

# PRAKTIČNA ISKUSTVA U RADU S WILD-DISTOMATOM DI 10

## USPOREDBA REZULTATA DOBIVENIH MJERENJEM PRAVACA I MJERENJEM DUŽINA

Eduard KRIŽAJ — Zagreb

U nas se u posljednje vrijeme moglo naići na izvjestan broj radova u vezi s novim dostignućima na polju mjerenja udaljenosti, gdje temelj mjerenja čine elektromagnetski valovi u širem značenju riječi.

Sadržaj tih napisa kretao se pretežno oko teoretskog dijela problematike, te oko konstrukciono-tehničkih rješenja pojedinih, na izvjestan način specifičnih instrumenata, koje nam stavlja na raspolaganje precizno-mehanička i optička industrija u svijetu. To je, nesumnjivo, izraz težnje, da se naša šira javnost vezana uz geodetsku djelatnosti upozna s dostignućima na tom polju.

Želja, da se problem mjerenja udaljenosti riješi drugim načinima od do sada primjenjivanih u praksi kao i drugim sredstvima nije nova i naučni principi su u osnovi poznati.

Svi dosadašnji pribori, koji su u praksi stajali na raspolaganju, od onih najpreciznijih za mjerenje bazisa u triangulacionim mrežama (invarne žice) do onih najjednostavnijih u radovima praktične geodezije (čelične vrpce i lanci), nosili su sa sobom uvijek niz problema teoretske i praktične naravi. Sve studije rađene s namjerom, da se mjerenja izvođena takvim priborima maksimalno usavrše u pogledu točnosti i funkcionalnosti u praktičnoj primjeni, nisu ipak bila u stanju otkloniti nedostatak, koji je u intenzivnoj geodetskoj djelatnosti, promatran iz naše prakse i našeg vremena, vrlo velik. To je, u usporedbi s ostalim geodetskim operacijama, veliki gubitak vremena.

Zahvaljujući napretku optičke industrije bilo je moguće prozvesti instrumente, kojim su se kutovi mogli mjeriti vrlo visokom točnošću, što je dovelo do primjene paralaktičke metode mjerenja dužina upotrebom letava konstantne dužine. To je nedvojbeno pozitivno utjecalo na razvoj poligometrije i njenu primjenu u praksi. No i ovdje, u specifičnim okolnostima uvjetovanim konfiguracijom i zaraštenošću terena, radovi mogu biti otežani, te nije rijedak veliki utrošak vremena zbog prosjecanja raslina i drugih sličnih poteškoća.

U spomenutim načinima kao temelj za mjerenje udaljenosti služila je normalna mjera od 1 metra (1/10 000 000 kvadratna zemaljskog meridijana).

Razvoj metoda i instrumenata, kojima je moguće visokom točnošću odrediti dužine elektromagnetskih valova na temelju fizikalnih zakona, omogućilo je, da se u prirodi pronađe stalna dužina kao temelj za određivanje udaljenosti.

Adresa: Eduard Križaj, dipl. inž. — Zagreb, Cvetkovićeve 10/II

Od komparatora, koji su već dali dobre rezultate, na kojima se dužina određivala pomoću interferencije svjetlosnih valova, danas smo stigli dotle, da na jednostavnim ekranima mjernih kutija elektrooptičkih daljinomjera pročitamo udaljenost do refleksionog sistema, koji postavljamo na pogodno odabranu točku.

Odatle se može izvući zaključak, da je jedan od praktičkih problema geodetskih djelatnosti, koji je zaista predstavljao teškoću i u opsežnim izvedbenim radovima premjera, a i u preciznim mjerenjima primjenjenih geodetskih radova, t.j. mjerenje dužina, na putu, da se uistinu na zadovoljavajući način riješi. Gledano sa sasvim praktičnog stanovišta taj će problem biti riješen, tek kada se ove vrijedne novine uvedu i u našu svakodnevnu praksu. Taj je proces, možemo sa zadovoljstvom konstatirati, u toku.

U proteklo smo vrijeme na izložbama geodetskog pribora i instrumentarija imali prilike vidjeti neke tipove elektrooptičkih daljinomjera. O nekima smo samo mogli steći izvjesnu predodžbu iz propagandnog materijala pojedinih stranih proizvođača. Danas se već proizvodi razmjerno velik broj instrumenata, koji u načelu imaju istu namjenu i čiji se rad temelji uglavnom na istim principima, samo što su ih proizveli različiti proizvođači. Ovdje je važno pripomenuti, da su neki proizvođači otišli u svojim konstrukcionim rješenjima daleko naprijed pred ostalima obzirom na masivnost i prenosivost instrumentarija, što za praksu nema malo značenje.

Na izložbi geodetskog instrumentarija i pribora održanoj uz prošlogodišnji »Simpozijum o inventarizaciji prostora« na Bledu, prikazana su i dva instrumenta za elektrooptičko mjerenje dužina, koje posjedujemo i u Zagrebu. To je AGA-geodimetar švedske proizvodnje A6, kojeg nešto stariji model 6 posjeduje Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, te Wild distomat DI 10 švicarske proizvodnje, kojega posjeduje Zavod za fotogrametriju u Zagrebu. Svaki od ovih instrumenata zanimljiv je na svoj način i za našu praksu, obzirom na mjerni domet.

Geodimetar predstavlja daljinomjer, čije opće sposobnosti omogućuju raznoliku primjenu do najsloženijih radova kontrole bazisa i triangulacionih mreža mjerenjem udaljenosti — neposredno. Rukovanje ovim instrumentom iziskuje nešto više vremena i temeljito poznavanje pribora, te se njegova ekonomičnost (ne uključujući naučna istraživanja) mora procjenjivati u odnosu na te okolnosti.

S druge strane Wild distomat DI 10 pruža do sada neslućene mogućnosti u praktičnoj primjeni. Razmjerno visoka cijena ovog pribora ne bi smjela predstavljati prepreku da se ovaj, za rukovanje vrlo dobro pripremljen instrument ne nađe u našoj praksi.

Distomat DI 10 se sastoji od odašiljačkog i prijemnog optičkog sistema, koji je povezan s mjernom kutijom kablovima i pripada stajalištu, s kojeg se mjeri dužina i refleksionog sistema (sistem posebno brušenih prizama), koji se instalira na stanici do koje se mjeri dužina.

Glava s odašiljačkim i prijemnim optičkim sistemima jednostavno se učvršćuje na teodolit Wild T2 (s posebnim adapterom), ili na posebno postolje za nišanjenje, u koliko nije potrebno istovremeno mjeriti i kutove.

Refleksioni sistem predstavlja potpuno pasivni dio, čija je jedina zadaća, da snop infracrvenih zraka koje služe kao val nosač mjerne frekvencije odašlane kroz emisioni optički sistem, vrati na prijemni optički sistem, gdje se ove zrake nevidljivog svijetlosnog spektra na fotočeliji pretvaraju u električnu energiju.

Fazni pomak primljenog i odašlanog vala, pretvoren putem fotočelije u električnu energiju u mjernoj kutiji prenosi se preko servomotora na brojčanike, čija slika u okviru ekrana daje brojčanu vrijednost kose udaljenosti stajališta vizurne glave i reflektora. Ovu veličinu nužno je korigirati za utjecaj atmosferskih uvjeta, reducirati na horizont, te konačno na nivo-plohu mora. Ove korekcije, koje će u našim prilikama biti često vrlo malene (odnosi se na atmosfersku korekciju i redukciju na nivo-plohu) dane su u vrlo jednostavnom grafičkom obliku.

U krajevima s većom nadmorskom visinom, ako želimo ostati u granicama točnosti mjerenja od  $\pm 1$  cm morat ćemo redukciju na nivo-plohu računati numerički, jer nas dijagram ne može zadovoljiti (to će biti vrlo rijetki slučajevi). Pri mjerenju treba voditi računa o temperaturi zraka, atmosferskom pritisku ili nadmorskoj visini (pritisak i visina su u recipročnoj vezi) za atmosfersku korekciju. Temperaturna razlika od  $10^{\circ}\text{C}$  i razlika u pritisku od 30 mm Hg što odgovara razlici visina od približno 350 m uvjetuje promjenu spomenute korekcije za 1 cm/km. Osim toga o elementima, koji uvjetuju ostale redukcije. Za redukciju koso mjerene dužine na horizont potrebno je poznavati ili visine nišanske glave i reflektora, ili zenitnu daljinu, odnosno vertikalni kut reflektora obzirom na nišansku glavu, a za redukciju na nivo mora potrebno je znati nadmorsku visinu mjerene strane. O redukciji dužina zbog deformacije projekcije biti će kasnije riječ.

Sve ostale praktične radnje izuzev transpor, predstavljaju vremenski interval od najviše 1 min., što se postiže razmjerno lako, nakon izvjesnog vježbanja.

Maksimalni mjerni domet ne treba se smatrati apsolutnim prema podacima proizvođača. Govoreći na osnovi vlastitih iskustava, bit će ponekad pod izvjesnim, naoko povoljnim okolnostima, nemoguće izmjeriti dužinu čak i do 700 m s točnošću, koju daje proizvođač. Pokušalo se izmjeriti i veće dužine od 1200 m, pa su čak dobiveni i dobri rezultati. Ovo se može objasniti specifičnošću konkretnih atmosfersko-topografskih uvjeta.

Iako se u podacima o instrumentu navodi, da izvjesne atmosferske prepreke ne utječu bitno na mogućnosti mjerenja, optičko dogledanje je — sa stajališta vizurne glave k reflektoru — bezuvjetno potrebno. To se odnosi i na eventualno raslinje, koje lelujano zračnom strujom presijeca snop vala nosača. Međutim, primjenom refleksionog sistema veće površine (uz pribor idu tri reflektora: prvi za dužine do 400 m, drugi do 600 m i treći, kao dodatak drugom, do 1200 m) na kraćim udaljenostima moguće je izbjeći i ovakove smetnje. Pokušaji mjerenja dužina po magli su doista uspjevali, ma da se nisu mogle mjeriti dužine do punog mjernog dometa Distomata DI 10.

Ovakvo je mjerenje povezano s nizom poteškoća (na pr. teško je nišanje, jer se reflektor slabo, ili nikako vidi) i praktična mu je vrijednost gotovo nikakva, jer se ne mogu obavljati sve ostale potrebne operacije (na pr. mjerenje pravaca).

Kako se brojne vrijednosti vidljive u ekranu prenose sa dva bubnja (za stometarski i desetmetarski iznos, te metarski, decimetarski i dvocentimetarski iznos) čiji brojevi okretaja stoje u omjeru 1 : 10, to je neophodno da ovaj drugi bubanj nakon mjernog procesa miruje. U tom slučaju moguće je postići točnost u mjerenju od  $\pm 1$  cm bez obzira na udaljenost. Ako spomenuti bubanj ne miruje električna energija iz fotoćelije, a to znači i intenzitet reflektiranog svjetlosnog signala, je nestabilna, aritmetička sredina maksimuma i minimuma oscilacije dati će približnu brojčanu vrijednost kose dužine, na u tom slučaju ne može se više pouzdano govoriti o postignutoj točnosti, koja se tada sigurno udaljuje od  $\pm 1$  cm.

### MJERENJE DUŽINA

WILD - DISTOMAT DI-10 BR.: 10304				MJERILI:			
$S_D$ — STAJALIŠTE DISTOMATA	$D_I$ — CITANJE DUŽINE NA DISTOMATU	$H_R$ — VISINA KOD REFLEKTORA		$red_H$ — REDUKCIJA NA HORIZONT			
$S_R$ — STAJALIŠTE REFLEKTORA	$A_K$ — ATMOSFERSKA KOREKCIJA U mm na 100 m (IZ DIJAGRAMA)						
$i$ — VISINA INSTRUMENTA	$D$ — DUŽINA $D_I$ POPRAVLJENA ZA $A_K$	$red_N$ — REDUKCIJA NA NIVO MORA IZ DIJAGRAMA					
$i_R$ — VISINA REFLEKTORA	$D_{H1}$ — REDUCIRANA DUŽINA D NA HORIZONT	$D_0$ — DEFINITIVNA DUŽINA NA NIVOPLOHI					
$t$ — TEMPERATURA U $^{\circ}C$	$\alpha$ — ZENITNA DALJINA						
$p$ — TLAK ZRAKA $\bar{p}$ mHg	$H_D$ — VISINA KOD DISTOMATA						
$H$ — NADMORSKA VISINA STRANE U m							

PODACI MJERENJA		RAČUNANJE KONAČNE DUŽINE $D_0$					
		ATMOSF. KOR.		REDUKCIJA NA HORIZONT		REDUKCIJA NA NIVOPLOHU	
UDALJENOST	t			$\alpha'$		$\Delta_D = -0.0001568 \cdot H_m \cdot D_H$	
OD DO	p	$A_K$		sin $\alpha$		$H_D$	
$S_D$	H	$D'_{u \cdot hm} \cdot A_K$				$H_R$	
$S_R$	$i_R$	$D'$	$360^{\circ} - \alpha'$			$2H_m$	
		$D$	$red_H$			$H_m$	
			$-D_{u \cdot hm} \times red_H$			$\Delta_D$	
VRIJEME			$D$			$D_H$	$D_H$
DATUM			$D_{H1}$	$D_{H1} \cdot D \cdot \sin \alpha$		$D_0$	$D_0$
	13			$92^{\circ} 12' 08''$			
	746	+ 0,0005		0 99 926			43
$\Delta$ 219	26	+ 0,004					9
$\Delta$ 214		884 80	$267^{\circ} 47' 52''$				52
		884 800	0 0742				26
		884 804	- 0 657			$\pm 0$	0,006
vlažno; jugo			884 804			884 15	884.149
18.XI.1970.			884 147	884 149		884 15	884.143

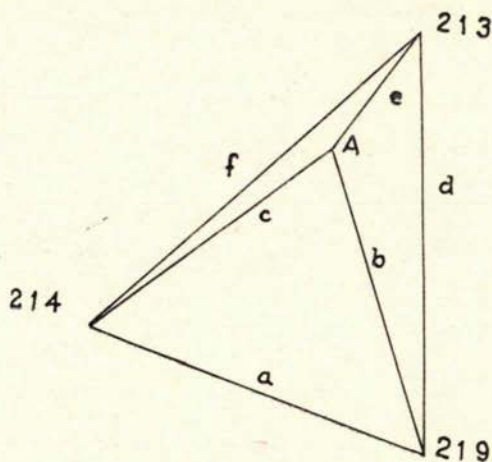
Da se stekne izvjesna realna predodžba o mogućnostima ovog instrumenta u praksi, u nastavku ovog napisa izloženo je mjerenje jednog tringulacionog trokuta, čiji su vrhovi trig. točke IV reda iz triangulacionog kotara Crikvenica, a među njih je umjerena nova točka »A«. Mjerenja su izvršena kompleksno; izmjereni su svi mogući međusobni pravci i sve dužine. Mjerenja pravaca izvršena su sekundnim Wild-T2 teodolitom br. 139252, a dužine su mjerene Wild-Distomatom DI 10 br. 10304. Mjerenje pravaca izvršeno je, na

žalost, bez pribora za prisilno centriranje viziranjem na trasirke, u 3 girusa i lošem vremenu (srednje jugo, povremeno kiša). Od podataka mjerenja ovdje se iznosi račun konačne samo jedne dužine. Svi detalji uočljivi su iz obrasca:

Ovdje su uz skicu dane oznake dužina, dok su brojevi pojedinih pravaca dani posebno uz njihove vrijednosti.

**KONAČNE DUŽINE:**

- a = 884,143 m
- b = 876,895 m
- c = 693,036 m
- d = 1140,703 m
- e = 394,721 m
- f = 1083,683 m



Slika 1

**SREDINE MJERENIH PRAVACA:**

stanica: 213		br. prav.
219	0 00 00,0	1
»A«	40 10 21,3	2
214	46 45 09,0	3
82	91 07 02,3	—
$m = \pm 3'',37$	$M = \pm 1'',94$	
stanica: »A«		
213	0 00 00,0	10
219	122 57 03,3	11
214	190 19 38,7	12
$m = \pm 0'',82$	$M = \pm 0'',47$	
stanica: 219		
214	0 00 00,0	7
82	1 06 28,0	—
»A«	46 20 59,3	9
213	63 13 52,0	9
$m = \pm 1'',85$	$M = \pm 1'',06$	
stanica: 214		
82	0 00 00,0	—
213	108 16 52,0	4
»A«	112 01 25,0	5
219	178 17 52,7	6
$m = \pm 1'',32$	$M = \pm 0'',76$	

Dužine su prikazane na milimetar zato, da se u daljnjim zaokruživanjima prilikom računanja ne povrijedi vrijednost centimetara. Milimetri potječu od računanja atmosferske korekcije i računanja potrebnih redukcija. U pregledu mjerenih pravaca točka 82 opažana je zato, da pri određivanju točke »A« umetanjem posluži za orijentaciju pravaca na datim točkama. Zbog toga taj pravac nije ni numeriran.

*Koordinate trigonometara:*

	Y	X	H	DUŽINA
82	5 485 796,56	4 996 725,11	9,98	
213	5 488 030,08	4 996 888,47	120,54	f = 1083,654
214	5 487 312,55	4 996 076,40	8,71	a = 883,948
219	5 488 135,12	4 995 752,76	42,78	d = 1140,560

*IZJEDNACENJE KOORDINATA TOČKE A PRESJEKOM PRAVCA I PRESJEKOM LUKOVA* — Obzirom na mjerene podatke može se točka A računati iz 3 obostrana pravca metodom presjeka pravaca, a također presjekom lukova iz triju mjernih dužina.

Račun presjecanja nije ovdje iznesen, već samo rezultati:

	Y	X		
»A«	5 487 804,31	4 996 654,63	$m = \pm 9,5$	$M_x = \pm 0,04 \text{ m}$ $M_y = \pm 0,02 \text{ m}$

*PREGLED REZULTATA:*

<i>Date točke stanica: 213</i>					
		$y = 5 488 030,08$	$x = 4 996 888,47$		
vizura	def. smjer. kut	mjer. pravac	orijen. prav.		popr.
219	174 42 57,2	0 00 00,0	174 42 49,7		+7,5
»A«	214 52 58,3	40 10 21,3	214 53 11,0		-12,7
214	221 27 47,6	46 45 09,0	221 27 58,7		-11,1
82	265 49 55,6	91 07 02,3	265 49 52,0		+3,6
<i>stanica: 219</i>					
		$y = 5 448 135,12$	$x = 4 995 752,76$		
214	291 28 37,7	0 00 00,0	291 28 52,5		-14,8
82	292 35 22,6	1 06 28,0	292 35 20,5		+2,1
»A«	337 49 50,5	46 20 59,3	337 49 51,8		-1,3
213	354 42 57,2	63 13 52,0	354 42 44,5		+12,7
<i>stanica: 214</i>					
		$y = 5 487 312,55$	$x = 4 996 076,40$		
82	292 11 08,8	0 00 00,0	292 10 56,5		+12,3
213	41 27 47,6	108 16 52,0	41 27 48,5		-0,9
»A«	45 12 22,9	112 01 25,0	45 12 21,5		+1,4
219	111 28 37,7	178 17 52,7	111 28 49,2		-11,5
<i>Tražena točka stanica: »A«</i>					
		$y = 5 487 804,31$	$x = 4 996 564,63$		
213	34 52 58,3	0 00 00,0	34 52 49,9		+8,4
219	157 49 50,5	122 57 03,3	157 49 53,2		-2,7
214	225 12 22,9	190 19 38,7	225 12 28,6		-5,7

Na temelju ovog prikaza može se uočiti, da su popravci mjerenih pravaca razmjerno prilično veliki, iako se točka »A« dobro uklopila. Iz daljnjeg izlaganja moći će se tome uočiti uzrok. Jednim manjim dijelom na ovo sigurno utječe dosta nepovoljan raspored pravaca.

*Izjednačenje koordinata točke A presjekom lukova* — Promotrimo sada izjednačenjekoordinata točke »A« presjekom lukova. Izrazit ćemo u tu svrhu mjerene dužine kao funkcije traženih veličina.

Ovisnost dužine o koordinatama dviju točaka sadržana je u izrazu:

$$d_n^2 = (y - y_n)^2 + (x - x_n)^2$$

Radi pogrešaka u mjerenju dužina moramo dozvoliti da se najvjerojatnija i mjerena vrijednost svake dužine razlikuje za maleni iznos, pa dodamo li taj maleni iznos mjerenoj dužini, da bi gornja jednakost ostala sačuvana, moramo i koordinatama tražene točke »A« dozvoliti malene popravke. Prijelazom, razvojem u Taylorov red, s takovog oblika funkcije na linearni oblik, možemo odmah u skladu s metodom izjednačenja pomoću posrednih opažanja pisati jednadžbe pogrešaka:

$$v_n = a_n dx + b_n dy + l_n$$

Koeficijenti  $a$  i  $b$  su brojne vrijednosti parcijalnih derivacija funkcije po promjenljivim veličinama, a slobodni član pretstavlja dužinu računatu iz privremenih koordinata tražene i datih točaka, umanjenu za iznos mjerene dužine.

Izrazi za  $a$  i  $b$  glase:

$$a_n = \frac{x_o - x_n}{d_{on}}, \quad b_n = \frac{y_o - y_n}{d_{on}}$$

a slobodni član:

$$l_n = d_{on} - d_n$$

U našem primjeru jednadžbe će popravaka, nakon potrebnih računanja, koja se tu ne iznose, glasniti:

$$v_c = -0,820 dx - 0,572 dy + 0,049$$

$$v_b = +0,926 dx - 0,377 dy - 0,215$$

$$v_e = +0,705 dx + 0,710 dy - 0,076$$

Ovima odgovaraju normalne jednadžbe:

$$2,027 dx + 0,620 dy - 0,293 = 0$$

$$0,620 dx + 0,973 dy - 0,001 = 0$$

a njihovim rješenjem dobivamo:

$$dx = +0,179$$

$$dy = -0,113$$

Pomoću ovih vrijednosti sada možemo izračunati popravke mjerenih dužina:

$a_n dx$	$b_n dy$	$l_n$	$v_n$
-0,147	+0,065	-0,049	-0,033
+0,166	+0,043	-0,215	-0,006
+0,126	-0,081	-0,076	-0,031

Za kontrolu:  $[a v] = \pm 0,000$   $[b v] = \pm 0,000$

Srednja pogreška pojedinog mjerenja izlazi:

$$m = \sqrt{\frac{[vv]}{n-2}} = \pm 0,045 \text{ m}$$

a srednje pogreške koordinata tražene točke:

$$M_x = \frac{m}{\sqrt{[aa-1]}} = \pm 0,033 \text{ m} \quad M_y = \frac{m}{\sqrt{[bb-1]}} = \pm 0,051 \text{ m}$$

Popravljene koordinate i dužine sada će glasiti:

Ao	5 487 804,31	4 996 564,63	e = 394,721 — 0,033 = 394,688 m
dy; dx	—0,11	+0,18	b = 876,895 — 0,006 = 876,889 m
A	5 487 804,20	4 996 564,81	c = 693,036 — 0,031 = 693,005 m

Kako smo pri izjednačenju točke »A« presjekom lukova za privremene koordinate uzeli definitivne koordinate dobivene presjekom pravaca, to nam naprijed izračunati popravci dy i dx govore odmah i o razlikama koordinata točke »A« iz oba izjednačenja.

Usporedimo još i dužine nakon obaju izjednačenja:

	dužine dobivene nakon izjednačenja po pravcima	dužine dobivene nakon izjednačenja presjekom lukova
e	394,771	394,688
b	876,679	876,889
c	692,962	693,005

Ovolike razlike traže objašnjenje, bez obzira da li bi nas za izvjesne potrebe zadovoljavale. Pouzdano još ne možemo govoriti o razmjerno velikoj relativnoj položajnoj pogreški datih točaka, no taj se zaključak nameće sam po sebi, ako dozvolimo pretpostavku da su mjerenja na terenu izvršena savjesno. Istina je da vanjski pravci sa trigonometara 213 i 214 ne će dati dobre vrijednosti za koordinate točke »A«, radi nepovoljnog presjeka, a to će biti i slučaj sa presjekom lukova nad tim dužinama, no kako su ostali presjeci dovoljno povoljni, isključena je mogućnost, da su uočene razlike posljedica spomenutih okolnosti. Ipak, da imamo više, ili bolje raspoređena mjerenja, lakše bi ustanovili razloge ovih razlika. Na ovo ćemo se još osvrnuti kad steknemo potpunu sigurnost, da mjerenja izvršena na terenu predstavljaju dovoljno čvrstu, homogenu cjelinu.

**IZJEDNAČENJE SLOBODNOG CENTRALNOG SISTEMA** — Zbog upoređivanja računatih i mjerenih veličina odlučili smo izjednačiti centralni sistem sa centralnom točkom A kao samostalnu mrežu. U tom slobodnom centralnom sistemu neka nam je zadana samo jedna stranica *a*. Prema postojećoj numeraciji pravaca formirat ćemo tri uvjeta figura i jedan polusa, te izjednačiti ovaj sistem metodom uvjetnih opažanja. Rezultati ovog izjednačenja omogućit će nam nove zaključke.

U ovom slučaju postoje četiri uvjeta, koji daju četiri normalne jednadžbe. Njihovim rješenjem dobivamo četiri korelate, na temelju kojih se po poznatim izrazima računaju popravci pravaca:

$$v_n = k_1 a_n + k_2 b_n + k_3 c_n + k_4 d_n$$

Ta se računanja ovdje ne iznose, a vrijednosti popravaka navedene su uz mjerene pravce, gdje su ovi i definitivno popravljeni.



Za kontrolu se još iznosi:

$$-[kw] = -(k_1w_1 + k_2w_2 + k_3w_3 + k_4w_4) = 82,734$$

$$[vv] = \frac{w_1^2}{[aa]} + \frac{[w_2 \cdot 1]^2}{[bb \cdot 1]} + \frac{[w_3 \cdot 2]^2}{[cc \cdot 2]} + \frac{[w_4 \cdot 3]^2}{[dd \cdot 3]} = 82,810$$

i zbroj kvadrata popravaka:  $[vv] = 82,676$

*Pregled rezultata izjednačenja:*

mjereni i popravljani pravci:				
stanica	br. pr.	opažani pravci	popravak v	definit. pravci
213	1	0 00 00,0	+ 2,4	0 00 02,4
	2	40 10 21,3	- 5,2	40 10 16,1
	3	46 45 09,0	+ 2,9	46 45 11,9
»A«	10	0 00 00,0	+ 4,5	0 00 04,5
	11	122 57 03,3	- 1,7	122 57 01,6
	12	190 19 38,7	- 2,8	190 19 35,9
219	7	0 00 00,0	+ 0,6	0 00 00,6
	8	46 20 59,3	+ 1,4	46 21 00,7
	9	63 13 52,0	- 2,1	63 13 49,9
214	4	108 16 52,0	- 1,0	108 16 51,0
	5	112 01 25,0	+ 1,6	112 01 26,6
	6	178 17 52,7	- 0,5	178 17 52,2

Srednja pogreška mjerenog pravca:

$$m = \sqrt{\frac{[vv]}{r}} = \pm 4'',55$$

gdje r predstavlja broj uvjeta (u našem primjeru 4).

*Kontrole zatvaranjem trokuta:*

(2—1)	40 10 13,7	(6—5)	66 16 25,6	(5—4)	3 44 35,6
(9—8)	16 52 49,2	(12—11)	67 22 34,3	(10—12)	169 40 55,8
(11—10)	122 56 57,1	(8—7)	46 21 00,1	(3—2)	6 34 55,8
	180 00 00,0		180 00 00,0		180 00 00,0

S ovim podacima mogli bismo u proizvoljnom koordinatnom sistemu izračunati položaj točaka obzirom na jednu, kojoj bi također proizvoljno odabrali koordinate. Na taj bi način dobili, na temelju ovog izjednačenja njihov najvjerojatniji međusobni položaj. No to nije neophodno, jer o njihovu položaju možemo suditi na temelju izračunatih međusobnih udaljenosti, koje nakon potrebnih računanja glase:

$$\begin{aligned} a &= 884,143 \text{ m} \\ b &= 876,892 \text{ m} \\ c &= 693,071 \text{ m} \\ d &= 1140,735 \text{ m} \\ e &= 394,729 \text{ m} \\ f &= 1083,717 \text{ m} \end{aligned}$$

Kako se ove vrijednosti razmjerno malo razlikuju od mjerenih veličina, te kako su i pravci pretrpjeli razmjerno male popravke nakon izjednačavanja sistema, to sada pouzdano možemo zaključiti, da su mjerenja izvršena savjesno.

Vratimo se sad na razmatranje razlika koordinata dobivenih iz presjeka pravaca i presjeka lukova.

Usporedimo li mjerene dužine  $a$  i  $d$  (ili njihove vrijednosti nakon ovog izjednačenja) sa dužinama dobivenim iz koordinata trigonometara 219 i 214, te 219 i 213, uočiti ćemo, da je položaj točke 219 pogrešan obzirom na točke 213 i 214, i to u smjeru dužine  $b$  za  $0,195 = 0,20$  m i u smjeru dužine  $d$  za  $0,175 = 0,18$  m. Točka 219 je u stvari za oko 20 cm dalje od spomenutih točaka, nego što to pokazuju koordinate.

Odavle slijede i najvećim dijelom razlike koordinata točke »A« dobivene presjekom pravaca i presjekom lukova. Ako želimo izreći sud, koje su koordinate bolje, onda bi morali dati izvjesnu prednost koordinatama dobivenim presjekom pravaca, već i s toga, što imamo više prekobrojnih mjerenja. Za presjek lukova imamo samo jedno prekobrojno mjerenje, a dužina  $b$  nije dozvolila značajniji pomak točke »A« nakon izjednačenja, te se gotovo cijela položajna pogreška točke 219 tim putem prenijela i na točku »A«. Da u produžetku strane  $b$  postoji iz suprotnog pravca izmjerena dužina, stanje bi se znatno poboljšalo. To ukazuje na svrsishodnost potrebe, da se na terenu uvijek kada je to moguće, osigura dovoljan broj povoljno raspoređenih, kako pravaca, tako i dužina za presjeke lukova.

(Nastavit će se)

---

Suradujte i pretplaćujte se na

• GEODETSKI LIST •

---