

Sadržaj geodetskih elaborata posebnih namjena

Igor Bučo, ing. geod.¹

1. Uvodne napomene

Geodetski stručnjaci vrlo često rade poslove po naruđbama investitora. Rješavanju svakog, pa i najjednostavnijeg zadatka, treba pristupiti odgovorno i izraditi ga strogo prema pravilima geodetske struke, ispunjavajući pri tome i posebne zahtjeve investitora. Krajnji cilj svih geodetskih mjerenja jest određivanje koordinata snimljenih točaka i njihovo prikazivanje na planovima ili kartama u zadanom mjerilu. Mjerenja sa stvarne površine Zemlje treba reducirati na srednju razinu mora (geoid), zatim na elipsoid (Bessel), pa onda izračunati koordinate u ravnini; *nereducirane* koordinate po Gausovim formulama, pa konačno i *reducirane* koordinate za praktičnu upotrebu.

Do pojave GPS-a u sva mjerenja je bilo uključeno *viziranje* i bilo je potrebno dogledanje krajnjih točaka, čije se koordinate određuju. Položaj i visina iste točke ne od-

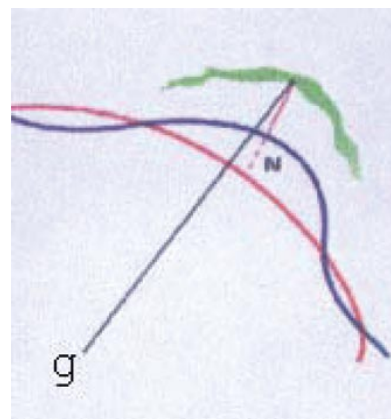
nose se na istu plohu; koordinate se odnose na elipsoid, a visine na geoid. Ta su dva sustava povezana otklonom težišnice, tj. kutom između normale na elipsoid (crvena linija) i vertikale, tj. smjera viska odnosno smjera ubrzanja sile teže (plava linija).

2. Određivanje elipsoidnih koordinata φ i λ iz pravokutnih koordinata x , y u ravnini Gauss-Krügerove projekcije

Kako su sve koordinate u Hrvatskoj određene u državnom koordinatnom sustavu, tj. u ravnini Gauss-Krügerove projekcije, to je redosljed računanja koordinata iz ravnine na elipsoid (Bessel ili WGS-84) slijedeći:

- Iz reduciranih koordinata y , x prvo se računaju nereducirane koordinate prema poznatim formulama (Frančula 2000):

$$\bar{y} = \frac{y - K}{m_0} \quad \bar{x} = \frac{x}{m_0} \quad (2.1)$$



U formuli (2.1) označuje:

$K = 5\,500\,000$ za 5. zonu, odnosno $K = 6\,500\,000$ za 6. zonu, a m_0 je smanjeno mjerilo (za 1dm/km) na srednjem meridijanu (15 ili 18) za reducirane koordinate, tj.

$$m_0 = (1 - 0,0001) = 0,9999 \quad (2.1)$$

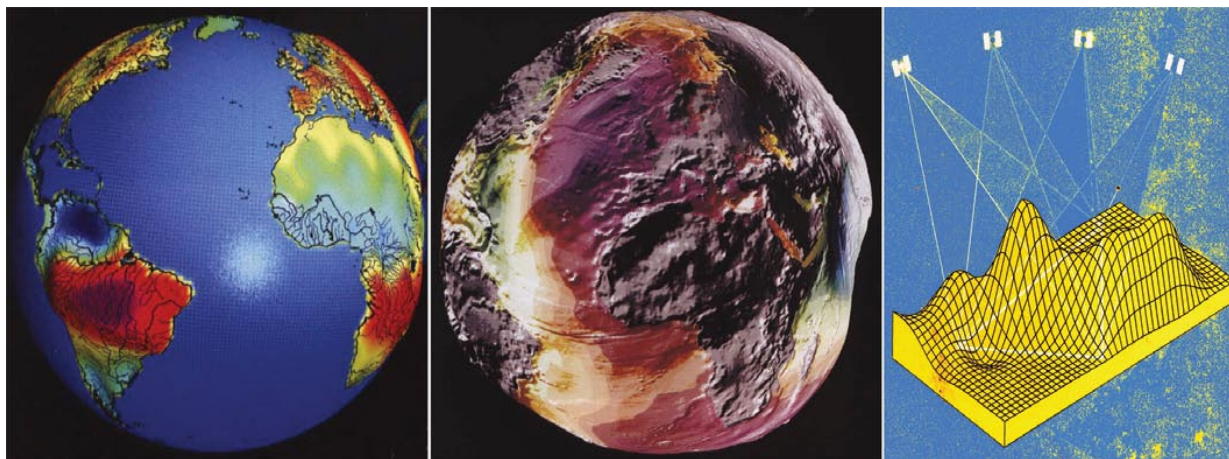
Iz nereduciranih koordinata y , x se računaju elipsoidne koordinate φ i λ , najprije na Besselovom elipsoidu, a zatim i na elipsoidu WGS 84, za koji su vezana GPS mjerenja.

- Formule za računanje elipsoidnih koordinata φ i λ iz nereduciranih koordinata (y , x) u ravnini Gauss-Krügerove projekcije, prema (Frančula 2000) glase:

$$\varphi = (\varphi_1) + (\varphi_1)\bar{y}^2 + (\varphi_2)\bar{y}^4 + (\varphi_3)\bar{y}^6 \quad (2.3)$$

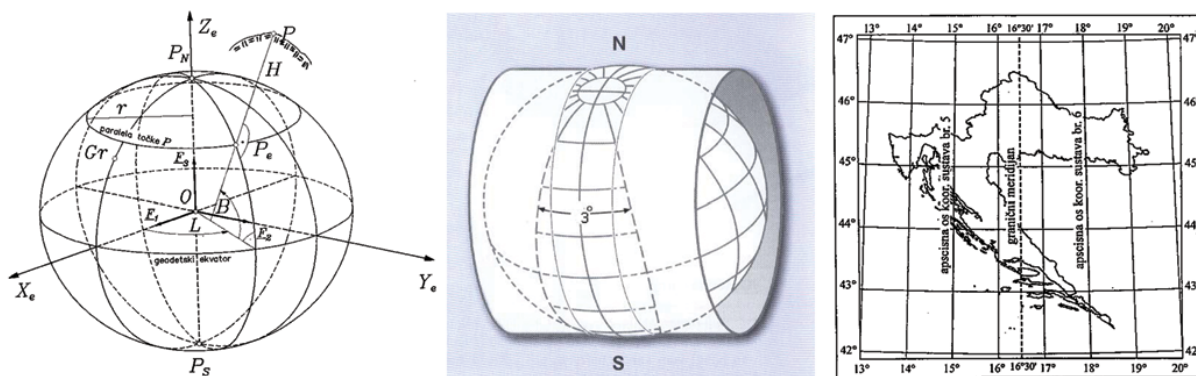
$$\lambda = (l_1)\bar{y} + (l_2)\bar{y}^3 + (l_3)\bar{y}^5 \quad (2.4)$$

U formulama (2.3) i (2.4) veličine φ_1 , φ_2 , φ_3 te l_1 , l_2 , l_3 su



Slika 1: Stvarna Zemlja, geoid i model Zemlje određen na osnovu GPS-mjerenja

[1] Igor Bučo, ing. geod., „Bučo“ - Ured za izvođenje geodetskih poslova, Makarska; e-mail: igor.buco@st.hinet.hr



Slika 2: Aproximacije stvarne Zemlje: elipsoidom (WGS 84, Bessel) i preslikavanje Zemlje u ravninu Gauss-Krügerove projekcije.

Naziv elipsoida	Godina	a m	b m	1/spljoštenost $\alpha = \frac{a}{a-b}$
Bessel	1841	6 377 397, 155	6 356 078, 963	299, 152813
WGS 84	1987	6 378 137	6 356 752,314	298, 257223563

Tablica 2.1: Stvarna Zemlja, geoid i model Zemlje određen na osnovu GPS-mjerenja

funkcije koordinate x i parametara elipsoida: velike a i male b polusi. Parametre za Besselov i WGS-84 elipsoid prikazuje Tablica 2.1, prema (Frančula 2000).

Kako se parametri elipsoida međusobno razlikuju, tako će se razlikovati i koordinate i na Besselovom i WGS 84 elipsoidu.

3. Sadržaj geodetskog elaborata za određivanje koordinata antenskog stupa i dobivanje građevinske dozvole za izgradnju GSM postaje

Investitor (Hidroelektra-Projekt d.o.o.) je izdao radni nalog prema kome je bilo potrebno:

1. na terenu odrediti projektirani položaj antenskog stupa Baćina-Ploče,
2. izračunati koordinate centra stupa u ravnini Gauss-Krügerove projekcije i
3. izračunati koordinate centra stupa u elipsoidnim koordinatama, na elipsoidu WGS-84.

Prije početka rada bilo je

potrebno prikupiti svu dokumentaciju iz službenih geodetskih arhiva za promatrano područje, na kojem se predviđa izgradnja objekta.

3.1 Predhodni radovi

Dokumentacija koju treba prikupiti sadrži:

- Kartu mjerila 1:5000 za navedeno područje,
- Ovjerenu kopiju plana mjerila 2880 iz DRŽAVNE GEODETSKE UPRAVE, Područni ured za katastar Dubrovnik, Ispostava Ploče, K.o. Baćina, k.č. 2972/28,
- Podatke o trigonometrijskim točkama IV reda br. 412 i 314.

Osim navedenog bio je potreban i uvid u Projekt antenskog stupa, kako bi se odredila metoda i potreban

instrumentarij za određivanje koordinata centra antenskog stupa.

3.2 Računanje koordinata centra antenskog stupa polarnom metodom

Zadatak je, prema slici 3, odrediti koordinate točke 5 (centra antenskog stupa), ako su poznate koordinate trigonometara 412 (brdo Ljut) i 314 (brdo iznad Boškovića). Za polarno određivanje koordinata točke 5 bilo je potrebno izmjeriti prijelomni kut u točki 412, te duljinu, a točku 5 na terenu označiti drvenim kolcem sa čavlom u sredini.

Mjerenje je obavljeno mjernom stanicom Leica



Slika 3: Smanjeni prikazi: dijela karte mjerila 1:5000 i kopije katastarskog plana u mjerilu 1:2880

TEHNIČKE KARAKTERISTIKE MJERNE STANICE Leica TC 1610	POSTIGNUTA TOČNOST MJERENJA
Točnost kutova; horizontalnih i vertikalnih: 1.5" Točnost dužina: ± 2mm/1km	Referentna pogreška smjera: $m_0 = \pm 2.''75$ Srednja pogreška dužine: $m_d = \pm 0,011m$

Tablica 3.1: Tehničke karakteristike mjerne stanice i postignutu točnost mjerenja

TC1610 i to: kut je izmjenen u dva girusa, a duljina u 6 ponavljanja. Na temelju izjednačenih vrijednosti kuta i duljine, koordinate tražene točke su izračunate prema poznatim formulama:

$$y_5 = y_{412} + \Delta y \quad x_5 = x_{412} + \Delta x \quad (3.1)$$

pri čemu je:

$$\Delta y = d_{412-5} \sin \nu_{412}^5 \quad (3.2)$$

$$\Delta x = d_{412-5} \cos \nu_{412}^5 \quad \nu_{412}^5 = \nu_{412}^{314} + \alpha_{412}$$

Tehničke karakteristike mjerne stanice i postignutu točnost mjerenja prikazuje Tablica 3.1.

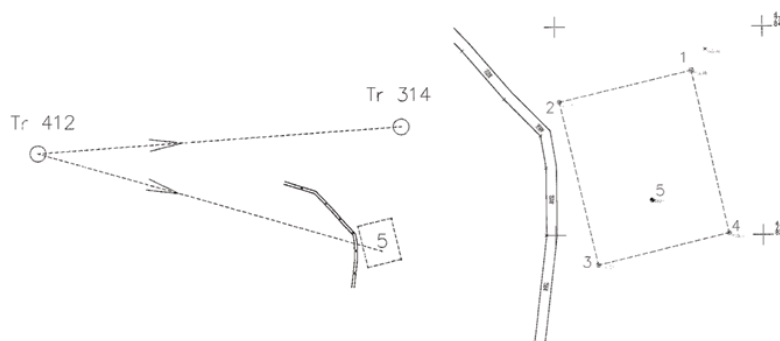
Za računanje koordinata polarnom metodom korišten je program GEO-8, a za grafičke prikaze ACAD.

3.3 Transformacija koordinata iz državnog koordinatnog sustava u WGS-84 koordinatni sustav

Transformacija se provodi na način opisan pod točkom 2 u ovom radu. Za praktičnu primjenu Geodetski fakultet je izradio program WUTRANS, za transformaciju koordinata između Svjetskog prostornog koordinatnog sustava WGS 84 i Besselova elipsoida te u ravninu Gauss-Krügerove projekcije i obrnuto. Rezultati transformacije, korištenjem programa WUTRANS, su prikazani u tablici 3.2:

Gauss-Krügerova projekcija			WGS 84	
y	x	h	φ	λ
6 451 449,29	4 770 623,35	119,01	43°04'48'',529	17°23'55'',510

Tablica 3.2: Transformacija koordinata iz državnog koordinatnog sustava u sustav WGS 84



Slika 5: Skica trigonometrijske mreže i određivanja koordinata centra antenskog stupa; točka 5

4. Zaključak

GPS uređaji su znatno olakšali i ubrzali terenska mjerenja. Obrada podataka je, nasuprot tomu, postala znatno složenija nego kod klasičnih geodetskih mjerenja. Geodetski stručnjak mora poznavati osnove rada na računalu, kako bi mogao koristiti sve računalne i grafičke programe za obradu podataka mjerenih GPS uređajima, transformacije koordinata i grafičke prikaze odnosno izradu geodetskih planova i karata u zadanim mjerilima.

Literatura

Bilajbegović, A., Hofmann-Wellenhof B., Lichtenegger H. (1991): Osnovni geodetski radovi, Suvremene metode, GPS, Tehnička knjiga, Zagreb.

Borčić, B. (1976): Gauss-Krügerova projekcija meridijanskih zona, Sveučilišna

naknada Liber, Zagreb.

Cigrovski-Detelić, B. (1993): KOORDINATNI SU-STAVI – Transformacije koordinata, Sveučilište u Zagrebu – Geodetski fakultet Zagreb, str. 1-44.

Čubranić, N. (1974): Viša geodezija 1, Sveučilište u Zagrebu.

Frančula, N. (2000): Kartografske projekcije, Geodetski fakultet, Zagreb.

Macarol, S. (1960): Praktična geodezija, Tehnička knjiga, Zagreb.

Slika u naslovu: Otklon težišnice. ■