

10. PRIMENA SAVREMENIH TEHNOLOGIJA U GEODEZIJI

10.1. Totalne stanice

Pojava distomata je predstavljala pravi hit i ogroman pomak u odnosu na prethodne instrumente. Pojavom totalnih stanica može se slobodno reći da je prava revolucija u geodeziji. Danas se ni jedna organizacija, koja u svom delokrugu ima i geodetske poslove, ne može zamisliti bez bar jedne totalne stanice. Aktiviranjem samo jednog funkcijskog tastera na totalnoj stanici, može se izvršiti više različitih funkcija (npr. izmeri se kosa dužina, na ekranu se prikaže kosa i horizontalna dužina, kao i visinska razlika, sračunaju se koordinate vizurne tačke i sve to zajedno memoriše).

Totalna stanica se sastoji od elektronskog teodolita, elektronskog daljinomera (EDM) i mikroprocesora sa ugrađenim softverom za registrovanje i obradu podataka merenja. To je drugim rečima automatski registrujući tahimetar koji u sebi sadrži elektronski teodolit, distomat i računar.

Jedan od najčešće korištenih instrumenata je totalna stanica Leica TCR407 sa odgovarajućim priborom. Ova totalna stanica ima mogućnost merenja dužine uz pomoć prizme do 3500 m, a bez prizme (laserski) i do 170 m uz 90% refleksije. Takođe podržava merenje uglova u horizontalnoj ravni 0° do 360° i merenje uglova u vertikalnoj ravni -55° do 90° , pri čemu je merna nesigurnost za merenje dužine $\pm 2\text{mm} + 2\text{ppm}$, a za merenje ugla $\pm 2''$. Totalna stanica podnosi temperature od -20°C do $+50^{\circ}\text{C}$.

Za poslove inženjerske geodezije totalne stanice su danas nezamenljivi instrumenti sa mnoštvom pogodnosti i pomoćnih opcija koje prvenstveno olakšavaju i višestruko ubrzavaju obavljanje poslova. Za iskolčavanje tačaka na terenu ovi instrumenti su veoma pogodni jer se mogu koristiti direkciono ugao i koordinate tačaka. Na displeju instrumenta se očitava koliko je potrebno pomeriti tačku na kojoj se nalazi prizma po uglu i dužini da bi došla na projektovano mesto. Ovo višestruko olakšava rad kod prenosa projekta na nepristupačnim terenima. Za svaku tačku, pored registrovanih polarnih ili ortogonalnih koordinata, registruje se i broj tačke, kod, visina signala, podaci o temperaturi i pritisku. Ove totalne stanice omogućavaju direktan priključak PC računara na nju, pa tako i automatsko kartiranje tačaka. Poznati proizvođači totalnih stanica su: Leica, Sokkia, Topcon, Nikon, Wild..

Kod merenja dužina skoro svi geodetski instrumenti su zasnovani na faznom principu merenja. Upoređuje se vremenski period putovanja elektromagnetnog talasa od

instrumenta do reflektora i nazad. Dužina je u funkciji brzine prostiranja talasa i vremenskog intervala između momenta emitovanja i prijema elektromagnetnog talasa.

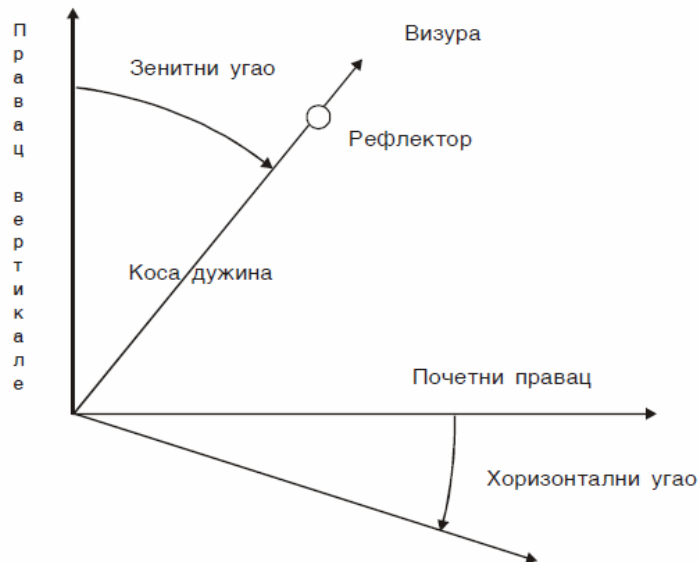
Podaci su sačuvani u poslovima (JOB), kao u direktorijumima. Poslovi sadrže podatke merenja različitih tipova i može im se individualno pristupiti u cilju pregledanja, editovanja ili brisanja.

Setovanje stanice

Sva računanja koordinata se odnose na trenutno setovanu stanicu. Visina stanice mora biti uneta. Koordinate stanice mogu biti unete ručno ili pročitane iz memorije. Orijentacioni pravac može biti unet manualno ili setovan pomoću poznatih koordinata stanice i orijentacije. Postoje dve metode: setovanje direkcionog ugla i setovanje koordinata. [6]

10.1.1. Osnovni principi merenja

Osnovni princip rada zasniva se na merenju tri elementa: horizontalni ugao, vertikalni ugao i kosa dužina. Sve ostale veličine su izvedene iz ovih.



Slika 10.1

10.1.1.1. Merenje horizontalnih uglova

Horizontalni ugao se meri od početnog pravca horizontalnog limba. Ukoliko se za početni pravac namesti direkciono ugao na terenu je omogućeno direktno očitavanje limba!

Vrlo precizno merenje uglova zasnovano je na korišćenju tzv. enkodera. Enkoderi su smešteni uz limb i pomoću glava za očitavanje (senzori) vrši se digitalno očitavanje limba.

10.1.1.2. Merenje vertikalnih uglova

Omogućeno je merenje i vertikalnih uglova i zenitnih uglova. U praksi se najčešće koriste zenitni uglovi, odnosno uglovi između pravca vertikalne ose (0° na limbu) i pravca ka datoj tački.

Totalne stanice poseduju interni senzor koji detektuje otklone vertikalne ose instrumenta i automatski popravljaju merene vrednosti horizontalnih i vertikalnih uglova.

10.1.1.3. Merenje dužina

Najveći broj geodetskih instrumenata zasnovan je na faznom principu merenja dužina, odnosno upoređuje se vremenski period putovanja svetlosnog talasa od instrumenta do reflektora i nazad i primenom poznatih formula može se vrlo precizno dobiti vrednost dužine.

10.1.2. Osnovne računске operacije unutar totalne stanice

10.1.2.1. Računanje horizontalne dužine

Da bi se sračunale koordinate ili visina nepoznate tačke, neophodno je kosu dužinu svesti na horizont. Na slici 10.2. ilustrovan je odnos kose i horizontalne dužine i on iznosi

$$dh = dk \cdot \sin Z$$

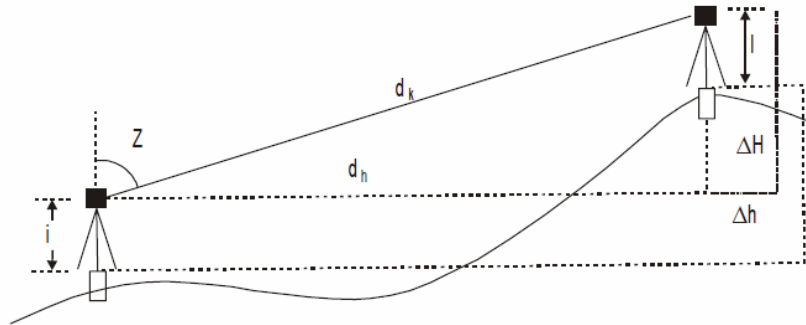
gde je dk kosa dužina, a Z zenitni ugao. Horizontalne dužine su neophodne prilikom računanja koordinata nepoznatih tačaka.

10.1.2.2. Računanje visina tačaka

Dva su različita tipa visinskih razlika, i to:

- visinske razlike (Δh) između tačaka na površi zemlje i

- visinske razlike (ΔH) koja predstavlja razliku visina između obrtne ose instrumenta i obrtne ose reflektora. Da bi se sračunala visinska razlika, neophodno je poznavati visinu obrtne ose instrumenta i i visinu centra reflektora l .



Slika 10. 2.

Ukoliko je poznata visina stajne tačke instrumenta H_A , visina tačke na kojoj je postavljen reflektor računa se kao

$$H_B = H_A + d_k \cos Z + i - l$$

10.1.2.3. Računanje koordinata tačaka

Postupak računanja koordinata u ravni Y (East) i X (North) izvodi se pod pretpostavkom da je nulti pravac limba sever instrumenta. Ukoliko se pravci orijentišu, tada se računanje koordinata u ravni projekcije vrši automatski, a visine se dobijaju u sistemu visina u upotrebi, kao

$$X_B = X_A + d_k \cdot \sin Z \cdot \cos A$$

$$Y_B = Y_A + d_k \cdot \sin Z \cdot \sin A$$

$$H_B = H_A + d_k \cdot \cos Z + i - l$$

gde su: Y_A , X_A i H_A koordinate totalne stanice, a Y_B , X_B i H_B koordinate tačke na kojoj se nalazi reflektor (nepoznata tačka).

10.1.3. Specijalna merenja

Poznavanjem prethodno navedenih principa moguće je ostvariti više vrsta specijalnih merenja. Navedimo samo neke od njih:

- određivanje visine objekta (nepristupačne tačke);
- prikazivanje frontova između bilo koje dve snimljene tačke (najčešće zadnje dve);
- obeležavanje (iskolčavanje) i to razni oblici (vrlo efektne kombinacije);
- merenje površina zatvorene konture (parcele);
- određivanje koordinata stanice presekom pravaca nazad (više kombinacija);
- određivanje i obeležavanje zadatog nagiba u procentima;
- postavljanje tačno određene vrednosti za početni pravac (pogodno kod obeležavanja, veštačenja i sl.), i mnoge druge funkcije.

Detaljniji opis navedenih operacija nalazi se u referentnim priručnicima koji se isporučuju uz instrument.

10.1.4. Osnovni principi automatske registracije i obrade podataka

Osnovni principi automatske registracije prikazani su kroz proceduru merenja na terenu koja omogućuje praktično potpuno automatizovanu obradu rezultata merenja.

Procedura je zasnovana na objektivnim okolnostima, i to:

- terenskim (mogućnost nepostojanja koordinata geodetske osnove, mogućnost ispravke i korekcije pogrešno unetih elemenata na terenu i sl.);
- regulativnim (postojeći propisi Republičke geodetske uprave zahtevaju da se preda zapisnik u formi predviđenoj pravilničkim propisima).

Kao posledica nastao je softver za obradu koji automatski realizuje mernu proceduru i omogućuje:

- ispravku svih grešaka na terenu;
- transformaciju svih podataka iz jednog sistema u drugi sistem najčešće iz lokalnog u državni;
- pregled podataka pre štampanja zapisnika;
- štampanje zapisnika u formatu predviđenom pravilničkim propisima;

- kartiranje snimljenih podataka u programe za geodetsku grafiku.

10.2. Primena tehnologije globalnog sistema pozicioniranja GPS

Razvoj GPS počinje 70. godina prošlog veka (20. veka) nakon odluke Ministarstva odbrane SAD o potrebi globalizacije životnog prostora. Ovakav stav motivisan je pre svega vojnim ciljevima SAD, ali svakako da ima izuzetan značaj za dalji razvoj geodezije.

Po efikasnosti snimanja kao i tačnosti pozicioniranja GPS ima značajne prednosti u odnosu na ostale metode.

Prednosti se uglavnom ogledaju u sledećem:

- nije nužna optička vidljivost između dva susedna GPS prijemnika,
- moguć rad u svako doba dana i noći,
- mogućnost računanja koordinata detaljnih tačaka u realnom vremenu, i
- veoma visoka efikasnost rada i tačnost ocena položaja tačaka detalja

Postojećim propisima u Republici Srbiji, oblast GPS premera nepokretnosti uređena je Instrukcijom za izradu i održavanje geodetske osnove za snimanje detalja (RGZ, 1997) i Uredbom o primeni tehnologije globalnog pozicionog sistema u okviru premera nepokretnosti (RGZ, 2002).

GPS čine tri segmenta:

1. kosmički (sateliti koji se kreću oko Zemlje),
2. kontrolni (stanice raspoređene na celoj teritoriji Planete), i
3. korisnički (prijemnici). [3]

10.2.1. Kosmički segment

Kosmički segment čine sateliti koji se kreću oko Zemlje na visini od oko 20200 km sa periodom od oko 12 h. Osnovne funkcije satelita su:

- prijem i registracija podataka koje dobijaju od kontrolnog segmenta,
- održavanje tačnog vremena uz pomoć atomskih standarda frekvencije
- emitovanje informacija (navigaciona poruka) i signala korisnicima na jednoj ili obe frekvencije (L područje frekvencija).

Do sada je projektovano pet generacija satelita (Blok I, II, IIA, IIR i IIF). Trenutno su u orbitama sateliti generacije IIR koji su lansirani počev od 1996. godine. U toj generaciji proizvedeno je 20 satelita i sa 4 satelita iz prethodne generacije čini ukupno 24 operativna satelita (trenutno). Sateliti IIF serije još uvek su u fazi projektovanja i njihovo lansiranje planira se od 2005. godine. Za razliku od prethodnih generacija, sateliti Blok IIR generacije zahvaljujući mogućnosti merenja dužina između samih satelita, imaju mogućnost samostalnog funkcionisanja u periodu od 180 dana. Vek trajanja satelita iz ove serije po planu iznosi 10 godina.

Svaki satelit ima dvojni oznaku, i to: NAVSTAR (ili SVN – Space Vehicle Number) broj i PRN (Pseudo Random Number) broj. SVN označava redosled lansiranja satelita. Na primer:

sateliti Bloka II imaju od SVN13 do SVN 21, Bloka IIA od SVN 22 do SVN 40, a Bloka IIR od SVN 41 i dalje. Druga oznaka ukazuje na jednu od 37 sekvenci sadržanih u P kodu (PRN broj satelita).

Sateliti su raspoređeni tako da je u svakom trenutku na bilo kom delu Zemlje obezbeđena vidljivost najmanje 4 satelita iznad 15° elevacije. U stvarnosti, najčešće se raspoložuje sa 5 ili više satelita, što značajno doprinosi većoj pouzdanosti sračunatih pozicija. [3]



Slika 10.3 : Konfiguracija satelita

10.2.2. Kontrolni segment

Kontrolni segment čini: glavna kontrolna stanica, stanice za praćenje satelita i zemaljske antene koje služe za permanentnu komunikaciju sa satelitima. Kontrolni segment prati satelite, određuje parametre orbite i satelitima šalje podatke o njihovom položaju na putanji, uključujući i podatke o stanju satelitovih časovnika. Satelitski signali se primaju u pet stanica: Hawaii, Colorado Springs, Akcension Is., Diego Garsia i Kwajalein (slika 10.4).

Merenja se obrađuju u glavnoj kontrolnoj stanici u Colorado Springsu, gde se računaju efemeride i podaci o popravkama časovnika i uz pomoć stanica u Akcension Is., Diego Garsia i Kwajalein podaci se šalju ka satelitima. [3]



Slika 10.4 : *Položaj tačaka kontrolnog segmenta*

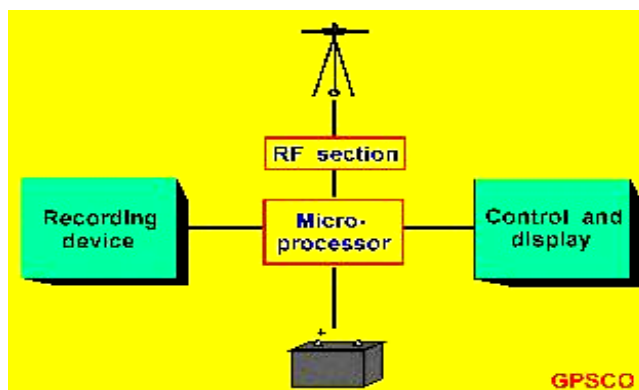
10.2.3. Korisnički segment

Svako ko poseduje GPS prijemnik pripada ovom segmentu. Zadatak GPS prijemnika jeste da primi GPS signale i odredi položaj i/ili vreme u prostornom koordinatnom sistemu. U zavisnosti od namene i tehničkih karakteristika, postoji nekoliko različitih kategorija prijemnika (navigacioni, geodetski, jednofrekventni, dvofrekventni itd.). Korisnički segment GPS u širem smislu obuhvata:

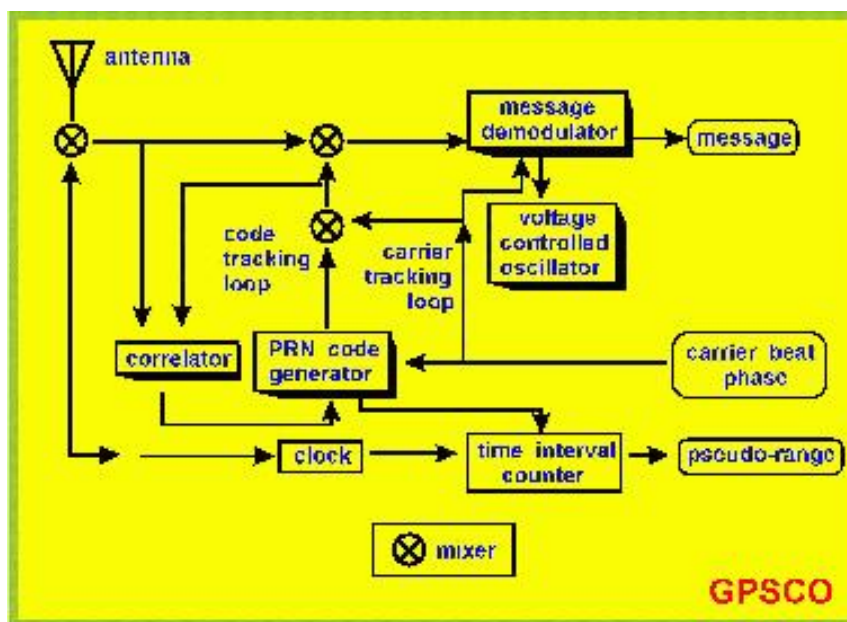
- hardver (prijemnici koji primaju signale),
- softver (algoritmi za računanje i vezu sa korisnicima), i
- procedure merenja (zavise od zahtevane tačnosti, funkcionalnosti sl.).

Osnovne komponente GPS prijemnika čine:

- antena sa predpojačivačem,
- radio-frekventni deo,
- deo za kontrolu i upravljanje radom,
- deo za registraciju merenja, i
- deo za napajanje prijemnika.



Slika 10.5 : Osnovni delovi GPS prijemnika

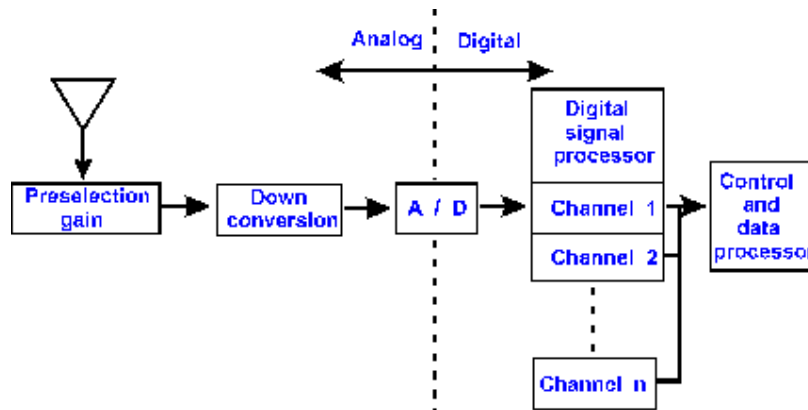


Slika 10.6 : Kodno – korelisani tip kanala

U topografskom premeru, osnovne karakteristike GPS satelitskog premera ogledaju se u sledećem:

- tačke čije se koordinate određuju su stacionarne,

- u zavisnosti od tražene tačnosti, podaci GPS merenja prikupljaju se u okviru opažачke sesije koja može trajati od par sekundi do nekoliko sati ili dana,
- isključivo se koriste relativne metode merenja,
- vezanost sa tradicionalnim premerom u pogledu sadržaja, ali u odnosu na njega, rad je neuporedivo brži, tačniji i efikasniji.



Slika 10.7 : Digitalni tip kanala

Sam GPS prijemnik se sastoji iz dva osnovna elementa – dela za prijem signala (antena) i dela za obradu signala (mikroprocesor)(slika 10.8). Antena je konstrukcije da vrši prijem iz svih pravaca, sa svih satelita iznad horizonta, a mikroprocesor kontroliše ceo sistem i omogućuje interaktivnu komunikaciju sa prijemnikom.

GPS metoda merenja u odnosu na druge geodetske tehnike i instrumente ima prednost u tome što:

- radi u svim vremenskim uslovima,
- sam rad ne zavisi od doba dana ili godišnjeg doba,
- nije potrebno dogledanje tačaka,
- moguće je direktno meriti rastojanja i do od više hiljada kilometara i
- trenutno određivanje X,Y,H koordinata[3].

Najnovije izmene zakona o državnom premeru i katastru nepokretnosti definišu novi geodetski referentni sistem u Republici Srbiji i stavljen je u službenu upotrebu od 01. januara 2011. godine.



Slika 10.8 : GPS prijemnici

Prostorni referentni sistem za Republiku Srbiju je terestički trodimenzionalni koordinatni sistem koji se po definiciji koordinatnog početka, orijentaciji koordinatnih osa, razmere, jedinice dužine i vremenske evolucije, podudara sa Evropskim terestičkim referentnim sistemom – European Terrestrial Reference System 1989 (ETRS89).

Za realizaciju novog sistema predviđen je okvir ETRF2000 kao konvencijalni okvir predložen od strane relevantnih međunarodnih organizacija kao što su IGS (International Geographic Society) i EPN (EUREF Permanent Netjork). Položaj tačaka u horizontalnom referentnom sistemu izražava se dvodimenzionalnim, pravolinijskim koordinatama u ravni konformne univerzalne transverzalne merkatorove projekcije – Universal Transverse Mercator (UTM), na elipsoid GRS80.

Trodimenzionalni referentni sistem koji je do sada bio u upotrebi u Republici Srbiji je ITRF96. Republički geodetski zavod je sve koordinate sračunate u ovom sistemu, preračunao u novi sistem ETRS89 - ETRF2000 i stavio ih u službenu upotrebu od 01. januara 2011. godine.

Takođe, mreža permanentnih stanica – AGROS, od 01. januara 2011. godine, radi u novom sistemu ETRS89 - ETRF2000.