

UDK 528.425.2.066
528.181
Stručni radSAVREMENI NAČIN TERESTRIČKOG SNIMANJA
DETALJA PRIMENOM ANBLOCK — METODE

Ivan MOLNAR — Novi Sad*

Razvojem tehničkih dostignuća i naučnih saznanja intenziviran je razvoj geodetskog instrumentalnog parka. Usavršena je merna tehnika, široko su otvorene mogućnosti osavremenjivanja metoda rada. Tehničko-tehnološkim inovacijama zapaženo tendiraju, pored fotogrametrijskih, i terestrički postupci snimanja detalja.

Eksplozivni razvoj geodetskog instrumentarija izoštava značaj poznate metode snimanja detalja, koja se karakteriše jednovremenim merenjem uglova i dužina (polarni premer ili tahimetrija). Novija saznanja iniciraju uspostavljanje savremenije varijante ranijeg polarnog premera, koja se može primjenjivati i na daleko većim površinama.

Pretežni deo kodnih tahimetara, sa mogućnošću merenja dužina na odstojanju od 2—3 km, a ponekad i do 5 km, sa greškom od ± 1 —2 cm, odgovara kodnom teodolitu sa tačnošću opažanja horizontalnih i vertikalnih pravaca od $\pm 2''$ — $3''$, zadovoljava zahteve za tačnošću premera.

Jednovremeno merenje odstojanja i uglova sa jednakim stepenom poverenja, radi određivanja različitih dužina daje povod da se uspostavi takva metoda premera, kojom se istovremeno ostvaruje i pogušćavanje osnovnih tačaka i snimanja detalja.

Određivanje podataka ostvareno proizvoljnim (promenljivim) redosledom terenskih registracija, pri istovremenom progušćavanju osnovnih tačaka i snimanju detalja, pruža takvu mogućnost računanja koordinata tačaka kojom se, zajedničkim izravanjem pojedinih osnovnih i detaljnih tačaka merenih na velikoj teritoriji, obezbeđuje homogenu polje tačaka za celokupnu teritoriju podložnu premeru.

Uporište savremenom rešenju ovog računskog zadatka možemo naći u jednom od postupaka koji se koriste u oblasti aero-triangulacije, u primeni tzv. anblock postupka, pri kojem se geodetske koordinate merenih tačaka i stanica određuju izravanjem [2]. Suština anblock-metode sastoji se u tome da se, merenjem veznih tačaka vršenih u samostalnom koordinatnom sistemu u okviru jednog bloka aero-triangulacije, i poglavito korišćenjem geodetskih i modelnih koordinata umetnutih tačaka, koje se nalaze na obodu bloka, istovremeno određuju, primenom metode najmanjih kvadrata, transformacio-

* Adresa autora: Prof. dr Ivan Molnar, dipl. inž. Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Veljka Vlahovića 3.

ni parametri pojedinih modela i nepoznate terenske (geodetske) koordinate veznih tačaka. Uspostavljanje jednačina popravaka zasniva se na jednostavnom principu, da su terenske koordinate odgovarajućih veznih tačaka merene na bilo kom modelu iste, tj. da razlike terenskih koordinata, koje su određene iz dva ili više modela, u principu treba da budu ravne nuli. Saobrazno tome, jednačine popravaka glase:

$$\begin{pmatrix} v_y \\ v_x \end{pmatrix}_{ij} = \begin{pmatrix} \eta \\ \xi \end{pmatrix}_j + \begin{pmatrix} \varepsilon & \alpha \\ -\alpha & \varepsilon \end{pmatrix}_j \begin{pmatrix} y \\ x \end{pmatrix}_{ij} - \begin{pmatrix} Y \\ X \end{pmatrix}_i \quad (1)$$

u kojima su

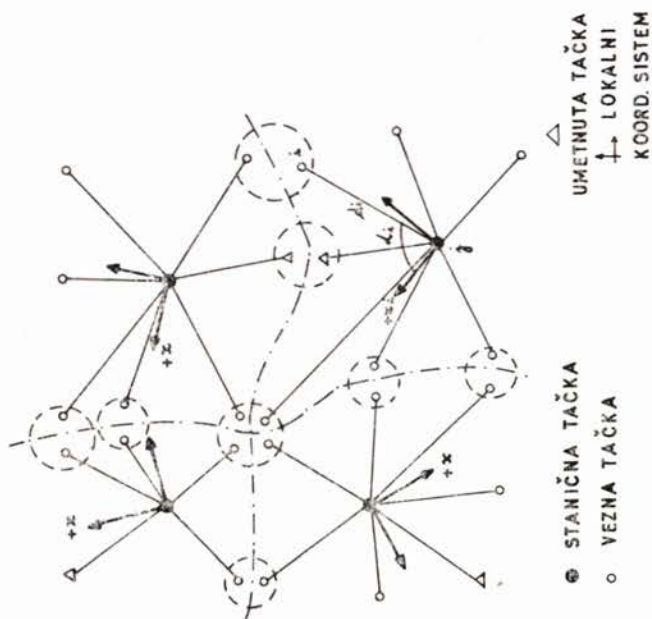
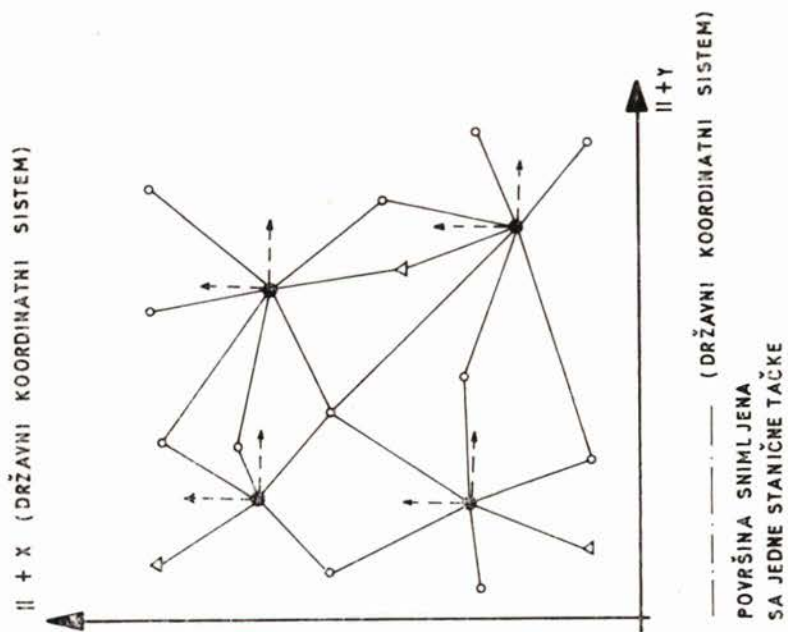
- $\|v_y v_x\|_{ij}$... popravke terenskih koordinata i-te tačke određene na modelu j
- $\|\eta \xi\|_j$... translacioni koeficijenti modela j
- $\|\varepsilon \alpha\|_j$... rotacioni koeficijenti modela j
- $\|y x\|_{ij}$... modelne koordinate i-te tačke merne na modelu j
- $\|Y X\|_i$... nepoznate terenske (u slučaju umetnutih tačaka poznate) koordinate i-te tačke

U procesu izravnjanja sudeluju dva vektora nepoznatih: terenske koordinate pojedinih tačaka Y_i, X_i (vektor x), i transformacioni koeficijenti sistema staničnih tačaka $\eta_j, \xi_j, \varepsilon_j$ i α_j (vektor k).

Postupak anblock izravnjanja može se uspešno primeniti i pri obradi podataka detaljnog premera, koji se ostvaruje korišćenjem savremenijih kodnih tahimetara. Posredstvom merenih dužina i uglova sa pojedinih staničnih tačaka (sl. 1) mogu se u modelnom koordinatnom sistemu sračunati koordinate merene tačke i stanice j. tj.

$$\begin{aligned} y_{ij} &= d_{ij} \sin \alpha_{ij} \\ x_{ij} &= d_{ij} \cos \alpha_{ij} \end{aligned} \quad (2)$$

Primenom jednačina popravaka (1) na koordinate staničnih tačaka obrazovanih prema (2), obrada podataka terestričkog premera može se, zatim, realizovati postupkom anblock izravnjanja. Naravno, i u ovakvom slučaju treba ostvariti merenja ka osnovnim tačkama, koje imaju ulogu umetnutih tačaka. Pored toga, sa pojedinih staničnih tačaka treba meriti minimum dve, a po mogućstvu i više, »vezne« tačke koje se mogu navizirati barem sa dve stanične tačke. Stanične i vezne tačke podjednako mogu biti ili »izgubljene« tačke (ako im koordinate imaju samo posrednu ulogu), ili osnovne tačke (ako su im koordinate u geodetskom koordinatnom sistemu date). Osnovne tačke, ukoliko je obezbeđeno da se mogu navizirati sa drugih staničnih tačaka, mogu poslužiti i kao vezne tačke. »Modelne koordinate« staničnih tačaka, u sopstvenom sistemu staničnih tačaka, jednake su nuli, jer u tom slučaju koordinate određene prema (2) predstavljaju koordinatni početak staničnog koordinatnog sistema. Na taj način definitivne, izravnate geodetske koordinate staničnih tačaka dobijamo i onda, kada u procesu izravnjanja nisu sudelovale ni kao umetnute ni kao vezne tačke. Izravnate vrednosti ovih koordinata biće jednake translatorskim pomeranjima odgovarajućih staničnih tačaka (η, ξ). Ovakva promišljanja obezbeđuju višestruke mogućnosti za odabiranje lokacije (rekognosciranje) staničnih, veznih kao i osnovnih tačaka.



SL. 1

Na osnovu iznetih saznanja može se ustanoviti da, nalik vršenju aeri-triangulacije anblock-postupkom, postoji i vrsta premera po metodi anblock-sistema. Premer po metodi anblock-sistema predstavlja premer nalik detaljnom snimanju sa istovremenim pogušćavanjem osnovnih tačaka. Svaka stanična tačka može se shvatiti i kao tačka određena presecanjem nazad (pretežno izgubljena tačka), za čije određivanje su neophodne tri poznate tačke. Ove tri tačke određuju se merenjem dužina i pravaca sa prethodnih staničnih tačaka. Samostalnu mernu jedinicu lokalnog sistema obrazuje svaka stanična tačka sa mnoštvom polarnih tačaka, merenih sa te stanične tačke. Otuda proizlazi da je sa svake stanične tačke neophodno obezbediti sistem »poznatih« tačaka u pravcu odnosnih staničnih tačaka. Sistem »poznatih« tačaka predstavlja deo temeljne jedinice premera, označava tzv. sistem priključnih tačaka (sl. 1).

Uključivanje samostalnih u državni koordinatni sistem ostvaruje se merenjem dužina i pravaca ka osnovnim (tzv. »umetnutim«) tačkama, tj. tačkama sa poznatim koordinatama u državnom koordinatnom sistemu.

Sve vezne i umetnute tačke pri merenju i obradi podataka merenja imaju istaknuti značaj, s obzirom da se putem njih ustanovljava veza između susednih mernih jedinica, tj. obezbeđuje uklopanje samostalnog u državni koordinatni sistem. Otuda određivanje ovih tačaka iziskuje posebnu pažnju, te se merenja ostvaruju čitanjem u dva položaja durbina.

Nasuprot tome, stanične tačke nemaju istaknuti značaj. Koordinate ovih tačaka, prema gore izloženom, postaju poznate tokom računanja i mogu se naći u zapisniku koordinata samo tada kad se o tome posenbo staramo. Stoga se položaj staničnih tačaka može slobodno odabrati i tokom merenja ali tako, da se sa njih može umeriti što više detaljnih tačaka, a i da se prosečno sa svake 3-4-te stanične tačke može ostvariti merenje i ka umetnutoj tački na obodu premera.

Stanične tačke, radi izvršenja premera, nije neophodno obeležiti trajnim belegama, dovoljno je označiti njihov položaj koljem, ekserom, klincom brojačem i dr. i to samo u vremenu dok se proces premera odvija.

Pri uklopanju celihodno je vezne tačke obeležiti najmanje sa tri detaljne, odnosno sa tri, za vreme trajanja premera, označene fiktivne tačke (npr. ekspropriaciona belega na bankini puta). Ove tačke treba odabrati tako da se mogu lako identifikovati, kao i da se sa njih, i u pravcu njih, mogu ostvariti neophodna merenja.

Ukoliko postoji potreba da se odrede i takve tačke koje iz nekog razloga ne mogu da se uklope u sistem veznih tačaka, ali je predviđeno da nakon snimanja detalja služe kao osnovne tačke mreže premera, to je neophodno pre merenja lokaciju tih tačaka označiti i obeležiti trajnim belegama. Lokaciju i gustinu umetnutih tačaka uslovljava oblik i veličina teritorije koja podleže premeru.

Matematički model (1) može se napisati sažetije, na sledeći način:

$$v = A k + B x - f \quad (3)$$

gde su

f — vektor slobodnih članova

k — vektor transformacionih koeficijenata

x — vektor nepoznatih koordinata

v — vektor popravaka

A — kvazidijagonalna matrica, čije submatrice A_j uvek imaju četiri kolone pridružene transformacionim koeficijentima stanične tačke j . Broj vrsta ovih submatrica je $2n$, ukoliko je n broj svih tačaka merenih sa stanične tačke, uključujući i umetnute tačke. Submatrica A_j ima sledeći izgled:

$$A_j = \begin{bmatrix} 1 & 0 & y_1 & x_1 \\ 0 & 1 & x_1 & -y_1 \\ \text{---} & \text{---} & \text{---} & \text{---} \\ 1 & 0 & y_n & x_n \\ 0 & 1 & x_n & -y_n \end{bmatrix}$$

B — matrica u kojoj koeficijenti submatrica B_j imaju vrednosti 0, izuzev u odnosu na nepoznate tačke, gde su im vrednosti 1.

Vektor slobodnih članova f_j u odnosu na svaku nepoznatu tačku jednačine popravaka sadrži element 0. U slučaju umetnutih tačaka sadrži koordinate tih tačaka.

Kako su merenja jednakog stepena poverenja, tj. koristeći se pretpostavkom da je matrica težina jedinična matrica, obrazuju se sledeće normalne jednačine:

$$Nt - n = 0 \quad (4)$$

gde su

$$N = \begin{bmatrix} (A^T A) & (A^T B) \\ (B^T A) & (B^T B) \end{bmatrix}; \quad t = \begin{bmatrix} k \\ x \end{bmatrix}; \quad n = \begin{bmatrix} (A^T f) \\ 0 \end{bmatrix} \quad (5)$$

Nepoznate određujemo rešenjem normalnih jednačina

$$t = N^{-1}n \quad (6)$$

odnosno

$$k = \{ (A^T A)^{-1} + (A^T A)^{-1} (A^T B) [(B^T B) - (B^T A) (A^T A)^{-1} (A^T B)]^{-1} (B^T A) (A^T A)^{-1} \} (A^T f)$$

$$x = -[(B^T B) - (B^T A) (A^T A)^{-1} (A^T B)]^{-1} (B^T A) (A^T A)^{-1} (A^T f) \quad (8)$$

Ponekad je celishodnije (npr. pri izravanju pomoću minikomputora) normalne jednačine razložiti na dve grupe normalnih jednačina. Eliminacijom jedne grupe nepoznatih može se eliminisati ili vektor x ili vektor k .

Kada smo jednu grupu nepoznatih sračunali, tada se pojedine nepoznate druge grupe mogu odrediti makar i u sistemu staničnih tačaka, posredstvom Helmertovih transformacionih jednačina. Odluku o tome koju grupu nepoznatih treba prethodno odrediti donosimo u zavisnosti od broja članova grupa nepoznatih. Naime, celishodno je eliminisati onu grupu nepoznatih koja sadrži više članova.

Uvrštavanjem vektora nepoznatih k i x u jednačine popravaka (3), dobijaju se tražene popravke v_{yj} i v_{xj} .

Koordinate tačaka transformisane u državni koordinatni sistem određujemo primenom izraza

$$\begin{pmatrix} Y \\ X \end{pmatrix}_i^{tr} = \begin{pmatrix} Y \\ X \end{pmatrix}_i + \begin{pmatrix} v_y \\ v_x \end{pmatrix}_{ij} = \begin{pmatrix} \eta \\ \zeta \end{pmatrix}_j + \begin{pmatrix} \varepsilon & \alpha \\ -\alpha & \varepsilon \end{pmatrix}_j \begin{pmatrix} y \\ x \end{pmatrix}_{ij} \quad (9)$$

S obzirom da u geodetskim stručnim krugovima kodni tahimetri bivaju sve poznatiji i prisutniji, da se njihov broj pri izvršenju geodetsko-tehničkih radova povećava i da će se u narednom periodu, za očekivati je, sve više povećavati, to je napred izložena opservacija savremene metode terestričkog snimanja detalja primenom anblock-sistema opravdana.

Terestričko snimanje detalja primenom anblock-metode karakteriše se time što:

- obezbeđuje homogenu polje koordinata tačaka za celokupnu teritoriju podložnu premeru;
- ne iziskuje prethodno određivanje mreže osnovnih tačaka (neophodno je raspolagati samo onim osnovnim tačkama koje se nalaze na obodu teritorije podložne premeru);
- stanične tačke mogu biti i izgubljene tačke, te se mogu slobodno locirati, otuda se smanjuju terenske prisilnosti;
- potrebno vreme za terensko izvršenje radova premera je nepromenjeno;
- osnovu za obradu podataka premera pruža anblock-metoda izravnjanja, poznata iz oblasti fotogrametrije, veoma pogodna za programiranje;
- do izražaja dolaze terenske pogodnosti i druge prednosti koje pruža visok stepen automatizacije kodnih tahimetara.

Najzad, napomenimo da je moguća šira primena anblock-izravnjanja u oblasti geodetsko-tehničkih radova. Ovaj veoma efikasan postupak bi se mogao uspešno koristiti još i pri:

- izravnjanju mreža inženjerske geodezije;
- određivanju koordinata umetnutih tačaka samostalnih mreža;
- istovremenom izravnjanju staničnih tačaka terestričkih koordinatnih sistema i fotogrametrijskih (aerotriangulisanih) modelnih koordinata.

LITERATURA

- [1] Ackermann, F.: Neue Ziele und Methoden der automatischen Berechnung umfangreicher geodätischer Netze. Sammlung Wichmann, Neue Folge, Heft 15, 1971.
- [2] Ackermann, I.: Programmsystem elektronischer Tachimetrie. Predavanje održano u Saarbrücken-u na komisiji za Automatizaciju, 1974.
- [3] Krack, K.: Die Blockausgleichung zur Berechnung umfangreicher tachymetrischer Aufnahmen. Dissertation Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften. München, 1977.

- [4] Krauss, K.: Rationalisierung der tachymetrischen Geländeaufnahme und Automatisierung der Weiterverarbeitung zur grossmasstäblichen Karte — Allgemeine Vermessungsnachrichten, 1975/1.
- [5] Molnar, I.: Izravnjanje mreža particijom matrica, Geodetski list 1983, 1—3, 24—30.
- [6] Schön, H. O.: Polygoneirung mit dem Distomat Di 10 von Wild, Vermessungssingenieure 1971/2.

REZIME

U radu je interpretirana savremena metoda terestričkog načina snimanja detalja. Primenom anblock-izravnjanja, pomoću računara, jednovremeno se izračunavaju koordinate svih tačaka premera. Pouzdanost postupka zavisi od geometrije priključnih tačaka, ali je tražena tačnost premera obezbeđena. Sa povećanjem broja detaljnih tačaka raste ekonomičnost izložene metode snimanja detalja.

Primljeno: 1985-09-16