

ISPITIVANJE MOGUĆNOSTI ZAMJENE DETALJNOG NIVELMANA FOTOGRAMETRIJSKOM METODOM ODREĐIVANJA VISINA TOČAKA

Faruk SELESKOVIĆ — Sarajevo*

SAŽETAK: U radu je predložena usporedba fotogrametrijski i nivelmanski dobivenih visina detaljnih točaka nizinskog područja, u svrhu ispitivanja mogućnosti zamjene nivelmanske metode fotogrametrijskim određivanjem visina detaljnih točaka. Kao poligon odabrano je nizinsko područje Binježeva s 490 detaljnih točaka, pogodno za ovo istraživanje s obzirom na raznovrsnost detalja terena (naselja, industrijski objekti, ceste, pruge, rijeke, poljodjelsko zemljište itd.). Ispitivanje je obavljeno za različite vrste točaka (fotosignalizirane točke, točke na objektima i nesignalizirane točke na terenu), snimajući s kratkom i dugom bazom snimanja, s nešto različitim visinama snimanja, u različita godišnja doba itd. Rezultati statističke analize pokazuju da su srednje pogreške dobivene ovim istraživanjem, pri snimanju u optimalno vrijeme, približno upola manje od očekivanih (teorijskih) srednjih pogrešaka. Zaključeno je da fotogrametrijska metoda zadovoljava za fotosignalizirane točke i nesignalizirane točke na terenu s obzirom na karakter točke na koje se stavlja letva pri niveliranju. S tih razloga detaljni nivelman daje pouzdaniju točnost za točke na objektima, pa pri zahtjevu za veću točnost visine treba određivati metodom detaljnog nivelmana.

UVOD

Poznato je da je fotogrametrijska metoda, u nas i u svijetu, prevladala pri snimanju zemljišta u svrhu izradbe planova i karata. Smatra se da je odnos snimljenog zemljišta fotogrametrijskom i klasičnom metodom 90% : 10%. Međutim, pri fotogrametrijskoj metodi snimanja uobičajeno je da se na nizinskim terenima položaj kartira iz fotogrametrijskog snimanja, a visine dobiju najčešće metodom detaljnog nivelmana.

S obzirom na to da takva kombinacija povećava terenski dio posla i u dobroj mjeri poskupljuje proces izradbe planova, pojavila se zamisao da se detaljni nivelman zamijeni fotogrametrijskim određivanjem visina detaljnih točaka.

* Prof. dr. Faruk Selesković, Građevinski fakultet, Sarajevo, H. Brkića 24.

Jasno je da je detaljni nivelman jedna od najskupljih geodetskih operacija. Uspoređujući je s tahimetrijskim snimanjem, pri kojemu letve učine približno jednak put (dolazeći na svaku detaljnu točku), potonja metoda daje, uz nešto više čitanja podataka na letvi i instrumentu, i položaj i visinu točke za razliku od detaljnog nivelmana koji daje samo visinu.

Zamjena metode detaljnog nivelmana fotogrametrijskom metodom pri određivanju visina detaljnih točaka u ekonomskom smislu dobiva na značenju s obzirom na to da se u svrhu određivanja položaja tačaka fotogrametrijskom metodom svakako dolazi stereoskopskom markicom na svaku detaljnu točku i preostaje samo očitavanje (registriranje) nadmorske visine. Znači da se, bez ulaganja dodatnog rada, fotogrametrijskom metodom dobije i visina.

Osim ekonomskog, valja istaknuti i druge aspekte smanjivanja terenskog rada i omogućivanja dobivanja rezultata instrumentalnom i ostalim obradama u kabinetu, što se u prvom redu očituje u oslobađanju geodetskog stručnjaka od svih neugodnosti koje proistječu iz boravka na terenu (loše vremenske prilike, loši uvjeti smještaja i prehrane, razne opasnosti i sl.).

U ovom radu (Selesković 1988.) visine očitane na modelima, dobivenim iz triju snimanja s nešto različitih visina snimanja obavljenih radi kartiranja plana mjerila 1:1000 (let 249, 249A i 249C) i jednog snimanja radi kartiranja u mjerilu 1:2500 (let 274), uspoređivane su s visinama dobivenim detaljnim nivelmanom, i to za 490 detaljnih točaka.

Da bi se raspolagalo što pouzdanijim nivelmanski dobivenim kotama detaljnih točaka, s kojima se žele uspoređivati kote detaljnih točaka dobivene fotogrametrijski, urađen je dvostruki detaljni nivelman. Naime, dva operatora s dva instrumenta obavljala su istodobno očitavanje nivelmanskih letava, na svakoj veznoj i detaljnoj točki, tako da su dvaput dobivene nadmorske visine za svaku detaljnu točku.

Obrada je obavljena odvojeno za tri vrste točaka:

- fotosignalizirane točke (K — krečenja),
- točke na objektima (O — objekti),
- nesignalizirane točke na terenu (T — teren), te za sve točke zajedno, s obzirom na to da se u praksi visine određuju najčešće zajedno za sve tri vrste točaka.

Fotosignalizirane točke (uglavnom međno kamenje) i točke na objektima, po prirodi stvari, položajno su jasno obrađene. Međutim, nesignalizirane točke terena u najvećem su broju točke u livadi (travnjacima), a njihov položaj je definiran i osiguran odmjeranjima u profilima postavljenim između položajno definiranih točaka.

Razmatranja je potrebno obaviti imajući na umu i unutarnju i vanjsku točnost metode, izvodeći zaključak o mogućnosti primjene fotogrametrijske metode, respektirajući i stvarno potrebnu točnost i ekonomičnost.

Razmatrani su utjecaji kako slijedi:

- dispozicije snimanja,
- primjena duge baze snimanja,
- eliminacije sistematskih i grubih pogrešaka,
- vremena snimanja i
- vrste točaka.

Uz to su razmatrane i druge prednosti fotogrametrijske metode.

UTJECAJ DISPOZICIJE SNIMANJA

Podaci o snimanju relevantni za visinsku točnost u fotogrametriji: fokus (f), nazivnik mjerila snimanja (m_b), nazivnik mjerila kartiranja (m_k) za koju je svrhu i obavljeno snimanje, visina leta zrakoplova (h_g) i bazični odnos β , dani su u tablici 1.

Tablica 1: Podaci o snimanju

Let	249I	249II	249A	249C	274
f	213,30	213,30	213,30	213,30	213,30
h_g	1.050	1.050	1.050	850	2.100
β	1:2,3	1:1,1	1:2,3	1:2,3	1:2,3
m_b	5.000	5.000	5.000	4.000	10.000
m_k	1.000	1.000	1.000	1.000	2.500

Teorijski je točnost određivanja visina dobivenih fotogrametrijskom metodom u izravnoj ovisnosti o visini leta zrakoplova (h_g), pa je teorijska (prethodna, apriorna) točnost dana srednjom pogreškom (Braun 1970.):

$$m_h = \pm 0,13 h_g$$

Srednje pogreške m_h , dobivene prema ovom izrazu, predočene su u tablici 4 (za primijenjeni fokus i visinu leta) i iznose:

$$\text{za } f = 213,30 \text{ mm i } h_g = 850 \text{ m} \quad m_h = \pm 11 \text{ cm}$$

$$\text{za } f = 213,30 \text{ mm i } h_g = 1050 \text{ m} \quad m_h = \pm 14 \text{ cm}$$

$$\text{za } f = 213,30 \text{ mm i } h_g = 2100 \text{ m} \quad m_h = \pm 27 \text{ cm}$$

Iz tablice je vidljivo da su srednje pogreške dobivene ispitivanjem m_I i m_{III} za letove 249, 249A i 274 manje u odnosu na teorijske, i to gotovo dva puta. Prema najnovijim istraživanjima u ovom području, može se zaključiti da je to gotovo redovit slučaj.

Međutim, za let 249C, koji je obavljen s oko 200 m niže visine u odnosu na letove 249 i 249A, dobivene srednje pogreške približno su jednake teorijskim, što znači da nije potvrđeno da manja visina leta zrakoplova pri snimanju izravno utječe na povećanje točnosti rezultata mjerenja.

Tako se iz tablice 4, analizirajući dobivene srednje pogreške za pojedine vrste točaka i sve točke zajedno, vidi da je:

$$\text{za } f = 213,30 \text{ mm i } h_g = 850 \text{ m} \quad m_h = 9,0 \text{ do } 11,2 \text{ cm}$$

$$\text{za } f = 213,30 \text{ mm i } h_g = 1050 \text{ m} \quad m_h = 5,7 \text{ do } 8,2 \text{ cm}$$

$$\text{za } f = 213,30 \text{ mm i } h_g = 2100 \text{ m} \quad m_h = 10,3 \text{ do } 12,2 \text{ cm}$$

To bi moglo biti predmet nekog novog ispitivanja, ali se za sada može reći da, po svoj prilici, nepogodnost vremena snimanja (vegetacija, sunčani i

topli dani) kao i veći linearni x' — rasip uslijed brzine zrakoplova (Braun 1987.) neutraliziraju veću točnost nešto niže visine snimanja (krupnijeg mjera).)

UTJECAJ PRIMJENE DUGE BAZE SNIMANJA

Da bi se ispitao utjecaj kratke ili duge baze snimanja, let 249 je obrađen tako da je očitavanje na stereoinstrumentu obavljeno na modelima dobivenim iz stereoparova susjednih snimki i stereoparova koji se sastoje iz snimki na preskok.

S obzirom na to da je bazični omjer bitan za postizanje točnosti pri presijecanju, a i to da je fotogrametrijsko određivanje u suštini presijecanje naprijed, teorijski se primjenom duge baze dobije veća točnost.

Iz tablice 4. se vidi da su dobivene srednje pogreške za let 249 sljedeće:

	249I	249II
vrsta tačke	(kratka baza)	(duga baza)
K	$m_h = 7,2 \text{ cm}$	$m_h = 5,9 \text{ cm}$
O	6,6	5,8
T	6,7	5,1
U	6,9	5,7

Kako se vidi, ova teorijska postavka je potvrđena i u ovom radu, što se moglo i očekivati, pa je poželjno i svrhovito, ako je moguće, primijeniti dulju bazu snimanja.

ELIMINACIJA SISTEMATSKIH I GRUBIH GREŠAKA

S obzirom na to da je svojstvo slučajnih (neizbjeglih) pogrešaka:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^n \frac{w_i}{n} = 0,$$

što znači da pogreške mjerenja kao uvjetno istinite moraju imati aritmetičku sredinu jednaku nuli (Pašalić 1984, Szancer 1985.).

Međutim, najveći broj aritmetičkih sredina razlika nivelmanski i fotogrametrijski dobivenih visina (N-F) predznaka su minus (—), što je navodilo na tvrdnju da postoji sistematski utjecaj tog predznaka. Stoga je obavljeno testiranje hipoteze o aritmetičkoj sredini i zaključeno da se za fotosignalizirane točke i točke na objektima može s velikom sigurnošću tvrditi da su aritmetičke sredine razlika manje od nula. To nije sasvim pouzdano za točke na terenu (T), s obzirom na to da u tri leta nulta hipoteza ne odgovara a u dva odgovara.

Zbog ove tvrdnje eliminirane su sistematske pogreške, koje su se pojavile kao aritmetičke sredine razlika N—F (razlike između nivelmanski i fo-

togrametrijski dobivenih visina) i odbacile u dva koraka (metodom iteracije) razlike koje su po apsolutnoj vrijednosti bile veće od $\Delta_h = 3$ m (tri srednje pogreške).

Pri svakom ponavljanju izračunani su parametri razdioba koji su prikazani u tablici 2. Iz te tablice se vidi da se asimetrija u najvećem broju

Tablica 2: Asimetrija i sploštenost za sve letove i vrste točaka u početnom (I) i konačnom (III) približenju

	asimetrija korak		sploštenost korak		vrijeme snimanja mjerilo vrsta baze	
	I.	III.	I.	III.		
249I	K	-0,514	-0,085	2,766	2,788	ožujak 5.000 mala baza
	O	-0,964	-0,011	2,765	2,750	
	T	0,111	-0,055	2,981	2,977	
	S	-0,518	-0,260	2,819	2,837	
249II	K	-1,089	-0,017	3,114	3,610	ožujak 5.000 velika baza
	O	-1,474	0,054	3,308	2,736	
	T	-1,089	0,133	2,969	2,836	
	S	-1,235	-0,021	3,229	3,272	
249A	K	0,123	-0,025	2,749	2,753	travanj 5.000 velika baza
	O	-0,501	0,171	2,857	3,007	
	T	0,421	0,162	2,543	2,861	
	S	0,099	0,088	2,783	3,035	
249C	K	-0,63	0,099	2,198	2,607	srpanj 4.000 mala baza
	O	-0,888	0,271	2,345	3,010	
	T	-0,950	0,419	2,132	3,285	
	S	-0,794	0,224	2,199	2,959	
274	K	-0,637	0,171	2,363	2,841	ožujak 8.000 velika baza
	O	-0,991	0,144	2,198	2,266	
	T	-0,538	0,167	2,358	2,595	
	S	-0,708	0,165	2,326	2,684	

slučajeva približila nuli, a sploštenost broju tri (značajke normalne razdiobe), što znači da se pogreške ponašaju po Gaussovu zakonu vjerojatnosti.

Obavljena je i provjera hipoteze o jednakosti disperzije, pa je zaključeno da razlike između disperzija po pojedinim letovima nisu znatne, odnosno da se mogu prihvatiti pretpostavke da su disperzije pogrešaka po pojedinim letovima međusobno jednake.

Neparametarskim χ^2 testom (Vranić 1970, Pašalić 1984.) dobiveno je za letove 249I i 249A prevladavanje prihvatanja hipoteze o normalnoj razdiobi, a za letove 249II, 249C i 274 prevladava odbacivanje te hipoteze.

Razlog tomu što se mjerenja, odnosno pogreške u letu 249II ne ponašaju potpuno po Gaussovu zakonu vjerojatnosti može se vjerojatno tražiti i u nešto različitom uvidu u teren (perspektivi) pri dugoj bazi snimanja, u letu 249C u neprimjerenom vremenu snimanja (mjesec srpanj), a u letu 274 u sitnijem mjerilu snimanja (1:10.000).

Bilo bi potrebno daljnim istraživanjima upotpuniti ove spoznaje i zaključke.

Kako je pokazano, srednje pogreške su računane za sve letove i za sve vrste točaka, i to u tri koraka. Smanjenje srednjih pogrešaka nakon eliminacije sistematskih i grubih pogrešaka (od I. do III. približenja) evidentno je, što se vidi u tablici 3:

Tablica 3: Srednje pogreške iz početnog (I) i konačnog (III) približenja (u cm)

Vrsta točke	249I		249II		249A		249C		274	
	I.	III.	I.	III.	I.	III.	I.	III.	I.	III.
fotosignalizirane točke	7,3	7,2	6,6	5,8	6,9	6,9	11,8	11,2	12,3	11,5
objekti	7,1	6,6	7,1	5,8	5,9	5,7	10,6	9,0	11,4	10,3
teren	6,7	6,7	6,2	5,1	8,2	8,1	11,9	10,7	12,9	12,2
sve točke	7,1	6,9	6,6	5,7	7,0	6,9	11,4	10,4	12,2	11,3

UTJECAJ VREMENA SNIMANJA

Poznato je da je za aerofotogrametrijsko snimanje najpogodnije vrijeme proljeće, nakon topljenja snijega i prije bujanja vegetacije.

U ovom radu obrađivane su snimke snimljene u ožujku i travnju, te u srpnju 1979. godine. Snimanje u srpnju 1979. godine obavljeno je iz niže visine leta zrakoplova, tako da je dobiveno krupnije mjerilo snimanja (1:4000) u odnosu na snimanja obavljena u ožujku i travnju te godine (mjerilo snimanja 1 : 5000).

Pri snimanju u srpnju pojavljuju se loši utjecaji neprimjerenog vremena snimanja. Oni se očituju, u prvom redu, u bujnijoj vegetaciji, koja izravno sprečava mjerenje ili utječe na manju točnost određivanja visina točaka označenih s K i T. Na točke označene s O, kojih je najveći broj na objektima od betona ili asfalta, nepovoljno djeluje blistavost što se pojavljuje na betonskim i asfaltnim plohamu pri vedrim danima i suncu u zenitu. Svakako, loš utjecaj na mogućnost određivanja točaka, a i na točnost, ima i pojava sjena, koje su jače (kontrastnije) ljeti.

Ovo neodgovarajuće vrijeme za aerofotogrametrijsko snimanje (mjesec srpanj) ili potpuno onemogućuje uvid u teren, pa znatno reducira broj opaženih točaka, ili ga otežava i izravno smanjuje točnost mjerenja na modelu.

Srednje pogreške dobivene u letu 249C (10,4 cm) u prosjeku su veće 30% do 80% od srednjih pogrešaka u letovima 249I (6,9 cm), 249II (5,7 cm) i 249A (6,9 cm).

RAZMATRANJE TOČNOSTI S OBZIROM NA VRSTU TOČAKA

S obzirom na vrstu točaka (K, O, T) iz srednjih pogrešaka dobivenih za pojedine skupine (vrste) točaka, može se zaključiti kako su do sada nabrojeni utjecaji djelovali na točnost.

Radi lakšeg razmatranja, napraviti ćemo usporedbu srednjih pogrešaka pojedinih vrsta točaka i letova (nakon trećega koraka) u cm:

	249I	249II	249A	249C	274
K (krećenje)	7,2	5,9	6,9	11,2	11,5
O (objekti)	6,6	5,8	5,7	9,0	10,3
T (teren)	6,7	5,1	8,2	10,7	12,2
S (sve točke)	6,9	5,7	6,9	10,4	11,3

Kako se vidi iz tablice srednjih pogrešaka, najmanje srednje pogreške dobivene su u svim letovima za točke O (na objektima) osim za let 249II pri čem je najmanja srednja pogreška za točke T (na terenu). To se može objasniti dobrom definiranošću točaka na objektima, a odstupanje od ovog pravila u letu 249II mnogo manjim brojem točaka u tom letu, posebice točaka O i T, što se vidi iz sljedećeg pregleda broja točaka:

	249I	249II	249A	249C	274
K	203	149	204	165	204
O	147	78	146	134	142
T	119	86	120	95	117

Istina, postoji dobra definiranost i fotosignaliziranih točaka (krećenja), ali, kako je poznato, letva pri postupku detaljnog nivelmana postavlja se pored krećenja, na zemlju u travu, a gotovo je nemoguće na isto to mjesto po visini postaviti markicu pri fotogrametrijskom mjerenju visina. Ovisno o vrsti tla, mekoći zemljišta i obraslosti travom, nivelmanska letva bit će postavljena na nižu ili višu točku.

Asimetrija je najmanja za točke K za letove 249II, 249A, 249C, za točke O za let 249I i 274, i pri mjerilu snimanja 1 : 4.000 i 1 : 5.000 iznosi od 0,011 do 0,099, a za mjerilo snimanja 1 : 10.000 je 0,144 (u idealnom teorijskom slučaju iznosila bi 0,000).

Sploštenost, koja je u idealnom teorijskom slučaju 3,000, ima najmanje odstupanje od tog broja u točaka T za let 249I i 249II (0,023—0,164) u točaka O za letove 249A i 249C (0,007:0,010) i točaka K za let 274 (0,159).

Iz ovih razmatranja može se zaključiti da se pogreške u pojedinim serijama ponašaju približno po zakonu normalne razdiobe.

Kako se vidi, posebno su analizirani rezultati za svaku vrstu točaka, što je i logično, da bi se vidio utjecaj vrste točke na točnost određivanja visina.

Ista analiza je obavljena i za sve vrste točaka (S) zajedno, da bi se ocijenila prosječna točnost za sve točke.

To je važno s obzirom na to da je u praksi, pri očitavanju visina na modelu, uobičajen istodoban tretman točaka svih vrsta.

OSTALE PREDNOSTI FOTOGRAMETRIJSKE METODE I MOGUĆNOST NJENE PRIMJENE

Glavni je razlog za ispitivanje mogućnosti fotogrametrijskog određivanja visina detaljnih točaka umjesto metodom detaljnog nivelmana, kako je u uvodu rečeno, ekonomski, odnosno visoka cijena određivanja visina detaljnim nivelmanom.

S ekonomičnošću svakako je povezana i brzina tog određivanja, pri čemu bi sigurno prednost bila na strani fotogrametrije, kojom bi se najveći dio posla obavio na instrumentu u laboratoriju i mnogo brže nego postupkom na terenu.

Za ispitni poligon »Binježevo«, površine 36 ha sa 490 detaljnih točaka, izveden je proračun koštanja u norma-danima i dinarima za:

- I. varijantu — visine se dobiju detaljnim nivelmanom,
- II. varijantu — visine se dobiju fotogrametrijskom metodom,

pri čemu je cijena varijante I. veća od one za varijantu II. približno 64%.

Dakako, povećanje brzine rada i obavljanje većeg dijela posla u laboratoriju nije zanemarljivo, ni s obzirom na povećanje ugodnosti rada stručnjaka, što je također prednost fotogrametrije.

Nakon što se za relativno veliko područje, koje obuhvaća jedan model (stereopar), obavi orijentacija na temelju dostatnog broja orijentacijskih točaka, osigurana je homogenost točnosti mjerenja diljem obuhvaćenog područja.

Grube pogreške, koje su moguće i često se i teško otkrivaju pri mjerenjima u sklopu detaljnog nivelmana, u postupku fotogrametrijskog očitavanja visina na modelu teže se događaju s obzirom na korištenje stereoskopskog efekta. Pogreške u očitavanju visina eliminiraju se njihovom registracijom.

Točnost je moguće povećati i dvostrukim mjerenjem na stereoinstrumentu, što po dosadašnjim spoznajama povećava točnost 1,2 puta. Kako su s obzirom na potrebe projektiranja često bitni relativni odnosi točnosti susjednih točaka ili, drugim riječima, točnost visinskih razlika između susjed-

Tablica 4: Srednje pogreške iz prethodne ocjene točnosti i iz ovog istraživanja

let	249I	249II	249A	249C	274
f [mm]	213,30	213,30	213,30	213,30	213,30
m_b	5.000	5.000	5.000	4.000	10.000
m_k	1.000	1.000	1.000	1.000	2.500
h_g [m]	1.050	1.050	1.050	850	2.100
m_h [cm]	13,7	13,7	13,7	11,0	27,3
m_{h_g} [cm]	11,4	11,4	11,4	9,2	22,8
$m_{\Delta h}$ [cm]	9,7	9,7	9,7	7,8	19,3
m_{hI} K	7,3	6,6	6,9	11,8	12,3
O	7,1	7,1	5,9	10,6	11,4
T	6,7	6,2	8,2	11,9	12,9
S	7,1	6,6	7,0	11,4	12,2
m_{hIII} K	7,2	5,9	6,9	11,2	11,5
O	6,6	5,8	5,7	9,0	10,3
T	6,7	5,1	8,2	10,7	12,2
S	6,9	5,7	6,9	10,4	11,3

nih točaka, srednja pogreška visinske razlike između dviju točaka (m_{dh}) dobit će se ako se srednja visinska pogreška pojedinačnih točaka podijeli s $\sqrt{2}$.

Svi relevantni podaci o snimanjima i rezultatima istraživanja predočeni su u tablici 4.

U tablici 4. predočeno je usporedno za svako snimanje (let):

- f [mm] — konstanta (fokus) kamere kojom je obavljeno snimanje,
 m_b — mjerilo snimanja,
 m_k — mjerilo kartiranja,
 h_g [mm] — relativna visina snimanja,
 m_h [cm] = $\pm 0,13 h_g$ — očekivana teorijska visinska srednja pogreška,
 m_{hg} = $\pm m_h/1,20$ — očekivana teorijska visinska srednja pogreška pri mjerenju s ponavljanjem (g-girus),
 $m_{h\Delta}$ = $m_h/\sqrt{2}$ — očekivana teorijska visinska srednja pogreška visinske razlike između susjednih točaka,
 m_{hI} — srednje visinsko odstupanje dobiveno istraživanjem za sve letove za pojedine vrste točaka i za sve točke u prvom približenju i
 m_{hIII} — srednje visinsko odstupanje dobiveno istraživanjem za sve letove, za pojedine vrste točaka i za sve točke u konačnom približenju (K, O, T, S — sve točke).

Iz pregleda srednjih pogrešaka u tablici 4. općenito se može zaključiti da su srednje pogreške dobivene ovim ispitivanjem za snimanja obavljena u optimalno vrijeme upola manje od očekivanih (apriornih, teorijskih), a za snimanja obavljena u srpnju (neuobičajeno i neodgovarajuće vrijeme snimanja) približno jednake.

ZAKLJUČAK

S obzirom na sva razmatranja i dobivene srednje pogreške na osnovi ispitivanja u sklopu ovog rada može se općenito zaključiti da fotogrametrijska metoda određivanja visina detaljnih točaka zadovoljava za vrste foto-signaliziranih točaka i nesignaliziranih točaka na terenu.

Budući da se detaljnim nivelmanom mogu preciznije odrediti visine detaljnih točaka na objektima, može se zaključiti da su fotogrametrijski određene visine za te točke nešto slabije točnosti od mogućnosti detaljnog nivelmana.

Na osnovi toga i ovisno o zahtijevanoj točnosti, mogu se pojaviti dva slučaja:

— da dobivena točnost za sve vrste točaka zadovoljava, pa je visine opravdano određivati fotogrametrijskom metodom i

— da se pri zahtjevanju točnosti za visine detaljnih točaka na objektima one odrede detaljnim nivelmanom, a ostale vrste točaka fotogrametrijskom metodom uz eventualno eliminiranje sistematskog utjecaja.

Pri odlučivanju kojom će se metodom određivati visine detaljnih točaka nizinskog terena, kada se položaj inače kartira fotogrametrijskom metodom, osim točnosti metode i potrebne (tražene) točnosti, treba sa stajališta ekonomičnosti i uvjeta rada, imati na umu i učinke smanjenja terenskog rada.

LITERATURA

- Braum, F. (1970): Teorija stereofotogrametrijskih pogrešaka, Geodetski fakultet, Zagreb.
- Braum, F. (1987): Sprečavanje neoštine aerosnimke koju bi prouzrokovala brzina aviona, Geodetski list, 1987, 7—9, 221—225.
- Pašalić, S. (1984): Račun izravnjanja, Građevinski fakultet, Sarajevo.
- Pašalić, S. (1976): Matematska statistika, Univerzitet u Tuzli, Tuzla.
- Selesković, F. (1985): Ispitivanje mogućnosti zamjene metode geometrijskog detaljnog nivelmana stereo-fotogrametrijskom metodom određivanja visina tačaka, (Doktorska disertacija), Građevinski fakultet, Sarajevo.
- Szancer, S. (1985): Statistisch matematische Analyse der Parameter horizontaler Deformationen von Krangleisen, Internationales Symposium, »Deformationsmessungen mit geodätischen Methoden«, Katowice.
- Vranić, V. (1970): Vjerojatnost i statistika, Tehnička knjiga, Zagreb.

EXAMINATION OF THE POSSIBILITY FOR EXCHANGING THE DETAIL LEVELLING BY AIRPHOTOGRAMMETRIC PROCEDURE

Presented are the research results of comparing two methods, levelling and photogrammetric, for determination of the altitudes of detail points. Plain region of Binježevo with 490 detail points served as a test polygon for this research, because it consists of many different terrain details (inhabited and industrial zones, agricultural fields, roads, railroads, rivers, etc.). The research was made for different types of points (lime — marked points, points of chosen objects, terrain locality points), with different lengths of stereoscopic base, different flying heights and during various periods of time. The results of statistical analyses proved that as to mean errors, photographing in nice weather involves half of the expected (theoretical) number. The conclusion of the research is that the photogrammetric method is good enough for lime-marked points and terrain points, because level rods are set directly on such points. For the points on the objects, a better way is to use the method of detail levelling. Besides the correctness of the height measurement of detail points, it would be necessary to respect the economy and the work conditions which are present by using the chosen method.

Primljeno: 1991-09-09