UDK 528.48:528.411:528.14
Pregledni rad

# PRIMENA TRODIMENZIONALNOG IZRAVNANJA LOKALNIH GEODETSKIH MREŽA U INŽENJERSKOJ GEODEZIJI

Toša NINKOV — Beograd*

## 1. UVODNA RAZMATRANJA

Analizirajući klasične i neke savremene metode terenskih merenja u deformacionim modelima, i probleme koji iz njih proističu, može se zaključiti da je, vrlo često, tačnost određivanja vertikalnih komponenti pomeranja veća no što je to objektivno potrebno. Tu se pre svega misli na tačnost određivanja vertikalnih komponenti prostornih deformacija tačaka kojima se aproksimira geometrija zemljanih brana. Kod većine postupaka koji se koriste, kod nas i u svetu, vertikalna komponenta se određuje nezavisno od horizontalnih metodom geometrijskog nivelmana. Savremeni niveliri i prateća oprema omogućavaju postizanje visoke tačnosti (do ± 0,1 mm/1 stanica) merenja u deformacionom modelu. Zbog velikih visinskih razlika (čest slučaj kod zemljanih brana) i velikih rastojanja proces merenja relativno dugo traje. Pojava elektronskih teodolita sa pratećom opremom za registrovanje podataka merenja omogućuju relativno brzo i veoma precizno merenje horizontalnih i vertikalnih uglova. Ta činjenica je inicirala razmišljanje o pokušaju formiranja trodimenzionalnog deformacionog modela u kome će se prostorne koordinate određivati trodimenzionalnim izravnanjem. Mereni elementi formiranog trodimenzionalnog modela su horizontalni i vertikalni pravci i kose dužine. Na taj način se eliminiše potreba korišćenja geometrijskog nivelmana što veoma olakšava i ubrzava rad. Metoda je praktično upotrebljiva uz uslov da se njome postigne zadovoljavajuća tačnost istovremenog određivanja koordinata i kota.

U ovom radu su prikazani rezultati istraživanja primene trodimenzionalnog izravnanja lokalnih geodetskih mreža na deformacionom modelu brane Breltovac kod Bojnika. Ti rezultati pokazuju da se klasične metode merenja sa geometrijskim nivelmanom mogu zameniti merenjima u formiranom trodimenzionalnom modelu.

* Adresa autora: Doc. dr Toša Ninkov, Institut za geodeziju, Građevinski fakultet, Beograd, Bulevar revolucije 73.

## 2. TRODIMENZIONALNO IZRAVNANJE LOKALNIH GEODETSKIH MREŽA

Jedina razlika između dobro znanog posrednog dvodimenzionalnog i trodimenzionalnog izravnanja je u vrstama merenih elemenata koji se u odgovarajućim modelima pojavljuju. Kao što je napred rečeno u trodimenzionalnom modelu se mere horizontalni i vertikalni pravci i kose dužine. Svaki mereni elemenat u modelu kod posrednog izravnanja omogućava formiranje jedne jednačine popravaka. Najverovatnije vrednosti nepoznatih se dobijaju uz zadovoljavanje dobro poznatog uslova

$$[pvv] = \min \tag{1}$$

u slučaju oslonjene mreže. U slučaju slobodne trodimenzionalne mreže biće zadovoljeni uslovi

$$\begin{aligned} &[pvv] \rightarrow \min \\ &X^T X \rightarrow \min \end{aligned} \tag{2}$$

gde su:

$v_i$ — nepoznate popravke merenih veličina
$p_i$ — težine merenih veličina
$x_i$ — nepoznate prostorne koordinate; $X = |x_1, x_2, .., x_i .., x_k, .., x_n|$

Izravnanjem po gornjim uslovima dobijaju se najverovatnije vrednosti merenih i traženih veličina.

### 2.1 *Formiranje jednačina popravaka*

#### 2.1.1 *Jednačine popravaka za merene kose dužine*

Najverovatnija vrednost merene dužine $S_{ik}$ između tačaka i i k se može predstaviti jednačinom veze

$$S_{ik} = l_{ik} + v_{ik} = M\sqrt{(x_k - x_i)^2 + (y_k - y_i)^2 + (Z_k - Z_i)^2} - C \tag{3}$$

gde su:

$l_{ik}$ — merena dužina
$v_{ik}$ — popravka merenja posle izravnanja
$(y_k, x_k, H_k)$, $(y_i, x_i, H_i)$ — najverovatnije vrednosti koordinata tačaka k i i
M — nepoznata multiplikaciona konstanta
C — nepoznata adiciona konstanta

funkcija veze sa uključivanjem približnih vrednosti koordinata tačaka, M i C dobija se sledeći oblik:

$$l_{ik} + v_{ik} = (M + dM)\sqrt{[(x_{ko} + dx_k) - (x_{io} + dx_i)]^2 + [(y_{ko} + dy_k) - (y_{io} + }$$
$$+ \sqrt{dy_i)]^2 + [(H_{ko} + dH_k) - (H_{io} + dH_i)]^2} - (C_0 + dc) \tag{4}$$

Ukoliko se uvede obeležavanje

$$S_{ik} = M_0\sqrt{(x_{ko} - x_{io})^2 + (y_{ko} - y_{io})^2 + (H_{ko} - H_{io})^2} - C_0$$
$$DX = x_{ko} - x_{io}; \quad DY = y_{ko} - y_{io}; \quad DH = H_{ko} - H_{io}$$

i izvrši razvijanje funkcije veze (4) u Tajlor-ov red u blizini dobro određenih približnih vrednosti, dobija se

$$l_{ik} + v_{ik} = S_{ik_0} + \frac{\partial S}{\partial dx_k} dx_k + \frac{\partial S}{\partial dx_i} dx_i + \frac{\partial S}{\partial dy_k} dy_k + \frac{\partial S}{\partial dy_i} dy_i + $$
$$+ \frac{\partial S}{\partial dH_k} dH_k + \frac{\partial S}{\partial dH_i} dH_i + \frac{\partial S}{\partial dM} dM + \frac{\partial S}{\partial dc} dc + \ldots \quad (5)$$

Diferenciranjem funkcije veze i koristeći gornja obeležavanja, može se dobiti definitivni oblik jednačine popravaka za merenje kose dužine

$$v_{ik} = -\frac{DX}{S} dx_i + \frac{DX}{S} dx_k - \frac{DY}{S} dy_i + \frac{DY}{S} dy_k - \frac{DH}{S} dH_i +$$
$$+ \frac{DH}{S} dH_k + SdM - dc + f_{ik} \quad (6)$$

gde je

$$f_{ik} = S \cdot M_0 - C_0 - l_{ik} \text{ — slobodni član}$$

U slučajevima kada su multiplikaciona i adiciona konstanta poznate tada se iz jednačina popravaka eliminišu ti članovi.

### 2.1.2 *Jednačine popravaka za zenitne daljine*

Jednačina veze kojom se povezuju merene zenitne daljine sa tačke i na k i nepoznatih trodimenzionalnih koordinata tih tačaka su date formulom:

$$Z_{ik} = l_{ik} + V_{Z_{ik}} = \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{(x_k - x_i)^2 + (y_i - y_i)^2}{H_k - H_i}} \quad (7)$$

odnosno

$$Z_{ik} = \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{(X_{k0} + dx_k - x_{i0} - dx_i)^2 + (y_{k0} + dy_k - y_{i0} - dy_i)^2}{H_{k0} + dH_k - H_{i0} - dH_i}} \quad (8)$$

Analogno 2.1.1 moguće je razvijanje funkcije veze u Tajlorov red u blizini dobro određenih približnih koordinata pa će se zamenom parcijalnih izvoda dobiti definitivni oblik jednačina popravaka merenih zenitnih rastojanja.

$$V_{Zik} = -\frac{DX \cdot DH}{D_{HOR} \cdot S^2} dx_i + \frac{DX \cdot DH}{D_{HOR} \cdot S^2} dx_k - \frac{DY \cdot DH}{D_{HOR} \cdot S^2} dy_i +$$
$$+ \frac{DY \cdot DH}{D_{HOR} \cdot S^2} dy_k + \frac{D_{HOR}}{S^2} dH_i - \frac{D_{HOR}}{S^2} dH_i + f_{Zik} \quad (9)$$

gde su:

$$D_{HOR} = \sqrt{DX^2 + DY^2} \text{ horizontalna dužina}$$

$$f_{Zik} = Z_{ik_0} - l_{ik} \text{ — slobodni član jednačine popravaka}$$

Za svaku merenu zanitnu dužinu formira se po jedna jednačina popravaka.

### 2.1.3 *Jednačina popravaka za merene pravce*

Funkcija veze merenih pravaca i traženih nepoznatih je definisana dobro poznatom jednačinom (koristi se i kod dvodimenzionalnog izravnanja):

$$p_{ik} = l_{ik} + v_{p_{ik}} = \operatorname{arctg} \frac{y_k - y_i}{x_k - x_i} - \omega_i \tag{10}$$

gde je $\omega_i$ nepoznata orijentacija na stanici i koja se može numerički eliminisati. Postupak dobijanja jednačina popravaka je analogan prethodnim slučajevima pa će definitivan oblik jednačina popravaka za pravce biti

$$v_{p_{ik}} = \frac{DY}{D_{HOR^2}} dx_i - \frac{DY}{D_{HOR^2}} dx_k - \frac{DX}{D_{HOR^2}} dy_i + \frac{DX}{D_{HOR^2}} dy_k - d\omega_i + f_{p_i} \tag{11}$$

gde je $-f_{p_i} = \Phi_{ik_0} - \omega_{i_0} - l_{ik}$ — slobodni član jednačine popravaka.

### 2.2 *Računanje vektora nepoznatih*

Vektor nepoznatih X kod trodimenzionalnog izravnanja ima sledeći oblik

$$X^T = (dx_1, dy_1, dH_1, dx_2, dy_2, dH_2, \ldots, dx_n, dy_n, dH_n, dM, dc) \tag{12}$$

U slučajevima oslonjenih trodimenzionalnih mreža formiranje normalnih jednačina, njihovo rešavanje, izračunavanje nepoznatih i ocena njihove tačnosti vrši se saglasno klasičnom izravnanju. U slučajevima slobodnog izravnanja, u cilju eliminisanja singulariteta matrice normalnih jednačina, mora se vršiti njeno proširivanje matricama G. Matrica G je sastavljena od sopstvenih vektora koji odgovaraju sopstvenim vrednostima normalnih jednačina koje su jednake nuli. Oblik i dimenzije matrice G (zavisi od vrste singulariteta matrice $A^TPA$) su dobro proučeni u geodetskoj literaturi i o njima u ovom sučalju neće biti reči.

Opšti oblik proširene matrice normalnih jednačina je prikazan formulom

$$\begin{bmatrix} A^TPA & G^T \\ G & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ k \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} A^TPl \\ 0 \end{bmatrix} = 0 \tag{13}$$

gde su k korelate uslovnih jednačina koje kod slobodnog izravnanja moraju da zadovolje nepoznate veličine. Rešenjem ovog sistema dobija se

$$\begin{bmatrix} x \\ k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A^TPA & G^T \\ G & 0 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} A^TPl \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Q & R \\ R & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A^TPl \\ 0 \end{bmatrix} \tag{14}$$

odnosno vektor nepoznatih se dobija kao:

$$X = QA^TPl \tag{15}$$

Na ovaj način dobijaju se tražene nepoznate odnosno nepoznati priraštaji usvojenih približnih vrednosti nepoznatih. Dodajući te priraštaje približnim vrednostima $X_0$, $Y_0$, $H_0$ dobijaju se najverovatnije vrednosti prostornih koordinata svake tačke

$$\begin{aligned} X &= X_0 + dx \\ Y &= Y_0 + dy \\ H &= H_0 + dH \end{aligned} \tag{16}$$

Time je proces određivanja najverovatnijih vrednosti prostornih koordinata završen.

### 2.3 *Ocena tačnosti trodimenzionalnog izravnanja*

Za ocenu tačnosti izvršenih merenja koriste se dobro poznate formule. Srednje kvadratne greške traženih nepoznatih računaju se po formuli

$$m_i = m_0 \sqrt{Q_{ii}} \tag{17}$$

gde je

$$m_0 = \sqrt{\frac{[pvv]}{N + d - u}}$$

— srednja greška jedinice težine
N — broj merenja
d — defekt matrice $A^TPA$
u — broj nepoznatih
$Q_{ii}$ — odgovarajući dijagonalni član korelacione matrice.

Srednja kvadratna greška proizvoljne funkcije čiji su argumenti nepoznati parametri geodetske mreže računa se po formuli

$$m_F = m_0 \sqrt{Q_{ff}} \tag{18}$$

gde je:

$$Q_{ff} = F_i \cdot Q_{xx} F_i^T$$

$Q_{xx}$ — korelaciona matrica nepoznatih

$F_i = \frac{\partial f}{\partial x_i}$ — vektor parcijalnih izvoda funkcije $f_i$ po nepoznatima

### 2.4 *Kompjuterski program za trodimenzionalno izravnanje*

Po napred prikazanom matematičkom modelu urađen je kompjuterski program za trodimenzionalno izravnanje slobodne trodimenzionalne geodetske mreže.

Ulazni podaci su obrađena terenska merenja horizontalnih uglova, zenitnih daljina i kosih dužina. Na osnovu tih podataka vrši se automatsko izravnanje i ocena tačnosti izvršenih merenja po napred datom matematičkom modelu.

## 3. PRETHODNA OCENA TAČNOSTI MERENJA U TRODIMENZIONALNOM MODELU

Prethodna ocena tačnosti merenja horizontalnih pravaca i dužina se može izvoditi na uobičajen i dobro poznat način. U zavisnosti od željene tačnosti određivanja koordinata u deformacionom modelu određuje se odgovarajući instrument, uslovi merenja i uslovi tačnosti koji moraju biti zadovoljeni u tom slučaju. Ovi postupci su dobro poznati više puta u literaturi navođeni (naprimer [1]) i to neće biti razmatrano u ovom radu.

Nešto više pažnje mora biti posvećeno merenju zenitnih daljina s obzirom da na tačnost merenja dominantan uticaj ima dejstvo uvek nepoznate i nepredvidive refrakcije. Kako je iz rezultata merenja zenitnih daljina neophodno eliminisati dejstvo refrakcije, ukoliko se želi postići neophodna tačnost određivanja kota (± 1—5 mm) u deformacionim modelima to se problem može rešiti na nekoliko načina:

1. Simultano obostrano merenje zenitnih daljina za određivanje kota na svim tačkama u modelu je postupak koji zahteva određenu opremu i dva operatora. Zbog toga je ova metoda manje ekonomična. Na osnovu mnogobrojnih istraživanja ovog postupka proističe zaključak da se time veliki deo uticaja refrakcije eliminiše. U većini publikovanih radova (naprimer [2], [3]) sa primenom ove metodologije u mrežama inženjerske geodezije (strane d < 400 m) postizana je tačnost od ± 0.5—2 mm. Ovaj postupak ima nedostatak ako se primenjuje u deformacionom modelu betonskih brana jer se ne može primeniti za određivanje kota tačaka na licu brane.

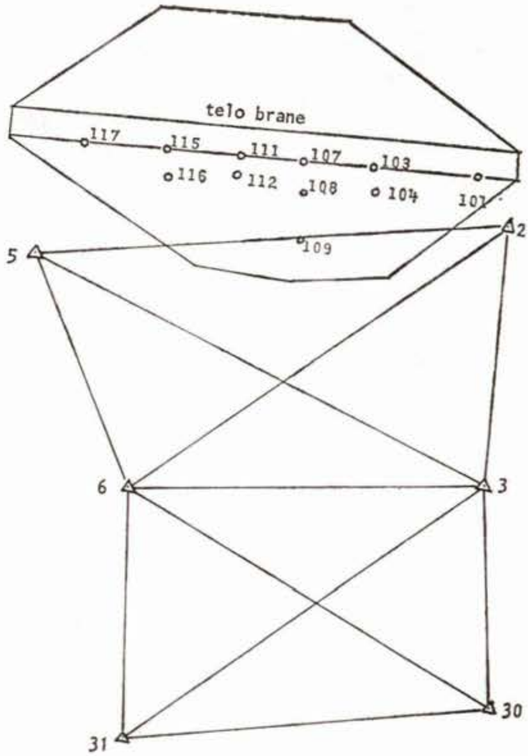
2. Simultano obostrano opažanje zenitnih daljina između stanice i jedne tačke mikro mreže (preporučuje se dve) i jednostrano opažanje zenitnih daljina ka tačkama na ispitivanom objektu. U cilju eliminisanja refrakcije na jednostrano opažanim pravcima računaju se koeficijenti refrakcije iz podataka periodičnih kontrolnih jednostranih opažanja ka ranije opažanim tačkama mikro mreže. Nedostatak ovog postupka je taj što izbor kontrolnih strana (obostrano opažane) može imati znatnog uticaja na tačnost sračunavanja koeficijenta refrakcije jednostranih pravaca jer se atmosferski uslovi na njima mogu i znatno razlikovati. Sledeći faktor koji može uticati na tačnost određivanja kota je dinamika uzimanja kontrolnih merenja ka tački mikro mreže. Kontrolna merenja bi trebalo da se uzimaju sa svakom promenom atmosferskih uslova a to nije jednostavno niti odrediti niti predvideti.

3. Jednostrano merenje zenitnih daljina u celom modelu u periodu konstantnih atmosferskih uslova i praktično zanemarljivog dejstva refrakcije. Postupak je veoma nepouzdan i ne preporučuje se za korišćenje naročito u slučajevima kada se želi postići veća tačnost određivanja kota $m_H < 5$ mm.

## 4. TRODIMENZIONALNI DEFORMACIONI MODEL BRANE »BRESTOVAC«

Brana »Brestovac« kod Bojnika se već nekoliko godina osmatra prema projektu koji se sastoji od klasičnih geodetskih metoda. Horizontalna pomeranja se određuju na osnovu merenja horizontalnih pravaca na svim stanicama mikro mreže i izvesnog broja baza koje se mere samo u nultoj seriji merenja. Vertikalne komponente se određuju na osnovu merenja visinskih razlika u modelu geometrijskim nivelmanom. U radovima [4] i [5] su predložena neka moguća osavremenjavanja postupaka određivanja pomeranja u deformacionom modelu bazirana na korišćenje savremenog instrumentarija. Formiranje trodimenzionalnog modela je jedan dalji korak na putu osavremenjavanja postupka određivanja deformacija građevinskih objekata.

Geometrija trodimenzionalnog modela brane »Brestovac« je prikazana na (sl. 1). Opažanja horizontalnih i vertikalnih pravaca u mikro mreži i ka tačkama na objektu su realizovana sa elektronskim teodolitom WILD T-2000 sl. 2. S obzirom da WILD T-2000 ima mogućnost eliminisanja uticaja kolimacione




Sl 1

Sl 2

greške horizontalnog i vertikalnog limba sva opažanja su realizovana u jednom položaju durbina sa tri viziranja i očitavanja. Prema tome za merenje zenitnih daljina korišćena je najmanje pouzdana metoda. Za merenje kosih dužina korišćen je distomat DI-5. Svi podaci su istovremeno registrovani na registratoru GRE-3. Transfer podataka na računar koji je obavio dalju obradu je bio automatski preko interfejsa RS232. Paralelno sa ovim merenjima obavljana su i merenja po klasičnom postupku (merenje horizontalnih uglova i geometrijski nivelman). Ti podaci će se iskoristiti za upoređenje dobijenih rezultata sa podacima iz trodimenzionalnog izravnanja.

Posle terenskih merenja pristupilo se odgovarajućoj obradi podataka merenja. Izravnanjem tih podataka su dobijene prostorne koordinate ($Y_i$, $X_i$, $Z_i$) svih tačaka trodimenzionalnog modela i pokazatelji ocene tačnosti dobijenih rezultata.

Tabela 1.

| TAČKA | $m_X$ /cm/ | $m_Y$ /cm/ | $m_Z$ /cm/ | A /cm/ | B /cm/ | C /cm/ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Δ31 | 0,23 | 0,28 | 0,13 | 0,31 | 0,13 | 0,20 |
| Δ 6 | 0,15 | 0,19 | 0,08 | 0,19 | 0,08 | 0,15 |
| Δ 5 | 0,24 | 0,25 | 0,17 | 0,29 | 0,16 | 0,20 |
| Δ 2 | 0,21 | 0,28 | 0,11 | 0,21 | 0,11 | 0,19 |
| Δ 3 | 0,17 | 0,20 | 0,10 | 0,21 | 0,10 | 0,16 |
| Δ30 | 0,20 | 0,17 | 0,14 | 0,20 | 0,13 | 0,17 |
| 101 | 0,23 | 0,18 | 0,13 | 0,18 | 0,14 | 0,23 |
| 103 | 0,49 | 0,35 | 0,16 | 0,52 | 0,16 | 0,31 |
| 104 | 0,50 | 0,29 | 0,17 | 0,51 | 0,16 | 0,29 |
| 107 | 0,48 | 0,35 | 0,20 | 0,50 | 0,20 | 0,33 |
| 108 | 0,48 | 0,32 | 0,20 | 0,48 | 0,20 | 0,32 |
| 109 | 0,46 | 0,33 | 0,21 | 0,49 | 0,20 | 0,28 |
| 111 | 0,48 | 0,38 | 0,24 | 0,49 | 0,24 | 0,37 |
| 112 | 0,46 | 0,36 | 0,23 | 0,46 | 0,23 | 0,36 |
| 115 | 0,49 | 0,44 | 0,27 | 0,51 | 0,27 | 0,41 |
| 116 | 0,46 | 0,42 | 0,27 | 0,47 | 0,27 | 0,46 |
| 117 | 0,52 | 0,50 | 0,31 | 0,58 | 0,31 | 0,43 |

U tabeli br. 1 su prikazane vrednosti srednjih grešaka po osama prostornog koordinatnog sistema i poluprečnici elipsoida grešaka.

Kod analize ovih podataka mora se voditi računa da poluprečnici elipsoida prostorne greške nisu paralelni osama. U okviru izlaznih rezultata se dobijaju parametri (uglovi) koji definišu njihov međusobni položaj. Iz podataka izravnanja se vidi da su sve srednje greške po osama koordinatnog sistema oko ± 4 mm u horizontalnoj ravni i oko ± 2 mm u vertikalnoj ravni. Ta postignuta tačnost uglavnom zadovoljava projektom definisanu tačnost određivanja deformacija od ± 5 mm.

Upoređujući najverovatnije vrednosti prostornih koordinata svih tačaka modela ($y_i$, $x_i$, $z_i$) sa odgovarajućim vrednostima dobijenih klasičnim postupcima (posebno $x_i$, $y_i$, iz izravnanja dvodimenzionalne mreže i $Z_i$ iz nivelmanske mreže) konstatovane su razlike samo u granicama tačnosti merenja. To ukazuje da se za određivanje deformacija mogu koristiti trodimenzionalni modeli čime se eliminiše stari i vremenski dugotrajni geometrijski nivelman. Ukoliko se želi postići veća tačnost određivanja prostornih koordinata, a samim tim i deformacija, za eliminisanje uticaja koeficijenata refrakcije se mora koristiti prvi ili drugi postupak definisan u poglavlju 3.

## 5. ZAKLJUČAK

Prikazani postupak primene trodimenzionalnog izravnanja u deformacionim modelima ukazuje da se iz procesa deformacionih merenja može eliminisati stari geometrijski nivelman. Raspoloživi instrumenti sa pratećim priborom i urađeni programi za numeričku obradu podataka omogućuju neometanu primenu predloženog postupka u praksi. Ukoliko se želi postići povećana tačnost određivanja prostornih koordinata uticaj refrakcije se može eliminisati nekim od predloženih postupaka. Eliminisanje geometrijskog nivelmana iz procesa merenja, primenom trodimenzionalnog izravnanja predstavlja jednu inovaciju i osavremenjavanje postupka određivanja deformacija o kojem se mora voditi računa.

## LITERATURA:

[1] Činklović N.: Analiza i prethodna ocena tačnosti preciznih geodetskih merenja, Beograd, Građevinski fakultet, 1976.
[2] Kuntz, E., Schmitt, G.: Präzisionshöhenmessung durch Beobachtung gleichzeitig-gegenseitiger Zenitdistanzen, AVN 11—12/1985.
[3] Hirsch, O.: Zur Genauigkeit des trigonometrischen Nivellments-von optischen zum Informatiktheodolit, Ingenieurvermessung 84, Dümmler, Bonn. 1984.
[4] Kontić, S., Ninkov, T.: Osavremenjavanje postupaka određivanja deformacija građevinskih objekata, Savjetovanje o primeni geodezije u hidrogradnji i hidrotehnici, Split 1985.
[5] Ninkov, T., Biač, Z.: Savremena geodezija i njena primena kod osmatranja visokih brana, Savetovanje Jugos. društva za visoke brane Mostar 1986.
[6] Storz, K.: Erweiterung eines Programms zur freien Ausgleichung dreidimensionaler Netze in einem kartesischen Koordinatensystem, Diplomarbeitt, Universität Karlsruhe, 1983.
[7] Vranić, M.: Određivanje deformacija savremenim geodetskim metodama Diplomski rad, Građevinski fakultet, Beograd, 1987.

## SIŽE

U radu se daje prikaz matematičkog modela trodimenzionalnog izravnanja lokalnih geodetskih mreža i njegove moguće primene u inženjerskoj geodeziji. Efikasna primena trodimenzionalnog izravnanja je omogućena pojavom savremenih geodetskih instrumenata za brzo i jednostavno merenje i registraciju uglovnih i linearnih veličina. Ilustracija mogućeg korišćenja trodimenzionalnog izravnanja je data prikazom rezultata njegove primene na deformacioni model brane »Brestovac« kod Bojnika.



## ZUSAMMENFASSUNG

In dieser Arbeit wird eine Übersicht über das matematisches Modell einer raumlichen Ausgleichung der lokalen geodätischen Netzen gegeben, wie auch seine Anwendung in Ingenieurgeodäsie. Die wirksame Anwendung einer raümlichen Ausgleichung ist heute mit Benutzung moderner geodätischen Geräten für schnelle und einfache Messung und Registrierung der Messdaten möglich. Die Veranschanlichung einer möglichen Benutzung der raümlicher Ausgleichung wird mit der Übersicht der Ergebnisen am Damm »Brestovac« bei Bojnik gegeben.


Primljeno: 1987-02-26