

Primljeno / Recived: 01.11.2019.
Prihvaćeno / Accepted: 05.12.2019.

UDK 551.24 : 528.06
Pregledni naučni rad / Review article

PRIMJENA NAUČNOG SOFTVERA GAMIT/GLOBK ZA GEODINAMIKU U BOSNI I HERCEGOVINI

APPLICATION OF SCIENTIFIC SOFTWARE GAMIT/GLOBK FOR GEODYNAMICS IN BOSNIA AND HERZEGOVINA

Jasmin Ćatić, Dževad Krdžalić

SAŽETAK

Globalni navigacijski satelitski sistemi (GNSS) se koriste za različite geodetske zadatke u inženjerskoj geodeziji, katastru nekretnina, primijenjenoj geodeziji i slično. Međutim, visokoprecizna GNSS mjerenja se koriste prvenstveno za određivanje referentnih geodetskih mreža, te istraživanje geodinamičkih fenomena kao što su kretanja tektonskih ploča, što je u fokusu ovog rada. Aktivna GNSS mreža Bosne i Hercegovine (BiH) nazvana BIHPOS (BiH Pozicionirajući Servis) korištena je za računanje koordinata i brzina stanica BIHPOS mreže. Podaci sa 23 stanice su obrađeni koristeći naučni softver GAMIT/ GLOBK (verzija 10.7), razvijen od strane MIT Instituta (engl. Massachusetts Institute of Technology). Tačnost rezultirajućih koordinata je subcentimetarska, a tačnost brzina bolja je od 1 mm/godini. Brzine stanica interpretiraju geodinamiku područja unutar BiH. Korišteno je šest IGS (engl. International GNSS Service) stanica, kao referentne datumske stanice. Analiza rezultata izabranih datumskih stanica pokazuje dobro slaganje sa brzinama Europske mreže permanentnih stanica (engl. EUREF Permanent GNSS Network), dok izračunate brzine BIHPOS stanica pokazuju veoma sličan trend brzinama koje su dobivene iz regionalnih geodinamičkih kampanja (CERGOP) na 13 stanica u Bosni i Hercegovini.

Ključne riječi: geodinamika, BIHPOS, GAMIT, GLOBK, brzine, GNSS, CERGOP

ABSTRACT

Global Navigation Satellite Systems (GNSS) are used for different purposes in geodesy, like engineering geodesy, land management, real estate cadastre, land surveying, etc. However, high-precision GNSS measurements are used primarily for determination of reference networks, and for investigation of geodynamical phenomena as tectonic plates movements, which is the focus of this paper. An active GNSS network of Bosnia and Herzegovina (BIHPOS) was used for calculation of coordinates and velocities of networks' stations. Data from 23 stations were processed using scientific software GAMIT/GLOBK (version 10.7), developed on MIT (Massachusetts Institute of Technology). A sub-centimeter accuracy of coordinates is achieved and accuracy of calculated velocities is better than 1 mm/year. Station velocities interpretate geodynamics of Bosnia and Herzegovina. Six IGS stations were used, as reference datum stations. Reference stations analysis results are in good match with EUREF Permanent GNSS Network velocities, while BIHPOS stations velocities (at 13 stations in Bosnia and Herzegovina) show very similar trend to the velocities obtained from regional geodynamic campaigns (CERGOP).

Keywords: geodynamics, BIHPOS, GAMIT, GLOBK, velocities, GNSS, CERGOP

1 UVOD

Zemlja se može, hipotetički, posmatrati kao skup veoma malih dijelova, toliko malih da se mogu smatrati tačkama. Ako se usvoji ovakva formulacija sastava Zemlje, može se reći da se svaka tačka temporalno i permanentno pomjera zbog različitih razloga: pomjeranja tektonskih ploča, efekata plimnih valova, opterećenja zbog atmosfere i hidrosfere, posljedica egzogenih i erogenih procesa, ili drugih lokalnih geoloških procesa (Altiner, 1999).

Kinematika litosfere primarno se zasniva na njenoj dinamici, te na kinematici i dinamici čvrste zemlje. Određivanje kretanja tektonskih ploča je jedno od glavnih istraživačkih područja, od kada se ustanovilo kretanje ploča. Inicijalno, geofizika, paleomagnetizam, seizmologija i geologija pružaju primarne podatke opažanja kretanja ploča. Od pojave geodetskih svemirskih tehnika, iste imaju veliku ulogu u istraživanju globalne, regionalne i lokalne geodinamike (Stein, 1992).

Prije pojave geodetskih svemirskih tehnika, kao što su GNSS (engl. *Global Navigation Satellite System*), SLR (engl. *Satellite Laser Ranging*), DORIS (engl. *The Doppler Orbitography and Radio-positioning*) i VLBI (engl. *Very Long Base Interferometry*), određivanje pomaka tektonskih ploča je rađeno pomoću relativnog modela kretanja ploča, poput NUVEL-1 modela, koji je razvijen koristeći podatke geoloških istraživanja (DeMets i dr., 1990). Opažanje pomenutim geodetskim tehnikama, u cilju određivanja aktuelnog horizontalnog i vertikalnog pomjeranja Zemljine kore, s povećanom tačnošću, koriste se tek od ranih 1990-ih (Mulić, 2018).

Podaci potrebni za geodinamička istraživanja mogu se dobiti računanjem brzina stanica permanentnih GNSS mreža. Na osnovu višegodišnjih podataka opažanja i kombinovanja rješenja, dobiju se koordinate stanica i njihove godišnje promjene, odnosno brzine, na osnovu kojih se onda mogu interpretirati geodinamička kretanja određenog područja. Konkretno, u ovom radu, provedeno je istraživanje i računanje brzina stanica na osnovu trogodišnjeg opažanja, uzeto je po sedam dana iz svake godine, te su rezultati brzina upoređeni sa rezultatima višegodišnjih geodinamičkih kampanja, te brzinama stanica sa oficijelne EUREF stranice, a sve u cilju interpretacije geodinamike teritorija Bosne i Hercegovine (BiH).

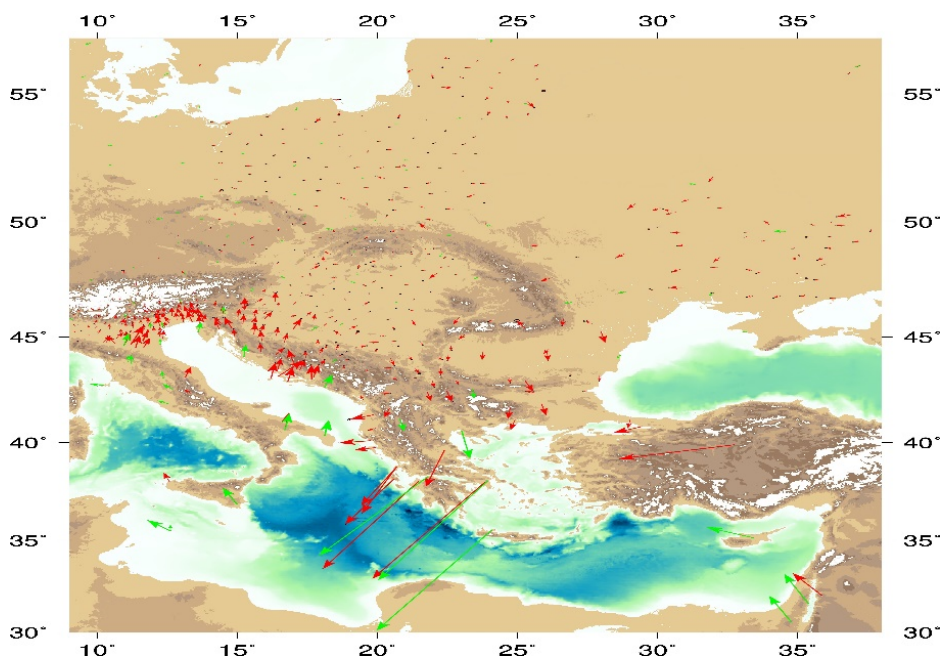
Postoje izračunati globalni modeli kretanja tektonskih ploča na osnovu kontinuiranih opažanja na geodetskim stanicama iz niza godina. Jedan od primjera je da se računa procjena globalnog kretanja 14 tektonskih ploča, koristeći brzine 206 stanica visoke preciznosti, koje su izračunate u odnosu na međunarodni terestrički referentni okvir (engl. *International Terrestrial Reference Frame – ITRF*). Preciznost ovakvih modela procjenjuje se na 0.3 mm/god. (Altamimi i dr., 2012).

1.1 Geodinamika u BiH

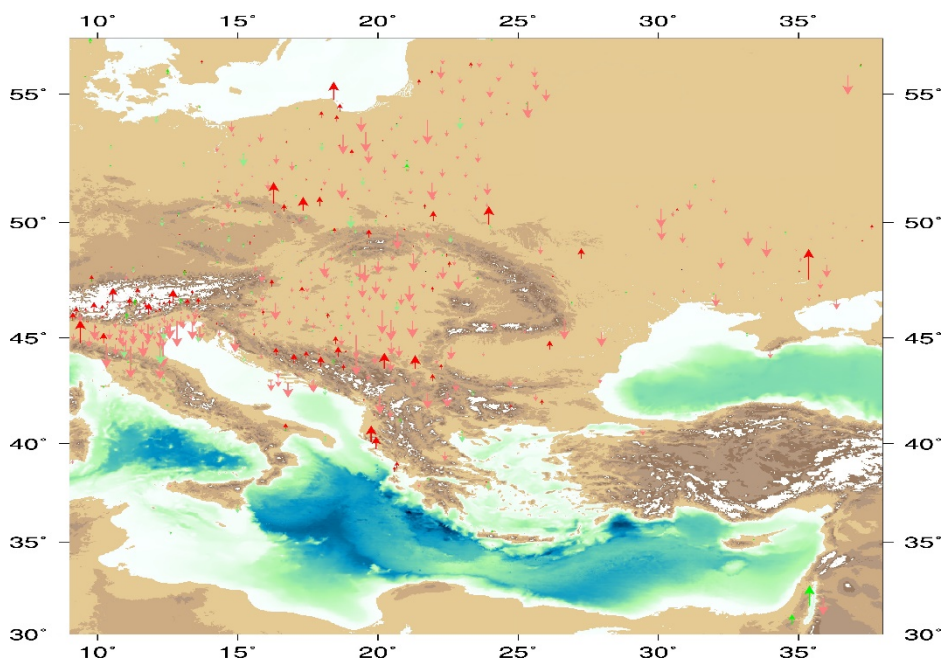
Prva GPS opažanja u cilju geodinamičkih istraživanja u Bosni i Hercegovini obavljena su 1996. godine, u okviru GPS kampanje CRODYN 96. Tada su u BiH opažane trigonometrijske tačke prvog reda: Kudić Brdo, Čvrsnica, Stolice, Turić, zatim jedna tačka drugog reda, koja je kraj osnovičke mreže u Livanjskom polju - Plovuća, te tačka kod stadiona Koševo u Sarajevu, koja je određena kao trigonometrijska tačka četvrtog reda.

Godine 1998. Bosna i Hercegovina se pridružila međunarodnom geodinamičkom projektu CERGOP (engl. *Central European Regional Geodynamical Project*). U tom projektu su se organizovale GPS opažačke kampanje s akronimom CEGRN (engl. *Central European GPS Reference Network*). Ove kampanje su u skladu s konvencijom organizovane u pet 24-satnih sesija sredinom mjeseca juna, svake druge godine. U GPS kampanji CEGRN99 su u BiH opažane dvije stanice: po prvi put je opažana novouspostavljena permanentna stanica u Sarajevu SRJV i trigonometrijska tačka prvog reda Turić. Stanica SRJV je iste godine uključena u mrežu Evropske permanentne mreže, i nakon analize kvaliteta mjerenja svrstana u kategoriju A. Slijedile su GPS kampanje: CEGRN 2001, pa nadalje svake neparne godine do 2017. Po broju opažanih stanica ističe se CEGRN 2015, kada je opažano 26 GPS stanica u Bosni i Hercegovini (Mulić i dr., 2015).

Brzine stanica dobivene u CEGRN kampanjama za područje Bosne i Hercegovine upoređene su sa rezultatima ovog rada i urađena su poređenja o kojima će kasnije biti više riječi. Karte sa brzinama iz CEGRN kampanja date su na Slikama 1 i 2 gdje se vide komponente sjever, istok i gore (engl. *North, East, Up – NEU*). Zelene strelice su brzine na stanicama A klase, a crvene strelice upućuju na brzine stanica koje su služile za progušćenje mreže.



Slika 1. Karta brzina stanica izračunatih iz višegodišnjih CEGRN kampanja. Vektori su rezultante komponentata pomaka ka sjeveru i istoku (CEGRN, 2017)



Slika 2. Karta brzina stanica izračunatih iz višegodišnjih opažanja CEGRN kampanja (komponenta vertikalnog pomaka) (CEGRN, 2017)

2 PODACI I METODE

Podaci opažanja, korišteni za ovo istraživanje, preuzeti su sa BIHPOS servera za tri godine i to 2014, 2016. i 2018. godine, tačnije po sedam dana iz svake godine. Dakle, ovi podaci su se koristili prilikom obrade i računanja koordinata stanica i brzina. Podaci su preuzeti u RINEX formatu sa intervalima mjerenja od jedne sekunde, a opažanja za jedan dan su raspoređena u 24 datoteke odnosno po sat vremena, što znači sesije mjerenja su 24 sata. Budući da korišteni softver prepoznaje samo jedinstvenu datoteku za jedan dan opažanja, podaci mjerenja su preuzorkovani na intervale od 30 sekundi u jednodnevnu datoteku.

Plan je bio da se koristi 25 stanica BIHPOS mreže, ali za dvije stanice nije bilo moguće izračunati precizne koordinate i brzine jer su stanice premještane tokom vremenskog perioda uzetog za obradu, a za ostalih devet stanica BIHPOS mreže nisu bili dostupni podaci. Kao referentne stanice (datumske tačke) uzete su tri IGS i tri EUREF stanice, za koje su mjerenja preuzeta pomoću softvera, koji automatski pretražuje baze mjerenih podataka SOPAC (engl. *The Scripps Orbit and Permanent Array Center*) i CDDIS (engl. *The Crustal Dynamics Data Information System*). Korištene evropske referentne stanice su: Sofija, Ohrid, Graz, Linz, Zadar i Kloppenheim. Akronimi ovih stanica su: SOFI, ORID, GRAZ, LINZ, ZADA i KLOP.

Obradena su opažanja prikupljena pomoću dva satelitska sistema, GPS (engl. *Global Positioning System*) i GLONASS (engl. *GLObal NAVigation Satellite System*). Kao referentni okvir korišten je IGS14 (brzine su predstavljene i u ITRF14), a definisale su ga pomenute datumske stanice. Rezultati su transformisani u lokalni horizontski sistem u kojem se pomaci na svakoj tački izražavaju kao *NEU* komponente (sjever, istok i gore). Podaci su obrađivani pomoću softverskog paketa GAMIT/GLOBK.

2.1 GAMIT/GLOBK obrada

GAMIT/GLOBK je softverski paket razvijen za visokopreciznu GPS analizu. Namijenjen je za procjenu koordinata i brzina stanica, stohastičkih i funkcionalnih reprezentacija post-seizmičkih deformacija, atmosferskih kašnjenja, orbita satelita, te parametara Zemljine orijentacije. Softver je sastavljen iz dva modula: GAMIT, koji služi za obradu satelitskih opažanja, i GLOBK, koji je u suštini Kalman filter i njegova primarna uloga je kombinovanje rješenja iz procesiranja primarnih podataka satelitskih opažanja (Herring i dr., 2018b; Herring i dr., 2018c).

Najvažniji korak prilikom obrade podataka je organizaciona struktura podataka. Uzimajući u obzir da softver nema grafički korisnički interfejs, sve se komande izvršavaju preko terminala. Da bi softverski modul mogao pronaći određene podatke i fajlove, isti moraju biti smješteni u odgovarajuću datoteku. Strukturalna organizacija fajlova prikazana je na Shemi 1.

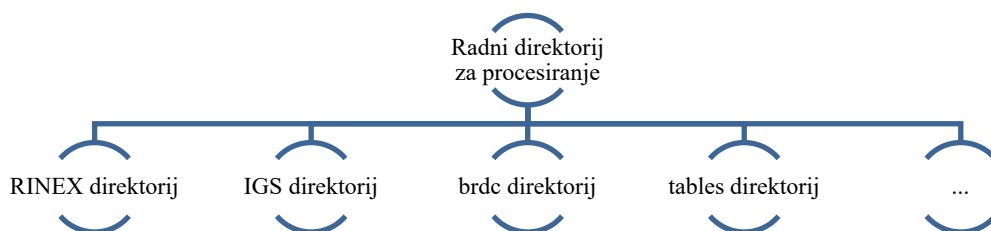
Procesiranje podataka je obavljeno koristeći skripte za automatsko procesiranje. Fajlovi za procesiranje dijele se u tri kategorije:

- fajlovi specifični za stanicu,
- fajlovi specifični za sesiju ili opažanje i
- globalni fajlovi.

Za pravilan rad osnovnih modula ovog softverskog paketa neophodni su sljedeći tipovi podataka (Herring i dr., 2018a):

- sirovi podaci faznih i kodnih mjerenja za svaku stanicu u svakoj sesiji (x-fajlovi),
- koordinate stanica (l-fajl),
- informacije o prijemniku i anteni za svaku stanicu (station.info),
- početni uslovi – stanje satelitskih orbita (G-fajl ili T-fajl),
- kontrolni fajlovi za analizu (sestbl. i sittbl.),
- vrijednosti satova satelita i prijemnika (I-, J- i K-fajl) i
- standardne tabele za luni/solarne efemeride, Zemljinu rotaciju, geodetske datume, informacije o instrumentariju.

Automatsko procesiranje izvodi se pomoću skripte *sh_gamit*, za GAMIT modul, te *sh_glred*, za GLOBK modul. Prije početka obrade podataka bilo je potrebno izvršiti uvid i promjene u sljedećim fajlovima: *process.defaults*, *sites.defaults*, *station.info*, koordinatni fajlovi *.apr*, *lfile*, *sestbl*, *sittbl*, te *autcln.cmd*. Dalje neće biti govora o pojedinim izmjenama, te se čitalac upućuje na literaturu Herring i dr. (2018a, b, c).



Shema 1. Primjer strukturalne organizacije fajlova

Što se tiče strategije obrade podataka rečeno je već da su korištene 24-satne sesije opažanja za 2014, 2016. i 2018. godinu. Procesirane su 23 BIHPOS stanice, tri IGS stanice i tri EUREF stanice. Prilikom procesiranja korišteni su sljedeći parametri:

- FES2004 OTL (*Ocean Tide Loading*) model,
- finalne IGS i IGR efemeride,
- referentni okvir IGS14 (ITRF14),
- elevaciona maska postavljena na 10 stepeni,
- interval registracije (engl. *sampling interval*) je 30 sekundi,

- jonosfersko slobodno rješenje sa riješenim ambiguitetima,
- globalna GMF mapping funkcija za računanje troposferskog kašnjenja,
- itd.

3 REZULTATI

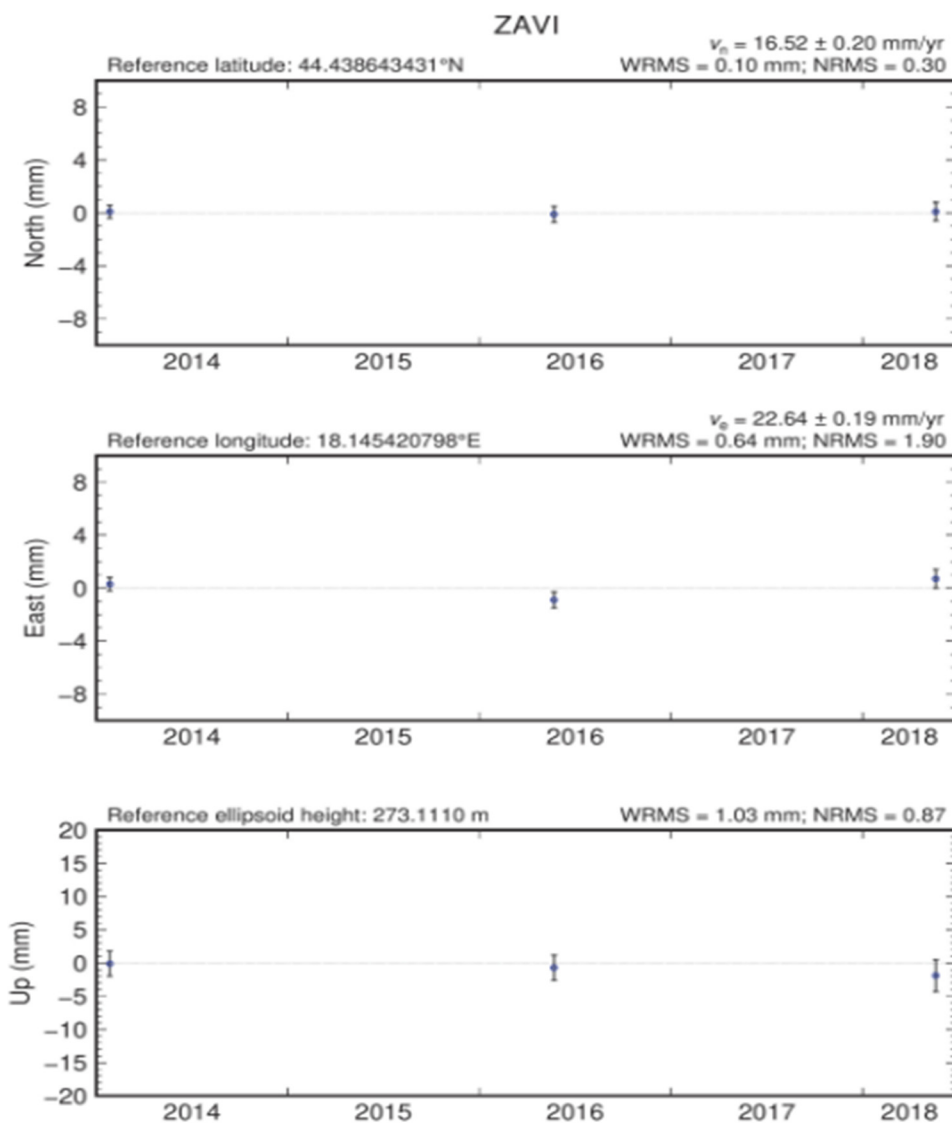
Rezultati su dobiveni kao prva primjena GAMIT/GLOBK softvera na Odsjeku za geodeziju i geoinformatiku Građevinskog fakulteta Univerziteta u Sarajevu. Za početak je prvo izvršeno testiranje pouzdanosti softvera i metodologije obrade tako što su upoređene izračunate koordinate i brzine stanica Evropske permanetne mreže EPN (engl. *European Permanent Network*) sa rješenjima na oficijelnoj stranici mreže EUREF. Kao što se može vidjeti u Tabeli 1, razlike koordinata su subcentimetarske, a razlike brzina u dijelovima milimetra po godini. Uzimajući u obzir da su rješenja na EUREF stranici dobivena višegodišnjim opažanjima sa svim stanicama uključenim u mrežu, rezultati su zadovoljavajući.

Podaci dobiveni računanjem su promjene položaja koje se predstavljaju u vremenskim serijama. Opisuje se kretanje stanice u određenom vremenskom intervalu. Pomoću vremenskih serija kretanja, vektor brzine se računa za svaku GNSS stanicu koristeći metodu najmanjih kvadrata. Npr., vektor brzina stanice ZAVI izračunat je na osnovu kretanja stanice u vremenskim serijama, kao što je prikazano na Slici 3.

Tabela 1

Poređenje izračunatih koordinata i brzina tačaka sa zvaničnim EUREF rješenjima

STANICA	RAZLIKE KOORDINATA [mm] I BRZINA [mm/god]					
	IGS I EUREF stanice (IGS14, epoha 2010,001)					
	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	vx [mm/god]	vy [mm/god]	vz [mm/god]
GRAZ	0,1	0,7	0,9	0,2	0,2	0,5
KLOP	7,5	4,6	4,4	0,8	0,3	0,5
LINZ	3,9	1,6	7,1	0,6	0,4	0,4
ORID	1,5	1,8	2,4	0,6	0,5	0,1
SOFI	1,4	4,4	1,9	0,4	0,3	0,4
ZADA	5,7	2,9	0,2	0,3	0,4	0,1



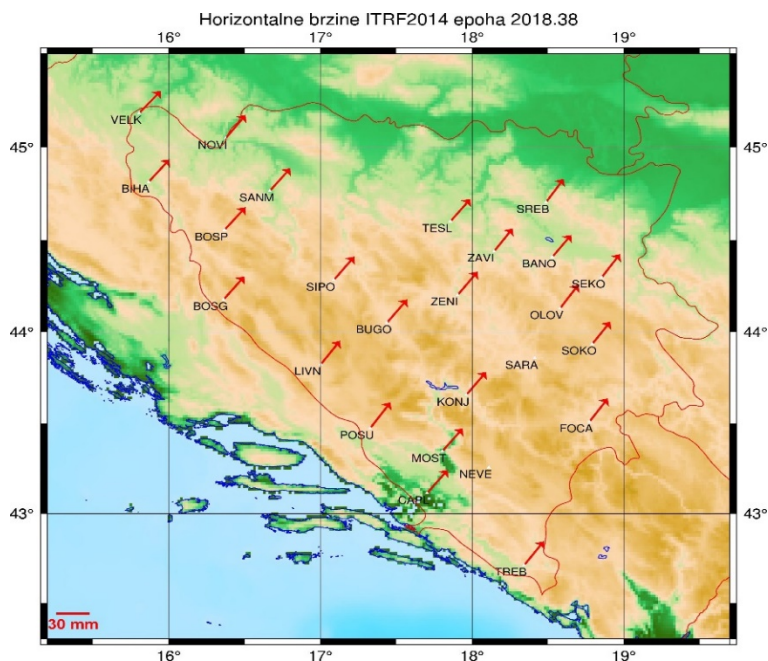
Slika 3. Vremenske serije kretanja stanice Zavidovići (GAMIT/GLOBK)

Brzine svih stanica BIHPOS mreže, sa ocjenom tačnosti, date su u Tabeli 2, gdje su predstavljene sa *NEU* komponentama, kao i na Slikama 4 i 5.

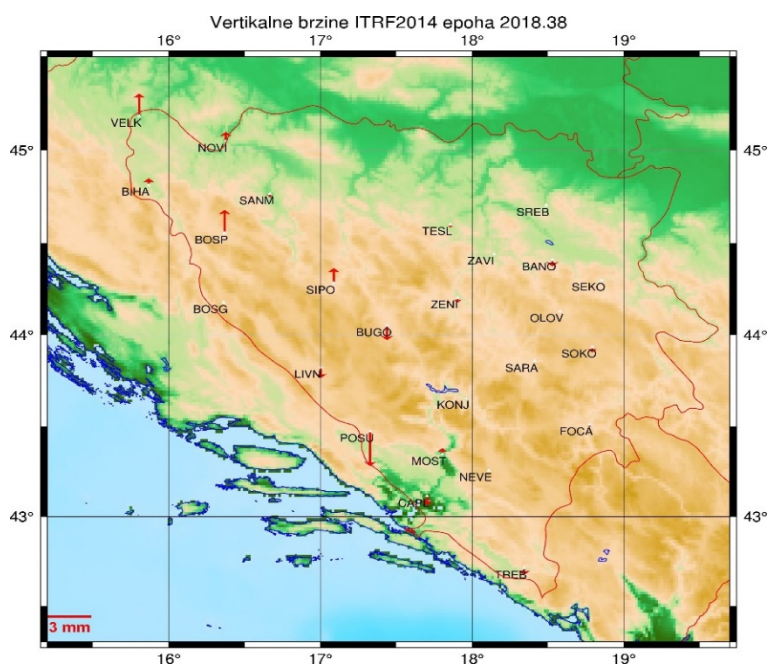
Tabela 2

Brzine stanica BIHPOS mreže (GAMIT/GLOBK)

Stanica	N [mm/god]	$\pm N$ [mm/god]	E [mm/god]	$\pm E$ [mm/god]	U [mm/god]	$\pm U$ [mm/god]
BANO	16,42	0,37	21,97	0,34	-0,48	1,31
BIHA	18,15	0,23	22,52	0,24	0,49	0,79
BOSG	17,95	0,25	22,93	0,26	-0,04	0,89
BOSP	18,17	0,22	22,54	0,23	1,72	0,76
BUGO	17,61	0,21	23,21	0,21	-1,09	0,73
CAPL	18,16	0,2	23,34	0,2	-0,66	0,72
FOCA	16,02	0,28	23,47	0,26	-0,15	1,03
KONJ	17,35	0,19	23,01	0,2	0,13	0,71
LIVN	16,73	0,2	23,63	0,21	-0,80	0,73
MOST	17,85	0,27	22,77	0,26	0,44	0,99
NOVI	17,3	0,27	23,26	0,27	0,69	0,94
OLOV	15,98	0,23	23,76	0,22	-0,02	0,9
POSU	17,73	0,18	26,02	0,19	-2,63	0,65
SANM	17,88	0,22	22,58	0,23	-0,25	0,79
SEKO	15,85	0,24	23,35	0,21	-0,04	0,89
SIPO	17,88	0,31	23,34	0,29	1,12	1,07
SOKO	15,81	0,23	22,33	0,22	-0,40	0,86
SREB	15,25	0,33	23,25	0,3	0,05	1,21
TESL	17,38	0,22	22,41	0,2	-0,24	0,8
TREB	17,18	0,21	24,04	0,2	-0,49	0,75
VELK	18,85	0,45	22,14	0,43	1,69	1,54
ZAVI	16,17	0,22	22,89	0,2	-0,02	0,8
ZENI	17,35	0,2	23,44	0,2	-0,33	0,74

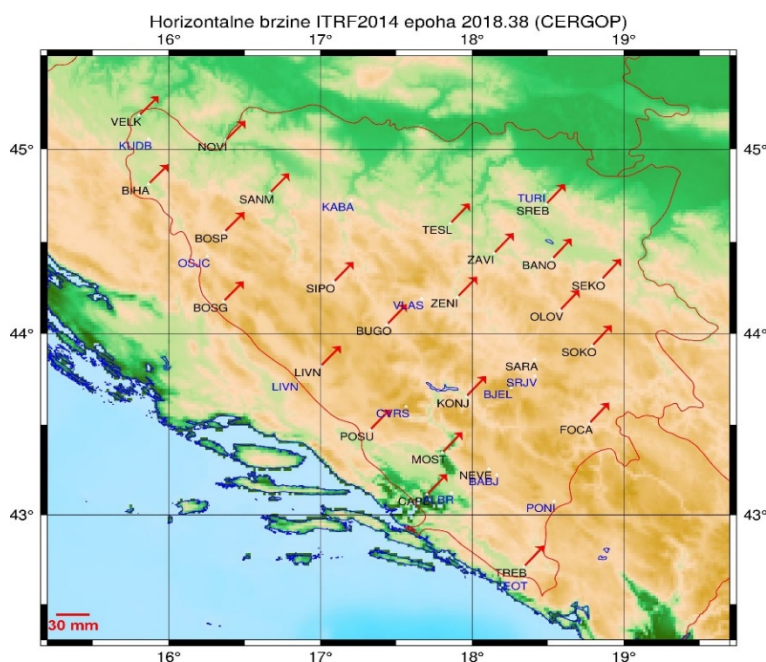


Slika 4. Izračunate horizontalne brzine stanica BIHPOS mreže (NE komponenta)

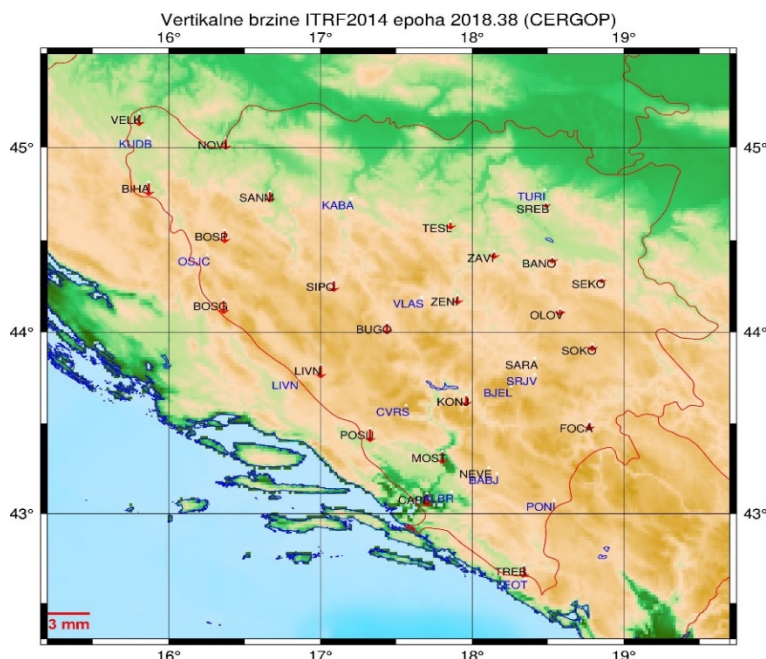


Slika 5. Izračunate vertikalne brzine stanica BIHPOS mreže (U komponenta)

Koordinate i brzine CERGOP stanica na području Bosne i Hercegovine (Slika 6, plava boja) su sračunate u IGS05, epoha 2003,10 (Mulić, 2012). Nakon toga su brzine stanica transformisane u ITRF14 epoha 2018,38, u kojem su koordinate i brzine stanica koje su izračunate korištenjem GAMIT/GLOBK softvera. Na osnovu brzina iz CERGOP-a izvršena je interpolacija brzina, metodom kolokacije, na BIHPOS stanicama (Slike 6 i 7)

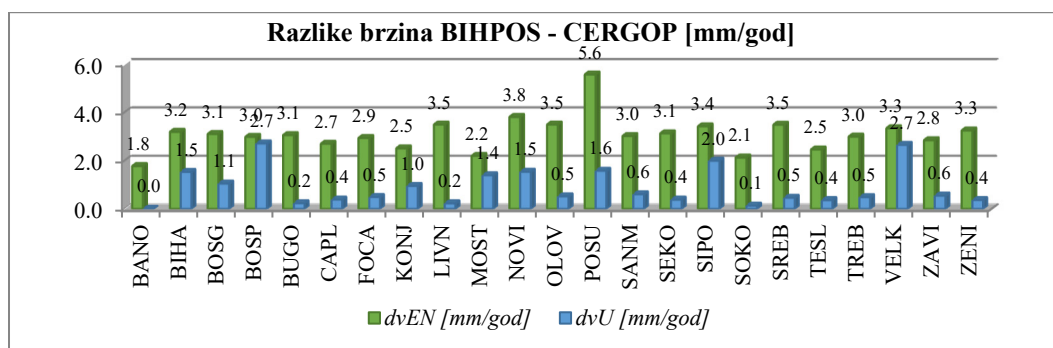


Slika 6. Interpolirane horizontalne brzine na stanicama BIHPOS mreže (NE komponenta), na osnovu stanica CERGOP mreže (stanice označene plavom bojom)

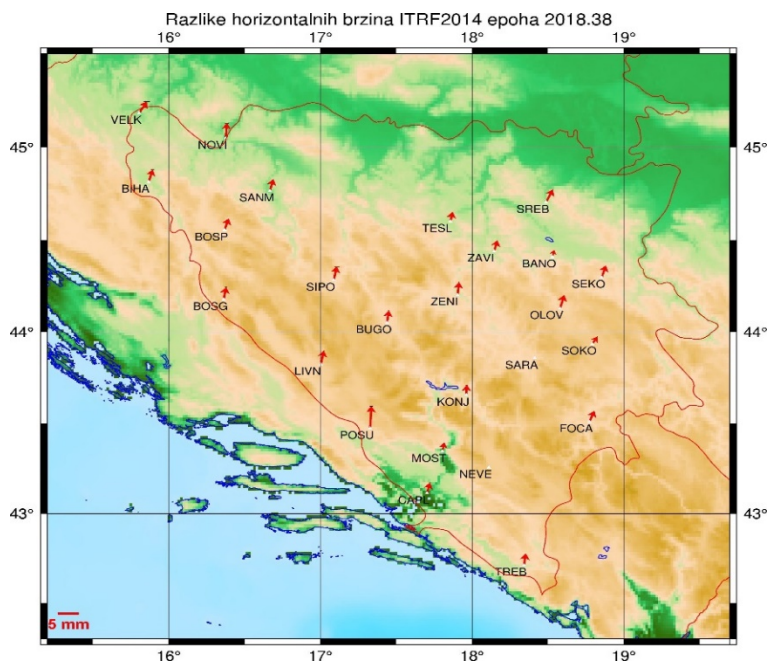


Slika 7. Interpolirane vertikalne brzine na stanicama BIHPOS mreže (U komponenta), na osnovu stanica CERGOP mreže (stanice označene plavom bojom)

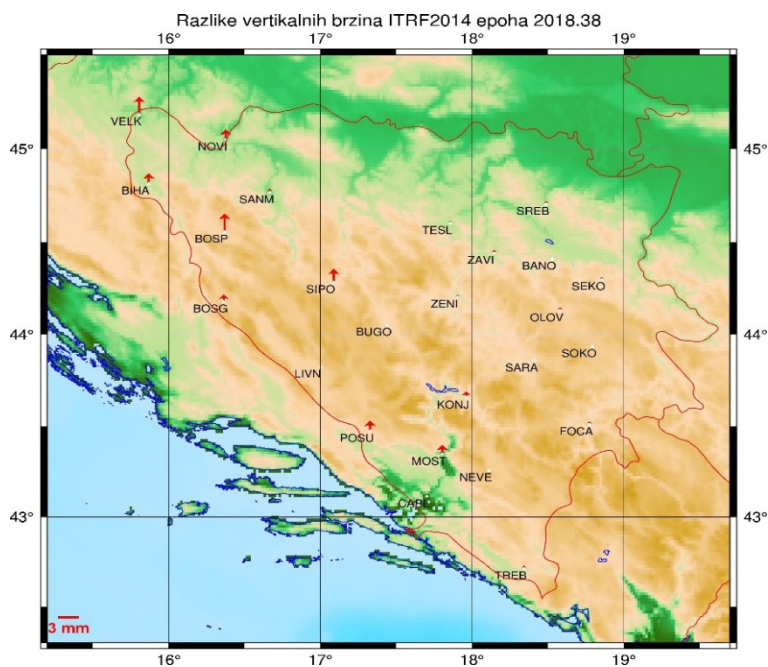
Razlike brzina dobivenih korištenjem GAMIT/GLOBK softvera i interpoliranih brzina su prikazane na Grafikonu 1, kao i na Slikama 8 i 9. Razlike su relativno male, uzimajući u obzir da je rađena interpolacija brzina, kao i da su CERGOP brzine računate na osnovu višegodišnjih kampanja i korištenjem Bernese naučnog softvera, dok su BIHPOS brzine računate iz tri godine opažanja u softveru GAMIT/GLOBK. Prethodno se potvrđuje na osnovu toga da je prosječna razlika NE komponente 3 mm/god, dok je prosječna razlika U komponente 0,7 mm/god. Standardne devijacije su 0,7 mm i 0,9 mm, respektivno.



Grafikon 1. Poređenje izračunatih i interpoliranih brzina



Slika 8. Razlike izračunatih i interpoliranih horizontalnih brzina



Slika 9. Razlike izračunatih i interpoliranih vertikalnih brzina

4 ZAKLJUČAK

U ovom radu izračunate su brzine stanica BIHPOS mreže koristeći naučni softver GAMIT/GLOBK. Dobivene brzine, iz sedmodnevnih sesija po 24 h, izabrane za tri godine opažanja: 2014, 2016. i 2018, interpretiraju lokalnu geodinamiku na području Bosne i Hercegovine. Rezultati su upoređeni i sa kampanjama CERGOP mreže koja je provedena na 13 stanica, na području Bosne i Hercegovine. Brzine dobivene CERGOP kampanjom, interpolirane su na stanicama BIHPOS mreže te su izvršena poređenja.

Rezultati ove studije pokazuju da se softver GAMIT/GLOBK može koristiti za računanje brzina, a samim time i interpretaciju geodinamičkih fenomena. Softver pokazuje pouzdanost i konzistentnost sa rezultatima dobivenim sa Bernese naučnim softverom iz CERGOP kampanje. Prosječne razlike brzina su 3 mm/god. za *NE* komponentu i 0,7 mm/god. za *U* komponentu, sa standardnim devijacijama 0,7 i 0,9 mm, respektivno, te su prihvatljive uzimajući u obzir da je rađena interpolacija i da se porede generalno dva potpuno različita softvera korištena za računanje. Razlike brzina na pojedinim stanicama prikazane su na Grafikonu 1 kao i na Slikama 8 i 9.

Rezultirajuće brzine BIHPOS stanica pokazuju trend kretanja u pravcu sjever/sjeveroistok. Brzine indiciraju da se dio euroazijske ploče, na kojoj se nalazi Bosna i Hercegovina, kreće sjeveroistočno za iznos od prosječno 29 mm/god., dok uzimajući u obzir prosječnu vrijednost *U* komponente, rezultati pokazuju da područje ponire za iznos od 0,06 mm/god., što se može smatrati irelevantnim, a standardne devijacije iznose 0,8 i 0,9 mm, respektivno. Najveći iznos vertikalnog poniranja je na stanici POSU (Posušje) i iznosi 2,6 mm/god., dok najveći iznos vertikalnog izdizanja pokazuje stanica BOSP (Bosanski Petrovac), koji iznosi 1,7 mm/god. Pomenute kretnje prikazane su i na Slikama 4 i 5. Dakle, naučni softver GAMIT/GLOBK je pozdan softver, te korištenjem opažanja nekoliko dana iz više godina, može se predstaviti geodinamika nekog područja, na osnovu sračunatih brzina stanica. Preporuka je da se za što pouzdanije rezultate koristi veći broj dana u godini, kao i kombinacija više uzastopnih godina.

Daljnja istraživanja biti će bazirana na usporedbi brzina dobivenih pomoću softvera GIPSY-OASIS, koji koristi PPP metodu (engl. *Precise Point Positioning*) za računanje koordinata stanica. Također, planira se da se rezultati uporede sa svim dosadašnjim opažanjima CERGOP kampanja u BiH. Rezultate bi trebalo uporediti i sa rezultatima Nivelmana visoke tačnosti III (NVT III), na kojem se trenutno radi.

LITERATURA

Altamimi, Z., Metivier, L., Collilieux, X. (2012). ITRF2008 plate motion model. *Journal of Geophysical Research*, 117(B7). DOI: 10.1029/2011JB008930

Altiner, Y. (1999). *Analytical Surface Deformation Theory*. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

CEGRN (2017). CEGRN. Dostupno na: <http://cegrn.cisas.unipd.it/CEGRN/index3.htm>

DeMets, C., Gordon, R. G., Argus, D. F., Stein, S. (1990). Current plate motions. *Geophysical Journal International*, 101(2), 425-478. DOI: 10.1111/j.1365-246X.1990.tb06579.x

Duman, H., Sanli, D. U. (2019). Assessment of geodetic velocities using GPS campaign measurements over long baseline lengths. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 19, 571-582. DOI: 10.5194/nhess-19-571-2019.

Herring, T. A., King, R. W., M.A., F., McCluscky, S. C. (2018a). *GAMIT Reference Manual. Department of Earth, Atmospheric and Planetary Sciences*. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology.

Herring, T. A., King, R. W., M.A., F., McCluscky, S. C. (2018b). *GLOBK Reference Manual. Department of Earth, Atmospheric and Planetary Sciences*. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology.

Herring, T. A., King, R. W., M.A., F. McCluscky, S. C., (2018c). *Introduction to GAMIT/GLOBK. Department of Earth, Atmospheric and Planetary Sciences*. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology.

Mulić, M. (2012). *Istraživanje uticaja ITRF realizacija na koordinate, njihovu tačnost i određivanje vektora brzina GPS tačaka na području BiH* (doktorska disertacija). Sarajevo: Univerzitet u Sarajevu, Građevinski fakultet.

Mulić, M., Vrce, E., Omičević, Dž., Donlagić, E. (2015). Geodezija od Mesopotamije do globalnog geodetskog opažackog sistema. *Geodetski glasnik*, 46, 132-168.

Mulić, M., (2018). *Geodetski referentni sistemi*. Sarajevo: Građevinski fakultet Univerziteta u Sarajevu.

Munghemezulu, C., Combrinck, L., Mayer, D., Botai, O. (2014). Comparison of site velocities derived from collocated GPS, VLBI and SLR techniques at the Hartebeesthoek Radio Astronomy Observatory. *Journal of Geodetic Science*, 4(1), 1-7. DOI: 10.2478/jogs-2014-0002.

Stein, S. (1992). Space Geodesy and Plate Motions. *Global Tectonics and Space Geodesy*, 256(5055), 333-342.

Sulaeman, C., Hidayati, S., Amalfi, O., Priambodo, I. C. (2018). Tectonic Model of Bali Island Inferred from GPS Data. *Indonesian Journal on Geoscience*, 5(1), 81-91. DOI: 10.17014/ijog.5.1.81-91.

Autori:

Jasmin Ćatić, BA ing. geod.

Student II ciklusa studija Geodezija i geoinformatika
Građevinski fakultet Univerziteta u Sarajevu
Patriotske lige 30, Sarajevo
Bosna i Hercegovina
jasmin.catic16@gmail.com

V.ass. Dževad Krdžalić, dipl. ing. geod.

Građevinski fakultet Univerziteta u Sarajevu
Patriotske lige 30, Sarajevo
Bosna i Hercegovina
dzevadkrdzalic@gmail.com