

Факултет Рударско-геолошки

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

(Број захтева)

Веће научних области техничких наука
(Назив већа научне области коме се захтев упућује)

(Датум)

ЗАХТЕВ**за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације за кандидата на докторским студијама**

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 3. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", број 162/11-пречишћени текст, 167/12, 172/13 и 178/14), дате сагласност на предлог теме докторске дисертације:

“Модел за комплексно третирање ефеката подземне експлоатације лежишта минералних сировина у циљу подршке одлучивању“

НАУЧНА ОБЛАСТ

Рударско инжењерство

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног од родитеља и презиме кандидата:

Сања (Илија) Бајић, маг. инж. заш. жив. средине

2. Претходно образовање (назив и седиште факултета, студијски програм):

Универзитет у Београду – Рударско-геолошки факултетИнжењерство заштите животне средине и заштите на раду

3. Година дипломирања:

2011. Мастер академске студије

4. Година уписа на докторске студије:

школска 2011/12. година

5. Назив студијског програма докторских студија:

Рударско инжењерство

Обавештавамо вас да је

Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду
(назив надлежног тела факултета)

на седници одржаној 21.02.2019. године размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације јер садржи оригиналну идеју и да је од значаја за развој науке, примену њених резултата, односно развој научне мисли уопште.

ДЕКАН

Рударско-геолошког факултета

Проф. др Зоран Глигорић

Прилог

1. Предлог теме докторске дисертације са образложењем.
2. Акт надлежног тела факултета о подобности теме за израду докторске дисертације.

На основу члана 93. став 4. Статута Универзитета у Београду (Гласник Универзитета у Београду – пречишћен текст, број 186/15) и члана 49. Статута Рударско-геолошког факултета, декан Факултета доноси

ОДЛУКУ

Студентима Рударско-геолошког факултета може се на лични захтев, поднет пре истека рока предвиђеног за завршетак студија (члан 93. став 1. и 2. Статута Универзитета у Београду) одобрити продужење рока за завршетак студија за два семестра, под условима утврђеним општим актом Универзитета, односно Факултета.

ДЕКАН

Рударско-геолошког факултета

Др Душан Полочичић, ред. проф.

Доставити:

- Продекану за наставу
- Одељењу за студентска и наставна питања
- А/а

На основу члана 101. став 4. и члан 181. Статута Универзитета у Београду, Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду на својој седници одржаној 18.10.2018. године, донело је

О Д Л У К У

Одобрава се продужење рока за завршетак докторских студија **Сањи Бајић, маг. инж. заштите животне средине**, до истека рока у троструком броју школских година потребних за реализацију студијског програма.

Д Е К А Н

др Зоран Глигорић, ред. проф.

Достављено:

- Именованој
- Одељењу за студентска питања

На основу члана 40. Закона о високом образовању, члана 181. Статута Универзитета у Београду, Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, на својој седници одржаној 21.02.2019. године, донело је

О Д Л У К У

1. Усваја се извештај Комисије за оцену подобности теме, кандидата и ментора предложене теме докторске дисертације кандидата **Сање Бајић, маг. инж. заш. жив. средине.**
2. Одобрава се именованој израда докторске дисертације под насловом *"Модел за комплексно третирање ефеката подземне експлоатације лежишта минералних сировина у циљу подршке одлучивању"*.
3. За ментора се именује др Бранко Глушчевић, ванр. проф.
4. Сагласност на предлог теме докторске дисертације из ове одлуке даје Веће научних области техничких наука.

Д Е К А Н

др Зоран Глигорић, ред. проф.

Достављено:

- Већу научних области техничких наука
- Ментору
- Именованој
- Одељењу за студентска питања

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидаткињу Сању Бајић, мастер инжењера заштите животне средине

Име и презиме ментора: **Бранко Глушчевић**

Звање: **ванредни професор, Рударско-геолошки факултет, Универзитет у Београду**

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Zoran Gligorić, Čedomir Beljić, Branko Gluščević, Saša Jovanović: Hybrid model of evaluation of underground lead-zinc mine capacity expansion project using Monte-Carlo simulation and fuzzy numbers, *Simulation, Transactions of the Society for Modeling and Simulation International*, Volume 87, Number 8, 2011, pp. 726-742, SAGE Publications, (IF2011=0,793), ISSN 0037-5497, DOI:10.1177/0037549711410902.
2. Saša Jovanović, Zoran Gligorić, Čedomir Beljić, Branko Gluščević, Čedomir Cvijović: Fuzzy Model for Selection of Underground Mine Development system in a Bauxite Deposit, *Arabian Journal for Sciences and Engineering* 39, 2014, pp.4529-4539, Springer, (IF2013=0,367), DOI 10.1007/s13369-014-1173-9. ISSN 1319-8025.
3. Zoran Gligorić, Čedomir Beljić, Branko Gluščević, Čedomir Cvijović: Underground Lead-Zinc Mine Production Planning Using Fuzzy Stochastic Inventory Policy, *Polska Akademia Nauk, Archives of Mining Sciences*, Volume 60, Issue 1, Pages 73–92, Walter de Gruyter GmbH, May 2015, (IF2013=0,608), ISSN (Online) 1689-0469, DOI: 10.1515/amsc-2015-0006.
4. Suzana Lutovac, Dragan Medenica, Branko Gluščević, Rade Tokalić, Čedomir Beljić: Some Models for Determination of Parameters of the Soil Oscillation Law during Blasting Operations, *Energies*, Volume 9, Issue 8, 617, Special Issue Selected Papers from the 5th International Symposium on Mining and Environmental Protection, Pages 1-15, MDPI AG, August 2016, (IF2019=2,676) DOI: 10.3390/en9080617
5. Suzana Lutovac, Branko Gluščević, Rade Tokalić, Jelena Majstorović, Čedomir Beljić: Models of Determining the Parameters of Rock Mass Oscillation Equation with Experimental and Mass Blastings, *Minerals*, Volume 8, Issue 2, 70, Special Issue Selected Papers from the 6th International Symposium on Mining and Environmental Protection, Pages 1-18, MDPI AG, February 2018, (IF2019=1,835) DOI: 10.3390/min8020070

У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији техничко-технолошких, природно-математичких и медицинских наука ментор треба да има најмање три рада са SCI, SSCI, AHCI или SCle листе, као и Math-Net.Ru листе.

У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији друштвено-хуманистичких наука ментор треба да има најмање три рада са релевантне листе научних часописа (Релевантна листа научних часописа обухвата SCI, SSCI, AHCI и SCle листе, као и ERIH листу, листу часописа које је Министарство за науку класификовало као M24 и додатну листу часописа коју ће, на предлог универзитета, донети Национални савет за високо образовање. Посебно се вреднују и монографије које Министарство науке класификује као M11, M12, M13, M14, M41 и M51.)

У Београду, 21.01.2019. године

ДЕКАН

Рударско-геолошког факултета

Проф. др. Зоран Глигорић

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Сање Бајић за израду докторске дисертације

Одлуком 1/310 бр. од 24.12.2018 године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Сање Бајић за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „Модел за комплексно третирање ефеката подземне експлоатације лежишта минералних сировина у циљу подршке одлучивању“ .

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Сања Бајић рођена је 15. априла 1986. године у Кикинди. Средњу школу, гимназија (општи смер) „Душан Васиљев“, је завршила у Кикинди 2005. год. Полази на студије од октобра 2005. године на Рударско-геолошком факултету Универзитета у Београду, смер инжењерство заштите животне средине, а дипломирала је 05. октобра 2009. године , са просечном оценом 8,04 (скала од 6 до 10) и стекла звање Дипломирани инжењер заштите животне средине.

Октобра 2009. године уписала је мастер студије на Рударско-геолошком факултету у Београду, научна област заштита животне средине. Дипломирала је 25.02.2011 са оценом 10 (скала 6-10), са општим успехом 9.11 (скала 6-10) и стекла звање Мастер - инжењер заштите животне средине.

Октобра 2011. године уписала је докторске академске студије на Рударско-геолошком факултету у Београду, научна област, рударско инжењерство.

Стипендиста је Министарства просвете, науке и технолошког развоја републике Србије од марта 2012 године до марта 2016. године.

Од марта 2016. год. запослена је као истраживач-сарадник на Катедри за рударске радове и израду подземних просторија Рударско-геолошког факултета на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије под називом: Изучавање могућности валоризације преосталих резерви угља у циљу обезбеђења стабилности енергетског сектора Републике Србије.

У свом научном раду (за израду докторске дисертације) бави се оптимизацијом, фази логиком и анализом ефеката при избору оптималне методе откопавања у подземној експлоатацији.

Учешће на научним скуповима:

- I међународни симпозијум енергетско рударство, Vrnjačka Banja, Srbija, 2007.
- Tenth young researchers conference materials science and engineering, Institute of Technical Sciences of SASA, Belgrade, Serbia, 2011.
- XVI Waste Recycling, Ostrava, Czech Republic, 2012.
- 23 International Mining Congress and Exhibition of Turkey Antalya, Turkey, 2013.
- XV Balkan Mineral Processing Congress, Sozopol, Bulgaria, 2013.
- XVII International Coal Preparation Congress, Istanbul, Turkey, 2013.

1.2. Сечено научноистраживачко искуство

Школске 2011/12. године Сања Бајић, мастер.инг.заш.жив.средине уписана је на докторске академске студије студијског програма Рударско инжењерство на Рударско-геолошком факултету на одсек за рударство. Статус студента је наставила и у школској 2016/17. год. На основу Конкурса Министарства просвете, науке и технолошког развоја за стипендирање младих истраживача-доктораната за завршетак докторских студија и докторске дисертације, постала је стипендиста од марта 2012. год. На Рударско-геолошком факултету је укључена на пројекат „Изучавање могућности валоризације преосталих резерви угља у циљу обезбеђења стабилности енергетског сектора Републике Србије“ од марта 2012. год.

На Рударско-геолошком факултету као стипендиста-докторанд учествовала је у настави и одржавању вежби на предметима:

- Технике узорковања,
- Заштита животне средине,
- Увод у рударство и
- Технологија материјала.

На докторским академским студијама студијског програма Рударско инжењерство положила је следеће испите:

- Одабрана поглавља из вероватноће и статистике (ЕСПБ 10, оцена 10),
- Савремени материјали (ЕСПБ 10, оцена 8),

- Теоријски принципи уситњавања и класирања (ЕСПБ 10, оцена 9),
- Физички процеси у ниској атмосфери и животна средина (ЕСПБ 10, оцена 8),
- Израда докторске дисертације 1 (ЕСПБ 10, оцена 10),
- Израда докторске дисертације 2 (ЕСПБ 10, оцена 10),
- Механохемијска активација (ЕСПБ 10, оцена 8),
- Рециклирање комуналног отпада (ЕСПБ 10, оцена 10),
- Одабрана поглавља из израде подземних просторија (ЕСПБ 10, оцена 10),
- Управљање отпадом – одабрана поглавља (ЕСПБ 10, оцена 10),
- Израда докторске дисертације 3 (ЕСПБ 10, оцена 9),
- Израда докторске дисертације 4 (ЕСПБ 10, оцена 8),
- Научно-истраживачки рад (ЕСПБ 5, оцена 10),
- Израда докторске дисертације 5 (ЕСПБ 25, оцена 10),
- Научно-истраживачки рад (ЕСПБ 5, оцена 10).

Закључно, на докторским академским студијама положила је 15/16 испита са просечном оценом 9.33 и укупно 155 ЕСПБ.

Захтев за одобрење Дисертације (пријава теме дисертације) поднела је у децембру 2018. године.

Учествовала је на неколико домаћих и међународних научних конференција и симпозијума, на којима је презентовала радове из области рударства и публиковала их у зборницима интернационалних конференција. Такође, учествовала је као сарадник при изради студија везаних за рударске радове. Списак до сада објављених радова је следећи:

1. **Bajić S.**, Mihajlovski E., Brkljač I., Cukić N., Stanje i perspektive energetskog rudarstva u Srbiji; I međunarodni simpozijum energetsko rudarstvo, Rudarsko – geološki fakultet u Beogradu, Zbornik radova str. 403–407, Vrnjačka Banja, Srbija, 21-24 novembar, 2007., ISBN 978-86-7352-158-9. **(M33 =1)**
2. Ristović I., Fedorko G., Huhakova N., **Bajić S.**, Projektovanje transportnih sistema za ekološki transport pepela; II savetovanje sa međunarodnim učešćem deponije pepela, šljake i jalovine u termoelektranama i rudnicima, Privredna komora Srbije, Zbornik radova str. 75-83, Banja Vrujci, Srbija, 20-21 oktobar, 2009., ISBN 978-86-80809-46-5. **(M33 =1)**
3. Trajković S., Lutovac S., Ilić S., **Bajić S.**, Ravilić M., Procena kvaliteta ugrađenog betona ultrazvučnim osmatranjem; Podzemni radovi, Rudarsko – geološki fakultet u Beogradu, str. 55-65, Beograd, Srbija, decembar 2011., YU ISSN 0354-2904. **(M53 =1)**
4. Bircević D., **Bajić S.**, Gaćina R., Koval L., Tomanec R., Pelletized fly ash – a new aggregate for lightweight concrete; Tenth young researchers conference materials science and engineering, Institute of Technical Sciences of SASA, Belgrade, Serbia, December 21-23, 2011., ISBN 978-86-80321-27-1. **(M34 =0,5)**

5. **Bajić S.**, Upotreba GIS tehnologije u zaštiti životne sredine u Kolubari, Srbija; IV Internacionalni naučno- stručni skup građevinarstvo-nauka i praksa, Građevinski fakultet Podgorica, Zbornik radova str. 1663-1669, Žabljak, Crna Gora, 20 – 24 februar, 2012., ISBN 978-86-82707-21-9. **(M33=1)**
6. **Bajić S.**, Gaćina R., Trajković S., Tokalić R., Mogućnosti primene tvrdih legura za sečiva bušaćih kruna u rudarstvu; IV International Symposium Underground and Surface Mining of the Mineral Raw Materials PODEX-POVEKS`12., str. 41 – 48, Štip, Makedonija, 23–24 novembar, 2012., ISBN 978-9989-2921-8-7. **(M33=1)**
7. Tomanec R., Lazić P., **Bajić S.**, Gaćina R., Characteristics and the possibility of concentration of oxide Pb – Zn ore from rudnik mine; XVI Waste Recycling, pp. 179-185, Ostrava, Czech Republic, November 29 – 30, 2012., ISBN 978-80-248-2888-6. **(M33=1)**
8. Trajković S., Lutovac S., Ravilić M., **Bajić S.**, Gaćina R., Assessment of blast effect of shock waves on constructed facilities and environment; 23 International Mining Congress and Exhibition of Turkey Antalya, pp. 334 – 344, Antalya, Turkey, April 16 – 19, 2013., ISBN 978-605-01-0467-7. **(M33=1)**
9. Tomanec R., **Bajić S.**, Gaćina R., The physical and mechanical properties of pelletized fly ash; XV Balkan Mineral Processing Congress, pp. 952 – 956, Sozopol, Bulgaria, June 12 – 16, 2013., ISBN 978-954-353-218-6. **(M33=1)**
10. Tomanec R., **Bajić S.**, Gaćina R., Čablik V., Pelletized fly ash - the physical and mechanical properties; XVII International Coal Preparation Congress, Aral Group Ankara, Turkey, pp. 683 – 688, Istanbul, Turkey, October 1 – 6, 2013., ISBN 978-605-64231-0-9. **(M33=1)**
11. Tomanec R., Lazić P., Gaćina R., **Bajić S.**, 2013. Ore microscopy analysis methods in mineral concentration processis; V Jubilee Balkan Mining Congres, Sojuz na rudarski i geološki izeneri na Republika Makedonija, pp. 779 – 785, Ohrid, Macedonia, September 18 – 21, 2013., ISBN 978-608-65530-0-5. **(M33=1)**
12. Trajković S., Lutovac S., Ravilić M., **Bajić S.**, Gaćina R., Procena uticaja miniranja sa PK „Kijevo“ na životnu sredinu, rudarske i građevinske objekte; 2st Simposium with international participation – mining and energy 2014, str. 262-271, Tara, Srbija, 11 – 13 mart, 2014., ISBN: 978-86-80809-77-9. **(M33=1)**
13. Gaćina R., **Bajić S.**, Tomanec R., (2014) „Characterization of Lignitic Fly Ash Byproducts – TTP Kostolac B, Serbia and its Utilization“ 18th International Conference of Waste Recycling, 9-10 october 2014, Miscohc, Hungary, Proceedings of apstracts, pp. 31, ISBN 978-615-5216-60-2 **(M34 =0,5)**
14. Lutovac S., **Bajic S.**, Gaćina R., Ravilić M., Parameter determination of soil oscilation law using quotient of the relative growth increments of oscillation velocity and reduced distances at „Nepricava“ open pit mine; Underground mining engineering, University of Belgrade-Faculty of mining and geology, pp 9-19, Belgrade, Serbia, june 2015., YU ISSN

0354-2904. (M53 =1)

15. Ravilić M., Bogdanović B., Lutovac S., **Bajić S.**, Gaćina R., Analysis of the impact of blasting on construction facilities and environment in the preparation of the tunnel portal sarlah near Pirot (south Serbia); XXIII International Conference „ECOLOGICAL TRUTH“ Eco-Ist' 15, pp 212-218, University of Belgrade-Technical faculty in Bor, June 17-20, 2015., ISBN: 978-86-6305-032-7. (M33 =1)

16. **Bajić S.**, Gaćina R., Urošević K., Lutovac S., Analiza uticaja miniranja sa PK „Manastirište“ – kod Topole na kompleks objekata manastira; Mining and Metallurgy Engineering Bor, Rudarski institut Bor, str. 9-18, Bor, Srbija, Jun 2/2016., ISSN:2334-8836. (M24 =3)

17. Nikolić B., Trajković S., **Bajić S.**, Vujačić V., Ninety years of mining and metallurgy in Trepča-Sever conglomerate (part II); Underground mining engineering, University of Belgrade-Faculty of mining and geology, pp 45-66, Belgrade, Serbia, December 2017., YU ISSN 0354-2904. (M53 =1)

18. Bajić S., Gluščević B., Analysis of influence of blasting at open pit mines on surrounding built objects and environment, International scientific and technical internet conference “Inovative development of resource – saving technologies of mineral mining and processing”, University of Petrosani Romania, pp. 82-85., Romania, December 2018., ISBN 978-973-741-616-2. (M34 =0,5)

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Сања Бајић је положила све испите предвиђене акредитованим докторским академским студијама на студијском програму Рударско инжењерство, са просечном оценом 9.33.

2. Предмет и циљ истраживања

2.1 Предмет истраживања

Економски развој и укупни напредак друштва захтева стално повећање производње при чему је рударство увек било међу приоритетним гранама. Стално се постављају све сложенији задаци, који се карактеришу потребом остваривања повећане производње у све неповољнијим условима експлоатације. Истовремено увек је наглашено да треба остваривати оптималну производњу. Унапређење и оптимизација технолошког процеса подземне експлоатације минералних сировина захтева квантитативна геолошка и рударска истраживања. При изучавању и решавању овог задатка користи се скуп математичких метода која су заступљена код решавања техничко-економских, често веома сложених задатака.

Данашњи развој, услед ангажовања обимних инвестиционих средстава, захтева велику одговорност, а истовремено и ризике, који се могу код непотпуних анализа или недовољно обухваћених утицајних фактора при доношењу коначног решења, веома негативно одразити на очекивани позитивни биланс будућег пословања. Ради смањења

или потпуног елиминисања ризика при новим улагањима, која су по правилу велика потребно је претходно извршити комплексна истраживања и изучавања. Потребно је изабрати оне технолошке поступке који дају најбоље економске ефекте у дужем временском периоду.

Приликом решавања реалних проблема, а у циљу доношења квалитетне одлуке, неопходно је узети у обзир велики број често сложених параметара. Из тих разлога развој алата за моделовање процеса одлучивања последњих година бележи значајан раст, а међу њима су се издвојили вишекритеријумски модели као корисни за решавање комплексних и конфликтних појава. Вишекритеријумски модели олакшавају доносиоцима одлуке проналажење оптималног решења у ситуацијама у којима постоји мноштво разнородних критеријума, који често могу бити и међусобно супротстављени.

Вишекритеријумска анализа представља научну дисциплину која привлачи велику пажњу истраживача при решавању реалних проблема одлучивања. Она има широку примену приликом вредновања, оцењивања и рангирања алтернатива у различитим областима истраживања. Специфично за ВКА је то да представља мултидисциплинарну област која укључује: операциона истраживања, математику, економију, теорију одлучивања и информационе системе. ВКА представља под-дисциплину или огранак операционих истраживања, а суштински се бави пројектовањем математичких и рачунарских модела који служе као подршка за евалуацију коначног скупа алтернатива у простору коначног скупа критеријума од стране једног или више доносилаца одлуке. Пошто овај приступ анализира велики број најчешће супротстављених критеријума, његов примарни циљ је да развије методологију која ће омогућити агрегацију скупа критеријума на основу субјективних преференција доносилаца одлуке. Постизање поменутог циља захтева, најчешће, примену сложених процедура и методологија.

Методе ВКА су дизајниране тако да одређују поредак алтернатива на основу неколико одабраних критеријума. Оне омогућавају компарацију како квантитативних тако и квалитативних критеријума, а уједно у анализу укључују и критеријуме који су исказани различитим јединицама мере. Међу бројним методама ВКА које су развијене за решавање реалних проблема издвојиле су се методе: AHP (eng. *Analytic hierarchy process*), TOPSIS (eng. *Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution*), PROMETHEE (eng. *Performance Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations*), ELECTRE (eng. *ELimination and Choice Expressing the REality*) i VIKOR (*VlšeKriterijumska Optimizacija i Kompromisno Rešenje*), јер су се показале као корисни алати при моделовању проблема у различитим областима примене. У оквиру ове докторске дисертације нагласак ће бити на примени AHP и TOPSIS методе за решавање проблема рангирања алтернатива.

Метода AHP је представљена од стране Saaty (1980) као техника за рангирање алтернатива у процесу одлучивања. Главна предност ове методе је та што адекватно третира нематеријалне (квалитативне) информације које су присутне готово у сваком

проблему одлучивања. Ttiantaphylloy & Lin (1996) и Duran & Aguilo (2007) су сумирали основне предности АНР методе, као што су: мерење конзистентности процена доносилаца одлуке, пројектовање критичних аспекта проблема у хијерархијску структуру, употреба компаративних матрица којима доносиоци одлуке одређују приоритетне тежине критеријума, могућност комбиновања са осталим техникама ВКА и једноставна примена.

Методу TOPSIS предложили су Xwang & Yoooh (1981) као ефикасан начин за рангирање алтернатива који се заснива на релативној сличности са идеалним решењем. Ова метода рангира алтернативе према удаљености од тзв. позитивног и негативног идеалног решења. Оптимална алтернатива је она која је у геометријском смислу најближа позитивном, а најдаља од негативног идеалног решења.

Ипак, ове методе су често у литератури изложене критици јер не узимају у обзир чињеницу да су људске процене често нејасне и непрецизне. Оне не обезбеђују задовољавајуће резултате у ситуацијама које се могу окарактерисати као неодређене/неизвесне. Многи реални проблеми одлучивања управо укључују фактор неизвесности. Такође, већина људских процена се не могу увек прецизно исказати. Сем тога, критеријуми су често субјективне и квалитативне природе, што негативно утиче на доносиоце одлуке у смислу исказивања сопствених преференција нумеричким вредностима и каснијег поређења процена. Управо поменути услови су навели истраживаче да предложе Фази вишекритеријумско одлучивање - FVKO (eng. *Fuzzy Multi Criteria Decision Making – FMCDM*), као и фази верзије поменутих метода FАНР и FTOPSIS.

Фази вишекритеријумски приступ се заснива на фази логици, тј. теорији фази скупова (Задех, 1965), која представља ефикасан начин да се математички представе неизвесне и непрецизне људске процене. ФВКО омогућава поређење значаја критеријума и рангирање алтернатива, на тај начин што се критеријуми процењују на основу фази лингвистичких променљивих. Концепт лингвистичких променљивих је веома користан у раду са проблемима који су по природи комплексни, односно који су лоше дефинисани и не могу се лако описати конвенционалним квалитативним изразима.

FАНР (eng. *Fuzzy Analytic Hierarchy Process*) је техника базирана на АНР методи и фази логици (Zadeh, 1965), а имплементира се коришћењем троугаоних фази бројева. FTOPSIS (eng. *Fuzzy Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution*) је метода код које су тежине критеријума представљене лингвистичким варијаблама, које се потом преводе у троугаоне фази бројеве. Приликом решавања стварних проблема, доносилац одлуке често због неизвесних фактора није у могућности да своје преференције искаже једном нумеричком вредношћу. Наведено се сматра основним недостатком конвенционалне АНР и TOPSIS методологије. Стога, за доносиоце одлуке је погодније да своје процене представе троугаоним фази бројевима.

Методе ВКА се често међусобно комбинују, осим тога својствена им је и комбинација са фази методама. Наиме, свака од метода има своје предности и недостатке у смислу потенцирања једних и маргинализовања других фактора који утичу на исказивање преференција доносиоца одлука. Комбиновањем више метода покушава се прецизније одредити реалан однос утицаја појединих параметара на укупан учинак.

2.2 Циљ истраживања

Основни циљ истраживања је развој комбинованог модела ВКА који подржава моделовање интеракције између атрибута, управљање нејасним/непрецизним оценама доносилаца одлуке о односима међу атрибутима, као и рангирање алтернатива. У оквиру дисертације од интереса је проверити да ли се комбиновањем класичних и фази више критеријумских метода може креирати хибридни модел који ће искористити све предности појединачних метода и дати поузданије резултате. Такође, размотриће се и могућност увођења логичких интеракција и условљености између атрибута одлучивања. На тај начин доносиоцима одлука је значајно олакшано представљање субјективних процена, јер им је омогућено да поставе лингвистичке захтеве и логичке међузависности између атрибута пре него се уведу нумеричке вредности. Предложени модели су тестирани као подршка процесима рангирања различитих варијантних решења отварања рудника.

2.3 Литература релевантна за предмет истраживања

Извод из литературе релевантне за предмет истраживања

1. Torbica S., Petrović N., Metode i tehnologija podzemne eksploatacije neslojevitih ležišta, Rudarsko-geološko-naftni fakultet Beograd, 1997., ISBN 86-7352-010-X.
2. Živković S., Nuić J., Vrkljan D., Podzemna eksploatacija mineralnih sirovina, Rudarsko-geološko-naftni fakultet Zagreb, 1999., ISBN 953-96303-5-5.
3. Milić V., Svrkota I., Petrović D., Fazno otvaranje rudnog tela „Borska reka“, Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor, Rudarski radovi, str. 89-96, Bor, Srbija, 1/2012., YU ISSN: 1451-0162.
4. Gligorić M., Gligorić Z., Model of Strategic Decision Making in Mining Industry Based on Fuzzy Dynamic TOPSIS Method, Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology (JMEST), ISSN: 3159-0040, Vol 2. Issue 3, March 2015.
5. Dubois, D., Prade, H. (1980). Fuzzy Sets and Systems: Theory and Applications, New York: Academic Press.
6. Elizabeth, S., Sujatha. L. (2011). Fuzzy Shortest Path Problem Based on Index Ranking, Journal of Mathematics Research, Vol. 3, No. 4, 80-88, November 2011, <http://dx.doi.org/10.5539/jmr.v3n4p80>
7. T.L. Saaty, Decision making with the analytic hierarchy process, Int. J. Services Sciences, 1(2008).

8. S. Shiraishi, T. Obata, M. Daigo Properties of a positive reciprocal matrix and their application to AHP, *Journal of the Operations Research*, 41(1998).
9. Despodov Z., Mitić S., Peltečki D., *Primena AHP metode za izbor transpotnog sistema pri projektovanju rudnika*, *Podzemni radovi* 19 (2011), Rudarsko – geološki fakultet u Beogradu, YU ISSN 03542904.
10. Alpay, S. and Yavuz, M. (2007) A decision support system for underground mining method selection. *Lecture Notes in Computer Science*, 4570, pp. 334-343.
11. Azadeh, A.; Osanloo, M.; Ataei, M. (2010). A new approach to mining method selection based on modifying the Nicholas technique. *Applied Soft Computing*, 10(4), pp. 1040-1061.
12. Azimi, R.; Yazdani-Chamzini, A.; Majid, M.; Edmundas, F.; Zavadskas, K.; Hossein Basiri, M. (2011). Ranking the strategies of mining sector through AHP and TOPSIS in a SWOT framework. *Journal of Business, Economics and Management*, 12(4), pp. 670-689.
13. Ballester, E. and Romero, C. (1998). Multiple criteria decision making and its applications to economic problems. Kluwer Academic Publishers Netherlands.
14. Bellman, R. E. and Zadeh, L. A. (1970). Decision-making in a fuzzy environment. *Management Science*, 17 (4), pp. 141–164.
15. COCHILCO. (2008). Best practices and efficient use of water in the mining industry.
16. Damigos, D. (2006). An overview of environmental valuation methods for the mining industry. *Journal of Cleaner Production*, 14, pp. 234-247.
17. Evans, R.; Moran, C. J., Brereton, D. (2006). Beyond NPV – a review of valuation methodologies and their applicability to water in mining. In: *Water in Mining 2006: Multiple Values of Water*, Brisbane, Queensland, Australia, pp. 97-103.
18. Herath, G.; Prato, T. (2006). Using multi-criteria decision analysis in natural resource management, Ashgate Publishing Limited, Hampshire.
19. Hwang, C. L. and Yoon, K. (1981). Multiple attribute decision making, methods and applications. *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*, vol.186. New York: Springer-Verlag.
20. Popović G., Stanujkić D., Jovanović R., *Izbor rudnog ležišta kombinovanom primenom TOPSIC i AHP metode*, Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor, Rudarski radovi, str. 213-222, Bor, Srbija, 3/2012., YU ISSN: 1451-0162.

3. Полазне хипотезе

Полазна хипотеза у оквиру докторске дисертације је следећа:

Експлоатација минералних ресурса има разне и вишеструке ефекте на економију, животну средину и друштво у целини. При доношењу одлука везаних за покретање и реализацију одређених пројеката у овој области, треба узети у обзир не само економске показатеље него и друштвене и еколошке захтеве, што се једино може постићи формулисањем и применом одговарајућег математичког модела компромисног програмирања.

Главна хипотеза биће поткрепљена помоћним хипотезама које би биле:

Економски, еколошки и друштвени захтеви везани за експлоатацију минералних ресурса имају одређену меру међусобног неслагања. Из тог разлога потребно је дефинисати такав математички модел компромисног програмирања који ће допринети превазилажењу наведеног недостатка и изналажењу оптималног избора који ће задовољити међусобно сукобљене интересе.

Од неколико предложених варијанти, у зависности од техничких, економских, еколошких, па и социјалних, законских и политичких критеријума, помоћу методе фази аналитичко хијерархијског процеса одабраће се најоптималнији систем за избор оптималне методе експлоатације рудника и примена на експерименталном подручју.

Закључно, полазна хипотеза у истраживању односи се на могућност доношења решења проблема у условима где треба уважити постојање више решења, најчешће супротстављених критеријума, при чему је решење представљено избором једне од низа алтернатива тј. сценарија.

4. Научне методе истраживања

Истраживањем примене различитих метода вишекритеријумске оптимизације у различитим научним дисциплинама (економија, грађевинарство, гео-науке, медицина, итд.), а у погледу постављања приоритета и доношења одлуке, класичне методе као што су VIKOR, PROMETHEE, ELECTRA, STEM, SEMOPS, PROTRADE, TOPSIS су нашле широку примену. Такође, све чешће се примењују и релативно „младе“ методе као што су АНР и fuzzy-АНР (FАНР).

Аналитичко хијерархијски процес је веома моћна и флексибилна метода која се користи за постављање приоритета и доношења најбоље одлуке, узимајући у обзир и квалитативне и квантитативне показатеље. Методу аналитичко хијерархијског процеса (АНР метода) је развио Thoomas Саату почетком 70-их година XX века. Ова метода представља једну од млађих које се користе последњих година у процесу вишекритеријумског одлучивања код комплексних проблема, тј. за избор неке од алтернатива који имају различиту важност. Широк спектар примене АНР методе као нпр. у одлучивању, евалуацији, алокацији ресурса, планирају и развоју, индустрији, инжењерству, политици, образовању показује да је она данас једна од најприхватљивијих метода вишекритеријумске оптимизације.

У докторској дисертацији биће тестиране и примењене класичне методе VIKOR и АНР. С друге стране, опште је познато да је у многим случајевима велики број елемената - критеријума и подкритеријума код креирања матрица за доношење одлука неизвесан, па доносиоци одлука нису у могућности да одреде тачне нумеричке вредности за поређење одлука. Како би постали решиви овакви проблеми, специфични по недовољно извесним, неодређеним или субјективно процењеним параметрима,

потребно је користити математичке методе које могу на задовољавајући начин да третирају неизвесност, неодређеност или субјективност. Овако посматрано, фази логика се показује као научно заснован приступ, који користи искуство и интуицију стручњака. На тај начин, биће примењена метода FАНР и омогућиће се оцењивање и анализа појединих критеријума и подкритеријума коришћењем FАНР скала вредновања.

Комбинацијом фази приступа и АНР методе развијен је модел у оквиру ове докторске дисертације, који се примењује у доношењу одлуке при избору оптималне методе откопавања у подземној експлоатацији минералних сировина, како би рударски процес експлоатације руде могао несметано да се врши.

5. Очекивани научни допринос

Кључни допринос докторске дисертације биће унапређење система одлучивања, развојем комбинованих модела, у ситуацијама када се атрибути одлучивања не могу прецизно одредити и када између њих постоје извесне условљености и логичке интеракције.

Истовремено, научни допринос рада огледа се и у:

- анализи постојећих појединачних и комбинованих фази више критеријумских модела који се користе за решавање проблема одлучивања;
- идентификовању најбитнијих недостатака у постојећим више критеријумским моделима;
- утврђивању методологија којима се идентификовани недостаци могу превазићи;
- развоју оригиналних хибридних модела који комбинују методе вишекритеријумског одлучивања у фази окружењу, као и креирању модела који укључује логичке интеракције између атрибута одлучивања;
- примени предложених хибридних вишекритеријумских модела у осталим доменима истраживања.

Конкретно унапређење система одлучивања биће представљено избором најповољније варијанте отварања рудника са подземном експлоатацијом, као и избора методе откопавања.

Применом научних метода у решавању проблема описаних у претходном делу текста очекује се битан напредак и постизање систематичности научног сазнања у области рударства с обзиром да је метода фази аналитичко хијерархијског процеса „млада“ и тек се шири њена примена у свим областима.

6. План истраживања и структура рада

План истраживања представљен је у следећим фазама:

Фаза I – Идентификовање предмета истраживања у реалним пословним системима. Основни задатак је дефинисање полазног проблема одлучивања, што подразумева одређивање релевантних алтернатива за доношење одлуке. У оквиру ове фазе користиће се метода дескрипције, како би се детаљно описао предмет истраживања. Потом ће се приступити аналитичко-синтетичкој методи, где се предмет истраживања разлаже на саставне делове и структурира у хијерархијско стабло.

Фаза II – Анализа постојећих метода ВКА за решавање предмета истраживања. Кључни задатак је идентификовање класичних и фази метода ВКА које се у литератури користе за решавање проблема одлучивања. Такође, од интереса је утврдити и могућности њиховог комбиновања, како би се постигли поузданији резултати. У оквиру ове фазе од општих научних метода користиће се метода анализе, као и компаративна метода којом се омогућава упоређивање метода ВКА.

Фаза III – Избор класичних и фази метода ВКА за решавање предмета истраживања. На основу анализе ВКА метода из претходне фазе, могуће је утврдити које су се технике у литератури издвојиле као погодне за решавање предметног проблема одлучивања. Разматраће се како класични тако и фази ВКА приступи. Од општих научних метода у оквиру ове фазе користиће се аналитичко-синтетичка и компаративна, док ће од конкретних научних метода бити примењене АНР и TOPSIS, као и њихове фази верзије.

Фаза IV – Комбиновање класичних и фази метода ВКА за решавање предмета истраживања. Основни задатак је размотрити могућности комбиновања метода ВКА и теорије фази скупова, како би се надоместили недостаци појединачних метода. Од конкретних научних метода у оквиру ове фазе биће представљене следеће комбинације: FАНР-TOPSIS и FАНР-FTOPSIS.

Фаза V – Евалуација добијених резултата. Основни задатак је компарација резултата истраживања добијених комбиновањем метода ВКА. Опште методе које ће се користити у оквиру ове фазе су: метода компарације, метода мерења резултата и закључивање.

7. Закључак и предлог

На основу приложене документације кандидаткиња Сања Бајић, мастер инжењер заштите животне средине, истраживач-приправник на Рударско-геолошком факултету Универзитета у Београду испуњава Законом предвиђене услове за рад на докторској дисертацији.

На основу изложених података Комисија сматра да је предложена тема докторске дисертације научно заснована и може бити предмет докторске дисертације.

Предложена тема може имати научан допринос у оквиру рударства, односно подземне експлоатације лежишта минералних сировина.

Према предмету обраде, примењеној методици истраживања и очекиваним резултатима, докторска дисертација припада ужој научној области “Подземна експлоатација лежишта минералних сировина”. Комисија предлаже Наставно-научном већу Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду да одобри израду докторске дисертације под називом „Модел за комплексно третирање ефеката подземне експлоатације лежишта минералних сировина у циљу подршке одлучивању“ кандидаткиње Сање Бајић, мастер. инжењер заштите животне средине.

За ментора на изради ове дисертације предлаже се др Бранко Глушчевић, ванредни професор на Рударско-геолошком факултету, који испуњава све услове дефинисане важећим прописима Универзитета.

У Београду, 21.01.2019. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Др Бранко Глушчевић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Рударско-геолошки факултет

Др Весна Ристић Вакањац, редовни професор
Универзитет у Београду – Рударско-геолошки факултет

Др Радоје Пантовић, редовни професор
Универзитет у Београду – Технички факултет у Бору