

EFENDIĆ MUSTAFA, dipl.inž.  
 Rudarsko-geološki fakultet, Tuzla

UPOTREBA STEREOAUTOGRAFA 1318 EL ZA IZMJERU  
 STEREOPAROVA SNIMLJENIH POMOĆU UMK 10/1318

1. Princip izmjere metodom afiniteta

Kod većine analognih instrumenata rekonstruira se optičko-geometrijski proces kakav je bio za vrijeme snimanja, tj. projicirani snopovi zraka prilikom izmjere (restitucije) kongruentni su snopovima zraka prilikom snimanja ( $c_k = c_i$ , konstanta kamere kojom je snimano namješta se u stereoinstrumentu).

Univerzalnost analognih instrumenata s obzirom na zahvatni ugao kamere za snimanje može se principijelno ostvariti pomoću postupka izmjere metodom afiniteta, pri čemu se ne rekonstruira optičko-geometrijski proces kakav je bio prilikom snimanja ( $c_k \neq c_i$ ).

Promjena razmjere slikovnog prostora u jednom pravcu za faktor  $k$  prouzrokuje afinu deformaciju modela sa istim faktorom  $i$  u istom pravcu. Faktor  $k$  se pri tome označava kao faktor afiniteta, a pravac promjene kao pravac afiniteta. Za fotogrametrijsku izmjeru pomoću analognih instrumenata pravac afiniteta mora iz konstruktivnih razloga pasti u  $z$ -pravac instrumenta (aerofotogrametrija), odnosno  $y$ -pravac instrumenta (terestrička fotogrametrija); pri tome se ne mijenja razmjera modela:

- u aerofotogrametriji u tlocrtu ( $x, y$  - ravan),
- u terestričkoj fotogrametriji  $x, z$  - ravan.

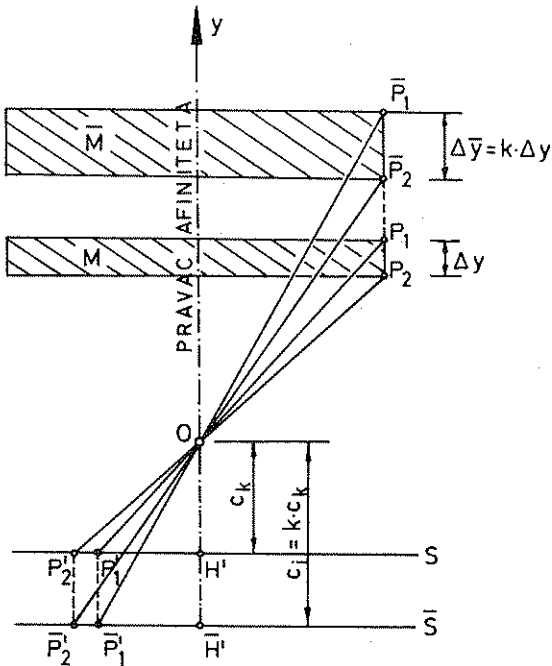
Razmjere modela u pravcu afiniteta su:

U aerofotogrametriji:  $M_z = \frac{M_{x,y}}{k}$

U terestričkoj fotogrametriji:  $M_y = \frac{M_{x,z}}{k}$

Ako je  $c_k < c_i$ , onda je  $k > 1$ ; ovakav slučaj predstavljen je na sl.1 (normalan slučaj snimanja u terestričkoj fotogrametriji), a model je afino izdužen u pravcu  $y$ -osovine.

Ako je  $c_k > c_i$ , onda je  $k < 1$ , pa imamo afino skraćenje u pravcu  $y$ -osovine.



Sl. 1.

## 2. Izmjera stereopara snimljenog pomoću UMK na stereoautografu 1318 EL

Danas su u upotrebi tri tipa stereoautografa 1318:

1. Stereoautograf 1318 starije konstrukcije sa kardanskim prenosom sa instrumenta na sto za kartiranje; mogućnosti prenosa su 1:2, 1:1 i 1:0,5, dok su mogućnosti linijske izmjere metodom afiniteta ograničene na faktore  $k = 4; 2; 0,5$  i  $0,25$ . U instrumentu se mogu namjestiti konstante upotrijebljene kamere od 157 do 198 mm.
2. Stereoautograf 1318 EL novije konstrukcije sa električnim prenosom sa instrumenta na sto za kartiranje; područje konstante kamere je i kod ovog instrumenta ostalo u granicama od 157 do 198 mm, a mogućnosti prenosa su od 0,1 do 5 puta.
3. Stereoautograf 1318 gdje je moguće direktno namjestiti najmanju konstantu kamere od oko 80 mm, koji su radjeni po specijalnoj porudžbini, a umjesto  $c_k$  - satova imaju razmjernike.

Zajedničko za sva tri tipa stereoautografa je format snimka 13x18 cm, a ovdje su iznijeti samo podaci interesantni za ovaj rad.

Kao kamera za snimanje za sva tri navedena tipa specijalno je namijenjen fototeodolit Photo 19/1318, žarišne daljine oko 19 cm sa formatom snimaka 13x18 cm.

Univerzalna mjerna kamera UMK 10/1318 ima žarišnu daljinu oko 10 cm, a format je takodje 13x18 cm. Koristeći treći tip stereoautografa mogli bismo vršiti izmjeru stereoparova snimljenih pomoću UMK sa direktnim uvođenjem konstante kamere u instrument, dok bi za izmjeru na prva dva tipa morali koristiti metodu afiniteta. Pri tome se za sva tri tipa stereoautografa pretpostavljaju horizontalne osovine snimanja.

Za razliku od Photo 19/1318, UMK 10/1318 prvenstveno je namijenjena za snimanje objekata koji se nalaze na udaljenosti  $y_{max}$  do 50 m (industrijska fotogrametrija). Zbog velikih mogućnosti primjene u blizopredmetnoj fotogrametriji, gdje se obično traži veća tačnost i gdje se objekti predstavljaju mnoštvom tačaka, ovdje će biti dat primjer izmjere jednog test-objekta od 10 signalisanih tačaka; najbliža tačka je na  $y_{min} \approx 6$  m, a najdalja  $y_{max} \approx 28$  m. Položaj svih 10 tačaka određen je metodom presjecanja, a visine trigonometrijskim nivelmanom sa dovoljnom tačnošću da se koordinate dobijene fotogrametrijskim načinom mogu porediti sa geodetskim koordinatama transformisanim u fotogrametrijski koordinatni sistem (sl.3). Ovaj primjer uzet je iz dva razloga:

- prvenstveno da se pokaže na praktičnom primjeru izmjera metodom afiniteta,
- da se dobije približna slika (mali broj tačaka) o mogućnosti postizanja tačnosti u području dubinskog protezanja objekta do 30 m koristeći ovakvu jednu kombinaciju kamere i stereoinstrumenta.

## 2.1. Pregradnje

### 2.1.1. Odredjivanje faktora afiniteta

Konstanta kamere UMK 10/1318 prilikom snimanja normalnog stereopara u ovom primjeru iznosi  $c_k = 100,05$  mm. Bazisna komponenta  $b_x = 2,692$  m.

Prilikom odredjivanja faktora afiniteta k treba voditi računa o slijedećem:

- a)  $c_i$  - području namještanja na stereoautografu od 157 do 198 mm,
- b)  $y$  - području modela od 50 do 400 mm,
- c) mogućnosti prenosa sa instrumenta na crtači sto kao i mogućnosti namještanja brojčanika za visine.

S obzirom na  $c_i$  - područje instrumenta i konstantu kamere  $c_k$ , faktor  $k$  možemo birati u granicama:

$$k_{\min} = \frac{157}{100,05} = 1,569; \quad k_{\max} = \frac{198}{100,05} = 1,979$$

Za  $k$  se bira vrijednost u ovom intervalu; da bi izduženje modela u pravcu afiniteta bilo što manje, izabran je  $k=1,6$ .

Za izbor razmjere modela vodimo računa o  $y$ -području modela i dubinskom protezanju objekta:

$$M_m = \frac{y_{\max}}{400} = \frac{28000}{400} = 70 \text{ (max)}$$

$$M_m = \frac{y_{\min}}{50} = \frac{6000}{50} = 120 \text{ (min)}$$

Razmjera modela u  $x, z$ -ravni bira se u ovom intervalu između 70 i 120.

Sada možemo vidjeti mogućnosti razmjere modela u pravcu afiniteta:

$$M_{m_{af}} = \frac{M_m}{k}$$

Interval razmjere u pravcu afiniteta je 43,75 do 75,00.

U ovim područjima trebalo bi izabrati razmjeru modela  $M_m$  i  $M_{m_{af}}$  nastojeći pri tome da to budu okrugle vrijednosti. Ako usvojimo:

a)  $M_m = 100$ , onda je  $M_{m_{af}} = 62,5$

provjera  $y$ -područja:  $62,5 \times 0,4 = 25 \text{ m} < y_{\max} = 28 \text{ m}$

b) Za  $M_m = 120$  i  $M_{m_{af}} = 75$  najdalje tačke snimljenog objekta bile bi u modelu na maksimalnoj udaljenosti. Zbog toga razmjeru modela  $M_m$  treba izabrati veću od 120. Ako bi ove dvije razmjere bile 150 i 93,75 vidimo da ova druga nije okrugla vrijednost. Ako ne bismo vršili linijsku izmjeru sa prenosom sa instrumenta na sto za kartiranje, nego računali koordinate tačaka, onda ovo ne bi predstavljalo skoro nikakvu smetnju; međjutim, treba nastojati da obje razmjere budu okrugle vrijednosti kako bi se odgovarajućim prenosom sa instrumenta mogla vršiti i linijska izmjera na stolu kao i mogućnost namještanja  $z$ -brojčanika.

c)  $M_m = 160$ , onda je  $M_{m_{af}} = 100$

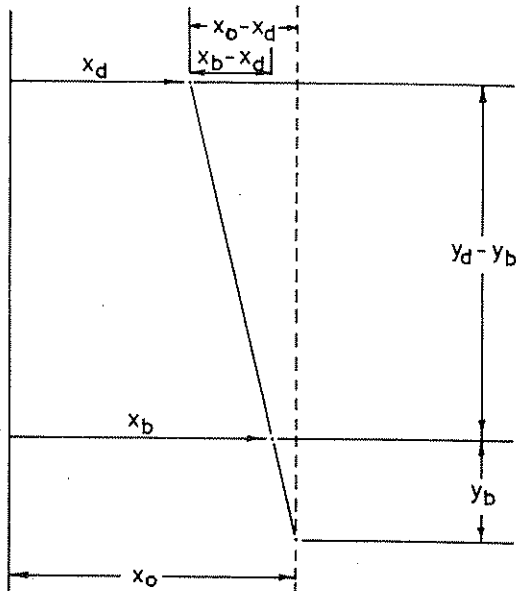
Provjera  $y$ -područja:  $100 \cdot 0,4 = 40 \text{ m} > y_{\max} = 28 \text{ m}$   
 $100 \cdot 0,05 = 5 \text{ m} < y_{\min} = 6 \text{ m}$ .

S obzirom na sve što je rečeno usvojene su ove dvije razmjere: područje interesantno za izmjeru odgovara  $y$ -području

instrumenta, a iz tabele vidimo da je moguć prenos sa instrumenta na sto. Pri ovoj kombinaciji razmjera ne možemo direktno očitavati visine u metrima na z-brojčaniku; da bi se zadovoljilo i taj uslov morali bismo ići na još sitniju razmjeru modela.

### 2.1.2. Odredjivanje nulte vrijednosti za x-brojčanik

Poslije ulaganja snimaka u instrument, za numeričku izmjeru potrebno je odrediti nultu vrijednost x-brojčanika.



Sl. 2.

Pri postavi  $y = 400$  mm (indeks d - daleka), navodeći markicu na lijevu i desnu rubnu marku, očitaju se vrijednosti na x-brojčaniku. Isto se učini pri postavi  $y = 50$  mm (indeks b-blizu). Obrazuju se sredine za očitane x-vrijednosti:

$$x_{od} = \frac{x_d(\text{desno}) + x_d(\text{lijevo})}{2} \quad (1)$$

$$x_{ob} = \frac{x_b(\text{desno}) + x_b(\text{lijevo})}{2} \quad (2)$$

Nulta vrijednost za x-brojčanik je:

$$x_0 = x_{ob} - \frac{x_{od} - x_{ob}}{y_d - y_b} \cdot y_b \quad (3)$$

Za ovaj primjer  $x_0 = 499,98$  mm.

### 2.1.3. Namještanje $c_i$ i $b_i$ u instrumentu

Na sva četiri sata namjesti se konstanta:

$$c_i = k \cdot c_k = 1,6 \cdot 100,05 = 160,08 \text{ mm,}$$

a na satu za namještanje baze:

$$b_i = \frac{b_x}{Mm} = \frac{2692}{160} = 16,825 \text{ mm.}$$

## 3. Optički model

- pomoću  $b_z$  uklone se vertikalne paralakse;

### 3.1. Korektura $\delta b$ , $d\varphi_2$ i $d\omega$

Pomoću 2 orijentacione tačke (2-daleka, 16-bliska) sračunaju se "treba"-vrijednosti za y-brojčanik instrumenta:

$$y = \frac{y_{geod.}}{Mm_{af}} \quad (4)$$

Za daleku tačku (2):

$$d\varphi : y_2 = 274,93 \text{ mm.}$$

Za blisku tačku (16):

$$\delta b : y_{16} = 62,06 \text{ mm.}$$

Dovedemo markicu na tačku 16 i namjestimo čitanje na brojčaniku  $y = 62,06$  mm; paralaksu uklonimo pomoću  $b_x$ .

Dovedemo markicu na tačku 2 i namjestimo čitanje na brojčaniku  $y = 274,93$  mm; nastalu paralaksu uklonimo pomoću  $d\varphi_2$ .

Postupak ponavljamo dok u obje tačke ne uklonimo paralakse, pri sračunatim "treba"-vrijednostima na y-brojčaniku.

Korektura poprečnog nagiba modela  $d\omega$  uslijedi pomjeranjem projekcionih centara. Pomoću visina dvije orijentacione tačke (2 i 16) sračunaju se "treba"-vrijednosti za z-brojčanik

$$\text{instrumenta: } z = \frac{z_{\text{geod.}}}{M_m} \quad (5)$$

Tačka 16 :  $z = - 9,38 \text{ mm}$

Tačka 2 :  $z = + 7,90 \text{ mm}$

Pošto za razmjeru modela  $M_m = 160$  ne možemo direktno čitati visine u metrima, odaberemo na z-brojčaniku bilo koju vrijednost koja predstavlja horizont snimka; za  $z = 100,00 \text{ mm}$  dobijamo "treba"-vrijednosti na z-brojčaniku za tačke 16 i 2:

16 :  $z = 90,62 \text{ mm}$ ;      2 :  $z = 107,90 \text{ mm}$

Dovedemo markicu na tačku 16 i namjestimo čitanje  $z = 90,62 \text{ mm}$ ; naviziramo tačku 2 i z-kolutom namjestimo čitanje  $z = 107,90 \text{ mm}$ ; nastalu paralaksu i odstupanje markice uklanjamo sa oba zavrtnja za pomjeranje projekcionog sistema. Postupak ponavljamo dok u ove dvije tačke ne uklonimo paralakse, pri sračunatim "treba"-vrijednostima na z-brojčaniku.

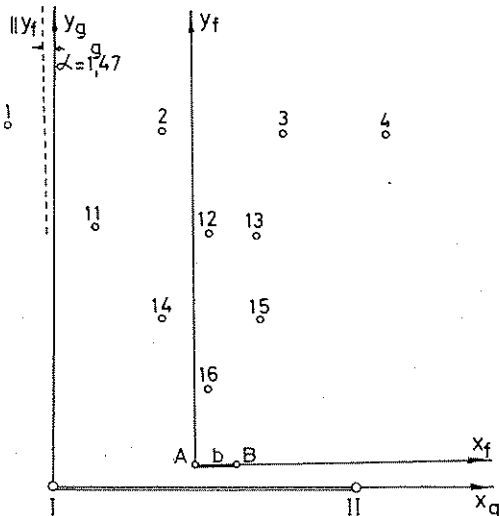
### 3.2. Računanje prostornih koordinata

U ovom primjeru izmjerene su koordinate  $\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}$  u 2 serije za svih 10 tačaka te obrazovane sredine iz 2 mjerenja. Prostorne koordinate u fotogrametrijskom koordinatnom sistemu sračunate su po izrazima:

$$x = (\bar{x} - x_0) \cdot 160$$

$$y = \bar{y} \cdot 100 \quad (6)$$

$$z = (\bar{z} - 100,00) \cdot 160$$



Sl. 3.

U narednoj tabeli date su geodetski određene koordinate svih tačaka transformisane u fotogrametrijski koordinatni sistem i razlike izmedju njih i po izrazima (6) određenih fotogrametrijskih koordinata. Srednje kvadratne greške po pojedinim koordinatnim osovinaama računane su po izrazu:

$$m = \pm \sqrt{\frac{[(\text{geod.}-\text{fotogr.})^2]}{n}}$$

Tačka	geod.transf. u fotogram.			razlike u mm		
	x	y	z	dx	dy	dz
1	-14,994	+28,033	+4,838	- 22	+ 55	+18
(2)	- 2,406	27,493	+1,264	+ 7	- 11	+ 3
3	+ 7,769	27,072	+6,235	- 5	- 19	- 8
4	+15,831	26,737	+4,854	+ 26	+ 30	+ 4
11	- 8,048	19,574	-1,396	- 3	+ 22	+ 6
12	+ 1,087	19,134	-1,521	+ 2	- 18	+ 4
13	+ 5,110	18,947	-1,525	- 9	- 16	+ 1
14	- 2,645	12,004	-1,448	+ 5	+ 5	+ 2
15	+ 5,383	11,724	-1,555	- 6	- 5	0
(16)	+ 1,072	+ 6,206	-1,500	- 2	+ 2	- 2

$$m_x = \pm 12 \text{ mm}; \quad m_y = \pm 24 \text{ mm}; \quad m_z = \pm 7 \text{ mm}$$

Ovo bi bila zadovoljavajuća tačnost za mnoge zadatke u blizopredmetnoj fotogrametriji; tačnost u ovom primjeru numeričke izmjere mogla bi se povećati boljom korekturom konvergencije.

#### 4. Linijska izmjera

Da bi se moglo izvršiti prevodjenje iz razmjere modela u razmjeru kartiranja u istoj razmjeri za x - i y - koordinate, moramo birati za y - koordinate prenos koji je za k - puta manji od prenosa za x - koordinate. Iz tvorničke tabele, koja je sračunata za k = 1,6, mogu se vidjeti razne mogućnosti izbora razmjera modela i kartiranja primjenom metode afineteta.

U našem primjeru za  $M_m = 160$ ,  $M_{maf} = 100$ ,  $M_k = 100$ , parovi prenosnika su 65/104 za x, a 40/80 za y, sa uključenjem reduktora 1 i 0,5.

Za ovu kombinaciju  $M_m$  i  $M_{maf}$  već je rečeno da ne postoji mogućnost namještanja z-brojanika tako da se visine očitavaju direktno u metrima. To isto vrijedi i za kombinaciju  $M_m = 32$ ,  $M_{maf} = 20$  navedene tabele; u ovim slučajevima moraju se visine računati kao što je npr. uradjeno u ovom primjeru.



Prenosnici		uklju- čenje		Razmjera modela Mnaf									
x	y	x	y	10	20	25	32	40	50	80	100	160	200
				6,25	12,5	15,625	20	25	31,25	50	62,5	100	125
gore	dole	x	y	Razmjera kartiranja Mk									
100	32		0,5										
100	20		0,5				200	250		500			1000
100(85)	20(34)		1(0,5)										
96	24		0,5	50	100		200	250		500			1000
96(80)	24(40)		1(0,5)										
128	40		0,5			100				200			
100	32		1										
100(85)	20(34)		1(0,5)				100			250			500
85	34		1										
96(80)	24(40)		1(0,5)	25	50		100			200	250		500
80	40		1										
128(104)	40(65)		1(0,5)	20	50		100			100	200		
65	104		0,5										
80	40		1		25		50			100	200	250	
40	80		0,5										
104	65		1	10	20	25			50	100	200		
65(40)	104(128)		1(0,5)										
40	80		0,5				20	25		50	100		
40(24)	80(96)		1(0,5)	5	10		20	25		50	100		
34	85		0,5										
34(20)	85(100)		1(0,5)										
32	100		0,5			10				20			
40	128		1										
40(24)	80(96)		1(0,5)				10			25			50
24	96		1										
34(20)	85(100)		1(0,5)	5			10			20	25		50
20	100		1										
32	100		1	2		5			10	20			

Par prenosnika 128/40 nije sadržan u standardnoj isporuci, nego se mora posebno naručiti.

Ova tabela je radjena za y-područje od 0,3 do 50 m. Za područja 3 do 500 m tabela se može proširiti na 10 puta sitnije razmjere; u ovom primjeru, za y-područje 50-400 m, razmjere bi bile:  $M_m = 1600$ ;  $M_{m_{af}} = 1000$ ; i  $M_k = 1000$ , a kombinacija prenosa na sto ostala bi ista.

Kod stereoautografa 1318 EL postoji mogućnost direktnog kartiranja kako tlocrta (x,y), tako vertikalne (x,z) i bočne (y,z) projekcije, tj. odgovarajućih presjeka snimljenog objekta na bilo kom mjestu. Ova mogućnost, pri odgovarajućim prenosima, zadržava se i kod izmjere primjenom metode afiniteta.

Osim toga, primjena ovog postupka nije ograničena samo na normalne stereoparove, nego se može koristiti i kad je stereopar paralelno zakošen [3].

Metoda afiniteta principiijelno omogućava i izmjeru stereoparova snimljenih pomoću UMK u visokom formatu na stereoautografu 1318 EL; problem bi bio u decentriranju mjernih snimaka u z-pravcu sa kompenzacijom decentriranja pomjeranjem horizonta. Pri decentriranju trebalo bi paziti posebno na to da ne dodje do zakošenja snimaka, jer ne postoji mogućnost instrumentalne korekcije te greške.

#### Literatura:

1. Buchholtz / Rüger:  
"Photogrammetrie", 3. Auflage, Berlin 1973.
2. Meyer R.:  
"Orientierungsverfahren und Auswertepaxis am Stereoautographen 1318", Kompendium Photogrammetrie VII, 1966.
3. Schöler H.:  
"Erweiterung des Anwendungsbereiches des Stereoautograph", VEB Carl Zeiss Nachrichten, Sonderband VI, 1963.
4. Carl Zeiss Jena:  
Tabela za izbor prenosa i razmjera
5. Carl Zeiss Jena:  
Stereoautograph 1318 - Gebrauchsanleitung
6. Carl Zeiss Jena:  
UMK 10/1318 - Gebrauchsanleitung.