

SAVIĆ RADE, diplomirani inženjer  
Geodetski zavod Sarajevo

## UPOREĐENJE TAČNOSTI RELATIVNE ORIJENTACIJE

Često smo u dilemi na koji ćemo način uraditi relativnu orijentaciju u konkretnom slučaju, a da bi pri tome model ostao nedeformisan. U tu svrhu uradjena je relativna orijentacija jednog stereo para na dva načina i izvršeno upoređenje tačnosti relativne orijentacije jednog i drugog načina.

1. Uložen je stereo par formata 23x23 cm, fokus = 152,98, razmjera snimanja 1:11.000, prosječna relativna visina terena oko 50 metara, instrument SME, registrovanje vršeno na koordimetru F. Zabilježena su početna čitanja na satovima: kapa 1, kapa 2, fi 1, fi 2, omega 1, omega 2, by, bz. Izvršena je relativna orijentacija po običnom postupku /pet tačaka i šesta tačka kontrolna/. Po završetku orijentacije pročitani su opet satovi: kapa 1, kapa 2, fi 1, fi 2, omega 1, omega 2, by i bz.

Izmjerena je preostala vertikalna paralaksa u tačkama od 1 do 6 i od 7 do 12.

Sl. 1.

•3	•4
•1	•2
•5	•6

2. Opet smo zapisali početne podatke za: kapa 1, kapa 2, fi 1, fi 2, omega 1, omega 2, by i bz. Zatim smo izvršili relativnu orijentaciju po načinu grafičkog dobijanja  $\Delta W$  u četiri profila po drugoj skici. Svaki put smo zapisali očitavanja na satu omega 2 i na kraju uzeli sredinu za omegu 2, iz sva četiri profila, a zatim odstranili preostalu vertikalnu paralaksu zbog kape i fi. Pročitani su podaci na satovima: kapa 1, kapa 2, fi 1, fi 2, omega 1, omega 2, by, bz i izmjerena preostala vertikalna paralaksa u svim tačkama od 1 do 12.

Sl. 2.

•3	•9	•10	•4
•1	•7	•8	•2
•5	•11	•12	•6

3. Izvršeno je uporedjenje izmedju 1 i 2 i to uporedjenje čitanja, i uporedjenje preostalih vertikalnih paralaksi.

1. Na prvi način relativna orijentacija je uradjena ovako:

Satovi	Početni podaci na satovima	Podaci na satovima poslije završene rel.orj.	Tačke	Preostala py paralaksa mjerena komponentom by
$\alpha_1$	9 6, 9 6 5	9 7, 8 5 1	1	3 0, 0 4
$\alpha_2$	9 8, 8 9 2	9 8, 7 4 5	2	3 0, 0 4
$\varphi_1$	1 0 1, 5 9 0	1 0 1, 5 9 0	3	2 9, 9 8
$\varphi_2$	9 9, 2 5 2	9 9, 2 2 3	4	2 9, 9 8
$\omega_1$	9 7, 8 0 0	9 7, 8 0 0	5	3 0, 0 3
$\omega_2$	9 8, 7 9 0	9 8, 7 9 0	6	3 0, 0 4; byo=30,00
by	2 9, 9 9 5	3 0, 3 6 2	7	2 9, 9 9
bz	2 9, 0 8 8	2 9, 3 0 8	8	3 0, 0 2
bx	2 0 0, 0 0 0	2 0 0, 0 0 0	9	2 9, 9 5
			10	2 9, 9 5
			11	3 0, 0 4
			12	3 0, 0 4

bx = 135,02 normalna baza poslije urazmjerenja.

2. Relativna orijentacija uradjena na drugi način gdje je dobivena grafički iz četiri profila prema skici Sl.2 izgledala bi ovako:

a/ Profil 3-1-5

Početni podaci ostaju isti kao pod 1, samo je uslov da by i bz ostanu na početnom stanju.

$$by = 30,00$$

$$bz = 30,00$$

Vertikalnu paralaksu u tačkama 1. i 2. stereomodela otklonimo s kapa 2, odnosno s kapa 1.

Vertikalnu paralaksu poništimo u tačkama 3 i 5 sa bz i dobijemo:

$$b'z_3 = 29,35 \quad \Delta b'z_3 = 29,35 - 30,00 = -0,65$$

$$b'z_5 = 29,36 \quad \Delta b'z_5 = 29,36 - 30,00 = -0,64$$

Postavimo opet čitanje na bz = 30,00, a sa by izazovemo paralaksu, tako što postavimo čitanje na by = 31,00 mm. Ovu paralaksu od 1 mm poništimo s omega 2 i tim smo

dobili novu vrijednost za omega 2 koju zapišemo:

$$b_y = 31,00$$

$$\Omega_2 = 98,98$$

U tačkama 3 i 5 poništimo vertikalnu paralaksu  $p_y$  opet sa komponentom  $b_z$  i dobijemo:

$$b_z''^3 = 28,73 \quad \Delta b_z''^3 = -1,27$$

$$b_z''^5 = 29,69 \quad \Delta b_z''^5 = -0,31$$

Na potpuno isti način dobijemo rezultate u ostalim profilima:

Profil: 9-7-11

$$b_y = 30,00$$

$$b_z = 30,00$$

$$b_z'9 = 29,36 \quad \Delta b_z'9 = -0,64$$

$$b_z'11 = 29,32 \quad \Delta b_z'11 = -0,68$$

$$b_y = 31,00$$

$$\Omega_2 = 98,97$$

$$b_z''9 = 28,80 \quad \Delta b_z''9 = -1,20$$

$$b_z''11 = 29,72 \quad \Delta b_z''11 = -0,28$$

Profil: 10-8-12

$$b_y = 30,00$$

$$b_z = 30,00$$

$$b_z'10 = 29,20 \quad \Delta b_z'10 = -0,80$$

$$b_z'12 = 29,28 \quad \Delta b_z'12 = -0,72$$

$$b_y = 31,00$$

$$\Omega_2 = 98,98$$

$$b_z''10 = 28,53 \quad \Delta b_z''10 = -1,47$$

$$b_z''12 = 29,86 \quad \Delta b_z''12 = -0,14$$

Profil: 4-2-6

$$b_y = 30,00$$

$$b_z = 30,00$$

$$b_z'4 = 29,29 \quad \Delta b_z'4 = -0,71$$

$$b_z'6 = 29,34 \quad \Delta b_z'6 = -0,66$$

$$b_y = 31,00$$

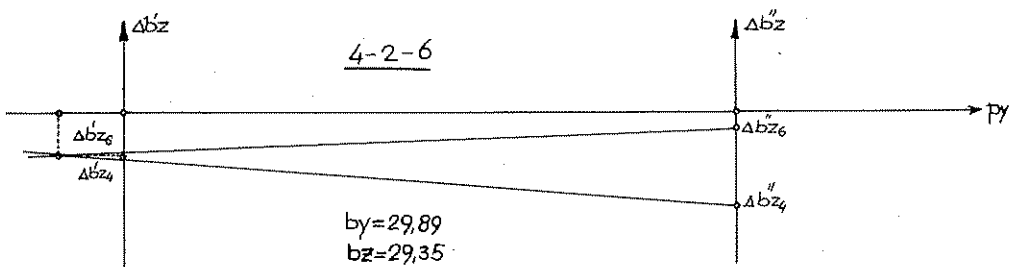
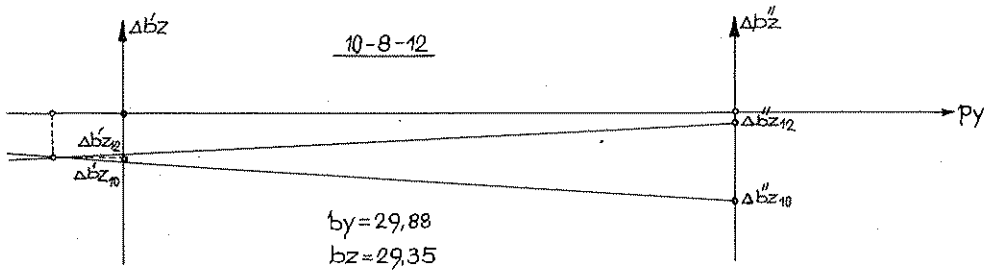
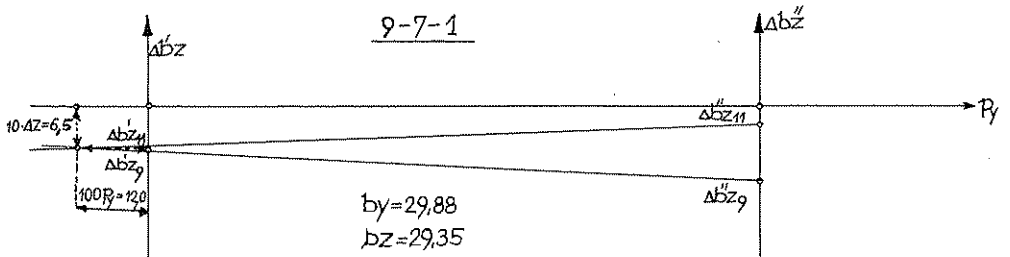
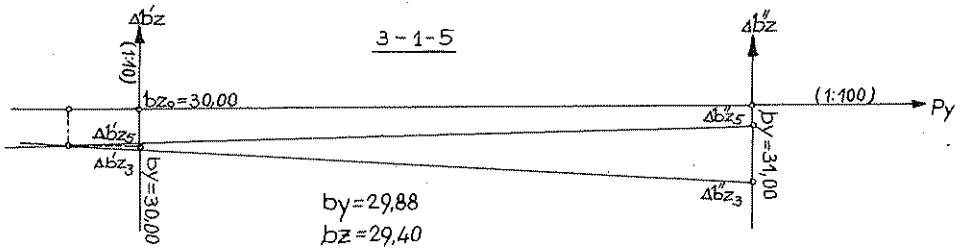
$$\Omega_2 = 98,98$$

$$b_z''4 = 28,46 \quad \Delta b_z''4 = -1,54$$

$$b_z''6 = 29,75 \quad \Delta b_z''6 = -0,25$$

$$\Omega_2 \text{ srednji} = 98,98$$

Prilog crteži:



Kada zauzmemo dobivene vrijednosti:  $b_y = 29,88$  i  $b_z = 29,36$  tada mora biti  $\Delta\omega = 0$ . Na spojnici tačaka 1 i 2 vertikalnu paralaksu  $p_y$  poništimo sa  $\omega_1$  ili  $\omega_2$ . Kada opet vratimo  $b_y = 30,00$  i  $b_z = 30,00$ , onda paralaksu poništimo sa  $k_1$  i  $f_1$ . Poslije toga model je bez paralakse. Preostalu vertikalnu paralaksu očitamo u svih 12 tačaka sa komponentom  $b_y$ .

Tačke	Očitavanja $p_y$
1	30,00
2	30,02
3	30,02
4	30,04
5	30,01
6	30,02
7	30,05
8	30,04
9	30,04
10	30,00
11	30,03
12	30,05

Očitavanja na satovima poslije završene relativne orijentacije su:

$b_y = 30,00$                        $f_1 = 99,46$   
 $k_1 = 96,925$                      $k_2 = 98,83$   
 $f_1 = 101,805$                     $b_x = 200,00$   
      $/b_x = 135,02$  normalna baza/  
  
 $\omega_1 = 98,012$                     $\omega_2 = 98,98$   
 $\epsilon_k = 152,98$                     $b_z = 30,00$

a/ Uporedjenje preko očitavanja na satovima preko načina 1 i načina 2

Satovi	Početni podaci - očitavanja	Očitavanje poslije završene rel.or.po običnom postupku /empirijski	Očitavanje poslije završene rel.or.gdje je određen grafički	$\Delta_1$	$\Delta_2$
$\kappa_1$	96,965	97,851	96,925	+ 0,886	-0,040
$\kappa_2$	98,892	98,745	98,830	- 0,147	-0,062
$\varphi_1$	101,590	101,590	101,805	$\pm$ 0,000	+0,215
$\varphi_2$	99,252	99,223	99,460	- 0,029	+0,208
$\omega_1$	97,800	97,800	98,012	$\pm$ 0,000	+0,212
$\omega_2$	98,791	98,791	98,980	$\pm$ 0,000	+0,189
$b_y$	29,995	30,362	30,000	+ 0,367	+0,005
$b_z$	29,088	29,308	30,000	+ 0,220	+0,912
$b_x$	200,000	200,000	200,000	-	-

Rezime:

Iz razlike očitavanja vidimo u kojoj je mjeri model deformisan. Kod slučaja 2,  $\Delta x_1$  i  $\Delta x_2$  su približno isti i istog predznaka i neće bitno uticati na visine, dok kod slučaja 1 je obratno. Baza nam mijenja mjerilo modela i visine, te kad je svedemo na normalnu vrijednost, tj. kada urazmjerimo model prema datim tačkama, tada svi elementi ostaju isti kao kod 2, samo su se promijenile kape, kapa 1 = 96,91; kapa 2 = 98,842;  $F_{i2} = 99,522$ , te model dobiva normalni oblik radi povoljnijeg presjeka zraka.

- b) Uporedjenje izmedju 1 i 2 preko očitavanja preostale vertikalne paralakse u tačkama od 1 do 12 mjerene komponentom by

TAČKE	Paralaksa by <sub>1</sub> po 1. metodi	Paralaksa by <sub>2</sub> po 2. metodi	py <sub>1</sub> = by <sub>1</sub> -by <sub>0</sub>	py <sub>2</sub> = by <sub>2</sub> -by <sub>0</sub>	py <sub>1</sub> <sup>2</sup>	py <sub>2</sub> <sup>2</sup>
1	30,04	30,00	+4	+ 0	16	0
2	30,04	30,02	+4	+ 2	16	4
3	29,98	30,02	-2	+ 2	4	4
4	29,98	30,04	-2	+ 4	4	16
5	30,03	30,01	+3	+ 1	9	1
6	30,04	30,05	+4	+ 5	16	25
7	29,99	30,05	-1	+ 5	1	25
8	30,02	30,04	+2	+ 4	4	16
9	29,95	30,04	-5	+ 4	25	16
10	29,95	30,00	-5	+ 0	25	0
11	30,04	30,03	-4	+ 3	16	9
12	30,04	30,05	+4	+ 5	16	25
by <sub>0</sub> =	30,00		+25 -15	+35	152	141

$$m_1 = \pm \sqrt{\frac{152}{12}} = \pm \sqrt{12,7} = \pm 0,036 \text{ m/m}$$

$$m_2 = \pm \sqrt{\frac{141}{12}} = \pm \sqrt{11,75} = \pm 0,034 \text{ m/m}$$

Srednja kvadratna greška nam govori da je vertikalna paralaksa kod metode 1 nešto veća, nego kod metode 2, ali je metoda 1 brža. Ovo govori da se metoda 2 ne isplati raditi kod normalne restitucije, nego samo u speijalnim slučajevima (kad par jednim dijelom pada u vodu, magla, oblak).

Iz ove analize dolazimo do razmišljanja, kako model osloboditi od transverzalne paralakse, a da model ostane vjerran - nedeformisan. Ova dva zahtjeva iako protuvriječna oba su funkcije greške slike i greške samog instrumenta. Važno je zadovoljiti uslov da model ostane nedeformisan. U tu svrhu uradjena je apsolutna orijentacija stereo modela i to na osnovu relativne orijentacije 1 i 2, i dobiveni ovi rezultati poslije transformacije:

Po načinu 1.  $M_{xy} = \pm 12,0$  cm.  
 $M_h = \pm 14,2$  cm.

Po načinu 2.  $M_{xy} = \pm 11,8$  cm.  
 $M_h = \pm 13,9$  cm.

Osim toga za apsolutnu orijentaciju sa računskom bazom po metodi 2 utrošeno je manje vremena, nego po metodi 1, što nam govori da je model bio deformisan, a sama promjena baze od maksimalne vrijednosti na normalnu, prouzrokovao je samo homogenu promjenu na modelu.

Iz ovog proizilazi da je vrlo važno odabrati metodu kojom ćemo uraditi relativnu orijentaciju, a da model ostane što vjerniji - nedeformisan. Ovo je posebno važno kod orijentacije prvog para u aerotriangulaciji. Naše iskustvo govori da smo samo u prošloj godini na oko 80.000 ha izveli aerotriangulaciju sa prosječnom greškom početnog stereopara  $M_{xy} = \pm 18$  cm i  $M_h = \pm 25$  cm. Razmjere snimanja 1:15000 ili na površini od oko 3000 ha jednog radilišta gdje je mreža propisno markirana i mjerena distomatom, postignuto je sljedeće:

R. snimanja=1:4600	R. snimanja 1:8200
R. kartiranja=1:2000	
$m_{xy} = \pm 5,9$ cm.	$m_{xy} = \pm 9,6$ cm.
$m_h = \pm 6,9$ cm.	$m_h = \pm 11,5$ cm.

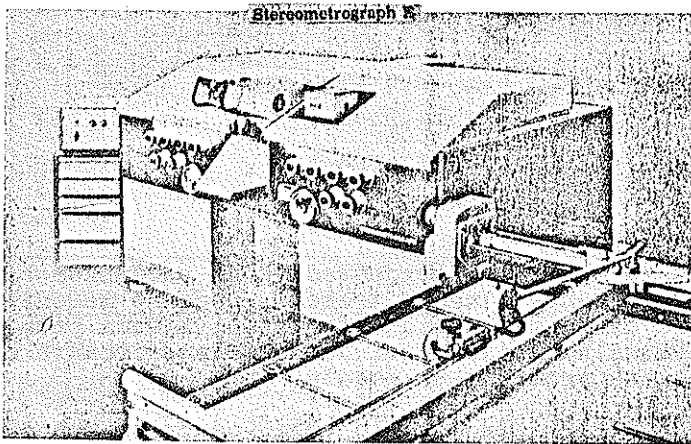
#### ZAKLJUČAK:

Ovi nas podaci navode na to da kod dobro pripremljenog terena i uspješnog snimanja, možemo dobiti zadovoljavajuću tačnost za mrežu u krupnijim mjerilima kartiranja. U svim ovim slučajevima vodjeno je računa o tome kako će se uraditi relativna orijentacija, tj. kako će se eliminisati što je dalo rezultate.

#### Literatura:

1. Prof. Ivan Čuček "Fotogrametrija" 9. in 10 zvezek  
 Relativna orijentacija aeroposnetkov  
 Apsolutna orijentacija stereomodela, Ljubljana 1974.
2. Buchholtz / Rüger "Photogrammetrie".

PRILOG 1



Coordimeter F

