

KRITIČKI OSVRT NA OCJENU TOČNOSTI MJERENJA U DIJELU TRIANGULACIJE 2. REDA JUGOSLAVIJE

Brankica CIGROVSKI-DETELIĆ — Zagreb*

SAŽETAK: Analizira se točnost prije izjednačenja (a priori) za dio triangulacijske mreže 2. reda Jugoslavije. Sve vrijednosti srednjih pogrešaka kojima je ocijenjena točnost u skladu su s postojećim propisima, odnosno manje od propisanih maksimalnih pogrešaka. Međutim, ispitivanja su pokazala da su mjerenja nehomogena. To znači da maksimalne pogreške, odnosno tzv. dopuštena odstupanja, nisu dovoljan kriterij o postignutoj unutarnjoj točnosti u mreži, već prije izjednačenja treba testirati i homogenost mjerenja.

1. UVOD

Za sve preciznije geodetske radove potrebno je prije izjednačenja (a priori) odrediti točnost mjerenja. To će biti slučaj pri postavljanju samostalnih geodetskih mreža koje služe kao osnove za iskolčavanje i praćenje pomaka i deformacija specijalnih objekata, kao što su brane, mostovi, tuneli i slični objekti, kao i pri mjerenju u triangulaciji 1 i 2. reda.

Unutarnju točnost (preciznost) mjerenja u triangulaciji karakteriziraju srednje kvadratne pogreške rezultata mjerenja kutova, odnosno pravaca, koje se određuju iz stajališnih izjednačenja. Točnost mjerenja u triangulaciji Jugoslavije regulirana je Pravilnikom za državni premer (v. Pravilnik 1951) za sve redove trigonometrijskih mreža (1.—4. reda). Pravilnikom su propisane samo maksimalne pogreške rezultata mjerenja kutova, odnosno pravaca, tzv. dopuštena odstupanja. Ispitivanje homogenosti mjerenja nije predviđeno, već se sva mjerenja, u pojedinim redovima mreža, tretiraju i izjednačuju kao mjerenja iste točnosti bez prethodnog ispitivanja. To je svakako velik nedostatak u načinu obrade naše državne triangulacije. Na taj je nedostatak ukazano u ovom radu na primjeru analize točnosti mjerenja u dijelu trigonometrijske mreže 2. reda Jugoslavije (v. Cigrovski-Detelić 1989.).

* Mr. Brankica Cigrovski-Detelić, dipl. inž., Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, Kačićeva 26.

2. UNUTARNJA TOČNOST MJERENJA

Unutarnju točnost (preciznost) mjerenja u triangulaciji 2. reda, gdje su pravci mjereni girusnom metodom, karakteriziraju srednje kvadratne pogreške pravaca mjenjenih u jednom girusu (m_0) i srednje pogreške izjednačenih pravaca mjenjenih u n girusa (μ). Te se pogreške prema Pravilniku (1951) za mjerenja u potpunim girusima računaju po formulama:

$$a) m_0 = \sqrt{\frac{\sum [d_k^2] - \frac{\sum [d_k]^2}{s}}{(s-1)(n-1)}}, \quad (1)$$

$$\mu = \frac{m_0}{\sqrt{n}}, \quad (2)$$

$$b) \mu = \sqrt{\frac{s \sum [d_k^2] - \sum [d_k]^2}{(s^2 - s)(n^2 - n)}}. \quad (3)$$

U formulama 1—3 označuje:

s — broj pravaca

n — broj girusa

d — razlike pravaca mjenjenih u pojedinim girusima od aritmetičke sredine iz svih girusa

$\sum [d_k^2]$ — suma kvadrata razlika d za n girusa, tj.:

$$\sum [d_k^2] = [d_1^2] + [d_2^2] + \dots + [d_k^2] + \dots + [d_n^2]$$

$\sum [d_k^2]$ — suma kvadrata algebarskih zbrojeva razlika d za n girusa, tj.:

$$\sum [d_k]^2 = [d_1]^2 + [d_2]^2 + \dots + [d_k]^2 + \dots + [d_n]^2.$$

Pri mjerenju u nepotpunim girusima srednje se pogreške računaju po formuli (v. Pravilnik 1951):

$$m_0 = \sqrt{\frac{[d_f d_f]}{N - (s + n - 1)}}, \quad (4)$$

gdje su:

N — broj mjenjenih pravaca u svim girusima

d_f — razlike između definitivnih (izjednačenih) pravaca na stajalištu i mjenjenih ali definitivno orijentiranih pravaca.

Približna vrijednost srednje pogreške izjednačenog pravca računa se po formuli:

$$\mu = \frac{m_0}{\sqrt{n_s}}, \quad (5)$$

gdje je n_s — prosječni broj girusa u kojima su mjereni pravci na dotičnom stajalištu.

Srednja se pogreška jedinične težine, tj. pravca mjenenog u jednom girusu za više stajališta, odnosno za mrežu (v. Pravilnik 1951) računa po formuli:

$$m'_0 = \sqrt{\frac{m_{0.1}^2 + m_{0.2}^2 + \dots + m_{0.t}^2}{t}}, \quad (6)$$

gdje je t — broj stajališta na koje se odnose pogreške $m_{0.1}$, $m_{0.2}$, ..., $m_{0.t}$.

3. OCJENA TOČNOSTI PROMATRANE MREŽE

Mreža se sastoji od 88 trigonometrijskih točaka međusobno povezanih sa 666 pravaca, 288 obostranih i 90 jednostranih. Osnovna i popunjavajuća mreža promatraju se zajedno kao jedinstvena mreža 2. reda.

U tablici 1 dan je pregled stajališta s ocjenama točnosti mjenenih pravaca m_0 i μ računanih po formulama (1) do (5) za svih 88 točaka mreže na kojima su mjereni pravci girusom metodom u ukupno 103 grupe mjerenja. Kako bi pregledna skica mreže (i za mjerilo 1 : 500 000) bila prevelikog formata, a konfiguracija mreže nije od bitnog značenja za razmatranja u ovom radu, to skica ovdje nije prikazana.

U tablici 1 f označuje broj stupnjeva slobode (prekobrojnih mjerenja), i to:

$$f = (n - 1)(s - 1) \text{ — za mjerenja u}$$

potpunim girusima

$$f = N - (n + s - 1) \text{ — za nepotpune giruse,}$$

gdje je n — broj girusa i s — broj pravaca.

$$\bar{m}_0 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^t f_i m_{0i}^2}{\sum f_i}}, \quad (7)$$

gdje je t broj stajališta.

$$\bar{\mu} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^t \mu_i^2}{t}}. \quad (8)$$

Pogreška μ računana po formuli 3 jest kontrolna i njen iznos prema Pravilniku (1951.) treba biti:

$$\mu \leq 1'' .0 \text{ kod osnovne mreže 2. reda,} \quad (9)$$

$$\mu \leq 1'' .5 \text{ kod popunjavajuće mreže 2. reda.}$$

Iz tablice 1 vidi se da su sve vrijednosti pogrešaka μ manje od 1."5, a samo četiri su veće od 1."0, pa se može smatrati da u mjerenjima nema grubih pogrešaka. To ujedno znači da svi podaci iz tablice 1. mogu poslužiti za ocjenu točnosti mreže, primjenom formule 7. Međutim, pogreška po formuli (7) bit će ispravan pokazatelj unutarne točnosti jedne mreže samo ako se pojedine pogreške m_{oi} značajno ne razlikuju, tj. ako su mjerenja homogena (vidi npr. Bjerhammar 1973).

3.1. Ispitivanje homogenosti mjerenja

Testiranje homogenosti provedeno je primjenom F-testa i Bartlettova testa. Odluka o prihvatanju ili odbacivanju postavljene hipoteze donosi se na temelju uspoređivanja. Ako je izračunana test-veličina manja od teorijske ili jednaka teorijskoj, za svaki pojedini test hipoteza se prihvaća, a ako je izračunana test-veličina veća od one teorijske, hipoteza se odbacuje. Kao što je poznato, te se teorijske vrijednosti, prema unaprijed zadanoj vjerojatnosti α (obično se uzima $\alpha = 0.05$ ili $\alpha = 0.01$) i brojevima stupnjeva slobode f , očitavaju iz posebnih tablica. Takve su tablice sastavni dio gotovo svakog statističkog udžbenika (v. Pavlič 1971; Vranić 1965). Takav način testiranja primijenjen je i u udžbenicima koji se bave teorijom pogrešaka mjerenja (v. Bjerhammar 1973; Brezinščak 1970; Perović 1984; Wolf 1979.).

Kako bi za ispitivanje homogenosti mjerenja za jednu veću mrežu (kao što je ova), primjenom F-testa ili Bartlettova testa bilo potrebno očitati i interpolirati velik broj teorijskih vrijednosti, to je primjena navedenih testova uz upotrebu tablica gotovo nemoguća. Zato su razrađeni odgovarajući algoritmi, te je umjesto tablica primijenjeno računalo. Algoritmi koji su upotrijebljeni za ta računanja bit će opisani u posebnom radu (koji je u pripremi). Time je pored primjene navedenih testova (u ovom radu) omogućeno i testiranje na način neuobičajen u geodeziji, i to kako slijedi:

Vjerojatnost α nije zadana unaprijed, već je izračunana iz funkcija vjerojatnosti koje opisuju pojedinu razdiobu. Takav način ima prednost pred tabličnim jer omogućuje da se odmah vidi koje od ispitivanih vrijednosti i uz koju vjerojatnost zadovoljavaju test-hipotezu, a koje ne. To ujedno znači da se, pri dovoljno velikom broju stupnjeva slobode (u praktičnim se primjenama dovoljno velikim brojem smatra $n > 100$), mjerenja u jednoj mreži mogu rangirati po točnosti, što nije moguće pri klasičnoj primjeni navedenih testova.

Vjerojatnost α izračunana je za svako m_o (103 stajališta), i to prema test-veličinama i brojevima stupnjeva slobode.

Pri primjeni F-testa provjera hipoteze o jednakosti varijanci provodi se svodenjem na testiranje po dva niza mjerenja. Test veličine će biti:

$$F_i = \frac{m_{oi}^2}{m_i'^2} \quad \text{za } m_{oi} > m_i'; \quad F_i = \frac{m_i'^2}{m_{oi}^2} \quad \text{za } m_i' > m_{oi}, \quad (10)$$

pri čemu je, prema Peroviću (1984.)

$$m_i'^2 = \frac{\sum_{i=1}^t (f_i m_{oi}^2) - f_i m_{oi}^2}{f_i'}, \quad (11)$$

Tablica 1: a) Pregled stajališta i srednjih pogrešaka
 b) Testiranje homogenosti mjerenja F-test; Bartlettov test

Red. br.	Stajalište	n	s	f_i	m_o (")	$\frac{\mu}{\sigma}$ (")	m'	f_i'	F_i	$(1 - \alpha)$
1.	292 Promina	12	12	75	1.63	0.47	2.14	4338	1.72	0.999
2.	292 Promina	10	7	54	2.28	0.72	2.13	4359	1.15	0.785
3.	293 Dinara	10	8	63	1.30	0.41	2.14	4350	2.72	1.000
4.	294 Svilaja	10	10	81	2.75	0.87	2.11	4332	1.69	1.000
5.	294 Svilaja	10	7	45	2.81	0.89	2.12	4368	1.76	0.999
6.	299 Šibenica	10	5	36	1.87	0.59	2.13	4377	1.30	0.839
7.	299 Šibenica	6	4	15	1.71	0.70	2.13	4398	1.54	0.836
8.	299 Šibenica	6	4	15	1.27	0.52	2.13	4398	2.80	0.989
9.	300 Mosor	10	6	45	2.47	0.78	2.12	4368	1.35	0.940
10.	301 Prapatnica	10	5	36	1.30	0.41	2.13	4377	2.71	1.000
11.	301 Prapatnica	12	5	44	2.36	0.68	2.13	4369	1.23	0.856
12.	303 V. Straža	8	5	28	1.39	0.49	2.13	4385	2.37	0.997
13.	306 Biokovo	8	7	42	1.92	0.68	2.13	4371	1.23	0.795
14.	349 V. Šator	10	10	81	1.55	0.49	2.14	4332	1.90	1.000
15.	350 Smiljevača	10	8	63	2.09	0.66	2.13	4350	1.04	0.562
16.	350 Smiljevača	8	7	42	2.40	0.85	2.12	4371	1.28	0.893
17.	354 Troglav	10	10	81	1.68	0.53	2.14	4332	1.62	0.997
18.	354 Troglav	9	7	48	1.38	0.46	2.13	4365	2.39	1.000
19.	355 Kamešnica	9	12	75	2.40	0.80	2.12	4338	1.28	0.946
20.	355 Kamešnica	10	4	27	2.62	0.83	2.12	4386	1.53	0.960
21.	355 Kamešnica	10	6	34	3.32	1.05	2.12	4379	2.46	1.000
22.	356 Cincar	10	12	99	2.43	0.77	2.12	4314	1.32	0.980
23.	356 Cincar	8	9	56	2.29	0.81	2.13	4357	1.16	0.808
24.	358 Midena	10	7	54	1.42	0.45	2.13	4359	2.25	1.000
25.	358 Midena	8	7	42	2.32	0.82	2.13	4371	1.19	0.813
26.	370 Dekala	10	6	45	1.55	0.49	2.13	4368	1.89	0.996
27.	371 Raduša	10	6	45	2.62	0.83	2.12	4368	1.53	0.987
28.	45 Moseć	10	8	63	2.06	0.65	2.13	4350	1.07	0.628
29.	45 Moseć	10	7	54	2.69	0.85	2.12	4359	1.61	0.997
30.	46 Krpušnjak	12	7	66	2.32	0.67	2.12	4347	1.19	0.863
31.	47 Movren	12	4	33	2.56	0.74	2.12	4380	1.46	0.955
32.	48 Kita	8	6	35	2.23	0.79	2.13	4378	1.10	0.690
33.	48 Kita	10	5	36	1.55	0.49	2.13	4377	1.89	0.991
34.	49 Kozjak	8	5	28	2.26	0.80	2.13	4385	1.13	0.712
35.	50 Marjan	8	4	21	2.83	1.00	2.12	4392	1.77	0.984
36.	64 Visoka	10	6	45	1.42	0.45	2.13	4368	2.25	1.000
37.	64 Visoka	9	3	14	2.04	0.72	2.13	4399	1.09	0.541
38.	65 Lisac	8	4	21	1.90	0.67	2.13	4392	1.26	0.732
39.	66 Trapošnjak	8	4	21	1.73	0.61	2.13	4392	1.52	0.878
40.	66 Trapošnjak	10	5	36	1.52	0.48	2.13	4377	1.97	0.994
41.	67 Jelinak	12	8	67	3.29	0.95	2.10	4346	2.45	1.000
42.	68 Maglaj	8	6	35	2.23	0.79	2.13	4378	1.10	0.690
43.	68 Maglaj	8	4	21	7.77	0.98	2.12	4392	1.70	0.976
44.	68 Maglaj	8	5	28	2.12	0.75	2.13	4385	1.01	0.474
45.	69 Visočica	10	5	36	1.58	0.50	2.13	4377	1.82	0.987
46.	70 Vučjak	10	5	36	1.87	0.59	2.13	1377	1.30	0.83
47.	71 D. Brdo	6	6	25	2.45	1.00	2.13	4388	1.33	0.873
48.	72 Križ	8	4	21	1.98	0.70	2.13	4392	1.16	0.638
49.	188 V. Golija	12	9	71	3.26	0.94	2.10	4342	2.40	1.000
50.	188 V. Golija	8	5	28	3.42	1.21	2.12	4385	2.61	1.000
51.	188 V. Golija	12	5	44	1.97	0.57	2.13	4369	1.16	0.731
52.	190 Grbica	8	8	49	2.46	0.87	2.12	4364	1.34	0.944
53.	191 Razdolje	8	5	28	1.95	0.69	2.13	4385	1.19	0.705
54.	191 Razdolje	8	4	21	2.60	0.92	2.13	4392	1.50	0.933

Nastavak tablice 1.

Red. br.	Stajalište	n	s	f_i	m_0 (")	μ (")	m'		F_1	$(1 - \alpha)$
55.	192 J. Umac	10	3	18	2.75	0.87	2.12	4395	1.68	0.964
56.	192 J. Umac	10	4	27	2.43	0.77	2.13	4386	1.31	0.871
57.	192 J. Umac	10	7	54	2.21	0.70	2.13	4359	1.08	0.685
58.	193 Strmica	10	7	54	2.56	0.81	2.12	4359	1.46	0.984
59.	194 Tušnica	10	7	54	2.06	0.65	2.13	4359	1.07	0.615
60.	194 Tušnica	8	6	35	1.47	0.52	2.13	4378	2.10	0.996
61.	195 V. Srožer	10	9	72	2.15	0.68	2.13	4341	1.02	0.573
62.	195 V. Stožer	8	4	21	1.98	0.70	2.13	4392	1.16	0.638
63.	196 Visibaba	10	8	63	1.93	0.61	2.13	4350	1.22	0.844
64.	197 M. Slovinj	8	8	49	1.92	0.68	2.13	4364	1.23	0.817
65.	197 M. Slovinj	10	6	33	1.33	0.42	2.13	4380	2.58	0.999
66.	198 V. Vitorog	8	6	35	1.84	0.65	2.13	4378	1.34	0.862
67.	199 Čatrnja	10	7	54	2.06	0.65	2.13	4359	1.07	0.615
68.	199 Čatrnja	17	8	70	1.44	0.35	2.14	4343	2.19	1.000
69.	207 Osoje	12	4	33	1.80	0.52	2.13	4380	1.40	0.885
70.	208 Zavelin	10	8	63	1.90	0.60	2.13	4350	1.26	0.882
71.	208 Zavelin	8	5	28	2.49	0.88	2.13	4385	1.37	0.908
72.	210 Vilišnjak	8	7	42	1.87	0.66	2.13	4371	1.30	0.860
73.	210 Vilišnjak	8	6	35	1.87	0.66	2.13	4378	1.30	0.834
74.	213 B. Kosa	8	4	21	1.39	0.49	2.13	4392	2.36	0.990
75.	213 B. Kosa	8	5	28	1.47	0.52	2.13	4385	2.10	0.991
76.	280 Sovro	12	6	48	2.84	0.82	2.12	4365	1.80	0.999
77.	280 Sovro	10	9	72	1.61	0.51	2.14	4341	1.75	0.999
78.	283 Crni Vrh	8	9	56	1.78	0.63	2.13	4357	1.43	0.957
79.	284 Maglaj	8	6	35	1.73	0.61	2.13	4378	1.52	0.941
80.	284 Maglaj	8	4	21	1.13	0.40	2.13	4392	3.55	0.999
81.	285 Kurlaj	8	7	42	1.61	0.57	2.13	4371	1.75	0.988
82.	286 Kujača	8	6	35	2.26	0.80	2.13	4378	1.13	0.728
83.	287 Komar	8	5	28	2.06	0.73	2.13	4385	1.06	0.553
84.	288 Jav. Vrh	8	5	28	1.24	0.44	2.13	4385	2.93	1.000
85.	288 Jav. Vrh	10	9	72	2.81	0.98	2.11	4341	1.77	1.000
86.	289 Malovan	8	7	42	2.88	1.02	2.12	4371	1.85	0.999
87.	289 Malovan	8	4	21	1.64	0.58	2.13	4392	1.69	0.926
88.	291 Gnjat	8	6	35	1.92	0.68	2.13	4378	1.23	0.770
89.	292 Jan. Vrh	10	6	45	1.23	0.39	2.13	4368	3.00	1.000
90.	292 Jan. Vrh	10	7	54	1.42	0.45	2.13	4359	2.25	1.000
91.	293 Kozjak	8	6	35	1.61	0.57	2.13	4378	1.75	0.980
92.	294 Kapnica	8	6	35	1.70	0.60	2.13	4378	1.58	0.954
93.	296 Mala	8	6	35	1.58	0.56	2.13	4378	1.81	0.985
94.	297 D. Brdo	10	8	63	2.18	0.69	2.13	4350	1.05	0.635
95.	298 Vučak	8	6	35	2.09	0.74	2.13	4378	1.03	0.523
96.	298 Vučak	8	4	21	1.70	0.60	2.13	4392	1.57	0.896
97.	299 Crni Umac	12	8	77	1.59	0.46	2.14	4336	1.80	0.999
98.	404 Orlovača	8	6	35	1.73	0.61	2.13	4378	1.52	0.941
99.	405 B. Glava	6	8	35	2.69	1.10	2.12	4378	1.61	0.987
100.	406 Ljubuša	10	6	45	1.46	0.52	2.13	4368	1.68	0.986
101.	452 Prosina	8	6	35	1.22	0.43	2.13	4378	3.08	1.000
102.	452 Prosina	10	5	36	2.88	0.91	2.12	4377	1.84	0.998
103.	453 Kičij	8	8	49	2.32	0.82	2.13	4364	1.19	0.829

$f = \sum f_i = 4413$	$f'_i = f - f_i$	α za F-test formula	(13)
$\bar{m}_0 = 2.''13$ (7)	m'_i — formula (11)	α za Bartlettov test for.	(15)
$m'_0 = 2.''11$ (6)	F_i — formula (10)	$\chi^2_{(102)} = 559.32 \Rightarrow 1 - \alpha = 1.000$	(14)
$\bar{\mu} = 0.''70$ (8)			

$$f'_i = f - f_i; \quad f = \sum_{i=1}^t f_i \quad (12)$$

Vjerojatnost α_i se, prema Pavliču (1985), računa za svako F_i po formuli:

$$\alpha_i = \int_0^{F_i} \frac{\Gamma\left(\frac{f_1 + f_2}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{f_1}{2}\right)\Gamma\left(\frac{f_2}{2}\right)} f_2^{\frac{f_1}{2}} f_2^{\frac{f_2}{2}} F_i^{\frac{f_1}{2}-1} (f_2 + f_1 F_i)^{\frac{f_1+f_2}{2}}. \quad (13)$$

f_1 i f_2 označuju brojeve stupnjeva slobode u brojniku odnosno nazivniku svake veličine F_i , a Γ je gama funkcija.

Bartlettov test omogućava istovremeno ispitivanje jednakosti varijanci t nezavisnih uzoraka raspoređenih po normalnoj razdiobi. Test veličina je, prema Pavliču (1985), jednaka:

$$\chi^2 = \frac{f \ln(\bar{m}^2) - \sum_{i=1}^t f_i \ln(m_i^2)}{1 + \frac{1}{3(t-1)} \left(\sum_{i=1}^t \frac{1}{f_i} - \frac{1}{f} \right)}. \quad (14)$$

Veličina (14) distribuirana je približno po zakonu gama razdiobe sa stupnjem slobode $f_0 = t-1$, pri čemu mora biti

$$f_i \geq 4 \text{ za svako } i = 1, 2, \dots, t.$$

Funkcija vjerojatnosti test-veličine (14), prema Pavliču (1985), definirana je izrazom:

$$\alpha_i = \int_0^x \frac{1}{2^{\frac{f}{2}} \Gamma\left(\frac{f}{2}\right)} x^{\frac{f-2}{2}} e^{-\frac{x}{2}} dx, \quad (15)$$

gdje je x vrijednost χ^2 računana po formuli (14), a $f = t-1$.

Ako je za neko m_i ($1-\alpha$) veće od zadane razine pouzdanosti, hipoteza o homogenosti mjerenja se odbacuje. Ona vrijednost m_i koja najviše narušava homogenost mjerenja (pripadni α je najmanji) odbacuje se, te se ponovno računaju test-veličine, pripadne vjerojatnosti α i ocjena točnosti \bar{m}_0 . Postupak eliminacije se nastavlja sve dok se ne dobije skupina stajališta za koja se, uz neke uobičajene vjerojatnosti, prihvaća hipoteza o homogenosti mjerenja. Ti su slučajevi, kao i testiranje homogenosti za cijelu mrežu, izdvojeni i prikazani u tablici 2.

Tablica 2: Rezultati ispitivanja homogenosti mjerenja

\bar{m}_0 (7)	Broj stajališta/Broj stup. slob. t/f	Prihvaća se hipoteza o homogenosti uz razinu pouzdanosti $(1 - \alpha)$	
		F-test	Bartlettov test
2."13	103/4413	1.000	1.000
2."07	78/3145	0.997	1.000
2."16	65/2595	0.990	0.997
2."18	61/2445	0.976	0.948
2."07	49/1937	0.941	0.266

Iz tablice 2 se vidi slijedeće: mjerenja u promatranoj mreži su nehomogena jer je za taj slučaj (103 stajališta) $(1-\alpha)$ veće i od 0.9973. Po F-testu se mjerenja na 78 stajališta (76%) mogu smatrati homogenim uz $(1-\alpha) \leq 0.9973$. Taj isti zahtjev po Bartlettu zadovoljava samo 63% mjerenja, odnosno mjerenja na 65 stajališta mogu se smatrati homogenima. Uobičajeni statistički zahtjev točnosti za $(1-\alpha) \leq 0.95$ zadovoljava 48% mjerenja po F-testu, odnosno 59% mjerenja po Bartlettu. Iako su mjerenja u cjelini nehomogena, vrijednosti pogrešaka \bar{m}_0 određene iz različitog broja stajališta (103, 78 ... 49) značajno se ne razlikuju. To upućuje na zaključak da su sistematski utjecaji nehomogenosti, u cijelnoj mreži, poprimili slučajni karakter.

4. ZAKLJUČAK

Mjerenja u promatranoj mreži su nehomogena, tj. mjerenja različite točnosti, iako su sve vrijednosti srednjih kvadratnih pogrešaka » m_0 i μ « u skladu s odredbama Pravilnika za triangulaciju, tj. sve su vrijednosti manje od propisanih dopuštenih odstupanja za taj red mreže. To znači da dopuštena odstupanja propisana Pravilnikom nisu dovoljan kriterij za postignutu (unutarnju) homogenost mjerenja jer se samo maksimalnom pogreškom ne ulazi dovoljno u strukturu mjerenja. Stoga bi svakako Pravilnik trebalo nadopuniti zahtjevom za ispitivanjem homogenosti mjerenja prije izjednačenja.

LITERATURA

- Bjerhammar, A. (1973): Theory of Errors and Generalized Matrix Inverses, ESPC, Amsterdam, London, New York 1973.
- Brezinščak, M. (1970): Mjerenje i računanje u tehničar i znanosti, Tehnička knjiga, Zagreb 1970.
- Cigrovski-Detelić, B. (1989): Analiza točnosti mjerenja u dijelu trigonometrijske mreže II reda SR Hrvatske, magistarski rad, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb 1989.
- Pavlič, I. (1985): Statistička teorija i primjena, Tehnička knjiga, Zagreb 1985.
- Perović, G. (1984): Račun izravnjanja I, Teorija grešaka merenja, Naučna knjiga, Beograd 1984.
- Pravilnik (1951) za državni premer, I deo, Triangulacija, Knjiga prva, Glavna geodetska uprava pri vladi FNRJ, Jugoslavensko štamparsko preduzeće, Beograd 1951.
- Vranić, V. (1965): Vjerojatnost i statistika, Tehnička knjiga, Zagreb 1965.
- Wolf, H. (1979): Ausgleichrechnung II, Aufgaben und Beispiele zur Praktischen Anwendungen, Dümmler, Bonn 1979.

CRITICAL APPROACH TO THE ACCURACY ESTIMATION OF
MEASUREMENTS IN A PART OF THE YUGOSLAV 2ND ORDER
TRIANGULATION

A priori accuracy for a part of the 2nd order triangulation network of Yugoslavia is analyzed. All values of mean errors, which estimate the accuracy, are in accordance with existing regulations, i. e. less than the prescribed maximal errors. However, the investigations showed that the measurements are inhomogeneous. This means that the maximal errors, respectively the so called permitted discrepancies, are not a sufficient criterion for the achieved internal accuracy in the network. Hence, the homogeneity of measurements should be tested prior to the adjustment as well.

Priljeno: 1990-10-09