

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Рударско-геолошки факултет

Наставно-научном већу

**Предмет: Извештај о оцени докторске дисертације кандидаткиње
мр Драгице Јагодић Крунић, дипл. инж. рударства**

Одлуком број: 1/153 од 18.06.2021. године Наставно-научног већа Рударско-геолошког факултета именовани смо за чланове Комисије за оцену докторске дисертације кандидаткиње мр Драгице Јагодић Крунић, дипл. инж. рударства, под насловом:

РАЗВОЈ МОДЕЛА УПОТРЕБНОГ КВАЛИТЕТА ПОМОЋНЕ МЕХАНИЗАЦИЈЕ НА ПОВРШИНСКИМ КОПОВИМА ЛИГНИТА

Након прегледа докторске дисертације Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидаткиња мр Драгице Јагодић Крунић, дипл. инж. рударства пријавила је 06.11.2017. године тему докторске дисертације на Рударско-геолошком факултету Универзитета у Београду, под називом: „Развој и унапређење модела употребног квалитета машина помоћне механизације на површинским коповима лигнита увођењем корективног коефицијента на бази трошкова”.

Одлуком Наставно-научног већа Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду број: 1/315 од 27.11.2017. године именована је Комисија у саставу: проф. др Милош Танасијевић, дипломирани инжењер рударства, проф. др Дејан Ивезић, дипломирани инжењер рударства, проф. др Драган Игњатовић, дипломирани инжењер рударства и проф. др Чедомир Бељић, дипломирани инжењер рударства, сви са Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду и проф. др Угљеша Бугарић, дипломирани инжењер машинства са Машинског факултета Универзитета у Београду, за оцену научне заснованости теме докторске дисертације кандидаткиње мр Драгице Јагодић Крунић, дипл. инж. рударства, под поменутиим називом.

Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду на седници одржаној 25.01.2018. године је донело одлуку којом се усваја извештај Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације мр Драгице Јагодић Крунић, дипл. инж. рударства и одобрава израда докторске дисертације под насловом „Развој модела употребног квалитета помоћне механизације на површинским коповима лигнита”, а за ментора именује др Милош Танасијевић, редовног професора.

Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду на седници одржаној 26.02.2018. године донело је одлуку број 1/52 од 28.02.2018. којом се даје сагласност на предлог теме мр Драгице Јагодић Крунић, под насловом: „Развој модела употребног квалитета помоћне механизације на површинским коповима лигнита” и потврђује менторство професору др. Милошу Танасијевићу.

Кандидаткиња мр Драгице Јагодић Крунић, дипл. инж. рударства је 07.06.2021. године поднела молбу (заведена под бројем 1/133) за именовање Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације под насловом „Развој модела употребног квалитета помоћне механизације на површинским коповима лигнита”. Катедра за опште машинство и термодинамику упутила је допис (заведена под бројем 1/134 од 07.06.2021.) Наставно-научном већу Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду са предлогом Комисије за оцену докторске дисертације у саставу: др Дејан Ивезић, редовни професор, др Драган Игњатовић, редовни професор и др Чедомир Бељић, редовни професор, сви са Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду и др Угљеша Бугарић, редовни професор са Машинског факултета Универзитета у Београду.

Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду на седници одржаној 17.06.2021. године донело је Одлуку број: 1/153. од 18.06.2021. године којом се потврђује предлог матичне Катедре и именује Комисија за оцену докторске дисертације, чиме су испуњени услови за писање предметног Извештај о урађеној докторској дисертацији.

1.2. Научна област докторске дисертације

Докторска дисертација „Развој модела употребног квалитета помоћне механизације на површинским коповима лигнита” припада научној области „Рударско инжењерство”, односно ужој научној области „Елементи машинских и енергетских система” за коју је матичан Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду.

Именован је ментор др Милош Танасијевић, редовни професор Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду за вођење кандидаткиње при изради ове докторске дисертације, који је аутор великог броја научних радова из области системског приступа одржавања рударских машина објављених у референтним међународним и домаћим часописима, као и у зборницима међународних и националних саветовања, што говори о његовој компетентности за менторство на овој докторској дисертацији.

1.3. Биографски подаци о кандидаткињи

Драгица Јагодић Крунић рођена је 18. 01. 1966. године у Тврдојевцу, општина Уб, Република Србија. Основну и средњу школу машинског смера завршила је у Убу. Основне студије завршила је 1993. основне на Рударско-геолошком факултету Универзитета у Београду на смеру површинска експлоатација. Одбранила је дипломски рад под називом „Геотехнички услови формирања спољашњег одлагалишта п.к. Тамнава-Западно поље на простору унутрашњег одлагалишта п.к. Тамнава-Источно поље” под менторством проф. др Милана Цветковића и стекла високо образовање и назив дипломираног инжењера рударства.

Стручни испит положила је 2000. године у Савезу инжењера и техничара Србије у Београду. Државни стручни испит по програму за високо образовање положила је 2009. године пред комисијом Министарства државне управе и локалне самоуправе Републике Србије.

Завршила је магистарске студије на Рударско-геолошком факултету Универзитета у Београду на смеру менаџмент у површинској експлоатацији. Одбранила је 2014. године магистарску тезу под називом „Оптимизација организације процеса површинске експлоатације” под

менторством проф. др Лазара Кричка и стекла академски назив магистра техничких наука у области рударства – менаџмент у површинској експлоатацији.

У ЈП „Електропривреда Србије”, ПД РБ „Колубара” д.о.о. Лазаревац радила је од 1997. године до 2011. године. У ДП „Тамнава-Западно поље” (1997 – 2004.) радила је на пословима инжењера оперативе у погону површинског копа „Тамнава-Западно поље”, технолога за откопавање отквивке и технолога за откопавање угља у рударско-техничкој припреми. У ДП „Површински копови”, Сектор за производно-техничке послове (2004 – 2011.) радила је на пословима руководиоца Одељења за технологију и план „Тамнава-Источно поље”, технолога за откопавање отквивке на површинском копу „Тамнава-Источно поље” и технолога за откопавање отквивке на површинском копу „Велики Црљени”.

Од децембра 2011. године ради у Сектору за рударство и геологију министарства надлежног за рударство. Обављала је послове начелника Одељења за праћење стања и управне послове у области рударства и геологије (2011. – 2013.) и начелника Одељења за рударство (2013. – 2014.) у звању вишег саветника. Од 2014. године до данас ради на пословима самосталног саветника за управне послове у области површинске експлоатације минералних сировина у Сектору за геологију и рударство Министарства рударства и енергетике Републике Србије.

Из области рударства објавила је 19 научних радова као аутор или коаутор штампаних у целини у зборницима међународних и националних научних скупова и домаћим часописима и три рада у међународним часописима из категорије М23.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Структура и садржај дисертације

Докторска дисертација кандидаткиње мр Драгице Јагодић Крунић, дипл, инж. рударства под насловом: „Развој модела употребног квалитета помоћне механизације на површинским коповима лигнита”, написана је на српском језику ћириличним писмом на 248 страна формата А4, садржи 52 слике, 74 табеле, 123 литералне јединице и три прилога.

Структуру докторске дисертације чине 11 поглавља са више подпоглавља:

1. Увод
2. Анализа досадашњих истраживања из области процене употребног квалитета рударских машина
3. Употребни квалитет рударских машина
4. Модели процене животног циклуса рударских машина
5. Анализа тренутног стања помоћне механизације на површинским коповима лигнита
6. Математички синтетски модели анализе употребног квалитета рударских машина - експертски модели
7. Развој модела употребног квалитета рударских машина
8. Студија сличаја – евакуација употребног квалитета дозера
9. Анализа резултата
10. Закључак
11. Литература

Докторска дисертација садржи и Сажетак, Садржај, Биографију, Изјаву о ауторству, Изјаву о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и Изјаву о коришћењу.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Докторска дисертација је структурирана сходно предмету и циљевима истраживања и примењеној методологији истраживања.

У уводу докторске дисертације указује се на значај помоћне механизације на површинским коповима лигнита у остваривању планиране производње, незадовољавајуће тренутно стање ових машина, недовољну расположивост, високе трошкове експлоатације и одржавања и неопходност оптимизације процеса управљања помоћном механизацијом. Дате су полазне хипотезе, примењене методе истраживања и научни допринос докторске дисертације.

У другом поглављу докторске дисертације дат је преглед досадашњих истраживања у области процене употребног квалитета помоћне механизације на површинским коповима лигнита, односно управљања животним циклусом рударских машина, одређивања оптималног времена замене и преосталих могућности рударских машина, трошкова животног циклуса рударских машина, ефективности, расположивости, сигурности функционисања и анализе ризика рударских машина, модела оптимизације, експертског закључивања, вишекритеријумских модела, фази логике, хибридних модела и др.

У трећем поглављу докторске дисертације дата је теоријска анализа феномена употребног квалитета и анализа показатеља употребног квалитета рударских машина која обухвата анализу поузданости, погодности одржавања, логистичке подршке одржавању, функционалне погодности, ефективности, расположивости, сигурности функционисања, ризика и показатеља ризика (озбиљности отказа, учесталости појављивања отказа, детектабилности) са критичким освртом на показатеље употребног квалитета и њихове међузависности.

У четвртном поглављу докторске дисертације дат је приказ модела процене животног циклуса рударских машина заснованих на теорији поузданости и на трошковном принципу (модел процене трошкова животног циклуса техничких система према стандарду ИЕС 300-3-3, модел процене трошкова власништва и оперативних трошкова машине према Caterpillar-у и др.) који се користе за процену преосталих могућности техничког система за рад на потребном нивоу радних перформанси, укупних трошкова сведених на јединицу уложених средстава и економске оправданости даљег рада техничког система и за одређивање оптималног времена замене техничког система.

У петом поглављу докторске дисертације дата је класификација помоћних радова и примењена помоћна механизација на површинским коповима лигнита са анализом тренутног стања помоћне механизације на површинским коповима лигнита у Републици Србији и освртом на рударску опрему у свету данас, трендове и захтеве који се пред њу постављају.

У шестом поглављу докторске дисертације дат је приказ математичких синтезних и експертских модела који се могу примењивати за анализу употребног квалитета рударских машина, доношење одлука и оптимизацију процеса управљања овим машинама (вишекритеријумска анализа, фази теорије и др.) са анализом могућности примене за креирање оригиналног синтезног модела употребног квалитета помоћне механизације на површинским коповима лигнита.

У седмом поглављу докторске дисертације на основу теоријске анализе употребног квалитета развијен је математичко-концепцијски модел употребног квалитета рударских машина који обухвата анализу и синтезу парцијалних показатеља употребног квалитета (поузданости, погодности одржавања, функционалности, логистичке подршке одржавању, озбиљности отказа и његових индикатора (времена потребног за враћање машине у стање рада, утицаја отказа на радно окружење, утицаја отказа на животну средину), учесталости појављивања отказа и детектабилности), синтезних показатеља употребног квалитета (ефективности, расположивости, сигурност функционисања и ризика) и економских показатеља употребног квалитета на бази трошкова животног циклуса техничког система. Фази модел закључивања структурно и хијерархијски је формиран у три нивоа и 19 корака, применом одговарајућих модела фази композиције у више нивоа синтезе.

У осмом поглављу докторске дисертације дата је Студија случаја, односно евауација употребног квалитета дозера (различитих типова) као најбројнијих и најоптерећенијих помоћних машина на површинским коповима лигнита Електропривреде Србије. Фази пропозицијом су дефинисане лингвистичке променљиве које описују употребни квалитет и његове показатеље. Извршено је фазификовање улазних података (кумулятивних временски зависних функција, нумеричких и лингвистичких вредности) у фази бројеве. Применом одговарајућих модела извршена је фази композиција показатеља употребног квалитета на више нивоа синтезе. На првом нивоу синтезе извршена је фази композиција парцијалних показатеља у оцену синтезних показатеља употребног квалитета посматраних машина, применом *max-min* и *min-max* фази композиције. На другом нивоу извршена је синтеза техничких и економских показатеља употребног квалитета, применом *модела композиције у форми картезијанског производа*, што подразумева пропозицију (дефинисање лингвистичких променљивих за оцену употребног квалитета на овом нивоу синтезе) и композицију (дефинисање исхода у форми картезијанског производа - уређених парова синтезних показатеља употребног квалитета и трошкова). Сваки исход је третиран са *max-min* фази композицијом, ради добијања синтезне оцене одређеног техничког и економског показатеља употребног квалитета посматраних машина. На трећем нивоу синтезе извршена је фази композиција синтезних "техничко-економских" показатеља у оцену употребног квалитета посматраних машина. Применом *Best-fit* методе извршена је идентификација оцене употребног квалитета и његових показатеља у зависности од дефинисаних лингвистичких променљивих које описују ове феномене. Поступак дефазификације добијених резултата у реалне бројеве извршен је *методом центра тежина*, чиме је омогућена мерљивост, упоредивост и даља примена истих оцена.

У деветом поглављу докторске дисертације дата је анализа резултата која обухвата анализу резултата процене парцијалних, синтезних и економских показатеља употребног квалитета дозера и анализу резултата процене употребног квалитета као укупног ефекта радних перформанси дозера са тестирањем и верификацијом модела применом *Монте Карло* методе. У том смислу, утврђено је да се скуп добијених резултата развијеног модела преко *random* функције понаша у складу са централном граничном теоремом.

У десетом поглављу докторске дисертације дат је закључак овог истраживачког рада са смерницама за даља истраживања у циљу оптимизације процеса управљања опремом на површинским коповима лигнита.

У једанаестом поглављу дата је литература која је коришћена при изради ове докторске дисертације.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост, оригиналност и значај

Докторска дисертација кандидаткиње мр Драгице Јагодић Крунић, дипл. инж. рударства под насловом: „Развој модела употребног квалитета помоћне механизације на површинским коповима лигнита” је савремен и оригиналан истраживачки рад на процени употребног квалитета као укупног ефекта радних перформанси рударских машина са техничког и економског аспекта.

Истраживања показатеља животног циклуса машина помоћне механизације на површинским коповима лигнита указала су на незадовољавајуће стање ових машина узроковано пре свега старашћу и неблаговременом заменом услед чега је расположивост недовољна а трошкови експлоатације и одржавања високи. Значај у остваривању планиране производње, тренутно стање и захтеви који се постављају пред ове машине намећу неопходност оптимизације процеса управљања помоћном механизацијом.

Истраживање у оквиру ове докторске дисертације засновано је на полазној хипотези да у научној и стручној литератури и инжењерској пракси не постоји стандардизован модел управљања животним циклусом техничког система као и модел процене преосталих могућности техничког система. У циљу управљања животним веком усвојен је стандардни појам, употребни квалитет (ISO IEC 300). Употребни квалитет као свеобухватни показатељ укупних својстава техничког система, са техничког и економског аспекта, није анализиран у досадашњој пракси за потребе дефинисања математичких релација којима би био егзактно дефинисан. Машине помоћне механизације на површинским коповима лигнита представљају специфичне техничке системе који захтевају оригинални модел процене стања и преосталих могућности. Сходно томе спроведена су истраживања у циљу формирања модела употребног квалитета помоћне механизације на површинским коповима лигнита која су обухватила следеће утицајне факторе и анализе:

- Анализа досадашњих истраживања из области процене употребног квалитета рударских машина;
- Систематизација и анализа постојећих показатеља употребног квалитета од којих сваки има своје специфичности сходно природи феномена који се посматра и радним условима;
- Систематизација и анализа економских показатеља рада на бази трошкова животног циклуса;
- Анализа модела процене животног циклуса рударских машина заснованих на теорији поузданости и трошковима животног циклуса;
- Анализа тренутног стања машина помоћне механизације на површинским коповима лигнита;
- Истраживање математичких синтезних модела употребног квалитета рударских машина;
- Анализа могућности синтезе анализираних показатеља употребног квалитета и дефинисање структуре њихове међузависности. Истраживање модела синтезе заснованих на фази теорији у циљу формирања фази модела процене употребног квалитета машина;
- Истраживање математичких модела за подршку одлучивању, у циљу анализе резултата, предвиђања могућих исхода, вероватноћа појава и трендова.

Истраживањима у оквиру ове докторске дисертације сагледани су актуелни приступи управљању животним циклусом рударских машина на основу којих је формиран оригиналан математичко-концепцијски модел за процену употребног квалитета помоћне механизације на површинским коповима лигнита базиран на фази теорији који у потпуности апсорбује техничке и економске показатеље употребног квалитета. Модел при томе има хибридни карактер и даје синергетски ефекат.

На основу наведеног може се закључити да су испуњени критеријуми савремености и оригиналности докторске дисертације кандидаткиње мр Драгице Јагодић Крунић, дипл. инж. рударства под насловом: „Развој модела употребног квалитета помоћне механизације на површинским коповима лигнита”.

На основу Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду и налаза у извештају из програма ``iThenticate`` којим је извршена провера оригиналности докторске дисертације „Развој модела употребног квалитета помоћне механизације на површинским коповима лигнита”, мр Драгице Јагодић Крунић, констатујем да утврђено подудараре текста износи 10 %. Овај степен подударности последица је случајних подударарања нумеричких података (нпр. децимални запис 0.00, исл), библиографских података о коришћеној литератури, као и претходно публикованих резултата докторандових истраживања, који су проистекли из његове дисертације), што је у складу са чланом 9. Правилника. Имајући у виду да је кандидаткиња током писања докторске дисертације узела у обзир све академске норме у погледу навођења и цитирања литерарних извора, Комисија сматра да докторска дисертација представља у потпуности резултат оригиналног научно-истраживачког рада кандидата.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Коришћена литература при изради докторске дисертације обухвата 123 литералне јединице која се односи на поузданост рада, оптимизацију система одржавања, логистичку подршку и информационе системе, управљање животним циклусом, оптимални животни век, трошкове животног циклуса, ефективност, расположивост и сигурност функционисања рударских машина, анализу ризика и управљање ризиком, употребни квалитет рударских машина, избор рударских машина по врсти и броју, моделе оптимизације, експертско закључивање, вишекритеријумске моделе, фази теорију, хибридне моделе и др.

Кандидаткиња мр Драгице Јагодић Крунић, дипл. инж. рударства је током овог истраживачког рада и израде докторске дисертације објавила више радова из предметне области на основу чега се може потврдити да је упознала и проучила значајан део релевантне литературе која се односи на анализу употребног квалитета, управљање животним циклусом техничких система и примењену методологију.

3.3. Анализа примењених научних метода и њихова адекватност за спроведено истраживање

Научне методе примењене у овој докторској дисертацији су адекватне проблематици која се истражује и анализира, као и постављеним циљевима у смислу истраживања техничких и економских показатеља рада и одржавања машина, њихове систематизације, системске анализе, моделирања и оптимизације са крајњим циљем дефинисања математичко-концепцијског модела за процену нивоа употребног квалитета машина. Сходно томе у докторској дисертацији су примењене следеће методе:

- Анализа временске слике стања, техничких карактеристика, радних учинака и трошкова животног циклуса машина помоћне механизације на основу документације површинских копова лигнита EPS-а.
- Статистичка обрада података.
- Конвенционални прорачуни техничких и економских показатеља рада машина.
- Теорија вероватноће у циљу дефинисања функције поузданости и погодности одржавања.
- Методе процене трошкова животног циклуса машина помоћне механизације.
- Методе одређивања оптималног радног века помоћне механизације и промене економске ефективности на бази метода оптимизације.
- Методе анализе сигурности функционисања и показатеља који дефинишу сигурност функционисања (уз истраживање постојећих стандарда из области управљања сигурношћу функционисања).
- Методе анализе ризика и показатеља који дефинишу ризик (*FMEA*, *FMECA* и др. и истраживање постојећих стандарда из области управљања ризиком).
- Истраживање модела синтезе на бази примене теорије фази логике у циљу формирања фази модела процене употребног квалитета машина помоћне механизације.
- Истраживање математичких модела за подршку одлучивању (*Monte Carlo* и др.) у циљу тестирања добијених резултата и верификације модела, предвиђања могућих исхода, вероватноћа појава и трендова.

Специфичност овог истраживачког рада се огледа у формирању модела анализе постојећих показатеља употребног квалитета од којих сваки има своје специфичности сходно природи феномена који се посматра и условима рада; анализи економских показатеља рада на бази трошкова животног циклуса; формирању синтезног модела који у потпуности апсорбује

техничке и економске показатеље употребног квалитета; анализи добијених резултата на нивоу парцијалних и синтезних показатеља употребног квалитета; анализи добијених резултата на нивоу економских показатеља; анализи резултата процене нивоа употребног квалитета као укупног ефекта радних перформанси са тестирањем резултата и верификацијом модела применом *Монте Карло* методе.

3.4. Оцена применљивости остварених резултата

Резултати истраживачког рада у оквиру ове докторске дисертације могу се примењивати у научном смислу у области системског приступа у инжењерству одржавања техничких система. Резултати овог истраживања могу имати практичну примену на површинским коповима лигнита у процесу управљања животним циклусом, процене преосталих могућности машина помоћне механизације и одређивања оптималног времена замене на бази свеобухватног сагледавања економских, техничких и осталих узрочно последичних веза.

Анализа резултата процене нивоа употребног квалитета омогућава идентификовање радне способности машине и пружа основ за одлучивање о оправданости даљег ангажовања, одржавања, ревитализације или замене. Концепт процене употребног квалитета даје смернице за оптимизацију процеса управљања опремом на површинским коповима лигнита у циљу бољег искоришћења помоћне механизације као и читавог система експлоатације лигнита.

3.5. Оцена способности кандидаткиње за самостални научни рад

Кандидаткиња мр Драгице Јагодић Крунић, дипл. инж. рударства је током израде ове докторске дисертације показала да поседује потребне способности и вештине за самосталан научно-истраживачки рад. Формирање модела употребног квалитета помоћне механизације на површинским коповима лигнита и анализа добијених резултата је комплексан процес који захтева наглашену аналитичност и систематичност при решавању проблема. На основу вишегодишњег рада и искуства у овој области кандидаткиња је у потпуности спровела планирано истраживање од почетне идеје до реализације постављеног циља презентујући процес и резултате истраживања у овој докторској дисертацији.

Сходно оствареним резултатима у научном и истраживачком раду може се констатовати да је кандидаткиња способна за даљи самостални научно-истраживачки рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Тема дисертације је актуелна, научни допринос се огледа у формирању унапређеног модела употребног квалитета машина помоћне механизације на површинским коповима лигнита на бази теорије фази логике који обухвата анализу техничких и економских показатеља и њихову синтезу на нивоу употребног квалитета. На овај начин је остварен научни допринос у области:

- системских наука (теорија поузданости, инжењерство одржавања техничких система, логистичко инжењерство) у смислу развоја модела употребног квалитета;
- теорије фази логике, у смислу развоја модела пропозиције и фазификације улазних података у предметни концепцијски модел;
- систематизације и анализе постојећих концепата процене показатеља употребног квалитета техничких система;
- метода оптимизације у смислу синтезе техничких и економских показатеља животног циклуса техничког система;

- теорије одлучивања у смислу анализе могућег раста/пада нивоа употребног квалитета техничког система и доношења управљачких одлука.
- систематизације и анализе модела управљања експлоатацијом и одржавањем помоћне механизације на површинским коповима лигнита.

Овако конципиран научно-истраживачки рад има научну оправданост и може представљати значајан научни и инжењерски допринос. Резултати овог рада могу бити примењени за даљи развој и унапређење:

- системског приступа у инжењерству одржавања техничких система,
- свеобухватне анализе расположивости машина помоћне механизације на површинским коповима лигнита,
- модела употребног квалитета помоћне и основне опреме на површинским коповима лигнита.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

На основу спроведеног истраживања и постојећих метода анализе употребног квалитета, уважавајући специфичности машина помоћне механизације на површинским коповима лигнита, формиран је оригиналан математичко-концепцијски модел за процену употребног квалитета помоћне механизације на површинским коповима лигнита базиран на фази теорији. Модел садржи следеће елементе:

- Пропозицијом је дефинисано пет фази скупови са одговарајућим лингвистичким променљивим које описују употребни квалитет и његове показатеље.
- У зависности од природе улазних података формиран је модел фазификације:
 - кумулативних временски зависних функција за поузданост и погодност одржавања које се дефинишу теоријом поузданости (на бази временске слике стања машине);
 - нумеричких измерених вредности са одступањем за функционалну погодност (на бази радног учинка - капацитета);
 - нумеричких вредности добијених одређивањем функционалне зависности из измерених података методом најмањих квадрата, одређивањем тежишта површине омеђене контуром регресион криве и апсцисе применом одређеног интеграла и одређивањем вредности функције апроксимације измерених података у тежишту дефинисане површине која представља улазни податак у модел фазификације нумеричких вредности применом методе тежишта (на бази података о трошковима);
 - лингвистичких вредности за показатеље логистичка подршка одржавању, утицај отказа на радно окружење, утицај отказа на животну средину и детектабилност (на бази експертских процена запослених у експлоатацији и одржавању машина).
- Фази модел закључивања структурно и хијерархијски је формиран у три нивоа и 19 корака, применом одговарајућих модела фази композиције у више нивоа синтезе:

I ниво синтезе:

Композиција парцијалних показатеља у оцену синтезних показатеља употребног квалитета техничког система, применом *max-min* и *min-max* фази композиције.

II ниво синтезе:

Синтеза техничких и економских показатеља употребног квалитета, применом модела композиције у форми картезијанског производа, што подразумева:

- пропозицију (дефинисање лингвистичких променљивих за оцену употребног квалитета на овом нивоу синтезе),
- композицију (дефинисање исхода у форми картезијанског производа - уређених парова синтезних показатеља употребног квалитета и трошкова).

- композицију сваког исхода применом *max-min* фази композиције, ради добијања синтезне оцене одређеног техничког и економског показатеља употребног квалитета.

III ниво синтезе:

Фази композиција синтезних "техничко-економских" показатеља у оцену употребног квалитета техничког система.

- Примењена је *Best-fit* методе за идентификацију оцене употребног квалитета и његових синтезних показатеља у зависности од дефинисаних лингвистичких променљивих које описују ове феномене. Поступак дефазификације добијених резултата у реалне бројеве извршен је применом методе центра тежина, чиме је омогућена мерљивост, упоредивост и даља примена оцена.

Сходно наведеном може се изложити сажетак закључка:

- Употребни квалитет се дефинише као укупни ефекат радних перформанси који одређује степен задовољења корисника.
- Парцијални показатељи употребног квалитета су: поузданост, погодност одржавања, функционална погодност, логистичка подршка одржавању, озбиљности отказа и његови индикатори (време потребно за враћање машине у стање рада, утицај отказа на радно окружење, утицаја отказа на животну средину), учесталост појављивања отказа као показатељ ризика и детектабилност.
- Синтезни показатељи употребног квалитета су: ефективност, расположивост, сигурност функционисања и ризик.
- Економски показатељи употребног квалитета су: трошкови животног циклуса.
- Фази синтезни модел у потпуности апсорбује техничке и економске показатеље који дефинишу употребни квалитет техничког система дајући синергетски ефекат.
- Омогућава рад са хибридним подацима, евалуацију знања и искуства стеченог у експлоатацији и одржавању, интеграцију квантитативних и квалитативних описа показатеља употребног квалитета и њихову синтезу.
- Излаз из модела је у облику лингвистичког записа у континуалном облику што даје вишедимензионални карактер оцене техничког система.
- Добија се објективна и употребљива слика стања техничког система за потребе доношења одлука везано за: избор и набавку машина и управљање њиховим животним веком и процену преосталих могућности.
- Модел је оригиналан и универзалан, применљив је за процену употребног квалитета и других техничких система у рударству и индустрији.

Специфичност овог истраживања се огледа у следећем:

Развоју унапређеног модела употребног квалитета помоћне механизације на површинским коповима лигнита који обухвата комплексну анализу постојећих техничких и економских показатеља који дефинишу употребни квалитет и њихову синтезу на ниво употребног квалитета;

Систематизацији и анализи постојећих концепата анализе показатеља употребног квалитета; Развоју модела пропозиције и фазификације улазних података у модел употребног квалитета, у смислу фазификације нумеричких вредности применом методе тежишта што подразумева: одређивање функционалне зависности из измерених података методом најмањих квадрата; одређивање тежишта површине омеђене контуром регресионе праве/криве и апсцисе правоугаоног координатног система применом одређеног интеграла; одређивање вредности функције апроксимације измерених података у тежишту дефинисане површине која представља улазни податак у модел (фазификација података о трошковима).

Модел је примењен на случају дозера као најбројнијих и најоптерећенијих помоћних машина на површинским коповима лигнита. Обим и поузданост расположивих података добијених вишегодишњим праћењем њиховог рада и одржавања су определили избор ових машина. Истраживањима су обухваћени дозери који раде на површинским коповима лигнита рударског басена „Колубара”: Stalowa Wola TD25H, Liebherr PR 752 (PR 754) и Caterpillar D8R.

Извршена је анализа добијених резултата на нивоу парцијалних и синтезних показатеља употребног квалитета, на нивоу економских показатеља и на нивоу употребног квалитета као укупног ефекта радних перформанси. Резултати анализе употребног квалитета посматраних машина указују да постоји иста тенденција и блискост оцена употребног квалитета код машина типа Liebherr PR 752 (PR 754) и Caterpillar D8R. Процена употребног квалитета код највећег броја ових машина је на средњем нивоу (око оцене 3). Машине типа Stalowa Wola TD25H су на нешто нижем нивоу употребног квалитета, од средњег ка ниском нивоу (нешто испод оцене 3). Ниво употребног квалитета је најнижи код машина које су оствариле највећи број мото часова (преко 24.000). Слабости ових машина су погодност одржавања, логистичка подршка одржавању и високи специфични трошкови. Замена машина новим није извршена у оптималном року. Машине које су оствариле од 19.000 до 24.000 мото часова имају ниже трошкове у односу на друге посматране машине и знатно бољи укупан ефекат радних перформанси (употребни квалитет). Велик распон висине трошкова и функционалне погодности код посматраних машина, истог или различитог типа, указује на неадекватан начин одржавања и коришћења, с' обзиром да раде у истим условима радне средине. Наведено доводи до закључка да је неопходна оптимизација процеса управљања помоћном механизацијом на површинским коповима лигнита ЕПС-а.

Тестирање резултата процене употребног квалитета дозера извршено је применом Монте Карло методе прилагођене природи феномена који се анализира. Уређен је 4.221 тест модела са понављањем израчунавања. Скуп излазних резултата употребног квалитета машина може да се апроксимира нормалном расподелом. Резултати процене (средња вредност 2,928 у интервалу од 1 до 5) и статистички подаци добијени тестирањем указују на исту тенденцију и блискост оцена употребног квалитета. Границе централног интервала од 95% који одређује област у којој се налази 95% добијених резултата оцене су од 2,418 до 3,504. Оваквим приступом анализи практично је извршена верификација модела применом централне граничне теореме.

На основу прегледа докторске дисертације и увида у полазне хипотезе, постављене циљеве истраживања и коришћену релевантну литературу, као и сагледавања научних истраживања из области докторске дисертације, Комисија констатује да је кандидаткиња у потпуности спровела планирано истраживање и реализовала постављене циљеве пријавом докторске дисертације. Добијени резултати су оригинални и применљиви у пракси.

Констатује се да би примена презентованог концепта оцене употребног квалитета у овој докторској дисертацији унапредила процес управљања опремом на површинским коповима лигнита и допринела бољем искоришћењу помоћне механизације као и читавог система експлоатације лигнита. Наглашава се да је развијени алгоритам у потпуности флексибилан и адаптиван, и примењив на друге рударске машине и техничке системе.

4.3. Верификација научних доприноса

Научни допринос је верификован са радом из области истраживања спроведеног у оквиру ове докторске дисертације који је објављен у међународном часопису категорије M23 на коме је кандидаткиња првопотписани аутор.

Током израде ове докторске дисертације кандидаткиња је презентовала и објавила више радова из предметне области у Зборницима саветовања националног значаја и часопису

Рударски гласник, са чиме је проверила и верификовала своје научне ставове, примењену методологију и остварене резултате.

У наставку је дат приказ радова који верификују рад кандидаткиње у области истраживања докторске дисертације:

Категорија М23

Krunić, D.J., Vujić, S., Tanasijević, M., B. Dimitrijević, T. Šubaranović, S. Plić, S. Maksimovic, *Model Approaches to Life Cycle Assessment of Auxiliary Machines Based on an Example of a Coal Mine in Serbia*, Journal of Mining Science, 2018, 54, 3, pp 404–413. ISSN: 1062-7391 (Print) 1573-8736 (Online) M23, IF = 0.358 (2018), Cited by 2
<https://doi.org/10.1134/S1062739118033809>,

Категорија М33

1. **Јагодић Крунић Д.**, Истраживање економских показатеља рада и одређивање оптималног радног века помоћне механизације на површинским коповима лигнита, Међународни симпозијум Рударство и геологија данас, Зборник радова, Рударски институт д.о.о. Београд, Београд, 2017, стр. 367-384, ISBN 978-86-82673-13-2(ПИ).
2. Танасијевић М., Ивезић Д., Јованчић П., Петровић Д., **Јагодић Крунић Д.**, Развој модела анализе животног циклуса рударских машина на бази фази теорије, II Међународни симпозијум Рударство и геологија данас, Зборник радова, Рударски институт д.о.о. Београд, Београд, 2018, стр. 244-251, ISBN 978-86-82673-14-9(ПИ).

Категорија М53

1. **Јагодић Крунић Д.**, Танасијевић М., Вујић С., Фази логички модел оцене сигурности функционисања механизације на површинским коповима, Рударски гласник, Рударски институт Београд, Академија инжењерских наука Србије, Београд, 2018, стр. 99-106, YU ISSN 0035-9637.
2. **Јагодић Крунић Д.**, Танасијевић М., Вујић С., Примена фази логичког моделовања код оцене сигурности функционисања механизације на површинским коповима, Рударски гласник, Рударски институт Београд, Академија инжењерских наука Србије, Београд, 2018, стр. 107-119, YU ISSN 0035-9637.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација кандидаткиње мр Драгице Јагодић Крунић дипл. инж. рударства, под насловом: „**Развој модела употребног квалитета помоћне механизације на површинским коповима лигнита**” представља савремен, оригиналан и научно утемељен приступ анализи употребног квалитета помоћне механизације на површинским коповима лигнита. Докторском дисертацијом су доказане полазне хипотезе, развијен је системски, оригиналан и универзалан математичко-концепцијски модел за оцену употребног квалитета разматраних техничких система. Модел се заснива на примени фази логике и статистичкој анализи парцијалних параметара употребног квалитета и трошкова које индукују предметни системи. Модел је хибридног карактера, у потпуности је адаптиван и флексибилан.

На основу прегледа докторске дисертације Комисија за оцену докторске дисертације закључује да докторска дисертација кандидаткиње мр Драгице Јагодић Крунић, под насловом: „Развој модела употребног квалитета помоћне механизације на површинским коповима лигнита” испуњава све законске услове за јавну одбрану. Комисија закључује да је докторска дисертација урађена према свим стандардима о научно-истраживачком раду и да испуњава све услове прописане Законом о високом образовању, Стандардима за акредитацију, Статутом Рударско-геолошког факултета и прописних критеријума Универзитета у Београду. Комисија констатује да је докторска дисертација има значајну научну вредност са аспекта анализе употребног квалитета помоћне механизације на површинским коповима лигнита и управљања животним циклусом ових машина. Постављени алгоритам анализе употребног квалитета има практичну и стручну тежину, што је било за очекивати с обзиром да је кандидаткиња са озбиљним радним искуством у привреди.

На основу горе наведеног Комисија за оцену докторске дисертације предлаже Наставно-научном већу Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду да се докторска дисертација под насловом „**Развој модела употребног квалитета помоћне механизације на површинским коповима лигнита**” кандидаткиње мр Драгице Јагодић Крунић, прихвати, изложи на увид јавности и даље у складу са процедуром упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду; након чега би се приступило јавној одбрани докторске дисертације пред Комисијом у истом саставу.

У Београду 01.07.2021.

Комисија:

Проф. др Дејан Ивезић, редовни професор
Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет

Проф. др Драган Игњатовић, редовни професор
Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет

Проф. др Чедомир Бељић, редовни професор
Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет

Проф. др Угљеша Бугарић, редовни професор
Универзитет у Београду, Машински факултет