

Prof.dr Nihad Kapetanović*

ELIMINACIJA GREŠKE OPTIČKOG VISKA UGRAĐENOG U PODNOŽJE INSTRUMENTA METODOM RADA

0. NAMJENA RADA

Pokazaće se da se, čak i relativno velika, greška optičkog viska ugrađenog u podnožje instrumenta može eliminisati metodom rada. Greška koja nastaje usljed ekscentriciteta instrumenta (stanice) eliminisaće se opažanjem u tri različita položaja podnožnih vijaka instrumenta. Greška koja nastaje usljed ekscentriciteta signala (markice) eliminisaće se opažanjem na markicu postavljenu u tri različita položaja. Ako postoje oba ekscentriciteta (instrumenta i markice) greška se takođe eliminiše na jednostavan način.

Predloženim načinom rada može se izbjeći rektifikacija optičkog viska na terenu, koja zahtijeva odgovarajući alat, znanje i strpljenje. S druge strane, kod nekih zadataka inženjerske geodezije, naročito kod velikih visina instrumenta ili signala (markice) i kratkih strana, kao što je slučaj u rudničkim i drugim oknima, tunelima i sl., preostala greška i nakon savjesno provedene rektifikacije bitno kvari rezultate mjerenja horizontalnih uglova, što se takođe može izbjeći predloženim načinom mjerenja.

Prednost ovog načina je još i u tome što se centrisanje instrumenta i markice vrši tri puta, što znači da se srednja grška centrisanja sa vrijednosti m smanjuje na vrijednost $m/\sqrt{3}$.

1. OPAŽANJE SA EKSCENTRIČNE STANICE

1.1. Postupak pri radu

Instrument se postavi na stativ iznad tačke Z (sl.1) pri čemu glavu stativa treba dovesti u što horizontalniji položaj. Instrument se pažljivo horizontira pomoću cijevne libele na alhidadi i centrira pomoću optičkog viska. Ako optički visak nije ispravan nego ima ekscentricitet e (sl.1) umjesto na tačku Z centrisanje samo izvršili na tačku 1, koja se nalazi na krugu radiusa e opisanog oko tačke Z . Zatim se izvrši opažanje u $g/3$ girusa, pri čemu je g ukupan broj girusa u kojem se mjere uglovi. Nakon toga se gornji dio instrumenta, zajedno sa gornjim dijelom podnožja (tronošca, "drajfusa") na kojem se nalaze podnožni vijci odvojeni od donjeg (za to vrijeme je donji dio podnožja čvrsto pritegnut za stativ centralnim vijkom), zaokrene za 120° i ponovno spusti u donji dio podnožja, pri čemu su se podnožni vijci ciklički pomjerali

* Građevinski fakultet Sarajevo

za 120° . Po potrebi se popravi horizontiranje (smije se raditi samo o malim popravkama), te instrumenat ponovno centrira. Usljed postojanja ekscentriciteta optičkog viska, sada smo umjesto na tačku Z centrirali instrumenat na tačku 2 koja se nalazi na krugu k (sl.1). Izopaža se daljnjih $g/3$ giruša. Najzad se gornji dio instrumenta zaokrene u istom smjeru za daljnjih 120° , po potrebi popravi horizontiranje i instrumenat ponovo centrira. Usljed postojanja ekscentriciteta optičkog viska sada smo, umjesto na tačku Z instrumenat centrirali na tačku 3 koja se nalazi na krugu k . Zatim se izopažaju uglovi u preostalih $g/3$ giruša.

Napomena: Kod nekih instrumenata gornji dio podnožja (tronošca) ne može se odvojiti od donjeg. U tom slučaju se u prvom položaju podnožnih vijaka olovkom obilježi (ocрта) podnožje. Prilikom okretanja za 120° (u položaj 2), odnosno za 240° (u položaj 3) podnožje se uklapa u obilježeni lik.

1.2. Obrada rezultata mjerenja

Sa tačke Z (sl.1) trebalo je opažati pravac a prema tački Z . Umjesto pravca a opažani su pravci a_j ($j=1,2,3$) sa tačkama 1, 2 i 3. Iz sl.1 je očigledno:

$$a_j = a + \delta_j \quad (j=1,2,3) \quad (1.1)$$

Uglovi δ_j računaju se iz trouglova jZZ' po formulama:

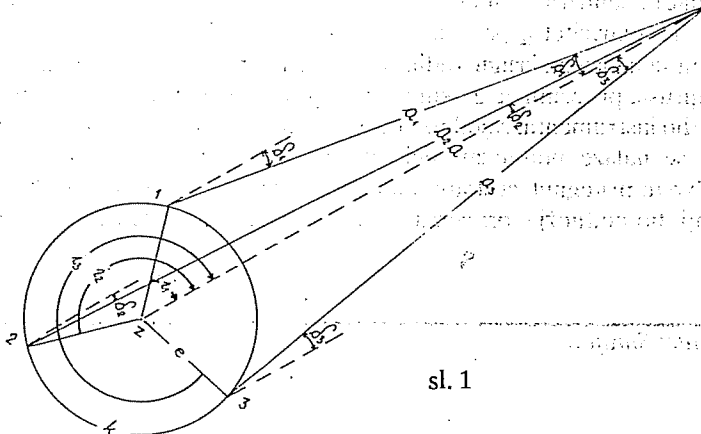
$$\sin \delta_j = \frac{e \sin i_j}{s_j} \quad (j=1,2,3) \quad (1.2)$$

pri čemu su upotrebljene oznake

$$s_j = \overline{jZ'} \quad (j=1,2,3) \quad (1.3)$$

a potrebni uglovi se računaju kao razlike odgovarajućih pravaca, tj.:

$$i_j = a - a_j \quad (j=1,2,3) \quad (1.4)$$



sl. 1

Razumljivo je da od veličine uglovnog ekscentriciteta i_j zavisi predznak ugla δ_j , pa za $i_j < 180^\circ$ ugao δ_j ima znak plus, a za $i_j > 180^\circ$ ugao δ_j ima znak minus.

S obzirom da uglovi δ_j imaju veoma malu vrijednost možemo ih izraziti u sekundama i pisati

$$\delta_j'' = \frac{e \sin i_j \rho''}{s_j} \quad (j=1,2,3) \quad (1.5)$$

Ako sumiramo jedn. (1.1) dobijamo

$$a_1 + a_2 + a_3 = 3a + \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 \quad (1.6)$$

odakle je

$$a = \frac{a_1 + a_2 + a_3}{3} - \frac{\delta_1 + \delta_2 + \delta_3}{3} \quad (1.7)$$

S obzirom na (1.5) biće

$$\frac{\delta_1'' + \delta_2'' + \delta_3''}{3} = \frac{e \rho''}{3} \left(\frac{\sin i_1}{s_1} + \frac{\sin i_2}{s_2} + \frac{\sin i_3}{s_3} \right) \quad (1.8)$$

Pošto ekscentricitet e u odnosu na strane s_j ima vrlo malu vrijednost, može se smatrati da je

$$s_1 = s_2 = s_3 = \overline{ZZ'} = s \quad (1.9)$$

pa na osnovu jedn. (1.8) i (1.9) možemo pisati

$$\frac{\delta_1'' + \delta_2'' + \delta_3''}{3} = \frac{e \rho''}{3s} (\sin i_1 + \sin i_2 + \sin i_3) \quad (1.10)$$

Zbog cikličnosti funkcije sinus, s obzirom da su tačke 1, 2 i 3 simetrično raspoređene po krugu, biće u jednačini (1.10) izraz u zagradi jednak nuli, tj.

$$\frac{\delta_1'' + \delta_2'' + \delta_3''}{3} = 0 \quad (1.11)$$

pa je s obzirom na jedn. (1.7)

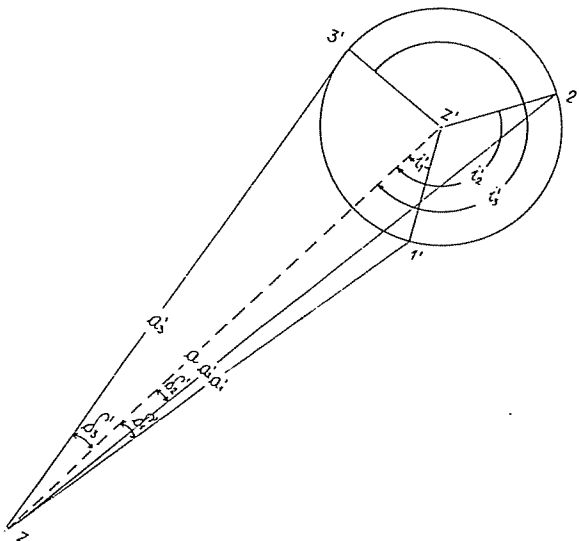
$$a = \frac{a_1 + a_2 + a_3}{3} \quad (1.12)$$

što znači da se uzimanjem proste aritmetičke sredine pravaca a_1 , a_2 i a_3 opažanih u tri različita položaja podnožnih vijaka dobija vrijednost pravca a a koja bi se dobila opažanjem sa tačke (centra) Z na tačku Z' .

2. OPAŽANJE NA EKSCENTRIČAN SIGNAL

2.1. Postupak pri radu

Markica se postavi na stativ iznad tačke Z' , pri čemu glavu stativa treba dovesti u što horizontalniji položaj. Markica se pažljivo horizontira pomoću cijevne libele i centrira pomoću optičkog viska. Ako optički visak nije ispravan nego ima ekscentricitet e' (sl.2) umjesto na tačku Z' centriranje je izvršeno na tačku $1'$ koja se nalazi na krugu radiusa e' opisanog oko tačke Z' .



sl. 2

Zatim se izvrši opažanje u $g/3$ girusa. Nakon toga se gornji dio podnožja zajedno sa markicom odvoji od donjeg (za to vrijeme je donji dio podnožja centralnim vijkom čvrsto pritegnut za stativ), zaokrene za 120° i ponovno spusti u donji dio podnožja. Po potrebi se popravi horizontiranje, te markica ponovno centrira. Usljed postojanja ekscentriciteta optičkog viska sada smo umjesto na tačku Z' markicu centralni na tačku $2'$ koja se nalazi na krugu k' (sl.2). Izopažaju se uglovi u daljnjih $g/3$ girusa. Najzad se gornji dio podnožja sa markicom zaokrene za daljnjih 120° u istom smjeru, po potrebi popravi horizontiranje i markica ponovo centrira. Usljed postojanja ekscentriciteta optičkog viska sada smo, umjesto na tačku Z' markicu centralni na tačku $3'$ koja se nalazi na krugu k' . Izopažaju se uglovi u preostalim $g/3$ girusa.

2.2. Obrada rezultata mjerenja

Sa tačke Z trebalo je opažati pravac a' prema tački Z' . Umjesto pravca a' opažani su pravci a_j ($j=1,2,3$) prema tačkama $1'$, $2'$ i $3'$. Iz sl. 2 se vidi da je

$$a_j = a' + \delta_j' \quad (j=1,2,3) \quad (2.1)$$

Mali uglovi δ_j' (u sekundama) računaju se iz trouglova $j'ZZ$ po formulama

$$\delta_j'' = \frac{e' \sin i_j \rho''}{s_j} \quad (j=1,2,3) \quad (2.2)$$

pri čemu su upotrebljene oznake

$$s_j' = \overline{j'Z'} \quad (j=1,2,3) \quad (2.3)$$

a potrebni uglovi računaju se kao razlike odgovarajućih pravaca, tj.

$$i_j' = a' - a_j' \quad (j=1,2,3) \quad (2.4)$$

Ako sumiramo jedn.(2.1) imaćemo

$$a_1' + a_2' + a_3' = 3a' + \delta_1' + \delta_2' + \delta_3' \quad (2.6)$$

odakle je

$$a' = \frac{a_1' + a_2' + a_3'}{3} - \frac{\delta_1' + \delta_2' + \delta_3'}{3} \quad (2.7)$$

S obzirom na (2.5) biće

$$\frac{(\delta_1')'' + (\delta_2')'' + (\delta_3')''}{3} = \frac{e' \rho''}{3s} \left(\frac{\sin i_1'}{s_1'} + \frac{\sin i_2'}{s_2'} + \frac{\sin i_3'}{s_3'} \right) \quad (2.8)$$

Pošto ekscentricitet e' u odnosu na strane s_j' ima vrlo malu vrijednost može se smatrati da je

$$s' = s_1' = s_2' = s_3' = \overline{ZZ'} = s \quad (2.9)$$

pa je prema (2.8)

$$\frac{(\delta_1')'' + (\delta_2')'' + (\delta_3')''}{3} = \frac{e' \rho''}{3s} (\sin i_1' + \sin i_2' + \sin i_3') \quad (2.10)$$

Zbog cikličnosti funkcije sinus, s obzirom da su tačke 1', 2' i 3' raspoređene simetrično po krugu, biće u jedn. (2.10) izraz u zagradi jednak nuli, tj.

$$\frac{(\delta_1')'' + (\delta_2')'' + (\delta_3')''}{3} = 0 \quad (2.11)$$

pa je s obzirom na jedn.(2.7)

$$a' = \frac{a_1' + a_2' + a_3'}{3} \quad (2.12)$$

što znači da se uzimanjem proste aritmetičke sredine pravaca a_1' , a_2' i a_3' opažanih na (ekscentrične) tačke 1', 2', 3' dobija vrijednost pravca a' koji bi se dobio opažanjem na tačku Z' .

3. OPAŽANJE SA EKSCENTRIČNE STANICE NA EKSCENTRIČAN SIGNAL

3.1. Postupak pri radu

Na tački Z instrument se pažljivo horizontira (glava stativa treba da je što ravnija) i centrira. Na tački Z' markica se pažljivo horizontira (glava stativa treba da je što ravnija) i centrira. U tim položajima instrumenta i markice izopaža se $g/3$ girusa. Zatim se na tački Z gornji dio podnožja zajedno sa instrumentom odvoji od donjeg, zaokrene za 120° i ponovno vrati u donji dio podnožja, te popravi horizontiranje i izvrši centriranje instrumenta; dok se na tački Z' gornji dio podnožja zajedno sa markicom odvoji od donjeg, zaokrene za 120° i ponovno vrati u donji dio podnožja, popravi horizontiranje i markica centrira. U tim položajima instrumenta i markice izopaža se daljnjih $g/3$ girusa. Najzad se, na sličan način, instrument na tački Z i markica na tački Z' zaokrene za daljnjih 120° u istom smjeru, popravi horizontiranje, izvrši centriranje i opažanje preostalih $g/3$ girusa.

3.2. Obrada rezultata mjerenja

Shodno izloženom u odjeljcima 1.2 i 2.2, u ovom slučaju opažani su pravci sa ekscentrične stanice na ekscentričan signal, tj. opažani su pravci $11'' = a_1$, $22'' = a_2$, $33'' = a_3$ (sl.3).

Iz sl.3 se vidi da je

$$a_j''' = a_1 + \epsilon_j \quad (j=1,2,3) \quad (3.1)$$

$$i \quad a_j' = a + \epsilon_j' \quad (j=1,2,3) \quad (3.2)$$

Na osnovu jedn. (3.1) i (3.2) slijedi

$$a_j''' = a + \epsilon_j + \epsilon_j' \quad (j=1,2,3) \quad (3.3)$$

Ako sumiramo jedn.(3.3) imaćemo

$$a_1''' + a_2''' + a_3''' = 3a + \epsilon_1 + \epsilon_2 + \epsilon_3 + \epsilon_1' + \epsilon_2' + \epsilon_3' \quad (3.4)$$

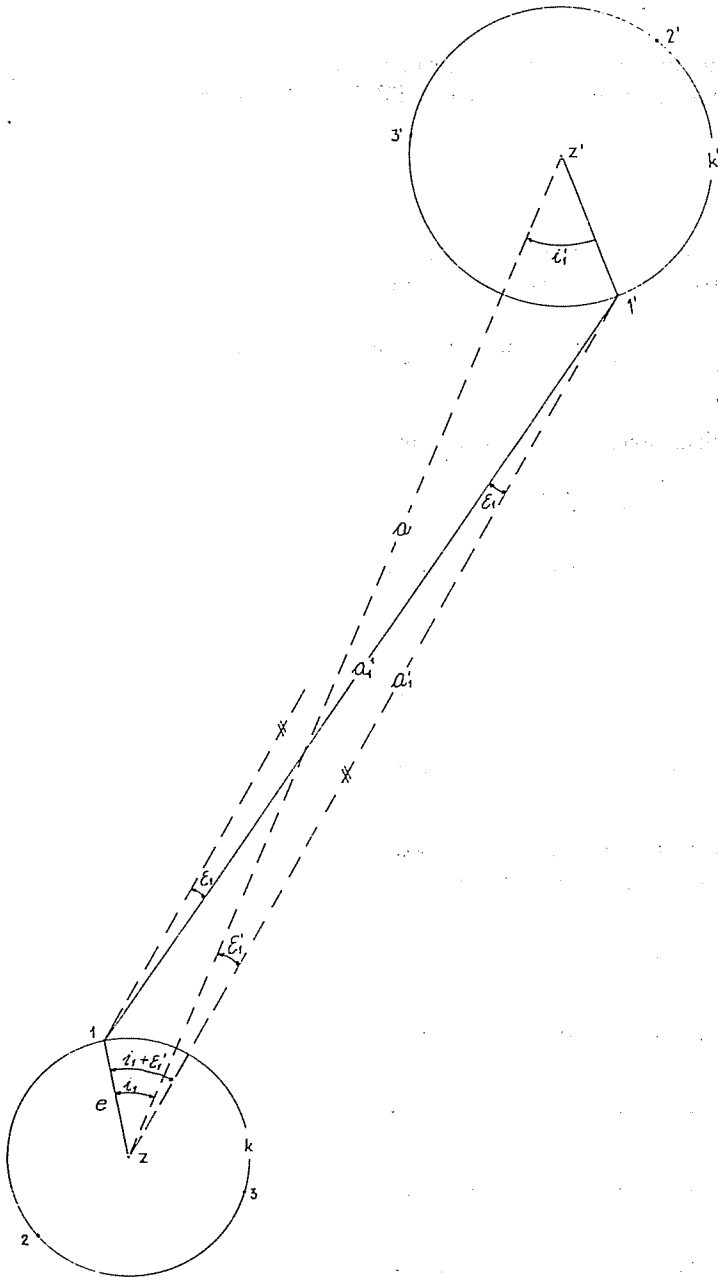
odakle je

$$a = \frac{a_1''' + a_2''' + a_3'''}{3} - \frac{\epsilon_1 + \epsilon_2 + \epsilon_3}{3} - \frac{\epsilon_1' + \epsilon_2' + \epsilon_3'}{3} \quad (3.5)$$

Iz trouglova jZj' (sl.3) uzimajući u obzir da su uglovi ϵ_j vrlo mali proizilazi

$$\epsilon_j''' = \frac{e \sin(j + \epsilon_j')}{s_j'''} \rho'' \quad (j=1,2,3) \quad (3.6)$$

pri čemu su upotrebljene oznake



slika 3.

$$\overline{11'} = s_1'''; \overline{22'} = s_2'''; \overline{33'} = s_3''' \quad (3.7)$$

(Radi bolje preglednosti na sl.3 prikazan je samo trougao 1Z1'). Mali uglovi ϵ_j' (u sekundama) računaju se iz trouglova j'ZZ' (sl.3) po formulama

$$(\epsilon_j')'' = \frac{e' \sin i_j}{s_j'} \rho'' \quad (j=1,2,3) \quad (3.8)$$

pri čemu su upotrebljene oznake (2.3). (Radi bolje preglednosti na sl.3 prikazan je samo trougao 1'ZZ'). Na osnovu jedn.(3.6) biće

$$\frac{\epsilon_1'' + \epsilon_2'' + \epsilon_3''}{3} = \frac{e\rho''}{3} \left(\frac{\sin(i_1 + \epsilon_1')}{s_1'''} + \frac{\sin(i_2 + \epsilon_2')}{s_2'''} + \frac{\sin(i_3 + \epsilon_3')}{s_3'''} \right) \quad (3.9)$$

Pošto je ekscentricitet e vrlo malen, može se smatrati da je

$$s_1''' = s_2''' = s_3''' = \overline{ZZ'} = s \quad (3.10)$$

Isto tako, pošto su uglovi ϵ_j vrlo mali može se smatrati da je

$$i_j + \epsilon_j' = i_j \quad (\epsilon_j' = 0) \quad (j=1,2,3) \quad (3.11)$$

Ako uvažimo jedn.(3.10) i (3.11) glasiće jedn.(3.9)

$$\frac{\epsilon_1'' + \epsilon_2'' + \epsilon_3''}{3} = \frac{e\rho''}{s} (\sin i_1 + \sin i_2 + \sin i_3) \quad (3.12)$$

Zbog cikličnosti funkcije sinusa, pošto su tačke 1,2,3 simetrično raspoređene po krugu radiusa e , biće u posljednjoj jednačini izraz u zagradi jednak nuli, pa je

$$\frac{\epsilon_1 + \epsilon_2 + \epsilon_3}{3} = 0 \quad (3.13)$$

Isto tako, na osnovu jedn. (3.8) može se pisati

$$\frac{(\epsilon_1')'' + (\epsilon_2')'' + (\epsilon_3')''}{3} = \frac{e'\rho''}{3} \left(\frac{\sin i_1'}{s_1'} + \frac{\sin i_2'}{s_2'} + \frac{\sin i_3'}{s_3'} \right) \quad (3.14)$$

a pošto je ekscentricitet e' vrlo mali važe relacije (2.9) pa imamo

$$\frac{(\epsilon_1')'' + (\epsilon_2')'' + (\epsilon_3')''}{3} = \frac{e'\rho''}{3s} (\sin i_1' + \sin i_2' + \sin i_3') \quad (3.15)$$

Pošto su tačke 1', 2', 3' simetrično raspoređene po krugu radiusa e' biće u posljednjoj jednačini izraz u zagradi jednak nuli, pa je

$$\frac{(\varepsilon_1')'' + (\varepsilon_2')'' + (\varepsilon_3')''}{3} = 0 \quad (3.16)$$

Na osnovu jedn.(3.5), (3.13) i (3.16) proizilazi

$$a = \frac{a_1''' + a_2''' + a_3'''}{3} \quad (3.17)$$

što znači da se uzimanjem proste aritmetičke sredine pravaca a_1''' , a_2''' , a_3''' (sa ekscentričnih stanica na ekscentrične signale) dobija vrijednost pravca koja bi se dobila opažanjem sa centra Z na centar Z' .