

Application of auto-cross-regression models from the shortterm forecast of karst spring discharges

Vesna Ristić Vakanjac, Veljko Marinković, Ljiljana Vasić, Saša Milanović, Branislav Petrović, Petar Vojnović



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Application of auto-cross-regression models from the shortterm forecast of karst spring discharges | Vesna Ristić Vakanjac, Veljko Marinković, Ljiljana Vasić, Saša Milanović, Branislav Petrović, Petar Vojnović | Conference proceedings | 2024 | |

10.24867/SYMOPIS-2024-51-075

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0009299>

Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду омогућава приступ издањима Факултета и радовима запослених доступним у слободном приступу. - Претрага репозиторијума доступна је на www.dr.rgf.bg.ac.rs

The Digital repository of The University of Belgrade Faculty of Mining and Geology archives faculty publications available in open access, as well as the employees' publications. - The Repository is available at: www.dr.rgf.bg.ac.rs



**SYM-OP-IS
2024**

CONFERENCE PROCEEDINGS

51ST SYMPOSIUM
ON OPERATIONAL
RESEARCH

TARA, 16-19. 9. 2024.



**SYM-OP-IS
2024**

ZBORNİK RADOVA

51. SIMPOZIJUM O
OPERACIONIM
ISTRAŽIVANJIMA

TARA, 16-19. 9. 2024.

PROCEEDINGS SYM-OP-IS 2024

Editors	Prof. Igor Džolev Prof. Nenad Medić Prof. Vladimir Mučenski
Publisher	Faculty of Technical Sciences, Novi Sad
For publisher	Dean, Prof. Boris Dumnić
Graphic design	Jelena Mirjanić

Publisher's note: The publisher makes no representations, either explicit or implied, regarding the accuracy of the information contained in this collection and cannot accept any legal responsibility for any errors or omissions that may have been made.

CIP - Каталогизacija y publikaciji
Библиотеке Матице српске, Нови Сад

519.8(082)

INTERNATIONAL Symposium on Operational Research SYM-OP-IS 2024 (51 ; 2024 ; Tara)

Proceedings = Зборник радова / 51st International Symposium on Operational Research, SYM-OP-IS 2024, Tara, 16-19. September 2024. = 51. Симпозијум о операционим истраживањима ; urednici, editors Igor Džolev, Nenad Medić, Vladimir Mučenski. - Novi Sad : Fakultet tehničkih nauka, 2024 (Novi Sad : Grafički centar GRID). - XXXVI, 643 str. : ilustr. ; 30 cm

Radovi na srp. i engl. jeziku. - Tiraž 100. - Napomene i bibliografske reference uz tekst. - Bibliografija uz svaki rad. - Rezime na engl. jeziku uz svaki rad.

ISBN 978-86-6022-703-6

а) Операциона истраживања -- Зборници

COBISS.SR-ID 157255177

ЗБОРНИК РАДОВА SYM-OP-IS 2024

Уредници: Проф. др Игор Цолев
Доц. др Ненад Медић
Проф. др Владимир Мученски

Издавач: Факултет техничких наука, Нови Сад

За издавача Декан, Проф. др Борис Думнић

Графички дизајн Јелена Мирјанић

Напомена издавача: Издавач не даје никакве изјаве, изричите или имплициране, у погледу тачности информација садржаних у овом зборнику и не може да прихвати никакву правну одговорност за било какве грешке или недостатке који су направљени.

CIP - Каталогизација у публикацији
Библиотеке Матице српске, Нови Сад

519.8(082)

INTERNATIONAL Symposium on Operational Research SYM-OP-IS 2024 (51 ; 2024 ; Tara)

Proceedings = Зборник радова / 51st International Symposium on Operational Research, SYM-OP-IS 2024, Tara, 16-19. September 2024. = 51. Симпозијум о операционим истраживањима ; urednici, editors Igor Džolev, Nenad Medić, Vladimir Mučenski. - Novi Sad : Fakultet tehničkih nauka, 2024 (Novi Sad : Grafički centar GRID). - XXXVI, 643 str. : ilustr. ; 30 cm

Radovi na srp. i engl. jeziku. - Tiraž 100. - Napomene i bibliografske reference uz tekst. - Bibliografija uz svaki rad. - Rezime na engl. jeziku uz svaki rad.

ISBN 978-86-6022-703-6

а) Операциона истраживања -- Зборници

COBISS.SR-ID 157255177

51ST SYMPOSIUM ON OPERATIONAL RESEARCH
51. СИМПОЗИЈУМ О ОПЕРАЦИОНИМ ИСТРАЖИВАЊИМА

PROCEEDINGS

ЗБОРНИК РАДОВА

SYM-OP-IS 2024

16–19 September 2024, Tara, Republic of Serbia
16–19. септембар 2024, Тара, Република Србија

ORGANIZERS

ОРГАНИЗАТОРИ

	<p>Faculty of Technical Sciences, Novi Sad Факултет техничких наука, Нови Сад</p>
	<p>Academy of Technical and Art Applied Studies Belgrade, Department School of Civil Engineering and Geodesy Академије техничко-уметничких струковних студија Београд, Одсек Висока грађевинско-геодетска школа струковних студија, Београд</p>
	<p>Economics Institute, Belgrade Економски институт, Београд</p>
	<p>Faculty of Economics and Business, Belgrade Економски факултет, Београд</p>
	<p>Faculty of Mathematics, Belgrade Математички факултет, Београд</p>
	<p>Faculty of Mining and Geology, Belgrade Рударско-геолошки факултет, Београд</p>

	<p>Faculty of Organizational Sciences, Belgrade Факултет организационих наука, Београд</p>
	<p>Faculty of Transport and Traffic Engineering, Belgrade Саобраћајни факултет, Београд</p>
	<p>Institute Mihailo Pupin, Belgrade Институт „Михајло Пупин”, Београд</p>
	<p>Mathematical Institute of the Serbian Academy of Sciences and Arts Математички Институт Српске академије наука и уметности</p>
	<p>Ministry of Defence Republic of Serbia and Serbian Armed Forces Министарство одбране Републике Србије и Војска Србије</p>
	<p>Faculty of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, Banja Luka Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет, Бања Лука</p>

PROGRAMME COMMITTEE

Dr. Aleksić Vule, Academy of Technical and Art Applied Studies Belgrade, Department School of Civil Engineering and Geodesy

Dr. Banković Radoje, Institute of Military Geography, Belgrade

Dr. Bjelić Nenad, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Belgrade

Dr. Vujošević Mirko, Faculty of Organizational Sciences, Belgrade

Dr. Davidović Tatjana, Mathematical Institute of the Serbian Academy of Sciences and Arts

Dr. Dimitrijević Branka, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Belgrade

Dr. Dražić Milan, Faculty of Mathematics, Belgrade

Dr. Dugošija Đorđe, University of Novi Pazar

Dr. Đorović Boban, University of Defense, Belgrade

Dr. Janković Irena, Faculty of Economics and Business, Belgrade

Dr. Kočović Jelena, Faculty of Economics and Business, Belgrade

Dr. Kratica Jozef, Mathematical Institute of the Serbian Academy of Sciences and Arts

Dr. Kuzmanović Marija, Faculty of Organizational Sciences, Belgrade

Dr. Kutlača Đuro, Mihajlo Pupin Institute, Belgrade

Dr. Makajić-Nikolić Dragana, Faculty of Organizational Sciences, Belgrade

Dr. Martić Milan, Faculty of Organizational Sciences, Belgrade

Dr. Miljanović Igor, Faculty of Mining and Geology, Belgrade

Dr. Mladenović Zorica, Faculty of Economics and Business, Belgrade

Dr. Mučenski Vladimir, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad

Dr. Netjasov Feđa, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Belgrade

Dr. Nikolić Dragan, Academy of Technical and Art Applied Studies Belgrade, Department School of Civil Engineering and Geodesy

Dr. Nikolić Miloš, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Belgrade

Dr. Pamucar Dragan, Faculty of Organizational Sciences, Belgrade

Dr. Papuga Saša, Faculty of Technology, University of Banja Luka

Dr. Petrović Dalibor, Ministry of Defense of Republic of Serbia

Dr. Petrović Nataša, Faculty of Organizational Sciences, Belgrade

Dr. Petrović Slavica, Faculty of Economics, Kragujevac

Dr. Peško Igor, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad

Dr. Praštalo Željko, Mining Institute, Belgrade

Dr. Preradović Ljubiša, Faculty of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, University of Banja Luka

Dr. Radojević Dragan, Mihailo Pupin Institute, Belgrade

Dr. Savić Aleksandar, Faculty of Mathematics, Belgrade

Dr. Savić Gordana, Faculty of Organizational Sciences, Belgrade

Dr. Stamenković Mladen, Faculty of Economics and Business, Belgrade

Dr. Stanimirović Zorica, Faculty of Mathematics, Belgrade

Dr. Stanić Stanko, Faculty of Economics, Banja Luka

Dr. Stanojević Milan, Faculty of Organizational Sciences, Belgrade

Dr. Stanojević Milorad, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Belgrade

Dr. Starčević Dušan, Faculty of Organizational Sciences, Belgrade

Dr. Stojković Dejan, Ministry of Defense of Republic of Serbia

Dr. Suknović Milija, Faculty of Organizational Sciences, Belgrade

Dr. Ćirović Goran, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad

Dr. Urošević Dragan, Mathematics Institute of the Serbian Academy of Sciences and Art, Belgrade

Dr. Čangalović Mirjana, Faculty of Organizational Sciences, Belgrade

Dr. Šelmić Milica, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Belgrade

Dr. Aloise Daniel, Natal University, Brazil

Dr. Artiba Abdelhakim, University of Valencia, France

Dr. Carrizosa Emilio, University of Seville, Spain

Dr. Duarte Abraham, Universidad Rey Juan Carlos, Spain

Dr. Eremeev Anton, Omsk State University, Russia

Dr. Escudero Laureano, Universidad Miguel Hernández, Spain

Dr. Hanafi Saïd, University of Valenciennes, France

Dr. Hudec Miroslav, University of Economics, Bratislava, Slovakia

Dr. Kochetov Yuri, Novosibirsk, Russia

Dr. Labbé Martine, Free University of Brussels, Belgium

Dr. Melián Batista Belén, University La Laguna, Spain

Dr. Migdalias Athanasios, Aristotle University of Thessaloniki, Greece

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

Dr. Papageorgiou Markos, Technical University of Crete, Greece

Dr. Raidl Ginter, Vienna University of Technology, Austria

Dr. Salhi Said, University of Kent, United Kingdom

Dr. Sevaux Marc, University of Southern Brittany, France

Dr. Sifaleras Angelo, University of Macedonia, Greece

Dr. Sörensen Kenneth, University of Antwerp, Belgium

Dr. Velkovski Trajče, Ss. Cyril and Methodius University, Skopje, North Macedonia

ПРОГРАМСКИ ОДБОР

Др Алексић Вуле, Висока грађевинско-геодетска школа, Београд

Др Банковић Радоје, Војногеографски институт, Београд

Др Бјелић Ненад, Саобраћајни факултет, Београд

Др Вујошевић Мирко, Факултет организационих наука, Београд

Др Давидовић Татјана, Математички институт САНУ, Београд

Др Димитријевић Бранка, Саобраћајни факултет, Београд

Др Дражић Милан, Математички факултет, Београд

Др Дугошија Ђорђе, Универзитет у Новом Пазару

Др Ђоровић Бобан, Универзитет одбране, Београд

Др Јанковић Ирена, Економски факултет, Београд

Др Кочовић Јелена, Економски факултет, Београд

Др Кратица Јозеф, Математички институт САНУ, Београд

Др Кузмановић Марија, Факултет организационих наука, Београд

Др Кутлача Ђуро, Институт Михајло Пупин

Др Макајић-Николић Драгана, Факултет организационих наука, Београд

Др Мартић Милан, Факултет организационих наука, Београд

Др Миљановић Игор, Рударско-геолошки факултет, Београд

Др Младеновић Зорица, Економски факултет, Београд

Др Мученски Владимир, Факултет техничких наука, Нови Сад

Др Нетјасов Феђа, Саобраћајни факултет, Београд

Др Николић Драган, Висока грађевинско-геодетска школа, Београд

Др Николић Милош, Саобраћајни факултет, Београд

Др Памучар Драган, Факултет организационих наука, Београд

Др Папуга Саша, Технолошки факултет, Универзитет у Бањој Луци

Др Петровић Далибор, Министарство одбране

Др Петровић Наташа, Факултет организационих наука, Београд
Др Петровић Славица, Економски факултет, Крагујевац
Др Пешко Игор, Факултет техничких наука, Нови Сад
Др Праштало Жељко, Рударски институт, Београд
Др Прерадовић Љубиша, Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет, Универзитет у
Бањој Луци
Др Радојевић Драган, Институт Михајло Пупин, Београд
Др Савић Александар, Математички факултет, Београд
Др Савић Гордана, Факултет организационих наука, Београд
Др Стаменковић Младен, Економски факултет, Београд
Др Станимировић Зорица, Математички факултет, Београд
Др Станић Станко, Економски факултет, Бања Лука
Др Станојевић Милан, Факултет организационих наука, Београд
Др Станојевић Милорад, Саобраћајни факултет, Београд
Др Старчевић Душан, Факултет организационих наука, Београд
Др Стојковић Дејан, Министарство одбране
Др Сукновић Милија, Факултет организационих наука, Београд
Др Ћировић Горан, Факултет техничких наука, Нови Сад
Др Урошевић Драган, Математички институт САНУ, Београд
Др Чангаловић Мирјана, Факултет организационих наука, Београд
Др Шелмић Милица, Саобраћајни факултет, Београд
Dr. Aloise Daniel, Natal University, Brazil
Dr. Artiba Abdelhakim, University of Valencia, France
Dr. Carrizosa Emilio, University of Sevilla, Spain
Dr. Duarte Abraham, Universidad Rey Juan Carlos, Spain
Dr. Eremeev Anton, Omsk State University, Russia

Dr. Escudero Laureano, Universidad Miguel Hernández, Spain

Dr. Hanafi Saïd, University of Valenciennes, France

Dr. Hudec Miroslav, University of Economics, Bratislava, Slovakia

Dr. Kochetov Yuri, Novosibirsk, Russia

Dr. Labbé Martine, Free university of Brussels, Belgium

Dr. Melián Batista Belén, University La Laguna, Spain

Dr. Migdalas Athanasios, Aristotle University of Thessaloniki, Greece

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

Dr. Papageorgiou Markos, Technical University of Crete, Greece

Dr. Raidl Ginter, Vienna University of Technology, Austria

Dr. Salhi Said, University of Kent, United Kingdom

Dr. Sevaux Marc, University of Southern Brittany, France

Dr. Sifaleras Angelo, University of Macedonia, Greece

Dr. Sörensen Kenneth, University of Antwerp, Belgium

Dr. Velkovski Trajče, Ss. Cyril and Methodius University, Skopje, North Macedonia

HONORARY PROGRAMME COMMITTEE

Dr. Andrejić Marko, Military Academy, University of Defence, Belgrade

Dr. Backović Marko, Faculty of Economics, Belgrade

Dr. Batanović Vladan, Mihailo Pupin Institute, Belgrade

Dr. Borović Siniša, Faculty of Diplomacy and Security, AINS, Belgrade

Dr. Čabarkapa Obrad, Ministry of Defense of Republic of Serbia

Dr. Cvetković Dragoš, Mathematical Institute of the Serbian Academy of Sciences and Arts

Dr. Đorđević Branislav, Faculty of Civil Engineering, Belgrade

Dr. Guberinić Slobodan, Mihailo Pupin Institute, Belgrade

Dr. Ilić Aleksandar, Ministry of Defense of Republic of Serbia

Dr. Kovač Mitar, Ministry of Defense of Republic of Serbia

Dr. Kovačević-Vujčić Vera, Faculty of Organizational Sciences, Belgrade

Dr. Mesaroš Katalin, Faculty of Economics, Subotica

Dr. Mihaljević Miodrag, Mathematical Institute of the Serbian Academy of Sciences and Arts

Dr. Milovanović Gradimir, Mathematical Institute of the Serbian Academy of Sciences and Arts

Dr. Mučibabić Spasoje, Ministry of Defense of Republic of Serbia

Dr. Ognjanović Zoran, Mathematical Institute of the Serbian Academy of Sciences and Arts

Dr. Opricović Serafim, Faculty of Civil Engineering, Belgrade

Dr. Pap Endre, Singidunum University, Belgrade

Dr. Rakić Milan, Mihailo Pupin Institute, Belgrade

Dr. Vujić Slobodan, Mining Institute, Belgrade

Dr. Vuleta Jovo, Faculty of Economics and Business, Belgrade

Dr. Zečević Tomislav, Faculty of Economics and Business, Belgrade

ПОЧАСНИ ПРОГРАМСКИ ОДБОР

Др Андрејић Марко, Војна академија, Универзитет одбране, Београд

Др Бацковић Марко, Економски факултет, Београд

Др Батановић Владан, Институт Михајло Пупин, Београд

Др Боровић Сениша, Факултет за дипломатију и безбедност, АИНС, Београд

Др Чабаркапа Обрад, Министарство одбране, Београд

Др Цветковић Драгош, Математички институт САНУ, Београд

Др Ђорђевић Бранислав, Грађевински факултет, Београд

Др Губеринић Слободан, Институт Михајло Пупин, Београд

Др Илић Александар, Министарство одбране, Београд

Др Ковач Митар, Министарство одбране, Београд

Др Ковачевић-Вујчић Вера, Факултет организационих наука, Београд

Др Месарош Каталин, Економски факултет, Суботица

Др Михаљевић Миодраг, Математички институт САНУ, Београд

Др Миловановић Градимир, Математички институт САНУ, Београд

Др Мучибабић Спасоје, Министарство одбране, Београд

Др Огњановић Зоран, Математички институт САНУ, Београд

Др Оприцовић Серафим, Грађевински факултет, Београд

Др Пап Ендре, Универзитет Сингидунум, Београд

Др Ракић Милан, Институт Михајло Пупин, Београд

Др Вујић Слободан, Рударски институт, Београд

Др Вулета Јово, Економски факултет, Београд

Др Зечевић Томислав, Економски факултет, Београд

ORGANIZING COMMITTEE

Dr. Nenad Medić, President, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad

Dr. Igor Džolev, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad

Dr. Andrija Rašeta, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad

Dr. Darko Stefanović, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad

Dr. Mirna Kapetina, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad

Dr. Nebojša Ralević, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad

Dr. Slaviša Dumnić, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad

Dr. Mehmed Batilović, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad

Dr. Ljiljana Popović, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad

Dr. Jovana Topalić, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad

Dr. Tiana Milović, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad

MSc. Mirjana Terzić, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad

MSc. Dragana Stanojević, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad

MSc. Jelena Mirjanić, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad

ОРГАНИЗАЦИОНИ ОДБОР

др Ненад Медић, председник, Факултет техничких наука, Нови Сад

др Игор Цолев, Факултет техничких наука, Нови Сад

др Андрија Рашета, Факултет техничких наука, Нови Сад

др Дарко Стефановић, Факултет техничких наука, Нови Сад

др Мирна Капетина, Факултет техничких наука, Нови Сад

др Небојша Ралевић, Факултет техничких наука, Нови Сад

др Славиша Думнић, Факултет техничких наука, Нови Сад

др Мехмед Батиловић, Факултет техничких наука, Нови Сад

др Љиљана Поповић, Факултет техничких наука, Нови Сад

др Јована Топалић, Факултет техничких наука, Нови Сад

др Тиана Миловић, Факултет техничких наука, Нови Сад

мастер Мирјана Терзић, Факултет техничких наука, Нови Сад

мастер Драгана Станојевић, Факултет техничких наука, Нови Сад

мастер Јелена Мирјанић, Факултет техничких наука, Нови Сад

CHARTER HOLDERS OF SYM-OP-IS
for gratitude for the development of operational research

Božidar Kraut (1983)
Alojzij Vadnal (1983)
Dragoslav Marković (1983)
Branislav Ivanović (1984)
Ljubomir Martić (1984)
Radivoj Petrović (1984)
Jovan Petrić (1988)
Sanjo Zlobec (1990)
Radoslav Stanojević (1991)
Svetozar Vukadinović (1993)
Slobodan Krčevinac (1993)
Slobodan Guberinić (1993)
Jovo Vuleta (1993)
Vera Kovačević-Vujčić (1998)
Dušan Teodorović (1998)
Vlastimir Matejić (2000)

Mirko Vujošević (2000)
Siniša Borović (2001)
Tomislav Zečević (2001)
Slobodan Vujić (2003)
Dragan Radojević (2006)
Mirjana Čangalović (2010)
Nenad Mladenović (2010)
Spasoje Mučibabić (2010)
Milan Martić (2012)
Dragoš Cvetković (2013)
Goran Ćirović (2017)
Đorđe Dugošija (2017)
Milorad Vidović (2019)
Dragan Urošević (2021)
Tatjana Davidović (2023)

НОСИОЦИ ПОВЕЉЕ SYM-OP-IS-a
за заслуге у развоју операционих истраживања

Божидар Краут (1983)	Мирко Вујошевић (2000)
Алојзиј Ваднал (1983)	Синиша Боровић (2001)
Драгослав Марковић (1983)	Томислав Зечевић (2001)
Бранислав Ивановић (1984)	Слободан Вујић (2003)
Љубомир Мартић (1984)	Драган Радојевић (2006)
Радивој Петровић (1984)	Мирјана Чангаловић (2010)
Јован Петрић (1988)	Ненад Младеновић (2010)
Сањо Злобец (1990)	Спасоје Мучибабић (2010)
Радослав Станојевић (1991)	Милан Мартић (2012)
Светозар Вукадиновић (1993)	Драгош Цветковић (2013)
Слободан Крчевинац (1993)	Горан Ћировић (2017)
Слободан Губеринић (1993)	Ђорђе Дугошија (2017)
Јово Вулета (1993)	Милорад Видовић (2019)
Вера Ковачевић-Вујчић (1998)	Драган Урошевић (2021)
Душан Теодоровић (1998)	Татјана Давидовић (2023)
Властимир Матејић (2000)	

CONFERENCE SPONSOR



Republic of Serbia

MINISTRY OF SCIENCE,
TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT AND INNOVATION

СПОНЗОР КОНФЕРЕНЦИЈЕ



Република Србија

МИНИСТАРСТВО НАУКЕ,
ТЕХНОЛОШКОГ РАЗВОЈА И ИНОВАЦИЈА

PREFACE

Dear operational researchers,

It is with great pleasure that we present the proceedings of the 51st Symposium on Operations Research - SYM-OP-IS 2024. The past 50 years represent a great responsibility and a benchmark for further efforts in the development of the field of operations research.

The main organizer of this year's symposium is the Faculty of Technical Sciences of the University of Novi Sad. From its inception, SYM-OP-IS has been a hub for scientific dialogue, knowledge exchange, and networking among researchers, professionals, and enthusiasts in operations research. Since 1974, when the first symposium was held, up to the present day, this event has attracted more than 13,000 authors who have presented the results of their research through over 10,000 papers. This impressive legacy attests to the achievements and impact that SYM-OP-IS has achieved throughout its history.

This year, we proudly announce that the proceedings include 103 papers written by 270 authors. Each paper represents not only the result of individual research and work but also a contribution to the community and a better understanding of the problems addressed by operations research. This year, the papers are organized into 24 sections that explore different aspects of this discipline.

In memory of the late operations researcher, Prof. Dr. Milorad Vidović, a recipient of the Charter and a member of the Program Committee, his biography is presented at the beginning of the proceedings. We want to thank all the authors, participants, reviewers, and the entire organizational team for their dedication, knowledge, and time invested in making this symposium successful.

May this collection of papers be an inspiration and source of knowledge for all of you. Through diverse topics, ideas, and approaches, we believe that everyone will find something that motivates them to further research, learn, and contribute to the advancement of operations research.

All papers in the proceedings belong to the category of original research papers.

Yours sincerely,

Editors:

Igor Džolev

Nenad Medić

Vladimir Mučenski

ПРЕДГОВОР

Драге колегинице и колеге, операциони истраживачи,

Са великим задовољством вам представљамо зборник радова са 51. Симпозијума о операционим истраживањима - SYM-OP-IS 2024. Претходних 50 година представља велику одговорност и репер за даље напоре у развоју области операционих истраживања.

Главни организатор овогодишњег симпозијума је Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду.

Од самог почетка, SYM-OP-IS је служио као центар научног дијалога, размене знања и повезивања међу истраживачима, професионалцима и ентузијастима операционих истраживања. Од 1974. године, када је први симпозијум одржан, па све до данас, овај скуп је привукао више од 13.000 аутора који су представили резултате својих истраживања кроз више од 10.000 радова. Ово импресивно наслеђе сведочи о постигнућима и утицају које је SYM-OP-IS остварио током своје историје.

Ове године са поносом саопштавамо да зборник обухвата 103 рада, које је написало 270 аутора. Сваки рад представља не само резултат истраживања и рада појединца, већ и допринос заједници и бољем разумевању проблема којима се баве операциона истраживања. Ове године радови су организовани у 24 секције које истражују различите аспекте ове дисциплине.

У знак сећања на преминулог операционог истраживача, проф. др Милорада Видовића, добитника Повеље и члана Програмског одбора, на почетку зборника је представљена његова биографије.

Желимо да се захвалимо свим ауторима, учесницима, рецензентима као и целокупном организационом тиму на преданости, знању и времену које су уложили како би овај симпозијум био успешан.

Нека овај зборник радова буде инспирација и извор знања за све вас. Кроз разноврсне теме, идеје и приступе, верујемо да ће свако пронаћи нешто што га мотивише да даље истражује, учи и доприноси унапређењу операционих истраживања.

Сви радови у зборнику припадају категорији оригиналног научног рада.

С поштовањем,

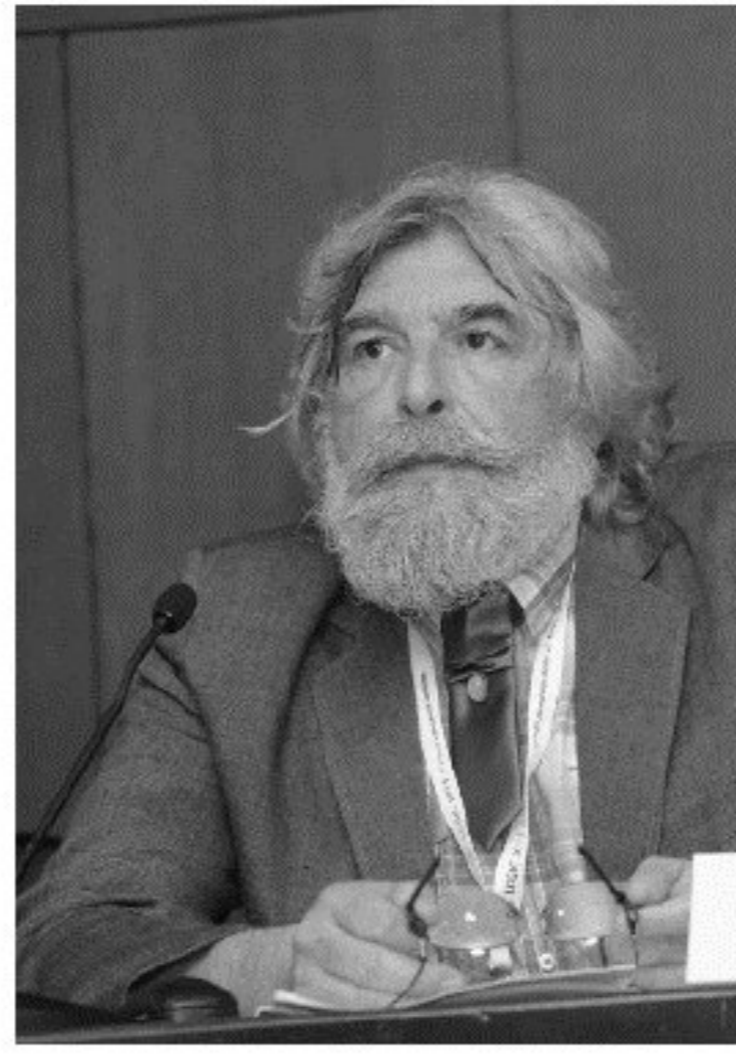
Уредници:

Игор Цолев

Ненад Медић

Владимир Мученски

IN MEMORIAM



Prof. Dr Milorad Vidović 1957-2023

On Monday, September 4, 2023, at the age of 67, Dr. Milorad Vidović, a graduate traffic engineer, a full professor at the University of Belgrade – Faculty of Transport and Traffic Engineering, a longtime member of the SYMOPIS Program Committee, and a recipient of the Charter for Merits in the Development of Operations Research in Serbia in 2019, passed away.

Milorad Vidović was born in Zemun in 1957, where he also completed elementary school. He graduated from the "Nikola Tesla" Secondary School of Electrical Engineering, specializing in electronics and automation, in Belgrade. He enrolled in the Faculty of Transport and Traffic Engineering at the University of Belgrade in 1977 and completed his studies at the then Department of Integral and Industrial Transport in 1984. He completed his postgraduate studies at the Faculty of Transport and Traffic Engineering in 1991, defending his master's thesis titled "Development of Procedures for Technological Shaping of the Loading Dock."

He earned his Ph.D. in technical sciences at the Faculty of Transport and Traffic Engineering in 1998, defending his doctoral dissertation on "Possibilities for Improving the Performance of Logistics Systems by Optimizing the Operational Planning of Certain Classes of Material Handling Processes."

He was appointed as a teaching assistant at the Department of Cargo Handling Technology, later part of the Joint Department of Logistics, at the Faculty of Transport and Traffic Engineering in 1987. After that, he was elected to all associate and teaching positions at the same department, culminating in his appointment as a full professor in 2011.

Milorad Vidović's professional engagement began during his studies when he was employed as an associate in the preparation of studies and projects by the Department of Integral and Industrial Transport. After completing his studies and military service, from 1985 to 1987, he was re-engaged by the Department of Integral and Industrial Transport as an external expert associate in the preparation of studies and technological projects.

Professor Vidović's scientific interests were primarily focused on the application of quantitative methods, with a dominant role for operations research methods, in solving a wide range of problems related to the implementation of logistics processes. His passion for research resulted in a strong research enthusiasm, which is evident from the fact that during his career, he published over 150 papers, some of which appeared in top journals on the JCR list. He was a reviewer for many of the most influential journals in the fields he worked in, a longtime member of the program committees of several conferences (including SYMOPIS), and the author of four university textbooks.

Professor Vidović's immense research enthusiasm was also reflected in his work with younger colleagues. Throughout his career, he was a mentor for several dozen undergraduate, master's, and magister's theses and six doctoral dissertations. However, what distinguished his work with doctoral

candidates was that his mentorship did not only involve directing and supervising the candidates but also collaborating on model development, programming, testing, and writing papers.

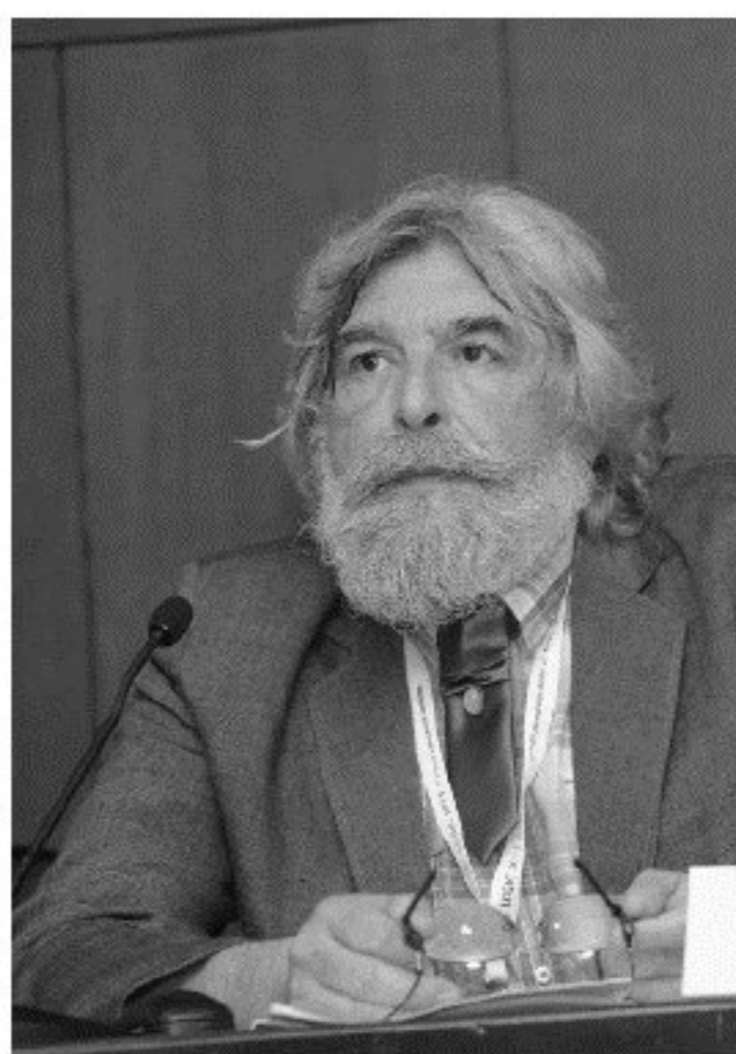
During his career, he developed exceptionally strong cooperation with foreign universities and institutes. At the Department of Industrial Engineering of the National University in Busan (South Korea), in 2000, he lectured on several courses related to logistics processes at the undergraduate and master's levels. During his stay at the Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST) in 2001, he taught a modified course on "Logistics Systems Design" to doctoral and master's students, primarily focused on the application of modern metaheuristics, fuzzy logic, and multi-criteria decision-making techniques. From 2004 to 2008, he was engaged as a visiting lecturer at the postgraduate studies of the Department of Logistics at the University of Economics in Izmir (Turkey). In addition, he delivered several guest lectures at universities in Bremen (Germany), Žilina (Slovakia), and Bari (Italy). He was also a leader and member of project teams on several international bilateral projects with universities from Slovakia, Italy, and Slovenia.

An inseparable blend of science and practice is one of the most significant professional characteristics of Prof. Milorad Vidović. In this sense, as the leader and a member of research teams, he participated in the implementation of over 100 projects and studies, some of which were international.

Professor Vidović's role in academic life was not limited to scientific and professional work; throughout his career, he was involved in numerous management structures at the University of Belgrade and the Faculty of Transport and Traffic Engineering. From being the head of the Computer Center of the Faculty of Transport and Traffic Engineering, to being a member of the Council of the University of Belgrade and the Council of the Faculty of Transport and Traffic Engineering, the Board of Scientific Fields of Technical Sciences of the University of Belgrade, to the position of head of the Joint Department of Logistics, where he was at the time of his death.

Apart from his broad technical education, expertise, dedication, and inexhaustible energy, Prof. Vidović will be remembered among his colleagues and acquaintances as a great connoisseur of mountaineering, mushrooms, poetry, and photography.

IN MEMORIAM



Проф. др Милорад Видовић 1957-2023

У понедељак 4. септембра 2023. године, у 67. години живота, преминуо је др Милорад Видовић, дипл. инж. саобраћаја, редовни професор Универзитета у Београду – Саобраћајног факултета, дугогодишњи члан Програмског одбора SYMOPIS-а и носилац Повеље за заслуге у развоју операционих истраживања у Србији 2019.

Милорад Видовић, рођен је у Земуну 1957. године, где је завршио и основну школу. Средњу електротехничку школу "Никола Тесла" – смер електронике и аутоматике завршио је у Београду. На Саобраћајни факултет Универзитета у Београду се уписује 1977. године, а студије на тадашњем Одсеку за интегрални и индустријски транспорт завршава 1984. На Саобраћајном факултету 1991. године завршио је последипломске студије, одбранивши магистарску тезу под називом „Развој поступака за технолошко уобличавање претоварног фронта”.

Звање доктора техничких наука стекао је такође на Саобраћајном факултету – 1998. године, одбранивши докторску дисертацију на тему „Могућности побољшања перформанси логистичких система оптимизацијом оперативног планирања неких класа претоварних процеса”.

У звање асистента приправника на Катедри за технологију руковања теретом, касније делом Здружене катедре за логистику, Саобраћајног факултета изабран је 1987. године, а након тога је биран у сва сарадничка и наставничка звања на истој катедри, закључно са избором у звање редовног професора 2011. године.

Професионално ангажовање Милорада Видовића, почиње у току студија када је као апсолвент, од стране Одсека за интегрални и индустријски транспорт, ангажован као сарадник на изради студија и пројеката. Након завршетка студија и одслужења војног рока, у периоду 1985-1987. године поново је ангажован од стране Одсека за интегрални и индустријски транспорт у својству спољњег стручног сарадника на изради студија и технолошких пројеката.

Научна интересовања проф. Видовића су била усмерена примарно на примену квантитативних метода, међу којима свакако доминантну улогу имају методе операционих истраживања, у решавању широког спектра проблема везаних за реализацију логистичких процеса. Љубав ка истраживању је за последицу имала веома изражен истраживачки ентузијазам, те не чуди да је у току каријере објавио преко 150 радова, од којих неки у врхунским часописима са JCR листе; да је био рецензент у великом броју најутицајнијих часописа из области којима се бавио; да је био вишегодишњи члан програмских одбора неколико конференција (међу којима је и SYMOPIS); да је аутор четири универзитетска уџбеника...

Огромни истраживачки ентузијазам проф. Видовића се огледао и у раду са млађим колегама. У својој каријери је био ментор у изради неколико десетина дипломских, мастер и

магистарских радова и 6 докторских дисертација. Међутим, оно по чему се издвајао у раду са докторандима је то да менторски рад није подразумевао само усмеравање и контролу кандидата, већ и заједнички рад на развијању модела, програмирању, тестирању и писању радова.

Током каријере имао је изузетно развијену сарадњу са страним универзитетима и институтима. На Одсеку за индустријско инжењерство Националног Универзитета у Бусану (Јужна Кореја) 2000. године је држао предавања на неколико курсева везаних за логистичке процесе на основним и мастер студијама. Током боравка у Корејском институту за науку и технологију "Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST)", 2001. године, студентима докторских и мастер студија држао је модификован курс "Logistics systems design" углавном усмерен ка примени савремених метахеуристике, фази логике и техника вишекритеријумског одлучивања. У периоду од 2004. до 2008. године ангажован је као гостујући предавач на последипломским студијама Одсека за логистику Универзитета за економију у Измиру (Турска). Поред тога, имао је више гостујућих предавања на универзитетима у Бремену (Немачка), Жилинама (Словачка) и Барију (Италија). Уз то, био је руководиоца и члан пројектних тимова на више међународних билатералних пројеката са универзитетима из Словачке, Италије и Словеније.

Нераскидиви спој науке и праксе је једна од најзначајнијих професионалних карактеристика проф. Милорада Видовића. У том смислу, у улози руководиоца и члана истраживачког тима учествовао је у реализацији преко 100 пројеката и студија, од којих су неки били и међународни.

Улога професора Видовића у академском животу није била ограничена само на научни и стручни рад већ је у својој каријери учествовао у низу управљачких структура универзитета у Београду и Саобраћајног факултета. Од руководиоца Рачунарског центра Саобраћајног факултета, преко Савета Универзитета у Београду и Савета Саобраћајног факултета, Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду, до места шефа Здружене катедре за логистику, на којем га је и задесила смрт.

Поред широког техничког образовања, стручности, посвећености и неисцрпној енергији проф. Видовић ће међу колегама и познаницима остати упамћен и као велики љубитељ и познавалац планинарења, гљива, поезије и фотографије.

REVIEWERS

Dr. Banković Radoje, Institute of Military Geography, Belgrade

Dr. Bjelić Nenad, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Belgrade

Dr. Bulajić Milica, Faculty of Organizational Sciences, Belgrade

Dr. Čangalović Mirjana, Faculty of Organizational Sciences, Belgrade

Dr. Ćirović Goran, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad

Dr. Davidović Tatjana, Mathematical Institute of the Serbian Academy of Sciences and Arts

Dr. Dimitrijević Branka, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Belgrade

Dr. Dražić Milan, Faculty of Mathematics, Belgrade

Dr. Dugošija Đorđe, University of Novi Pazar

Dr. Džolev Igor, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad

Dr. Janković Irena, Faculty of Economics and Business, Belgrade

Dr. Kočović Jelena, Faculty of Economics and Business, Belgrade

Dr. Kutlača Đuro, Mihajlo Pupin Institute, Belgrade

Dr. Kuzmanović Marija, Faculty of Organizational Sciences, Belgrade

Dr. Makajić-Nikolić Dragana, Faculty of Organizational Sciences, Belgrade

Dr. Martić Milan, Faculty of Organizational Sciences, Belgrade

Dr. Medić Nenad, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad

Dr. Miljanović Igor, Faculty of Mining and Geology, Belgrade

Dr. Milošević Bojana, Faculty of Mathematics, Belgrade

Dr. Mladenović Zorica, Faculty of Economics and Business, Belgrade

Dr. Mučenski Vladimir, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad

Dr. Netjasov Feđa, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Belgrade

Dr. Pamucar Dragan, Faculty of Organizational Sciences, Belgrade

Dr. Petrović Dalibor, Ministry of Defense of Republic of Serbia

Dr. Petrović Nataša, Faculty of Organizational Sciences, Belgrade

Dr. Petrović Slavica, Faculty of Economics, Kragujevac

Dr. Rakić Slavko, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad

Dr. Rakićević Aleksandar, Faculty of Organizational Sciences, Belgrade

Dr. Savić Gordana, Faculty of Organizational Sciences, Belgrade

Dr. Šelmić Milica, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Belgrade

Dr. Simić Dejan, Faculty of Organizational Sciences, Belgrade

Dr. Stamenković Mladen, Faculty of Economics and Business, Belgrade

Dr. Stanimirović Zorica, Faculty of Mathematics, Belgrade

Dr. Stanojević Milan, Faculty of Organizational Sciences, Belgrade

Dr. Stanojević Milorad, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Belgrade

Dr. Starčević Dušan, Faculty of Organizational Sciences, Belgrade

Dr. Stojković Dejan, Ministry of Defense of Republic of Serbia

Dr. Urošević Dragan, Mathematics Institute of the Serbian Academy of Sciences and Art,
Belgrade

Dr. Vujošević Mirko, Faculty of Organizational Sciences, Belgrade

РЕЦЕНЗЕНТИ

Др Банковић Радоје, Војногеографски институт, Београд

Др Бјелић Ненад, Саобраћајни факултет, Београд

Др Булајић Милица, Факултет организационих наука, Београд

Др Вујошевић Мирко, Факултет организационих наука, Београд

Др Давидовић Татјана, Математички институт САНУ, Београд

Др Димитријевић Бранка, Саобраћајни факултет, Београд

Др Дражић Милан, Математички факултет, Београд

Др Дугошија Ђорђе, Универзитет у Новом Пазару

Др Јанковић Ирена, Економски факултет, Београд

Др Кочовић Јелена, Економски факултет, Београд

Др Кузмановић Марија, Факултет организационих наука, Београд

Др Кутлача Ђуро, Институт Михајло Пупин

Др Макајић-Николић Драгана, Факултет организационих наука, Београд

Др Мартић Милан, Факултет организационих наука, Београд

Др Медић Ненад, Факултет техничких наука, Нови Сад

Др Милошевић Бојана, Математички факултет, Београд

Др Миљановић Игор, Рударско-геолошки факултет, Београд

Др Младеновић Зорица, Економски факултет, Београд

Др Мученски Владимир, Факултет техничких наука, Нови Сад

Др Нетјасов Феђа, Саобраћајни факултет, Београд

Др Памучар Драган, Факултет организационих наука, Београд

Др Петровић Далибор, Министарство одбране

Др Петровић Наташа, Факултет организационих наука, Београд

Др Петровић Славица, Економски факултет, Крагујевац

Др Ракић Славко, Факултет техничких наука, Нови Сад

Др Ракићевић Александар, Факултет организационих наука, Београд

Др Савић Гордана, Факултет организационих наука, Београд

Др Симић Дејан, Факултет организационих наука, Београд

Др Стаменковић Младен, Економски факултет, Београд

Др Станимировић Зорица, Математички факултет, Београд

Др Станојевић Милан, Факултет организационих наука, Београд

Др Станојевић Милорад, Саобраћајни факултет, Београд

Др Старчевић Душан, Факултет организационих наука, Београд

Др Стојковић Дејан, Министарство одбране Републике Србије

Др Ђировић Горан, Факултет техничких наука, Нови Сад

Др Урошевић Драган, Математички институт САНУ, Београд

Др Чангаловић Мирјана, Факултет организационих наука, Београд

Др Џолев Игор, Факултет техничких наука, Нови Сад

Др Шелмић Милица, Саобраћајни факултет, Београд

TABLE OF CONTENTS

САДРЖАЈ

PLENARY LECTURE ПРЕДАВАЊЕ ПО ПОЗИВУ

MILOVAN MEDOJEVIĆ A NEW FRONTIER IN MANUFACTURING: THE ROLE OF EDGE AI IN INTELLIGENT SYSTEMS	2
--	---

PERFORMANCE ANALYSIS АНАЛИЗА ПЕРФОРМАНСИ

ЈЕЛЕНА НОВАКОВИЋ ЕФЕКТИ ДЕА WINDOW АНАЛИЗЕ	9
ИСИДОРА ГАЂЕША, АНДРИЈАНА ЏАМИЋ БИБЛИОМЕТРИЈСКА АНАЛИЗА РАДОВА ИЗ ОБЛАСТИ МЕРЕЊА ПЕРФОРМАНСИ АУТОРА ИЗ СРБИЈЕ	15

MULTICRITERIA ANALYSIS AND OPTIMIZATION ВИШЕКРИТЕРИЈУМСКА АНАЛИЗА И ОПТИМИЗАЦИЈА

ЖАРКО РОСИЋ СИНТЕЗА ЛИНЕАРНОГ АНТЕНСКОГ НИЗА КОРИШЋЕЊЕМ РЕЛАКСИРАНЕ ЛЕКСИКОГРАФСКЕ МЕТОДЕ	22
ALEKSANDRA RADIĆ, SANELA ARSIĆ, ĐORĐE NIKOLIĆ MULTI-CRITERIA DECISION ANALYSIS APPROACH FOR RANKING DIFFERENT INDUSTRIES ACCORDING TO THEIR ATTITUDE TO USE SAP ERP SYSTEM	28
DRAGAN VOJANIĆ, MARINA VOJANIĆ ОПТИМИЗАЦИЈА I ИЗБОР РУТЕ ВЕСПИЛОТНИХ ЛЕТЕЛИСА	34
МАЛИША ЖИЖОВИЋ, ДАНИЦА ФАТИЋ, ДРАГАН ПАМУЧАР, МИОДРАГ ЖИЖОВИЋ ОДРЕЂИВАЊЕ ТЕЖИНСКИХ КОЕФИЦИЈЕНАТА КРИТЕРИЈУМА: МЕТОДА БАЗИРАНА НА ПРОЦЕНИ ИДЕАЛНЕ, ОЧЕКИВАНЕ И ПОСЛЕДЊЕ ПРИХВАТЉИВЕ ВРЕДНОСТИ	41
NADA MLADENOVIĆ, ANA VUKIĆEVIĆ, BOGDANA STANOJEVIĆ HYPER PARAMETERS TUNING TO IMPROVE THE QUALITY OF THE PARETO FRONT GENERATED BY A SOLUTION APPROACH TO A MOO PROBLEM	47
ВЕСКО ЛУКОВАЦ, ПАВЛЕ ГЛАДОВИЋ, ДРАГАН ПАМУЧАР, МИЛАН СТАНКОВИЋ, ВЛАДИМИР ПОПОВИЋ АНР ПРИСТУП ОДРЕЂИВАЊУ ТЕЖИНА ПАРАМЕТАРА ЛИНИЈА ЈАВНОГ ГРАДСКОГ ПРЕВОЗА ПУТНИКА	53

GEOINFORMATION SYSTEMS ГЕОИНФОРМАЦИОНИ СИСТЕМИ

VLADIMIR BULATOVIĆ, TATJANA BUDIMIROV, NIKOLA SANTRAČ, ĐURO KRNIĆ, PAVEL BENKA, MEHMED BATILOVIĆ APPLICATION OF GIS IN PRECISION AGRICULTURE – AGRIS GEOPORTAL	61
БОРИС ВАКАЊАЦ, ДЕЈАН ЂОРЂЕВИЋ, САША БАКРАЧ, МАРКО СИМИЋ ПРЕЛИМИНАРНА ПРОУЧАВАЊА ЛЕСА И ОДРОНА ДЕСНЕ ОБАЛЕ ДУНАВА НА ПРОСТОРУ ЗЕМУН - НОВИ САД ПОМОЋУ ГИС ТЕХНОЛОГИЈА	67
MARKO SIMIĆ, DRAGOLJUB SEKULOVIĆ, MARIJA STOJANOVIĆ, VIKTOR MARKOVIĆ, MARKO STOJANOVIĆ INTEGRATION OF AUGMENTED REALITY AND GIS	73

LJILJANA POPOVIĆ, TANJA VRANIĆ, JELENA ČULIBRK, ELONA POJANI, PERSETA GRABOVA, SLAVKO RAKIĆ, NENAD MEDIĆ INTEGRATING GIS FOR SUSTAINABLE SMART CITY PLANNING: KEY CONTRIBUTORS AND RESEARCH STREAMS	79
МАРКО СТОЈАНОВИЋ, НЕНАД ГАЉАК, СРЂАН СТОЈАКОВИЋ, СИНИША ДРОБЊАК ПРИМЕНА САВРЕМЕНИХ МЕТОДА МОДЕЛОВАЊА ВЕГЕТАЦИЈЕ НА ТОПОГРАФСКОЈ КАРТИ РАЗМЕРА 1:25 000	85
ВИКТОР МАРКОВИЋ, БОРИС ВАКАЊАЦ, ВЛАДАН ТАДИЋ, МАРИЈА СТОЈАНОВИЋ, МАРКО СИМИЋ ТРАНЗИЦИЈЕ КАРТОГРАФСКОГ МОДЕЛОВАЊА ГЕОПРОСТОРА	91
МИЛОШ БАСАРИЋ, ИВАН ГАРИЋ, ДРАГОЉУБ СЕКУЛОВИЋ СИСТЕМСКИ ПРИКАЗ ГЕОПРОСТОРНО-ВРЕМЕНСКИХ АНИМАЦИЈА ЗА ВОЈНЕ ОПЕРАЦИЈЕ	97

ENVIRONMENTAL MANAGEMENT AND NATURAL RESOURCES MANAGEMENT ЕКОЛОШКИ МЕНАЏМЕНТ И УПРАВЉАЊЕ ПРИРОДНИМ РЕСУРСИМА

PETRA TANOVIĆ, IVANA ĐURKIĆ INFLUENCE OF THE MEDIA ON PEOPLE'S AWARENESS OF ENVIRONMENTAL PROTECTION	104
ЈЕЛЕНА АНДРЕЈА РАДАКОВИЋ, ДРАГАНА МАКАЈИЋ-НИКОЛИЋ, НАТАША ПЕТРОВИЋ РАЗВИЈАЊЕ ОТПОРНОСТИ НА КАТАСТРОФЕ: БИБЛИОМЕТРИЈСКА АНАЛИЗА ДЕКАДЕ МАЈСКИХ ПОПЛАВА 2014. ГОДИНЕ	110

ECONOMIC MODELS AND ECONOMETRICS ЕКОНОМСКИ МОДЕЛИ И ЕКОНОМЕТРИЈА

АЛЕКСАНДРА АНИЋ, МИЛЕНА ЛУТОВАЦ ЂАКОВИЋ ТРЖИШТЕ РАДА ИНДУСТРИЈЕ СРБИЈЕ	117
БРАНИСЛАВА ХРИСТОВ СТАНЧИЋ, ИГОР КОВАЧЕВИЋ, АЛЕКСАНДРА АНИЋ АНАЛИЗА ТРЖИШТА РАДА ФИЛМСКЕ ИНДУСТРИЈЕ СРБИЈЕ И УТИЦАЈ ПАНДЕМИЈЕ КОВИД-19 ВИРУСА	122
ZORAN POPOVIĆ, VELIMIR LUKIĆ, ĐORĐE KOTARAC ОПТИМИЗАЦИЈА ИНТЕРАКЦИЈЕ БИЗНАСА И ОСИГУРАВАЈУЋИХ ДРУШТАВА	127
ЗОРИЦА МЛАДЕНОВИЋ, МИЛОЈКО АРСИЋ, АЛЕКСАНДРА НОЈКОВИЋ ЕКОНОМЕТРИЈСКА АНАЛИЗА УТИЦАЈА ЦЕНА ЕНЕРГЕНАТА НА ИНФЛАЦИЈУ У СРБИЈИ	133
МИЛОЈКО ARSIĆ, ALEKSANDRA NOJKOVIĆ, EMILIJA MAKSIMOVIĆ STVARNI I OČEKIVANI VIŠAK SMRTNOSTI UZ PRIMENU ALTERNATIVNIH POLITIKA U SRBIJI U PERIODU PANDEMIJE COVID-19	139

INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES ИНФОРМАЦИОНИ СИСТЕМИ И ТЕХНОЛОГИЈЕ

ALEKSANDAR RAKIĆ, DEJAN SIMIĆ DETECTING RANSOMWARE APPLYING MACHINE LEARNING ALGORITHMS	146
TANJA KRUNIĆ A COMPARATIVE ANALYSIS OF CODE REFACTORING IN REACT: MANUALLY VS AI CODE REFACTOR VS CHATGPT	152
ХАНА СТЕФАНОВИЋ, АНА ЂОКИЋ ПРОЦЕНА СТЕПЕНА КОМПРЕСИЈЕ РАЗЛИЧИТИХ ФАЈЛОВА НАКОН ПРИМЕНЕ ХАФМАНОВОГ КОДНОГ ПОСТУПКА	158
МАРИЈАНА ПЕТРОВИЋ ИТ КОНЗУМЕРИЗАЦИЈА ИЗ УГЛА ЗАПОСЛЕНИХ	164
АНА КОРУНОВИЋ, МИЛОШ МИЛИЋ, ДУШАН САВИЋ, ИЛИЈА АНТОВИЋ, СИНИША ВЛАЈИЋ ПРОЈЕКТОВАЊЕ ВРЕДНОСНИХ И СТРУКТУРНИХ ОГРАНИЧЕЊА КОРИШЋЕЊЕМ ПАТЕРНА ПРОЈЕКТОВАЊА	171

НЕВЕНА ПАНТОВИЋ, САША ЛАЗАРЕВИЋ, ТАТЈАНА СТОЈАНОВИЋ УТИЦАЈ ФАКТОРА РЕПЛИКАЦИЈЕ НА ПЕРФОРМАНСЕ АРАСНЕ КАФКА	178
TATJANA STOJANOVIĆ, TATJANA BAILOVIĆ, SAŠA D. LAZAREVIĆ BEHAVIOR-DRIVEN DEVELOPMENT IN .NET FRAMEWORK: ANALYSIS AND EVALUATIONS	184

RESEARCH & DEVELOPMENT ИСТРАЖИВАЊЕ И РАЗВОЈ

АНА ЗЕКИЋ, ЈАСМИНА ВУЈАДИНОВИЋ, ИВАНА САРИЋ, ЈЕЛЕНА ВИЦАНОВИЋ ТЕОРИЈА ЧВОРОВА И ДНК ЛАНЦИ	191
MILENA VUKIĆEVIĆ, BISERA ANDRIĆ GUŠAVAC, MILENA POPOVIĆ BIBLIOMETRIJSKA ANALIZA RADOVA IZ OBLASTI OPERACIONIH ISTRAŽIVANJA AUTORA IZ SRBIJE ZA PERIOD OD 2021. DO 2023. GODINE	197

LOGISTICS AND SUPPLY CHAIN MANAGEMENT ЛОГИСТИКА И ЛАНЦИ СНАБДЕВАЊА

ДРАЖЕН ПОПОВИЋ, МИЛИЦА РАДЕВИЋ, ГОРДАНА РАДИВОЈЕВИЋ РЕШАВАЊЕ ПРОБЛЕМА ЗАЈЕДНИЧКОГ ПОРУЧИВАЊА У ВИШЕКАНАЛНОЈ ПРОДАЈИ ПРИМЕНОМ ГЕНЕТСКИХ АЛГОРИТАМА	204
ГОРДАНА ОСТОЈИЋ, СТЕВАН СТАНКОВСКИ ПРИМЕНА BLOKCHAIN ТЕХНОЛОГИЈЕ У ЛАНЦИМА СНАБДЕВАЊА	210
ВЕЉКО МИЈУШКОВИЋ, СЛОБОДАН АЋИМОВИЋ, НИКОЛА МИЛОШЕВИЋ УЛОГА И ЗНАЧАЈ ПЛАНИРАЊА У ПРОЦЕСУ ХИМАНИТАРНЕ ЛОГИСТИКЕ	216
СЛОБОДАН АЋИМОВИЋ, ВЕЉКО МИЈУШКОВИЋ, ФИЛИП БУГАРЧИЋ МОНИТОРИНГ И ЕВАЛУАЦИЈА УЧИНАКА У ХУМАНИТАРНОЈ ЛОГИСТИЦИ	221
СВЕТЛАНА ЖИВАНОВИЋ, ГОРДАНА РАДИВОЈЕВИЋ, МИЛОРАД КИЛИБАРДА ИСТРАЖИВАЊЕ ЗНАЧАЈА ЛОГИСТИЧКИХ ПЕРФОРМАНСИ	227
SVETLANA ŽIVANOVIĆ, MILAN ANDREJIĆ, VUKAŠIN RAJIĆ, MILORAD KILIBARDA MEASURING AND IMPROVING THE SUSTAINABILITY OF LOGISTICS PROVIDERS USING THE DEA METHOD	233
НЕМАЊА ГОЛУБОВИЋ, НЕНАД БЈЕЛИЋ, БРАНИСЛАВА РАТКОВИЋ АНАЛИЗА ВРЕМЕНА РЕШАВАЊА МОДЕЛА МЕШОВИТОГ КВАДРАТНОГ ПРОГРАМИРАЊА У УПРАВЉАЊУ КАТАСТРОФАМА	239
IVANA VUKIĆEVIĆ BIŠEVAC, IVANA JOVANOVIĆ, BRANKA DIMITRIJEVIĆ ANALIZA I PROGNOZA PROMETA ŽITARICA U LUKAMA U REPUBLICI SRBIJI	245
SNEŽANA TADIĆ, MILOŠ VELJOVIĆ, MLADEN KRSTIĆ, JOVANA PETROVIĆ LOCATING A HUMANITARIAN LOGISTICS CENTER USING THE FUZZY SYSTEM	251

MATHEMATICAL PROGRAMMING МАТЕМАТИЧКО ПРОГРАМИРАЊЕ

SLOBODAN JELIĆ, NATAŠA KOVAČ, TATJANA DAVIDOVIĆ MILP FOR INTEGRATED BERTH ALLOCATION AND CRANE OPERATIONS SCHEDULING IN CONTAINER TERMINALS	258
--	-----

SOFT COMPUTING МЕКО РАЧУНАРСТВО

ИВАНА ДРАГОВИЋ, АНДРИЈА ПРОТИЋ ПРЕДВИЂАЊЕ РИЗИКА ОБОЉЕВАЊА ОД ПАРКИНСОНОВЕ БОЛЕСТИ КОРИШЋЕЊЕМ БАЈЕСОВСКИХ НЕУРОНСКИХ МРЕЖА	265
OGNJEN ANĐELIĆ, PAVLE MILOŠEVIĆ, ZORAN RAKIĆEVIĆ, MIROSLAV HUDEC, NINA BARČAKOVA OPTIMIZING INVENTORY CLASSIFICATION: A MULTI-CRITERIA APPROACH BASED ON ORDINAL SUMS OF CONJUNCTIVE AND DISJUNCTIVE FUNCTIONS	271

МИЛИЦА ЗУКАНОВИЋ, АЛЕКСАНДАР РАКИЋЕВИЋ ИНТЕРПОЛАТИВНА БУЛОВА АЛГЕБРА: ПРИМЕНЕ У ФИНАНСИЈАМА	278
АЛЕКСА РАДОСАВЧЕВИЋ, МИЛАН МАРТИЋ, АНА ПОЛЕДИЦА ПРИМЕНА АЛГОРИТМА ВЕШТАЧКИХ КОЛОНИЈА ПЧЕЛА У ОПТИМИЗАЦИЈИ ИНВЕСТИЦИОНОГ ПОРТФОЛИЈА	284
ЗОРАН РАКИЋЕВИЋ, ОГЊЕН АНЂЕЛИЋ, АЛЕКСАНДАР РАКИЋЕВИЋ, НЕМАЊА МИЛЕНКОВИЋ ФАЗИФИКАЦИЈА ABC/XYZ АНАЛИЗЕ ЗА КАТЕГОРИЗАЦИЈУ ЗАЛИХА	290

MANAGEMENT МЕНАџМЕНТ

ANASTASIJA MILJKOVIĆ, MARINA IGNJATOVIĆ, NEMANJA MILENKOVIĆ PROJECTS - DRIVERS OF EMPLOYEE SATISFACTION IN THE IT SECTOR OF INSURANCE INDUSTRY	298
ALEKSANDRA STOJILJKOVIĆ SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW ON CROSS-CULTURAL INTERNET MARKETING COMMUNICATION OF TOURIST DESTINATIONS	304
MIRJANA DEJANOVIĆ THE APPLICATION OF THE LATEST INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES (ICT) AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI) IN SME BUSINESS OPERATIONS AS A DRIVER OF GDP GROWTH	310

DATA SCIENCE НАУКА О ПОДАЦИМА

ANDRIJA PETROVIĆ, MILIJA SUKNOVIĆ, SANDRO RADOVANOVIĆ, BORIS DELIBASIĆ LEVERAGING LARGE LANGUAGE MODELS FOR IMPROVED MEDICAL DIAGNOSTICS THROUGH STRUCTURED DATA EXTRACTION	317
---	-----

BUSINESS ANALYTICS ПОСЛОВНА АНАЛИТИКА

OGNJEN NIKOLIĆ, SANDRO RADOVANOVIĆ, GORDANA SAVIĆ A COUNTERFACTUAL APPROACH TO MEASURING IMPACT OF POLICY INTERVENTION ON EFFICIENCY – SYNTHETIC CONTROL METHOD AND DEA	325
ПЕТАР ГРАОВАЦ, МИЛАН РАДОЈИЧИЋ, ЗОРАН РАДОЈИЧИЋ ПРИМЕНА КЛАСТЕРОВАЊА НА РАД СТУДЕНТСКЕ ОРГАНИЗАЦИЈЕ	331
MARIJA KUZMANOVIĆ UNDERSTANDING YOUNG ENTREPRENEURS' PREFERENCES TO LOAN OFFER CHARACTERISTICS: DISCRETE CHOICE EXPERIMENT	338
МАРИНА ПЕТРОВИЋ, ЛАЗАР ЧОЛИЋ, ИВАНА ПРИЦА АНАЛИЗА ЦЕНОВНЕ ЕЛАСТИЧНОСТИ ТРАЖЊЕ ПРИМЕНОМ АНАЛИЗЕ ЗДРУЖЕНИХ ЕФЕКТА	339

RELIABILITY AND RISK MANAGEMENT ПОУЗДАНОСТ И УПРАВЉАЊЕ РИЗИКОМ

BRANKO BABIĆ THE PLACE AND ROLE OF THE VOLUNTEER FIREFIGHTERS ASSOCIATION IN THE DISASTER RISK REDUCTION SYSTEM IN THE REPUBLIC OF SERBIA	346
НЕБОЈША НИКОЛИЋ, ДРАГАНА МАКАЈИЋ-НИКОЛИЋ ОПТИМИЗАЦИЈА ОТПОРНОСТИ СИСТЕМА КРОЗ УНАПРЕЂЕЊЕ СИГУРНОСНИХ БАРИЈЕРА	351

OPERATIONAL RESEARCH APPLICATIONS IN CIVIL ENGINEERING
ПРИМЕНЕ ОПЕРАЦИОНИХ ИСТРАЖИВАЊА У ГРАЂЕВИНАРСТВУ

GORAN MILUTINOVIĆ, NATAŠA PRAŠČEVIĆ, RADE HAJDIN OPTIMIZATION OF ADJUSTMENT FACTORS FOR EUROCODE TRAFFIC LOAD MODEL FOR ROAD BRIDGES	358
ŽELJANA KUŽET, VLADIMIR MUČENSKI, JELENA IVETIĆ, SELENA SAMARDŽIĆ STATISTICAL NOISE ANALYSIS AT CONSTRUCTION SITES	364
JOVANA TOPALIĆ, TIANA MILOVIĆ, VLADIMIR MUČENSKI, IGOR PEŠKO, IGOR DŽOLEV, MERI CVETKOVSKA, MILOŠ KNEŽEVIĆ IMPLEMENTATION OF OPERATIONS RESEARCH IN CIVIL ENGINEERING STUDIES IN FORMER YUGOSLAV REPUBLICS	370
GORAN ĆIROVIĆ, NATAŠA POPOVIĆ-MILETIĆ, DRAGAN PAMUČAR ANALYSIS OF CCM METHOD AND SOFTWARE FOR ITS IMPLEMENTATION	376
STEFAN KOPRIVICA, MILICA KOPRIVICA APPLICATION OF MULTIPLE-CRITERIA DECISION-MAKING METHODS FOR FACILITY LOCATION SELECTION: A LITERATURE REVIEW	381
GORAN JEFTENIĆ, ANDRIJA RAŠETA, MARIJANA MILIĆ, DANILO STIPIĆ, LJUBOMIR BUDINSKI, SOFIJA KEKEZ ANALYSIS OF THE OPTIMAL LOCATION OF SMALL HYDROPOWER PLANTS USING THE SHPOP SOFTWARE	387
GORAN BOŠKOVIĆ, VLADIMIR MUČENSKI, MARKO TODOROVIĆ, MARINA BOŠKOVIĆ, ZORAN ČEPIĆ CONTRIBUTION TO DETERMINATION OF FIRE HAZARD ZONES IN HIGH-BAY WAREHOUSES	396
BOJANA GRUJIĆ, ŽARKO GRUJIĆ THE INFLUENCE OF HORIZONTAL DISPLACEMENTS ON THE RESULTS OF FINAL SUBSIDENCE IN THE TUZLA SALT DEPOSIT	402
DRAGANA STANOJEVIĆ, IVANA LONČAREVIĆ, VLADIMIR MUČENSKI, MIRJANA TERZIĆ, TRAJČE VELKOVSKI, BOJAN JOVANOVIĆ, JELENA MIRJANIĆ ASSESSMENT OF GREEN ENERGY EFFICIENCY OF RURAL TOURISM FACILITIES	408
DRAGAN NIKOLIĆ, DRAGAN BOJOVIĆ, MILOŠ MARKOVIĆ, SLAVOLJUB TOMIĆ OVERVIEW OF EVALUATION OF CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH USING NDT TECHNIQUE	414

OPERATIONAL RESEARCH APPLICATIONS IN DEFENSE
ПРИМЕНЕ ОПЕРАЦИОНИХ ИСТРАЖИВАЊА У ОДБРАНИ

ДЕЈАН НИКОЛИЋ, ДЕЈАН СТОЈКОВИЋ, ЈЕЛЕНА ИЛИЋ ПЕТРОВИЋ ПРИМЕНА ФАКТОРСКЕ АНАЛИЗЕ У РАЗВОЈУ СКАЛЕ ЗА ПРОЦЕНУ ЛИЧНИХ ФАКТОРА ЗАДОВОЉСТВА ПОСЛОМ ПРОФЕСИОНАЛНИХ ВОЈНИКА	421
MLADEN KOSTIĆ, MITAR KOVAČ, AČA JOVANOVIĆ OPTIMIZATION OF THE USE OF FORCES IN COMBAT OPERATIONS USING MULTI- OBJECTIVE PROGRAMMING	427
MILAN PETROVIĆ, IVAN PETROVIĆ OPTIMIZATION OF THE DESIGN OF COMBAT SYSTEMS ON THE EXAMPLE OF A SHORT- RANGE ARTILLERY-MISSILE AIR DEFENSE SYSTEM USING THE IT2FS- DEMATEL METHOD	433
ДЕЈАН СТОЈКОВИЋ, СРЂАН ДИМИЋ МОДЕЛ ИЗБОРА ОПЦИЈЕ РАЗВОЈА СПОСОБНОСТИ СИСТЕМА ОДБРАНЕ	439
ZORAN BAJIĆ, BOŠKO VUJKOVIĆ, JOVICA BOGDANOV THE DEVELOPMENT OF MULTI-CRITERIA MODEL FOR THE BEST REMOVAL ROUTE OF POSTDETONATION RDX AND HMX EXPLOSIVE REMNANTS IN THE ENVIRONMENT	445
НЕБОЈША СТАМЕНИЋ ОДАБИР М/В ИЗ УВОЗА РАДИ ЗАМЕНЕ ТАМ 110 Б/БВ 4Х4 ПРИМЕНОМ МЕТОДА ВКО	451

ДАЛИБОР ПЕТРОВИЋ, АЛЕКСАНДАР БУКВИЋ, НЕНАД КАПОР ОПТИМИЗАЦИЈА ПОЛОЖАЈА ЗГЛОБА ТОРЗИОНОГ РАМЕНА И КОМАНДНЕ ПОЛУГЕ КОД БЕЗЛЕЖАЈНОГ РОТОРА БЕСПИЛОТНОГ ХЕЛИКОПТЕРА	457
---	-----

MINING, GEOLOGY AND ENERGETICS РУДАРСТВО, ГЕОЛОГИЈА И ЕНЕРГЕТИКА

ВЕЉКО МАРИНОВИЋ, ВЕСНА РИСТИЋ ВАКАЊАЦ, САША МИЛАНОВИЋ, ЉИЉАНА ВАСИЋ, БРАНИСЛАВ ПЕТРОВИЋ, ПЕТАР ВОЈНОВИЋ ПРИМЕНА КРОСКОРЕЛАЦИОНЕ АНАЛИЗЕ ИЗДАШНОСТИ ВРЕЛА СА ЦИЉЕМ РАЗУМЕВАЊА КАРСТНИХ ХИДРОГЕОЛОШКИХ СИСТЕМА	464
ВЕСНА РИСТИЋ ВАКАЊАЦ, ВЕЉКО МАРИНОВИЋ, ЉИЉАНА ВАСИЋ, САША МИЛАНОВИЋ, БРАНИСЛАВ ПЕТРОВИЋ, ПЕТАР ВОЈНОВИЋ ПРИМЕНА АУТО-КРОСРЕГРЕСИОНИХ МОДЕЛА ЗА ПОТРЕБЕ КРАТКОРОЧНИХ ПРОГНОЗИРАЊА ИСТИЦАЊА КАРСТНИХ ВРЕЛА	470
МИЛОШ ШЕШЛИЈА, ДРАГАНА ТОМАШЕВИЋ-ПИЛИПОВИЋ, БУРБА КЕРКЕЗ, АНКА СТАРЧЕВ- ЂУРЧИН, ВЕСНА БУЛАТОВИЋ ПРИМЕНА ОТПАДНИХ МАТЕРИЈАЛА ЗА ИЗРАДУ ПУТНИХ НАСИПА	476

TRAFFIC, TRANSPORTATION AND COMMUNICATION САОБРАЋАЈ, ТРАНСПОРТ И КОМУНИКАЦИЈЕ

АНА ГРУЈИЋ, ФЕЂА НЕТЈАСОВ МОДЕЛИРАЊЕ УЗРОКА КОЛИЗИЈЕ ЛЕТЕЋИХ ВОЗИЛА У “URBAN SURFACE AND AIR MOBILITY” КОНЦЕПТУ ПРИМЕНОМ БАЈЕСОВИХ МРЕЖА – ДЕО 1: КВАЛИТАТИВНИ МОДЕЛИ	483
АНА ГРУЈИЋ, ФЕЂА НЕТЈАСОВ МОДЕЛИРАЊЕ УЗРОКА КОЛИЗИЈЕ ЛЕТЕЋИХ ВОЗИЛА У “URBAN SURFACE AND AIR MOBILITY” КОНЦЕПТУ ПРИМЕНОМ БАЈЕСОВИХ МРЕЖА – ДЕО 2: КВАНТИТАТИВНИ МОДЕЛИ	489
МИЛИЦА КАЛИЋ, КАТАРИНА КУКИЋ, СЛАВИЦА ДОЖИЋ, ДАНИЦА БАБИЋ МУЛТИМОДАЛНОСТ У ВАЗДУШНОМ САОБРАЋАЈУ: СТАВОВИ ПУТНИКА	495
ВЕЛИБОР АНДРИЋ, ФЕЂА НЕТЈАСОВ МЕТОД ЗА ОЦЕНУ КОМПЛЕКСНОСТИ ПРОЦЕДУРА ЗА ИНСТРУМЕНТАЛНО ПРИЛАЖЕЊЕ	501
СЛАВИЦА ДОЖИЋ, МИЛИЦА КАЛИЋ, КАТАРИНА КУКИЋ, ДАНИЦА БАБИЋ ЕКОЛОШКА СВЕШТ ПУТНИКА У ВАЗДУШНОМ САОБРАЋАЈУ	507
ВОЈАНА МИРКОВИЋ, МАТИЈА СИНДИК COLLECTING PARAMETERS RELEVANT FOR VERTIPORT SIZING AND CAPACITY FROM THE LITERATURE	513
МОМИР МАНОВИЋ, МИЛОШ НИКОЛИЋ, МИЛИЦА ШЕЛМИЋ ЕНЕРГЕТСКИ ЕФИКАСНО РУТИРАЊЕ У БЕЖИЧНИМ СЕНЗОРСКИМ МРЕЖАМА ПРИМЕНОМ АЛГОРИТМА ОПТИМИЗАЦИЈЕ КОЛОНИЈОМ МРАВА	519
ALEKSANDAR JOVANOVIĆ, KATARINA KUKIĆ, ANA UZELAC OPTIMIZACIJA EKOLOŠKIH PARAMETARA KOORDINISANOG RADA SVETLOSNIH SIGNALA POMOĆU INTELIGENCIJE ROJA	525

SIMULATION AND STOCHASTIC MODELS СИМУЛАЦИЈА И СТОХАСТИЧКИ МОДЕЛИ

KATARINA DRAGOJEVIĆ, MARKO ĐOGATOVIĆ SIMULACIJA SEKVENCIRANJA VAZDUHOPLOVA: UTICAJ NA KAPACITET POLETNO-SLETNE STAZE	532
--	-----

STATISTICAL MODELS СТАТИСТИЧКИ МОДЕЛИ

РАЈКО БУКВИЋ ЕФЕКТИВАН БРОЈ ПАРТИЈА И ПАРТИЈСКА ФРАГМЕНТАЦИЈА НА ИЗБОРИМА У СРБИЈИ 2020–2023	539
JELENA STANOJEVIĆ, DRAGANA RADOJIĆ FRAUD DETECTION IN FINANCIAL REPORTS OF THREE PRIVATE HOSPITALS OPERATING IN SERBIA, TESTING WITH THE NEW TESTS	545

GAME THEORY ТЕОРИЈА ИГАРА

BILJANA PANIĆ, MILICA STEVANOVIĆ, NATAŠA KONTREC PRIMENA TEORIJE IGARA U UPRAVLJANJU LJUDSKIM RESURSIMA	552
--	-----

PRODUCTION MANAGEMENT УПРАВЉАЊЕ ПРОИЗВОДЊОМ

NENAD MEDIĆ, MILAN DELIĆ, NEMANJA TASIĆ, TANJA TODOROVIĆ, DRAGANA SLAVIĆ HARNESSING THE POWER OF PRODUCTION: ENHANCING THE IMPLEMENTATION OF EMERGING TECHNOLOGIES IN MANUFACTURING THROUGH ORGANIZATIONAL OPTIMIZATION	559
--	-----

BANKING AND FINANCE ФИНАНСИЈЕ И БАНКАРСТВО

РАЈКО М. БУКВИЋ ЕКВИВАЛЕНТНИ БРОЈ И ИНДЕКС МОНОПОЛИСАНОСТИ ТРЖИШТА	565
СНЕЖАНА РАДИВОЈЕВИЋ, БРАНКА ЧВОРОВИЋ, МАРКО БРАНКОВИЋ АНАЛИЗА ФИНАНСИРАЊА РАСХОДА И ИЗДАТАКА УНИВЕРЗИТЕТА ОДБРАНЕ У БЕОГРАДУ	572
АЛЕКСАНДАР НЕШЕВСКИ, ЖАРКО ТОМИЋ, БРАНКА ЧВОРОВИЋ СТРУКТУРА РАСХОДА ЗА ФИНАНСИРАЊЕ НАБАВКИ ПРЕХРАМБЕНИХ АРТИКАЛА НА УНИВЕРЗИТЕТУ ОДБРАНЕ	578
МИЛЕНА КНЕЖЕВИЋ, БРАНКА ЧВОРОВИЋ, МАРКО БРАНКОВИЋ ФИНАНСИРАЊЕ ИЗДАТАКА И РАСХОДА ОДБРАНЕ У ВАНРЕДНИМ УСЛОВИМА	584
ЈЕЛЕНА КОЧОВИЋ, МАРИЈА КОПРИВИЦА, КРИСТИНА БРАДИЋ ЕФЕКТИ ПРИМЕНЕ ЗАСТОЈА У ОТПЛАТИ СТАМБЕНИХ КРЕДИТА У ПЕРИОДУ ПАНДЕМИЈЕ COVID-19	590
ИРЕНА ЈАНКОВИЋ СПЕЦИФИЧНИ АСПЕКТИ ПОСЛОВАЊА ЗЕЛЕНИХ ИНВЕСТИЦИОНИХ ФОНДОВА	596
TATJANA RAKONJAC-ANTIĆ, MARIJA KOPRIVICA, MILICA KOČOVIĆ DE SANTO, KRISTINA BRADIĆ OPPORTUNITIES FOR HEALTHCARE COST PREDICTION USING MACHINE LEARNING ALGORITHMS	602
NIKOLA KOSANOVIĆ PROFITABILITY DRIVERS IN THE SERBIAN BANKING SECTOR: A RANDOM FOREST APPROACH	608
MILAN ZENOVIĆ APPLYING VALUATION THEORY TO THE VALUATION OF SMEs IN EMERGING MARKETS	614

**HEURISTICS
ХЕУРИСТИКЕ**

DRAGAN UROŠEVIĆ METODA PROMENLJIVIH OKOLINA ZA PARALELNI PROBLEM TRGOVAČKOG PUTNIKA SA DRONOVIMA	621
FILIP VIDOJEVIĆ, ANDRIJANA DŽAMIĆ, DUŠAN DŽAMIĆ, MIROSLAV MARIĆ UPOREDNA ANALIZA TEHNIKA LOKALNE PRETRAGE ZA REŠAVANJE PROBLEMA RASPOREĐIVANJA POSLOVA U VIŠEFAZNOJ PROIZVODNJI SA PARALELNIM MAŠINAMA	627
DUŠAN BOGOJEVIĆ, ZORICA STANIMIROVIĆ MATHEURISTIKA ZA REŠAVANJE UOPŠTENOG PROBLEMA DISPERZIJE	632
TATJANA DAVIDOVIĆ, DRAGAN STEVANOVIĆ, LUKA RADANOVIĆ, ABDELKADIR FELLAGUE, DRAGUTIN OSTOJIĆ MAXIMIZING SPECTRAL RADIUS OF GRAPHS IS AN OPTIMIZATION PROBLEM	638



ПРИМЕНА АУТО-КРОСРЕГРЕСИОНИХ МОДЕЛА ЗА ПОТРЕБЕ КРАТКОРОЧНИХ ПРОГНОЗИРАЊА ИСТИЦАЊА КАРСТНИХ ВРЕЛА

APPLICATION OF AUTO-CROSS-REGRESSION MODELS FROM THE SHORT- TERM FORECAST OF KARST SPRING DISCHARGES

ВЕСНА РИСТИЋ ВАКАЊАЦ¹, ВЕЉКО МАРИНОВИЋ¹, ЉИЉАНА ВАСИЋ¹, САША
МИЛАНОВИЋ¹, БРАНИСЛАВ ПЕТРОВИЋ¹, ПЕТАР ВОЈНОВИЋ¹

¹ Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет, Београд, vesna.ristic@rgf.bg.ac.rs, ORCID: [0000-0002-2040-8252](https://orcid.org/0000-0002-2040-8252), veljko.marinovic@rgf.bg.ac.rs, ORCID: [0000-0001-9955-5505](https://orcid.org/0000-0001-9955-5505), ljiljana.vasic@rgf.bg.ac.rs, ORCID: [0000-0001-9140-5748](https://orcid.org/0000-0001-9140-5748), sasa.milanovic@rgf.bg.ac.rs, ORCID: [0000-0003-4151-8503](https://orcid.org/0000-0003-4151-8503), branislav.petrovic@rgf.bg.ac.rs, ORCID: [0000-0002-7861-3291](https://orcid.org/0000-0002-7861-3291), petar.vojnovic@rgf.bg.ac.rs, ORCID: [0000-0003-4615-485X](https://orcid.org/0000-0003-4615-485X)

Резиме: Човек је одвајкада је покушавао да пронађе начина да предвиди одређене појаве у природи. Како су људске насеобине углавном биле везане за обале река, предикција поплаве је била од великог значаја за њен опстанак. Касније, развојем цивилизације, а нарочито са индустријском и технолошком револуцијом, отпочиње се са развојем одређених модела којима се на основу улазних компоненти срачунава излазна величина која је од интереса, а у овом случају је то протицај или водостај реке или извора (врела). Најједноставнији модели су модели који се базирају на вишеструкој регресији, а то су ауторегресиони (AR), кросрегресиони (CR) и ауто-кросрегресиони модели (ARCR). Ауторегресиони модели дају добре резултате код врела са узлазним типом истицања, док код гравитационих, чији режим углавном зависи од плувиографског режима његовог сливног подручја, потребно је укључити у модел и податке о падавинама, тако да у ову сврху је најбоље користити ARCR моделе. Како ови модели укључују реалне сумарне вредност падавина, а не ефективне падавине (део укупних падавина који прихрањује издан) често током сушних периода ови модели не дају најбоље резултате. Разлози су ти да током летњих пљускова највећи део ових падавина или испари или се троши на надокнађивање земљишне влаге, тако да ARCR модели коришћењем сумарних дневних падавина забележених током сушних периода дају као излаз пораст на хидрограму, док се у природи то не дешава. Да би се ове грешке умањиле, потребно је користити ARCR модел са покретним просецима. У раду су, поред теоријских основа оба ARCR модела дати и резултати добијени њиховом применом ових модела за потребе симулације истицања карстног врела Ријеке Црнојевића и Гостиљског врела

Кључне речи: режим, карстно врело, истицање, аутокросрегресиони модел

Abstract: Man has been trying to find ways to predict certain phenomena in nature since time immemorial. As human settlements were mostly tied to riverbanks, flood prediction was of great importance for its survival. Later, with the development of civilization, and especially with the industrial and technological revolution, the development of certain models begins, which, based on the input components, calculate the output quantity parameter that is of interest, and in this case, it is the flow or water level of a river or spring. The simplest models are models based on multiple regression, namely autoregression (AR), cross-regression (CR) and auto-cross-regression (ARCR) models. Autoregression models give good results for springs with an ascending type of discharge, while for gravity springs, whose regime mainly depends on the pluviographic regime of its catchment area, it is necessary to include precipitation data in the model, so for this purpose it is best to use ARCR models. As these models include real total precipitation values, and not effective precipitation (part of total precipitation that feeds the output parameter), often during dry periods these models do not give the best results. The reasons for this are that during summer rains episodes, most of

this precipitation either evaporates or replenishing soil moisture, so that ARCR models, using the total daily precipitation recorded during dry periods, give as output an increase in the hydrograph, while this does not happen in nature. To reduce these errors, it is necessary to use the ARCR model with moving averages. In the paper, in addition to the theoretical foundations of both ARCR models, the results obtained by their application of these models for the purposes of discharges simulating of the karst spring Rijeka Crnojevića Gostiljsko spring are given.

Keywords: regime, karst spring, discharges, autocross regression model

1. УВОД

За потребе симулације протицаја река или истицања извора и врела, као и за краткорочне прогнозе најједноставнији модели који се могу у ову сврху користити су модели који се базирају на вишеструкој регресији, а то су ауторегресиони (AR), кросрегресиони (CR) и ауто-кросрегресиони модели (ARCR). Код врела са узлазним типом истицања, где је режим истицања релативно уједначеног карактера, ауторегресиони модели дају добре резултате. Код гравитационих, чији режим углавном зависи од плувиографског режима његовог сливног подручја, и код којих је често реакција слива и трансформација падавина у истицање веома брзо (брз пораст и пад хидрограма), у симулациони модел, уместо издашности потребно је уврстити податке о падавинама, тако да у ову сврху користимо кросрегресионе моделе. И на крају, најбоље резултате код гравитационих врела дају ауто-кросрегресиони модели.

За потребе примене ових модела одабрана су два пилот подручја, једно је врело Ријеке Црнојевића а друго је Гостиљско врело.

Мониторинг Гостиљског врела заједно са Великим врелом, Андића врелом, врелом Вапе и Толишнице (Бело врело) је успостављен 1995. године од стране РХМЗ Србије. На свим поменутих врелима вршена су осматрања закључно са мартом 2006. године, стим да је током 2004. године дошло на свим врелима до тромесечног прекида у осматрањима (октобар, новембар и децембар)[1]. Средње годишња издашност овог врела износила је 0.126 m³/s, стим да је максимална дневна издашност забележена више пута и износила је 610 l/s, док је апсолутни минимални протицај у износу од свега 10 l/s регистрован у периоду август - октобар 2003. године [2]. Дакле, однос максималне и минималне издашности за осматрачки период износио је 61:1. Сливно подручје овог врела припада планинском региону Златибора а надморске висине се крећу од 830 mnm (кота истицања Гостиљског врела), па до висине од око 1.500 m у западном делу подручја истраживања. У оквиру разматраног подручја присутне су доњотријаске стене представљене кварцним кластитима и прелазном кластично - карбонатном јединицом, преко којих леже карбонатне стене кампилске старости. Средњи тријас чине банковити и масивни кречњаци који су на површини терена изразито карстификовани. Ови кречњаци прелазе у горњем делу у слојевите до банковите кречњаке и доломитичне кречњаке. Тријас се завршава спрудним кречњацима. Преко тријаских кречњака и доломита лежи златиборски перидотитски масив [2].

Сходно геолошким карактеристикама, у оквиру сливног подручја Гостиљског врела присутна су два типа издани, карстни и пукотински. Пукотински тип издани јавља се у оквиру септентинита а карстни тип издани је развијен у оквиру тријаских кречњака који су у западном делу истражног простора покривени поменутих серпентинитима. За потребе примене CR и ARCR модела подаци о дневним сумапа падавина преузети су са метеоролошке станице Златибор.

Што се тиче врела Ријеке Црнојевића, основне информације о овом врелу дате су у раду *Примена кроскорелационе анализе издашности врела са циљем разумевања карстних хидрогеолошких система* исте групе аутора који се налази у овом зборнику. Из овог разлога овде неће бити речи о овоме да не би дошло до преклапања информација. Овде ћемо напоменути само да се рачунски период односи на период 2015-2020. година и да током овог

периода односно апсолутно максималног и минималног истицања врела Ријеке Црнојевића износио је 2160:1 [3].

2. ТЕОРИЈСКЕ ОСНОВЕ

Модел вишеструке линеарне регресије је најчешће примењивани модел за симулације, односно прогнозе одговарајућих случајно променљивих величина. Уколико постоји зависност једне појаве у функцији две или више независних појава, онда се говори о вишеструкој линеарној регресији. Успоставља се зависност између зависно променљиве Y и независних променљивих X_1, X_2, \dots, X_k на основу којих се добија симулација зависно променљиве или њено предвиђање везано за одговарајући временски период. Поменута зависност је дата регресионим моделом облика [4]:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot x_{1,i} + \beta_2 \cdot x_{2,i} + \dots + \beta_n \cdot x_{n,i} + e_i \quad (1)$$

где су:

- Y_i - зависно променљива i -тог реда,
- x_i - независно променљива i -тог реда,
- β_i - непознати коефицијенти вишеструке регресије,
- e_i - случајна грешка.

Применом методе најмањих квадрата срачунавају се непознати коефицијенти вишеструке регресије а једначина (1) добија следећи облик:

$$\tilde{y} = a + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + \dots + b_n \cdot x_n \quad (2)$$

где су \tilde{y} - рачунска вредност зависно променљиве; $a, b_1, b_2 \dots b_n$ - срачунате нумеричке вредности коефицијената вишеструке регресије.

За потребе симулације (прорачуна) истицања из карстних масива често се примењују ауторегресиони модели - AR модели где зависно променљива је Q_t - прогнозна вредност истицања у тренутку t , а независно променљиве $Q_{t-1}, Q_{t-2}, \dots, Q_{t-k}$ су истицања за 1, 2, ... k претходних дана. Односно у конкретном случају једначина (2) добија следећи облик [5]:

$$Q_t = a + b_1 \cdot Q_{t-1} + b_2 \cdot Q_{t-2} + \dots + b_k \cdot Q_{t-k} \quad (3)$$

где су $a, b_1, b_2 \dots b_k$ параметри модела.

По истом принципу за ове потребе се могу применити и кросрегресиони модели – CR модели, где је зависно променљива Q_t такође прогнозно истицање у тренутку t , а независно променљиве су $P_{t-1}, P_{t-2}, \dots, P_{t-n}$ падавине за for 1, 2, ... n претходних дана. Сада једначина (2) добија следећи облик:

$$Q_t = a + b_1 \cdot P_{t-1} + b_2 \cdot P_{t-2} + \dots + b_n \cdot P_{t-n} \quad (4)$$

где су $a, b_1, b_2 \dots b_n$ такође параметри модела.

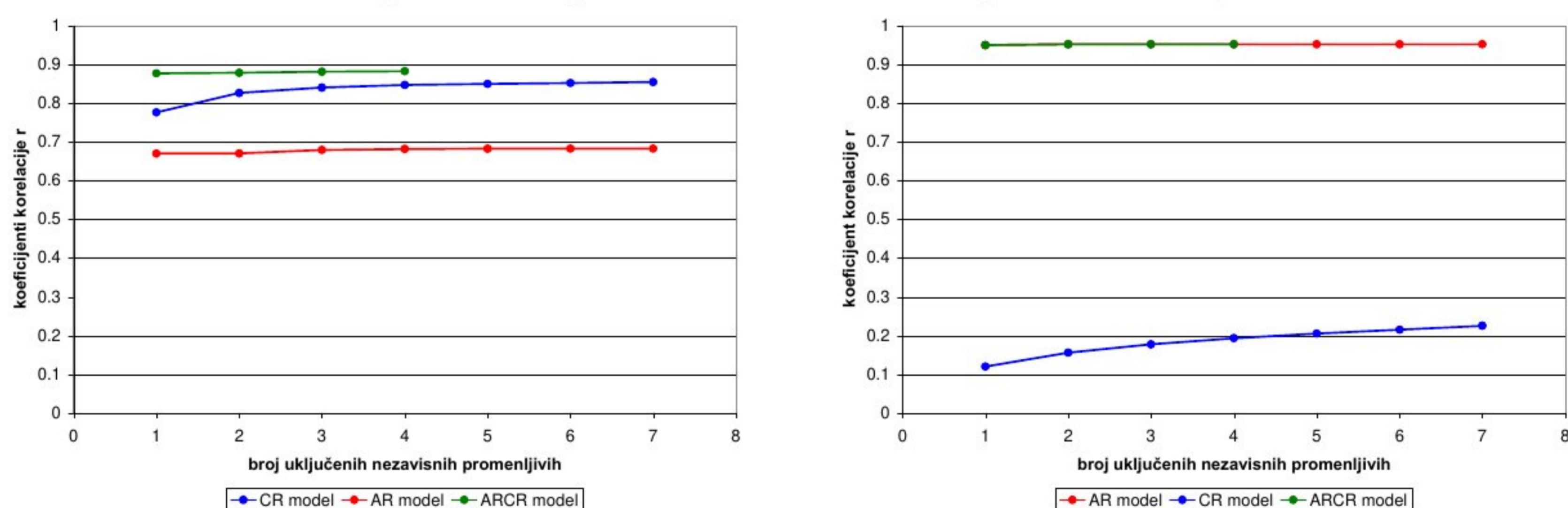
И на крају најчешће се користе комбиновани модели који обједињују претходна два (AR и CR модели = ARCR) тако да једначина (2) постаје:

$$Q_t = a + b_1 \cdot Q_{t-1} + \dots + b_k \cdot Q_{t-k} + c_1 \cdot P_{t-1} + c_2 \cdot P_{t-2} + \dots + c_n \cdot P_{t-n} \quad (5)$$

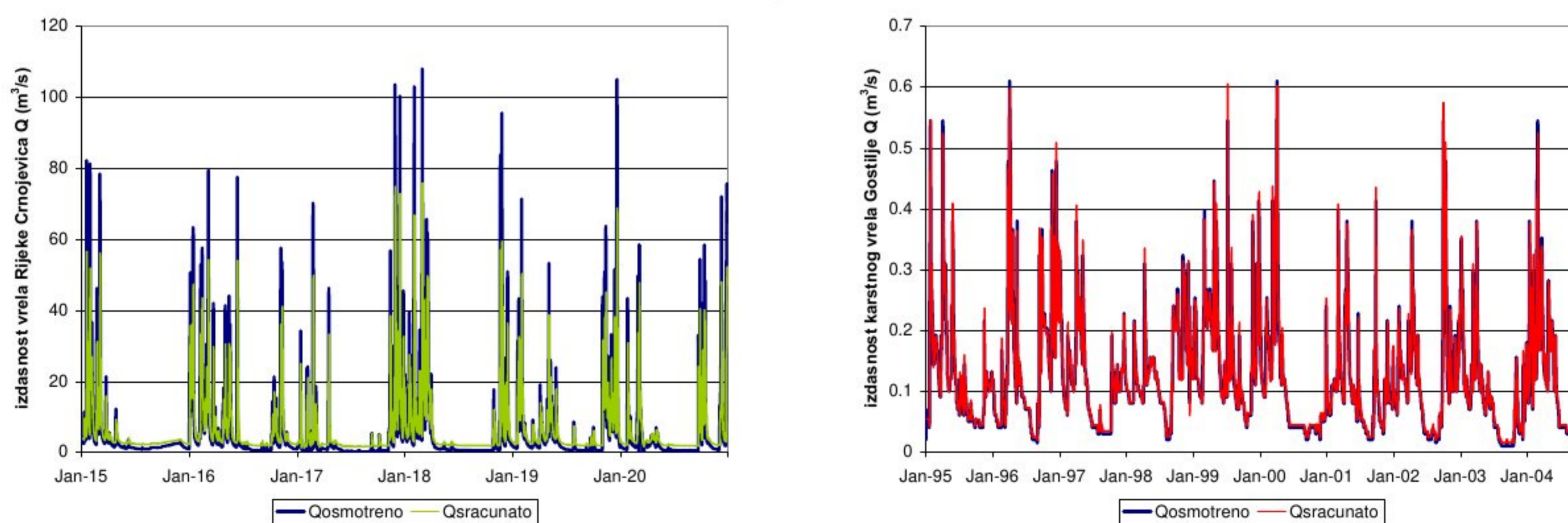
где су $a, b_1, b_2 \dots b_k, c_1, c_2 \dots c_n$ такође параметри модела.

3. РЕЗУЛТАТИ

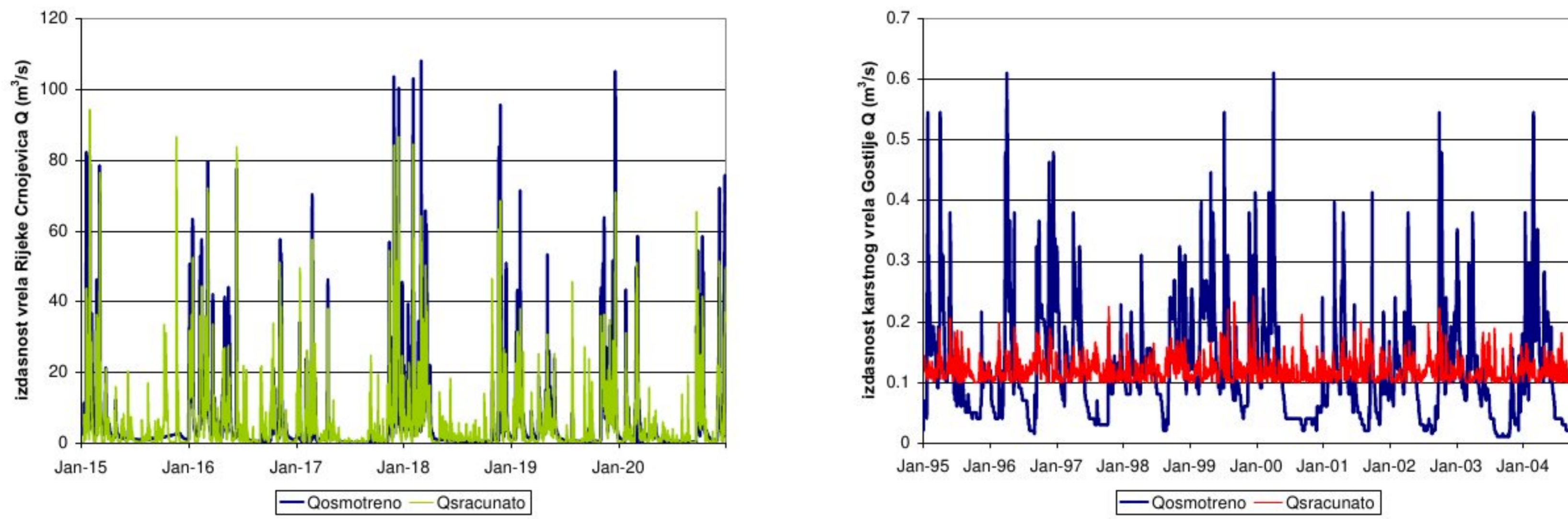
За потребе симулације и краткорочних прогноза истицања Гостиљског врела искоришћени су подаци о дневним сумама падавина осматреним на мет. ст. Златибор и то за осматрачки период 1995 - септембар 2004. године, док су за симулацију истицања врела Ријека Црнојевића коришћени подаци о падавинама осматреним на мет. ст. Цетиње за период 2015-2020. За ове потребе примењена су сва три модела AR, CR и ARCR, и то за AR и CR урађени су модели који укључују у себе једну до седам независних променљивих, док код ARCR се ишло од две до осам независних променљивих. С тим у вези на слици 1 дати су дијаграми добијених коефицијената корелације који указују на чврстину везе између срачунатих и осматрених истицања анализираних врела и то за сваки примењени модел (леви дијаграм се односи на врело Ријеке Црнојевића а десни на Гостиљско врело). За потребе упоредног приказа добијених резултата, на дијаграмима 2 и 3 дати су AR и CR симулациони модели са укључивањем седам независних променљивих и то за оба врела, док је на слици 4 дат симулациони модел ARCR са 8 независних случајних променљивих (4 независне које се односе на издашност врела и 4 које се односе на дневне суме падавина).



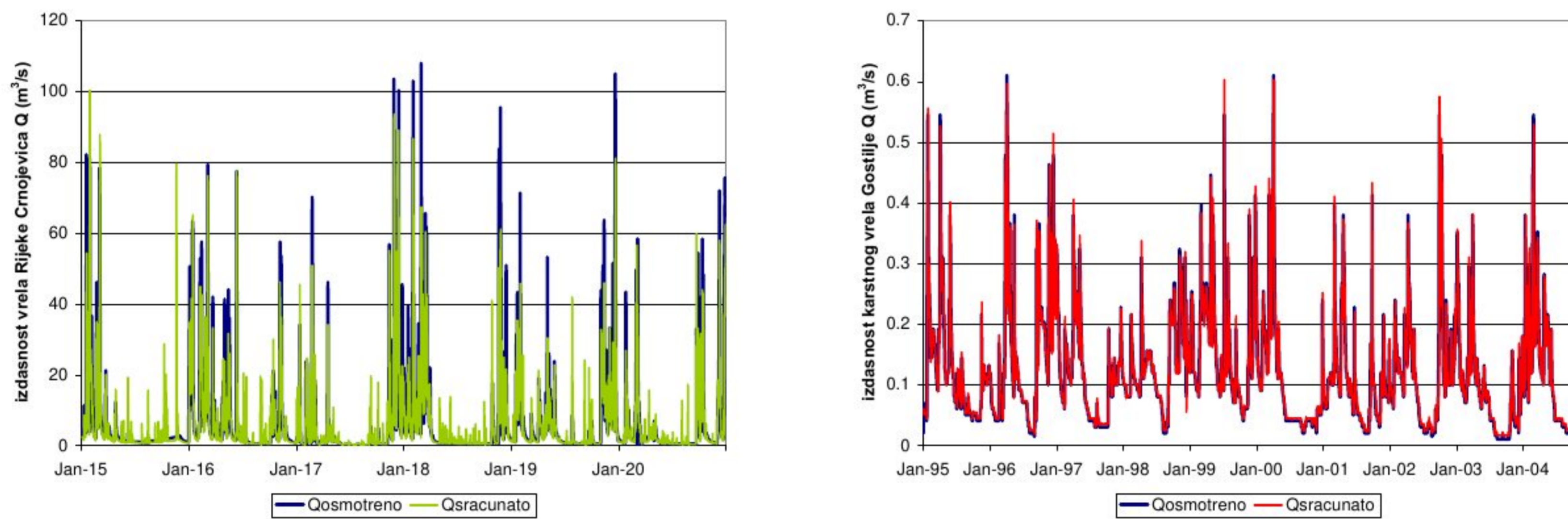
Слика 1: Зависност коефицијената корелације у функцији броја укључивања независних променљивих за AR, CR и ARCR моделе (лево за врело Ријеке Црнојевића и десно за Гостиљско врело)



Слика 2: Упоредни дијаграми срачунатих (коришћењем AR модела са 7 независних променљивих) и осматрених истицања за врело Ријеке Црнојевића (десно) и Гостиљско врело (лево)



Слика 3: Упоредни дијаграми срачунатих (коришћењем CR модела са 7 независних променљивих) и осмотрених истицања за врело Ријеке Црнојевића (десно) и Гостиљско врело (лево)



Слика 4: Упоредни дијаграми срачунатих (коришћењем ARCR модела са 8 независних променљивих) и осмотрених истицања за врело Ријеке Црнојевића (десно) и Гостиљско врело (лево)

3. ДИСКУСИЈА СА ЗАКЉУЧКОМ

Ако посматрамо резултате приказане на слици 1, може се јасно видети да коефицијенти корелације имају код AR модела знатно веће вредности код Гостиљског врела ($r \approx 0.95$) у односу на добијене применом истог модела код издашности врела Ријеке Црнојевића ($r \approx 0.95$). У прилог овоме говоре и дијаграми приказани на слици 2 где се јасно види да је преклапање осмотрених и срачунатих издашности код Гостиљског врела скоро идеално, док код врела Ријека Црнојевића постоје знатне разлике нарочито у домену великих вода. Разлог свему овоме је тај што је режим издашности врела Ријеке Црнојевића знатно неуједначенији, тачније брзе и скоковите промене режима истицања овог врела утицале су на то да је меморија система знатно краћа, односно временска серија истицања овог врела релативно брзо постаје независна (након 6 дана). Са друге стране, код Гостиљског врела режим је доста уједначенији што има за последицу да је меморија система знатно дужа у односу на претходно врело (анализом укупног периода добијено је да меморија карстног система износи око 45 дана) [2].

Непостојани режим истицања врела Ријеке Црнојевића је последица самог типа истицања (гравитациони тип) тако да је ово врело под значајнијим утицајем плувиографског режима ове области. Са друге стране, сливно подручје карстног врела Гостиље је једним делом покривено перидотитима и истицање је делимично под притиском на шта указује и однос максималне и минималне забележене издашности. Из овог разлога имамо сасвим супротну ситуацију код CR модела, тачније коефицијенти корелације код Ријеке Црнојевића су знатно већи (вредности иду од 0.77 до 0.87), док код Гостиљског врела се крећу од 0.1 до 0.22. И ово се јасно види на слици 3, где код врела Ријеке Црнојевића имамо знатно боља преклапања у

домену великих вода али зато у домену малих вода имамо велика одступања. Разлог је да CR модел трансформише сваку количину дневних падавина у издашност што није увек случај, тачније током летњих месеци највећи део дневних падавина које доспеју на слив врела Ријеке Црнојевића испаре, тако да у том периоду нема пораста забележеног хидрограма док модел даје као излаз пораст. Такође, падавине у виду снега које формирају снежни покривач на сливу, CR модел трансформише у истицање у тренутку када су падавине забележене, док утицај ових падавина на истицање је са временским помаком који зависи од температуног режима само области.

И на крају резултати које су дали ARCR модели код Гостиљског врела су слични добијеним AR моделом. Разлог је поменута чињеница да је код овог врела дуга пропација падавина и да је формирана издан делимично под притиском. Односно код оваквих врела (узлазна или асцедентна врела) увођење падавина као независне променљиве не утиче односно не даје боље резултате у односу на AR модел. Са друге стране, код врела Ријеке Црнојевића имамо изузетно високе коефицијенте корелације из разлога што је реакција хидрограма на падавине скоро истовремена (дешава се унутар једног дана). Како и AR даје релативно добре резултате, хибридни модел ARCR даје знатно боље резултате, односно код овог типа врела (гравитациона или десцедента) добро је применити сва три модела а за симулације и краткорочне предикције препорука је користити ARCR моделе.

Као закључак можемо овде навести да највеће грешке се јављају из разлога јер они укључују реалне сумарне вредност падавина, а не ефективне падавине (део укупних падавина који прихрањује издан). Дакле, потребно је од укупних падавина одузети део падавина који се троши на испаравање, затим део који се троши на надокнађивање земљишне влаге и део падавина који утиче на формирање површинског отицаја (за случај да постоји и површински отицај). Тако да ARCR модели коришћењем сумарних дневних падавина забележених током сушних периода дају као излаз пораст на хидрограму, док се у природи то не дешава. Да би се ове грешке умањиле, потребно је користити ARCR модел са покретним просецима.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Стевановић З., Ристић Вакањац В., Милановић С., Васић Љ., Петровић Б., (2011). Значај мониторинга подземних вода у карсту Србије, 7. Симпозијум о заштити карста, pp 21-28. Бела Паланка
- [2] Ристић Вакањац В., Чокорило Илић М., Поломчић Д., Бајић Д., Војводић Н. (2016). Анализа режима и биланс Гостиљског врела, 15. Српски симпозијум о хидрогеологији са међународним учешћем, Рударско-геолошки факултет, Универзитет у Београду, pp. 441-446, Копаоник, Србија.
- [3] Мариновић В., (2022). Регионална карактеризација карстних подземних вода дела централног Балкана у функцији њиховог одрживог коришћења и менаџмента, Докторска дисертација, Рударско-геолошки факултет, Универзитет у Београду, стр. 375
- [4] Прохаска С., (2006). Хидрологија - 2 део, Издавач Институт за водопривреду "Јарослав Черни", стр. 596, Београд.
- [5] Ristić Vakanjac V., (2015). Forecasting Long-Term Spring Discharge, In Monography: Karst Aquifers – Characterization and Engineering (*Stevanović Z. ed*), Series: Professional Practice in Earth Science, pp 435-454. Springer International Publishing Switzerland