

UDK 528.512-187.4:006.032ISO
Stručni članak

Ispitivanje preciznosti motorizirane mjerne stanice Topcon GMT-100 prema ISO normama 17123-3 i 17123-4

Rinaldo PAAR, Zdravko KAPOVIĆ¹, Samir AHMETOVIĆ²

SAŽETAK: U radu se opisuje postupak određivanja preciznosti mjerenja horizontalnih pravaca i duljina motoriziranom mjernom stanicom Topcon GMT-100, prema važećim ISO normama 17123-3 i 17123-4. Za određivanje preciznosti horizontalnih pravaca mjereno je pet pravaca u tri girusa, u četiri serije mjerenja. Mjerenje duljina provedeno je na Kalibracijskoj bazi Geodetskog fakulteta u Zagrebu. Duljine su mjerene između sedam stupova, u svim kombinacijama. Rezultati ispitivanja empirijska su standardna odstupanja horizontalnih pravaca i duljina. Izračunana je i adicijska korekcija instrumenta.

Ključne riječi: mjerna stanica, ISO norme, preciznost.

1. Uvod

Prije bilo kakvog praktičnog rada s mjernom stanicom, trebalo bi znati kolika je njezina preciznost mjerenja. Ako preciznost nije zadovoljavajuća za određeni zadatak, koristi se drugi, adekvatniji instrumentarij. Kada se govori o ispitivanju preciznosti mjernih stanica, misli se na ispitivanje preciznosti mjerenja pravaca i duljina. Ta se ispitivanja provode odvojeno u skladu s odgovarajućim normama.

U ovom radu ispitana je preciznost mjerenja horizontalnih pravaca i duljina motoriziranom mjernom stanicom Topcon GMT-100, prema ISO normama, koje su trenutno važeće za ispitivanje geodetskih instrumenata, i to ISO 17123-3 i ISO 17123-4. Prva ISO norma odnosi se na ispitivanje preciznosti mjerenja horizontalnih pravaca, a druga se odnosi na ispitivanje preciznosti mjerenja duljina.

¹ Rinaldo Paar, dipl. ing., i prof. dr. sc. Zdravko Kapović, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Kačićeva 26, 10000 Zagreb, e-mail: rpaar@geof.hr, zkapovic@geof.hr

² Samir Ahmetović, dipl. ing., Školska 8, 10294 Pušća Donja, e-mail: sahetovic@geof.hr

Ispitivanje preciznosti mjerenja horizontalnih pravaca mjerne stanice obavljeno je opažanjem pet pravaca u tri girusa, u četiri serije mjerenja u jednom danu mjerenja. Kao rezultat dobiveno je standardno odstupanje mjerenog pravca u oba položaja durbina.

U drugoj fazi rada obavljeno je ispitivanje preciznosti mjerenja duljina na Kalibracijskoj bazi Geodetskog fakulteta u Velikoj Mlaci. Testno područje prostiralo se na približno 600 m i obuhvaćalo je sedam stupova. Izmjerene su sve kombinacije duljina, ukupno 21 duljina. Određeno je empirijsko standardno odstupanje mjerenja duljine i adicijska korekcija instrumenta.

2. Mjerna stanica Topcon GMT-100

Motorizirana mjerna stanica Topcon GMT-100 (slika 1) posjeduje servo motor koji ima mogućnost automatskog viziranja točke sa sedam različitih brzina, ovisno o veličini kuta pomaka te mogućnost finog viziranja vrtnjom vijka u željenom smjeru. Navode se još neke značajke instrumenta:



Slika 1. *Topcon GMT100*

- serijski broj: MPO113
- mjerenje kutova: elektroničko, inkrementalno
- preciznost mjerenja horizontalnih pravaca (standardno odstupanje prema DIN 18723): 2"
- daljinomjer: elektrooptički, infracrveni
- preciznost mjerenja duljina: $\pm(2\text{mm} + 2\text{ppm})$
- povećanje durbina: 30x
- osjetljivost cijevne libele: 30"/2mm

3. ISO norme

Procesi globalizacije i integracije s Europskom zajednicom nameću potrebu usklađivanja hrvatskog zakonodavstva i hrvatskih normi s globalnim – ISO i europskim – CEN normama. Osim administrativne obveze, usklađivanje treba shvatiti i kao poslovnu mogućnost, tj. priliku i potrebu hrvatskih stručnjaka i tvrtki da kvalitetnije konkuriraju na otvorenom tržištu, dio kojega neupitno postaju.

Na globalnoj razini, u gotovo svim područjima ljudske djelatnosti, u izradbi normi nameće se međunarodna ne vladina institucija Međunarodna organizacija za normizaciju (ISO). ISO je svjetska federacija nacionalnih standarda. Osnovna su načela na kojima počiva ISO politika: dobrovoljnost u primjeni normi, globalna otvorenost i transparentnost djelovanja kako unutar organizacije tako i prema korisnici-

ma i društvu, konsenzus pri donošenju odluka i tehnička usklađenost među norma. Postupak pripremanja internacionalnih standarda vođen je preko ISO tehničkih odbora i pododbora te radnih skupina. Za normizaciju na području geodetskih instrumenata zadužen je Tehnički odbor TC-172 Optika i optički instrumenti, poddobar SC 6, Geodetski i mjerni instrumenti.

U Republici Hrvatskoj za normizaciju je zadužen Državni zavod za normizaciju i mjeriteljstvo, unutar kojega je osnovan Tehnički odbor TO-172, koji se u svom djelovanju oslanja na rad istoimenog ISO tehničkog odbora (DZNM, 1999).

3.1 ISO norma 17123

ISO normu 17123 definirao je Tehnički odbor TC-172 Optika i optički instrumenti, poddobar SC 6, Geodetski i mjerni instrumenti. Norma se sastoji od dijelova pod glavnim naslovom: Optika i optički instrumenti – terenski postupci za ispitivanje geodetskih i mjernih instrumenata.

3.1.1 ISO 17123-3 terenski postupci za ispitivanje geodetskih i mjernih instrumenata – teodoliti

Taj dio norme određuje terenske postupke za određivanje i procjenu preciznosti teodolita koji se koriste pri građevinskim i geodetskim mjerenjima. Testovi koji se primjenjuju trebaju dokazati u prvom redu prikladnost određenog instrumenta za konkretnu zadaću i zadovoljavanje potreba drugih standarda.

Nesigurnost rezultata mjerenja ovisi o velikom broju čimbenika koji uključuju, među ostalim, ponovljivost mjerenja (preciznost), obnovljivost (ponovljivost između različitih dana) i procjenu svih mogućih izvora pogrešaka navedenih u ISO priručniku. Postupci su osobito namijenjeni za korištenje na mjestu izvođenja radova bez potrebe za posebnom dodatnom opremom, a tako su napravljeni da se minimiziraju atmosferski utjecaji.

3.1.2 Postupak ispitivanja

Prije mjerenja važno je da opažatelj zna preciznost mjerne opreme i dodatnog pribora kako bi utvrdio je li oprema prikladna za određeni zadatak. Instrument i njegov dodatni pribor moraju biti u dobrom stanju, tj. na prihvatljiv način kalibrirani prema metodama navedenim u priručniku instrumenta. Korišteni stativi, pribor za prisilno centriranje i reflektori moraju biti od istog proizvođača.

Rezultati mjerenja pod izravnim su utjecajem meteoroloških uvjeta, pogotovo gradijent temperature. Oblačno nebo i lagani vjetar jamče najpovoljnije vremenske uvjete za mjerenje. U zapisnik mjerenja treba unijeti aktualne atmosferske podatke.

Ispitivanja što se izvode u laboratorijima daju rezultate koji nisu opterećeni atmosferskim utjecajima, ali je cijena tih ispitivanja vrlo visoka i zato ona nisu prihvatljiva za mnoge korisnike. Osim toga laboratorijskim se ispitivanjima postiže mnogo veća preciznost od one koja se može dobiti u terenskim uvjetima.

Mjera preciznosti teodolita izražava se terminima empirijskog standardnog odstupanja (s) horizontalnog pravca (Hz) opažanoga jednom u oba položaja durbina, ili vertikalnoga kuta (V) opažanoga jednom u oba položaja durbina.

U nastavku rada opisuju se dva različita postupka ispitivanja preciznosti horizontalnih pravaca: pojednostavnjeni i potpuni.

Pojednostavnjeni postupak ispitivanja

Pojednostavnjeni postupak ispitivanja daje procjenu o tome je li deklarirana preciznost teodolita unutar dopuštenog odstupanja (ISO 17123-3, 2001). Taj postupak ispitivanja temelji se na ograničenom broju mjerenja, zbog čega dobivena preciznost mjerenja može biti nižeg stupnja. Ako se zahtijeva viši stupanj određivanja preciznosti mjernog instrumenta i dodatne opreme, preporučuje se primjena potpunog postupka ispitivanja.

Potpuni postupak ispitivanja

Ako se želi postići viši stupanj određivanja preciznosti mjerenja teodolita i dodatne opreme primjenjuje se potpuni postupak ispitivanja (ISO 17123-3, 2001).

Taj se postupak može primjenjivati za određivanje:

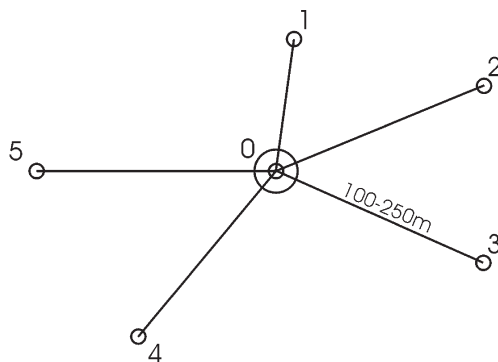
- mjere preciznosti teodolita s jednim timom opažача, s jednim instrumentom i pripadajućom opremom u određeno vrijeme mjerenja,
- mjere preciznosti jednog instrumenta u duljem vremenskom razdoblju,
- mjere preciznosti više teodolita radi usporedbe njihove preciznosti.

3.1.3 Konfiguracija testnog područja i postupci mjerenja

Fiksne vizurne točke (4 točke za pojednostavnjeni postupak ispitivanja i 5 točaka za potpuni postupak ispitivanja) moraju biti locirane približno u istoj horizontalnoj ravnini kao i instrument, na udaljenosti od 100 do 250 m i po mogućnosti podjednako raspoređene na horizontu (slika 2).

U pojednostavnjenom postupku ispitivanja sve točke treba opažati jedanput (1 serija mjerenja) u tri girusa. U potpunom postupku ispitivanja točke treba opažati četiri puta (4 serije mjerenja) u tri girusa pod promjenljivim, ali ne ekstremnim vremenskim uvjetima.

Sve točke ($k = 4$ ili 5) u svakoj seriji mjerenja (i) treba opažati u 3 girusa (j). Za potpuni postupak ispitivanja, pri postavljanju teodolita za mjerenje različitih serija,



Slika 2. Konfiguracija testnog područja za mjerenje horizontalnih pravaca.

mora se rabiti pribor za prisilno centriranje iznad stajališne točke. U tom zadatku instrument se uvijek postavlja na stup na kojem se nalazi ploča s ugrađenim vijkom za prisilno centriranje, tako da je eliminirana pogreška centriranja.

3.1.4 ISO 17123-4 terenski postupci za ispitivanje geodetskih i mjernih instrumenata – elektrooptički daljinomjeri

U odnosu na postupak ispitivanja preciznosti mjerenja pravaca, ispitivanje preciznosti mjerenja duljina može se izvesti jednim dijelom u laboratoriju, a drugim dijelom na Kalibracijskoj bazi. Ispitivanjem instrumenta na Kalibracijskoj bazi možemo odrediti sljedeće veličine: adicijsku korekciju instrumenta, nelinearnost podjele, pogrešku faznog inhomogeniteta i periodijsku pogrešku.

U nastavku se ukratko navode dva postupka ispitivanja, oba za mjerenje duljina.

Pojednostavnjeni postupak ispitivanja

Pojednostavnjeni postupak ispitivanja osigurava procjenu o tome je li deklarirana preciznost teodolita unutar dopuštenog odstupanja prema ISO normi 4463-1. Taj se postupak ispitivanja temelji na limitiranom broju mjerenja, zbog čega dobivena preciznost mjerenja može biti nižeg stupnja.

Taj postupak ispitivanja na testnom području zahtijeva poznavanje duljina. Ako takvo područje nije dostupno, potrebno je duljine odrediti s pomoću elektrooptičkih daljinomjera (EOD) visoke preciznosti.

Potpuni postupak ispitivanja

Pri tom postupku najprije se u laboratoriju justiranjem postavi odgovarajuću frekvenciju ili se izmjeri frekvencija i prema tomu izračuna kolika je multiplikacijska konstanta. Na taj se način multiplikacijska konstanta točnije određuje nego na bazi s poznatim razmakom stupova. Adicijska korekcija određuje se mjerenjem svih kombinacija na testnoj bazi bez poznavanja pravih vrijednosti (ISO 17123-4, 2001).

Taj se postupak može primjenjivati za određivanje:

- preciznosti mjerenja EOD-a s jednim mjernim timom, s jednim instrumentom i pripadajućom opremom u danom vremenu mjerenja,
- preciznosti mjerenja jednog instrumenta u duljem razdoblju,
- preciznost mjerenja nekoliko EOD-a radi usporedbe njihove preciznosti dobivene pod istim terenskim uvjetima.

3.1.5 Konfiguracija testnog područja i potpuni postupak testiranja

Ispitivanje se provodi na ravnom terenu duljine približno 600 m, sa sedam točaka koje trebaju biti stabilizirane na horizontalnom terenu ili na terenu s konstantnim laganim nagibom. Pri tom postupku na bazi umjesto stupova mogu biti postavljeni i stativi koji su nepomični za vrijeme mjerenja. Veličine razmaka između 7 stupova (odnosno stativa) moraju biti približno tako izabrane da za mjerenja od 21 moguće kombinacije duljina bude podjednako malih i velikih duljina preko cijelog područja baze i da su duljine podjednako podijeljene unutar razmaka periodijske pogreške na različitim duljinama. Prema preporuci razmaci između stupova moraju biti približno raspoređeni prema tablici:

Tablica 1. Računanje veličine razmaka između stupova

Dijelovi duljine	
prvi dio (d_1)	$\lambda + B + 3C$
drugi dio (d_2)	$\lambda + 3B + 7C$
treći dio (d_3)	$\lambda + 5B + 11C$
četvrti dio (d_4)	$\lambda + 4B + 9C$
peti dio (d_5)	$\lambda + 2B + 5C$
šesti dio (d_6)	$\lambda + C$
Ukupno duljina d	$6\lambda + 15B + 36C$

U tablici je:

- λ – valna duljina daljinomjera za finog mjerenja,
- $B_0 - (d_0 - 6,5\lambda)/15$,

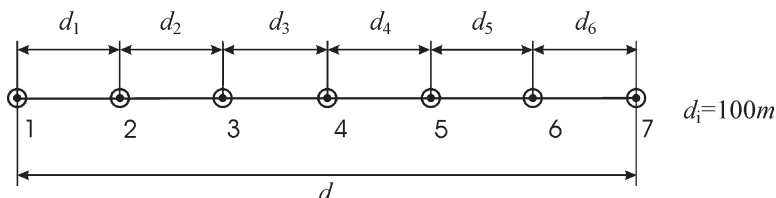
gdje je:

- d_0 – približna ukupna duljina baze,
- B – zaokruženi B_0 na višekratnik od $\lambda/2$, tj. $B = n * \lambda/2$, gdje je n cijeli broj,
- $C = \lambda/72$.

Na primjer, za daljinomjer koji ima:

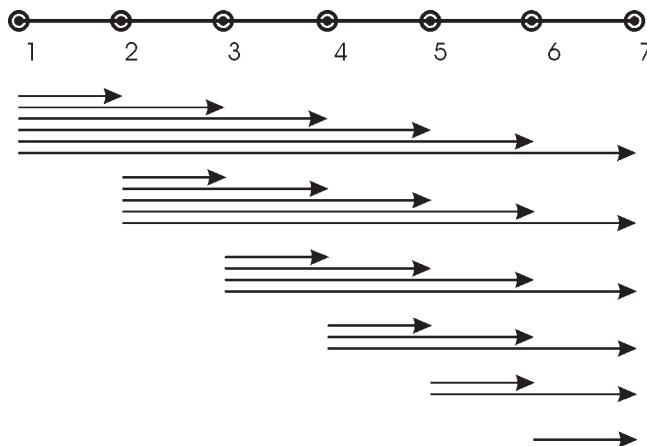
- $\lambda = 20$ m,
- $d_0 = 600$ m,
- $B_0 = (600 - 6,5 * 20)/15 = 31,3$ m,
- $B = 30$ m,
- $C = \lambda/72 = 0,28$ m.

U tom slučaju ispitivanje je provedeno na Kalibracijskoj bazi Geodetskog fakulteta u Velikoj Mlaci. Na toj bazi stupovi nisu postavljeni prema preporučenom rasporedu u normi, jer je taj raspored različit za različite tipove daljinomjera ovisno o njihovoj valnoj duljini modulacije. Baza je projektirana za ispitivanja daljinomjera s poznatim rasponima stupova, a na njoj se posebno ispituje periodijska pogreška (Solarić i dr. 1992). Da bi se ispitivanje daljinomjera izvelo sa stupova baze, a ne sa stativa, najprije je ispitana periodijska pogreška tog daljinomjera na duljini 50 i 500 m, te je utvrđeno da je kod tog daljinomjera ta pogreška manja od 1 mm. Zatim se moglo pristupiti ispitivanju adicijske korekcije mjerenjem duljina između svih stupova baze (slika 4), a da to što raspored stupova nije sukladan preporuci iz norme nema utjecaja na analizu rezultata mjerenja.



Slika 3. Konfiguracija testnog područja za potpuni postupak ispitivanja.

Sve kombinacije duljina između sedam točaka moraju biti mjerene isti dan. Za eliminaciju pogreške centriranja koristi se pribor za prisilno centriranje (u tom zadatku instrument se uvijek postavljao na stup koji je imao ugrađeni vijak s pločom). Mjerenje duljina treba započeti za dobre vidljivosti i male insolacije. Temperatura i tlak zraka moraju se često mjeriti, tako da se može izračunati pouzdana atmosferska korekcija.



Slika 4. Kombinacije mjerenja duljina.

4. Izračun i analiza rezultata

U tom dijelu rada daju se rezultati ispitivanja preciznosti motorizirane mjerne stanice TOPCON GMT-100 koje je provedeno potpunim testiranjem. Izračunano je empirijsko standardno odstupanje za horizontalne pravce i duljine.

4.1 Rezultati ispitivanja mjerenja horizontalnih pravaca

Da bi se dobilo empirijsko standardno odstupanje ($s_{\text{ISO-THEO-HZ}}$) za mjerene horizontalne pravce prema ISO normi, bilo je potrebno izmjeriti pet pravaca u tri girusa, po četiri serije mjerenja. Nakon što je izračunana srednja vrijednost pravaca u pojedinom girusu u jednoj seriji mjerenja (\bar{x}_k), izračunani su kvadrati odstupanja pojedinoga mjerenja od srednje vrijednosti mjerenja ($r_{j,k}^2$). Iz ($r_{j,k}^2$) i broja stupnjeva slobode (ν) izračunano je empirijsko standardno odstupanje za prvu seriju mjerenja (s_1) te na isti način i za ostale serije mjerenja (s_2 , s_3 i s_4).

Empirijsko standardno odstupanje (s) pravca ($x_{j,k}$) opažanog u jednom girusu u dva položaja durbina dobije se iz izraza:

$$s = \sqrt{\frac{\sum r_i^2}{\nu}} = \sqrt{\frac{\sum r_i^2}{8}}, \quad (1)$$

gdje su:

- r_i^2 – kvadrati odstupanja,
- ν – broj stupnjeva slobode za $n = 3$ girusa za pravce $t = 5$ točaka za svaki girus [$\nu = (3 - 1) \times (5 - 1) = 8$],

te iznosi za svaku seriju mjerenja:

$$s_1 = 2,85'', \quad s_2 = 1,50'', \quad s_3 = 1,91'', \quad s_4 = 1,04''.$$

Empirijsko standardno odstupanje mjerenih pravaca u svim girusima dobije se kao aritmetička sredina odstupanja svih girusa, te iznosi:

$$s_{\text{ISO-THEO-HZ}} = 1,9''.$$

Za interpretaciju rezultata potrebno je izraditi statističke testove kako bi se moglo odgovoriti na sljedeća statistička pitanja:

- a) je li izračunano empirijsko standardno odstupanje (s), manje od vrijednosti (σ), koju navodi proizvođač, ili manje od druge, unaprijed zadane vrijednosti (σ)?
- b) pripadaju li dva standardna odstupanja (s) i (\tilde{s}), određena za dva različita uzorka mjerenja istoj vrsti, pod pretpostavkom da ta oba uzorka imaju isti stupanj slobode (ν)?

Empirijska standardna odstupanja (s) i (\tilde{s}) mogu se dobiti od:

- dva uzorka mjerenja istim instrumentom, ali različitim opažaćima,
- dva uzorka mjerenja istim instrumentom, ali u različito vrijeme,
- dva uzorka mjerenja od dva različita instrumenta.

Za sljedeće testove uzeto je da je razina sigurnosti $1 - \alpha = 0,95$, a broj stupnjeva slobode $\nu = 32$ (za svaku seriju mjerenja $\nu = 8$, pa za četiri serije mjerenja iznosi $\nu = 32$).

Pretpostavka a)

Nul-hipoteza temelji se na pretpostavci da je empirijsko standardno odstupanje (s) horizontalnih pravaca opažanih u oba položaja durbina manje ili jednako teorijskoj ili pretpostavljenoj vrijednosti (σ), te se hipoteza ne odbacuje ako je ispunjen sljedeći uvjet:

$$s \leq \sigma \times \sqrt{\frac{\chi_{1-\alpha}^2(\nu)}{\nu}}. \quad (2)$$

Statistički test prema (2) – χ^2 test:

$$\sigma = 2'', \quad s = 1,9'', \quad \nu = 32.$$

$$1,9'' \leq 2,4'' - \text{uvjet je ispunjen.}$$

To znači da je preciznost toga teodolita unutar podatka navedenog u prospektu za taj instrument.

Pretpostavka b)

U slučaju dvaju različitih uzoraka, test pokazuje pripadaju li empirijska standardna odstupanja (s) i (\tilde{s}) istom osnovnom skupu. Postavljena nul-hipoteza $\sigma = \tilde{\sigma}$ ne odbacuje se ako je ispunjen sljedeći uvjet:

$$\frac{1}{F_{1-\alpha/2}(\nu, \nu)} \leq \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \leq F_{1-\alpha/2}(\nu, \nu). \quad (3)$$

Statistički test prema (3) – Fisherov test

$$s = 1,9'', \quad \tilde{s} = 1,6'', \quad \nu = 32.$$

$$0,49'' \leq 1,41'' \leq 2,02'' - \text{uvjet je ispunjen.}$$

To znači da standardna odstupanja iz dvije serije mjerenja pripadaju istoj vrsti, odnosno da su iste preciznosti.

4.2 Rezultati ispitivanja mjerenja duljina

Za ispitivanja empirijskog standardnog odstupanja mjerenja duljina izmjerene su duljine na Kalibracijskoj bazi Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Izmjerna je 21 kombinacija duljina između sedam stupova s razmakom između stupova od oko 100 m. Mjerene duljine korigirane su za atmosfersku korekciju i reducirane u horizontalnu ravninu. Na kraju je dobiveno empirijsko standardno odstupanje za preciznost mjerenja duljina prema izrazu:

$$s = \sqrt{\frac{\sum r^2}{\nu}} = \sqrt{\frac{\sum r^2}{14}}, \quad (4)$$

gdje su:

- $\sum r^2$ – suma kvadrata svih odstupanja $r_{p,q}$ 21 mjerene duljine $x_{p,q}$ korigirane za atmosferske utjecaje (atmosferska korekcija, redukcija kosih duljina na horizont, ali ne i za adicijsku korekciju),
- $\nu = n - u = 14$ – broj stupnjeva slobode,
- $n = 21$ – broj mjerenja,
- $u = 6 + 1$ – broj procijenjenih parametara,

te za jednu seriju mjerenja iznosi:

$$s_{\text{ISO-EOD}} = 1,0 \text{ mm.}$$

Također su provedena testiranja po Fisherovu i χ^2 testu s vjerojatnosti od 95%, te test adicijske korekcije (δ).

Za interpretaciju rezultata statistički se testovi koriste:

- empirijskim standardnim odstupanjem (s) mjerene duljine na Kalibracijskoj bazi,
- adicijskom korekcijom (δ) elektrooptičkog daljinomjera i njezinim empirijskim standardnim odstupanjem adicijske korekcije s_δ ,

te trebaju odgovoriti na sljedeća pitanja:

- je li računano empirijsko standardno odstupanje (s) manje od vrijednosti (σ) koju je dao proizvođač ili manje od druge prethodno određene vrijednosti (σ)?
- pripadaju li dva empirijska standardna odstupanja (s) i (\tilde{s}), određena za dva različita uzorka mjerenja istom osnovnom skupu pod pretpostavkom da imaju isti stupanj slobode (ν)?
- je li adicijska korekcija (δ) jednaka nuli, odnosno podatku proizvođača ($\delta_0 = 0$) ili je $\delta = \delta_0$ ako su korištene prizme s adicijskom korekcijom?

Empirijska standardna odstupanja (s) i (\tilde{s}) mogu se dobiti od:

- dva uzorka mjerenja istim instrumentom u različito vrijeme mjerenja,
- dva uzorka mjerenja različitim instrumentima.

Za sljedeće testove uzeto je da je razina sigurnosti $1 - \alpha = 0,95$, te broj stupnjeva slobode $\nu = 14$.

Pretpostavka a)

Nul hipotezom iskazuje se da je empirijsko standardno odstupanje (s) manje ili jednako teoretskoj ili pretpostavljenoj vrijednosti (σ), te se ne odbacuje ako je ispunjen sljedeći uvjet:

$$s \leq \sigma \times \sqrt{\frac{\chi_{1-\alpha}^2(\nu)}{\nu}}, \quad (5)$$

$$\sigma = 3,0 \text{ mm}, \quad s = 1,0 \text{ mm}, \quad \nu = 14,$$

$$1,0 \text{ mm} \leq 3,0 \text{ mm}.$$

Budući da je uvjet ispunjen, te da se nul-hipoteza temelji na slobodno određenom empirijskom standardnom odstupanju, $s = 1,0$ mm manje je ili jednako vrijednosti koju navodi proizvođač $\sigma = 3,0$ mm, prema razini sigurnosti od 95%, pa se prema tomu nul-hipoteza ne odbacuje. To znači da je preciznost tog daljinomjera unutar podatka navedenoga u prospektu za taj instrument.

Pretpostavka b)

U slučaju da dva različita testna uzorka pokazuju da empirijska standardna odstupanja (s) i (\tilde{s}) pripadaju istoj populaciji, navedena se nul-hipoteza ne odbacuje ako su ispunjeni sljedeći uvjeti:

$$\frac{1}{F_{1-\alpha/2}(\nu, \nu)} \leq \frac{s^2}{\tilde{s}^2} \leq F_{1-\alpha/2}(\nu, \nu), \quad (6)$$

$$s = 1,0 \text{ mm}, \quad \tilde{s} = 1,2 \text{ mm}, \quad \nu = 14.$$

$$0,34 \leq 1,20 \leq 2,98.$$

Uvjet je ispunjen, nul-hipoteza koja se temelji na empirijskom standardnom odstupanju $s = 1,0$ mm i $\tilde{s} = 1,2$ mm, što pripadaju istoj populaciji, prihvaća se prema razini sigurnosti od 95%. To znači da je preciznost tog daljinomjera unutar podatka navedenoga u prospektu za taj instrument.

Pretpostavka c)

Hipoteze kvalitete adicijske korekcije (δ) i (δ_0) ne odbacuju se ako su ispunjeni sljedeći uvjeti:

$$|\delta - \delta_0| \leq s_\delta \times t_{1-\alpha/2}(\nu), \quad (7)$$

$$s = 1,0 \text{ mm}, \quad \nu = 14, \quad \delta = 1,1 \text{ mm}, \quad s_\delta = 1,4 \text{ mm}.$$

$$1,1 \text{ mm} \leq 3,0 \text{ mm}.$$

Budući da je uvjet ispunjen, nul-hipoteza koja se temelji na korekciji nul-točke (δ) nije odbijena prema razini sigurnosti od 95%, tj. za adicijsku korekciju može se koristiti vrijednost koju je dao proizvođač.

5. Zaključak

Ispitivanjem prema ISO normama 17123-3 i 17123-4 utvrđeno je da se motoriziranom mjernom stanicom Topcon GMT-100 postiže preciznost mjerenja horizontalnih pravaca sa standardnim odstupanjem od 1,9", a preciznost mjerenja duljina sa standardnim odstupanjem od 1,0 mm. Prema proizvođačkom priručniku za taj instrument preciznost mjerenja horizontalnih pravaca, tj. standardno odstupanje, iznosi 2,0". Također, prema tom istom priručniku, navedena je preciznost mjerenja duljina, koja se kreće od 0,2 mm do 1,0 mm.

Uspoređujući rezultate dobivene ispitivanjem preciznosti prema navedenim normama s podacima u proizvođačkom priručniku, možemo potvrditi sljedeće:

- preciznost mjerenja horizontalnih pravaca malo je bolja od deklarirane preciznosti,
- preciznost mjerenja duljina također zadovoljava navedenu preciznost iz priručnika,
- utvrđeno je da je adicijska korekcija instrumenta $\delta = 1,1$ mm, dok proizvođač navodi da je ona jednaka nuli, te da se i dalje može koristiti adicijska korekcija $\delta = 0$ mm.

Literatura

- Benčić, D. (1992): Geodetski instrumenti, Školska knjiga, Zagreb.
- DZNM – Državni zavod za normizaciju i mjeriteljstvo (1999): Prihvaćanje međunarodnih norma kao regionalnih ili nacionalnih norma – ISO/IEC upute 21, Zagreb.
- Internacionalni standard ISO 17123 – 3 (2001): Optika i optički instrumenti – Postupci za ispitivanje geodetskih i mjernih instrumenata – 3. dio: Teodoliti.
- Internacionalni standard ISO 17123 – 4 (2001): Optika i optički instrumenti – Postupci za ispitivanje geodetskih i mjernih instrumenata – 4. dio: Elektrooptički daljinomjeri (EOD instrumenti).
- MZiT – Ministarstvo znanosti i tehnologije (2003): Nacrt prijedloga zakona o normizaciji s konačnim prijedlogom zakona, Zagreb.
- Narodne novine (1994): Zakon o mjernoj djelatnosti, 11.
- Narodne novine (1994): Naredba o vrstama mjerila za koja se provodi mjeriteljski nadzor, 93.
- Narodne novine (1996): Naredba o vrstama mjerila za koja se provodi mjeriteljski nadzor, 50.
- Solarić, N., Solarić, M., Benčić, D. (1992): *Projekt i izgradnja Kalibracijske baze Geodetskog fakulteta sveučilišta u Zagrebu, Geodetski list 1, 7–27.*
- Topcon (1999): GMT-100 instruction manual, Topcon corporation, 75–1 Hasunuma-cho, Itabashi-ku, Tokyo, Japan.

Precision providing of motorized total station Topcon GMT-100 according to ISO 17123-3 and 17123-4

ABSTRACT. The paper explains field procedures for determining the precision of the horizontal directions and distances of motorized total station Topcon GMT-100, according to current ISO standards 17123-3 and 17123-4. For determining the precision of horizontal directions five directions in three sets and in four series have been measured. Measuring of horizontal distances has been carried out on calibration baseline of the Faculty of Geodesy in Zagreb. Distances were measured between seven pillars. All combinations have been measured. Experimental standard deviation of horizontal directions and distances, and zero point correction are the results of this examination.

Keywords: total station, ISO standards, precision.