

Факултет Рударско-геолошки
(Број захтева)
(Датум)

Образац 4.

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 Зоран (Милан) Гојковић, дипл. геодетски инжењер
(име, име једног од родитеља и презиме)

студент докторских студија на студијском програму Рударско инжењерство

пријавио је докторску дисертацију под називом: „Модел померања терена услед утицаја рударских радова на основу радарских сателитских снимака“

из научне области: Рударско инжењерство

Универзитет је дана 15.06.2020. године својим актом под бр. 61206-1377/1-20 дао сагласност на предлог теме

докторске дисертације која је гласила: „Модел померања терена услед утицаја рударских радова на основу радарских сателитских снимака“

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације образована је на седници одржаној 21.12.2023. год.

одлуком факултета под бр. 1/442, у саставу:

	Име и презиме члана комисије	звање	научна област	Установа у којој је запослен
1.	<u>др Александар Ганић, ред. проф.</u>		<u>Рударска мерења</u>	<u>Рударско-геолошки факултет у Београду</u>
2.	<u>др Александар Милутиновић, ред. проф.</u>		<u>Рударска мерења</u>	<u>Рударско-геолошки факултет у Београду</u>
3.	<u>др Милан Килибарда, ванр. проф.</u>		<u>Геоинформатика</u>	<u>Грађевински факултет у Београду</u>
4.				
5.				

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 29.02.2024. године

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Биљана Аболмасов

- При
лог:
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 22.10.2020. године, донело је

О Д Л У К У

Одобрава се продужење рока за завршетак докторских студија на лични захтев **Зорану Гојковићу, дипл. инж. геодезије**, тема под насловом *"Модел померања терена услед утицаја рударских радова на основу радарских сателитских снимака"*, 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 16.09.2021. године, донело је

О Д Л У К У

Одобрава се продужење рока за завршетак докторских студија на лични захтев **Зорану Гојковићу, дипл. инж. геодезије**, тема под насловом *"Модел померања терена услед утицаја рударских радова на основу радарских сателитских снимака"*, 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 101. Статута Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, а на лични захтев студента (број 1/161 од 05.09.2022.) Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду на својој седници одржаној 21.09.2023. године, донело је

О Д Л У К У

Одобрава се мировање права и обавеза студенту докторских студија **Зорану Гојковићу, дипл. инж. геодезије**, тема под насловом *"Модел померања терена услед утицаја рударских радова на основу радарских сателитских снимака"*, за школску 2022/2023. годину.

Д Е К А Н

др Биљана Аболмасов, 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 21.09.2023. године, донело је

О Д Л У К У

Одобрава се продужење рока за завршетак докторских студија на лични захтев **Зорану Гојковићу, дипл. инж. геодезије**, тема под насловом *"Модел померања терена услед утицаја рударских радова на основу радарских сателитских снимака"*, 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 67. и 114. Статута Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду и члана 53. Правилника о докторским студијама на Рударско-геолошком факултету, Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду на својој седници одржаној 29.02.2024. године, донело је

О Д Л У К У

1. Усваја се извештај комисије за оцену и одбрану докторске дисертације **Зорана Гојковића, дипл. инж. геодезије**, под насловом „*Модел померања терена услед утицаја рударских радова на основу радарских сателитских снимака*“, на који није било примедба.
2. Универзитет у Београду је дана 15.06.2020. 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:
 - Gojković, Z.; Kilibarda, M.; Brajović, L.; Marjanović, M.; Milutinović, A.; Ganić, A. Ground Surface Subsidence Monitoring Using Sentinel-1 in the “Kostolac” Open Pit Coal Mine. Remote Sens. 2023, 15, 2519. <https://doi.org/10.3390/rs15102519> (IF=5,0 – Kobson 2022; IF=5,0 – MDPI Remote Sensing 2023)
 - Zoran Gligorić, Miloš Gligorić, Bojan Dimitrijević, Ines Grozdanović, Aleksandar Milutinović, Aleksandar Ganić, Zoran Gojković, Model of room and pillar production planning in small scale underground mines with metal price and operating cost uncertainty, RESOURCES POLICY, 0301-4207, 10.1016/j.resourpol.2018.07.011, 2018. (IF= 3,185 – Kobson 2018)
4. Именовани ће бранити докторску дисертацију пред комисијом у саставу: др Александар Ганић, ред. проф.; др Александар Милутиновић, ред. проф.; др Милан Килибарда, ред. проф. Универзитета у Београду - Грађевински 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 Зорана Гојковића, дипломираног инжењера геодезије*

Одлуком Наставно-научног већа Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, број 1/442 од 25.12.2023. године донетој на седници одржаној 21.12.2023. године, именована је Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Зорана Гојковића, дипломираног инжењера геодезије, под насловом:

**МОДЕЛ ПОМЕРАЊА ТЕРЕНА УСЛЕД УТИЦАЈА РУДАРСКИХ РАДОВА НА
ОСНОВУ РАДАРСКИХ САТЕЛИТСКИХ СНИМАКА**

Комисија у саставу:

1. др Александар Ганић, редовни професор,
Универзитет у Београду - Рударско-геолошки факултет
2. др Александар Милутиновић, редовни професор,
Универзитет у Београду - Рударско-геолошки факултет
3. др Милан Килибарда, ванредни професор,
Универзитет у Београду - Грађевински факултет

после прегледа достављене докторске дисертације, других пратећих материјала и разговора са кандидатом, подноси Наставно-научном већу следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. ОСНОВНИ ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ И ДИСЕРТАЦИЈИ

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат Зоран Гојковић, дипломирани инжењер геодезије пријавио је 03.02.2020. године тему докторске дисертације на Рударско-геолошком факултету Универзитета у Београду, под

насловом „*Модел померања терена услед утицаја рударских радова на основу радарских сателитских снимака*”. Одлуком Наставно-научног већа Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду број 1/57 од 25.02.2020. године именована је Комисија у саставу: др Александар Ганић, дипломирани инжењер рударства, редовни професор, др Александар Милутиновић, дипломирани инжењер рударства, редовни професор, са Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду и др Милан Килибарда, дипломирани инжењер геодезије, ванредни професор Грађевинског факултета, Универзитета у Београду, за оцену подобности теме, кандидата и ментора предложене теме докторске дисертације кандидата Зорана Гојковића, дипломираног инжењера геодезије, под горе наведеним насловом.

Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду на седници одржаној 26.03.2020. године је донело одлуку број 1/106 од 06.05.2020. године којом се усваја извештај Комисије за оцену подобности теме, кандидата и ментора предложене теме докторске дисертације кандидата Зорана Гојковића, дипломираног инжењера геодезије и одобрава израда докторске дисертације под насловом „*Модел померања терена услед утицаја рударских радова на основу радарских сателитских снимака*”, а за ментора се именује проф. др Александар Ганић, редовни професор.

Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду на седници одржаној 15.06.2020. године донело је одлуку број 1/174 од 18.06.2020. године којом се даје сагласност на предлог теме кандидата Зорана Гојковића, под насловом „*Модел померања терена услед утицаја рударских радова на основу радарских сателитских снимака*” и потврђује менторство проф. др Александра Ганића, редовног професора.

Кандидат Зоран Гојковић, дипломирани инжењер геодезије је 07.12.2023. године поднео молбу број 1/433 за именовање Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације под насловом „*Модел померања терена услед утицаја рударских радова на основу радарских сателитских снимака*”. Катедра за рударска мерења упутила је 07.12.2023. године допис Наставно-научном већу Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду са предлогом Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације у саставу: др Александар Ганић, дипломирани инжењер рударства, редовни професор, др Александар Милутиновић, дипломирани инжењер рударства, редовни професор, са Рударско-геолошког факултета, Универзитета у Београду и др Милан Килибарда, дипломирани инжењер геодезије, ванредни професор са Грађевинског факултета, Универзитета у Београду.

Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду на седници одржаној 21.12.2023. године донело је одлуку број 1/442 од 25.12.2023. године којом се потврђује предлог матичне Катедре и 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, „*Модел померања терена услед утицаја рударских радова на основу радарских сателитских снимака*”, припада научној области „Рударско инжењерство” и ужој научној области „Рударска мерења“ за коју је матичан Рударско-геолошки факултет, Универзитета у Београду.

За ментора ове докторске дисертације на седници одржаној 26.03.2020. године, одлуком број 1/106 од 06.05.2020. године, именован је др Александар Ганић, дипломирани инжењер рударства, редовни професор Рударско-геолошког факултета, Универзитета у Београду, који испуњава важеће критеријуме Универзитета у Београду.

1.3. Биографски подаци о кандидату

ГОЈКОВИЋ Милан ЗОРАН, рођен 06.04.1982. године у Ваљеву, Република Србија. Завршио је основну школу „Милан Ракић“ 1998. године, а средњу „Геодетску Техничку школу“, завршио је у Београду 2001. године. Уписао је студије геодезије на Грађевинском

факултету Универзитета у Београду 2001. године. Дана 15.07.2008. године завршио је студије на Грађевинском факултету на одсеку за Геодезију, са просечном оценом 8,07 (осам и 07/100) у току студија и оценом 10 на дипломском испиту.

Докторске студије, уписује 2014. године на Рударско-геолошком факултету на студијском програму Рударско инжењерство. За време докторских студија Зоран Гојковић положио је све испите са просечном оценом 10,00, публиковао је као аутор или коаутор радове који су повезани са временским серијама на праћењу померања: 2 рада у часопису (са SCI листе), 1 рад са међународне конференције, 6 радова у националним часописима, 2 рада са домаће конференције и један рад као битно побољшано техничко решење на националном нивоу. У децембру 2023. године израдио је докторску дисертацију под називом „Модел померања терена услед утицаја рударских радова на основу радарских сателитских снимка“.

Од 2008. године до краја 2014. године радио је за компанију „Dundee“ као део тима на пројектима геолошких истраживања. Од фебруара 2015. године до фебруара 2021. године био је ангажован као асистент на Рударско-геолошком факултету, студијски програм Рударско инжењерство Модул за рударска мерења, а од фебруара 2021. године ангажован је као сарадник.

Као истраживач био је укључен у домаћи пројекат Министарства просвете, науке и технолошког развоја, Републике Србије, број ТР33029 под називом „Изучавање могућности валоризације преосталих резерви угља у циљу обезбеђења енергетског сектора Републике Србије“, као и пројекат APPOLO из програма Horizon 2020. Био је ангажован на уређивању часописа „Подземни Радови“.

Током докторских студија бавио се стручним усавршавањем, анализом и реализацијом експеримената и прикупљањем литературе за докторску дисертацију, као и израде саме дисертације и публиковања радова у релевантним часописима.

2. ОПИС САДРЖАЈА ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Структура и садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата Зорана Гојковића, дипломираног инжењера геодезије под насловом, „**Модел померања терена услед утицаја рударских радова на основу радарских сателитских снимка**“, написана је на српском језику ћириличним писмом на 148 страна формата А4, садржи 92 слике, 10 табела и 120 литературних јединица.

Структуру докторске дисертације чини 5 поглавља, са више потпоглавља:

1. Увод
2. Сентинел 1 подаци и локација истраживања
3. Методе
4. Резултати
5. Закључак

Докторска дисертација садржи и Сажетак, Садржај, Списак слика, Списак табела, Списак скраћеница. После закључка приказан је списак коришћене литературе према абecedном редудок је биографија аутора дата на крају дисертације.

Дисертација је технички обликована према упутствима Сената Универзитета у Београду и посебним упутствима за обликовање штампане и електронске верзије доктората. Садржи обавезна поглавља и обрасце: изјаву о ауторству, изјаву о истоветности електронске и штампане верзије и изјаву о коришћењу.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

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

У **првом поглављу** докторске дисертације указује се пре свега на литературни преглед научних истраживања релевантних за израду докторског рада као и полазне хипотезе, циљеве и предмет истраживања. У оквиру овог поглавља представљен је и научни допринос истраживања.

У **другом поглављу** докторске дисертације представљени су Сентинел 1 подаци, локација истраживања и релевантни теренски радови. У оквиру локације истраживања, за коју је узет угљени басен са површинским копом Костолац, приказане су основне геолошке карактеристике и организација површинског копа са целокупном инфраструктуром. У оквиру Сентинел 1 података који су коришћени описане су особине и поступци обраде радарских сателитских снимака. Објашњене су и основне карактеристике електромагнетних таласа, микроталаси и радари. Посебно је описан синтетички апертурни радар као и препроцесирање радарских сателитских снимака из Сентинел 1 мисије, Коперникус програма који спроводи Европска свемирска агенција. На крају поглавља приказани су класични теренски радови за опажање слегања, који се изводе на подручјима у оквиру термоелектрана.

У **трећем поглављу** докторске дисертације приказане су методе примењене у оквиру истраживања. Прикупљање података у оквиру радарског сателитског снимка врши се помоћу радара са синтетичким отвором који је описан у оквиру поглавља. Описани су основни принципи интерферометрије. Препроцесирање снимака у оквиру *SNAP* софтвера и процесирање у оквиру *StaMPS* кода за генерисање померања. У оквиру пост-процесирања дата је визуелизација података и превођење из сателитске геометрије у регуларну геометрију. На крају поглавља приказане су основе метода најмањих квадрата и Пелцеровог метода за изравнање и откривање померања на основу класичних геодетских метода мерења.

У **четвртном поглављу** докторске дисертације дати су резултати истраживања. Посебно су приказани резултати сателитске радарске геометрије за цело подручје од интереса, а посебно резултати који су трансформисани у регуларну геометрију и који су подељени према локацијама насељених места и делове комплекса термоелектрана. Такође су приказани и резултати мерења методом геодетског нивелмана и дат је модел слегања на основу геотехничких података.

У **петом поглављу** је дат закључак на основу резултата свих експеримената добијених истраживањем у овој докторској дисертацији и дата је препорука за будућа истраживања.

После петог поглавља приказан је абecedни списак коришћене литературе за израду ове докторске дисертације.

Након пописа литературе налазе се: биографија кандидата, потписане изјаве о ауторству, истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и начина коришћења докторске дисертације.

3. ПРЕДМЕТ И ЦИЉ ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост, оригиналност и значај

Докторска дисертација кандидата Зорана Гојковића, дипломираног инжењера геодезије под насловом *„Модел померања терена услед утицаја рударских радова на основу радарских сателитских снимака“* је савремен и оригиналан истраживачки рад на одређивању померања терена коришћењем радарских сателитских снимака, што је од великог значаја за иновирање и допуну метода класичне геодезије.

Технолошки напредак омогућио је ефикаснију експлоатацију минералних сировина, али растућа потражња за рударским ресурсима довела је до повећавања рударских активности, укључујући и површинску експлоатацију, као и подземну експлоатацију на већим дубинама. Да би се осигурала одговорна и одржива експлоатација минералних сировина, неопходно је разматрати не само економске предности, већ и утицаје на животну средину, као и приватну имовину појединаца и организација на експлоатационим подручјима и у зонама утицаја рударских активности. Прецизна квантификација ових утицаја је од великог значаја и укључује процену величине и обима померања кроз простор и време, тј., пре, у току, као и после експлоатације. Разумевање ових утицаја помаже у спречавању или минимизирању хоризонталних и вертикалних померања које могу довести до оштећења или уништења станишта и инфраструктуре која се налази у близини рударских локација.

Предмет истраживања у оквиру ове докторске дисертације обухвата обраду сателитских снимака насталих радарским зрачењем Земљине површи микроталасним опсегом електромагнетног спектра, прецизније *C-band* који ради на фреквенцији од 5,404 GHz у циљу генерисања модела вертикалних померања за подручја која су под утицајем рударских радова, а са аспекта развоја нових знања у области техничких наука као и објективизацији процене утицаја рударских радова. Досадашња научна истраживања показују да се радарски снимци могу искористити за праћење хоризонталних и вертикалних померања услед било којих генератора померања, па тако и оних насталих услед рударских активности. Стога се све више улаже у реализације различитих сателитских мисија, а отварањем података из тих мисија интересовање науке за ову област је нагло порасло. Циљеви дисертације представљају прикупљање радарских сателитских снимка, њихово процесирање које ће резултовати временским серијама хоризонталних и вертикалних померања, и на крају анализу померања кроз временске серије да би се постигло разумевање и квантификација деформација насталих услед рударских радова.

Почетна хипотеза се базира на чињеници да делови померања на површини терена представљају последицу експлоатације минералних сировина и као таква, померања се уз одговарајући приступ и методологију могу идентификовати, а затим и квантификовати. Према критеријумима који се могу дефинисати, померања се могу класификовати и представити у облику модела који би помогао систему доношења одлука и управљања као и спречавању потенцијалних инцидената.

За дефинисање и компарацију у циљу верификације померања дати су одговарајући геотехнички модели, модели померања из Сентинел 1 мисије и модел померања добијен класичним геодетским приступом. У раду су коришћени подаци добијени из отворених података сателитских мисија Европске Свемирске Агенције (ESA) на примеру површинског копа „Костолац”. Истраживање је обављено у реалним срединама и локалитетима, по јединственој методологији уз уважавање савремених научних принципа где је обухваћен период истраживања од октобра 2016. године до децембра 2020. године.

Узимајући у обзир све наведене чињенице, може се закључити да је предмет истраживања докторске дисертације актуелна тема и да приказани резултати дисертације имају научну и практичну вредност и резултат су оригиналног научног истраживања.

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 **„Модел померања терена услед утицаја рударских радова на основу радарских сателитских снимака”**, аутора Зорана Гојковића, потврђена је оригиналност ове докторске дисертације.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Коришћена литература при изради докторске дисертације обухвата 120 литературних јединица. Литература је коришћења при приказу теоријских поставки Сентинел 1 мисије и

методологије од производње радарских сателитских снимака, преко њиховог процесирања па све до добијања коначних померања на површини терена. Поред наведеног, литература је коришћена приликом планирања експерименталног рада, приказа метода, у тумачењу и анализи резултата истраживања, дискусији и извођењу закључака.

Употребљена литература је релевантна за проблематику докторске дисертације, третира научне проблеме од полазних до савремених теорија и објављена је у водећим међународним часописима.

Кандидат Зоран Гојковић, дипломирани инжењер геодезије је током свог истраживачког рада и израде докторске дисертације објавио више радова на тему праћења померања терена и објеката у оквирима рударских мерења. Ова чињеница указује да је упознао и проучио значајан део релевантне литературе која се односи на истраживања из области докторске дисертације.

Око 80% библиографских извора је новијег датума, тј. објављени су након 2000. године, од чега је приближно половина објављена након 2015. године, а око 15% библиографских извора објављено је након 2020. године.

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

У току израде дисертације активности су реализоване паралелном применом теоријског приступа ослоњеног на податке добијене из литературе и практичног приступа заснованог на сопственом експерименталном истраживању.

Примењене научне методе у овој докторској дисертацији одговарају проблематици која се истражује и анализира. За утврђивање померања на површини терена у докторској дисертацији су примењене следеће методе:

- Методе теоријске анализе (проучавање теоријских сазнања у вези са синтетичким радаром са апертуром, интерферометријом и особинама система и података)
- Дескриптивно - аналитичке методе (анализа прикупљених података кроз *SNAP* и *StaMPS*, *PSInSAR*, метод најмањих квадрата и Пелцеров метод)
- Казуалне методе (утврђивање узрочно последичних веза између фактора који утичу на померања на површи терена)
- Компаративне методе (упоређивање добијених експерименталних резултата са резултатима геотехничких модела и резултатима класичног геодетског нивелмана)
- Квантитативне методе (корелациона анализа)

У докторској дисертацији је методологија научног истраживања прилагођена проблематици, програму и циљу истраживања која обухватају анализу постојећих литературних извора из области моделовања померања на основу радарских сателитских снимака. На основу увида у претходна истраживања, утврђен је ток даљих истраживања који има за циљ разумевање механизма одвијања померања на површини терена.

Коришћени су радарски снимци из отворених података Сентинел-1 мисије, и свих 513 снимака из репозиторијума је преузето од октобра 2016. године до краја децембра 2020. године. У овом истраживању приказано је процесирање по корацима у циљу добијања финалног алгорита за аутоматско процесирање вертикалних померања користећи софтверске алате отвореног кода; процесирано је 402 снимка док су 111 преосталих одбачени због неодговарајућих временских прилика или као неисправни. Од укупно 402 процесираних снимка 215 снимака припада узлазној сателитској путањи док 187 припада силазној сателитској путањи.

У оквиру радарске интерферометрије коришћена је метода перманентних скатерера као једна од водећих за квантификацију и праћење вертикалних и хоризонталних померања на површи терена. Метода интерферометрије перманентних скатерера није никада коришћена за праћење вертикалних и хоризонталних померања услед утицаја рудника на територији Републике Србије као ни у геодетској пракси.

У оквиру радова на изградњи димњака на новом блоку БЗ термоелектране „Костолац-Б“ вршена су мерења на праћењу слегања димњака. Урађена је нулта серија нивелманских мерења као и девет додатних епоха, у временском периоду од априла 2019. године до фебруара 2021. године.

Линије тренда слегања добијене методом радарске интерферометрије перманентних скатерера и одговарајућег нивелмана поклапају се значајно (Пирсонова вредност корелације износи 85% са p -вредности од 0,015). Компарација вертикалних померања добијених методом радарске интерферометрије перманентних скатерера са геотехничким моделом слегања и неотектонским померањима приказује добро поклапање одговарајућих модела, указујући да је модел валидан.

Добијени резултати испитивања су обрађени програмским пакетима (*R*, *QGIS* и др.). Обрађени резултати су приказани графички и табеларно, а извршена је анализа и упоређивање добијених резултата са резултатима класичног геодетског приступа као и са геотехничким моделом померања. На основу извршене анализе добијених резултата испитивања дат је закључак.

Ово истраживање илуструје не само могућност Сентинел-1 података за квантификацију и картирање вертикалних померања, већ и могућност коришћења добијених резултата за мониторинг геохазарда, као и за мониторинг вертикалног померања терена, генерално. Специфичност овог истраживачког рада се огледа у извођењу одговарајућег алгорита за генерисање померања на површини терена који се може и треба користити као део свеукупног модела управљања одређеног система.

Наведене методе истраживања су у потпуности адекватне за примену у предметном истраживању. На основу свега наведеног, добијене резултате и закључке изведене у оквиру дисертације треба прихватити као потпуно валидне.

3.4. Оцена применљивости остварених резултата

Резултати истраживачког рада у оквиру ове докторске дисертације могу се применити у научном смислу у области рударских мерења. Резултати овог истраживања могу имати и практичну примену у смислу праћења померања на површини терена одређених објеката или услед одређених утицаја. Интегрисани приступ *PS InSAR* технике и геодетских мерења (као што су *GNSS* и нивелманска мерења) јесте најбоље решење за мониторинг померања. Због своје доступности *InSAR* метода се намеће као примарна за одређивање и евалуацију померања, где перманентни скатерери обезбеђују рефлектовање сигнала који дозвољава праћење њихових померања. Интеграција *GNSS* метода и метода нивелања са *InSAR* техникама свакако би оптимизовала број *GNSS* пријемника и обим нивелања, док би *InSAR* приступ дао ширину и густину *PS* тачака које би садржале величину померања, што би мониторинг систем учинило веома ефикасним. *InSAR* техника може (и треба) се користити као подлога за правилно пројектовање *GNSS* и нивелманске мреже. У том случају може се изабрати најстабилнији полажај *GNSS* тачака или репера нивелманске мреже са којих се ће се пратити померања. Али важи, и обратно, да правилним пројектовањем геодетских (*GNSS* и/или нивелманских) мрежа би се обезбедила директна подршка за мониторинг *InSAR* методом. У том случају позиције тачака и/или репера би се поклопиле са позицијама скатерера, што би даље омогућило и директну калибрацију померања на основу резултата добијених са више извора. Реципроцитетни дизајн доводи у директну везу тачке геодетских мрежа и *InSAR* скатерере. Предложени приступ интеграције довео би до синергије између поменутих техника

у циљу формирања робусног и ефикасног система праћења померања, и капитализације најбољег од сваке технике, пружајући свеобухватно разумевање померања терена у току дугачких временских интервала. Свакако би овакав свеобухватни приступ дао калибрисане висококвалитетне резултате погодне и за рударске и за геодетске моделе одлучивања и правилног реаговања.

3.5. Оцена способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат Зоран Гојковић, дипломирани инжењер геодезије је током израде ове докторске дисертације исказао потребне способности и вештине за самосталан научно-истраживачки рад. Утврђивање померања терена услед утицаја рударских радова на основу радарских сателитских снимака је комплексан подухват који захтева наглашену аналитичност и систематичност при организацији испитивања и тумачењу добијених резултата. На основу вишегодишњег рада у овој области кандидат је у потпуности спровео планирано истраживање од почетне идеје до реализације постављеног циља презентујући методологију и резултате истраживања у својој докторској дисертацији.

На основу резултата које је постигао у свом стручном и научном раду може се закључити да Зоран Гојковић испуњава услове који га квалификују да се самостално бави научно-истраживачким радом.

4. ОСТВАРЕНИ РЕЗУЛТАТИ И НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Тема докторске дисертације је обухватила истраживање веома актуелне и значајне проблематике из области рударских мерења. Посебна пажња је посвећена детаљном изучавању и анализи сазнања везаних за утицај широкопојасног зрачења из сателита на простирање деформација услед рударских радова. Формирана је база података радарских снимака доступних у сваком моменту за процесирање и анализу у случају било каквих ванредних догађаја. Унапређени ланац процесирања радарских сателитских снимака оптимизован је за подручје од интереса у циљу добијања вредности вертикалних померања на основу којих се може одлучивати и управљати. Оптимизована је методологија као и алати за побољшано, прецизно и математички квантификовано одређивање вертикалних померања који су једноставни за даљу анализу и управљање. У оквиру докторске дисертације Зорана Гојковића остварени су следећи научни доприноси:

1. Потврђено је да се могу генерисати временске серије померања на површини терена на основу којих се може побољшати квалитет мониторинга померања,
2. Развијен је унапређени ланац за процесирање,
3. Креирани су подаци за померања перманентних скатерера резолуције 50 метара,
4. Практична примена и картографски производи генерисани су за кориснике, као доказ значаја ове дисертације.

Овако конципиран научно-истраживачки рад има научну оправданост, а представља и значајан научни и инжењерски допринос. Резултати овог рада могу бити примењени за даљи развој и унапређење процеса управљања сложеним системима као што су површински копови и рудници са подземном експлоатацијом.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Истраживања спроведена у овој докторској дисертацији су за циљ имала утврђивање померања или слегања на површини терена насељених места и инфраструктурних делова у вези са термоелектраном Костолац, за коју се везују различите врсте рударских и енергетских активности, а самим тим и утицаји на животну средину. Истраживања су организована преко формирања базе података радарских снимака и ланца за процесирање истих, на основу чега су генерисане вредности померања перманентних скатерера. Креиран је геотехнички модел слегања и урађена су класична геодетска мерења, што је искоришћено за компарацију и верификацију целокупног процеса и резултата. Добијени резултати омогућавају извођење закључака, као и њихову даљу употребу од стране других истраживача.

На основу увида у докторску дисертацију, увида у полазне хипотезе, постављене циљеве истраживања, добијених резултата и њихове дискусије, коришћену релевантну литературу, као и сагледавања научних истраживања из области докторске дисертације, Комисија констатује да је кандидат у потпуности спровео планирано истраживање и реализовао постављене циљеве у пријави докторске дисертације. Добијени резултати јасно показују научни и практични доприноси ове дисертације и дају одличну основу и мотивацију за будућа истраживања и унапређење предложених методологија и креираних података.

4.3. Верификација научних доприноса

Научни допринос је верификован научним радом из области истраживања спроведеног у оквиру ове докторске дисертације који је објављен у међународном часопису категорије M21 на коме је кандидат првопотписани аутор.

Током израде ове докторске дисертације кандидат је презентовао и објавио више радова из области рударских мерења у Зборницима са међународних и домаћих скупова, као и у домаћим научним часописима.

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

Категорија M21

1. Gojković, Z.; Kilibarda, M.; Brajović, L.; Marjanović, M.; Milutinović, A.; Ganić, A. *Ground Surface Subsidence Monitoring Using Sentinel-1 in the "Kostolac" Open Pit Coal Mine*. Remote Sens. 2023, 15, 2519. <https://doi.org/10.3390/rs15102519> (IF=5,0 – Kobson 2022; IF=5,0 – MDPI Remote Sensing 2023)
2. Zoran Gligorić, Miloš Gligorić, Bojan Dimitrijević, Ines Grozdanović, Aleksandar Milutinović, Aleksandar Ganić, Zoran Gojković, *Model of room and pillar production planning in small scale underground mines with metal price and operating cost uncertainty*, RESOURCES POLICY, 0301-4207, 10.1016/j.resourpol.2018.07.011, 2018. (IF= 3,185 – Kobson 2018)

Категорија M33

1. Zoran Gojković, Aleksandar Ganić, Aleksandar Milutinović, *Quality analysis between digital aerialphotogrametry and GPS measurements*, MEP-19 Mining ad Environmental Protection, MEP-19 Mining ad Environmental Protection, pp. 279 - 285, 978-867352-354-5, Vrdnik, 25. - 28. Sep, 2019

Категорија M51

1. Александар Ганић, А. Милутиновић, З. Гојковић, Р. Микановић, Н. Видановић, *Standard deviation of the geodetic quadrilateral point coordinates determined by the application of Hansen's method*, Подземни радови / Underground mining engineering, Рударско-геолошки факултет, Београд, 26, pp. 22 - 31, 0354-2904, 62, 10.5937/podrad1526055G, 2015.
2. Т. Божиновска, А. Милутиновић, З. Гојковић, А. Ганић, *Apriori evaluation of the crosscut accuracy in a horizontal plane between GVH-1 and VU-1 of the RMU "Soko" mine shaft*, Подземни

- радови / Underground mining engineering, Рударско-геолошки факултет, Београд, 27, pp. 23 - 30, 0354-2904, 62, 10.5937/podrad1527023B, 2015.
3. А. Ганић, А. Милутиновић, З. Гојковић, *Standard deviations of coordinates due transformation between ellipsoids*, Подземни радови / Underground mining engineering, Рударско-геолошки факултет, Београд, 31, pp. 77 - 83, 0354-2904, 62, -1360295-, Dec2017.
 4. З. Гојковић, М. Радојичић, Н. Вуловић, *Application for coordinate transformation between Gauss - Kruger projection - Bessel ellipsoid and UTM projection - WGS84 ellipsoid*, Podzemni radovi, Podzemni radovi, 30, pp. 29 - 45, 03542904, 62, 10.5937/podrad1730029Z, 2017.
 5. Luka Crnogorac, Zoran Gojković, Aleksandar Milutinović, Aleksandar Ganić, Rade Tokalić, *3D modeling of terrain and spatial visualization of underground facilities in the "Crveni breg" mine*, Подземни радови / Underground mining engineering, Рударско-геолошки факултет, Београд, 33, pp. 17 - 30, 0354-2904, 62, Dec2018.
 6. Ganić Aleksandar, Milutinović Aleksandar, Miljanović Igor, Gojković Zoran, *Calculation method as the source of errors in connecting and orienting underground mining rooms*, Подземни радови / Underground mining engineering, Рударско-геолошки факултет, Београд, 32, pp. 47 - 59, 0354-2904, 62, 10.5937/PodRad1832047G, Jun 2018.

Категорија М63

1. З. Гојковић, Р. Микановић, Г. Милорадовић, А. Милутиновић, Александар Ганић, *Bespilotne letelice u rudarstvu Srbije*, II Rudarsko-geološki forum "Stanje i pravci razvoja rudarstva i geologije u Republici Srpskoj", II Rudarsko-geološki forum "Stanje i pravci razvoja rudarstva i geologije u Republici Srpskoj", pp. 177 - 185, 978-99955-681-6-0, Република Српска, 2016.
2. З. Гојковић, А. Ганић, А. Милутиновић, *МЕТОДА РАЧУНАЊА КАО ИЗВОР ГРЕШКЕ ПРИ ПОВЕЗИВАЊУ И ОРИЈЕНТАЦИЈИ ЈАМСКИХ ПОЛИГОНСКИХ ВЛАКОВА*, Зборник радова са V научно - стручног скупа „Подземна експлоатација минералних сировина 2017, Зборник радова са V научно - стручног скупа „Подземна експлоатација минералних сировина 2017, pp. 6 - 11, 978-86-7352-302-6, Beograd, 8. - 8. Dec, 2017

Категорија М84

1. З. Глигорић, А. Ганић, А. Милутиновић, Ч. Цвијовић, Ч. Бељић, Р. Токалић, Б. Глушчевић, И. Гроздановић, С. Лутовац, З. Гојковић, М. Глигорић, *Monitoring i prognoza stanja podzemnih prostorija*, Техничко решење, Техничко решење, 2016.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација кандидата Зорана Гојковића, дипломираног инжењера геодезије, под насловом „**Модел померања терена услед утицаја рударских радова на основу радарских сателитских снимака**“, представља савремен, оригиналан и научно утемељен рад из области рударских мерења и даљинске детекције. Докторском дисертацијом су доказане полазне хипотезе, развијена је методологија одређивања померања у вертикалној равни, утврђена су померања на површини околних насељених места која окружују површински коп Костолац, као и за инфраструктурне делове термоелектрана Костолац.

На основу прегледа докторске дисертације Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације закључује да докторска дисертација кандидата Зорана Гојковића, дипломираног инжењера геодезије, под насловом „**Модел померања терена услед утицаја рударских радова на основу радарских сателитских снимака**“, 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 предвиђене Законом о високом образовању, Стандардима за акредитацију, Статутом Рударско-геолошког факултета и критеријуме које је прописао Универзитет у Београду. Комисија констатује да докторска дисертација има значајну научну вредност са аспекта утврђивања померања у вертикалној равни.

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 **„Модел померања терена услед утицаја рударских радова на основу радарских сателитских снимака”**, кандидата Зорана Гојковића, дипломираног инжењера геодезије, 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 27.12.2023.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Др Александар Ганић, редовни професор

Универзитет у Београду – Рударско-геолошки факултет

Ужа научна област, Рударска мерења

Др Александар Милутиновић, редовни професор

Универзитет у Београду – Рударско-геолошки факултет

Ужа научна област, Рударска мерења

Др Милан Килибарда, редовни професор

Универзитет у Београду – Грађевински факултет

Ужа научна област, Геоинформатика