

GNSS MJERENJA ZA UKLAPANJE GEOIDA

GNSS Measurements for Geoid Fitting

Ervin Redžepagić, Tarik Šurković

UVOD

Projekt "Digitalno unapređenje upravljanja zemljištem za EU budućnost Bosne i Hercegovine" (engl. *Digital Enhancement of Land Management for the European Future of Bosnia and Herzegovina* - DELEF) uključuje sveobuhvatnu podršku za izradu geoida za područje Bosne i Hercegovine. Izabrana metoda za modeliranje geoida zahtijeva prilagođavanje gravimetrijskog modela geoida sa tačkama koje imaju izračunatu undulaciju geoida na temelju nivelmana visoke tačnosti i tačaka prostornih referentnih mreža. Analiza tačaka prostornih referentnih mreža pokazala je da vertikalna tačnost, tačnost elipsoidalne visine, ne ispunjava kriterije za prilagođavanje gravimetrijskog modela geoida.

Kao primarne tačke za mjerenje uzete su sve koje čine osnovnu gravimetrijsku mrežu Federacije BiH (30 tačaka) dok su dodatne 24 tačke iz II reda prostornog referentnog okvira dodane radi što bolje pokrivenosti cjelokupne teritorije. U tu svrhu Federalna uprava za geodetske i imovinsko-pravne poslove je pokrenula postupak javne nabavke usluga i odabrala konzorcij firmi „Geobiro“ d.o.o. Konjic i „BNpro“ d.o.o. Sarajevo za realizaciju projekta „GNSS mjerenja za potrebe uklapanja geoidea FBiH“.

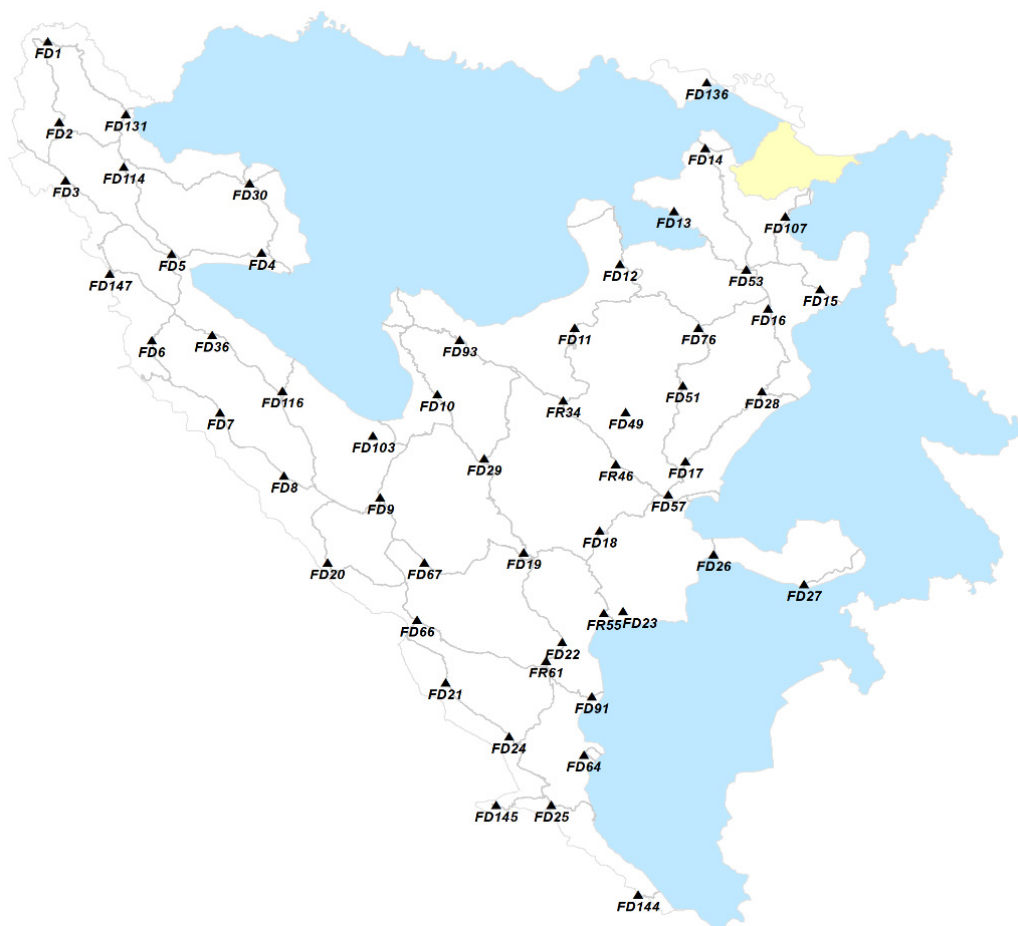
Kampanja globalnim navigacionim sistemom satelita (engl. *Global Navigation Satellite System* - GNSS) provedena je tokom četiri dana, pri čemu je svaka tačka bila opažana najmanje u dvije sesije od po najmanje osam sati. Opažanja su vršena na 54 ravnomjerno raspoređene tačke širom teritorije Federacije Bosne i Hercegovine (FBiH). Priprema elaborata i izrada tehničkog izvještaja su u toku. Planirano je da izjednačenje GNSS mreže bude završeno do kraja godine.

METODE

U okviru aktivnosti projekta, bilo je potrebno izvršiti visokoprecizna GNSS mjerenja na ravnomjerno raspoređenim tačkama širom teritorije FBiH (Slika 1).

Za izvođenje GNSS mjerenja bilo je dostupno 16 GNSS prijemnika. Osim broja tačaka i broja prijemnika, kao ulazni parametar korišten je i postavljeni uslov preklapanja tačaka. Naime, skup tačaka je podijeljen u četiri bloka, tako da tri bloka (I, II i IV) čini 16 tačaka (zbog broja prijemnika), a III blok 15 tačaka. Kao veza između pojedinih blokova predviđeno je mjerenje zajedničkih tačaka.

Na svakoj tački su izvršena GNSS mjerenja u minimalno dvije sesije. Pregled opažanja tačaka i raspored prijemnika po sesijama dati su tabelarno i grafički. Tabela 1 prikazuje raspored prijemnika po tačkama i sesijama, dok Slika 2 ilustruje blokove koji se opažaju po pojedinim sesijama.



Slika 1. Tačke geodetske osnove za uklapanje geoida

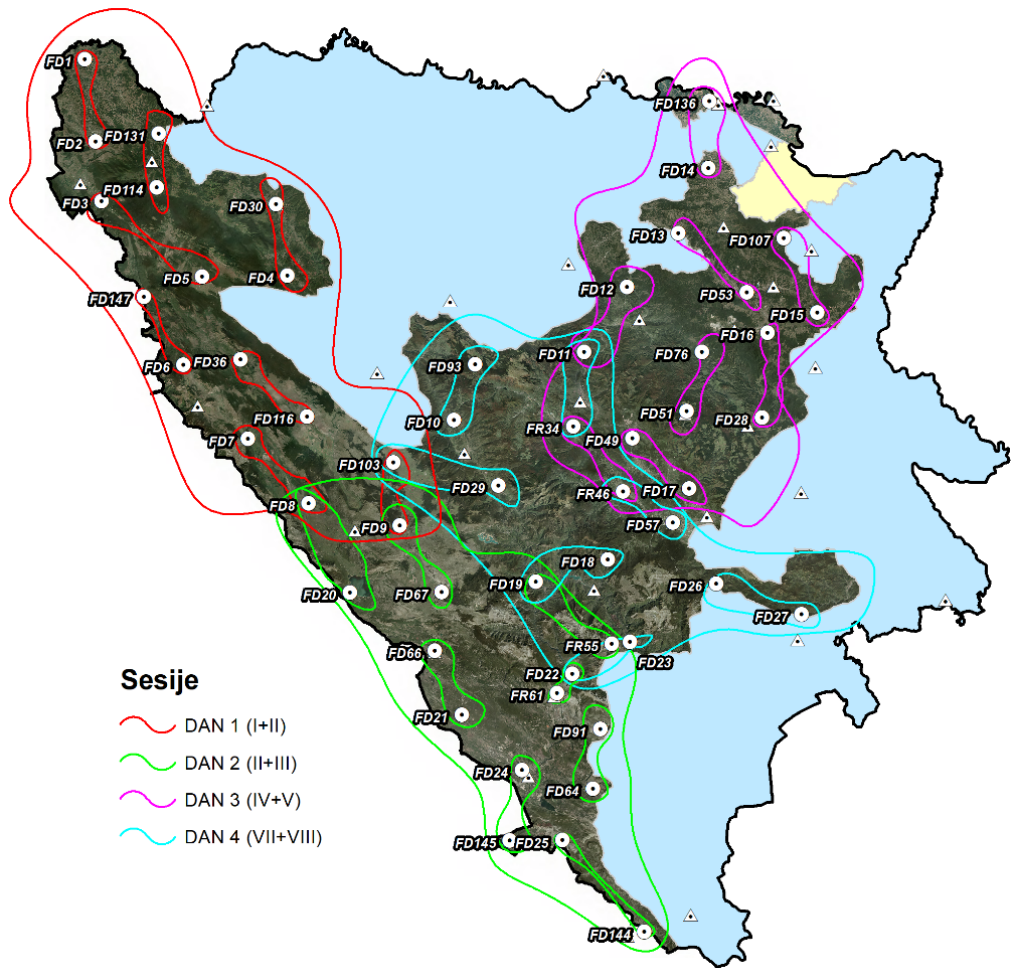
S obzirom da se mjerenja izvode sa „slabijim“ Trimble R8s i „boljim“ Trimble R10 i R12i prijemnicima, prilikom planiranja rasporeda prijemnika na tačkama te premještanja između sesija nastojalo se da se svaka tačka mjeri sa R8s i sa R10 ili R12i.

Tabela 2 prikazuje vremenski raspored za izvođenje GNSS mjerenja. Prilikom izrade vremenskog okvira kao ulazni podaci poslužili su dužina sesije i predviđeno vrijeme potrebno za promjenu prijemnika. Predviđena dužina sesije je 8 h. Mjerenje je organizovano po blokovima. Nakon što se izmjeri prva sesija, vrši se zamjena prijemnika tako da se mijenjaju prijemnici između susjednih tačaka. Vrijeme potrebno za prelazak na susjednu tačku i pripremu opreme za početak mjerenja je 2 h. Dakle u jednom danu je predviđeno mjerenje dvije sesije, tako da je ukupan broj predviđenih dana za završetak GNSS kampanje 4.

Tabela 1
Raspored prijemnika po tačkama i sesijama

Ekipa	GNSS prijemnik	DAN 1 - Ponedjeljak		DAN 2 - Utorak		DAN 3 - Četvrtak		DAN 4 - Petak	
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
B1	Trimble R8s	FD30	FD4	FD19	FR55	FR46	FD57	FD107	FD15
B2	Trimble R8s	FD4	FD30	FR55	FD19	FD57	FR46	FD15	FD107
B3	Trimble R8s	FD147	FD6	FR61	FD22	FD26	FD27	FD51	FD76
B4	Trimble R8	FD6	FD147	FD22	FR61	FD27	FD26	FD76	FD51
B5	Trimble R12i	FD36	FD116	FD145	FD24	FD19	FD18	FD28	FD16
B6	Trimble R8s	FD116	FD36	FD24	FD145	FD18	FD19	FD16	FD28
B7	Trimble R8s	FD7	FD8	FD91	FD64	FD22	FR55	FR34	FR46
B8	Trimble R12i	FD8	FD7	FD64	FD91	FR55	FD23	FR46	FR34
B9	Trimble R8s	FD103	FD9	FD25	FD144	FD23	FD22	FD17	FD49
F1	Trimble R10	FD9	FD103	FD144	FD25	-	-	FD49	FD17
G1	Trimble R10	FD1	FD2	FD8	FD20	FD93	FD10	FD13	FD53
G2	Trimble R10	FD2	FD1	FD20	FD8	FD10	FD93	FD53	FD13
G3	Trimble R8s	FD131	FD114	FD9	FD67	FD11	FR34	FD139	FD14
G4	Trimble R10	FD114	FD131	FD67	FD9	FR34	FD11	FD14	FD139
G5	Trimble R12i	FD3	FD5	FD66	FD21	FD103	FD29	FD12	FD11
G6	Trimble R12i	FD5	FD3	FD21	FD66	FD29	FD103	FD11	FD12

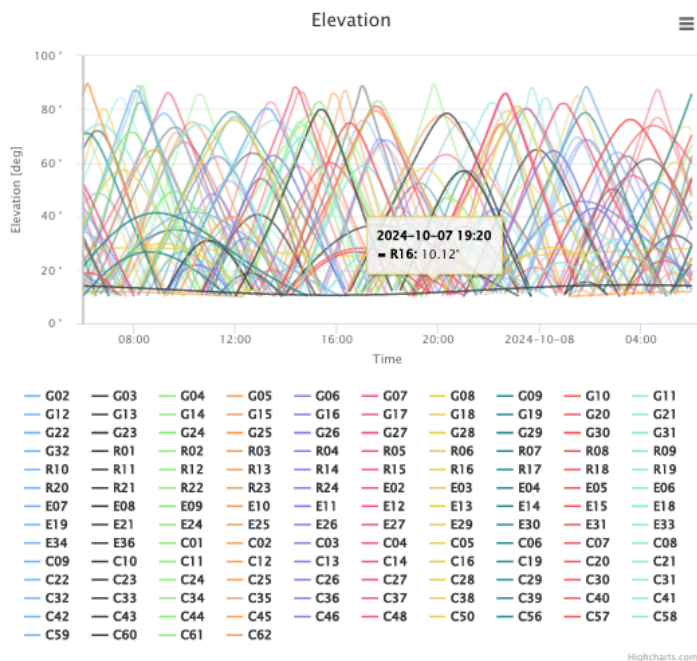
Osim rasporeda tačaka i prijemnika po sesijama, te vremenskog okvira opažanja na slikama (Slika 2, 3, 4, 5 i 6) prikazani su podaci vezani za dostupnost satelita, geometriju, broj satelita, itd. Kao središnja tačka prilikom planiranja odabrana je tačka u Sarajevu. Za datum je definisan prvi predviđeni dan opažanja 07.10.2024. godine. S obzirom da su predviđena opažanja u drugim danima u istom vremenskom okviru kao i prvog dana nije vršena posebna analiza za preostale dane opažanja. Iz priloženih slika i grafikona vidljivo je da je prosječan broj satelita 35 (ako prijemnici primaju signale sa sve 4 konstelacije). Također, *Dilution of Precision* (DOP) vrijednosti su izrazito povoljne. Naravno, treba imati na umu da se ovdje radi o idealnoj situaciji, kada nema zaklonjenog horizonta. To naravno nije slučaj u praksi, tako da dobivene vrijednosti treba umanjiti za uticaj zaklonjenosti horizonta (smetnje primanju signala).



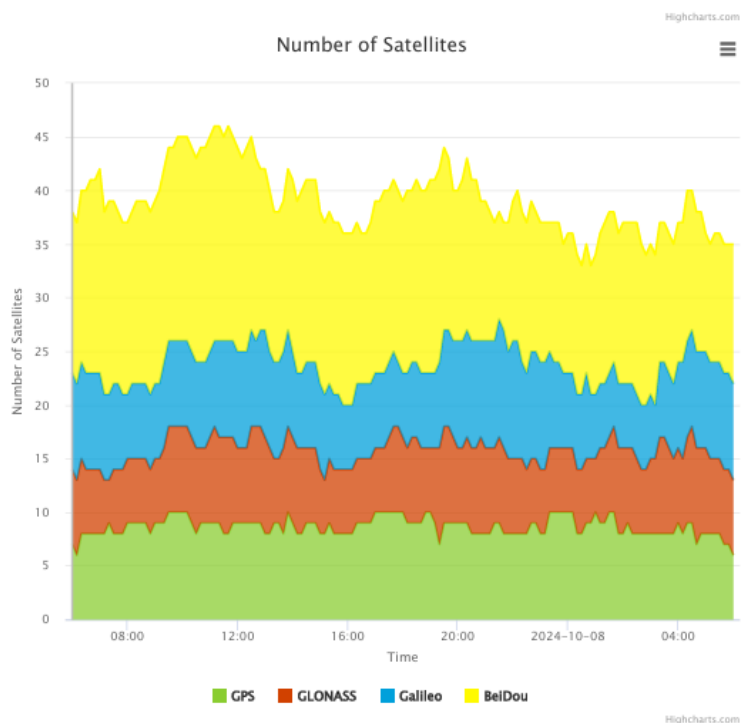
Slika 2. Grafički prikaz tačaka po sesijama i preklapanja između sesija

Tabela 2
Vremenski okvir izvođenja GNSS mjerenja

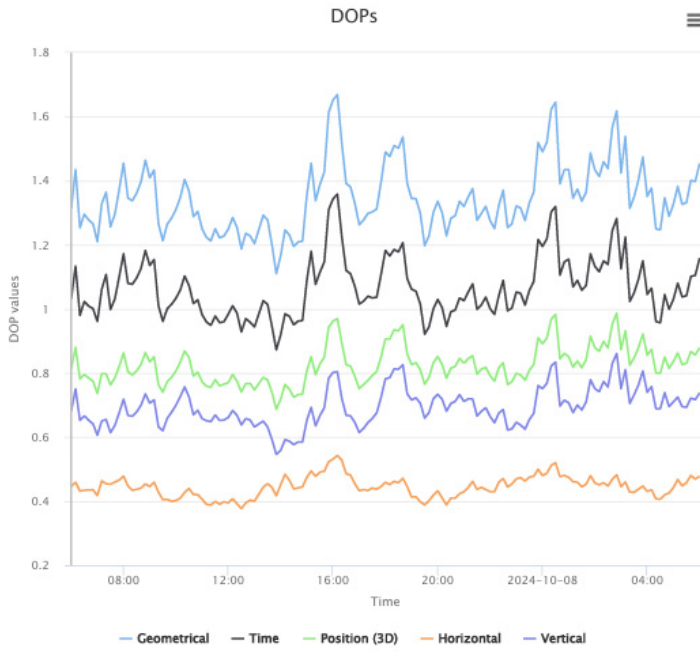
Datum	Broj sesije	Vrijeme početka (lokalno)	Vrijeme kraja (lokalno)	Vrijeme premještanja
07.10.2024.	Sesija 1	06:00	14:00	2 h
07.10.2024.	Sesija 2	16:00	24:00	
08.10.2024.	Sesija 3	06:00	14:00	2 h
08.10.2024.	Sesija 4	16:00	24:00	
09.10.2024.	Sesija 5	06:00	14:00	2 h
09.10.2024.	Sesija 6	16:00	24:00	
10.10.2024.	Sesija 7	06:00	14:00	2 h
10.10.2024.	Sesija 8	16:00	24:00	



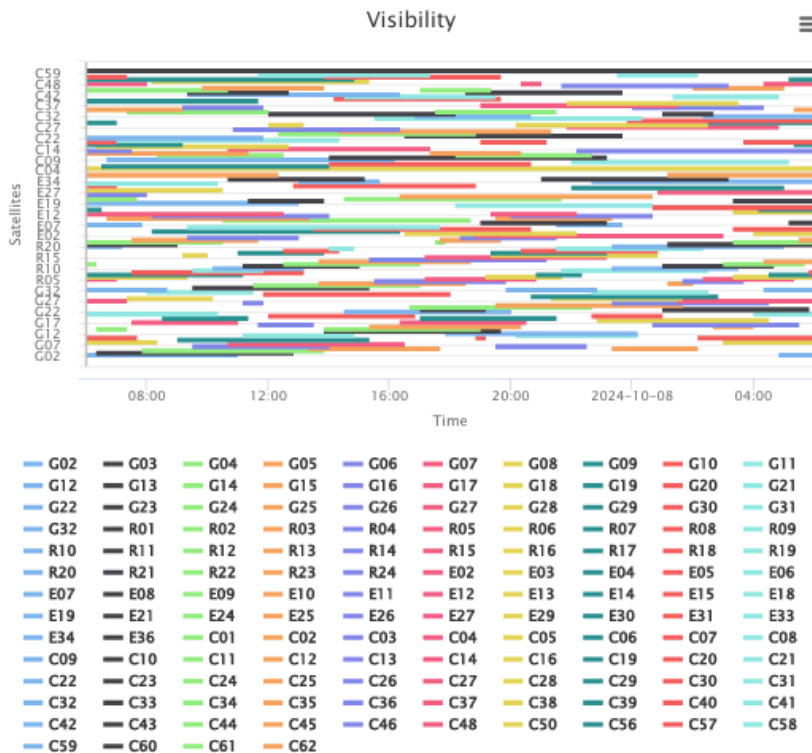
Slika 3. Elevacioni ugao satelita za 07.10.2024. godine



Slika 4. Ukupan broj satelita za 07.10.2024. godine



Slika 5. Vrijednosti DOP-ova za 07.10.2024. godine



Slika 6. Vidljivost satelita za 07.10.2024.

Slika 9 prikazuju terenski zapisnik za GNSS mjerenja. Slika 10 prikazuje GNSS prijemnik tokom opažanja i određivanje visine instrumenta.

2024 GNSS kampanja za određivanje geoida
Zapisnik GNSS mjerenja (Strana 1 - 2)

Federalna uprava za geodetske i imovinsko-pravne poslove
Federacija Bosne i Hercegovine

Broj tačke: FD 4 Ime tačke: FD 4 Sesija: 1
Način stabilizacije GNSS tačke: Geometrijski stub
Mjesto: VELAGIĆI - KLJUČ Općina/Grad: KLJUČ Država/Entitet: FBiH

Prijemnik: Tip Trimble RB Model S33041636 Ser. broj 533041636
Antena: Trimble Access
Softver (ver.) prijemnika: 1.5
Interval registracije: 1s
Elevacijska maska: 0
Levo mapiranje: Horizontalno

Operator: Kopir Medvedin
Firma: BN pro d.o.o

Visina antene iznad tačke u metrima (Skica na str. 2)
Koso: Centar obruba antene Vertikalno: Dno nosača antene

R.br.	Prije	Poslije
1.	1.429 m	1.429 m
2.	1.429 m	1.429 m
3.	1.429 m	1.429 m

Sred. vrijednost visina antene: 1.429 m
Visina unesena u prijemnik: 1.429 m

Planirani početak opažanja:	Lokalno vrijeme	Lokalni datum	GPS dan u godini
	07:00	07.10.2024	281
Planirani završetak opažanja:	15:05	07.10.2024	281
Stvarni početak opažanja:	06:53	07.10.2024	281
Stvarni završetak opažanja:	15:05	07.10.2024	281

Da li se tijekom mjerenja pojavilo nešto neobično? Da Ne

Navedite značajne probleme / komentare (npr. vremenski uslovi):

2024 GNSS kampanja za određivanje geoida
Zapisnik GNSS mjerenja (Strana 2 - 2)

Federalna uprava za geodetske i imovinsko-pravne poslove
Federacija Bosne i Hercegovine

Broj tačke: FD 4 Ime tačke: FD 4 Sesija: 1
Način stabilizacije GNSS tačke: Geometrijski stub
Mjesto: VELAGIĆI - KLJUČ Općina/Grad: KLJUČ Država/Entitet: FBiH

Skica mjerenje visine GNSS antene:

(a) R8 ili R8-4 (b) R10 ili R12

Slika 9. Zapisnik GNSS mjerenja



Slika 10. GNSS prijemnik tokom mjerenja (lijevo), dokumentovanje visine antene (desno)

Pružatelj usluga radi na dokumentovanju izvještaja GNSS kampanje. Planirano je da izjednačenje GNSS mreže bude završeno do kraja godine. Preliminarnom obradom podataka, prvi rezultati su

obećavajući. Standardne devijacije po položaju su manje od 5 mm, dok je maksimalna standardna devijacija po visini 11 mm, a prosječna 4 mm.

ZAKLJUČAK

Za uklapanje gravimetrijskog modela geoida potreban je GNSS/nivelman skup podataka visoke kvalitete. Skup GNSS podataka temeljen na dužim vremenima opažanjima (prema švedskim ekspertima najmanje 2×6 sati) ima potencijal da omogući pravilno uklapanje gravimetrijskog modela geoida. Nakon završenog izjednačenja provedene GNSS kampanje, očekuje se da će elipsoide visine biti određene s tačnošću boljom od 1 cm.

Ervin Redžepagić, Tarik Šurković

Federalna uprava za geodetske i imovinsko-pravne poslove

erwin.redzepagic@fgu.com.ba