

# Application of cross-correlation analysis of karst spring discharges with the purpose of understanding karst hydrogeology systems

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



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Application of cross-correlation analysis of karst spring discharges with the purpose of understanding karst hydrogeology systems | Veljko Marinković, Vesna Ristić Vakanjac, Saša Milanović, Ljiljana Vasić, Branislav Petrović, Petar Vojnović | Conference proceedings | 2024 | |

10.24867/SYMOPIS-2024-51-074

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0009301>

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](http://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](http://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 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



# 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

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



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

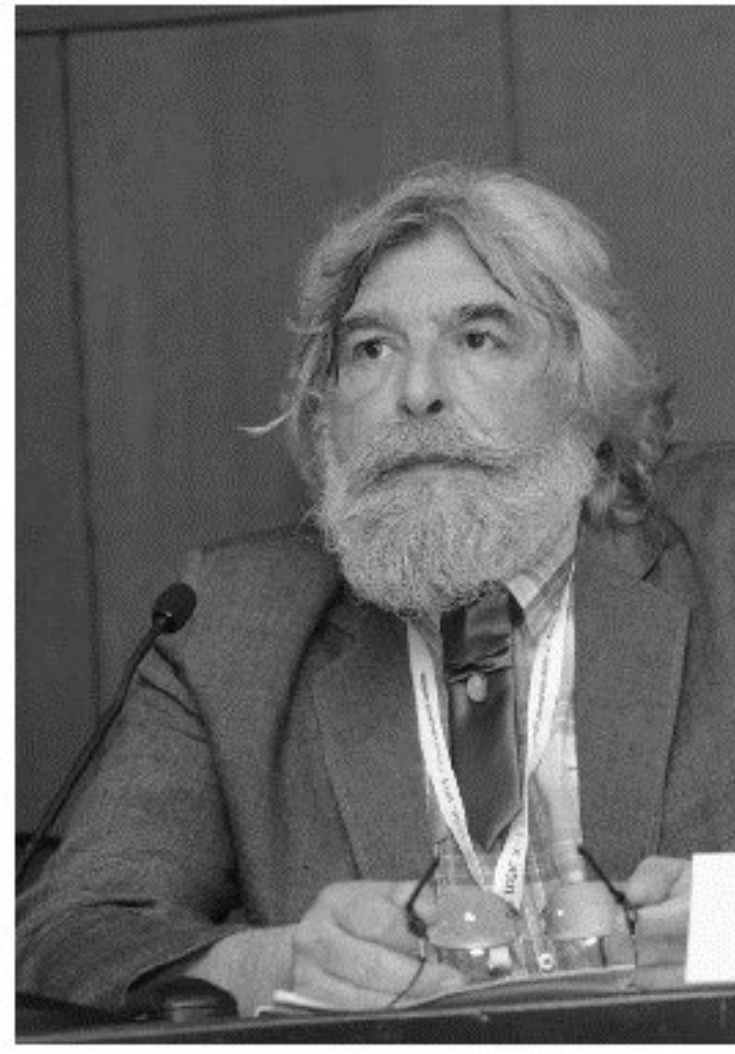
Игор Цолев

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.

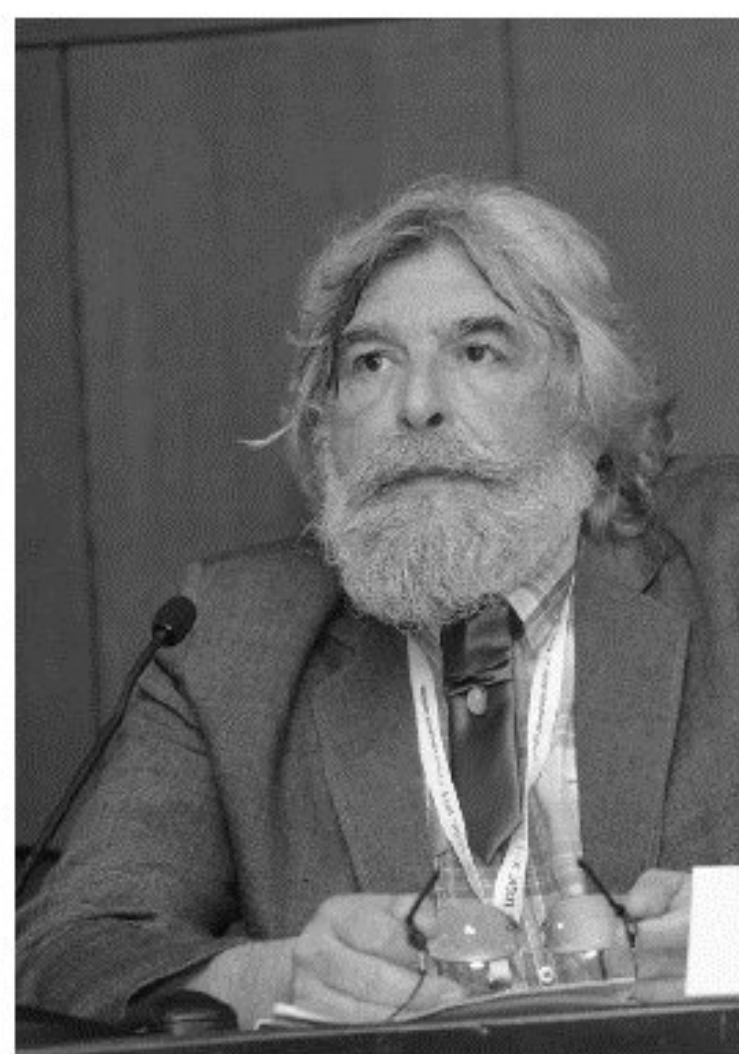
An inseparable blend of science and practice is one of the most significant professional characteristics of Prof. Milorad Vidović. In this sense, as the leader and a member of research teams, he participated in the implementation of over 100 projects and studies, some of which were international.

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 ЦАМИЋ 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 БАНАКА I 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 ОЧЕКIVANI 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 БЕЛИЋ, 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 КРОСКОРЕЛАЦИОНЕ АНАЛИЗЕ ИЗДАШНОСТИ ВРЕЛА СА ЦИЉЕМ РАЗУМЕВАЊА КАРСТНИХ ХИДРОГЕОЛОШКИХ СИСТЕМА

### APPLICATION OF CROSS-CORRELATION ANALYSIS OF KARST SPRING DISCHARGES WITH THE PURPOSE OF UNDERSTANDING KARST HYDROGEOLOGY SYSTEMS

ВЕЉКО МАРИНОВИЋ<sup>1</sup>, ВЕСНА РИСТИЋ ВАКАЊАЦ<sup>1</sup>, САША МИЛАНОВИЋ<sup>1</sup>, ЉИЉАНА ВАСИЋ<sup>1</sup>, БРАНИСЛАВ ПЕТРОВИЋ<sup>1</sup>, ПЕТАР ВОЈНОВИЋ<sup>1</sup>

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

**Резиме:** Када посматрамо одређену издан, прихрањивање подземних вода ове издани се може вршити 1. на рачин падавина, 2. на рачун површинских токова у деловима где постоји добра хидрауличка веза подземних и површинских вода и где је ниво површинског тока на вишој коти од нивоа подземних вода, или понирањем површинских вода, и 3. на рачун подземних вода других типова издани. Код издани формираних у оквиру карстних масива, прихрањивање ових вода најчешће се врши инфитрацијом падавина и понирањем површинских токова тамо где они долазе у контакт са карстним теренима. Код малих сливова врела са гравитационим типом истицања, често кише јаког интензитета и/или нагло отапање снежног покривача изазива скоро истовремено нагли пораст хидрограма истицања (пораст је углавном забележен унутар једног дана). Са друге стране, код узлазних врела реакција слива је спора а пораст хидрограма се јавља са закашњењем, односно након одређеног временског периода који може износити неколико дана. Из овог разлога је потребно разумети утицај плувиографског режима на режим истицања. У вези са овим, кроскорелационе везе су нам од велике помоћи. Поред теоријских основа кроскорелационих анализа у раду су дати добијени резултати анализа режима истицања Ријека Црнојевића врела и плувиографске станице Цетиње. Анализе су извршене за укупни осматрачки период (2015-2020) и за одабрану влажну и сушну годину.

**Кључне речи:** режим, карстно врело, истицање, кроскорелација, Ријека Црнојевића врело

**Abstract:** When we look at a certain aquifer, groundwater recharge of catchment area can be done 1. on the basis of precipitation, 2. from the surface flows in areas where is a good hydraulic connection of underground and surface waters and where the surface flow level is at a higher elevation than the groundwater level, or sinking of surface waters, and 3. recharge with water from other aquifers. In the case of karst spring catchment areas formed within the karst massifs, the recharge of karst aquifer is most often done by infiltration of precipitation and sinking of surface flows where they come into contact with karst terrains. In small basins of karst springs with gravity-type discharge, often heavy rains and/or sudden melting of the snow cover cause an almost simultaneous sudden increase in the discharge hydrogram (increase is mostly recorded within one day). On the other hand, in the case of rising karst springs, the reaction of the watershed is slow, and the rise of the hydrograph occurs with a delay, that is, after a certain period of time, which can be several days. For this reason, it is necessary to understand the influence of the pluviographic regime on the discharge regime. Regarding the abovementioned, cross-correlation analysis is of great help. In addition to the theoretical foundations of cross-correlation analyses, the paper presents the results obtained from analyzes of the discharges of the Rijeka Crnojevića karst spring and the Cetinje



*pluviographic station. Analyzes were performed for the total observation period (2015-2020) and for selected wet and dry years.*

**Keywords:** *Regime, karst spring, discharge, cross-correlation, karst spring Rijeka Crnojevica*

## 1. УВОД

Карстне воде формиране у оквиру карстних масива представљају једне од најквалитетнијих вода које се користе за водоснабдевање становништва. У прилог овоме говори и чињеница да многи градови у Европи попут Беча, Скопља, Тиране, као и градова у Србији (Бор, Пирот, Сврљиг, Бела Паланка, Сјеница, а највећим делом ове воде користе и Ниш и Димитровград) користе искључиво карстне изданске воде за потребе водоснабдевања свог становништва [1]. О значајности ових водних ресурса говори и чињеница да је још Франц Јосиф 1850. године указао на квалитет ових вода и да водоснабдевање становништва Беча треба базирати на водама карстних планинских масива Ракс и Шнеберг. 1873. године завшен је први цевовод дуг 120 км који је воде карстног врела *Kaiserbrunn* спровео до Беча [2].

Издани формиране у карстним теренима прихрањују се углавном на рачун инфилтрације падавина (било да су у питању кише или отапање снежног покривача), стим да код интензивно карстификованих карстних масива које дренирају карстна врела са гравитационим типом истицања, присутна је брза пропација падавина јаким интензитета, односно долази до наглог, скоро истовременог пораста хидрограма. Код ових врела, такође, долази и до скоковитих промена поједних параметара квалитета карстних вода (мутноћа, суспендовани нанос, укупан број бактерија, ...). Карстно врело Грзе, Велико врело, Мало врело, врело Крупац и врело Градиште код Пирота су типични представници гравитационих врела. Са друге стране, код узлазних врела реакција режима истицања је спора, пораст хидрограма у односу на време када се јавила кишна епизода, се јавља са закашњењем, односно након одређеног временског периода који може износити неколико дана. Код ових врела, по престанку падавина присутна је углавном дуга и благог нагиба рецесија истицања. Режим квалитативних параметара је код ових врела доста постојан, тј. не долази до њихових значајнијих промена током интензивних падавина. Типични представници врела са узлазним (асцедентним) типом истицања су карстно врело Мрљиш (водоснабдевање Боговине и Бора), карстно врело Кавак (водоснабдевање Пирота), врело Вапе и многа друга.

Дакле, потребно разумети везу плувиографског режима и режима истицања. У вези са овим, кроскорелационе везе и анализе нам могу бити од велике помоћи. Као пилот подручје одабрано је карстно врело Ријеке Црнојевића а подаци о плувиографском режиму слива су преузети са станице Цетиње.

Врело Ријеке Црнојевића дренира Цетињско карстно поље. Са хидрогеолошким истраживањима овог дела Црне Горе се отпочело након Другог светског рата, а интензивирани су након земљотреса и поплава које су задесиле Црну Гору крајем 70-их и почетком 80-их година прошлог века. Само сливно подручје је орографски одвојено од Јадранског мора високим планинским масивима Ловћена и Орјена, тако да је присутна велика разлика у надморским висинама на релативном малом простору (од 80 mnm колико износи кота истицања врела Ријеке Црнојевића до 1653 mnm - врх Ловћена). Ово свакако у великој мери утиче на плувиографски режим сливног подручја. За анализу климатских карактеристика разматраног подручја одабрана је метеоролошка станица Цетиње (640 mnm) за коју се може рећи да релативно добро представља област прихрањивања врела Ријеке Црнојевића. У табели 1 дате су средње месечне и годишње суме падавина, температуре ваздуха, висине снежног покривача као и средње месечна и годишња истицања из разматраног врела.

Из табеле 1 се може видети да је средњегодишња вредност падавина за осматрачки период износила 3124 mnm што представља вредност четири пута већу у односу на годишњи просек падавина за територију Србије. Овако великој количини падавина доприноси утицај Ловћена, који представља баријеру кретања ваздушних маса које су засићене воденом паром, које долазе из правца Јадранског мора, а које се на овом простору кондензују и излучују у



великој мери. На годишњем нивоу сумарне падавине варирају од 2601,7 mm (2015. година) до 3715,2 mm (2016. година).

**Табела 1:** Месечне, средњемесечне и годишње суме падавина (у mm), висине снежног покривача (у cm) и температуре ваздуха (у °C) за станицу Цетиње за период 2015 – 2020 година, као и издашности врела Ријеке Црнојевића (m<sup>3</sup>/s). Плавом бојом су означен максималне, црвеном бојом минималне, а зеленом бојом средњемесечне и средњегодишње вредности [3]

<b>ПАДАВИНЕ</b>													
Год.	Јан	Феб	Мар	Апр	Мај	Јун	Јул	Авг	Сеп	Окт	Нов	Дец	Σ
2015	646,6	374,3	427,9	121,1	69,1	114,3	19,2	90,9	57,7	356,1	324,5	0	2601,7
2016	638	581,9	537,1	178,9	322,3	304,9	134,3	18	189,7	356,4	452,1	1,6	3715,2
2017	270,1	513,8	203,9	180,7	76,2	5,2	3,6	6,2	187,6	78,4	600,8	977,9	3104,4
2018	278,5	605,4	1013,8	48,1	160,8	102,4	40,1	57,4	34,3	283,9	583,7	234	3442,4
2019	414,9	205,4	55,1	261,4	376,8	23	183,4	5,3	166,3	75,4	745	684,6	3196,6
2020	142	108,8	438,5	103	83,2	49,9	17	108,9	470,4	394,5	13,0	753,1	2682,3
просек	398,3	398,3	446,1	148,8	181,4	99,9	66,3	47,8	184,3	257,5	453,2	441,8	3123,7
<b>СНЕЖНИ ПОКРИВАЧ</b>													
2015	42	23	18	2	0	0	0	0	0	0	0	0	21,3
2016	4	5	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3,0
2017	50	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	28,0
2018	6	41	34	0	0	0	0	0	0	0	0	6	21,8
2019	57	35	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31,3
2020	0	2	10	19	0	0	0	0	0	0	0	0	10,3
просек	26,5	22,7	11,0	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	1,7	19,3
<b>ТЕМПЕРАТУРЕ ВАЗДУХА</b>													
2015	1,4	2,2	5,1	8,8	15,0	18,7	22,7	20,9	16,4	11,0	6,6	1,6	10,9
2016	2,4	5,8	5,6	11,2	12,8	18,5	21,6	19,8	14,9	10,2	6,3	0,0	10,8
2017	-3,4	3,5	7,2	8,9	14,3	20,2	22,3	22,3	14,3	9,2	6,1	2,9	10,7
2018	2,8	2,2	5,5	12,9	16,3	18,7	20,4	21,0	15,7	11,7	7,5	1,9	11,4
2019	-1,2	2,6	6,6	10,1	11,1	20,4	21,1	21,3	16,3	11,2	9,8	4,6	11,2
2020	1,4	4,0	6,2	9,5	14,2	16,8	21,1	20,7	17,2	10,8	6,2	5,0	11,1
просек	0,6	3,4	6,0	10,3	13,9	18,9	21,5	21,0	15,8	10,7	7,1	2,7	11,0
<b>ИЗДАШНОСТ КАРСТНОГ ВРЕЛА РИЈЕКЕ ЦРНОЈЕВИЋА</b>													
2015	15,997	12,857	10,819	3,120	1,856	1,298	0,952	0,973	1,256	1,757	2,318	1,528	4,521
2016	17,178	15,337	14,169	4,404	10,540	5,219	1,017	0,478	0,641	5,381	10,644	1,325	7,171
2017	2,218	9,311	2,910	3,278	1,243	0,199	0,163	0,123	0,517	0,699	10,511	23,829	4,555
2018	9,156	15,655	29,824	3,020	0,921	0,780	0,481	0,445	0,415	1,457	14,269	7,196	6,923
2019	9,512	8,864	2,277	5,295	10,681	2,009	1,173	0,581	0,724	0,966	18,667	18,065	6,548
2020	3,624	3,086	10,823	2,714	1,850	0,595	0,420	0,374	5,804	12,317	1,052	20,098	5,271
просек	9,614	10,852	11,804	3,639	4,515	1,684	0,701	0,496	1,560	3,763	9,577	12,007	5,831

Што се тиче снежног покривача, он је присутан у периоду од новембра до априла, стим да треба напоменути да су ово подаци везани за надморску висину станице Цетиње (640 mnm), док је максимална надморска висина присутна на сливу 1653 mnm што подразумева да су задржавања снежног покривача знатно дужа. Тако да можемо слободно рећи да је новембар - мај период када је снежни покривач присутан на хипсометријски вишим деловима слива. Везано за осматрачки период, јануар 2019. је био месец са максималном висином снежног покривача (57 cm) и да је 2015. година била година са најдужим трајањем снежног покривача.

Средње годишња температура ваздуха износи 11 °C, стим да је у просеку најхладнија година била 2017. када је просек износио 10,7 °C, а најтоплија била 2018. са средње годишњом температуром од 11,4 °C.

Када посматрамо истицање разматраног врела и падавине, може се рећи да добијене средње годишње и максималне месечне издашности су сагласне средње годишњим односно максималним месечним сумама падавина. Година са највећом просечном издашности је 2016. година када је у просеку истекло око 7,171 m<sup>3</sup>/s, док је 2015. година била најсиромашнија са водом када је на врелу у просеку истекло око 4.521 m<sup>3</sup>/s. Просечна годишња издашност врела је 5.831 m<sup>3</sup>/s. Апсолутни максимум истицања забележен је 2.



марта 2018. године у износу од  $108 \text{ m}^3/\text{s}$ , док је минимална издашност износила свега  $51 \text{ l/s}$  а забележена је 22. марта 2017. године.

Што се тиче геолошких карактеристика, највеће распрострањење на терену имају мезозојски геолошки комплекси, старости доњег тријаса до горње креде, уз постојање прелазне флишне зоне ка еоцену и квартарних седимената, као најмлађих творевина. Сходно овоме, присутан је најзначајнији карстни тип издани формиран у оквиру кречњака анизијског ката, калкареница и микрита са доломитима средњег и горњег тријаса, доломита и кречњака горњег тријаса, затим у лијаским кречњацима, доломитима и доломитима са амонитима, доломитичним кречњацима и кречњацима доње и горње креде. Према хидрогеолошкој класификацији карстних терена Црне Горе [4], карстни тип издани издвојен на истражном простору припада класи Средње до добро скаршћених стена кавернозно-пукотинске порозности. Поред карстног типа издани, присутни су и збијени и пукотински тип. Концептуални модел карстног система врела Ријеке Црнојевића приказан је на слици 1 [4], [5].

## 2. ТЕОРИЈСКЕ ОСНОВЕ

Кроскорелационе анализе се користе за случај анализе временски зависних случајних променљивих (у конкретном случају истицање и падавине). При кроскорелационим анализама, веза временски зависне случајно променљиве (дневне количине истеклих вода, нивои поземних вода, ...) и независне сличајно променљиве (дневне суме падавина) се може квантификовати срачунавањем кроскорелационих коефицијената и то за различите временске кораке [6] [7]. Коефицијент кроскорелације за било који временски помак  $r_k$  добија се коришћењем следеће једначине [6]:

$$r_k = \frac{COV(x_i, y_{i+k})}{\sqrt{VAR(x_i) \cdot VAR(y_i)}} \quad (1)$$

где је  $COV$  коваријанса између две серије,  $x_i$  је независно променљива што у конкретном случају представља серија дневних сума падавина,  $y_i$  је зависно променљива односно серија средње дневних вредности истицања, и  $VAR(x_i)$  и  $VAR(y_i)$  представљају варијансе обе серије променљивих. Коваријанса се рачуна коришћењем следеће једначине

$$COV(x_i, y_{i+k}) = \frac{1}{n-k} \sum_{i=1}^{n-k} (x_i - \bar{x}) \cdot (y_{i+k} - \bar{y}_{i+k}) \quad (2)$$

А варијансе серија променљивих се добијају на следећи начин

$$VAR(x_i) = \frac{1}{n-k} \sum_{i=1}^{n-k} (x_i - \bar{x})^2 \quad (3)$$

$$VAR(y_i) = \frac{1}{n-k} \sum_{i=1}^{n-k} (y_{i+k} - \bar{y}_{i+k})^2 \quad (4)$$

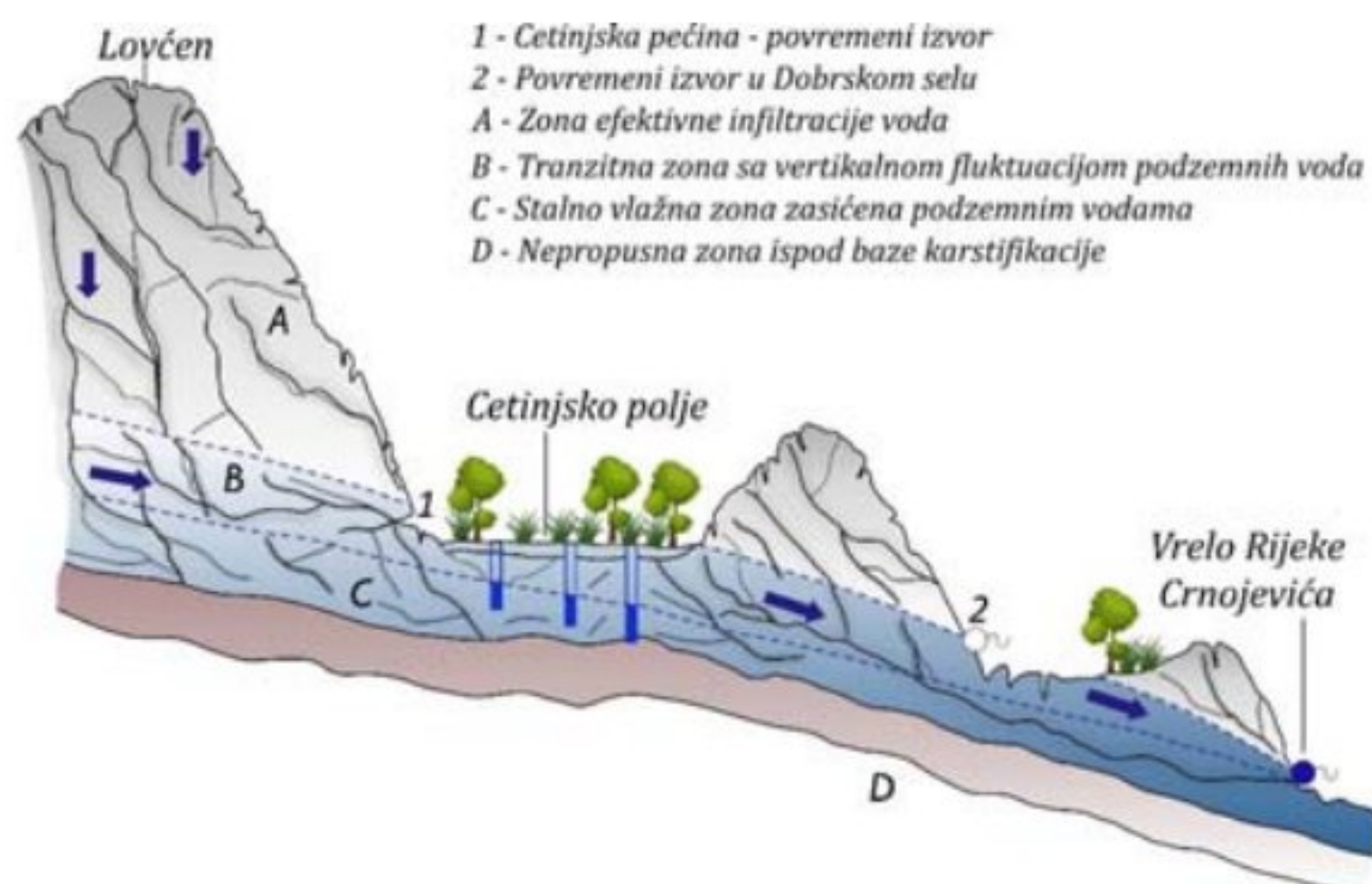
## 3. ДОБИЈЕНИ РЕЗУЛТАТИ СА ДИСКУСИЈОМ

За потребе анализе утицаја плувиографског режима на режим истицања карстног врела Ријека Црнојевића урађена је кроскорелациона анализа за укупни осматрачки период за анализирано врело (слика 2), а након тога урађена је кроскорелациона анализа на нивоу сваке календарске године понаособ. У раду ће бити дат кроскорелогорам за типичну кишну годину (одабрана је 2016. година - слика 3 лево) и годину која има у току зимских месеци присутан значајнији снежни покривач (слика 3 десно).

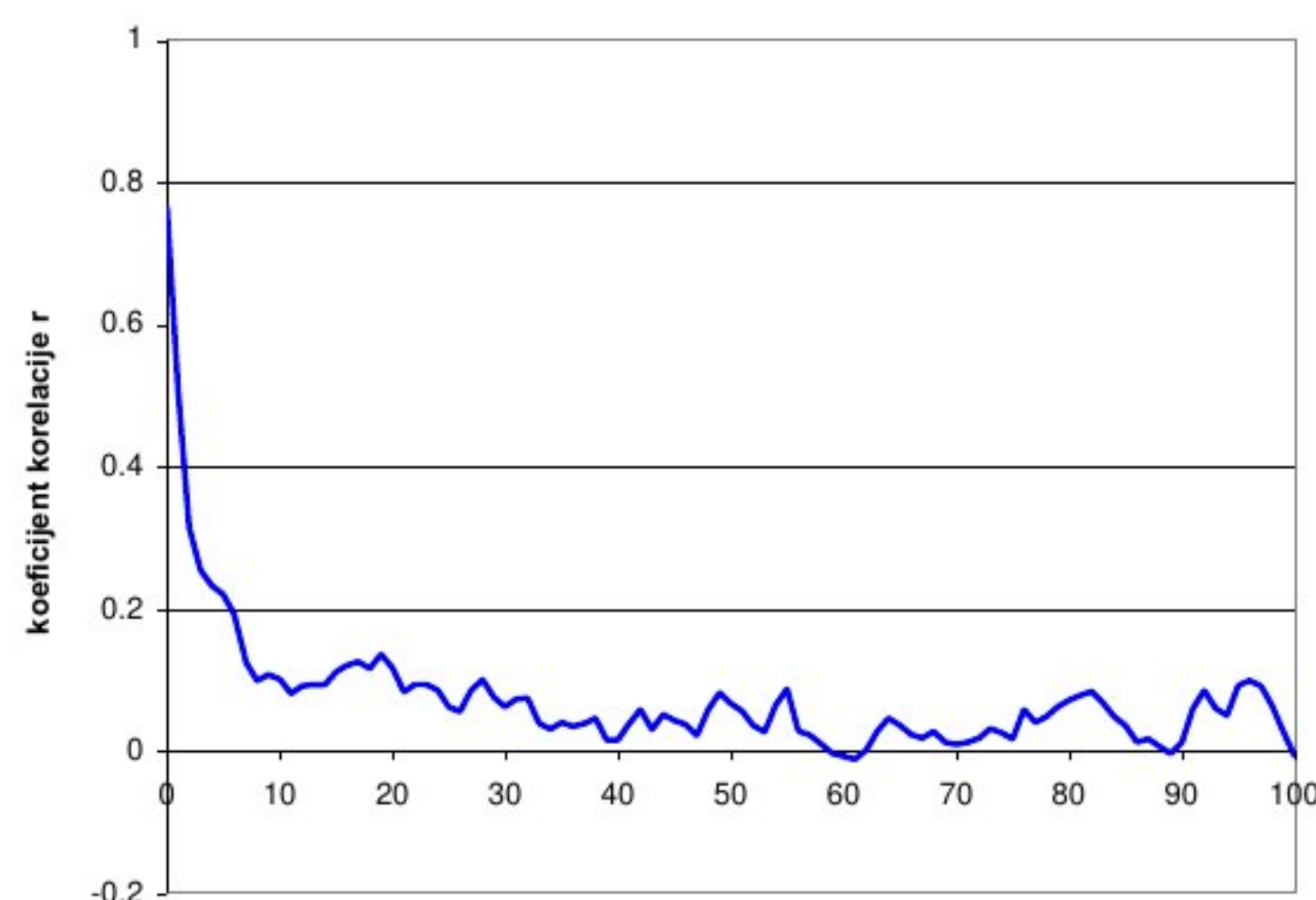
Кроскорелогорам добијен анализом утицаја падавина (независна променљива величина) на укупни период осматрања истицања карстног врела Ријеке Црнојевића (зависна



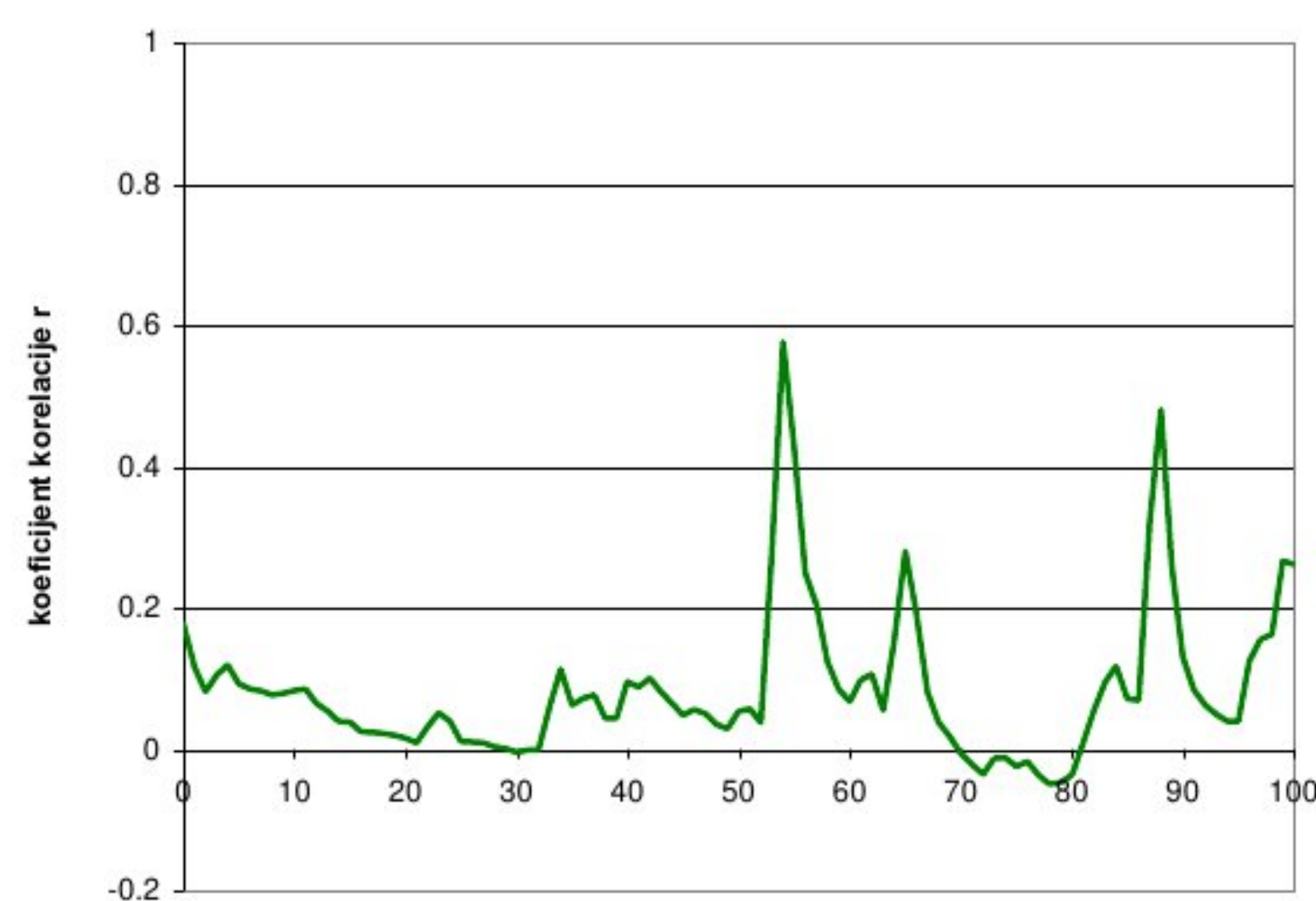
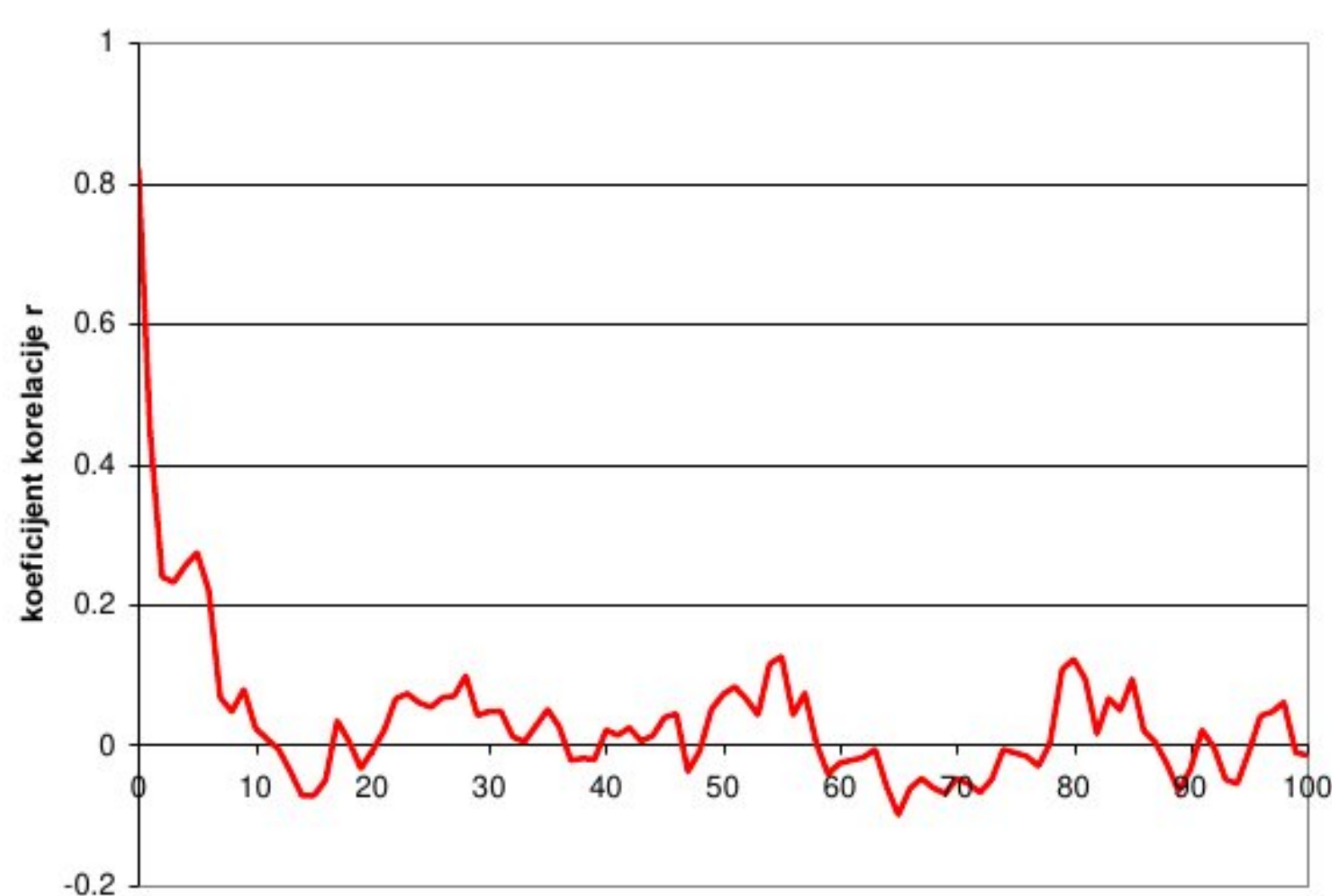
променљива) (слика 2) указује да је најбоља веза падавина и истицања за период 0 дана ( $r = 0.765$ ). Разматране серије постају независне након 5 дана, односно од тренутка када коефицијент корелације има вредност мању од 0.2 [8]. Слична ситуација је и код кишних година, с тим да у овом случају коефицијенти кроскорелације имају више вредности ( $r > 0.8$ ). И овде добијени кроскорелограм (слика 3 лево) указује на већ изнету чињеницу да је најбоља веза између падавина и истицања за временски помак у износу од 0 дана ( $r = 0.820$ ) и да су серије међусобно зависне 6 дана.



**Слика 1:** Концептуални модел карстног система врела Ријеке Црнојевића, према Радуловићу [4], [5], модификовано и преузето из [3]



**Слика 2:** Кроскорелограм добијен анализом укупног периода



**Слика 3:** Кроскорелограм за одабрану кишну 2016. годину (лево) и годину са дужим периодом присутног снежног покривача (десно)

За потребе анализе утицаја отапања снежног покривача на режим истицања карстног врела Ријека Црнојевића одабрана је 2015. година из разлога што је током ове године формиран снежни покривач био трајања у минимуму 4 месеца (подаци из 2014. године нису били доступни током израде овог рада). Са кроскорелограма (слика 3 десно) може се констатовати да је утицај падавина на режим истицања са значајним временским помаком. Односно након 54 дана присутана је најчвршћа веза P-Q ( $r = 0.577$ ), затим следећи пик по значајности се јавља 88 дана ( $r = 0.481$ ) и трећи, мање изражен је присутан након 65 дана ( $r = 0.28$ ).

Дакле, за одабрану календарску 2015. годину, отапање снежног покривача има значајнију улогу у формирњу издашности разматраног врела. Тачније за временски помак од 0 дана коефицијент корелације има вредност мању од 0.2 што подразумева лошу корелациону везу падавине-истицање. Али зато након 54 дана када је највероватније дошло до наглог отапања највећег дела снежног покривача коефицијент корелације у износу од 0.577 указује да су временске серије зависне. Уколико погледамо сумарне месечне падавине забележене током периода јануар-март 2015. године, видећемо да је током овог првог тромесечја пало преко



55% укупних годишњих падавина, и да су ове падавине углавном биле снежног карактера, односно формирале су снежни покривач који је почео са отапањем након 2 месеца. Ово је изазвало поменути пик који се јавио након 54 дана. Предпостављамо да се у овом периоду није отопио сав снег, него да је долазило током марта до смењивања хладних ( $T_{dn} < 0^{\circ}C$ ) и топлијих периода ( $T_{dn} > 0^{\circ}C$ ) што је утицало на појаву још два израженија пика на кроскорелограму који су се јавили након 65 и 88 дана, што одговара двомесечном и тромесечном задржавању снега у делу где се врши главно прихрањивање разматране карстне издани, односно у деловима који су хипсометријски највиши.

#### 4. ЗАКЉУЧАК

Карстни масиви у оквиру којих се формирају подземне воде високог квалитета често, због своје неприступачности и ненасељености, нису били покривени станицама за осматрање метеоролошких параметара. Врела, која дренирају карстне изданске воде налазе се углавном по ободу карстних масива тако да је мониторинг режима квантитативних а понекад (ретко) и квалитативних параметара било могуће успоставити. За случај да поседујемо временске серије дневних падавина меродавних за сливно подручје неког врела, као и режим истицања овог врела, могуће је применити кроскорелациону анализу. Ове анализе, на првом месту указују колико је времена потребно да се изврши пропагација падавина кроз слив, односно говоре нам колико је потребно времена након кишне епизоде да дође до пораста хидрограма истицања. Такође нам говоре и до ког тренутка постоји условљеност разматраних временских серија. Када су у питању врела са гравитационим типом истицања, веза падавине - истицање је знатно јача, тако да у овом случају имамо и вредности коефицијената веће. Обрнуто, код узлазних врела, често коефицијенти корелација имају вредности мање од 0.2 што указује да се временске серије независне.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ćokorilo Ilić M., Ristić Vakanjac V., Milanović S., Vasić Lj., Jovanov K. (2016). Cross-correlation analyses of karst spring discharges, III Congress of geologist of Republic Macedonia with international participant (ed Sonja Lepitkova and Blažo Boev), Struga, Macedonia, book 1, pp 77-84
- [2] Васић Љ. (2011). Извештај са стручног путовања у Беч, Фондовски материјал Центра за карст, Департман за хидрогеологију, Рударско-геолошки факултет
- [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] Kresic N., Stevanovic Z. (2010). Groundwater hydrology of springs: engineering, theory, management and sustainability, Amsterdam, Boston, Butterworth-Heinemann, 573p
- [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
- [6] Радуловић М. (1996). Хидрогеологија карста Црне Горе, Докторска дисертација, ДХГ, РГФ, УБ, стр. 201
- [7] Радуловић М. (2000): Хидрогеологија карста Црне Горе, монографија, Геолошки завод Црне Горе, Спец. изд. геол. гл. вол. XVIII, Подгорица, стр. 271
- [8] Mangin A., (1984). Pour une meilleure connaissance des systemes hydrologiques a partir des analyses correlative et spectrale. Journal of Hydrology, v. 67, pp. 25-43