

**УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ-
РУДАРСКО-ГЕОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ**
11120 Београд 35, Ђушина 7, п.п. 35-62
Тел: (011) 3219-100, Факс: (011) 3235-539



**UNIVERSITY OF BELGRADE,
FACULTY OF MINING AND GEOLOGY**
Republic of Serbia, Belgrade, Djusina 7
Phone:(381 11) 3219-100, Fax:(381 11) 3235-539

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

ВЕЋУ НАУЧНИХ ОБЛАСТИ ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Предмет: Допуна Извештаја

На основу Закључка заведеног под бројем 1/279 од 17.10.2013. године, донетог од стране Већа научних области техничких наука, по коме се одлаже разматрање захтева за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације кандидата Дејана Петровића студента докторских студија на Рударско-геолошком факултету, достављамо измењен извештај Комисије на начин како је сугерисано.

У наведеном Закључку дата је сугестија да се првобитни извештај Комисије измени у тачки Очекивани научни допринос, на тај начин што ће се могући научни доприноси таксативно навести.

У Београду 23.10.2013.

Декан

.....
Проф. Др Иван Обрадовић

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
РУДАРСКО-ГЕОЛОШКОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ**

Предмет: Подобност теме и кандидата Дејана Петровића за израду докторске дисертације

Одлуком бр.1/184 од 21.06.2013. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата **Дејана Петровића** за израду докторске дисертације под насловом **Развој алгоритма процене ефеката ризика рада рударских машина на бази фази алгебре**.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Дејан Петровић рођен је 29.07.1980. године у Бору. Основну школу завршио је у Кривељу 1995. године. Средњу Машинско-електротехничку, смер Машински техничар завршио је 1999. године у Бору. Дипломирао је на Техничком факултету у Бору, на смеру за експлоатацију лежишта минералних сировина са просечном оценом 8,11. Дипломски рад под називом: „Предлог начина откопавања централног дела рудног тела „П₂А“ у јами Бор“ одбранио је 16.12.2005. године са оценом десет. Стручни испит са темом „Допунски рударски пројекат отварања и експлоатације откопног поља IV блок у јами Равна Река РМУ Рембас – Ресавица“ положио је 17.11.2009. год. у Савезу инжењера и техничара Србије у Београду (Уверење бр. 5262/Р издато 25.11.2009).

Од 30.05.2006. године радио је у „ЈП ПЕУ“ у Руднику Мрког Угља „РЕМБАС“ у Техничком сектору на радном месту инжењера у производњи. 03.09.2007. прекинуо је радни однос, због одласка на одслужење војне обавезе. После одслуженог војног рока вратио се на рад 19.06.2008. године у „ЈП ПЕУ“ у Руднику Мрког Угља „Боговина“ на радна места асистента управника и управника Јаме. Од 23.10.2008. године ангажован је на Техничком факултету у Бору, као универзитетски сарадник у звању асистента на Катедри за подземну експлоатацију лежишта минералних сировина. Ангажован је на предметима: Технологија подземне експлоатације, Методе откопавања, Пројектовање рудника, Одводњавање рудника, Котирана пројекција и Стручна пракса на основним студијама и на предметима Пројектовање рудника, Моделирање и оптимизација процеса и Методика НИР-а у рударству на мастер студијама.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Докторске Академске студије на Рударско-геолошком факултету у Београду уписао је 2009. године, на студијском програму Рударско инжењерство. У току студија положио је следеће испите:

- Одабрана поглавља из вероватноће и статистике,	оцена 7	ЕСПБ 10
- Напредне теме инжењерске математике,	оцена 8	ЕСПБ 10
- Методе оптимизације	оцена 10	ЕСПБ 10
- Израда докторске дисертације	оцена 10	ЕСПБ 10
- Израда докторске дисертације	оцена 10	ЕСПБ 10
- Пројектовање информационих система	оцена 10	ЕСПБ 10
- Сигурност функционисања рударских машина	оцена 10	ЕСПБ 10
- Израда докторске дисертације	оцена 9	ЕСПБ 10
- Израда докторске дисертације	оцена 9	ЕСПБ 10
- Техноекономска оцена пројеката у рударству II	оцена 8	ЕСПБ 10
- Геомех. истраж. за потребе изградње подземних објеката	оцена 10	ЕСПБ 10
- Научно истраживачки рад	оцена 9	ЕСПБ 5
- Израда докторске дисертације	оцена 8	ЕСПБ 25
- Научно истраживачки рад	оцена 8	ЕСПБ 5
- Сигурност и заштита у рударским технолошким процесима	оцена 9	ЕСПБ 10

Теме семинарских радова које је кандидат радио током полагања наведених испита су:

- Транспортни задатак линеарног програмирања
- База података повреда на раду
- Оцена нивоа ризика отказа техничких система
- Оцена пројеката у рударству
- Мерење и праћење напонско-деформационх параметара у току израде и трајања подземних објеката
- Системски приступ процени ризика и поузданости технолошких система-литературни преглед
- Анализа математичких модела теорије фази скупова, фази логике и фази оптимизације
- Оцена поузданости техничких система у рударству
- Анализа повреда на раду у рудницима угља у Србији.

На тај начин стекао је право да поднесе Захтев за одобрење Дисертације.

Кандидат је у протеклом периоду, као аутор и коаутор, објавио 28 радова, од којих 2 у часописима са SCI листе, 2 рада у часопису категорије M24, 4 рада у домаћим часописима из категорије M51, 4 рада у домаћим часописима из категорије M53, 14 радова на међународним и 2 рада на националним стручним скуповима.

Радови објављени у часописима међународног значаја (M21, M22, M23)

M 21

1. Stojadinović S., Svrkota I., **Petrović D.**, Denić M., Pantović R., Milić V.: *Mining injuries in Serbian underground coalmines-a ten year study*, - Injury - International Journal of the Care of the Injured, Vol 43, 2012, pp. 2001-2005. DOI 10.1016/j.injury.2011.08.018 ISSN: 0020-1383 (IF = 1.975 (2011) Emergency medicine 6/24 M-21.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0020138311003950>

M 22

2. Stojadinović S., Lilić N., Pantović R., Žikić M., Denić M., Čokorilo V., Svrkota I., **Petrović D.**: *A new model for determining flyrock drag coefficient*, - Int. Journal of Rock Mechanics and Mining Science, Vol 62, 2013, pp. 68-73 doi: 10.1016/j.ijrmms.2013.04.002 ISSN: 1365-1609; IF(2011)=1,272; Mining and mineral processing 7/23 M-22.
http://ac.els-cdn.com/S1365160913000786/1-s2.0-S1365160913000786-main.pdf?_tid=1b950592-d74c-11e2-9e98-00000aacb361&acdnat=1371473445_48d8cd0a2c211e13c02b2f5864a3c2cc

Радови у часопису међународног значаја верификованом посебном одлуком

M24

3. Milić V., Svrkota I., **Petrović D.**: *Determination of mining method design parameters on physical similarity models*, - Mining Engineering, No. 1, 2013, pp. 93-100.
http://www.irmbor.co.rs/pdf/rudarski/rudarski1_13.pdf
4. Milićević Ž., **Petrović D.**, Svrkota I.: *Possible variation of sublevel caving in order to improve effects of mining*, - Mining Engineering, No. 4, 2012, pp. 27-34.
http://www.irmbor.co.rs/pdf/rudarski/rudarski4_12.pdf

Радови у водећим националним часописима

M 51

5. Svrkota I., Milić V., Vušović N., **Petrović D.**: *Considerations the possibilities for mining the remaining ore reserves in the ore body "Tilva Ros" in the Jama Bor mine*, - Mining Engineering, No. 1, 2012, pp. 55 – 60.
http://www.irmbor.co.rs/pdf/rudarski/rudarski1_12.pdf
6. Milić V., Svrkota I., **Petrović D.**: *Phase development of the Borska Reka ore body*, - Mining Engineering, No. 1, 2012, pp. 97 – 104.
http://www.irmbor.co.rs/pdf/rudarski/rudarski1_12.pdf
7. Milićević Ž., Svrkota I., **Petrović D.**: *Consideration the problems of mine opening in the phosphorite sandstone deposit „Lisina“ near Bosilegrad*, Mining Engineering, No. 2, 2011, pp. 21 – 28.
http://www.irmbor.co.rs/pdf/rudarski/rudarski2_11.pdf
8. **Petrović D.**, Damjanović, Z., Djenadić, D., Pantović, R., Milić, V.: *Use of modern computer equipment and tools to reduce the occurrence of accidents in the mining systems*, - Mining Engineering, No 2, 2010, pp. 35-40.
http://www.irmbor.co.rs/pdf/rudarski/rudarski2_10.pdf

Радови у часописима националног значаја

M 53

9. Milić V., Svrkota I., **Petrović D.**: *Determination of polymetallic ore value*, - EMIT – Economic Management Information Technology, Vol. 1. No 3, 2012, pp. 195-203.
<http://www.emit.kcbor.net/Kompletni%20casopisi/EMIT%20Vol1%20No3.pdf>
10. **Petrović D.**, Svrkota I., Stojadinović S., Milić V., Pantović R., Milićević Ž.: *„Borska reka“ ore body, the future of the exploitation in Bor mine*, - Underground mining engineering, Vol 21, 2012, pp. 1-7.
http://www.rgf.bg.ac.rs/Publikacije/PodzemniRadovi/Broj21/Srpski/01%20PR%2021_08.pdf
11. Milić V., **Petrović D.**, Svrkota I.: *Importance of maintenance of barricades towards worked out areas during extraction and in case of mine fire*, – Journal of Mining and Metallurgy, Vol 44 A, 2008, pp. 1 – 8.
http://www.jmm-mining.com/images/stories/pdf/2008/vol_44_a_08_01.pdf
12. Milić V., Svrkota I., **Petrović D.**: *Suggestion for mining method in remaining ore reserves of central part of „P₂A“ ore body at Jama Bor*, – Journal of Mining and Metallurgy, Vol 43 A, 2007, pp. 9 – 17.
http://www.jmm-mining.com/images/stories/pdf/2007/vol_43_a_07_02.pdf

Радови на скуповима међународног значаја штампани у целини

M 33

13. Makuljević J., Pantović R., Vusović N., **Petrović D.**, Stojadinović S.: *Key aspects of environmental risks assessment and management in mining*, - Proceedings of XXI International Scientific and Professional Meeting “ECOLOGICAL TRUTH” ECO-IST’13, Bor 2013., Serbia, pp. 600 – 604.
14. Milićević Ž., Milić V., Svrkota I., **Petrović D.**: *Mine design of ore body “T” in jama Bor underground mine*, - Proceedings of 44th International October Conference on Mining and Metallurgy, Bor 2012., Serbia, pp. 199-202.

15. **Petrović D.**, Milić V., Grujić M., Svrkota I.: *Modern informatical way for record, monitoring and analysis of accidents*, - Proceedings of the 16th conferences of the series: Man and working environment, International conference Safety of technical systems in living and working environment – STS 2011, Niš 2011., Serbia, pp. 287 – 291.
16. Milić V., Svrkota I., **Petrović D.**: *Analysis of current situation, possibilities and perspective of underground mining in Jama Bor*, - Proceedings of 43th International October Conference on Mining and Metallurgy, Kladovo 2011., Serbia, pp. 521 – 524.
17. **Petrović D.**, Milić V., Svrkota I., Dubočanin M.: *Remaining ore reserves in ore body P₂A in Bor mine Jama and proposal of exploiting way*, - Proceedings of 43th International October Conference on Mining and Metallurgy, Kladovo 2011., Serbia, pp. 525 – 529.
18. Pantović R, Vušović, Svrkota I., **Petrović D.**, Damnjanović Z.: *Stress-deformation monitoring of N. A. T. M. support system in ore body T of Jama Bor*, - Proceedings of 43th International October Conference on Mining and Metallurgy, Kladovo 2011., Serbia, pp. 569 – 572.
19. Grujić M., **Petrović D.**: *Analiza izvora i uzroka povreda na radu i njen uticaj na kvalitet revizije akta o proceni rizika*, – Zbornik radova VI Međunarodnog savatovanja „Rizik i bezbednosni inženjering“, Kopaonik 2011., Srbija, str. 198 – 205.
20. Damnjanović Z., **Petrović D.**, Nikolić V.: *M – banking new eco-technology*, – Proceedings of XVIII International Scientific and Professional Meeting “ECOLOGICAL TRUTH” ECO-IST’10, Apatin 2010., Serbia, pp. 474 – 483.
21. Damnjanović Z., **Petrović D.**, Milić V., Pantović R.: *ICT and thermography in mining industry* – Proceedings of 10th International Conference “Research and Development in Mechanical Industry” RaDMI 2010, Donji Milanovac 2010., Serbia, pp. 578 – 583.
22. Jovanić P., Damnjanović Z., **Petrović D.**: *Thermal analisis of SCHRS 800 continuous excavator construction frame on open pit Drmno*, – Proceedings of 10th International Conference “Research and Development in Mechanical Industry” RaDMI 2010, Donji Milanovac 2010., Serbia, pp. 600 – 609.
23. Milicević Ž, Svrkota I., **Petrović D.**: *Ore body "T" – a challenge for technological improvements of underground mining in Jama Bor mine*, - Proceedings of 42th International October Conference on Mining and Metallurgy, Kladovo 2010., Serbia pp. 388 – 391.
24. **Petrović D.**, Svrkota I., Milić V.: *Possibility for application of longwall in section "IV blok" of Ravna reka coal mine*, – Proceedings of 42th International October Conference on Mining and Metallurgy, Kladovo 2010., Serbia pp. 396 – 399.
25. **Petrović D.**, Damnjanović Z., Milić V., Pantović R.: *Possibility of thermography imlementation in industry and mining*, – Proceedings of 42th International October Conference on Mining and Metallurgy, Kladovo 2010., Serbia pp. 400 – 403.
26. Milićević Ž., Svrkota I., **Petrović D.**: *Possible solution for extraction of phosphorite sandstone deposit "Lisina" near Bosilegrad*, – Proceedings of 42th International October Conference on Mining and Metallurgy, Kladovo 2010., Serbia pp. 404 – 407.

Радови на скуповима националног значаја штампани у целини

М 63

27. Milić V., Vušović N., Svrkota I., **Petrović D.**: *Ore excavation and transport in ore body “T” of jama Bor underground mine*, - Proceedings of 8th International Symposium Mine Haulage and Hoisting ISTI ’11, Zlatibor 2011., Serbia, pp. 75 – 81.
28. Pantović R., Žikić M., Stojadinović S., **Petrović D.**: *High slope waste dump in the cavity of the “Bor” open pit – Stability and deformations monitoring*, - Proceedings of 8th International Symposium Mine Haulage and Hoisting ISTI ’11, Zlatibor 2011., Serbia, pp. 384 – 390.

Кандидат је у својој каријери био ангажован на пројектима:

- Број пројекта: **ТР 33 038**, под називом: **Усавршавање технологија експлоатације и прераде руде бакра са мониторингом животне средине у РТБ Бор групи**, финансиран од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја за период 2011 – 2014.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу изнесеног досадашњег научно-истраживачког и стручног рада кандидата Дејана Петровића види се да кандидат има значајно научно-истраживачко искуство. Пре свега се то види кроз радове које је писао и кроз научно-истраживачке пројекте чији је учесник.

Кандидат је почео да се бави проблематиком ризика рада рударских машина у току докторских студија, што се може видети из тема семинарских радова које је обрађивао. Такође, у својим рефернцима, поред експлоатације лежишта минералних сировина, бавио се проблематиком отказа рада и ризика рударских машина и анализом повреда на раду, (реф. 1, 8, 13, 15, 19). Поред научноистраживачког и педагошког искуство које је стицао током свог рада у научној установи, кандидат је стекао одређено радно искуство у раду са рударским машинама радећи у рудницима угља. Све ово несумњиво квалификује Кандидата на рад на предложеној теми.

2. Предмет и циљ истраживања

• Предмет истраживања ове дисертације обухвата три јасно изражена сегмента:

- **Рударске машине тј. значај ових машина у процесу експлоатације минералних сировина;** Експлоатација лежишта минералних сировина без употребе савремених машина и опреме је готово незамислива. Рударске машине представљају један од најсложенијих техничких система у индустрији уопште. Одликују се великом инвестиционом вредношћу, раде у сложеним условима и скупим технолошким процесима, носе доста велики ризик по радну и животну околину. Процена нивоа ризика непланираних застоја, односно хаваријских ситуација, један је од најбитнијих системских задатака при експлоатацији и одржавању ових техничких система.

- **Појам ризика и његових сегмената;** Ризик који носи отказ одређене машина односно неког њеног елемента је увек присутан. Вероватноћа настанка нежељених догађаја и очекивана величина последица у заокруженом систему током утврђене дужине временског интервала се у анализи система разматра и дефинише као ризик. У последњих двадесетак година велика пажња посвећена праћењу и анализи ризика од отказа техничких система и последица који он носи. Донети су и међународни-европски стандарди, међу њима и интернационални стандард ИЕС 300-3-9 (1995), који дефинише анализу ризика у технолошким системима. Суштина процене ризика јесте да се утврди ниво ризика и да се њиме управља. Ако је ниво ризика неприхватљив треба предузети одређене мере како би се ризик свео на ниво прихватљивог. Стога, квалитетно и стручно управљање ризицима обезбеђује јасан и структурирани приступ идентификацији ризика, контроли и смањењу нивоа штетности ризичних појава. За технички систем-машину који ради без отказа и застоја каже се да је поуздан систем. Поузданост се може дефинисати као вероватноћа да ће систем успешно, без отказа, обавити функцију за коју је намењен, унутар граница својих перформанси, у току одређеног времена трајања задатака, када се користи на прописани начин и у сврху за коју је намењен, под специфицираним нивоима оптерећења, узимајући у обзир и претходно време коришћења. Карактеристике поузданости елемената или система у целини одређују се на основу емпиријских података о временима појављивања отказа. Основни показатељи поузданости машина су: учесталост појављивања отказа, вероватноћа појаве отказа, вероватноћа рада система без отказа и интензитет отказа. Сви ови показатељи су у функцији од времена. Прецизније речено, циљ је да се установи који од познатих теоријских закона расподеле највише одговара емпиријским подацима. Неопходно је прикупити податке о понашању система у одређеном временском периоду, да ли је било отказа, колико често и каква је штета нанета систему и околини, време трајања застоја итд.

На основу квалитетно прикупљених података могуће је извршити анализу и одредити нивое опасности и критична и опасна места у систему.

- **Системски приступ одржавању и експлоатацији техничких система.** За неометан рад рударских машина без застоја, неопходно је предузети опсежне мере на истраживању, анализи и планирању квалитетног систематског одржавања да би машина задржала своје функционално стање дужи временски период. Прекид рада једног елемента или дела система најчешће је праћен прекидом рада производног процеса. Познато је да, код сложених техничких система, и поред квалитетно организованог система за праћење рада и о државања, долази до отказа појединих елемената који могу имати негативне последице по машину, запослене и животно окружење. Озбиљност проблема отказа техничких система и ефекта-последика потврђује и чињеница да се истраживања на ову тему у континуитету спроводе од после Другог светског рата. Досадашња истраживања показују различите приступе, дају различите моделе али сва имају исти циљ, а то је: утврђивање критичних елемената система, подсистема и склопова, одређивање законитости појаве отказа, одређивање нивоа ризика који носи одређени отказ и мера које треба предузети да систем задржи своје функционалне карактеристике.

- Циљ истраживања је развој алгоритма за имплементацију ефекта ризика односно вероватноће настанка последице непланираног застоја, отказа, хаваријске ситуације у раду машине на: конструкцијску структуру саме машине, технолошки процес производње у коме учествује, радну и животну средину у синтезни модел оцене нивоа ризика рада одговарајуће машине која ради у рударској индустрији.

Предметом истраживања ове дисертације теоријски је дефинисан поступак анализе ефекта ризика отказа код машина и техничких система у рударству. Идеја је да се применом и комбинацијом постојећих статистичких и аналитичких метода и поступака за анализу ризика и одређивање нивоа поузданости, као циљ рада направи модел и утврди ниво ризика и поузданост мобилне дробилице „Lokotrack LT1213S“, која ради на каменолому „Ладне воде“ код Петровца на Млави. Применом теорије фази логике и РПН-а могуће је да се обраде подаци о отказима на дробилици, анализирају озбиљности штетног деловања случајног догађаја, времена између отказа исте врсте и предвиде последице које се могу појавити као резултат негативног деловања хаварија на околину и запослене.

- Досадашња истраживања на тему ризика и теорије поузданости техничких система у рударству указују на постојање сталне потребе да се на овом пољу истражује како би се усавршиле постојеће методе и применили нови модели за квалитетну анализу критичних елемената у систему, предикцију нежељених догађаја и изналажење мера потребних за спровођење у циљу сигурног функционисања технолошког процеса, система или машине. У наставку је дат кратак преглед литературе из предметне области.

Међународни стандарди (рефернце 1, 7, 20, 21) дефинишу основне појмове из теорије ризика и, дају приказ метода које се примењују за процену, идентификацију, анализу, оцену, третман и мониторинг над ризицима и поступке мере за унапређење менаџмента ризицима. Методе за процене ризика отказа техничких система објашњене су у референцама (1, 7, 8, 18, 19, 20, 21, 22, 23), где су приказани модели, методе и поступци за анализу ризика. Такође се дају и примери процене ризика за техничке системе у рударству. Теорија поузданости и модели за одређивање поузданости обрађени су референцама (9, 10, 12, 13, 15, 17, 30). Генерално у овим референцама методолошки поступци за одређивање поузданости су слични. У литератури (24,25,26,31) дат је приказ теорије фази скупова и фази логике, а у референцама (2, 3, 4, 5, 6, 8, 11, 14, 16, 27, 29) даје се приказ примене теорије фази скупова и фази логике за одређивање поузданости система у рударству.

1. Australian standard, *Risk management* AS/NZS 4360:1999,

2. Barabady J., Kumar U.: *Reliability analysis of mining equipment: A case study of a crushing plant at the Jajarm bauxite mine of Iran*, - Journal of Reliability Engineering and System Safety, Vol 93, No 4, pp.647-653.
3. Barabady J.: *Reliability and maintainability analysis of crushing plants in Jajarm Bauxite of Iran*, - Reliability and maintainability Symposium. Proceedings of the Annual Reliability and maintainability Symposium 2005., pp.109-115.
4. Bing L., Meilin Zhu, Kai Xu.: *A practical engineering method for fuzzy reliability analysis of mechanical structures*, - Reliability engineering and system safety, Vol 67, 2000, pp. 311-315.
5. Booker J. and Singphurwalla N.: *Using probability and fuzzy set theory for reliability assessment*, - Proceedings of XXI Conference IMAC, 2003. pp. 3-8.
6. Bowles J. and Pelaez E. *Fuzzy logic prioritization of failures in a system failure mode, effects and criticality analysis*, -Reliability engineering and system safety. Vol 50, 1995., pp. 203-213.
7. *Dependability management*. International standard IEC 300-3-9
8. Grassi A., Gamberini R., Mora C., Rimin B.: *A fuzzy-attribute model for risk evaluation in workplaces*, Safety Science Vol 47, 2009, pp. 707-716.
9. HAO Bing-yuan, SUI Gang, KANG Li-xun.: *Reliability emulation of production system on longwall face*, - Journal of coal science & engineering, Vol.15 No.1, 2009., pp 76–80.
10. Hoseinie S. H., Ataei M., Khalokakaie R., Ghodrati B., Kumar U.: *Reliability analysis of drum shearer machine at mechanized longwall mines*, - Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 18 No. 1, 2012., pp. 98-119.
11. Ivezić D., Tanasijević M., Ignjatović D.: *Fuzzy approach to dependability performance evaluation*, - Quality and reliability engineering international, Vol 24, 2011., pp. 779-792.
12. Ivković S.: *Otkazi elemenata rudarskih mašina*. Rudarsko-Geološki fakultet u Beogradu, Beograd 1997.
13. Kumar, U., Kelfsjo, B., Granholm, S.: *Reliability investigations for a fleet of load haul dump machines in Swedish mine*, - Reliability Engineering System Safety, Vol 26, 1989, pp. 341–361.
14. Kundu S. *The min-max composition rule and its superiority over the usual max-min composition rule*, - Fuzzy sets and systems, Vol 93, 1989., pp. 319-329.
15. Louit D.M., Pascual R., Jardine A.K.S.: *A practical procedure for the selection of time-to-failure models based on the assessment of trends in maintenance data*, - Reliability Engineering and System Safety, Vol 94, 2009., pp. 1618–1628.
16. Mechefske C.: *Objective machinery fault diagnosis using fuzzy logic*, - Mechanical Systems and Signal Processing, Vol 12, No 6, 1998., pp. 855-862.
17. Milčić D.: *Pouzdanost mašinskih sistema*. Mašinski fakultet Niš. Niš 2005.
18. Niczyporuk Z. T. *Risk assessment in mining technologies*, - Archives of Mining Science, Vol 42 Issue 1, 1997., pp. 163-175.
19. Radosavljević S., Lilić N., Ćurčić S., Radosavljević M.: *Risk assesment and managing technical system in case of mining industy*, - Journal of Mechanical Engineering, Vol 55, No 2, 2009., pp. 119-130.
20. Reveiz A. and León C.: *Operational Risk Management using a Fuzzy Logic Inference System*, - Borradores de Economía.(2009) 574, Banco de la Republica de Colombia.
21. *Risk management – Principles and guidelines*. International standard ISO 31000
22. *Risk management – Risk assessment techniques* IEC 31010/FDIS (2009).
23. Rong-Hwa Huang, Chang-Lin Yang, Chung-Szu Kao: *Assesment model for equipment risk management: Petrochemical indistry cases*, - Safety science, Vol 50, 2012, pp. 1056-1066.
24. Ros T.: *Fuzzy logic with engineering application Second ed*. JOHN WILEY & SONS, INC. West Sussex (2004).
25. Siler W. and Buckley J.: *Fuzzy expert systems and fuzzy reasoning*. JOHN WILEY & SONS, INC. (2005).
26. Sivanandam S. N., Sumathi S., Deepa S. N.: *Introduction to Fuzzy Logic using MATLAB*. Springer (2007) Verlag Berlin Heidelberg
27. Tanasijević M., Ivezić D., Jovančić P., Ćatić D., Zlatanović D.: *Study of Dependability Evaluation for Multi-hierarchical Systems Based on Max–Min Composition*, - Quality and Reliability Engineering International, Vol. 29(3), 2013, pp.317-326.

28. Tang J.: *Mechanical system reliability analysis using a combination of graph theory and Boolean function*, - Reliability Engineering and System Safety Vol 72, 2001, pp. 21-30.
29. Uzgoren N., Elevli S., Elevli B., Uysal O.: *Reliability analysis of draglines' mechanical failures*, - Maintenance and reliability No 4, 2010, pp. 23-28.
30. Wang J., Yang B. And Sen P.: *Safety analysis and synthesis using fuzzy sets and evidential reasoning*, - Reliability engineering and system safety, Vol 47, 1995., pp. 103-118.
31. Zadeh L. *Fuzzy sets*, - Information and control. (1965) Vol 8, 1965., pp. 338-353.

3. Полазне хипотезе

Истраживање које ће бити реализовано овом дисертацијом, заснива се на неколико поставки:

- Рударске машине носе саме по себи велики ризик с обзиром на индустрију чији су неодвојиви сегмент.

- Појава непредвиђених отказа, хаваријске ситуације и слично, изазивају физичко пропадање техничког система, застој производње – експлоатације минералних сировина и негативан утицај на радну и животну средину.

- Концепцијска и математичка спрега феномена поузданости/непоузданости и ефекта/последица у алгоритам процене ризика, као синтезног показатеља наведених феномена, представља врло значајан елемент доношења одлука везано за управљање рударском производњом.

Синтеза наведених поставки даје полазну хипотезу која гласи:

За поуздан рад машина у рударству уз најмање могуће ризике, потребно је извршити детаљну анализу техничког система познатим методама, утврдити слаба места, штетне утицаје и њихове ефекте и дефинисати мере које треба предузети да би се систем што дуже задржао у оперативном стању и обављао функцију за коју је намењен, без негативних последица по функционалну целину коју чини као и радну и животну околину.

4. Научне методе истраживања

Да би се развио употребљиви алгоритам процене ризика за сложене техничке системе као што су рударске машине, очигледно је неопходна, комбинацијом квантитативних и квалитативних метода прикупљања података, анализа и синтезе истих.

Избор научних метода које ће се користити у дисертацији је директно везан и условљен постављеним циљевима, односно решавањем постављених проблема, пре свега у смислу одређивања нивоа ризика и:

- Структуре међусобне зависности утицајних чинилаца на ризик, који ће бити одређени на основу правила фази алгебре, конкретно коришћењем правила фази композиције и фази логике.

- Интензитета утицајних чинилаца на ризик, законитости расподеле отказа, поузданости техничких система у рударству, применом теорије фази скупова и теорије поузданости, односно теорије вероватноће и статистичких метода.

- Анализе ефеката ризика и отказа појединих делова на функционисање техничког система у целини, на раднике који опслужују машину и на животну средину, биће анализирани моделима регресионе и корелационе анализе.

5. Очекивани научни допринос

Очекује се да истраживачки рад током израде ове дисертације резултира следећим научним доприносима:

- Развој алгоритама за синтезну оцену укупног нивоа ризика у раду са рударским машинама;

Развој употребљивог, оригиналног алгоритама за синтезну оцену нивоа ризика у раду са рударским машинама, који уз квалитетну временску слику стања машине у смислу историје отказа и стабла отказа и све специфичности рударске индустрије даје укупну оцену ризика који носи потенцијални отказ на машини, односно на систему у коме машина ради - представља основни допринос овог рада.

- Развој методологије квантификовање ефекта потенцијалног отказа на систем у коме машина ради;

Ризик по дефиницији зависи од вероватноће нежењене појаве (отказ), озбиљности ефекта исте и детектибилности. У савременој литератури не постоји конвенционална метода за одређивање нивоа ефекта потенцијалног отказа.

- Егзактна анализа зависности непоузданости рада рударских машина и нивоа ризика;

Комплексни технички системи у рударству подложни су отказима. Сваки отказ појединачног елемента, склопа или целог система изазива застоје у производном процесу који су праћени одређеним трошковима, који најчешће нису занемарљиви. Сама рударска технологија при томе носи велики ризик по радну и животну средину.

- Структурна анализа могућих ризика које носи рад са рударским машинама;

Досадашња истраживања у свету су се ограничила на развијање модела одређивања нивоа поузданости на датом нивоу поверења на бази теорије вероватноће и на формирању оцене нивоа ризика коришћењем вишеатрибутивне оцене. Примена ових конвенционалних метода процене ризика не даје оцену која у себи садржи структуру ризика, у смислу дефинисања јасне зависности непоузданости система и последица ризика. Примена теорије фази скупова и фази логике омогућује квалитативну оцену ризика техничких система кроз све сегменте истог и пружа могућност стварања егзактног модела који у себи садржи синергетски ефекат феномена самог ризика и његових парцијалних елемената. Фази алгебра такође омогућава рачунање са хибридним подацима, који су овде неизбежни део анализе.

Тема је данас врло актуелна у научном али и стручном смислу. Посебно је значајно истаћи да алгоритам сам по себи представља унапред дефинисану процедуру чијим извршавањем се даје одређени виши ниво поверења обављеној анализи појединачних објеката, у овом случају рударских машина.

6. План истраживања и структура рада

Истраживање обухвата следеће фазе:

1. Теоријска анализа феномена ризика и поузданости система, са посебним освртом на рударске машине као потенцијално значајне за имплементацију наведених феномена.
2. Анализа досадашњих истраживања из предметне области, са посебним освртом на конвенционалне методе за праћење ризика и његових парцијалних чиниоца (поузданост, ефекат, детектибилност). Анализа актуелних стандарда из теорије ризика.
3. Предлог начина дефинисања процедура и алгоритма примене модела процене ризика на рударским машинама.
4. Примена теорије фази логике и фази скупова за одређивање нивоаи ефеката ризика и формирање синтезног алгоритма процене ризика и међуодноса поузданости и ефеката непоузданости на ниво ризика.
5. Дискусија, верификација резултата и завршни коментари.

7. Закључак и предлог

На основу прегледа и анализе достављене документације, Комисија сматра да је предложена тема научно заснована и да може да буде предмет докторске дисертације.

Тема је у потпуности актуелна, научни допринос се огледа у дефинисању потпуно новог модела процене ефеката ризика који носе откази на рударским машинама, чиме ће се остварити научни допринос у области системских наука (инжењерство одржавања техничких система, теорија ризика) али и стручни у смислу ефикаснијег вођење процеса одржавања и експлоатације рударске механизације. При томе Кандидат се недвосмислено може сматрати позваним за рад на овој теми с обзиром на наведено стручно искуство и досадашњи научни рад.

На основу наведеног Комисија закључује:

1. Кандидат **Дејан Петровић, дипл. инжењер рударства** испуњава Законом предвиђене услове за пријаву теме и израду докторске дисертације.
2. Предложена тема докторске дисертације, под насловом **„Развој алгоритма процене ефеката ризика рада рударских машина на бази фази алгебре”**, научно је заснована и може да буде предмет докторске дисертације.
3. Предложена тема докторске дисертације ће се реализовати у оквиру научне области Рударско инжењерство.
4. За ментора се предлаже **др Милош Танасијевић, ванредни професор.**

Комисија, са задовољством, предлаже Научно-наставном већу Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду да одобри предложену тему и ментора.

У Београду, 17.07.2013. године.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
др Милош Танасијевић, ванредни професор
Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

.....
др Никола Лилић, редовни професор
Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

.....
др Дејан Ивезић, ванредни професор
Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

.....
др Предраг Јованчић, ванредни професор
Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

.....
др Витомир Милић, редовни професор
Техничког факултета у Бору, Универзитета у Београду