

ISPITIVANJE STABILNOSTI TRIANGULACIONIH TAČAKA NA PRIMJERU TRIANGULACIONE MREŽE GRADA TUZLE

*Smail PAŠALIĆ — Sarajevo**

UVOD

Ovim radom autor želi otvoriti stručnu polemiku o problemu stabilnosti triangulacionih tačaka postavljenih na terenu ugroženom deformacijama. Mišljenje autora ovog članka kao dugogodišnjeg saradnika na dijelu studije »Ispitivanje deformacija terena grada Tuzle geodetskim metodama« bitno se razlikuje od mišljenja u studiji koja je rađena pod vodstvom prof. dr Aleksandra Begovića, a koja se odnosi na istu problematiku. Vjerujem da je problem interesantan za širi krug geodetskih stručnjaka pa ga zato ovdje iznosim.

Elaborati i studije o deformacijama terena u Tuzli rade se od 1956. godine do danas i to svake godine ekipe geodetskih stručnjaka vrše mjerenje u prosjeku od oko mjesec dana, a nakon toga se vrši obrada i analiza deformacija koja obuhvata na stotine kucanih stranica. Autor postavljanja, obrade i analize ovog problema je pok. prof. dr Fethulah Smailbegović koji je i vodio ove poslove sve do svoje smrti 1973. godine.

Odavde se vidi koliko je to obilje podataka i rezultata, pa ću da iznesem samo bitne principe na kojima se zasnivaju sporni dijelovi ovih studija.

Studije koje je radio autor ovog članka nalaze se na Geodetskom odsjeku Građevinskog fakulteta u Sarajevu i u Direkciji za izgradnju grada Tuzle. Studija koja je rađena pod autorstvom prof. Begovića, nalazi se na Geodetskom odsjeku Građevinskog fakulteta u Beogradu i Direkciji za izgradnju grada Tuzle.

STUDIJA AUTORA OVOG ČLANKA

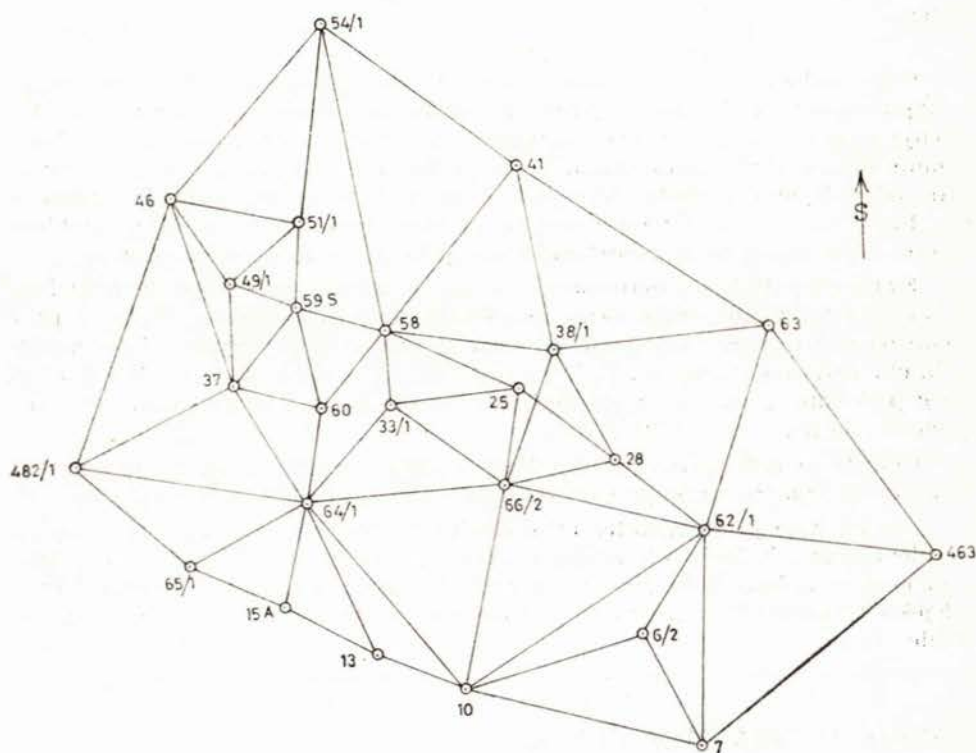
Obodne tačke triangulacione mreže (slika 1) postavljene su van sonog ležišta te s obzirom na to, a pogotovo na njihove razlike koordinata između serija (tabela 1) i srednje greške koordinata dobijene nakon izravnjanja, može se zaključiti da su ove tačke, u granicama grešaka mjerenja, stabilne.

Ovo slijedi otuda što koordinate obodnih tačaka mreže, s obzirom na odabranu bazu (© 463— © 482/1) imaju srednje greške od 0 do 20 mm. S obzirom

* Adresa autora: prof. dr Smail Pašalić, Građevinski fakultet Sarajevo, Hasana Brkića br. 24.

na to srednje greške razlika koordinata dviju serija kreću se u granicama od $0-20\sqrt{2}$ odnosno od $0-28,2$ mm.

Iz poređenja razlika u tabeli 1 i srednjih grešaka koordinata odgovarajućih tačaka za svaku seriju posebno, dobija se da su ove razlike u 95% slučajeva ispod dvostruke srednje greške razlika koordinata. Svega nekoliko razlika nalazi se između dvostruke i trostruke srednje greške odgovarajućih razlika koordinata. Ovo je, s obzirom na zakon vjerovatnoće (intervale povjerenja) odnosno teoriju grešaka, dokaz da su ove razlike nastale kao posljedica grešaka mjerenja. To znači, da se može zaključiti da su ove tačke, u granicama grešaka mjerenja, stabilne odnosno da su i tačke baze 463 i 482/1 stabilne.



Sl. 1

Uostalom bilo je dovoljno posmatrati položaj samo jedne tačke za koju smatramo da je čvrsta kroz sve navedene serije, pa ako u toku svih serija mjerenja razlike njenih koordinata ostanu u granicama grešaka mjerenja, znači da su ova tačka i tačke baze zadržale među sobom isti (čvrst) položaj. Prema tome, svaka tačka u tabeli 1 potvrđuje da su tačke baze čvrste. A to znači da imamo jedanaest nezavisnih dokaza.

Tabela 1.

Godina Tačka	Nulta serija						
	$Y_{76}-Y_{76}$ $X_{76}-X_{76}$	$Y_{77}-Y_{76}$ $X_{77}-X_{76}$	$Y_{78}-Y_{76}$ $X_{78}-X_{76}$	$Y_{79}-Y_{76}$ $X_{79}-X_{76}$	$Y_{80}-Y_{76}$ $X_{80}-X_{76}$	$Y_{81}-Y_{76}$ $X_{81}-X_{76}$	$Y_{82}-Y_{76}$ $X_{82}-X_{76}$
10	0	+4 mm	+12	+16	+23	+22	+25
	0	+13 mm	+16	+9	+14	+12	+17
7	0	-5	+7	+12	+11	-2	-7
	0	+7	+13	+7	+8	0	0
13	0	+21	+16	+5	+13	+9	+4
	0	+7	+16	+13	+10	+3	+7
63	0	+11	+9	+2	+3	-35	-46
	0	+10	-27	-28	-45	-38	-50
46	0	0	+3	+39	-28	+29	+44
	0	+15	+6	-19	-8	+11	-23
41	0	+23	+8	+30	+1	-12	-17
	0	+24	+2	-24	-16	-27	-40
1 SA	0	+16	+15	-8	+3	-	-
	0	+4	+18	+3	+4	-	-
54/1	0	+6	-11	+51	-4	-13	+44
	0	+40	+45	+19	+18	+8	-61
62	0	+2	+2	-1	-1	-33	-
	0	+18	+19	+18	+18	+9	-
65/1		0	+10	-1	+7	-	-
		0	+14	+20	+16	-	-
6/2	0	-7	+4	+1	+7	-12	-21
	0	+7	+6	+7	+6	+6	+4

STUDIJA RAĐENA POD VODSTVOM PROF. BEGOVIĆA

U ovoj studiji polazi se od uslovne (apriorne) tačnosti koordinata, bez obzira na položaj tačaka u mreži, a koja glasi:

$$m_x = m_y = 10 \text{ mm}$$

Zatim se za bazu usvajaju tačke 7 i 10 i posrednom metodom dobijaju, po serijama, koordinate svih ostalih tačaka, za mrežu na slici 1. Na onovu odstupanja koordinatnih razlika, po serijama, slijedi zaključak da su tačke koje imaju najmanje odstupanje (u apsolutnom iznosu) najstabilnije, a to su tačke: 7, 10, 13, 463 i 46. (str. 34 u studiji). Iz tabele 3. 4. ove studije vidi se da su odstupanja tačaka 7 i 10 nula (jer je to baza). Sa sl. 1 vidi se da su tačke 13, 463 blizu baze pa su za to i njihova odstupanja manja, što se moglo i očekivati. Tačka 46 je

udaljena od baze pa su zato i njena odstupanja daleko veća što se također moglo očekivati. Dakle, zahvaljujući ovakvom izboru baze ove tačke imaju takva odstupanja, pa zbog toga njihova stabilnost ne može se cijiniti na ovaj način.

Dalje se u studiji navodi »pouzdaniji« način određivanja stabilnosti tačaka pomoću Helmertove transformacije uklapanjem n-te serije mjerenja u nultu seriju.

Za određivanje transformacionih koeficijenata odabrane su tačke: 7, 10, 13, 463 i 46. Ovo odabiranje vršeno je tako što je u kombinaciju (za svaku seriju) uzimamo više tačaka, pa su odbacivane one sa većim odstupanjima koordinata, te uvijek dolazilo do iste grupe tačaka: 7, 10, 13, 463 i 46, što je kako ćemo kasnije vidjeti nemoguće. Ovaj postupak je nazvan »varijantna metoda«.

Na osnovu koordinata ovako odabranih tačaka transformisane su koordinate u svakoj seriji od 1974 do 1982. god.

Na osnovu odstupanja koordinata u pojedinim serijama donosi se ponovo zaključak da su tačke 7, 10, 13, 463 i 46 u razmatranom periodu najstabilnije i da se za analizu (numeričku obradu) samo te tačke uzimaju kao date (stabilne) tačke.

KRITIČKA ANALIZA PRINCIPA NA KOJIMA SE ZASNIVA STUDIJA PROF. A. BEGOVIĆA

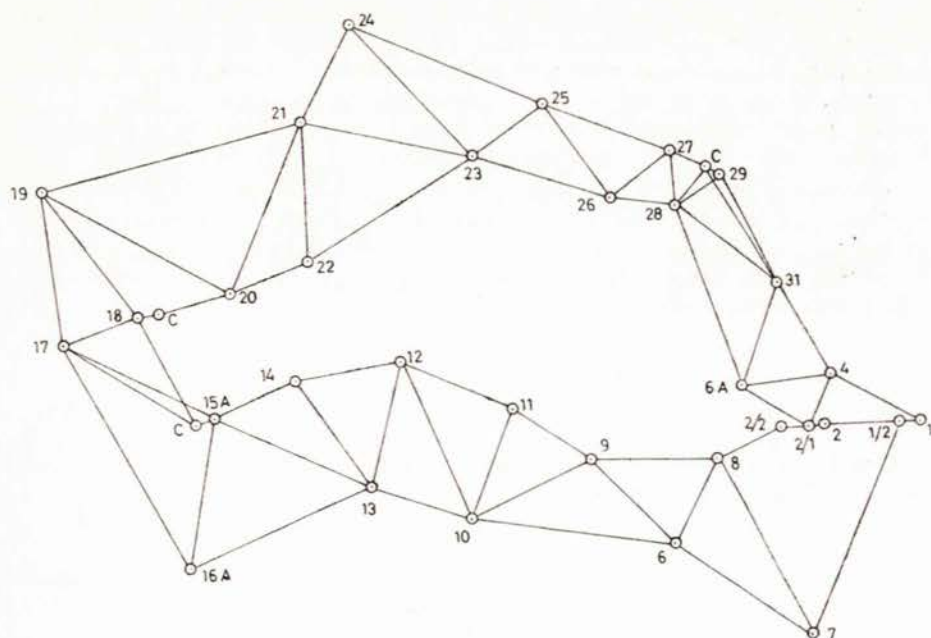
1. Ne može se analizirati stabilnost trigonometrijskih tačaka na osnovu zadate tačnosti, jer deformacije su stvarne vrijednosti i mogu se otkrivati samo pomoću ostvarene (postignute) tačnosti.

2. Nikakav dokaz nije da su tačke 7, 10, 13, 463 i 46 najstabilnije zato što su nakon Helmertove transformacije njihova odstupanja po koordinatama najmanja. Ova odstupanja moraju biti najmanja, jer su pomoću koordinata ovih tačaka određivani transformacioni koeficijenti, a to znači da je pod uslovom za njihove koordinate $[V_x V_x] + [V_y V_y] = \min$, podešavan koordinatni sistem, dok o koordinatama ostalih tačaka ovim uslovom nije vođeno računa, pa je normalno da će one, za istu stabilnost, u prosjeku imati veća odstupanja.

3. Susjedne tačke 7 i 10 su loša baza, jer su blizu, pa će greške koordinata, a time i razlike koordinata istih stabilnih tačaka u raznim serijama biti veće. To znači da će se i deformacije teže otkrivati.

4. U studiji ni na koji način nije vođeno računa o greškama koordinata s obzirom na položaj tačaka u mreži, odnosno o greškama izravnatih koordinata. Ovo se vidi iz analize trigonometrijske mreže na slici 2 (mrežu je postavio i obrađivao prof. F. Smailbegović) u kojoj jedan od glavnih zaključaka (na str. 31) glasi:

Tačke 1, 17, 4, 18, 19 i 20 su stabilne, a sve ostale tačke sjevernog lanca su nestabilne. Međutim, tačke 1, 17, 18 učestvuju u određivanju transformacionih koeficijenata sjevernog lanca, a tačke 4, 19 i 20 su blizu njih pa su im položajne greške, a time i razlika koordinata po serijama, za istu stabilnost, manje. Da su uzete neke druge tačke za određivanje transformacionih koeficijenata, onda bi se drugačije (prema njima) postavila nova situacija pa bi tada slijedio drugačiji zaključak.



Sl. 2

5. Varijantna metoda za odabiranje stabilnih tačkaka koja je u studiji primjenjena, ali za koju se ne daju nikakvi numerički podaci, u principu je pogrešna. Ovo zato što će tačke različito raspoređene u mreži imati različite položajne greške. Pri istoj geometrijskoj povezanosti, tačke udaljenije jedna od druge imaju u prosjeku veće apsolutne razlike položajnih grešaka. Greške funkcije izravnatih koordinata odnosno korelaciona matrica koordinata »Q« to najbolje ilustruje. To znači da će grupa tačkaka koje su međusobno bliže imati nakon Helmertove transformacije u prosjeku manja odstupanja od onih daljih. Ovo se najbolje vidi iz tabela u studiji: 3.13. do 3.21. u kojima tačke 15A, 16A, 64, 65, 6/1 imaju neki put, zbog svoje blizine grupi usvojeno stabilnih tačkaka (7, 10, 13, 463, 46) manja odstupanja od tih tačkaka. Ova bi odstupanja bila još manja da su tačke 15A, 16A, 64, 65, 6/1 uključene u grupu stabilnih tačkaka preko kojih se računaju transformacioni koeficijenti, ali bi onda odstupanja na nekim od tačkaka u grupi (7, 10, 13, 463, 46) porasla i tako problem postaje neodređen.

Odavde slijedi zaključak da se ovom metodom ne može određivati stabilnost pojedinih tačkaka u mreži kao što je to u studiji rađeno.

ZAKLJUČAK

Studija prof. Begovića imala je za cilj da pokaže kako treba ispitivati stabilnost tačkaka u lokalnoj triangulacionoj mreži razvijenoj u svrhu praćenja deformacija terena. Kao što se vidi ova studija je osporila obradu triangula-

cionih mreža koja je 27 godina provedena, pa prema tome i ispravnost obrade ostalih mreža, jer se sve one oslanjaju na triangulacionu. Zato molim prof. Begovića, da pobije moje mišljenje ovde izneseno, ili da se sa njim složi. U protivnom, mreže će se, zahvaljujući određenim okolnostima, prerađivati i obradivati onako kako prof. Begović u studiji predlaže, što je nepotrebno, a iziskivaće velik trud, odnosno nepotrebne materijalne troškove.

Autor ovog članka je dva puta pismeno dostavljao svoje primjedbe prof. Begoviću, prvi put privatno, a drugi put službeno putem Građevinskog fakulteta u Sarajevu. Međutim, do danas nije stigao nikakav odgovor, iako je od tada prošlo skoro godinu dana. Zbog toga, a i zbog interesantnosti problema, iznosi se ovo pitanje pred geodetsku javnost.

REZIME

U radu se prikazuje analiza principa obrade podataka dviju oprečnih studija o stabilnosti triangulacionih tačaka postavljenih na terenu ugroženom deformacijama.

ABSTRACT

The work illustrates an analysis of the data processing principle for two contrary studies about stability of the terrain which is imperilled with deformations.

Primljeno: 1984-04-23