

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:

Ивице (Петар) Николића

КАНДИДАТ: **Ивица (Петар) Николић**

Пријавила је докторску дисертацију под називом:

МОДЕЛОВАЊЕ УТИЦАЈНИХ ПАРАМЕТАРА ЗА РАНГИРАЊЕ ТЕХНОЛОШКИХ ПРОЦЕСА ПИРОМЕТАЛУРШКЕ ЕКСТРАКЦИЈЕ БАКРА ПРИМЕНОМ МЕТОДА ВИШЕКРИТЕРИЈУМСКЕ АНАЛИЗЕ

Из научне области: **Инжењерски менаџмент**

Универзитет је дана **25.06.2018.** године својим актом под бројем **61206-2641/2-18** дао сагласност на предлог теме дисертације која гласи: **МОДЕЛОВАЊЕ УТИЦАЈНИХ ПАРАМЕТАРА ЗА РАНГИРАЊЕ ТЕХНОЛОШКИХ ПРОЦЕСА ПИРОМЕТАЛУРШКЕ ЕКСТРАКЦИЈЕ БАКРА ПРИМЕНОМ МЕТОДА ВИШЕКРИТЕРИЈУМСКЕ АНАЛИЗЕ**

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата: **Ивице (Петар) Николића** образована је на седници одржаној **30.01.2019.** године, одлуком факултета под бр. **VI/4-24-3.**, у саставу:

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

1. др Исидора Милошевић, ван. професор, инжењерски менаџмент, Технички факултет у Бору, ментор
2. др Весна Спасојевић Бркић, ред. професор, индустријско инжењерство, Машински факултет у Београду, члан
3. др Иван Михајловић, ред. професор, 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 **14.03.2019.** године, под бројем: **VI/4-26-8.**

Декан Факултета

Проф. др Нада Штрбац

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/4-26-8
Бор, 15. 03. 2019. године

На основу чл. 49. Статута Техничког факултета у Бору, Наставно-научно веће Факултета, на седници одржаној 14. 03. 2019. године, донело је

О Д Л У К У

I Усваја се Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата: Ивице Николића, мастер инжењера менаџмента, под називом: „**Моделовање утицајних параметара за рангирање технолошких процеса пирометалуршке екстракције бакра применом метода вишекритеријумске анализе**”, на који није било примедби.

II Универзитет у Београду је дана **25. 06. 2018. 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 M21

- 1 **Nikolići, I.**, Milošević, I., Milijić, N., Mihajlović, I., (2019). Cleaner production and technical effectiveness: Multi-criteria Analysis of Copper Smelting Facilities, Journal of Cleaner Production, doi:10.1016/j.jclepro.2019.01.109

IV Именовани ће бранити докторску дисертацију пред Комисијом у саставу:

1. др Исидора Милошевић, ванредни професор Универзитет у Београду, Технички факултет у Бору, ментор;
2. др Весна Спасојевић Бркић, редовни професор Универзитет у Београду, Машински факултет, члан;
3. др Иван Михајловић, редовни професор Универзитет у Београду, Технички факултет 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:

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

ПРЕДСЕДНИК
НАСТАВНО НАУЧНОГ ВЕЋА

ДЕКАН

Проф. др Нада Штрбац

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат комисије о урађеној докторској дисертацији кандидата Ивице Николића, мастер инжењер менаџмента

Одлуком Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору, број VI/4-24-3 од 31. јануара 2019. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Ивице Николића под насловом:

„МОДЕЛОВАЊЕ УТИЦАЈНИХ ПАРАМЕТАРА ЗА РАНГИРАЊЕ ТЕХНОЛОШКИХ ПРОЦЕСА ПИРОМЕТАЛУРШКЕ ЕКСТРАКЦИЈЕ БАКРА ПРИМЕНОМ МЕТОДА ВИШЕКРИТЕРИЈУМСКЕ АНАЛИЗЕ“.

Након прегледа достављене докторске дисертације и других пратећих докумената, као и разговора са кандидатом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Хронологија одобравања у изради докторске дисертације протекла је следећом динамиком:

- Дана **12.04.2018. године**, кандидат Ивица Николић, мастер инжењер менаџмента, поднео је пријаву предлога теме докторске дисертације, заведене под бројем VI-1/10-85, Катедри за менаџмент, Техничког факултета у Бору, Универзитета у

Београду. Даље, Наставно-научном већу Техничког факултета у Бору, Универзитета у Београду, предложена је комисија за оцену научне заснованости предложене теме докторске дисертације кандидата Ивице Николића.

- **Дана 19.04.2018. године**, Наставно-научно веће Техничког факултета у Бору, Универзитета у Београду, донело је одлуку број VI/4-14-5.2, о именовању Комисије за оцену научне заснованости предложене теме докторске дисертације кандидата Ивице Николића.
- **Дана 24.05.2018. године**, одлуком број VI/4-15-4.2, Наставно-научно веће Техничког факултета у Бору, Универзитета у Београду, прихватило је Извештај Комисије о научној заснованости теме за израду докторске дисертације. При чему, за ментора је именован др Исидора Милошевић, ванредни професор Техничког факултета у Бору, Универзитета у Београду.
- **Дана 25.06.2018. године**, Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду на седници број: 61206-2641/2-18, донело је одлуку о давању сагласности на предлог теме за израду докторске дисертације кандидата Ивице Николића, под називом: “Моделовање утицајних параметара за рангирање технолошких процеса пирометалуршке екстракције бакра применом метода вишекритеријумске анализе“
- **Дана 31.01.2019. године**, Наставно-научно веће Техничког факултета у Бору, Универзитета у Београду одлуком број VI/4-24-3. именovalo је Комисију за преглед, оцену и одбрану урађене докторске дисертације кандидата Ивице Николића, у саставу: др Исидора Милошевић, ванредни професор, Универзитет у Београду, Технички факултет у Бору (ментор); др Иван Михајловић, редовни професор, Универзитет у Београду, Технички факултет у Бору (члан); др Весна Спасојевић Бркић, редовни професор, Универзитет у Београду, Машински факултет (члан).

1.2. Научна област дисертације

Предмет истраживања у оквиру докторске дисертације припада техничко-технолошкој научној области, односно ужој научној области инжењерског менаџмента.

За ментора је одређена др Исидора Милошевић, ванредни професор Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду, која је на основу досад објављених радова компетентана да руководи израдом ове докторске дисертације.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Ивица Николић рођен је 18.01.1989. године у Бору, где је завршио основну и средњу школу. Дипломирао је 11.9.2012. године на Техничком факултету у Бору на Катедри за менаџмент са просечном оценом у току студија 9.27 и оценом 10 на дипломском раду. На

истом факултету дана 19.9.2013. завршио је мастер студије на студијском програму Инжењерски менаџмент са просечном оценом 9.87. Школске 2013/2014. уписао је докторске студије на Техничком факултету у Бору на студијском програму Инжењерски менаџмент, где је положило све испите са просечном оценом 10.

Током школске 2011/2012 године, обављао је функцију студента продекана на Техничком факултету у Бору, као и члан Комисије за обезбеђење и унапређење квалитета. Од октобра 2012. године радио је као сарадник у настави на Техничком факултету у Бору. Као сарадник у настави био је ангажован на извођењу вежби из следећих наставних предмета: Управљање новим технологијама и иновацијама, Теорије система, Основи технологије и познавања робе. На овим предметима је од 2013. године био унапређен у звање асистента. Добитник је једне од тридесет стипендија фонда Милана Стевановића-Смедеревца и супруге Даринке за школску 2011/2012 годину, као и стипендије Министарства просвете и науке Републике Србије. Такође је од 2013. године члан мреже Техлошких Брокера Србије за шта поседује одговарајући сертификат.

Током студирања учествовао је у интернационалним радионицама у Србији, Немачкој, Румунији, Бугарској, Пољској, Македонији и Албанији.

Јануара 2015. године боравио је у Mannheim-у (Немачка), ради стручног усваршавања и истраживања у оквиру ДААД пројекта академске мреже за реконструкцију југоисточне Европе 2014. (енгл. Academic Reconstruction South Eastern Europe 2014“).

Од 2016. године предсендик је организационог одбора студентског симпозијума – IMCSM, док је у претходном периоду био потпредседник овог одбора.

Такође, кандидат Ивица Николић аутор је или коаутор више саопштених радова на националним и међународним конференцијама, и аутор или коаутор неколико радова штампаних у часописима.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Структура и садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата Ивице Николић под насловом: **“Моделовање утицајних параметара за рангирање технолошких процеса пирометалуршке екстракције бакра применом метода вишекритеријумске анализе“** написана је на 146 страна и састоји се од 12 поглавља са стандардним прилозима (Обрасци 5,6,7 из Правилника о докторским студијама на Техничком факултету у Бору) на крају рада.

Садржај дисертације по поглављима:

1. Увод
2. Литературни преглед

3. Предмет и опсег истраживања
4. Нумеричка анализа и моделовање
5. Анализа и примена модела вишекритеријумске анализе у одлучивању
6. Технолошки поступци пирометалуршке екстракције бакра и њихови основни параметри
7. Развој и примена PROMETHEE/GAIA модела за рангирање пирометалуршких поступака екстракције бакра
8. Валидација добијених резултата у фази окружењу применом AHP-TOPSIS методе
9. Резултати рангирања применом PROMETHEE/GAIA методологије на конкретним вредностима из праксе
10. Закључна разматрања и научни доприноси
11. Литература
12. Биографија

Прилози:

Прилог 1 – Изјава о ауторству (Образац 5)

Прилог 2 –Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада (Образац 6)

Прилог 3–Изјава о коришћењу (Образац 7)

Дисертација је илустрована са 20 слика и садржи 31 табелу, а литературни преглед садржи податке о 157 литературних цитата.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Поглавље 1: Увод

Дата су уводна разматрања о докторској дисертацији, где је указано на значај и улогу научног моделовања и модела у природним, друштвеним и техничким наукама. Посебан фокус је стављен на моделовање сложених технолошких система и процеса. Такође, ово поглавље даје структурни приказ ове докторске дисертације кроз кратак опис појединачни поглавља.

Поглавље 2: Литературни преглед

Детаљна анализа литературе која је имала значајан допринос у изради докторске дисертације представљена је кроз друго поглавље. Кроз ово поглавље кандидат анализатора радове истакнутих аутора у овој области као што су: Davenport et al. (2002), Kapusta (2004), Schlesinger et al. (2011), и други, чија литература има значајан утицај на разумевање самих технолошких процеса пирометалуршке екстракције бакра. Ова литература била је неопходна у прикупљању почетних података приликом израде нумеричких модела. Такође, друго поглавље даје анализу доприноса литературе: Liu et al. (2009), Nikolic et al. (2009), Promentilla et al. (2018) из области вишекритеријумске анализе и нумеричког моделовања у циљу

изградње што веродостојнијег модела за селекцију и рангирање технолошких процеса.

Поглавље 3: Предмет и опсег истраживања

У овом поглављу дефинисан је предмет и циљ истраживања, а такође дате су и почетне истраживачке хипотезе. Кандидат, на основу анализираних литературних извора поставља следеће полазне хипотезе које представљају основни оквир за истраживање у овом раду:

H₀ – Могуће је развити вишекритеријумски модел одлучивања у циљу одређивања оптималног технолошког процеса екстракције бакра у комплексним условима.

H₁ – Аутогени пирометалуршки процеси дају у већини случаја боље резултате од оних који нису аутогени.

H₂ – Могуће је формирати модел вишекритеријуског одлучивања у циљу одређивања оптималног технолошког процеса укључивањем најважнијих стејкхолдера у процесу групног одлучивања.

H₃ – Применом PROMETHEE/GAIA методе може се поуздано извршити приоритизација технолошких процеса екстракције бакра.

H₄ – Одабир технолошког процеса који ће бити имплементиран има мањи утицаја на саме перформансе топioniца од утицаја других инжењерских и економских фактора, као и организационих знања вођења самог технолошког процеса, располагања одређеним ресурсима и кадровским решењима.

H₅ – Применом модела AHP-TOPSIS у фази окружењу може се поуздано извршити валидација модела којим је извршена приоритизација технолошких процеса екстракције бакра.

H₆ – Развијена PROMETHEE/GAIA метода може се успешно применити и на селекцију и рангирање конкретних постројења за пирометалуршку екстракцију бакра.

Поглавље 4: Нумеричка анализа и моделовање

У четвртом поглављу докторске дисертације дат је опис и дефиниција научног, математичког и посебно нумеричког моделовања. Потом се детаљно приступа опису нумеричке анализе и моделовања засновано на резултатима нумеричке анализе. Приказан је развој методологије моделовања у функцији развоја информационалних технологија и опште теорије система и њихов утицај на стварања великог броја рачунарских апликација за моделовање сложених технолошких процеса.

Поглавље 5: Анализа и примена модела вишекритеријумске анализе у одлучивању

У петом поглављу ове дисертације вршена је анализа оптималног метода и примена модела вишекритеријумског одлучивања. На основу присутне литература из области оперативног менаџмента, из угла процене расположивих технолошких процеса за екстракцију бакра, кандидат је дошао до закључка да се постојећа литература углавном осврће на оптимизацију технолошких процеса као и њиховим побољшањима у погледу капацитета и квалитета добијеног бакра. Такође, кандидат је уочио да је веома мало радова који се баве селекцијом одговарајућег технолошког процеса топљења концентрата бакра, у датим производним ограничењима, на један систематски начин, што представља основни допринос ове докторске дисертације.

Поглавље 6: Технолошки поступци пирометалуршке екстракције бакра и њихов основни параметри

У шестом поглављу докторске дисертације описани су соновни показатељи свих тренутно актуелних технолошких поступака пирометалуршке екстракције бакра и извршен приказ њихових основних параметара. Кроз посебна подпоглавља обрађени су следећи технолошки процеси пирометалуршке екстракције бакра, а то су: „Outokumpu flash smelting“, „Inco Flash“, „Noranda“, „Mitsubishi“, „El Teniente“, „Vanyukov“, „Ausmelt/Isasmelt lance“ и Пламена пећ. У оквиру ових осам технолошких процеса обрађени су основни заједнички параметри и то у првом реду: годишња производња бакра, неопходни садржај бакра у улазном концентрату, век трајања облога, продукти топљења (анализа бакренца, шљаке и гасова), као и капацитет производње бакра – представљен у односу на број запослених који опслужују процес.

Поглавље 7: Развој и примена PROMETHEE/GAIA модела за рангирање пирометалуршких поступака екстракције бакра

У овом поглављу развијен је а затим и примењен PROMETHEE/GAIA модел за рангирање пирометалуршких поступака екстракције бакра. У разматрање је узето осам технолошких поступака који имају највећу примену у пирометалуршкој екстракцији бакра у свету („Outokumpu flash smelting“, „Inco Flash“, „Noranda“, „Mitsubishi“, „El Teniente“, „Vanyukov“, „Ausmelt/Isasmelt lance“ и Пламена пећ). Приоритизација и селекција технологија извршена је на основу одабраних једанаест релевантних параметара процеса који су наведени у дисертацији. Резултати дефинисаног интегралног вишекритеријумског модела довели су до закључка да технологија „Outokumpu flash“ поседује најбоље перформансе из разлога што ову технологију карактерише аутогеност континуалног топљења

сулфидних бакарних и других концентрата и материјала. Она спада у групу најновијих аутогених процеса топљења, а такође ова технологија заузима једну од водећих позиција у свету због ниских трошкова производње и задовољења строгих еколошких стандарда. Насупрот њој, технологија Пламена пећ рангирана је на последњем месту због лоших техничких, економских и еколошких карактеристика. Ова технологија готово је и потпуно потиснута у пракси, у прилог томе говори њена присутност и примена у свега неколико топионица у свету. Коначно, методологија презентована у овом поглављу, може послужити доносиоцима одлука, односно представницима компанија које се баве процесом топљења бакра, као добар алат приликом избора најоптималније технологије, по разним критеријумима које желе да посматрају.

Поглавље 8: Валидација добијених резултата у фази окружењу применом AHP-TOPSIS методе

Верификација добијених резултата у претходном поглављу (поглавље 7) извршена је применом савремене, оригиналне, методологије у циљу избора оптималног технолошког поступка екстракције бакра у комплексним условима. За оцену тежинских фактора одабраних критеријума коришћена је Фаза АХП (енгл. „Fuzzy Analytical Hierarchy Process“) метода, а потом применом ТОПСИС (енгл. „Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution“) методе спроведено је комплетно рангирање технолошких процеса од оптималног до мање ефикасног решења. Примењена методологија у овом поглављу дала је добру верификацију добијеног модела из претходног поглавља. Добијене разлике у резултатима проистичу из субјективног мишљења експерата који су вршили оцењивање параметара поменутих технолошких процеса. На основу овакве верификације, могуће је закључити да је добијени модел прихватљив и применљив, не само са аспекта научног достигнућа, већ и у практичне примене. У складу са овим истраживањем, дефинисан је један веома ефикасан модел за решавање проблема овакве врсте. Наиме, дефинисана је комплексна методологија која омогућава детаљну анализу проблема и знатно поспешује процес доношења одлуке када је реч о изградњи овакве врсте постројења.

Поглавље 9: Резултати рангирања применом PROMETHEE/GAIA методологије на конкретним вредностима из праксе

У овом делу докторске дисертације вршено је рангирање тридесет топионица које примењују седам различитих технолошких поступака топљења концентрата бакра. Рангирање и селекција су вршени на основу једанаест критеријума који су од есенцијалне важности за све претходно наведене технолошке поступке, а такође

ови карактеристични параметри су коришћени за представљање технолошких процеса код великог броја аутора. Међутим, поред самих показатеља процеса, овде су узети у обзир и параметри – односно ограничења окружења у реалним производним условима. Као резултат, најбоље рангирана топионица у овом делу истраживања је „Noranda Inc.“ („Altonorte“, Чиле), која укупно поседује најбоље перформансе. Поред тога, дошло се и до закључка да изградња топионице која ће давати само добре економске резултате без вођење рачуна о еколошким захтевима може у дугорочном периоду доносиоца одлука много више коштати.

Поглавље 10: Закључна разматрања и научни допринос

У десетом поглављу приказана су завршна разматрања добијених резултата у овој докторској дисертацији. Остварени резултати у овој дисертацији недвосмислено указују на ефективност и потенцијал предложених интегралних вишекритеријумских модела за разматрање дефинисаног предмета истраживања, при чему су тврдње хипотеза адекватно дискутоване и доказане у овом поглављу. На крају овог поглавља констатован је и практични допринос добијених резултата, као и универзалност истраживачке методологије развијене и примењене у овој докторској дисертацији.

Поглавље 11: Литература

У једанаестом поглављу дат је абecedни списак коришћених литературних извора за потребе израде ове докторске дисертације.

Поглавље 12: Биографија

У последњем дванаестом поглављу дата је биографија кандидата.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Бакар и његова производња имају значајну улогу у развоју економије сваке земље. Изградња постројења за његову производњу захтева велика новчана улагања, док пословање таквих постројења има велики утицај не само на економију већ и на животну средину и стандард друштва. Примена савмених технолошких процеса за његову екстракцију даје слику и о одрђеном технолошком развоју земље у којој постројење егзистира. У овој дисертацији идентификовани су одговарајући технолошки параметри у оквиру актуелних разматраних технологија. Применом адекватних статистичких алата

који су подржани од стране савремених софтверских пакета, развијен је вишекритеријумски модел за избор оптималног технолошког процеса у комплексним условима. Имајући у виду циљеве и задатке истраживања постављене на почетку ове докторске дисертације може се закључити да су они постигнути. Стога, у овој докторској дисертацији се предлаже и разматра оригинални приступ за моделовање утицајних параметара приликом рангирања технолошких процеса пирометалуршке екстракције бакра. У ту сврху у овој докторској дисертацији развијен је оригинални интегрални вишекритеријумски модел у циљу селекције оптималног технолошког процеса за дату реалну комбинацију услова производње. Дефинисани модел представља оригинални системски приступ као подршку групном одлучивању, при чему су у самим процесима формулисања и оцењивања критеријума, подкритеријума били укључени експерти из дате области. У овој докторској дисертацији свеобухватно се приступило налажењу компромисних решења на један системски начин, који до сада није примењен у овој области. На тај начин доносиоци одлука могу се усмерити на заједничко деловање и постизање циљева, који ће резултовати повећањем укупних перформанси постројења за пирометалуршку екстракцију бакра, као и развоју самог региона и државе у којој ово постројење егзистира.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У току процеса израде ове докторске дисертације коришћена су 157 литературних 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 публикација старијег датума.

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

- Abedi, M., Torabi, S.A., Norouzi, G.H., Hamzeh, M., Elyasi, G.R. 2012. PROMETHEE II: a knowledge-driven method for copper exploration. *Computers & Geosciences*, 46, 255-263.
- Avalor, M., Priarone, P.C., Scattina, A. 2014. Experimental and numerical characterization of a mechanical expansion process for thin-walled tubes. *Journal of Materials Processing Technology*, 214 (5), 1143-1152.
- Brans, J.P. 1982. "L'ingénierie de la décision; Elaboration d'instruments d'aide à la décision. La méthode PROMETHEE." u *Laideala Decision: Nature, Instrumentset Perspectives Davenir*, urednici R. Nadeau, i M. Landry, 183-214. Quebec, Canada: Pressesde Universite Laval.

- Brans, J.P., Mareschal B. 2005. Promethee Methods. In G. Salvatore (Ed.) Multiple Criteria Decision Analysis, State Of The Art Survey. New York: Springer-Verlag New York. 163-186.
- Brans, J.P., Mareschal, B. 1994. The PROMCALC and GAIA decision support system for multicriteria decision aid. *Decision Support Systems*, 12 (4-5), 297-310.
- Bridge G. 2000. The social regulation of resource access and environmental impact: production, nature and contradiction in the US copper industry. *Geoforum*, 31, 237-256.
- Davenport, W. G., King, M., Schlesinger, M., Biswas, A. 2002. *Extractive Metallurgy of Copper*, 4th ed. Amsterdam: Elsevier
- Elshkaki, A., Graedel, T.E., Ciacci, L. & Reck B. (2016). Copper demand, supply, and associated energy use to 2050. *Global Environmental Change*, 39, 305–315.
- Hsu, Y.L., Lee, C.H., Kreng, V.B. 2010. The application of Fuzzy Delphi Method and Fuzzy AHP in lubricant regenerative technology selection. *Expert Systems with Applications*, 37, 419-425.
- Jaunky, V.C. 2013. A cointegration and causality analysis of copper consumption and economic growth in rich countries. *Resources Policy*, 38, 628-639.
- Kapusta, J., 2004. JOM World Nonferrous Smelters Survey, Part I: Copper. *The Journal of The Minerals, Metals & Materials Society*, 56 (7), 21-27
- King, G.M. 2007. The evolution of technology for extractive metallurgy over the last 50 years – is the best yet to come?. *The Journal of The Minerals, Metals & Materials Society*, 59 (2), 21-27.
- Moskalyk, R., Alfantazi, A., 2003. Review of copper pyrometallurgical practice: today and tomorrow. *Minerals Engineering*, 16, 893-919.
- Nikolic D., Jovanovic I., Mihajlovic I., Zivan Z. 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.
- Nikolić I, Jovanović I, Mihajlović I, Miljanović I. 2015. Analysis of copper concentrate production by systemic approach. *Copper*, 40 (2), 33-50.
- Saaty, T.L. 1980. *The analytic hierarchy process*. New York: McGraw-Hill.
- Schlesinger, M., King, M., Sole, K., Davenport, W. 2011. *Extractive Metallurgy of Copper*, 5th ed. Amsterdam: Elsevier
- Sievers, H., Meyer, F.M. 2003. Parameters influencing the efficiency of copper extraction. *Erzmetall* 56 (8), 420-425.
- Vego, G., Kučar-Dragičević, S., Koprivanac N. 2008. Application of multi-criteria decision-making on strategic municipal solid waste management in Dalmatia, Croatia. *Waste Management*, 28, 2192–2201.
- Veza, I., Celar, S., Peronja, I. 2015. Competences-based Comparison and Ranking of Industrial Enterprises using PROMETHEE Method. *Procedia Engineering*, 100, 445-449.

- Von Neumann, J., Goldstine, H.H. 1947. Numerical Inverting of Matrices of High Order. The American Mathematical Society, 53, 1021-1099.
- Vračar, R. 2010. Teorija i praksa dobijanja obojenih metala. Beograd: Savez inženjera metalurgije Srbije
- Wang, J.L., Chen, Y.Z., Zhang, W.H., Zhang, C.F. 2013. Furnace structure analysis for copper flash continuous smelting based on numerical simulation. Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 23 (12), 3799-3807.
- Wang, T.C., Chen, Y.H. 2007. Applying consistent fuzzy preference relations to partnership selection. Omega, 35 (4), 384-388.
- Yang, Y., Ren, J., Solgaard, H.S., Xu, D., Nguyen, T.T. 2018. Using multi-criteria analysis to prioritize renewable energy home heating technologies. Sustainable Energy Technologies and Assessments, 29, 36-43.
- Yu, X., Xu, Z., Ma, Y. 2013. Prioritized multi-criteria decision making based on the idea of PROMETHEE. Procedia Computer Science, 17, 449-456.
- Zhao, H., Peng, Y., Li, W. 2013. Revised PROMETHEE II for Improving Efficiency in Emergency Response. Procedia Computer Science, 17, 181-188.
- Živković, Ž., Nikolić, Đ. 2016. Osnove matematičke škole strategijskog menadžmenta, Bor: Tehnički fakultet u Boru

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

За успешно остваривање постављених циљева истраживања у овој докторској дисертацији примењене су адекватне вишекритеријумске методе („PROMETHEE/GAIA”, „АНР”, „TOPSIS”) са посебним фокусом на њихову примену у фази окружењу ради отклањања непрецизности и неизвесности полазних података, као и примену у процесу групног одлучивања за постизање компромисних одлука свих актера одлучивања. Поменуте вишекритеријумске методе коришћене су за формирање интегралних модела селекције и рангирања пирометалуршких процеса за екстракцију бакра. Развој модела применом „PROMETHEE/GAIA“ методологије и његова верификација путем Фази „АНР – TOPSIS“ методологије дају за резултат једнакост утврђених приоритета између разматраних актуелних технолошких процеса за порометалуршку екстракцију бакра, чиме се потврђује валидност и адекватност примењеног методолошког оквира.

3.4. Применљивост остварених резултата

Добијени резултати у оквиру докторске дисертације имају значајан емпиријски допринос у рангирању и селекцији адекватног технолошког процеса пирометалуршке екстракције бакра у датим условима пословања. Коришћење овог модела у одлучивању о изградњи

новог постројења или замени старог технолошког процеса новим, даје целокупну слику о свим предностима једне алтернативе у односу на друге узимајући све разматране критеријуме у обзир. На тај начин даје се могућност доносиоцима одлуке да са више аргумената могу образложити своју одлуку о предностима одређене алтернативе у односу на друге. Циљ овог модела јесте да учини управљачки механизам и процес доношења одлуке ефикаснијим, а донета решења оптималним. Поред примене модела, коначна одлука у процесу одлучивања свакако остаје доносиоцима одлуке.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Урађена докторска дисертација, анализа добијених резултата, њихово тумачење, те проистекли и објављени научни радови указују на способност кандидата Ивице Николића, мастер инжењер менаџмента, за самостални научни рад као и за активно учешће у тимском раду.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

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

- Рангирани су и дефинисани утицајни параметри за евалуацију одговарајућег технолошког процеса екстракције бакра, као и процена њихових значајности.
- Развијен је оригинални вишекритеријумски модела за селекцију најадекватнијег технолошког процеса екстракције бакра, који у исто време узима у обзир техничке, економске и еколошке параметре процеса.
- Сprovedена је анализа осељивости дефинисаног модела на основу параметара добијених из реалне праксе екстракције бакра.
- Имплементацијом дефинисаног модела за приоритизацију утицајних фактора, за оцену оптималности сваког од разматраних технолошких процеса, формиран је оригинални системски оквир одлучивања, као и могућност њеног даљег развоја и примене у другим областима за приоритизацију стратегија одрживог развоја у сектору производње бакра.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

У циљу селекције оптималног процеса пирометалуршке екстракције бакра из бакроносних сировина неопходно је развити адекватан модел који ће у обзир узети више међусобно супростављених критеријума еколошке, економске и техничке природе. Такође је потребно извршити и адекватну процену значајности сваког критеријума са становишта различитих интересних група и појединаца који су укључени у процес одлучивања. На основу изнетих чињеница и остварених резултата у овој докторској дисертацији могуће је уочити да су сви постављени циљеви у потпуности остварени, као и да су све постављене хипотезе анализиране и потврђене. С тога, резултати истраживања представљају значајан помак пре свега у унапређењу процеса групног одлучивања у селекцији технолошких процеса за пирометалуршку екстракцију бакра, а такође и у другим областима селекције технолошких процеса. Кроз примену развијеног модела на конкретним вредностима из праксе приказује се употребљивост овог модела у пракси. Даље, остварени резултати због своје универзалности проширују област примене разматраног методолошког оквира и дају драгоцен увид за све оне доносиоце одлука, који се баве решавањем комплексних проблема у неизвесним условима одлучивања.

4.5. Верификација научних доприноса

Верификација докторске дисертације је у складу са позитивним законским одредбама у Републици Србији и критеријумима Универзитета у Београду, међу којима се предвиђа и објављивање најмање једог рада из дисертације у часописима са импакт фактором (IF) где би кандидат требало да буде први аутор.

Кандидат Ивица Николић, мастер инжењер менаџмента, је до тренутка предавања дисертације за јавну одбрану објавио један рад у часопису са IF, а који се налази на SCI-е листи.

Из ове дисертације, односно из њених делова, проистекли су следећи радови:

Категорија **M21** (Рад у врхунском међународном часопису):

- 1 **Nikolić, I.**, Milošević, I., Milijić, N., Mihajlović, I., (2019). Cleaner production and technical effectiveness: Multi-criteria Analysis of Copper Smelting Facilities, Journal of Cleaner Production, doi:10.1016/j.jclepro.2019.01.109

Категорија **M14** (Монографска студија/поглавље у књизи M12 или рад у тематском зборнику водећег међународног значаја):

1. **Nikolić, I.**, Milošević, I., Milijić, N., Mihajlović, I., Impact on the environment on selection of adequate technology for the copper smelting, Environmental awareness as a universal European Value, University of Belgrade, Technical Faculty in Bor, Bor, Serbia, 2016, pp.165-174. ISBN: 978-86-6305-044-0.

Категорија **M51** (Рад у часопису националног значаја):

1. **Nikolić, I.**, Jovanović, I., Mihajlović, I., Miljanović, I., Analiza proizvodnje koncentrata bakra sistemskim pristupom, Bakar, 40 (2015) 2, pp. 33. – 50. ISSN: 0351-0212

Категорија **M33** (Саопштење са међународног скупа штампано у целини):

1. **Nikolić, I.**, Jovanović, I., Mihajlović, I., Miljanović, I., System approach to the analysis of copper concentrate production, Book of proceedings, International May Conference on Strategic Management - IMKSM2015, 29-31. May 2015, Bor, Serbia, pp.726-741.

Категорија **M34** (Саопштење са међународног скупа штампано у изводу):

1. **Nikolić, I.**, Milošević, I., Milijić, N., Mihajlović, I., Ecological impact on selection of adequate technology, Book of abstracts, International May Conference on Strategic Management - IMKSM2016, May 28 – 30, 2016, Bor, Serbia, p. 139.
2. **Nikolić, I.**, Milošević, I., Mihajlović, I., Đorđević, P., Multi-criteria ranking of technology process in heavy industry, Book of abstracts, International Symposium on Environmental and Material Flow Management – EMFM 2016, October 2-6, 2016, Bor, Serbia, p. 31.
3. **Nikolić, I.**, Milošević, I., Milijić, N., Mihajlović, I., The application of the multi-criteria ranking in choosing the copper smelting facilities based on the ecological parameters. 7th International Symposium on Environmental and Material Flow Management –EMFM 2017 November 3-5, 2017 Hotel “ALBO”, Bor, Serbia pp.174-174.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

У дисертацији кандидата Ивице Николић, мастер инжењера менаџмента, 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 моделовања утицајних параметара за рангирање технолошких процеса пирументаушке екстракције бакра применом метода вишекритеријумске анализе. Дефинисани модел има универзални карактер и може се користити и на рангирање технолошких процеса ван производње и металургије бакра. Прихваћени рад за публикавање у једном од међународних научних часописа (М-21) са JCR листе на најбољи начин потврђује ниво остварених резултата кандидата у овом раду.

На основу напред наведених чињеница Комисија са задовољством закључује да је докторска дисертација 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.

С тога, комисија предлаже Наставно-научном већу Техничког факултета у Бору да прихвати позитиван извештај о урађеној докторској дисертацији кандидата Ивице Николића под називом: **“МОДЕЛОВАЊЕ УТИЦАЈНИХ ПАРАМЕТАРА ЗА РАНГИРАЊЕ ТЕХНОЛОШКИХ ПРОЦЕСА ПИРОМЕТАЛУРШКЕ ЕКСТРАКЦИЈЕ БАКРА ПРИМЕНОМ МЕТОДА ВИШЕКРИТЕРИЈУМСКЕ АНАЛИЗЕ”**, 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, фебруар 2019. године

КОМИСИЈА

1. Проф. др Исидора Милошевић, ванредни професор

Универзитет у Београду, Технички факултет у Бору

2. Проф. др Весна Спасојевић Бркић, редовни професор

Универзитет у Београду, Машински факултет

3. Проф. др Иван Михајловић, редовни професор

Универзитет у Београду, Технички факултет у Бору
