

Ing. Krunoslav Šmit — Zagreb

## Orijentacija planšete kod kartiranja u krupnom mjerilu

Stereoinstrument A7 kao i steroplanigraf C8 omogućavaju da se sa zadovoljavajućom točnošću izvrši kartiranje u krupnijim mjerilima i kod većeg prenosa autograf-koordinatograf (1:5 1:6 pa čak i 1:8).

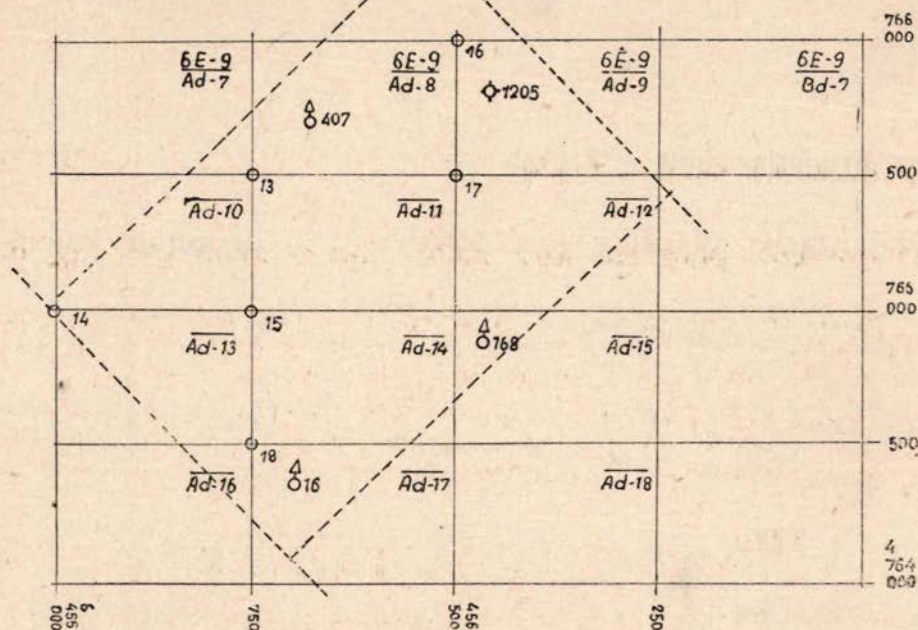
Ovdje bi htio da iznesem na koji način je taj problem riješen u Zavodu za fotogrametriju AGG-Fakulteta u Zagrebu. Za prikaz ovog praktičkog rješenja bit će najbolje da se obradi jedan konkretan primjer sa odgovarajućim računom:

ZADATAK : aerofotogrametrijsko kartiranje luke Ploče.

NR	Hrvatska	Niz	195	Mj. snimanja	$M_s = 1:11000$	snimanje 1951 g.
Kotar	Makarska	Stereopar	9866-9867	Mj. kartiranja	$M_k = 1:1000$	kartiranje 1956 g.
Općina	Ploče	Kamera	RC <sub>5</sub>	Mj. modela	$M_m = 1:6000$	
		Instrument	A <sub>7</sub>	Prenos	1:6	

Prilikom kartiranja kod tako velikih prenosa najveću poteškoću imamo kod orijentiranja planšete. Tlocrt modela ne će, nakon prenosa, moći da bude svladan odjednom dimenzijama koordinatografa, te će se osim toga protezati na nekoliko detaljnih listova. Općenito će model nakon prenosa biti veći od koordinatografa. Ako je mjerilo snimanja 1:11000, mjerilo kartiranja 1:1000 onda će područje obuhvaćeno stereomodelom iznositi cca  $2 \times 1 \text{ m}^2$ . Dimenzije koordinatografa su dakako manje. Osim toga na jednom detaljnom listu nemamo uvijek dovoljan broj orijentacionih točaka. Može se desiti da na nekom detaljnom listu uopće nema orijentacione točke (list br. Ad-10, Ad-11, Ad-12 sl. 1) Za ispravnu restituciju potrebno je minimum 5 dobro raspoređenih te položajno i visinski određenih orijentacionih točaka (u našem primjeru nije idealan raspored). Da bi za svaki detaljni list imali bar dvije orijentacione točke trebalo bi mnogo više terenskog rada, što bi ujedno povisilo cijenu koštanja po jedinici kartirane površine. Pruža se međutim mogućnost da točke koji bi trebalo trigonometrijski odrediti nadomjestimo sa fiktivnim točkama, pomoću kojih ćemo biti u stanju sve detaljne listove azimutalno orijentirati kao jednu cjelinu. Za svaki list trebamo pri tom osigurati bar tri dobro pozamještene točke.

## SKICA MREŽE ORIJENTACIONIH TOČAKA



Slika 1

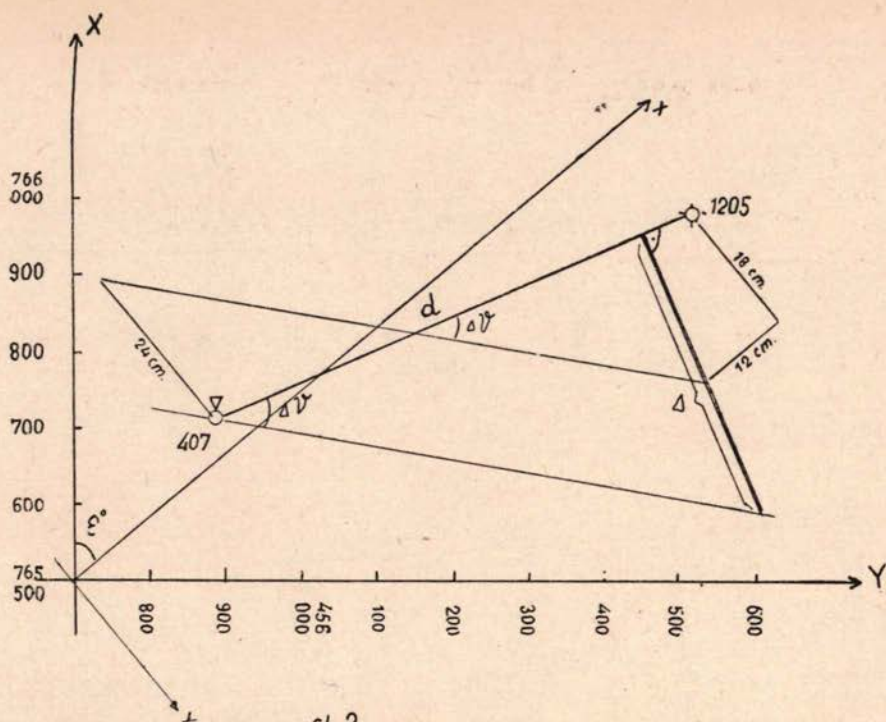
Orijentacija planšete po decimetarskoj mreži, naslanjajući list bez orijentacionih točaka na list sa orijentacionim točkama, nije preporučljiva. Položajne pogreške dviju orijentacionih točaka mogu dati krivu azimutalnu orijentaciju. Ova odstupanja za mjerilo 1:1000 i 1:2000 nisu tako mala da bi se mogla zanemariti. Ako bi na primjer, počeli katrirati list br. Ad-8 tako da izvršimo orijentaciju po točkama  $\Delta 407$  i  $\odot 1205$  to bi odstupanja tih točaka pogrešnim tumačenjem nastojali ukloniti mjenjajući azimutalnu orijentaciju. Pogreška u azimutalnoj orijentaciji kod toga iznosi: (vidi sl. 2 i rubriku 6)

$$\Delta v' = \frac{d}{d} \cdot \rho'$$

Isto takvu krivu orijentaciju imaju svi listovi koji se naslone na ovaj list. Ovisi o slučaju kakvu će položajnu pogrešku imati kartirani detalj. Slaganje detalja na preklopu dvaju modela nije garancija da je kartiranje dobro orijentirano.

Da bi izbjegli nesigurnost orijentacije planšete treba da pripremimo steopar prije kartiranja, tako da svaki detaljni list ima bar tri orijentacione točke.

Postavimo zadatak da pronađemo instrumentalne koordinate fiktivnih točaka koje ne postoje u modelu (na snimcima), a za koje imamo geodetske koordinate i koje su nanešene na detaljne listove. To su presjeci decimetarske



sl. 2

mreže. Te presjeka možemo smatrati kao orijentacione točke koje nisu signalizirane, ali za koje možemo transformacijom odrediti koordinate na modelu.

Nakon što je model apsolutno orijentiran, t. j. određeno mjerilo i horizontalacija, treba da pročitamo instrumentalne koordinate svih zadanih točaka. Mjerilo modela kontroliramo računski pomoću dviju dužina (najbolje dijagonale), dok kod priključnog modela tu operaciju možemo ispustiti. Te koordinate smatramo kao zadane i upisujemo ih u formular za izjednačenje transformacije koordinata (rubrika 3). Geodetske koordinate treba da transformiramo u instrumentalne po formuli:

$$y'' = a \cdot Y - b \cdot X + c_y \quad \dots\dots\dots 1$$

$$x'' = b \cdot Y + a \cdot X + c_x \quad \dots\dots\dots 2$$

gdje je:  $y'', x''$ ; transformirane geodetske koordinate u modelu

$Y, X$ ; geodetske koordinate

$y, x$ ; instrumentalne koordinate

$y', x'$ ; instrumentalne koordinate sa ishodištem u težište

$$a = v \cdot \cos \varepsilon$$

$$b = v \cdot \sin \varepsilon$$

$v$  = faktor mjerila modela

$\varepsilon$  = kut zaokreta između dvaju sistema

$\left. \begin{matrix} c_y \\ c_x \end{matrix} \right\} =$  translacije između dvaju sistema

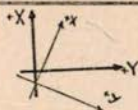
TRANSFORMACIJA KOORDINATA POMOĆU DVIJU ILI VIŠE TOČAKA

$$y' = aY - bX + c_y$$

$$x' = bY + aX + c_x$$

$$a = v \cos \epsilon$$

$$b = v \sin \epsilon$$



Točka	Geodetske koordinate				Instrumentalne koord.				Transformirane koar.				odst. (mm)		odst. (cm)			
	Y		X		y (inst)		X (inst)		y''		X''		v <sub>x</sub>	v <sub>y</sub>	v <sub>x</sub> m <sub>0</sub>	v <sub>y</sub> m <sub>0</sub>		
1205	6 512	31	5 984	52	212	23	776	91	212	26	776	89	-0.03	+0.02	-18	+12		
168	6 537	14	4 904	30	350	58	661	59	350	60	661	61	-0.02	-0.02	-12	-12		
16	5 820	12	4 418	80	332	96	518	36	332	96	518	37	-0.00	-0.01	0	-6		
407	5 885	37	5 714	71	177	45	658	61	177	41	668	61	+0.04	0.00	+24	0		
Σ	24 754	94	21 022	33	1 073	22	2 625	47	kontrola				+0.04	+0.02	+30	+12		
Σ/n	6 188	73	5 255	58	268	305	656	368	Σ=0				-0.05	-0.03	-24	-12		
Točka	koordinate u sistemu težišta								Računanje elemenata transformacije									
	y'		x'		y		x		I		II		III		IV		V	
1205	+ 323	58	+ 728	94	- 56	07	+ 120	54	[X'X]	+	207	136	5050					
168	+ 348	41	- 351	28	+ 82	28	+ 05	22	[Y'Y]	+	14	249	9776					
16	- 368	61	- 836	78	+ 64	66	- 138	01	[X'Y] + [Y'Y] = I	+	221	386	4826					
407	- 303	36	+ 459	13	- 90	85	+ 12	24	[X'Y]	+	87	981	7731					
									[Y'X]	-	165	593	1395					
									[X'Y] - [Y'X] = II	+	253	574	9126					
									[X'X] + [Y'Y] = III	+	2 019	746	4535					
Σ=0	+ 0.02		+ 0.01		- 0.02		+ 0.01		I	+	a	0.109	611					
	$y' = aY - bX + c_y$				$x' = bY + aX + c_x$					II	+	b	0.125	548				
Nove točke	Geodetske koordinate				Transformirane koord.				[Y] - a[Y] + b[X] = c <sub>y</sub>									
	y		X		y''		x''											
1205	6 512	31	5 984	52	212	25	776	90	[X] - a[X] - b[Y]	-	cx	696	684					
168	6 537	14	4 904	30	350	60	661	61	$v = \sqrt{a^2 + b^2}$	+	0.166	663						
16	5 820	12	4 418	80	332	96	518	37	$v_0 = 1000 M_{m_0}$	+	0.166	6666						
407	5 885	37	5 714	71	177	41	668	61	$b \cdot m_{m_0} \cdot \frac{v_0 - v}{1000} = \Delta b$	+	0.002							
13	5 750	00	5 500	00	189	53	628	07	$v_0 - v \cdot a + a = a'$	+	0.109	613						
14	5 000	00	5 000	00	170	09	479	11	$\frac{v_0 - v}{a} b + b = b'$	+	0.125	551						
15	5 750	00	5 000	00	252	30	573	26	$\frac{[Y] - a[Y] + b[X]}{n} = c_y$	+	249	783						
16	5 500	00	6 000	00	208	87	777	04	$\frac{[X] - a[X] - b[Y]}{n} = c_x$	-	696	713						
17	6 500	00	5 500	00	271	74	722	23	$k \epsilon = \frac{b}{a}$		ε =	48° 52'						
18	5 750	00	5 000	00	189	53	628	53	kontrola transformacije									
									$b'Y - a'[X] + n'c_y$		$[X'] - b'[Y] + n'c_x$							
Σ	60 004	94	54 022	23	2 355	38	6 433	73	2 355	38	6 433	73						

Ove formule vrijede ako se smjerovi koordinatnih osi s istim oznakama nakon rotacije mogu poklopiti. U slučaju da se smjerovi koordinatnih osi nakon rotacije ne mogu poklopiti treba da se zamjene oznake koordinata. U našem slučaju x koordinate instrumenta treba upisivati u formular kao y koordinate. Rješenjem jednadžbi 1 i 2, uzimajući u obzir sve zadane točke, dobijemo najvjerojatniju vrijednost za rotaciju i translaciju između dva sistema. Da bi računali sa manjim brojkama reduciramo koordinate na težište ( $y', x'$ ). Kod toga mora biti  $\sum x' = 0$ ,  $\sum y' = 0$ . Odstupanja  $v_y = (y - y')$  i  $v_x = (x - x')$  jesu položajne pogreške pojedinih točaka. One su rezultat relativne i apsolutne orijentacije, pozicione pogreške orijentacionih točaka te pogreške čitanja koordinata. Kao kriterij dozvoljenih odstupanja uzima se  $\pm 0,2$  mm na planu. Sa  $\sum v_y$  i  $\sum v_x = 0$  kontroliramo da li je transformacija zadanih koordinata dobro izvršena. Kod toga se dopušta razlika koja nastaje uslijed zokruživanja zadnje decimale. Veličine  $v_x$  i  $v_y$  ne sadrže pogrešku mjerila modela. Eventualna pogreška u određivanju mjerila modela očitovat će se ako postoji razlika sračunatog koeficijenta  $v$  i teoretskog koeficijenta  $V^o$  (t. j.  $v - V^o \neq 0$ ). Iz te diferencije možemo odrediti popravku baze:

$$\Delta b = \frac{V_o - v}{1000} \cdot b_f \cdot m_{m_0} \quad \dots\dots 3$$

gdje je:  $V_o = 1000 \cdot M_{m_0}$ ;  $v = \sqrt{a^2 + b^2} = M_m \cdot 1000$ ;  $M_{m_0} = 1 : 6000 = \frac{1}{M_{m_0}}$ ;  $M_m =$   
 $=$  sračunato mjerilo modela;

$b_f =$  fotogrametrijska baza snimanja. (za računanje  $\Delta b$  dovoljno je uzet  $b_x$  komponentu baze)

za naš slučaj iznosi:

$$\Delta b = \frac{+ 0,000\ 004}{1000} \cdot 118 \cdot 6000 = + 0,0028$$

Formulu 3. dobili smo iz omjera:

$$b_f : b_g = M_m = 1 : m_m \quad b_g = \text{geodetska baza} = b_f \cdot m_{m_0}$$

$$d b_f : b_g = d M_m = M_{m_0} - M_m = \frac{V_o - v}{1000} \cdot$$

Pozitivna korekcija baze znači da je model manji, nego što je potrebno. Treba dakle bazu povećati.

Kad bi  $\Delta b$  iznosilo više od  $\pm 0,01$  mm trebalo bi korigirati komponentu baze  $b_x$ . Iznos odgovorajućih popravaka za komponente  $b_y$  i  $b_z$  možemo redovito zanemariti. Sada bi trebalo opažanje i čitav račun ponoviti. Međutim da se uštedi na vremenu možemo sračunati nove koeficijente  $a'$ ,  $b'$ ,  $c'y$  i  $cx'$  jer se kut zaokreta između oba sistema nakon korekcije baze neće promijeniti.

$$a = v \cdot \cos \varepsilon$$

$$b = v \cdot \sin \varepsilon$$

$$a' = V_o \cos \varepsilon = \frac{V_o}{v} \cdot a = a + \frac{V_o - v}{v} \cdot a$$

$$b' = V_o \sin \varepsilon = \frac{V_o}{v} \cdot b = b + \frac{V_o - v}{v} \cdot b$$

Fiktivne točke 13 do 18 su presjeci decimetarske mreže. Njih odabiremo tako da mogu poslužiti za orijentaciju više listova. Njihove geodetske koordinate upisujemo u rubriku 10.

Sve točke smatramo sada kao novo određene i sračunamo instrumentalne koordinate po formulama:

$$\begin{aligned}x'' &= b' \cdot Y + a' + X_{CX} \\y'' &= a' \cdot Y - b' + X_{CY}\end{aligned}$$

Kontrolu postava koordinata izvršimo tako da uviziramo jednu signaliziranu orijentacionu točku. Sračunate koordinate popravljene za odstupanja  $v_y$  i  $v_x$  u mjerilu modela trebale bi biti iste sa pročitanim. Ako to nije slučaj treba potrebno čitanje namjestiti. Na drugoj orijentacionoj točki mora da odgovara čitanje, ako je račun dobro proveden. O-postav očitovanja za  $x$  i  $y$  koordinate instrumenta ne smije se dirati, dok se čitav steropar ne iskartira. U svrhu osiguranja očitaju se na brojilima  $x$  i  $y$  modelne koordinate pri ko incidenciji indeksa za vrijednosti postava vretena  $x = 500$  i  $y = 500$ . Kod pronalaženja orijentacionih kao i fiktivnih točaka dotičnoj točki. Orije ntiramo planšetu pomoću dviju točaka. Treća točka služi za kontrolu. Na toj točki nebi smjelo biti nikakvih odstupanja. Eventualno odstupanje može nastati od neprecizno nanesenih točaka ili decimetarske mreže. Dozvoljava se pogreška od  $\pm 0,1$  mm. Sada možemo početi sa kartiranjem.