites approach [2, 3]. At the same time, the classical methods of convex optimization [1, 4, 5] have been thrown aside because of its inefficiency [2, 3, 7]. As known, the conspicuous limitation of convex optimization methods applied to nonconvex problems is their ability of being trapped at a local solution, or more often at a critical point depending on a starting point [1, 2, 4, 5, 7].

On the other hand, applying B&B approach often we fall into so-called computational infinity, when the procedure is finite, even we are able to prove the finite convergence of the method, but it is impossible to compute a global solution in a rather reasonable time.

Taking into account the situation, we proposed another way for solving d.c. optimization problems, the principal step of which can be described on one of the canonical d.c. optimization problems: the d.c. minimization (DC)

$$(\mathcal{P}): \quad f(x) = g(x) - h(x) \downarrow \min_x, \quad x \in D, \quad (1)$$

where $g(\cdot)$ and $h(\cdot)$ are convex functions and D is a convex set, say, from \mathbb{R}^n .

The solution methods for d.c. problems are based on three principles.

I. Linearization w.r.t. basic nonconvexities of the problems, and, as a consequence, the consideration of the (partially) linearized problems:

$$(\mathcal{PL}(y)): \quad g(x) - \langle h'(y), x \rangle \downarrow \min_x, \quad x \in D,$$

where $h'(y)$ is a subgradient of the convex function $h(\cdot)$ at a point $y \in \mathbb{R}^n$.

II. Application of most advanced convex optimization methods [4, 5] for solving the linearized problems (\mathcal{PL})

III. Application new mathematical (optimization) tools, as Global Optimality Conditions (GOC) and Global Search Strategy, based on GOC.

2. Local Search Methods (LCM)

In contrast to well-known B&B, cuts and similar methods neglecting classical methods of convex optimization, we insist on a certain, but nondirect, application of these algorithms in Global Optimization. For example, for solving d.c. minimization problem (\mathcal{P})–(1) the following (partially) linearized problem is a basic element (a “brick”) of Global Search Method

$$(\mathcal{PL}_s): \quad g(x) - \langle h'(x^s), x \rangle \downarrow \min_x, \quad x \in D, \quad (2)$$

where x^s is a current iterate and $h'(x^s) \in \partial h(x^s)$ is a subgradient of $h(\cdot)$ at x^s . It means that the choice of a solving method for (\mathcal{PL}_s) has a considerable impact on Global Search. Local Search procedure for (\mathcal{P}) may consists in consecutive solving the (\mathcal{PL}_s): knowing $x^s \in D$, we find $x^{s+1} \in D$ as an approximate solution to (\mathcal{PL}_s)–(2). Unexpectedly, the process tends to a solution x_* of the linearized problem

$$(\mathcal{PL}_*): \quad g(x) - \langle h'(x_*), x \rangle \downarrow \min_x, \quad x \in D,$$

called henceforth (algorithmically) critical one, $x_* \in \text{Sol}(\mathcal{PL}_*)$.

In addition to (\mathcal{P}) we also consider the d.c. constraint problem

$$(DCC): \quad \left. \begin{array}{l} \varphi(x) \downarrow \min, \quad x \in S, S \subset \mathbb{R}^n, \\ F(x) = g(x) - h(x) \leq 0, \end{array} \right\} \quad (3)$$

for which we proposed special local search methods (LSM) [9, 19] providing a critical points.

The first one consists in consecutive solution of the convex problem (if φ is convex), as follows,

$$(DCL_s): \quad \left. \begin{array}{l} \varphi(x) \downarrow \min, \quad x \in S, \\ g(x) - \langle h'(x^s), x - x^s \rangle - h(x^s) \leq 0, \end{array} \right\} \quad (4)$$

and the other considers the convex problem

$$(QL_s): \quad \left. \begin{array}{l} g(x) - \langle h'(x^s), x \rangle \min, \\ x \in S, \quad \varphi(x) \leq \rho. \end{array} \right\} \quad (5)$$

The both methods converge to some critical points.

3. Global Search Procedures

The general procedure of Global Search consists of two stages:

- a) Local Search;
- b) Procedures of escaping from a critical point based upon the GOC.

The meaning of this combination consists in the algorithmic (constructive) property of the GOC providing a better feasible point when the GOC are violated. Actually, for (\mathcal{P}) the GOC are, as follows, [7]

$$\left. \begin{array}{l} z \in \text{Sol}(\mathcal{P}) \Rightarrow \forall (y, \beta) \in \mathbb{R}^n \times \mathbb{R}: \\ h(y) = \beta - \zeta, \quad \zeta := g(z) - h(z) \triangleq f(z) \\ g(x) - \beta \geq \langle h'(y), x - y \rangle \quad \forall x \in D. \end{array} \right\} \quad (6)$$

If for some $(\hat{y}, \hat{\beta})$ in (6) and $\hat{x} \in D$ one has $g(\hat{x}) < \hat{\beta} + \langle h'(\hat{y}), \hat{x} - \hat{y} \rangle$, then due to convexity of $h(\cdot)$ we immediately obtain

$$f(\hat{x}) = g(\hat{x}) - h(\hat{x}) < h(\hat{y}) + \zeta - h(\hat{y}) = f(z).$$

So that $f(\hat{x}) < f(z)$, and \hat{x} is better than z .

By varying the parameter $(y, \beta) \in \mathbb{R}^n \times \mathbb{R}$ in (6), and by solving the corresponding linearized problems (cf. (6))

$$(\mathcal{PL}(y)): \quad g(x) - \langle h'(y), x \rangle \downarrow \min_x, \quad x \in D, \quad (7)$$

(y is not obligatory feasible!) we get a family of starting points $x(y, \beta)$ for LSM. Besides, no needs to con-

sider all (y, β) , it is sufficient to violate the inequality in (6) for only one pair $(\hat{y}, \hat{\beta})$.

Basing on these all results we developed a general approach for solving globally the general d.c. optimization problem, as follows,

$$\left. \begin{array}{l} F_0(x) \downarrow \min, \quad x \in S \subset \mathbb{R}^n, \\ F_i(x) \leq 0, \quad i = 1, \dots, m, \end{array} \right\} \quad (8)$$

where $F_i(x) = g_i(x) - h_i(x)$ and $g_i(x)$, $h_i(x)$ are convex functions on \mathbb{R}^n , $i = 1, \dots, m$.

The large field of computational experiments confirmed the effectiveness of the approach for high dimensional problems even in the case of program implementation performed by students and post-graduation students [9, 10, 12, 13, 17].

4. Application Problems

4.1. Polymatrix games (PMG). A new approach for finding the Nash equilibrium in PMG has been developed [8, 18]. This one is based on reducing PMG to a bilinear maximization problem and a following application of Global Search Strategy. In particular, the testing on randomly generated bimatrix games of high dimension (up to 1000×1000) showed the comparable effectiveness of the approach.

4.2. Bilevel problems can be viewed as extremal problems having a special constraint in the form of another optimization problem (follower problem). Besides, the constraints of the leader are depending on the variables of the follower. A special complex of programmes for solving these problems was developed and successfully tested on a large number randomly generated examples of different complexity and dimension (up to 150×150) [14–16].

4.3. Linear complementarity problem was solved by variational approach stating it as d.c. minimization problem of dimension up to 400 [13].

4.4. Problems of financial and medical diagnostic can be formulated in the form of nonlinear (polyhedral) separability [6]. The generalization of Global Search Theory for nonsmooth case allows to develop a programming complex for solving such problems of rather high dimensions with demonstration of its effectiveness during computational simulations.

4.5. Well-known problems of Discrete programming [21] and nonconvex Optimal control problems [10, 11, 20] have also been considered.

5. Conclusion

A new mathematical apparatus allowing not only to escape a local solution in nonconvex problems, but to provide some tools to verify whether a current

point is a global solution or not, has been developed. Besides, the approach elaborated has been tested on a wide field of popular nonconvex problems. It has demonstrated an unexpected efficiency during the numerical solving problems of high dimension. Note, convex optimization methods are successfully used “inside” the procedures of local and global search proposed.

Acknowledgements. *The work is supported by the Russian Science Foundation, project No. 15-11-20015.*

References

- [1] **F.P. Vasil’ev.** Optimization Methods. *Factorial Press, Moscow*, 2002 [in Russian].
- [2] **R. Horst, H. Tuy.** Global Optimization. Deterministic Approaches. *Berlin, Springer-Verlag*, 1993.
- [3] **C.A. Floudas, P.M. Pardalos (eds.).** Frontiers in Global Optimization. *New York, Kluwer Academic Publishers*, 2004.
- [4] **J. Nocedal, S.J. Wright.** Numerical Optimization. *Berlin, New York, 2006.*
- [5] **J.-B. Hiriart-Urruty, C. Lemaréchal.** Convex Analysis and Minimization Algorithms. *Berlin, Springer Verlag*, 1993.
- [6] **O.L. Mangasarian, W.N. Street, W.H. Wolberg.** Breast cancer diagnosis and prognosis via linear programming. *Operations Research*, 1995, 43, 570–577.
- [7] **A.S. Strekalovsky.** Elements of Nonconvex Optimization. *Nauka, Novosibirsk*, 2003 [in Russian].
- [8] **A.S. Strekalovsky, A.V. Orlov.** Bimatrix Games and Bilinear Programming. *Moscow, Fizmatlit*, 2007.
- [9] **A.S. Strekalovsky, T.V. Gruzdeva.** Local search in problems with nonconvex constraints. *Computational Mathematics and Mathematical Physics*, 2007, 47, pages 381–396.
- [10] **A.S. Strekalovsky, M.V. Yanulevich.** Global search in the optimal control problem with a terminal objective functional represented as the difference of two convex functions. *Computational Mathematics and Mathematical Physics*, 2008, 48, 1119–1132.
- [11] **A.S. Strekalovsky, M.V. Yanulevich.** Global search in a nonconvex optimal control problem. *Journal of Computer and Systems Sciences International*, 2013, 52(6), 893–908.
- [12] **A.S. Strekalovsky.** Optimal control problems with terminal functionals represented as the difference of two convex functions. *Computational Mathematics and Mathematical Physics*, 2007 47, 1788–1801.
- [13] **E.O. Mazurkevich, E.G. Petrova, A.S. Strekalovsky.** On numerical solving linear complementarity problem. *Computational Mathematics and Mathematical Physics*, 2009, 49, 1385–1398.
- [14] **A.S. Strekalovsky, A.V. Orlov, A.V. Malyshev.** On computational search for optimistic solution in bilevel problems. *Journal of Global Optimization*, 2010, 48(1), 159–172.
- [15] **A.S. Strekalovsky, A.V. Orlov, A.V. Malyshev.** A local search for the quadratic-linear bilevel programming problem. *Siberian Journal of Numerical Mathematics*, 2010, 13, 75–88.
- [16] **A.S. Strekalovsky, A.V. Orlov, A.V. Malyshev.** Numerical solution of a class of bilevel programming problems. *Siberian Journal of Numerical Mathematics*, 2010, 13, 201–212.
- [17] **A.S. Strekalovsky.** On solving optimization problems with hidden nonconvex structures. In: *T.M. Rasisias, C.A. Floudas, S. Butenko (eds.), Optimization in Science and Engineering, Springer, New-York*, 2014, pp. 465–502
- [18] **A.S. Strekalovsky, R. Enkhbat.** Polymatrix games and optimization problems. *Automation and Remote Control*, 2014, 75(4), 632–645.
- [19] **A.S. Strekalovsky.** On local search in d.c. optimization problems. *Applied Mathematics and Computation*, 2015, 255, 73–83.
- [20] **A.S. Strekalovsky.** Global optimality conditions for optimal control problems with functions of A.D. Alexandrov. *Journal of Optimization Theory and Applications*, 2013, 159(6), 297–321.
- [21] **T.V. Gruzdeva, A.S. Strekalovsky.** Clique Problems and Nonconvex Optimization. *Nauka, Novosibirsk*, 2014 [in Russian].

Nova Hibridna Heuristika za Selekciju Servisa na Osnovu Nefunkcionalnih Karakteristika

Nina Turajlić

Fakultet organizacionih nauka, *Univerzitet u Beogradu, Jove Ilića 154*, 11000 Beograd, Srbija

e-mail: nina.turajlic@fon.rs

Nenad Mladenović

Matematički Institut, Srpska Akademija Nauka i Umetnosti SANU, Knez Mihailova 35, 11000 Beograd, Srbija

e-mail: nenad@mi.sanu.ac.rs

Apstrakt. Za rešavanje problema selekcije servisa za kompoziciju na osnovu nefunkcionalnih karakteristika se predlaže nova hibridna heuristika koja kombinuje metodu promene okolina (VNS) i tabu pretraživanje. Predložena heuristika je primenjena na MMKP (Multi-dimensional Multiple-choice 0-1 Knapsack) model problema. Eksperimentalni rezultati pokazuju da predložena metoda na kraćim vremenskim intervalima rezultuje boljim rešenjima u poređenju sa tabu pretraživanjem i VNS-om te bi se mogla efikasno primeniti u uslovima kada je neophodna brza i dinamička selekcija servisa za kompoziciju.

Ključne reči: selekcija servisa za kompoziciju, metoda promene okolina (VNS), tabu pretraživanje.

1. Uvod

Servisno-orijentisani pristup pripada novoj generaciji pristupa za razvoj aplikacija kroz fleksibilno programsko povezivanje (komponovanje) nezavisno razvijenih softverskih komponenti – servisa (koje mogu biti realizovane na različitim platformama i u različitim programskim jezicima) a čija je funkcionalnost nezavisna od bilo kog konkretnog poslovnog procesa. Kako se servisi nezavisno razvijaju i objavljuju na Internetu sve je veći broj dostupnih servisa koji pružaju istu funkcionalnost, te nefunkcionalne karakteristike servisa (Quality of Service – QoS) postaju sve značajnije. Problem selekcije servisa za kompoziciju se sastoji u selekciji konkretnih servisa, za svaku od komponenti, na takav način da rezultujuća kompozicija, ne samo obezbedi zahtevanu funkcionalnost, već bude i optimalna u pogledu relevantnih QoS karakteristika a da pri tome obezbedi i minimalni zahtevani QoS nivo. O aktuelnosti samog problema svedoče mnogi pregledni radovi (npr. [1]).

2. Matematička formulacija problema

Neka je data apstraktna kompozicija ACS koja se sastoji od m komponenti $C = \{c_i\}$, $i = 1, \dots, m$ i neka za svaku od datih komponenti c_i postoji skup servisa kandidata $S_i = \{s_{ij}\}$, $j = 1, \dots, p_i$. Jedna konkretna kompozicija CS predstavlja jednu od mogućih kombinacija servisa tj. skup servisa $(CS = \{s_{ij}\}, i = 1, \dots, m, j \in \{1, \dots, p_i\})$, pri čemu za svaku od komponenti c_i mora biti izabran tačno jedan servis s_{ij} . Jedno rešenje (konkretna kompozicija CS) u prostoru rešenja se može definisati kao skup vektora binarnih promenljivih $x = \{x_i\}$, $x_i = [x_{i1}, \dots, x_{ip_i}]$ takvih da je $x_{ij} = 1$ ako je servis s_{ij} uključen u kompoziciju i $x_{ij} = 0$ u suprotnom. Dalje, neka je $\{q^k\}$, $k = 1, \dots, n$, skup QoS atributa koji predstavljaju kriterijume selekcije dok l označava QoS attribute za koje su definisana ograničenja $Q = \{Q^1, \dots, Q^r\}$, pri čemu, q_{ij}^k i q_{ij}^l predstavljaju QoS vrednosti koje ostvaruje pojedinačni servis s_{ij} , dok $q^k(x)$ i $q^l(x)$ predstavljaju QoS vrednosti celokupne kompozicije.

Problem selekcije servisa za kompoziciju se često modeluje kao MMKP (Multi-dimensional Multiple-choice 0-1 Knapsack) problem [1]. Da bi se problem selekcije formulisao kao MMKP, najpre je potrebno svakom od relevantnih QoS kriterijuma dodeliti težinu w_k kojom se izražava koliko je dati kriterijum značajan. Sada se može formulisati opšti MMKP model:

$$\max \sum_{k=1}^n w_k q^k(x) \quad (1)$$

p.o.

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{p_i} q_{ij}^l x_{ij} \leq Q^l, l = 1, \dots, r, \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^{p_i} x_{ij} = 1, i = 1, \dots, m, \quad (3)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\}, j = 1, \dots, p_i; i = 1, \dots, m. \quad (4)$$

3. Nova hibridna heuristika

Mogućnost brze i dinamičke kompozicije (tj. selekcije servisa neposredno pre ili čak u toku izvršavanja kompozicije) danas sve više postaje imperativ. Egzaktne metode za rešavanje problema mogu biti neadekvatne (u pogledu vremena i računarskih resursa) jer broj mogućih kombinacija eksponencijalno raste sa porastom broja raspoloživih servisa, pri čemu je poznato da MMKP pripada klasi NP teških problema. Stoga se prednost daje heuristikama te se u literaturi za selekciju servisa predlažu genetski algoritmi, tabu pretraživanje, simulirano kaljenje, itd. [1]. Sa druge strane, kao što je pokazano u [2] VNS se može uspešno primeniti na MMKP.

Prilikom definisanja predložene heuristike pošlo se od činjenice da je u slučaju globalne optimizacije neophodno obezbediti odgovarajuće mehanizme kojima će se pretraga intenzivirati u obećavajućim oblastima i diversifikovati tj. usmeriti u nove, neispitane, oblasti dopustivog prostora. Stoga je ideja da se kombinuju dve poznate heuristike (metoda promene okolina – VNS i tabu pretraživanje) koje u tu svrhu primenjuju različite mehanizme. Ideja hibridizacije ove dve metode se u literaturi sve više primenjuje [3], pri čemu ih različiti autori na različite načine kombinuju.

Sa jedne strane, tabu pretraživanje [4] sledi trajektoriju sekvence rešenja ali pored pomaka koji vode ka boljim rešenjima, takođe dozvoljava i pomake kojima se pogoršava vrednost funkcije cilja. Pri tome se prati istorija pretrage kako bi se osiguralo da se ona u narednim iteracijama ne vrati u isto rešenje. Međutim, uloga tabu liste je zapravo dvojaka, sa jedne strane ona treba da spreči, za izvesno vreme, vraćanje na neka od ranije ispitanih rešenja ali i, što je još važnije, da omogući širenje pretrage u neke nove oblasti.

Za razliku od toga, metoda promene okolina VNS [5,8] ne prati određenu trajektoriju već pretražuje okoline koje su sve dalje i dalje od tekućeg rešenja. Naime, VNS podrazumeva kombinovanje neke metode lokalnog pretraživanja i nasumičnog sistematičnog ispitivanja sve daljih okolina oko pronađenih lokalnih optimuma (kako bi se pronašle nove obećavajuće oblasti) pri čemu se u svakom koraku nasumično izabrano rešenje iz tekuće okoline koristi kao polazno rešenje za lokalno pretraživanje koje će voditi ka nekom novom lokalnom optimumu.

Budući da, kako se navodi u [6], kod tabu pretraživanja dodatno intenziviranje pretrage najčešće nije neophodno (pošto je u najvećem broju slučajeva normalni proces pretraživanja dovoljno temeljan) u predloženoj heuristici se za lokalno pretraživanje u svakom od koraka zapravo primenjuje tabu pretraživanje. Međutim, autor dalje navodi da je diversifikacija jedan od većih nedostataka tabu pretraživanja [6]. Pored toga tabu pretraživanje koristi samo jednu strukturu okoline i način na koji je ona definisana može takođe značajno da smanji efikasnost rešenja. Pošto VNS, sa jedne strane omogućava da se prilikom pretrage zapravo menjaju strukture okolina, dok sa druge, omogućava kontrolisano povećanje nivoa rasejanja za razliku od multi-start metode (kao i da i daje bolje rezultate od nje [7], izabrano je da se diversifikacija postiže putem VNS metode.

Dakle, počevši od nekog nasumično izabranog rešenja (x') u prvoj okolini tekućeg lokalnog optimuma ($N_1(x^*)$), primenom tabu

pretraživanja se traži novi lokalni optimum (x^l), penjući se i spuštajući, i pri tome konstantno ažurirajući odgovarajuću tabu listu (TL_2) sve dok se ne ispuni kriterijum zaustavljanja (KZ_2). Pretraga će se premestiti („move“) iz trenutnog lokalnog optimuma u pronađeno rešenje (x^l) ako i samo ako bi se time ostvarilo poboljšanje vrednosti funkcije cilja (tj. ako je bolje od tekućeg lokalnog optimuma x^*), nakon čega će pretraživanje iznova započeti ali sada od prve okoline novog najboljeg lokalnog optimuma.

Ukoliko pronađeni lokalni optimum nije bolji od tekućeg najboljeg lokalnog optimuma. nasumični izbor rešenja i tabu pretraživanje se nastavlja u sledećoj okolini $d=d+1$ itd., sve dok se ne ispita i poslednja okolina d_{max} , nakon čega pretraga ponovo polazi od prve okoline tekućeg rešenja $N_1(x^*)$. Ceo postupak se iterativno ponavlja sve dok se ne dostigne kriterijum zaustavljanja (KZ_1).

Međutim, VNS u svakom koraku fokusira pretragu na oblasti koje se nalaze oko tekućeg najboljeg rešenja pri čemu se informacije o nekim prethodnim dobrim rešenjima ne pamte (zbog čega se može desiti da se nepotrebni napor uloži u ponovno pretraživanje istih oblasti). Stoga bi, kako se navodi u [8] imalo smisla na neki način pamtit i informacije o ovim rešenjima budući da bi one zapravo mogle da ukažu i na obećavajuće oblasti koje nisu bile dovoljno ispitane. Autori dalje navode i da bi se karakteristike koje su zajedničke mnogim ili većini dobrih rešenja (na primer iste vrednosti određenih promenljivih) mogle iskoristiti i prilikom promene okoline tj. u „shake“ fazi. Stoga je u predloženoj heuristici uvedena i tabu lista, u kojoj će se pamtit i informacije dobijene u prethodnim VNS koracima, i koja se ažurira prilikom premeštanja pretrage („move“) iz trenutnog lokalnog optimuma u novi najbolji lokalni optimum ($x^* = x^l$). Cilj ove liste je da prilikom promena okoline omogući generisanje novih rešenja na nešto osmišljeniji umesto potpuno nasumičan način.

Dakle, pre nego što se nasumično generiše rešenje u novoj okolini („shake“) sama okolina će se modifikovati na osnovu

informacija iz spoljašnje tabu liste TL_1 . U spoljašnjoj tabu listi (TL_1) se pamti frekvencija pojavljivanja pojedinih servisa s_{ij} u najboljim pronađenim rešenjima te se diversifikacija postiže time što se u „shake“ fazi isključuju oni servisi koji su se više puta pojavljivali u rešenjima.

Algoritam 1. Hibridna heuristika

```

function HYBRID_VNS_TS
( $x^0$ ,  $d_{max}$ ,  $TL_1$ ,  $TL_2$ ,  $KZ_1$ ,  $KZ_2$ )
   $x^* = x^0$ ;  $f^* = f(x^0)$ ;  $TL_1 = \emptyset$ ;
  repeat
     $d = 1$ ;
    repeat
       $x' = \text{RANDOM}(N_d(x^*) \setminus TL_1)$ ; // Shake
       $x^l = \text{TABU\_SEARCH}(x', TL_2, KZ_2)$ ;
      if  $f(x^l) \leq f^*$  then
         $x^* = x^l$ ;  $f^* = f(x^l)$ ; // Move
        UPDATE\_TABU\_LIST( $TL_1, s_{ij}$ );
         $d = 1$ ;
      else
         $d = d + 1$ ; // Promena okoline
    until  $d = d_{max}$ 
  until  $KZ_1$ 
  return  $x^*$ 

```

TL_2 je implementirana kao „recency-based“ memorija u kojoj se pamte servisi koji su u poslednjih nekoliko iteracija zamenjeni. Za definisanje strukture okoline je korišćeno Hemingovo rastojanje, te okolina N_d nekog rešenja predstavlja skup svih onih rešenja koji se od njega razlikuju po tačno d servisa.

2.1.1. Eksperimentalni rezultati

Predloženi algoritam je primenjen na izloženi MMKP model pri čemu je on preveden u ekvivalentni problem minimizacije. U cilju testiranja, a polazeći od atributa koji se najčešće navode, odabran je sledeći reprezentativni skup QoS atributa (što ne znači da je predloženi pristupi ograničen samo na njih): Raspoloživost (Availability), Vreme odziva (Response Time), Pouzdanost (Reliability) i Kašnjenje (Latency). Treba istaći da se *Raspoloživost* i Pouzdanost mere u procentima i agregiraju pomoću proizvoda, te je bilo neophodno logaritmovanjem prevesti date nelinearne funkcije u linearne.

Pored toga, radi jednostavnosti, a ne umanjujući pri tome opštost predloženih pristupa, smatralo se da je skup QoS atributa nad kojima su zadata ograničenja isti kao i skup atributa na osnovu kojih se vrši selekcija, kao i da je da je broj servisa koji je na raspolaganju za svaku od komponenti isti (tj. $p = p_1 = \dots = p_m$).

Sam algoritam je implementiran u programskom jeziku C# za .NET Framework 4.0. i testiran na računaru sa sledećom konfiguracijom: Intel Core 2 Duo CPU E7500 processor, 2.93Ghz, 3.24GB RAM.

Algoritam je testiran na 50 problema različitih dimenzija. Variran je broj komponenti kompozicije i broj servisa koji su na raspolaganju za komponente, i za svaku takvu kombinaciju ($m \times p$) generisano je po 10 test instanci. Takođe su varirani relevantni parametri (d_{max} i dužina tabu liste), pri čemu je kao kriterijum zaustavljanja uzeto maksimalno vreme izvršavanja. Imajući u vidu stohastički karakter VNS metode testovi su nekoliko puta ponovljeni sa istim parametrima i dati su prosečni rezultati.

Prvo su razmatrani problemi manjih dimenzija i pokazalo se da metoda uvek pronalazi egzaktno rešenje i to u veoma kratkom vremenskom periodu (npr. za problem dimenzija 7×10 egzaktno rešenje je dobijeno za 10 ms dok je potpuno pretraživanje svih dopustivih kombinacija u proseku trajalo 46859.4 ms, tj. 47 sekundi.

Zatim su se razmatrali problemi većih dimenzija za koje nije moguće pronaći egzaktno rešenje u razumnom vremenu. Eksperimenti su pokazali da predložena hibridna heuristika u najvećem broju slučajeva na kraćim vremenskim intervalima rezultuje boljim rešenjem nego tabu pretraživanje i VNS. Za problem selekcije servisa za kompoziciju koja se sastoji od 10 komponenti, pri čemu je za svaku od komponenti na raspolaganju 1000 servisa, eksperimenti su pokazali da se najbolji rezultati dobijaju kada je dužina tabu liste 7 a $d_{max}=5$. Na primer, za vreme izvršavanja od 100ms i nasumično generisano početno rešenje x^0 dobijeni su sledeći rezultati:

Inst.	x^0	TS	VNS	H
1	8.2805	7.7588	7.6975	7.2775
2	8.3289	7.7414	7.6393	7.5770
3	8.1938	7.7096	7.6254	7.3675
4	8.3722	7.9407	7.6925	7.5870
5	8.2743	7.8528	7.6828	7.3859
6	8.1835	7.5259	7.6086	7.3969
7	8.4748	7.8915	7.6545	7.5586
8	8.5701	7.8204	7.8098	7.6452
9	8.32	7.6861	7.7257	7.6742
10	8.1153	7.5285	7.7299	7.4522

Tabela 1. Eksperimentalni rezultati

3. Zaključak

Za selekciju servisa za kompoziciju predložena je nova hibridna heuristika zasnovana na VNS i tabu pretraživanju koja se može primeniti u uslovima kada je neophodna brza i dinamička selekcija. Ideja je da se u okviru VNS metode za lokalno pretraživanje primeni tabu pretraživanje, pri čemu je uvedena i spoljašnja tabu lista da bi se, pamteći i koristeći informacije dobijene u prethodnim VNS koracima, pretraga dodatno diversifikovala i usmerila u nove, neispitane, oblasti. Rezultati su pokazali da predložena metoda u najvećem broju slučajeva na kraćim vremenskim intervalima rezultuje boljim rešenjem nego tabu pretraživanje i VNS, što se i očekivalo budući da je ideja bila da se kombinuju njihove prednosti.

Bibliografija

- [1] **Q. Sheng & al.** Web services composition: A decade's overview. Information Sciences, 2014, 280, 218-238.
- [2] **S. Hanafi & al.** New hybrid metaheuristics for solving the multidimensional knapsack problem. Hybrid Metaheuristics, LNCS 6373, 2010, 118-132.
- [3] **P. Hansen, N. Mladenović, J. Moreno Pérez.** Variable neighbourhood search: methods and applications. Annals of Operations Research, 2010, 175(1), 367-407.
- [4] **F. Glover.** Tabu search – part I. ORSA Journal on Computing, 1989, 1(3), 190-206.
- [5] **N. Mladenović, P. Hansen.** Variable neighborhood search. Computers & Operations Research, 1997 24(11), 1097-1100.
- [6] **M. Gendreau.** An Introduction to Tabu Search. In F. Glover & G. Kochenberger (Eds.), Handbook of Metaheuristics, 2003, 37-54.
- [7] **J. Brimberg, & al.** Convergence of variable neighborhood search. Les Cahiers du GERAD G-2002-21, 2004
- [8] **P. Hansen, N. Mladenović.** A tutorial on variable neighborhood search. Les Cahiers du GERAD G-2003-46, 2003.

Nested Variable Neighborhood Search

Jack Brimberg

*Royal Military College, Canada
e-mail: Jack.Brimberg@rmc.ca*

Nenad Mladenović

*Mathematical Institute SANU
e-mail: nenad@mi.sanu.ac.rs*

Raca Todosijević

*Mathematical Institute SANU
e-mail: racatodosijevic@gmail.com*

Dragan Urošević

*Mathematical Institute SANU
e-mail: draganu@mi.sanu.ac.rs*

Abstract. Variable neighborhood search (VNS) is a proven heuristic framework for finding good solutions to combinatorial and global optimization problems. In this paper we propose a new variant call “Nested” variable neighborhood search. The general idea is to apply a second (inner) loop of VNS at inferior solutions that would normally be rejected. Preliminary results are obtained for the *maximally diverse grouping problem*, which support further investigation of this new approach.

Keywords: Optimization, heuristic, local search.

1. Introduction

The Variable Neighborhood Search (VNS) metaheuristic was presented by Mladenović and Hansen in 1997 [3]. Its motivation is based on the following observations: (i) a local optimum obtained with a given neighborhood is not necessarily a local optimum for another neighborhood structure; (ii) a global optimum is a local optimum with respect to all neighborhoods; (iii) empirical evidence suggests that for many combinatorial and global optimization problems the set of local optima is contained within a relatively small subspace of the solution space. The main components of a VNS-based heuristic are the improvement procedure and the

shaking procedure. The improvement procedure is based on a local search that restricts the solutions of interest to local optima only. The shaking procedure is used to systematically explore several neighborhood structures in order to jump out of the obtained local optima traps. For a detailed review of basic VNS and its many variants, the reader is referred to the following survey papers: Mladenović and Hansen [3]. Hansen and Mladenović [2].

In *basic* VNS (BVNS) the shaking operation provides a random point x' in the k -neighborhood of current solution x . A specified local search is then conducted from x' . If the obtained local solution x'' is better than x (or passes an acceptance

criterion in *skewed* VNS), a move is made ($x \leftarrow x''$); *otherwise* there is a return to x and a change of neighborhood ($k \leftarrow k + 1$). The process of shaking and local search is repeated. When the improvement step is intensified by applying more than one local search neighborhood (referred to as variable neighborhood descent (ascent) or VND) rather than a single one as in BVNS, the procedure is called *general* VNS (or GVNS).

The main idea of our new approach, which we refer to as “*Nested*” VNS, is to explore

Algorithm 1

Step 1: Select parameters $k_{\max 1}, k_{\max 2}$, stopping criterion1 and stopping criterion2.

Specify neighbourhoods: $N_k^{(1)}, k = 1, \dots, k_{\max 1}$ and $N_k^{(2)}, k = 1, \dots, k_{\max 2}$

Obtain a starting solution x .

Step 2:

(i) $k \leftarrow 1$

(ii) **repeat** until stopping criterion1:

(a) $shake(x) \rightarrow x' \in N_k^{(1)}(x)$;

(b) $localsearch(x') \rightarrow x''$;

(c) **if** $f(x'') > f(x)$ **then**

$x \leftarrow x''$ (make move), and return to 2(i);

else (nested VNS)

(i) $t \leftarrow 1$

(ii) **repeat** until stopping criterion2:

(a) $shake(x'') \rightarrow y' \in N_t^{(2)}(x'')$;

(b) $localsearch(y') \rightarrow y''$;

(c) **if** $f(y'') > f(x'')$ **then**

$x'' \leftarrow y''$ (make move);

$t \leftarrow 1$;

else

$t \leftarrow t + 1$ (neighborhood change);

(d) **if** $t > k_{\max 2}$ **then**

$t \leftarrow 1$;

(iii) **if** $f(x'') > f(x)$ **then**

$x \leftarrow x''$ (make move);

$k \leftarrow 1$;

else

$k \leftarrow k + 1$ (neighborhood change);

(d) **if** $k > k_{\max 1}$ **then**

$k \leftarrow 1$;

the solution space around local solution x'' , which now acts as a temporary anchor point, before considering a return to the main anchor at x . This is accomplished by imposing a second (inner) loop of VNS at x'' , where the same or a different set of neighborhood structures is used in the associated shaking step. This strategy is twofold: first we spread the search more uniformly in the solution space by changing anchor points, and second, we are able to intensify the search at x'' . The outline of the new method is given below.

2. Maximally diverse grouping problem

The *maximally diverse grouping problem* (MDGP) may be formulated as follows (see, e.g., Fan *et al.* [1] for details): $P = \{p_i \mid i = 1, \dots, N\}$ denotes the set of elements of interest, and p_{ik} , $k \in \{1, 2, \dots, K\}$, the attribute values associated with each element p_i . The measure of diversity between any pair of elements p_i and p_j may be given by some distance function, e.g.,

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^K (p_{ik} - p_{jk})^2}$$

which calculates the Euclidean distance between corresponding points in the attribute space. The objective is to partition the set P into a specified number G of disjoint groups of given sizes so that the sum of diversities over the individual groups is maximized.

Let $x_{ig} = 1$ if p_i is assigned to the group g , and 0 otherwise, $i = 1, 2, \dots, N$, $g = 1, 2, \dots, G$. The model may be expressed as the following quadratic binary integer program:

$$\max \sum_{g=1}^G \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N d_{ij} x_{ig} x_{jg} \quad (1)$$

s.t.

$$\sum_{g=1}^G x_{ig} = 1, \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^N x_{ig} \geq a_g, \quad g = 1, 2, \dots, G \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^N x_{ig} \leq b_g, \quad g = 1, 2, \dots, G \quad (4)$$

$$x_{ig} \in \{0, 1\}, \quad i = 1, 2, \dots, N, g = 1, 2, \dots, G$$

The constraints (2) ensure that each element is assigned to exactly one group. Constraints (3) and (4) impose minimum and maximum group sizes, respectively. In many studies of MDGP, it is assumed that group sizes are equal so that $N = mG$, where m is an integer, and $a_g = b_g = m$ for all groups $g = 1, 2, \dots, G$.

3. Preliminary computational results

The proposed method is implemented in C++ and executed on a 3.4GHz Pentium Quad Core CPU with 8Gb RAM and Linux OS. The preliminary experiments reported below consider only one set of 10 instances with $N = 2000$ elements. The parameter G is set to 50, the lower limit on group size for all groups to 32, and the upper limit to 48. We implement a version of *nested* GVNS based on an existing implementation of GVNS (Urošević [4]). The parameters $k_{max\ 1}$ and $k_{max\ 2}$ for the outer and inner loops are set respectively to 60 and 10. The stopping criterion for the outer loop is specified as a limit on execution time, $t_{max} = 2000$ seconds; the one for the inner loop is a maximum number of complete iterations without improvement, $K_{max} = 2$. A comparison of our Nested GVNS with the original GVNS [4] is given in the table below. An average 0.4 % improvement is obtained with the nested version.

4. Conclusions

A new variant of variable neighborhood search (VNS) is presented. This variant allows the anchor point to change by adding an inner loop of VNS at local solutions that would normally be rejected. Hence we refer to the new approach as *nested* VNS. The main purpose of the inner loop is to spread the search more uniformly in different regions of the

N	G	Nested GVNS		GVNS		% impr
		Obj	Time	Obj	Time	
2000	50	271356	1999.66	270437	1373.33	0.340
2000	50	271480	2001.27	270529	1791.13	0.352
2000	50	271002	1998.40	270653	1663.97	0.129
2000	50	271690	2000.67	271291	1763.03	0.147
2000	50	271521	2000.60	270750	1850.30	0.285
2000	50	271802	2000.96	270538	1729.78	0.467
2000	50	271957	2000.85	270171	1860.82	0.661
2000	50	271404	1998.33	270580	1895.26	0.305
2000	50	271781	2000.36	270548	1321.07	0.456
2000	50	271773	2003.73	270437	1936.52	0.494

Table 1. Comparison of results obtained by GVNS [3] and Nested GVNS proposed in this paper on 10 large instances.

solution space. Preliminary results on some large instances of the *maximally diverse grouping problem* suggest that the nested approach can be useful. More investigation is warranted.

Acknowledgements. This research has been supported in part by a Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada Discovery Grant (NSERC #205041-2008) and by Serbian Ministry of Sciences, project #174010.

References

- [1] **Z.P. Fan, Y. Chen, J. Ma, S. Zeng.** A hybrid genetic algorithmic approach to the maximally diverse grouping problem. *Journal of the Operational Research Society*, 2011, 62, 92 – 99.
- [2] **P. Hansen, N. Mladenović.** Variable Neighborhood Search: Principles and Applications. *European Journal of Operational Research*, 2001, 100, 448 - 467.
- [3] **N. Mladenović, P. Hansen.** Variable neighborhood search. *Computers and Operations Research* 1997, 24, 1097 - 1100.
- [4] **D. Urošević.** Variable Neighborhood Search for maximum diverse grouping problem. *Yugoslav Journal of Operations Research*, 2014, 24, 21-33.

General Variable Neighborhood Search for Maximum Vertex Weighted Clique

Stefana Janićijević

*Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, Serbia
e-mail: stefana@turing.mi.sanu.ac.rs*

Nenad Mladenović

*Institute of Mathematics, Belgrade, Serbia
e-mail: nenad@turing.mi.sanu.ac.rs*

Radovan Obradović

*Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, Serbia
e-mail: radovan.obradovic@gmail.com*

Abstract. A heuristic algorithm, based on the Variable Neighborhood Search (VNS) meta-heuristic of maximum weighted clique on the graph is proposed. A discrete formulation is used within VNS to obtain near optimal solution for the small and many best known size test instances. Experimental results show that solutions are obtained within reasonable computational time.

Keywords: Maximum weighted clique, Metaheuristic, Plateau search, Variable neighborhood search

1. Introduction

Given an undirected graph $G = (V, E)$ where V is a set of vertices and E is a set of edges, finding a maximum size clique C means finding a subset of vertices $C \subset V$ with largest cardinality, such that all pairs of vertices in C are connected by an edge, i.e. for all $\{v, v'\} \in C, \{v, v'\} \in E$. The simplest mathematical programming formulation is as follows (Bomze et al. 1999): If V is the set of vertices and E is set of edges in graph G , then

$$\begin{aligned} & \max \sum_{i=1}^n x_i \\ & \text{s.t. } x_i + x_j \leq 1, \forall (i, j) \in \bar{E} \\ & \quad x_i \in \{0, 1\}, i = 1, \dots, n \end{aligned}$$

where $x_i = 1$ if vertex v_i is in clique, or 0 otherwise.

The important generalization of the MC problem is the maximum vertex weighted clique (MVWC) problem, where there is a positive weight w_i associated with each vertex and the weight of a clique C is defined as $W_v(C) = \sum_{i \in C} w_i$. The maximum vertex weighted clique of G is the clique C of G which maximizes $W_v(C)$. The cardinality of the maximum vertex weighted clique of G is denoted by $\omega_v(G)$ and the total weight of the maximum vertex weighted clique of G denoted by $W_v(G)$ (Bomze et al. 1999).

Edge formulation for the weighted case

$$\begin{aligned} & \max \sum_{i=1}^n w_i x_i \\ & \text{s.t. } x_i + x_j \leq 1, \forall (i, j) \in \bar{E} \\ & \quad x_i \in \{0, 1\}, i = 1, \dots, n \end{aligned}$$

where $x_i = 1$ if vertex v_i is in clique, or 0 otherwise.

In this paper, we implement VNS based heuristic (Mladenovic et al. 1997) at the MVWC problem.

2. Variable Neighborhood Search for Weighted Maximum Clique

In this section we give a brief overview of Variable Neighborhood Search (VNS) (Mladenovic et al. 1997) meta-heuristic. VNS is designed for various combinatorial optimization problems. It can be described as follows.

2.1. VNS implementation details

VNS has been successfully implemented to a variety of combinatorial and continuous optimization problems (Hansen et al. 2010) as well as for several graph optimization problems: cubic graphs, chemical graphs, extremal graphs (discovery science), vertex separation, etc (see Hansen et al. 2010 and Todosijevic et al. 2014 for various successful VNS applications). For a given optimization problem $\min f(x)$, we define the set

of solutions S and the set of feasible solutions $X \subseteq S$. VNS explores distant neighborhoods of the current incumbent solution, and moves from there to a new one if and only if an improvement is made. The local search method is applied repeatedly to get from solutions in neighborhood to local optima. We define the distance $\rho(X, X')$ between any two solutions X and X' as the cardinality of symmetric difference between these sets (Hansen et al. 2004)

$$\rho(X, X') = \frac{1}{2}(|X \cup X'| \setminus |X \cap X'|)$$

Let us denote with N_k , ($k = 1, \dots, k_{max}$), a finite set of pre-selected neighborhood structures, and with $N_k(X)$ the set of solutions in the k^{th} neighborhood of X . Neighborhood set k of $X \in \Sigma$ is denoted by $N_k(X)$. It consists of all solutions at the distance k from X

$$N_k(X) = \{X' \in \Sigma, \rho(X, X') = k\}$$

It is clear that this function is a metric, and thus Σ is a metric space. $N_1(X)$ corresponds to addition or deletion of vertices one at the time from current solution:

$$N_1(X) = N_1^+(X) \cup N_1^-(X)$$

$$N_k^+(X) \cup N_k^-(X) \subset N_k(X)$$

for $k \geq 2$ and these last sets correspond to addition or deletion of k vertices at a time. Note also that $\rho(\cdot, \cdot)$ can be viewed as the Hamming distance, if the solution X is represented by a 0 – 1 array of length n . If X is a clique in G then $W(X)$ is total vertex weight of X . If X is clique in G and if there is a positive weight w_i of each vertex and weight of a clique X is defined as $W(X) = \sum_{i \in X} w_i$.

Let $C_p(X) = \{i \in V : |X \setminus N(i)| = p\}$, $p = \{0, 1\}$ the set of all vertices not adjacent to exactly p vertices in X . $C_p(X)$ are all neighborhoods of solution space. Detailed description is very similar to Hansen et al. 2004, but only difference is applied to the weighted case. Vertices in the graph which are not in the current approximation of the maximum vertex weighted clique are divided in three groups: C_0 candidates of vertices which are in relation with all vertices of the current maximum vertex weighted clique approximation, C_1 candidates of vertices which are in relation with all but one vertices of current maximum vertex

weighted clique approximation and third group is non-candidates. These lists are updated after every change of approximation in maximum vertex weighted clique. In the local search phase we are choosing one vertex from C_0 candidates, if there is any C_0 candidate. We have developed priority function which includes weight of vertex, degree of vertex and penalty according to total period of vertex presents in a clique approximation:

$$h[x] = (vertex[x] + max_time_in_clique[x])degree[x]$$

This candidate is added to the clique and after that sets C_0 and C_1 are updated. Next step is to increase total clique weight by choosing one C_1 candidate which is included in clique and one which is excluded from clique. This is called "plateau" search because we are not changing number of vertices in the current vertex weighted clique approximation. Local search phase is finished when we could not find eligible C_1 candidate, so we have achieved local maximum. Local search alternates between an iterative improvement phase, during which vertices from $C_0(X)$ are added to the current clique X , and a plateau search phase, in which vertices from $C_1(X)$ are swapped with the vertex in X with which they do not share an edge. The search phase terminates when $C_0(X) = \emptyset$ and either $C_1(X) = \emptyset$ or all vertices that are in $C_1(X)$ have already been an element of X during the current iteration. As the final step of the iteration, a perturbation of X is performed to generate a new starting point for the search. Iterations are repeated until either the maximum clique/maximum weighted clique is found or the number of allowed selections (additions to the current clique) is exceeded. Initially, VNS performs 50 iterations.

The purpose of vertex penalties is to obtain additional diversification to the search process, which otherwise could easily stagnate in situations where the current clique has few or no vertices in common with an optimal solution for a given maximum vertex weighted clique instance. Probably, the most obvious approach for avoiding this kind of search stagnation is to simply restart the constructive search process from a different initial vertex. However, even if there is random (or systematic) variation in the choice of this initial vertex, there is still a risk that the heuristic guidance built into the greedy construction mechanism causes a bias towards a limited set of

suboptimal cliques.

The stopping condition may be, e.g. maximum CPU time allowed, maximum number of iterations, or maximum number of iterations between two improvements. Often successive neighborhoods N_k will be nested (Pullan 2008).

2.1.1. Experimental Evaluation

Our heuristic implementation is tested on small / medium / large size examples with known optimal solutions or approximative optimal solutions.

These test sets consist of popular benchmarks frequently used to assess unweighted clique algorithms. The DIMACS benchmark set was established for the Second DIMACS Implementation Challenge (Grossman 1996). This set comprises 80 instances from a variety of real applications. The set also includes graphs generated randomly and graphs whose maximum clique has been hidden by incorporating low-degree vertices. These problem instances range in size from 50 vertices and 1000 edges to 3300 vertices and 5000000 edges. The set of 40 BHOSLIB (Benchmark with Hidden Optimum Solutions) instances arose from the SAT04 Competition. The BHOSLIB instances were translated from hard random SAT instances and have been known to be hard both theoretically and practically for maximum clique algorithms. BHOSLIB-W and DIMACS-W weighted benchmarks test instances consist of benchmarks used for test algorithms of the maximum weight clique problem. The weighted DIMACS-W benchmarks were obtained from the DIMACS benchmark instances by allocating weights to vertices. There are different ways to define the weighting function. We applied the method described in (Pullan 2008): for each vertex i , w_i is set equal to $(i \bmod 200) + 1$. The maximum allowed iterations per run and per instance is set equal to 100 for PLS, and 50 for VNS. As can be seen from Table 1, VNS was able to obtain optimal solution for all test instances within significantly smaller CPU time. In several instances, we obtained better putative maximum than PLS. Stopping criteria for the VNS was set to 1 sec of CPU time. Although PLS was also able to obtain optimal solution for most of the instances, it required several times longer execution time than VNS (except in several cases).

3. Conclusion

In this paper we present preliminary results of applying Variable neighborhood Search (VNS) heuristic to the problem of maximum weighted clique. The obtained results are very encouraging for continuing research on this topic. Possible extensions are related to testing larger instances, comparing with other heuristic methods, like Genetic Algorithms (GA), Tabu Search (TS), Multi-start Local Search (MLS), and introducing new neighborhood structures and new formulation structures combining with VNS extensions.

References

- [1] **I.M. Bomze, M. Budinich, P.M. Pardalos, M. Pelillo.** The maximum clique problem. *Kluwer Academic Publishers, Dordrecht–The Netherlands*, 1999.
- [2] **P. Hansen, N. Mladenovic, D. Urošević.** Variable neighborhood search for the Maximum clique. *Discrete Applied Mathematics*, 2004, 117-125.
- [3] **P. Hansen, N. Mladenovic, J.M. Perez.** Variable neighbourhood search: methods and applications. *Annals of Operations Research*, 2010, 175, 367-407.
- [4] **N. Mladenovic, P. Hansen.** Variable neighborhood search. *Computers and Operations Research*, 1997, 24, 1097-1100.
- [5] **W. Pullan.** Approximating the maximum vertex/edge weighted clique using local search. *J. Heuristics*, 2008, 14, 117-134.
- [6] **Q. Wu, J.K. Hao, F. Glover.** Multi-neighborhood tabu search for the maximum weight clique problem. *Annals OR*, 2012, 196, 611-634.

Algorithm 1 *MVWC approximation by GVNS*

```

1: Generate initial solution  $X$  by greedy heuristic (Hansen et al. 2004);
2:  $X = VND(X)$ ; improve greedy solution;
3:  $k = 1; j = 0$ ;
4: repeat
5:   Shaking (generate a point  $X$  at random from  $k$ th neighborhood of  $X^*$ )
6:   if  $k = k_{max}$  then
7:      $k = 1$ 
8:   end if
9:    $X := LocalSearch(X)$ 
10:   $X := PlateauSearch(X)$ 
11:  if  $W(X) > W(X^*)$  then
12:     $X^* = X$ 
13:     $j = 0$  (reset counter of iterations without improvement)
14:     $k = 1$  (reset neighborhood counter)
15:  else
16:     $k = k + 1$  (increase neighborhood counter)
17:  end if
18: until max CPU is reached
19: return  $X^*$ 

```

Algorithm 2 *Local Search*

```

1: if  $X = \emptyset$  then
2:   Randomly select vertex and push it in  $X$ 
3: end if
4: while  $C_0(X) \neq \emptyset$  do
5:    $v = Select(C_0(X))$ 
6:    $X = X \cup \{v\}$ 
7: end while
8: return  $X$ 

```

Algorithm 3 *Penalty Subalgorithm*

```

1: loop
2:    $X := LocalSearch(X)$ 
3:   if  $C_1(X) = \emptyset$  then
4:     return  $X$ 
5:   end if
6:    $v := Select(C_1(X))$ 
7:   if failed then
8:      $u = UnconnectedVertex(X, v)$ 
9:      $X = X \cup \{v\} - u$ 
10:  end if
11: end loop

```

Name of file	VNS opt. size	VNS CPU time	PLS opt. size	PLS CPU time
<i>brock200_1</i>	2821(50)	5.30	2821(100)	0.19
C1000.9	9135(2)	81.32	8965(5)	344.74
C125.9	2529(50)	5.02	2529(100)	8.08
C2000.5	2466(6)	53.19	2466(18)	711.27
C2000.9	10712(1)	350.00	10028(0)	

C250.9	5092(32)	9.91	5092(17)	247.69
C4000.5	2770(10)	129.63	2792(-)	
C500.9	6955(10)	26.69	6822(-)	
<i>cfat</i> 2001	1284(50)	0.60	1284(100)	< ϵ
<i>cfat</i> 2002	2411(50)	0.78	2411(100)	< ϵ
<i>cfat</i> 2005	5887(50)	1.43	5887(100)	< ϵ
<i>cfat</i> 50010	11586(50)	3.93	11586(100)	< ϵ
<i>cfat</i> 5001	1354(50)	1.20	1354(100)	< ϵ
<i>cfat</i> 5002	2628(50)	1.37	2628(100)	0.01
<i>cfat</i> 5005	5841(50)	2.37	5841(100)	< ϵ
<i>DSJC</i> 1000.5	2186(16)	14.78	2186(100)	47.76
<i>DSJC</i> 500.5	1725(7)	6.47	1725(100)	0.95
<i>gen</i> 200_p0.9_44	5043(50)	8.23	5043(100)	4.44
<i>gen</i> 200_p0.9_55	5416(50)	6.08	5416(100)	0.05
<i>gen</i> 400_p0.9_55	6718(9)	22.94	6718(2)	340.11
<i>gen</i> 400_p0.9_65	6940(33)	20.90	6935(4)	200.79
<i>gen</i> 400_p0.9_75	8006(50)	14.55	8006(100)	< ϵ
<i>hamming</i> 102	50512(50)	99.47	50512(100)	< ϵ
<i>hamming</i> 104	5127(1)	45.68	5086(1)	1433.07
<i>hamming</i> 62	1072(50)	1.24	1072(100)	< ϵ
<i>hamming</i> 64	134(50)	0.36	134(100)	< ϵ
<i>hamming</i> 82	10976(50)	6.99	10976(100)	< ϵ
<i>hamming</i> 84	1472(50)	3.17	1472(100)	< ϵ
<i>johnson</i> 1624	548(50)	1.26	548(100)	< ϵ
<i>johnson</i> 3224	2033(50)	7.13	2033(100)	44.68
<i>johnson</i> 824	66(50)	0.24	66(100)	< ϵ
<i>johnson</i> 844	511(50)	1.03	511(100)	< ϵ
<i>keller</i> 4	1153(48)	2.37	1153(100)	0.02
<i>keller</i> 5	3317(9)	19.45	3317(100)	119.24
<i>keller</i> 6	8062(1)	350.00	7382(0)	
<i>MANN</i> _a27	12282(1)	127.66	12264(0)	
<i>MANN</i> _a81	111196(1)	351.58	110564(0)	
<i>MANN</i> _a9	372(50)	1.45	372(100)	< ϵ
<i>p_hat</i> 10001	1514(5)	8.83	1514(100)	7.61
<i>p_hat</i> 10002	5777(50)	31.65	5777(87)	940.62
<i>p_hat</i> 10003	8111(38)	49.14	7986(0)	940.62
<i>p_hat</i> 15001	1619(17)	14.03	1619(100)	48.91
<i>p_hat</i> 15002	7360(42)	70.17	7328(4)	1056.19

Analitički hijerarhijski proces u određivanju značaja elemenata komandovanja u multinacionalnim operacijama

Hajradin Radončić

Univerzitet odbrane u Beogradu, Vojna akademija, Pavla Jurišića Šturma 33

e-mail: hajradin.radoncic@gmail.com

Apstrakt. U radu se opisuje primena Analitičkog hijerarhijskog procesa za određivanje značaja komandovanja u multinacionalnim operacijama. Poseban akcenat se daje na značaju elemenata relevantnih za komandovanje koji su sastavni deo celokupnog procesa multinacionalnih operacija i koji imaju odlučujući uticaj na uspešnost tih operacija. Elementi komandovanja su razmatrani i vrednovani na osnovu sprovedenog istraživanja sa polanicima na usavršavau u Školi nacionalne odbrane

Cljučne reči: multinacionalne operacije, komandovanje, analitički hijerarhijski proces, elementi komandovanja.

1. Uvod

Komandovanje predstavlja proces kojim se jedinice Vojske usmeravaju tokom izvršavaju različitih misija i zadataka u operacijama radi dostizanja definisanih ciljeva. Predstavlja volju komandanta izrečenu radi iniciranja neke posledične akcije. Elementat je rada komandi zasnovan na definisanim procedurama donošenja vojnih odluka koje su operacionalizovane u Uputstvu za operativno planiranje i rad komandi u Vojsci Srbije (privremeno).¹

Imajući sve to u vidu, u radu se razmatra komandovanje kao značajan elementat izvođenja operacija uopšte, a posebno elementi koji komandovanje čine njegov sastavni deo u multinacionalnim operacijama.

Rad je nastao kao rezultat sprovedenog istraživanja sa polaznicima u Škole nacionalne odbrane, koji su tokom školovanja na modelima "proigravali" multinacionalne operacije i imali su iskustva sa problemima takve prirode.

Problem u određivanja odnosa kriterijuma angažovanja snaga u multinacionalnim operacijama i elemenata komandovanja u takvim operacijama, postavljen je kao zadatak višekriterijumske optimizacije.² U tom smislu

korišćen je Analitički hijerarhijski proces - AHP kao metoda pomoću koje se analizira rešenja višeatributnog donošenja odluka (Multi Attribute Decision Making). U radu je korišćen Expert Choise 11.

Suštinski gledano, određivanje značaja komandovanja u multinacionalnim operacijama, obezbediće da se taj elementat kompleksnije sagleda, posebno kroz koordinaciju i saradnju, određivanje rizika i implementaciju planova kao uslova uspešne realizacije takve misije.

2. Multinacionalne operacije

Operacije u kojima su angažovani pripadnici Vojske Srbije van granica Republike Srbije, prema odredbama Zakona spadaju u, uslovno rečeno, podgrupu multinacionalnih operacija (MnOp).³

Multinacionalne operacije, prema navedenom Zakonu, obuhvataju misije i zadatke za očuvanje nacionalne, regionalne i globalne bezbednosti i mira u svetu. Kao prva podgrupa MnOp navedene su operacije očuvanja, održavanja i izgradnje mira u svetu, koje se najčešće nazivaju mirovnim

¹ Uputstvo za operativno planiranje i rad komandi u Vojsci Srbije (privremeno), GŠ VS, VIZ, Beograd, 2008.

² Čupić, M., Tumala, V.M.: *Savremeno odlučivanje*,

metoda i primena, Naučna knjiga, Beograd, 1991.

³ Zakon o upotrebi Vojske Srbije i drugih snaga odbrane u multinacionalnim operacijama van granica Republike Srbije, "Službeni glasnik RS", br. 88/2009.

operacijama i pri čemu najčešće se misli na misije pod mandatom Ujedinjenih nacija.

Pored mirovnih operacija, navode se i operacije sprečavanja sukoba i uspostavljanja mira, zatim, zajedničke odbrambene operacije u skladu sa propisima iz domena odbrane, kao i operacije pružanja pomoći u otklanjanju posledica međunarodnog terorizma i terorističkih napada većih razmera.

Zakon o odbrani⁴ (član 4.) i Doktrina Vojske Srbije multinacionalne operacije definišu kao "aktivnosti koje se preduzimaju u okviru sistema kolektivne bezbednosti i sistema kolektivne odbrane, u skladu s međunarodnim pravom i potvrđenim međunarodnim ugovorima". Takođe, u članu 5. kaže se da se odbrana zemlje ostvaruje, pored ostalih zadataka i učešćem u multinacionalnim operacijama.

Na osnovu iznetih stavova navedenih u doktrinarnim i zakonskim dokumentima može se konstatovati da su multinacionalne operacije Vojske Srbije aktivnosti koje se preduzimaju u okviru sistema kolektivne bezbednosti, kao i sistema kolektivne odbrane, u skladu s međunarodnim pravom i potvrđenim međunarodnim ugovorima radi očuvanja postojećeg i uspostavljanja narušenog mira i bezbednosti u svetu.

3. Višekriterijumsko odlučivanje i Analitički hijerarhijski proces

Višekriterijumsko odlučivanje (VKO) igra ključnu ulogu u mnogim stvarima životnih problema. To nije preterano tvrditi, jer u sferi industrije, odnosno poslovnih aktivnosti uključuje, na jedan ili drugi način, evaluaciju skupa alternativa u smislu skupa kriterijuma odluke. Vrlo često ovi kriteriji su u sukobu jedan s drugim. Čak i češće relevantne podatke su vrlo skupo za prikupljanje.⁵

Analitički Hijerarhija proces (AHP) je multi-kriterijumski pristup odlučivanja i uveo ga je Saaty (1977 i 1994). Analitički

hijerarhijski proces je privukao interes mnogih istraživača uglavnom zbog fine matematičke osobine metode i činjenice da se prilično lako dobijaju potrebni podaci za unos. To je alat za podršku odlučivanju koji se može koristiti za rešavanje kompleksnih problema odlučivanja. Koristi multi-level hijerarhijske strukture ciljeva, kriterijuma, podkriterijima i alternativa. Relevantni podaci su izvedeni pomoću skupa parova poređenja. Ta poređenja se koriste za dobijanje težine važnosti kriterijuma odluke, a relativne mere performanse alternativa u smislu svakog pojedinog kriterija odluke. Ako poređenja nisu potpuno u skladu, onda to obezbeđuje mehanizam za poboljšanje konzistencije.⁶

Analitički hijerarhijski proces pruža pogodan pristup za rešavanje složenih problema u VKO značaja komandovanja u multinacionalnim operacijama. Treba napomenuti da postoji softverski paket, pod nazivom Expert Choice (1990), koji je značajno doprineo široka prihvatanja AHP metodologije. Međutim, kako je ovaj rad pokazao, s primerom određivanja značaja elemenata sadržaja komandovanja, njegova upotreba treba biti oprezna. Postoji dovoljno dokaza koji ukazuju da preporuke AHP ne treba shvatiti doslovno. U stvari, konačnu odluku donosi čovek, a alat mu služi samo kao pomoćno sredstvo da bude oprezan pri donošenju odluke. Ako se pojavi neka alternativa koja je blizu jedna drugoj, lek protiv ovakve situacije jeste u uzimanju dodatnih kriterijuma koji mogu pomoći u diskriminaciji između alternativa.

3. 1. Postavka problema

Rešava se problem određivanja značaja elemenata komandovanja u multinacionalnim operacijama i samog značaja komandovanja za operacije nametanja mira, sprovođenja mira i preventivnog razmeštanja snaga, prikazanih u tabeli 1.

⁴ Službeni glasnik RS, br. 116/07, 88/09, 100/09.

⁵ Evangelos Triantaphyllou, Stuart H. Mann, Using The Analytic Hierarchy Process For Decision Making In Engineering Applications: Some Challenges, Inter'l Journal of Industrial Engineering: Applications and Practice, Vol. 2, No. 1, pp. 35-44, 1995.

⁶ Evangelos Triantaphyllou, Stuart H. Mann, Using The Analytic Hierarchy Process For Decision Making In Engineering Applications: Some Challenges, Inter'l Journal of Industrial Engineering: Applications and Practice, Vol. 2, No. 1, pp. 35-44, 1995.

Tabela 1. Kriterijumi komandovanja u multinacionalnim operacijama

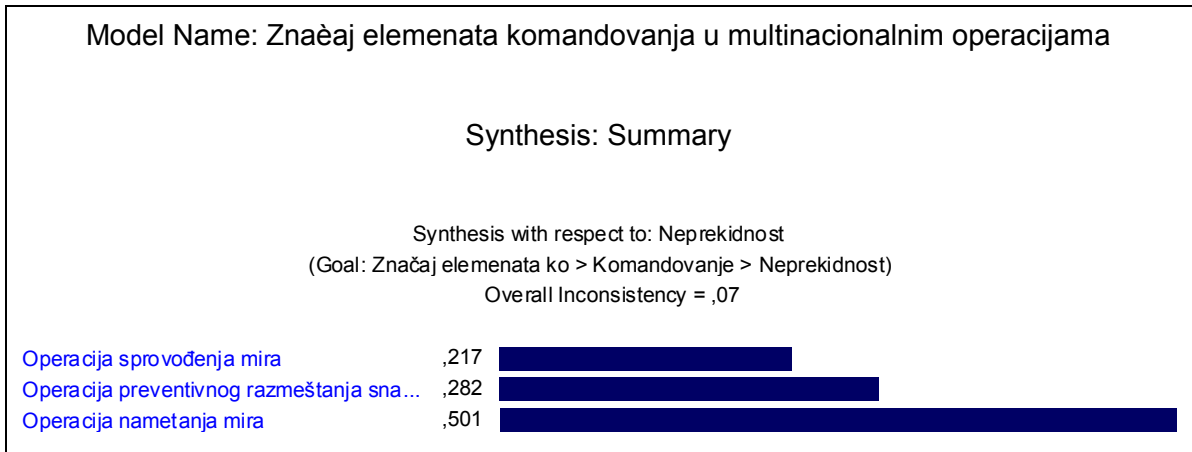
R. br.	Naziv kriterijuma	Operacija		
		Nametanje mira	Sprovođenje mira	Preventivno razmeštanje snaga
1.	Neprekidnost			
2.	Komunikabilnost			
3.	Operativnost			
4.	Pouzdanost			
5.	Elastičnost			

Grupnim odlučivanjem, na ekspertskom nivou, primenom softvera Expert Choise 11,

određene su težne i značaj kriterijuma i podkriterijuma u multinacionalnim operacijama iz ugla značaja komandovanja i njegovih elemenata.

3. 2. Rešenje problema

Imajući u vidu da prgram Expert Choise podržava sve korake karakteristične za primenu AHP metode, i u konkretnom slučaju obezbeđuje struktuiranje hijerarhije modela, poređenje u parovima i odlučivanje na više nivoa, obezbedilo se da dobijeni rezultati potpuno odražavaju realnost situacije i obezbeđuju analizu osetljivosti dobijenih rezultata.



Slika 1. Značaj kriterijuma neprekidnost i rang u multinacionalnim operacijama

Rezultati dobijeni u značaju kriterijuma neprekidnost u multinacionalnim operacijama slika 1, pokazuju da je prioritet dat na operaciji nametanja mira. Kao razlog može se pretpostaviti da takve operacije koje se izvode su praktično borbene operacije uz upotrebu sredstava prinude i da element neprekidnost dobija na značaju uz razloga ostvarenja cilja takve operacije.

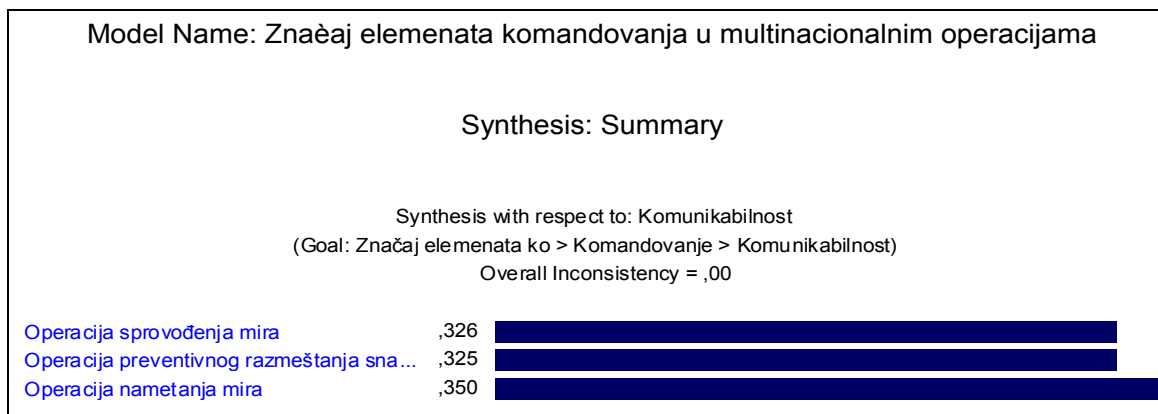
Smisao kriterijuma komunikabilnost i njegovog značaja u multinacionalnim operacijama prikazan je slikom 2.

Ono što posebno treba naglasiti u vezi istraživanog kriterijuma jeste da su elementi u okviru komandovanja, koje posebno treba razvijati, odnose se na operacije nametanja mira, dok ostale operacije su manje rizične i određeni sadržaji komandovanja mogu dobiti i formu koja nije bitno značajna.

U tom smislu, ako se posmatra komandovanje i njegovi sadržaji, praktično su uslovljeni vrstom multinacionalne operacije, a posebno onom koja i nosi najveći rizik.

Može se konstatovati, ako se imaju u vidu i ostale vrste multinacionalnih operacija, da navedene kategorije imaju svoje univerzalno značenje u operacijama bilo koje vrste i da ih tako i treba razvijati kroz izgradnju operativnih sposobnosti jedinica Vojske.

Definisani i izdvojeni kriterijumi trebaju biti postavljeni kao standard u definisanju značaja elemenata komandovanja u multinacionalnim operacijama. Oni su deo usvojenih standarda izraženih kroz proces donošenja vojnih odluka i istovremeno proces komandovanja treba biti takav da je praktično iskazan kroz identifikovane elemente.



Slika 2. Značaj kriterijuma komunikabilnost i rang u multinacionalnim operacijama

Zbog ograničenog prostora, ostali elementi nisu prikazani, ali praktičan pristup se svodi kao prethodno dva navedena.

4. Zaključak

U radu je prikazano da analitički hijerarhijski proces, kao metoda operacionih istraživanja, može se uspešno primeniti u procesu identifikovanja i rangiranja faktora relevantnih za izvođenje multinacionalnih operacija i odrediti elemente komandovanja u takvim operacijama, kao kategoriji koja ima značajan udeo u celokupnom procesu izvođenja operacija bilo koje vrste. To je posebno značajno za komandanta i komande koji su akteri ovog procesa, jer daju osnovne vrednosti izražene u kvantifikaciji određenih kriterijuma, što predstavlja korak napred ka donošenju realnih odluka u funkciji ostvarenja definisanih ciljeva.

Kriterijumi su definisani na nivou eksperata i grupnim odlučivanjem je određen njihov rang u okviru multinacionalnih operacija. Radi prikaza rezultata i njihovih vrednosti korišćen je softver za podršku odlučivanja Expert Choise 11.

Metode VKO treba koristiti kao alat za podršku odlučivanju, a ne kao sredstvo za izvođenje konačanog odgovora.

Za pronalaženje zaista najboljeg rešenja za problem VKO možda ljudski nikada neće biti moguće. Zaključke rešenje treba uzeti i koristi samo kao naznake da ono može biti najbolji odgovor. Ipak, čovek i odluka komandanta ostaju kao konačni.

Bibliografija

- [1] Čupić, M., Tumala, V.M.: *Savremeno odlučivanje, metoda i primena*, Naučna knjiga, Beograd, 1991.
- [2] Evangelos Triantaphyllou, Stuart H. Mann, Using The Analytic Hierarchy Process For Decision Making In Engineering Applications: Some Challenges, *Inter'l Journal of Industrial Engineering: Applications and Practice*, Vol. 2, No. 1, pp. 35-44, 1995.
- [3] Jovanović, B.: *Uvod u teoriju vojnog rukovođenja*, VIZ, Beograd, 1984.
- [4] Karović, S., i dr., Analitički hijerarhijski proces kao podrška odlučivanju angažovanja snaga u odbrambenoj operaciji, *SYMOPIS 2011*, Zlatibor, 2011.
- [5] Službeni glasnik RS, br. 116/07, 88/09, 100/09.
- [6] Uputstvo za operativno planiranje i rad komandi u Vojsci Srbije (privremeno), GŠ VS, VIZ, Beograd, 2008.
- [7] Zakon o upotrebi Vojske Srbije i drugih snaga odbrane u multinacionalnim operacijama van granica Republike Srbije, "Službeni glasnik RS", br. 88/2009.