

NOVA KONCEPCIJA U USPOSTAVI GRADSKIH GEODETSKIH MREŽA

Asim BILAJBEGOVIĆ, Boris PODUNAVAC — Zagreb*

SAŽETAK. U ovom radu razrađeni su suvremeni pristupi u projektiranju i obradi gradskih geodetskih mreža, kao i isprobana vlastita koncepcija u uspostavljanju takvih mreža na nekoliko primjera u praksi.

1. UVOD

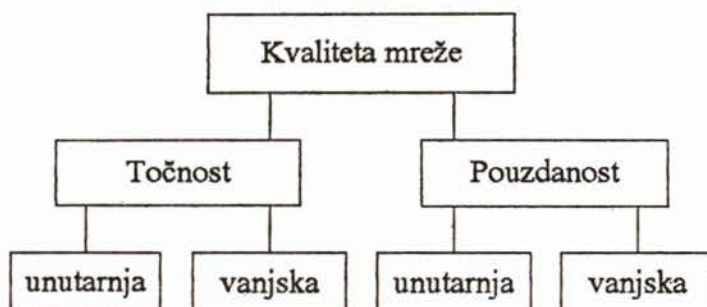
Gradske geodetske mreže oduvijek su bile izazov geodetskom stručnjaku glede točnosti, ekonomičnosti, primjene novih tehnologija i kasnije eksploatacije mreže. U nas je bila Pravilnikom propisana metoda uspostavljanja gradskih trigonometrijskih mreža: mjerenje kutova metodom zatvaranja horizonta (Krovakova ili Češka metoda) u šest girusa (tri po danu i tri po noći). Mjerilo mreže definirale su baze mjerene invarnim žicama. Bilajbegović (Bilajbegović, Šaković, 1988.) analizirao je točnost banjalučke i prištinske mreže i može se ustvrditi da je u tim mrežama postignuta zaista zavidna točnost. Međutim, to je najskuplji mogući način uspostave gradskih trigonometrijskih mreža. Postavlja se stoga pitanje mogu li se gradske mreže uspostaviti mnogo jeftinije, uz istu ili bolju točnost nego što je omogućuju metode propisane Pravilnikom. U tu svrhu, jednom od autora ovog rada pružila se prilika da svoju koncepciju o uspostavi gradskih mreža, uz primjenu najsuvremenijih tehnologija mjerenja i obrade podataka, provjeri na gradskoj mreži grada Jüterboga (Njemačka). Jedini propisani uvjet koji je mreža morala zadovoljiti jest da položajna točnost bilo koje točke u mreži, kako globalna tako i lokalna, u pravilu bude bolja od 1,5 cm, odnosno u iznimnom slučaju od 2 cm. Kako to postići, koju tehnologiju mjerenja primijeniti, koji program za obradu podataka upotrijebiti, a uz to na cijelom projektu minimalizirati izdatke?

2. SUVREMENI ZAHTJEVI ZA OCJENU KVALITETE GEODETSKE MREŽE

Unatrag desetak godina koncepcija obrade geodetskih mreža, a pogotovu kriteriji pouzdanosti rezultata mjerenja, temeljito su se izmijenili (Bill, 1985., Förstner, 1979., Füncke, 1982.).

* Prof. dr. Asim Bilajbegović, Boris Podunavac, dipl. ing. Geodetski fakultet, Zagreb, Kačićeva 26.

Suvremeni pristup u opisu kvalitete mreže može se prikazati u obliku dijagrama:



Za svaku opisanu veličinu navedimo primjere.

- UNUTARNJA TOČNOST** — srednja pogreška mjerne veličine prije izjednačenja [cc], ["] ili [cm]
- VANJSKA TOČNOST** — srednja pogreška koordinata m_x , m_y [m]
srednja pogreška visine m_z [m]
srednja položajna pogreška [m]
- UNUTARNJA POUZDANOST** — EV: relativni utjecaj na popravke, redundantni dio [%]
— GRZW: granična vrijednost za neotkrivene pogreške opažanja [cc] ili [cm]
— GF: naslućena vrijednost grube pogreške mjerenja [cc] ili [cm]
- VANJSKA POUZDANOST** — EP: pomak (promjena) koordinata točke ako se izbací dotično mjerenje [cm]
— EF: utjecaj na neku funkciju ako se izbací dotično mjerenje
— EGK: utjecaj GRZW na relativni položaj točke

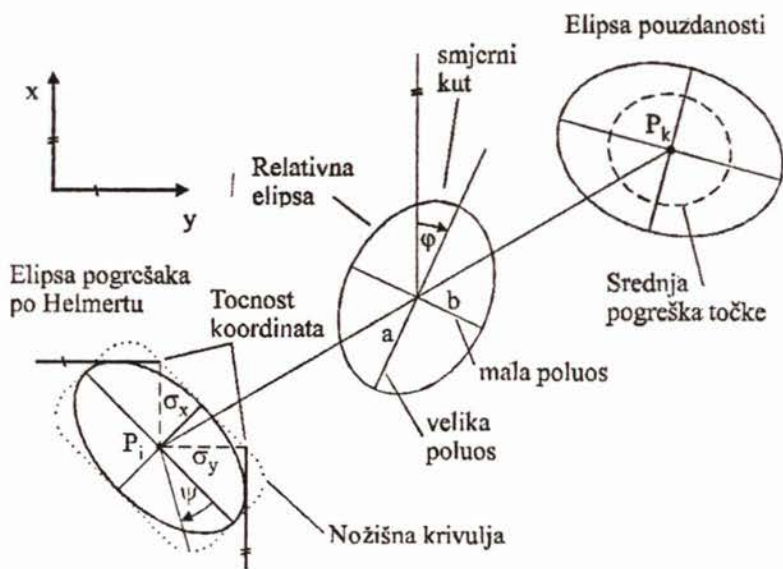
Posebno mjesto i značenje ima Data-Snooping test veličina, tj. NV: normirani popravak, zapravo kvocijent popravka i procijenjene njegove pogreške (a posteriori) što omogućuje izravnu i objektivnu usporedbu za svako mjerenje. Drugim riječima, glede obrade rezultata mjerenja, danas su u svijetu kriteriji ujednačeni. Dobar softver mora posjedovati sve navedene mogućnosti ocjene točnosti i pouzdanosti geodetskih mreža. Međutim, softverom se ne mogu popraviti loša mjerenja niti promijeniti konfiguracija mreže, bez ponovljenih stvarnih mjerenja i promjene konfiguracije na terenu.

Varijanc-kovarijacijska matrica procijenjenih koordinata sadrži potpunu informaciju o točnosti u mreži (tablica 1.) i uz pomoć nje može se, uz odgovarajuću vjerojatnost, procijeniti točnost koordinata ili bilo koje funkcije koordinata (sl. 1.).

Tablica 1: Matrica kofaktora Q dim $(2u \times 2u)$

Q_{xx}	$y_1, \dots, y_i, x_i, \dots, y_k, x_k, \dots, y_u, x_u$
y_1	
x_1	
y_i	
x_i	
y_k	
x_k	
y_u	
x_u	

simetrična matrica



Slika 1. Veličine ocjene točnosti mreže

Informaciju (potvrdu) o tomu jesmo li izabrali odgovarajući funkcijski model za računanje koordinata iz mjernih veličina ne može se dobiti na osnovi varijanc-kovarijacijske matrice.

Odstupanja funkcijskog modela, tzv. pogreške modela, koja mogu uzrokovati pogreške koordinata i tako izazvati deformacije u mreži, mogu se otkriti, odnosno procijeniti uz pomoć pouzdanosti. Pojam pouzdanosti usko je povezan s otkrivanjem specijalnih pogrešaka funkcijskog modela, odnosno otkrivanjem grubih pogrešaka u mreži.

Objasnilo ukratko pojmove i načine računanja točnosti i pouzdanosti u mreži.

Funkcijski model:

a) bez dodatnih parametara

b) prošireni model

$$\underline{l} + \underline{v} = \underline{A} \underline{x}$$

$$\underline{l} + \underline{v}' = \underline{A} \underline{\hat{x}} + \underline{B} \underline{\hat{v}} \quad (1)$$

Oznake su uobičajene i mislimo da ih ne treba objašnjavati, treba samo napomenuti da matrica B sadrži koeficijente vektora grubih pogrešaka kao dodatnih parametara.

Stohastički model:

$$\underline{C} = \sigma^2 \underline{P} \quad (2)$$

Rješenje obaju modela stručnjacima je sigurno dostatno poznato, ali kriterije točnosti i pouzdanosti željeli bismo ukratko opisati.

Velika i mala poluos elipse pogrešaka a i b i smjerni kut velike poluosi elipse Φ dobiju se iz blokmatrice (podmatrice) \underline{Q}_i :

$$a, b = \hat{\sigma}_0 \sqrt{\left\{ \frac{q_{yy} + q_{xx}}{2} \pm \frac{1}{2} \sqrt{(q_{yy} - q_{xx})^2 + 4q_{xy}^2} \right\}} \quad (3)$$

$$\tan 2\Phi = \frac{2q_{xy}}{q_{xx} - q_{yy}}$$

$\hat{\sigma}_0^2$ - procijenjeni faktor varijance

Relativna elipsa pogrešaka između točaka P_i i P_k : računa se analogno izrazu (3) ne polazeći od matrice \underline{Q}_i već od matrice $\Delta Q = \underline{Q}_i + \underline{Q}_k - \underline{Q}_{ik} - \underline{Q}_{ki}$. (4)

Srednja položajna pogreška po Helmertu:

$$\hat{\sigma}_{p,H} = \sqrt{a^2 + b^2} = \hat{\sigma}_0 \sqrt{q_{yy} + q_{xx}}$$

Prosječna srednja pogreška po Helmertu:

$$\hat{\sigma}_{p,H} = \frac{\hat{\sigma}_0}{\sqrt{u}} \sqrt{\sum_{i=1}^u q_{yy} + q_{xx}} = \hat{\sigma}_0 \sqrt{\frac{2 \cdot \text{Trag}(\underline{Q}_{\hat{x}\hat{x}})}{\text{Rang}(\underline{Q}_{\hat{x}\hat{x}}) + d}} = \hat{\sigma}_0 \sqrt{\frac{2u}{\sum_{i=1}^{2u} \lambda_i}} / \sqrt{u} \quad (5)$$

gdje je:

d — defekt mreže

λ_i — i -ta svojstvena vrijednost matrice $\underline{Q}_{\hat{x}\hat{x}}$

u — broj nepoznanica

Srednja položajna pogreška po Werkmeisteru:

$$\hat{\sigma}_{p,W} = \sqrt{a \cdot b} = \sqrt{q_{yy} \cdot q_{xx} - q_{xy}^2} \quad (6)$$

Poopćena varijanca:

$$\hat{\sigma} = \hat{\sigma}_0 \sqrt{\prod_{i=1}^{2u} \lambda_i} \quad (7)$$

Standardna devijacija koordinata:

$$\hat{\sigma}_y = \hat{\sigma}_0 \sqrt{q_{yy}}, \quad \sigma_x = \hat{\sigma}_0 \sqrt{q_{xx}} \quad (8)$$

Prosječna pogreška koordinata:

$$\hat{\sigma}_y = \frac{\hat{\sigma}_0}{\sqrt{u_y}} \sqrt{\Sigma q_{yy}}, \quad \hat{\sigma}_x = \frac{\hat{\sigma}_0}{\sqrt{u_x}} \sqrt{\Sigma q_{xx}} \quad (9)$$

gdje je:

u_y — broj nepoznatih y koordinata

u_x — broj nepoznatih x koordinata

Točnost funkcije koordinata $f(\hat{x})$ (zakon o prirastu varijanci):

$\hat{\sigma}_f^2 = \hat{\sigma}_0^2 \bar{F} Q_x \hat{x} F^T$, $F_1 = \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)$ — vektor svih parcijalnih derivacija funkcije $f(\hat{x})$ po koordinatama

Ograničenje točnosti bilo koje funkcije koordinata:

$$\lambda_{\min} \cdot \hat{\sigma}_0^2 (F^T F) \leq \sigma_f^2 \leq \lambda_{\max} \cdot \hat{\sigma}_0^2 (F^T F) \quad (11)$$

Lokalna srednja pogreška (Förstner, 1979.):

$$\hat{\sigma}_{P_i, Lokal} = \hat{\sigma}_{0, Lokal} \cdot \sqrt{q_{yy} + q_{xx}}, \quad \hat{\sigma}_{0, Lokal} = \frac{\sqrt{\sum_{k=1}^m v_k v_k p_k}}{\sqrt{\sum_{k=1}^m r_k}} \quad (12)$$

gdje je:

m — broj mjerenja kojima je točka P_i određena

v_k, r_k, p_k — popravci, redundancija i težine ovih mjerenja

Velika i mala poluos parcijalne elipse pouzdanosti a_p, b_p :

$$a_p = a \cdot \sqrt{2 \cdot F_{2, r, 1 - \alpha}} \quad F - \text{razdioba} \quad (13)$$

$$b_p = b \cdot \sqrt{2 \cdot F_{2, r, 1 - \alpha}} \quad (1 - \alpha) - \text{interval signifikantnosti}$$

Točnost mjernih veličina:

$$\begin{aligned} \hat{\sigma}_{11} &= \hat{\sigma}_0 \sqrt{q_{11}} = \hat{\sigma}_0 / \sqrt{p_{11}} - \text{procijenjena točnost izvornih mjerenja} \\ \hat{\sigma}_{\hat{1}_i} &= \hat{\sigma}_0 \sqrt{q_{\hat{1}_i \hat{1}_i}} - \text{procijenjena točnost izjednačenih mjerenja} \\ \sigma_{11} &= \sigma_0 \sqrt{q_{11}} = \sigma_0 / \sqrt{p_{11}} - \text{a priori točnost izvornih mjerenja} \\ \sigma_{\hat{1}_i} &= \sigma_0 \sqrt{q_{\hat{1}_i \hat{1}_i}} - \text{a priori točnost izjednačenih mjerenja} \end{aligned} \quad (14)$$

Budući da je u nas u stručnoj literaturi termin pouzdanost relativno malo obrađivan, prvo ćemo kratko objasniti značenja pojedinih oznaka, a zatim parametre pouzdanosti:

v_i — popravak mjerenja l_i ,

σ_{ii} — standardno odstupanje mjerenja l_i ,

r_i — standardni dio mjerenja l_i ,

Δl_i — promjena (pogreška) mjerenja l_i ,

Δv_i — utjecaj promjene Δl_i mjerenja l_i na odgovarajući popravak v_i ,

$\nabla_{0,if}$ — utjecaj neotkrivene grube pogreške na bilo koju funkciju izjednačenih koordinata,

σ_f — standardno odstupanje funkcije f ,

s_p — standardno odstupanje točke nakon izjednačenja.

Za istraživanje pouzdanosti za svaku mjerenu veličinu u mreži (pravac, duljina, azimut, koordinate danih točaka) izračunaju se normalni popravci:

$$NV = \frac{|v_i|}{\sigma_{ii}/r_i} = \frac{|v_i|}{\sigma_{v_i}}$$

Za mjerenja u kojih je normirani popravak veći od 3,29 (za neke zemlje ta granica je 3,0) ispituje se postojanje grube pogreške. Procijenjena ili naslućena gruba pogreška iznosi:

$$GF = \frac{-v_i}{r_i}$$

Također, za mjerenja čiji je normirani popravak veći od 3,29 izračuna se veličina:

$$EP = -\frac{v_i}{r_i} (1 - r_i)$$

koja za mjerene duljine pokazuje za koliko se promijeni položaj točaka što ih mjerena duljina povezuje, ako se dotično mjerenje izbaci iz izjednačenja (za mjerene pravce na mjestu popravka v_i dolazi poprečna pogreška (tablica 2.) Mjerenja čiji je normirani popravak veći od 3,29 mogu ostati u izjednačenju ako je EP manje od 0,025 m (naime, neke zemlje dopuštaju veličinu od 0,03 m, ali naše je mišljenje da za gradske mreže tu veličinu treba ograničiti na 0,025 m). Ako se dogodi da je EP veće od 0,025 m, mjerenje treba provjeriti na terenu i može se iz izjednačenja izbaciti samo onda kada u izjednačenje uvedemo novoizmjerene vrijednosti. Ako se dogodi da postoji više mjerenja s normiranim popravkom većim od 3,29, onda redovito prvo ispituje mjereno s najvećom normiranom pogreškom. Kada se eliminiira to mjerenje, obično se za preostala mjerenja smanji normirani popravak.

Redundantni dio:

$$EV = r_i \cdot 100\% = -\frac{\Delta v_i}{\Delta l_i} \cdot 100 [\%] \quad (\text{v. Tablica 2})$$

pokazuje u postocima kako se promjena ili mjerenja reflektiraju na popravak v_i . Zapravo, redundantni dio je mjerilo provjere jednog mjerenja uz pomoć ostalih mjerenja u mreži i ispituje geometriju mreže, ali ne i točnost

mjerenja. Treba težiti da je EV veće od 40%, vrijednosti između 10%–40% mogu se tolerirati, a manje od 10% moraju se izbjeći promjenom geometrije mreže. Također, treba izračunati umnožak $EF \times s_p(\max)$. Zapravo vrijednost:

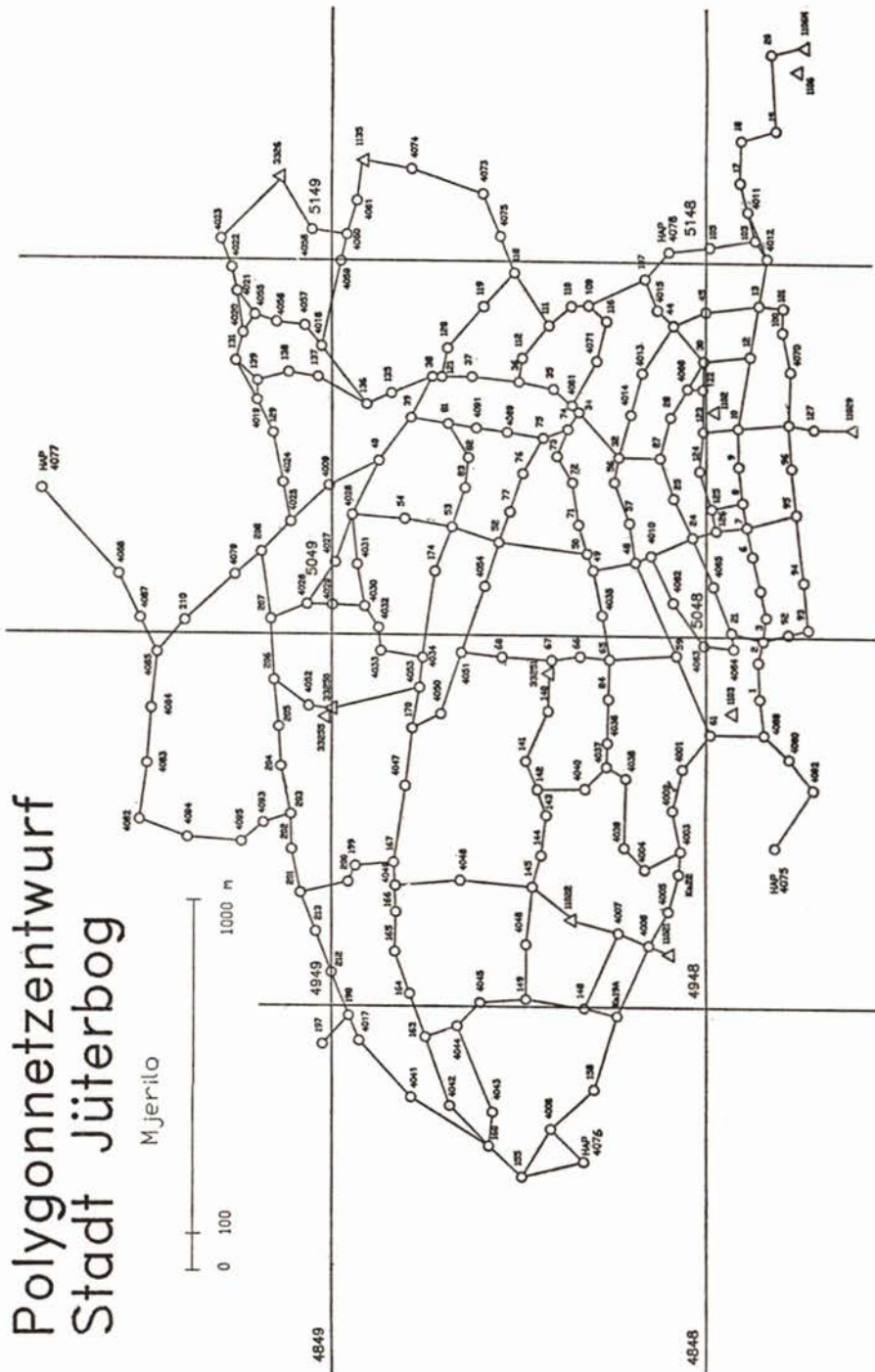
$$EF \geq \frac{|\nabla_{0,ir}|}{\sigma_r}$$

pokazuje za koliko se promijeni neka funkcija f izjednačenih koordinata pod utjecajem neotkrivene grube pogreške mjerenja. Vrijednost EF se daje u jedinicama standardnog odstupanja. Ta vrijednost, također, ispituje geometriju mreže, a ne točnost mjerenja. $s_p(\max)$ je veće standardno odstupanje od dviju razmatranih točaka. Umnožak $EF \times s_p(\max)$ povezuje pouzdanosti i točnosti, a time je i mjerilo kvalitete mreže. Visoka pouzdanost može u određenoj mjeri kompenzirati slabu točnost i obrnuto. Neke zemlje daju maksimalne dopuštene iznose za umnožak $EF \times s_p(\max)$, a većina za točnost prvog stupnja zahtijeva da je $EF \times s_p(\max) \leq 0,12$ m, a drugog stupnja $EF \times s_p(\max) \leq 0,15$ m. U načelu, mjerenje treba tek onda izbaciti ako se ponovljenim mjerenjem dokaže da je pogrešno.

3. NOVA KONCEPCIJA O USPOSTAVI GRADSKIH TRIGONOMETRIJSKIH MREŽA (NA PRIMJERU MREŽE JÜTERBURGA)

Kao prvo, postavili smo si uvjet da okvir mreže odredimo uređajima GPS i izjednačimo u okviru njemačke osnovne GPS mreže (DREF) (ukupno 6 točaka, HAP 4076, HAP 4075, 11029, HAP 4078, 1135, HAP 4077) (sl. 2.). Mjerenja su izvedena uređajima Trimble GPS 4000 SSE. Drugo, mrežu treba isprojektirati tako da je pogodna za kasniju eksploataciju, a nedostatke glede konfiguracije i neujednačenosti duljina stranica eliminirati vlastitom koncepcijom u uspostavljanju mreža. Suvremeni zahtjevi su posebice rigorozni glede lokalnih srednjih položajnih pogrešaka, tj. mreža mora zadovoljiti načelo točnosti susjedstva. U kasnijoj eksploataciji mreže često se za umetnute poligonske vlakove koriste daleke točke (susjedne tijekom eksploatacije uništene ili nedostupne u optičkom pogledu), pa ako mreža nije homogena na većim udaljenostima, nastaju dodatni problemi. Kako riješiti problem točnosti susjedstva i točnosti u sklopu cijele mreže?

Za to su nam bila dragocjena povijesna razmatranja Gottharta (1971.) glede poligonskih vlakova i poligonske mreže, kao i suvremenija obrada poligonskih vlakova Mülera (1986.). Jednostavno, pokupimo što je dobio iz pojedinačnih poligonskih vlakova glede točnosti, a posebice pouzdanosti mreže (npr. opažanje međupravaca) i sve dobre osobine „površinskog” pristupa u razvijanju mreža. U načelu, sa svake druge-treće poligonske točke opažali smo ostale vidljive točke po načelu ravnomjernog rasporeda po horizontu, a ako se radilo o jednoj dalekoj točki, obično se uzimala okomito na smjer poligonskog vlaka. Na taj način kombinirana su dobra svojstva površinske poligonske mreže i pojedinačnog određivanja točaka. Zapravo, katkada smo narušili lokalnu točnost mreže (točnost susjedstva) na račun povećanja točnosti mreže općenito (tablica 3.). Kako to izbjeći i kako ta dva oprečna kriterija usuglasiti? To smo postigli uvođenjem stupnjevanih težina pravaca, pa su pravci do udaljenosti 300 m imali jednu težinu, oni od 300 do 600 m drugu, 600–900 m



Slika 2. Kombinirana GPS i klasična mreža grada Jüterboga

treću i sl. Na taj način kompromisno smo zadovoljili oba kriterija, a sve visoke točke (crkveni, vodotornjevi i vatrogasni tornjevi) dobile su nove pouzdane koordinate. Zapravo, našim pristupom povećali smo redundantni dio EV i on u prosjeku iznosi u mreži 53% (tablica 2.), što je dakako imalo pozitivnog učinka i na globalnu točnost u mreži. Niti jedna točka u mreži nema niti jednu lokalnu, niti jednu globalnu točnost lošiju od 1 cm (maksimalno dopušteno je 2 cm). Mreža je izjednačena i ispitana vlastitim programom kao slobodna i kao umetnuta (mreža pod prisilom) u GPS mrežu i zanimljivi su rezultati izjednačenja. Postignuta je nešto bolja točnost umetnute nego slobodne mreže, što se do primjene tehnologije GPS nije moglo očekivati. Ovdje je to potpuno normalno, jer je položajna točnost okvirne GPS mreže bila bolja od 1 cm. Dakako, svaka njemačka pokrajina ima svoje propise. Iako je mreža sveobuhvatno obrađena vlastitim programom, ona se ipak morala izjednačiti i službenim programom za pokrajinu BRANDERBURG tj. programom KATRIN koji je samo potvrdio naše rezultate (tablice 2. i 3.). Oba programa koriste zajedničko („površinsko“) izjednačenje svih točaka u mreži.

Tablica 2. Isječak iz prikaza točnosti i pouzdanosti nekih duljina u mreži

VON	NACH	STRECKE V.D.AUSGL (M)	STRECKE N.D.AUSGL (M)	MF V.D. AUSGL (CM)	V (CM)	AM (CM)	EV (%)	NV	EP (CM)
137	138	75.249	75.249	.6	.0	-1	23.8	.1	.1
138	139	89.370	89.370	.6	.1	-1	24.6	.2	.2
4019	139	50.962	50.960	.6	-2	-1	75.1	.4	.1
4019	139	50.959	50.960	.6	.1	-1	75.1	.1	.0
140	141	154.793	154.798	.6	.5	-2	40.0	.2	.7
33251	140	94.270	94.267	.6	.3	-1	63.1	.6	.2
141	142	83.243	83.246	.6	.2	-1	62.3	.5	.1
141	142	83.243	83.243	.6	.2	-1	62.3	.5	.1
143	142	72.880	72.878	.6	-2	-1	57.8	.4	.1
143	142	72.874	72.878	.6	.4	-1	57.8	.9	.3
4040	142	105.138	105.137	.6	-1	-1	28.2	.4	.3
143	144	110.122	110.120	.6	-1	-2	42.4	.3	.2
143	4046	288.745	288.751	.6	.6	-4	53.3	1.4	.5
144	145	130.841	130.839	.6	-2	-2	48.8	.5	.2
145	4046	182.848	182.849	.6	.0	-3	64.1	.0	.0
145	4048	129.103	129.099	.6	-4	-2	38.1	1.1	.7
145	110211	127.385	127.388	.6	.3	-2	62.7	.7	.2
145	110211	127.388	127.388	.6	.0	-2	62.7	.1	.0
149	148	177.091	177.092	.6	.1	-2	62.9	.2	.0
149	148	177.089	177.092	.6	.3	-2	62.9	.6	.2
4007	148	219.870	219.869	.6	-1	-3	69.9	.1	.0
4007	148	219.870	219.869	.6	-1	-3	69.9	.1	.0
5019	148	100.158	100.156	.6	-2	-1	50.4	.5	.2
149	4045	145.464	145.466	.6	.2	-2	29.2	.6	.5
4048	149	134.509	134.507	.6	-3	-2	37.3	.8	.5

MF V. D. — srednja pogreška duljine a priori

V. — popravak duljine

AM — srednja pogreška duljine nakon izjednačenja

EV% — redundantni dio (prosječna vrijednost 53%), u načelu mora biti veći od 10%

NV — normirani popravak

EP — promjena koordinate ako se izbací dotično mjerenje

Tablica 3. Isječak prikaza ocjene točnosti

PKZ	Y (M)	X (M)	DY (CM)	DX (CM)	DS (CM)	NS	LMP (CM)	LMY (CM)	LMX (CM)	MP (CM)	A (CM)	B (CM)	T (GON)
125	4574371.042	5763076.093	.0	.0	.0	.0	.3	.2	.3	.6	.5	.4	28.6
126	4574316.138	5763053.147	.0	.0	.0	.0	.5	.3	.4	.6	.5	.4	3.0
127	4574576.501	5762782.213	.0	.0	.0	.0	.7	.4	.5	.4	.3	.2	41.4
129	4574570.166	5764246.222	.0	.0	.0	.0	.2	.2	.2	.8	.6	.5	76.2
131	4574766.785	5764344.920	.0	.0	.0	.0	.7	.6	.5	.8	.6	.5	98.9
135	4574681.224	5763932.872	.0	.0	.0	.0	.5	.3	.4	.6	.5	.4	162.7
136	4574650.218	5763998.756	.0	.0	.0	.0	.5	.3	.3	.6	.5	.4	193.4
137	4574725.097	5764127.523	.0	.0	.0	.0	.4	.3	.3	.7	.5	.5	42.5
138	4574737.518	5764201.739	.0	.0	.0	.0	.3	.2	.2	.8	.6	.5	15.9
139	4574713.351	5764287.779	.0	.0	.0	.0	.7	.5	.5	.8	.6	.5	83.2
140	4573838.688	5763512.716	.0	.0	.0	.0	1.0	.6	.7	.6	.5	.4	173.3
141	4573696.747	5763574.481	.0	.0	.0	.0	.2	.1	.1	.6	.5	.4	153.7
142	4573619.607	5763543.190	.0	.0	.0	.0	.5	.3	.3	.6	.5	.4	151.9
143	4573550.566	5763519.858	.0	.0	.0	.0	.5	.4	.4	.6	.5	.4	128.4
144	4573441.205	5763532.759	.0	.0	.0	.0	.4	.3	.3	.6	.5	.4	133.2
145	4573315.420	5763568.771	.0	.0	.0	.0	.5	.4	.4	.6	.4	.4	183.6
148	4573028.232	5763417.947	.0	.0	.0	.0	.5	.3	.4	.6	.5	.4	182.6
149	4573053.010	5763593.297	.0	.0	.0	.0	.8	.5	.6	.6	.5	.4	182.4
155	4572568.884	5763589.880	.0	.0	.0	.0	.3	.2	.2	.4	.2	.2	184.0
158	4572806.318	5763391.891	.0	.0	.0	.0	.2	.1	.1	.5	.4	.3	166.4
160	4572660.239	5763697.466	.0	.0	.0	.0	.8	.5	.6	.5	.4	.3	21.5
163	4572941.185	5763838.320	.0	.0	.0	.0	.4	.3	.3	.6	.4	.4	70.1
164	4573067.178	5763883.478	.0	.0	.0	.0	.3	.2	.2	.7	.5	.4	81.3
165	4573181.030	5763921.944	.0	.0	.0	.0	.3	.2	.2	.7	.5	.4	84.9
166	4573287.928	5763919.600	.0	.0	.0	.0	.2	.2	.2	.6	.5	.4	77.1

LMP — lokalna položajna pogreška točke

LMY — srednja pogreška koordinate Y

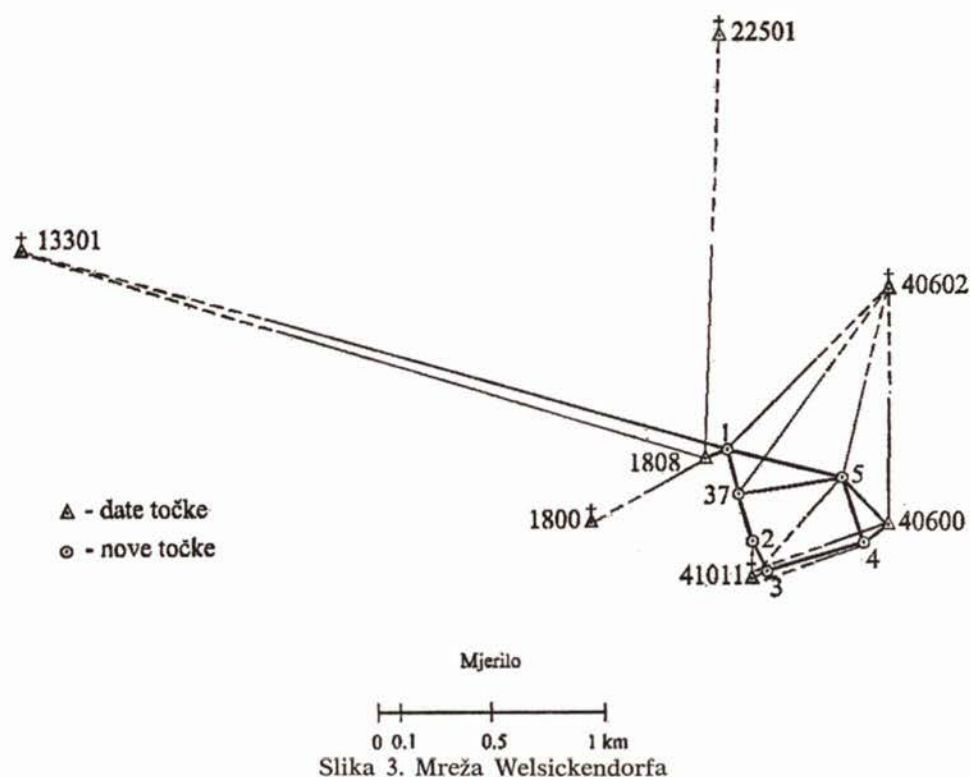
LMX — srednja pogreška koordinate X

MP — »globalna« srednja položajna pogreška točke

A — velika poluos elipse pogreška

B — mala poluos elipse pogreška

T — smjerni kut velike poluos elipse pogreška



Slika 3. Mreža Welsickendorfa

Tablica 4. Točnost novoodređenih točaka mreže Welsickendorfa

PNR	Y	X	DY [m]	DX [m]	MY [mm]	MX [mm]	A [mm]	B [mm]	T [60n]
1800	4577808.204	5753626.982							
1808	4578341.383	5753922.238							
13301	4575186.104	5754894.465							
22501	4578417.654	5755880.428							
40600	4579360.480	5753622.509							
40602	4579195.414	5754707.544							
1	4578441.841	5753963.988	-0.05	-0.03	4	3	4	2	73.4
2	4578555.178	5753541.080	-0.02	-0.04	6	7	7	6	28.1
3	4578621.412	5753402.844	.001	-0.04	7	8	8	7	8.8
4	4579072.747	5753534.052	.000	-0.03	4	5	5	4	2.9
5	4578974.577	5753834.609	-0.05	-0.04	4	5	6	4	26.5
37	4578491.060	5753761.540	-0.07	-0.03	5	5	6	5	51.4
41011	4578550.323	5753369.949	-0.09	-0.09	13	11	15	8	61.0
41011	4578549.989	5783369.968	stara	koor.					

4. ISPITIVANJE NOVE KONCEPCIJE NA OSTALIM MREŽAMA

Ista koncepcija u uspostavi mreža provjerena je na nekoliko ostalih manjih trigonometrijskih mreža (npr. mreža Lipenlisdorfa, Welsickendorfa, Wiersendorfa i dijela Velberta). Zanimljiv je primjer male mreže Welsickendorfa, također mjerene po ovom načeu (sl. 3.). Kao dane točke korišteni su postojeći trigonometri, a jedna od ključnih točaka bila je seoska crkva, trigonometar 41011. I na tom primjeru koncepcija je pokazala dobre rezultate, utvrđena je i pogreška u koordinati tornja crkve od 33 cm, koja bi se po klasičnom pristupu prenijela na ostale poligonske točke (tablica 4.). Uzrok promjene koordinata tornja crkve bila je izgradnja novoga krova tornja što nije bilo do tada registrirano geodetskim mjerenjima (sl. 3., tablica 4.). Autori su ispitali prednosti „površinskog” izjednačenja i na poligonskoj mreži Klinča Sela (oko 345 točaka), a mreža je već prethodno bila izopažana klasičnim postupkom, a zanimljiva istraživanja iz te mreže pokazat ćemo u nekom od budućih radova.

5. ZAKLJUČAK

Na osnovi ispitivanja na nekoliko trigonometrijskih mreža, nova koncepcija u uspostavi mreža potvrđena je u praksi. Ona, istina, zahtijeva nešto dulja opažanja nego klasična poligonska mreža, ali su mjerenja neusporedivo jeftinija nego ona propisana Pravilnikom. Dakako, pritom treba imati odgovarajući softver za obradu mjerenja, a posebice je važno to da težine pravaca moraju adekvatno homogenizirati, i međusobno i u odnosu na linearna mjerenja. Neki suvremeni softveri glede težina imaju obrnuti pristup, što je teorijski ispravno za klasičan ali ne i za ovdje predstavljen pristup u uspostavi trigonometrijskih mreža (npr. softver NEPTAN).

6. ZAHVALA

Posebice zahvaljujemo (Bilajbegović) birou gospodina E. Ganseuera, dipl. ing. koji nam je omogućio da predloženu koncepciju provjerimo i potvrdimo u praksi, te Odjelu pokrajinske geodetske uprave Nordland Westfalen u Düsseldorfu, koji nam je omogućio da mrežu izjednačimo programom KATRIN na njihovim računalima.

LITERATURA

- Bilajbegović, A.; Šaković, A., (1988.): Analiza utjecaja algebarske korelacije u trigonometrijskoj mreži Banja Luke. Geodetski list 4–6, 103–117.
- Bill, R.; (1985.): Kriteriummatrizen ebener geodätischer Netze, DGK, Reihe A, München
- Förstner, W., (1979.): Das Rechenprogramm TRINA für geodätische Lagenetze in der Landesvermessung. NOV 2, 125–166.
- Füncke, G., (1982.): Verfahren zur Parameterelimination im Gauß-Markoff Modell und deren Einfluß auf ausgeglichene Beobachtungen. AVN 8, 9, 112–122.
- Gotthart, E.; (1971.): Grundsätzliches zur Fehlertheorie und zur Fehlertheorie und zur Ausgleichung von Polygonzügen und Polygonnetzen. Wichman Verlag, Neue Folge, Heft 12, Karlsruhe.
- Pravilnik za državni premjer IIIA (1956.)

* Mr. Nevio Rožić, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 26, 41000 Zagreb.

NEW CONCEPT IN THE ESTABLISHMENT OF THE CITY GEODETIC NETWORKS

This paper presents modern approaches to the projecting and elaboration of the city geodetic networks, and also the testing of our own concept in the establishment of such networks performed on a few examples of our own experience.

Primljeno: 1994-05-17