

Medžida Mulić *UDK 528.5 :528.11
Originalni naučni rad**ISPITIVANJE TAČNOSTI DUGIH VEKTORA GPS MREŽE BIHREF 98
RAČUNANI U WAVE MODULU GPSURVEY SOFTVERA****1. UVOD**

Tehnološki napredak postignut u posljednjim desetljećima XX stoljeća, osobito u oblasti računalne tehnike i razvoja umjetnih Zemljinih satelita, ostavio je neizbrisiv trag i u geodetskoj znanosti. Nakon što je konačno 1993. godine **NAVSTAR GPS** (Navigation Satellite Timing and Ranging Global Positioning System) postigao svoju punu operativnu sposobnost, njegova primjena je u geodeziji imala sve brži rast. Razvoj elektroničkih komponenti i računalne tehnologije rezultirali su sve manjim dimenzijama prijemnika koji trebaju i manje napajanja strujom, ali s druge strane sa mnogo boljim sposobnostima od prethodnih. Također je načinjen pomak u razvoju algoritama i programa za obradu GPS opažanja.

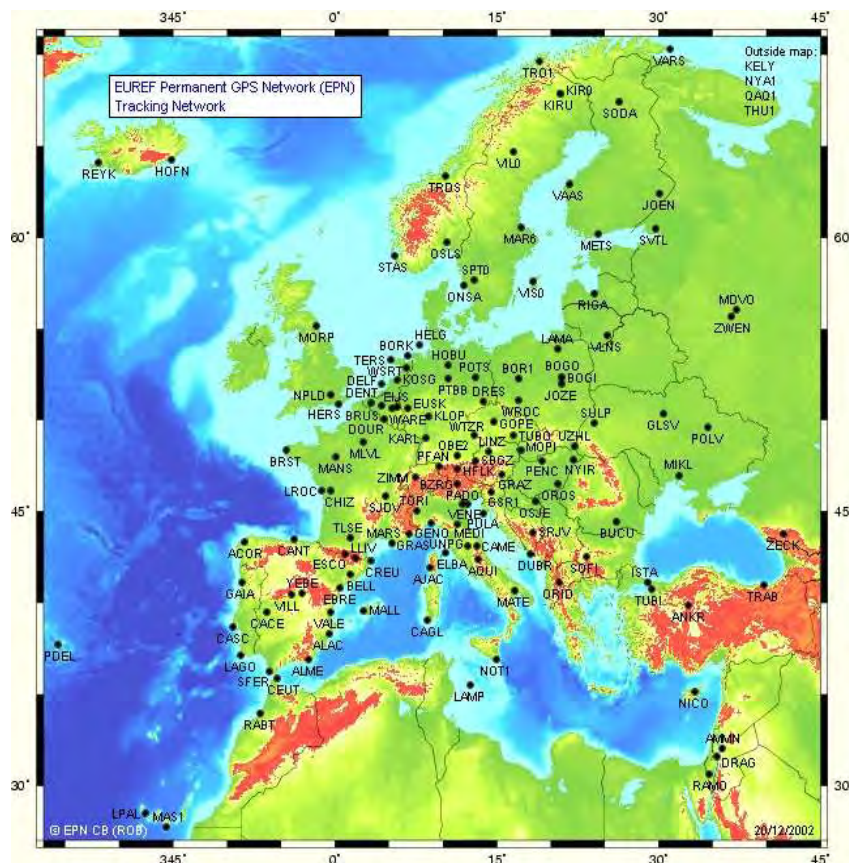
Dakle, GPS sistem je donio revolucionarne promjene u geodetsku praksu i u način određivanja koordinata geodetskih mreža. Omogućeno je da se geodetske mreže globaliziraju ili regionaliziraju, te je tako zadnjih petnaest godina načinjen napor u cilju razvijanja jedinstvene evropske geodetske mreže uz korištenje satelitske tehnike. Mreža je nazvana EUREF (European Referenc Frame).

EUREF referentna mreža je razvijena uglavnom korištenjem GPS mjerne tehnike. Prva mjerna kampanja koja je «pokrivala» zapadnu Evropu, provedena je 1989. godine, i od tada je izveden čitav niz GPS kampanja koje su širile mrežu ka istočnoj a zatim i jugoistočnoj Evropi. Na EUREF simoziju održanom u Varšavi 1994. godine Tehnička radna grupa EUREF-a prezentirala je prijedlog za ustanovljavanje mreže permanentnih GPS stanica. Uzimajući u obzir narastajući broj tačaka koje su permanentno prikupljale opažanja GPS satelita, a bile na teritoriju Evrope, EUREF podkomisija odlučila je preuzeti prednosti ove situacije za održavanje EUREF mreže (Rezolucija No2 EUREF simpoziju održanog u Helsinkiju). Permanentne stanice su trebale činiti kičmu EUREF mreže, a koja bi se progušćavala provođenjem «lokalnih» GPS kampanja. EUREF permanentna mreža EPN pokazana je na sl. 1.1. Za više detalja vidjeti www.epncb.oma.be.

U cilju proširenja EUREF mreže provedena je 1998. godine GPS kampanja na teritoriju Bosne i Hercegovine. Bila je to dobra prilika da se podaci opažanja prikupljeni tokom te GPS kampanje, primijene pri izradi ovog magistarskog rada sa naslovom: «Obrada i analiza postojećih GPS mjerenja na teritoriju Bosne i Hercegovine». Zadatak je bio da se upotrebom komercijalnog GPSurvey Trimble softvera obrade podaci iz GPS kampanje EUREF98 sa teritorija Bosne i Hercegovine (nazvane BIHREF98). Želja je bila ispitati mogućnosti obrade GPS mjerenja ovim komercijalnim softverom i vidjeti kvalitetu dobivenih rezultata. Posebna pažnja poklonjena je obradi i analizi dugih vektora. Polazna hipoteza je bila da se spomenuti softver može primijeniti na obradu podataka GPS kampanje na teritoriju Bosne i Hercegovine te da se rezultati mogu koristiti samo u

* Mr. Medžida Mulić, dipl.inž.geod., Građevinski fakultet Sarajevo

praktične svrhe. Očekivana tačnost koordinata je reda 1cm za horizontalne komponente, i dvostruko za vertikalnu komponentu položaja. Zahvaljujući velikoj pažnji i uloženom trudu, dobiveni rezultati su bolji od očekivanih, što je izloženo u zaključku rada.



Sl. 1.1. Karta EUREF permanentne mreže EPN.

2. BIHREF 98 GPS KAMPANJA

2.1. UVOD

Na teritoriju Bosne i Hercegovine organizirana je i provedena GPS kampanja BIHREF 98 u periodu od 4.-9. 09.1998. godine, a u okviru EUREF 98 GPS kampanje. Ovim se Bosna i Hercegovina zajedno sa Albanijom i Jugoslavijom uključila u EUREF (Altiner i dr.1999). U tom momentu samo Rusija, Bjelorusija i Moldavija nisu bile povezane sa ETRS 89 mrežom. Takav status EUREF nije se promijenio do danas. Sl. 2.1 pokazuje status EUREF GPS mreže za vremenski period od 1989. do 1998. godine dok sl. 2.2. pokazuje raspored opažanih EUREF tačaka u Bosni i Hercegovini i okolnim zemljama.



Sl. 2.1. Status EUREF mreže 1989.-1998.



Sl. 2.2. Raspored tačaka opažanih u EUREF 98 GPS kampanji

Za mjerenja na teritoriju Bosne i Hercegovine koristili su se prijemnici Trimble 4000 SSI te GPS antene tipa L1/L2 wGP. Opažanja su izvedena u pet sesija u trajanju po 24 sata. Podaci opažanja su pohranjivani sa elevacijskom maskom 15° i intervalom bilježenja 15 sekundi. Opažano je 13 tačaka raspoređenih ravnomjerno po teritoriju Bosne i Hercegovine

3. OPTIMIRANJE PROCESIRANIH VEKTORA

Teško je specificirati apsolutni iznos prihvatljivih vrijednosti za ratio i referentnu varijancu, jer svaki od ovih statističkih pokazatelja funkcija je ukupnog broja opažanja u pojedinoj datoteci. Općenito govoreći, trebalo bi razmatrati vrijednosti za ratio i varijancu zajedno. Vektori s niskim ratio i visokim varijancama su krajnje sumnjivi. Ponovljeno procesiranje ovakvih vektora nakon isključivanja problematičnih satelita može popraviti statistiku. Ali to je u ovom radu bio veoma opsežan i dug posao. Tek nakon razmatranja svih faktora i provođenja kontrola zatvaranja figura te izjednačenja mreže može se doći do zaključka o opravdanosti usvajanja računanog rješenja za pojedini vektor.

3.1. Popravljanje rezultata

Uspješno rješenje cijelog broja valnih duljina ovisi o brojnim faktorima: dužina opažanja, broj opažanih satelita, elevacijski kutovi satelita, duljina vektora, atmosferski uvjeti, broj "cycle slip"-ova u podacima opažanja. Softver ponekad nije u stanju da nađe skup cijelih brojeva koji je dovoljno različit od slijedećeg najboljeg skupa cijelih brojeva valnih duljina N .

Međutim nekad je moguće dobiti bolje rješenje sa pažljivim editiranjem podataka. Editiranje podataka ovdje znači odbacivanje nekih opažanja sa jednog ili više satelita nad nekim dijelom satelitske trajektorije. Ovo se može izvesti na više načina:

- povećati elevacijsku masku
- izmijeniti početak i/ili završetak vremena za procesiranje
- isključiti opažanja sa nekog satelita

Kao što je već rečeno, u ovom radu se primjenjivala ova posljednja opcija, jer je ona bila optimalnija. Naime, na taj način se iskoristilo najviše podataka opažanja, što je i bio cilj. Pregledom SV reziduala bilježeni su sateliti sa velikim rezidualima ili sa puno prekida te su se podaci tih satelita isključivali u "setup"-u. Zatim se ponavljalo procesiranje izabranog vektora. Ako se rezultat popravljao, pohranjivan je nakon ponovljenog procesiranja komandom "save" u "file" izborniku.

Uvidom u pregled rješenja vektora nakon prvog procesiranja uočeno je da veoma mali broj vektora ima ratio i varijancu koji zadovoljavaju zadane kriterije usvojene za ovaj projekt: (varijanca = 1, ratio ≥ 3). To je bilo i očekivano zbog velike duljine vektora koja je uvijek prelazila 70 km, a većina vektora je bila duža od 100 km. Pristupilo se optimiranju vektora na način ponovnog procesiranja uz postupak isključivanja "problematičnih" satelita. Ponovljeno je procesiranje svih vektora koji nisu u prvom koraku imali zadovoljavajuće statističke pokazatelje: referentnu varijancu i ratio. Nakon dobivanja zadovoljavajućeg rezultata pojedinog vektora pohranjivan je u bazu podataka (eng. database) projekta (Trimble, 1996d). Kad su svi vektori imali prihvatljive vrijednosti rješenja bilo je potrebno provesti stanovite kontrole kao što je to naprijed ukratko opisano. To znači, čak i ako se dobio vektor sa vrijednostima za ratio i referentnu varijancu koja zadovoljava unaprijed zadane kriterije, to još uvijek ne mora značiti da vrijednosti za taj vektor u potpunosti zadovoljavaju.

Kontrola računanih vektora načinom zatvaranja figura

Prije izjednačenja mreže moguće je i poželjno provesti kontrolu dobivenih rješenja vektora. Postoji više načina da se to provede. Jedan način je zatvaranjem neovisnih figura. Ako se pojavi “nezatvaranje” figure koje ne može biti zanemareno (o čemu iskusan geodeta odlučuje samostalno) “sumnjivi” vektor može biti eliminiran iz baze podataka već u ovom koraku.

Drugi način kontrole moguće je izvesti u Trimnet GPS Network modulu, gdje se može izvršiti preliminarno otkrivanje grubih pogrešaka korištenjem opcija: Redundant Vectors i Global Network Closures. O ovim kontrolama bit će rečeno nešto više poslije.

3.2. Analiza optimiranih vektora

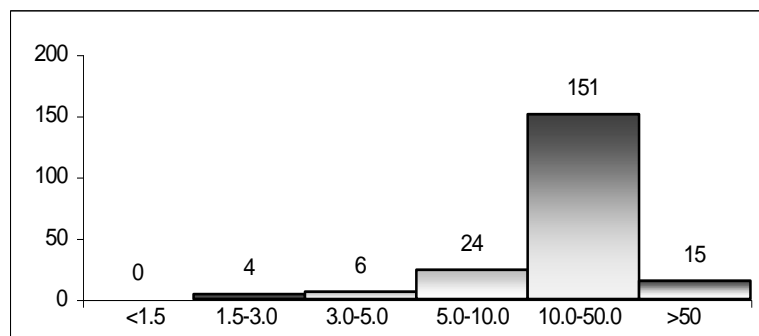
U nastavku su pokazani rezultati za optimirane vektora u svih pet projekata, tj. provedena je analiza vektora i njihovih statističkih pokazatelja ratio i referentne varijance u novom projektu *Pet dana zajedno*, koristeći Microsoft Excel.

Osim kose duljine izmeđustajališta, učitane su iz baze podataka softvera vrijednosti za ratio i referentnu varijancu. Analizirane su vrijednosti ovih statističkih pokazatelja također.

Ratio

Analizom je ustanovljena distribucija statističkog pokazatelja ratio svih procesiranih vektora što je zorno prokazano grafički na sl. 3.1. Kao što se vidi, vrijednosti za “ratio” podijeljene su u “razrede”. Samo četiri vektora (u skupu od 200) imaju ratio manji od 3, što je zadovoljavajući rezultat:

- 0 slučajeva manji ili jednak 1.5
- 4 slučaja da je ratio između 1.5 i 3.0
- 6 slučajeva da je ratio između 3 i 5
- 24 slučaja da je ratio između 5 i 10
- 151 slučaj da je ratio između 10 i 50
- 15 slučajeva da je ratio veći od 50



Sl. 3.1. Distribucija statističkog pokazatelja ratio svih vektora u projektu “Pet dana zajedno”.

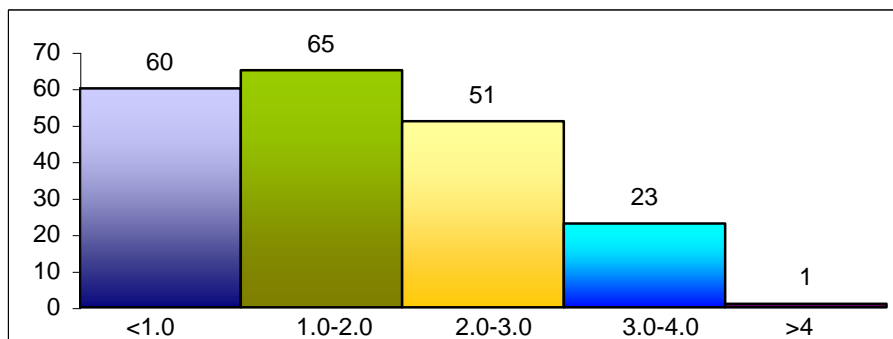
Referentna varijanca

Analizom je ustanovljena distribucija referentne varijance svih procesiranih vektora, kao što je pokazano na sl. 3.2. Tako je (u skupu od 200 vektora) referentna varijanca bila kao što sljedeći:

- 1 vektor sa variancom 4.7 (duljina vektora 324 km-Kudić- Leotar)
- 23 vektora sa variancom od 3 do 4 ;
- 51 vektor sa variancom od 2 do 3
- 65 vektora sa variancom od 1 do 2
- 60 vektora sa variancom manjom od 1.

Uočeno je da svi vektori koji polaze ili završavaju na stajalištu Čvrstica imaju varijancu između 2 i 4. Očigledno je da je postojao veliki šum signala. Ovaj šum je vjerojatno uzrokovan takmičenjem radio amatera koje se odvijalo u objektu u neposrednoj blizini trigonometrijske tačke Čvrstica u vremenu opažanja. Poznato je da frekvencija na kojoj rade radio amateri smeta GPS signalu.

Najveća varijanca je ona za vektor Kudić Brdo–Leotar, i iznosi 4.72. Duljina tog vektora je 324 km. Ujedno je to vektor koji ima najveću srednju kvadratnu pogrešku koja iznosi ± 9 mm. Relativna pogreška tog vektora je oko $1/37\ 000\ 000$ i nije međunajmanjim vrijednostima.



Sl. 3.2. Distribucija referentnih varijanci optimiranih vektora u svim projektima.

Za svaku liniju određenu u pojedinim danima korištenjem Wave modula GPSurveya u Microsoft Excelu je računano:

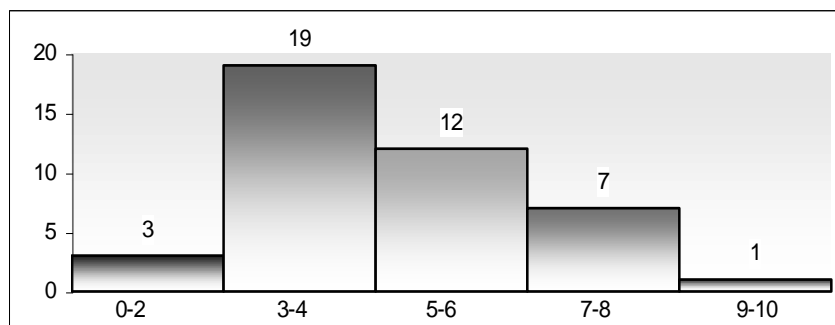
- srednja vrijednost kose duljine iz pet mjerenja
- odstupanje od srednje vrijednosti
- srednja kvadratna pogreška
- relativna pogreška
- stupanj slobode
- najveće i najmanje odstupanje (apsolutna vrijednost).

Na kraju je računana srednja kvadratna pogreška iz ukupnog skupa mjerenja, koje iznosi ± 5 mm, što je s obzirom na velike dužine vektora veoma zadovoljavajuća tačnost.

Srednja kvadratna pogreška vektora

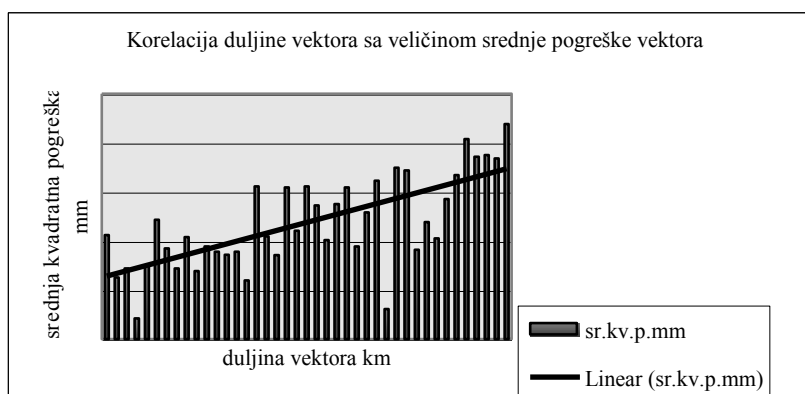
Od 200 reprocessiranih-optimiranih vektora računano je 40 srednjih vrijednosti vektora. Zatim su računana odstupanja od srednjih vrijednosti i srednje kvadratne pogreške računanih vrijednosti vektora. Analizom je uočeno sljedeće (sl. 3.3.):

- 3 vektora sa srednjom kvadratnom pogreškom u intervalu 0-2 mm
- 19 vektora sa srednjom kvadratnom pogreškom u intervalu 3-4 mm
- 12 vektora sa srednjom kvadratnom pogreškom u intervalu 5-6 mm
- 7 vektora sa srednjom kvadratnom pogreškom u intervalu 7-8 mm
- 1 vektora sa srednjom kvadratnom pogreškom u intervalu 9-10 mm (Kudić B.-Leotar)



Sl. 3.3. Distribucija srednjih kvadratnih pogrešaka srednjih vrijednosti vektora.

Konačno je načinjena još jedna analiza srednjih kvadratnih pogrešaka svih srednjih vrijednosti optimiranih vektora. Poredani su vektori po svojoj duljini sa pridruženim srednjim kvadratnim pogreškama, što je grafički pokazano na sl. 3.4. Očigledno su srednje kvadratne pogreške veće za duže vektore, što pokazuje i trend linije regresije.



Sl. 3.4. Ocjena tačnosti svih optimiranih vektora (vektori poredani po duljini).

Iz gore izvedenih analiza zaključuje se da vektori imaju rezultate očekivane tačnosti i da se može obaviti izjednačenje mreže.

Kombinirano rješenje

Prije izjednačenja mreža za svaki dan opažanja, otvoren je novi projekt pod imenom PET DANA ZAJEDNO. Kao ulazni podaci za ovaj projekt su .ssf datoteke iz svih pet projekata: DAN247, DAN248, DAN249, DAN250 i DAN251. Ovako je formirana mreža tačaka sa prekobrojnim vektorima. Ovo se u literaturi često zove kombinirano rješenje (Altiner i dr.1999). Po teoriji vjerojatnosti ovo rješenje je najbolje i koordinate tačaka koje rezultiraju iz izjednačenja ovakvog kombiniranog rješenja usvajaju se kao konačne.

Slijedi pregled rezultata optimiranih vektora za projekte: DAN 247, DAN 248, DAN 249, DAN 250 i DAN 251 koji zajedno čine projekt PET DANA ZAJEDNO. Analiza statističkih pokazatelja ovih vektora pokazana je ranije. U tablici 3.1. pokazani su ulazni i izlazni podaci provedenih analiza svih vektora. Kao što je ranije rečeno analiza je provedena u Microsoft Excel-u. Ulazni podaci su podaci svih vektora s dostupnim statističkim pokazateljima koji se nalaze u bazi podataka projekta Pet dana zajedno, a mogu se naći u izvještaju o projektu dostupnom u izborniku Utullities-Project Report .

Tablica 3.2. Analiza svih optimiranih vektora sadržanih u PET DANA ZAJEDNO

From Station	To Station	Slope	Ratio	Refer.	Srednja kv.p.		
Short Name	Short Name	Duljina vektora		Varianc	Sredina	Odstup.	Relativna p.
1447SARAJ	145 LIVNO	124804,355	4,4	0,722	124804,357	0,002	sr.kv.pgr. 0,005
1447SARAJ	145 LIVNO	124804,359	27,9	1,216		0,002	1/23930143
1447SARAJ	145 LIVNO	124804,349	6,8	0,751		-0,008	min 0,001
1447SARAJ	145 LIVNO	124804,363	36,3	2,498		0,006	max 0,008
1447SARAJ	145 LIVNO	124804,358	21,6	1,121		0,001	
1447SARAJ	235 KUDIC	240848,956	7	1,205	240848,959	-0,003	sr.kv.pgr. 0,008
1447SARAJ	235 KUDIC	240848,966	61,9	2,411		0,007	1/29534794
1447SARAJ	235 KUDIC	240848,947	10,9	0,759		-0,012	min 0,000
1447SARAJ	235 KUDIC	240848,967	11,7	1,778		0,008	max 0,012
1447SARAJ	235 KUDIC	240848,959	10	0,654		0,000	
1447SARAJ	238 KOZARA	166875,675	18,1	1,934	166875,676	-0,001	sr. kv.pgr 0,001
1447SARAJ	238 KOZARA	166875,676	11,4	2,246		0,000	1/13625348
1447SARAJ	238 KOZARA	166875,675	14,1	1,639		-0,001	min 0,000
1447SARAJ	238 KOZARA	166875,678	10,9	2,098		0,002	max 0,002
1447SARAJ	238 KOZARA	166875,676	15,8	1,658		0,000	
1447SARAJ	258 VLASIC	75164,339	11,1	1,829	75164,337	0,003	sr.kv.pgr.0,004
1447SARAJ	258 VLASIC	75164,331	14,5	0,557		-0,005	1/20332020
1447SARAJ	258 VLASIC	75164,338	17,1	0,589		0,001	min 0,001
1447SARAJ	258 VLASIC	75164,338	16,7	0,501		0,001	max 0,005
1447SARAJ	271VSTOLAC	70798,693	4,6	0,794	70798,694	-0,001	sr.kv.pgr. 0,001
1447SARAJ	271VSTOLAC	70798,693	10,3	2,43		-0,001	1/84620624
1447SARAJ	271VSTOLAC	70798,694	7,5	0,733		0,000	min 0,000
1447SARAJ	271VSTOLAC	70798,695	26,1	0,842		0,001	max 0,001
1447SARAJ	271VSTOLAC	70798,694	30,3	0,513		0,000	

1447SARAJ	275OSJECEN	186373,151	3,3	1,128	186373,152	-0,001	sr.kv.pgr. 0,005
1447SARAJ	275OSJECEN	186373,157	11,4	1,947		0,005	1/39031561
1447SARAJ	275OSJECEN	186373,144	34,3	0,384		-0,008	min 0,001
1447SARAJ	275OSJECEN	186373,153	17,5	0,685		0,001	max 0,008
1447SARAJ	275OSJECEN	186373,153	5,6	0,479		0,001	
1447SARAJ	276 MAGLIC	70911,894	25,8	2,94	70911,897	-0,003	sr.kv.pgr. 0,003
1447SARAJ	276 MAGLIC	70911,896	11,8	0,677		-0,001	1/23747497
1447SARAJ	276 MAGLIC	70911,901	11,8	0,599		0,004	min 0,001
1447SARAJ	276 MAGLIC	70911,898	13,1	0,531		0,001	max 0,004
1447SARAJ	280CVRNSNI	74351,283	11,4	2,577	74351,278	0,005	sr.kv.pgr. 0,005
1447SARAJ	280CVRNSNI	74351,272	19,6	2,847		-0,006	1/15272645
1447SARAJ	280CVRNSNI	74351,275	16	2,112		-0,003	min 0,000
1447SARAJ	280CVRNSNI	74351,283	74	2,381		0,005	max 0,006
1447SARAJ	280CVRNSNI	74351,278	19,2	2,331		-0,000	
1447SARAJ	309 LJUBIC	132342,125	8,7	1,465	132342,125	0,000	sr.kv.pgr. 0,006
1447SARAJ	309 LJUBIC	132342,134	238,	1,923		0,009	1/21273680
1447SARAJ	309 LJUBIC	132342,117	7	1,434		-0,008	min 0,000
1447SARAJ	309 LJUBIC	132342,126	11,9	1,961		0,001	max 0,009
1447SARAJ	309 LJUBIC	132342,122	13,1	1,406		-0,003	
1447SARAJ	318 LEOTAR	125582,857	11,3	0,831	125582,854	0,003	sr.kv.pgr. 0,004
1447SARAJ	318 LEOTAR	125582,852	17,3	1,501		-0,002	1/28438916
1447SARAJ	318 LEOTAR	125582,852	4,7	1,025		-0,002	min 0,002
1447SARAJ	318 LEOTAR	125582,860	11,2	1,244		0,006	max 0,006
1447SARAJ	318 LEOTAR	125582,849	35,1	0,89		-0,005	
1447SARAJ	377STOLICE	82038,888	10	1,173	82038,887	0,001	sr.kv.pgr. 0,004
1447SARAJ	377STOLICE	82038,892	10,5	1,887		0,005	1/19705103
1447SARAJ	377STOLICE	82038,882	7,3	1,184		-0,005	min 0,001
1447SARAJ	377STOLICE	82038,886	12	1,108		-0,001	max 0,005
235 KUDIC	145 LIVNO	155566,806	11,8	0,985	155566,805	0,001	sr.kv.pgr. 0,006
235 KUDIC	145 LIVNO	155566,799	11,6	1,271		-0,006	1/25170118
235 KUDIC	145 LIVNO	155566,799	11,6	0,782		-0,006	min 0,001
235 KUDIC	145 LIVNO	155566,813	10,4	0,894		0,008	max 0,008
235 KUDIC	145 LIVNO	155566,809	11,6	0,841		0,004	
235 KUDIC	238 KOZARA	87894,421	17,3	1,997	87894,423	-0,002	sr.kv.pgr. 0,003
235 KUDIC	238 KOZARA	87894,426	39,1	1,666		0,003	1/31674951
235 KUDIC	238 KOZARA	87894,419	5,3	2,115		-0,004	min 0,001
235 KUDIC	238 KOZARA	87894,424	12,9	2,002		0,001	max 0,004
235 KUDIC	238 KOZARA	87894,424	16,1	1,833		0,001	
235 KUDIC	258 VLASIC	166053,745	11	2,684	166053,742	0,003	sr.kv.pgr. 0,006
235 KUDIC	258 VLASIC	166053,732	2,3	0,636		-0,010	1/25724935
235 KUDIC	258 VLASIC	166053,746	12,7	0,661		0,005	min 0,001
235 KUDIC	258 VLASIC	166053,743	15,6	0,562		0,001	max 0,010
235 KUDIC	271VSTOLAC	299907,980	15,5	1,411	299907,973	0,007	sr.kv.pgr. 0,008
235 KUDIC	271VSTOLAC	299907,977	10,7	1,189		0,004	1/39969969
235 KUDIC	271VSTOLAC	299907,963	33,2	0,717		-0,010	min 0,004
235 KUDIC	271VSTOLAC	299907,968	13,3	1,895		-0,005	max 0,010
235 KUDIC	271VSTOLAC	299907,979	4,3	0,66		0,006	
235 KUDIC	275OSJECEN	66883,390	10,6	0,908	66883,392	-0,002	sr.kv.pgr. 0,003
235 KUDIC	275OSJECEN	66883,391	12	1,304		-0,001	1/23215564
235 KUDIC	275OSJECEN	66883,390	14,2	0,496		-0,002	min 0,001
235 KUDIC	275OSJECEN	66883,396	10,9	0,701		0,004	max 0,004
235 KUDIC	275OSJECEN	66883,395	36,1	0,551		0,003	
235 KUDIC	276 MAGLIC	302180,938	16,6	2,069	302180,931	0,007	sr.kv.pgr. 0,007
235 KUDIC	276 MAGLIC	302180,923	16,1	0,562		-0,008	1/41026756
235 KUDIC	276 MAGLIC	302180,936	15,1	0,783		0,005	min 0,005
235 KUDIC	276 MAGLIC	302180,926	16,4	0,559		-0,005	max 0,008
235 KUDIC	309 LJUBIC	108533,718	8	1,657	108533,721	-0,003	sr.kv.pgr. 0,003
235 KUDIC	309 LJUBIC	108533,724	203,	1,995		0,003	1/31595388
235 KUDIC	309 LJUBIC	108533,716	8,3	1,091		-0,005	min 0,001
235 KUDIC	309 LJUBIC	108533,723	13,3	1,485		0,002	max 0,005

235 KUDIC	309 LJUBIC	108533,722	12,6	1,488		0,001		
235 KUDIC	318 LEOTAR	324996,215	10,2	4,727	324996,210	0,005	sr.kv.pgr.	0,009
235 KUDIC	318 LEOTAR	324996,206	10,6	1,494		-0,004		1/37109117
235 KUDIC	318 LEOTAR	324996,209	11,9	0,926		-0,001		min 0,001
235 KUDIC	318 LEOTAR	324996,222	12	2,003		0,012		max 0,012
235 KUDIC	318 LEOTAR	324996,199	16,6	1,896		-0,011		
235 KUDIC	377 STOLICE	246630,647	6	1,59	246630,643	0,004	sr.kv.pgr.	0,007
235 KUDIC	377 STOLICE	246630,648	38,2	1,952		0,005		1/33155350
235 KUDIC	377 STOLICE	246630,632	7,2	1,361		-0,011		min 0,002
235 KUDIC	377 STOLICE	246630,645	1,8	1,194		0,002		max 0,011
280CVRNSNI	145 LIVNO	63448,983	19,8	2,612	63448,981	0,002	sr.kv.pgr.	0,003
280CVRNSNI	145 LIVNO	63448,982	43,7	3,072		0,001		1/25278679
280CVRNSNI	145 LIVNO	63448,977	11,9	2,396		-0,004		Min 0,001
280CVRNSNI	145 LIVNO	63448,983	10,7	2,47		0,002		Max 0,004
280CVRNSNI	145 LIVNO	63448,982	12,9	2,233		0,001		
280CVRNSNI	235 KUDIC	210831,123	10,1	3,61	210831,125	-0,002	sr.kv.pgr.	0,006
280CVRNSNI	235 KUDIC	210831,131	11	3,887		0,006		1/36982226
280CVRNSNI	235 KUDIC	210831,117	10,2	3,036		-0,008		min 0,001
280CVRNSNI	235 KUDIC	210831,130	14,8	2,802		0,005		max 0,008
280CVRNSNI	235 KUDIC	210831,124	20,7	2,34		-0,001		
280CVRNSNI	235 KUDIC	210831,124	20,7	2,34		-0,001		
280CVRNSNI	238 KOZARA	159525,816	10,8	3,661	159525,815	0,001	sr.kv.pgr.	0,005
280CVRNSNI	238 KOZARA	159525,811	22,3	3,852		-0,004		1/30872752
280CVRNSNI	238 KOZARA	159525,810	11,8	3,544		-0,005		min 0,001
280CVRNSNI	238 KOZARA	159525,823	241,	3,502		0,008		max 0,008
280CVRNSNI	238 KOZARA	159525,816	29	3,375		0,001		
280CVRNSNI	258 VLASIC	77150,537	113,	2,845	77150,534	0,004	sr.kv.pgr.	0,003
280CVRNSNI	258 VLASIC	77150,530	23,2	2,607		-0,003		1/26725729
280CVRNSNI	258 VLASIC	77150,534	11,4	2,119		0,001		min 0,000
280CVRNSNI	258 VLASIC	77150,533	25,6	2,031		-0,000		max 0,004
280CVRNSNI	271 VSTOLAC	142955,924	30,1	2,254	142955,925	-0,001	sr.kv.pgr.	0,005
280CVRNSNI	271 VSTOLAC	142955,928	16,3	2,882		0,003		1/26231549
280CVRNSNI	271 VSTOLAC	142955,919	38,7	3,539		-0,006		min 0,001
280CVRNSNI	271 VSTOLAC	142955,933	10,7	2,05		0,008		max 0,008
280CVRNSNI	271 VSTOLAC	142955,922	9,5	2,174		-0,003		
280CVRNSNI	275 OSJECEN	146512,291	8,1	2,894	146512,289	0,002	sr.kv.pgr.	0,004
280CVRNSNI	275 OSJECEN	146512,290	19,1	3,518		0,001		1/36289439
280CVRNSNI	275 OSJECEN	146512,283	18,6	2,207		-0,006		min 0,000
280CVRNSNI	275 OSJECEN	146512,294	11,5	2,885		0,005		max 0,006
280CVRNSNI	275 OSJECEN	146512,289	6,4	2,478		-0,000		
280CVRNSNI	276 MAGLIC	101017,064	14,7	2,512	101017,065	-0,001	sr.kv.pgr.	0,004
280CVRNSNI	276 MAGLIC	101017,066	11,4	2,007		0,001		1/28346072
280CVRNSNI	276 MAGLIC	101017,063	18,3	2,531		-0,002		min 0,001
280CVRNSNI	276 MAGLIC	101017,071	10,7	2,701		0,006		max 0,006
280CVRNSNI	276 MAGLIC	101017,062	16,9	2,167		-0,003		
280CVRNSNI	309 LJUBIC	112011,664	14,3	3,237	112011,663	0,001	sr.kv.pgr.	0,002
280CVRNSNI	309 LJUBIC	112011,665	13,1	3,286		0,002		1/46916523
280CVRNSNI	309 LJUBIC	112011,659	10	3,325		-0,004		min 0,001
280CVRNSNI	309 LJUBIC	112011,664	121,	3,498		0,001		max 0,004
280CVRNSNI	309 LJUBIC	112011,662	35,1	3,572		-0,001		
280CVRNSNI	318 LEOTAR	114538,633	12,4	2,745	114538,634	-0,001	sr.kv.pgr.	0,006
280CVRNSNI	318 LEOTAR	114538,638	11,2	2,897		0,004		1/18388070
280CVRNSNI	318 LEOTAR	114538,631	15,3	2,781		-0,003		min 0,001
280CVRNSNI	318 LEOTAR	114538,643	75,2	3,445		0,009		max 0,009
280CVRNSNI	318 LEOTAR	114538,627	12,1	2,53		-0,007		
280CVRNSNI	377 STOLICE	147926,067	8,9	3,984	147926,061	0,006	sr.kv.pgr.	0,006
280CVRNSNI	377 STOLICE	147926,061	95	2,767		-0,000		1/26858678
280CVRNSNI	377 STOLICE	147926,056	11,8	3,094		-0,005		min 0,000
								max 0,006
394 TURIC	144 7SARAJ	110751,124	2,4	0,918	110751,123	0,001	sr.kv.pgr.	0,004

394 TURIC	144 7SARAJ	110751,117	8,7	0,7	-0,006	1/31077515
394 TURIC	144 7SARAJ	110751,125	128	1,162	0,002	min 0,001
394 TURIC	144 7SARAJ	110751,126	11	0,606	0,003	max 0,006
394 TURIC	1447SARAJ	110751,124	10,6	2,078	0,001	
394 TURIC	145 LIVNO	172354,562	5,8	1,306	172354,562 -0,000	sr.kv.pgr. 0,007
394 TURIC	145 LIVNO	172354,571	11,3	3,3	0,009	1/24672484
394 TURIC	145 LIVNO	172354,553	21,5	0,744	-0,009	min 0,000
394 TURIC	145 LIVNO	172354,567	11,3	1,203	0,005	max 0,009
394 TURIC	145 LIVNO	172354,559	13,4	0,803	-0,003	
394 TURIC	235 KUDIC	207062,607	13,7	1,1	207062,608 -0,001	sr.kv.pgr. 0,004
394 TURIC	235 KUDIC	207062,609	13,5	2,797	0,001	1/50518104
394 TURIC	235 KUDIC	207062,604	17	1,869	-0,004	min 0,001
394 TURIC	235 KUDIC	207062,615	340,	1,576	0,007	max 0,007
394 TURIC	235 KUDIC	207062,607	10,2	0,801	-0,001	
394 TURIC	238 KOZARA	119203,635	4,2	1,651	119203,637 -0,002	sr.kv.pgr. 0,004
394 TURIC	238 KOZARA	119203,639	12,5	3,095	0,002	1/28495119
394 TURIC	238 KOZARA	119203,632	8,9	1,896	-0,005	min 0,001
394 TURIC	238 KOZARA	119203,643	17	2,341	0,006	max 0,006
394 TURIC	238 KOZARA	119203,636	15,3	1,69	-0,001	
394 TURIC	258 VLASIC	91142,329	17,3	0,499	91142,333 -0,004	sr.kv.pgr. 0,004
394 TURIC	258 VLASIC	91142,337	26	0,784	0,004	1/24101947
394 TURIC	258 VLASIC	91142,336	10,8	0,63	0,003	min 0,001
394 TURIC	258 VLASIC	91142,329	17,3	0,499	-0,004	max 0,004
394 TURIC	258 VLASIC	91142,332	199,	1,713	-0,001	
394 TURIC	271VSTOLAC	124008,596	17,9	0,966	124008,598 -0,002	sr.kv.pgr. 0,006
394 TURIC	271VSTOLAC	124008,608	220,	1,33	0,010	1/20064120
394 TURIC	271VSTOLAC	124008,591	14,2	0,849	-0,007	min 0,000
394 TURIC	271VSTOLAC	124008,598	13,5	1,009	-0,000	max 0,010
394 TURIC	271VSTOLAC	124008,598	11,6	0,646	-0,000	
394 TURIC	275OSJECEN	180567,610	10,6	1,196	180567,610 -0,000	sr.kv.pgr. 0,004
394 TURIC	275OSJECEN	180567,610	12,5	1,843	-0,000	1/49512406
394 TURIC	275OSJECEN	180567,605	5,1	0,902	-0,005	min 0,000
394 TURIC	275OSJECEN	180567,615	16,3	0,751	0,005	max 0,005
394 TURIC	275OSJECEN	180567,612	22,2	0,502	0,002	
394 TURIC	276 MAGLIC	177575,343	29,5	0,76	177575,348 -0,005	sr.kv.pgr. 0,007
394 TURIC	276 MAGLIC	177575,355	14	1,215	0,007	1/25847091
394 TURIC	276 MAGLIC	177575,339	31,2	0,66	-0,009	min 0,003
394 TURIC	276 MAGLIC	177575,353	12,3	0,944	0,005	max 0,009
394 TURIC	276 MAGLIC	177575,351	12,3	0,598	0,003	
394 TURIC	280CVRNSNI	158866,705	16	3,292	158866,704 0,001	Sr.kv.pgr. 0,004
394 TURIC	280CVRNSNI	158866,698	21,9	2,488	-0,006	1/42011179
394 TURIC	280CVRNSNI	158866,708	158,	2,63	0,004	min 0,001
394 TURIC	280CVRNSNI	158866,705	9,4	2,224	0,001	max 0,006
395 TURIC	281CVRNSNI	158866,702	12,8	3,019	-0,002	
394 TURIC	309 LJUBIC	121369,230	15,8	1,862	121369,232 -0,002	sr.kv.pgr. 0,003
394 TURIC	309 LJUBIC	121369,235	10,9	2,145	0,003	1/35482619
394 TURIC	309 LJUBIC	121369,227	7	1,244	-0,005	min 0,000
394 TURIC	309 LJUBIC	121369,235	43,6	1,912	0,003	max 0,005
394 TURIC	309 LJUBIC	121369,232	9	1,575	0,000	
394 TURIC	318 LEOTAR	236317,918	6,9	0,905	236317,918 -0,000	sr.kv.pgr. 0,007
394 TURIC	318 LEOTAR	236317,923	16,5	1,966	0,005	1/35346213
394 TURIC	318 LEOTAR	236317,909	35,2	0,985	-0,009	min 0,000
394 TURIC	318 LEOTAR	236317,926	43,3	1,657	0,008	max 0,009
394 TURIC	318 LEOTAR	236317,915	51,7	0,96	-0,003	
394 TURIC	377STOLICE	50565,326	11,4	1,247	50565,327 -0,001	sr.kv.pogr. 0,004
394 TURIC	377STOLICE	50565,333	18	1,244	0,006	1/11918362
394 TURIC	377STOLICE	50565,323	1,9	1,226	-0,004	min 0,001
394 TURIC	377STOLICE	50565,326	31,9	0,849	-0,001	max 0,006

3. ZAKLJUČAK

Iscrpna analiza dobivenih rezultata obrađanih opažanja BiHREF 98 GPS kampanje uz korištenje komercijalnog softvera GPSurvey firme Trimble pokazala je veoma dobar kvalitet, kako računanih vektora u Wave modulu tako i koordinata tačaka u TRIMNET modulu spomenutog softvera. Računanja vektora iziskivala su dosta truda i uloženog vremena. Ovaj problem bi mogao biti značajno umanjen sa boljim računalima koji su danas dostupni na tržištu, a i suvremenija verzija Trimble softvera pojednostavila bi procesiranje odnosno optimiranje vektora. Iako primijenjeni softver izvorno nije namijenjen za procesiranje dugih vektora, ovdje je primijenjen za vektore duljine čak do 330 km.

Opažanja su procesirana u pet zasebnih projekata. Svaki dan opažanja obrađivan je u zasebnom projektu. Svakom projektu dano je ime po julijanskom danu u kojem je započelo opažanje. Primijenjen je Hopfieldov model za troposfersku korekciju, zenitno kašnjenje signala računano je za svaka 2 sata, a korištene su precizne efemeride CODE. Svaki vektor koji je u procesiranju dobio varijancu veću od 3, te "ratio" manji od 1.5 bio je ponovno procesiran. Ponovno računanje urađeno je po principu isključivanja "sumnjivih" satelita na temelju analize reziduala.

U toku procesiranja vektora isključena je tačka Stolice u projektu Dan 248. Ova tačka nalazi se u široj okolini vojne baze SFOR-ovih snaga kod Tuzle. Opažanja na ovoj tački imala su smetnje koje su vjerojatno bile posljedica instaliranih radara.

Nakon završenog procesiranja vektora za svih pet dana opažanja izvršena je detaljna analiza istih. Postignuta je zadovoljavajuća tačnost u računanju vektora. Srednja kvadratna pogreška računanih vektora za različite dane opažanja u odnosu na srednju vrijednost kreće se od 0.8mm do 8.8 mm. Prosječna srednja kvadratna pogreška procesiranih vektora ukupnog skupa (skup od 200 vektora) iznosi 5 mm. Dulji vektori, kako se i očekivalo, imaju veće pogreške. Tako najveće pogrešku 8.8 mm ima vektor duljine 324 km. Naravno, radi se o unutarnjoj tačnosti procesiranih vektora. Vanjsku tačnost procesiranih vektora pokazuje analiza vektora između fiksnih tačaka. Naime, procesirani vektori između tačaka koje su se u izjednačenju držale fiksnim nisu bili uvršteni u izjednačenje, ali su bili uspoređeni sa vektorima iz koordinata koje je objavio BKG za iste tačke u ITRF 96 i ITRF94, a što će detaljnije biti opisano u slijedećem broju ovog časopisa. Nameće se zaključak da i komercijalni Trimble GPSurvey softver može dati zadovoljavajuće rezultate i za dulje vektore od 20 km, ako se procesiranju pristupi ozbiljno. Tako se za praktičnu primjenu ovaj softver može veoma dobro iskoristiti. Naravno, za znanstvene svrhe ovi podaci ne bi bili dovoljno kvalitetni.

LITERATURA

- Altiner, Y., Bašić, T., Čolić, K., Gojčeta, B., Marjanović, M., Medić, Z., Seeger, H. (1997): Results of the CROREF 96 GPS Campaign. Reports on the Symposium of the IAG Subcommission for Europe (EUREF), Sofija 1997.
- Altiner, Y., Shlütter, W., Seeger, H. (1999): Results of the Balkan 98 GPS Campaigns in Albanija, Bosnia and Herzegovina, and Yugoslavia. Reports on the Symposium of the IAG Subcommission for Europe (EUREF), Prag 1999.
- Bačić, Ž., Bašić, T. (1999): Satelitska geodezija II (skripta). Sveučilište u Zagrebu-Geodetski fakultet, Zagreb.
- Bilajbegović, A., Hofmann-Wellenhof, B., Lichteneger, H. (1991): Osnovni geodetski radovi, suvremene metode, GPS. Tehnička knjiga, Zagreb.
- Boucher, C., Altamini, Z. (1992): The EUREF Terrestrial Reference System and its first realisation, EUREF meeting Bern, Swiss, March 4-6. 1992
- GIBS (1998): GPS Informatons-und Beobachtungssystem, Newsletter No 34. Bundesamt fur Kartographie und Geodasie, Leipzig, Deutschland.
- Hofmann- Wellenhof, B., Lichteneger, H., Collins, J.(1997): GPS Theory and Practice. Springer Wien NewYork , Austria.
- Leick, A. (1995): GPS Satellite Surveying . John Wiley and Sons, Inc. USA.
- IERS Annual Reporet (1993): Central bureau of IERS-Observatoire de Paris, July 1993.
- IERS Technical Note 21, IERS Convetion(1996), D. Mc Carty, editor, Observatoire de Paris; 1 July 1996.
- Marjanović, M., Bačić, Ž. (2002): Computation of the Combined Solution of EUREF GPS Campagns 1994-1996 in the Republic of Croatia. EUREF Publication No.10, Report on the Symposium of the IAG Subcommission for Europe (EUREF) held in Dubrovnik,2001. Bundesamt fur Kartographie und Geodasie, Germany 2002.
- Moritz, H. (1984): Geodetic Reference System 1980. Bullten Geodesic, 58, 388-398.
- Mularie, W. M. (2000): World Geodetic System 1984, Its Definition and Relationships with Lokal Geodetic Systems. Department of Defense, NIMA USA .
- Mulić, M. (2003): Analiza i obrada postojećih GPS mjerenja na teritoriju Bosne i Hercegovine. Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. (magistarski rad)
- Muminagić A.; Mulić M. (1999): Sistem za globalno pozicioniranje-GPS. Godetski glasnik, 33, 16-36 , Sarajevo.
- Rapp, R.H. (1997): Global models for the 1cm Geoid-Present status and near term prospects. Lectures notes in earts sciences, vol.65, Springer, Germany
- Trimble Navigation Limited, (1996a): Trimble GPS Surveying General Reference, (Manual).
- Trimble Navigation Limited, (1996b): Trimble GPS Surveying User's Guide, (Manual).
- Trimble Navigation Limited,(1996c): Trimble Trimnet GPS Surveying User's Guide, (Manual).
- Trimble Navigation Limited,(1996d): Trimble Wave Software GPS Surveying User's Guide, (Manual).
- Werner, W.(1995): Guidance for a GPS EPN. Astronomical Institute – University of Bern.
www.epncb.oma.be/permgps.
- [http : //www. gibs. leipzig. ifag. de](http://www.gibs.leipzig.ifag.de)
- [http : // www. navcom. uscg. mil](http://www.navcom.uscg.mil)
- [ftp : // macs. geod. emr. ca / pubs / gps](ftp://macs.geod.emr.ca/pubs/gps)
- [ftp : // gracie. grdl. noaa. gov](ftp://gracie.grdl.noaa.gov)

Sažetak

U radu je pokazana analiza statističkih parametara ratio i variance, te srednjeg kvadratnog odstupanja vektora geodetske mreže BIHREF 98 GPS kampanje, kad su vektori procesirani u Wave modulu GPSurvey softveru firme Trimble. Analiza je pokazala dobru tačnost dugih vektora (od 70 do 320 km dužine).

Analysis of the vector's accuracy of BIHREF 98 GPS network processed by WAVE module in GPSurvey software**Abstract**

In this papers the analysis of statistical parameters of vector processing: ratio, variance and standard deviation for the long vectors (from 70 to 320 km) in BIHREF 98 GPS network shows good accuracy of vector processing by Wave module of GPSurvey Trimble software has been shown .