

 **SYM-OP-IS**  
2019



UNIVERSITY OF BELGRADE  
FACULTY OF ORGANIZATIONAL SCIENCES

# XLVI International Symposium on Operational Research

Conference Proceedings  
(Zbornik radova)

Kladovo, September 15-18, 2019  
Serbia



**XLVI International Symposium on Operational Research**  
**XLVI Simpozijum o operacionim istraživanjima**

[www.symopis2019.fon.bg.ac.rs](http://www.symopis2019.fon.bg.ac.rs)

**SYM-OP-IS 2019**

**Kladovo, September 15– 18, 2019**

**PROCEEDINGS**  
**ZBORNIK RADOVA**

**Editors/Editori:**

**Prof. dr Milan Martić**  
**Prof. dr Dragana Makajić-Nikolić**  
**Prof. dr Gordana Savić**



UNIVERSITY OF BELGRADE  
FACULTY OF ORGANIZATIONAL SCIENCES

## PUBLISHER

University of Belgrade, Faculty of Organizational Sciences, Belgrade, Serbia  
Jove Ilića 154, 11000 Belgrade, Serbia

YEAR  
2019

ISBN: 978-86-7680-363-7

## EXECUTIVE ORGANIZER/ORGANIZATOR



## CO-ORGANIZERS/ ORGANIZATORI



Visoka građevinsko-geodetska škola, Beograd



Ekonomski fakultet, Beograd



Matematički institut SANU, Beograd



Rudarsko-geološki fakultet, Beograd



Vojska Srbije



Univerzitet u Banjoj Luci



Ekonomski institut, Beograd



Institut "Mihajlo Pupin", Beograd



Matematički fakultet, Beograd



Saobraćajni fakultet, Beograd



Ministarstvo odbrane Republike Srbije



Društvo operacionih istraživača

## SUPPORTED BY/ SYM-OP-IS PODRŽAVAJU



Република Србија  
Министарство просвете,  
науке и технолошког развоја



АКАДЕМИЈА  
ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА  
СРБИЈЕ

## PROGRAMME COMMITTEE / PROGRAMSKI ODBOR

Martić Milan, chair/predsednik, FON, Beograd

Stanojević Milan, deputy chair/zamenik predsednika, FON, Beograd

Aleksić Vule, VGGŠ, Beograd

Čangalović Mirjana, FON, Beograd

Ćirović Goran, VGGŠ, Beograd

Cvijanović Janko, EI, Beograd

Davidović Tatjana, MI SANU, Beograd

Dimitrijević Branka, SF, Beograd

Đorović Boban, Univerzitet odbrane, Beograd

Dugošija Đorđe, Univerzitet u Novom Pazaru

Gigović Ljubomir, Ministarstvo odbrane, Beograd

Janković Irena, EF, Beograd

Kočović Jelena, EF, Beograd

Kovačević-Vučjić Vera, FON, Beograd

Kratica Jozef, MI SANU, Beograd

Kutlača Đuro, Institut Mihajlo Pupin, Beograd

Kuzmanović Marija, FON, Beograd

Letić Duško, FTN, Zrenjanin

Makajić-Nikolić Dragana, FON, Beograd

Miljanović Igor, RGF, Beograd

Milovanović Gradimir, MI SANU, Beograd

Mitrović Snežana, VGGŠ, Beograd

Mladenović Nenad, MI SANU, Beograd

Mladenović Zorica, EF, Beograd

Netjasov Feđa, SF, Beograd

Nikolić Dragan, VGGŠ, Beograd

Ognjanović Zoran, MI SANU, Beograd

Petrović Dalibor, Ministarstvo odbrane, Beograd

Petrović Slavica, EF, Kragujevac

Praštal Željko, RGF, Beograd

Preradović Ljubiša, AGGF, Univerzitet u Banjoj Luci

Radojević Dragan, Institut Mihajlo Pupin, Beograd

Savić Gordana, FON, Beograd

Šelmić Milica, SF, Beograd

Sorak Miloš, TF, Banja Luka

Stanić Stanko, EF, Banja Luka

Stanojević Milorad, SF, Beograd

Starčević Dušan, FON, Beograd

Stojković Dejan, Ministarstvo odbrane Beograd

Suknović Milija, FON, Beograd

Urošević Dragan, MISANU, Beograd

Vidović Milorad, SF, Beograd

Vujošević Mirko, FON, Beograd

Vukadinović Katarina, SF, Beograd

Aloise Daniel, Natal University, Brasil

Artiba Abdelhakim, University of Valencia, France

Carrizosa Emilio, University of Sevilla, Spain

Duarte Abraham, Universidad Rey Juan Carlos, Spain

Eremeev Anton, Omsk State University, Russia

Escudero Laureano, Universidad Miguel Hernández, Spain

Hanafi Saïd, University of Valenciennes, France

Hudec Miroslav, University of Economics, Bratislava, Slovakia

Kochetov Yuri, Novosibirsk, Russia

Labbé Martine, Free university of Brussels, Belgium

Melián Batista Belén, University La Laguna, Spain

Migdalas Athanasios, Aristotle University of Thessaloniki, Greece

Moreno-Perez José A., University of La Laguna, Spain

Papageorgiou Markos, Technical University of Crete, Greece

Raidl Guinter, Vienna University of Technology, Austria

Salhi Said, University of Kent, United Kingdom

Sevaux Marc, University of Southern Brittany, France

Sifaleras Angelo, University of Macedonia, Greece

Sörensen Kenneth, University of Antwerp, Belgium

## HONORARY PROGRAMME COMMITTEE / POČASNI PROGRAMSKI ODBOR

Andrejić Marko, VA, Beograd	Mihaljević Miodrag MI, Beograd
Backović Marko, EF, Beograd	Milovanović Gradimir, SANU, Niš
Batanović Vladan, IMP, Beograd	Mučibabić Spasoje, MO, Beograd
Borović Siniša, FMMS, Beograd	Nikolić Ilija, FGM, Beograd
Čabarkapa Obrad, MO, Beograd	Opricović Serafim, GF, Beograd
Cvetković Dragoš, SANU, Beograd	Pap Endre, Univerzitet Singidunum, Beograd
Đorđević Branislav, GF, Beograd	Petrović Radivoj, IMP, AINS, Beograd
Guberinić Slobodan, IMP, Beograd	Rakić Milan, IMP, Beograd
Ilić Aleksandar, Ministarstvo odbrane	Vujić Slobodan, RI, Beograd
Kovač Mitar, MO, Beograd	Vukadinović Svetozar, SF, Beograd
Krčevinac Slobodan, FON, Beograd	Vuleta Jovo, EF, Beograd
<u>Matejić Vlastimir, AINS, Beograd</u>	Zečević Tomislav, EF, Beograd
Mesaroš Katalin, Ekonomski Fakultet, Subotica	

## ORGANIZING COMMITTEE / ORGANIZACIONI ODBOR

Dragana Makajić-Nikolić, predsednik OO	Marina Dobrota
Milica Maričić - tehnički sekretar	Dušan Džamić
Gordana Savić	Bisera Andrić-Gušavac
Biljana Panić	Minja Marinović
Veljko Jeremić	Andrijana Bačević

---

## ACKNOWLEDGEMENT FOR MERITS IN DEVELOPMENT OF OPERATIONAL RESEARCH / NOSIOCI POVELJE ZA ZASLUGE U RAZVOJU OPERACIONIH ISTRAŽIVANJA

Kraut Božidar (1983)	Matejić Vlastimir (2000)
Vadnal Alojz (1983)	Vujošević Mirko (2000)
Marković Dragoslav (1983)	Borović Siniša (2001)
Ivanović Branislav (1984)	Zečević Tomislav (2001)
Martić Ljubomir (1984)	Vujić Slobodan (2003)
Petrović Radivoj (1984)	Radojević Dragan (2006)
Petrić Jovan (1988)	Čangalović Mirjana (2010)
Zlobec Sanjo (1990)	Mladenović Nenad (2010)
Stanojević Radoslav (1991)	Mučibabić Spasoje (2010)
Vukadinović Svetozar (1993)	Martić Milan (2012)
Krčevinac Slobodan (1993)	Dragoš Cvetković (2013)
Guberinić Slobodan (1993)	Đorđe Dugošija (2017)
Vuleta Jovo (1993)	Ćirović Goran (2017)
Kovačević-Vujić Vera (1998)	Milorad Vidović (2019)
Teodorović Dušan (1998)	

## PREFACE / PREDGOVOR

The Faculty of Organizational Sciences, University of Belgrade traditionally, in cooperation with other higher education and scientific institutions and associations, organizes a SYM-OP-IS symposium to advance the theory and practice of operational research, business analytics and related disciplines. This year, the 46th Symposium on Operations Research - SYM-OP-IS is being organized as an international scientific conference. The symposium brings together domestic and international academic and scientific public, OR practitioners, public and non-governmental sector, as well as students who participate in discussing and analyzing relevant issues in the field of contemporary operational research.

The aim of the Symposium is to provide a unique forum for discussion of current issues and exchange of the latest information, ideas and innovative solutions in the field of operational research in the context of improving business achievements and results. Authors have the opportunity to publish scientific and professional results as research papers or case studies. This year's conference program is organized through thematic sessions and consists of 132 papers by authors from 10 countries. In addition to thematic sections, plenary lectures of eminent scientists in the field of business intelligence data science, efficiency measurement and behavioral operational research will be held as well as a forum on "International Projects in Science and Education".

Scientific Committee Chair

Milan Martić

---

Fakultet organizacionih nauka Univerziteta u Beogradu tradicionalno u saradnji sa drugim visokoškolskim i naučnoistraživačkim organizacijama, kao i naučnim udruženjima, organizuje simpozijum SYM-OP-IS sa ciljem unapređenja teorije i prakse operacionih istraživanja, poslovne analitike i srodnih disciplina. Ove godine se organizuje 46. simpozijum operacionih istraživanja – SYM-OP-IS kao međunarodni naučni skup. Simpozijum okuplja domaću i međunarodnu akademsku i naučnu javnost, predstavnike korporativnog, javnog i nevladinog sektora, kao i studente osnovnih, masterskih i doktorskih studija koji kroz predstavljanje svojih dosadašnjih rezultata, saznanja i iskustava učestvuju u razmatranju i analizi relevantnih pitanja iz oblasti savremenih operacionih istraživanja.

Cilj Simpozijuma je da obezbedi jedinstven forum za diskusiju o aktuelnim pitanjima i razmenu najnovijih informacija, ideja i inovativnih rešenja u oblasti operacionih istraživanja menadžmenta u kontekstu unapređenja poslovnih dostignuća i rezultata. Autori imaju mogućnost da naučne i stručne rezultate publikuju kao istraživačke radove ili studije slučaja. Ovogodišnji program konferencije je organizovan kroz tematske sesije i sastoji se iz 132 rada autora iz 10 zemalja. Uz tematske sekcije, biće održana i plenarna predavanja eminentnih naučnika iz oblasti nauke o podacima poslovne analitike, merenja efikasnosti i bihevijoralnih operacionih istraživanja kao i forum na temu "Međunarodni projekti u nauci i prosveti".

Predsednik Programskog odbora

Milan Martić

## TABLE OF CONTENTS / SADRŽAJ

<b>INVITED TALKS / PREDAVANJA PO POZIVU</b>	<b>1</b>
THE MATHEMATICS OF AGEING <i>Gustav Feichtinger</i>	3
MACHINE LEARNING FOR DECISION MAKING IN COMPLEX SYSTEMS <i>Zoran Obradović</i>	3
BIG DATA PERFORMANCE MEASUREMENT <i>Ali Emrouznejad</i>	3
BOUNDED RATIONALITY IN DECISION MAKING MODELS <i>Marija Kuzmanović</i>	5
<b>PERFORMANCE ANALYSIS / ANALIZA PERFORMANSI</b>	<b>11</b>
PRIMENA KOMPOZITNOG INDEKSA U ANALIZI KOMPETENCIJA TRENERA IZ OBLASTI JAVNIH FINANSIJA <i>Snežana Abramović, Gordana Savić</i>	13
PRIMENA INTEGRISANOG PRISTUPA ANALITIČKOG MREŽNOG PROCESA I ANALIZE OBAVIJANJA PODATAKA: PREGLED LITERATURE <i>Jelena Novaković</i>	19
THE APPLICATION OF THE NON-PARAMETRIC METHODOLOGY DEA: THE CASE OF THE REPUBLIC OF NORTH MACEDONIA <i>Toni Naumovski, Violeta Cvetkoska, Lidija Georgieva</i>	25
OCENA DRUŠTVENO-EKONOMSKOG RAZVOJA EVROPSKIH ZEMALJA: DEA PRISTUP <i>Jelena Stanković, Ivana Marjanović, Nebojša Stojković</i>	31
<b>ENVIRONMENTAL MANAGEMENT AND NATURAL RESOURCES MANAGEMENT/ EKOLOŠKI MENADŽMENT I UPRAVLJANJE PRIRODNIM RESURSIMA</b>	<b>37</b>
OPTIMIZACIJA PROIZVODNJE NA MALOM POLJOPRIVREDNOM GAZDINSTVU <i>Dejan Bogdanović, Ivan Jovanović, Sanela Arsić</i>	39
OPTIMIZACIJA SASTAVA ŠARŽE KONCENTRATA BAKRA U CILJU POSTIZANJA BOLJEG EKOLOŠKOG OTISKA <i>Ivan Jovanović, Dejan Bogdanović, Ivan Mihajlović</i>	44
ODRŽIVOST ŽIVOTNE SREDINE, ZDRAVLJA I SIGURNOSTI SA ASPEKTA DRUŠTVENO ODGOVORNOG POSLOVANJA <i>Milica Grujić</i>	50
ULOGA OBRAZOVANJA U OSNOVNOJ ŠKOLI U KREIRANJU SVESTI OUPRAVLJANJU OTPADOM <i>Petra Tanović, Danica Bugarski</i>	56
UPOTREBA FACEBOOK-A KAO PLATFORME ZA E-UČENJE: STUDIJA SLUČAJA <i>Nataša Petrović, Jelena Andreja Radaković, Nemanja Milenković, Marko Ćirović</i>	62
PREGLED LINEARNIH OPTIMIZACIONIH PROBLEMA I METODE ANALIZE OBAVIJANJA PODATAKA U OBRADI POLJOPRIVREDNOG ZEMLJIŠTA <i>Bisera Andrić Gušavac, Gordana Savić</i>	68
UPOTREBA ANALIZE OBAVIJANJA PODATAKA U OCENJIVANJU ODRŽIVOSTI POSLOVANJA <i>Jelena Andreja Radaković, Milan Martić</i>	74

<b>ECONOMIC MODELS AND ECONOMETRICS / EKONOMSKI MODELI I EKONOMETRIJA</b>	<b>81</b>
ANALIZA METODA U IZBORU INVESTICIONE STRATEGIJE <i>Marko Backović, Zoran Popović</i>	83
KORIŠĆENJE PSEUDO -INTEGRALA ZA IZRAČUNAVANJE PREMIJE OSIGURANJA <i>Jelena Stanojević</i>	89
<b>ELECTRONIC BUSINESS / ELEKTRONSKO POSLOVANJE</b>	<b>95</b>
PROCENA ZADOVOLJSTVA KLIJENATA PRI KORIŠĆENJU ELEKTRONSKOG BANKARSTVA: PRISTUP NEURONSKIM MREŽAMA <i>Stefan Zdravković, Jelena Peković, Aleksandar Jovanović</i>	97
MODEL INVESTICIONIH MAPA PRIMENOM SERVISA E-UPRAVE <i>Marina Jovanović-Milenković, Saša Rikanović, Bojan Teodosijević, Davor Đuran, Darko Vučetić</i>	103
<b>FINANCE AND BANKING / FINANSIJE I BANKARSTVO</b>	<b>109</b>
HARMONISATION OF TAX POLICY IN SERBIA WITH THE EUROPEAN UNION DIRECTIVES <i>Saša Ranđelović</i>	111
STOCK MARKETS' FINANCIAL CONNECTEDNESS DURING AND IN THE AFTERMATH OF THE CRISES <i>Irena Janković</i>	117
<b>GEOINFORMATION SYSTEMS / GEOINFORMACIONI SISTEMI</b>	<b>123</b>
PROJEKTOVANJE KONTROLNE GEODETSKE MREŽE ZA OSMATRANJE KLIZIŠTA <i>Dragoljub Sekulović, Dragana Skorup, Ivana Ilić</i>	125
MODEL ZA AUTOMATSKU GENERALIZACIJU SADRŽAJA SAOBRAĆAJNE KARTE U RAZMERI 1:500 000 NA OSNOVU TOPOGRAFSKE KARTE U RAZMERI 1:250 000 <i>Marko Stojanović, Siniša Drobniak, Ana Vučićević</i>	131
KARTIRANJE LOKACIJA OSETLJIVIH NA KLIZIŠTA PRIMENOM METODA MAŠINSKOG UČENJA <i>Siniša Drobniak, Ljubomir Gigović, Saša Bakrač</i>	137
GEODETSKE PODLOGE U PROSTORNOM PLANIRANJU <i>Slaviša Tatimirović, Dragana Skorup, Slavko Vasiljević</i>	142
KOMBINOVANA PRIMENA GIS-A I VIŠEKRITERIJUMSKOG ODLUČIVANJA U PROGNOZIRANJU ŠUMSKOG POŽARA <i>Ljubomir Gigović, Siniša Drobniak, Darko Lukić</i>	148
INTERAKTIVNO ORIJENTISANI INFORMACIONI SISTEM ZA PREDVIĐANJE POPLAVA <i>Dragoljub Sekulović, Mladen Amović, Predrag Kovačević</i>	154
IZRADA MODELA PROSTORA PRIMENOM LIDAR TEHNOLOGIJE <i>Ljubomir Gigović, Biljana Antunović, Miodrag Regodić, Ivana Janković</i>	160
PROMENA KONTRASTA NA RGB SNIMCIMA <i>Nenad Galjak, Miodrag Regodić, Ivan Stokić, Dejan Rončević</i>	165
<b>GRAPHS AND NETWORKS / GRAFOVI I MREŽE</b>	<b>171</b>
FURTHER RESULTS ON THE COSPECTRALITY OF SMITH GRAPHS <i>Dragoš Cvetković, Irena Jovanović, Vesna Todorčević</i>	173
A VARIABLE NEIGHBORHOOD SEARCH APPROACH TO THE P-MEDIAN PROBLEM WITH BALANCED CONSTRAINTS <i>Kristina Kostić, Zorica Stanimirović</i>	179
GENERAL VARIABLE NEIGHBORHOOD SEARCH FOR ASYMMETRIC VEHICLE ROUTING PROBLEM <i>Luka Matijević, Tatjana Davidović, Vladimir Ilin, Panos Pardalos</i>	185



<b>HEURISTICS / HEURISTIKE</b>	<b>191</b>
REŠAVANJE PROBLEMA MINIMALNOG POGAĐANJA SKUPOVA POMOĆU KARUSEL HEURISTIKE <i>Dragana Makajić-Nikolić, Petar Pavlović, Mirko Vujošević</i>	193
REŠAVANJE DIFERENCIJALNIH JEDNAČINA PRVOG REDA GENETSKIM ALGORITMIMA <i>Andrija Petrović, Sandro Radovanović, Boris Delibašić, Uglješa Bugarić</i>	199
PROFINJENJE INICIJALNE PODJELE U PROBLEMIMA OPTIMIZACIJE NA GRAFOVIMA PONUDE/POTRAŽNJE <i>Rava Filipović</i>	205
POSTUPAK PRETRESA I LOKALNO OBNAVLJANJE DOPUSTIVOSTI U PROBLEMIMA OPTIMIZACIJE NA GRAFOVIMA PONUDE/POTRAŽNJE <i>Rava Filipović</i>	206
<b>INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES / INFORMACIONI SISTEMI I TEHNOLOGIJE</b>	<b>207</b>
A SIMPLE RESPONSIVE WEB DESIGN SIMULATOR FOR ROUND SCREEN DEVICES BUILT IN JAVASCRIPT <i>Tanja Krunić, Dušan Krstić</i>	209
POBOLJŠANJE BEZBJEDNOSTI UPOTREBOM SISTEMA ZA PRAĆANJE POKRETA OKA <i>Željko Gavrić, Miroslav Minović</i>	215
MEHANIZMI KOMUNIKACIJE U MIKROSERVISNOJ ARHITEKTURI <i>Tatjana Stojanović, Saša Lazarević</i>	220
PRIMENA HOUGH-OVE TRANSFORMACIJE I RAZLIČITIH TEHNIKA POVEZIVANJA DETEKTOVANIH IVICA PRILIKOM IZDVAJANJA REGISTARSKIH TABLICA U DIGITALNOJ SLICI <i>Hana Stefanović, Radosav Veselinović, Goran Bjelobaba, Ana Savić</i>	226
PRIMENA POSLOVNIH PRAVILA U PROCESNO-ORIJENTISANIM APLIKACIJAMA <i>Željana Milošević, Ivan Rakić, Slađan Babarogić, Nenad Aničić</i>	232
PRISTUPI ZA MODELOVANJE VIŠESTRUKO POVEZANIH KARAKTERISTIKA U MODELIMA KARAKTERISTIKA <i>Dejan Stojimirović, Nina Turajlić, Siniša Nešković, Nenad Aničić, Slađan Babarogić</i>	238
<b>RESEARCH &amp; DEVELOPMENT / ISTRAŽIVANJE I RAZVOJ</b>	<b>245</b>
ON THE SELECTION OF SCIENTIFIC PROJECTS IN THE STRATEGIC RESEARCH INSTITUTE <i>Nebojša Nikolić</i>	247
TRENDS OF BUSINESS ENTERPRISE EXPENDITURE ON R&D BEFORE AND AFTER GLOBAL ECONOMIC CRISIS: EVIDENCE FROM SELECTED SEE COUNTRIES <i>Nikola Vasilić, Đuro Kutlača, Dijana Štrbac</i>	253
R&D EXPENDITURES: COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN SERBIA AND SELECTED COUNTRIES <i>Đuro Kutlača, Nikola Vasilić, Lazar Živković</i>	259
<b>COMBINATORIAL OPTIMIZATION / KOMBINATORNA OPTIMIZACIJA</b>	<b>265</b>
REŠAVANJE PROBLEMA PRERASPOREĐIVANJA KORIŠTENJEM ALGORITAMA NEXT FIT I WORST FIT <i>Zanin Vežzović, Kemal Marić, Ilhan Karić</i>	267
PRIMENA ALGORITAMA KOMBINATORNE OPTIMIZACIJE ZA REŠAVANJE PROBLEMA SNABDEVANJA <i>Miloš Petković</i>	273
METAHEURISTIČKI PRISTUP REŠAVANJU PROBLEMA MAKSIMALNOG POKRIVANJA LOKACIJA <i>Lazar Mrkela, Zorica Stanimirović</i>	279
SVOJSTVA SIMETRIJE REZOLVIRAJUĆIH SKUPOVA GRAFA C2M C2N <i>Nada Mladenović, Nebojša Nikolić</i>	285

<b>LOGISTICS / LOGISTIKA</b>	<b>289</b>
UNAPREĐENJE PROCESA ODLUČIVANJA U KRIZNIM SITUACIJAMA <i>Nebojša Mišić, Momčilo Đorđević, Nenad Zrnić, Sanja Pejčić, Radoje Banković</i>	291
JEDAN PRISTUP MODELIRANJU MREŽE ZA UPRAVLJANJE OTPADOM <i>Branka Dimitrijević, Branislava Ratković, Katarina Vukadinović</i>	297
LOCIRANJE DRY PORT TERMINALA: STUDIJA SLUČAJA ZA JADRANSKE LUKE <i>Mladen Krstić, Milovan Kovač, Snežana Tadić</i>	303
OPTIMIZACIJA TROŠKOVA TRANSPORTA U TOKOVIMA POVRATNE LOGISTIKE <i>Vukašin Pajić, Milan Andrejić</i>	309
A HEURISTIC APPROACH TO SOLVING PERIODIC VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH ZONING <i>Miloš Ružić, Dražen Popović, Doroteja Mičeta</i>	315
SIMULATED ANNEALING APPROACH TO SOLVING VEHICLES SCHEDULING IN SIMULTANEOUS FULL TRUCKLOAD PICKUP AND DELIVERY PROBLEM WITH MULTIPLE TIME WINDOWS <i>Dragana Drenovac, Milorad Vidović, Nenad Bjelić</i>	321
<b>MATHEMATICAL PROGRAMMING / MATEMATIČKO PROGRAMIRANJE</b>	<b>327</b>
PARAMETRIC ALGORITHM FOR THE FISHER EXCHANGE MODEL WITH SPENDING CONSTRAINTS <i>Vadim Shmyrev</i>	329
A MIXED INTEGER NONLINEAR PROGRAMMING MODEL FOR THE DESIGN OF A BLOOD BANK NETWORK <i>Onur Kaya, Dogus Ozkok</i>	333
<b>SOFT AND BEHAVIORAL OR / MEKA I BIHEJVIORALNA OI</b>	<b>339</b>
ODREĐIVANJE PREFERENCIJA STUDENATA PRILIKOM ODABIRA POSLA PRIMENOM CONJOINTANALIZE <i>Sofija Bundalo, Zoran Rakićević, Marija Kuzmanović</i>	341
IDENTIFIKOVANJE KLJUČNIH FAKTORA KOJI UTIČU NA IZBOR FITNES CENTRA PRIMENOM CONJOINT ANALIZE <i>Ana Rakićević, Andrijana Bačević, Marija Kuzmanović, Bisera Andrić Gušavac</i>	347
PREFERENCIJE STUDENATA FON-A PREMA STRUČNOJ PRAKSI <i>Marija Kuzmanović, Dragana Makajić-Nikolić, Andrijana Bačević</i>	353
<b>SOFT COMPUTING / MEKO RAČUNARSTVO</b>	<b>359</b>
X-RAY IMAGE SEGMENTATION USING PRODUCT-TYPE AGGREGATION OF DISTANCE FUNCTIONS <i>Ljubo Nedović, Endre Pap, Nebojša Ralević, Marija Delić</i>	361
THE NEWTON METHOD FOR SOLVING NONLINEAR EQUATIONS BASED ON AGGREGATION OPERATORS <i>Nebojša M. Ralević, Dejan Čebić</i>	367
OPTIMALNE VREDNOSTI HIPERKUBNE KONTURNE FUNKCIJE <i>Duško Letić, Ivana Berković, Desnica Eleonora, Branislava Radišić</i>	373
SISTEM ZA ALGORITAMSKO TRGOVANJE ZASNOVAN NA FAZI KONTROLERU <i>Vladimir Rajić, Natalija Jovanović, Pavle Milošević, Aleksandar Rakićević, Bratislav Petrović</i>	379
ZATVARANJE TRANSPORTNOG PROBLEMA U POTPUNO INTUICIONOM FAZI OKRUŽENJU <i>Bogdana Stanojević, Milan Stanojević</i>	385
<b>MANAGEMENT / MENADŽMENT</b>	<b>391</b>
THE CHAOTIC MONOPOLY PROFIT GROWTH MODEL AND ADVERTISING <i>Vesna Jablanović</i>	393
A CROSS-COUNTRY EVALUATION OF THE NUMBER OF VALID CERTIFICATES TO GLOBAL MANAGEMENT SYSTEM STANDARDS: EVIDENCE FROM ISO 9001 AND ISO 14001 <i>Biljana Tošić, Ana Horvat, Milica Maričić</i>	398
COMPOSITE INDICATORS AS TOOLS TO EVALUATE TOURISM COMPETITIVENESS <i>Victo Pérez León, Flor Guerrero Casas, Rafael Caballero</i>	399

STILOVI LIDERSTVA U JAVNOJ UPRAVI: SLUČAJ PET LOKALNIH ZAJEDNICA IZ REPUBLIKE SRPSKE <i>Nikola Matijašević, Bojan Baškot</i>	405
UPRAVLJANJE ZNANJEM KAO DETERMINANTA USPEHA UPRAVLJANJA ODNOSIMA S POTROŠAČIMA <i>Aleksandra Stojilković, Marijana Petrović</i>	406
CAPACITY INVESTMENT IN MANUFACTURING SYSTEMS WITH UNCERTAIN OPERATING COST <i>Soheil Sibdari</i>	412
ISPITIVANJE UTICAJA MOBILNOG MARKETINGA NA RAZVOJ ODNOSA SA POTROŠAČIMA <i>Aleksandra Stojilković</i>	418
PROJECT MANAGEMENT SUCCESS FACTORS FOR IMPLEMENTATION OF ADVANCED MANUFACTURING TECHNOLOGY <i>Marko Slavković, Marijana Simić</i>	424
PRIMENA METODA QFD U PROJEKTOVANJU INOVACIJA <i>Radul Milutinović, Biljana Stošić</i>	430
RAZLIKE STAVOVA MILENIJALACA U ODNOSU NA PRIMENU KONCEPTA IGARA U PROCESU OBRAZOVANJA – POJAVA “GAMING” UROĐENIKA <i>Mladen Čudanov, Manojlo Maravić, Sandra Jednak, Veljko Jeremić</i>	436
RAZLIKE U MOTIVACIONIM PROFILIMA ZAPOSLENIH U USPEŠNIM ORGANIZACIJAMA I U ORGANIZACIJAMA U PROCESU RESTRUKTURIRANJA <i>Mladen Čudanov, Aleksandar Jokić, Ondrej Jaško</i>	442
ANALIZA FAKTORA OD UTICAJA NA PRISTRASNOST STUDENATA TOKOM MEĐUSOBNE EVALUACIJE <i>Filip Stojković, Milica Maričić, Milan Radojičić, Veljko Jeremić</i>	448
TOWARDS A COMPREHENSIVE APPROACH TO SOLVING COMPLEX PROBLEMS: MODELING DYNAMICS OF SOCIAL SYSTEMS AND SUPPORTING DECISION MAKING <i>Jerzy Michnik</i>	453
ZADOVOLJSTVO ZAPOSLENIH NA RADNOM MESTU <i>Nataša Milošev</i>	458
POTENTIAL BENEFITS OF LESS WORKING HOURS OR AN ADDITIONAL DAY OFF PER WEEK FOR SLOVENIAN AND SERBIAN EMPLOYEES <i>Ana Lambić, Ivan Todorović, Miha Marič</i>	464
MATEMATIČKI MODEL UPRAVLJANJA TROŠKOVIMA U FAZI RAZVOJA PROIZVODA <i>Biljana Milanović, Mitar Bijelić, Želka Bijelić, Zdravko Bijelić</i>	470
UNAPREĐENJE DIREKTNE PRODAJE PRIMENOM METODA OPERACIONIH ISTRAŽIVANJA <i>Dragoljub Simonović, Snežana Knežević, Marina Popović</i>	471
<b>DATA SCIENCE / NAUKA O PODACIMA</b>	<b>477</b>
MOGUĆNOSTI PRIMENE ANALIZE SENTIMENATA U SAVREMENOJ POSLOVNOJ PRAKSI <i>Marijana Petrović, Aleksandra Stojilković</i>	479
A METHOD FOR MANAGING SENTIMENTS BY LINGUISTIC TERM SETS AND FUZZIFIED DATABASES <i>Miroslav Hudec</i>	485
SELEKCIJA ATRIBUTA U PROCESU MAŠINSKOG UČENJA PRIMENOM SOFTVERSKOG ALATA WEKA <i>Sladana Janković, Ana Uzelac, Snežana Mladenović, Stefan Zdravković</i>	491
FEATURE SUBSETS EVALUATION USING FILTER AND WRAPPER METHODS <i>Sladana Janković, Vladislav Maraš, Mirjana Bugarinović</i>	497
ANALIZA HISTOGRAMA PODATAKA <i>Višnja Ognjenović, Filip Lakatuš, Jelena Stojanov, Vladimir Brtka, Vesna Makitan</i>	503
PRIMENA FURIJEVE TRANSFORMACIJE ZA PREDVIĐANJE KRETANJA VREDNOSTI FINANSIJSKIH VREMENSKIH SERIJA <i>Valentina Ljubisavljević, Ivana Dragović, Ana Poledica</i>	504

<b>BUSINESS ANALYTICS / POSLOVNA ANALITIKA</b>	<b>511</b>
KONKURENTNOST KOMPANIJE IZ UGLA ANALIZE VELIKIH PODATAKA <i>Biljana Chroneos Krasavac, Ema Karamata</i>	513
ZLATNA KOPAČKA – KRITIKA TRENUTNE METODOLOGIJE <i>Milan Radojičić, Aleksandar Đoković, Sandro Radovanović, Nikola Cvetković</i>	519
UPRAVLJANJE PROIZVODNJOM PRIMENOM ADEKVATNIH INDIKATORA PERFORMANSI <i>Teodora Rajković, Dragana Makajić-Nikolić, Mirko Vujošević, Danica Lečić-Cvetković</i>	524
POREĐENJE PERFORMANSI NEUROEVOLUCIJE I GRADIJENTNOG SPUSTA KAO ALGORITAMA ZA OPTIMIZACIJU TEŽINSKIH KOEFICIJENATA SINAPSI U NEURONSKIM MREŽAMA <i>Milan Šuša</i>	530
ANALIZA UTICAJA CENE FOSILNIH GORIVA I CO2 SERTIFIKATA NA FORMIRANJE CENE ELEKTRIČNE ENERGIJE <i>Minja Marinović, Marko Nikolić</i>	531
MIP - PROTOTIP MODELA INTELIGENTNOG PREDUZEĆA <i>Dragan Vukmirović, Tijana Čomić, Željko Bolbotinović, Đorđe Dabetić, Marina Jovanović Milenković</i>	536
<b>RELIABILITY AND RISK MANAGEMENT / POUZDANOST I UPRAVLJANJE RIZIKOM</b>	<b>543</b>
RAZMIŠLJANJE ZASNOVANO NA RIZIKU U SISTEMU MENADŽMENTA KVALITETA: PREGLED HAZOP METODE <i>Aleksa Sekulović, Jelena Ruso</i>	545
OPTIMIZACIJA STEPENA POUZDANOSTI BLIZINSKIH ELEKTRONSKIH UPALJAČA <i>Zdravko Bijelić, Veljko Petrović, Biljana Milanović</i>	551
<b>OR APPLICATION IN CIVIL ENGINEERING / PRIMENE OI U GRAĐEVINARSTVU</b>	<b>557</b>
OPTIMIZACIJA IZBORA I ALOKACIJA GRAĐEVINSKE MEHANIZACIJE ZA ZEMLJANE RADOVE NA GRAĐEVINSKIM PROJEKTIMA <i>Marko Dragojević, Abel Duran, Nataša Praščević</i>	559
MODEL EKONOMSKE OPTIMIZACIJE IZBORA GRAĐEVINSKE MEHANIZACIJE ZA ZEMLJANE RADOVE PRIMENOM PRISTUPA LINEARNOG PROGRAMIRANJA <i>Marko Dragojević, Abel Duran, Nataša Praščević</i>	565
ANALIZA NASELJA UGROŽENIH OD POPLAVA NA PODRUČJU GRADA BANJA LUKA <i>Nevena Đurđević, Sandra Kosić-Jeremić, Snježana Maksimović</i>	571
POVEZANOST USPJEHA STUDENATA GEODEZIJE TOKOM STUDIJA SA KVALIFIKACIONIM ISPITOM I ZAVRŠENOM SREDNjom ŠKOLOM <i>Ljubiša Preradović, Sandra Kosić-Jeremić</i>	577
MOGUĆNOST PRIMENE 3D MODELA DOBIJENIH METODAMA BLISKOPREDMETNE FOTOGRAFIJE ZA DOKUMENTOVANJE ELEMENATA GRAĐEVINSKIH KONSTRUKCIJA – ASPEKTI TAČNOSTI <i>Slavoljub Tomić, Jelena Trivunović, Slobodan Pandžić</i>	583
MODELOVANJE PONAŠANJA UHPC PRI SAVIJANJU <i>Dragan Nikolić, Goran Čirović, Snežana Mitrović, Olivera Jeremić</i>	589
MOGUĆNOSTI PRIMENE METODA VIŠEKRITERIJUMSKOG VREDNOVANJA U PROCESU PROJEKTOVANJA SAOBRAĆAJNIH INFRASTRUKTURNIH SISTEMA <i>Ljubo Marković, Ljiljana Milić Marković</i>	595
EMBODIRANI UGLJENIK KAO KRITERIJUM ZA VREDNOVANJE PROJEKTA INDIVIDUALNOG STAMBENOG OBJEKTA SA ASPEKTA UTICAJA NA ŽIVOTNU SREDINU <i>Marina Nikolić Topalović, Goran Čirović</i>	600
PRIMENA VEŠTAČKE INTELIGENCIJE U BIM <i>Milena Senjak, Vladimir Mučenski, Goran Čirović, Igor Peško, Dragana Bibić</i>	606

<b>OR APPLICATION IN DEFENCE / PRIMENE OI U ODBRANI</b>	<b>613</b>
KVALITATIVNO KOMPARATIVNA ANALIZA – MOGUĆA PRIMENA VIŠE VREDNOSNOG MODELA U STRATEŠKIM PROCENAMA <i>Miroslav Mitrović</i>	615
SIMULATOR ROJENJA I SINHRONIZOVANOG RAKETNOG UDARA PROTIV AKTIVNE PRETNJE <i>Radomir Janković, Momčilo Milinović</i>	621
MILITARY LOGISTICS SIMULATION MODELING LEARNING - ALGORITHMIC CONCEPT CREATION FOR MILITARY WAREHOUSES OPERATIONS <i>Nebojša Nikolić, Vladimir Milovanović, Aleksandar Zaharijev</i>	627
DEFENCE HUMAN RESOURCE SELECTION BY MAIRCA METHOD <i>Milan Kankaraš, Srđan Dimić, Ivan Petrović</i>	632
UNAPREĐENJE POSTOJEĆEG NAČINA UTVRĐIVANJA STEPENA REALIZACIJE KRATKOROČNIH CILJEVA U SISTEMU ODBRANE <i>Srđan Dimić, Milan Kanakaraš, Radiša Saković</i>	638
PRIMENA FUZZY LOGIKE ZA PROCENU NAČINA UKLJUČIVANJA ZAINTERESOVANIH STRANA U PROCES PLANIRANJA RAZVOJA SISTEMA ODBRANE <i>Vlada Mitić, Mitar Kovač, Dejan Nikolić</i>	644
ODREĐIVANJE BORBENIH MOGUĆNOSTI I EFIKASNOSTI ARTILJERIJSKIH JEDINICA PROTIVVAZDUHOPLOVNE ODBRANE U SUKOBU SA NISKOLETEĆIM CILJEVIMA <i>Dalibor Petrović, Vlada Mitić, Nenad Kapor</i>	650
PRIMENA GREJNDŽEROVOG TESTA UZROČNOSTI U ISTRAŽIVANJIMA ODBRANE – IZABRANI PRIMERI <i>Dejan Stojković, Miroslav Glišić</i>	654
<b>TRAFFIC, TRANSPORTATION &amp; COMMUNICATION / SAOBRAĆAJ, TRANSPORT I KOMUNIKACIJE</b>	<b>659</b>
INTELIGENTNA PREZASIĆENA RASKRSNICA U REALNOM VREMENU - ANALITIČKI I SIMULACIONI PRISTUP <i>Aleksandar Jovanović, Katarina Kukić</i>	661
LOKACIJA MANEVARSKIH LOKOMOTIVA PRIMENOM LOKACIJSKOG PROBLEMA POKRIVANJA SKUPA <i>Jovana Čalić, Miloš Nikolić, Milica Šelmić</i>	667
PODEŠAVANJE FAZI SISTEMA ZA PROCENU POTROŠNJE ENERGIJE TERETNIH VOZOVA PRIMENOM METAHEURISTIKE OPTIMIZACIJA KOLONIJOM PČELA <i>Miloš Nikolić, Jovana Čalić, Milica Šelmić, Dragana Macura</i>	672
<b>SIMULATION AND STOCHASTIC MODELS / SIMULACIJA I STOCHASTIČKI MODELI</b>	<b>679</b>
SEM ANALIZA NAPLATE ZAGUŠENJA U GRADOVIMA <i>Marina Milenković, Draženko Glavić, Milica Maričić, Katarina Tadić</i>	681
SIMULATION OF AIRSIDE OPERATIONS AT NIS AIRPORT <i>Goran Pavlović, Bojana Mirković</i>	687
MONTE CARLO SIMULATION OF RUNWAY EXCURSION BAYESIAN BELIEF NETWORK MODEL <i>Doroteja Timotić, Fedja Netjasov, Marko Đogatović</i>	693
SIMULACIONA ANALIZA UTOVARNIH OPERACIJA TRANSPORTA OPASNIH MATERIJAMA NA RAZLIČITIM MESTIMA UTOVARA <i>Maja Pejica, Marko Đogatović, Milorad Stefanović, Milorad Stanojević</i>	699
SIMULACIONI MODEL ZA ODREĐIVANJE LOKACIJE IZLAZA U ZAVISNOSTI OD VREMENA ZAUZETOSTI POLETNO-SLETNE STAZE <i>Stefan Šljukić, Marko Đogatović, Bojana Mirković</i>	705
PREDVIĐANJE INTENZITETA SAOBRAĆAJA NA SISTEMU ZA NAPLATU PUTARINE <i>Andrija Petrović, Sandro Radovanović, Uglješa Bugarić, Boris Delibašić, Miloš Jovanović</i>	711

<b>STATISTICAL MODELS / STATISTIČKI MODELI</b>	<b>717</b>
REGRESSION MODELS ON PANEL DATA FOR ESTIMATING EMPLOYMENT <i>Marina Dobrota, Nela Milošević, Milica Bulajić</i>	719
MODELING FDI TIME SERIES: EVIDENCE FROM EMERGING MARKETS <i>Marina Dobrota, Nikola Zornić, Aleksandar Marković</i>	725
<b>PRODUCTION MANAGEMENT AND SUPPLY CHAINS / UPRAVLJANJE PROIZVODNOM I LANCI SNABDEVANJA</b>	<b>731</b>
DOMETI I OGRANIČENJA PRIMENE ABC KONCEPTA U LEAN OKRUŽENJU <i>Radmila Jablan Stefanović, Vladan Knežević, Jovana Jugović</i>	733
RAZVOJ SPREDŠIT MODELA ZA UPRAVLJANJE ZALIHAMA U AUTOMOBILSKOJ INDUSTRIJI PRIMENOM DŽEKSONOVOG STRUKTURNOG DIJAGRAMA <i>Lena Đorđević Milutinović, Danica Savičić, Slobodan Antić</i>	739
RAZVOJ MODELA SA DETERIORACIJOM ZALIH, POPUSTOM NA NARUČENU KOLIČINU I DELIMIČNIM ZADOVOLJENJEM NEISPORUČENIH NARUDŽBINA KAO DISKRETNOG OBJEKTA UPRAVLJANJA U SPREDŠITU <i>Slobodan Antić, Lena Đorđević Milutinović</i>	745
<b>MULTICRITERIA ANALYSIS AND OPTIMIZATION / VIŠEKRITERIJUMSKA ANALIZA I OPTIMIZACIJA</b>	<b>751</b>
PRAVCI UNAPREĐENJA PRILAGODLJIVOSTI RADNE SNAGE VIŠE-ETAPNIM MODELOM KOMPARATIVNOG ODLUČIVANJA <i>Maja Jandrić, Saša Randelović, Mladen Stamenković, Branko Urošević</i>	753
MERENJE TEHNIČKE EFIKASNOSTI NACIONALNE EKONOMIJE REPUBLIKE SRBIJE <i>Ana Krstić, Predrag Mimović, Dragana Rejman Petrović</i>	759
LEADERSHIP IN HIDDEN CHAMPION ORGANIZATIONS: A MULTI-CRITERIA BASED APPROACH <i>Violeta Cvetkoska</i>	765
MULTI-CRITERIA DECISION MODEL FOR SELECTING THE BEST IT EMPLOYEE OF THE YEAR <i>Violeta Cvetkoska, Nika Ivanovska</i>	766
A NEW ITERATIVE METHOD FOR MULTI OBJECTIVE LINEAR FRACTIONAL PROGRAMMING PROBLEM SOLVING <i>Josip Matejaš, Tunjo Perić, Jadranka Kraljević</i>	772
VIŠEKRITERIJUMSKA ANALIZA KLIME BEZBEDNOSTI U PROJEKTNO ORIJENTISANIM ORGANIZACIJAMA <i>Nenad Milijić, Ivan Mihajlović, Ivan Jovanović, Anđelka Stojanović</i>	778
EFEKTI OBJEKTIVNOG I SUBJEKTIVNOG ODREĐIVANJA TEŽINA KRITERIJUMA U VIŠEKRITERIJUMSKOM DONOŠENJU ODLUKA <i>Anđelka Stojanović, Nenad Milijić, Đorđe Nikolić, Ivan Mihajlović</i>	784
MULTI-CRITERIA DECISION-MAKING FOR ROBOT SELECTION BASED ON CROSS-ENTROPY <i>Zorica Dodevska, Mirko Vujošević, Boris Delibašić</i>	789



## EFEKTI OBJEKTIVNOG I SUBJEKTIVNOG ODREĐIVANJA TEŽINA KRITERIJUMA U VIŠEKRITERIJUMSKOM DONOŠENJU ODLUKA

### EFFECTS OF OBJECTIVE AND SUBJECTIVE DETERMINATION OF THE CRITERIA'S WEIGHT IN THE MULTI-CRITERIA DECISION MAKING

ANĐELKA STOJANOVIĆ<sup>1</sup>, NENAD MILIJIĆ<sup>2</sup>, ĐORĐE NIKOLIĆ<sup>3</sup>, IVAN MIHAJLOVIĆ<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet Bor, anstojanovic@tfbor.bg.ac.rs

<sup>2</sup> Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet Bor, nmilijic@tfbor.bg.ac.rs

<sup>3</sup> Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet Bor, djnikolic@tfbor.bg.ac.rs

<sup>4</sup> Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet Bor, imihajlovic@tfbor.bg.ac.rs

**Rezime:** Cilj ovog rada je da se prikaže na koji način pristup u određivanju težina kriterijuma, kod višekriterijumskog donošenja odluka, utiče na konačni poredak alternativa. Naime, u procesu optimizacije tehničkog procesa pasterizacije mleka, na podatke dobijene merenjima parametara u procesu, primenjena je TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) višekriterijumska metoda kako bi se odabrala najbolja kombinacija ulaznih parametara. Ulazni podaci u primeni TOPSIS metodologije su i težine kriterijuma koje su određivane objektivnim (CRITIC i Entropijska metoda) i subjektivnim metodama (AHP- Analytic Hierarchy Process). Dobijeni rezultati su upoređeni kako bi se utvrdila uloga težinskih koeficijenata u donošenju odluka.

**Ključne reči:** Višekriterijumsko donošenje odluka, TOPSIS, Entropijska metoda, AHP, CRITIC.

**Abstract:** The aim of this paper is to show how the approach in determining the weight of the criteria in the multi-criteria decision-making affects the final alternative order. Namely, in the process of optimization of the milk pasteurization process on data obtained by measuring the parameters in the process, the TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) method is applied to select the best combination of input parameters. The input data in the application of the TOPSIS methodology are the weights of the criteria, determined by the objective (CRITIC and Entropy Method) and subjective methods (AHP- Analytic Hierarchy Process). The obtained results were compared to determine the role of weight coefficients in decision making.

**Keywords:** Multi-Criteria Decision Making, TOPSIS, Entropy method, AHP, CRITIC.

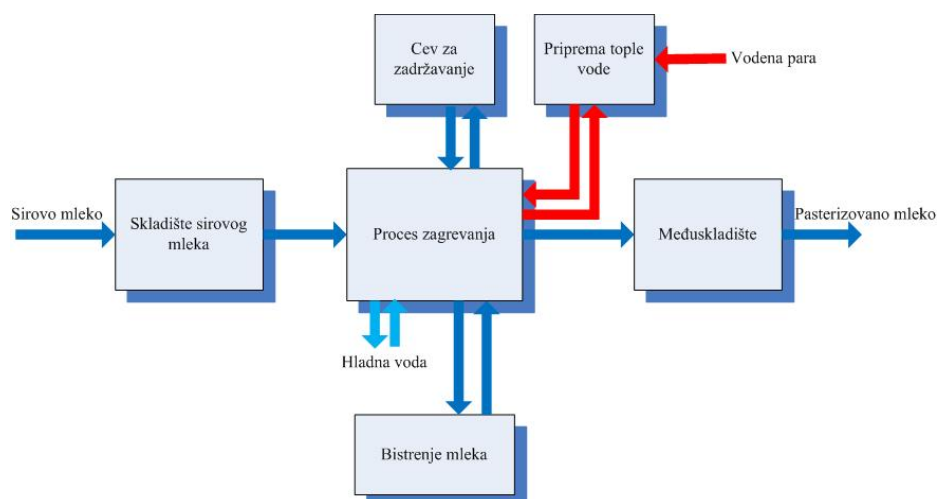
## 1. UVOD

Višekriterijumsko donošenje odluka (Multi-Criteria Decision Making, MCDM) se primenjuje u brojnim naučnim, poslovnim, inženjerskim i društvenim oblastima. Pored brojnih prednosti koje višekriterijumsko odlučivanje nudi donosiocima odluka, javljaju se brojni problemi u samoj primeni ovih metoda. Jedno od čestih ograničenja koje se pripisuje ovakvom načinu donošenja odluka je subjektivnost. Višekriterijumsko donošenje odluka zasniva se na procedurama i prikupljenim podacima. Najčešće se radi o određenom broju alternativa koje se generišu iz samog problema odlučivanja i o određenom broju kriterijuma čiji izbor je, uglavnom, subjektivan i čija značajnost zavisi od preferencija donosioca odluke. Takođe, mnogi kriterijumi se mere kvalitativnim vrednostima te se prilikom primene višekriterijumskih metoda moraju kvantifikovati što sa sobom nosi dodatnu subjektivnost (Kujawski, 2003). Uticaj određenog kriterijuma na konačnu odluku utvrđuje se težinom kriterijuma. Težine kriterijuma tj. njihova značajnost, određuju se na osnovu procena eksperata ili na osnovu statističkih podataka, dakle subjektivno ili objektivno.

U ovom radu razmatra se nekoliko pristupa u određivanju težina kriterijuma i kako one utiču na konačni poredak alternativa. Koriste se objektivne metode za određivanje težina kriterijuma (metoda Entropije i CRITIC-Criteria Importance Through Intercriteria Correlation) i subjektivne (AHP - Analitički hijerarhijski proces), čiji se rezultati koriste u konačnom određivanju optimalnih parametara u procesu pasterizacije mleka primenom TOPSIS metode (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution).

## 1.1. Opis studije slučaja

Model višekriterijumskog odlučivanja definisan je na osnovu podataka prikupljenih praćenjem parametara procesa pasterizacije sirovog mleka radi pripreme sirovine za dalju preradu. Pasterizacija mleka je proces zagrevanja mleka do određene temperature i u određenom vremenskom periodu kako bi se dobilo mleko koje je bezbedno za upotrebu i dalju preradu, Slika 1. Cilj pasterizacije je uništavanje svih mikroorganizama koji bi mogli da izazovu kvarenje namirnica i pogoršanje kvaliteta prehrambenih proizvoda sa protokom vremena. U većini država proces obrade mleka je definisan zakonskim propisima o zaštiti potrošača od infekcija patogenim organizmima. Propisana temperatura pasterizacije je minimalno 72°C najmanje 15 sekundi (Bylund, 1995). Temperatura zagrevanja mora biti zabeležena. Hladno neprerađeno mleko se, najpre, upumpava u prvu sekciju pasterizatora, sekciju predgrevanja. Mleko se zagreva pasterizovanim mlekom koje se u isto vreme rashlađuje. Mleko se zagreva do 55°C nakon čega se šalje u centrifugalni prečišćavač u kome se vrši bistrenje mleka, a posle se vraća u pasterizator. Konačno zagrevanje do temperature pasterizovanja vrši se vrućom vodom koja je 2-3°C viša od temperature pasterizacije. Vruće mleko nastavlja ka spiralnoj cevi za zadržavanje. Ako se temperatura tokom pasterizacije spusti ispod predviđene postrojenje mora da ima ventile kojima se sprečava usmeravanje nedovoljno pasterizovanog mleka u tank sa adekvatno pasterizovanim mlekom. Nakon sekcije za zadržavanje mleko se vraća u regenerativnu sekciju radi hlađenja. Ovde pasterizovano mleko predaje temperaturu hladnom mleku u fazi predgrevanja. Maksimalna efikasnost regenerativnog hlađenja je oko 94-95%. Pasterizovano mleko se dalje rashlađuje hladnom vodom. Da bi se mleko ohladilo do željene temperature za skladištenje od 4°C potrebno je hlađenje ledenom vodom od 2°C (Bylund, 1995). Temperatura ohlađenog mleka se beleži zajedno sa temperaturom pasterizacije i pozicijom ventila za obrnuti protok.



**Slika 1:** Generalizovani blok dijagram procesa pasterizacije mleka (Bylund, 1995)

Drugi važan element termičke obrade mleka je očuvanje pozitivnih svojstava mleka. Intenzivno zagrevanje može dovesti do značajne degradacije izgleda, ukusa i nutritivnih vredosti mleka. Izbor vremena i temperature pasterizacije ključan je za optimizaciju ovog procesa i mora uzeti u obzir oba elementa: bezbednost i kvalitet proizvoda.

**Tabela 5.** Rezultati merenja izlaznih karakteristika

Redni broj kombinacije	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$T_{pas}$	$T_{iz}$	$t_{pas}$
1	6	95	1	81,23	4,07	14,78
2	6	95	2	80,63	4,17	14,67
3	8	93	1	81,00	4,10	15,61
4	8	97	2	82,07	4,27	14,61
5	4	97	1	80,90	4,17	15,00
6	4	93	2	79,87	4,03	15,72



Istraživanjem literature (Bon et al., 2010; Niamsuwan et al., 2013) i u saradnji sa tehnolozima koji se neposredno bave procesom pasterizacije mleka izdvojena su 3 parametra koja su značajna za proces pasterizacije. Prvi parametar  $X_1$  je temperatura sirovog mleka ( $^{\circ}\text{C}$ ), drugi  $X_2$  temperatura tople vode ( $^{\circ}\text{C}$ ), treći  $X_3$  temperatura hladne vode ( $^{\circ}\text{C}$ ) Nema međusobnih uticaja između ovih parametara. Izlazni elementi su temperatura mleka u pasterizatoru  $T_{\text{pas}}$  ( $^{\circ}\text{C}$ ), temperatura izlaznog mleka  $T_{\text{iz}}$  ( $^{\circ}\text{C}$ ), i vreme pasterizacije  $t_{\text{pas}}$  (s). Šest kombinacija ulaznih parametara predstavlja alternative dok su mereni izlazni elementi kriterijumi. Merenja su vršena više puta za svaku kombinaciju i u Tabeli 1 predstavljena je matrica izmerenih podataka.

## 2. METODOLOGIJA

### 2.1. TOPSIS metoda

TOPSIS metodu (Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution) su razvili Hwang i Yoon (Hwang & Yoon, 1981) i postala je jedna od najpoznatijih višekriterijumskih metoda (Behzadian et al., 2012). Izbor najbolje alternative zasniva se na pronalaženju one alternative koja je najbliža idealnom pozitivnom rešenju i najdalje od idealnog negativnog rešenja. Idealno pozitivno rešenje se definiše kao ono koje sadrži najbolje vrednosti alternativa po svakom kriterijumu, dok idealno negativno rešenje sadrži najlošije vrednosti alternativa po svakom kriterijumu. TOPSIS metoda se sastoji od 6 koraka:

1. Normalizovanje matrice odlučivanja
2. Težinsko normalizovanje matrice performansi
3. Određivanje idealnih rešenja (idealno pozitivno i idealno negativno)
4. Određivanje rastojanja alternativa od idealnih rešenja
5. Određivanje relativne blizine alternativa idealnom pozitivnom rešenju
6. Rangiranje alternativa (Puška et al., 2018).

### 2.2. Određivanje težina kriterijuma

Definisanje težina kriterijuma smatra se jednim od najkritičnijih koraka u primeni kod onih višekriterijumskih metoda za donošenje odluka koje pretpostavljaju postojanje težina (Alemi-Ardakani et al., 2016). Subjektivne metode se zasnivaju na procenama eksperata i donosilaca odluka. Sam proces donošenja odluke može biti pod uticajem nivoa znanja i ekspertize donosioca odluke i značajno može biti narušen usled neadekvatnih procena. Takođe, kod problema koji se satoje od velikog broja kriterijuma i alternativa donosilac odluke može imati ograničenu sposobnost da pravilno odredi značaj pojedinih kriterijuma. Sa druge strane, objektivne metode isključuju donosioca odluke iz procesa i putem matematičkih i statističkih metoda, koristeći polazne podatke, omogućavaju određivanje težina kriterijumima. Korišćenjem objektivnih metoda u procesu donošenja odluke, mogu da se izostave vredna zapažanja donosilaca odluka koji dobro poznaju različite aspekte problema koji se razmatra. Kako bi se prevazišli nedostaci oba pristupa, razvijeni su i hibridni modeli koji koriste prednosti i subjektivnih i objektivnih metoda (Yang et al., 2017).

#### Direktno određivanje težina

Najjednostavniji način za određivanje težina kriterijuma je direktno, pri čemu donosilac odluke dodeljuje vrednosti relativnih značajnosti kriterijumima (Alemi-Ardakani et al., 2016). U ovom slučaju subjektivne preferencije mogu u potpunosti da izmene poredak alternativa i uslove donošenja neadekvatne odluke. Takođe, donosioci odluka u ovakvim slučajevima često kriterijumima dodele jednake težine što opet može negativno da utiče na konačni rezultat rangiranja.

#### Analitički hijerarhijski proces (AHP)

Analitički hijerarhijski proces (AHP) je metoda za donošenje odluka koja uspešno kombinuje kvalitativne i kvantitativne kriterijume. Ovu metodu razvio je Satty (Saaty, 2008) i zasniva se na dekompoziciji problema odlučivanja u hijerarhijsku strukturu gde se putem upoređivanja parova kroz čitavu hijerarhiju i sintezom rezultata dobija konačan poredak razmatranih alternativa. AHP metoda je vrlo popularna jer se koristi jednostavan i organizovan način prikupljanja podataka koji donosioci odluka lako razumeju i primenjuju. Često se koristi u hibridnim modelima za subjektivno određivanje težina kriterijuma pre primene neke druge metode kojom se utvrđuje konačan poredak alternativa.

## Entropijska metoda

Određivanje težina kriterijuma objektivnim metodama podrazumeva da težine reflektuju informacije sadržane u samim podacima proučavajući matricu odlučivanja (Milićević & Župac, 2012). Jedna od često korišćenih metoda za objektivno utvrđivanje težina kriterijuma je entropijska metoda. Entropija je koncept koji je preuzet iz termodinamike, a koji je kasnije predložio Shannon (Shannon, 1948) u teoriji komunikacije. Primenu je pronašla u brojnim oblastima, između ostalog, u teoriji odlučivanja. Što je entropija manja, veća je razlika u vrednostima koje alternative imaju za pojedini kriterijum te je doprinos kriterijuma procesu rangiranja značajniji, tj, ima veću težinu.

## CRITIC metoda

CRITIC metoda (CRiteria Importance Through Intercriteria Correlation) je objektivna metoda za određivanje težina kriterijuma koja ima za cilj da uključi intenzitet kontrasta i konflikta između kriterijuma koji su sadržani u samoj strukturi matrice odlučivanja (Diakoulaki et al., 1995). Pripada grupi korelacionih metoda gde se koristi standardna devijacija normalizovane matrice odlučivanja kako bi se utvrdio kontrast sadržan u kriterijumima.

### 3. REZULTATI STUDIJE SLUČAJA I DISKUSIJA

Metode za određivanje težina kriterijuma pomenute u prethodnom odeljku su primenjene na donošenje odluke o izboru optimalnih parametara za proces pasterizacije mleka. Za subjektivne metode određivanja značajnosti kriterijuma mišljenja i ocene važnosti su obezbeđeni od strane iskusnih tehnologa u ovoj oblasti (u ovom slučaju donosioci odluka). Za objektivne metode, podaci su prikupljeni praćenjem parametara procesa pasterizacije.

Primenom četiri pomenute metode dobijene su težine kriterijuma predstavljene u Tabeli 2.

**Tabela 2.** Težinske vrednosti kriterijuma

Metoda	Kriterijum		
	$T_{pas}$	$T_{iz}$	$t_{pas}$
Direktna	0.33	0.33	0.33
AHP	0.56	0.32	0,12
Entropijska	0.05	0.28	0.67
CRITIC	0.23	0.28	0.49

Tabela 2 ukazuje na razlike između težinskih koeficijenata dobijenih primenjenim metodama. Na osnovu rezultata dobijenih objektivnim metodama, kriterijum sa najvećom značajnošću je vreme pasteritacije  $t_{pas}$ . Subjektivne ocene kao rezultat daju različite vrednosti težina kriterijuma jer su izlazni parametri: temperatura pasterizacije  $T_{pas}$  i temperatura izlaznog mleka  $T_{iz}$  po donosiocima odluka važniji za sam proces od vremena trajanja pasterizacije.

Dobijene težine su korišćene kao ulazni podaci u primeni TOPSIS metodologije prilikom rangiranja alternativa, koje predstavljaju kombinacije ulaznih parametara procesa pasterizacije mleka. Prilikom primene koraka predložene metode potrebno je definisati i smer funkcije preferencije kriterijuma (max, min). U ovom slučaju kriterijum temperatura pasterizacije  $T_{pas}$  ima smer max, temperatura izlaznog mleka  $T_{iz}$  ima smer min, i vreme pasterizacije  $t_{pas}$  ima smer min. Rezultati dobijeni TOPSIS metodom predstavljani su u Tabeli 3.

**Tabela 3.** Rangiranje kombinacija ulaznih parametara korišćenjem TOPSIS metode

Kombinacija ulaznih parametara	Metoda korišćena za određivanje težine kriterijuma							
	Direktna		AHP		Entropijska		CRITIC	
	vrednost	rang	vrednost	rang	vrednost	rang	vrednost	rang
X1	0.82	1	0.74	1	0.85	1	0.84	1
X2	0.66	2	0.46	6	0.83	2	0.77	2
X3	0.39	6	0.56	2	0.22	6	0.27	6
X4	0.57	3	0.49	4	0.75	3	0.69	3
X5	0.55	4	0.46	5	0.62	4	0.60	4
X6	0.43	5	0.51	3	0.25	5	0.31	5

#### 4. ZAKLJUČAK

Rezultati primene različitih metoda prilikom određivanja težina kriterijuma ukazuju na razlike u ukupnim rezultatima rangiranja kod donošenja odluka višekriterijumskim metodama. Subjektivne težine koje odrede iskusni donosioci odluka mogu biti značajne za sam proces koji se optimizuje obzirom da se na taj način favorizuju kriterijumi izvođenja operacija koji direktno utiču na efikasnost i željene izlazne karakteristike.

Objektivne metode, zapravo, omogućavaju određivanje težina kriterijuma zasnovanih na trenutnom stanju operacija i mogu da ukažu donosiocima odluka na one performanse operacija koje treba optimizovati.

#### LITERATURA

- [1] Alemi-Ardakani, M., Milani, A., Yannacopoulos, S., & Shokouhi, G. (2016). On the effect of subjective, objective and combinative weighting in multiple criteria decision making: A case study on impact optimization of composites. *Expert Systems With Applications* 46 , 426–438.
- [2] Behzadian, M., Khanmohammadi Otaghsara, S., Yazdani, M., & Ignatius, J. (2012). A state-of the-art survey of TOPSIS applications. *Expert Systems with Applications*, 39(17) , 13051–13069.
- [3] Bon, J., Clemente, G., Vázquez, H. A., & Mulet, A. (2010). Simulation and optimization of milk pasteurization processes using a general process simulator (ProSimPlus). *Computers & Chemical Engineering* 34(3), 414-420.
- [4] Bylund, G. (1995). Dairy processing handbook. Tetra Pak Processing Systems AB, S-221 86 Lund, Sweden.
- [5] Diakoulaki, D., Mavrotas, G., & Papayannakis, L. (1995). Determining objective weights in multiple criteria problems: The CRITIC method. *Computers & Operations Research*, 22 (7), 763–770.
- [6] Hwang, C. L., & Yoon, K. (1981). Multiple attribute decision making making: methods and applications. Berlin: Springer-Verlag.
- [7] Kujawski, E. (2003). Multi-criteria decision analysis: Limitations, pitfalls, and practical difficulties. Berkeley, California: Lawrence Berkeley National Laboratory.
- [8] Miličević, R., & Župac, Ž. (2012). An objective approach to determining criteria weights. *Military Technical Courier*, 60(1), 39-56.
- [9] Niamsuwan, S., Kittisupakorn, P., & Mujtaba, I. (2013). Predictive Control Strategy for Temperature Control for Milk Pasteurization Process. *Proceedings of the 23 European Symposium on Computer Aided Process Engineering –ESCAPE 23* (str. 109-114). Lappeenranta: Elsevier B.V.
- [10] Puška, A., Beganović, A., & Šadić, S. (2018). Model for investment decision making by applying the multi-criteria analysis method. *Serbian Journal of Management* 13 (1), 7-28.
- [11] Saaty, T. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences* 1(1), 83-98.
- [12] Shannon, C. (1948). A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal*, 27, 379–423.
- [13] Yang, G., Yang, J., Xu, D., & Khoveyni, M. (2017). A three-stage hybrid approach for weight assignment in MADM. *Omega* 71 , 93–105.