

Факултет Рударско-геолошки

(Број захтева)

(Датум)

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

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

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

Seyed Ali Razeghi, маг. инж. машинства

(име, име једног од родитеља и презиме)

студент докторских студија на студијском програму

Рударско инжењерство

пријавио је докторску дисертацију под називом:

„Развој модела управљања циркулацијом у поступку бушења коришћењем неуро фази система закључивања“

из научне области:

Рударско инжењерство

Универзитет је дана

28.01.2019. године

својим актом под бр.

61206-5854/2-18

дао сагласност на предлог теме

докторске дисертације која је гласила:

„Развој модела управљања циркулацијом у поступку бушења коришћењем неуро фази система закључивања“

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације образована је на седници одржаној

28.04.2022. године

одлуком факултета под бр.

1/84

, у саставу:

Име и презиме члана комисије	звање	научна област	Установа у којој је запослен
1. др Милош Танасијевић, ред. проф.		Елементи машинских и енергетских система	Рударско-геолошки факултет у Београду
2. др Бранко Лековић, ред. проф.		Инжењерство нафте и гаса	Рударско-геолошки факултет у Београду
3. др Дејан Ивезић, ред. проф.		Елементи машинских и енергетских система	Рударско-геолошки факултет у Београду
4. др Душан Даниловић, ванр. проф.		Инжењерство нафте и гаса	Рударско-геолошки факултет у Београду
5. Др Угљеша Бугарић, ред. проф.		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

30.06.2022. године

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Биљана Аболмасов

- 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 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 19.09.2019. године, донело је

О Д Л У К У

Одобрава се продужење рока за завршетак докторских студија на лични захтев **Seyed Ali Razeghi, маг. инж. машинства**, тема под насловом *"Развој модела управљања циркулацијом у поступку бушења коришћењем неуро фази система закључивања"*, 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 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 22.10.2020. године, донело је

О Д Л У К У

Одобрава се продужење рока за завршетак докторских студија на лични захтев који је поднео **Seyed Ali Razeghi, маг. инж. машинства**, тема под насловом *„Развој модела управљања циркулацијом у поступку бушења коришћењем неуро фази система закључивања“*, 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 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 21.10.2021. године, донело је

О Д Л У К У

Одобрава се продужење рока за завршетак докторских студија на лични захтев **Seyed Ali Razeghi, магст. инж. машинства**, тема под насловом *"Развој модела управљања циркулацијом у поступку бушења коришћењем неуро фази система закључивања"*, највише до троструког броја школских година потребних за реализацију студијског програма.

Д Е К А Н

др Биљана Аболмасов, 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 30.06.2022. године, донело је

О Д Л У К У

1. Усваја се извештај комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на име **Rezeghi Seyed Ali, маг. инж. машинства**, тема под насловом *„Развој модела управљања циркулацијом у поступку бушења коришћењем неуро фази система закључивања“*, на који није било примедба.
2. Универзитет у Београду је дана 28.01.2019. 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:
 - Seyed Ali Razeghi, Vladimir Mitrovic & Solomon Adjei Marfo: The influence of steam injection for Enhanced Oil Recovery (EOR) on the quality of crude oil, Petroleum Science and Technology, 35(13): 1334-1342, 2017, ISSN: 1091-6466 <https://doi.org/10.1080/10916466.2017.1327970>; IF= 0.981; (M22).
4. Именовани ће бранити докторску дисертацију пред комисијом у саставу: др Милош Танасијевић, ред. проф.; др Бранко Лековић, ред. проф.; др Дејан Ивезић, ред. проф.; др Душан Даниловић, ванр. проф.; 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 Биљана Аболмасов, 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: Извештај о оцени докторске дисертације кандидата Rezeghi Seyed Ali, мастер инжењера машинства

Одлуком број: 1/84 од 29.04.2022. године Наставно-научног већа Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду именовани смо за чланове Комисије за оцену докторске дисертације кандидата Rezeghi Seyed Ali-ја, мастер инжењера машинства, под насловом:

РАЗВОЈ МОДЕЛА УПРАВЉАЊА ЦИРКУЛАЦИЈОМ У ПОСТУПКУ БУШЕЊА КОРИШЋЕЊЕМ НЕУРО ФАЗИ СИСТЕМА ЗАКЉУЧИВАЊА

Након прегледа докторске дисертације Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. ОСНОВНИ ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ И ДИСЕРТАЦИЈИ

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат Rezeghi Seyed Ali, мастер инжењер машинства уписао је докторске академске студије на Универзитету у Београду, Рударско-геолошком факултету школске 2013/14. године на студијском програму Рударско инжењерство.

На седници Наставно-научног већа Рударско-геолошког факултета у Београду одржаној 22.10.2020. године донета је одлука број 1/440 од 27.10.2020. године о продужетку рока за завршетак докторских студија, у складу са Статутом Универзитета у Београду (члан 181, став 6) и Статутом Рударско-геолошког факултета (члан 175, став 6).

Кандидат Rezeghi Seyed Ali новембра 2018. године подноси предлог теме студентској служби Рударско-геолошког факултету. У складу са процедуром, Наставно-научно веће факултета на седници одржаној 22.11.2018. године донело је одлуку (заведену под бројем 1/298 од 26.11.2018.) којом се именује Комисија за оцену подобности теме и кандидата и ментора за израду дисертације кандидата Rezeghi Seyed Ali-ја у саставу: др Милош Танасијевић, редовни професор; др Бранко Лековић, редовни професор; др Дејан Ивезић, редовни професор; др Душан Даниловић, ванредни професор; сви са Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду и др Угљеша Бугарић, редовни професор са Машинског факултета Универзитета у Београду. За менторе се именују: проф. др Милош Танасијевић и проф. др Бранко Лековић.

Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета на својој седници од 20.12.2018. године доноси одлуку (1/309 од 24.12.2018) којом се прихвата извештај Комисије и који се даље прослеђује Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду. Извештај Комисије коначно је прихваћен од стране Већа научних области техничких наука

Универзитета у Београду на седници одржаној 28.01.2019. године (број одлуке 61206-5854/2-18) чиме је дата сагласност на предлог теме докторске дисертације Rezeghi Seyed Ali-ја под називом „Развој модела управљања циркулацијом у поступку бушења коришћењем неуро фази система закључивања“ и потврђено менторство.

Кандидат Rezeghi Seyed Ali, мастер инжењер машинства је 07.04.2022. године поднео је молбу (заведено бр. 1/75) за именовање Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације под насловом „Развој модела управљања циркулацијом у поступку бушења коришћењем неуро фази система закључивања“. Катедра за опште машинство и термодинамику упутила је допис 08.04.2022. године (заведено бр. 1/77) Наставно-научном већу Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду са предлогом Комисије за оцену докторске дисертације у истом саставу као и у случају оцене подобности теме и кандидата.

Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду на седници одржаној 28.04.2022. године донело је Одлуку (заведена под бројем 1/84. од 29.04.2022. године) којом се именује Комисија за оцену докторске дисертације, чиме су испуњени услови за писање предметног Извештаја о урађеној докторској дисертацији.

1.2. Научна област докторске дисертације

Докторска дисертација „Развој модела управљања циркулацијом у поступку бушења коришћењем неуро фази система закључивања“ припада научној области „Рударско инжењерство“, односно ужој научној области „Елементи машинских и енергетских система“ и ужој научној области „Инжењерство нафте и гаса“ за које је матичан Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду.

Именована су два ментора за вођење кандидата при изради ове докторске дисертације с обзиром на њену комплексност:

- Проф. др Милош Танасијевић редовни професори Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, аутор је великог броја научних радова (23 рада на SCI листи) из области системског приступа одржавања рударских машина и развоја математичких и концепцијских модела из области експертних система, пре свега фази логичког закључивања.

- Проф. др Бранко Лековић, редовни професори Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, у својим научним радовима (8 радова на SCI листи) бави се експлоатацијом нафтних и гасних бушотина из угла техничко-технолошких, геолошких, економских и других параметара.

Оба ментора имају потребан број референтних научних радова. Наведене радове су објављивали у истакнутим међународним и домаћим часописима, као и у зборницима међународних и националних саветовања, што говори о њиховој компетентности за менторство на овој докторској дисертацији.

1.3. Биографски подаци о кандидата

Кандидат Seyed Ali Razeghi рођен је 10.05.1988. у Техерану, Република Иран. Основну и средњу школу је завршио у Техерану. Основне студије на Индустрijском одсеку Колеџа за инжењерство Азада у Техерану је уписао 2006. године, где је стекао звање дипломираног индустријског инжењера 2010. године. Мастер академске студије је уписао на одсеку за Индустрijско инжењерство на Машинском факултету Универзитета у Београду 2011. године и завршио их 2013. године са просечном оценом 8,93. Мастер рад под насловом *Evaluation of*

Formulas for Determining the Readability одбранио је са оценом 10. У оквиру програма научно-техничке сарадње „Свет у Србији“ уписао је 2013. године докторске академске студије Рударско инжењерство на Рударско-геолошком факултету Универзитета у Београду.

Кандидат је положио све предмете предвиђене програмом Рударско инжењерство Докторских студија Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, са просечном оценом 9,00.

Кандидат је до сада радио као преводилац у Културном центру Ирана у Београду, затим у хуманитарним организацијама Humedice, Indigo & Adre у Београду и помагао у бројним хуманитарним акцијама у Ирану.

Поред наведеног рада, кандидат је сарадник у одржавању *online* курсева:

- *ISO 9001, 2008 COURSES IN 2008 with outstanding grade.*
- *Statistical Process Control (SPC) in 2008 with outstanding grade.*

Кандидат је до сада публиковао један рад у часопису међународног значаја.

1.4. Оцена способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат Seyed Ali Razeghi, мастер инжењер машинства је током израде ове докторске дисертације показао да поседује потребне способности и вештине за самосталан научно-истраживачки рад. Структурирање улазних параметара у хибридни модел процене губитака исплаке и рад на развоју синтезног модела показује да кандидат има наглашену аналитичност и систематичност при решавању проблема. Кандидат је у потпуности спровео планирано истраживање од почетне идеје до реализације постављеног циља презентујући процес и резултате истраживања у овој докторској дисертацији. Узимајући у обзир одговарајуће стручно и научно образовање из области нафтног рударства и системских наука стечено на Рударско-геолошком факултету Универзитета у Београду, сходно оствареним резултатима у научном и истраживачком раду може се констатовати да кандидат поседује смисао да се бави теоријским и експерименталним истраживањима. Комисија даље потврђује да је кандидат показао неопходну способност за самостални научно-истраживачки рад.

Комисија коначно закључује да је кандидат Seyed Ali Razeghi својим досадашњим активностима испољио надареност за научноистраживачки и стручни рад. Поседује одговарајуће стручно и научно образовање из области рударства, стечено на Рударско-геолошком факултету Универзитета у Београду.

2. ПРЕДМЕТ И ЦИЉ ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Савременост, оригиналност и значај

Докторска дисертација кандидата Seyed Ali Razeghi-ја мастер инжењера машинства под насловом: „Развој модела управљања циркулацијом у поступку бушења коришћењем неуро фази система закључивања“ је савремен и оригиналан истраживачки рад из области управљања и контроле губитка бушаћег флуида као неодвојивим делом експлоатације нафте и гаса. Неконтролисано истицање циркулационог флуида при бушењу, или губитак исплаке, један је од најчешћих проблема који се јављау током процеса израде канала бушотине. Проблем изазива: застој у производњи, смањење ефикасности и ефективности система и повећане оперативних трошкова. Технички гледано, истицање исплаке смањује стабилост канала бушотине, доводи до прилепљивања бушаћег алата за цев, а потенцијално може да доведе до ерупције бушотине.

Уобичајене методе процене губитка исплаке се заснивају на примени сеизмичких података или проналаску места губитка исплаке на основу расположивих података из суседних бушотина. Ове методе процене нису поуздане. Истраживања процеса циркулацију флуида током бушења указала су на неопходност развоја предиктивних метода на бази примене неуронских мрежа и метода пропозиције на бази фази логике. Кандидат је у дисертацији у том смислу развио адаптивни неуро-фази систем закључивања, којим апсорбује параметре који утичу на губитке у циркулацији и своди их на специфичне вредности. На овај начин добијен је одговор на следећа питања: како смањити губитак исплаке и када ће се они јавити, односно како долази до губитка исплаке.

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 циркулацијом. Сходно томе спроведена су истраживања у циљу формирања модела процене квантитативних и квалитативних параметара који дефинишу ток и проток исплаке:

- Анализа досадашњих истраживања из предметне области;
- Систематизација и анализа постојећих индикатора који дефинишу режим циркулације исплаке, сходно природи феномена који се посматра и радним условима;
- Анализа могућности синтезе анализираних индикатора и дефинисање структуре њихове међузависности;
- Истраживање математичких модела из домена примене вештачке интелигенције, као и из области подршке одлучивању и оптимизације, у циљу: анализе резултата, предвиђања могућих исхода, вероватноће појава и трендова.

Истраживањима у оквиру ове докторске дисертације сагледани су актуелни приступи управљању циркулацијом исплаке на основу којих је формиран оригиналан математичко-концепцијски модел за предикцију губитака циркулационог флуида. На основу наведеног може се закључити да су испуњени критеријуми савремености и оригиналности докторске дисертације.

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 „Развој модела управљања циркулацијом у поступку бушења коришћењем неуро фази система закључивања“, Seyed Ali Razeghi-ја мастер инжењера машинства, констатујемо да утврђено подударање текста износи 4 %. Овај степен подударности последица је случајних подударања нумеричких података или библиографских података о коришћеној литератури, што је у складу са чланом 9. Правилника. Имајући у виду да је кандидат током писања докторске дисертације узео 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.

2.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Коришћена литература при изради докторске дисертације обухвата 47 литералне јединице која се односе на: технологију бушења, циркулацију испирног флуида, геолошке карактеристике формација где се врши бушење, ефективност техничких система, методе машинског учења и експертне системе, оптимизацију система и управљање животним циклусом техничких система. Референтна литература је савремена и у довољној мере широко обухваћена.

2.3. 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, физичких, геолошких и економских индикатора процеса бушења; њихове систематизације; моделирања и оптимизације; са крајњим циљем дефинисања математичко-концепцијског модела за предикцију губитака у циркулацији флуида. Сходно томе у докторској дисертацији су примењене следеће научне и истраживачке методе:

- Анализа постојеће научне и стручне литературе која се односи на: нафтно и гасно инжењерство, примену вештачке интелигенције, хибридне неуро-фази системе и експертске системе уопште.
- Анализа теренских података везаних за параметре и индикаторе бушења.
- Конвенционални прорачун економских и техничких показатеља рада бушаће опреме.
- Статистичка обрада и анализа података.
- Модел предикције на основу неуронских мрежа.
- Фази модел идентификације улазних показатеља.

Методе истраживања су савремене, комплементарне и заједно формирају заокружен алгоритам системског приступа решавању проблема предикције губитака у циркулацији исплаке. Примена метода у дисертацији заснована је на коришћењу савремених рачунарских техника.

2.4. Оцена применљивости остварених резултата

Резултати истраживачког рада у оквиру ове докторске дисертације могу се примењивати у области:

- Системског приступа у управљању бушењем у инжењерству нафте и гаса;
- Решавања практичних проблема на експлоатационим пољима код процене преосталих могућности бушаћих гарнитура и одређивања оптималног времена замене бушаћег алата на бази свеобухватног сагледавања економских, техничких и осталих узрочно последичних веза.

3. ОПИС САДРЖАЈА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Структура и садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата Seyed Ali Razeghi-ја мастер инжењера машинства под насловом: „Развој модела управљања циркулацијом у поступку бушења коришћењем неуро фази система закључивања“, написана је на српском језику на 113 радних страница формата А4, садржи 45 слика, 12 табела, 47 литералне јединице и један прилог.

Структуру докторске дисертације чине 9 поглавља са више подпоглавља:

1. Увод

Значај и циљ истраживања; Методологија истраживања; Структура дисертације

2. Циркулација исплаке

Проблем губитка исплаке; Препоручени параметри поступка бушења; Потенцијални губитак циркулације исплаке; Методе контроле, санације и смањења губитака у циркулацији исплаке; Узроци неуспеха у превенцији губитка циркулације

3. Машинско учење и експерти системи

Употреба машинског учења у процесу бушења; Фази логика; Основни појмови фази логичког закључивања; Фази скуп, функције припадности и фази број; Фази алгебра и операције над фази скуповима; Фази релације; Неуронске мреже. Могућност стварања неуро-фази система

4. Анализа предметне литературе

5. Развој неуро-фази модела управљања циркулацијом

Скупови података; Селекција променљивих; Дизајн ANFIS-a; Параметри; Избор података; Постављање функције припадности за сваку карактеристику; Креирање правила; Алгоритам учења

6. Примена модела за управљање циркулацијом – студија случаја за нафтна поља Агхајари и Гадван

Експерименти и резултати; Метрике процене; Резултати; Нови проблем; Решење: Резултати

7. Закључак

8. Литература

9. Прилог

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

3.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Докторска дисертација је структурирана у складу са предметом и циљевима истраживања, у односу на постављене хипотезе и према развијеној примењеној методологији истраживања.

Прво поглавље представља **Увод**, као и анализу значаја проблематике, са кратким освртом на предмет, циљеве и хипотезу истраживања.

Друго поглавље описује феномен, односно даје теоријске подлоге везано за проблем губитка циркулације исплаке. Описане су актуелне методе контроле, санације и смањења губитака у циркулацији исплаке. Приказана је анализа фактора значајних за губитке исплаке који су повезани са геолошким карактеристикама, са карактеристикама испирног флуида, карактеристикама примењене опреме, описани су значајни индикатори процеса бушења.

Треће поглавље обухвата разматрања која се тичу употребе машинског учења и експертних система у процесу бушења, фази логике односно фази логичког закључивања и неуронских мрежа. Посебно се анализирају могућности креирања наведених концепата и ограничења у примени код процеса бушења у инжењерству нафте и гаса.

Четврто поглавље се односи на преглед актуелних научне и стручне литературе из области технологије израде бушотина, са посебним акцентом на примену машинског учења у анализи и синтези индикатора бушења. Извршена је анализа наведене проблематике која је приказана у релевантним радовима из претходних година.

Пето поглавље представља развој неуро – фази модела управљања циркулацијом. Комплексност проблема решена је применом модела вештачке интелигенције, машинског учења и експертних система. У овом случају, применом базног неуро-фази модела (*Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System - ANFIS*). У раду су дата два примера валидације развијених модела поређењем са методама регресије: *k-Nearest Neighbors* приступ и методе на бази *Decision Trees Analyses*, што је кандидат показао одговарајућим симулацијама.

Резултати валидације модела потврђују да се ANFIS модел показао много квалитетнијим и да су његове могућности предикције боље у односу на оне са којима је поређен. Овако формиран адаптивни неуро-фази систем закључивања обезбеђује боље предикције понашања него уобичајени, чиме се оправдава његова примена. И поред ових квалитетних резултата, уочено је током истраживања да ANFIS модел не даје добре резултате на пољу предикција озбиљних и комплетних губитака, што се може појавити као резултат лоше дистрибуције података. Иако се овакве ситуације ређе дешавају, у циљу комплетније анализе и тражења решења са најбољим перформансама, дефинисан је модел са високом тачношћу и алатом за предвиђање свих типова губитака циркулације чак и у оним случајевима када је база података недовољна за основну анализу.

Упоређујући добијене резултате базног модела и очекиване резултате са терена, кандидат је унапредио модел уводећи оптимизациони модел „роја честица“ (*Particle Swarm Optimization - PSO*). На овај начин је добијен интегрални унапређени PSO_ANFIS модел. Валидација новог развијеног модела је примењена на два скупа података: тренажни на који је примењен ANFIS модел и PSO_ANFIS скуп података, а резултати су такође упоређени са методама регресије у машинском учењу. Резултати истраживања показују да се унапређени PSO_ANFIS модел понаша далеко квалитетније у односу на све и стандардне моделе и базни ANFIS модел, затим да обезбеђује боље предикције понашања, чак и случају непотпуних скупова података, чиме су сви циљеви истраживања у овом раду испуњени. Резултати истраживања показују да се приказани ANFIS и PSO_ANFIS модел могу квалитетно користити у случајевима превенције губитка исплаке. На овај начин добијена је адаптивност алгоритма, флексибилност и боља предиктивна карактеристика. Модел је посебно значајан када је улазни скуп података нестабилан за одређене вредности губитака флуида у циркулацији, односно када је изражена неизвесност у очекиваном скупу података који дефинишу позицију где се врши бушење.

Шесто поглавље представља примена модела за управљање циркулацијом. Постављене хипотезе и задаци који су постављени током истраживања, приказани су кроз студију случаја за нафтна поља Агхајари и Гадвјан у Ирану. Наведене су теренске студије анализе феномена појава губитака исплаке у којима се вршило прикупљање података и анализа на основу статистике и теорије вероватноће. Метода је примењена узимајући у обзир парцијалне показатеље односно утицајне величине којима је дефинисан радни режим бушења и којима је постигнуто предвиђање њиховог (парцијалних показатеља) кретања и ниво постигнуте оптимизације у односу на референтне индикаторе са терена. На овај начин кандидат је повезао геолошке карактеристике избушених формација, физичка својства испирног флуида, режим рада бушаћих постројења и техничке карактеристике постројења „in situ“. При томе, наведени парцијални показатељи су међусобно некохерентни и неконзистентни. Приказани су експерименти и резултати као и метрике процена. Извршена је верификација модела поређењем прорачуна и резултата добијених на терену.

Кандидат је активно користио програмски пакет „Matlab“ за учитавање података и за примену модела. У дисертацији су дати одговарајући кодови којима је описан алгоритам рада.

Поглављима пет и шест је обухваћен научни и практичан допринос ове дисертације.

Седмо поглавље даје **закључке** о разматраној теми уз нагласак на допринос ове дисертације. У овом поглављу су предложене мере за будућа истраживања у циљу унапређења предложеног модела.

4. ОСТВАРЕНИ РЕЗУЛТАТИ И НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Тема дисертације је актуелна, научни допринос се огледа у формирању унапређеног модела за предикцију губитака у циркулацији флуида при бушењу на бази примене адаптивног модела који се заснива на неуронским мрежама и на фази пропозиције.

Модел обухвата анализу геолошких, физичких, техничких и економских показатеља и њихову синтезу до њихове специфичне вредности. На овај начин је остварен научни допринос у области примене вештачке интелигенције и управљања имовином, кроз следеће:

- Теорија фази логике, у смислу развоја модела: идентификације, пропозиције и фазификације изразито хибридних улазних података у предметни концепцијски модел;
- Модели предвиђања, у смислу управљања: циркулацијом флуида при бушењу, губитака који се јављају, односно употребног квалитета бушаћих система у инжењерству нафте и гаса на бази примене неуронских мрежа;
- Метода оптимизације показатеља животног циклуса бушаћих постројења коришћењем модела *Particle Swarm Optimization*;
- Теорија одлучивања, у смислу анализе могућег раста/пада нивоа употребног квалитета бушаћих постројења и доношења управљачких одлука;
- Управљање имовином, пре свега кроз експлоатацију и одржавање бушаћих постројења у експлоатацији нафте и гаса, у односу на ефективност и ефикасност.

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

- Системског приступа у инжењерству нафте и гаса;
- Свеобухватне анализе употребне вредности бушаћих постројења;
- Неуро-фази адаптивних модела предикције у решавању инжењерских проблема где преовладава неодређеност, вишезначност и субјективност при оцени утицајних параметара на посматрани феномен.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Кандидат Seyed Ali Razeghi је у свом истраживању показао зрелост у решавање научних задатака и изазова кроз:

- Идентификацију проблема;
- Аналитички став код дефинисања и структурирања улазних параметара који дефинишу посматрани феномен;
- Дефинисање алгорита истраживања са јасно одређеном функцијом циља и ограничењима;
- Активно коришћење модела машинског учења и експертних система;
- Адаптацију и унапређење постојећих концепцијских модела;
- Развој иновативног и интегралног модела управљања циркулацијом испирног флуида при бушењу;
- Активну верификацију развијеног модела.

Комисија даље констатује се да је кандидат успешно одговорио на сва питања релевантна за решавање проблема који су постављени у пријави докторске теме из предметне области, а кји се односе на:

- Свеобухватност приступа проблему, узимајући у обзир све утицајне параметре и феномене који се тичу технологије бушења у инжењерству нафте и гаса;
- Аналитичност у обради референтне литературе; Кандидат је дао критички став и дефинисао места где је могуће унапредити постојеће предиктивне и хибридне синтезне моделе који се тичу управљању циркулацијом флуида при бушењу;
- Развој и активна примена иновативног модел за оцену и предикцију губитака у циркулацији на бази алгоритама машинског учења и оптимизационих модела. Презентовани су скупови података, променљиве, параметри. Описан је дизајн *ANFIS*-а као и постављање функције припадности за сваки индикатор;
- Верификација модела применом у практичном случају.

Полазећи од хипотезе да не постоји уобичајени стандардизовани модел свеобухватне анализе губитака испирног флуида током циркулације, кандидат је анализирао процес бушења почевши од фундаменталних законитости и то са становишта геологије, петрологије, физичких законитости циркулације, конструктивних особина бушаћих система и на крају економских показатеља, како би дошао до оквирног модела за процену губитака у циркулацији. Поменути аспекти, синергетски посматрано, имају директног утицаја на квалитативне и квантитативне перформансе циркулације.

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 M22 (област - *Engineering, Petroleum*, IF 0.981) на коме је кандидат првопотписани аутор.

Seyed Ali Razeghi, Vladimir Mitrovic & Solomon Adjei Marfo: *The influence of steam injection for Enhanced Oil Recovery (EOR) on the quality of crude oil*, *Petroleum Science and Technology*, 35(13): 1334-1342, 2017, ISSN: 1091-6466

<https://doi.org/10.1080/10916466.2017.1327970>

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација кандидата Rezeghi Seyed Ali-ја, мастер инжењер машинства, под насловом: „Развој модела управљања циркулацијом у поступку бушења коришћењем неуро фази система закључивања” представља савремен, оригиналан и научно утемељен приступ анализи проблема губитка у циркулацији исплаке током бушења у инжењерству нафте и гаса.

Докторском дисертацијом су доказане полазне хипотезе, развијен је системски, оригиналан, флексибилан и адаптиван математичко-концепцијски модел за предикцију губитака циркулационог флуида. Модел је хибридног карактера и заснива се на неопходној примени фази логике и неуронских мрежа уз одговарајућу корекцију на основу модела оптимизације до коначне форме предложеног *Particle Swarm Optimization Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*. Интегрални адаптивни неуро фази систем закључивања значајан је по својој могућности апсорбовања улазних података који дефинишу режим бушења без обзира на њихову форму користећи фази пропозицију и на дају могућност предикције понашања циркулационог флуида у односу на губитке. Резултати модела су поређени са референтним вредностима и у том смислу модел је оптимизован методом „роја честица”. Модел је посебно показао применљивост када је улазни скуп података нестабилан за одређене вредности губитака флуида у циркулацији.

На основу прегледа докторске дисертације Комисија закључује да је докторска дисертација кандидата Rezeghi Seyed Ali-ја, под насловом: „Развој модела управљања циркулацијом у поступку бушења коришћењем неуро фази система закључивања” 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 управљања процесом и технологијом бушења у инжењерству нафте и гаса. Постављени модели алгоритама процене губитака циркулационог флуида има практичан и стручан значај, с обзиром на изражене потребе за што већом ефикасношћу и ефективношћу постројења за бушење и експлоатацију нафте и гаса.

На основу горе наведеног Комисија предлаже Наставно-научном већу Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду да се докторска дисертација под насловом **”Развој модела управљања циркулацијом у поступку бушења коришћењем неуро фази система закључивања”** кандидата Rezeghi Seyed Ali, прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

У Београду 12.05.2022.

Комисија:

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

Проф. др Бранко Лековић, редовни професор - ментор
Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет

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

Проф. др Душан Даниловић, ванредни професор
Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет

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