

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- Веће научних области техничких наука -

БЕОГРАД
Студентски трг бр. 1

Достављамо вам:

Одлуку Наставно-научног већа Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду о усвајању извештаја Комисије за оцену подобности теме, кандидата и ментора предложене теме докторске дисертације мр Саше Јовановића, дипл. инж. рударства.

- Образац захтева за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације, ради поступка у смислу важећих законских прописа.
- Подаци о ментору
- Извештај Комисије за оцену подобности теме докторске дисертације.

Шеф Одељења за студентска
и наставна питања

Љиљана Колоња, дипл. инж. рударства

Факултет : Рударско-геолошки

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

(Број захтева)

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

(Датум)

ЗАХТЕВ**за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације**

Молимо да, сходно члану 46. ст.5 тач. 3. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, бр.131/06), дате сагласност на предлог теме докторске дисертације:

„FUZZY СТОХАСТИЧКИ МОДЕЛ ИЗБОРА СИСТЕМА ОТВАРАЊА ПОДЗЕМНОГ РУДНИКА“

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Рударско инжењерство

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

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

Мр Саша (Миладин) Јовановић, дипл. инж. рударства2. Назив и седиште факултета на коме је стекао високо образовање: Универзитет у Београду-Рударско-геолошки факултет3. Година дипломирања: 2005.4. Назив магистарске тезе кандидата: „МОДЕЛ СТРАТЕШКОГ ОДЛУЧИВАЊА О НИВОУ ПРОИЗВОДЊЕУ ПОДЗЕМНОМ РУДНИКУ ОЛОВА И ЦИНКА“5. Назив факултета на коме је магистарска теза одбрањена: Универзитет у Београду-Рударско-геолошки факултет6. Година одбране магистарске тезе: 2008.Обавештавамо вас да је Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду
(назив надлежног тела факултета)на седници одржаној 20.11.2014. размотрило предложену тему и закључило да је тема

подобна за израду докторске дисертације

ДЕКАН
Рударско-геолошког факултетаПроф. др Иван Обрадовић

Прилог: 1. Предлог теме докторске дисертације са образложењем

Прилог: 2. Акт надлежног тела факултета о подобности теме за израду докторске дисертације

Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, на својој седници одржаној 20.11.2014. године, сходно члану 175. став 4. Статута Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, донело је

О Д Л У К У

1. Усваја се извештај Комисије за давање мишљења о научној заснованости предложене теме за израду докторске дисертације кандидата **мр Саше Јовановића**, дипл. инж. рударства.
2. Одобрава се именованом израда докторске дисертације под насловом *"Fuzzy стохастички модел избора система отварања подземног рудника"*.
3. За ментора се именује др Зоран Глигорић, ванр. проф.
4. Сагласност на предлог теме докторске дисертације из ове Одлуке даје Веће научних области техничких наука.

Д Е К А Н

др Иван Обрадовић, ред. проф.

Достављено:

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

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата мр Сашу М. Јовановића, дипл. инж. рударства.

Име и презиме ментора: Зоран Глигорић

Звање: Ванредни професор на Рударско-Геолошком факултету у Београду

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Gligorić Z., Beljić Č., Gluščević B., Jovanović S.: *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, IF:0,793, M23, ISSN 0037-5497, DOI:10.1177/0037549711410902.
2. Jovanović S., Gligorić Z., Beljić Č., Gluščević B., Cvijović Č.: *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, IF:0,367, DOI 10.1007/s13369-014-1173-9. ISSN 1319-8025.
3. Gligorić Z., Beljić Č., Jovanović S., Cvijović Č.: *Optimization of Underground Mine Development System Using Fuzzy Shortest Path Length Algorithm*, Journal of the Chinese Institute of Engineers, 2014, pp.1-18, Taylor&Francis, IF:0,209, DOI: 10.1080/02533839.2014.912772. ISSN 0253-3839.
4. Gligorić Z., Kričak L., Beljić Č., Lutovac S., Milojević J.: *Evaluation of Underground Zinc Mine Investment Based on Fuzzy-Interval Grey System Theory and Geometric Brownian Motion*, Journal of Applied Mathematics, Volume 2014, 2014, Hindawi Publishing Corporation, IF:0,72, <http://dx.doi.org/10.1155/2014/914643>, ISSN:1110-757X (Print), ISSN: 1687-0042 (Online).
5. Gligorić Z., Beljić Č., Simeunović V.: *Shaft location selection at deep multiple orebody deposit by using topsis method and network optimization*, Expert systems with application, Volume 37, Issue 2, March 2010, pp.1408-1418, Elsevier, IF: 1,926, DOI: 10.1016/j.eswa.2009.06.108, ISSN 0957-4174.
6. Gligorić Z., Beljić Č., Čokorilo V., Dragosavljević Z.: *Simulation model-support to investment decision making in the coal industry*, Thermal science, Volume 14, Number 3, 2010, , pp.835-844, IF: 0,706, DOI: 10.2298/TSCI091030008G, ISSN 0354-9836.
7. Kostović M., Gligorić Z.: *Multi-criteria decision making for collector selection in the flotation of lead-zinc sulfide ore*, Minerals Engineering, Available on line 18 August 2014, Elsevier, IF: 1,714, DOI: 10.1016/j.mineng.2014.07.019, ISSN 0892-6875.

У Београду, 17.10.2017. год.

Декан

Проф. др Иван Обрадовић

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата мр Саше Јовановића за израду докторске дисертације

Одлуком бр. 1/244. од 22.09.2014 године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата мр Саше Јовановића за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „Fuzzy стохастички модел избора система отварања подземног рудника“.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Кандидат мр Саша Јовановић, дипломирани инжењер рударства, рођен је 11.06.1979. године у Врању. Основну школу завршио је 1994 године у Горњем Милановцу. Средњу техничку школу у Горњем Милановцу, завршио је 1998 године и постао машински техничар. Рударско–металуршки факултет (општи смер) у Косовској Митровици, Универзитета у Приштини, уписао је 1998 године.

После треће године студија, 2001 године, полаже разлику испита и прелази на Рударско–геолошки факултет Универзитета у Београду, Рударски одсек смер за ”Подземну експлоатацију лежишта минералних сировина и израду подземних просторија”.

Дипломирао је 28.09.2005. године на Рударско–геолошком факултету Универзитета у Београду. Дипломски рад под називом: "Идејно-техничко решење истражно-експлоатационих радова на локалитетима Језериште и Вучково лежиште рудника Благодат" одбранио је са оценом 10 (десет).

Последипломске студије на Рударско–геолошком факултету Универзитета у Београду, Рударски одсек, научно подручје Подземна експлоатација, смер за Технологију подземне експлоатације лежишта, уписује 2005 године.

Магистарски рад под називом: "Модел стратешког одлучивања о нивоу производње у подземном руднику олова и цинка" одбранио је 2008 године на Рударско–геолошком факултету Универзитета у Београду, Рударски одсек, Катедра за подземну експлоатацију лежишта минералних сировина.

Радно искуство:

- Од 04.10.2005. до 03.09.2007. године радио је у Рудник и флотација АД "РУДНИК" (завршио је приправнички стаж а затим обављао послове рударског инжењера на вентилацији и одводњавању у руднику, транспорту и извозу руде из јаме, затим је радио послове на контролингу бушења и минирања на радилиштима у производњи руде олова и цинка)
- Од 04.09.2007. године до данас - стално запослен у Концерн "Фармаком МБ" Шабац:
 - Од 04.09.2007. године до 12.03.2009. године обављао је послове сменског инжењера у Рудницама и топионици АД "Зајача" Лозница, на ревитализацији антимоносних рудника и то мономинералних рудника "Заворје"и "Штира" код Лознице, рудника "Брасина" – општина Мали Зворник и полиметаличног рудника "Рујевац" код Љубовије, (као и рудника флуорита олова и цинка "Равнаја" код Завлаке – Крупањ).
 - Од 13.03.2009. године до 31.01.2010. године обављао је послове директора рудника злата олова и цинка "Леце" код Медвеђе (припрема за покретање производње у руднику после приватизације и то на пословима перманизације, санације, чишћења, одводњавања и ревитализација јамских рудничких просторија). Оспособљавању потребне инфраструктуре (електричне енергије, техничке воде, компримованог ваздуха, приступних путева) како у јами тако и на простору флотације и јаловишта.
 - Од 01.02.2010. године до 14.04.2011. године (бавио се пројектовањем рударских техничких пројеката за руднике подземне експлоатације).
 - Од 15.04.2011. године до 14.05.2013. године вратио се у Руднике и топионицу АД "Зајачу" Лозница на радно место техничког директора сектора рударства.
 - Од 15.05.2013. године до 15.04.2014. године обављао је послове директора сектора рударства у истоименој компанији.
 - Од 16.04.2014. до данас ради на пословима директора у "Магма Пром" ДОО Шабац, која се бави површинским истражним бушењем за руднике у саставу Концерна "Фармаком МБ" Шабац.

1.2. Сечено научноистраживачко искуство

Тема магистарског рада: Модел стратешког одлучивања о нивоу производње у подземном руднику олова и цинка

Област: Рударство, Подземна експлоатација лежишта минералних сировина

Име ментора: Доц.др Зоран Глигорић

Факултет, универзитет: Рударско-геолошки факултет, Универзитет у Београду

Датум одбране: 10.06.2008

Приказ магистарског рада

Ситуације у којима је неопходно донети неку одлуку уопштено се дефинишу као ситуације у којима доносиоц одлуке на једној страни има неостварен циљ, а на другој скуп опција које могу да остваре исти. Након тога, доносиоц одлуке мора на неки начин да процени постојеће опције и да изабере једну од њих.

Доношење одлуке је процес довољног смањивања неизвесности и сумње око алтернатива да би се дозволио разуман избор између њих. Ова дефиниција наглашава информацију која обједињује функцију одлучивања. Треба нагласити да се неизвесност пре смањује него што се елиминише. Само мали број одлука се може донети без присуства апсолутне неизвесности зато што је комплетно сазнање о свим алтернативама скоро немогуће. Према томе, свака одлука обухвата и изванредан степен ризика.

Доношење одлуке о нивоу производње може се посматрати у контексту доношења инвестиционе одлуке која може имати дугорочне последице на пословање рударске компаније. Инвестициона одлука је можда најважнија одлука са којом се менаџмент компаније суочава. То је свесна одлука о улагању капитала у повећање капацитета производње са циљем да се капитал поврати и донесе зараду у реално предвиђеном обиму

Магистарску тезу под насловом " МОДЕЛ СТРАТЕШКОГ ОДЛУЧИВАЊА О НИВОУ ПРОИЗВОДЊЕ У ПОДЗЕМНОМ РУДНИКУ ОЛОВА И ЦИНКА " кандидат мр Саша Јовановић, дипл.инг.руд. је обрадио кроз седам логично повезаних поглавља, укључујући и закључак и све то презентовао на 162 стране куцаног текста и одговарајућим бројем табела, слика и дијаграма.

У првом делу (Увод) ове магистарске тезе истакнута је суштина истраживања, а пре свега односи се на предмет, циљ, значај и методе истраживања. Из овог поглавља се апсолутно наслућује шта је то чиме се истраживач бави и какве ефекте треба да очекује након студиозног изучавања предметне проблематике.

Друго поглавље третира основе доношења одлуке, где се описује шта представља процес доношења одлуке, врсте одлуке, компоненте процеса доношења одлуке, основе ризиковања и технике доношења одлуке.

У трећем поглављу приказани су математички алати који се користе у процесу доношења одлуке. Како је свет, који нас окружује, постао сложенији а информације све обилније, то одлуке постају све теже и теже. Узимајући претходну чињеницу у обзир, намеће се закључак да се темпо и обим доношења одлука све више и више повећава. У оваквом окружењу примена делова математике у многоструко олакшава сам процес одлучивања. Променом само једног улазног параметра можемо врло брзо и квалитетно донети потпуно нову одлуку. У овом поглављу приказане су области практичног знања, које се темељи на основама статистике, вероватноће, симулације и математичког моделирања, користећи логичан и лако разумљив приступ.

Рударство као инвестиционо окружење представља четврто поглавље у којем се приказују основе инвестирања и карактеристике које описују рударство као пословно окружење. Анализиране су неизвесности и ризици скопчани са рударством.

У петом поглављу дата је поставка модела стратешког одлучивања у условима неизвесности које се срећу у процесу доношења одлуке. Дефинисан је критеријум одлучивања заснован на Нето садашњој вредности (Net Present Value) будућих новчаних токова пројекта

(инвестиције). Модел полази од детерминистичког приступа (базичног показатеља) у којем су вредности улазних променљивих познате са сигурношћу и имају једнозначно одређене величине. Анализом неизвесности и њиховом квантификацијом уводе се ризици у процес одлучивања, прво додељујући дискретну расподелу улазним параметрима а затим континуалну расподелу. Симулирањем вредности критеријума одлучивања добијен је адекватан узорак, који је затим подвргнут статистичкој анализи и добијени су сви статистички показатељи, као што су очекивана вредност, варијанса, стандардна девијација, интервал поузданости итд., на основу којих се доноси коначна одлука о датом инвестиционим предлогу.

У шестом поглављу аутор сва претходна претраживања повезује путем тестирања модела на конкретном случају и постиже одговарајуће резултате које систематизује и анализира у циљу постављеног задатка магистарске тезе.

На крају магистарске тезе кандидат даје своје виђење и став изведен овим истраживањима у виду закључка.

Основни циљ магистарске тезе је дефинисање модела одлучивања у реалном окружењу, који ће помоћи доносиоцу одлуке да на што лакши и квалитетнији начин спроведе процес одлучивања од почетка до краја. Пројекат је сваки процес којим се постиже неки циљ или група циљева. За разлику од пројеката у општем смислу изградња и опремање рударских објеката је увек у директној вези са рударством као привредном граном. Према томе, ови пројекти се називају "рударски", а пошто су по својој суштини инвестиционог карактера, можемо их звати и "инвестициони" пројекти. Самим тим и одлуку о нивоу производње можемо посматрати у контексту инвестиционог одлучивања. Да би ова одлука била квалитетна неопходно је сагледати окружење у којем се она доноси, односно дефинисати све утицајне параметре.

Након поређења са инвестиционим окружењем, са којим се сусрећемо у типичним гранама индустрије, несумњиво је да инвестиционо окружење скопчано са рударством заиста представља јединствени амбијент. Неке од карактеристика рударства које су често прокламоване као јединствене су: интензитет капитала, дуг предпроизводни период, висок ризик.

Теорија одлучивања разликује одлуке које се доносе под неизвесношћу, где су вероватноће различитих исхода непознате и одлука при ризику, где се такве вероватноће могу проценити. Први случај се ретко среће при практичним инвестиционим анализама у рударству, тако да се предмет истраживања фокусира на класу проблема где се расподела вероватноће будућих стања улазних параметара може проценити. За рударске подухвате извор ових неизвесности може бити било који број параметара који се доводе у везу са ставкама као што су садржај корисне компоненте, резерве руде, трошкови производње, цене производа, итд.

Основна претпоставка при изради магистарске тезе од које се пошло је потреба да се проблем стратешког одлучивања о нивоу производње сагледа у светлу инвестиционог одлучивања. Евидентирање присуства ризика код улазних параметара представља прву фазу при процени могућих исхода, иза које следи много важнија а то је квантификација означених ризика. Доносиоци одлука се конформније осећају при употреби детерминистичких процена, али убрзо схватају да вредности улазних параметара нису сасвим одређене. Анализирајући неодређеност они увиђају збуњујући задатак процењивања бесконачног броја могућих исхода који користи неке неоспорно несигурне претпоставке о будућности. Ово је скуп и временски захтеван поступак који неминовно потражује неке грубо поједностављене претпоставке. И поред свега, неодређеност у инвестиционим одлукама треба експлицитно третирати, не треба се због сложености проблема олако предавати и задовољавати се радом

на брзину примењујући приступ занемаривања параметара као заштиту против ризика. Сасвим је природно да се захтевају одређена поједностављења али квантификујући расподелу могућих исхода помоћу најбоље доступних информација, целокупна слика о пројекту постаје много јаснија. Развој модела представља опис како се систем понаша, прво квалитативно изражено условима, догађајима, механизмима и поступцима који су укључени у модел ("концептуални модел") а затим квантитативно изражено алгоритмима који представљају концептуални модел ("рачунски модел"). Концептуални модел развија се користећи наше опште знање, које је допуњено дискусијама са другим експертима јер је то неопходно. Рачунски модел често може бити развијен у облику малих програма, који су по могућности повезани са посебно развијеним или комерцијално расположивим програмима.

Финансијска изводљивост представља одређивање да ли ће реална (оипљива) вредност пројекта бити довољна за подмирење финансијских обавеза као што су сервисирање дугова, трошкови производње и одржавања, трошкови камате и други слични трошкови. Садашњи и будући токови готовине су добра мера за одређивање финансијске изводљивости пројекта. Нето садашња вредност (Net Present Value - NPV) је једна од најстаријих и најбоље спознатих метода за рангирање финансијске изводљивости пројекта. Она је такође позната и као метода дисконтованог тока готовине (Discounted Cash Flow - DCF). При израчунавању нето садашње вредности, годишња разлика између прихода и трошкова се уназад дисконтује до времена у којем се она срачунава а затим кумулативно сабира.

Детерминистички прорачуни (модел) су они у којима су вредности променљивих познате са сигурношћу. Модел представља једначину која описује функционалну зависност између улазних параметара и коначног исхода. Сврха модела је да се направе предикције и "шта-ако" сценаријуми. Применом вредности улазних параметара и поновним израчунавањем добијају се нове вредности исхода. Код детерминистичких модела најчешће се примењује лош/добар сценарио, где се срачунавају вредности коначних исхода које су засноване на најнижој и највишој вредности улазног параметра, које се могу очекивати. При стратешком одлучивању о нивоу производње, једначина која описује функционалну зависност између улазних параметара и коначног исхода јесте критеријум одлучивања заснован на прорачуну нето садашње вредности.

Модел који у себи садрже променљиве које нису познате са задовољавајућим степеном прецизности су стохастички или пробабилистички модели. При доношењу одлуке захтева се процена реалног стања неких улазних параметара који имају највећи утицај на одлуку, као и процена њиховог будућег стања. Како доносиоц одлуке не може са поузданошћу одредити прецизне вредности улазних параметара, он у најмању руку може одредити вероватноће појаве истих. Овакав приступ у великој мери одсликава реално стање, односно окружење у којем се доноси одлука, а самом доносиоцу одлуке олакшава посао. За разлику од детерминистичког модела, где је вредност улазног параметра дефинисана само једним стањем, код стохастичког модела вредност улазног параметра дефинисана је са више стања, при чему је свако стање одређено вероватноћом његове појаве. Код дискретне расподеле најчешће се узимају два или три стања улазног параметра. Ако желимо да улазне параметре опишемо континуалном расподелом вероватноће њиховог јављања, тада више не постоји коначан скуп могућих исхода. Сваки улазни параметар може преузети бесконачан број вредности унутар дефинисаног опсега. Према томе, постаје немогуће израчунати вредност за сваки могући исход, али се из ове популације може извући узорак и на основу њега донети закључак о датом параметру. Да би овај узорак био валидан, он се на случајан начин мора одабрати и мора бити довољно велики како би се постигао жељни ниво прецизности. На једноставан начин, Monte Carlo симулација креира вештачке вредности, за дати параметар, генеришући хиљаде а понекад и стотине хиљада начина исхода и анализирајући њихове преовладавајуће карактеристике. За доносиоца одлуке постаје могуће да симулира реално

окружење, узимајући у прорачун случајне и будуће неизвесности и истражујући велики број различитих сценарија. Резултати се онда обједињавају и користе за доношење одлуке. Monte Carlo симулација, у својој најједноставнијој форми, представља генератор случајних бројева који је користан за прогнозу, процену и анализу ризика. Симулација израчунава велики број сценарија датог модела, понављајући преузимање вредности из унапред дефинисаног начина расподеле вероватноће за неодређени параметар. За процену неизвесности везаних за садржај корисне компоненте, искоришћење метала и величину инвестиције примењују се различите функције расподеле вероватноће, као што су редом нормална, равномерна и троугласта расподела. За процену будућих стања цене метала и трошкова производње примењују се редом Monte Carlo симулације процеса повратка на средњу вредност и Monte Carlo симулације геометријског Брауновог кретања. Генерално, у овом раду користе се методе истраживања засноване на анализи новчаног тока пројекта у условима неизвесности које се дефинишу адекватним функцијама расподеле вероватноће и стохастичким диференцијалним једначинама.

Стратешке одлуке су оне одлуке које директно утичу на пословање рударске компаније. Ове кључне одлуке првенствено се тичу нивоа производње односно њеног планирања. Постоје три основна правца стратегије планирања производње и то су:

- Одржавање постојећег нивоа,
- Повећање нивоа,
- Смањење нивоа, која у себи може садржати и крајњу опцију, а то је обустављање прои-зводње на неко време или трајно.

Стратегија планирања производње у директној је вези са количином новчаних средстава потребном за њену реализацију. Узимајући ову чињеницу у обзир, одлучивање о нивоу производње можемо поистоветити са инвестиционим одлучивањем. Овакво одлучивање представља изузетно тежак и одговоран задатак, који од доносиоца одлуке захтева да на што квалитетнији начин сагледа све околности и у складу са њима пронађе адекватно решење. Пројекти који захтевају велику количину капитала за своју реализацију, као што су пројекти у рударству, често се суочавају са различитим изворима унутрашњих и спољашњих ризика и неодређе-ностима (неизвесностима). Ови ризици могу проузроковати значајна померања планираних активности пројекта, повећање трошкова и у великој мери утицати на профитабилност пројекта. Неизвесности се могу довести у везу са ризицима пројекта, исто тако и са могућностима које се могу развити током животног циклуса на пример повећање нивоа производње. Способност да се дефинишу ове неизвесности, као и способност укључивања флексибилних алтернатива у пројекат препознају се као веома важне за дугорочни успех пословања рударске компаније.

1.2.1 Списак објављених радова

Радови у међународном часопису (M23)

1. Gligorić Z., Beljić C., Glušćević B., Jovanović S.: *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, IF.0,793, ISSN 0037-5497, DOI:10.1177/0037549711410902.

2. Gligorić Z., Č. Beljić C., Jovanović S., Cvijović C.: *Optimization of Underground Mine Development System Using Fuzzy Shortest Path Length Algorithm*, Journal of the Chinese Institute

of Engineers, 2014, pp.1-18, Taylor&Francis, IF:0,209, DOI: 10.1080/02533839.2014.912772. ISSN 0253-3839.

3. Jovanović S., Gligorić Z., Beljić C., Glušević B., Cvijović C.: *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, IF:0,367, DOI 10.1007/s13369-014-1173-9. ISSN 1319-8025.

Радови у водећим часописима националног значаја (M51)

1. Gligorić Z., Beljić Č., Jovanovic S.: *Strateško planiranje proizvodnje u aktivnom rudniku olova i cinka u uslovima neizvesnosti*, Tehnika, Menadžment (58) 4, 2008, pp.1-10. UDC: 622.344.013.001.24=861.

Радови саопштени на скуповима међународног значаја штампани у целини (M33)

1. Gligoric Z., Tokalic R., Beljic C., Jovanovic S.: *Model of selection of longwall roadway drivage technology using fuzzy TOPSIS method*, 5th International conference COAL 2011, Zlatibor, Serbia, 2011, Yugoslav Opencast Mining Committee, pp.53-66, ISBN:978-86-83497-17-1.

2. Gligoric Z., Beljic C., Gluscevic B., Jovanovic S.: *A decision support system for mine project selection under uncertainty using fuzzy TOPSIS technique*, Proceedings of the 23rd International Mining Congress of Turkey, Antalya, Turkey, 2013, Chamber of Mining Engineers of Turkey, pp.1471-1482, ISBN: 978-605-01-0467-7.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу проблематике која је третирана магистарском тезом, проблема који су решавани у научним радовима и на основу стеченог радног искуства, кандидат мр Саша Јовановић се одликује следећим способностима које га квалификују као компетентног истраживача за израду предложене докторске дисертације:

- препознавање кључних проблема у подземној експлоатацији лежишта минералних сировина,
- способност успостављања функционалних зависности између најутицајнијих параметара и коначног исхода, креирање математичких модела,
- квантификација вредности улазних параметара система у условима неодређености,
- примењује научне методе истраживања базиране на симулацијама стохастичких диференцијалних једначина, теорији графова, оптимизацији fuzzy тежинских мрежа, инжењерској економици, теорији одлучивања.

Досадашњи објављени радови и истраживачка делатност кандидата суштински су повезани са научном облашћу којој припада тема предложене докторске дисертације и квалификују кандидата за успешан рад на предложеној теми.

На основу биографских података кандидата, његових стручних и научних активности, као и објављених радова, Комисија сматра да је кандидат подобан за рад на предложеној теми докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

Отварање представља прву и веома важну фазу у експлоатацији лежишта минералних сировина. Усвојена схема, конструктивни параметри отварања у великој мери утичу на капацитет производње, ефикасност транспорта, вентилације и одводњавања. У објекте отварања подземног рудника (окна, навозишта, нископе, ходнике, сипке) улаже се и до 60% укупних инвестиционих средстава потребних за реализацију експлоатације.

Основни проблем који треба решити у циљу стварања ефикасног система експлоатације лежишта минералних сировина јесте проблем оптимизације трошкова у подземном руднику, током његовог века експлоатације, посебно фокусирајући трошкове везане са подземном припремом потребном да се обезбеди приступ до рудне зоне и транспорт руде из те зоне. Проблем оптимизације рудника приказује се као модел у облику тежинске мреже. Смањење трошкова рударске производње је важан предмет истраживања за оне који се баве припремањем рудника за производњу, односно за пројектанте и оперативце који су суочени са високо конкуретним тржиштем минералних производа. Ефикасни оптимизациони алгоритми постоје за пројекте површинских копова, и успешно су били примењени као комерцијални софтверски системи. Међутим, проблем оптимизирања подземних рудника је у мањем обиму тако добро схваћен. Главно упориште оптимизације треба да буде смањење трошкова током века експлоатације помоћу изналагања најефикаснијег плана (распореда) окана, нископа, ходника и сипки да би се обезбедила економски оправдана рударска производња.

Претпоставимо да је план рудника развијен до нивоа где је донета одлука о начину откопавања лежишта, односно постоји дефинисана приоритетна метода откопавања, рецимо подетажна метода и где су дефинисане локације тачака приступа лежишту и локације главних тачака концентрације транспорта. Кључно питање, које се по природи ствари намеће, јесте да ли рударске радове у фази отварања лежишта развијати (припремати) вертикалним окнима (високи фиксни трошкови, али ниски експлоатациони трошкови по тони руде која је извежена) или користити нископе за приступ и транспорт (нижи фиксни трошкови, али виши јединични трошкови транспорта) или комбинацијом ова два приступа. Ова одлука представља једну од најважнијих пројектантских одлука у процесу пројектовања подземног рудника. Савремени приступи у пројектовању заснивају се на упоређивању варијантних решења за сваку опцију. Обично постоји велики број потенцијалних решења која треба да буду размотрена и процењена, што може отежати сам процес доношења коначне одлуке. Ако неко стане са стране и погледа план рудника као формалну мрежу у математичком смислу онда ово питање може да се постави и као проблем мрежне оптимизације. Може се поставити опште питање, у смислу, како дефинисати:

- локацију и дубину вертикалног окна,
- структуру веза (топологију) ходника који спајају приступне тачке и тачке у окну где се врши утовар и извоз руде,
- локацију и све елементе који дефинишу нископ,
- структуру веза (топологију) ходника (или нископа) који спајају приступне тачке и тачке у нископу,

односно пронаћи локације свих горе наведених објеката отварања које минимизују назначену функцију трошка која обухвата отварање рудника и производњу руде током века експлоатације рудника.

У дисертацији се примењује приступ оптимизације тежинске мреже, при чему су тежинске функције које се додељују сваком сегменту мреже дефинисане као fuzzy стохастичке

величине и оне се мењају током времена. На бази опште теорије мрежа, предложена су два приступа за избор оптималног система отварања подземног рудника. Први приступ се заснива на примени Алгорита за проналажења fuzzy најкраћег пута у мрежи и Композитног рангирања. Други приступ се заснива на примени Индекса конвексности и Композитног рангирања.

Основни циљ развоја и примене овог динамичког оптимизационог модела је добијање одговора на основна питања о дефинисању одговарајућег система отварања подземног рудника. Други циљ је увођење што реалистичнијих претпоставки у развоју fuzzy стохастичког модела за избор оптималног система отварања подземног рудника.

Извод из литературе релевантне за предмет истраживања

1. Gentry, D.W.; O'Neil, T.J.: Mine Investment Analyses, Society of Mining Engineers of American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers., New York (1984).
2. Tahernejad, M.M.; Ataei, M.; Khalokakaei, R.: A Strategic analysis of Iran's dimensional stone mines using SWOT method, The Arabian Journal for Science Engineering 38, 149–154 (2013)
3. Lizotte, Y.; Elbrond, J.: Optimal layout of underground mining levels, CIM Bulletin, 78, 873, 41–48 (1985)
4. Brazil, M.; Thomas, D.A; Weng, J.F.: Gradient constrained minimal Steiner trees, Network Design: Connectivity and Facilities Location, DIMACS Series in Discrete Mathematics and Theoretical Computer Science, 40, 23–38, American Mathematical Society, Providence, (1998),
5. Brimberg, J.; Juel, H.; and Schoble, A.: Linear facility location in three dimensions-models and solution methods, Operation Research, 1050–1057 (2002),
6. Gligoric, Z.; Beljic, C.; Simeunovic, V.: Shaft location selection at deep multiple orebody deposit by using fuzzy TOPSIS method and network optimization, Expert Systems with Applications, 37, 2, 1408–1418 (2010),
7. Rubinstein, H; Brazil, M.; Grossman, P.; Lee, D.; Thomas, D.; Wormald, N.: Optimisation challenges in underground mine planning and design, in Proceedings Mine Planning and Equipment Selection (MPES), The Australasian Institute of Mining and Metallurgy: Melbourne, 11–12 (2010)
8. Zadeh, L.A.: Fuzzy sets, information and control, 8, 3, 338–353 (1965)
9. Bojadziev, G.; Bojadziev, M.: Fuzzy sets and fuzzy logic applications, World Scientific, (1996).
10. Zimmermann, H.J.: Fuzzy Set Theory and its Applications. Kluwer, Boston, (1998).
11. Zadeh, L.A.: The concept of a linguistic variable and its application to reasoning -I. Information Sciences, 8, 3, 199–249 (1975),
12. Bellman, R.E.; Zadeh, L.A.: Local and fuzzy logics. In: Dunn JM, Epstein G (eds.) Modern uses of multiple-valued logic. Kluwer, Boston, pp.105–151, pp.158–165 (1977)
13. Kaufmann, A.; Gupta M.M.: Introduction to Fuzzy Arithmetic: Theory and Applications, Van Nostrand Reinhold, New York, (1985).
14. Ladde, G.S.; Sambandham, M.: Stochastic versus Deterministic Systems of Differential Equations, Marcel Dekker, New York, (2004).
15. Swishchuk, A.; Ware, A.; Li.H.: Option pricing with stochastic volatility using fuzzy sets theory, Northern Finance Association Conference Paper (2008).
<http://www.northernfinance.org/2008/papers/182.pdf>
16. Do, J.; Song, H.; So, S.; Soh, Y.: Comparison of deterministic calculation and fuzzy arithmetic for two prediction model equations of corrosion initiation, Journal of Asian Architecture and Building Engineering, 4, 2., 447–454 (2005)
17. Elizabeth, S.; Sujatha, L.: Fuzzy shortest path problem based on index ranking, Journal of Mathematics Research, 3, 4, 80–88 (2011)

3. Полазне хипотезе

Пројекат је сваки процес којим се постиже неки циљ или група циљева. За разлику од пројеката у општем смислу изградња и опремање рударских објеката је увек у директној вези са рударством као привредном граном. Према томе, ови пројекти се називају "рударски", а пошто су по својој суштини инвестиционог карактера, можемо их звати и "инвестициони" пројекти.

Теорија одлучивања разликује одлуке које се доносе у присуству неизвесности, где су стања различитих исхода непозната и одлука при ризику, где се неизвесности могу проценити, односно квантификовати. Први случај се ретко среће при практичним инвестиционим анализама у рударству, тако да се предмет истраживања фокусира на класу проблема где се стања улазних параметара могу проценити и у статичком и у динамичком смислу. За рударске подухвате извор ових неизвесности може бити било који број параметара који се доводе у везу са ставкама као што су садржај корисне компоненте, резерве руде, трошкови производње, цене производа, итд.

Евидентирање присуства ризика код улазних параметара представља прву фазу при процени могућих исхода, иза које следи много важнија а то је квантификација означених ризика. Доносиоци одлука се конформније осећају при употреби детерминистичких процена, али убрзо схватају да вредности улазних параметара нису сасвим одређене. Анализирајући неодређеност они увиђају збуњујући задатак процењивања бесконачног броја могућих исхода који користи неке неоспорно несигурне претпоставке о будућности. Ово је скуп и временски захтеван поступак који неминовно потражује неке грубо поједностављене претпоставке. И поред свега, неодређеност у инвестиционим одлукама треба експлицитно третирати, не треба се због сложености проблема олако предавати и задовољавати се радом на брзину примењујући приступ занемаривања параметара као заштиту против ризика. Сасвим је природно да се захтевају одређена поједностављења, али квантификујући могуће исходе помоћу најбоље доступних информација, целокупна слика о систему отварања подземног рудника постаје много јаснија.

Развој формалног оквира оптимизације треба да тежи ка моделу проблема рудничког пројекта система отварања у својству тежинске мреже. Проблем минимизирања трошка отварања и експлоатације рудника једнак је минимизирању трошка њему придружене мреже. Модел се прво презентује у општем описном начину, а онда се формулише за специјалан случај у прецизнијој математичкој форми. Циљ општег модела оптимизације треба да буде минимизација укупног променљивог трошка приступања руди и њеног транспорта, где се претпоставља да је трошак нека предложена комбинација трошкова инфраструктуре (приступања) и експлоатације (транспорта).

Основне претпоставке су:

- мрежни модел претпоставља да су све тачке приступа дате, заједно са очекиваном тонажом за сваку приступну тачку,
- претпоставља се да рудник може садржати или нископ или ходник или вертикално извозно окно са једном или више утоварно/приступних тачака. Површинска локација нископа, ходника или окна може бити или фиксирана, слободна или условљена датим регионом; дужина нископа, ходника и дубина окна су генерално слободне променљиве,
- трошкови отварања за нископ, ходник и окно су дати; обично ће они бити моделовани као трошак по дужном метру,

- трошкови транспорта дуж нископа, ходника су дати; обично ће ови трошкови бити специфицирани у \$/tm и варирају током времена,
- трошкови извоза окном су дати као функција тонаже, дубине окна и времена.

Дозвољено је да топологија рудничке мреже отварања варира. Према томе, главне променљиве су:

- локација и/или дубина на којој се налази основа окна или тачке навозишта,
- локација и дужина нископа, као и нагиб,
- локација и дужина ходника,
- топологија рудничке мреже отварања

Мрежни модел може инкорпорирати и нека од кључних оперативних ограничења која су карактеристика пројеката подземних рудника, на пример, вертикални нагиби нископа ограничени су до апсолутно дозвољеног нагиба у опсегу који је дефинисан техничким могућностима транспортне опреме, итд.

Елементи решења ће описати вредности променљивих које минимизирају номиновани трошковни циљ:

- локацију и дубину окна, односно елементе нископа или ходника,
- топологију мреже отварања,
- процењен трошак оптималног решења.

4. Научне методе истраживања

У овој дисертацији, биће креиран fuzzy стохастички динамички модел избора оптималног система отварања подземног рудника, који представља основу за доношење стратешких инвестиционих одлука у фази пројектовања. Модел обухвата спецификацију неизвесне тонаже руде у приступним тачкама, коју треба превести до површине терена. Количине руде које се могу откопати и транспортовати директно зависе од примењене методе откопавања. Ефикасност методе откопавања може се изразити коефицијентом искоришћења. Овај коефицијент представља процентуални део руде који је откопан из примарног рудног тела. Он зависи од многих параметара као што су: величина и облик рудног тела, угла пада, дебљине рудног тела, расподеле садржаја корисне компоненте, физичко-механичких карактеристика руде и околних стена, врсте контакта између руде и околних стена, итд. Постоји већи број различитих метода откопавања, које се користе у складу са поменутих параметрима али ниједна од њих не може откопати целокупне резерве из примарног рудног тела. Све информације о карактеристикама лежишта засноване су на подацима који су добијени истражним бушењем са површине терена и веома је тешко на основу њих дефинисати параметре у смислу вредности са високим степеном одређености. Ово је разлог због чега се користе fuzzy лингвистичке променљиве да би се описао коефицијент искоришћења. Следећи корак трансформише fuzzy лингвистичке променљиве у fuzzy троугласте бројеве и на тај начин се квантификује неизвесност тонаже. Хетерогеност улазних информација везаних за карактеристике радне средине (физичко-механичке карактеристике, хидрогеолошке карактеристике, итд.) у великој мери утичу на величину трошкова израде просторија отварања и на немогућност да се они изразе на детерминистички начин. У том контексту врши се њихова фазификација.

Математички модел омогућава, кроз стохастичку диференцијалну једначину стања, адекватно представљање динамичке природе експлоатационих трошкова транспорта руде

кроз различите типове просторија отварања. Ако узмемо у обзир да оперативни трошкови везани за транспорт руде зависе од многих параметара (радна снага, енергија, итд.) и да се ови параметри мењају током времена, онда може бити од велике користи способност да се предвиде (процене) будуће вредности ових трошкова. Да би се процениле будуће вредности оперативних трошкова користи се Monte Carlo симулација геометријског Брауновог кретања. Добијене расподеле трошкова током времена се трансформишу у одговарајуће fuzzy троугласте бројеве применом Swishchuk-овог модела трансформације. У дисертацији ће бити примењена теорија мрежа у fuzzy стохастичком случају, у оквиру које се проналази пут са најмањим могућим трошковима, односно оптимални систем отварања. Проналажење овог пута заснива се на примени Алгоритма за проналажења fuzzy најкраћег пута у мрежи и примени Индекса конвексности. Коначан избор система отварања подземног рудника заснива се на примени Композитног рангирања.

5. Очекивани научни допринос

У дисертацији се разматра проблем избора оптималног система отварања подземног рудника. Овај проблем представља један од најзначајнијих проблема комбинаторне оптимизације при пројектовању система отварања. На основу досадашњих, текућих и планираних истраживања, поред опште анализе проблема, научни доприноси који се очекују су:

- Динамички модел избора оптималног система отварања подземног рудника који је заснован на Теорији мрежа и Композитном рангирању;
- Смањење неодређености улазних параметара, резерви руде, трошкова израде просторија отварања и трошкова транспорта на fuzzy односно стохастички начин;
- Приказ промене преференци обрађиваних система отварања при симултаном промени дубине откопавања и резерви руде које треба транспортовати;
- Смањење ризика у процесу доношења стратешких инвестиционих одлука у процесу пројектовања подземних рудника;
- Валидација приступа као једног рачунарски врло ефикасног начина за избор оптималног система отварања подземног рудника;
- Подршка при стратешком одлучивању.

Очекивани научни доприноси докторске дисертације још више добијају на својој важности узимајући у обзир да систем отварања подземног рудника представља добар пример иреверзибилне инвестиције. Овакве инвестиције захтевају пажљиве анализе, јер након њихове реализације је веома тешко исправити слабости пројектних решења без значајног губитка новчаних средстава и времена. Самим тим и одлуку о избору система отварања подземног рудника можемо посматрати у контексту стратешког инвестиционог одлучивања. Да би ова одлука била квалитетна неопходно је сагледати окружење у којем се она доноси, односно дефинисати све утицајне параметре. Узимајући у обзир да се повећава дубина на којој се налазе лежишта минералних сировина, ултра дубока лежишта, тада се важност избора система отварања подземног рудника вишеструко повећава. Поред наведене чињенице, практична примена стручних резултата се односи и на постојеће површинске копове, који се налазе при крају свог експлоатационог века, па је подземна експлоатација једини начин да се преостале резерве откопају на сигуран и економски исплатив начин.

6. План истраживања и структура рада

Докторску дисертацију би чиниле следеће структурне целине:

- Уводна разматрања,

- Преглед литературе,
- Основне претпоставке теорије графова, мрежа, fuzzy скупова и стохастичких диференцијалних једначина,
- Приступ избору оптималног система отварања подземног рудника у fuzzy стохастичком окружењу,
- Предложено решење проблема избора оптималног система отварања подземног рудника засновано на Алгоритму за проналажења fuzzy најкраћег пута у мрежи и Композитном рангирању; Индексу конвексности и Композитном рангирању.
- Нумерички експерименти и анализа добијених резултата,
- Закључна разматрања.

7. Закључак и предлог

Анализом података из пријаве мр Саше М. Јовановића, дупл. инж. рударства, Комисија закључује да је предложена тема актуелна и погодна за израду докторске дисертације, као и да кандидат испуњава све законом предвиђене услове и да има истраживачке способности за рад на докторској дисертацији. Имајући у виду све наведено, Комисија предлаже Наставно-научном већу Рударско-Геолошког факултета Универзитета у Београду да кандидату мр Саше М. Јовановићу, дипл. инж. рударства, одобри израду докторске дисертације под називом

„FUZZY СТОХАСТИЧКИ МОДЕЛ ИЗБОРА СИСТЕМА ОТВАРАЊА ПОДЗЕМНОГ РУДНИКА“

у научној области Рударство, ужа научна област Експлоатација чврстих минералних сировина и механика стена, за коју је Рударско-Геолошки факултет Универзитета у Београду матичан. За ментора докторске дисертације предлаже се др Зоран Глигорић, ванредни професор на Катедри за подземну експлоатацију минералних сировина, Рударско-Геолошког факултета, Универзитета у Београду.

У Београду, 17.10.2014. год.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Проф. др Зоран Глигорић,
Универзитет у Београду, Рударско-Геолошки факултет

Проф. др Чедомир Бељић,
Универзитет у Београду, Рударско-Геолошки факултет

Доц. др Бранко Глушевић,
Универзитет у Београду, Рударско-Геолошки факултет

Проф. др Биљана Стошић,
Универзитет у Београду, Факултет организационих наука