

MEĐULABORATORIJSKO POREĐENJE IZ OBLASTI DIMENZIONIH VELIČINA NA PRIMERU GNSS TEHNOLOGIJE

Dr Jelena Gučević, dipl. geod. inž.; dr Siniša Delčev, dipl. geod. inž.; Mr Olivera Vasović
Šimšić, dipl. geod. inž.

Ključne reči: GNSS, međulaboratorijsko poređenje, ISO, standard

KRATAK SADRŽAJ

Prema zahtevima standarda SRPS/ISO 17025:2017 i pravilima Akreditacionog tela Srbije laboratorije su u OBAVEZI da učestvuju u PT šemama. Ukoliko nema PT šema za određenu oblast onda je obavezno učešće u međulaboratorijskim poređenjima. U ovom radu je prikazano PRVO međulaboratorijsko poređenje iz oblasti primene GNSS tehnologije, organizovano između akreditovanih laboratorija u Republici Srbiji. Prikazan je model, izbor i realizacija veličine koja se poredi, kao i rezultati poređenja.

INTERLABORATORY COMPARISON IN THE FIELD OF GEOMETRICAL QUANTITIES ON THE EXAMPLE OF GNSS TECHNOLOGY

Keywords: GNSS, interlaboratory comparison, ISO, standard

ABSTRACT

According to the requirements of the standard SRPS/ISO 17025:2017 and the rules of the Accreditation Body of Serbia, laboratories are OBLIGED to participate in PT schemes. If there is no PT scheme for a certain area, then participation in interlaboratory comparisons is mandatory. This paper presents the FIRST interlaboratory comparison in the field of GNSS technology application, organized between accredited laboratories in the Republic of Serbia. The model, selection and realization of the quantities to be compared, as well as the results of the comparison are presented..

UVOD

Tokom nadzora nad radom laboratorija za etaloniranje Akreditaciono telo Srbije se pridržava standarda SRPS/ISO 17025:2017 i drugih svoji usvojenih dokumenata, pravila i uputstava, a njih se moraju pridržavati i laboratorije. Jedan od bitnijih dokumenata je ATS-PA02: "*Pravila o učešću u programima za ispitivanje osposobljenosti i međulaboratorijskim poređenjima*".

U delu dokumenta "Politika ATS" se odmah na početku navodi: "Sve laboratorije koje su podnele prijavu za akreditaciju i laboratorije koje su već akreditovane ... moraju učestvovati u dostupnim i odgovarajućim PT aktivnostima obavezno pre podnošenja prijave za početno ocenjivanje, ponovno ocenjivanje i proširenje obima akreditacije...". Ovim stavom se sve laboratorije OBAVEZUJU da učestvuju u ovakvim aktivnostima. Dalje se navodi da laboratorije moraju **same** da istraže dostupnost PT aktivnosti koje su organizovane u skladu sa standardom SRPS ISO/IEC 17043 "*Ocenjivanje usaglašenosti - Opšti zahtevi za ispitivanje osposobljenosti*".

Laboratorije su obavezne da učestvuju u odgovarajućim dostupnim šemama za ispitivanje osposobljenosti u organizaciji bilo domaćeg, bilo inostranog provajdera. Ukoliko se utvrdi da iste nisu odgovarajuće, ili da nema dostupnih, ATS prihvata učešće u međulaboratorijskim poređenjima drugačijim od ispitivanja osposobljenosti. Dalje, ukoliko se utvrdi da nema odgovarajućih dostupnih šema za ispitivanje osposobljenosti, ATS prihvata zadovoljavajući rezultat učešća laboratorije u poređenju sa nacionalnim metrološkim institutom. To može biti Direkcija za mere i dragocene metale - DMDM ili NMI druge zemlje, ali mira imati objavljen CMC (*Calibration and Measurement Capabilities*) za datu oblast etaloniranja u BIPM (*Bureau International des Poids et Mesures*) bazi podataka ključnih poređenja (www.kcdb.bipm.org/bipm-kcdb/appendixS).

Akreditovana laboratorija mora učestvovati u dostupnim ispitivanjima osposobljenosti najmanje jedanput za svaku veću pod-disciplinu iz svog obima akreditacije za period važenja akreditacije (trenutno je to 4 godine). Laboratorija treba da na osnovu svog obima akreditacije odredi pod-discipline i dinamiku učešća u PT aktivnostima i da za to napravi program PT aktivnosti. Ovaj program se preispituje na godišnjem nivou u okviru aktivnosti preispitivanja od strane rukovodstva. Pod-disciplina može da sadrži više mernih tehnika, svojstava ili predmeta ispitivanja/etaloniranja dokle god su one ekvivalentne i uporedive.

Ukoliko laboratorija ne učestvuje u dostupnim, i odgovarajućim, PT aktivnostima u skladu sa zahtevima iz Pravila ATS, ili ukoliko nisu pokrenute odgovarajuće mere u slučaju nezadovoljavajućih rezultata, ATS preduzima odgovarajuće mere, npr. neće dodeliti akreditaciju, suspendovaće ili smanjiti obim akreditacije ili ukinuti akreditaciju u celini.

Laboratorije koje su akreditovane za etaloniranje geodetskih merila ne mogu učestvovati u PT aktivnostima jer, za sada, ne postoji PT provajder koji je akreditovan za ovu vrstu merila. Takođe, za neke vrste merila nije moguće izvršiti ni poređenje sa NMI (npr. ne postoji razvijena metoda prenošenja jedinice sa primarnog etalona iako je on u CMC bazi podataka...), nacionalnim ili druge države. Zato ove laboratorije svoju osposobljenost moraju dokazivati učešćem u međulaboratorijskim poređenjima sa laboratorijama koje u svom obimu akreditacije imaju istu metodu etaloniranja. Jedan ovakav pristup će biti prikazan u ovom radu - međulaboratorijsko poređenje iz oblasti primene GNSS (Globalni Navigacioni Satelitski Sistem) tehnologije. Ovo je prvi put da su sve tri laboratorije u Srbiji akreditovane za primenu GNSS tehnologije zajedno učestvovala u međulaboratorijskom poređenju.

ETALONIRANJE MERILA GNSS

Međunarodni standard za etaloniranje merila za primenu GNSS tehnologije, ISO 17123-8, je prvi put objavljen 2007. godine. Do tada nije postojao zvanični dokument po kojem bi se vršilo etaloniranje GNSS merila već se etaloniranje vršilo prema validovanim metodama. Takođe, etaloniranje merila je vršeno u statičkom režimu merenja, a određivani su stabilnost oscilatora, promene položaja faznog centra antene i merna nesigurnost (tačnije rečeno standardna devijacija) dužina do satelita dobijena iz kodnih i

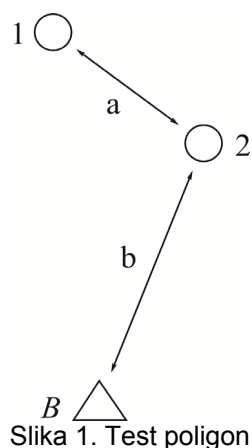
faznih merenja. ISO standardom je predviđeno etaloniranje GNSS merila u RTK (Real-Time Kinematic) režimu pozicioniranja. Ovakav pristup je opravdan jer najveći broj korisnika GNSS koristi u RTK režimu, posebno od početka primene koncepta mreža permanentnih stanica.

Provera merila u celini kao i kontrola rada pojedinih njegovih delova vrši se neposredno i obuhvata spoljašni pregled i proceduru merenja.

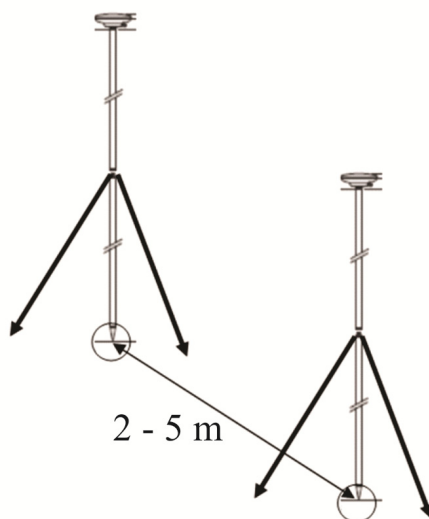
Spoljašni pregled, kojim se merilo postavlja na odgovarajući štap sa libelom i bipod, obuhvata grubu proveru:

- ispravnosti kablova, ili drugog oblika veze merila sa kontrolerom, i
- izvora napajanja.

Procedura merenja se vrši po završenom spoljašnjem pregledu i identična je proceduri koja je opisana u standardu SRPS ISO 17123-8:2014, poglavlje "6 Full test procedure". (Postoji i novija verzija ISO standarda za etaloniranje GNSS merila ISO 17123-8:2015 ali je postupak etaloniranja isti, a razlika je u tome da je u novoj verziji uključena procena merne nesigurnosti. Ova verzija standarda još uvek nije usvojena kao SRPS standard.) Merenje se vrši na test poligonu (slika 1.) koji čine bazna tačka (referentne mreže AGROS) i dve detaljne tačke (tačke rovera). Horizontalno rastojanje (dužina) između detaljnih tačaka potrebno je odrediti uz uslov da je tačnost veća od 3 mm, a isto važi i za vertikalno rastojanje (visinsku razliku) između detaljnih tačaka.



Horizontalno rastojanje i visinska razlika iz svake serije merenja se poredi sa referentnim vrednostima koje služe za praćenje i kontrolu merenja. Referentne vrednosti se ne koriste u statističkim testovima. U svakoj seriji realizuje se po pet merenja na detaljnim tačkama.



Interval između dva uzastopna merenja je približno 5 min, potrebno vreme za jednu seriju je oko 25 min. Potpuna procedura ispitivanja "Full test procedure" se sastoji iz 3 serije i traje oko 90 min.

Standardna devijacija iz ovih merenja predstavlja meru preciznosti i odražava uticaj svih potrebnih parametara u GNSS pozicioniranju, uključujući: kratko-periodične, dugo-periodične i višestruke uticaje u različitim periodima i pod različitom konstelacijom satelita. Testiranje uzorka merenja se vrši unutar jedne serije i između serija merenja primenom statističkih testova.

Unutar jedne serije merenja metrolog realizuje pet čitanja na dve tačke (slika 2.), tabela 1. Svako čitanje na jednoj tački se sastoji od tri sesije sa po 30 registracija u intervalu od jedne sekunde.

Tabela 1. Merenja unutar serije

R. br.	Serija <i>i</i>	Čitanje <i>j</i>	Det. tačka <i>k</i>	Merenja		
				<i>x</i>	<i>y</i>	<i>h</i>
1	1	1	1	$x_{1,1,1}$	$y_{1,1,1}$	$h_{1,1,1}$
2	1	1	2	$x_{1,1,2}$	$y_{1,1,2}$	$h_{1,1,2}$
3	1	2	1	$x_{1,2,1}$	$y_{1,2,1}$	$h_{1,2,1}$
4	1	2	2	$x_{1,2,2}$	$y_{1,2,2}$	$h_{1,2,2}$
5	1	3	1	$x_{1,3,1}$	$y_{1,3,1}$	$h_{1,3,1}$
6	1	3	2	$x_{1,3,2}$	$y_{1,3,2}$	$h_{1,3,2}$
7	1	4	1	$x_{1,4,1}$	$y_{1,4,1}$	$h_{1,4,1}$
8	1	4	2	$x_{1,4,2}$	$y_{1,4,2}$	$h_{1,4,2}$
9	1	5	1	$x_{1,5,1}$	$y_{1,5,1}$	$h_{1,5,1}$
10	1	5	2	$x_{1,5,2}$	$y_{1,5,2}$	$h_{1,5,2}$

Oznake:

- pojedinačno merenje obeleženo sa: $x_{i,j,k}$; $y_{i,j,k}$; $h_{i,j,k}$ - koordinate,
- indeks serije merenja: *i*,
- indeks čitanja: *j*,
- indeks detaljne tačke: *k*.

Redosled merenja je prema tabeli 1 za sve tri serije merenja, Baza - (referentna mreža AGROS, Vekom Net, GentooARS) - rover (detaljna tačka 1, 2). Merenja se sprovode u različitom vremenskom intervalu i koristi se za otklanjanje grubih grešaka, procenu merne nesigurnosti i statistička testiranja.

Serija merenja *i* se sastoji iz pet merenja *j* na detaljnim tačkama 1 i 2 koja se obavljaju u razmaku od pet minuta. Za realizaciju jedne serije merenja, odnosno određivanja koordinata u tačkama 1 i 2, potrebno je oko 30 minuta. Iz svakog merenja se sračunaju pravouglove koordinate tačaka 2 ($x_{i,j,2}$, $y_{i,j,2}$) i 1 ($x_{i,j,1}$, $y_{i,j,1}$) i odgovarajuće visine ($h_{i,j,2}$, $h_{i,j,1}$).

Obrada merenja

Nakon izvršenih merenja potrebno je izvršiti proračun koji se sastoji od dva koraka. U prvom koraku se svako merenje direktno upoređuje sa referentnim-etalonskim vrednostima, kako bi se otkrila merenja sa grubim greškama. Merenja sa grubim greškama se isključuju iz dalje analize. U drugom koraku potrebno je za svaki skup čitanja ($j=1,\dots,5$) u seriji ($i=1,\dots,3$) izračunati dužinu i visinsku razliku između dve detaljne tačke rovera 1 i 2.

$$D_{i,j} = \sqrt{(x_{i,j,2} - x_{i,j,1})^2 + (y_{i,j,2} - y_{i,j,1})^2} \quad (1)$$

$$\Delta h_{i,j} = h_{i,j,2} - h_{i,j,1}$$

i formirati odstupanja od referentne-etalonske vrednosti:

$$\begin{aligned}\varepsilon_{(D_{i,j})} &= (D_{i,j})^M - (D_{i,j})^T \\ \varepsilon_{(h_{i,j})} &= (h_{i,j})^M - (h_{i,j})^T\end{aligned}\quad (2)$$

Test grubih grešaka se sprovodi kroz uslov:

$$\begin{aligned}\varepsilon_{(D_{i,j})} &\leq 2,5 \cdot \sqrt{2} \cdot s_{xy} \\ \varepsilon_{(h_{i,j})} &\leq 2,5 \cdot \sqrt{2} \cdot s_h\end{aligned}\quad (3)$$

gde su: s_{xy} , s_h standardne devijacije.

U slučaju da uslovi (3) nisu ispunjeni znak je da postoje grube greške i merenja treba ponoviti. Po završenom testiranju na grube greške prelazi se na ocenu nepoznatih parametara.

Ocena nepoznatih parametara

Statističko testiranje podrazumeva formiranje aritmetičke sredine:

$$\begin{aligned}\bar{x}_k &= \frac{1}{15} \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^5 x_{i,j,k} \\ \bar{y}_k &= \frac{1}{15} \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^5 y_{i,j,k} \\ \bar{h}_k &= \frac{1}{15} \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^5 h_{i,j,k}\end{aligned}\quad (4)$$

odstupanje od aritmetičke sredine:

$$\begin{aligned}r_{x_{i,j,k}} &= \bar{x}_k - x_{i,j,k} \\ r_{y_{i,j,k}} &= \bar{y}_k - y_{i,j,k} \\ r_{h_{i,j,k}} &= \bar{h}_k - h_{i,j,k}\end{aligned}\quad (5)$$

i reziduala:

$$\begin{aligned}\sum r_x^2 &= \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^5 \sum_{k=1}^2 r_{x_{i,j,k}}^2 \\ \sum r_y^2 &= \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^5 \sum_{k=1}^2 r_{y_{i,j,k}}^2 \\ \sum r_h^2 &= \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^5 \sum_{k=1}^2 r_{h_{i,j,k}}^2\end{aligned}\quad (6)$$

Broj stepeni slobode se računa kao:

$$v_x = v_y = v_h = (m \cdot n - 1) \cdot p = (3 \cdot 5 - 1) \cdot 2 = 28$$

gde je: m - broj serija = 3; n - broj merenja u seriji = 5; p - broj detaljnih tačaka = 2.

Empirijske standardne devijacije pojedinačnih veličina su:

$$\begin{aligned}
s_x &= \frac{\sqrt{\sum r_x^2}}{m} = \frac{\sqrt{\sum r_x^2}}{28} \\
s_y &= \frac{\sqrt{\sum r_y^2}}{m} = \frac{\sqrt{\sum r_y^2}}{28} \\
s_h &= \frac{\sqrt{\sum r_h^2}}{m} = \frac{\sqrt{\sum r_h^2}}{28}
\end{aligned} \tag{7}$$

Izraženo u odnosu na ISO standard za koordinate (x, y) i visinu (h) :

$$\begin{aligned}
S_{(\text{ISO-GNSS RTK})_{xy}} &= \sqrt{s_x^2 + s_y^2} \\
S_{(\text{ISO-GNSS RTK})_h} &= \frac{\sqrt{\sum r_h^2}}{m}
\end{aligned} \tag{8}$$

gde je broj stepeni slobode: $m = (3 \cdot 5 - 1) \cdot 2 = 28$ (ISO 17123-8).

Statističko testiranje

Statistički testovi se sprovode koristeći ukupne standardne devijacije: $S_{(\text{ISO-GNSS RTK})_{xy}}$, $S_{(\text{ISO-GNSS RTK})_h}$ i odgovarajući broj stepeni slobode kako bi se odgovorilo na sledeća pitanja (Tabela 2):

Tabela 2. Statistički testovi

Test	H_0 nulta hipoteza	H_1 alternativna hipoteza
a)	$S_{(\text{ISO-GNSS RTK})_{xy}} \leq \sigma_{xy}$	$S_{(\text{ISO-GNSS RTK})_{xy}} > \sigma_{xy}$
b)	$S_{(\text{ISO-GNSS RTK})_h} \leq \sigma_h$	$S_{(\text{ISO-GNSS RTK})_h} > \sigma_h$
c)	$\sigma_{xy} = \tilde{\sigma}_{xy}$	$\sigma_{xy} \neq \tilde{\sigma}_{xy}$
d)	$\sigma_h = \tilde{\sigma}_h$	$\sigma_h \neq \tilde{\sigma}_h$

- Da li je dobijena empirijska standardna devijacija jednog položaja (x, y) manja ili veća od odgovarajuće vrednosti definisane od strane proizvođača ili neke druge predefinisane vrednosti?
- Da li je dobijena empirijska standardna devijacija jedne visine, h , manja ili veća od odgovarajuće vrednosti definisane od strane proizvođača ili neke druge predefinisane vrednosti?
- Da li dve eksperimentalne standardne devijacije, $S_{(\text{ISO-GNSS RTK})_{xy}}$ i $\tilde{S}_{(\text{ISO-GNSS RTK})_{xy}}$, pojedinačnog položaja (x, y) određene iz dve različite serije merenja pripadaju istoj populaciji. Podrazumeva se da obe serije merenja imaju isti broj stepeni slobode.
- Da li dve eksperimentalne standardne devijacije, $S_{(\text{ISO-GNSS RTK})_h}$ i $\tilde{S}_{(\text{ISO-GNSS RTK})_h}$, pojedinačne visine, h , određene iz dve različite serije merenja pripadaju istoj populaciji, podrazumevajući da obe serije merenja imaju isti broj stepeni slobode.

Eksperimentalne standardne devijacije, s i \tilde{s} , mogu biti određene iz dva skupa merenja sa istim ili sa različitim merilima, a mogu se usvojiti i vrednosti deklarirane od strane proizvođača. Za testiranje saglasnosti merenja, prema ISO 17123-8 standardu, primenjuje se nivo poverenja $1 - \alpha = 0,95$ i broj stepeni slobode $v_x + v_y = 56$ i $v_h = 28$.

Hipoteze za položaj, tj. koordinate (x, y) , glase:

$$H_0 : s_{(\text{ISO-GNSS RTK})_{xy}} \leq \sigma_{xy} \quad (9)$$

$$H_1 : s_{(\text{ISO-GNSS RTK})_{xy}} > \sigma_{xy}$$

$$s_{(\text{ISO-GNSS RTK})_{xy}} \leq \sigma_{xy} \cdot \frac{\sqrt{\chi_{1-\alpha;m}^2}}{m} \quad (10)$$

$$s_{(\text{ISO-GNSS RTK})_{xy}} \leq \sigma_{xy} \cdot \frac{\sqrt{\chi_{0,95;56}^2}}{56} \quad (11)$$

$$s_{(\text{ISO-GNSS RTK})_{xy}} \leq \sigma_{xy} \cdot 1,15 \quad (12)$$

Hipoteze za visinu h :

$$H_0 : s_{(\text{ISO-GNSS RTK})_h} \leq \sigma_h \quad (13)$$

$$H_1 : s_{(\text{ISO-GNSS RTK})_h} > \sigma_h$$

$$s_{(\text{ISO-GNSS RTK})_h} \leq \sigma_h \cdot \frac{\sqrt{\chi_{1-\alpha;m}^2}}{m} \quad (14)$$

$$s_{(\text{ISO-GNSS RTK})_h} \leq \sigma_h \cdot \frac{\sqrt{\chi_{0,95;28}^2}}{28} \quad (15)$$

$$s_{(\text{ISO-GNSS RTK})_h} \leq \sigma_h \cdot 1,22 \quad (16)$$

U slučaju testiranja dve serije merenja primenjuje se Fišerov test kojim se dokazuje da li dve eksperimentalne standardne devijacije položaja ($s_{(\text{ISO-GNSS RTK})_{xy}}$, $\tilde{s}_{(\text{ISO-GNSS RTK})_{xy}}$) i visinske razlike ($s_{(\text{ISO-GNSS RTK})_h}$, $\tilde{s}_{(\text{ISO-GNSS RTK})_h}$) pripadaju istoj populaciji?

Testira se nulta hipoteza za položaj:

$$H_0 : s_{(\text{ISO-GNSS RTK})_{xy}} = \tilde{s}_{(\text{ISO-GNSS RTK})_{xy}} \quad (17)$$

$$H_1 : s_{(\text{ISO-GNSS RTK})_{xy}} \neq \tilde{s}_{(\text{ISO-GNSS RTK})_{xy}}$$

$$\frac{1}{F_{1-\frac{\alpha}{2};m;\tilde{m}}} \leq \frac{s_{(\text{ISO-GNSS RTK})_{xy}}^2}{\tilde{s}_{(\text{ISO-GNSS RTK})_{xy}}^2} \leq F_{1-\frac{\alpha}{2};m;\tilde{m}}$$

$$\frac{1}{F_{0,975;56;56}} \leq \frac{s_{(\text{ISO-GNSS RTK})_{xy}}^2}{\tilde{s}_{(\text{ISO-GNSS RTK})_{xy}}^2} \leq F_{0,975;56;56} \quad (18)$$

$$0,56 \leq \frac{s_{(\text{ISO-GNSS RTK})_{xy}}^2}{\tilde{s}_{(\text{ISO-GNSS RTK})_{xy}}^2} \leq 1,70$$

Kao i za visinu:

$$H_0 : s_{(\text{ISO-GNSS RTK})_h} = \tilde{s}_{(\text{ISO-GNSS RTK})_h} \quad (19)$$

$$H_1 : s_{(\text{ISO-GNSS RTK})_h} \neq \tilde{s}_{(\text{ISO-GNSS RTK})_h}$$

$$\frac{1}{F_{1-\frac{\alpha}{2}; m; \tilde{m}}} \leq \frac{s^2_{(ISO-GNSS\ RTK)_h}}{\tilde{s}^2_{(ISO-GNSS\ RTK)_h}} \leq F_{1-\frac{\alpha}{2}; m; \tilde{m}}$$

$$\frac{1}{F_{0,975; 28; 28}} \leq \frac{s^2_{(ISO-GNSS\ RTK)_h}}{\tilde{s}^2_{(ISO-GNSS\ RTK)_h}} \leq F_{0,975; 28; 28} \quad (20)$$

$$0,47 \leq \frac{s^2_{(ISO-GNSS\ RTK)_h}}{\tilde{s}^2_{(ISO-GNSS\ RTK)_h}} \leq 2,13$$

MEĐULABORATORIJSKO POREĐENJE

Sprovođenje međulaboratorijskog poređenja, kao i učešće u njemu, predstavlja važan proces kojim se dokazuje tehnička kompetentnost pred Akreditacionim telom. Sama organizacija međulaboratorijskog poređenja sprovodi se u skladu sa standardom ISO/IEC 17043:2010, s tim što organizator ne mora biti akreditovan za ovu aktivnost već se bira na neki drugi način (uglavnom dogovorom učesnica). Prilikom sprovođenja međulaboratorijskog poređenja potrebno je razmatrati: broj laboratorija učesnica, vrstu i broj uzoraka za etaloniranje kao i eventualni broj ponovljenih etaloniranja na svakom uzorku, procenu dodeljene vrednosti, procenu nekonzistentnih vrednosti, mernu nesigurnost i istinitost dobijenih rezultata i razlike između laboratorija učesnica na željenom nivou poverenja.

Za statističku obradu rezultata dobijenih u međulaboratorijskom poređenju koriste se procedure opisane u delu B.3 "*Calculation of performance statistics*" standarda ISO/IEC 17043:2010. Rezultati dobijeni u međulaboratorijskom poređenju se transformišu u z rezultat i/ili u veličinu E_n :

$$z = \frac{x - X}{\sigma} \quad (21)$$

$$E_n = \frac{x - X}{2\sqrt{U_{lab}^2 + U_{ref}^2}} \quad (22)$$

gde je:

- x - rezultat participanta (učesnika),
- X - dodeljena vrednost,
- σ - standardna devijacija za procenu osposobljenosti (mera disperzije koja se koristi za procenu rezultata provere osposobljenosti, određena na osnovu dostupnih informacija),
- U_{lab} - proširena merna nesigurnost rezultata participanta,
- U_{ref} - proširena merna nesigurnost dodeljene vrednosti referentne laboratorije.

Odluka se donosi u skladu sa:

1) z rezultat:

- $|z| \leq 2$ pokazuje "*zadovoljavajuće*" vrednosti i ne generiše nikakav signal,
- $2 \leq |z| \leq 3$ pokazuje "*diskutabilne*" vrednosti i generiše signal upozorenja,
- $|z| \geq 3$ pokazuje "*nezadovoljavajuće*" vrednosti i generiše signal za intervenciju.

2) veličina E_n :

- $|E_n| \leq 1$ pokazuje "*zadovoljavajuće*" vrednosti i ne generiše nikakav signal,
- $|E_n| > 1$ pokazuje "*nezadovoljavajuće*" vrednosti i generiše signal za intervenciju

REZULTATI MEĐULABORATORIJSKOG POREĐENJA GNSS MERILA

Za PRVO međulaboratorijsko poređenje između svih laboratorija u Republici Srbiji, akreditovanih za etaloniranje geodetskih merila, odabrano je merilo za primenu GNSS tehnologije. Dogovoreno je da se etaloniranje izvrši prema standardu SRPS ISO 17123-8:2014 koji podrazumeva merenje u RTK (Real Time Kinematic) režimu. Ovaj standard primenjuju sve tri laboratorije učesnice, a dogovoreno je da se koristi verzija SRPS, iz 2014. godine, a ne ISO standarda jer ovaj noviji ne koriste sve laboratorije (postupak merenja je isti u oba standarda).

Dogovoreno je i da organizaciju međulaboratorijskog poređenja obezbedi i sprovede Udruženje TRANSVERZALA Beograd, Omladinskih brigada 7đ, Novi Beograd, Akreditovana laboratorija za etaloniranje - ATS akreditacioni broj 02-077 (<http://www.registar.ats.rs/predmet/1323/>). Kompletnu dokumentaciju, Tehnički protokol i finalni Izveštaj o međulaboratorijskom poređenju, uradila je Laboratorija Udruženja Transverzala. Potrebna merenja su izvršena na test-poligonu Laboratorije, u unapred dogovorenim terminima. Participanti, učesnici, u međulaboratorijskom poređenju su, pored referentne Laboratorije Udruženja Transverzala, bile i sledeće dve laboratorije:

1. VEKOM GEO DOO BEOGRAD, Laboratorija za etaloniranje merila u geodeziji, građevini i srodnim oblastima, kao i merila zapremine, Todora Dukina 61, Beograd, Akreditovana laboratorija za etaloniranje - ATS akreditacioni broj 02-025,
2. Građevinski fakultet, Institut za geodeziju i geoinformatiku, Metrološka laboratorija za etaloniranje merila ugla i dužine, Bulevar kralja Aleksandra 73, Beograd, Akreditovana laboratorija za etaloniranje - ATS akreditacioni broj 02-033.

Predmet međulaboratorijskog poređenja je bila dužina između detaljnih tačaka dobijena merenjem RTK GNSS metodom. Horizontalno rastojanje (dužina) između detaljnih tačaka određeno je etaloniranom totalnom stanicom sa proširenom mernom nesigurnošću od 2,24 mm. Vrednost je kontrolisana i mernom trakom klase tačnosti I, merna nesigurnost $(0,1 + 0,1 \cdot L_{[m]})$ mm, i dobijena je ista vrednost kao i totalnom stanicom. Time je zadovoljen uslov iz standarda da je merna nesigurnost dužine bolja od 3 mm. Dužina je reudukovana u UTM projekciju elipsoida GRS80.

Sve tri laboratorije su sprovele postupak etaloniranja GNSS merila u skladu sa standardom SRPS ISO 17123-8:2014, svaka u drugom danu, u februaru i martu 2022. godine. Referentna laboratorija je merenje izvršila i pre i posle laboratorija učesnica. Sve tri laboratorije su merenja izvršila istim GNSS merilom - SOKKIA GRS2700 ISX, istim softverom - Carlson SurvCE i istim pomoćnim priborom, bipodom. Deklarisana tačnost korišćenog GNSS u RTK režimu za horizontalnu dužinu, koja je predmet međulaboratorijskog poređenja, je $(10,0 + 1,0 \cdot D_{[km]})$ mm. Registrovane su N (pravac severa), E (pravac istoka) i h (visina) koordinate tačaka u UTM projekciji elipsoida GRS80, sa modelom geoida EGM96 (sve ovo je regulisano postavkama u softveru koje nisu menjane tokom realizacije svih merenja).

Nakon izvršenih merenja laboratorije učesnice su predale referentnoj laboratoriji podatke merenja u skladu sa Tehničkim protokolom. Referentna laboratorija je rezultate merenja obradila u skladu sa standardom SRPS ISO 17123-8:2014, postupkom opisanim u poglavlju 6.2. "Obrada merenja". Testiranjem je utvrđeno da nema grubih grešaka u merenjima i da je tačnost izvršenih merenja u saglasnosti sa deklarisanom tačnošću merila, kao i da su merenja u pojedinim serijama (merenja pojedinih laboratorija) međusobno saglasna.

Pošto je referentna laboratorija utvrdila da nema grubih grešaka u merenjima, pristupila je računanju vrednosti horizontalne dužine i njene merne nesigurnosti za svaku seriju merenja posebno. Horizontalna dužina je računata za svaki par čitanja, na dve detaljne tačke, unutar serije po poznatoj formuli:

$$d(x_{tab}) = \sqrt{(N_2^2 - N_1^2) + (E_2^2 - E_1^2)} \quad (23)$$

Iz odstupanja pojedinih merenja od etalonske (istinite, referentne) vrednosti kao pokazatelj postignute tačnosti merenja sračunata je standardna devijacija dužine:

$$\sigma_{d_{lab}} = \sqrt{\frac{\sum (d_{ref} - d_i)^2}{n}} = \sqrt{\frac{\sum (d_{ref} - d_i)^2}{15}} \quad (24)$$

Za proširenu mernu nesigurnost pojedinih serija merenja, tj. U_{lab} , usvojena je dvostruka vrednost odgovarajuće standardne devijacije:

$$U_{lab} = 2 \cdot \sigma_{d_{lab}} \quad (25)$$

U tabeli 3 su prikazani rezultati međulaboratorijskog poređenja: vrednosti horizontalnih dužina, odgovarajuće proširene merne nesigurnosti, razlike od referentne vrednosti, veličina E_n i odluka Z - zadovoljavajuće vrednosti i N - nezadovoljavajuće vrednosti.

Tabela 3. Podaci međulaboratorijskog poređenja

Laboratorija	x_{lab} [m]	U_{lab} [mm]	X [m]	U_{ref} [mm]	$x_{lab} - X$ [mm]	E_n	Odluka
UT-1	4.1695	3.06	4.1703	2.24	-0.78	0.144	(Z)
VEKOM	4.1691	1.81			-1.26	0.438	(Z)
GRF	4.1694	3.29			-0.94	0.235	(Z)
UT-2	4.1719	1.11			1.54	0.617	(Z)

ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Uspešnim učešćem u međulaboratorijskim poređenjima laboratorije za etaloniranje dokazuju svoju osposobljenost pred Akreditacionim telom Srbije. S druge strane, nezadovoljavajući rezultat ukazuje da laboratorija mora preduzeti neke intervencije kojima treba da ispravi neusaglašenost sa ostalim laboratorijama učesnicama. To, u suštini, podrazumeva neko poboljšanje sistema kvaliteta laboratorije (promenom na opremi, radnim uputstvima ili procedure proračuna budžeta merne nesigurnosti). Znači, kakav god bio rezultat učešća u međulaboratorijskom poređenju on ima pozitivne efekte na rad laboratorije.

Organizacija i sprovođenje međulaboratorijskog poređenja nije jednostavan postupak iako postoji standard po kojem treba raditi. Naime, standardom su definisana opšta pravila ali prilikom svakog konkretnog međulaboratorijskog poređenja treba izabrati i definisati više stvari - merilo, metodu, obradu rezultata merenja... Sve to treba da sprovede referentna laboratorija i zato se ona bira između učesnica uglavnom dogovorom, uz uvažavanje nekih činjenica. Ukoliko neka laboratorija ima iskustva u učešću, a pogotovu u pripremi, u međulaboratorijskim poređenjima ili ima najbolju (po specifikacijama) mernu opremu onda bi ona trebalo da ima prednost nad ostalim laboratorijama učesnicama.

U slučaju sprovođenja međulaboratorijskog poređenja merenja RTK GNSS metodom između akreditovanih laboratorija u Republici Srbiji, organizacija je poverena Udruženju Transverzala, Laboratoriji za etaloniranje, zato što su njeni članovi već imali iskustva u učešću i organizaciji ove aktivnosti. Kompletna priprema, realizacija merenja i naknadna obrada merenja su protekle prema usvojenom planu i bez ikakvih problema. Rezultati poređenja (tabela 3) pokazuju da su sve tri laboratorije uspešno završile ovo međulaboratorijsko poređenje, tj. sve tri laboratorije su dobile *zadovoljavajuće* rezultate.

Na kraju - u međuvremenu je u Udruženju Transverzala, Laboratoriji za etaloniranje, izvršeno nadzorno ocenjivanje od strane Akreditacionog tela Srbije i prikazano međulaboratorijsko poređenje je prihvaćeno kao dokaz osposobljenosti.

LITERATURA

- [1] ATS-PA02: *Pravila o učešću u međulaboratorijskim poređenjima i programima za ispitivanje osposobljenosti*, Izdanje/Izmena: 4/0, usvojeno: 27.07.2021.
- [2] ISO 17123-8:2014: *Optika i optički instrumenti - Postupci na terenu za ispitivanje geodetskih i osmatračkih instrumenata - Deo 8: Globalni navigacioni satelitski sistemi GNSS za merenje kinematičkih veličina u realnom vremenu (RTK)*, Maj 2014.
- [3] SRPS ISO/IEC 17025:2017: *Opšti zahtevi za kompetentnost laboratorija za ispitivanje i etaloniranje*, Decembar 2017.
- [4] SRPS ISO/IEC 17043:2011: *Ocenjivanje usaglašenosti - Opšti zahtevi za ispitivanje osposobljenosti*, Objavljen 31.03.2011.
- [5] Udruženje TRANSVERZALA: *Izveštaj o međulaboratorijskom poređenju*, Mart 2022.
- [6] Jelena Gučević, Siniša Delčev and Vukan Ogrizović: *Inter-laboratory comparisons with the calibration of geodetic instruments*, 16th International Congress of Metrology, Paris, October 7-10, 2013., DOI: <http://dx.doi.org/10.1051/metrology/201306009>.

O autorima:

V. prof. dr Jelena Gučević, dipl. geod. inž., Univerzitet u Novom Sadu, Građevinski fakultet Subotica, Kozaračka 2a, Subotica, eml:jelenagucevic@gmail.com

V. prof. dr Siniša Delčev, dipl. geod. inž., Univerzitet u Novom Sadu, Građevinski fakultet Subotica, Kozaračka 2a, Subotica, eml:delcevs@gf.uns.ac.rs.

Predavač mr Olivera Vasović Šimšić, dipl. geod. inž., Akademija tehničko-umetničkih strukovnih studija Beograd, Odsek Visoka građevinsko-geodetska škola strukovnih studija, Beograd, eml:oliveravasovic@vggs.rs.