

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

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Душана С. Петковића

Одлуком Већа Грађевинског факултета Универзитета у Београду, одржаног 28.03.2024. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **Душана С. Петковића, маг. инж. геодез.**, под насловом:

**Одређивање локалних модела јоносфере за потребе прецизног
позиционирања глобалним навигационим сателитским системима**

наслов на енглеском језику:

**Determination of local ionospheric models for precise positioning by global
navigation satellite systems**

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

- Проф. др Драган Благојевић, дипл. инж. геод.,
- Доц. др Миљана Тодоровић Дракул, дипл. инж. геод.,
- др Александра Коларски, дипл. инж. геологије за геофизику, научни сарадник

сачинила је следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Подаци о процедури пријављивања и предаје дисертације

Кандидат Душан С. Петковић, маг. инж. геодез., пријавио је тему докторске дисертације 12.04.2022. године.

На седници Наставно-научног већа Грађевинског факултета одржаној 21.04.2022. године одређена је Комисија за оцену научне заснованости теме докторске дисертације кандидата Душан С. Петковић, маг. инж. геодез., под насловом „Креирање локалних модела јоносфере за потребе прецизног ГНСС позиционирања“ у саставу:

- В. проф. др Олег Одаловић, дипл. инж. геод.,
- др Александра Нина, дипл. физ., виши научни сарадник
- Проф. др Драган Благојевић, дипл. инж. геод.

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 локалних модела јоносфере за потребе прецизног позиционирања глобалним навигационим сателитским системима“. Позитиван извештај Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације кандидата усвојен је на седници Наставно-научног већа Грађевинског факултета одржаној 26.05.2022. године. Веће научних области грађевинско-урбанистичких наука Универзитета у Београду на седници одржаној 07.06.2022. године, својом одлуком усвојило је предлог теме докторске дисертације кандидата Душана С. Петковића.

Кандидат је урађену докторску дисертацију предао Служби за студентска питања Грађевинског факултета 20.03.2024. године.

Одлуком Наставно-научног већа Грађевинског факултета Универзитета у Београду донетој на седници одржаној 28.03.2024. године, именована је Комисија за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Душана С. Петковића, маг. инж. геодез.

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 Одаловића за вођење докторске дисертације су:

1. 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.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. **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.
7. **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.

Радови публиковани у међународним часописима који квалификују ментора вишег научног сарадника др Александру Нина за вођење докторске дисертације су:

1. GNSS and SAR signal delay in perturbed ionospheric D-region during solar X-ray flares, **A. Nina**, G. Nico, O. Odalović, V. M. Čadež, M. Todorović Drakul, M. Radovanović and L. Č. Popović IEEE Geoscience and remote sensing letters, vol. 17, issue 7, (2020), 1198 – 12022.
2. Modelling of the Electron Density and Total Electron Content in the Quiet and Solar X-ray Flare Perturbed Ionospheric D-Region Based on Remote Sensing by VLF/LF Signals. **A. Nina**, Remote Sensing, vol. 14, issue 1, (2022), 54
3. Quiet Ionospheric D-Region (QIonDR) Model Based on VLF/LF Observations. **A. Nina**, G. Nico, S.T. Mitrović, V.M. Čadež, I.R. Milošević, M. Radovanović, L.Č Popović, Remote Sensing, vol. 13, issue 3, (2021), 483
4. Altitude distribution of electron concentration in ionospheric D-region in presence of timevarying solar radiation flux, **A. Nina**, V. Čadež, V. Srećković, D. Šulić, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, vol. 279, (2012), 110-113,
5. Analysis of the Relationship Between the Solar X-Ray Radiation Intensity and the Region Electron Density Using Satellite and Ground-Based Radio Data, **A. Nina**, V. M. Čadež, J. Bajčetić, S.T. Mitrović and L. Č. Popović, Solar Physics, vol. 293, issue 4, (2018), 64
6. Ionospheric D-region temperature relaxation and its influences on radio signal propagation after solar X-flares occurrence, J. Bajčetić, **A. Nina**, V.M. Čadež, B.M. Todorović, Thermal Science, vol. 19, suppl. 2, (2015), pp. S299-S309
7. Behaviour of electron content in the ionospheric D-region during solar X-ray flares, M. Todorović Drakul, V. M. Čadež, J. Bajčetić, L. Č. Popović, D. Blagojević and **A. Nina**, Serbian Astronomical Journal, vol. 193, (2016), 11-18

1.3. Биографски подаци о кандидату

Душан С. Петковић рођен је 17. јула 1994. године у Сурдулици.

Основну школу „Јован Јовановић Змај“ у Сурдулици завршио је 2009. године као носилац Вукове дипломе. Средњу „Геодетску техничку школу“ у Београду, завршио је 2013. године као ђак генерације након чега је уписао Грађевински факултет Универзитета у Београду, студијски програм Геодезија. У току средњошколског образовања Душан је био стипендиста фирме „ВЕКОМ ГЕО“ као и полазник у оквиру Истраживачке станице Петница 2012. године.

Основне академске студије завршио је 2016. године са просечном оценом 8.68. Завршни (синтезни) рад под називом „Анализа мерења и изравнање са оценом тачности основне 1Д мреже инжењерског објекта - пример мрежа у дворишту Факултета“ одбранио је оценом 10 и тиме стекао звање инжењер геодезије.

Мастер академске студије, студијски програм Геодезија и геоинформатика, модул Геодезија, уписао је 2016. године а завршио 2018. године са просечном оценом 9.89. Мастер рад под називом „Успостављање метролошког полигона за потребе еталонирања терестричког ласерског скенера“ одбранио је оценом 10 и тиме стекао звање мастер инжењер геодезије.

Докторске академске студије на Грађевинском факултету у Београду, студијски програм Геодезија и геоинформатика, уписао је школске 2018/2019. године. У периоду од 2018. до 2022. године положио је програмом све предвиђене испите са просечном оценом 10 и одбранио приступни рад под називом „Креирање локалних модела параметара атмосфере у циљу побољшања перформанси ГНСС позиционирања”.

Веће научних области грађевинско-урбанистичких наука на седници одржаној 2022. године дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације под називом „Одређивање локалних модела јоносфере за потребе прецизног позиционирања глобалним навигационим сателитским системима”.

Душан је током докторских студија објавио више радова као аутор или коаутор: 1 рад у научном часопису међународног значаја (часописи на SCI листи), 2 рада у часопису националног значаја, 12 радова на међународним научним скуповима и 1 рад на научном скупу националног значаја. Био је добитник награде из фонда проф. др Миљивоја Симића за најбољи студентски научни рад реализован у сарадњи са Лабораторијама за електронику и грађевинску физику Грађевинског факултета у Београду.

Током 2018. године радио је као предметни наставник у Геодетској техничкој школи у Београду, а од 2019. године до данас је запослен на Грађевинском факултету Универзитета у Београду као асистент – студент докторских студија на студијском програму Геодезија и геоинформатика на групи предмета из ужих научних области „Геодетске референтне мреже”, „Одређивање гравитационог поља” и „Моделирање и менаџмент у геодезији”. У звању асистента активно учествују на извођењу наставе на великом броју предмета, док као истраживач учествују у оквиру националног пројекта Министарства просвете, науке и технолошког развоја „Унапређење геодетске инфраструктуре Србије за потребе савременог Државног премера” (ТР36020), као и у оквиру међународног пројекта „EUREF EPN Densification” под покровитељством Међународне асоцијације за геодезију. Од 2019. године ангажован је у Метролошкој лабораторији за еталонирање мерила угла и дужине на Грађевинском факултету, где је стекао звање метролога.

Говори, чита и пише енглески језик.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација Душана С. Петковића под насловом „Одређивање локалних модела јоносфере за потребе прецизног позиционирања глобалним навигационим сателитским системима” (на енглеском језику „Determination of local ionospheric models for precise positioning by global navigation satellite systems”) садржи укупно 289 страна, од којих је основни текст на 229 страна. Дисертација је писана на српском језику и подељена је у шест поглавља:

1. Увод и мотивација
2. Основни концепт позиционирања глобалним навигационим сателитским системима
3. Земљина јоносфера – теоретске основе и главне карактеристике

4. Моделирање јоносфере применом технологије глобалних навигационих сателитских система
5. Нумеричка истраживања
6. Закључна разматрања

Дисертација садржи 81 слику на којима су приказани дијаграми, цртежи и фотографије релевантне за илустрацију текста, 45 табела, списак од 69 скраћеница, као и већи број важнијих ознака, формула и нумерисаних израза. На крају дисертације дат је списак коришћене литературе који садржи 79 библиографских наслова. На почетку дисертације дат је резиме на српском и енглеском језику, са кључним речима, научном облашћу и ужом научном облашћу. Биографија аутора дата је на крају дисертације.

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 првог поглавља кандидат је приказао развој сателитске геодезије и глобалних навигационих сателитских система (ГНСС) и извршио рекапитулацију претходних истраживања. Поред тога, кандидат је дефинисао предмет научног истраживања, приказао је полазне хипотезе и дефинисао основне циљеве истраживања. Такође, приказана је основна структура дисертације и њена организација по целинама и поглављима.

У оквиру другог поглавља приказане су основе сателитског позиционирања. Кандидат је дефинисао функционалне моделе кодних и фазних псеудодужина и приказао основне изворе грешака. Такође, приказани су основни концепти формирања разлика (једноструке, двоструке и троструке разлике), као и основни појмови који се односе на линеарне комбинације двофреквентних опажања.

У трећем поглављу кандидат је приказао теоријске основе система Сунце-Земља, односно његових главних компоненти: Сунца, Земљиног магнетног поља и Земљине јоносфере. Извршена је рекапитулација основних активности на Сунцу (периодичних и непериодичних) које утичу на промену стања јоносфере, приказана је основна структура јоносфере, односно подела на слојеве, као и подела на геомагнетне регионе. Додатно, кандидат је приказао и основне физичке карактеристике средине простирања.

У четвртом поглављу кандидат је приказао теоријске основе које се односе на моделирање јоносфере применом ГНСС технологије. Дефинисан је јоносферски индекс преламања, приказани су изрази за кашњење сигнала услед утицаја јоносфере. Приказани су основни функционални модели, описан је поступак моделирања са основним компонентама модела. Додатно, кандидат је описао координатне системе који се користе у поступку моделирања, као и математичке трансформације између њих.

Пето поглавље садржи спроведена нумеричка истраживања. Представљени су најзначајнији резултати нумеричких истраживања и приказана је њихова валидација. Добијени резултати су анализирани и интерпретирани.

У шестом поглављу дата су закључна разматрања. Критичком анализом добијених резултата и изношењем опсервација, кандидат је изнео најважније закључке и дао препоруке за будућа истраживања.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Докторска дисертација „Одређивање локалних модела јоносфере за потребе прецизног позиционирања глобалним навигационим сателитским системима“ бави се актуелним питањима која се тичу моделирања параметара јоносфере коришћењем података глобалних навигационих сателитских система.

Термин глобални навигациони сателитски систем подразумева сателитску констелацију која омогућава позиционирања у реалном времену било где на физичкој површи Земље, континуирано доступну у свим временским условима, веома прецизну, поуздану и економичну. Подаци настали као резултат примене поменутих система се услед својих специфичности могу користити како за инжењерске тако и за научне потребе.

Основни концепт ГНСС методе позиционирања базира се на принципу трилатерације, односно одређивања дужине између сателита и пријемника. С тим у вези, сателити емитују сателитске сигналне који на свом путу до пријемника једним делом пролазе кроз Земљину атмосферу, односно кроз јоносферу и тропосферу. Приликом проласка кроз јоносферу, услед велике концентрације негативно наелектрисаних честица сателитски сигнали мењају правац и брзину простирања што доводи до појаве кашњења сигнала и узрокује грешку у одређивању псеудодужина.

Имајући у виду претходно и чињеницу да јоносфера представља један од доминантних извора грешака приликом позиционирања, постоје два основна приступа која егзистирају у контексту ГНСС-а и јоносфере:

- директни приступ - коришћење расположивих података и модела јоносфере у циљу побољшања тачности добијених резултата позиционирања,
- инверзни приступ - коришћење података ГНСС позиционирања у циљу оцене параметра јоносфере који се могу користити за њено моделирање.

Истраживање приказано у овој докторској дисертацији засновано је првенствено на примени инверзног приступа, односно бави се креирањем локалних модела јоносфере на основу података добијених применом методе ГНСС-а.

Приликом креирања локалних модела, кандидат је користио велики број неопходних података у виду 24-часовних опажања прикупљених са перманентних станица правилно распоређених на простору територије Републике Србије у оквиру временског опсега који обухвата период од

28 дана. Локални и регионални модели јоносфере креирани су на основу оцењених вредности тоталног садржаја електрона (енгл. Total Electron Content - TEC) моделирањем детерминистичке и стохастичке компоненте.

У оквиру моделирања детерминистичке компоненте, непознати TEC параметри су разматрани као хармонијске функције, па је за оцену непознатих параметара јоносфере коришћена глобална сферно-хармонијска репрезентација прилагођена локалној, односно регионалној примени. Стохастичка компонента моделирана је на основу оцене стохастичких параметара јоносфере. Приликом креирања модела, разматрани су и чланови виших редова јоносферске корекције, односно чланови другог и трећег реда, као и члан који се односи на ефекте савијања сигнала. Валидација добијених резултата извршена је на основу јавно доступних података у виду глобалних јоносферских мапа.

На основу креираних локалних и регионалних модела јоносфере кандидат је извршио анализу моделираног стохастичког дела креираних модела у циљу предлога методологије детекције наглих промена на Сунцу. Анализирано је укупно 9 специфичних догађаја насталих као последица активности Сунца у оквиру изабраног временског опсега: 5 Сунчевих X флорова класификованих у оквиру распона класа од C5 до X5, као и 4 геомагнетне олује класификованог интензитета у опсегу G1-G3.

У дисертацији су анализирани и промене у оквиру D слоја у мирним условима како би се анализирао њихов утицај на вредности тоталног садржаја електрона. Такође, анализиран је и релевантан утицај у периодима максималних пертурбација изазваних Сунчевим X флорима.

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 локалних модела јоносфере за потребе прецизног позиционирања глобалним навигационим сателитским системима“ (на енглеском језику „Determination of local ionospheric models for precise positioning by global navigation satellite systems“) аутора Душана С. Петковића, потврђена је оригиналност ове докторске дисертације.

На основу наведеног, може се закључити да дисертација „Одређивање локалних модела јоносфере за потребе прецизног позиционирања глобалним навигационим сателитским системима“ има практичну вредност и применљивост, и резултат је оригиналног научног истраживања. Стога је докторска дисертација кандидата научно оправдана и представља савремену и актуелну тему научног истраживања у оквиру научне области Геодезије и уже научне области Теоријска и физичка геодезија.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Попис литературе коришћене у изради ове докторске дисертације садржи 79 библиографских јединица релевантних за област истраживања.

Сва поглавља дисертације ослањају се на велики број референтних иностраних радова и књига, а већину литературе чине радови објављени у врхунским међународним часописима, као што су *Journal of Geodesy, Earth, Planets and Space, Radio Science, Advances in Radio Science,*

Space Weather, Reviews of Geophysics, Journal of Geophysical Research, Planetary and Space Science, Bull. Geodesique, Space Science Reviews, Annals of Geophysics, Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, Geodetski vestnik, Remote Sensing, Geofizika, као и радови објављени на значајним међународним конференцијама из области геодезије.

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

Кандидат је у значајној мери користио савремену и актуелну литературу.

Највећи број приказаних референци је новијег датума, од чега је 59 приказаних референци објављено између 2000. и 2024. године. Преко 70% литературе публиковано је у последњих двадесет година, док је око 50% литературе објављено у последњих десет година.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Кандидат је истраживање у оквиру израде дисертације спровео упоредном применом теоријског приступа коришћењем референтне литературе и практичног приступа заснованог на властитом истраживању.

За упознавање са постојећим сазнањима из области истраживања, кандидат је извршио синтезу резултата досадашњих радова у датој области прегледом релевантне научне и стручне литературе. У том погледу, извршено је прикупљање, анализа и систематизација остварених резултата у досадашњим истраживањима, као и преглед претходно примењиваних метода.

План експерименталног дела истраживања креиран је на основу резултата прегледа литературе и коришћењем хеуристичке и хипотетичко-дедуктивне методе. Анализа добијених резултата извршена је применом компаративне, дедуктивне и статистичке методе истраживања.

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

3.4. Применљивост остварених резултата

Резултати остварени у току истраживања пре свега показали су да је могуће креирати локалне и регионалне моделе јоносфере Земље за потребе позиционирања глобалним навигационим сателитским системима.

Резултати нумеричких истраживања потврдили су да је на основу ГНСС података могуће креирање локалних и регионалних модела високе резолуције и тачности који се могу користити за прецизно позиционирање. Такође, поменути модели се могу користити за описивање просторно-временских варијација јоносфере на веома ефикасан начин.

Кандидат је испитао и могућност детекције наглих промена на Сунцу на основу креираних модела. На основу моделирања стохастичке компоненте, показано је да није могуће детектовати нагле промене у виду Сунчевих Х флорова. Додатно, кандидат је указао и на могућност описивања геомагнетних активности применом предложене методологије.

Валидацију добијених резултата кандидат је извршио коришћењем јавно доступних података глобалних јоносферских мапа. Добра сагласност између поменутих група података потврђује валидност добијених резултата приказаних у докторској дисертацији.

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, извођењем, обрадом, анализом и интерпретацијом резултата нумеричких истраживања. Систематичним и целовитим приступом постављеном проблему, повезујући различите сегменте научно-истраживачког рада, кандидат је успешно решио постављене задатке истраживања и показао да поседује вештине и способност за самосталан научно-истраживачки рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

У оквиру докторске дисертације Душана С. Петковића могу се издвојити следећи специфични научни доприноси проистекли из спроведеног истраживања:

- Показано је да је на основу података прикупљених применом ГНСС технологије могуће креирати локалне моделе јоносфере који репрезентују стање јоносфере на нивоу локалног подручја од интереса;
- Показано је да је на основу креираних локалних модела могуће креирати регионалне моделе високе резолуције и тачности који у одређеној мери боље осликавају стање јоносфере од јавно доступних глобалних модела;
- На основу података креираних модела установљено је да није могуће детектовати нагле промене на Сунцу у виду Сунчевих Х флорова;
- На основу стохастичких података креираних локалних модела показано је да је могуће приказати просторно-временски варијабилитет јоносфере изнад релевантног подручја од интереса, али да није могуће са сигурношћу утврдити порекло утицаја уочених варијација имајући у виду комплексност и велики степен зависности појава активности на Сунцу и оних у оквиру геомагнетног поља;
- Показано је да је приликом моделовања укупног ТЕС-а, у периоду мирних услова могуће занемарити утицај електронске концентрације Д слоја, за разлику од случајева мирних услова око летњег солстиција у периоду око максимума Сунчевог циклуса, када утицај Д слоја не мора бити занемарљив;
- У периоду максималних пертурбација електронске концентрације у Д слоју услед утицаја Сунчевих Х флорова класе C5 и јачих, установљено је да је неопходно уврстити утицај овог слоја приликом моделовања укупног ТЕС-а.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Истраживачки рад Душана С. Петковића, маг. инж. геодез., имао је за циљ креирање локалних модела јоносфере за потребе прецизног позиционирања глобалним навигационим

сателитским системима, као и анализу утицаја промена у оквиру Земљиног јоносферског Д слоја током мирних услова и током интензивних пертурбација узрокованих Сунчевим Х флеровима.

Истраживање је засновано на полазним хипотезама да је коришћењем резултата мерења глобалним навигационим сателитским системима могуће креирати локалне и регионалне моделе јоносфере. У циљу креирања јоносферских модела, коришћен је сферно-хармонијски развој непознатих параметара у оквиру моделирања стохастичке и детерминистичке компоненте. Анализа утицаја промена у оквиру јоносферског Д слоја извршена је на основу Wait-овог модела јоносфере и QIonDR модела базираног на опажањима записа радио сигнала из опсега врло ниских/ниских фреквенција (енгл. Very Low Frequency/Low Frequency, VLF/LF).

Испитивања у оквиру дисертације утврдила су да је применом описане методологије могуће креирати локалне и регионалне јоносферске моделе високе резолуције и тачности који боље осликавају стање јоносфере од јавно доступних глобалних модела. Такође, модели креирани на описани начин садрже информације о детерминистичкој и стохастичкој компоненти па је на основу њих могуће побољшати тачност добијених координата тачака додатно ослобођених утицаја наглих промена на Сунцу.

Добијени резултати креираних јоносферских модела су верификовани у поступку валидације резултата са подацима глобалних јоносферских мапа. Показано је да је сагласност добијених резултата до нивоа 5 TECU јединица за територију Републике Србије, чиме је кандидат показао поузданост остварених резултата.

Кроз нумеричка истраживања заснована на теоријским поставкама, утврђене су могућности ГНСС технологије у контексту моделирање јоносфере, показана је могућност детекције наглих промена на Сунцу, и извршена је анализа утицаја концентрације електрона у Д слоју јоносфере. На основу добијених резултата и изведених закључака може се констатовати да је кандидат доказао тачност полазних хипотеза ове докторске дисертације.

Поред свега наведеног, кандидат је дао и низ препорука и предлога за даља истраживања у предметној области.

4.3. Верификација научних доприноса

У току израде докторске дисертације, Душан С. Петковић је међународној и домаћој научној и стручној јавности представио свој научни рад кроз следеће публикације:

Категорија M23:

1. **Petković, D.** and Odalović, O. and Nina, A. (2022) Influence of the solar hydrogen Ly α line on the GNSS signal delay in the ionospheric D-region. Contributions of the Astronomical Observatory Skalnaté Pleso. 52 (3), pp.116-125. DOI: 10.31577/caosp.2022.52.3.116

Категорија M33:

1. **Petković, Dušan** and Grekulović, Sanja and Todorović Drakul, Miljana and Odalović, Oleg (2023) Determination of ionospheric models using global navigational satellite systems and

- Bernese GNSS software. In: Book of Abstracts and Contributed Papers, International Conference on Recent Trends in Geoscience Research and Applications, Belgrade, October 23–27, 2023.
2. Todorović Drakul, Miljana and Grekulović, Sanja and Odalović, Oleg and **Petković Dušan** (2022) Comparison of IRI-2016 and NEQUICK models of the Ionosphere over the Balkan Peninsula during the year 2019. In: International conference on contemporary theory and practice in construction XV. DOI: 10.7251/STP2215283T
 3. **Petković, Dušan** and Odalović, Oleg and Nina, Aleksandra (2022) Influence of the periodic changes in the incoming solar hydrogen Ly- α radiation intensity on the total electron content in the ionospheric D-region. In: IV Meeting on Astrophysical Spectroscopy - A&M DATA - Atmosphere.
 4. Odalovic, Oleg and Grekulović, Sanja and Todorovic Drakul, Miljana and **Petkovic, Dusan** (2022) Determinations of the preliminary coordinates for the new GNSS permanent station network in Serbia. In: 22nd International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2022, Vol22, Issue 2.1. DOI: 10.5593/sgem2022/2.1/s09.23

Категорија M51:

1. **Petkovic, Dusan** and Brajovic, Ljiljana and Vasilić, Violeta and Bosiocic, Stanislava (2023) Doprinos određivanju jonosferskog kašnjenja GNSS satelitskih signala na teritoriji Republike Srbije. Tehnika. 78 (1), pp.21-28. DOI: 10.5937/tehnika2301021P

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација под насловом „Одређивање локалних модела јоносфере за потребе прецизног позиционирања глобалним навигационим сателитским системима“ посвећена је одређивању локалних и регионалних јоносферских модела за потребе прецизног позиционирања глобалним навигационим сателитским системима и анализи утицаја промена у оквиру јоносферског Д слоја током мирних услова и током интензивних пертурбација узрокованих Сунчевим Х флеровима. Поред наведеног, приказане су и могућности детекције наглих промена на Сунцу на основу креираних модела. Остварени резултати показују да су испуњени основни циљеви истраживања. Такође, у оквиру дисертације дати су предлози будућих истраживања.

Комисија сматра да урађена докторска дисертација кандидата Душана С. Петковића, магист. инж. геодез., 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 локалних модела јоносфере за потребе прецизног позиционирања глобалним навигационим сателитским системима“

кандидата Душана С. Петковића, магист. инж. геодез., 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 10.04.2024. године.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

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

.....
Доц. др Миљана Тодоровић Дракул, дипл. инж. геод.
Универзитет у Београду, Грађевински факултет

.....
др Александра Коларски, дипл. инж. геологије за геофизику, научни
сарадник
Универзитет у Београду, Институт за физику у Београду