

DŽANA HALILOVIĆ, DOKTORICA TEHNIČKIH NAUKA



Džana Halilović, rođ. Horozović, odbranila je doktorsku disertaciju pod naslovom „Računanje parametara na osnovu podataka globalne multi-GNSS mreže (eng. **Parameter estimation based on global multi-GNSS network data**). Istraživanje za disertaciju je radila na Tehničkom Univerzitetu u Beču (TUW), na Fakultetu za matematiku i geoinformacije – Odsjek za geodeziju i geoinformacije – Istraživačka jedinica za Višu geodeziju, te s uspjehom disertaciju odbranila dana 21. 10. 2024.

Disertacija je napisana na engleskom jeziku, pod mentorstvom prof. dr. Roberta Webera, a sastav Komisije za ocjenu i odbranu je: univ.- prof. dr. Robert Weber, (TUW); univ.- prof. dr. Johannes Böhm, (TUW); prof. dr. Medžida Mulić (UNSA, u mirovini), a univ.-prof. dr. Hans-Berndt Neuner, aktuelni dekan za akademska pitanja, bio je sekretar Komisije i vješto je moderirao proces odbrane u skladu s pravilima TUW.

Disertacija je organizirana u sedam poglavlja: 1. Uvod; 2. Zemljina rotacija; 3. Jonosfera; 4. Globalni navigacioni satelitski sistemi; 5. Procjena parametara; 6. Rezultati; 7. Zaključak i perspektive.

Pored navedenog, doktorski rad sadrži i sljedeće dijelove: Sažetak na njemačkom i engleskom jeziku, Zahvalnice, Sadržaj, Spisak slika (sa ukupno 97 slika), Spisak tabela (sa ukupno 40 tabela), te Spisak skraćenica na početku dokumenta. Web linkovi (sa 35 jedinica), Bibliografija (sa 127 jedinica) i dva dodatka (A i B) nalaze se na kraju rada.

Cilj je bio istražiti utjecaj podataka opažanja globalnog navigacijskog sistema EU Galileo i sagledavanje njegovog utjecaja na određivanje globalnih geodetskih parametara, kao što su koordinate Zemljinih polova i dužina dana – LoD, modele plimnih valova uz primjenu kombinacije GPS sa Galileo opažanjima. Dodatno, GPS/GAL kombinacije su istražene u regionu EU, procjenom jonosferskih parametara kao što su VTEC vrijednosti na evropskim (srednjim) geografskim širinama.

Rezultati doktorske teze imaju potencijal da doprinesu napretku naučne oblasti geodezije, satelitskog pozicioniranja i navigacije. Potvrđena postavljena hipoteza da obrada kombinovanih GNSS opažanja donosi značajna poboljšanja u tačnosti parametara Zemljine rotacije (ERP), modeliranju jonosfere, te unapređenju tačnosti geodetskih referentnih sistema, predstavlja važno dostignuće. Osim toga, rezultati imaju potencijal da daju poticaj napretku u industriji navigacije kroz bolje modele jonosfere.

Naučni doprinos problemu koji je proizašao iz istraživanja dr. Halilović, ukratko se može predstaviti na sljedeći način:

Poglavlje 1 – Uvodno poglavlje navodi motivaciju i tri istraživačka pitanja koja pomažu da se postavi hipoteza, a koja su vodič kroz istraživanje.

Poglavlje 2 - *Zemljina rotacija* razmatra sistem Zemlja, a njegova dinamika uzrokuje neravnomjernost Zemljine rotacije, što rezultira promjenama položaja Zemljine rotacijske ose i

položaja tijela planete u svemiru. Opisani su relevantni svemirski i geodetski globalni referentni sistemi, kao i njihova međusobna povezanost preko parametara Zemljine orijentacije (eng. Earth orientation parameter, EOP): precesija i nutacija, polarno kretanje i ugao rotacije Zemlje. Dodatno, detaljno su opisane dinamičke okeanske plime u kontekstu novih događaja i spoznaja. Sva razmatranja su dobro ilustrovana slikama i objašnjena relevantnim formulama.

Poglavlje 3 – *Jonosfera* je objašnjena kroz opis fizičkih svojstava i strukture ovog dijela Zemljine atmosfere, kao i njenog djelovanja na GNSS pozicioniranje i navigaciju. Detaljno su razmatrani širenje talasa u jonosferi, kao i jonosferska refrakcija. Predstavljeno je nekoliko postojećih modela jonosfere koji su služili kao referentne vrijednosti potrebne za evaluaciju modela jonosfere predstavljenog u ovom istraživanju.

Poglavlje 4 - *Globalni navigacioni satelitski sistemi* su razmatrani kroz trenutno operative GNSS (GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou) i regionalni RNSS (QZSS, IRNSS/NavIC), ukazujući na njihove glavne karakteristike, kao što su pokrivenost frekvencijskog opsega, karakteristike satelitske orbite, nadmorske visine satelita, te usluge koje ovi sistemi nude. Također su razmatrani matematički principi: GNSS jednačine opažanja za mjerenja zasnovana na kodovima i fazama te najčešće linearne kombinacije koje se koriste za eliminaciju ili ublažavanje mogućih izvora grešaka.

Poglavlje 5 – *Procjena parametara* opisuje podatke, metode i strategije obrade. Poglavlje se sastoji iz dva dijela. Prvi dio obuhvata opis obrade parametara Zemljine rotacije (ERP) koji se zasniva na podacima opažanja globalno distribuirane mreže permanentnih GNSS IGS stanica. Predočeno je šest različitih rješenja. Drugi dio ovog poglavlja bavi se regionalnim modeliranjem jonosfere. Sadrži detaljan opis koraka obrade za generisanje regionalnog modela jonosfere, koji je, suprotno prethodnoj procjeni parametara, zasnovan na podacima regionalne GNSS permanentne mreže. Ovo poglavlje sadrži sve bitne elemente potrebne za ponovljeno računanje kako bi se dobili slični rezultati.

Poglavlje 6 – *Rezultati* pokazuju analizu različitih rješenja s različitih aspekata: uspoređene su vremenske serije ERP-rješenja obrađeni samo sa GPS podacima u odnosu na rješenja dobivena kombinacijom podataka GPS+Galileo (GPS/GAL). Također je vršena usporedba ERP vremenskih serija koje se zasnivaju na jednodnevnim rješenjima u odnosu na trodnevno-bazirane ERP vremenske serije. Analiza rezultata regionalnog modela jonosfere, gdje je generirani GPS/GAL kombinovani regionalni model, temelji se na usporedbi sa postojećim modelima jonosfere.

Poglavlje 7 – *Zaključak i perspektive iznose* sve zaključke temeljene na rezultatima istraživanja. Nadalje su date preporuke u vezi sa trenutnom postavkom obrade i mogućim budućim poboljšanjima.

Istraživanja postignuta tokom izrade disertacije objavljujivana su sukcesivno na naučnim simpozijima i u časopisima, kao što slijedi:

- Horozović, Dž., & Weber, R. (2018). GNSS-based determination of High Frequency Earth Rotation Parameters utilizing GPS + Galileo observation data. In *EGU General Assembly 2018*. EGU General Assembly 2018, Vienna, Austria. Copernicus Publications.

- Horozović, Dž., Natraš, R., & Mulić, M. (2018). Impact of geomagnetic storms and ionospheric disturbances on mid-latitude station's coordinates using static and kinematic PPP. In *EGU General Assembly 2018*. EGU General Assembly 2018, Vienna, Austria. Copernicus Publications.
- Horozović, Dž., & Weber, R. (2018). Bestimmung von hochfrequenten Erdrotationsparametern unter Verwendung von GPS und Galileo Beobachtungsdaten. In *Abstract Book Geodätische Woche 2018*. Geodätische Woche 2018, Frankfurt, EU. Abstract Book Geodätische Woche 2018.
- Horozović, Dž., Natraš, R., & Tabaković, A. (2018). *Solar flare effect on the ionosphere and GNSS positioning accuracy in Western Balkan Region*. 1st Western Balkan Conference on GIS, Mine Surveying, Geodesy and Geomatics, Tirana.
- Horozović, Dž., Weber, R., Boisits, J., Magnet, N., & Aichinger-Rosenberger, M. (2019). GPS/Galileo-based Regional Ionosphere Model performance for European mid-latitude region. In European Geosciences Union (Ed.), *EGU General Assembly 2019*. Copernicus Publications.
- Halilović, Dž., & Weber, R. (2019). *GNSS-based Regional Ionosphere Modeling*. Specialized Workshop on Space Geodesy and Ionosphere Research SGI 2019, Berlin, Germany.
- Halilović, Dž., & Weber, R. (2020). Contribution of Galileo observations to improve the quality of daily and sub-daily earth rotation parameter estimates. In *EGU General Assembly 2020*. EGU General Assembly 2020, Vienna, Austria. Copernicus.
- Halilović, Dž., Mulić, M., & Weber, R. (2023). Earth Rotation and Its Parameters. In N. Ademovic, E. Mujčić, M. Mulić, J. Kevrić, & Z. Akšamija (Eds.), *Advanced Technologies, Systems, and Applications VII* (pp. 492–506). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-17697-5_38.
- Halilović, Dž., Hanna, N., & Weber, R. (2023, May). *Comparison of NeQuick G and Klobuchar model performances at single-frequency user level* [Poster Presentation]. 14. Österreichischer Geodätentag 2023, Steyr, Austria. <https://doi.org/10.34726/5340>.

Treba napomenuti da su ovdje navedeni samo radovi gdje je Džana Halilović navedena kao prvi autor.

Dalji akademski rad nastavlja kao naučni saradnik u BKG-u, Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (Savezni zavod za kartografiju i geodeziju) u Njemačkoj. Ponosni smo što je Bosanka jedina ili jedna od rijetkih stručnjaka koji ima priliku da radi u ovoj prestižnoj istraživačkoj instituciji.

Radosni smo da uputimo čestitke i najbolje želje za dalji uspjeh u akademskom životu našoj Dr. Džani Halilović koja je na Univerzitetu u Sarajevu - Građevinski fakultet stekla zvanje dipl. ing. geodezije i geoinformacija, (master rad iz oblasti istraživanja jonosfere pod mentorstvom prof. dr. Medžide Mulić), a postigla uspjeh na prestižnom EU TUV i predstavila UNSA u najboljem svjetlu. Nadamo se da će u godinama koje dolaze dr. Džana Halilović usko surađivati s Odsjekom za geodeziju i geoinformatiku i radujemo se njenom doprinosu našem Geodetskom glasniku.

Disertacija je objavljena na web strani TUV, a dostupna za javnost na linku: <https://repositum.tuwien.at/bitstream/20.500.12708/203945/1/Halilovic%20Dzana%20->

%202024%20-%20Parameter%20estimation%20based%20on%20global%20multi-GNSS%20network...pdf



Slika 1. Dr. sc. Džana Halilović s članovima Komisije za odbranu (s lijeva na desno: univ.-prof. dr. Hans-Berndt Neuner, univ.- prof. dr. Johannes Böhm, dr. sc. Džana Halilović, prof. dr. Medžida Mulić, univ.-prof. dr. Robert Weber). Foto: <https://www.tuwien.at/en/mg/geo/news/news-detail/news/rigorousum-dzana-halilovic-1>

Medžida Mulić