

Koordinacija svjetskih geodetsko-kartografskih radova

Prof. Nikola Abakumov

Pitanje koordinacije geodetsko-kartografskih radova čitavog svijeta jest staro pitanje. Na njemu se radi već davno i ne može se reći da je na tom području malo urađeno, baš obratno: postignuti su veoma značajni rezultati. Ali se na svakom koraku u ovom smislu uvijek nailazilo na strahovite poteškoće.

Na prvom mjestu treba spomenuti borbu za uvođenje internacionalnog prvog meridiana*). Poznati astronom i geograf grčko-rimskog perioda Klavdijus Ptolomej smatrao je kao prvi meridian: meridian Srećnih otoka (Insulae Fortunatae). To su vjerojatno sadašnji Kanarski Otoci. Ali to je bio samo nominalni prvi meridian. Čitav astronomski rad, pa i određivanje razlike duljina, Ptolomej je vezao za Aleksandrijski meridian. Dobivenim duljinama dodavao je okrugli broj 60° , misleći da je time došao do krajnje zapadne granice poznatog mu svijeta. Dakle je de facto prvim meridianom bio meridian Aleksandrije. Kod Arapa, jednih od nasljednika grčko-rimske civilizacije, postojala je velika sloboda kod brojanja geografskih duljina. Jedni su vukli prvi meridian kroz krajinu zapadnu tačku Afrike, drugi kroz Herkulove stupove. Arapski geograf Carkala, koji je živio u XI stoljeću, smatrao je za prvi meridian onaj koji prolazi 10° zapadno od Bagdada, kao centralni meridian tadanjeg poznatog svijeta. Za vrijeme renesanse, kada su se evropski učenjaci upoznali sa starim klasičnim djelima, oni su po primjeru Ptolomeja uzeli za prvi meridian neki meridian zapadno od Afrike, ali se nisu odlučili za jedan određeni meridian, nego je svaki vukao na svoju ruku tako da je nastao u brojanju geografskih duljina pravi kaos. Na kraju u pitanje prvog meridiana uvukla se još i politika. U XVI stoljeću vodila se borba između Španije i Portugala za prevlast u novo otkrivenim zemljama. Kao sudac za rješavanje ovoga spora bio je izabran Papa Aleksandar VI. On je označio kao graničnu liniju meridian 36° zapadno od Lisabona. Sve novo otkrivene zemlje istočno od ovoga meridiana i južno od obratnice Raka pripadaju Portugalu a zapadne i sjeverne — Španiji. S vremenom su ovaj meridian Španci i Portugalci usvojili kao početni. Richelieu, francuski ministar i kardinal, da bi izigrao Papinu presudu sazvaio je konferenciju poznatih francuskih astronoma i geografa sa svhom da rješe pitanje početnoga meridiana. Kao posljedica rada ove konferencije bio je 1634 godine objelodanjen kraljevski dekret koji je naredio svim francuskim podanicima: da imaju smatrati početnim meridianom onaj koji prolazi zapadnom obalom otoka Ferro. U zasebnoj napomeni odobreno je francuskim lađama da pljačkaju španske i portugalske lađe zapadno od ovog meridiana i južno od obratnice Raka sve dotle dok od ovih država ne bude dozvoljena slobodna trgovina, kako u Indiji tako i u novo otkrivenim zemljama. Na takav način nastao je početni meridian „Ferro“. U svrhu određenja razlike duljine Ferro od Pariza pariška je akademija nauka dva puta slala ekspedicije, no rezultati njihovih radova nisu zadovoljavali. Zbog toga je po predlogu francuskog kartografa Delisle-a kao početni meridian bio usvojen onaj koji leži točno 20° zapadno od pariškog. Kasnije je bilo određeno da taj usvojeni meridian prolazi $17'$ istočno od otoka Ferro. Na takav je način meridian Ferro zapravo samo skriveni pariški meridian. Dakle se ponovio slučaj Ptolomejevog aleksandrijskog meridiana.

XVIII stoljeće bilo je vijek procvata astronomije i geodezije u Francuskoj. Naučnim radovima iz pomenutih disciplina skoro su se pridružile i ostale velike države. Počelo se sa osnivanjem zvjezdarnica a u isto vrijeme bili su izvršeni veliki triangulacioni radovi u svrhu proučavanja oblika i dimenzija Zemlje i izrade karata. Svi su radovi bili vezani za glavni meridian dotične države, koji je prolazio kroz njenu zvjezdarnicu. Tako su se pojavili meridiani, grinički u Engleskoj, pariški u Francuskoj, berlinski u Njemačkoj, pulkovski u Rusiji, a u isto se vrijeme pojavilo i rivalstvo. Svaka država smatrala je najvažnijim baš svoj meridian, što je bilo dugo vrijeme preprekom za usvojenje jednog prvog meridiana za sve države.

Pitanje zajedničkog glavnog meridiana bilo je pokrenuto prvi put godine 1870 od direktora pulkovske zvjezdarnice Ota Struve. On je predložio na izbor tri meridiana: 1) neutralni (odnosno atlantski) — 2^{h} odnosno 30° zapadno od Griniča, da nebi povrijedio nacionalni ponos pojedinih država; 2) grinički, koga su i inače već upotrebljavali mornari gotovo čitavog civilizovanog svijeta, koristeći se engleskim morskim kalendarom Nautical Almanac, izdanje griničke zvjezdarnice, i 3) donji grinički, koji prolazi Pacifikom na daljnji 12 časova od griničkog.

1879 godine Amerikanac Fleming prvi put vezao je pitanje početnog meridiana s pitanjem svjetskog vremena. Nastao je period mnogobrojnih konferencija sazvanih radi rješenja ovoga pitanja na kojima je bilo potrošeno mnogo riječi. Francuzi se nisu htjeli ni za živu glavu odreći pariškog meridiana, ali ipak na vašingtonskom kongresu, 1884 godine, na

*) Podaci uzeti su iz djela S. D. Riljke: „Prvi meridian i vsjeobšćeje vrijeme“ S. Peterburg 1884.

kojem su bili prisutni izaslanici gotovo svih civilizovanih država, bilo je predloženo: usvojiti kao prvi meridian grinički, a za mjerenje vremena u različitim državama uvesti sistem sektora ili zona. 36 država, od onih koje su sudjelovale na kongresu u Vašingtonu, prihvatile su ove predloge, pri čemu su 20 država usvojile grinički meridian kao početni. Međutim se tokom godina broj ovakvih država povećao. 1911 godine pristupili su ovom sistemu i Francuzi. Interesantno je da je Rusija, koja je prva pokrenula pitanje zajedničkog prvog meridiana, pristupila sistemu griničkog meridiana tek nakon Oktobarske revolucije. U astronomskim efemeridama (kalendarima) 1939 godine, u spisku raspodjele država po vremenskim zonama, još su bile izdvojene Ecuador i Nizozemska, koje su zadržale svoje početne meridiane, ali su već 1940 Ecuador, a 1941 Nizozemska pristupile sistemu vremenskih zona, a time i sistemu griničkog meridiana. U sadašnje se vrijeme astronomski kalendar sastavljaju na osnovi griničkog meridiana. Dakle: borba za prvi meridian trajala je 19 stoljeća, ali se završila sretno.

Druga se borba vodila za internacionalnu jedinicu duljine, metar, i za decimalni sistem. Ova se borba započela u doba prve francuske revolucije. Francuzi su uvodeći metar apriorno riješili da će on biti internacionalnom jedinicom dužine; a međutim i u samoj Francuskoj nije tako lako išlo sa usvojenjem nove jedinice. U doba prvih velikih gradusnih mjerenja u Francuskoj je normalnom mjerom smatran peruanski toaz, ali samo za naučne svrhe. U Francuskoj je bila još jedna zakonska mjera, a to je jedan od 4 lenjira Borda, koja je mjera po dužini iznosila 2 toaza. Ovaj lenjir proglašen je za „la règle principale“ (glavni lenjir) i dobio naziv „Module“. U ovom modulu bile su izražene druge mjere ovako:

$$1 \text{ metar} = 0,256537 \text{ modula}$$

$$1 \text{ modul} = 3,898073 \text{ metra.}$$

Kada je juna 1799 bio zakonom primljen metar i nazvan „Mètre des Archives“, on se još dugo vrijeme izražavao u modulima, i tek zakonom od 4 jula 1837 bio je definitivno uveden metrički sistem. 1 januara 1840 prestale su važiti stare mjere. Dakle u samoj Francuskoj bilo je potrebno 40 godina za priznanje metra, a u drugim državama i do sada još u upotrebi su druge mjere, na primjer u Hrvatskoj još uvijek se čuje i čita o hvatima. Proces definitivnog usvojenja metra nije još završen.

Kada je bilo dokazano na kraju XVII stoljeća da naša Zemlja predstavlja tijelo veoma slično sferoidu (rotacionom elipsoidu), otpočeo se je period određivanja elemenata ovog sferoida, a vremenom je niklo pitanje internacionalnog sferoida. Godine 1861, na prijedlog njemačkog geodeta Baeyer-a, stvorena je u Berlinu stalna komisija „Srednje — evropskog gradusnog mjerenja“. Godine 1867 ova komisija postala je „evropskom“, a 1886 međunarodnom („Internationale Erdmessungskommission“). Sve kulturne države imale su u njoj svoje predstavnike. Svake su treće godine bili sastanci, na kojima su predstavnici izvještavali o novim izvršenim geodetskim radovima i raspravljali pitanja budućih radova. Nakon svjetskog rata 1914—1918 god. bile su stvorene dve organizacije:

1) Internacionalna geodetska geofizička unija i

2) Geodetska komisija baltičkih država, kojoj je prišao i Savez Sovjetskih Socijalističkih Republika. Internacionalna geodetska geofizička unija na kongresu održanom u Madridu 1924 god. usvojila je internacionalni sferoid (Hayford, 1909) pod imenom „L' ellipsoïde de référence international“. Ali je ovo usvojenje ostalo na papiru. Gotovo su sve države zapadne Evrope za praktične radove zadržale Bessel-ove elemente. Velika je pogreška bila stvarati ovakove zaključke bez učešća SSSR koji obuhvata prostor jednak $\frac{1}{6}$ Zemljine plohe. Rezultat je bio taj da je Sovjetski Savez usvojio 1942 god. svoj elipsoid*). Dakle pitanje internacionalnog sferoida nije riješeno.

Spominjemo još borbu za kartografsku projekciju. Čim se povede govor o kartografskim projekcijama nehotice dolazi na pamet svim stručnjacima poznata izreka Jordana: *»Ni jedna ustanova ne zadire tako duboko u suštinu cjelokupne tamjere i kartiranja jedne zemlje, kao izbor projekcije i koordinatnog sistema. Ako se ovdje načini pogreška ta se sveti na mnogim generacijama«*. U Hrvatskoj smo ove proročanske riječi osjetili u punoj mjeri baš na svojoj koži. Od bivše Austro-Ugarske monarhije baštinili smo nekoliko koordinatnih sistema. Svaki stručnjak koji radi na polju geodezije dobro zna kakve još i danas brige i poteškoće zadaju triangulatoru koordinate osnovnih točaka na našem području. Da bi smo razumjeli zašto se dešavaju takove činjenice moramo pogledati u samu bit pitanja o izboru projekcije. Na kraju krajeva svaku projekciju moguće je dotjerati tako da njezina uporaba postane posve jednostavna. Naravno da svaka država nastoji da usvoji što bolju projekciju, ali u većini slučajeva onu koja odgovara momentanom obliku državnih granica. Eventualne promjene granica države mogu izazvati poteškoće. Da bi se oslobodili ovih neprilika kartografi su

*) T. zv. „elipsoid CNIIGAiK“ („elipsoid Centralnog naučnog istraživačkog instituta za geodeziju, aerostimanje i kartografiju“) (Ur.).

nastojali pronaći takovu kartografsku projekciju koja ne bi bila zavisna uopće od državnih granica. Jedna od takvih projekcija jest Gauss—Krügerova projekcija. Pomoću ove konformne projekcije mi projiciramo neposredno zemljin sferoid na niz valjaka koji dodiruju Zemljinu plohu po meridianima. Dakle: mi dobivamo niz zona ograničenih meridianima. Razlika duljina graničnih meridiana, s obzirom na usvojenu točnost izmjere $\frac{1}{10\,000}$, iznosi tri stupnja. Na takav način za čitavu Zemlju treba uzeti 120 zona. Ali osobito treba imati na umu činjenicu da ove zone, ograničene u smjeru duljina, nisu ograničene i u smjeru meridiana, one se prostiru od južnog do sjevernog pola, t. j. obuhvaćaju čitavu Zemlju. Ova projekcija je kao stvorena za internacionalnu uporabu. Treba ovdje napomenuti da mi govorimo o projekcijama koje su namjenjene za karte većih razmjera. Internacionalno pitanje karata manjih razmjera riješeno je sporazumom svih država izdavati jednu kartu u razmjeru $\frac{1}{1\,000\,000}$ u polijedarskoj projekciji. Za ovaj razmjer ne igra ulogu koji sferoid ćemo usvojiti, a ne treba ni vezati triangulacione mreže zasebnih država, pošto će sve nesuglasice biti manje od točnosti ove karte. Druga stvar su karte velikih razmjera. Svako usvojenje internacionalne projekcije u svrhu vezivanja u zajedničku cjelinu geodetsko-kartografskih radova svih država bit će prazna riječ sve dotle dok ne budu povezane triangulacione mreže ovih država. Bez ovog vezivanja ne može biti ni govora o ma kakvoj koordinaciji svjetskih geodetsko-kartografskih radova. Ovo pitanje je već bilo nekoliko puta na dnevnom redu i obično rješenje bilo je pozitivno, ali su historijski događaji u većini slučajeva stvarali nesavladive zapreke. Propadale su čitave države, pojavljivale se nove, a druge mijenjale svoje granice. I svi radovi, započeti u ovom smislu, padali su u vodu. Dakle i ovdje treba stvoriti nešto što ne bi bilo zavisno od zasebnih država, a to je: jedna internacionalna ustanova, čiji bi zadatak bio: pokriti čitavu Zemlju triangulacionom mrežom sa mnogobrojnim Laplasovim točkama. Priznajem otvoreno da je ovaj zadatak veoma težak, ali ako ga ne riješimo nikad nećemo dobiti: ni zaista idealan sferoid, ni stvarne koordinacije svjetskih geodetsko-kartografskih radova.

Obeležavanje glavnih tačaka krivine pomoću poligonog vlaka

Inž. Dragoljub Vučićević

Ovaj način obeležavanja je koristan kada su u pitanju dugačke krivine koje zahtevaju veći broj glavnih tačaka a pri težim terenskim prilikama.

Date su dve prave koje treba spojiti kružnom krivinom poznatog poluprečnika r . Teme krivine je udaljeno i nepristupačno.

Neka je poligonni vlak od $\odot T_A$ do $\odot T_B$ (v. sl.) rekognosciran tako da dve njegove tačke $\odot T_1$ i $\odot T_5$ leže na datim pravama, a ostale po mogućstvu što bliže krivini trase. Usled konfiguracije terena poligone T_1 i T_5 međusobno se ne dogledaju. Pri uzimanju terenskih podataka za računanje vlaka, sa poligonim T_1 i T_5 uzeti u girus i pravac tangente, što će biti potrebno za računanje prelomnog ugla tangenata odnosno centralnog ugla α . Kada smo sa podacima uzetim na terenu došli do definitivnih koordinata poligonih tačaka, nagiba strana i nagiba tangenata $v_{T_1}^B$ i $v_{T_5}^B$ onda je kako se iz slike vidi centralni ugao:

$$\alpha = v_{T_5}^B - v_{T_1}^B \quad \dots \dots \dots (1)$$

Dužina prave $\overline{T_1 T_5}$ kao i nagib $v_{T_1}^B$ dobija se iz koordinata $\odot T_1$ i $\odot T_5$ po trig. obrascu broj 8:

$$\overline{T_1 T_5} = \frac{\Delta x}{\cos v_{T_1}^B} = \frac{\Delta y}{\cos v_{T_5}^B}$$

Dužina tangenata poznata je iz obrazca:

$$\overline{P B} = r \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \quad \dots \dots \dots (2)$$