

Veštački sateliti i geodetski problemi

Kap. freg. Nikola Safonov, Zagreb

Problem kakav je oblik Zemlje mučio je čoveka iz davnine. Prolazile su stotine i hiljade godina, a još uvek je vladalo mišljenje da je Zemlja ravna površina, ograničena beskonačtavom oceanom.

Takvo tumačenje je ipak nailazilo na sumnju u njegovu opravdanost i već Pitagora (živio krajem VI stoleća pre naše ere) je tvrdio da Zemlja ima sferični oblik, a ujedno je nagoveštavao njeno okretanje oko vlastite osi.

Bilo je opet potrebno da prođe mnogo vekova dok se nije učvrstilo saznanje da je Zemlja zaista sferičnog oblika. Čak ni putovanje čuvenog pomorca Magallana oko sveta nije se uzelo kao dokaz da je Zemlja okrugla!

Konačno, kada je već dokazano da je Zemlja okrugla započeto je sa merenjem njenih dimenzija. Ova merenja postajala su svakim danom sve tačnija i konačno je usvojeno da Zemlja ima oblik geoida t. j. spljoštene kugle, tako da je promer na ekvadoru za 43 km duži od promera preko pola (promer ekvadora 12755 km, a polarni promer 12712 km).

Nauka se nije zaustavila na ovim saznanjima i do novog otkrića došlo je zahvaljujući veštačkim satelitima. 17. marta 1958. godine lansiran je u orbitu oko Zemlje američki veštački satelit VANGUARD — I. Na osnovu osmotrenih odstupanja njegove putanje od računski predviđene putanje određeno je da ovo potiče od oblika Zemlje i da Zemlja nije geoid već »kruška«! Ovaj pojam se ne sme shvatiti bukvalno ali je upotrebljen zato jer je proračunato da Zemljin stvarni najveći promer leži oko 240 km južnije od ekvadora ucrtanog na geografskim kartama. Prema tome stvarni ekvador je bliže Južnom Polu, a Zemlja je na Južnom Polu pljosnatija nego na Severnom. Ove razlike su doduše minimalne ali kod tačnih premeravanja moraju se uzimati u obzir.

Toliko o obliku Zemlje i korištenju veštačkih satelita za njegovo određivanje.

Drugi važan problem je tačnost geografskih karata u smislu koordinata pojedinih mesta i udaljenosti između tih mesta. Sve postojeće geografske karte izrađene su tako da je astronomski — uz najveću moguću tačnost merenja — određen niz pozicija, koje se nazivaju reperima (oslonim tačkama)

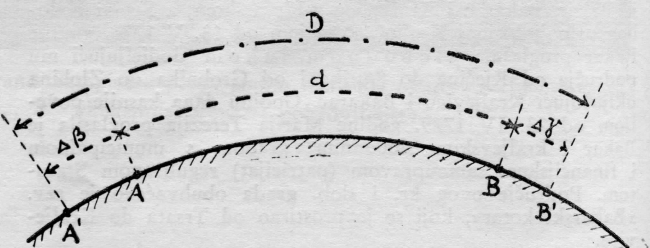
stronomskoj navigaciji pomoću sekstanta) vrši od horizonta, a horizont je zavisen od pravca lokalne vertikale, t. j. pravca prema središtu Zemlje, do čega dolazi usled nepravilnog rasporeda masa u unutrašnjosti Zemlje (slika 1). Iz ovoga proizilazi da se meri visinski kut nebeskog tela » α «, dok bi pravi visinski kut trebalo da bude » α' «. To znači da se računom pristupa sa greškom visinskog kuta » $\Delta\alpha$ «, a to povlači za sobom netačnost u poziciji. Pošto raspored masa u unutrašnjosti Zemlje nije poznat to ne postoji mogućnost određivanja prave vertikale, a u vezi s tim i pravog horizonta — drugim rečima vrednost lokalne greške » $\Delta\alpha$ « nije poznata.

Zbog takvog načina određivanja koordinata repera ostale tačke na površini Zemlje, čije koordinate su određene geodetskim merenjima od repera, takode nose u sebi istu grešku kao i reper. Sve ove tačke imaju koordinate relativno tačne u odnosu na reper ali apsolutno uzevši su pogrešne.

Iz ovoga proizilazi da je na primer, Severna Amerika geodetski premerena na osnovu nekoliko repera što je poslužilo kao baza za izradu karata, a isto tako je izvršeno premeravanje i u Evropi. Međutim, ne postoji mogućnost geodetskog povezivanja preko Atlantskog oceana i položaj Severno-američkog kontinenta u odnosu na Evropski zato nije tačno poznat. Ako je reper »A« u Severnoj Americi određen sa greškom u koordinatama » $\Delta\beta$ «, a reper »B« u Evropi sa greškom » $\Delta\gamma$ «, onda je stvarna udaljenost između oba repera (slika 2):

$$D = d + \Delta\beta + \Delta\gamma$$

a prema proračunima na postojećim kartama je ova udaljenost samo » d «.



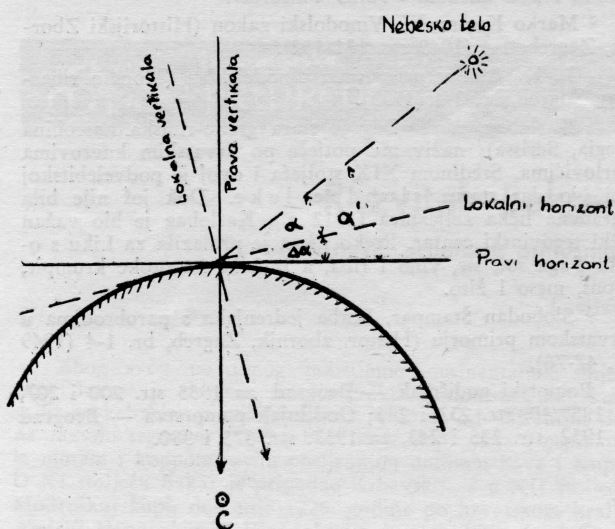
Prave pozicije repera: A', B' — Računske pozicije repera: A, B
Prava udaljenost između repera: $D = d + \Delta\beta + \Delta\gamma$

Računska udaljenost između repera: d

Takva netačnost u pozicijama odnosno u udaljenostima između pojedinih mesta na suprotnim obalama oceana može se zanemariti ili tolerirati za potrebne navigacije brodova i aviona, gde na velikim interkontinentalnim ili transkontinentalnim putovanjima čak greška od nekoliko kilometara ne igra ulogu.

Sa pojavom superdalekometnih oružja, kao što su interkontinentalne rakete, ovaj problem se zaoštio. Ako se sa jedne određene tačke jednog kontinenta želi pogoditi takvom raketom određeno mesto na drugom kontinentu i to sa najvećom mogućom tačnošću, onda se mora tačno poznavati koordinate mesta ispaljivanja rakete i mesta cilja. U protivnom doćiće do promašaja po pravcu i daljini, što može imati dalekosežne stratejske posledice. Prema tome odjednom su sve karte površine Zemlje postale nedovoljno pouzdane!

Jedini način za tačno određivanje koordinata i međusobnih udaljenosti preko oceana ili velikih nenaseljenih površina bio je stvaranje veštačkog nebeskog tela, koje bi se istovremeno — pa makar samo kratko vreme — videlo sa dvaju suprotnih obala oceana odnosno znatno razmaknutih



za daljnja premeravanja. Ove tačke se zatim međusobno povezuju geodetskim merenjima na Zemlji. Ma koliko tačno bilo astronomsko određivanje pozicije repera, ipak ono ne može a da ne podleže jednoj grešci, koja se ne može otkloniti niti njena veličina odrediti postojećim metodama. Ova greška nastaje zbog toga što se merenje visine nebeskog tela (kao u a-

mesta (više hiljada kilometara) na površini Zemlje. Tačnim vizualnim i elektronskim presecanjem sa raznih mesta može se u takvom slučaju odrediti pozicije tih mesta i udaljenosti među njima. Ovim bi se prema tome izvršilo geodetsko povezivanje raznih kontinenata.

Do sada su relativne pozicije pojedinih mesta na kontinentima bile poznate sa greškom oko 200 metara, a pozicije nekih usamljenih ostrva sa greškom od 1 Nm i više. Očekuje se da bi se pomoću geodetskih satelita sve navedene greške mogle smanjiti na 10 do 30 metara.

Već 1957. godine, za vreme prve Internacionalne Geofizičke Godine, je Nacionalni komitet SAD predložio razvijanje sistema geodetskih satelita, a dve godine kasnije je Odeljenje za izučavanje Svemira (Akademija nauka SAD) preporučilo da ovo preuzme novoformirana organizacija NASA (National Aeronautics and Space Administration = Nacionalna uprava za aeronautiku i svemir).

Međutim, već 1960. godine je Ministarstvo Odbrane SAD zahtevalo da se podaci, koji će se prikupiti putem geodetskih satelita, okategorišu kao strogo poverljivi. NASA se suprostavila ovom zahtevu, a pošto je Ministarstvo Odbrane uspeo da izdejstvuje odgovarajuću odluku, to je NASA odustala od svog programa konstrukcije i lansiranja geodetskih satelita.

Posle toga je Ministarstvo Odbrane SAD započelo sa razvijanjem vlastitog programa pod šifrom ANNA (Army, Navy, NASA, Air Force = Kopnena vojska, Ratna mornarica, NASA, Ratno vazduhoplovstvo, jer u programu učestvuju sva tri vida oružanih snaga, a sem toga i organizacija NASA).

Krajem aprila 1962. godine projekt geodetskog satelita ANNA je zvanično objavljen, a ujedno je Ministarstvo Odbrane SAD odlučilo da ga više ne smatra strogo poverljivim. Do ove odluke došlo je nakon oštrog diskusija i otpora pojedinih krugova, koji su zastupali mišljenje da bi poznavanje svih detalja o projektu ANNA pružilo potencijalnom protivniku (drugim rečima SSSR) mogućnost da upotvorni svoje podatke o pozicijama pojedinih mesta u svetu. Konačno je prevladalo mišljenje da će geodetski podaci, koje će SAD prikupiti pomoću geodetskih satelita, biti od velike vojne važnosti, a da potencijalni protivnik neće od njih imati mnogo koristi.

10. maja 1962. godine izvršen je prvi pokus lansiranja geodetskog satelita ANNA pomoću rakete THOR ABLE STAR. Zbog kvara drugog stepena rakete lansiranje nije uspeo.

31. oktobra 1962. godine lansiran je sledeći satelit sa oznakom ANNA-I. B, koji je potpuno jednak svom neuspehom prethodniku. Teži oko 170 kilograma i ušao je u skoro kružnu orbitu oko Zemlje na visini oko 1050 kilometara, nagnutu prema Zemaljskom ekvatoru za 50°.

Satelit tipa ANNA opremljen je komplikovanom aparaturom, koja treba da omogući izvršenje geodetskih osmatranja širom cele površine Zemlje i to na tri načina — optički, radarski i radio-doppler efektom. To međutim ne znači da će se na svakoj tački, gde će se vršiti osmatranja, koristiti svi ovi načini. Prema tome, svaka Zemaljska stanica za osmatranje će koristiti onaj način koji je podesan s obzirom na njenu opremu, odnosno koji u konkretnom slučaju daje najpovoljnije rezultate.

Optički sistem za osmatranje je rezultat radova ratne mornarice SAD. U sklopu ovog sistema satelit ANNA ima jedno visoko-intenzitetno ksenonsko svetlo sa uređajem za njegovo paljenje. Ovaj sistem, koji daje seriju od 5 jakih bleskova sa prekidom od 5,6 sekundi, zove se »Flashlight«, t. j. svetlo na bleskove. Osmatračnice na Zemlji moraju imati posebne fotografske aparate, kojima se snimaju ovi bleskovi. Na snimku se vidi blesak u vidu svetle tačkice na pozadini pokrivenoj zvezdama. Iz upoređenja mesta bleska sa mestom ostalih zvezda u određenom momentu može se proračunati visina satelita od prave vertikale i njegov azimut.

Očekuje se da će tačnost merenja ovih kutnih veličina iznositi 2 lučne sekunde, što će u udaljenostima davati grešku svega 10 do 30 metara.

Radarsku metodu za geodetsko osmatranje razvila je kopnena vojska SAD, a odgovarajući uređaj dobio je naziv SECOR (Sequential Collation of Range = uzastopno upoređivanje daljine). Postupak kod rada je takav da se sa Zemlje povremeno upućuje prema satelitu radio-impuls i

čeka povratak njegove jeke. Prema tome radi se o običnom merenju daljine radarom. Paralelno s tim radio-impuls kod odbijanja od satelita ukopčava specijalni radio-predajnik u njemu. Iz upoređenja vremena odlaska radio-impulsa i vremena prijema signala ovog radio-predajnika opet se dobija daljina. Prema tome merenje daljine vrši se istovremeno na dva načina. Očekuje se da će se udaljenosti meriti sa greškom od 10 do 30 metara, a merenje će se moći vršiti neovisno od doba dana i atmosferskih uslova, što nije slučaj sa optičkom metodom, koja je upotrebljiva samo noću i kod dobre vidljivosti.

Radio-doppler metodu za geodetska osmatranja razvilo je ratno vazduhoplovstvo SAD. Za pripremu ove metode u satelitu se nalazi specijalni radio-predajnik, čiju frekvenciju održava superstabilni oscilator sa kvarcovim kristalom. Isti taj oscilator daje impulse i posebnom satu, koji pali svetlosne bleskove, potrebne za optičku metodu.

Zbog kretanja satelita dolazi do promene frekvencije radio-signalna koje primaju osmatračnice na Zemlji (ovo je takozvani Doppler-ov efekt). Na osnovu odgovarajućih proračuna dobijaju se koordinate pozicija osmatračnica na Zemlji, pri čemu se očekuje greška od svega 15 do 20 metara. I ovaj sistem određivanja pozicija je neovisan od doba dana i atmosferskih uslova.

Iz ovog kratkog tehničkog prikaza geodetskog satelita tipa ANNA vidi se da je njegova oprema veoma obilna i omogućava — po potrebi — vršenje osmatranja na više načina istovremeno, a greška u koordinatama pozicija pri tome treba da bude minimalna — do 30 metara.

Sad su objavile da se u bližoj budućnosti ne predviđa dalje lansiranje geodetskih satelita, ali nisu upoznale javnost sa rezultatima postignutim sa satelitom ANNA-I. B. Za sada nije bitno da li je uspeo izvršiti merenja sa tako malim greškama, jer ukoliko satelit ANNA-I. B. nije u potpunosti zadovoljio onda je samo pitanje vremena da se oprema i uređaji usavrše u potrebnoj meri. Bitno je da su veštački sateliti našli svoju primenu i na polju geodezije, što će — pored vojnih zadataka — proširiti znanja o Zemlji, a kasnije omogućiti izradu preciznih karata za sva područja. Danas postoje za veoma mali deo površine Zemlje geografske karte razmere 1:25000, koje su nužno potrebne kod svih obimnijih radova (melioracije, izgradnja saobraćajnica, kanala, hidrocenrala, aerodroma, naftovoda, itd).

Izrada takvih karata zahteva poznavanje tačnih pozicija pojedinih tačaka, a to će u bližoj budućnosti omogućiti geodetski sateliti — uz saradnju svih zemalja, neovisno od društveno — političkog uređenja.

„Djevojka i more“

More!

tvoji plavi horizonti

nepregledne daljine, brodovi, mornari i jedra

ja vas djelić u očima nosim

Vratite mi moje oči

More!

Ja sam ti ukrala plavetnila, a ti moje oči

Vi morske dubine, privlačna prostranstva i kršni mornari

Vratite moj mir i moje besane noći

Vratite mi moje oči

Stanite!

Ja ću da vas slijedim

Ja vas obožavam

Dajte mi moj san,

Vratite moje plave oči

More Oj More!

Vrati mi moju izgublenu ljubav i prolivene suze.

Vrati mi moje Oči

plave kao tvoji horizonti.

Toma MASTRUKO, Zadar