

ПОДАЦИ О ЧЛАНУ КОМИСИЈЕ:

Име и презиме: **проф. др Милош Танасијевић**

Звање: Редовни професор, Универзитета у Београду, Рударско-геолошки факултет

Списак радова који квалификују за учешће у Комисији за оцену докторске дисертације:

1. Bugarić, U., Jovanović, R., **Tanasijević, M.**, & Đenadić, S. (2025). Prediction of technical systems availability using the simulation models based on the AI techniques and statistical methods. A case study: Bucket wheel excavator. *Results in Engineering*, 27, Article 106692. M21a+; IF = 2,14; DOI: 10.1016/j.rineng.2025.106692.
2. Bugarić, U., **Tanasijević, M.**, Đenadić, S., Ignjatović, D., & Janković, I. (2022). Development of the cost-based model for monitoring the lifetime of the earth moving machines. *Machines*, 10(11), Article 995. M22; IF = 2,6; DOI: 10.3390/machines10110995.
3. Đenadić, S., **Tanasijević, M.**, Jovančić, P., Ignjatović, D., Petrović, D., & Bugarić, U. (2022). Risk evaluation: Brief review and innovation model based on fuzzy logic and MCDM. *Mathematics*, 10(5), Article 811. M21; IF = 2,4; DOI: 10.3390/math10050811.
4. Petrović, D., **Tanasijević, M.**, Stojadinović, S., Ivaz, J., & Stojković, P. (2020). Fuzzy expert analysis of the severity of mining machinery failure. *Applied Soft Computing*, 94, Article 106459. M21; IF = 6,725; DOI: 10.1016/j.asoc.2020.106459.
5. **Tanasijević, M.**, Jovančić, P., Ivezić, D., Bugarić, U., & Đurić, R. (2019). A fuzzy-based decision support model for effectiveness evaluation: A case study of the examination of bulldozers. *International Journal of Industrial Engineering: Theory, Applications and Practice*, 26(6), 878–897. M23; IF = 0,460; DOI: 10.23055/ijietap.2019.26.6.3304.

ДЕКАН

Рударско-геолошког факултета

Проф. др Александар Цвјетић

ПОДАЦИ О ЧЛАНУ КОМИСИЈЕ:

Име и презиме: **проф. др Игор Миљановић**

Звање: Редовни професор, Универзитета у Београду, Рударско-геолошки факултет

Списак радова који квалификују за учешће у Комисији за оцену докторске дисертације:

1. Gligorić, Z., Gligorić, M., **Miljanović, I.**, Lutovac, S., & Milutinović, A. (2023). Assessing criteria weights by the symmetry point of criterion (novel SPC method): Application in the efficiency evaluation of the mineral deposit multi-criteria partitioning algorithm. *Computer Modeling in Engineering & Sciences*, 136(1), 955–979. M22; IF = 0,77; DOI: 10.32604/cmes.2023.025021.
2. Urošević, K., Gligorić, Z., **Miljanović, I.**, Beljić, Č., & Gligorić, M. (2021). Novel methods in multiple criteria decision-making process (MCRAT and RAPS): Application in the mining industry. *Mathematics*, 9(16), Article 1980. M21a; IF = 2,15; DOI: 10.3390/math9161980.
3. Kirin, S., Sedmak, A., Li, W., Brzaković, M., **Miljanović, I.**, Petrović, A., & Sedmak, S. (2021). Human factor risk management procedures applied in the case of open pit mine. *Engineering Failure Analysis*, 126, Article 105456. M21; IF = 1,06; DOI: 10.1016/j.engfailanal.2021.105456.
4. Štirbanović, Z., Stanujkić, D., **Miljanović, I.**, & Milanović, D. (2019). Application of MCDM methods for flotation machine selection. *Minerals Engineering*, 137, 140–146. M21; IF = 3,32; DOI: 10.1016/j.mineng.2019.04.014.
5. Vujić, S., Radosavljević, M., **Miljanović, I.**, & Gigov, M. (2016). Investments and benefits in computer supported systems for remote monitoring and management in real time. *Mining and Metallurgy Engineering Bor*, 2016(1), 7–16. M24; DOI: 10.5937/MMEB1601007V

ДЕКАН

Рударско-геолошког факултета

Проф. др Александар Цвјетић

ПОДАЦИ О ЧЛАНУ КОМИСИЈЕ:

Име и презиме: **проф. др Угљеша Бугарић**

Звање: Редовни професор, Универзитета у Београду, Машински факултет

Списак радова који квалификују за учешће у Комисији за оцену докторске дисертације:

1. Bugarić, U., Jovanović, R., **Tanasijević, M.**, & Đenadić, S. (2025). Prediction of technical systems availability using the simulation models based on the AI techniques and statistical methods. A case study: Bucket wheel excavator. *Results in Engineering*, 27, Article 106692. M21a+; IF = 2,14; DOI: 10.1016/j.rineng.2025.106692.
2. Gomilanović, M., **Bugarić, U.**, Banković, M., Stanić, N., & Stepanović, S. (2024). Determining the availability of continuous systems in open pits using ANFIS and a simulation model. *Energies*, 17(5), Article 1138. M22; IF = 0,45; DOI: 10.3390/en17051138.
3. Petrović, A., Nikolić, M., **Bugarić, U.**, Delibašić, B., & Liò, P. (2023). Controlling highway toll stations using deep learning, queuing theory, and differential evolution. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 119, Article 105683. M21a; IF = 1,80; DOI: 10.1016/j.engappai.2022.105683.
4. Bugarić, U., **Tanasijević, M.**, Đenadić, S., Ignjatović, D., & Janković, I. (2022). Development of the cost-based model for monitoring the lifetime of the earth moving machines. *Machines*, 10(11), Article 995. M22; IF = 2,6; DOI: 10.3390/machines10110995.
5. Jovanović, R., **Bugarić, U.**, Vesović, M., & Perišić, N. (2022). Fuzzy controller optimized by the African vultures algorithm for trajectory tracking of a two-link gripping mechanism. *FME Transactions*, 50(3), 491–501. M22; IF = 0,42; DOI: 10.5937/fme2203491J.

ДЕКАН

Рударско-геолошког факултета

Проф. др Александар Цвјетић

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
РУДАРСКО-ГЕОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ
НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Извештај о оцени докторске дисертације кандидаткиње Снежане Савковић, магистра техничких наука у рударству

Одлуком Наставно-научног већа Рударско-геолошког факултета, Универзитета у Београду број 1/281 од 29.06.26., донетој на седници одржаној 25.06.26., именована је Комисија за оцену докторске дисертације кандидаткиње мр Снежане М. Савковић, дипломираног инжењера рударства под називом

**„Методологија избора капиталних рударских машина за процесе
ревитализације и модернизације“**

После прегледа достављене докторске дисертације и других пратећих материјала, Комисија је сачинила следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. ОСНОВНИ ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ И ДИСЕРТАЦИЈИ

1.1 Биографски подаци о кандидату

Кандидаткиња Снежана Савковић, магистар техничких наука, рођена је 13.01.1966. године у Санковићу, општина Мионица, Република Србија. Завршила је основну школу са одличним успехом, добитница златне значке. Завршила је Гимназију „Меша Селимовић“ у Тузли, математички смер, програмер, носилац је дипломе за најбољег ученика гимназије, као и више диплома са такмичења из математике.

Основне академске студије на Универзитету у Тузли, на Рударско-геолошком факултету уписала је 1986. године, Општи смер, као и на Универзитету у Београду, Природно-математички факултет, смер Математичка структура и примена. До 1991. године студирала упоредо оба факултета. Положила све испите на Рударско-геолошком факултету у Тузли. Рударско-геолошки факултет завршила је 1992. године, просечна оцена 7,77. Због грађанског рата у бившој Југославији, била приморана да дипломира на Универзитету у Приштини, на Рударско-металуршком факултету у Косовској Митровици. Тема дипломског рада везана је за Темпус пројекат на којем је учествовала под насловом „Технолошке шеме рада и прорачун капацитета роторног багера SRs – 402 с подјелом етаже на подетаже на површинском копу Дубраве“. Дипломски рад је оцењен оценом 10, тиме је стекла звање дипломираног инжењера рударства.

Магистарске академске студије на Универзитету у Београду, Рударско-геолошком факултету, уписала је 2002. године на смеру Транспорт и извоз у рударству. Магистарски рад под називом „Управљање животним веком рударске механизације на површинским коповима“ одбранила је 2008, са оценом 10 и на тај начин стекла звање магистра техничких наука у рударству – транспорт и извоз у рударству, просечна оцена на магистарским студијама је 9,875. Током основних студија на Рударско-геолошком факултету у Тузли, учествовала у настави, као студент демонстратор.

Учествовала у раду на Макропројекту БТО комплекса и реконструкцији SRS – 401, Темпус пројекат „*Computerized Surface Mine Design and Planning in Bosnia and Herzegovina*“, кроз сарадњу са професором В. Denby-јем, Nottingham, као и у пројекту „Побољшање перформанси опреме, багер SRs – 402 и елементи пројектовања површинског копа Дубраве“. Као део пројектантског тима учествовала у изради Главног рударског пројекта површинског копа глинице „Пукиш“ код Лопара. Учествовала у приређивању једне од најстаријих књига из области рударства, геологије и металургије „*De re metallica*“, Georgiusa Agricole, као преводилац, по први пут на српском језику. Учествовала у писању новијег издања рударске енциклопедије „Научне основе пројектовања површинских копова“ са проф. др Немањом Поповићем. У периоду од 2007. до 2011. године, радила на књизи о камену „Експлоатација и обрада камена“ са проф. др Немањом Поповићем. Уредник је издања књига академика проф. др Младена Стјепановића, 2014, 2018. и 2020. године.

Учествовала у оснивању Технолошког факултета у Зворнику, и била асистент на предмету Нацртна геометрија у периоду од 1995. до 1998. године. Учествовала у оснивању Рударског одсека у Приједору, при Технолошком факултету у Бањој Луци, где је радила на предметима Технологија и механизација површинских копова, Пројектовање површинских копова и Процеси површинске експлоатације, у периоду од 1999. до 2005. године.

Волонтирала код др Јелене Мајсторовић Нецковић, на пословима испитивања физичко-механичких својстава репрезентата за потребе пројектовања различитих објеката у рударству (радних етажа и завршних косина површинских копова Штитово, Кривошије Доње, Отиловићи, Сађевица и други у Црној Гори; Јошањички Прњавор, Забрдица и други у Србији; и грађевинарству – бране Комарница, Пошћење и Дабар у Црној Гори и бране на Ибру, Бела Глава, Добре Стране, Маглић, Лакат, Ушће и Гокчаница у Србији). Свој волонтерски рад остварила је у Лабораторији за механику стена, на Рударско-геолошком факултету у Београду у периоду 2008 - 2013. године.

У оквиру истраживања на докторским студијама бавила се избором капиталних рударских машина (роторних багера) за процесе ревитализације и модернизације применом вишекритеријумских метода одлучивања. С обзиром на то да се одлуке у области рударства доносе у условима ризика и неизвесности, посебна пажња је посвећена односу субјективности и објективности приликом доношења одлука у области рударства.

1.2 Наслов и обим дисертације

Наслов докторске дисертације кандидаткиње Снежане М. Савковић, магистра техничких наука у рударству је: „Методологија избора капиталних рударских машина за процесе ревитализације и модернизације“.

Дисертација је сачињена од:

- 132 стране рачунарски обрађеног текста А4 формата, укључујући и прилоге, а без прилога од 118 страна рачунарски обрађеног текста А4 формата,
- 67 табела у тексту,
- 17 графичких илустрација, дијаграма и шема,
- 128 навода који чине списак литературе,
- 3 прилога – Изјава о ауторству, Изјава о истовестности штампане и електронске верзије докторског рада и Изјава о коришћењу.

1.3 Хронологија одобравања и израде докторске дисертације

Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, на седници која је одржана 26.06.2025. донело је Одлуку о именовању Комисије за оцену научне заснованости предложене теме докторске дисертације, кандидаткиње мр Снежане Савковић, дипломираног инжењера рударства: „Примена хибридног модела вишекритеријумских метода на избор капиталних рударских машина за процесе ревитализације и модернизације“, документ је заведен под бројем 1/185 дана 27.06.2025.

На седници Наставно-научног већа Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, одржаној 18.09.2025. године, усвојен је позитиван Извештај Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације, кандидаткиње Снежане Савковић, магистра техничких наука у рударству, под називом: „Методологија избора капиталних рударских машина за процесе ревитализације и модернизације“. За менторе су именовани др Драган Игњатовић, редовни професор и др Стеван Ђенадић, доцент, са Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду. Одлуком број 1/240 од 22.09.2025. године дато је одобрење за предложену тему докторске дисертације.

Веће научних области техничких факултета Универзитета у Београду на седници која је одржана 30.09. и 01.10.2025. године, донело је Одлуку под бројем 06-3790/11-25 од 01.10.2025. године, којом се даје сагласност за Одлуку о прихватању теме докторске дисертације кандидаткиње Снежане Савковић, под називом: „Методологија избора капиталних рударских машина за процесе ревитализације и модернизације“, као и одређивању др Драгана Игњатовића и др Стевана Ђенадића за менторе.

Кандидаткиња Снежана Савковић, магистар техничких наука је дана 04.06.2026. године, поднела Молбу број 1/248 за именовање комисије за оцену докторске дисертације под називом: „Методологија избора капиталних рударских машина за процесе ревитализације и модернизације“. На основу Молбе, Катедра за механизацију рудника на седници одржаној 05.06.2026. године је донела одлуку под бројем 1/255. којом је предложено Наставно-научном већу Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, да формира Комисију за оцену докторске дисертације кандидаткиње.

Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду је на седници одржаној 25.06.2026. године донело Одлуку под бројем 1/281 од 29.06.2026. године, о именовању Комисије за оцену докторске дисертације, коју чине: др Милош Танасијевић, др Игор Миљановић и др Угљеша Бугарић, те су се стекли услови за писање Извештаја о урађеној докторској дисертацији.

1.4 Место дисертације у одговарајућим научним областима

Докторска дисертација кандидаткиње Снежане Савковић, магистра техничких наука у рударству, припада научној области Рударско инжењерство, то јест ужој научној области Механизација у рударству и енергетици. За менторе су одређени: др Драган Игњатовић, редовни професор, ужа научна област – Механизација у рударству и енергетици и др Стеван Ђенадић, доцент, ужа научна област – Механизација у рударству и енергетици. Према правилима Универзалне децималне класификације (УДК), докторска дисертација сврстана је на следећи начин: 622.678.7-048.35(043.3).

2. ПРЕДМЕТ И ЦИЉ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Предмет истраживања докторске дисертације обухвата анализу, моделовање и унапређење процеса одлучивања који се тичу избора капиталних рударских машина за процесе ревитализације и модернизације. Истраживање је усмерено на најзначајније представнике капиталних рударских машина, роторне багере као стратешки значајну механизацију, чије техничке, експлоатационе и економске карактеристике директно утичу на поузданост, продуктивност и одрживост рударских система.

Предмет истраживања укључује следеће тематске целине: капиталне рударске машине, одржавање техничких система, поузданост и расположивост, примену и развој вишекритеријумских метода одлучивања и формулацију и верификацију хибридних модела.

Капиталне рударске машине, односно роторни багери су највеће самоходне машине у површинској експлоатацији и представљају изузетно комплексне техничке системе од стратешког значаја. Одржавање техничких система представља изузетно важан оперативни задатак, са посебним освртом на унапређење методологије избора машина ревитализације и модернизације у циљу продужења њиховог животног века. Поузданост и расположивост представљају основне индикаторе употребног квалитета машина, који у функцији времена зависе од активности одржавања. Примена и развој вишекритеријумских метода одлучивања представљају алат за подршку у процесу избора најсврхисходнијих решења у наведеним поступцима. Формулација и верификација хибридних модела заснивају се на интеграцији неколико вишекритеријумских метода, у циљу постизања вишег нивоа прецизности, транспарентности и поузданости у процесу доношења одлука.

Доношење одлука у рударству представља сложен и вишезначан инжењерски задатак, често високе осетљивости и са ниским прагом толеранције на ризик. У области рударства одлуке се често доносе у условима неизвесности, са дугорочним техничким, економским и безбедносним последицама. Предмет ове докторске дисертације јесте развој и примена методолошког оквира који омогућава уравнотежено и квантификовано укључивање субјективних елемената – експертске процене и стручне оцене и објективних података – мерљивих параметара, статистичких и техничких анализа у процесу одлучивања, у условима ризика и неизвесности. Општи циљ истраживања приказаног у дисертацији јесте развој и формулација свеобухватне методологије за избор најповољнијих стратегија у процесима ревитализације и модернизације капиталних рударских машина, засноване на примени и интеграцији вишекритеријумских метода одлучивања.

Циљ овог истраживања је унапређење постојећег приступа кроз креирање хибридног модела утемељеног на вишекритеријумским методама одлучивања. Адекватним управљањем капиталним рударским машинама заснованим на системским анализама и одговарајућим активностима на одржавању, ревитализацији и модернизацији, могуће је остварити позитивне ефекте на одрживо управљање животним циклусом, побољшање технолошког искоришћења, као и повећање временског и капацитетног искоришћења машина. Сви наведени ефекти директно се одражавају и на економске показатеље пословања.

3. ОСНОВНЕ ХИПОТЕЗЕ И ПОЛАЗНИ ПОДАЦИ

Имплементација хибридног модела заснованог на вишекритеријумским методама одлучивања значајно унапређује квалитет и поузданост избора роторних багера за процесе ревитализације, модернизације и одржавања у односу на класичне једнокритеријумске приступе и мање структурисане методе одлучивања. У домену рударства одлуке се доносе у условима ризика и неизвесности, што нарочито оправдава примену вишекритеријумских метода одлучивања.

Капиталне рударске машине, пре свега роторни багери, изложени су великом ризику од застоја због услова у којима раде и сложености система. Непредвиђени кварови доводе до застоја у производњи, што узрокује значајне економске последице кроз директне трошкове одржавања и индиректне губитке планиране производње. Индиректни трошкови у многим случајевима премашују директне трошкове.

Када машина достигне гранично стање у смислу употребљивости – постоје два основна решења: отписивање машине и куповина друге, која мења постојећу и/или ревитализација машине у циљу продужења њеног животног века. Развој хибридног модела за оцену и рангирање роторних багера омогућава квалитетније управљање одржавањем и доприноси ефикаснијем дефинисању приоритета у организацији одржавања.

Резултати оцењивања роторних багера применом хибридног модела могу се користити као индикатори тренутног стања и преосталих могућности система. Постоји значајан простор за унапређење у следећим областима: избор рударске механизације, очување и унапређење радних перформанси, управљање активностима одржавања, као и дефинисање временских и структурних приоритета за процесе ревитализације и модернизације.

На основу постављеног циља рада и дефинисаног садржаја истраживања, као и на основу обрађених података, који су делимично квалитативни, врши се избор модела који ће обезбедити одабир капиталне рударске машине за процесе ревитализације и модернизације. Очекивани резултати овог истраживања огледају се у развоју, верификацији и примени интегрисаног методолошког оквира за подршку одлучивању у процесима ревитализације и модернизације капиталних рударских машина.

Предложени хибридни модел омогућава систематичну, транспарентну и квантитативно засновану евалуацију капиталних рударских машина, уз истовремено уважавање техничких, експлоатационих, економских и организационих аспеката. Ствара се поуздана основа за рангирање алтернатива и дефинисање приоритета у сложеним условима површинске експлоатације.

4. ОПИС САДРЖАЈА ДИСЕРТАЦИЈЕ

Докторска дисертација кандидаткиње Снежане Савковић обухвата следеће главе:

1. Увод
2. Осврт на досадашња истраживања
3. Предмет анализе
4. Теорија одлучивања
5. Математичко моделирање вишекритеријумских метода за избор роторних багера
6. Развој, примена и верификација хибридних модела
7. Закључна разматрања

4.1 Приказ појединачних поглавља

Докторска дисертација је осмишљена и организована у седам међусобно повезаних поглавља, у којима је приказан логичан след истраживања, почевши од предмета и циља истраживања, преко теоријске, математичке и методолошке разраде, до приказа резултата, анализе резултата и коначно закључних разматрања.

У првој глави дат је увод у проблематику истраживања, са посебним нагласком на роторне багере (најзначајније представнике капиталних рударских машина), њихово место у континуалном систему експлоатације, управљање животним веком и утицај који имају на економске показатеље пословања.

Сprovedена анализа релевантне домаће и међународне научне литературе која је приказана у другој глави, показује да проблем избора у рударству представља сложен процес одлучивања, који обухвата избор рударске механизације, транспортних система, технологије експлоатације, локације, планирање производње и управљање ризицима. Ови проблеми се карактеришу великим бројем критеријума хетерогене природе – техничких, економских, оперативних, еколошких и друштвених – који су често међусобно конфликтни, због чега њихово решавање захтева примену савремених вишекритеријумских метода одлучивања. На основу спроведеног прегледа литературе може се закључити да су вишекритеријумске методе одлучивања постале незаобилазан део савременог рударског инжењерства, јер омогућавају систематичан, транспарентан и рационалан приступ решавању сложених проблема. Међутим, идентификован је изражен истраживачки јаз у погледу развоја интегрисаних модела који у довољној мери повезују теоријске приступе вишекритеријумског одлучивања са реалним подацима о раду капиталне рударске механизације, нарочито у контексту ревитализације, модернизације и унапређења постојећих рударских система. Постојећи модели су често статичног карактера и не обезбеђују потпуну везу између претпоставки пројекта и стварних експлоатационих перформанси система.

У трећој глави су размотрени кључни аспекти продужења животног века, одржавања и поузданости рударске механизације, са посебним освртом на роторне багере као сложене и капитално интензивне техничке системе. Приказани су основни појмови и поступци ревитализације, модернизације, реконструкције и санације, као и њихов значај у управљању животним веком машина у условима дуготрајне и интензивне експлоатације. Анализирана је веза између одржавања и поузданости, уз дефинисање

основних показатеља поузданости, врста отказа и карактеристичних расподела времена до отказа. Посебна пажња посвећена је хијерархијској структури роторног багера и његовом доминантном утицају на поузданост целокупног експлоатационог система. Разматрања из ове главе представљају теоријску и методолошку основу за даљу анализу конкретних роторних багера у експлоатацији, која је предмет наредних глава.

Четврта глава је посвећена теорији одлучивања, инжењерском одлучивању, вишекритеријумским методама одлучивања (математичке основе и поређење), односу субјективности и објективности у доношењу одлука. У инжењерским системима, а нарочито у рударству, одлучивање се одвија у сложеним условима који захтевају структуриран приступ што доводи до потребе за формалним методама инжењерског и вишекритеријумског одлучивања. Субјективност се не може у потпуности елиминисати, али се може систематски контролисати, њен утицај је могуће структурирати кроз организоване експертске процене, квантификовати применом фази логике и сродних метода и умањити увођењем дефинисаних критеријума и поузданих података.

У петој глави је дато математичко моделирање вишекритеријумских метода за избор роторних багера за процесе ревитализације и модернизације. Дати су подаци за анализиране роторне багере са површинских копова. На основу формулисане структуре проблема, дефинисаног скупа алтернатива, критеријума и матрице одлучивања, у овој глави успостављен је математички оквир који омогућава формалну евалуацију роторних багера као сложених техничких система. Овај оквир представља теоријску и нумеричку основу за примену вишекритеријумских метода одлучивања у процесу избора багера за ревитализацију и модернизацију. Математичка формулација омогућава доследну обраду квантитативних и квалитативних података и контролисано укључивање експертских процена у процес одлучивања. Успостављена је чврста теоријска и нумеричка основа за прелазак са апстрактног моделирања на практичну евалуацију стварних система, што представља основ за емпиријску примену модела у реалним условима површинске експлоатације.

У шестој глави, на основу развијеног математичког модела из главе 5, спроведена је практична примена на реалном систему роторних багера у оквиру површинских копова. Приказана је емпиријска анализа чији је циљ да се изврши квантитативна и квалитативна евалуација изабраних роторних багера и да се провери поузданост, стабилност и оперативна применљивост хибридних вишекритеријумских модела у условима рударске експлоатације. Теоријски и нумерички модел се преводи у функционалан алат за подршку инвестиционом и оперативном одлучивању у процесима ревитализације и модернизације капиталне рударске механизације. Хибридни модели су развијени применом вишекритеријумских метода одлучивања са циљем да се процене основни индикатори рада роторних багера. Методе су примењене на свим групама параметара, потпараметара као и на алтернативама.

Посебан значај модела огледа се у могућности поређења резултата добијених различитим хибридним моделима са експертским рангирањем (заснованим на анкетном истраживању), што представља основу за валидацију и избор оптималног модела за доношење одлука у процесима ревитализације и модернизације.

У седмој глави су приказани закључци који проистичу из спроведених истраживања. Приказани су најважнији резултати истраживања, наведени су циљеви истраживања, научни, методолошки, практични и посебни доприноси дисертације, потврђен значај развијене методологије и модела у условима савремене површинске експлоатације. Исто тако, дат је и критички осврт на примењену методологију.

Осврт на досадашња истраживања који представља референтну и релевантну литературу обухвата најважније области истраживачког интересовања кандидаткиње, односно најзначајније публикације које се односе на избор механизације и примену вишекритеријумских метода одлучивања. Разматрана литература садржи 128 референци.

5. ОСТВАРЕНИ РЕЗУЛТАТИ И НАУЧНИ ДОПРИНОС

5.1 Савременост, оригиналност и значај

Рударски сектор представља кључну индустријску грану у којој ефикасност и поузданост капиталних машина директно утичу на продуктивност и оперативне трошкове. Роторни багери имају значајну улогу у површинској експлоатацији минералних сировина. С обзиром на интензивно коришћење, старење опреме и промене технолошких стандарда, процес ревитализације и модернизације постојећих багера постаје неопходан како би се продужио њихов животни век и побољшала ефикасност. Традиционални приступи често се ослањају на субјективну процену или појединачне индикаторе, што може довести до субоптималних одлука.

Савременост теме докторске дисертације се огледа у императиву прелаза са традиционалног парцијалног одлучивања на системску анализу. Примена вишекритеријумских метода одлучивања омогућава објективан избор оптималних решења усклађен са принципима одрживог развоја, економске исплативости, енергетске ефикасности и максималне безбедности. Вишекритеријумске методе омогућавају објективно вредновање мноштва конфликтних фактора. Вишекритеријумске методе управљају неизвесношћу и комплексношћу, претварају субјективне експертске процене у егзактну анализу.

У контексту актуелних промена, избор машина није више само питање производних перформанси, него и еколошког утицаја, енергетске ефикасности и економске оправданости. Ревитализација и модернизација капиталних рударских машина захтевају велика улагања. Применом вишекритеријумских метода машина се сагледава кроз призму целокупних трошкова њеног животног века: иницијалне трошкове набавке, трошкове модернизације и ревитализације, трошкове експлоатације и одржавања, и трошкове застоја. Одлука о набавци капиталних рударских машина зависи од супротстављених фактора. Модернизација и ревитализација које доводе до продужетка животног века постојећих машина захтевају мања улагања у односу на набавку нове машине. Модели вишекритеријумске оптимизације прецизно процењују када је исплативије ревитализовати и модернизовати машину уместо њене замене. Капиталне рударске машине раде у тешким условима и имају високе захтеве у погледу расположивости.

Савременост дисертације се огледа у избору методологије и методолошког приступа. Кандидаткиња се определила за примену хибридних модела заснованих на вишекритеријумским методама одлучивања. Развијени су, имплементирани и верификовани вишекритеријумски хибридни модели, као одговор на један од најсложенијих проблема управљања капиталном рударском механизацијом. Проблем избора машина за продужење животног века сагледан је као вишедимензионални инжењерски задатак у условима изражене неизвесности и ризика. Код капиталних и

машина дугог радног века, као што су роторни багери, погрешна одлука о ревитализацији или замени може имати значајне техничке и финансијске последице. Дисертација се методолошки и тематски уклапа у савремена истраживања у области управљања капиталним рударским машинама.

Оригиналност дисертације очитава се пре свега у томе што су развијени сопствени модели за управљање животним веком капиталних рударских машина. Оригиналност се потврђује и кроз практичну верификацију модела на реалним подацима, те дисертација превазилази оквир искључиво теоријског разматрања. Кандидаткиња је показала да је могуће развити моделе који су научно засновани и истовремено применљиви у реалним условима површинске експлоатације. Исто тако, извршено је поређење резултата добијених на основу модела са моделом насталим на основу мишљења експерата, што омогућава објективну оцену квалитета предложеног приступа.

Значај дисертације се може сагледати и са научног и практичног аспекта. Научни значај се огледа у доприносу развоју методологије за избор капиталних рударских машина за процесе ревитализације и модернизације. Развијена методологија проширује постојећа сазнања. Практични значај дисертације се огледа у могућности непосредне примене предложених модела у условима рада површинске експлоатације. Добијени резултати омогућавају јасно раздвајање машина према приоритетима за ревитализацију и модернизацију и идентификацију оних код којих даље инвестиције нису технички и економски оправдане.

Оригиналност докторске дисертације Снежане Савковић, магистра техничких наука у рударству, под називом „Методологија избора капиталних рударских машина за процесе ревитализације и модернизације“, проверена је у складу са поступком дефинисаним у „Правилнику о поступку провере оригиналности докторских дисертација“ које се бране на Универзитету у Београду. Провером применом софтвера „iThenticate“, утврђен је индекс сличности од 13%, што је последица пре свега општих математичких једнакости из области вишекритеријумске анализе.

5.2 Оцена способности кандидата за самосталан рад

Кандидаткиња Снежана Савковић је током израде докторске дисертације испољила висок степен самосталности, истрајности и одговорности у научно-истраживачком раду. Треба нагласити аналитички приступ решавању проблема, способност критичког сагледавања проблема, као и способност систематизације и интерпретације научно заснованих закључака, што потврђује научну и истраживачку зрелост кандидаткиње.

На основу увида у докторску дисертацију и друге расположиве податке, Комисија констатује да је кандидаткиња Снежана Савковић, магистар техничких наука, у потпуности оспособљена за самостални научно-истраживачки рад.

5.3 Остварени научни допринос

Остварени научни допринос докторске дисертације очитава се пре свега у развоју оригиналних модела и методологије за управљање капиталним рударским машинама у условима савремене површинске експлоатације.

Основни научни допринос дисертације се огледа у развоју интегрисаног хибридног модела вишекритеријумског одлучивања, прилагођеног специфичностима сложених рударских система и дуговечне капиталне механизације.

Методолошки допринос се састоји у дефинисању структурираног скупа критеријума и поступака који омогућава контролисано и квантитативно увођење субјективности у процес одлучивања. Постиге се уравнотежен однос између објективних података о раду и одржавању и експертског знања стеченог на основу дугогодишњег искуства у експлоатацији и на одржавању капиталних рударских машина (роторних багера).

Практични допринос дисертације се огледа у могућности непосредне примене предложене методологије у рударским компанијама у циљу рационалног управљања одржавањем, смањења ризика, оптимизације инвестиционих одлука и продужења животног века капиталне рударске механизације. Модел је верификован на реалном скупу од девет роторних багера са површинских копова Колубара, старијих од 35 година, чиме је потврђена његова применљивост, робусност и конзистентност у условима стварне рударске праксе.

Посебан допринос дисертације огледа се у формализацији појма избора капиталних рударских машина (роторних багера) за ревитализацију као вишекритеријумског проблема одлучивања. Уместо интуитивног и парцијалног приступа, предложен је систематски поступак који омогућава да се техничко стање, поузданост, експлоатациони ефекти и економска оправданост разматрају симултано и квантитативно. Тиме је избор капиталних рударских машина којима је могуће продужити животи век претворен у транспарентан, поновљив и научно утемељен процес.

У целости посматрано, докторска дисертација даје оригиналан и научно утемељен допринос области управљања капиталним рударским машинама у условима савремене површинске експлоатације. Даје методолошки оквир за решавање проблема управљања животним веком капиталних рударских машина. Предложени и развијени модел и методологија представљају снажан искорак у односу на досадашње приступе и представљају солидну основу за развој адаптивних и интелигентних система подршке одлучивања у рударству

5.4. Критичка анализа резултата истраживања

Резултати истраживања остварени у докторској дисертацији представљају значајан допринос како у теоријском, тако и у практичном смислу у области управљања капиталним рударским машинама и продужењу животног века. Развијена методологија и хибридни модели засновани су на вишекритеријумским методама одлучивања, представљају ефикасан и поуздан алат за управљање капиталним рударским машинама и њиховим животним веком.

У практичном смислу предложени модели показују висок степен применљивости, омогућавајући интегрисано сагледавање различитих параметара. Истовремено, омогућавају транспарентнији и структуриранији приступ доношењу одлука, што је значајно у области рударства где се одлуке доносе у условима ризика и неизвесности.

Модел и предложени приступ имају одређена ограничења, која се односе на квалитет улазних података и претпоставке које се користе у моделовању. Будућа истраживања

треба усмерити ка интеграцији модела са системима континуираног праћења рада машина, чиме би се додатно смањила зависност од периодичних експертских процена, као и ка укључивању утицаја радне средине, технологије експлоатације и организационих фактора, чиме би се створила основа за адаптивне и интелигентне системе подршке одлучивању у рударству.

5.5. Очекивана примена резултата у пракси

У докторској дисертацији развијена је свеобухватна методологија за избор капиталних рударских машина за процесе ревитализације и модернизације у циљу продужења животног века, заснована на интеграцији вишекритеријумских метода одлучивања. С обзиром на природу одлука у рударству, предложени приступ омогућава систематично, транспарентно и квантитативно утемељено вредновање алтернативних решења. Успостављен је методолошки оквир који превазилази ограничења традиционалних, парцијалних и искуствено заснованих приступа одлучивању. Предложени хибридни модел представља поуздану методолошку основу за доношење инвестиционих и оперативних одлука у области управљања капиталним рударским машинама.

Практични допринос дисертације се огледа у могућности непосредне примене предложене методологије у рударским компанијама у циљу рационалног управљања одржавањем, смањења ризика, оптимизације инвестиционих одлука и продужења животног века капиталне рударске механизације.

Модел је верификован на реалном скупу од девет роторних багера са површинских копова Колубара, старијих од 35 година, чиме је потврђена његова применљивост, робусност и конзистентност у условима стварне рударске праксе. Добијени резултати су омогућили јасно раздвајање машина према приоритетима за ревитализацију и модернизацију и идентификацију оних код којих даље инвестиције нису технички и економски оправдане.

Упоредна анализа хибридних модела показала је да модел АНП-PROMETHEE остварује највиши степен сагласности са експертским проценама и реалним техничким стањем машина и највећу дискриминативност у рангирању алтернатива. Модел је нарочито погодан за проблеме у којима се истовремено разматрају квантитативни и квалитативни критеријуми, као и у ситуацијама у којима субјективне процене није могуће, нити пожељно у потпуности елиминисати.

Предложена методологија има универзални карактер и уз одређене адаптације може се применити и у другим областима индустрије у којима се јавља потреба за вредновањем и избором сложених техничких система у условима више међусобно конфликтних критеријума.

5.6 Осврт на референтну и коришћену литературу

Литература коришћена у докторској дисертацији обједињује широк спектар релевантних извора из области рударства, поузданости, одржавања, теорије одлучивања и психологије. Литература садржи класичне радове, као и савремена истраживања у поменутих областима. Посебна пажња је посвећена избору савремених научних радова, монографија и стручних публикација, које чине основу за разумевање и развој интегрисаног приступа доношењу одлука у области рударства.

Коришћена литература обједињује 128 литерарних јединица, укључујући уџбенике, стручне публикације, научне радове и званичне изворе. Из коришћене литературе може се уочити да је кандидаткиња систематично приступила анализи досадашњих истраживања, критички сагледала постојеће научне ставове и резултате. Комисија оцењује да је коришћена литература адекватна, обимна, научно релевантна и на одговарајући начин одабрана, што је кандидаткињи обезбедило да истраживање заснује на поузданој научној основи.

Избор и анализа литературе показују да кандидаткиња поседује темељно познавање досадашњих научних и стручних достигнућа, као и способност њихове критичке интерпретације и примене у развоју сопствене методологије и модела.

6. ОБЈАВЉЕНИ И САОПШТЕНИ РЕЗУЛТАТИ

Током истраживања и израде дисертације кандидаткиња је аутор или коаутор више научних радова у међународним часописима, часописима националног значаја, зборницима скупова међународног и националног значаја. У наставку су приказани сви радови кандидаткиње.

- Прво наведени рад уско је повезан са истраживањем које је приказано у предметној дисертацији и верификује научни допринос кандидаткиње.
- Рад под редним бројем 24 повезан је са истраживањем које је приказано у предметној дисертацији.

Категорија M20 – Радови објављени у научним часописима међународног значаја

M21a – Рад штампан у међународном часопису изузетних вредности

- [1] **Savković S., Jovančić P., Đenadić S., Tanasijević M., Miletić F.** (2022) Development of the hybrid MCDM model for evaluating and selecting Bucket wheel excavators for the modernization process, *Expert Systems with Applications*, 201, 117199, September, 1. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.117199> **M21a, IF=8.5**

Категорија M30 – Зборници међународних научних скупова

M33 – Саопштење са међународног скупа штампано у целини

- [2] **Savković S., Savković T.** (2001) *Data mining in the light of contemporary scientific and technological development*, Међународни научни skup RINT, Prijedor, September, 21. -23. pp. 195 – 200.
- [3] **Savković S. & Savković T.** (2001) *World of change, world of learning*, Међународни научни skup RINT, Prijedor, September, 21.-23. pp.368-371.
- [4] **Savković S.** (2006) *Upravljanje životnim vekom rudarske opreme*, VII Међународни симпозијум у организацији Smera за механизацију у рударству, Механизација и аутоматизација у рударству и енергетици, MAREN, Beograd, 27.-28. Septembar, str. 237-242.
- [5] **Savković S. & Savković T.** (2007) *Upravljanje životnim vekom rudarske mehanizacije na površinskim kopovima*, IV Научно-стручно саветовање „Нове технологије и достигнућа у рударству и геологији“, Trebinje, 24.-26. Septembar, str. 57-81.
- [6] **Savković S.** (2010) *Životni vek rudarske mehanizacije*, IX Међународна конференција о површинској експлоатацији, OMC 2010, Vrnjačka Banja, 20.-23. Oktobar 2010, str. 268-279.

- [7] Majstorović J., Savić D., Rosić B., **Savković S.** (2011) *Rezultati standardnih geomehaničkih ispitivanja nekoherentnog tla ekrana na površinskom kopu Drmno*, X Međunarodna konferencija Ugalj 2011, Zlatibor, Oktobar, str. 613-618.
- [8] **Savković S.** & Majstorović J. (2012) *Mining Machinery Life Cycle – Bucket Wheel Excavator*, 44-a Međunarodna oktobarska konferencija u rudarstvu i metalurgiji, Bor, October, pp. 115-118.
- [9] **Savković S.**, Jovančić P. & Tanasijević M. (2013) *Influence of failure mode level of complex technical system with serial connection*, Twenty first annual international conference of composites/nanoengineering, ICCE-21, Tenerife, Spain, July, 21.-27.
- [10] Majstorović J., Volkov-Husović T. & **Savković S.** (2013) *Applying ultrasonic laboratory research in mining, civilengineering and metallurgy*, 45-a Međunarodna oktobarska konferencija u rudarstvu i metalurgiji, Bor, October, 16.-19. pp. 252-255.
- [11] Majstorović J., **Savković S.** & Savić D. (2014) *Possibility of correlation moisture and geomechanical parameters of working environment*, 46-a Međunarodna oktobarska konferencija u rudarstvu i metalurgiji, Bor, October, 1.- 4. pp.92-95.
- [12] **Savković S.**, Majstorović J. & Jovančić P. (2015) *Analysis attainable technical-technological Results of open Pit Mines Electrical Industry – EPS of Serbia*, 5th International Symposium on Mining and Environmental Protection, Vrdnik, Fruška Gora, June, 10. – 13. pp. 258-261.
- [13] Majstorović J., Korać M., Savić D & **Savković S.** (2015) *The Effect Studies of Shear Strength Parameters Moraine Materials on Environmental Protection*, XXIII International Conference "ECOLOGICAL TRUTH" ECO-Ist'15, June, 17. – 20. ISBN 978-86-6305-032-7, Proceedings, pp. 382-387.
- [14] Majstorović J., Korać M. & **Savković S.** (2016) *The Impact in Situ of geomechanical Investigations on Effectss of the Environmental Protection – Zagrad*, XXIV International Conference "ECOLOGICAL TRUTH" ECO-Ist'16, Vrnjačka Banja, June, 12.–15. Proceedings, ISBN 978-86-6305-043-3, pp. 785-791.
- [15] Stjepanović M., Ivković M., **Savković S.** & Stjepanović J. (2016) *Značaj primjene novih strategija i tehnologije u eksploataciji ležišta uglja u RepubliciSrpskoj i Srbiji*, II Rudarsko-geološki Forum Prijedor 2016, Konferencija iz oblasti rudarstva i geologije sa međunarodnim učešćem, Prijedor, 15. – 17. Jun.
- [16] Majstorović J., **Savković S.** & Ilić S. (2016) *Geomechanical Properties of solid Rock Mass Cretaceous and Miocene Age in the city of Belgrade*, Scientific and technical Union of Mining, Geology and Metallurgy, VII International Geomechanics Conference, Varna, Bulgaria, 27. June –1.July, Proceedings, ISSN: 1314-6467, pp. 28-33.
- [17] Savić D., Majstorović J., Nikolić D. & **Savković S.** (2016) *Lithostratigraphic member⁸Ng Zoning of Open Pit Mine „Gacko“ on the basis of geotechnical Parameters*, 13th International Symposium Continuous Surface Minig ISCSM 2016, Belgrade, September. 11.-14.pp. 11-26.
- [18] Stjepanović M., Ivković M., Đukanović D. & **Savković S.** (2016) *A Significance of the Application of new Strategies and Technologies in exploitation of Coal deposits in the Republic of Serbia*, Investicije, nove tehnologije u rudarstvu i održivi razvoj, Međunarodni Simpozijum, Šabac, November, 24.-25. pp.93-100.
- [19] **Savković S.**, Dimitrijević B. & Majstorović J. (2019) *Mining Machinery Life Cycle – Bucket wheel excavator on lignite open pit mines of „Kostolac“ and „Kolubara“ coal basins*, Proceedings of the XV International Conference of the Open and Underwater Mining of Minerals, Varna, Bulgaria, June 3 – 7., ISSN 2535-0854, pp. 271-276.
- [20] **Savković S.**, Majstorović J. & Dimitrijević B. (2019) *Economic analysis for evaluating the Justification of the Bucket Wheel Excavator Revitalization*, 7th International Symposium on Mining and Environmental Protection, Vrdnik, Fruška Gora, Septembar.25. – 28.
- [21] **Savković S.**, Dimitrijević B. & Majstorović J. (2019) *Techno – economic Analysis of trucks operating Life cycle on open cast mines*, 9th International Conference Coal 2019, Zlatibor, October, 23.-26. ISBN 978-86-83497-26-3, pp. 263-268.
- [22] Majstorović J., Dimitrijević B., Lutovac S., **Savković S.** & Gligorić M. (2021) *Dynamic and static elastic Properties – Laboratory Investigations of Metamorphites of the “Vranjska Banja” series*, Proceedings of the XVI International Conference of the Open and Underwater Mining of Minerals, Varna, Bulgaria, September 6 – 10, ISSN 2535-0854, pp. 167-172.

- [23] Majstorović J., Korać M. & **Savković S.** (2022) *The effects of geomechanical research „in situ“ on the exploitation conditions of the open pit bauxite mine „Zagrad“*, 29th International Conference Ecological Truth & Environmental Research, Bor, Srbija June, 21-24, pp. 271-275.
- [24] **Savković S.** & Majstorović J. (2023) *Theory of decision-making between Subjectivity and Objectivity in conditions of Uncertainty (in mining)*, 9th International Conference Mining and Environmental Protection, MEP 23, Sokobanja, Srbija, May, 24-27. ISBN 978-86-7352-389-7, pp. 205-211.

Категорија М50 - Часописи националног значаја

М52 - Рад у истакнутом часопису националног значаја

- [25] Majstorović, J., Anđelković, V., Dimitrijević, B. & **Savković, S.** (2012). Laboratory testing of shear parameters through rock mass and along discontinuities – the Komarnica dam. *Underground Mining engineering*, 21, Faculty of Mining and Geology, Belgrade, pp.45-52. UDK 62, YU ISSN 03542904.
- [26] Majstorović, J., Tokalić, R., Lutovac, S. & **Savković, S.** (2016). Foliation impact on the dynamic properties of selected samples of the barrier dam site Prvonek – right side. *Underground Mining engineering*, 29, Faculty of Mining and Geology, Belgrade, pp. 1-9.UDK 62, YU ISSN 03542904.

Категорија М60 – Зборници скупова националног значаја

М63 – Саопштења са скупа националног значаја штампана у изводу

- [27] Majstorović J., Savić D. & **Savković S.** (2018) *Zavisnost čvrstoće na pritisak glinovitih sedimenata “Šarene serije” od vlažnosti*, 17th Kongres geologa Srbije, Vrnjačka Banja, 17 – 20. maj. str. 630-634. ISSN/ISBN 978-86-86053-20-6.

М64 – Саопштења са скупа националног значаја штампана у целини

- [28] Stjepanović M., **Savković, S.** & Stjepanović J. (2011) *Mogućnost primene podgrade sa sidrima u uslovima rudnika Srbije*, Zbornik radova, I Simpozijum inovacionih istraživanja, Akademija SKAIN, Beograd, 27. septembar 2011.

7. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација кандидаткиње мр Снежане М. Савковић, дипломираног инжењера рударства, под насловом „*Методологија избора капиталних рударских машина за процесе ревитализације и модернизације*“, урађена је према пријави и представља самостално и оригинално научно дело.

Израдом докторске дисертације и постигнутим резултатима истраживања, који су верификовани научним радом објављеним у часопису међународног значаја (категорија М21а), кандидаткиња Снежана М. Савковић показала је способност самосталног научноистраживачког рада и напредно разумевање сложених проблема у области рударског инжењерства. Развила је оригиналну методологију и хибридни модел заснован на примени вишекритеријумских метода одлучивања за управљање капиталним рударским машинама. Посебно се истичу аналитичност у приступу проблему, систематичност у спровођењу истраживања и способност доношења научно заснованих закључака и одлука.

У току свог истраживања кандидаткиња Снежана М. Савковић, доказала је способност да на високом нивоу разматра комплексне проблеме у доношењу одлука у области рударства и на тај начин допринела научној заједници кроз иновативну методологију.

Имајући у виду научну заснованост, савременост, значај остварених резултата и оригиналност теме, као и чињеницу да је кандидаткиња показала потпуну оспособљеност за самостални научно-истраживачки рад, Комисија позитивно оцењује докторску дисертацију кандидаткиње Снежане М. Савковић.

Узевши у обзир све наведено, стекли су се сви услови за јавну одбрану докторске дисертације кандидаткиње Снежане М. Савковић.

На основу свега изложеног сматрамо да докторска дисертација кандидаткиње Снежане М. Савковић, магистра техничких наука, под насловом *„Методологија избора капиталних рударских машина за процесе ревитализације и модернизације“* представља оригинално научно дело из научне области Рударско инжењерство, односно уже научне области Механизација у рударству и енергетици.

Предлажемо Наставно-научном већу Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, да прихвати позитиван Извештај о урађеној докторској дисертацији, као и да кандидаткињу Снежану М. Савковић, магистра техничких наука, позове на усмену одбрану пред Комисијом у истом саставу.

У Београду, 13.07.2026.

Чланови комисије:

др Милош Танасијевић, редовни професор
Универзитет у Београду – Рударско-геолошки факултет

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

др Угљеша Бугарић, редовни професор
Универзитет у Београду – Машински факултет