

ODREĐIVANJE KOORDINATA PERSPEKTIVNOG CENTRA KOD AEROTRIANGULACIJE NEZAVISNIH MODELA

Anton SINDIK — Beograd*

Uvod

Pojavom i primjenom elektronskih računara, u fotogrametrijskoj praksi sve se više uvode numeričke metode. Konkretno, aerotriangulaciju aeropoligonom (u kojoj se povezivanje u jedinstveni red izvodi na autografu) zamjenjuje aerotriangulacija nezavisnih modela, u kojoj se povezivanje u red vrši van autografa, odgovarajućim numeričkim metodama. Ovim se postupkom u znatnoj mjeri smanjuje rad na instrumentu pa otud potiče i ekonomičnost te metode.

Poznato je da se nezavisno opažani modeli povezuju preko tri zajedničke tačke dva susjedna modela. Jedna od tih tačaka je perspektivni centar autografa a druge dvije su dvije identične tačke na oba modela.

Tačke na modelu opažaju se u koordinatnom sustavu čije je ishodište u perspektivnom centru autografa. Otuda potreba da se koordinate perspektivnog centra odrede prije opažanja nezavisnih modela na autografu.

Jednostavniji način određivanja koordinata perspektivnog centra

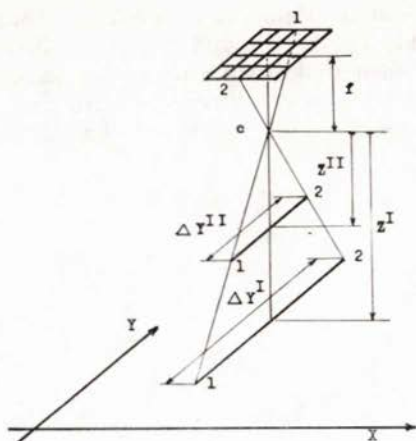
U nedavnoj prošlosti, dok je skoro svako računanje bilo skopčano sa teškoćama i dok se uz autograf u najboljem slučaju mogao naći stolni ručni računski stroj, koordinate perspektivnog centra određivalo se uz minimum računanja i to najčešće odvojenim postupcima za:

- a) koordinate X i Y,
- b) koordinatu Z

U prvom slučaju, nakon dovođenja autografa u optimalne optičko-mehaničke uvjete, u projektor se stavlja staklena ploča sa ugraviranom kvadratnom mrežom i izvrši što preciznija unutrašnja orijentacija. Koordinate X i Y perspektivnog centra uzmu se iz čitanja položaja centra mreže kada se ustanova da on ostaje konstantan za vrijeme Z — pomaka gore-dolje.

Za određivanje koordinate Z, uzmu se dva suprotna presjeka mreže, okomito na bazu, a na istoj x-liniji mreže (Slika 1.). Prije čitanja potrebnih veličina potrebno je uvjeriti se da se na X, Y i Z brojevcima čitaju vrijednosti u istim jedinicama.

* Anton Sindik, dipl. inž. Novi Beograd, Milentija Popovića 44/III.



Slika 1.

Koordinate odabranih presjeka (1 i 2) očitaju se na dvije visine z — stuba: prvo na nižoj (Z^I) a zatim na višoj (Z^{II}). Naravno, te se vrijednosti upišu pa se iz proporcionalnih odnosa tih veličina računa Z — koordinata perspektivnog centra.

Izrazi za računanje Z — koordinate su slijedeći:

$$\Delta Z = Z^{II} - \frac{\Delta Z \cdot \Delta Y^{II}}{\Delta Y^I - \Delta Y^{II}} \quad (1)$$

ili

$$\Delta Z = \frac{\Delta Y^I \cdot Z^{II} - \Delta Y^{II} \cdot Z^I}{\Delta Y^I - \Delta Y^{II}} \quad (2)$$

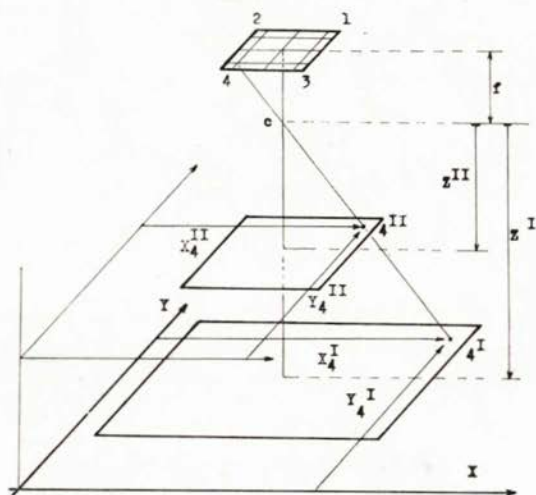
Navedeni izrazi daju vrijednost ΔZ iz čega slijedi da se za *negativne* vrijednosti ΔZ , ishodište Z — koordinate nalazi *iznad*, a za *pozitivne* vrijednosti *ispod* položaja nulte podjele Z -stuba. O ovome treba voditi računa jer se preko tih vrijednosti dolazi do prave veličine Z — koordinate bilo koje tačke na modelu.

Postupak određivanja Z — koordinate perspektivnog centra u načelu ponovi se par puta, s različitim vrijednostima Z^I i Z^{II} a kao konačna vrijednost ΔZ uzima se ona koju daje aritmetička sredina iz niza opažanja i računanja.

Numeričko, simultano određivanje X, Y i Z koordinata perspektivnog centra

Kao uvod u ovaj dio, pozvaćemo se na današnje stanje računske tehnike: skoro da i nema pojedinca tehničara koji ne posjeduje džepni elektronski računar, a da i ne govorimo o proizvodnim fotogrametrijskim organizacijama, čija je oprema u tom domenu svakim danom sve savremenija i sve većeg računskog kapaciteta.

Upravo zato u narednom dijelu bit će izložena jedna metoda određivanja koordinata perspektivnog centra u kojoj numerika dolazi do punog izražaja. Organizacije koje raspolažu ili koriste elektronske računare većeg kapaciteta, mogu određivanje koordinata perspektivnog centra uključiti u program računanja aerotriangulacije nezavisnih modela i to kao prva faza tj. kao prvi dio kompletnog programa.



Sl. 2

Postupak se bazira na određivanju prostornog presjeka. Za to je potrebno čitati mašinske koordinate dvije ili više tačaka — presjeka kvadratne mreže na najmanje dvije različite visine Z — stuba. (Slika 2).

Prostorni presjek, a time i određivanje koordinata perspektivnog centra: X_c , Y_c i Z_c obezbeđuje slijedeći odnos:

$$\begin{vmatrix} -(Z^I - Z^{II}) & 0 & (X_4^I - X_4^{II}) \\ 0 & -(Z^I - Z^{II}) & (Y_4^I - Y_4^{II}) \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} X_c \\ Y_c \\ Z_c \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} X_4^I - X_4^{II} \\ Y_4^I - Y_4^{II} \\ Z^I \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} Z^{II} \\ Z^I \end{vmatrix} \quad (3)$$

(i = indeks za tačku od 1 do . . . n)

Za svaku tačku, gornji izraz daje po dvije jednačine.

Ako se uzmu 4 tačke — u svakom krajnjem, dijagonalnom presjeku mreže po jedna — dobije se 8 jednačina sa po 3 nepoznanice.

Rješenjem sustava metodom najmanjih kvadrata dobiju se najvjerojatnije vrijednosti za X_c , Y_c i Z_c — koordinate perspektivnog centra.

Slijedeći numerički primjer najbolje će pokazati tok svih operacija i praktičan postupak u radu.

A. Priprema instrumenta

Fokus = 150.000 mm

$\varphi = \omega = 100\text{g}.000$

$b_z = b_y = 0.000$

Odabrane visine Z stupa: $Z^I = 400.000$ mm, $Z^{II} = 200.000$ mm.

B. Čitanja

| Tačka | $Z^I = 400.000$ mm | | $Z^{II} = 200.000$ mm | |
|-------|--------------------|---------|-----------------------|----------|
| | X^I | Y^I | X^I | Y^{II} |
| 1 | 133,548 | 133,520 | 266,758 | 266,818 |
| 2 | 666,942 | 133,562 | 533,500 | 266,821 |
| 3 | 133,506 | 666,940 | 266,742 | 533,509 |
| 4 | 666,879 | 666,970 | 533,480 | 533,550 |

C. Formiranje jednačina po izrazu (3)

| Tačka | X_c | Y_c | Z_c | $-F$ | S |
|-------|-------------------|-------------------|------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 1 | -200.000 0.000 | 0.000 -200.000 | -133.210 -133.298 | + 79 993.600 + 80 023.200 | + 79 660.390 + 79 689.902 |
| 2 | -200.000 0.000 | 0.000 -200.000 | + 133.442 -133.259 | + 80 011.600 + 80 016.000 | + 79 945.042 + 79 682.741 |
| 3 | -200.000 0.000 | 0.000 -200.000 | -133.236 + 133.431 | + 79 995.600 + 80 015.600 | + 79 662.364 + 79 949.031 |
| 4 | -200.000 0.000 | 0.000 -200.000 | + 133.399 + 133.420 | + 80 016.200 + 80 026.000 | + 79 949.599 + 79 959.420 |
| Suma | -800.000 | -800.000 | + 0.689 | + 640 097.800 | + 638 498.489 |

D. Formiranje sustava normalnih jednačina

| | | | | |
|---------------|---------------|---------------|------------------|------------------|
| + 160 000.000 | 0.000 | - 79.000 | - 64 003 400.000 | - 63 843 479.000 |
| | + 160 000.000 | - 58.800 | - 64 016 160.000 | - 63 856 218.800 |
| | | + 142 229.842 | + 60 593.550 | + 202 685.592 |

E. Rješenje

Rješenjem gornjeg sustava dobiju se konačne vrijednosti koordinata perspektivnog centra autografa, kako slijedi:

$$X_c = + 400.021 \text{ mm}$$

$$Y_c = + 400.101 \text{ mm}$$

$$Z_c = - 0.039 \text{ mm}$$

Literatura

- [1] ITC Textbook IV. 7: "Adjustment of instruments" Delft, 1963.
- [2] Sindik A.: »Primjena numeričkih metoda u fotogrametriji — Aerotriangulacija nezavisnih modela« — IV Kongres GIG Jugoslavije, Sarajevo, 1968.

KRATKI SADRŽAJ

U članku je opisana metoda određivanja koordinata perspektivnog centra kod aerotriangulacije nezavisnih modela primjenom računara. Postupak se bazira na određivanju prostornog presjeka. Za to je potrebno čitati mašinske koordinate dviju ili više točaka presjeka kvadratne mreže na najmanje dvije različite visine Z — stuba.

ZUSAMMENFASSUNG

Im Ausatz ist die Methode der Koordinatenbestimmung des projektionszentrums in Aerotriangulation von unabhängigen Modellen beschrieben. Die Methode ist für die Anwendung des Computers geeignet. Das Verfahren beruht auf der Bestimmung von Raumschnitten. Zu diesem Zweck soll man Modellkoordinaten von zwei oder mehrerer Schnittpunkten vom Gitternetz in wenigstens zwei verschiedenen Z -Werten ablesen.