UDK 528.33 i 528.022.1:519.272
Prethodno saopćenje

ANALIZA UTJECAJA ALGEBARSKE KORELACIJE U TRIGONOMETRIJSKOJ MREŽI BANJA LUKE

Asim BILAJBEGOVIĆ — Zagreb, Adil ŠAKOVIĆ — Vogošća*

1. UVOD

Trigonometrijska mreža Banja Luke oslonjena je na 10 rubnih točaka triangulacione mreže: o 86, o 87, o88, o 89, o 90, o 92, o 93, o 95 i o104 (sl. 1), a preostale dvije točke viših redova državne triangulacije o 96 i o 204 nalaze se unutar gradske mreže i uključene su u njeno izjednačenje. Mjerenje kuteva po metodi zatvaranja horizonta (u 6 girusa) obavio je vrlo savjesno Zavod za fotogrametriju iz Beograda (tada Savezni zavod za fotogrametriju). Mreža je obrađena po tada važećim pravilima (Pravilnik za državni premer II-A deo, Beograd 56), uz prethodno zatvaranje horizonta. Pri izjednačenju mreže zanemarena je algebarska korelacija mjerenih kuteva na pojedinim stajalištima. Zanemarivanjem korelacije uzrokuje se računska deformacija mreže, te je cilj naših ispitivanja traženje odgovora u vezi signifikantnosti zanemarivanja korelacije.

U biti za izjednačenje ovakvih mreža egzistiraju dvije metode, odnosno dva pristupa. Ukoliko se ispuni uvjet zatvaranja horizonta, neophodno je formirati kovarijancnu matricu i s njom ići u daljnje rješavanje problema tj. primjeniti model izjednačenja koreliranih mjerenja (v. [6] str. 224) ili uvesti u izjednačenje direktno mjerene veličine uz primjenu Bartlet testa, s ciljem određivanja adekvatnih težina mjerenim kutevima. Model izjednačenja sa zatvaranjem horizonta i kovarijancnom matricom mogao bi se primjeniti kod slobodnih mreža i izjednačenja po uvjetnim mjerenjima.

2. KRATKI PRIKAZ METODA IZJEDNAČENJA

2.1. *Izjednačenje gradskih trigonometrijskih mreža ne uzimanjem u obzir korelacije izjednačenih kutova na stajalištu*

Opći model kojim se izjednačenje obavlja glasi

$$v = Ax - 1, \qquad A^TPAx - A^TP1 = 0$$

$$x = (A^TPA)^{-1} \cdot A^TP1 \tag{2-1}$$

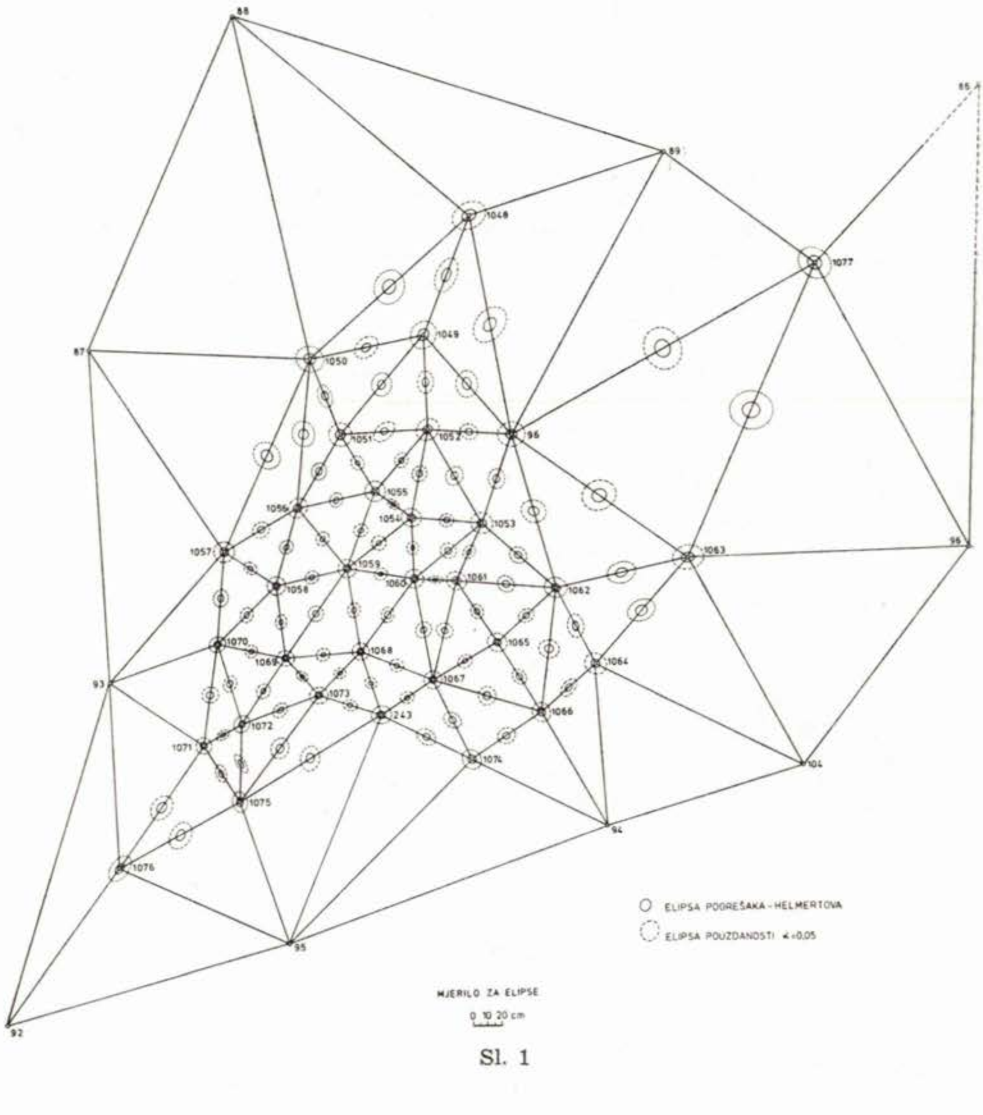
* Adresa autora: Prof. dr Asim Bilajbegović, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 26, Adil Šaković, dipl. inž. Zavod za katastar Vogošća.

gdje je:

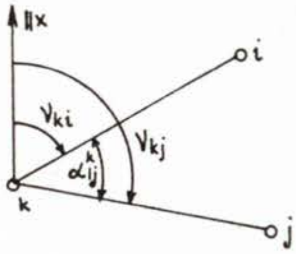
l — vektor slobodnih članova (funkcija približnih koordinata i mjerenih kuteva koji ispunjavaju uvjet zatvaranja horizonta
v — vektor popravaka
A — konfiguracijska matrica
x — vektor nepoznanica
P — matrica težine

Očigledno, cilj naših ispitivanja nije problem datuma mreže već ispitivanje algebarske korelacije mreže.

SKICA GRADSKE TRIGONOMETRIJSKE MREŽE
BANJA LUKA



Sl. 1



Sl. 2

Na osnovu sl. 2 lako se uspostavi funkcionalna veza između najvjerojatnije vrijednosti kuta $\hat{\alpha}_{ij}^{k}$

$$\hat{\alpha}_{ij}^{k} = \arctan \frac{\hat{y}_j - \hat{y}_k}{\hat{x}_j - \hat{x}_k} - \arctan \frac{\hat{y}_i - \hat{y}_k}{\hat{x}_i - \hat{x}_k} \tag{2-2}$$

Linearizacijom (2-2) dobije se dobro poznata popravka za mjerni kut α_{ij}

$$v_{ij}^{k} = (a_{kj} - a_{ki})\, dx_k + (b_{kj} - b_{ki})\, dy_k + a_{jk} dx_j + b_{jk} dy_j - a_{ik} dx_i - b_{ik} dy_i - l_{ij}^{k} \tag{2-3}$$

gdje je:

$$\begin{aligned} l_{ij}^{k} &= \alpha_{ij}^{k} - (\nu_{kj^\circ} - \nu_{ki^\circ}) \\ \hat{\alpha}_{ij}^{k} &= \alpha_{ij}^{k} + v_{ij}^{k} \end{aligned} \tag{2-4}$$

a i b — koeficijenti jednadžbi popravaka dobiveni na osnovu parcijalnih derivacija izraza (2-2) po nepoznanicama dx_i, dy_i, dx_j, dy_j, dx_k i dy_k.

2.2. Izjednačenje gradskih trigonometrijskih mreža uzimanjem u obzir korelacije izjednačenih kutova na stajalištu

U ovom slučaju dobije se slijedeći model izjednačenja

$$\begin{aligned} e &= Ax - u \\ A^T Q_u^{-1} \cdot Ax - A^T Q_u^{-1} \cdot u &= 0 \\ x &= (A^T Q_u^{-1} \cdot A)^{-1} \cdot A^T Q_u^{-1} \cdot u, \end{aligned} \tag{2-5}$$

gdje je:

- e — vektor popravaka
- A — konfiguracijska matrica
- x — vektor nepoznanica
- u — vektor slobodnih članova
- Q_u — matrica koeficijenata težina koreliranih, mjerenih kuteva, odnosno kuteva koji ispunjavaju uvjet zatvaranja horizonta.

Formiranje matrice koeficijenata težina Q_{ll} podrobno je objašnjeno u [6] str. 226, te ta problematika u ovom radu neće biti posebno tretirana.

2.3. *Izjednačenje gradskih trigonometrijskih mreža na osnovu mjerenih kuteva na stajalištu*

Model kojim se obavlja ovo izjednačenje potpuno je identičan modelu u 2.1 samo se u izjednačavanje ne uvode mjereni kutevi ispravljeni za uvjet zatvaranja horizonta, nego direktno mjereni kutevi, odnosno srednja vrijednost kuta dobivena na osnovu sredine iz obično 6 girusa.

Ukoliko bi mrežu izjednačavali metodom uvjetnih mjerenja onda bi se postavilo pitanje ekonomičnosti modela, odnosno da li je bolje mrežu izjednačavati po modelu opisanom u 2.2 ili u 2.3 samo prilagođenim uvjetnim izjednačenjima, koji su jednako teorijski zasnovani i daju identična rješenja? Naime, u slučaju uvođenja matrice težinskih koeficijenata imali bi manji broj normalnih jednadžbi, ali zato se vrijeme utroši u njenom formiranju.

Međutim, u slučaju izjednačenja po metodi posrednih mjerenja, koje se kod suvremenih rješenja radi ocjene točnosti isključivo i primjenjuje, uvijek je ekonomičnije primjeniti model izjednačenja opisan u 2.3, a ne trošiti vrijeme na formiranju matrice težinskih koeficijenata i računanju popravaka svakog mjerenog kuta za uvjet zatvaranja horizonta po pojedinim stajalištima.

3. ISPITIVANJE UTJECAJA ALGEBARSKE KORELACIJE

Da bi se ispitao utjecaj korelacije na računanje koordinata banjalučke mreže, izjednačena je mreža ponovno, na isti način, po istom datumu mreže, ali bez prethodnog stajališnog izjednačenja kuteva. Znači mjereni kutevi ovog puta nisu algebarski zavisne veličine. Postavlja se pitanje da li zanemarivanje korelacije znatno utječe na vrijednost izjednačenih koordinata.

U do sada autorima poznatim metodama koristila su se dva postupka (v. [5] str. 19, 20):

a) Granica zanemarivanja u određivanju utjecaja korelacije d dobivala se po formuli:

$$\Delta d = \frac{|\Delta|}{m_k \text{ ili } m} < 1/3 \quad \begin{matrix}\text{(1/3 za mjerenje visoke točnosti)} \\ \text{(2/3 za mjerenje manje točnosti),}\end{matrix} \qquad (3-1)$$

gdje je:

- Δ — razlika dobivenih rezultata (koordinata) izjednačenjem uzimajući u ubzir korelaciju i zanemarivanjem korelacije
- m_k — srednja pogreška rezultata mjerenja (koordinata) dobivena iz izjednačenja uzimajući u obzir korelaciju
- m — srednja pogreška rezultata mjerenja dobivena iz izjednačenja zanemarujući korelaciju.

b) Za kriterij tolerancije zanemarivanja utjecaja korelacije mogli bi se koristiti slijedeći izrazi:

$$\frac{|m - m_k|}{m_k} < \alpha, \quad \alpha > 0 \qquad (3-2)$$

ili

$$\frac{\bar{m} - \bar{m}_k}{\bar{m}_k} < \alpha, \quad |\alpha| > 0 \tag{3-3}$$

gdje je:

$$\bar{m}_k = 1/n \sum_{i=1}^{n} m_k^i$$

$$\bar{m} = 1/n \sum_{i=1}^{n} m^i$$

Tablica 3.1

Točka broj	Razlika koordinata Nove koordinate — kor. po pravilniku		m_k^y	m_k^x	$\frac{\lvert\Delta y\rvert}{m_k^y}$	$\frac{\lvert\Delta x\rvert}{m_k^x}$	Signifikantne razlike u	
	$(y - y_P)$	$(x - x_P)$					y	x
○ 243	0.006	0.011	0.038	0.034	0,158	0.324		
○ 96	−0.027	−0.015	0.027	0.025	1.000	0.600	*	*
○ 1048	−0.020	0.025	0.046	0.040	0.433	0.625	*	*
○ 1049	−0.024	−0.011	0.037	0.039	0.649	0.282	*	
○ 1050	0.006	−0.006	0.039	0.036	0.154	0.167		
○ 1051	−0.013	−0.010	0.032	0.032	0.406	0.313	*	
○ 1052	−0.015	0.000	0.033	0.031	0.455	0.000	*	
○ 1053	0.001	0.001	0.031	0.029	0.03	0.034		
○ 1054	−0.013	0.000	0.028	0.027	0.464	0.000	*	
○ 1055	−0.009	−0.014	0.028	0.027	0.3 1	0.519		*
○ 1056	0.001	−0.020	0.029	0.029	0.034	0.690		*
○ 1057	−0.003	−0.020	0.028	0.029	0.107	0.690		*
○ 1058	−0.004	−0.013	0.025	0.025	0.160	0.520		*
○ 1059	0.001	−0.019	0.026	0.025	0.038	0.760		*
○ 1060	−0.013	−0.009	0.027	0.025	0.481	0.360	*	*
○ 1061	−0.006	−0.002	0.028	0.026	0.214	0.077		
○ 1062	0.008	−0.025	0.033	0.028	0.242	0.893		*
○ 1063	0.001	−0.002	0.044	0.034	0.023	0.059		
○ 1064	0.007	−0.009	0.030	0.030	0.233	0.300		
○ 1065	0.003	−0.011	0.027	0.025	0.111	0.440		*
○ 1066	−0.009	0.000	0.026	0.027	0.346	0.000	*	
○ 1067	−0.002	−0.003	0.026	0.027	0.077	0.120		
○ 1068	−0.014	−0.005	0.025	0.024	0.560	0.208	*	
○ 1069	−0.021	−0.005	0.025	0.022	0.840	0.227	*	
○ 1070	−0.012	−0.013	0.024	0.022	0.500	0.591	*	*
○ 1071	−0.015	−0.019	0.022	0.022	0.682	0.864	*	*
○ 1072	−0.013	−0.010	0.023	0.024	0.565	0.417	*	*
○ 1073	−0.017	−0.009	0.026	0.022	0.654	0.409	*	*
○ 1074	−0.019	−0.007	0.028	0.028	0.679	0.250	*	
○ 1075	−0.013	−0.015	0.022	0.030	0.591	0.500	*	*
○ 1076	−0.016	−0.007	0.031	0.034	0.516	0.206	*	
○ 1077	−0.018	−0.031	0.046	0.044	0.391	0.705	*	*
							18	16

$\Sigma+ = +0.034$ $\quad \Sigma+ = +0.037$

$\Sigma- = -0.316$ $\quad \Sigma- = -0.310$

$\Sigma \;\, = -0.282$ $\quad \Sigma \;\, = -0.273$

Prema [5] str. 20, najčešće se za α uzima vrijednost do 5%.

Na osnovu modela opisanog u 2.1 obavljeno je ranije izjednačenje trigonometrijske mreže Banja Luke, a u ovom radu ponovno je izjednačena banjalučka mreža po modelu 2.3. Upravo, Tablica 3.1 daje pregled rezultata izjednačenja, odnosno razlika u koordinatama.

Na osnovu numeričkih pokazatelja iz Tablice 3.1 i na osnovu kriterija $\Delta d < 1/3$, može se zaključiti da od ukupno 32 točke koje su ušle u izjednačenje, 25 točaka pokazuju signifikantne razlike bilo u koordinati x ili y (78%), 9 točaka ima značajne razlike u obje koordinate (28%), 18 točaka u koordinati y (56%) i 16 točaka u koordinati x (50%). Osim toga, razlike koordinata su uglavnom istog predznaka ($\Sigma(y-y_p) = -0.282$, $\Sigma(x-x_p) = -0.273$) što nas upućuje na zaključak da znemarivanje korelacije izaziva pogreške sistematskog karaktera, što je u potpunoj suglasnosti s teorijom zasnovanosti pogreške.

Oba postupka u određivanju granice zanemarivanja utjecaja korelacije a i b zahtjevaju računanje razlika koordinata pojedinih točaka (postupak a) ili pak razlika srednjih pogrešaka (postupak b). Postavlja se pitanje da li smo mogli doći do signifikantnih pokazatelja o utjecaju korelacije za mrežu u globalu a ne razmatrajući svaku točku zasebno? U tu svrhu prikazat ćemo ukratko globalni kongruentni test.

3.1. *Kratki prikaz globalnog kongruentnog testa*

Početni model baziran je na poznatim jednadžbama pogrešaka pri posrednom izjednačenju:

$$\begin{bmatrix} l_1 \\ l_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_1 & 0 \\ 0 & A_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{x}_1 \\ \hat{x}_2 \end{bmatrix} \tag{3-4}$$

gdje je:

l_1 — vektor prikraćenih mjerenih veličina pri čemu mjereni kutevi ispunjavaju uvjet zatvaranja horizonta

l_2 — vektor prikraćenih direktno mjerenih veličina pri čemu mjereni kutevi ne ispunjavaju uvjet zatvaranja horizonta

A_1 i A_2 — identične konfiguracijske matrice (pošto se radi o istoj mreži)

$\hat{x}_1$ — vektor nepoznatih koordinata dobiven izjednačenjem iz kuteva koji prethodno ispunjavaju uvjet zatvaranja horizonta

$\hat{x}_2$ — vektor nepoznatih koordinata dobiven izjednačenjem iz direktno mjerenih kuteva.

U cilju ispitivanja utjecaja korelacije svrsishodno je pretpostaviti stohastičku nezavisnost vektora mjerenih veličina l_1 i l_2, odnosno kovarijancna matrica K_{11} ima sljedeći oblik

$$K_{11} = \delta_0^2 \begin{bmatrix} Q_{11} & 0 \\ 0 & Q_{22} \end{bmatrix} \tag{3-5}$$

gdje je sigurno varijanca jedinične težine δ_0^2 za oba vektora mjerenih veličina identična (radi se o istim mjerenim veličinama).

Osim toga, zbog zanemarivanja utjecaja algebarske korelacije matrica Q_{11} je dijagonalna, a kako ne uvodimo fizikalnu korelaciju, odnosno nepoznat nam je njen utjecaj, obje matrice Q_{11} i Q_{22} su dijagonalne i međusobno jednake. Mjerenjem kuteva u 6 girusa i sa pretpostavkom jednake točnosti matrice Q_{ii} $(i = 1, 2)$ osim što su jednake i dijagonalne mogu biti i jedinične. Da bi statističkim metodama došli do zaključka da li utjecaj zanemarivanja algebarske korelacije daje signifikantne razlike u koordinatama točaka mreže, uspostavimo nul hipotezu

$$H_0 : \hat{x}_2 - \hat{x}_1 = 0 \tag{3-6}$$

ili općenito

$$H_0 : [-E\ E] \cdot \begin{bmatrix} \hat{x}_1 \\ \hat{x}_2 \end{bmatrix} = 0 \tag{3-7}$$

gdje je: E — jedinična matrica

Uvođenjem uvjeta nul hipoteze u model izjednačenja (3—4) promjenit će se suma kvadrata popravaka Ω za izraz

$$R = (\hat{x}_2 - \hat{x}_1)^T \cdot \left[[-E\ E] \begin{bmatrix} (A_1^T A_1)^+ & 0 \\ 0 & (A_2^T A_2)^+ \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} -E \\ E \end{bmatrix} \right]^+ \cdot (\hat{x}_2 - \hat{x}_1) \tag{3-8}$$

i sa

$$Q_i = (A_i^T A_i)^+ \tag{3-9}$$

$$R = (\hat{x}_2 - \hat{x}_1)^T \cdot (Q_1 + Q_2)^+ \cdot (\hat{x}_2 - \hat{x}_1)^{*)}, \tag{3-10}$$

ili uz

$$A_1 = A_2$$

$$R = (\hat{x}_2 - \hat{x}_1)^T + (2Q_1)^+ \cdot (\hat{x}_2 - \hat{x}_1). \tag{3-11}$$

Stupanj slobode ovog kvadratičnog oblika R daje općenito rang zbroja matrica $(Q_1 + Q_2)$ tj.

$$h = r(Q_1 + Q_2) = r(2Q_1) \tag{3-12}$$

U našem slučaju radi se o jednakom broju nepoznanica u, pri izjednačenju bez uzimanja u obzir korelacije i s korelacijom, i ako označimo općenito s d_D neodređen broj datumskih parametara tada za (3—12) vrijedi

$$h = u - d_D \tag{3-13}$$

* Oznaka + pokazuje da $(A_i^T A_i)$ može biti i singularna matrica čija determinanta može biti jednak i nuli, (što naravno ovisi o datumu mreže).

procjenjena vrijednost s_0^2 iz izraza (3—4) dobit će se po formuli

$$s_0^2 = \frac{\Omega}{n - r_x} = \frac{v_1^T P_1 v_1 + v_2^T P_2 v_2}{f_1 + f_2} = \frac{\Omega}{f} \; (P_1 = P_2 = E) \qquad (3\text{-}14)$$

sa

$$f_i = n_i - u + d_D$$

odnosno za naš konkretan slučaj

$$f_1 = f_2 = n_1 - h$$

a ako imamo klasično izjednačenje bez neodređenih parametara

$$f_1 = f_2 = n_1 - u_1$$

gdje je:

n_1 — broj mjerenja

u_1 — broj nepoznanica

Sa vektorom razlike koordinata

$$\hat{d} = \hat{x}_2 - \hat{x}_1 \qquad (3\text{-}15)$$

dobit će se općenito test veličina

$$F_H = \frac{\hat{d}^T \cdot (2Q_1)^+ \hat{d}}{h \cdot s_0^2} = \frac{R}{s_0^2 \cdot h} \qquad (3\text{-}16)$$

Prema usvojenom nivou signifikantnosti (1—α) i iz određenih statističkih tablica (F — razdioba) po argumentima h i f vadi se granična vrijednost F_g

$$F_g = F_{H,f,1-\alpha} \qquad (3\text{-}17)$$

Ukoliko je $F_H > F_g$ test odnosno nulta hipoteza se ne prihvaća i postoji signifikantna razlika između izjednačenja po Pravilniku i ispravnog teorijskog rješenja, u protivnom ako je $F_H \leq F_g$ može se prihvatiti nulta hipoteza da oba rješenja daju identične rezultate.

Ukoliko bismo željeli ispitati koje točke imaju signifikantne razlike, tada bi primjenili testove lokalizacije, opisane u [2] str. 389, te ih ovdje nećemo posebice obrađivati.

4. RELATIVNA ELIPSA POGREŠAKA

Često puta osim točnosti koja se odnosi na pojedine točke mreže, zanima nas relativna točnost između dvije točke npr. P_i i P_k. Pogotovo kada se između točaka gradske trigonometrijske mreže umeću poligonski vlakovi, tada je vrlo važna relativna točnost susjednih točaka mreže. O toj točnosti i naravno od točnosti mjerenja duljina i kuteva u poligonskoj mreži ovise linearne i kutne nesuglasice u poligonskim vlakovima.

U cilju dobivanja relativnih pogrešaka, potražit će se razlika koordinata

$$\Delta x_{ik} = x_k - x_i = \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{bmatrix}_{ik} = \begin{bmatrix} \hat{x}_k - \hat{x}_i \\ \hat{y}_k - \hat{y}_i \end{bmatrix} = F_{ik} \cdot \hat{x} \tag{4-1}$$

gdje je:

$$F_{ik} = [0 \ldots 0 \ldots -E_i \ldots E_k \ldots 0 \ldots 0_u] \tag{4-2}$$

i

$$E = \begin{vmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{vmatrix}.$$

Primjeni li se zakon o prirastu pogrešaka na (4—1) dobit će se kovarijancna matrica

$$\Sigma^{ik}_{\Delta\Delta} = F_{ik} \cdot \Sigma_{xx} F^T_{ik} = s_0^2 \cdot Q^{ik}_{\Delta\Delta} \tag{4-3}$$

odnosno

$$Q^{ik}_{\Delta\Delta} = \begin{bmatrix} q_{\Delta x \Delta x} & q_{\Delta x \Delta y} \\ q_{\Delta y \Delta x} & q_{\Delta y \Delta y} \end{bmatrix} = Q_{ii} + Q_{kk} - Q_{ik} - Q_{ki} \tag{4-4}$$

gdje su:

Q_{ii}, Q_{kk}, Q_{ik}, Q_{ki} podmatrice dimenzija (2 * 2)

Iz (4—4) mogu se izračunati elementi relativnih elipsi pogrešaka

$$\begin{aligned} a^2_{RE} &= 1/2\, s_0^2 (q_{\Delta x \Delta x} + q_{\Delta y \Delta y} + w_R) \\ a^2_{RE} &= 1/2\, s_0^2 (q_{\Delta x \Delta x} + q_{\Delta y \Delta y} - w_R) \\ \mathrm{tg}\, 2Q_{RE} &= 2q_{\Delta x \Delta y}/(q_{\Delta x \Delta x} - q_{\Delta y \Delta y}), \end{aligned} \tag{4-5}$$

gdje je:

$$w_R = \sqrt{(q_{\Delta x \Delta x} - q_{\Delta y \Delta y})^2 + 4q^2_{\Delta x \Delta y}} \tag{4-6}$$

Elementi relativnih elipsa pouzdanosti računaju se po formulama

$$a^2_{REP} = 2 \cdot F_{2 \cdot f \cdot 1-\alpha} \cdot a^2_{RE}$$

$$b^2_{REP} = 2 \cdot F_{2 \cdot f \cdot 1-\alpha} \cdot b^2_{RE} \qquad (4\text{-}7)$$

$$Q_{REP} = Q_{RE}$$

Za naš primjer sl. 1 uzeto je $\alpha = 5\%$, a f je broj stupnjeva slobode (f = n—u = 214—64 = 150) odnosno broj prekobrojnih mjerenja.

5. ZAKLJUČAK

Na osnovu provedenih ispitivanja utjecaja algebarske korelacije u trigonometrijskoj mreži Banja Luke može se zaključiti da se zanemarivanjem algebarske korelacije ili izjednačenjem na osnovu Pravilnika II—A prouzrokuju znatne, umjetne deformacije mreže, koje se pravilnim teorijskim pristupom lako mogu izbjeći, npr. upotrebom modela 2.3. Osim toga, za ocjenu točnosti (zbog umetanja poligonske mreže) bilo bi svrsishodno koristiti i relativne elipse pogrešaka, te za dobivanje realnih statističkih pokazatelja o utjecaju algebarske korelacije globalni kongruentni test. Naravno da bi bilo korisno ispitati ovaj utjecaj i u ostalim gradskim trigonometrijskim mrežama te zaključke poopćiti.

Na kraju želimo istaći da je ovaj rad sufinancirala Republička zajednica za znanstveni rad SR Hrvatske te joj se najljepše zahvaljujemo.

LITERATURA

[1] Bilajbegović, A.: Viša geodezija. Rukopis. Zagreb 1986.
[2] Bilajbegović, A., Feil, L., Klak, S.: Deformacijska analiza, Zbornik savjetovanja Geodezija u hidrologiji, hidrogradnji i hidrografiji, str. 205—217. Split 1985.
[3] Bratuljević, N., Mrkić, R.: Trigonometrijske i poligonske mreže u gradovima SR Crne Gore. Beograd 1984.
[4] Koch, K. R.: Hypothesenprüfungen für multivariante Ausgleichungen Mitt. Inst. Theor. Geodäsie. Nr 44. Bonn 1976.
[5] Lazić, Đ.: Korelacija u geodeziji, Disertacija. Beograd 1986.
[6] Mihailović, K.: Geodezija II, I deo. Beograd 1974.
[7] Pelzer, H.: Geodätische Netze in Landes- und Ingenieurvermessung. Konrad Witter Stuttgart 1985.
[8] Savezna geodetska uprava: Pravilnik za državni premer II-A deo. Beograd 1956.
[9] Svečnikov, N.: Gradske geodetske mreže. Beograd 1964.

SAŽETAK

U ovom radu analiziran je utjecaj algebarske korelacije u trigonometrijskoj mreži Banja Luke. Na osnovu provedenih ispitivanja može se zaključiti da zanemarivanje algebarske korelacije izaziva deformaciju mreže i znatniju promjenu koordinata u cca 80% točaka mreže. Osim toga, dat je teorijski prikaz globalnog kongruentnog testa koji se može vrlo uspješno koristiti za dobivanje *realnih statističkih pokazatelja* za ispitivanje utjecaja algebarske korelacije.

ZUSAMMENFASSUNG

In diesem Aufsatz ist der Einfluss der algebraischen Korrelation in dem Triangulationsnetz von Banja Luka analysiert. Auf Gründe der durchgeführten Untersuchungen kann man feststellen, dass die Vernachläsigung der algebraischen Korrelation die Netzdeformation und eine Veränderung der Koordinaten hervorruft. Ausserdem, ist die theoretische Darstellung den globalen kongruenten Tests, das man auch für die Gewinnung von reellen statistischen Grössen bei der Untersuchung der algebraischen Korrelation anwenden kann, gegeben.

Primljeno: 1988-01-10