Prof.dr Smail Pašalić
Gradjevinski fakultet Sarajevo

ISPITIVANJE I KONTROLA STABILNOSTI TAČAKA U GEODETSKIM MREŽAMA

1. UVOD

U posljednje vrijeme kod nas je mnogo pisano i raspravljano o ispitivanju stabilnosti geodetskih tačaka.

Neke metode su osporavane, druge favorizovane a neke ostale bez komentara. Glavna karakteristika ovih metoda je da su im dokazi komplikovani i numerička obrada obimna, pa o nekima, radi toga, nije ni vodjena nikakva rasprava.

Autor ovoga rada ima dugogodišnje iskustvo na praćenju pomjeranja terena i objekata na površini i pod zemljom te radi toga je uvijek morao utvrdjivati koje su tačke stabilne (čvrste) da bi se pri analizi na njih oslanjao. Za utvrdjivanje stabilnosti ovih tačaka koristio je razne metode manje ili više složene i pouzdane i na kraju ostao kod jedne metode koja je vrlo jednostavna, a daje dobre rezultate, kao i svaka druga metoda koja počiva na ispravnim principima. Ova metoda bit će u daljem ukratko izložena i to za nalaženje stabilnih tačaka po visini i položaju.

2. ISPITIVANJE I KONTROLA STABILNOSTI TAČAKA PO VISINI

Na terenu koji po visini ispitujemo postavimo mrežu tačaka. Neke tačke mreže treba postaviti na terenu koji se smatra stabilnim (čvrstim). Nakon toga mrežu izniyelamo i izravnamo kao slobodnu mrežu, a to znači da smo kotu jedne tačke usvojili kao datu. Na taj način se dobiju kote svake tačke i [pvv] = min., odnosno

$$m_o = \sqrt{\frac{[pvv]}{n-(k-1)}}, \qquad (1)$$

gdje n broj vlakova, a k je broj svih repera u mreži.

Sigurnost ili pouzdanost odredjivanja srednje greške jedinice težine m_o iznosi:

$$m_{m_o} = \frac{m_o}{\sqrt{2(n-(k-1)}} \qquad (2)$$

Nakon odredjenog vremena ponovo iznivelamo ovu mrežu. Sada je izravnavamo tako što za tačke koje smatramo stabilnim usvojimo t_1 kota iz prethodnog izravnanja mreže. Na taj način dobijamo $[p\,v_1 v_1]$ = min., odnosno srednju grešku jedinice težine $m_o^{(1)}$:

$$m_o^{(1)} = \sqrt{\frac{[pv_1 v_1]}{n-(k-t_1)}} \qquad (3)$$

Pretpostavljamo da smo u obje serije postigli istu tačnost mjerenja. Ako je, u granicama grešaka mjerenja, pretpostavljenih t_1 tačaka ostalo stabilno onda će biti $m_o^{(1)} \approx m_o$. Razlika $m_o^{(1)} - m_o$ može nastupiti slučajno i ona mora biti manja od $2m_{m_o}$, tj.

$$m_o^{(1)} - m_o \leqslant 2m_{m_o}. \qquad (4)$$

Ako nejednakost (4) nije zadovoljena, to znači da neka ili neke od t_1 tačaka nisu čvrste, pa smo zato $[pv_1 v_1]$ dobili značajno veće od [pvv]. Ovo je logično očekivati zato što je pomjerena tačka ili tačke pokvarila ranije uspostavljen odnos visina u mreži pa su zato odgovarajući v_{1j} veći od v_j. U tom slučaju treba uzeti neku drugu kombinaciju za stabilne tačke, označimo je sa t_2, te pomoću nje sračunati srednju grešku $m_o^{(2)}$:

$$m_o^{(2)} = \sqrt{\frac{[pV_2V_2]}{n-(k-t_2)}} \tag{5}$$

Ako je $m_o^{(2)} - m_o \leqslant 2m_{m_o}$ smatramo da su sve tačke t_2 stabilne. Ako je $m_o^{(2)} - m_o > 2m_{m_o}$ usvajamo neku treću kombinaciju za stabilne tačke, označimo je sa t_3, te sa njom izravnavamo mrežu i to ponavljamo sve dotle dok ne bude zadovoljena nejednakost

$$m_o^{(i)} - m_o \leqslant 2m_{m_o} \tag{6}$$

To je dokaz da je odabrana kombinacija tačaka t_i izmedju ove dvije serije ostala stabilna (čvrsta). Iskusan geodeta lako, pomoću 2 do 3 kombinacije, odabere potreban broj stabilnih tačaka. Ovo se ponavlja poslije svake serije mjerenja i na taj način kontroliše da se nisu neke od stabilnih tačaka, izmedju dvije serije, pomjerile, pa ako jesu odbacuju se i ostaje sa manjim brojem stabilnih tačaka za naredne serije mjerenja ili po potrebi uključuje se neka nova tačka koja se u proteklim serijama nije pomjerala. Potrebno je da imamo bar dvije stabilne tačke u toku ispitivanog perioda a poželjno je da ovih tačaka bude više. Naročito je povoljno kada se stabilne tačke nalaze na različitim dijelovima ispitivanog terena.

Nikako nije dobro da su ove tačke sve u grupi (blizu jedna druge), jer se može desiti da se cijela grupa tačaka zajedno diže ili spušta pa ćemo u tom slučaju dobiti lažno pomjeranje svih tačaka u mreži.

3. ISPITIVANJE I KONTROLA STABILNOSTI TAČAKA PO POLOŽAJU

Ovo je razmatranje analogno prethodnom, s tim da se uzme u obzir definicija slobodne mreže. Naime, slobodna visinska (nivelmanska) mreža imala je datu visinu jedne tačke a položajna ima date 3 (tri) koordinate ili jednu koordinatu i jedan direkcioni ugao. To znači da ćemo prvo za slobodnu mrežu nači srednju grešku m_o:

$$m_o = \sqrt{\frac{[pvv]}{n-(k-3)}} \tag{7}$$

gdje je n broj mjerenja a k je broj svih koordinata u mreži. Pošto pretpostavljamo da su mjerenja iste tačnosti onda je svejedno iz koje serije računamo m_o, samo je važno da je mreža slobodna. Nakon toga računamo pouzdanost srednje greške m_{m_o}:

$$m_{m_o} = \frac{m_o}{\sqrt{2(n-(k-3))}} \tag{8}$$

Sada iz prethodne serije uključimo u izrav nanje t_j koordinata, koje su tamo smatrane čvrstime i sračunamo srednju grešku $m_o^{(i)}$:

$$m_o^{(i)} = \sqrt{\frac{[pv_i v_i]}{n-(k-t_i)}} \tag{9}$$

i posmatramo nejednakost:

$$m_o^{(i)} - m_o \leqslant 2\, m_{m_o} \tag{10}$$

Ako je nejednakost (10) zadovoljena, to znači da su t_i koordinata i dalje ostale čvrste. Ako nejednakost (1o) nije zadovoljena znači da su se neke tačke po položaju, izmedju zadnje dvije serije, pomjerile.

Radi toga odbacujemo neke tačke (kao nestabilne) i probamo da li je jednakost (10) zadovoljena. Ako jeste odabrana grupa tačaka je stabilna, a ako nije biramo novu grupu tačaka i tako redom dok ne odaberemo grupu tačaka koja će zadovoljiti nejednakost (10). Iskusan geodeta iz jednog do dva pokušaja, lako odabere kombinaciju čvrstih tačaka. Radi toga je potrebno prostudirati teren na kome su tačke stabilizovane.

Ovdje je potrebno da imamo bar tri stabilne tačke (t_i=6) u toku ispitivanog perioda, a poželjno je da ih ima više. I ovdje je kao i kod nivelmanske mreže poželjno da stabilne tačke budu rasporedjene na različitim dijelovima ispitivanog terena. Nije poželjno da su stabilne tačke sve u grupi (blizu jedna druge), jer se može desiti da se teren na kome je ova grupa tačaka jednako pomjera, pa ćemo u tom slučaju dobiti lažno pomjeranje tačaka u čitavoj mreži.

Izmedju serija mjerenja, iz raznoraznih razloga, može se desiti da su se neke ranije stabilne tačke pomjerile i da nam je ostao nedovoljan broj stabilnih tačaka odnosno da su loše rasporedjene po ispitivanom terenu. U tom slučaju, kao što smo rekli i kod nivelmana, moguće je iz ranijih serija odabrati neke tačke čija su pomjeranja u granicama tačnosti mjerenja i tretirati ih u daljim serijama kao stabilne tačke.

4. ZAKLJUČAK

Izloženu metodologiju autor godinama primjenjuje na raznim zadacima kao što su: oskultacija brana, ispitivanje deformacija terena (na površini i pod zemljom), ispitivanje stabilnosti objekata, klizišta itd. Metoda se u svim slučajevima pokazala pouzdana i jednostavna. Što se tiče numeričke obrade ona je s obzirom na današnji nivo računske tehnike, vrlo jednostavna, jer jednom izravnatu mrežu sa drugim parametrima lako je ponovo izravnati i odrediti $m_o^{(i)}$, a to je sve što ova metoda treba.

Stabilne tačke jednom ustanovljene skoro redovno, kroz sve serije, ostaju čvrste. Ako se neka i pomjeri to je obično usljed nekih radova, saobraćaja i slično, pa se lako uočava na terenu. Skoro redovno, pored usvojenih čvrstih tačaka imamo u mreži još tačaka čije pomjeranje je u granicama tačnosti mjerenja, pa ako nam zatreba usvajamo neke od njih za stabilne i proces ispitivanja se normalno nastavlja.