

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 предлог теме докторске дисертације за кандидата на докторским студијама**

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 3. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", број 162/11-пречишћени текст, 167/12, 172/13 и 178/14), дате сагласност на предлог теме докторске дисертације:

„Модел померања терена услед утицаја рударских радова на основу радарских сателитских снимака“

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ

Рударско инжењерство

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног од родитеља и презиме кандидата:

Зоран (Милан) Гојковић, дипломирани геодетски инжењер

2. Претходно образовање (назив и седиште факултета, студијски програм):

Универзитет у Београду – Грађевински факултет3. Година дипломирања: 2008. год.4. Година уписа на докторске студије: школска 2014/15. година5. Назив студијског програма
докторских студија:Рударско инжењерство

Обавештавамо вас да је Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду
(назив надлежног тела факултета)

на седници одржаној 26.03.2020. године размотрило предложену тему и закључило да је тема пододна за израду докторске дисертације јер садржи оригиналну идеју и да је од значаја за развој науке, примену њених резултата, односно развој научне мисли уопште.

ДЕКАН

Рударско-геолошког факултета

Проф. др Зоран Глигорић

Прилог

1. Предлог теме докторске дисертације са образложењем.
2. Акт надлежног тела факултета о пододности теме за израду докторске дисертације.
3. Електронска верзија

На основу члана 40. Закона о високом образовању, члана 181. Статута Универзитета у Београду, Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, на својој седници одржаној 26.03.2020. године, донело је

О Д Л У К У

1. Усваја се извештај Комисије за оцену подобности теме, кандидата и ментора предложене теме докторске дисертације **Зорана Гојковића, дипл. инж. геодезије.**
2. Одобрава се именованом израда докторске дисертације под насловом *„Модел померања терена услед утицаја рударских радова на основу радарских сателитских снимака“.*
3. За ментора се именује др Александар Ганић, ред. проф.
4. Сагласност на предлог теме докторске дисертације из ове одлуке даје Веће научних области техничких наука.

Д Е К А Н

др Зоран Глигорић, ред. проф.

Достављено:

- Већу научних области техничких наука
- Менторима
- Именованом
- Одељењу за студентска питања

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата **Зорана Гојковића**

Име и презиме ментора: **Александар Ганић**

Звање: **Редовни професор**

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Ganic A., Ristic I., Djordjevic D., Vulic M.: Parametric adjustment of a junction triangle in terms of the precise construction of haulage drives in underground mines. REM – Revista Escola de Minas 63(3), 2010, pp.529-538 (IF=0,055; ISSN:0370-4467; <https://doi.org/10.1590/S0370-44672010000300016>)
2. Savić Lj. Tokalić R., Vidanović N., Trajković S., Ganić A.: Defining of optimal geometry of drilling chisel's blade for lead and zinc ore. TTEM - Technics Technologies Education Management 6(4), 2011, pp.866-875. (IF=0,351; ISSN:1840-1503; http://pdf.ttem.ba/ttem_6_4_web.pdf)
3. Medved M., Ganić A., Vulić M.: An analysis of the impact of errors occurring in the auxiliary parameters while determining geometric corrections of distance. Geodetski list 66(89) No.1., 2012, pp.21-38 (IF=0,038; ISSN:0016-710X; https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=129583)
4. Milutinović A., Ganić A., Tokalić R.: Accuracy assessment of geometrical elements for setting-out in horizontal plane of conveying chambers at the bauxite mine "Kosturi" Srebrenica. Archives of Mining Sciences 59(1), 2014, pp.93-106. (IF=0,608; ISSN:0860-7001; <https://doi.org/10.2478/amsc-2014-0007>)
5. Milutinovic A., Ganic A., Diyab T.R., Tokalic R., Ganic M.: Mine surveying works for the purpose of excavating the remaining reserves of bauxite in the deposit of "Podbracan". REM – Revista Escola de Minas 68(3), 2015, pp.323-330. (IF=0,103; ISSN:0370-4467; <https://doi.org/10.1590/0370-44672014680100>)

6. Gligorić Z., Gligorić M., Dimitrijević B., Grozdanović I., Milutinović A., Ganić A., Gojković Z.: Model of room and pillar production planning in small scale underground mines with metal price and operating cost uncertainty. Resources Policy 65, 2020. (IF=3,185; ISSN:0301-4207; <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2018.07.011>)

Декан

Рударско-геолошког факултета

Датум: 16.03.2020.

Универзитет у Београду
Рударско-геолошки факултет

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Зорана Гојковића, студента докторских студија за израду докторске дисертације

Одлуком бр. 1/39 од 10.02.2020.године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Зорана Гојковића, дипломираног инжењера геодезије за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „Модел померања терена услед утицаја рударских радова на основу радарских сателитских снимака“.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата доле потписана Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1 Биографски подаци:

Кандидат Зоран Гојковић, дипл.инж. геодезије, рођен је 06.04.1982.године у Ваљеву. Основну школу је завршио у Мионици, а Геодетску техничку школу у Београду 2001.године. Исте године је уписао Грађевински факултет Универзитета у Београду, одсек Геодезија, где је и дипломирао 2008.године, са просечном оценом 8,07 (осам и 07/100) у току студија. Дипломски рад из предмета Информационе технологије у картографији под називом „Полу-аутоматска екстракција за потребе ЛПИС-а“ одбранио је са оценом 10 (десет), чиме је стекао звање дипломираног инжењера геодезије.

Након дипломирања, 2008.године запослио се у фирми “Dundee Precious Metals” d.o.o., а од 2010.године запослен је у “Avala Resources” d.o.o. У овим фирмама радио је у оквиру истраживачког тима на подручјима: Сурдулице, Бора, Жагубице, Медвеђе, Куршумлије и Ивањице. У оквиру овог тима, био је задужен за израду и одржавање ГПС мрежа, мерења истражних бушотина и раскопа, мерења запремина ископа, топографска снимања делова лиценцних подручја, израду 3Д модела терена итд. У међувремену, од 2009. године до 2010. године радио је у Ј.П. Дирекција за уређење и изградњу општине Мионица, одељење за геодезију.

Докторске студије на Рударско-геолошком факултету уписује школске 2014/2015 године на студијском програму Рударско инжењерство.

Поседује следеће лиценце за пројектовање и обављање геодетских радова:

Одговорни пројектант геодетских пројеката (Инжењерска комора, број лиценце 372 N202 14)

Одговорни извођач геодетских радова (Инжењерска комора, број лиценце 471 I497 14)

Лиценца I реда (Републички геодетски завод, број лиценце 01 0345 14)

Осим познавања основних софтвера за рад на рачунарима, има искуства и у коришћењу посебних софтверских програма, као што су: *AutoCAD, Trimble Business Center, Leica Survey Office, Surfer, Surpac, Snap, Qgis...*

Од фебруара 2015. запослен је као асистент на Катедри за Рударска мерења, Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, и задужен је за одржавање вежби из предмета:

- Основне академске студије – студијски програми Рударско инжењерство, Инжењерство нафте и гаса, Инжењерство заштите животне средине:
 - Инжењерска графика.
- Основне академске студије - студијски програм Рударско инжењерство модул Рударска мерења:
 - Инжењерска геодезија;
 - Рачун изравнања;
 - Геодетски инструменти и методе мерења.
- Мастер академске студије – студијски програм Рударско инжењерство – модул Рударска мерења:
 - Изравнање рудничких мрежа.

Од 01. јуна 2017. године као истраживач приправник члан је пројектног тима за реализацију пројекта ТР 33029 „Изучавање могућности валоризације преосталих резерви угља у циљу обезбеђења стабилности енергетског сектора Републике Србије“, који се финансира од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

1.2 Стечено научно-истраживачко искуство

Кандидат Зоран Гојковић положио је све испите предвиђене планом и програмом докторских студија студијског програма Рударско инжењерство. Списак положених испита са оценама и оствареним ЕСПБ бодовима приказан је у следећој табели:

Р.бр.	Назив предмета	Оцена	ЕСПБ
1	Израда докторске дисертације	10	10
2	Диференцијалне једначине и нумеричка анализа	10	10
3	Израда докторске дисертације	10	10
4	Одабрана поглавља из вероватноће и статистике	10	10
5	Геостатистика и геоинформациони системи	10	10
6	Израда докторске дисертације	10	10
7	Информациони системи	10	10
8	Просторна визуелизација рударских објеката	10	10
9	Одабрана поглавља из померања поткопаног терена и заштите објеката	10	10
10	Савремени геодетски инструменти и мерни системи	10	10
11	Израда докторске дисертације	10	10
12	Научно-истраживачки рад	10	5
13	Израда докторске дисертације	10	25
14	Научно-истраживачки рад	10	5
15	Израда докторске дисертације	10	20
16	Одабрана поглавља из рударских мерења	10	10
УКУПНО			175

На докторским студијама, кандидат је до сада положио 16 испита у обиму од 175 ЕСПБ са просечном оценом 10.

Списак објављених научних радова

А – Рад у врхунском међународном часопису (M21)

1. Gligorić Z., Gligorić M., Dimitrijević B., Grozdanović I., Milutinović A., Ganić A., Gojković Z.: 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)

Б – Рад саопштен на скупу међународног значаја штампан у целини (М33)

1. Gojković Z., Ganić A., Milutinović A.: Quality analysis between digital aerialphotogrametry and GPS measurements, MEP-19 Mining ad Environmental Protection, pp.279-285, 978-867352-354-5, Vrdnik, 2019.

В - Рад у водећем часопису националног значаја (М51)

1. Ganić A., Milutinović A., Gojković Z., Mikanović R., Vidanović N.: Standard deviation of the geodetic quadrilateral point coordinates determined by the application of Hansen's method, Podzemni radovi/Underground mining engineering, 26, pp.22-31, 0354-2904, 10.5937/podrad1526055G, 2015.
2. Božinovska T., Milutinović A., Gojković Z., Ganić A.: A priori evaluation of the crosscut accuracy in a horizontal plane between GVH-1 and VU-1 of the RMU "Soko" mine shaft, Podzemni radovi/Underground mining engineering, 27, pp.23-30, 0354-2904, 10.5937/podrad1527023B, 2015.
3. Gojković Z., Radojičić M., Vulović N.: Application for coordinate transformation between Gaus - Kruger projection - Bessel ellipsoid and UTM projection - WGS84 ellipsoid, Podzemni radovi/Underground mining engineering, 30, pp.29-45, 0354-2904, 10.5937/podrad1730029Z, 2017.
4. Ganić A., Milutinović A., Gojković Z.: Standard deviations of coordinates due transformation between ellipsoids, Podzemni radovi/Underground mining engineering, 31, pp.77- 3, 0354-2904, 2017.
5. Ganić A., Milutinović A., Miljanović I., Gojković Z.: Calculation method as the source of errors in connecting and orienting underground mining rooms, Podzemni radovi/Underground mining engineering, 32, pp.47-59, 0354-2904, 10.5937/PodRad1832047G, 2018.
6. Crnogorac L., Gojković Z., Milutinović A., Ganić A., Tokalić R.: 3D modeling of terrain and spatial visualization of underground facilities in the "Crveni Breg" mine, Podzemni radovi/Underground mining engineering, 33, pp.17-30, 0354-2904, 2018.

Г - Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини (М63)

1. Гојковић З., Микановић Р., Милорадовић Г., Милутиновић А., Ганић А.: Беспилотне летелице у рударству Србије, Зборник радова, II Рударско-геолошки форум “Стање и правци развоја рударства и геологије у Републици Српској”, Приједор, Република Српска, БиХ, pp.177-185, 978-99955-681-6-0, 2016.
2. Гојковић З., Ганић А., Милутиновић А.: Метода рачунања као извор грешке при повезивању и оријентацији јамских полигонских влакова, Зборник радова, V научно - стручни скуп "Подземна експлоатација минералних сировина 2017", pp. 6-11, 978-86-7352-302-6, Београд, 2017

Д - битно побољшано техничко решење на националном нивоу (М84)

1. Глигорић З., Ганић А., Милутиновић А., Цвијовић Ч., Бељић Ч., Токалић Р., Глушчевић Б., Гроздановић И, Лутовац С., Гојковић З., Глигорић М.: Мониторинг и прогноза стања подземних просторија, Рударско-геолошки факултет, Београд, 2016.

1.3 Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Кандидат је успешно овладао техникама неопходним за рад на докторској дисертацији коју је пријавио. Проучио је и проучава научну и стручну литературу која је директно повезана са темом његовог истраживања, али и шире, у циљу што бољег приказивања истраживања стручној јавности.

Такође, кандидат је савладао у потпуности начин припреме и пројектовања експеримента. Постепено утврђује нове методологије у којима се истиче оригиналност у научном раду заснована на одличном познавању литературе и комуникацији са експертима у окружењу. Узимајући у обзир досадашње образовање кандидата, професионално искуство, положене испите на докторским студијама, као и објављене резултате научно-истраживачког рада и стручне доприносе, Комисија сматра да је кандидат Зоран Гојковић адекватно припремљен и квалификован да самостално ради на предложеној теми докторске дисертације и оствари научне доприносе у тој области.

Комисија сматра да кандидат Зоран Гојковић поседује потребно знање и искуство за израду докторске дисертације на тему „Модел померања терена услед утицаја рударских радова на основу радарских сателитских снимака“.

2. Предмет и циљ истраживања

Под утицајем рударских радова нарушава се природна равнотежа стенског масива, а поновним уравнотежавањем на површи терена долази до промене рељефа и оштећења на објектима. Ова појава запажена је још у раном рударству, као неизбежна последица рударске производње. Рудници се отварају тамо где су лежишта, а она су често у близини или испод насељених места или неких других природних и техничких објеката. Због тога је рударство у току целог свог историјског развоја суочено са проблемом моралне и материјалне одговорности због разних видова угрожавања човекове животне средине.

У предугљарској фази рударења, откопавана су лежишта металичних сировина у чврстим стенским масивима и на малим дубинама. На површи терена настајале су грубе деградације рељефа у виду пролома, које осим изражених топографских промена, нису имале штетне последице у смислу како се то данас оцењује.

Почетком деветнаестог века, када је започела масовна експлоатација угља, последице откопавања постају већа опасност за објекте на површи терена. Угљени слојеви су већег пространства, налазе се у седиментним стенским масивима који по физичко-механичким особинама погодују појавама померања, тако да су се при подземном откопавању

минералних сировина на већим дубинама појавиле последице које раније нису биле запажене. Пролома и видљивих пукотина било је све мање, а оштећења су се јављала и изван откопаног простора на местима где се по дотадашњем искуству не би могла очекивати, посебно при откопавању нагнутих слојева.

Данас је ова проблематика још израженија. Технолошки развој условио је значајан напредак у експлоатацији минералних сировина, али све већа потреба за одговарајућим минералним сировинама условљава све веће ширење површинских копава, односно подземну експлоатацију на све већим дубинама, чиме се повећава утицај рудника и рударских активности на животну средину. У циљу обезбеђења ефикасне експлоатације корисне минералне сировине мора се разматрати утицај рудника и рударских активности на животну средину као и приватну својину физичких и правних лица. Под утицајем се подразумевају ефекти сеизмичког дејства, ефекти минирања, као и сви остали ефекти који могу довести до промена на физичкој површи земље и објекта на њој. Неопходно је утицаје тачно и прецизно, као и на време квантификовати, како би се спречиле или минимизирале деформације, које могу да доведу до појава оштећења или рушења инфраструктурних објекта који се налазе у зони утицаја рударских радова.

Мерења у циљу одређивања померања терена и деформација објекта су великог обима и могу да трају и више дана, а морају се по истим критеријумима периодично понављати у складу са утврђеном динамиком. У циљу ефикаснијег добијања поузданих података, истраживања у оквиру ове дисертације усмерена су према развоју методологије која омогућава да се на једноставан начин објективно процени и квантификује утицај рударских радова на деформације како објекта на површи терена, тако и саме површи терена.

Предмет истраживања у оквиру ове докторске дисертације обухвата обраду сателитских снимака насталих радарским зрачењем Земљине површи микроталасним опсегом електромагнетног спектра, прецизније Ц-бенд који ради на фреквенцији од 5.404 GHz у циљу генерисања деформационог модела 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.

Наиме, досадашња научна истраживања показују да би се радарски снимци могли искористити за праћење деформација услед било којих генератора деформација 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 тје нагло порасло.

Ефикасно моделирање померања у корелацији са профитабилном производњом представља захтеван изазов.

Циљ дисертације јесте побољшање квантификације при процени деформација насталих услед рударских радова.

Неопходно је детаљно изучавање и дефинисање свих различитих утицаја који доводе до деформација услед различитих рударских активности, критеријума за избор значајних утицаја и њихова параметризација као и методологија која ће се успоставити на основу параметризације и избора утицаја. Дефинисање модела за квантификацију параметара као и модела за одлучивање на основу добијених параметара, као и модела за одлучивање на основу предикционих параметара.

2.1. Списак референци

Оквирна листа библиографских извора која ће се користити приликом израде докторске дисертације:

1. W. Wagner (2010), Microwave Remote Sensing, Institute of Photogrammetry and Remote Sensing, Viena University of Technology.
2. I. H. Woodhouse, (2015), INTRODUCTION TO MICROWAVE REMOTE SENSING, The University of Edinburgh.
3. I. H. Woodhouse, (2015), Thirteen short chapters on remote sensing, The University of Edinburgh.
4. F. T. Ulaby, R. K. Moore, A. K. Fung, (1981, 1982, 1986) Microwave remote sensing: Active and passive, Volume I, II, III, Artech House, Norwood
5. E. Schanda (1986) Physical fundamentals of remote sensing. Springer-Verlag, Heidelberg.
6. F. T. Ulaby, D. G. Long, (2014) Microwave radar and radiometric remote sensing, The University of Michigan, USA.
7. A. Ferretti, A. Monti-Guarnieri, C. Prati, F. Rocca (2007), InSAR Principles: Guidelines for SAR Interferometry Processing and Interpretation, Dipartimento di Elettronica ed Informazione, Politecnico di Milano, Italy.
8. A. Ferretti, A. Monti-Guarnieri, C. Prati, F. Rocca (2007), InSAR processing: a practical approach, (2007), ESA Publications, https://www.esa.int/esapub/tm/tm19/TM-19_ptB.pdf
9. A. Ferretti, A. Monti-Guarnieri, C. Prati, F. Rocca (2007), InSAR processing: a mathematical approach, (2007), ESA Publications, https://www.esa.int/esapub/tm/tm19/TM-19_ptC.pdf
10. L. Veci, (2016), Interferometry Tutorial, ESA Publications.
11. J. M. Delgado Blasco, M. Fomelis, C. Stewart, A. Hooper, (2019), Measuring Urban Subsidence in the Rome Metropolitan Area (Italy) with Sentinel-1 SNAP-StaMPS Persistent Scatterer Interferometry, DOI: 10.3390/rs11020129.
12. ESA standard document, Sentinel-1 User Handbook, (2013), <https://sentinel.esa.int/>

13. E. Attema, R. Berton, D. Bibby, A. Carbone, G. di Cosimo, D. Geudtner, L. Giulicchi, S. Løkås, I. Navas-Traver, A. Ostergaard, P. Snoei, R. Torres, (2012) SENTINEL 1, ESA's Radar Observatory Mission for GMES Operational Services, ESA Communications, ESTEC, PO Box 299, 2200 AG Noordwijk, The Netherlands
14. M. Bourbigot, Sentinel-1 Product Definition, (2016), ESA Unclassified – For Official Use.
15. M. Polcari, M. Palano, J. Fernández, S. V. Samsonov, S. Stramondo, S. Zerbini, (2016), 3D displacement field retrieved by integrating Sentinel-1 InSAR and GPS data: the 2014 South Napa earthquake, DOI: 10.5721/EuJRS20164901
16. A. Pepe, (2018), Generation of Earth's Surface Three-Dimensional (3-D) Displacement Time-Series by Multiple-Platform SAR Data, <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.71329>
17. A. Hooper, D. Bekaert, E. Hussain, K. Spaans, (2018), StaMPS/MTI Manual, School of Earth and Environment, University of Leeds.
18. A. Hooper A; Bekaert D; Spaans K; Arikan M (2012), Recent advances in SAR interferometry time series analysis for measuring crustal deformation, *Tectonophysics*, 514-517, pp.1-13. doi:10.1016/j.tecto.2011.10.013
19. W. Wagner, (2005), Monitoring Ground Deformation from Space, U.S. Department of the Interior, USGS.
20. S. Montazeri, C. Gisinger, M. Eineder, X. X. Zhu, (2017), Automatic Detection and Positioning of Ground Control Points Using TerraSAR-X Multiaspect Acquisitions, *IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING*.
21. B. M. Kampes, (2006) *Radar Interferometry: Persistent Scatterer Technique*. Dordrecht, The Netherlands: Springer.
22. M. Eineder, C. Minet, P. Steigenberger, X. Y. Cong, and T. Fritz, 2011 "Imaging geodesy—Toward centimeter-level ranging accuracy with TerraSARX," *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, vol. 49, no. 2, pp. 661–671.
23. J. C. Curlander, R. N. McDonough, (1991). *Synthetic Aperture Radar: Systems and Signal Processing*. Wiley Series in Remote Sensing. New York: John Wiley & Sons, Inc.
24. I. G. Cumming, F. H. Wong, (2005). *Digital Processing of Synthetic Aperture Radar Data: Algorithms and Implementation*. Boston, London: Artech House.
25. P. J. González, M. Bagnardi, A. J. Hooper, Y. Larsen, P. Marinkovic, S. V. Samsonov, T. J. Wright (2015), The 2014–2015 eruption of Fogo volcano: Geodetic modeling of Sentinel-1 TOPS interferometry, *Geophys. Res. Lett.*, 42, 9239–9246, doi:10.1002/2015GL066003.
26. N. Yague-Martinez, P. Prats-Iraola, F. R. Gonzalez, R. Brcic, R. Shau, D. Geudtner, M. Eineder, R. Bamler, (2016), Interferometric Processing of Sentinel-1 TOPS Data, *IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING*, VOL. 54, NO. 4.

27. F. De Zan and A. Monti Guarnieri, (2006), "TOPSAR: Terrain observation by progressive scans" *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, vol. 44, no. 9, pp. 2352–2360.
28. Copernicus Programme. [Online]. Available: <http://www.copernicus.eu>
29. Sentinel-1 Quality Control. [Online]. Available: <https://qc.sentinel1.eo.esa.int/>
30. SNAP. [Online]. Available: <http://step.esa.int/main/download/snap-download/>
31. StaMPS, [Online]. Available: <https://github.com/dbekaert/StaMPS/releases/tag/v4.1-beta>
32. R, [Online]. Available: <https://ftp.uni-sofia.bg/CRAN/>
33. RStudio, [Online]. Available: <https://rstudio.com/products/rstudio/download/>
34. MATLAB, [Online]. Available: <https://ww2.mathworks.cn/en/products/matlab.html>
35. [SRTM] "Shuttle Radar Topography Mission - Mapping the World in Three Dimensions", <http://www.jpl.nasa.gov/srtm/>.
36. SNAPHU, [Online]. Available: http://www-star.stanford.edu/sar_group/snaphu/
37. R. Bamler and P. Hartl, (1998), Synthetic aperture radar interferometry, *Inv. Prob.*, vol. 14, pp. R1–R54.
38. M. Kilibarda, D. Protić, (2018), Geovizualizacijai Web kartografija, Univerzitet u Beogradu, Građevinskifakultet u Beogradu, [Online]. Available: <http://osgl.grf.bg.ac.rs/books/gvvk/>
39. M. Pieraccini, L. Miccinesi, (2019), Ground-Based Radar Interferometry: A Bibliographic Review, *Remote Sens*, 11, 1029; doi:10.3390/rs11091029,
40. A.Gaber, N. Darwish, M. Koch, (2017), Minimizing the Residual Topography Effect on Interferograms to Improve DInSAR Results: Estimating Land Subsidence in Port-Said City, Egypt, *Remote Sens.* **2017**, 9, 752; doi:10.3390/rs9070752,
41. F. Li, R. Goldstein, (1987), Studies of multi-baseline spaceborne interferometric synthetic aperture radars. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*, 28, 88–97.
42. STEP forum, [Online]. Available: <https://forum.step.esa.int/>
43. I. H. Woodhouse, (2015), 101 TOP TIPS FOR PHD STUDENTS, The University of Edinburgh

3. Полазне хипотезе

Полазна хипотеза при изради ове докторске дисертације је креирање ланца за процесирање радарских снимака који ће омогућити објективну квантификацију померања терена и објеката насталих услед рударских активности и модела за одлучивање.

Питања на која се очекује одговор кроз ову докторску дисертацију као доказ полазне хипотезе су:

- Да ли модел померања и излазне променљиве довољно прецизно дефинишу величину деформација,

- Која је метода процесирања оптимална за квантификацију деформација,
- Да ли модел померања на основу радарских сателитских снимака даје параметре који су корисни кориснику за процену деформација услед рударских активности.

Хипотеза је базирана на чињеници да померања на површи терена представљају обавезну последицу експлатације минералних сировина и као таква, померања се уз одговарајући приступ и методологију могу идентификовати, а затим и квантификовати. Према дефинисаним критеријумима могу се класификовати и моделирати кроз систем за одлучивање.

За дефинисање померања израдиће се одговарајући математичко-физичко-геостатистички модел. У раду ће се користити подаци добијени из отворених података сателитских мисија Европске Свемирске Агенције (ЕСА) на примеру површинског копа “Костолац”.

Истраживање ће бити обављено у реалним срединама и локалитетима, по јединственој методологији уз уважавање савремених научних принципа.

4. Научне методе истраживања

Идеја за овако предложену тему докторске дисертације настала је практично паралелно са реализацијом сателитске мисије „Сентинел 1“ Европске Свемирске Агенције и отварањем података за слободан приступ и коришћење. Подаци који су доступни из наведене мисије су радарски сателитски снимци настали из SAR система за опажење површи Земље који користи микроталасни опсег електромагнетног спектра, прецизније Ц-бенд који ради на фреквенцији од 5.404 GHz.

Временска резолуција снимака износи 12 дана а каснијим лансирањем још једног сателита у оквиру ове мисије који се такође може користити као извор података, временска резолуција побољшана је на 6 дана.

Препроцесирање се обавља у софтверу који је специјално развијен од стране Европске Свемирске Агенције за ову и касније сателитске мисије и подразумева добијање интерферограма. Даља обрада интерферограма врши се кроз СтаМПС алгоритме који делом користе и МАТЛАБ софтвери, а заснивају се на персистент скатерер (ПС) методи праћења померања развијеној на Политехничком Универзитету у Милану, док је у р софтверу направљен алгоритам за финалну вредност параметара померања.

Докторска дисертација биће реализована у три фазе, и то:

Теоријска анализа: односи се на проучавање досадашњих теоријских сазнања и нових резултата везаних за микроталасну даљинску детекцију.

Прикупљање података: ова фаза истраживања обухвата прикупљање и проучавање неопходних теренских података везаних за дату проблематику, анализу и систематизацију истих.

Обрада и анализа података: обухвата приказ резултата добијених теренским мерењима на локацијама, спровођење експеримента и на крају приказ резултата. Резултат се огледа у реализовању модела за одређивање померања и подршку одлучивању приликом експлоатације минералних сировина.

5. Очекивани научни допринос

У оквиру предложене докторске дисертације очекују се следећи научни доприноси:

- Нова сазнања везана за утицај широкопојасног зрачења из сателита на простирање деформација услед рударских радова,
- Формирање базе података радарских снимака доступних у сваком моменту за процесирање и анализу у случају било каквих ванредних догађаја,
- Унапређени ланац процесирања снимака оптимизован за подручје од интереса у циљу добијања параметара померања на основу којих се може одлучивати,
- Оптимизована методологија и алати за побољшано, прецизно и математички квантификовано мерење померања који су једноставни за даљу анализу и одлучивање,
- Практична примена и кориснички интерфејс за кориснике, као доказ значаја ове дисертације у одрживој производњи где се јављају све виши захтеви за очувањем животне средине као и здрављем људи.

6. План истраживања и структура рада

Истраживање се може приказати у неколико целина:

- Формирање базе података снимака и алгоритма за избор снимака,
- Добијање дозволе за спровођење експеримента на постојећем активном руднику,
- Формирање и реализација ланца процесирања,
- Одређивање параметара померања на основу ПС методе,
- Предикциони модел на основу добијених параметара,
- Модел одлучивања на основу добијених параметара као и на основу предикционих параметара,
- Писање радова,

- Припрема упутства за примену корисночког интерфејса који је погодан за коришћење у реалним условима.

Докторску дисертацију би, поред општих делова, као што су: апстракт на српском и енглеском језику, кључне речи, предговор, садржај, списак скраћеница, слика, табела и литературе, чиниле следеће структурне целине:

- У уводном делу биће изложени предмет, проблем и циљ истраживања, биће представљене хипотезе истраживања, приказана примењена методологија и изложена структура дисертације;
- Други део треба да садржи детаљне теоретске поставке радарских система за опажање Земљине површи. Конкретно: САР систем, сателитски програм ЕСА-е и софтверске платформе које ће се користити за израду дисертације.
- Трећи део садржаће разраду о алтернативним методама прикупљања података о померањима, као што су ГНСС метода и снимање беспилотним летелицама, које би се користиле за валидацију добијених резултата померања.
- У четвртм делу приказаће се генерисање померања и конкретни резултати са коначним моделом померања, као и предикциони модел, али и модели за одлучивање на основу добијених померања.
- У петом делу треба приказати валидацију добијених резултата и одговорити на питање поузданости и прецизности.
- Последњи, шести део дисертације садржаваће завршну оцену са дискусијом, закључна разматрања, предлог даљих истраживања и списак коришћених референци.

7. Закључак и предлог

На основу свега изнетог у овом Извештају, чланови Комисије сматрају да кандидат Зоран Гојковић, дипломирани инжењер геодезије испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању за одобрење израде предметне докторске дисертације. Израда докторске дисертације са предложеном темом, је научно заснована и може се очекивати да резултати дисертације дају значајан научни и стручни допринос.

Имајући у виду наведено, Комисија предлаже Наставно-научном већу Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду да кандидату Зорану Гојковићу, дипломираном инжењеру геодезије прихвати предложену тему и одобри израду пријављене докторске дисертације под називом „**Модел померања терена услед утицаја рударских радова на основу радарских сателитских снимака**” која припада области Техничко-технолошких наука, научној области Рударско инжењерство (ужа научна област Рударска мерења), за коју је матичан Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду. За ментора докторске

дисертације предлага се др Александар Ганић, редовни професор Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду.

У Београду,

16.03.2020. године

Ч Л А Н О В И К О М И С И Ј Е :

др Александар Ганић, редовни професор
Универзитет у Београду – Рударско-геолошки
факултет

др Александар Милутиновић, редовни професор
Универзитет у Београду – Рударско-геолошки
факултет

др Милан Килибарда, ванредни професор
Универзитет у Београду – Грађевински факултет