

## JEDAN NAČIN ZA ISPITIVANJE PODELE HORIZONTALNOG LIMBA GEODETSKIH INSTRUMENATA

Dr Ljubodrag NIKOLIĆ, dipl. inž. — Beograd\*

Ispitivanje podele limba, naročito horizontalnog, predstavlja još uvek problem za geodetske radove najveće tačnosti. Dosadašnje metode se nisu pokazale prihvatljive, bilo da su suviše komplikovane i dugotrajne, ako se radi o metodama koje daju apsolutne popravke, bilo da su suviše nesigurne, ako se radi o metodama koje otkrivaju samo sistematske popravke.

Kao što je poznato, greške podele limba su skup grešaka sistematskog i slučajnog karaktera. Obzirom na ovo, limbovi se mogu podeliti, prema karakteru grešaka svoje podele, na limbove sa izrazito sistematskim ili sa izrazito slučajnim greškama. Kako se sistematske greške mogu lakše odrediti i to za svaku crticu podele, limbovi kod kojih su slučajne greške podele male u odnosu na sistematske uvek su povoljniji za radove najveće tačnosti.

Dosadašnji radovi na ovom polju nisu dali takve rezultate da bi se moglo naći definitivno rešenje ovog problema.

Ispitivanje podele limba metodama koje otkrivaju njene apsolutne greške je veoma dugotrajno i komplikovano a obzirom da se horizontalni limbovi geodetskih instrumenata mogu pomerati prilikom rada i time greške podele u velikoj meri eliminisati iz vrednosti merenog ugla dobijene aritmetičkom sredinom, može se postaviti i pitanje racionalnosti ispitivanja ovakvim metodama.

Ispitivanje podele limba metodama koje daju samo sistematske greške podele, predstavljene Furijeovim polinomom, ne daju zadovoljavajuće rezultate jer se nema unapred predstave o radu veličina sistematskih i slučajnih grešaka podele. Isto tako nije moguće unapred ceniti približan broj članova polinoma koje je potrebno uzeti.

Ovde će biti iznet jedan način za ispitivanje podele horizontalnog kruga instrumenata za geodetska merenja najveće tačnosti.

Na prvom mestu, limbovi geodetskih instrumenata, koji se žele koristiti na preciznim merenjima, moraju prethodno biti ispitivani metodom koja otkriva ukupne greške njihove podele. Ovako dobijene greške podele bile bi aproksimirane Furijeovim redom oblika:

$$F_i = a_0 + a_1 \sin 2\varphi + b_2 \cos 2\varphi + a_4 \sin 4\varphi + b_4 \cos 4\varphi + \dots (1)$$

sa određenim brojem članova koji bi predstavljao sistematske greške ispitivane podele, što je opravdano obzirom da su sistematske greške

\* Zavod za fotogrametriju Beograd



periodične već prema načinu kako su nastale. Posle određivanja sistematskih grešaka podele neophodno je izvršiti procenu veličina odbacjenih slučajnih grešaka.

Na osnovu rezultata dobijenih ovakvim ispitivanjem može se izvesti sledeći zaključak:

1. Ako je ispitivani instrument sa izrazito sistematskim greškama podele limba onda se slučajne greške, čiji je red veličina određen procenom, mogu odbaciti kao bezuticajne pa se za konačne popravke mogu usvojiti samo sistematske, predstavljene Furijeovim redom.

2. Ako je ispitivani instrument sa izrazito slučajnim greškama podele limba onda se ne mogu koristiti samo sistematske popravke kao u predhodnom slučaju. Podelu limba ovakvih instrumenata treba ispitati nekom od metoda koje daju apsolutne popravke sa maksimalnim brojem ispitanih crtica.

Za ispitivanje skupnih grešaka podele limba predlaže se jedna nova, praktična metoda koja će ovde biti samo ukratko izložena.[3] Potrebno je izvršiti merenja  $K$  pravca  $\alpha_1, \alpha_2 \dots \alpha_K$  fiksiranih sa  $K$  kolimatora postavljenih tako da međusobno zahvataju uglove  $\theta_1, \theta_2, \theta_3 \dots \theta_{n-1}$ . Uz uslove da je  $\theta_1 \neq \theta_2 \neq \dots \neq \theta_{n-1}$  i da je  $\frac{\theta_1}{\gamma}$  ceo broj gde je sa  $\gamma$  označena gustina traženih popravki. Merenja treba izvršiti  $n$  puta pomerajući pri tome krug za ugao  $\gamma^0 = \frac{180^0}{n}$  tako da se na prvi kolimator navode čitanja  $0^0 00', \gamma^0 00', 2\gamma^0 00', \dots (n-1)\gamma^0 00'$ .

Jednačina za određivanje popravki ima oblik

$$f_i = \delta_i - \frac{\sum_1^k \delta_j}{k} + \frac{\sum_1^k f_j}{k} \quad (2)$$

gde je

$$\delta_i^j = \frac{\sum_1^n \alpha_i}{n} - \alpha_i^j \quad (3)$$

Kako veličina  $f$  figuriše i na desnoj strani jednačine (2) to se sistem ovih jednačina može jednostavno rešavati postupnim približenjima.

Obzirom da se svaka popravka javlja  $K$  puta konačna popravka se dobija izrazom:

$$F = \frac{\sum_1^k f_i}{k} \quad (4)$$

Tačnost popravke određena je formulom (5)

$$M_F = m_\alpha \sqrt{\frac{(n-1)(k-1)(k-3)}{n k^3}} \quad (5)$$

gde je  $m_\alpha$  greška merenog pravca određena iz podataka merenja.



Ovakav način ispitivanja podele limba je veoma racionalan i zahteva do četiri puta manje merenja od metoda Brunsa, Bruns-Levija ili Perigoa. [2] [5].

Na osnovu izvršenih proba i statističkih analiza može se reći da je za određivanje sistematskih grešaka podele limba dovoljno odrediti, nekom od apsolutnih metoda, greške sa gustom ne većom od  $3^0$ . Već sa grafikona ovako dobijenih grešaka može se proceniti njihov karakter kao i broj članova Furijevog reda kojim se one aproksimiraju što se kasnije potvrđuje primenom odgovarajućih testova.

Izloženim postupkom se obezbeđuje tačno utvrđivanje sistematskih grešaka podele limba što se nije moglo postići, u geodeziji do sada najčešće primjenjivanom, Hofjelinkovom metodom.

Hofjelinkovim postupkom, kao što je poznato, na osnovu ispitivanja svakog petog stepena, dobija se aproksimativna kriva grešaka izražena trigonometrijskim redom sa tri člana. [1] [6]. Očigledno da ovako dobijene popravke nisu mogle davati zadovoljavajuće rezultate pa su zbog toga, kako u ranijim tako i u novijim geodetskim radovima kod nas i u svetu, veoma retko uzimane u obzir pri obradi podataka merenja što je izazivalo nepotrebno odbacivanje, odnosno ponavljanje merenja kao i nerealnu ocenu postignute tačnosti. [4] [7].

Na kraju se mora ponoviti da se za određenu vrstu geodetskih radova najveće tačnosti mora smatrati za neophodno, da se predhodno izvrši detaljno ispitivanje podele limba kao i svih onih instrumentskih organa čiji nedostaci mogu imati znatnog uticaja na rezultate merenja.

Posle završenih ispitivanja potrebno je izvršiti izbor instrumenata koji će se na planiranim radovima koristiti. Pri ovome se mora voditi računa, što je veoma važno, da su odabrani instrumenti sa uniformnim redom veličina odbačenih grešaka podele, ako se radi o instrumentima sa usvojenim sistematskim popravkama ili, ako su usvojene apsolutne popravke, da su one određene sa jednakom gustom i istom tačnosti.

Samo na ovaj način može se postići povećanje tačnosti izvršenih merenja i njihove ekonomičnosti i, što je još od veće važnosti, obezbediti njihova realna ocena tačnosti a time i pravilna raspodela pri izravanju.

## L I T E R A T U R A

1. Jordan (Eggert) Kneissl, Handbuch der vermessungskunde, Band IV, Stuttgart 1958.
2. M. S. Zverev, Uspehi astronomičeskih nauk, čast 5, tom VI, Moskva 1954.
3. Lj. Nikolić, Prilog ispitivanju podele krugova i optičkih mikrometara geodetskih i astronomskih instrumenata, doktorska teza, Beograd 1965 god.
4. A. Weigand, Winkel — und Richtungsmessungen im Basisvergrößerungsnetz München — Ebersberg, D. G. K. bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Reihe B, Heft 97, München 1964.
5. M. S. Zverev, O racionalnom fotografičeskom metode opredelenija popravok vseh diametrov razdelenogo kruga, Astronomičeskij žurnal, tom XLI vip. 6, Moskva 1964.
6. H. Weise, Untersuchungen zur Rationalisierung und Genauigkeitssteigerung von Kreisteilungsprüfungen, Geodätisches institut Potsdam 1964.
7. Lj. Nikolić, Ispitivanje podele horizontalnih limbova teodolita Wild T 3, Beograd 1965, Nije još publikovano.