

Факултет Рударско-геолошки

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

(Број захтева)

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

(Датум)

ЗАХТЕВ**за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији
за кандидата на докторским студијама**

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 4. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", број 162/11-пречишћени текст, 167/12, 172/13 и 178/14), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији:

КАНДИДАТ

Иван (Владислав) Јанковић, дипл. инж. рударства
(име, име једног од родитеља и презиме)студент докторских студија на студијском програму Рударско инжењерство

пријавио је докторску дисертацију под називом:

„Оптимизација концепта животног века помоћне механизације на површинским коповим лигнита“из научне области: Рударско инжењерствоУниверзитет је дана 25.06.2018. године својим актом под бр. 61206-2554/2-18 дао сагласност на предлог теме

докторске дисертације која је гласила:

„Оптимизација концепта животног века помоћне механизације на површинским коповима лигнита“Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације образована је на седници одржаној 26.03.2020. годинеодлуком факултета под бр. 1/99, у саставу:

	Име и презиме члана комисије	звање	научна област	Установа у којој је запослен
1.	<u>др Драган Игњатовић, ред. проф.</u>		Механизација у рударству и енергетици	Рударско-геолошки факултет у Београду
2.	<u>др Предраг Јованчић, ред. проф.</u>		Механизација у рударству и енергетици	Рударско-геолошки факултет у Београду
3.	<u>др Милош Танасијевић, ред. проф.</u>		Елементи машинских и енергетских система	Рударско-геолошки факултет у Београду
4.	<u>др Томислав Шубарановић, доц.</u>		Површинска експлоатација лежишта минералних сировина	Рударско-геолошки факултет у Београду
5.	<u>др Угљеша Бугарић, ред. проф.</u>		Машинство, индустријско инжењерство	Машински факултет у Београду

Напомена: уколико је члан Комисије у пензији навести датум пензионисања.

Наставно-научно веће факултета прихватило је реферат Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на

седници одржаној дана 18.06.2020. године

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Зоран Глигорић

- Прилог: 1. Реферат комисије са предлогом
2. Акт Наставно-начног већа факултета о усвајању реферата
3. Примедбе дате у току стављања реферата на увид јавности, уколико је таквих примедби било
4. Електронска верзија

На основу члана 101. став 4. Статута Универзитета у Београду (Гласник Универзитета у Београду бр. 201/18) и члана 49. Статута Рударско-геолошког факултета, декан Факултета доноси следећу

ОДЛУКУ

Студентима докторских академских студија који не заврше студије у законом прописаном року може се на лични захтев поднет пре истека рока за завршетак студија, продужити рок за завршетак студија највише до троструког броја школских година потребних за реализацију студијског програма.

ДЕКАН
Рударско-геолошког факултета

Др Зоран Глигорић, ред. проф.

Доставити:

- Продекану за наставу
- Одељењу за студентска и наставна питања
- А/а

На основу члана 181. став 6. Статута Универзитета у Београду и члана 175. став 6. Статута Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду на својој седници одржаној 26.12.2019. године, донело је

О Д Л У К У

Одобрава се продужење рока за завршетак докторских студија на лични захтев **Ивану Јанковићу, дипл. инж. рударства**, тема под насловом *„Оптимизација концепта животног века помоћне механизације на површинским коповима лигнита“*, највише до троструког броја школских година потребних за реализацију студијског програма.

Д Е К А Н

др Зоран Глигорић, ред. проф.

Достављено:

- Ментору
- Именованом
- Одељењу за студентска питања

На основу члана 40. Закона о високом образовању и члана 114. Статута Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, на својој седници одржаној 18.06.2020. године, донело је

О Д Л У К У

1. Усваја се извештај комисије за оцену и одбрану докторске дисертације **Ивана Јанковића, дипл. инж. рударства**, под насловом *„Оптимизација концепта животног века помоћне механизације на површинским коповима лигнита“*, на који није било примедба.
2. Универзитет у Београду је дана 25.06.2018. године дао сагласност на предлог теме докторске дисертације.
3. Рад из научног часописа са листе која је утврђена као релевантна за вредновање научне компетенције у одређеном научном пољу:
 - Jankovic, I., Djenadic, S., Ignjatovic, D., Jovancic, P., Subaranovic, T., & Ristic, I. (2019). "Multi-Criteria Approach for Selecting Optimal Dozer Type in Open-Cast Coal Mining". Energies, 12(12), ISSN 1996-1073 Impact factor: 2.676; M22.
4. Именовани ће бранити докторску дисертацију пред комисијом у саставу: др Драган Игњатовић, ред. проф.; др Предраг Јованчић, ред. проф.; др Милош Танасијевић, ред. проф.; др Томислав Шубарановић, доц.; др Угљеша Бугарић, ред. проф. Универзитета у Београду – Машински факултет.
5. Докторска дисертација из става 1. ове одлуке подобна је за одбрану након добијања сагласности од Већа научних области техничких наука.
6. О термину одбране благовремено се обавештава стручна служба ради обављања претходних активности.

Д Е К А Н

др Зоран Глигорић, ред. проф.

Достављено:

- Већу научних области техничких наука
- Комисији
- Именованом
- Одељењу за студентска и наставна питања

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Рударско-геолошки факултет

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Ивана Јанковића, дипломираног инжењера рударства

Одлуком Наставно научног већа, Рударско-геолошког факултета бр. 1/99 од 06.05.2020. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације под насловом:

"Оптимизација концепта животног века помоћне механизације на површинским коповима лигнита"

кандидата Ивана Јанковића, дипломираног инжењера рударства.

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

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат Иван Јанковић, дипломирани инж. рударства, тему докторске дисертације је пријавио на Рударско-геолошком факултету Универзитета у Београду 11.04.2018. године (пријава 1/77).

Одлуком Наставно-научног већа Рударско - геолошког факултета у Београду бр. 1/86 од 23.04.2018. године именована је Комисија у саставу проф. др Драган Игњатовић, дипл. инж. руд., проф. др Предраг Јованчић, дипл. инж. руд., проф. др Милош Танасијевић дипл. инж. руд. сви са Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, др Томислав

Шубарановић доцент, Универзитет у Београду, Рударско – геолошки факултет и проф. др Угљеша Бугарић дипл. инж. маш. са Машинског факултета Универзитета у Београду, за давање мишљења о научној заснованости докторске дисертације под насловом **"Оптимизација концепта животног века помоћне механизације на површинским коповима лигнита"**.

Наставно-научно веће Рударско – геолошког факултета у Београду прихвата извештај Комисије за давање мишљења о научној заснованости теме и доноси одлуку бр. 1/109 од 04.06.2018., којом се прихвата тема докторске дисертације под насловом **"Оптимизација концепта животног века помоћне механизације на површинским коповима лигнита"** кандидата Ивана Јанковића, и за ментора именује др Драгана Игњатовића, редовног професора.

Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду, на седници одржаној 25.06.2018. године, донело је одлуку бр. 61206-2554/2-18 којом се даје сагласност на предложеној тему докторске дисертације.

Кандидат Иван Јанковић, дипломирани инж. рударства, 16.03.2020. године поднео је молбу за именовање Комисије за оцену и одбрану урађене докторске дисертације под насловом **"Оптимизација концепта животног века помоћне механизације на површинским коповима лигнита"**. Катедра за Механизацију рудника упутила је допис Наставно-научном већу Рударско-геолошког факултета број 1/93 од 16.03.2020. са предлогом Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације у саставу: др Драган Игњатовић, ред. проф., ментор, Универзитет у Београду, Рударско – геолошки факултет, др Предраг Јованчић, ред. проф., Универзитет у Београду, Рударско – геолошки факултет, др Милош Танасијевић, ред. проф., Универзитет у Београду, Рударско – геолошки факултет, др Томислав Шубарановић доцент, Универзитет у Београду, Рударско – геолошки факултет и др Угљеша Бугарић, ред. проф., Машински факултет Универзитета у Београду.

На основу наведеног дописа Наставно-научно веће је на седници од 26.03.2020. године донело одлуку бр. 1/99 од 06.05.2020. године којом је усвојило предлог Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације, чиме су сестекли услови за писање овог реферата.

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација **"Оптимизација концепта животног века помоћне механизације на површинским коповима лигнита"** припада области техничких наука, научној области „Рударско инжењерство“ односно ужој научној области „Механизација у рударству и енергетици“ и „Површинска експлоатација лежишта минералних сировина“ за коју је матичан Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду.

За ментора ове докторске дисертације именован је др Драган Игњатовић, редовни професор Рударско-геолошког факултета. Ментор је аутор више научних радова објављених у међународним и домаћим часописима (од којих 20 из категорије M20) и зборницима са различитих саветовања, који су везани за проблематику механизације у

рударству, има значајно искуство у раду са привредом те се може сматрати компетентним за вођење докторанда у току израде докторске дисертације са горе наведеним насловом.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Иван Јанковић, дипломирани инжењер рударства, рођен је 4. септембра 1979. године у Београду. Основну и средњу школу завршио је у Лазаревцу. На Рударско – геолошки факултет уписао се школске 2000/2001 године. Смер за површинску експлоатацију завршава 2006. године, са, чиме стиче звање дипломираног инжењера рударства, смер за површинску експлоатацију. Након дипломирања, 2006. године запошљава се на Рударско – геолошком факултету као стручни сарадник на Катедри за површинску експлоатацију. У 2013. години ступа у радни однос у Сектору за геологију и рударство Министарства природних ресурса, рударства и просторног планирања, а од 2014. године Министарства рударства и енергетике. У новембру 2017. године ступа на функцију помоћника министра Министарства рударства и енергетике за област геологије и рударства. Од децембра 2017. године врши функцију председника комисије Савеза инжењера и техничара Србије за полагање стручних испита у области рударства. Члан је радне групе Министарства рударства и енергетике за утврђивање и оверу резерви чврстих минералних сировина и нафте и гаса на територији републике Србије, радне групе за сигурност снабдевања, Владине Радне групе за имплементацију пројекта "Јадар". Био је члан радне групе за праћење реализације израде предлога Уредбе којом се утврђује Програм остваривања Стратегије развоја енергетике Републике Србије до 2025. године са пројекцијама до 2030. године за период 2017. до 2023. године. Од 2018. до 2020. године, обављао је функцију директора SATREPS пројекта Research on the integration system of spatial environment analysis and advanced metal recovery to ensure sustainable resources development. Од 2006. године учествовао је у напредноистраживачком пројекту, шест техничких решења, израдио је и учествовао у изради већег броја пројеката, студија и елабората из области површинске експлоатације лежишта минералних сировина. Такође, објавио је 18 научних радова саопштених у целини, штампаних у зборници радова са скупова од међународног значаја и 5 радова у часописима од међународног значаја од чега су 2 рада објављена у часописима из категорије M22.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата Ивана Јанковића, дипломирани инжењер рударства, под називом **"Оптимизација концепта животног века помоћне механизације на површинским коповима лигнита"**, написана је на укупно 142 стране формата А4, на српском језику, ћирилицом, а садржи 111 слика, 39 табела и 76 литературних јединица.

Докторска дисертација је подељена на десет поглавља:

1. Увод

2. Помоћни радови и примењена помоћна механизација на површинским коповима лигнита
3. Преглед досадашњих истраживања у области управљања животним веком рударске механизације
4. Животни век рударских машина
5. Модели економске теорије замене рударских машина
6. Експертски модели праћења животног века рударских машина
7. Развој математичког и концепцијског модела праћења животног века рударских машина
8. Студија случаја
9. Закључак
10. Литература

Поред тога дисертација садржи Сажетак, Садржај, Биографију и стандардне изјаве о ауторству, истоветности штапане и електронске верзије и коришћењу.

Сва поглавља имају више потпоглавља.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Структура докторске дисертације је прилагођена циљевима истраживања и примењеној методологији.

У уводном поглављу дато је објашњење значаја рада помоћне механизације на површинским коповима лигнита, тренд пада расположивости и раст трошкова рада помоћне механизације. Представљене су основне хипотезе од којих се полази, методологија истраживања, научни допринос и применљивост резултата истраживања.

У другом поглављу дат је преглед помоћних радова на површинским коповима и преглед помоћне механизације која се користи за обављање помоћних радова.

У трећем поглављу дат је преглед досадашњих истраживања и искустава у области везаној за избор и одржавање помоћне механизације на површинским коповима лигнита, управљање животним веком рударских машина и оптимално време њихове замене. Анализирани су радови и дат је критички став везано за примену вишекритеријумске и вишеатрибутивне методе одлучивања и рангирања, примену фази теорије и фази логике као и хибридних метода, везане за примену поузданости и расположивости рада помоћних машина.

У четвртном поглављу дат је теоретски приказ животног века рударских машина са посебним освртом на показатеље животног века (расположивост, поузданост и погодност одржавања, сигурност функционисања и трошкове животног века).

У петом поглављу дат је теоретски приказ економских модела праћења животног века који се могу користити у одређивању оптималног века замене рударских машина (минимизирање трошкова, максимизација профита, теорија лимита поправке и др).

У шестом поглављу дат је теоретски приказ експертских модела који се могу користити у одређивању оптималног животног века и добијању улазних вредности за оптимизацију кроз приказ вишекритеријумских модела са посебним освртом на АХП методу, као и кроз приказ фази теорије и анализу могућности коришћења за формирање јединственог синтезног модела.

У седмом поглављу приказан је развој математичког и концепцијског модела праћења животног века рударских машина кроз формирање Фази-АХП синтезног модела, економског модела и на крају компаративне анализе.

У осмом поглављу приказана је Студија случаја праћења животног века помоћних рударских машина на површинским коповима лигнита на примеру дозера, цевополагача и хидрауличних багера са различитим типовима машина.

У деветом поглављу дат је закључак и смернице за даља истраживања.

У десетом поглављу приказана је литература која је коришћена.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Докторска дисертације кандидата Ивана Јанковића, дипломираног инжењера рударства, под називом **"Оптимизација концепта животног века помоћне механизације на површинским коповима лигнита"** представља савремен и оригиналан приступ одређивању параметара животног века помоћне механизације на површинским коповима лигнита.

Велики број машина као и велики трошкови експлоатације, и посебно имајући у виду релативно кратки век експлоатације императивно намећу потребу за оптимизацијом управљања животним веком ових машина. Управљање животним веком подразумева свеобухватну анализу рада и трошкова експлоатације и одржавања, као и праћење основних показатеља рада како би се извршила оптимизација животног века помоћне механизације на површинским коповима лигнита. Међутим, у погонским условима често је праћење трошкова неажурно и није могуће добити тачне трошкове, а машине се користе до краја физичког животног века, при чему трошкови расту далеко преко границе задатих трошкова, а са друге стране расположивост опада, што за последицу има велики број машина на стању а недовољни број машина у раду. Сprovedена су истраживања параметара животног века са теоријског и практичног аспекта са циљем да се формира јединствени модел који се може користити за одређивање позиције машине у односу на профитни, економски или физички век машине. На овај начин се пружа додатна сигурност у процесу управљања помоћном механизацијом али и целим копом. Односно, обезбеђује се да површински коп увек располаже са довољним бројем поузданих машина а да при томе трошкови њиховог рада не прелазе очекивану вредност.

Из наведеног се може јасно закључити да су дисертацијом сагледани актуелни приступи управљања животним веком машина помоћних машина, и да је формиран оригиналан приступ са развојем развојем модела који садржи два интерактивна модула, а који као излаз дају оцену расположивости добијену на бази експертског модела, и трендове расположивости и трошкова добијене на бази статистичке обраде одговарајућих улазних података. Експертски модел, који је овде изворно и оригинално развијен предстаља резултат фази логичког закључивања са корекцијом исхода добијеног рангирањем (АХП метода). Верификација експертског модела извршена је корелацијом са резултатима добијеним статистичком анализом временске слике стања и да је уз примену адекватне методологије испуњен критеријум оригиналности и савремености.

На основу „Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду“ и Извештаја из програма iThenticate којим је извршена провера оригиналности докторске дисертације утврђена је количина подударана текста од 12%. Установљени степен подударности је последица цитата, личних имена, библиографских података о коришћеној литератури, тзв. општих места и података, као и претходно публикованих резултата истраживања докторанда, који су проистекли из дисертације, што је у складу са чланом 9. наведеног Правилника. Оригиналност текста дисертације је оцењена као позитивна у Изјави ментора бр. 1/97 од 17.03.2020.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У докторској дисертацији коришћена је обимна литература, укупно 76 литературних јединица, која третира проблематику истраживања везаних за поузданост рада, сигурност функционисања, као и истраживања везана за управљање животним веком рударске механизације као и оптимално време њихове замене. Такође, значајна пажња је посвећена литератури која се односи на истраживања везана за примену експертског закључивања, АХП методе и метода фази логике којесу примењене у оквиру ове докторске дисертације.

Обзиром да је кандидат Иван Јанковић, у току израде ове дисертације објавио већи број радова из ове области може се констатовати да је био у прилици да проучи већи део релевантне литературе која покрива област управљања животног века, као и примену наведених метода.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Примењена методологија је адекватна анализираном проблему. У том смислу у дисертацији је коришћена методологија која се састоји од три фазе: системске анализе, моделирања и оптимизације.

Системска анализа се базира на теоријски развијеним моделима који су дефинисани кроз инжењерство одржавања техничких система.

Развој модела садржи два интерактивна модула, који као излаз дају оцену расположивости добијену на бази експертског модела, и трендове расположивости и трошкове добијене на бази статистичке обраде одговарајућих улазних података. Експертски модел, који је овде изворно и оригинално развијен представља резултат фази логичког закључивања са корекцијом исхода добијеног рангирањем (АХП метода). Верификација експертског модела извршена је корелацијом са резултатима добијеним статистичком анализом временске слике стања.

Оптимизација представља поступак синтезе статистичких добијених трендова пада расположивости и раста трошкова у смислу добијања оптималног времена замене машине и експертске оцене машине. На овај начин се у експертски модел уводи критична вредност расположивости, која дефинише преломну тачку у управљању животним веком машина у односу на преостале могућности машине.

У дисертацији су коришћене следеће научне методе у циљу истраживање оптималног животног века помоћних машина:

- анализа досадашњег рада помоћне механизације са аспекта оствареног времена ангажовања, ефективног времена рада, времена застоја, структура отказа по склоповима,
- статистичка обрада података,
- методе избора помоћних машина (софтвер ПОМЕХ),
- методе економске анализе трошкова поседовања и рада машина помоћне механизације,
- методе одређивања оптималног радног века помоћне механизације и промене економске ефективности, на бази метода оптимизације и замене,
- теорија фази логике у циљу формирања фази модела оптимизације животног века помоћних машина,
- истраживање метода рангирања у циљу корекције исхода фази композиције (АХП метода),
- у циљу анализе резултата и предвиђања њиховог кретања коришћене су математичке методе за предвиђање и успостављање зависности.

Специфичност рада је формирање модела анализе парцијалних показатеља карактеристика животног века од којих је сваки има своје специфичности с обзиром на природу феномена који се посматра и с обзиром на радне услове; формирање синтезног модела који ће објединити економске и техничке показатеље рада; анализа тренда добијених резултата на парцијалном и синтезном нивоу и њихова адаптација у циљу дефинисања момента отписа машина и оптималног избора.

Као најпогоднији математички и концепцијски модел за анализу и синтезу парцијалних показатеља животног века са становишта техничких коришћена је фази логика. Корекција исхода фази композиције планира се неком од метода рангирања (АХП). За економску анализу коришћен је модел замене без дисконтног фактора и са делимичним отписом.

Сви добијени резултати испитивања су нумерички и графички приказани што је омогућило прегледно анализирање и поређење са постављеним хипотезама, али и упоређивање са емпиријски познатим резултатима.

3.4. Применљивост остварених резултата

Резултати докторске дисертације применљиви су у научном смислу, али имају и значајну практичну примену.

Резултати рада овог истраживања могу се применити на површинским коповима лигнита у циљу управљања животним веком помоћне механизације, односно брзог и ефикасног одређивања оптималног времена замене и оптималног избора машина помоћне механизације. На основу предложеног модела могу се донети закључци о врсти машина који најбоље одговарају конкретним условима радне средине као и избору најбољег произвођача опреме без обзира на почетна инвестициона улагања, јер се током животног века различите машине различито понашају у функцији пада расположивости и раста трошкова.

Примењена метода може унапредити управљање животним веком и знатно утицати на смањење оперативних трошкова као и смањење инвентарског парка машина односно мања инвестициона улагања. Такође, може се одредити какав је тренд пада расположивости и која машина је најекономичнија.

У научном и педагошком смислу развијени модел омогућава студентима механизације и површинске експлоатације на Рударско-геолошком факултету да се упознају са методама управљања животним веком помоћне механизације на површинским коповима лигнита.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат је током израде докторске дисертације показао да је у стању да самостално решава научне проблеме и да влада научним и истраживачким методама. Тема коју је обрадио, обзиром на своју комплексност, захтева изражену аналитичност у раду и систематичност у решавању проблема. Кандидат је при томе у потпуности искористио искуство које је стекао вишегодишњим радом на истраживању ове области. Такође, кандидат је у потпуности реализовао планирано истраживање од почетне идеје до завршетка докторске дисертације. Верификација научног доприноса и рада кандидата материјализована је објављивањем два рада у часопису категорије M22 и једним радом у часопису категорије M52.

На основу укупно остварених резултата у научно истраживачком раду, закључујемо да је кандидат способан за самостални даљи научно-истраживачки рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Циљ дисертације "Оптимизација концепта животног века помоћне механизације на површинским коповима лигнита" био је да се анализом теоретских и статистичких

података изради јединствен и употребљив модел оцене расположивости, и да се изврши анализа животног века машина помоћне механизације у смислу одређивања оптималног времена замене, компаративна анализа машина и избора истих, као и оцена употребног квалитета машина уопште.

Примењеном методологијом су обухваћени искуствени подаци и досадашња истраживања, савремени поступци и методе истраживања у овој области, а алгоритмом истраживања омогућено је да се уз примену адекватних метода аквизиције података и њихове обраде на бази системских наука обезбеди укупан истраживачки ток до оптималног избора.

Спроведена истраживања су дефинисала јединствену методологију која се може користити за одређивање оптималног времена замена машина помоћне механизације а чији резултат треба да буде постизање позитивних економских ефеката у производњи и обезбеђивање да површински коп увек располаже довољним бројем машина поузданих у раду а да се при томе не мора располагати детаљним подацима о трошковима који настају током радног века машина помоћне механизације.

Тема дисертације је актуелна, научни допринос се огледа у формирању модела оптимизације животног века машина помоћне механизације на површинским коповима лигнита на бази теорије фази логике и на бази рангирања парцијалних показатеља животног века. На овај начин остварен је научни допринос у области:

- системских наука (инжењерство одржавања техничких система, теорија поузданости) у смислу развоја модела оптимизације животног века и систематизацији и анализи постојећих концепата анализе животног века;
- теорије фази логике, у смислу развоја модела пропозиције и фазификације улазних података у предметни концепцијски модел;
- метода оптимизације у смислу синтезе техничких, експлоатационих, економских и других показатеља животног века предметних машина;
- теорије одлучивања у смислу анализе тренда понашања показатеља животног века машина и у смислу доношења одлука везано за избор и отпис машина.

Овако конципиран научно-истраживачки рад има научну оправданост и може представљати значајан научни и инжењерски допринос, те да ће резултати бити примењени за даљи развој и унапређење у области:

- модела управљања животним веком помоћних рударских машина;
- инжењерства одржавања техничких система;
- системског приступа у избору и коришћењу машина помоћне механизације; као и за
- свеобухватну анализу оперативних трошкова машина помоћне механизације на коповима ЕПС-а и одређивању оптималног времена њихове замене и избора.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Развој модела садржи два интерактивна модула, који као излаз дају оцену расположивости добијену на бази експертског модела, и трендове расположивости и трошкова добијене на

бази статистичке обраде одговарајућих улазних података. Експертски модел, који је овде изворно и оригинално развијен предстаља резултат фази логичког закључивања са корекцијом исхода добијеног рангирањем (АХП метода). Верификација експертског модела извршена је корелацијом са резултатима добијеним статистичком анализом временске слике стања.

Идеја примене Фази теорије у овом истраживању је да се парцијални индикатори расположивости третирају као улазни подаци, односно фази релације, а да се њихова синтеза (оптимизација) обави једном од метода фази композиције. При томе се даје могућност корекције резултата композиције увођењем рангирања улазних података. Основни разлог увођења рангирања утицаја поузданости, погодности одржавања и нивоа подршке на расположивост је добијање могућности примене експертског модела за више различитих машина и више различитих радних окружења.

Концепт истраживања је такав да развијени модел има два исхода: оптимизација параметара животног века према критеријуму расположивости и доношење одлуке везано на избор и преостале могућности машине према критеријуму трошкова. При томе се уводе појмови: оптимално време замене машине, критична расположивост и минимални трошкови. Развијени алгоритам управљања животним веком машина помоћне механизације на основу експертске процене која је апроксимирана на основу емпиријских података, пружа могућност дефинисања временских координата (преломних тачака) у односу на преостале могућности машине. При томе свака преломна тачка у себи садржи информацију о актуелној расположивости и трошковима и њиховом тренду.

Да би се урадила наведена анализа неопходно је дугогодишње праћење рада машина, што често није изводљиво. Експертски модел са друге стране не захтева опсежно прикупљање података, већ само попуњавање упитника, што је његова суштинска предност. Недостатак је што за разлику од емпиријских модела где аналитичким приступом можемо да одредимо у ком периоду животног века се налази машина, овде то није случај. Због тога се формирају уређени парови експертске процене расположивости и одговарајућих времена везаних за критичне вредности трошкова и расположивости а које су добијене егзактном емпиријском анализом. На овај начин, рекурзивним поступком се добија могућност одређивања критичних вредности расположивости и трошкова експертским моделом.

На бази изложених поставки, формиран је алгоритам оцене машина помоћне механизације у односу на преостале могућности према критеријуму расположивости и трошкова, уважавајући све специфичности машина помоћне механизације на површинским коповима лигнита. У том смислу може да се постави резиме закључка:

- Расположивост представља меру употребног квалитета техничког система.
- Трошкови представљају неодвојиви део степена задовољења корисника датог техничког система његовим употребним квалитетом.
- Најпотпунија оцена употребног квалитета машине, конкретно помоћне механизације на површинским коповима лигнита, даје се оценом расположивости и нивоа трошкова.

- Парцијални показатељи расположивости су: поузданост, погодност одржавања и ниво подршке (логистика).
- Структура расположивости је таква да једнозначно може да се опише и емпиријским и експертским моделима.
- Постоји јасна кохерентност између тренда пада расположивости и пораста трошкова са временом.
- Експертски модели који се заснивају на фази логичком закључивању и рангирању релација које чине фази композицију, у потпуности могу да апсорбују улазне податке са различитих машина и различитих радних окружења.
- Животни век у основи има три временска интервала: t_1 закључно са економским веком са максималним профитом, t_2 закључно са економским веком са профитом, t_3 закључно са физичким веком када расположивост пада испод 80%.
- Машине могу да наставе да раде и након тог времена (што је на жалост и пракса која је приказана у глави 1), али при томе расположивост је ниска, што условљава да или коп мора да располаже непотребно великим бројем машина на стању или их неће бити довољно у раду,
- Други случај је да машине раде са трошковима који су изнад оних који се постижу ако би се машине изнајмиле што је економски неприхватљиво и условљава повећање цене производње.
- Економски век са максималним профитом и економски век са профитом зависи од: инвестиционе вредности, квалитета машина, трошкова одржавања, остварених мото часова рада, начина коришћења и одржавања.
- Физички век зависи од расположивости машине, квалитета машина, начина коришћења и одржавања

У дисертацији је развијен нови апликативни модел који на бази експертски процењене поузданости, погодности одржавања и логистичке подршке даје оцену преосталих могућности машине. При томе критеријум оцене зависи од трошкова које машина индукује и актуелне расположивости. Модел је флексибилан и адаптиван у зависности од функционалних и конструкцијских карактеристика машине, начина на који се врши превентивно и корективно одржавање и карактеристика радног окружења.

Предложени модел је верификован кроз студију случаја која је урађена за најважније помоћне машине дозере, цевополагаче и хидрауличне багере.

Анализа урађена за дозере где постоји одлична корелација између расположивости и времена рада (око 0,9), као и трошкова, даје добре резултате и на основу експертског модела једноставно и брзо може се одредити оптимално време замене машина. За добијену вредност експертске анализе од 0,65-0,66 за све дозере добија се вредност економског века са максималним профитом t_1 (која је различита за различите врсте дозера и креће су од 1,6 до 3,5 година). За добијену вредност 0,62-0,63 добија се време економског века са профитом t_2 , које је такође различито за различите врсте дозера и креће се од 2,5 до 7,7 година, односно за 0,58-0,60 време физичког века када расположивост пада испод 80% t_3 , при чему је ово време у распону од 6,5 до 12 година. Сprovedена испитивања указала су на значај правилног избора машина пре свега са

аспекта трошкова животног века тако и расположивости. Док су дозери CaterpillarD8R и LiebherrPR752/754 остварили приближно исте резултате у оптимална времена замене, дозери типа DresstaTD25M су се показали далеко лошије и оптимална времена замене у односу на претходне дозере је краће за 50 и више процената.

Са друге стране анализа урађена за цевополагаче и хидрауличне багере где је лоша корелација између расположивости и времена рада, као и трошкова и времена рада, модел не даје добре резултате. Разлози су разноврсни, почев од тога да ове машине у просеку раде око 1500 часова годишње у односу на дозере који раде преко 3000 часова годишње, начина коришћења, оптерећења приликом експлоатације, па до проблема са набавком резервних делова, начина вођења времена рада и застоја и др.

Увидом у дисертацију, полазне хипотезе и постављене циљеве истраживања, те на основу прегледа релевантне литературе, сагледавања стања научних истраживања из области докторске дисертације, Комисија констатује да је кандидат у потпуности оправдао очекивања која су зацртана пријавом дисертације. Добијена решења су оригинална, значајна и применљива у пракси. Развијени модели и примењене методе представљају добру основу за даља истраживања у циљу још поузданијегмодела за хидрауличне багере и цевополагаче.

Комисија констатује да би примена развијеног модела у пракси унапредила управљање животним веком помоћне механизације на површинским коповима лигнита и да може знатно утицати на смањење оперативних трошкова као и смањење инвентарског парка машина односно мања инвестициона улагања. Такође, може се одредити какав ће бити тренд пад расположивости и која машина је најекономичнија да конкретне услове радне средине.

4.3. Верификација научних доприноса

Научни допринос верификован је са два рада који су објављени у међународном часопису на коме је докторанд у једном првопотписани аутор, а који је везан за истраживање које је спроведено у докторској дисертацији.

Упоредо са израдом дисертације кандидат је резултате добијене током израде дисертације презентовао кроз више радова излаганих на саветовањима у земљи и иностранству, као и у часопису Техника. Управо на овај начин кандидат је у непосредном контакту и у дискусијама са колегама који се интересују за ову област био у прилици да провери и верификује своје научне ставове, методологију и добијене резултате.

У наставку су дати наслови радова из темедоктората који верификују рад кандидата у области коју дисертација обухвата.

Категорија M22

1. **Jankovic, I., Djenadic, S., Ignjatovic, D., Jovancic, P., Subaranovic, T., & Ristic, I.** (2019). "Multi-Criteria Approach for Selecting Optimal Dozer Type in Open-Cast Coal Mining". *Energies*, 12(12),.ISSN 1996-1073**Impact factor: 2.676**

2. Djenadic, S., Ignjatovic, D., Tanasijevic, M., Bugaric, U., **Jankovic, I.**, & Subaranovic, T. (2019). „Development of the Availability Concept by Using Fuzzy Theory with AHP Correction, a Case Study: Bulldozers in the Open-Pit Lignite Mine“. *Energies*, 12(21), 4044. ISSN 1996-1073 Impact factor: 2.707

Kategorija M52

1. Đenadic, S., Jovančić, P., Ignjatović, D., Miletić, F., & **Janković, I.** (2019). „Analiza primene više kriterijumskih metoda u optimizaciji izborahidrauličnih bageranapovršinskih kopovima“, *Tehnika*, 70(3), 369-377. ISSN 0040-2176

Kategorija M33

1. Ignjatovic, D., Jovancic, P., Djenadic, S., **Jankovic, I.**, & Ristic, I. (2019). „The Optimization of Auxiliary Machinery in Open-cast Lignite Mines: A Case Study of Bulldozers. VII International Symposium of Mining and Environmental Protection. Vrdnik, Serbia, pp. 286-292. ISBN 978-86-7352-354-5
2. Đenadić Stevan, Miletić Filip, Jovančić Predrag, **Janković Ivan**, Lazić Marko. „Analitičko Hierarchy Proces primenjen za selekciju hidrauličnih bageranapovršinskih kopova“ Zbornik radova međunarodne konferencije OMC 2018, Zlatibor Srbija 17-20 oktobar 2018 str 209-223, 14-22, ISBN: 978-86-83497-25-6
3. Ignjatović D., Jovančić P., **Janković I.**, Đenadić S., Miletić F. „Анализа тренда техничке расположивости булдозера на површинским коповима Електропривреде Србије“. Зборник радова са VIII Међународне конференције „Угаљ 2017“, 11 – 14 октобар 2017., Златибор, Србија, str. 101 -110, ISBN 978-86-83497-24-9.
4. Dragan Ignjatović, Predrag Jovančić, **Ivan Janković**, „Determination of Optimal Life Cycle of Bulldozers in Open Pits with Continual System in PE EPS“, Zbornik radova međunarodne konferencije 14 th International Symposium of Continius Sufarce Mining, Thesaloniki 23-26 Septembar 2018, str 209-223, ISBN 978-618-84489-1-9

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација „**Оптимизација концепта животног века помоћне механизације на површинским коповима лигнита**“ кандидата **Ивана Јанковића**, дипломираног инжењера рударства, поседује савремен, оригиналан и научно утемељен приступ управљању животним веком помоћне механизације на површинским коповима лигнита. У оквиру дисертације су доказане постављене хипотезе и развијен је оригинални модел.

На основу прегледане докторске дисертације, Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације, закључује да урађена докторска дисертација кандидата **Ивана Јанковића**, дипломираног инжењера рударства испуњава све законске и остале услове за јавну одбрану. Комисија закључује да је урађена докторска дисертација написана према свим стандардима о научно-истраживачком раду као и да испуњава све услове предвиђене „Законом о високом образовању“, „Стандардима за акредитацију“, „Статутом Рударско-

геолошког факултета“ и критеријумима које је прописао Универзитет у Београду. Комисија са задовољством констатује да је дисертација велике научне вредности у смислу управљања животним веком помоћне механизације на површинским коповима лигнита.

Комисија, на основу горе наведеног, предлаже Наставно-научном већу Рударско-геолошког факултета у Београду да се докторска дисертација под називом **"Оптимизација концепта животног века помоћне механизације на површинским коповима лигнита"** кандидата **Ивана Јанковића, дипломираног инжењера рударства** прихвати, изложи на увид јавности и упуту на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

Комисија:

Проф. др Драган Игњатовић, редовни професор,
ментор

Универзитет у Београду – Рударско-геолошки факултет

Проф. др Предраг Јованчић, редовни професор
Универзитет у Београду – Рударско-геолошки факултет

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

Доц. др Томислав Шубарановић, доцент
Универзитет у Београду – Рударско-геолошки факултет

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