

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
ГРАЂЕВИНСКОГ ФАКУЛТЕТА
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ**

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Марка Д. Станковића
Одлуком Већа Грађевинског факултета Универзитета у Београду, одржаног 24.10.2024. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Марка Д. Станковића, дипл. инж. геод., под насловом:

**„ОДРЕЂИВАЊЕ КВАЗИГЕОИДА ПРИМЕНОМ МОДЕЛИРАНИХ ВРЕДНОСТИ
ПАРАМЕТАРА ФУНКЦИОНАЛА АНОМАЛИЈСКОГ ПОТЕНЦИЈАЛА“**

наслов на енглеском језику:

**„DETERMINATION OF QUASIGEOID USING MODELED ANOMALY
POTENTIAL FUNCTIONAL VALUES“**

Након прегледа достављене дисертације и других пратећих материјала и разговора са кандидатом, Комисија у саставу:

- проф. др Драган Благојевић, дипл. инж. геод., Универзитет у Београду – Грађевински факултет;
- доц. др Сања Грекуловић, дипл. инж. геод., Универзитет у Београду – Грађевински факултет;
- проф. др Владимир Булатовић, дипл. инж. геод., Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука.

сачинила је следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1 Подаци о процедури пријављивања и предаје дисертације

Кандидат Марко Д. Станковић, дипл. инж. геод. пријавио је тему докторске дисертације 06.03.2023. године.

Одлуком Наставно-научног већа Грађевинског факултета бр. 22/33-2 од 31.03.2023. године, са седнице одржане 30.03.2023. године, одређена је Комисија за оцену подобности теме и кандидата докторске дисертације кандидата Марка Д. Станковића, дипл. инж. геод., под насловом:

**„ОДРЕЂИВАЊЕ КВАЗИГЕОИДА ПРИМЕНОМ МОДЕЛИРАНИХ ВРЕДНОСТИ
ОДСТУПАЊА ВЕРТИКАЛА“**

у саставу:

- В. проф. др Олег Одаловић, дипл. инж. геод., Универзитет у Београду – Грађевински факултет (ментор);
- Проф. др Драган Благојевић, дипл. инж. геод., Универзитет у Београду – Грађевински факултет;
- В. проф. др Ивана Васиљевић, дипл. инж. геол., Универзитет у Београду – Рударско-геолошки факултет.

Комисија је саставила позитиван извештај и предложила Наставно-научном већу Грађевинског факултета Универзитета у Београду да прихвати предложену тему докторске дисертације са коригованим насловом:

„ОДРЕЂИВАЊЕ КВАЗИГЕОИДА ПРИМЕНОМ МОДЕЛИРАНИХ ВРЕДНОСТИ ПАРАМЕТАРА ФУНКЦИОНАЛА АНОМАЛИЈСКОГ ПОТЕНЦИЈАЛА“

Позитиван извештај Комисије за оцену подобности теме и кандидата докторске дисертације усвојен је на седници Наставно-научног већа Грађевинског факултета одржаној 27.04.2023. године. Веће научних области грађевинско-урбанистичких наука Универзитета у Београду на седници одржаној 09.05.2023. године, својом одлуком бр. 61206-1602/2-23 усвојило је предлог теме докторске дисертације кандидата Марка Д. Станковића, под називом „Одређивање квазигеоида применом моделираних вредности параметара функционала аномалијског потенцијала“.

Кандидат је урађену докторску дисертацију предао Служби за студентска питања Грађевинског факултета 11.10.2024. године.

Одлуком Наставно-научног већа Грађевинског факултета Универзитета у Београду донетој на седници одржаној 24.10.2024. године, именована је Комисија за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Марка Д. Станковића, дипл. инж. геод.

1.2 Научна област дисертације

Тема докторске дисертације припада научној области Геодезије и ужој научној области Теоријска и физичка геодезија, која је дефинисана Статутом Грађевинског факултета Универзитета у Београду.

Радови публиковани у међународним часописима који квалификују ментора в. проф. др Олега Р. Одаловића, дипл. инж. геод. за вођење докторске дисертације су:

1. Marković, Miloš D.; **Odalović, Oleg R.**; Stanković, Marko D. (2022) "Calculating the Differences of VTEC Values Obtained by Altimetric and GNSS Observations in Coastal Areas Survey Review" Survey Review, Publisher: Survey / Taylor & Francis, year 2022, ISSN: 0039-6265, DOI: 10.1080/00396265.2022.2137130
2. Stanković, Marko D.; **Odalović, Oleg R.**; Marković, Miloš D. (2022) "Validation and Comparison of Several Global Geopotential Models With an Official Quasigeoid Solution of Serbia" Geodetski vestnik, Publisher: Association of Surveyors of Slovenia, volume 66, number (3), pages 432-448, ISSN: 0351-0271, DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2022.03.432-448

3. Medved, Klemen, **Oleg Odalović**, and Božo Koler (2021) "New Bouguer Anomaly Map for the Territory of the Slovenia" Remote Sensing 13, no. 22: 4510. DOI: 10.3390/rs13224510.
4. Sofija Naod, **Oleg Odalović**, Ljiljana Brajović & Rajko Savanović (2021) History of geodetic works in Vojvodina (Northern Serbia) and use of old maps in Serbian national spatial data infrastructure, Survey Review, DOI: 10.1080/00396265.2021.1886546.
5. Vasiljević, Slavko and Vasić, Dejan and **Odalović, Oleg** and Blagojević, Dragan and Milovanović, Branko (2020) Horizontal coordinates transformation and residuals modelling on the territory of the Republic of Srpska. Survey Review. DOI: 10.1080/00396265.2020.1781357.
6. Nina Aleksandra M, Nico Giovanni, **Odalovic Oleg R**, Cadez Vladimir M, Todorovic-Drakul Miljana, Radovanovic Milan M and Popovic Luka C (2020), "GNSS and SAR Signal Delay in Perturbed Ionospheric D-Region During Solar Xray Flares," in IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, vol. 17, no. 7, pp. 1198-1202, July 2020, DOI: 10.1109/LGRS.2019.2941643.
7. Moamen Awad, Habib Gad, **Odalović, Oleg**, Naod, Sofija (2020), Possibility to determine highly precise geoid for Egypt territory, Geodetski vestnik, 2020, 64, DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2020.04.578-593.
8. **Odalović, Oleg** and Todorović Drakul, Miljana and Grekulović, Sanja and Popović, Jovan and Joksimović, Danilo (2018) Chronology of the development of geodetic reference networks in Serbia. Survey Review. 50 (359), pp.163--173. DOI: 10.1080/00396265.2016.1249998.
9. **Odalović O. R.**, Grekulović S. M., Starcević M., Nikolić D., Todorović Drakul M. S., Joksimović D.(2018), Terrain correction computations using digital density model of topographic masses. Geodetski vestnik, 62 (1), 79-97. DOI: 10.15292/geodetskivestnik.2018.01.79-97.
10. Blagojević Dragan, Todorović-Drakul Miljana, **Odalović Oleg**, Grekulović Sanja, Popović Jovan, Joksimović Danilo (2016). Variations of Total Electron Content Over Serbia During the Increased Solar Activity Period in 2013 and 2014, Geodetski vestnik, vol. 60, br. 4, str. 734-744 (Article).
11. **Odalović Oleg**, Starcević Miroslav, Grekulović Sanja, Burazer Milenko, Aleksić Ivan (2012). The establishment of a new gravity reference frame for Serbia, Survey Review, vol. 44, br. 327, str. 272-281 (Article).
12. Aleksić Ivan, **Odalović Oleg**, Blagojević Dragan (2010). State Survey and Real Estate Cadastre in Serbia Development and Maintenance Strategy, Survey Review, vol. 42, br. 318, str. 388-396 (Article).
13. Kaufmann Juerg, Aleksić Ivan, **Odalović Oleg** (2009). Real Estate Cadastre Development in Serbia, Geodetski list, vol. 63, br. 3, str. 243-254 (Review).

1.3 Биографски подаци о кандидату

Марко (Драгољуб) Станковић рођен је 27. фебруара 1985. године у Београду, Република Србија, од мајке Анђелке и оца Драгољуба.

Основну школу „Јован Цвијић“ у Београду завршио је 2000. године, а Геодетску техничку школу у Београду 2004. године, као одличан ученик. Током средњошколског образовања био је прималац државне и војне стипендије, намењене ученицима са

изузетним успехом. У току завршне године средњошколског школовања, освојио је друго место у геодетским дисциплинама на „XV републичким сусретима грађевинских и геодетских школа Србије“, у организацији Министарства просвете и спорта Републике Србије и Заједнице грађевинских и геодетских школа Србије.

Године 2004. уписао је Одсек за Геодезију на Грађевинском факултету Универзитета у Београду, где је дипломирао 2012. године са просечном оценом 8,71. Његов дипломски рад под насловом „Дугорочно праћење карактеристика кварцног осцилатора применом протокола за синхронизацију времена“ оцењен је оценом 10, чиме је стекао звање дипломираног геодетског инжењера.

Након дипломирања, 2013. године, запослио се у компанији „Geo Info Strategies“, где је радио на пројектима из области дигиталне аерофотограметрије, развоја **GIS** софтвера, као и на истраживању и развоју „mobile mapping“ и „street view“ технологија. Као члан тима, учествовао је на међународном пројекту „Aerial Mapping of Kozani, Greece“ који је подразумевао аероснимање префектуре Козани у Грчкој.

Године 2014. запослио се у Средњој геодетској техничкој школи у Београду, где ради као наставник на извођењу наставе из геодетских предмета.

Докторске студије на Катедри за Геодезију и геоинформатику Грађевинског факултета Универзитета у Београду уписао је 2015. године. Током докторских студија положио је све предмете са просечном оценом 9,89, укључујући додатни девети предмет, за који је добио одобрење након подношења молбе. У оквиру својих истраживања, аутор или коаутор девет научних радова. Два рада су објављена у међународним научним часописима на **SCI**¹ листи (категорија **M22** – рад у истакнутом међународном часопису и **M23** – рад у међународном часопису), шест радова су објављена у зборницима међународних научних скупова (категорија **M33** – саопштење са међународног скупа штампано у целини), док је један рад објављен у водећем националном часопису (категорија **M51** – рад у водећем часопису националног значаја).

Године 2018. завршио је обуку за стицање педагошких, психолошких и методичких компетенција у настави на Филозофском факултету Универзитета у Новом Саду. Овај програм обухвата педагошке и психолошке теорије у настави, методичку наставног рада, као и методичку праксу. Исте године је пред Комисијом за полагање испита за лиценцу Министарства просвете, науке и технолошког развоја положио испит за дозволу за рад наставника, васпитача и стручних сарадника, чиме је стекао право на самостално обављање образовно-васпитног рада у оквиру геодезије и геоинформатике.

Говори и активно користи српски и енглески језик.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1 Садржај дисертације

Докторска дисертација Марка Д. Станковића под насловом „Одређивање квазигеоида применом моделираних вредности параметара функционала аномалијског потенцијала“ (на енглеском језику „Determination of quasigeoid using modeled anomaly potential

¹ Science Citation Index

functional values“) садржи укупно 230 страна, од којих је основни текст на 159 страна. Дисертација је писана на српском језику и подељена је у осам поглавља:

1. Увод
2. Теорија потенцијала силе Земљине теже
3. Проблеми граничних вредности теорије потенцијала силе Земљине теже
4. Методологије одређивања квазигеоида и геоида
5. Извори за моделирање параметара аномалијског потенцијала
6. Методологија одређивања квазигеоида применом GGM и DTM
7. Нумеричка истраживања
8. Закључак и препоруке за даља истраживања

Поред тога, дисертација садржи и следеће целине:

- Литература
- Прилози

Дисертација обухвата 113 слика, укључујући дијаграме, хистограме, карте и цртеже, који пружају визуелну подршку и илустрацију текста. Такође, садржи 61 табелу и списак од 77 скраћеница, као и значајан број важних ознака, формула и нумерисаних израза који доприносе дубљем разумевању научне дискусије. На самом почетку, понуђен је резиме на српском и енглеском језику, који садржи кључне речи, научну област и ужу научну област. На крају дисертације налази се списак коришћене литературе са 44 библиографска наслова, уз 35 графичких прилога који додатно илуструју представљене концепте. Биографија аутора је такође представљена на крају дисертације, пружајући увид у његово образовање и рад.

Дисертација је у потпуности обликована у складу са Упутством Универзитета у Београду из 2019. године (Упутство о облику и садржају докторске дисертације која се брани на Универзитету у Београду). Садржи обавезна поглавља и следеће обрасце: Изјаву о ауторству, Изјаву о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и Изјаву о коришћењу.

2.2 Кратак приказ појединачних поглавља

У оквиру „Увода“, кандидат је дефинисао предмет дисертације са основним циљевима истраживања, наглашавајући важност одређивања квазигеоида као референтне висинске површи. У овом поглављу су представљене полазне хипотезе истраживања, као и значај примене савремених методологија у области геодезије. Такође, указује се на потребу за прецизним одређивањем површи локалних квазигеоида високе резолуције, уз употребу јавно доступних података.

Поглавље „Теорија потенцијала силе Земљине теже“ обухвата основне концепте теорије потенцијала неопходне у истраживању. У овом контексту су детаљно разрађени и објашњени појмови реалног и нормалног потенцијала силе Земљине теже. Поред тога, потенцијал је анализиран кроз проблеме одређивања унутрашњег и спољашњег потенцијала, при чему је акценат стављен на објашњење аномалијског потенцијала и његових функционала. Уведени су појмови сферних хармоника, путем којих су

представљени функционали аномалијског потенцијала. Ово поглавље се завршава објашњењем координатних система и референтних висинских (нивоских) површи.

Преко концепта представљеног у претходном поглављу дефинисана је логична основа за даље разрађивање проблематике у наредном поглављу „Проблеми граничних вредности теорије потенцијала силе Земљине теже“, у ком су представљена решења првог, другог и трећег проблема граничних вредности теорије потенцијала.

Затим су у поглављу „Методологије одређивања квазигеоида и геоида“ представљене неке од методологија које служе за моделирање површи квазигеоида и геоида. Ово поглавље је практично послужило за поређење методологије развијене у истраживању у дисертацији са већ постојећим методологијама.

Поглавље „Извори за моделирање параметара аномалијског потенцијала“ садржи детаљно објашњење свих карактеристика аномалије висине коришћених у моделирању. Посебан акценат је стављен на дуготаласну и краткоталасну карактеристику, јер су оне коришћене у истраживању.

Наредно поглавље „Методологија одређивања квазигеоида применом GGM и DTM“ има централно место у дисертацији у ком је теоријски објашњена предложена методологија. У овом поглављу је детаљно представљена методологија која је у наредном поглављу разрађена у математичком смислу.

Поглавље „Нумеричка истраживања“ садржи детаљно објашњење поступака рачунања и анализу резултата у оквиру предложене методологије. Овде је детаљно разрађен математички апарат који је заснован на теоријским концептима представљеним у претходном поглављу. Такође, овде су наведени извори јавно доступних података који су коришћени у методологији.

Коначно, у поглављу „Закључак и препоруке за даља истраживања“ су сумирани коначни резултати и налази истраживања. Овде су дате и препоруке за будућа истраживања, указујући на потенцијалне правце развоја и унапређења методологије и примена у области геодезије.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1 Савременост и оригиналност

Докторска дисертација „Одређивање квазигеоида применом моделираних вредности параметара функционала аномалијског потенцијала“ обрађује актуелне проблеме у рачунању аномалије висине и моделовању површи квазигеоида.

У геодетској пракси, аномалија висине се рачуна на основу дуготаласне, средњеталасне и краткоталасне карактеристике функционала аномалијског потенцијала.

У складу са тим, актуелна истраживања из ове области фокусирају се на одређивање:

- дуготаласне карактеристике – ова компонента обухвата аномалијски потенцијал у функцији ортонормираних сферних хармоника,

- средњеталасне карактеристике – чије рачунање укључује методе попут Стоксовог решења и решења Молоденског, које зависе од доступности података из гравиметријских мерења и
- краткоталасне карактеристике – ове карактеристике произилазе из неправилно распоређених топографских маса, при чему видљиве масе изнад површине геоида значајно утичу на аномалије висине и ундулацију геоида.

Истраживање представљено у овој дисертацији обухвата савремену и значајну тему у области научног истраживања, усмерену на развој методологије за моделирање површи квазигеоида, фокусирајући се на примену дуготаласних и краткоталасних карактеристика функционала аномалијског потенцијала.

У делу који претходи нумеричким истраживањима, детаљно је описана методологија одређивања квазигеоида уз употребу глобалних геопотенцијалних модела и дигиталних модела терена. С обзиром на то да су терестричка мерења, неопходна за моделирање средњеталасних карактеристика, дуготрајна и захтевна, развијена је методологија која омогућава одређивање укупне вредности аномалије висине без ослањања на средњеталасне карактеристике.

Кандидат је користио јавно доступне податке, укључујући .gfc датотеке и пратеће научне радове, који описују процес развоја модела. Ови подаци могу се преузети са веб странице ICGEM (*International Centre for Global Earth Models*), док су за краткоталасну карактеристику коришћени дигитални модели терена (DTM) добијени из мисије SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*). У оквиру докторске дисертације, подаци из оба извора су анализирани, чиме је извршено моделирање укупне вредности аномалије висине, као и валидација добијених података на основу доступних референтних вредности аномалије висине, укључујући локалне референтне квазигеоиде и GPS/dh одређене аномалије на тачкама нивелмана високе тачности.

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 „Одређивање квазигеоида применом моделираних вредности параметара функционала аномалијског потенцијала“ (на енглеском језику „Determination of quasigeoid using modeled anomaly potential functional values“), аутора Марка Д. Станковића, потврђена је оригиналност ове докторске дисертације.

На основу наведеног, може се закључити да моделирање аномалије висине према предложеној методологији, као и одређивање квазигеоида уз примену моделираних вредности параметара функционала аномалијског потенцијала има практичну вредност и резултат је оригиналног научног истраживања. Стога је докторска дисертација кандидата научно оправдана и представља савремену и актуелну тему научног истраживања.

3.2 Осврт на референтну и коришћену литературу

Попис цитиране литературе коришћене у изради ове докторске дисертације садржи 44 библиографске јединице релевантне за област истраживања.

Сва поглавља дисертације ослањају се на велики број референтних иностраних радова и књига, а већину референци чине радови објављени у врхунским међународним

часописима, као што су *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, *Bulletin géodésique*, *ESA Publications Division*, *EOS American Geophysical Union*, *Remote Sensing of Environment*, *Reviews of Geophysics - American Geophysical Union*, *Treatise on Geophysics – Geodesy*, *Journal of Geophysical Research*, *Contributions to Geophysics and Geodesy*, *Encyclopedia of Geodesy*, *Encyclopedia of Remote Sensing*, *Scientific Reports*, *Engineering and Open Geosciences*, укључујући и домаћи часопис *Техника - Наше грађевинарство*. Поред тога, укључени су радови објављени на значајним међународним конференцијама из области геодезије, као што су *System Earth via Geodetic-Geophysical Space Techniques* и *General Assembly of the European Geosciences Union*.

Кандидат је у дисертацији правилно реферисао уџбенике, научно-стручне радове, приручнике, постојеће докторске дисертације, магистарске тезе и научне извештаје.

Кандидат је у значајној мери користио савремену и актуелну литературу.

Највећи део представљених референци има новији датум објављивања. Од укупног броја, 20 референци (45,45%) објављено је у периоду од 2015. до 2024. године, 15 референци (34,09%) објављено је између 2005. и 2014. године, док је 9 референци (20,45%) објављено пре 2004. године. У последњих двадесет година објављено је 79,55% коришћене литературе, док 20,45% литературе потиче из периода старијег од 20 година.

3.3 Опис и адекватност примењених научних метода

Кандидат је рад у дисертацији реализовао паралелном применом теоријског приступа ослоњеног на коришћену литературу и практичног приступа заснованог на сопственом истраживању.

За сагледавање постојећих сазнања из предметне области, кандидат је извршио синтезу резултата досадашњих истраживања прегледом релевантне стручне и научне литературе. У том смислу, извршено је прикупљање, анализа и систематизација резултата досадашњих истраживања, као и преглед до сада примењиваних метода.

План и програм експерименталног дела истраживања формиран је на основу резултата прегледа литературе, коришћењем хеуристичке и хипотетичко-дедуктивне методе. За анализу добијених резултата примењене су компаративне, дедуктивне и статистичке методе испитивања.

На основу свега наведеног, добијене резултате и закључке изведене у оквиру дисертације треба прихватити као потпуно валидне.

3.4 Применљивост остварених резултата

Резултати добијени у овом истраживању указују на могућност одређивања аномалије висине узимајући у обзир искључиво дуготаласне и краткоталасне компоненте функционала аномалијског потенцијала. За ову анализу коришћени су јавно доступни подаци из глобалних геопотенцијалних модела и дигиталних модела терена, са циљем ефикасног, економичног и брзог моделирања површи локалног квазигеоида.

Резултати нумеричких анализа показују да предложена методологија, развијена у овој дисертацији, значајно превазилази методе које обухватају и средњеталасну компоненту,

будући да захтева мање ресурса, времена и трошкова, а притом елиминише потребу за терестричким мерењима.

Кандидат је предложио модел квазигеоида који се ослања на скуп теоријских једначина, омогућавајући предикцију података независно од средњеталасне компоненте, што је могуће захваљујући унапређењу резолуције, степена и реда савремених глобалних геопотенцијалних модела, као и повећаној тачности и резолуцији модерних дигиталних модела терена.

Поред методологије за моделирање укупне вредности аномалије висине, развијена су и три метода спољашње провере, чиме је обезбеђена додатна поузданост коначних резултата.

Моделиране вредности аномалије висине упоређене су са стварним (референтним) вредностима на тачкама нивелмана високе тачности (GPS/dh тачке), као и на тачкама грида резолуције $5' \times 5'$. На овим тачкама, референтне вредности изведене су из локалних референтних квазигеоида и геоида, нормалних, елипсоидних и ортометријских висина, као и GPS/dh података доступних на тачкама нивелмана високе тачности. Постигнуто је добро слагање моделираних и референтних вредности аномалије висине, чиме је успешно извршена валидација предложеног модела применом три различита поступка спољашње провере резултата.

3.5 Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат се у оквиру своје докторске дисертације бавио изучавањем и критичком анализом доступне релевантне литературе, као и планирањем, спровођењем, обрадом и анализом резултата нумеричких истраживања.

Систематичним приступом постављеном проблему, повезујући различите сегменте научно-истраживачког рада, кандидат је успешно решио постављене задатке истраживања и доказао да поседује вештине и способност за самостални научно-истраживачки рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1 Приказ остварених научних доприноса

У оквиру докторске дисертације Марка Д. Станковића могу се издвојити следећи специфични научни доприноси:

- Постигнута је центиметарска тачност модела квазигеоида анализом коначних разлика $\Delta\zeta$ у распону од $-0,15 \text{ m}$ до $0,15 \text{ m}$, што указује на високу прецизност у одређивању локалних модела. Резултати потврђују конзистентност ових модела у односу на референтне моделе, јер у подручјима од интереса (Република Србија, Оверњ, Колорадо) приближно 100% тачака задржава коначне разлике у распону $-0,15 \text{ m} \leq \Delta\zeta < 0,15 \text{ m}$.
- Анализа показује да 94,67% тачака у Оверњи и 100% у Републици Србији и Колораду има разлике у распону $-0,10 \text{ m} \leq \Delta\zeta < 0,10 \text{ m}$, што додатно потврђује прецизност предложених модела. У ужем распону од $-0,05 \text{ m} \leq \Delta\zeta < 0,05 \text{ m}$,

74,82% тачака у Србији показује позитивне разлике, док је у Оверњи тај проценат 56,00%, што може указивати на извесну варијабилност модела у том региону.

- Резултати сугеришу потребу за додатном анализом у региону Оверња, где 37,33% тачака има разлике веће од 0,05 m, а 6,67% разлике мање од -0,05 m, што указује на могуће изазове у моделу. Конзистентност у ширим распонима ($-0,15 \text{ m} \leq \Delta\zeta < 0,15 \text{ m}$ и $-0,10 \text{ m} \leq \Delta\zeta < 0,10 \text{ m}$) у свим подручјима потврђује висок степен прецизности локалних модела квазигеоида, чиме се потврђује квалитет спроведеног истраживања. У Колораду је ова конзистентност нарочито условљена неповољним просторним распоредом GPS/dh тачака на којима је вршена контрола, што наглашава значај добре геометрије нивелмана високе тачности (GPS/dh тачака) у циљу ефикасне контроле модела.
- Развијена је методологија моделирања квазигеоида искључиво на основу јавно доступних података. При чему је за одређивање укупне вредности аномалије неопходно је користити дуготаласну компоненту из глобалних геопотенцијалних модела високог степена и реда, као и краткоталасну компоненту из дигиталних модела терена високе резолуције и прецизности, чиме је постигнута центиметарска тачност овако дефинисаног квазигеоида.

4.2 Критичка анализа резултата истраживања

Истраживачки рад Марка Д. Станковића, дипл. инж. геод., усмерен је на одређивање квазигеоида применом моделираних вредности параметара функционала аномалијског потенцијала, односно карактеристика аномалије висине, искључиво на основу јавно доступних података за територије Републике Србије, региона Оверња у Француској и државе Колорадо у САД.

Истраживање је засновано на хипотези да је могуће моделирање локалног квазигеоида центиметарске тачности коришћењем само дуготаласне карактеристике функционала аномалијског потенцијала, добијене из глобалних геопотенцијалних модела, и краткоталасне карактеристике, добијене из дигиталних модела терена, без употребе средњеталасних карактеристика које непосредно зависе од терестричких мерења. Оваквим приступом предложена је методологија моделирања површи квазигеоида центиметарске тачности, без потребе за додатним терестричким мерењима, која би била неопходна у случају укључивања средњеталасних компонената у методологију.

Анализа података и валидација модела квазигеоида показали су да резултати истраживања потврђују истинитост полазних хипотеза постављених у уводу ове докторске дисертације. Применом развијене методологије могуће је креирати модел површи квазигеоида који задовољава актуелне захтеве у примењеној геодезији, као што су инжењерски пројекти који захтевају центиметарску тачност у одређивању висина, топографски премер који захтева тачну и детаљну картографску подлогу, и остали геодетски радови који захтевају висок ниво тачности и поузданости.

Кандидат је установио да је моделирање површи квазигеоида изузетно сложен процес, при чему валидација квалитета и тачности добијених резултата зависи од бројних фактора. Пре свега, просторни распоред тачака у нивелманској мрежи високе тачности значајно утиче на параметре трансформације, а у случајевима неповољног распореда, као што је уочено у Колораду, овај аспект може утицати на тачност провере резултата,

посебно у погледу екстраполације података. Даље, распон коначних разлика $\Delta\zeta$ представља кључни критеријум за оцену тачности модела; што је већи број тачака са разликама у ужем распону (нпр. $-0,05 \text{ m} \leq \Delta\zeta < 0,05 \text{ m}$), то је модел прецизнији. Конзистентност резултата на различитим тачкама и подручјима потврђује се анализом коначних разлика на GPS/dh тачкама и тачкама унутар мреже; регионалне разлике, као што се види у Србији и Оверњи, указују на специфичне локалне факторе. Такође, примена метода спољашње провере омогућава контролу и верификацију добијених резултата, док је код неповољне просторне расподеле тачака често неопходно применити додатне методе како би се постигао жељени ниво прецизности.

Закључно, моделирање квазигеоида захтева пажљиву анализу расположивих тачака, разматрање различитих распона разлика и прилагођавање метода верификације ради достизања коначне прецизности и стабилности модела. За ширу примену развијене методологије у пракси, неопходно је спровести додатна истраживања која би обухватила употребу будућих глобалних геопотенцијалних модела већих степена и редова, као и дигиталних модела терена са већом резолуцијом и тачношћу, с обзиром на јасан тренд развоја таквих модела.

Осим препорука за унапређење постојећег модела, кандидат је предложио и правце за будућа истраживања у овој области.

4.3 Верификација научних доприноса

У току израде дисертације, Марко Д. Станковић је међународној и домаћој, научној и стручној јавности представио свој рад кроз следеће публикације:

категоризација M22:

1. Marković, Miloš D.; Odalović, Oleg R.; **Stanković, Marko D.** (2022), "*Calculating the Differences of VTEC Values Obtained by Altimetric and GNSS Observations in Coastal Areas*", Survey Review Survey Review, Publisher: Survey / Taylor & Francis, , ISSN: 0039-6265, DOI: 10.1080/00396265.2022.2137130.

категоризација M23:

2. **Stanković, Marko D.**; Odalović, Oleg R.; Marković, Miloš D. (2022), "*Validation and Comparison of Several Global Geopotential Models With an Official Quasigeoid Solution of Serbia*", Geodetski vestnik, Publisher: Association of Surveyors of Slovenia, volume 66, number (3), pages 432-448, ISSN: 0351-0271, DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2022.03.432-448.

категоризација M33:

3. Marković, Miloš D.; **Stanković, Marko D.** (2017), "*Long-Term Monitoring Characteristics of Quartz Oscillators by Applying the Protocol for Time Synchronization (NTP)*", XLIV Symposium on Operational Research SYM-OP-IS 2017, 25.-28. September, VGGG Belgrade, ISBN 978-86-7488-135-4, COBISS.SR-ID 244711948 pp. 520-525.
4. Marković, Miloš D.; **Stanković, Marko D.**; Odalović, Oleg R.; Joksimović, Danilo S.; Petković, Dušan S. (2019), "*Estimation of the Deflection of Vertical Components Using Precise Levelling and GNSS Measurements on High Precision Levelling Network of*

- Serbia", 19th SGEM International Multidisciplinary Scientific GeoConference EXPO Proceedings, Albena, Bulgaria, Volume: 19, Number: 2.2, pages: 109-116, ISSN: 1314-2704, ISBN: 978-619-7408-80-5, DOI: 10.5593/sgem2019/2.2/S09.014.
5. Joksimović, Danilo S.; **Stanković, Marko D.**; Marković, Miloš D.; Petković, Dušan S.; Odalović, Oleg R. (2019), "*Height Anomalies Determined by Three Different GOCO Models*", 19th SGEM International Multidisciplinary Scientific GeoConference EXPO Proceedings, Albena, Bulgaria, Volume: 19, Number: 2.2, pages: 157-164, ISSN: 1314-2704, ISBN: 978-619-7408-80-5, DOI: 10.5593/sgem2019/2.2/S09.020.
 6. Odalović, Oleg R.; Joksimović, Danilo S.; Petković, Dušan S.; **Stanković, Marko D.**; Grekulović, Sanja M. (2020), "*Evaluation and Tailoring of Global Geopotential Models in the Determination of Gravity Field on the Territory of Serbia*", Volume: 14, Number 1, pages: 77-90 – International Conference on Contemporary Theory and Practice in Construction XIV – STEPGRAD, Banski Dvor Cultural Centre, Academy of Science and Arts of the Republic of Srpska, June 11-12, ISSN: 2566-4484, DOI: doi.org/10.7251/stp2014077o Funding/projects: Serbian geodetic infrastructure advancement for the needs of a modern state survey (RS-36020).
 7. Marković, Miloš D.; **Stanković, Marko D.** (2017), "*Application of Scoring Model in Multi-Criteria Decision Making in the Selection of Digital Camera for Astronomical Observations of the Night Sky*", XLIV Symposium on Operational Research SYM-OP-IS 2017, 25.-28. септембар, VGGG Belgrade, ISBN 978-86-7488-135-4, COBISS.SR-ID 244711948 pp. 520-525.
 8. Bosiočić, Stanislava; Kostić, Miodrag; **Stanković, Marko D.** (2017), "*Application of Multi-Criteria Decision Making on Second Order Design Selection of Urban Trigonometric Network*", XLIV Symposium on Operational Research SYM-OP-IS 2017, 25.-28. September, VGGG Belgrade, ISBN 978-86-7488-135-4, COBISS.SR-ID 244711948 pp. 878-883.

категоризација M51:

9. Odalović, Oleg R.; **Stanković, Marko D.**; Grekulović, Sanja M.; Joksimović, Danilo S.; Petković, Dušan S.; Todorović Drakul, Miljana S. (2018), "*Determination of Deflection of the Vertical Components by Using Global Geopotential Model EGM2008*", Tehnika, journal-article UDC: 528.28, DOI: 10.5937/tehnika18033330, vol. 73, бр. 3, pp. 333-338.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

У оквиру докторске дисертације под насловом „Одређивање квазигеоида применом моделираних вредности параметара функционала аномалијског потенцијала“ предложена је методологија за израчунавање укупне вредности аномалије висине ζ^{LMQG} , која комбинује јавно доступне изворе података за моделирање површи локалног квазигеоида LMQG. Дуготаласна карактеристика аномалије висине $\zeta^{EGM2008}$ одређена је на основу глобалног геопотенцијалног модела EGM2008, краткоталасна карактеристика ζ^{RTM} изведена је из резидуалног модела топографије RTM на основу података мисије SRTM, док је елипсоидна корекција ЕК израчуната у односу на референтни елипсоид GRS80.

Добијене вредности укупних аномалија висине ζ^{LMQG} су затим упоређене са подацима референтног квазигеоида RMQG у првом начину спољашње провере на тачкама нивелмана високе тачности, чиме је постигнута центиметарска тачност у свим подручјима испитивања. Примена предложене методологије дала је следеће резултате: за Републику Србију разлике између модела износиле су $\Delta\zeta_{average}=0,018$ m, за регион Оверња $\Delta\zeta_{average}=0,031$ m, и за државу Колорадо $\Delta\zeta_{average}=0,016$ m. Осим тога, установљено је да просторни распоред тачака нивелмана високе тачности значајно утиче на ефикасност поступка предикције у одређивању параметара трансформације.

На основу свих наведених резултата, закључено је да предложена методологија испуњава постављене захтеве у погледу тачности и ефикасности моделирања локалних квазигеоида, чиме су у потпуности испуњени циљеви истраживања. Такође, у оквиру дисертације дати су предлози будућих истраживања.

Комисија сматра да урађена докторска дисертација кандидата Марка Д. Станковића, дипл. геод. инж., у потпуности испуњава све захтеване критеријуме и да је кандидат показао способност за самостални научно-истраживачки рад у свим фазама израде ове дисертације.

Комисија предлаже Наставно-научном већу да се докторска дисертација под насловом:

„Одређивање квазигеоида применом моделираних вредности параметара функционала аномалијског потенцијала“

кандидата Марка Д. Станковића, дипл. геод. инж., прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области грађевинско-урбанистичких наука Универзитета у Београду, као и да након завршетка ове процедуре позове кандидата на усмену одбрану дисертације пред Комисијом у истом саставу.

У Београду 31.10.2024. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:

Проф. др Драган Благојевић, дипл. инж. геод.
Универзитет у Београду, Грађевински факултет

Доц. др Сања Грекуловић, дипл. инж. геод.
Универзитет у Београду, Грађевински факултет

Проф. др Владимир Булатовић, дипл. инж. геод.
Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука
