

TESTIRANJE I PRELIMINARNO ODREĐIVANJE KOORDINATA PERMANENTNE GPS STANICE NA GEODETSKOM FAKULTETU SVEUČILIŠTA U ZAGREBU

U ovom studentskom radu dan je pregled uloge permanentnih GPS stanica u pogledu ostvarivanja zadaće globalnog pozicionog sustava kao temelja svih globalnih i regionalnih geodetskih okvira. Također se raspravlja o ulozi permanentnih GPS stanica u geodinamičkom istraživanju, kao i o uspostavljanju GPS servisa za navigaciju. Nadalje, osvrće se i na značaj permanentne GPS stanice na Geodetskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, koja je prva takve vrste u Republici Hrvatskoj. Drugi dio studentskog rada daje prikaz povedenog testiranja i postupka korištenog pri preliminarnom određivanju koordinata permanentne GPS stanice na Geodetskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, uz pregled dobivenih rezultata.

izradio: *Željko Belobrajdić*

Uvod

Nakon uspostave prvih permanentnih GPS stanica još davne 1988. godine, njihov broj je brzo rastao prvenstveno u Sjevernoj Americi, Japanu i zemljama Zapadne Europe. U posljednjih nekoliko godina u okviru CEI (Central European Initiative) ta se tendencija širi na zemlje srednje i jugoistočne Europe. Permanentne GPS stanice u Europi koriste se u programu IGS-a (International GPS Service for Geodynamics) ili za održavanje Europskog referentnog sustava EUREF (European Reference Frame).

U skladu sa značajem permanentnih GPS stanica kao lokalnih referentnih točaka i putem toga usavršavanja lokalnih mreža, satelitska permanentna GPS opažanja postala su esencijalni i dragocijeni podaci za sve geodetske i geodinamičke studije i za uspostavu navigacijskih servisa.

Kako je u kratkom razdoblju GPS zavladao hrvatskom geodezijom, što se odrazilo i na novom nastavnom planu i programu Geodetskog fakulteta, kao i shvativši da se samo vlastitim snagama i naporom može nešto postići, odlučeno je krajem 1997. godine krenuti u realizaciju uspostave permanentne GPS stanice na Geodetskom fakultetu. Nakon stvorenih uvjeta za rad stanice, radovi su ubrzo završeni i 14. ožujka 1998. stanica je puštena u probni rad.

Uloga i primjena permanentnih GPS stanica

Tijekom posljednjih nekoliko godina mnogo permanentnih GPS stanica, čiji položaji su određeni permanentnim dvadesetčetverosatnim GPS opažanjima najviše točnosti, započele su sa radom. Te stanice, iznad svega, služe IGS i EUREF mreži, ali također i nacionalnim službama koje koriste DGPS (Differential Global Positioning System) servise za navigaciju u transportu, komunikacijama, zdravstvu itd. To je otvorilo nove mogućnosti uporabe permanentnih opažanja u svrhu praćenja određenih kratkoročnih pojava, te je dalo novu

dimenziju korištenju permanentnih GPS stanica u geodeziji i geodinamici.

Trenutno, permanentna GPS opažanja uglavnom se koriste za:

- ◆ Određivanje, poboljšanje točnosti i održavanje ITRF-a (Internacional Terrestrial Reference Frame). Te zadatke danas izvode dvije globalne službe: IGS, čija izvedba se temelji na mreži permanentnih GPS stanica i IERS (International Earth Rotation service). Najvažniji rezultati ponuđeni od strane tih službi uključuju precizne orbite GPS satelita, precizne pozicije permanentnih stanica (i njihove vektore brzine) i geodinamičke parametre rotacije Zemlje. Također nas opskrbljuju sa satnim korekcijama GPS satelita i opažačkih stanica isto kao i sa informacijom o ionosferi i troposferi. U Europi globalna mreža je realizirana kao kontinentalna mreža uspostavljena kroz EUREF kampanje. Mreža sačinjava točno određen dio ITRF-a poznat kao ETRF (European Terrestrial Reference Frame).
- ◆ Uspostavu referentnih kontrolnih mreža (stanica) za povezivanje nacionalnih geodetskih datuma i nedavno stvorenih nacionalnih sustava za pozicioniranje i navigaciju. EUREF točke i permanentne referentne GPS stanice u sastavu IGS i IERS servisa sačinjavaju osnovni internacionalni (globalni i regionalni) datum (frame) u Europi na koji su priključene sve nacionalne kontrolne mreže. Prema tome, nacionalne satelitske kontrolne mreže uspostavljene su kao proglašavanje EUREF i IGS/IERS datuma.
- ◆ Uspostavljanje točaka (stanica) za geodinamička istraživanja i povezivanje lokalnih geodinamičkih mreža.

IGS stanice sačinjavaju danas mrežu permanentnih stanica najviših međunarodnih standarda. Odlučeno je da se IGS globalna mreža sastoji od otprilike 50 jednako rasprostranjenih osnovnih permanentnih stanica ("Core

Hrvatskoj je u tijeku koji se bave tom problematikom. U okviru tih nastojanja, a s realnom mogućnošću ostvarenja te zadaće, Odjel za višu geodeziju poduzeo je potrebne korake. Shvativši da se samo vlastitim naporima i htjenjem može nešto postići, odlučeno je u prosincu 1997. godine krenuti u realizaciju uspostave permanentne GPS stanice na Geodetskom fakultetu.

Da bi se stvorili uvjeti za rad stanice, bilo je potrebno probušiti šest etaža zgrade Fakulteta, provući antenski kabel od krova (antena) do suterena (prijamnik) i postaviti postolje za antenu na krovu zgrade. Uloživši vlastita sredstva realizirana na znanstvenim i stručnim projektima, radna grupa Odjela za višu geodeziju pod vodstvom prof.dr.sc. Tomislava Bašića i doc.dr.sc. Željka Bačića, radovi su ubrzo završeni i 14. ožujka 1998. stanica je puštena u probni rad.

Makar je do sada detaljno objašnjena moguća globalna primjena permanentnih GPS stanica, nerealno je očekivati da odmah po stupanju u rad permanentna GPS stanica na Geodetskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu iste takve i obavlja. Razlog za to leži ponajprije u potrebitosti višemjesečnog probnog rada permanentne stanice u cilju njenog testiranja.

Međutim, stanica će za razliku od spomenutog imati široku primjenu na lokalnom, pa čak i nacionalnom nivou.

Osnovna namjena permanentne GPS stanice (već ostvareno):

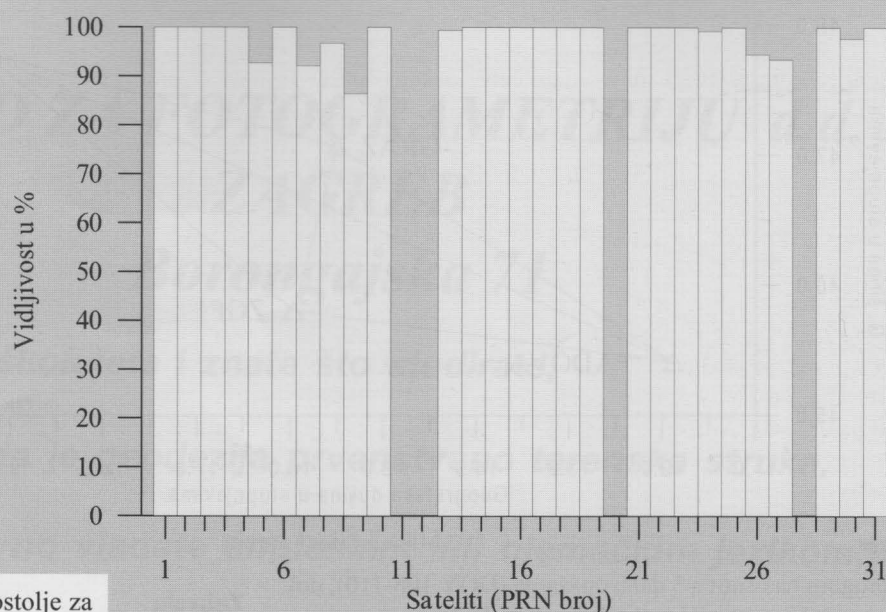
- Za praktičnu nastavu studenata iz kolegija Satelitska geodezija II i Satelitska geodezija III, kao i na usmjerenju Satelitska i fizikalna geodezija.
- Kao referentna stanica za GPS mjerenja kako Fakulteta tako i drugih GPS korisnika.

Predviđena namjena permanentne GPS stanice tijekom 1998. godine:

- Dovođenje stanice u punu operativnu sposobnost, kada će se jamčiti permanentnost rada i on-line dostupnost registriranih podataka uz poznate definitivne koordinate antene.
- Realizaciju DGPS sustava i njegovo stavljanje u probni pogon. Ovaj sustav odašiljat će diferencijalne GPS korekcije širokom krugu potencijalnih korisnika za potrebe navigacije i mjerenja niže točnosti.

Testiranje i preliminarno određivanje koordinata točke ZGF1

Vidljivost satelita korištena je iz almanaha i to sa pet-minutnom registracijom podataka. Pomoću posebno izrađenog programa, očekivana vidljivost uspoređena je sa opažanim podacima u rinx formatu. Na slici 2. prikazana je vidljivost na točki ZGF1 na uzorku od jednog dana (DOY094) i ona iznosi (za elevaciju od 15°



Slika 2. Vidljivost satelita na točki ZGF1 za dan DOY094

stupnjeva) 98.24% u odnosu na teorijsku vrijednost.

U cilju određivanja koordinata točke ZGF1 (permanentna GPS stanica) kako u globalnom koordinatnom sustavu tako i u postojećem državnom izračunata je preliminarna koordinata točke ZGF1.

Pritom je korišten softver GPSurvey 2.23. Program radi pod Windows operacijskim sustavom, a sastavni dijelovi su mu planiranje opažanja, obrada terenskih mjerenja u cilju izračunavanja prostornih vektora između stajališnih točaka, izjednačenje mreže, te transformacija dobivenih podataka u neku kartografsku projekciju.

Pri obradi vektora u modulu WAVE koji je dio programskog paketa GPSurvey, za određivanje preliminarnih koordinata točke ZGF1 korištene su precizne efemeride pribavljene s IGS servera putem interneta.

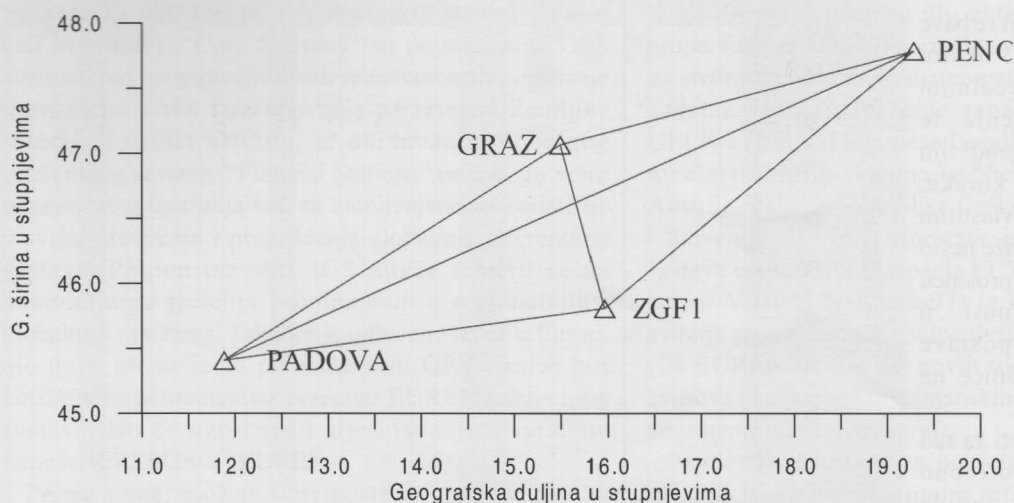
Korištena su opažanja sa referentnih GPS opažачkih stanica PENC, GRAZ i UPAD. Podaci su dobiveni putem interneta iz IGS Regional Data Centre u Grazu. Duljine vektora između pojedinih točaka iznose:

- GRAZ – PENC 296823.5 m
- GRAZ – UPAD 334340.9 m
- GRAZ – ZGF1 144556.2 m
- PENC – UPAD 625508.8 m
- PENC – ZGF1 335623.4 m
- UPAD – ZGF1 321739.3 m

Napomenimo da su spomenute točke korištene kao referentne u kampanjama EUREF 94, EUREF 95 i CROREF 96. Poznate koordinate tih točaka bile su definirane u ITRF 94 datumu te su pomoću programa NUVELL1A pomaknute iz epohe 1996.7 u epohu 1998.3. Na slici 3. prikazana je skica mreže opažanja koja sadrži spomenute točke.

Ostvareni rezultati

Preliminarne koordinate točke ZGF1 određene su iz tri nezavisna projekta. U prvom projektu koordinate su određene na osnovu 5 dana opažanja (DOY 078-082), u



Slika 3. Skica mreže

drugom na osnovu 3 dana opažanja (DOY 108-110), dok su u trećem projektu koordinate određene na osnovu zajedničkog rješenja.

Nakon prvih obrada vektora troposferska korekcija pokazala se vrlo značajnom u određivanju koordinata točke ZGF1 jer je opcija: korištenje opažanih meteoroloških podataka uveliko kvarilo vektorska rješenja. Zbog toga je korištenje meteoroloških podataka isključeno, a uključena je opcija računanja zenitnog kašnjenja (zenith delay).

Da bi se dobilo ispravno rješenje kod izjednačenja u softverskom modulu TRIMNET korišten je set nezavisnih vektora (samo vektori sa fiksnih na nepoznate točke).

Koordinate dobivene iz dva projekta vrlo su bliske jedna drugoj, što pokazuje da su preliminarne koordinate obrađene zadovoljavajućom točnošću (tablica 1)

Zahvala

Najljepše se zahvaljujem profesoru Tomislavu Bačiću i asistentu Danku Markovinoviću na pruženoj pomoći i savjetima pri izradi ovog rada, a posebno na stručnom vodstvu zahvaljujem mentoru doc.dr.sc. Željku Bačiću.

Literatura

1. Cheng P, Bačić Ž, Lichtenegger H (1997): On problems in DGPS Data Processing. Proceedings of the 4th International Seminar "GPS in Central Europe", Penc, Hungary, 7-9 May 1997, pp 233-239.
2. Gurtner W (1995): The Role of Permanent GPS Sta-

projekt			h
ZGF1	47° 48' 28,647725"	15° 57' 47,918447"	193. 0284 m
2σ	0.005244 m	0.004915 m	0.020167 m

Tablica 1. Preliminarne koordinate točke ZGF1 (ITRF'94 datum, epoha 1998,3)

Zaključak

U ovom radu opisani su glavni trendovi u uspostavi mreža permanentnih GPS stanica u svijetu i Europi, kao i trenutno stanje u Hrvatskoj. Prikazan je značaj permanentnih GPS stanica za povezivanje nacionalnih geodetskih mreža u regionalne i globalne, za geodinamička istraživanja kao i primjena u navigaciji.

U Hrvatskoj je u tijeku nekoliko projekata s ciljem uključivanja naše zemlje u mrežu permanentnih GPS stanica. Značajan korak u realizaciji istih učinjen je uspostavljanjem permanentne GPS stanice na Geodetskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.

Ispitivanja vidljivosti satelita pokazale su da je položaj točke ZGF1 izuzetno povoljan te da omogućuje vrlo kvalitetna opažanja, što je i osnovni preduvjet za rad

tions in IGS and Other Networks, Proceedings of 3th International Seminar on GPS in Central Europe, 9-11 May 1995, Penc, Hungary, pp. 221-239.

3. Hofmann-Wellehhof B, Lichtenegger H, and Collins J (1994): "Global Positioning System Theory and Practice", Springer-Verlag, Wien
4. Sledzinski J (1997): A New Role of Permanent GPS Stations in Geodynamic Research, Proceedings of the 4th International Seminar "GPS in Central Europe", Penc, Hungary, 7-9 May 1997, pp 185-197.
5. Trimble Navigation Limited (1992): "TRIMNET Plus, Survey Network Software User's Manual"
6. Trimble Navigation Limited (1996): "WAVE Software User's Guide"
7. International GPS Service for Geodynamics (1998): Resource Information, January 1998.