

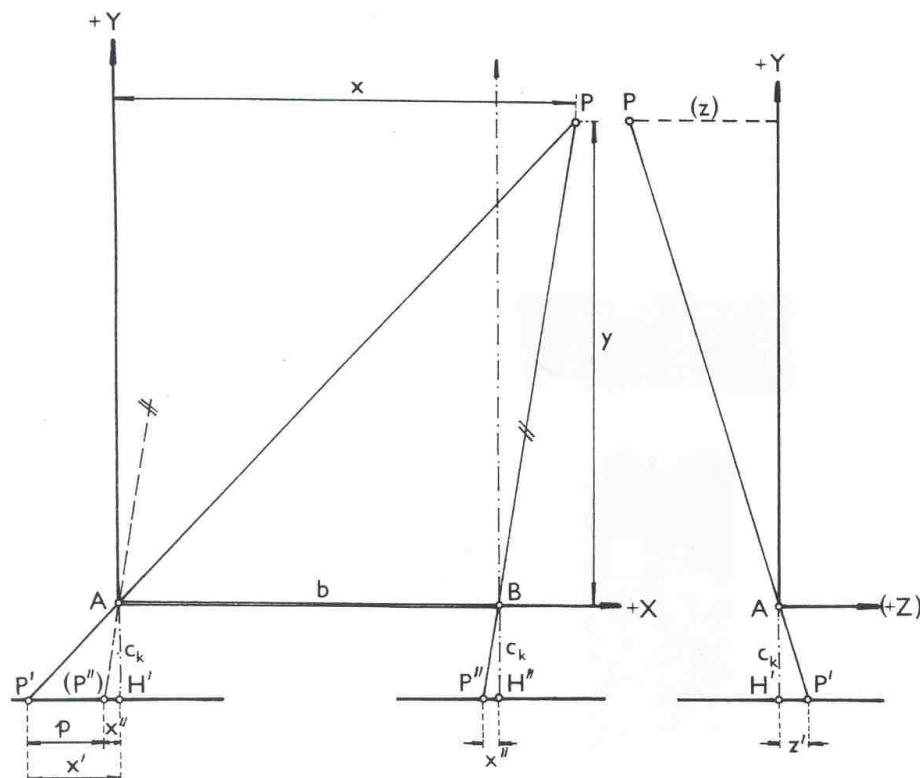
4. ANALYTICKÉ VYJADRENIE VZŤAHOV V POZEMNEJ STEREOFOTOGRAMETRII

V pozemnej stereofotogrametrii vyhodnocujeme dvojice snímok vyhotovené na koncových bodoch vhodne zvolenej fotogrametrickej základnice, ktoré vyhovujú podmienkam stereoskopického videnia. Predpokladáme pri tom, že poznáme prvky vnútornej orientácie a prvky vonkajšej orientácie spĺňajú podmienky $\omega_A = \omega_B = 0$, $\kappa_A = \kappa_B = 0$, $\varphi_A = \varphi_B$ a $c_{kA} = c_{kB}$. Stereoskopické pozorovanie takejto snímkovkej dvojice v prístroji umožňuje vznik geometrického modelu fotografovaného predmetu. Na takomto modeli možno potom pomocou stereoskopickej značky merať v troch rozmeroch rovnako ako na prirodzenom predmete (teréne). Vzťah priestorových súradníc bodov ku snímkovým súradniciam môžeme jednoznačne analyticky vyjadriť.

Analytické vyjadrenie príslušných vzťahov vykonáme pre normálny prípad a pre prípad rovnobežne stočených osí. Analytické vyjadrenie konvergentného a všeobecného prípadu v pozemnej fotogrametrii je podstatne zložitejšie, ich analytické vyhodnotenie metódou kolineárnej transformácie je uvedené v kap. 11.2. Vyhodnotenie digitálnych snímok, vyhotovených nemeračskými alebo semimeračskými komorami, v prevažnej miere predstavuje vyhodnotenie všeobecného prípadu pozemnej fotogrametrie, ktorý aplikujeme analytickým vyhodnotením.

4.1 Normálny prípad stereofotogrametrie

Normálnym prípadom pozemnej stereofotogrametrie nazývame také usporiadanie snímok, keď ich osi záberu sú navzájom rovnobežné a kolmé na fotogrametrickú základnicu. Vzťah medzi snímkovými a predmetovými súradnicami vyplýva z obr. 4.1.



Obr. 4.1. Normálny prípad stereofotogrametrie

Predmetový bod P na ľavej snímke je $P'(x', z')$ a na pravej snímke je $P''(x'', z'')$.

Rozdiel x -ových snímkových súradníc identického bodu je horizontálna paralaxa p , rozdiel z -ových súradníc je vertikálna paralaxa q , teda

$$\begin{aligned} p &= x' - x'' \\ q &= z' - z'' \end{aligned} \quad (4.1)$$

Z podobnosti trojuholníkov $AP' (P'')$ a APB pre súradnicu y a x môžeme písať

$$\frac{y}{c_k} = \frac{b}{p}$$

z toho

$$y = \frac{b c_k}{p}, \quad (4.2)$$

$$\frac{x}{y} = \frac{x'}{c_k},$$

z toho po dosadení za vypočítanú hodnotu y pre x dostaneme

$$x = \frac{b x'}{p}. \quad (4.3)$$

Z obr. 4.1 vpravo, ktorý predstavuje vertikálnu rovinu preloženú určujúcim lúčom sklopenú do pôdorysu, sa odvodí rovnica

$$z = \frac{y z'}{c_k}$$

po dosadení za y dostaneme vzťah

$$z = \frac{b z'}{p} \quad (4.4)$$

Rovnice (4.2), (4.3) a (4.4) sú základné rovnice pozemnej stereofotogrametrie. Vyjadrujú vzťahy medzi snímkovými a priestorovými súradnicami určených bodov vo fotogrametrickom súradnicovom systéme, v ktorom sa os X stotožňuje so základnicou a os Y je na ňu kolmá a prechádza ľavým stanoviskom, t.j. je totožná s osou záberu ľavej snímky. Ľavé stanovisko, presnejšie ľavé projekčné centrum, je teda počiatkom fotogrametrického priestorového súradnicového systému.

4.2 Prípad rovnobežne stočených osí

V pozemnej fotogrametrii, či už vzhľadom na možnosti umiestnenia fotogrametrickej základnice alebo na možnosť rozšírenia zorného poľa stanoviska, vyhotovujú sa tiež snímky so stočenými osami záberu o uhol $\pm\varphi$.

Vzťahy pre priestorové súradnice si odvodíme z obr. 4.2

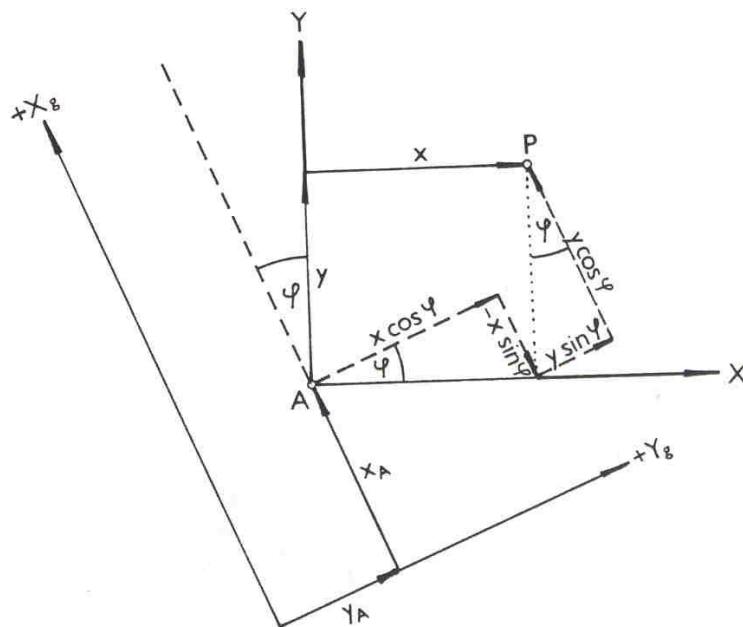
$$\overline{AC} \equiv b_x = b \cos \varphi,$$

$$\overline{BC} = b_y = b \sin \varphi,$$

$$\overline{CD} = \frac{x'' b_y}{c_k} = \frac{x'' b \sin \varphi}{c_k}.$$

4.3 Transformácia fotogrametrických súradníc na geodetické súradnice

V prípade, že vyhodnotenie bodov má byť vykonané v geodetickom súradnicovom systéme, musíme transformovať súradnice bodov vyjadrené vo fotogrametrickom súradnicovom systéme do geodetického súradnicového systému. Uvažujeme vzájomnú súvislosť súradnicových systémov pre prípad na obr. 4.3, kde bod A je počiatkom fotogrametrických súradníc.



Obr. 4.3. Transformácia fotogrametrických súradníc na geodetické súradnice

Podľa obr. 4.3 v geodetickom súradnicovom systéme poznáme

- súradnice bodu $A(x_A, y_A, z_A)$,
- smerník osi φ ,
- h_{pA} výšku objektívu nad bodom A .

Vo fotogrametrickom súradnicovom systéme sú dané súradnice množiny bodov $P_i(x_i, y_i, z_i)$.

Pre transformované súradnice bodov P_i v geodetickom súradnicovom systéme podľa obr. 4.3 bude platiť:

$$\begin{aligned}x_{gi} &= x_A + y_i \cos \varphi - x_i \sin \varphi, \\y_{gi} &= y_A + x_i \cos \varphi + y_i \sin \varphi, \\z_{si} &= z_A + h_{pA} + z_i.\end{aligned}\tag{4.9}$$

Je vhodné, keď pri transformácii vyrovnávame aj prípadné mierkové rozpory, zavinené malými chybami v určení dĺžky základnice alebo konštanty komory. S ohľadom na to použijeme transformačné rovnice v tvare

$$\begin{aligned}x_{gi} &= x_A + ay - bx, \\y_{gi} &= y_A + by + ax,\end{aligned}\tag{4.10}$$

pričom hodnoty transformačných prvkov x_A, y_A, a, b určíme metódou podobnostnej transformácie (Helmertovou transformáciou).

Do výpočtu podľa možnosti zapojíme viac bodov, u ktorých porovnáme ich geodetické (x_g, y_g) a fotogrametrické súradnice (x, y). Váha transformácie sa zvýši ich rovnomerným rozložením na stereograme.

Koeficienty a, b určíme zo vzťahu

$$a = \frac{A}{C}, \quad b = \frac{B}{C}, \quad (4.11)$$

keď

$$\begin{aligned} A &= \sum x x_g + \sum y y_g - \frac{1}{n} \left(\sum x \sum x_g + \sum y \sum y_g \right), \\ B &= \sum y x_g - \sum x y_g - \frac{1}{n} \left(\sum y \sum x_g - \sum x \sum y_g \right), \\ C &= \sum y y + \sum x x - \frac{1}{n} \left(\sum y \sum y + \sum x \sum x \right) \end{aligned}$$

a n je počet bodov použitých pre výpočet transformačných prvkov.

Súradnice počiatku fotogrametrického súradnicového systému vyjadrujú rovnice

$$\begin{aligned} x_A &= \frac{1}{n} \left(\sum y_g - a \sum y + b \sum x \right), \\ y_A &= \frac{1}{n} \left(\sum x_g - b \sum y - a \sum x \right). \end{aligned} \quad (4.12)$$

V prípade potreby koeficient úpravy mierky k_m a pootočenie súradnicových sústav φ vypočítame z rovníc

$$k_m = \sqrt{a^2 + b^2},$$

$$\varphi = \arctg \frac{b}{a}.$$

Po vypočítaní transformačných prvkov, transformáciu bodov vykonáme vyčíslením rovníc (4.10).