UDK 528.482:681.3.06
Stručni rad

IDENTIFIKACIJA STABILNIH TAČAKA GEODETSKIH 2-D MREŽA — PROGRAM ISTGE2

Ivan ALEKSIĆ — Beograd*

1. UVOD

U posljednje vreme kada naučna i stručna geodetska javnost ulaže napore u cilju iznalaženja najboljeg rešenja deformacione analize, prof. K. Mihailović dao je svoj doprinos ovoj problematici serijom radova [1], [5]. Pristup rešenju problema razlikuje se od već postojećih rešenja. Iz matematičkih modela datih u navedenim radovima iskristalisale su se tri metode: metoda translacije koordinatnog sistema, metoda rotacije koordinatnog sistema i kombinovana metoda.

Prof. K. Mihailović i autor ovoga rada su izveli prvi eksperiment u proleće 1985. godine, u cilju provere pouzdanosti novog modela. U poslednje tri godine, pored novih teorijskih saznanja, izvršeno je niz eksperimentalnih analiza koje su prezentovane u [8] i određenog broja diplomskih radova studenata Građevinskoog fakulteta Instituta za geodeziju. Ponovo, ovoga leta, prof. K. Mihailović i autor ovoga rada, realizovali su novi eksperiment, ali ovoga puta sveobuhvatniji, te se i eksperimentalnim putem uverili u moć sve tri navedene metode.

Nakon teorijskih i eksperimentalnih istraživanja, koja su pokazala izuzetnu pouzdanost predloženih metoda, predstoji praktična primena. Da bi se to olakšalo, pojednostavilo i ubrzalo napisan je program ISTGE2 — Identifikacija Stabilnih Tačaka Geodetskih 2 — D mreža. Program je kompleksan, obuhvata teorijska saznanja od identifikacije najstabilnije tačke do testiranja statističkih hipoteza· ISTGE2 napisan je sa uputstvom za rad, sadrži niz komentara i sugestija, tako da korisniku još u prvom susretu omogućuje lak i ugodan rad.

2. MATEMATIČKI MODELI IDENTIFIKACIJE STABILNIH TAČAKA

Identifikaciju stabilnih tačaka u 2-D geodetskim mrežama moguće je izvršiti jednim od tri predložena matematička modela:

1. metodom translacije koordinatnog sistema

*Mr. Ivan Aleksić, Građevinski fakultet, Institut za geodeziju, Beograd, Bulevar revolucije 73.

2. metodom rotacije koordinatnog sistema
3. kombinovanom metodom (rotacija i translacija sistema).

Neophodne veličine za doslednu primenu metode translacije koordinatnog sistema su:

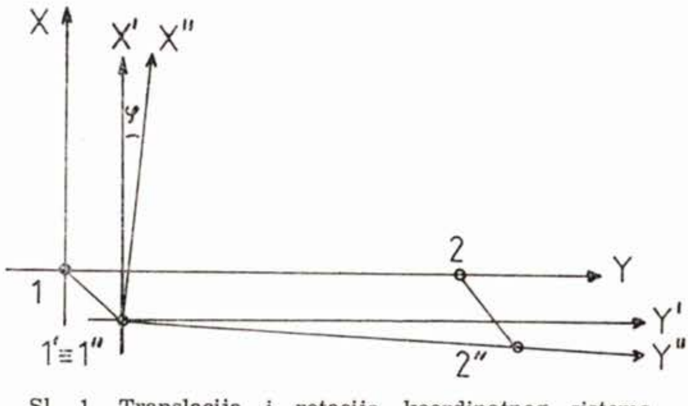
— koordinate tačaka u prethodnoj (nultoj) epohi X_i, Y_i. Početak koordinatnog sistema XOY se postavlja u proizvoljnoj tački sa konstantnim parametrima translacije $X_i = Y_i = const$ $(X_1 = Y_1 = 100,\ 100 \ldots)$ i parametrom rotacije $\nu_{12} = const = 90°$.

— Koordinate tačaka u tekućoj epohi X_i, Y_i. Početak koodinatnog sistema X'O'Y je u istoj tački kao i sistema XOY sa identičnim parametrima translacije $(X'_1 = X_1$ i $Y'_1 = Y_1)$ ali parametrom rotacije $\nu_{1'2'} = 90° + \varphi$. Ugao rotacije φ između koordinatnih sistema XY i X' Y' je razlika direkcionih uglova $\varphi = \nu_{1'2'} — \nu_{12}$ koji se dobijaju iz direktno merenih azimuta. U cilju primene metode rotacije koordinatnog sistema neophodne veličine su:

— koordinate tačaka u prethodnoj epohi X_i, Y_i određene identično slučaju metode translacije koordinatnog sistema.

— Koordinate tačaka u tekućoj epohi X_i'', Y_i''. Početak koordinatnog sistema XY sa istim parametrima translacije i rotacije $(X_1'' = X_1$, $Y_1'' = Y_1$ i $\nu_{1''2''} = 90°)$

Pri tom treba imati u vidu da su se tačke za koje je vezan koordinatni sistem u opštem slučaju pomerile u tekućoj seriji (sl. 1).



Sl. 1. Translacija i rotacija koordinatnog sistema.

Kada su poznate koordinate nulte serije X_i, Y_i i tekuće X_i'', Y_i'' a pri tom nisu izvršena opažanja azimuta u cilju dobijanja ugla rotacije φ koordinatnih sistema XOY i X''O''Y'' onda se d određuje računskim putem za svaku stranu.

$$\mathcal{S}_i + d\mathcal{S}_i + \varepsilon_i = \nu_i'' - \nu_i, \qquad i = 1, 2, \ldots, r$$

gdje je : $r = n(n-1)/2$

$d\varphi_i$ — ugao rotacije i-te strane posledica pomeranja tačaka

ε_i — greška rezultata merenja

n — broj svih tačaka u mreži

Iz ukupnog broja uglova rotacije strana vrši se selekcija tako što se za dalja razmatranja zadržavaju uglovi koji se grupišu u granicama tačnosti merenja u najvećem broju oko neke vrednosti. Izabrani uglovi rotacije opterećeni su samo greškama rezultata merenja

$$\mathscr{S}_i + \varepsilon_i = \nu_i'' - \nu_i, \qquad i = 1, 2, \ldots, r_1 \tag{2.1}$$

gde je

$$r_1 = n_1(n_1 - 1)/2$$

a n_1 broj stabilnih tačaka. Iz razlika strana nulte S_i i tekuće serije S_i'' sledi

$$dS_i + \varepsilon_i = S_i'' - S_i, \qquad i = 1, 2, \ldots, r$$

gde je: dS_i — deformacija strane izazvana pomeranjem tačaka,

ε_i — greške rezultata merenih strana.

Na osnovu razlika strana nulte i tekuće serije vrši se selekcija onih strana čije su razlike u granicama tačnosti merenja. Izabrane strane su opterećene samo greškama rezultata merenja.

$$\varepsilon_i = S_i'' - S_i, \qquad i = 1, 2, \ldots, r_1$$

Definitivni izbor stabilnih tačaka vrši se na osnovu odabranih uglova rotacije i odabranih strana, tako što se za stabilne tačke proglašavaju one koje su istovremeno sadržane u odabranom uglu rotacije i odabranoj nedeformisanoj strani. Ovo bi bio sažet prikaz metode rotacije koordinatnog sistema a detaljno je dat u [2].

Kombinovana metoda identifikacije stabilnih tačaka primenjuju se kada nisu obavljena merenja azimuta u cilju dobijanja direkcionih uglova odnosno, ugla rotacije između koordinatnih sistema. Najverovatnija vrednost ugla rotacije koordinatnog sistema dobija se na osnovu vrednosti (2.1) u obliku uopštene aritmetičke sredine

$$\overline{\mathscr{S}} = f(\mathscr{S}_i + \varepsilon_i,) \qquad i = 1, 2, \ldots, r_1$$

ili unimodalne transformacije [4]. Kada je određena vrednost ugla rotacije vrši se transformacija koordinata X_i'', Y_i'' u X_i', Y_i' jednačinama

$$Y_i' = Y_i'' \cdot \cos\overline{\varphi} + X_i'' \cdot \sin\overline{\varphi}$$

$$X_i' = X_i'' \cdot \cos\overline{\varphi} - Y_i'' \cdot \sin\overline{\varphi}$$

Kako su sada na raspolaganju koordinate nulte serije X_i, Y_i i transformisane koordinate tekuće serije X_i', Y_i' za identifikaciju stabilnih tačaka primenjuje se metoda transformacije koordinatnog sistema. Iz dosadašnjih izlaganja proizlazi da problem identifikacije stabilnih tačaka u 2-D mrežama možemo podeliti u dva slučaja:

— prvi, kada su mereni azimuti u mreži

— drugi, kada nisu mereni azimuti.

U prvom slučaju određuju se koordinate tačaka u obe serije X_i, Y_i i X_i', Y_i' i nakon toga odmah primenjuje metoda translacije koordinatnog sistema. U drugom, određuju se koordinate X_i, Y_i i X_i'', Y_i'', računskim putem ugao φ zatim, transformacija koordinata X_i'', Y_i'' u X_i', Y_i' pa sledi primena metode translacije koordinatnog sistema. Očigledno u oba slučaja je prisutna metoda translacije koordinatnog sistema i ovo je osnovni motiv za razvoj programa ISTGE2 na bazi ove metode jer na ovaj način ima opšti karakter. U cilju lakšeg razumevanja funkcije programa ISTGE2 u narednom poglavlju dat je matematički model metode translacije koordinatnog sistema.

3. METODA TRANSLACIJE KOORDINATNOG SISTEMA

Neka su poznate koordinate tačaka u prethodnoj X_i, Y_i i tekućoj seriji X_i', Y_i'. Razlike koordinata ovih serija predstavljaju prividna pomeranja tačaka

$$dX_i' = X_i' - X_i$$

$$dY_i' = Y_i' - Y_i, \quad i = 1, 2, \ldots, n \tag{3.1}$$

gde je n broj svih tačaka u mreži. Ove diferencijalne veličine su u funkciji pomeranja koordinatnog sistema d_{kx} i d_{ky}, sopstvenog pomeranja tačaka dX_i i dY_i i grešaka rezultata merenih veličina ε_i

$$dX_i' = d_{KX} + dX_i + \varepsilon_i$$

$$dY_i' = d_{KY} + dY_i + \varepsilon_i \tag{3.2}$$

Jednačine (3.2) odnose se na nestabilne tačke, dok za stabilne tačke važe relacije

$$dX_{Si}' = X_{Si}' - X_{Si} = d_{KX} + dX_{Si} + \varepsilon_i$$

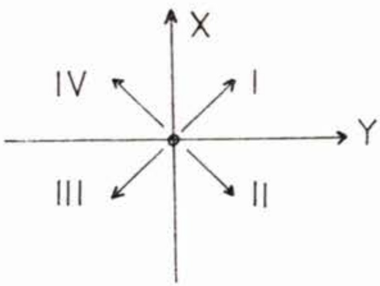
$$dY_{Si}' = Y_{Si}' - Y_{Si} = d_{KY} + dY_{Si} + \varepsilon_i \tag{3.3}$$

gde je dX_{Si} i dY_{Si} sopstveno pomeranje stabilne tačke. U idealnom slučaju za stabilne tačke bi važilo $dX_{Si} = dY_{Si} = O$. Međutim, u praktičnom treba imati u vidu da su i koordinate stabilnih tačaka određene u funkciji rezultata posrednih merenja koja sadrže greške merenja.

3.1. *Opšta tendencija poznata*

Ako je poznata opšta tendencija pomeranja tla (sl. 2) onda će vrednosti prividnih pomeranja za najstabilniju tačku biti:

1. SEGMENT dX'_{min} i dY'_{min},
2. SEGMENT dX'_{max} i dY'_{min},
3. SEGMENT dX'_{max} i dY'_{max},
4. SEGMENT dX'_{min} i dY'_{max}.



Sl. 2. Segmenti pomeranja.

Relativna pomeranja tačaka u odnosu na najstabilniju tačku u zavisnosti od segmenta su:

$$dX_i = dX'_i - dX'_{(min,\ max)}$$

$$dY_i = dY'_i - dY'_{(min,\ max)} \tag{3.4}$$

a za najstabilniju tačku su jednaka nuli $dX_S = dY_S = 0$. Ako postoji n stabilnih tačaka čije se koordinate nalaze u granicama tačnosti merenja onda, se na osnovu njihovih prividnih pomeranja određuju koordinate fiktivne najvjerovatnije stabilne tačke u obliku srednje vrednosti

$$\overline{dX'} = (1/n) \cdot \sum_{i=1}^{n} dX'_{i(min,\ max)}$$

$$\overline{dY'} = (1/n) \cdot \sum_{i=1}^{n} dY'_{i(min,\ max)} \tag{3.5}$$

a zatim u odnosu na nju, relativna pomeranja

$$dX_i = dX'_i - \overline{dX'}$$

$$dY_i = dY'_i - \overline{dY'}. \tag{3.6}$$

Intenzitet i smer vektora relativnih pomeranja su

$$d_i = \sqrt{dX_i^2 + dY_i^2}, \qquad tg\,\Theta = dY_i/dX_i \tag{3.7}$$

3.2. *Matrica kofaktora relativnih pomeranja*

A. Slučaj jedne stabilne tačke

Ako u mreži ne postoji nijedna stabilna tačka, ova metoda otkriće najstabilniju među njima. Prema tome, razmotrimo slučaj najstabilnije tačke ili jedne stabilne tačke, što je za dalja razmatranja identično. Relativna pomeranja svih tačaka u mreži (3.4) napišemo u obliku

$$dX_i = (X_i' - X_i) - (X_S' - X_S), \qquad i = 1, 2, \ldots, n$$

$$dY_i = (Y_i' - Y_i) - (Y_S' - Y_S) \tag{3.8}$$

ili

$$dX_i = (X_i' - X_S') - (X_i - X_S), \qquad i = 1, 2, \ldots, n$$

$$dY_i = (Y_i' - Y_S') - (Y_i - Y_S)$$

a u matričnom obliku

$$dX = B \cdot X' - B \cdot X$$

$$dY = B \cdot Y' - B \cdot Y \tag{3.9}$$

gde su

$$(X')^T = [X_1', X_2', \ldots, X_S', \ldots, X_n']$$

$$X^T = [X_1, X_2, \ldots, X_S, \ldots, X_n]$$

$$(Y')^T = [Y_1', Y_2', \ldots, Y_S', \ldots, Y_n']$$

$$Y^T = [Y_1, Y_2, \ldots, Y_S, \ldots, Y_n] \tag{3.10}$$

Matrica B identična je za X i Y osu iz razloga što pokazatelji za najstabilniju tačku moraju biti u suglasnosti. Naime, nedopustivo je da jedna tačka bude stabilna po X osi a ne po Y ili obratno. Koeficijenti matrice B imaju značenje:

— stabilna tačka $B\,(i, j) = 0, \; , i = j, \; i, j = 1, 2, \ldots, n$
$B\,(i, j) = -1, \; i \neq j,$

— nestabilne tačke $B\,(i, j) = 1 \; , i = j$
$B\,(i, j) = 0 \; , i \neq j$

Matrice kofaktora relativnih pomeranja tačaka u odnosu na najstabilniju tačku dobijaju se iz (3.9) u obliku

$$Q_{dX} = B \cdot Q_{X'} \cdot B^T + B \cdot Q_X \cdot B^T = 2 \cdot B \cdot Q_X \cdot B^T$$

$$Q_{dY} = B \cdot Q_{Y'} \cdot B^T + B \cdot Q_Y \cdot B^T = 2 \cdot B \cdot Q_Y \cdot B^T \qquad (3.11)$$

jer se podrazumeva da je geometrija mreže ista u obe serije. Kofaktor matrice Q_x i Q_y dobijaju se nakon izravnanja mreže u prethodnoj seriji. Imajući u vidu strukturu matrice B očigledno sledi da su matrice Q_x i Q_y dimenzija $n \times n$. Vrste i kolone matrica Q_x i Q_y koje se odnose na tačke u izravnanju mreže za otklanjanje defekta funkcionalnog modela, imaju vrednosti elemenata jednake nuli.

B. Slučaj više stabilnih tačaka

Neka u mreži ima:

— n_1 stabilnih tačaka

— n_2 nestabilnih tačaka.

Na osnovu prividnih pomeranja n_1 stabilnih tačaka, određuju se najvjerovatnija fiktivna vrednost

$$\overline{dX'} = (1/n_1) \cdot \sum_{i=1}^{n_1} dX'_i, \qquad \overline{dY'} = (1/n_1) \cdot \sum_{i=1}^{n_1} dY'_i \qquad (3.12)$$

Relativna pomeranja su:

— za stabilne tačke

$$dX_i = dX_i - \overline{dX'} = (dX_i - X_i) - \frac{1}{n_1} \cdot \sum_{i=1}^{n_1} (X'_i - X_i) = (X'_i - \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} X'_i) -$$

$$- (X_i - \frac{1}{n_1} \cdot \sum_{i=1}^{n_1} X_i)$$

$$dY_i = (Y'_i - \frac{1}{n_1} \cdot \sum_{i=1}^{n_1} Y'_i) - (Y_i - \frac{1}{n_1} \cdot \sum_{i=1}^{n_1} Y_i), \qquad i = 1, 2, \ldots, n_1$$

— za nestabilne tačke

$$dX_j = (X_j - \frac{1}{n_1} \cdot \sum_{i=1}^{n_1} X'_i) - (X_j - \frac{1}{n_1} \cdot \sum_{i=1}^{n_1} X_i)$$

$$dY_j = (Y_j - \frac{1}{n_1} \cdot \sum_{i=1}^{n_1} Y'_i) - (Y_j - \frac{1}{n_1} \cdot \sum_{i=1}^{n_1} Y_i), \qquad j = 1, 2, \ldots, n_2$$

ili u matričnom obliku

$$dX = B \cdot X' - B \cdot X, \qquad dY = B \cdot Y' - B \cdot Y$$

gde je,

$$B_{n \times n} = \frac{1}{n_1} \cdot \begin{bmatrix} n_1 - 1 & -1 & -1 & \ldots & -1 & 0 & & \ldots & 0 \\ -1 & n_1 - 1 & -1 & \ldots & -1 & \cdot & & & \cdot \\ -1 & -1 & n_1 - 1 & \ldots & -1 & 0 & & \ldots & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \ldots & \cdot & n_1 & 0 & \ldots & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \ldots & \cdot & 0 & n_1 & \ldots & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \ldots & \cdot & \cdot & \cdot & \ldots & \cdot \\ -1 & -1 & -1 & \ldots & n_1 - 1 & 0 & 0 & & n_1 \end{bmatrix}$$

Koeficijenti matrice B imaju značenje:

— stabilne tačke	$B\,(i, j) = (n_1 - 1)/n_1$	, $i = j$
	$B\,(i, j) = -1/n_1$	, $i \neq j$
— nestabilne tačke	$B\,(i, j) = 1$	, $i = j$
	$B\,(i, j) = 0$	, $i \neq j$

Matrica kofaktora relativnih pomeranja ima oblik (3.11).

3.3. *Testiranje stabilnih tačaka*

Kada su na raspolaganju informacije iz izravnanja prethodne i naredne epohe moguće je izvršiti statističko testiranje hipoteza na osnovu rezultata merenja u mreži. Imajući u vidu rezultate stohastičkog modela iz izravnanja, primenjuje se Studentov raspored. Relativna pomeranja su slučajne veličine, pa su hipoteze:

— nulta $\quad Ho: M\,[dX] = O$ i $M\,[dY] = O$

— alternativna $\quad Ha: M\,[dX] \neq O$ i $M\,[dY] \neq O$

$$t_{Xi} = \frac{dX_i}{m_{dXi}} = \frac{dX_i}{m_0 \sqrt{(Q_{dX})_{ii}}}, \qquad t_{Yi} = \frac{dY_i}{m_{dY_i}} = \frac{dY_i}{m_0 \cdot \sqrt{(Q_{dY})_{ii}}}$$

gde je

$$m_0 = \sqrt{\frac{V^T \cdot P \cdot V + V'^T \cdot P' \cdot V'}{2 \cdot (n - u)}}$$

za istu geometriju mreže i homogenu tačnost merenih veličina u obe epohe, a pri tom je broj stepeni slobode $f = 2\,(n\text{-}u)$ Studentovog rasporeda. Izbor kritične vrednosti $t\,(1 - \alpha/2, f)$ i zavisi od broja stepeni slobode i praga značajnosti, (najčešće $\alpha = 0.05$). Odluke o prihvatanju ili odbacivanju hipoteza donosimo na sledeći način:

nulta hipoteza Ho;

— ako je $t_x < t$ ili $t_y < t$, usvajamo Ho a tačke su stabilne,

— ako je $t_x > t$ ili $t_y > t$, odbacujemo Ho a tačke su nestabilne

(moguća pojava greške prve vrste α, tačka se proglašava nestabilnom kada je stabilna)

alternativna hipoteza Ha;

— ako je $t_x < t$ ili $t_y < t$, prihvatamo hipotezu Ha a tačke su

stabilne (moguća pojava greške druge vrste, tačka se proglašava stabilnom kada je nestabilna)

— ako je $t_x > t$ ili $t_y > t$, odbacujemo Ha a tačke su nestabilne.

U slučaju jedne stabilne tačke odnosno, najstabilnije tačke, matematički model identifikacije stabilnih tačaka transformacijom koordinatnog sistema, ovu tačku identifikuje sa verovatnoćom $P = 1$, što znači da proglašava da stabilna tačka predstavlja siguran događaj. Prema tome u ovom slučaju suvišno je postavljanje statističkih hipoteza. Hipotetična stanja nastupaju kada treba ustanoviti da li pored c־re stabilne tačke postoji još izvestan broj stabilnih tačaka.

3.4. *Pomeranje u različitim pravcima*

Kada je prisutno pomeranje tla u različitim pravcima onda, matematički model koji se odnosi na pojedine segmente, ne primenjujemo jer logički donešeni zaključci za njih u ovom slučaju ne važe. Neophodno je posmatrati vrednosti u granicama tačnosti merenja. Broj vrednosti koje se grupišu u granicama tačnosti merenja ekvivalentan je broju stabilnih tačaka. Ako od n posmatranih prividnih pomeranja postoji n_1 vrednosti koje se grupišu, onda na osnovi njihovih prividnih pomeranja određujemo srednje vrednosti

$$\overline{dX'} = \frac{1}{n_1} \cdot \sum_{i=1}^{n_1} dX'_i, \qquad \overline{dY'} = \frac{1}{n_1} \cdot \sum_{i=1}^{n_1} dY'_i$$

zatim relativna pomeranja

$$dX_i = dX_i - \overline{dX'}, \qquad dY_i = dY_i - \overline{dY'}, \qquad i = 1, 2, \ldots, n$$

a na kraju intenzitet i smer vektora relativnih pomeranja. Treba naglasiti da selekcija stabilnih tačaka na ovaj način zavisi i od intervala granica tačnosti merenja. Prema tome, njemu se mora posvetiti posebna pažnja. Obrazovanje matrice B i testiranje statističkih hipoteza analogno je slučaju više stabilnih tačaka kada je poznata tendencija.

4. FUNKCIJE PROGRAMA ISTGE2

4.1. *Osnovne karakteristike programa*

Izvorni program ISTGE2 napisan je na dobro poznatom programskom jeziku FORTRAN 77. Kompilacija ovog programa izvršena je sa prevodiocem RM/FORTRAN Compiler-om, verzija 2.42, napisana 1987. godine. Izvođenje programa testirano je na IBM personalnim računarima, XT i AT. Naravno program će funkcionirati i na IBM kompatibilnim računarima. ISTGE2 je napisan u osnovnoj verziji 2.0 tako da je ostavljena mogućnost razvoja narednih verzija u skladu sa novim teorijskim saznanjima. Izvršna verzija ISTGE2. EXE zavisi od broja tačaka u mreži: za 30 tačaka 103 Kb, za 50 tačaka 213 Kb itd. Komunikacija korisnika sa programom je jednostavna od samog početka izvršenja. ISTGE2 sadrži kratko uputstvo za rad, tako da korisniku već u prvom susretu omogućuje ugodan rad, daje korisne sugestije, nudi različite izbore, koriguje ga u radu zahtevajući i ako je neophodno unošenje ponovnih korektnih vrednosti. Unošenje neophodnih podataka je po želji korisnika, direktno preko monitora ili već ranije formiranih datoteka. Jednom unešeni podaci ostaju trajno zapisani u memoriji računara, kao i rezultati analize u vidu datoteka, koje se dalje mogu štampati po želji ili zapisivati na disketama, što omogućuje efikasnu distribuciju.

4.2. *Struktura programa ISTGE2*

Struktura programa ISTGE2 prati pristup rešenju problema identifikacije stabilnih tačaka u 2-D mrežama. U daljem tekstu prikazan je komentar strukture ISTGE2.

4.3 *Test primer*

U ovom delu pokazan je test primer identifikacije stabilnih tačaka, koji se odnosi na slučaj pomeranja tačaka u svim pravcima. Ovaj test primer je rezultat analize programa ISTGE2 a prikaz koji sledi je datoteka ISTGE2. DAT.

```
-   P R O G R A M     I S T G 2 .
-   PROGRAMSKI JEZIK : FORTRAN  77.
-   COMPILER : RM/FORTRAN  ver 2.42, NAPISANA 1987 godine.
    ***************************************************************
    *                                                             *
    *     II   SSSS   TTTTTT   GGGGGG   EEEEEE     222222         *
    *     II   SS       TT     GG       EE             22         *
    *     II   SSSS     TT     GGGGGG   EEEEEE  *  222222         *
    *     II     SS     TT     GG  GG   EE         22             *
    *     II   SSSS     TT     GGGGGG   EEEEEE     222222         *
    *                                                             *
    *              verzija  2.0                                   *
    ***************************************************************
-   FUNKCIJA : IDENTIFIKACIJA STABILNIH TACAKA GEODETSKIH 2-D MREZA
               METODOM TRANSLACIJE KOORDINATNOG SISTEMA .
-   N - BROJ TACAKA U MREZI .
-             **    DIMENZIONISANI VEKTORI:  **
    T(N) - BROJEVI TACAKA U MREZI ,
    X(N),Y(N) -KOORDINATE NULTE EPOHE ,
    XP(N),YP(N) - KOORDINATE NAREDNE EPOHE ,
    DXP(N),DYP(N) - PRIVIDNE DEFORMACIJE  ,
    DX(N) ,DY(N) - RELATIVNE DEFORMACIJE  ,
    S(N),U(N) - INTENZITET I SMER VEKTORA RELATIVNIH DEFORMACIJA ,
    TSX(N),TSY(N) - TEST STATISTIKA ,
    TS(N) - KVANTILI STUDENTOVE RASPODELE  ,
    STA(N), STX(N),STY(N) - STABILNE TACKE  .
-             **    DIMENZIONISANE MATRICE     **
    Q(2*N,2*N) - MATRICA KOEFICIJENATA TEZINA NEPOZNATIH  ,
    QX(N,N) , QY(N,N) - KORELACIONE MATRICE PO OSAMA ,
    B(N,N)  - MATRICA  B  ,
    QDX(N,N) , QDY(N,N) - MATRICA KOEFIC.TEZINA RELATIVNIH DEFORMACIJA.
-   KADA POCNE IZVODENJE PROGRAMA , NAKON INFORMACIJA O NAZIVU I VERZIJI
    PROGRAMA,SLEDI UNOSENJE INFORMACIJA:MESTO/DATUM/VREME U FORMATU A60.
-   ISTGE2 SADA PRUZA MOGUCNOST IZBORA :
                   UPUTSTVO  ZA  RAD     : 0
                   ZA I      SEGMENT     : 1
                   ZA II     SEGMENT     : 2
                   ZA III    SEGMENT     : 3
                   ZA IV     SEGMENT     : 4
                   ZA RAZNE SEGMENTE     : 5
    KORISNIK SE OPREDELJUJE ZA IZBOR UNOSENJEM IDENTIFIKATORA I=1,2,..5.
-   NAZIV PROJEKTA : UNOSI SE U FORMATU  A60  .
-   UNOSENJE VEKTORA KOORDINATA :
              **    NULTA SERIJA      **
    ISTGE2 ISPITUJE DA LI JE OTVORENA DATOTEKA VEX0.DAT .
    AKO JESTE ONDA IZ NJE CITA BROJEVE TACAKA I KOORDINATE ;
    AKO NIJE OTVORENA DATOTEKA VEX0.DAT ONDA JE OTVARA I SLEDI UNOSENJE
    KOORDINATA PREKO MONITORA  KOJE CE PRE ZATVARANJA DATOTEKE BITI
    ZAPISANE NA NJOJ.
              **    TEKUCA SERIJA     **
    ISTGE2 ISPITUJE DA LI JE OTVORENA DATOTEKA VEXI.DAT.
    POSTUPAK JE IDENTICAN PRETHODNOM I U ISTOM FORMATU SE VRSI ZAPIS ZA
    KOORDINATE IZ TEKUCE SERIJE.
-   PRIVIDNE DEFORMACIJE
                              DXP(I)=XP(I)-X(I)
                              DYP(I)=YP(I)-Y(I)
```

```
                 --------------------------------------
                 !   IZBOR SEGMENATA  1 , 2 , 3 ILI 4 !
                 --------------------------------------
 -   ZA IZABRANE SEGMENTE I=1,2,3,4 ODREDUJU SE MINIMALNE ILI MAKSIMALNE
     VREDNOSTI : DXM ILI DYM
     A ZATIM ODREDUJU RELATIVNA POMERANJA
                             DX(I)=DXP(I)-DXM
                             DY(I)=DYP(I)-DYM  .
 -   ISTGE2  POZIVA POTPROGRAME D I D I R (N,DX,DY,S,U)
 -                              D S N S (N,DX,STX)
                                D S N S (N,DY,STY).
 -   ZAPISUJE REZULTATE DOSADASNJE ANALIZE NA DATOTECI  ISTGE2.DAT

 -                 ........................................
                   :    STATISTICKO TESTIRANJE HIPOTEZA   :
                   :          STUDENTOV  T- TEST          :
                   :     Ho:M[d]=0   i    Ha:M[d]=0       :
                   :......................................:

 -   ODLUKU O TESTIRANJU HIPOTEZA UNETI PUTEM IDENTIFIKATORA
                   ZA  T- TEST  :  1
                   BEZ T- TESTA :  2
 -   AKO SE UNESE IDENTIFIKATOR (2) ISTGE2 ZAVRSAVA SA RADOM I DAJE NA
     KRAJU NEOPHODNA OBAVESTENJA O FORMIRANIM DATOTEKAMA.
 -   AKO SE KORISNIK ODLUCI ZA TESTIRANJE HIPOTEZA (1) ONDA SLEDI:

 -         %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
           %  TESTIRANJE U ODNOSU NA NAJSTABILNIJU TACKU  %
           %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

  . ISTGE2 POZIVA POTPROGRAM    T E S T(N,V0,V1,MR,Q)
  .                   --- TEST  PO  X - OSI  ----
  . ISTGE2 POZIVA POTPROGRAME   B M A T(N,DX,B)
  .                             Q K O R M(N,B,QX,QDX)
  .                             S T A T (N,V0,V1,MR,QD,DX,TSX,STQX)
  .                             S R K V (N,MR,TSX,STA,TKS,NBTX)
  . REZULTATI TESTIRANJA ZAPISUJU SE NA DATOTECI ISTGE2.DAT
                      --- TEST  PO  Y -OSI  ---
  . ISTGE2 POZIVA POTPROGRAME   B M A T(N,DY,B)
  .                             Q K O R M(N,B,QY,QDY)
  .                             S T A T(N,V0,V1,MR,QD,DY,TSY,STQY)
  .                             S R K V(N,MR,TSY,STA,TKS,NBTY)
  . REZULTATI TESTIRANJA ZAPISUJU SE NA DATOTECI ISTGE2.DAT

 -         %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
           % TESTIRANJE U ODNOSU NA FIKTIVNU STABILNU TACKU %
           %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

  .                    --- TEST PO  X-OSI  ---
  . ISTGE2 POZIVA POTPROGRAME   F N V(N,NBTX,TSX,TKS,DXP,SUMX,DX)
  .                             B M A T S T(N,TSX,TKS,NBTX,B)
  .                             Q K O R M(N,B,QX,QDX)
  .                             S T A T(N,V0,V1,MR,QDX,DX,TSX,STQX)
  .                             S R K V(N,MR,TSX,STA,TKS,NBTX)
```

```
.                      --- TEST PO  Y-OSI  ---
. ISTGE2 POZIVA POTPROGRAME  F N V(N,NBTY,TSY,TKS,DYP,SUMY,DY)
.                            B M A T S T(N,TSY,TKS,NBTY,B)
.                            Q K O R M (N,B,QY,QDY)
.                            S T A T(N,V0,V1,MR,QDY,DY,TSY,STQY)
.                            S R K V(N,MR,TSY,STA,TKS,NBTY)
.                            D I D I R(N,DY,DX,S,U)
. REZULTATI ANALIZA ZAPISUJU SE NA DATOTECI  ISTGE2.DAT
-

                 ----------------------------------
                 :  ANALIZA RAZLICITIH SEGMENATA  :
                 ----------------------------------
-          ** ANALIZA PO  X - OSI  **
 . ISTGE2  POZIVA POTPROGRAM  T E N N E P(N,DXP,DGX,GRX,DX)
-          ** ANALIZA PO  Y - OSI  **
 . ISTGE2  POZUVA POTPROGRAM  T E N N E P(N,DXP,DGX,GRX,DX)
-   SLEDE POZIVI POTPROGRAMA  :D S N S N S(N,DX,DGX,STX,NBX)
                               D S N S N S(N,DY,DGY,STY,NBY)
                               D I D I R  (N,DX,DY,S,U)
-   REZULTATI ANALIZE ZAPISUJU SE NA DATOTECI  ISTGE2.DAT
-   KADA JE ISTGE2 ODREDIO BROJ\TACAKA KOJE SE GRUPISU OKO NEKE VREDNOSTI
    U GRANICAMA TACNOSTI MERENJA , ONDA ANALIZIRAJUCI SAMO NJIH ODREDUJE
    NAJSTABILNIJU TACKU MEDU NJIMA.
-   IMAJUCI NA RASPOLAGANJU NAJSTABILNIJU TACKU , TESTIRANJE STATISTICKIH
    HIPOTEZA VRSI PO ISTOM POSTUPKU ZA SLUCAJ POZNATIH SEGMENATA 1,2,3,4.
-   NA KRAJU RADA  I S T G 2  DAJE INFORMACIJE:

                 **************************************************
                 *              N A P O M E N E !                 *
                 *              =================                 *
                 *  REZULTATI ANALIZE SU U DATOTECI: ISTGE2.DAT   *
                 *  MATRICA KOEF.TEZINA  Q(I,J) U  :   QMAT.DAT   *
                 *  VEKTOR X(xo,yo),[O.ta serija]U :   VEX0.DAT   *
                 *  VEKTOR X(xi,yi),[I.ta serija]U :   VEXI.DAT   *
                 *       %%% KRAJ RADA U 2-D MREZI %%%            *
                 **************************************************
                     ********************************
                     *        KRAJ PROGRAMA         *
                     ********************************
```

```
****************************************************
*  ---------------------------------------------   *
*  IDENTIFIKACIJA  STABILNIH  TACAKA  U  2-D MREZI *
*  _____________________________________________   *
****************************************************
```

PROGRAM : I S T G E 2 ver 2.0
PROJEKAT : TEST PRIMER - TENDENCIJA =RAZNI SEGMENTI
MESTO / DATUM / VREME : BEOGRAD/25-09-1988/18h 50min/
BROJ TACAKA U MREZI: N = 5

Ti	NULTA SERIJA Xi	Yi	TEKUCA SERIJA XPi	YPi
1	100.000	100.000	100.000	103.000
2	200.000	200.000	203.000	200.000
3	300.000	300.000	302.000	302.000
4	400.000	400.000	408.000	408.000
5	500.000	500.000	512.000	511.000

Ti	PRIVIDNE DEFORMACIJE DXP	DYP	RELATIVNE DEFORMACIJE DX	DY
1	0.000	3.000	-1.667	1.333
2	3.000	0.000	1.333	-1.667
3	2.000	2.000	0.333	0.333
4	8.000	8.000	6.333	6.333
5	12.000	11.000	10.333	9.333
	GRX= 1.667	GRY= 1.667		

Ti	VEKTOR INTENZITET	DEFORMACIJA SMER	STABILNA TACKA X-OSA	Y-OSA
1	2.134	141.340	**DA**	**DA**
2	2.134	308.660	**DA**	**DA**
3	0.471	45.000	**DA**	**DA**
4	8.957	45.000	NE	NE
5	13.924	42.089	NE	NE

Interval granice tacnosti [X-osa] , DGX = 3.000
Interval granice tacnosti [Y-osa] , DGY = 3.000
Broj stabilnih tacaka [X-osa] , BSTX= 3
Broj stabilnih tacaka [Y-osa] , BSTY= 3

```
..................................................
:   STATISTICKO   TESTIRANJE   HIPOTEZA          :
:        STUDENTOV   T - TEST                    :
:   Ho: M[d]=0       i    Ha: M[d]#0             :
:................................................:
```

U ODNOSU NA NAJSTABILNIJU(E) TACKU(E)

--------- X - O S A : --------

Ti	SR.GR.REL.DEF Md=moSQRT(Qd)	TEST STAT. ti=di/Md	STABILNA TACKA
1	2.000	1.000	**DA**
2	2.000	0.500	**DA**
3	0.000	0.000	**DA**
4	2.000	3.000	NE
5	2.000	5.000	NE

Kvantil t-studentove raspodele [t0.95,f]= 2.776
Broj stabilnih tacaka BST= 3

-------- Y - OSA : --------

Ti	SR.GR.REL.DEF Md=moSQRT(Qd)	TEST STAT. ti=di/Md	STABILNA TACKA
1	2.000	0.500	**DA**
2	2.000	1.000	**DA**
3	0.000	0.000	**DA**
4	2.000	3.000	NE
5	2.000	4.500	NE

Kvantil t-studentove raspodele [t0.95,f]= 2.776
Broj stabilnih tacaka BST= 3

STATISTICKO TESTIRANJE HIPOTEZA
STUDENTOV T - TEST
Ho: M[d]=0 i Ha: M[d]#0

U ODNOSU NA FIKTIVNU STABILNU TACKU

Ti	PRIVIDNE DEFORMACIJE DXP	DYP	RELATIVNE DEFORMACIJE DX	DY
1	0.000	3.000	-1.667	1.333
2	3.000	0.000	1.333	-1.667
3	2.000	2.000	0.333	0.333
4	8.000	8.000	6.333	6.333
5	12.000	11.000	10.333	9.333
	SUMX= 1.667	SUMY= 1.667		

Ti	INTENZITET VEKTORA	SMER VEKTORA
1	2.134	141.340
2	2.134	308.660
3	0.471	45.000
4	8.957	45.000
5	13.924	42.089

-------- X - O S A : --------

Ti	SR.GR.REL.DEF Md=moSQRT(Qd)	TEST STAT. ti=di/Md	STABILNA TACKA
1	1.155	1.443	**DA**
2	1.155	1.155	**DA**
3	1.155	0.289	**DA**
4	1.633	3.878	NE
5	1.633	6.328	NE

Kvantil t-studentove raspodele [t0.95,f]= 2.776
Broj stabilnih tacaka [X-osa] , BSTX= 3

-------- Y - OSA : --------

Ti	SR.GR.REL.DEF Md=moSQRT(Qd)	TEST STAT. ti=di/Md	STABILNA TACKA
1	1.155	1.155	**DA**
2	1.155	1.443	**DA**
3	1.155	0.289	**DA**
4	1.633	3.878	NE
5	1.633	5.715	NE

Kvantil t-studentove raspodele [t0.95,f]= 2.776
Broj stabilnih tacaka [Y-osa] , BSTY= 3

* MATRICA B(I,J) *

1	0.667	-0.333	-0.333	0.000	0.000
2	-0.333	0.667	-0.333	0.000	0.000
3	-0.333	-0.333	0.667	0.000	0.000
4	-0.333	-0.333	-0.333	1.000	0.000
5	-0.333	-0.333	-0.333	0.000	1.000

* MATRICA QDx=2 B Qx BT *

1	1.333	-0.6667	-0.6667	-0.3311E-08	-0.3311E-08
2	-0.6667	1.333	-0.6667	-0.3311E-08	-0.3311E-08
3	-0.6667	-0.6667	1.333	0.6623E-08	0.6623E-08
4	-0.3311E-08	-0.3311E-08	0.6623E-08	2.667	0.6667
5	-0.3311E-08	-0.3311E-08	0.6623E-08	0.6667	2.667

* MATRICA QDy=2 B Qy BT *

1	1.333	-0.6667	-0.6667	-0.3311E-08	-0.3311E-08
2	-0.6667	1.333	-0.6667	-0.3311E-08	-0.3311E-08
3	-0.6667	-0.6667	1.333	0.6623E-08	0.6623E-08
4	-0.3311E-08	-0.3311E-08	0.6623E-08	2.667	0.6667
5	-0.3311E-08	-0.3311E-08	0.6623E-08	0.6667	2.667

MESTO / DATUM / VREME : BEOGRAD/25-09-1988/18h 50min/

(C) I. A.

LITERATURA

[1] Mihailović, K.: Nov pristup za određivanje stabilnih tačaka kod deformacionih merenja. Zbornik radova Instituta za geodeziju, Beograd, 1985.
[2] Mihailović, K.: Identifikacija stabilnih tačaka na osnovu rotacije koordinatnog sistema, Geodetska služba br. 43, Beograd, 1985.
[3] Mihailović, K.: Matematička obrada merenih veličina pri određivanju deformacija, Geodetski list, 1986, 4—6, 93—102.
[4] Mihailović, K.: Identifikacija stabilnih tačaka, Savetovanje u Prištini, 1988.
[5] Mihailović K.: Određivanje stabilnih repera, Geodetska služba br. 43, Beograd, 1985.
[6] Mierlo, j. van: A Testing Procedure for Analysing Geodatic Deformation Measurements, Proceedings of the II International Symposium of Deformation Measurements by Geodetic Methods, Bonn 1978.
[7] Pelzer, H.: Geodätische Netze in Landes- und Ingenieurvermessung II, Hanover 1985.
[8] Čvorović, M.: Prilog metodologiji otkrivanja stabilnih tačaka u trigonometrijskoj mreži pri pomeranju tla i objekata, disertacija. Beograd, 1986.
[9] Niemeier, W.: Deformationsanalyse aktueller Stand in Theorie und Praxis X. Internationaler Kurs für Ingenieurvermessung, Munchen 1988.

REZIME

U radu su prikazane mogućnosti identifikacije stabilnih tačaka metodama translacije koordinatnog sistema, rotacije koordinatnog sistema i njihova kombinacija. U cilju praktične primene metode translacije koordinatnog sistema u 2-D mrežama napisan je program ISTGE2 čije su funkcije u ovom radu objašnjene

ABSTRACT

The paper describes the possibilities to identify the stable points by the method of coordinate system translation or coordinate system rotation, and combination of both. For practicle use of the method of coordinate system translation for 2-D geodetic netorks, there is a writen computer program, by the name ISTGE2, and the paper describes its functions.

Primljeno: 1988-11-19