

Број захтева: \_\_\_\_\_

Датум: \_\_\_\_\_

## **ЗАХТЕВ**

### **за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији**

Молимо да, сходно члану 46. став 5. тачка 4. Статута Универзитета у Београду (“Гласник Универзитета” број 131/06), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата:

**Марије (Војко) Савић**

КАНДИДАТ: **Марија (Војко) Савић**

Пријавила је докторску дисертацију под називом:

**ВИШЕКРИТЕРИЈУМСКА ОПТИМИЗАЦИЈА САСТАВА ШАРЖЕ ЗА ХИДРОМЕТАЛУРШКИ ПРОЦЕС ДОБИЈАЊА ЦИНКА**

Из научне области: **Инжењерски менаџмент**

Универзитет је дана **24.11.2014.** године својим актом под бројем **61206-5225/2-14** дао сагласност на предлог теме дисертације која гласи: **ВИШЕКРИТЕРИЈУМСКА ОПТИМИЗАЦИЈА САСТАВА ШАРЖЕ ЗА ХИДРОМЕТАЛУРШКИ ПРОЦЕС ДОБИЈАЊА ЦИНКА**

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата:

**Марије (Војко) Савић**

образована је на седници одржаној **19.02.2015.** године, одлуком факултета под бр. **VI/4-22-10.1**, у саставу:

Име и презиме члана комисије / звање / научна област / установа у којој је запослен

1. Др Живан Живковић, ред. професор, инжењерски менаџмент, Технички факултет у Бору, ментор
2. Др Весна Спасојевић Бркић, ван. професор, индустријско инжењерство, Машински факултет у Београду, члан
3. Др Ђорђе Николић, доцент, инжењерски менаџмент, Технички факултет у Бору, члан

Наставно-научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана **26.03.2015.** године, под бројем: **VI/4-23-13.1.**

Декан Факултета

Проф. др Милан Антонијевић

Прилог:

1. Извештај комисије са предлогом
2. Акт наставно-научног већа факултета о усвајању извештаја.
3. Примедбе дате у току стављања извештаја на увид јавности, уколико је таквих примедби било

Универзитет у Београду  
**Технички факултет у Бору**  
Број: VI/4-23-13.1.  
Бор, 26. 03. 2015. године

На основу чл. 47. Статута Техничког факултета у Бору, Наставно научно веће Факултета, на седници одржаној 26. 03. 2015. године, донело је

## О Д Л У К У

**I** Усваја се Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата: Марије Савић, дипл. инж. инж. менаџм. - мастер: „**Вишекритеријумска оптимизација састава шарже за хидрометалуршки процес добијања цинка**“, на који није било примедби.

**II** Универзитет у Београду је дана 24. 11. 2014. године дао сагласност на предлог теме докторске дисертације.

**III** Радови из научних часописа са листе која је утврђена као релевантна за вредновање научне компетенције у одређеном научном пољу:

### Рад у међународном часопису

#### Категорија M22

**Savić M., Nikolić Đ., Mihajlović I., Živković Ž., Boyanov B., Đorđević P.** Multi-Criteria Decision Support System for Optimal Blending Process in Zinc Production. Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review, doi: 10.1080/08827508.2014.962135, ISSN: 0882-7508 [JCR - IF 2013: **0.690**], издавач: Taylor & Francis, rang časopisa (33/75) **M-22**.

**IV** Именована ће бранити докторску дисертацију пред Комисијом у саставу:

1. др Живан Живковић, редовни професор Техничког факултета у Бору – ментор;
2. др Весна Спасојевић Бркић, ванредни професор Машинског факултета у Београду – члан;
3. др Ђорђе Николић, доцент Техничког факултета у Бору – члан.

**V** Одлуку доставити надлежном Већу научних области Универзитета у Београду, ради давања сагласности. Докторска дисертација из става 1. ове одлуке подобна је за одбрану након добијања сагласности именованог Већа Универзитета.

**VI** О термину одбране благовремено се обавештава стручна служба ради обављања претходних активности.

#### Доставити:

- именованој
- Већу научних области Универзитета у Београду
- студентској служби
- архиви

ПРЕДСЕДНИК  
НАСТАВНО НАУЧНОГ ВЕЋА

ДЕКАН

Проф. др Милан Антонијевић

**НАСТАВНО – НАУЧНОМ ВЕЋУ**

**Предмет:** Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Марије Савић

Одлуком Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору, од 19.02.2015. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Марије Савић под називом:

***Вишекритеријумска оптимизација састава шарже за хидрометалуршки процес добијања цинка***

После прегледа достављене документације и других пратећих материјала и разговора са кандидатом, Комисија је сачинила следећи

**РЕФЕРАТ**

**1. УВОД**

**1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације**

Хронологија одобравања у процесу израде докторске дисертације протекла је следећом динамиком:

- Дана 12.09.2014. године, Наставно – научном већу поднет је захтев за одобрење теме докторске дисертације, VI-1/10-156.
- Одлуком Наставно – научног већа Техничког факултета у Бору бр. VI/4-19-7.1. од 26.09.2014. године, именована је Комисија за оцену научне заснованости пријављене теме за израду докторске дисертације,
- Одлуком бр. VI/4-20-12.2. од 31.10.2014. године, на седници Наставно – научног већа Техничког факултета у Бору прихваћен је Извештај о научној заснованости предложене теме за израду докторске дисертације,
- Дана 24.11.2014. године, Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду донело је одлуку о сагласности на предлог теме за израду докторске дисертације бр. 61206-5225/2-14.
- Дана 19.02.2015. године, Наставно – научно веће Техничког факултета у Бору донело је одлуку о именовању Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације, која у овој форми подноси свој Извештај.

## 1.2. Научна област дисертације

Предмет истраживања у докторској дисертацији припада области Техничких наука, научној области инжењерског менаџмента, за коју је Технички факултет у Бору акредитован за сва три нивоа студија. Сама дисертација је из области научног моделовања (енгл. „scientific modelling“), односно у ужој научној области проблема мешавине (енгл. „blending problem“), што спада у област инжењерског менаџмента. Ментор на докторској дисертацији је Проф. Др Живан Живковић, редовни професор у ужој научној области индустријски менаџмент. Ментор је до сада публикувао 146 радова у интернационалним часописима са ЈЦР листе (часописи са импакт фактором) и има 412 цитата без аутоцитата (извор: SCOPUS на дан 23.02..2015). Публиковао је преко 200 радова у часописима националног значаја и има преко 300 саопштења на интернационалним научним скуповима.

## 1.3. Биографски подаци о кандидату

Марија Савић је рођена 23.11.1985. године у Зајечару, где је завршила основну и средњу школу. Технички факултет у Бору – студијски програм Индустријски менаџмент завршила је 2009. године, са просечном оценом 8.94 и оценом 10 на дипломском раду. Мастер студије је такође завршила на истом факултету 2010. године са просечном оценом 9.85 и оценом 10 на одбрани мастер рада. По завршетку мастер студија, школске 2011/12 уписала је докторске студије на Техничком факултету у Бору на студијском програму Инжењерски менаџмент, где је положила све испите са просечном оценом 10 и тиме стекла право на израду докторске дисертације.

Од фебруара месеца 2012. године, запослена је као асистент на Техничком факултету у Бору, Универзитета у Београду, на групи предмета у ужој научној области инжењерски менаџмент. Тренутно је ангажована на извођењу вежби из предмета: Операциона истраживања 1, Операциона истраживања 2, Управљање ризиком и Управљање променама. Аутор је или коаутор више саопштених радова на националним и међународним конференцијама, и аутор или коаутор неколико радова штампаних у часописима.

У оквиру активности на пројекту „*Resita Network*“, учествовала је на неколико летњих школа: септембар 2012. – Међународна манифестација „*Night and Day of the Entrepreneurship*“ (Русе, Бугарска); октобар 2012. – Међународни скуп „*Summer School – Business Plan 2012*“ (Љубљана, Словенија); мај 2013. – Међународни скуп „*Summer School – Social Entrepreneurship – Social Business Models*“ (Охрид, Македонија). Јануара 2014. године, била је на једномесечном студијском боравку у Манхајму (Немачка), финансирано од стране ДААД фондације, у циљу унапређења научно-истраживачког рада у оквиру докторских студија.

## 2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

### 2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата Марије Савић под називом: „Вишекритеријумска оптимизација састава шарже за хидрометалуршки процес добијања цинка“, написана је у обиму од 102 стране, са 25 табела, 10 слика, 134 литературна цитата и састоји се од 8 поглавља.

Текст дисертације распоређен је у 8 поглавља и то: 1. Увод (дата су основна обележја цинка и цинкових концентрата и представљена је технологија добијања цинка); 2. Литературни преглед истраживања оптимизације појединих фаза код хидрометалуршког поступка добијања цинка (дат је преглед фаза хидрометалуршког процеса добијања цинка из сулфидних концентрата, указано је на развој математичког моделовања у технологији добијања цинка на основу расположивих литературних извора); 3. Дефинисање предмета истраживања и истраживачких хипотеза (представљени су предмет и циљеви истраживања, дефинисане су полазне истраживачке хипотезе, указано је на научне методе истраживања које су коришћене и очекивани научни допринос); 4. Формирање модела оптимизације на проблему састава мешавине (генерално је описан проблем мешавине и приказана је процедура формирања модела оптимизације и дефинисани су критеријуми. Предложен је интегрални вишекритеријумски модел оптимизације); 5. Резултати и дискусија емпиријског истраживања (приказани резултати рангирања концентрата и формирања оптималне мешавине концентрата); 6. Закључак (дата су закључна разматрања о добијеним резултатима и указано је на остварени научни допринос и будуће правце научних истраживања); 7. Литература (приказана је листа коришћених референтних литературних извора у дисертацији, укупно 134); 8. Публикације које су произашле као резултат истраживања приказаних у дисертацији (наведени су радови који су публиковани и саопштени, као директан резултат истраживања у оквиру ове дисертације).

### 2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У првом поглављу (Увод) дата су уводна разматрања о докторској дисертацији, где је указано на основна обележја цинка и технологије његове производње. Такође, указано је на чињеницу да су на тржишту на располагању концентрати цинка који се разликују по продајној цени и хемијском и минералашком саставу, што указује на неопходност вршења оптимизације састава шарже како би се задовољили економски, технолошки и еколошки захтеви.

У другом поглављу (Литературни преглед истраживања оптимизације појединих фаза код хидрометалуршког поступка добијања цинка) детаљно су приказане фазе хидрометалуршког процеса добијања цинка из сулфидних концентрата кроз литературни приказ примене одговарајућих метода математичког моделовања у технологији добијања цинка. Описана је проблематика оптимизације састава

шарже из различитих концентрата код бројних технолошких процеса, чији заједнички именитељ јесте налажење адекватног математичког модела оптимизације мешавине, у циљу добијања очекиваних резултата.

У трећем поглављу (Дефинисање предмета истраживања и истраживачких хипотеза) најпре је као предмет истраживања дефинисан развој вишекритеријумског модела оптимизације састава шарже за хидрометалуршки поступак добијања цинка у циљу оптимизације технолошких, еколошких и економских аутпута процеса. Приказани су кораци процеса оптимизације и то: дефинисање циљева, дефинисање варијабли о расположивим концентратима и дефинисање могућих алтернатива, дефинисање критеријума и ограничења, прикупљање података, калкулација тежинских параметара применом субјективног и објективног приступа, рангирање концентрата применом PROMETHEE II (GAIA) и TOPSIS методологије, креирање оптималне мешавине применом модификоване PROMETHEE V методе. Дат је историјски преглед развоја хибридног модела и дефинисани су основни циљеви истраживања у овој дисертацији – развој оригиналне методологије за дефинисање алгоритма АНП – ОЕВ – PROMETHEE I-V (GAIA) – TOPSIS у окружењу фази логике, за оптимизацију састава шарже. Затим су дефинисане основне претпоставке и истраживачке хипотезе и дат је детаљан приказ фаза кроз које ће бити спроведено истраживање у овој дисертацији. На крају овог поглавља указано је на очекивани научни допринос који ће бити остварен у развоју методологије решавања проблема мешавине у погледу развоја оригиналног интегралног АНП – ОЕВ – PROMETHEE (GAIA) – TOPSIS алгоритма у окружењу фази логике.

У четвртом поглављу (Формирање модела оптимизације на проблему састава мешавине) најпре су дата основна обележја проблема мешавине (енгл. *blending problem*) и указано на методе које се најчешће користе. Приказан је општи математички модел проблема мешавине и процедура формирања. Након тога, приказана је процедура формирања модела оптимизације и дефинисани су критеријуми. Затим је детаљно описана вишекритеријумска анализа одлучивања: процедуре одређивања кардиналних корисности алтернатива у моделу и прорачуна тежина применом АНП (*Analytic Hierarchy Process*) и ОЕВ (*Objective Entropy Weight*) приступа, дат је детаљан опис PROMETHEE и TOPSIS методе по корацима, укључена је фаза логика и приказане су процедуре Фази PROMETHEE и Фази TOPSIS методологије за рангирање алтернатива.

У петом поглављу (Резултати и дискусија емпиријског истраживања) извршен је прорачун елемената вишекритеријумског модела оптимизације, прорачунате су функције корисности и тежински параметри. Затим је извршено PROMETHEE II (GAIA) комплетно рангирање концентрата и формирање оптималне мешавине концентрата применом PROMETHEE V методе. Након тога су приказани резултати Фази PROMETHEE II комплетног рангирања концентрата и на основу њих извршено формирање оптималне мешавине концентрата применом PROMETHEE V методе, као и резултати Фази TOPSIS рангирања концентрата. На крају овог поглавља извршена је упоредна анализа добијених резултата рангирања и

формирања оптималних мешавина у зависности од сценарија и примењене вишекритеријумске методе у моделу.

У шестом поглављу (Закључак) приказана су завршна разматрања добијених резултата о дефинисаном АНР – ОЕВ – PROMETHEE (GAIA) – TOPSIS алгоритму у фази окружењу за формирање оптималне мешавине од расположивих концентрата цинка и указано је на остварени научни допринос. Остварени резултати у овој дисертацији су показали да се оптимизацијом састава шарже за хидрометалуршки поступак добијања цинка из сулфидних резултата постижу резултати који остварују стабилнији рад у систему и смањење осцилација у појединим фазама технолошког поступка добијања цинка. Дефинисани хибридни модел у фази окружењу на примеру цинка представља побољшање приступа у решавању проблема мешавине и као такав се може применити и на друге системе. На овај начин су отворени нови, будући правци истраживања, пре свега у погледу даљег развоја хибридног модела за решавање проблема мешавине применом других техника групног одлучивања, као и у погледу повезивања различитих метода на принципима генетичог алгоритма.

Поглавље седам (Литература) представља абецедни списак коришћених литературних извора за потребе израде ове докторске дисертације.

У последњем осмом поглављу (Публикације које су произашле као резултат истраживања приказаних у дисертацији) наведени су радови који су публиковани и саопштени резултат истраживања у оквиру ове дисертације.

### **3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ**

#### **3.1. Савременост и оригиналност**

Проблематика мешавине (енгл. *blending problem*) присутна је код многих технолошких процеса у металургији, керамичкој индустрији, нафтној индустрији, енергетици, пољопривреди .... у којима долази до мешања већег броја компоненти у инпуту технолошког процеса. Проблем оптимизације састава инпута у овим технолошким процесима се врши у циљу предикције жељених исхода процеса. Проблематика оптимизације код хидрометалуршког процеса добијања цинка до сада је разматрана парцијално у делу оксидационог пржења концентрата, киселог лужења прженца и електролитичког добијања цинка из сулфатног раствора.

У овој дисертацији постављен је циљ да се оптимизацијом састава шарже као инпута у технолошки процес добијања цинка изврши истовремена оптимизација укупних аутпута процеса са становишта: технологије, екологије и економије.

Чињеница да су капацитети металуршких погона за добијање цинка већи од капацитета рудника и флотација, ови погони су принуђени у циљу остваривања производних капацитета да се снабдевају концентратима из већег броја рудника

који су различитог хемијског и минералшког састава, ова тема добија на актуелности. У циљу обезбеђивања стабилног рада металуршких погона, за хидрометалуршку прераду цинкових концентрата неопходно је извршити оптимизацију састава улазне шарже, како би се стабилизовали технолошки параметри у свим фазама технолошког процеса, ради обезбеђивања задовољавајућих излазних резултата.

### 3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У току процеса израде ове докторске дисертације коришћена су 134 литературна извора, претежно чланака из истакнутих часописа са импакт фактором новијег датума из ове области. Коришћена литература је одговарајућа и покрива наведену проблематику. С обзиром да је било неопходно указати на развој проблематике математичког моделовања оваквог проблема, цитиран је и одређени број референци ранијег датума.

Референце које су суштински најважније и најзначајније за истраживање у овој дисертацији су:

Abkhoshk, E., Jorjani, E., Al-Harshsheh, M.S., Rashihi, F., Nazeeri, M., (2014) Review of the hydrometallurgical processing of non-sulfide zinc ores, *Hydrometallurgy*, 149:153-167.

Ashayeri, J., Eijs, A. G. M., Nederstigt, P., (1994) Blending modeling in a process manufacturing: A Case Study, *European Journal of Operational Research*, 72: 460-468.

Chakraborty, M., Chandra M. K., (2005) Multicriteria decision making for optimal blending for beneficiation of coal: a fuzzy programming approach, *OMEGA*, 33:413-418.

Copur, M., Ozmetin, C., Ozmetin, E., Kocakerin, M. M., (2004) Optimization study of the leaching of roasted zinc sulphide concentrate with sulphuric acid solutions, *Chemical Engineering and Processing*, 43:1007-1014.

Castro, R. M. Z., Salum, A., (2008) Importance of roasted sulphide concentrates characterization in the hydrometallurgical extraction of zinc, *Minerals Engineering*: 21(1):100-110.

Dai, C., Cai, X. H., Gai, Y. P., Huang, G. H., (2014) A simulation- based fuzzy possibilistic programming model for coal blending management with consideration of human health risk under uncertainty, *Applied Energy*, 133:1-13.

Dimitrov, R. I., Moldovanska, N., Bonev, I. K., Živković, Ž., (2000) Oxidation of marmatite, *Thermochimica Acta*, 362(1-2): 145-151.

Habashi, F., *Handbook of extractive metallurgy*, vol.II. Quebec City, 1997.pp. 641-683.



Gilg, H. A., Boni, M., Cook, N. J., (2008) A special issue devoted to nonsulfide Zn-Pb deposits – editorial, *Ore Geol.Rev.*, 33:115-116.

Jovanović, I., Stanimirović, P., (2012) A blending problem in copper production, *Environmental Modeling and Assessment*, 58:147-158.

Jovanović, I., Stanimirović, P., Živković, Ž., (2013) Environmental and Economic criteria in ranking of copper concentrates, *Environmental Modeling and Assessment*, 18:73-83.

Jovanović I., Stanimirović, P., Nikolić, Dj., Živković, Ž., Batch composition optimization for copper smelting process, case study RTB Bor, *Clean Technologies and Environmental Policy*, (in press)

Liu, C. M., Sherali, H. D., (2000) A coal shipping and blending problem for an electric utility company, *OMEGA*, 28:433-444.

Kolodziej, S. P., Grossmann, I. E., Furman, K. C., Sawaya, N. W., (2012) A novel global optimization approach to the multiperiod blending problem, *Proc. 11 th International Symposium on process systems engineering*, Singapore, pp. 1492-1496.

Moradi, S., Monhemius, A. J., (2011) Mixed sulphide – oxide lead and zinc ores: Problems and solutions, *Minerals Engineering*, 24:1062-1076.

Nikolić Dj., Jovanović, I., Mihajlović, I, Živković, Ž.,(2009) Multi-criteria ranking of copper concentrates according to their quality – An element of environmental management in the vicinity of copper smelting complex in Bor, Serbia, *Journal of Environmental Management*, 91:509-515

Richards, G. G., Dreisinger, D., Peters, E., Brimacombe, J. K., (1989) Mathematical modelling of zinc processes, *Proc. International Symposium on Computer Software in Chemical and Extractive Metallurgy*, pp. 223-252.

Rozenkvist, T., *Principles of extractive metallurgy*, McGraw- Hill Book Company, New York, 1983.

Sakalli, U. S., Baykoc, O. F., (2011) An optimization approach for brass casting blending problem under aleatory and epistemic uncertainties, *Int. J. Production economics*, 133:708-718.

Tripathy, B. C., Das, S. C., Misra, V. N., (2003) Effect of antimony on the electrocrystallisation of zinc from sulphate solutions SLS, *Hydrometallurgy*, 69(1-3):81-88.

### 3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Основна претпоставка је да интегрални модел оптимизације састава шарже, као инпута у хидрометалуршки поступак добијања цинка из сулфидних концентрата, свеобухватнији од појединачног моделовања појединих фаза у технолошком поступку, определила је примену метода вишекритеријумског одлучивања.

У изведеном истраживању коришћене су методе вишекритеријумске оптимизације које су адекватне код решавања проблема мешавине: фамилија метода PROMETHEE (GAIA), AHP, OEW, TOPSIS, FUZZY, MCDA. Појединачно ове методе имају лимитирани домет. Међутим уколико се врши њихова комбинација у дефинисању хибридних модела за оптимизацију састава мешавине, појединачни лимити се значајно проширују.

Дефинисани алгоритам за примену интегралног модела: MCDA – AHP – OEW – PROMETHEE (GAIA) – TOPSIS у фази окружењу за вишекритеријумску оптимизацију састава шарже за хидрометалуршки поступак добијања цинка је адекватан и често присутан у савременој литератури где се разматра вишекритеријумска оптимизација.

### 3.4. Применљивост остварених резултата

Кандидат је у овој докторској дисертацији развио оригинални алгоритам за вишекритеријумску оптимизацију мешавине концентрата за хидрометалуршки поступак добијање цинка на примеру десет различитих комерцијалних концентрата са 17 променљивих варијабили у њиховом хемијском саставу и осамнајестом варијабилном која се односи на набавну цену концентрата.

У предложеном моделу успешно је извршено унапређење субјективног дефинисања тежинских параметара за поједине критеријуме са објективном ентропијском методом као основа за оптимизацију састава шарже коришћењем фамилије PROMETHEE (GAIA) – TOPSIS методологије у фази окружењу.

Дефинисани модел поред несумњиво теоријског доприноса у побољшању постојећег приступа оптимизацији састава шарже за хидрометалуршки поступак добијања цинка, има и практичну примену у индустријским условима с обзиром да је развијен на реалним концентратима цинка са тржишта концентрата, који се користе у индустријској производњи цинка.

### 3.5. Оцена достигнутих способности за самостални научни рад

На основу резултата добијених у овој дисертацији, као и свеукупног досадашњег рада кандидата, публикованих радова у часописима и саопштених радова на домаћим и научним конференцијама, указују да је кандидат оспособљен за

самостални научно-истраживачки рад. Публиковани радови у часописима са импакт фактором (три рада) и три рада у часописима ранга M24, као и 12 саопштења на међународним конференцијама, углавном се односе на виšekритеријумско моделовање и оптимизацију појединих фаза технолошких процеса у којима је углавном првопотписани аутор. Наведене чињенице указују да је кандидат оспособљен за самостални научни рад и презентирање добијених резултата у научној јавности.

#### 4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ РЕЗУЛТАТИ

##### 4.1. Приказ остварених научних доприноса

У оквиру ове дисертације, кандидат је остварио следеће научне доприносе:

- Дефинисан је оригинални алгоритам за формирање оптималне мешавине од расположивих концентрата цинка, кроз седам корака, поступним увођењем појединих метода виšekритеријумског приступа одлучивању, у циљу дефинисања интегралног модела за рангирање појединих компоненти у мешавини и виšekритеријумске оптимизације састава шарже, као инпута у технолошки процес.
- Дефинисан је оригинални АНР – ОЕВ – ПРОМЕТНЕЕ (GAIA) – TOPSIS модел у фази окружењу за виšekритеријумску оптимизацију на примеру састава шарже за хидрометалуршки процес добијања цинка. Дефинисани модел има универзални карактер и може бити примењен за решавање проблема мешавине.
- Дефинисаним хибридном моделом виšekритеријумске оптимизације састава шарже за хидрометалуршки поступак добијања цинка учињено је унапређење које омогућује побољшање досадашњих резултата зато што омогућује оптимизацију аутпута технолошког процеса добијања цинка у целини.
- Дана је упоредна примена различитих сценарија за дефинисање оптималне мешавине, што омогућује избором сценарија доносиоцу одлука избор најбоље солуције, што такође представља унапређење постојеће праксе.
- У изградњи хибридног модела за решавање проблема мешавине, увођењем додатних алата, проширени су лимити постојећих модела за виšekритеријумску оптимизацију састава мешавине.

##### 4.2. Критична анализа резултата истраживања

Развијени алгоритам за виšekритеријумску оптимизацију састава мешавине концентрата у шаржи за хидрометалуршки поступак добијања цинка, има универзални карактер и може се применити на било коју ситуацију решавање проблема мешавине.

С обзиром да у практичној примени дефинисаног модела, суштински се користи методологија MCDA ( *Multi Criteria Decision Analysis*), неопходно је да доносиоци одлука буду суштински експерти за структурну декомпозицију система у коме се врши оптимизација састава мешавине.

Ограничење дефинисаног модела односи се на недефинисаност међусобног односа појединих компонената мешавине у реалним условима технолошког процеса, када утицаје исказују параметри процеса који нису узети у обзир у дефинисаном моделу.

Развијени модел даје могућност за даљу дораду у циљу проширења достигнутих лимита узимањем у обзир физичко-хемијске интеракције у мешавини при реалним условима технолошког процеса, дефинисањем аналогија односа физичко-хемијских карактеристика појединих компонената у мешавини и међусобног односа њихових афинитета коришћењем логике генетског алгоритма.

#### 4.3. Верификација научних доприноса

Остварени научни допринос у овој докторској дисертацији, верификовани су публикавањем у значајном научном часопису издавача: Taylor & Francis, rang časopisa (33/75) **M-22**. Публиковани радови проистекли на дисертацији кандидата су:

##### 1. Рад у часопису са ИФ:

**Savić M., Nikolić Đ., Mihajlović I., Živković Ž., Boyanov B., Đorđević P.** Multi-Criteria Decision Support System for Optimal Blending Process in Zinc Production. *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review*, doi: 10.1080/08827508.2014.962135, ISSN: 0882-7508 [JCR - IF 2013: **0.690**], izdavač: Taylor & Francis, rang časopisa (33/75) **M-22**.

##### 2. Рад саопштен на међународном научном скупу:

**Savić, M., Nikoloć,Đ., Živković, Ž.,** (2014) Multi-criteria optimization of batch composition for the hydrometallurgical process of zinc production, 4<sup>th</sup> International Symposium on Environmental and Material Flow Management, 31.10-2.11.2014, Bor's Lake, Serbia, Book of abstracts,p.152 (**M-34**).

## 5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

У дисертацији кандидата Марије Савић добијен је већи број оригиналних решења, који чине надоградњу досадашњих резултата наведених у литератури новијег датума. Резултати који представљају оригиналност ове дисертације односе се на дефинисање оригиналног алгоритма за израду модела вишекритеријумске оптимизације мешавине на примеру шарже за хидрометалуршки процес добијања цинка. Дефинисани модел има универзални карактер и може се користити код решавања проблема мешавине у било ком реалном систему. Прихваћени рад за публикавање у једном од водећих часописа (M-22) издавача Taylor & Francis (САД) на најбољи начин потврђује ниво остварених резултата кандидата у овом раду.

На основу напред наведених чињеница Комисија са задовољством закључује да је докторска дисертација кандидата Марије Савић под називом: *Вишекритеријумска оптимизација састава шарже за хидрометалуршки процес добијања цинка*, урађена према свим стандардима о научно-истраживачком раду, као и да испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању, Стандардима за акредитацију докторских студија, Статутом Техничког факултета у Бору и критеријума које је прописао Универзитет у Београду.

Комисија предлаже Наставно-научном већу Техничког факултета у Бору да прихвати позитиван извештај о урађеној докторској дисертацији кандидата Марије Савић под називом: *Вишекритеријумска оптимизација састава шарже за хидрометалуршки процес добијања цинка*, да исту изложи на увид јавности и упуту на коначно усвајање Већу научних области Техничких наука Универзитета у Београду, а да након тога позове кандидата на јавну одбрану.

У Бору, фебруара 2015. године

КОМИСИЈА

1. Проф. др Живан Живковић, ред.проф. ментор  
Универзитет у Београду, Технички факултет у Бору
2. Проф. др Весна Спасојевић Бркић, ванр.проф, члан  
Универзитет у Београду, Машински факултет у  
Београду
3. др Ђорђе Николић, доцент, члан  
Универзитет у Београду, Технички факултет у Бору