

ISPITIVANJE GPS RTK PRIJEMNIKA GEOTRONICS GEOTRACER 2200

TESTING THE GPS RTK RECEIVER GEOTRONICS GEOTRACER 2200

Nedim Tuno, Džanina Omičević, Dušan Kogoj

SAŽETAK

U ovom radu izvršen je prikaz značaja periodičnog ispitivanja i kalibriranja geodetskih mjernih instrumenata standardnim postupcima u cilju postizanja željenih rezultata. Poseban akcenat je stavljen na standardne postupke ispitivanja i kalibriranja kompleksnih geodetskih instrumenata za GNSS mjerenja, koja se u geodetskoj praksi masovno primjenjuju već nekih 20-tak godina.

U radu je izvršen prikaz standardnog ISO postupka ispitivanja RTK instrumenta kao i metoda ispitivanja tačnosti prijemnika u testnoj geodetskoj mreži.

ABSTRACT

This paper presents an overview of the importance of periodic testing and calibration of geodetic measuring instruments by standard procedures in order to achieve the desired results. Special attention is placed on the standard procedures of testing and calibration of complex geodetic instruments for the GNSS measurements, which are in geodetic mass practice for some 20 years.

Standard ISO test procedure for RTK instruments was presented in the paper, as well as method for testing the accuracy of receiver using the geodetic test network.

1. UVOD

Cilj ispitivanja i kalibracije geodetskih instrumenata je utvrđivanje da li je stvarna mjerna nesigurnost instrumenta u okviru one koju navodi njegov proizvođač i/ili odgovarajući standard te eliminacija sistematskih uticaja i povećanje tačnosti mjerenih vrijednosti, primjenom odgovarajućih korekcija. Postupcima ispitivanja i kalibracije se ne mogu redukovati efekti slučajnih uticaja i ti postupci ne moraju uvijek uključivati mehanička ili elektronska korigovanja instrumenata. Sve kategorije geodetskih instrumenata i prateće opreme bi trebalo periodično ispitivati i kalibrirati, prema standardizovanim metodama i tehnikama. Neki od ovih testova mogu biti izvršeni u terenskim uslovima, koristeći jednostavne ili sofisticirane metode, dok druge tehnike zahtijevaju laboratorijske uslove (Savvaidis at al., 2004).

Treba primijetiti, da su u današnje vrijeme tradicionalne metode ispitivanja i kalibracije geodetskih instrumenata djelomično ili u potpunosti zastarjele. Geodezija je ostvarila znatan tehnološki napredak u smislu razvoja metoda i opreme. Rezultat toga su novi, izuzetno kompleksni instrumenti koji se sastoje od niza podsistema. Ovakvi instrumenti se moraju tretirati i kalibrirati kao cjelina, što nameće potrebu za potpuno novim metodama kalibracije (Savvadis at al., 2004).

2. GREŠKE I ISPITIVANJE GNSS MJERNIH SISTEMA

Periodično ispitivanje GNSS instrumentarija je neophodno posebno zbog provjere kvalitete samog instrumenta, poboljšanja tačnosti koju instrument može ostvariti i zadovoljenja odgovarajućih metroloških uslova. Proizvođači GNSS prijemnika izvode tvornička ispitivanja upotrebom specijalnih procedura, koje predlažu naučni instituti, univerzitetske laboratorije i sl. (Savvadis, 2004). Primjer takvog postupka je apsolutna kalibracija GNSS antena pomoću robota. Ovom kalibracijom se određuje apsolutni fazni centar GNSS antene i njegove varijacije. Pored toga, robotizovani kalibracioni sistem je efikasno sredstvo za određivanje drugih parametara antene, odnosno kombinacije antena-prijemnik, pa čak i multipath uticaja. Osnovu sistema predstavlja robot koji omogućava opažanja u nekoliko hiljada različitih orijentacija antene. Tako se može tačno odrediti zavisnost položaja faznog centra od azimuta i elevacije satelita s kojeg se prima signal (Wubenna et al., 2006). Ovakve procedure, prvenstveno zbog svoje visoke cijene, nisu dostupne većini korisnika GNSS opreme. Trenutno ne postoji konsenzus u vezi GNSS kalibracije, što je posljedica složenosti ovog polja i različitih gledišta na ono šta u stvari treba kalibrirati i kako to izvesti (Martin, 2008).

U današnje vrijeme, veoma je teško procijeniti sve slučajne efekte koji utiču na tačnost GNSS sistema budući da je matematička pozadina funkcionisanja ovih instrumenata prilično kompleksna. Iz tih razloga, ispitivanje GNSS instrumenata je uglavnom u kvalitativnoj formi i može se izvesti putem nekoliko metoda. Greške GNSS-a mogu se podijeliti u nekoliko grupa, poput grešaka vezanih za satelite (greške sata, orbite), greške vezane za prijemnike (sat prijemnika, multipath, faze, softver...) i greške vezane za atmosferu. Kvaliteta koordinata dobivenih na osnovu GNSS opažanja ovisi o dva glavna faktora: prisustva nemodeliranih grešaka opažanja (poput troposferskog i jonosferskog kašnjenja) ili grubih grešaka (npr. nepravilno rješavanje fazne neodređenosti) i kvalitete geometrijske konfiguracije – konstelacije satelita iznad horizonta tačke gdje se izvode mjerenja (GDOP) (Savvadis et al., 2004, Benčić i Solarić, 2008). Za verifikaciju GNSS mjernih sistema se može koristiti više procedura. Neke od njih su (Savvadis et al., 2004):

1. Verifikacija upotrebljivosti signala u cilju provjere da li satelit odašilje ispravne informacije. Ispitivanje se sprovodi u mrežama permanentnih GNSS prijemnika, postavljenih na tačkama s poznatim koordinatama.

2. Test na bazi nulte dužine. Kod ove procedure ispitivanja, dva različita prijemnika se povezuju s istom antenom i koristi se statička metoda opažanja. Kako prijemnici dijele istu antenu, uticaji vezani za satelite, atmosferu i multipath eliminišu se tokom obrade podataka. Rezultati obrade ovakve bazne linije trebaju biti jednaki nuli. Korištenjem ove metode izvodi se provjera funkcionalnosti sklopova i elektronike prijemnika, a metoda se koristi i za ispitivanje antena.

3. Terenska ispitivanja na testnim bazama i mrežama. GNSS oprema se ispituje u stvarnim terenskim uslovima, mjerenjem udaljenosti na pojedinačnim bazama ili se primjenjuju trodimenzionalne testne mreže koje se sastoje od najmanje 4 stanice, s poznatim koordinatama. Dužina baznih linija je različita i obično iznosi od 50 m do 10 km. Poželjno je, da mreža za ispitivanje bude slična mreži koja će se koristiti u stvarnom projektu, naročito u smislu visinskih razlika i pozicija tačaka. U slučaju geodetske trodimenzionalne testne mreže, 3D koordinate dobivene GNSS opažanjima se upoređuju s poznatim koordinatama, uz pretpostavku da je primijenjena najtačnija datumska transformacija. Testna mreža se može koristiti za verifikaciju kako statičkog tako i kinematičkog GNSS pozicioniranja. Kod ispitivanja na pojedinačnim baznim linijama mogu se izvoditi istovremena testiranja nekoliko različitih GNSS prijemnika. Moguće je mijenjati period dana u kojem se opaža kao i dužinu samih opažanja.

Takođe, korištenjem istih izmjerenih podataka i mijenjanjem opcija njihove obrade, kao i različitih softvera, moguće je verifikovati njihove performanse. Tokom mjerenja GNSS instrumentima na ispitnoj bazi potrebno se osloboditi uticaja pomaka faznog središta GNSS-antena (Solarić et al., 2008). Kod procedura ispitivanja na baznim linijama, usporedba dužine mjerene GNSS prijemnicima s odgovarajućom dužinom mjenom preciznijim načinom, rezultira ukupnom procjenom performansi GNSS instrumentarija (Savvadis et al., 2004).

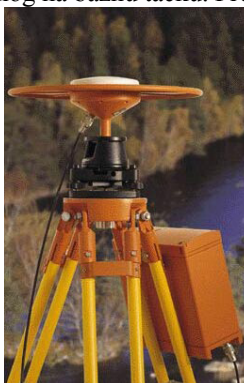
3. STANDARDI ZA KALIBRIRANJE I ISPITIVANJE GEODETSKIH INSTRUMENTATA

Standardizacija procedura kalibracije i ispitivanja doprinosi povećanju kvalitete mjerenja. Nekoliko standarda uređuju ispitivanje geodetskih instrumenata, a predlaže ih Tehnički odbor TC172 (Optika i optički instrumenti), pododbor SC6 (Geodetski i mjerni instrumenti), Međunarodne organizacije za standardizaciju (ISO).

TC172/SC6 je zadužen za standardizaciju terminologije, zahtijeva i metoda ispitivanja geodetskih i mjernih instrumenata, njihovih komponenti i prateće opreme. Ovaj pododbor je definisao standard ISO 17123 koji se sastoji od osam dijelova pod glavnim naslovom: Optika i optički instrumenti – terenski postupci za ispitivanje geodetskih i mjernih instrumenata, čime su obuhvaćene pojedine vrste instrumenata (teodoliti, niveliri, elektronski daljinomjeri itd.). Drugi standardi vezani za geodetsku opremu mogu se naći u okviru Njemačkog nacionalnog tijela za standardizaciju (DIN). Među njima je standard DIN 18723: Terenski postupci ispitivanja preciznosti geodetskih instrumenata, koji takođe ima dijelove vezane za teodolite, nivelire itd. Konačno, standard ISO/IEC 17025 – Opšti zahtjevi za kompetentnost laboratorija za ispitivanje i kalibracije, detaljno opisuje zahtjeve i specifikacije za djelovanje ovakvih laboratorija (Savvadis et al., 2004).

4. GPS INSTRUMENT GEOTRONICS GEOTRACER 2200

Geotronicsov GPS prijemnik Geotracer 2200 (slika 1) pojavio se sredinom devedesetih godina proteklog stoljeća. Pripada drugoj generaciji geodetskih GPS prijemnika, koja je zahvaljujući znatnom smanjenju cijena, dimenzija i mase omogućila masovnu upotrebu GPS tehnologije u geodeziji. Geotracer 2200 se može koristiti za statička i kinematička mjerenja kao i RTK mjerenja, zbog mogućnosti pokretnog prijemnika da radio vezom prima korekcije s prijemnika postavljenog na baznu tačku. Pregled tehničkih podataka ovog instrumenta dat je u tabeli 1.



Slika 1: Geotracer System 2200 L1/L2

Proizvođač/model	Geotronics Geotracer 2200
Broj frekvencija	2
Broj kanala	12
Mjerna nesigurnost vektora	Statička metoda: 5 mm + 1 ppm Brza statička metoda: 5-10 mm + 1 ppm Kinematička metoda: 10 mm + 2 ppm GIS/DGPS: 1-3 m + 2 ppm
Dimenzije (mm)	235 x 220 x 100
Masa	2,9 kg
Radna temperatura	-20°C do +55°C
Interval registracije	5 s do 15 min
Registrator podataka	PCMCIA kartica kapaciteta 20MB
Port za komunikaciju	2xRS232
Početak serijske proizvodnje	1995. godina

Tabela 1: Tehnički podaci

5. ISPITIVANJE PRECIZNOSTI GNSS PRIJEMNIKA PREMA ISO 17123-8

Kako je ranije spomenuto, metode kalibracije GNSS antena zahtijevaju specijalnu opremu i stručnjake s velikim poznavanjem te oblasti. Budući da prosječan korisnik GNSS-a ne poznaje detaljno funkcionalnost pojedinačnih komponenti sistema (kako hardverskih tako i softverskih), za geodetsku praksu ostaje prihvatljivo samo ispitivanje instrumentarija. U tom cilju, ne treba isključiti mogućnost ispitivanja pojedinih uticaja. Prije tri godine objavljen je standard ISO 17123 dio 8 – GNSS terenski kinematički mjerni sistemi u realnom vremenu (RTK). Iako se GPS počeo masovno koristiti kao geodetska poziciona tehnika prije 20 - tak godina, sve do nedavno nije postojala standardizovana procedura ispitivanja opreme (Heister, 2008). ISO normu 17123-8 definisao je Tehnički odbor TC-172, pododbor SC6, pri čemu je sudjelovalo 8 zemalja obuhvaćenih podkomitetom, 10 zemalja u kojima su vršena mjerenja, kao i predstavnici glavnih proizvođača GNSS opreme (Henning, 2008).

Ovim standardom propisana je procedura ispitivanja preciznosti RTK GNSS instrumentarija (što uključuje GPS, GLONASS i planirane buduće sisteme, npr. GALILEO) i njihove prateće opreme, predviđenih za mjerenja u geodeziji, građevinarstvu i industriji. Ovo ispitivanje je prvenstveno namijenjeno za verifikaciju mogućnosti primjene nekog instrumenta u određenu svrhu ili za provjeru zahtjeva propisanih drugim standardima (Martin, 2008). U osnovi, rezultati ispitivanja pokazuju da li GNSS oprema ispravno funkcioniše i da li je moguće postići preciznost koju navodi proizvođač instrumenta. ISO 17123-8 predstavlja bitnu komponentu u standardizaciji mreža permanentnih GNSS stanica, ali ne daje odgovore na brojna pitanja. Njime je definisan samo test preciznosti dok tačnost koordinata ili konzistentnost nisu obrađeni (Henning, 2008, Heister 2008).

5.1 Terenska procedura ispitivanja

Ispitivanje se obično primijenjuje na par GNSS prijemnika i antena, dok se kod ispitivanja instrumenta u RTK mreži mora osigurati konzistentnost modela antena (npr. korekcionni parametri antene). Prijemnik, antena i prateća oprema moraju biti u dobrom stanju, tj. ispitani prema metodama navedenim u priručniku instrumenta. Operator treba slijediti upute iz priručnika u vezi zahtjeva za izvođenje mjerenja, npr. minimalni broj satelita, maksimalna vrijednost PDOP faktora, minimalno vrijeme opažanja i sl. Operator treba inicijalizirati prijemnik, njegovim ponovnim uključenjem prije svakog mjerenja i početi s prikupljanjem podataka, nakon rješavanja neodređenosti cjelobrojnih valnih dužina. Centrisanje i mjerenje visine antene treba obaviti s preciznošću od 1 mm. Na rezultate ispitivanja utiče nekoliko faktora, kao što je konfiguracija satelita u toku mjerenja, jonosferski i troposferski uticaji, multipath efekat, preciznost opreme, kvaliteta softvera na prijemnicima ili u sistemu za generiranje podataka emitovanih s bazne stanice. Ispitivanje se može obaviti prema dva različita postupka, pojednostavljenog i potpunog, a operator treba izabrati proceduru koja je najpogodnija u skladu za zahtjevima projekta.

5.2 Koncept procedura ispitivanja

Testno područje se sastoji od bazne tačke (tačka s nepomičnim GNSS prijemnikom) i dvije "rover" tačke (tačke na koje se postavlja pokretni GNSS prijemnik). Lokacija rover tačaka bi trebala biti blizu područja na kojem se planiraju izvoditi mjerenja u okviru projekta. Rastojanje između ovih tačaka treba biti najmanje 2 m i ne smije preći 20 m.

Horizontalna udaljenost i visinska razlika između rover tačaka određuju se metodama čija je preciznost bolja od 3 mm u odnosu na RTK. Ove vrijednosti se smatraju referentnim. Horizontalna dužina i visinska razlika, izračunati iz koordinata određenih RTK metodom u svakom skupu mjerenja, upoređuju se s referentnim vrijednostima u cilju kontrolisanja prisustva grubih grešaka. Referentne vrijednosti se ne koriste prilikom izvođenja statističkih testova.

Serijska mjerenja se sastoji od pet skupova. Svaki skup mjerenja sastoji se od uzastopnog mjerenja na rover tačkama 1 i 2. Vremenski razmak između uzastopnih skupova treba biti približno 5 minuta, dakle raspon jedne serije mjerenja iznosi oko 25 minuta. Zbog činjenice da je ciklus varijacije tipičnog multipath uticaja oko 20 minuta, ovakva procedura mjerenja pokriva period ovog uticaja. Od početka mjerenja u jednoj seriji do početka mjerenja u narednoj seriji treba proteći oko 90 minuta. Ovakve serije mjerenja imaju tendenciju prikazivanja uticaja poput promjene u konfiguraciji satelita i varijacija jonosferskih i troposferskih uslova.

Standardno odstupanje, dobiveno na osnovu svih mjerenja, predstavljat će kvantitativnu mjeru stvarne preciznosti i obuhvatat će većinu tipičnih uticaja u satelitskom pozicioniranju.

Pojednostavljena procedura ispitivanja sadrži samo jednu seriju mjerenja i osigurava procjenu da li je preciznost instrumentarija u okviru dozvoljenog odstupanja. Potpuna procedura ispitivanja obuhvata tri serije mjerenja i omogućava određivanje standardnog odstupanja i provođenje statističkih testova.

Instrument Geotracer 2200 ispitivan je prema potpunoj proceduri ispitivanja, a mjerenja su obavljena u na području Građevinskog fakulteta Univerziteta u Sarajevu.

5.3 Obrada i analiza rezultata mjerenja

Kod potpune procedure ispitivanja obrada mjerenih podataka se izvodi u dva koraka. U prvom koraku se pojedina mjerenja upoređuju s referentnim vrijednostima, u cilju otkrivanja grubih grešaka. U idućem koraku se određuju potrebne statističke veličine. Primjenom izravnjanja po teoriji najmanjih kvadrata, određuju se definitivne vrijednosti x , y i h koordinata za rover tačke, iz mjerenja u sve tri serije. Na osnovu toga je moguće izračunati standardna odstupanja pojedinog mjerenja koordinata, odnosno empirijska standardna odstupanja za horizontalni položaj i visinu. Za instrument Geotracer 2200 dobivene su slijedeće vrijednosti:

$$s_{ISO-GNSS-RTK-xy} = 12,5 \text{ mm},$$

$$s_{ISO-GNSS-RTK-h} = 11,8 \text{ mm}.$$

Prilikom interpretacije rezultata potrebno je provesti statističke testove, kako bi se moglo odgovoriti na određena statistička pitanja. Za sljedeće testove, uz interval povjerenja od $1 - \alpha = 0,95$, uzet je broj stepeni slobode $\nu_x + \nu_y = 56$ i $\nu_h = 28$.

Pretpostavka a)

Nulta hipoteza temelji se na pretpostavci, da je empirijsko standardno odstupanje $s_{ISO-GNSS-RTK-xy}$ manje ili jednako teorijskoj ili pretpostavljenoj vrijednosti, σ_{xy} . Statistički test -

$$\chi^2 \text{ test: } \sigma_{xy} = 10,1 \text{ mm}, s_{ISO-GNSS-RTK-xy} = 12,5 \text{ mm}, \\ 12,5 \text{ mm} \leq 11,6 \text{ mm} - \text{uslov nije ispunjen, nulta hipoteza se odbacuje.}$$

Pretpostavka b)

Nulta hipoteza temelji se na pretpostavci, da je empirijsko standardno odstupanje $s_{ISO-GNSS-RTK-h}$ manje ili jednako teorijskoj ili pretpostavljenoj vrijednosti, σ_h . Statistički test -

$$\chi^2 \text{ test: } \sigma_h = 20,2 \text{ mm}, s_{ISO-GNSS-RTK-h} = 11,8 \text{ mm}, \\ 11,8 \text{ mm} \leq 24,4 \text{ mm} - \text{uslov je ispunjen, nulta hipoteza se ne odbacuje.}$$

Pretpostavka c)

U slučaju dva različita uzoraka, test pokazuje pripadaju li empirijska standardna odstupanja $s_{ISO-GNSS-RTK-xy}$ i $\tilde{s}_{ISO-GNSS-RTK-xy}$, istom osnovnom skupu (populaciji). Statistički test – Fisherov

$$\text{test: } s_{ISO-GNSS-RTK-xy} = 12,5 \text{ mm}, \tilde{s}_{ISO-GNSS-RTK-xy} = 15,5 \text{ mm}, \\ 0,59 \leq 0,65 \leq 1,70 - \text{uslov je ispunjen, nulta hipoteza se ne odbacuje.}$$

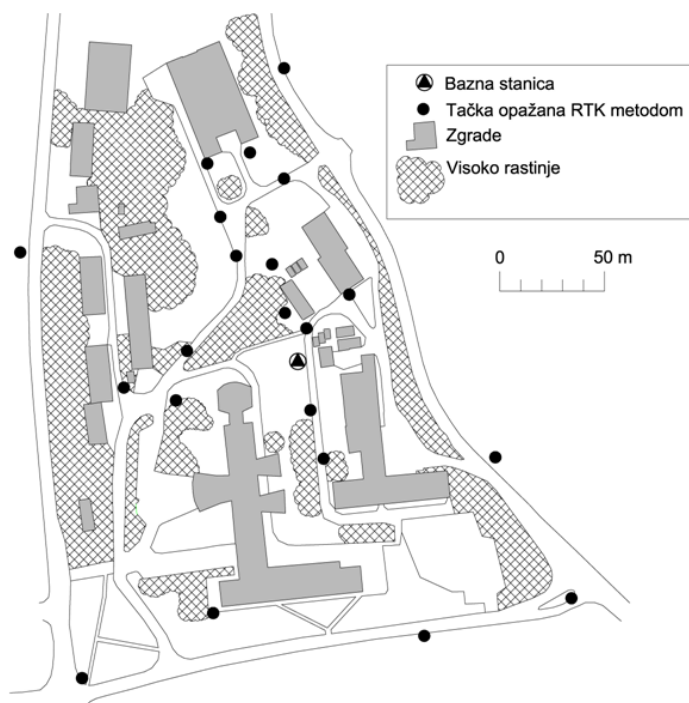
Pretpostavka d)

U slučaju dva različita uzoraka, test pokazuje pripadaju li empirijska standardna odstupanja $s_{ISO-GNSS-RTK-h}$ i $\tilde{s}_{ISO-GNSS-RTK-h}$, istom osnovnom skupu (populaciji). Statistički test – Fisherov

$$\text{test: } s_{ISO-GNSS-RTK-h} = 11,8 \text{ mm}, \tilde{s}_{ISO-GNSS-RTK-h} = 14,3 \text{ mm}, \\ 0,47 \leq 0,68 \leq 2,13 - \text{uslov je ispunjen, nulta hipoteza se ne odbacuje.}$$

6. ISPITIVANJE TAČNOSTI GPS PRIJEMNIKA U TESTNOJ GEODETSKOJ MREŽI

Usljed veoma kratkog vremena opažanja tačaka RTK metodom, rezultati mjerenja su znatno opterećeni različitim negativnim uticajima (npr. multipath efekt, nepravilno određivanje ambiguiteta i sl.), u koje operator nema uvid. Iz tog razloga je očita potreba za nezavisnim i objektivnim ispitivanjima GNSS RTK sistema u realnim radnim uslovima. U tom cilju se mogu primjeniti testne geodetske mreže, u kojima su tačke određene s boljom tačnošću od tačnošću opreme koja se ispituje (Featherstone et al., 2001).



Slika 2: Raspored tačaka testne geodetske mreže

Praktično ispitivanje tačnosti GPS prijemnika Geotracer 2200 je izvršeno u krugu Građevinskog fakulteta u Sarajevu, koji predstavlja karakteristično gradsko područje s velikom ugrađenošću, visokim zgradama, mnoštvom drveća i sl. (Slika 2). Na tom lokalitetu je razvijena klasična geodetska mreža, koja je povezana s novom gradskom geodetskom mrežom Sarajeva. Koordinate njenih tačaka su određene u Državnom koordinatnom sistemu, terestričkim metodama (kombinacija triangulacije i trileteracije). Tačnost horizontalnog položaja tačaka iznosi ~ 1 cm, dok su nadmorske visine određene geometrijskim nivelmanom s milimetarskom tačnošću. Tačke imaju uglavnom srednju ili veliku zaklonjenost horizonta, uz prisustvo okolnih reflektujućih površina. Prilikom GPS mjerenja, za bazu je odabrana tačka koja se nalazi u središtu mreže dok se ostale tačke nalaze u krugu od 200 m od bazne stanice (Slika 2). Mjerenje RTK metodom je obavljeno na ukupno 20 tačaka, na kojima je prijemnik funkcionisao (na znatnom broju tačaka s velikim zaklonom horizonta nije se mogao inicijalizirati prijemnik). Na svakoj tački je izvršeno samo po jedno mjerenje (takav postupak rada se nažalost najčešće koristi u našoj geodetskoj praksi), tj. nisu vršene kontrole (npr. dvostruka mjerenja na tačkama). Prilikom određivanja koordinata tačaka korišteni su parametri transformacije iz sistema ETRS89 u Državni koordinatni sistem, dobiveni u kampanji SARAREF2006, realizovanoj u okviru uspostave nove gradske geodetske mreže Sarajeva. Procjena tačnosti koordinata određenih GPS RTK metodom izvršena je upoređivanjem rezultata dobivenih RTK metodom i terestričkim mjerenjima, pri čemu su koordinate dobivene terestričkom metodom uzete kao referentne. Odstupanja položaja su u intervalu 9 mm – 39 mm, a visina u intervalu 2 mm – 28 mm. Standardno odstupanje horizontalnog položaja je $s_{xy} = 27$ mm, a visina $s_h = 19$ mm.

7. ZAKLJUČAK

Ispitivanjem prema ISO 17123-8 utvrđeno je da se GPS prijemnikom Geotracer 2200 postiže preciznost određivanja horizontalnog položaja tačaka sa standardnim odstupanjem od 12,5 mm, a preciznost mjerenja visina tačaka sa standardnim odstupanjem od 11,8 mm. Prema navodima proizvođača, za taj instrument preciznost mjerenja iznosi 10 mm + 1 ppm (položaj) i 20 mm + 2 ppm (visina). Na osnovu dobivenih rezultata može se konstatovati slijedeće:

- preciznost mjerenja položajnih koordinata malo je lošija od deklarirane preciznosti,
- preciznost mjerenja visina bolja je od one koju navodi proizvođač,
- instrument osigurava ponovljivost i obnovljivost rezultata mjerenja.

Na osnovu rezultata RTK mjerenja u testnoj geodetskoj mreži, zaključeno je da se upotrebom GPS prijemnika Geotracer 2200 ostvaruje praktična tačnost 3D pozicija tačaka u iznosu 33 mm. Iz toga proizilazi da se ovaj instrument može koristiti za niz inženjerskih i katastarskih zadataka, na područjima gdje nema velikih zaklona horizonta.

Rezultati ispitivanja tačnosti GPS prijemnika govore da je ona lošija od deklarirane vrijednosti koju daje proizvođač, naročito kada je u pitanju određivanje položaja. Na tačkama je vršeno po jedno mjerenje u realnim terenskim uslovima, s antenama postavljenim na visinu od 2 m na štap koji drži operator i u vertikalni položaj ga dovodi kružnom libelom. Nesigurnosti u držanju štapa dovode do njegovog naginjanja, što izaziva pomak antene i grešku u određivanju koordinata (npr. nagib štapa od 1° izazvat će grešku položaja od 35 mm). S druge strane, rezultati dobivenih visina se bolje slažu s deklariranim vrijednostima, budući da mali nagib štapa ne utiče toliko na visinu. Iz navedenog proizilazi da je prilikom mjerenja RTK metodom neophodno izvoditi kontrolna mjerenja na snimljenim tačkama, zbog provjere prisustva eventualnih grubih grešaka te dobivanja kvalitetnijih rezultata.

LITERATURA

Benčić, D., Solarić, N. (2008): Mjerni instrumenti i sustavi u geodeziji i geoinformatici. Školska knjiga, Zagreb.

Featherstone, W.E., Forward, T.A., Penna, N., Stewart, M.P., Tsakiri, M., McCarthy, R., Houghton, H., Xanthis, G. (2001): Establishment of GNSS testing and validation facilities in Perth, Western Australia. Proceedings of SatNav 2001, 5th International Symposium on Satellite Navigation Technology and Applications, Canberra.

Heister, H. (2008): The new ISO standard 17123-8 for checking GNSS field measuring systems. FIG Working Week 2008, Stockholm.

Hennig, W. (2008): The Role of F.I.G. in Leading the Development of International Real-Time Positioning Guidelines. FIG Working Week 2008, Stockholm.

International standard ISO 17123 – 8 (2007): Optics and optical instruments - Field procedures for testing geodetic and surveying instruments - Part 8. GNSS field measurement systems in real time kinematic (RTK). ISO, Geneva.

Martin, D. (2008): Review of Standards, Best Practice, Testing and Calibration in Global Navigation Satellite System (GNSS). FIG Working Week 2008, Stockholm.

Paar, R., Kapović, Z., Ahmetović, S. (2005): Ispitivanje preciznosti motorizirane mjerne stanice Topcon GMT-100 prema ISO normama 17123-3 i 17123-4. Geodetski list. 59 (82), 4, 267-279.

Savvaïdis, P., Ifadis, I.M., Doukas, I.D., Lakakis, K., Petridou-Chrysohoidou, N. (2004): Calibrating Geodetic Instruments - Standards for Calibration and Testing. Geoinformatics 7 (7), 19-21.

Solarić, N., Solarić, M., Barković, Đ., Šoško, N. (2008): Mogućnost nezavisne kontrole duljine kalibracijske baze s pomoću GPS-a. Geodetski list. 62 (85), 2, 67-82.

Wübbena, G., Schmitz, M., Boettcher, G., Schumann, C. (2006): Absolute GNSS Antenna Calibration with a Robot: Repeatability of Phase Variations, Calibration of GLONASS and Determination of Carrier-to-Noise Pattern. Proceedings of the IGS Workshop "Perspectives and Visions for 2010 and beyond", Darmstadt.

Autori:

Mr.sc. Nedim Tuno, dipl.inž.geod.

Građevinski fakultet, Univerzitet u Sarajevu
Patriotske lige 30, 71000 Sarajevo
Bosna i Hercegovina
E-mail: nedim_tuno@gf.unsa.ba

Mr.sc. Džanina Omičević, dipl.inž.geod.

Građevinski fakultet, Univerzitet u Sarajevu
Patriotske lige 30, 71000 Sarajevo
Bosna i Hercegovina
E-mail: dzanina_omicevic@gf.unsa.ba

Vanr. prof.dr.sc. Dušan Kogoj, dipl.inž.geod.

Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo – Oddelek za geodezijo
Univerza u Ljubljani
Jamova cesta 2, p.p. 3422, 1000 Ljubljana
Republika Slovenija
E-mail: dusan.kogoj@fgg.uni-lj.si