

**УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ**  
**Рударско-геолошки факултет**

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ**

**Предмет:** Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Трајчета Бошевског, маг. инж. рударства

Одлуком Наставно-научног већа Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду бр. 1/154 од 18.06.2021., именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Трајчета Бошевског, маг. инж. рударства под насловом

**Побољшање ефикасности одлучивања у рударству  
применом линеарних оптимизационих модела**

На основу прегледа достављене дисертације и других пратећих материјала и разговора са Кандидатом, Комисија је сачинила следећи

**РЕФЕРАТ**

**1. УВОД**

**1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације**

Одлуком Наставно-научног већа Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду бр. 1/313 од 27.11.2017., а на основу пријаве теме докторске дисертације кандидата Трајчета Бошевског, маг. инж. рударства, под називом „Побољшање ефикасности одлучивања у рударству применом линеарних оптимизационих модела“, формирана је Комисија за оцену подобности теме, кандидата и ментора у саставу: др Александар Милутиновић, редовни професор, Универзитет у Београду - Рударско-геолошки факултет, др Игор Миљановић, ванредни професор, Универзитет у Београду - Рударско-геолошки факултет и др Мирко Вујошевић, редовни професор, Универзитет у Београду – Факултет организационих наука.

Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду је одлуком бр. 1/27 од 31.01.2018, усвојило позитиван извештај Комисије за оцену подобности теме, кандидата и ментора и за ментора именовало др Игора Миљановића, ванредног професора. Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду је на седници одржаној 26.02.2018. донело одлуку о давању сагласности на предлог теме докторске дисертације кандидата Трајчета Бошевског, маг. инж. рударства, под називом „Побољшање ефикасности одлучивања у рударству применом линеарних оптимизационих модела“ (бр. 61206-541/2-18 од 26.02.2018).

На основу личног захтева кандидата, Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду је на седници одржаној 24.10.2019., одлуком 1/335 од 28.10.2019., одобрило продужење рока за завршетак докторских студија највише до троструког броја школских година потребних за реализацију студијског програма.

На основу личног захтева кандидата, Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду је на седници одржаној 24.10.2019., одлуком 1/345 од 18.09.2020., одобрило Трајчету Бошевском, маг. инж. рударства, продужење рока за завршетак докторских студија највише до троструког броја школских година потребних за реализацију студијског програма.

Кандидат Трајче Бошевски, маг. инж. рударства је 07.06.2021., поднео Молбу за именовање комисије за оцену и одбрану докторске дисертације (бр. 1/135 од 07.07.2021) под називом „Побољшање ефикасности одлучивања у рударству применом линеарних оптимизационих модела“.

На основу молбе кандидата, Катедра за рударска мерења Рударског одсека Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду предложила је Наставно-научном већу Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду формирање комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата у следећем саставу др Зоран Глигорић, редовни професор Универзитет у Београду - Рударско-геолошки факултет, др Игор Миљановић, редовни професор Универзитет у Београду - Рударско-геолошки факултет, др Марија Кузмановић, ванредни професор, Универзитет у Београду – Факултет организационих наука.

Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду је, на седници одржаној 17.06.2021., донело одлуку о формирању Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Трајчета Бошевског (одлука бр. 1/154 од 18.06.2021.) у претходно наведеном саставу. Комисија у истом саставу је потписник овог Реферата.

## **1.2. Научна област дисертације**

Докторска дисертација „Побољшање ефикасности одлучивања у рударству применом линеарних оптимизационих модела“ припада научној области „Рударско инжењерство“, односно ужој научној области „Рачунарство и системско инжењерство“ за коју је матичан Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду.

Дисертација је мултидисциплинарног карактера, обзиром да се односи на примену линеарних оптимизационих модела на проблеме површинске експлоатације, односно комплексних рударских система.

За ментора је именован др Игор Миљановић, редовни професор Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, ужа научна област „Рачунарство и системско инжењерство“. Др Миљановић је аутор 17 радова објављених у часописима

индексираним на SCI листи, а укупно више од 180 радова објављених у часописима и монографијама или презентованим на научним и стручним скуповима. Објављени радови припадају областима примене метода операционих истраживања у рударству и припреми минералних сировина, пре свега оптимизације, вишекритеријумског одлучивања и метода soft computing.

### **1.3. Биографски подаци о кандидату**

Трајче С. Бошевски, дипл. инж. рударства, је рођен 2. октобра 1987. у Скопљу, Македонија. Основну школу и гимназију је завршио у Скопљу.

Основне студије на Факултету природних и техничких наука, Универзитета „Гоце Делчев“ у Штипу уписао је 2006., студијски програм Рударство, Катедра за површинску експлоатацију, смер пројектовање и менаџмент. Студије је завршио са просечном оценом 9,38, а дипломски рад под називом „Избор и начин проширења површинског копа „Бразда“ – Скопље“, је одбранио 2010., са оценом 10.

Мастер студије на студијском програму „Рударско инжењерство“ Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду завршио је одбраном завршног мастер рада под називом „Обједињени систем даљинског надзора и управљања површинских копова РЕК „Битољ“ 2012.

Од школске 2013/14 је студент докторских студија на Рударско-геолошком факултету Универзитета у Београду, на студијском програму „Рударско инжењерство“.

Почетком 2011. запошљава се у фирми „Рудпроект“ у Скопљу као пројектант, а касније постаје управник исте. На тој позицији је и данас.

Као главни пројектант израдио је више од 50 Главних рударских пројеката из области површинске експлоатације минералних сировина, научних студија и елабората, као аутор и коаутор објавио је 12 научних радова публикованих у часописима или презентованих на научним и стручним скуповима. Учесник је већег броја саветовања и семинара из области површинске експлоатације организованих у Републици Македонији и иностранству.

## **2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ**

### **2.1. Садржај дисертације**

Докторска дисертација написана је на 134 стране формата А4, у фонту Cambria, величине 12 pt., са једноструким проредом. Дисертација садржи 37 илустрација (графикона и слика) и 10 табела. Структурно, текст дисертације изложен је кроз 6 поглавља: 1. Увод, 2. Линеарни оптимизациони модели, 3. Одлучивање у рударству применом линеарних модела, 4. Тест експериментална истраживања и анализа резултата, 5. Закључак и 6. Литературни извори.

Осим основног текстуалног дела, дисертација садржи насловну страну на српском и енглеском језику, страницу са саставом комисије и именом ментора, резиме на српском и енглеском језику уз информације о библиографској класификацији (УДК) на оба језика, као и захвалност кандидата. На крају дисертације приложени су Биографски подаци кандидата, као и три изјаве: Изјава о ауторству, Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и Изјава о коришћењу.

## **2.2. Кратак приказ појединачних поглавља**

Прво поглавље је уводног карактера. У поглављу су изложени предмет и циљеви истраживања, као и хипотезе, програм и методологија истраживања. Већи део првог поглавља посвећен је приказу достигнућа на предметном пољу у светским размерама, односно прегледу литературних извора из области примене линеарног програмирања, и, уопште, оптимизације у рударском инжењерству, са око 30 детаљније приказаних референци.

Друго поглавље – Линеарни оптимизациони модели, посвећено је теоријској подлози линеарне оптимизације. Представљена је кратка историја линеарног програмирања, а затим и главне карактеристике проблема са фазама решавања, као и основни поступци решавања.

У трећем поглављу, под називом „Одлучивање у рударству применом линеарних модела“ истакнуте су специфичности и околности примене линеарних модела у рударству. Такође, дат је осврт на нове тенденције и унапређења оперативности модела линеарног програмирања имајући у виду реалне проблеме у рударству.

Четврто поглавље односи се на приказ и анализу резултата истраживања. Приказано је 29 ентитета проблема (површински копови у Северној Македонији), формални математички модел, нумерички локацијски модел и резултати оптимизације, односно оптималан план експлоатације и потрошње кречњака. Поред тога, дат је осврт на софтверску подршку решавању проблема.

Пето поглавље садржи дискусију и оцену резултата истраживања, као и препоруке за даља истраживања, док шесто поглавље представља списак коришћених литературних извора.

## **3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ**

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

Докторска дисертација „Побољшање ефикасности одлучивања у рударству применом линеарних оптимизационих модела“ је оригинални научни рад, који се, по области истраживања, налази у истраживачком простору између основне научне области „Рударско инжењерство“ и уже научне области „Рачунарство и системско инжењерство“.

Увидом у литературне изворе из предметне области, може се констатовати да је примена линеарних оптимизационих метода у рударству током претходне деценије у порасту, мада се, упркос томе, у целини ради о слабо до умерено истраженој области. У предметној дисертацији демонстрирана је применљивост линеарних оптимизационих метода на примеру побољшања ефикасности процеса одлучивања у рударству, а генерисани резултати истраживања изложени у овој дисертацији представљају оригиналан научни допринос постојећем корпусу знања.

Синтезом закључака, генерисаних на бази остварених резултата и анализе постојећих и актуелних трендова у предметној области изведена су релевантна сазнања када је реч о примени локацијских модела у рударству. Поред тога, добијени резултати упућују на могућности за даља истраживања.

Савременост и оригиналност потврђени су и објављивањем рада у међународном часопису, као и другим часописима, те саопштењима на скуповима међународног значаја.

### **3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу**

Кандидат је током израде дисертације користио и обрадио велики број референци из предметне области. Како је констатовано и у дисертацији, иако је литература из области примене линеарних оптимизационих метода бројна, ефикасност одлучивања уз примену линеарних оптимизационих метода у рударству није истражена у складу са очекиваном подесношћу ових метода.

Значајна већина, односно 67% референци (практично све сем кључних теоријских референци које углавном потичу из 50-их и 60-их година XX века) објављена је у XXI веку. У последњих пет година, објављено је 22% цитираних извора. Највећи број цитираних референци са применом линеарне оптимизације у рударству односи се на планирање производње, локацијске проблеме, као и на проблеме оптимизације производних процеса.

На основу увида у обрађене и цитиране изворе, може се констатовати да је кандидат демонстрирао примерен ниво познавања токова и стања у предметној области у светским оквирима, као и да проблем обрађен у дисертацији, по својој структури и пољу примене, одговара актуелним трендовима у литератури.

### **3.3. Опис и адекватност примењених научних метода**

Приликом израде ове дисертације, коришћене су основне методе, уобичајене у научно-истраживачком раду: метода дескрипције коришћена је са циљем описа процеса у производном рудничком систему, метода анализе, помоћу које је извршено разлагање сложеног рудничког система а затим и синтезе, са циљем формирања математичког модела, метода компарације, помоћу које је развијена упоредна анализа постојећих искустава у рудничким системима и предложеног решења и, коначно, метода апстракције. Применом поменутих истраживачких метода остварени су дефинисани циљеви дисертације преко проучавања постојећих искустава, утврђивања плана истраживања, избора рудничких локација и коначно извођењем експерименталних истраживања.

Развијени нумерички локацијски модел експлоатације и потрошње кречњака заснован је на правилима формалног модела а развијен је коришћењем GLPK (GNU Linear Programming Kit), односно скупа рутина написаних у програмском језику ANSI C.

Комисија закључује да су примењене научне методе адекватне постављеним циљевима и дефинисаним хипотезама истраживањима, те да је доследно примењен научни метод резултирао коначним позитивним исходом са аспекта резултата истраживања у оквиру ове дисертације.

### **3.4. Применљивост остварених резултата**

Поред научног доприноса, реализованог кроз потврду применљивости метода линеарне оптимизације на сложене проблеме у рударству, нарочито је потребно издвојити практичан значај дисертације. Нумерички локацијски модел експлоатације и потрошње кречњака у Македонији развијен је на бази информација о 29 површинских копова и

потребама за кречњаком одређеног броја потрошача. На основу информација о потрошачима, размотрене су 2 опције, за 15 и за 16 потрошача, при чему је друга опција подразумевала укључивање Термоелектране Битољ у план потрошње кречњака. На овако дефинисаном реалном систему, демонстрирана је применљивост локацијског линеарног модела. Поред основних поставки, развијени модел одликује флексибилност и адаптивност у погледу могућности измене релевантних параметара, чиме је постигнута одговарајућа робусност модела и на директан начин омогућена применљивост у реалним условима.

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

У свим фазама израде предметне дисертације – од развоја концепта истраживања, преко анализе и израде прегледа литературе, формирања циљева и хипотеза дисертације, до експерименталног рада и рада на тексту дисертације, приступ кандидата Трајчета Бошевског је био систематичан, аналитичан, стручан и креативан. Поред тога, кандидат је, на основу текста дисертације и објављених референци – резултата рада на дисертацији демонстрирао познавање научно-истраживачког приступа и научног метода.

На основу свих расположивих информација, Комисија сматра да је кандидат Трајче Бошевски, маг. инж. рударства у потпуности способан за самосталан научни рад.

## **4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС**

### **4.1. Приказ остварених научних доприноса**

Циљеви докторске дисертације „Побољшање ефикасности одлучивања у рударству применом линеарних оптимизационих модела“ односили су се на сагледавање оствареног на пољу примене линеарних оптимизационих модела као приступа за подршку одлучивању у рударству, анализу проблемско (тематски) оријентисаних могућности и ограничења примене линеарних оптимизационих модела у рударству, као и тест-експериментална истраживања линеарних модела за подршку одлучивању и оцену практичних ефеката.

Остварени научни доприноси предметне дисертације огледају се, пре свега, у:

- Примени линеарних оптимизационих модела у процесу доношењу одлука у рударству;
- Систематичној и свеобухватној анализи примене линеарних оптимизационих модела у условима сложених рудничких система као и проширењу сазнања из области примене локацијских модела у рударству;
- Развоју локацијског модела у околностима променљивих улазних података реализовано кроз аналитички приступ, обзиром да предвиђање последица промена у систему производње и потрошње треба да обухвати све ограничавајуће факторе, њихова међудејства, зависности, пожељне и непожељне промене;
- Унапређењу економских услова рада у рударству, посебно у кризним, ризичним и променљивим ситуацијама, односно ситуацијама са непрецизним, неодређеним или непоузданим улазним подацима;

- Детерминисању адекватног избора и правилног поступка у примени метода линеарног програмирања за подршку одлучивању у рударству у ширем смислу, као и у сродним индустријама;
- Свеобухватном приступу у формирању локацијског модела, пошто прецизно пројектовани модел уз правилно унете податке поседује потенцијал за решавање логистичких проблема.
- Адаптивности предложеног локацијског модела, обзиром да су створени услови за надоградњу развијеног модела увођењем додатних критеријума.

## 4.2. Критичка анализа резултата истраживања

На основу увида у циљеве докторске дисертације „Побољшање ефикасности одлучивања у рударству применом линеарних оптимизационих модела“ и постављених хипотеза истраживања, може се констатовати да су циљеви дисертације у потпуности испуњени, а хипотезе истраживања потврђене. Остварени резултати у потпуности испуњавају високе критеријуме и стандарде научно-истраживачког рада у мултидисциплинарном пресеку научних области „Рударско инжењерство“ и „Операциона истраживања“, односно „Примењено рачунарство и системско инжењерство у рударству“.

Кандидат је са успехом одговорио на сва питања релевантна за поставку и решавање детерминисаног проблема односно локацијског модела у области рударског инжењерства. Примењени приступ, као и доследно коришћење научно-истраживачких метода, резултирали су оствареним доприносом који је, како је већ наведено, реализован кроз формализацију приступа за подршку одлучивању у рударству на бази линеарне оптимизације и сагледавање и анализу ограничења његове примене. Верификација приступа реализована је кроз практичан резултат – две варијанте тест-експерименталног модела на примеру дистрибуције кречњака у Северној Македонији.

## 4.3. Верификација научних доприноса

Научни допринос остварених резултата рада на докторској дисертацији верификован је објављивањем рада у међународном часопису ранга M<sub>23</sub>

M<sub>23</sub> – Рад у међународном часопису

**Boševski, T.**, Vujić, S., Radosavljević, M., Kuzmanović, M., *Linear model of location optimization exploitation and consumption of limestone on the example of Macedonia*, ISSN 1062-7391, Journal of Mining Science, 2019, Vol. 55, No. 1, pp. 88–95, doi: 10.1134/S1062739119015324, (IF 2019 =0.511)

Поред наведеног рада, наводимо још неколико радова који се односе на резултате остварене у оквиру рада на предметној дисертацији.

M<sub>23</sub> – Рад у међународном часопису

Radosavljević, M., Vujić, S., **Boševski, T.**, Praštalo, Ž., Jovanović, B., *Single-phase Linear Model of optimum supply Limestone Thermal Power Plants from the Quarry of Serbia*, Journal of Mining Science, Springer, ISSN: 1062-7391, Vol. 52, No. 4, 2016, pp. 704-711, doi: 10.1134/S1062739116041117, (IF 2016 = 0.422)

M52 – Рад у истакнутом националном часопису

Radosavljević, M., Vujić, S., Filipović, J., **Boševski, T.**, Praštalo, Ž., *Functional Correlativity of an Integrated Management System and Mining Processes*, Journal Bulletin of Mines, Mining Institute Belgrade, Vol. CXIII, No 1-2, YU ISSN 0035-9637, doi: 10.25075/BM.2016.03, pp 43-51.

M33 – Саопштење са међународног скупа штампано у целини

Dimitrijević, B., Ilić, S., Ivoš, V., **Boševski, T.**, *Elements of the Algorithm Process of Decision-Making During the Recultivation in Surface Mining*, Proceedings: Investments, new Technologies in Mining and Sustainable Development; Mining institute, Serbian Academy of Engineering Sciences, Balkan Academy of Mining Science, ISBN 978-86-80464-04-6, Šabac, 24-25 November 2016, pp 223-233.

Vujić, S., Radosavljević, M., **Boševski, T.**, Stjepanović, P., *Integrated Control and Coal Quality Management Model*, 7<sup>th</sup> Balkan Mining Congress, Prijedor – Banja Luka, 2017.

#### 4.4. Провера оригиналности докторске дисертације

Оригиналност докторске дисертације проверена је у складу са поступком дефинисаним у „Правилнику о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду“ (Гласник Универзитета у Београду, бр. 204 од 22.04.2018.). Провером у софтверу „iThenticate“ утврђено је да подударање по сличности износи 16%. Утврђени проценат подударности последица је појава општих делова текста, цитирања коришћене литературе, као и претходно публикованог рада кандидата који је послужио за верификацију резултата остварених радом на дисертацији. Од укупно 109 регистрованих појава подударности, око 70% (тачно 76) односи се на исправно цитиране референце, односно појаве комплетних референци у оквиру текста дисертације.

На основу ових параметара, сматрамо да је оригиналност докторске дисертације кандидата Трајчета Бошевског, маг. инж. рударства, потврђена.

#### 5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација „Побољшање ефикасности одлучивања у рударству применом линеарних оптимизационих модела“ је оригинални научни рад, који се, по области истраживања, налази у истраживачком простору између основне научне области „Рударско инжењерство“ и уже научне области „Рачунарство и системско инжењерство“. Дисертација је мултидисциплинарног карактера, обзиром да се односи на примену линеарних оптимизационих модела на проблеме површинске експлоатације, односно комплексних рударских система.

Кандидат је дисертацијом демонстрирао примерен ниво познавања токова и стања у предметној области у светским оквирима. Проблем обрађен у дисертацији, по својој структури и пољу примене одговара актуелним трендовима у литератури. Такође, примењене научне методе су адекватне постављеним циљевима и дефинисаним хипотезама истраживањима. Научни метод је доследно примењен, а резултирао је коначним позитивним исходом са аспекта резултата истраживања у оквиру ове дисертације. Комисија стога сматра да је кандидат Трајче Бошевски, маг. инж. рударства у потпуности способан за самосталан научни рад.



Оригиналност предметне дисертације потврђена је провером помоћу софтвера „iThenticate“, обзиром да, уз подударања општих делова текста и цитирања коришћене литературе, те претходно публикованих резултата дисертације, степен сличности износи 16%.

Остварени научни доприноси предметне дисертације огледају се, пре свега, у примени линеарних оптимизационих модела у процесу доношења одлука у рударству и развоју локацијског модела у рудничком производно-пословном окружењу. На овај начин се, последично остварује унапређење економских услова рада у рударству као и адаптивност стварањем услова за надоградњу развијеног модела

Поред поменутих научних доприноса, издваја се и висок практичан значај дисертације, обзиром да је применљивост локацијског модела верификована на реалном примеру развоја нумеричког локацијског модела експлоатације и потрошње кречњака у Македонији.

Комисија предлаже Наставно-научном већу Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду да прихвати овај Реферат о урађеној докторској дисертацији, на тај начин прихвати и докторску дисертацију „Побољшање ефикасности одлучивања у рударству применом линеарних оптимизационих модела“ кандидата Трајчета Бошевског, маг. инж. рударства, те је изложи на увид јавности, а Реферат упути на усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, након чега би се створили услови за јавну одбрану предметне дисертације.

## ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

---

др Зоран Глигорић, редовни професор,  
Универзитет у Београду,  
Рударско-геолошки факултет

---

др Игор Миљановић, редовни професор,  
Универзитет у Београду,  
Рударско-геолошки факултет

---

др Марија Кузмановић, ванредни професор,  
Универзитет у Београду,  
Факултет организационих наука