

7. METÓDY VYHODNOTENIA POZEMNÝCH FOTOGRAMETRICKÝCH SNÍMOK

Pod termínom vyhodnotenie snímok rozumieme fotogrametrický pracovný postup, ktorý pozostáva zo súhrnného využitia informácií na meračských snímkach. Obsahuje interpretáciu meračských snímok a geometrické informácie o vyhodnocovanom objekte, ktoré využívame podľa cieľa, pre ktorý sa snímky vyhotovili. Podľa toho, či výsledok vyhodnotenia obsahuje len rovinné súradnice objektu alebo ho vyjadruje priestorovo, delíme vyhodnotenie na

- jednosnímkové a
- dvojsnímkové.

Výrazové prostriedky vyhodnotenia týchto metód závisia od výsledného elaborátu, ktorý môže byť vo forme

- fotografického alebo digitálneho obrazu reprodukovaneho v celej škále čiernobielej stupnice, fotografickým výsledkom vyhodnotenia môže byť napr. obraz meračskej snímky prekreslený do zvolenej mierky,
- grafickej, napr. vyhodnotením určitej charakteristickej množiny bodov alebo súvislých čiar (súvislej množiny bodov),
- číselnej (digitálnej).

Voľba príslušnej metódy závisí od vyžadovanej presnosti, formy požadovaného elaborátu fotogrametrického vyhodnotenia a prístrojového vybavenia, ktoré máme k dispozícii.

Grafické vyhodnotenie uskutočňujeme jednoduchými zobrazovacími pomôckami a aplikujeme ho v prípadoch vyhodnotenia väčšieho počtu podrobných bodov, keď máme k dispozícii len kontaktné kópie meračských snímok.

Jedným z hlavných a najčastejšie používaných spôsobov priestorového vyhodnotenia zo snímkovej dvojice je **analogové** vyhodnotenie. Pri analogovom vyhodnotení čiarovú (analogovú) kresbu objektu na snímkach v centrálnej projekcii transformujeme prostredníctvom vyhodnocovacieho prístroja na analogovú kresbu v ortogonálnej projekcii a to vo vyžadovanej mierke a priestorovom usporiadaní. Analogové vyhodnotenie môžeme realizovať v numerickej (digitálnej) alebo grafickej forme.

Pri **numericom** vyhodnotení získame modelové súradnice, ktoré po príslušnej úprave (transformácii) môžeme použiť ako výslednú formu opisu vyhodnocovaného objektu alebo javu.

Grafické analogové vyhodnotenie uskutočňujeme **bodovo** alebo vo forme **súvislých čiar**. Pri **grafickom bodovom** vyhodnotení sa charakteristické body vyhodnotia vpichom do mapy alebo nárysneho plánu s prípadným uvedením číselného údajaja tretej súradnice. Vyhodnotený polohopis alebo nárys bodov dodatočne spájame do čiarovej kresby. Touto technológiou vyhodnocujeme aj profily. Vo forme **súvislých čiar** vyhodnocujeme polohopis, vyhodnocujeme výškopis a profily.

Pri analytickom vyhodnotení ide vlastne o matematickú projekciu fotogrametrického zväzku lúčov. Východiskovými údajmi sú vymerané snímkové súradnice, vnútorná a vonkajšia orientácia snímok a celá rekonštrukcia pôvodných zväzkov lúčov sa vyjadri matematicky.

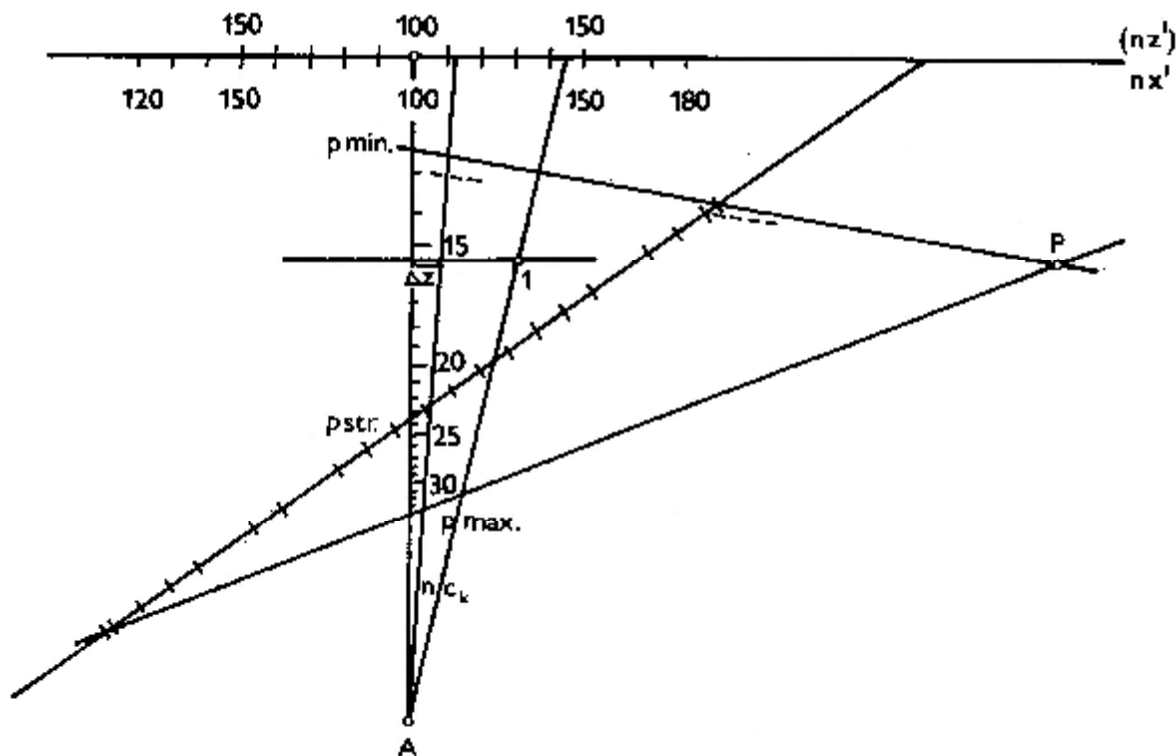
Digitálne vyhodnotenie súvisí s technológiou digitálnej fotogrametrie, pri ktorej sa obrazová informácia transformuje do číselnej formy. Obrazová informácia vzniká priamym obrazovým záznamom alebo skenovaním analogovej snímky. Proces digitálneho vyhodnotenia obrazu je charakteristický tým, že prebieha v počítači s vyhodnocovacím softvérom, bez asistencie vyhodnocovateľa.

7.1 Grafické vyhodnotenie

Princíp vyhodnotenia spočíva v grafickom určení polohy a výšky jednotlivých podrobných bodov, z ktorých dostaneme polohopisné čiary pospájaním geometricky závislých bodov. Vrstevnice sa konštruujú interpoláciou medzi vyhodnotenými bodmi obdobne ako pri tachymetrickom meraní. S ohľadom na nižšiu presnosť kontaktných kópií meračských snímok, na vymernie snímkových súradníc môžeme použiť zobrazovacie trojuholníčky. Postup pri tomto spôsobe vyhodnocovania je nasledovný:

Stanovisko A vynesieme podľa jeho súradníc do mapy a vedieme ním v zmysle smerníka osi záberu priamku predstavujúcu os záberu na ľavom stanovisku. Na priamke, ktorá súčasne predstavuje os Y vyhodnocovacieho systému, zostrojíme vo vzdialenosti c_k (alebo pre zvýšenie presnosti $n c_k$, keď n je v intervale $\langle 1, 2 \rangle$) kolmicu, predstavujúcu stopu snímkového roviny. Na ňu sa vynesie stupnica pre x' a z' (pri vzdialenosti $n c_k$ v n -násobnej hodnote, obr. 7.1).

Na osi Y vynesieme vzdialenostnú (paralaktická) stupnicu, ktorá sa zostrojí tak, že podľa základnej rovnice pozemnej fotogrametrie $y = \frac{b \cdot c_k}{p}$ vypočítame vzdialenosti zodpovedajúce určitým zaokrúhleným hodnotám paralaxy narastajúcim napr. po 0,5 mm.



Obr. 7.1. Konštrukcia vzdialenostnej stupnice

Vzdialenostnú stupnicu je možné zostrojiť tiež graficky. Na os Y vynesieme vzdialenosť y pre maximálnu hodnotu paralaxy (y_{min}), minimálnu hodnotu paralaxy (y_{max}) a strednú hodnotu paralaxy a to v mierke budúcej mapy. Maximálna, minimálna a stredná hodnota paralaxy sú vybraté zo zápisníka snímkových súradníc. Stredným bodom vedieme ľubovoľnú priamku s pravidelnou (napr. centimetrovou) stupnicou nastavenou súhlasne s paralaxou stredného bodu. Priamku vystupňujeme až po hodnoty paraláx p_{max} a p_{min} . Zodpovedajúce súhlasné hodnoty paraláx na koncových bodoch stupníc spojíme a dostaneme pól P , ktorý použijeme pre grafické skonštruovanie paralaktickej stupnice premietaním. Ako vidíme z obr. 7.1, paralaktická (vzdialenostná) stupnica je nepravidelná a je nepriamo úmerná vzdialenosti y .

Príklad 7.1: konštrukcia vzdialenostnej stupnice v mierke 1:M (obr. 7.1)

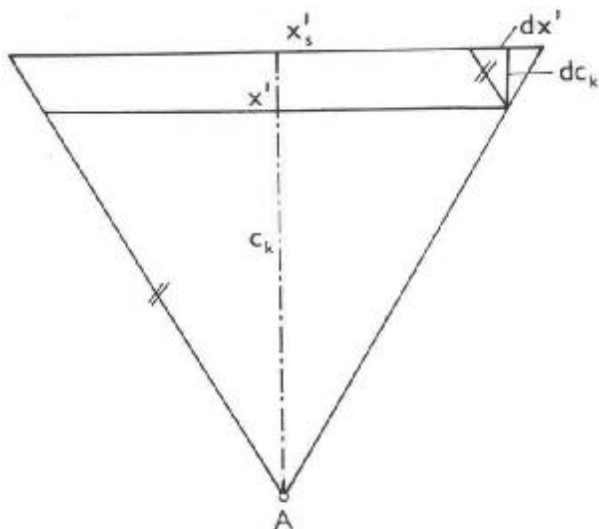
Zápisník snímkových súradníc

Tabuľka 7.1

Bod	x'_m	z'_m	p	y	Poznámka
	[mm]				
S'	100,0	100,0	0,0		
1	145,3	112,3	15,0		
M					
16	121,1	97,5	34,3	122,5	p_{\max}
M					
26	129,4	107,2	12,6	334,3	p_{\min}
M					
39	165,2	90,8	23,6	178,2	$p_{\text{stredné}}$
M					

Bodové vyhodnotenie

Prvým geometrickým miestom na určenie polohy bodu 1 (a podobne aj pre ďalšie podrobné body) je kolmica na os Y vedená v našom prípade hodnotou $p = 15,5$ vzdialenostnej stupnice. Druhé geometrické miesto určuje spojnice stanoviska A s hodnotou $x' = 145,3$ na stupnici $n \cdot x'$. V priesečníku priamok sa nachádza polohovo vyhodnotený bod 1. Ak sa spojí stanovisko A s hodnotou $z' = 112,3$ na stupnici $n \cdot z'$, vytne spojnice na priamke prechádzajúcej cez $p = 15,5$ hodnotu prevýšenia bodu 1 nad (pod) horizontom meračskej komory v mierke vyhodnocovanej mapy (z_p).



Poznámka: Pri vymeriavaní snímkových súradníc zobrazovacími trojuholníkmi z kontaktných kópií je nutné opraviť konštantu fotokomory o vplyv dĺžkovej deformácie fotografického papiera. Hodnotu zmeny konštanty fotokomory dc_k vypočítame z podobných trojuholníkov na obr. 7.2 podľa rovnice

$$dc_k = \frac{c_k}{x'} dx' \quad (7.1)$$

Obr. 7.2. Zmena konštanty fotokomory vplyvom dĺžkovej deformácie fotografického materiálu

Hodnotu konštanty snímky vyjadruje rovnica

$$f_s = c_k \pm dc_k \quad (7.2)$$

V rovnici (7.1)

$$dx' = x'_s - x' \text{ a}$$

x'_s je vzdialenosť medzi vodorovnými rámovými značkami na snímke,

$x'_s - x'$ je vzdialenosť medzi vodorovnými rámovými značkami na negatívne meračskej snímky alebo na fototeodolite.

Vyhodnotenie pomocou paralaktickej siete

Figure 1 is a nomogram for determining the depth of the plastic zone (p) in a soil under a vertical load (P). The nomogram consists of a central triangular grid with a vertical axis labeled p (mm) and a horizontal axis labeled X . The vertical axis has a scale from 4.0 to 10.0. The horizontal axis has a scale from 0 to 10. The grid is divided into two main regions by a vertical dashed line. The left region is labeled X and the right region is labeled X' . The vertical axis is also labeled p (mm) and p (mm). The horizontal axis is labeled X and X' . The nomogram includes a scale for p (mm) on the right side, ranging from 90 to 190. The nomogram also includes a scale for X on the left side, ranging from 0 to 10. The nomogram is used to determine the depth of the plastic zone (p) for a given load (P) and soil properties (b , c_k). The nomogram is labeled "Fig. 1" and "Fig. 1".

Na priamke predstavujúcej os záberu zostrojíme vo vzdialenosti c_k (alebo $n \cdot c_k$) kolmicu ako stopu snímkovej roviny, na ktorú vynesieme stupnice x' a z' (alebo $n \cdot x'$ a $n \cdot z'$). Body stupnice pri vhodne zvolenom kroku spojíme so stanoviskom A a dostaneme vejárovitú osnovu priamok rovnakých snímkových súradníc x' , resp. z' . Potom zostrojíme osnovu priamok rovnakých paraláx, keďže ide o normálny prípad pozemnej stereofotogrametrie, priamky sú rovnobežné so základnicou a kolmé na os záberu. Zostrojíme ich pre určité body paralaktickej stupnice, pre ktoré sme vypočítali ekvidistantné paralaxy vo zvolenom kroku podľa základného vzorca pozemnej stereofotogrametrie. Pre priame čítanie vzdialenosti y zostrojíme stupnicu bokom od nomogramu.

Takto zostrojený nomogram na jednej strane označíme hodnotami p a na druhej strane hodnotami $b/p = y/c_k$. Uvedené hodnoty použijeme na výpočet prevýšenia bodu nad stanoviskom tak, že pomerom b/p vynásobíme snímkovú súradnicu z' , prislúchajúcu kartírovanému bodu.

Pri kartírovaní podrobných bodov postupujeme tak, že na paralaktickú sieť položíme priesvitku a polohu bodov interpolujeme úmerne hodnotám x' , z' a p , ktoré sme odmerali zobrazovacími trojuholníkmi. Prevýšenie určovaného bodu vzhľadom na horizont fototeodolitu určíme rovnako graficky interpoláciou na osnove priamok spájajúcich stanovisko s príslušnými bodmi na stupnici pre z' . Úsek medzi osou záberu s príslušnou hodnotou z' vo vzdialenosti y je prevýšenie z vyjadrené v mierke mapy. Keď takto získame hodnoty prevýšenia pripočítame k danej výške projekčného centra, dostaneme výšky jednotlivých určovaných bodov.



Obr. 7.4. Stereoautograf 1318 Zeiss

7.2 Vyhodnotenie analógovými vyhodnocovacími prístrojmi

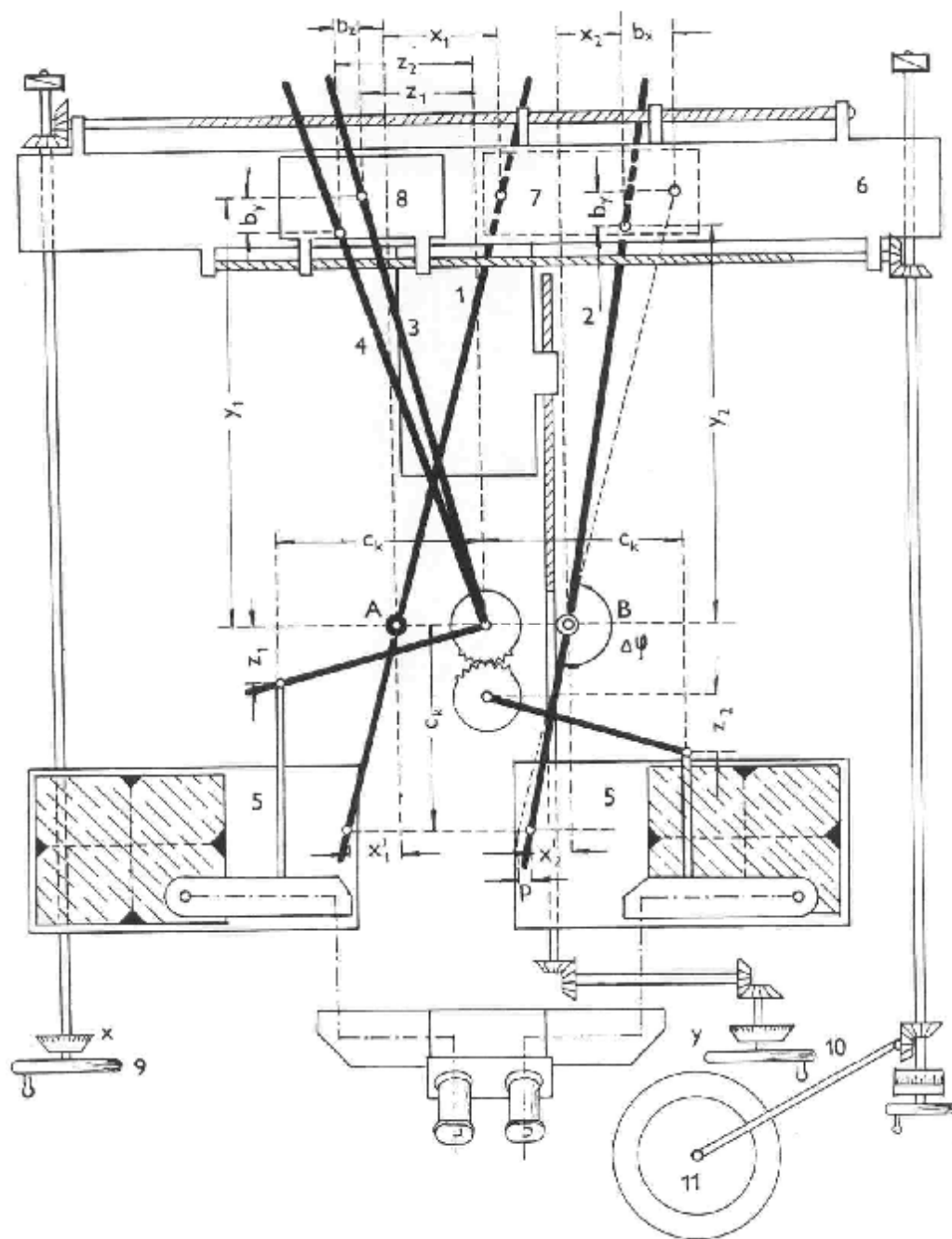
Mechanické riešenie základných rovníc stereofotogrametrie umožňujú analógové vyhodnocovacie prístroje, konštruované na princípe geometrickej analógie fotografovacieho a vyhodnocovacieho procesu. Prístrojmi môžeme priamo kartírovať polohopis a výškopis v plynulých čiarach.

Z analógových vyhodnocovacích prístrojov si bližšie popíšeme stereoautograf Zeiss a technocart Zeiss. Obidva prístroje sú určené na grafické analógové a numerické analógové vyhodnotenie pozemných fotogrametrických snímok.

7.2.1 Stereoautograf 1318 Zeiss

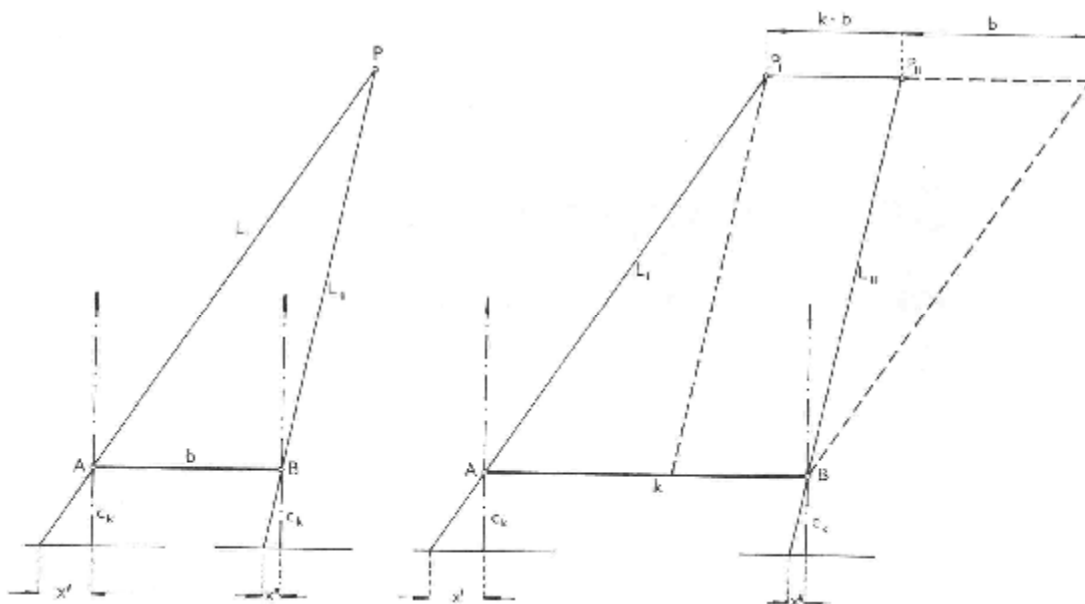
Stereoautograf (obr. 7.4) je dvojsnímkový vyhodnocovací přístroj, založený na principě mechanického a súvislého riešenia základných rovníc stereofotogrametrie. Môžu sa na ňom vyhodnocovať pozemné meračské snímky s formátom do 13 x 18 cm, ktoré majú konstantu snímky od 157 do 198 mm, zodpovedajúcu rozsahu nastavenia stupníc na prístroji. Od oboch snímok sa ďalej vyžaduje, aby sklon osi záberu a pootočené snímok okolo osi záberu bolo rovné nule ($w_A = w_B = 0$, $k_A = k_B = 0$) a osi záberu boli rovnobežne. Konštrukcia prístroja dovoľuje vyhodnotenie aj mierne konvergentných a divergentných snímok. Za týmto účelom pravý lineár (2) je možné v bode B pootočiť v medziach -2° až $+5^\circ$ o hodnotu konvergenencie g . Na prístroji vyhodnocujeme aj snímky s rovnobežne stočenými osami záberu.

Stereoautografom môžeme vyhodnocovať negatívy alebo diapozitívy. Priestorová meracia značka je svetelná, zelenej farby.



Obr. 7.5. Schéma stereoautografu

Základné rovnice stereofotogrametrie sa pre súradnice y a x riešia na vyhodnocovacom prístroji pomocou ľavého (1) a pravého (2) smerového lineára (obr. 7.5), ktoré sú umiestnené v spodnej časti prístroja. Počiatok súradnicového systému je v ľavom projekčnom centre, os Y leží v smere osi záberu ľavej snímky a os X je totožná so smerom základnice. Obrazové konce lineárov sú spojené so snímkovými nosičmi (5), kým dlhšie predmetové konce kľžu po vzdialenostnom vozíku (7). Lineárne sa otáčajú okolo bodov A , B , ktoré zastupujú projekčné centrá. Vzdialenosť medzi bodmi A a B predstavuje prístrojovú základnicu k . Od pomeru prístrojovej a fotogrametrickej základnice závisí mierka geometrického modelu. Pri malej mierke vyhodnotenia, resp. malej fotogrametrickej základnici, aby sa projekčné centrá A a B nedostali k sebe bližšie než to dovoľuje formát snímok, upravilo sa konštrukčné usporiadanie smerových lineárov na stereoautografe tzv. paralelogramom (obr. 7.6).



Obr. 7.6. Princíp paralelogramu

Na vzdialenostnom mostíku (7) sa nastavuje rozdiel dĺžok základníc ($k - b$), čím sa zaisťuje rovnobežný posun bodu P_{II} do bodu P_I , ako keby sa vyhodnotenie vykonalo z rovnakej vzdialenosti medzi projekčnými centrami akú má fotogrametrická základnica v modelovej (prístrojovej) mierke vyhodnotenia. Pre rovnobežne stočené snímky sa tu nastavuje základnicová zložka b_y .

Bočný posun snímok vzhľadom na pozorovacie okuláre spôsobuje otáčanie lineárov okolo bodov A a B . Posun umožňuje otáčanie ľavého ručného kolieska (9). Pravé ručné koliesko (10) spôsobuje prevodom na vreteno posun celého vzdialenostného mostíka (6) v smere osi Y . Zmeny polohy lineárov vyjadrujú súradnice x , y , ktoré sa čítajú na číselníkoch umiestnených pri ručných kolieskach. Súradnice x a y predstavujú modelové (prístrojové) súradnice vo fotogrametrickom súradnicovom systéme.

Pre výškové vyhodnotenie slúži do pravého uhla zalomený ľavý výškový lineár (3), ktorý mechanicky rieši rovnicu pre súradnicu z . Obsluhovaný je nožným kotúčom (11). Spôsobuje otáčanie výškových lineárov a tým posúva pozorovacie okuláre v smere súradnice z' . Na výškovom počítadle čítajú sa priamo nadmorské výšky, alebo nastavujú sa výšky pre vyhodnotenie vrstevníc.

Lineár (4) plynulo odstraňuje vertikálne paralaxy spôsobené výškovým rozdielom projekčných centier na fotogrametrickej základnici.

Stereoskopická značka stereoautografu sa nastavuje na ľubovoľný bod geometrického modelu pohybmi lineárov, ktoré sa natáčajú ručnými kolieskami (9), (10) a nožným kotúčom (11). Pri stereoskopickom nastavení meracej značky na bod geometrického modelu, kresliaci hrot koordinatografu (kresliaceho stola) zodpovedá polohe bodu v mierke vyhodnotenia. Koordinatograf je spojený s vretenami stereoautografu cez klbové prevodové mechanizmy, alebo elektricky

regulovaným prevodovým systémom pomocou selsynov. Stereoautograf so selsynovým prevodom pohybov na koordinatograf má označenie stereoautograf EL 1318 Zeiss.

Technické údaje stereoautografu 1318 Zeiss

Konštrukcia prístroja vychádza z parametrov fototeodolitu Photoe a teda je určený predovšetkým na vyhodnocovanie ním vyhotovených snímok.

Hodnoty prvkov vnútornej a vonkajšej orientácie sa nastavujú na indikátorových hodinách s presnosťou 0,01 mm. Rozsah nastavenia konštanty fotokomory je od 157 do 198 mm. Posun pozorovacích okulárov sa vykonáva v 5 mm odstupoch (zodpovedá posunu fototeodolitu) v rozsahu od + 30 do - 45 mm, pričom jemné nastavenie a nastavenie posledných 5 mm sa v oboch krajných polohách vykonáva pomocou mikrometrickej skrutky.

Základnicové zložky paralelogramu b_x , b_y a b_z môžeme nastaviť v rozsahu stupníc

b_x - 0 až 50 mm,

b_y - + 30 až - 30 mm,

b_z - + 10 až - 10 mm.

Priestorové súradnice x , y a z vyhodnocujeme v mierke modelu v rozsahu

x - - 220 až + 220 mm,

y - 50 až 400 mm,

z - - 235 až + 235 mm.

Presnosť čítania súradníc x a y na stupniciach prístroja je 0,1 až 0,2 mm v modelovej mierke vyhodnotenia.

Čítanie na číselníku z môžeme vykonať v 6-tich mierkach geometrického modelu a ich násobkoch: 1:800, 1:1000, 1:2000, 1:25000, 1:4000 a 1:5000.

Prevod medzi vyhodnocovacím prístrojom a koordinatografom pri stereoautografe s mechanickým prevodom je v pomeroch 1:0,5, 1:1 a 1:2.

7.2.2 Technocart Zeiss

Novší vyhodnocovací prístroj pre pozemnú fotogrametriu firmy Carl Zeiss Jena je dvojobrazový vyhodnocovací prístroj technocart (obr. 7.7). Vybavený je mechanickým analógovým počítačom. Určujúce lúče, tak ako u stereoautografu, sa realizujú lineárnymi v dvoch rovinách.

Konštrukčné usporiadanie lineárov je na princípe paralelogramu (obr. 7.6). Pohyb lineárov sa vykonáva ručnými kolieskami a nožným kotúčom.

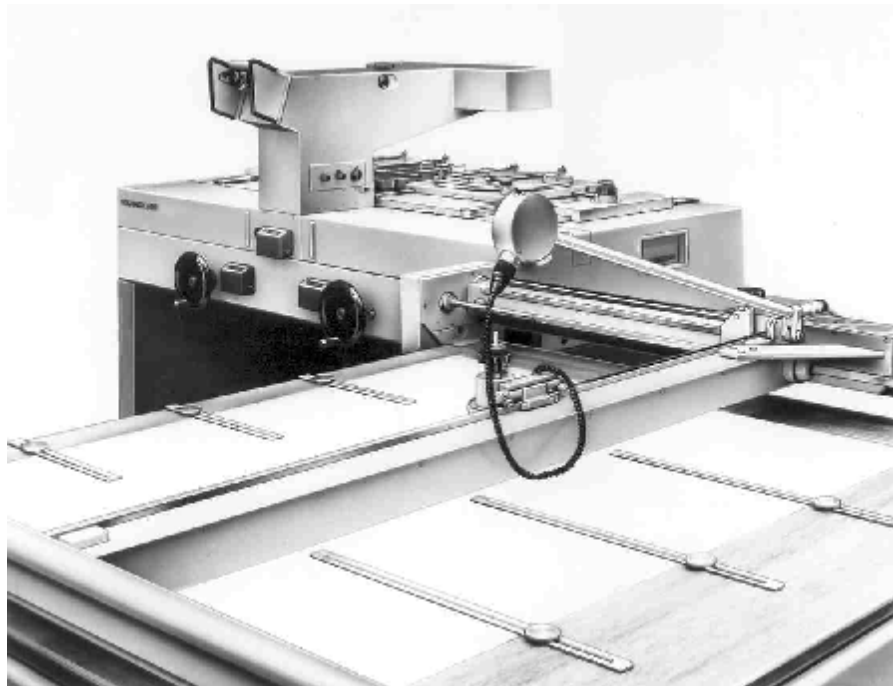
Prístrojmi možno vyhodnocovať negatívy a diapozitívy z filmu a skla až do formátu 230 x 230 mm. Je možné vyhodnocovať aj kópie na papieri. Rozsah nastavenia konštanty fotokomory je na prístroji od 50 do 215 mm a hodnoty konvergenzie od -2° do $+6^\circ$.

Výmenou klbových hriadeľov jednotlivých pohybov docielime, že pozemné meračské snímky sa dajú vyhodnotiť v pôdoryse, náryse a bokoryse. Modelové súradnice sa priamo čítajú na digitálnych číselníkoch s najmenšou hodnotou čítania na 0,01 mm. Súradnicu z je možné čítať v 10-tich rôznych mierkach.

Pripojenie technocartu ku koordinatografu je možné mechanickým alebo elektrickým prevodom pohybov. Vymeniteľné ozubené prevodové kolieska umožňujú voľbu 21 rôznych mierok vyhodnotenia s prevodom medzi prístrojom a kresliacim stolom v pomeroch od 0,16 do 6,25.

Rozsah vyhodnotenia prístroja v smere osi Y je od 35 mm po 350, čo predstavuje pomer medzi $y_{min} : y_{max} = 1 : 10$.

Na prístroji môžeme vyhodnocovať aj snímky so sklonenou osou záberu.



Obr. 7.7. Technocart Zeiss

7.2.3 Analógové vyhodnotenie na stereoautografe

Vytvorenie geometrického modelu vo vyhodnocovanom prístroji docielime orientáciou snímkovej dvojice. Orientačný postup obsahuje vloženie a centrovanie meračských snímok na nosiče snímok a nastavenie systému lineárov. Cieľom tohto postupu je dať predmetovému, ako aj obrazovému zväzku lúčov rovnakú orientáciu akú mali pri fotografovacom procese.

Meračské snímky sa vkladajú na nosiče snímok tak, že sa stotožňujú (centrujú) čiarové značky na nosiči s rámovými značkami snímok. Centráciou snímok docieľujeme požiadavku rovnobežnosti súradnicových osí snímky a prístroja.

Nastavenie systému lineárov vyžaduje nastavenie údajov vnútornej a vonkajšej orientácie snímok. V obrazovom priestore prístroja nastavujeme údaje konštanty ľavej a pravej snímky zvlášť pre smerové s výškové lineáre. Prvky vonkajšej orientácie predstavujú základnicové zložky b_x , b_y , b_z a údaj konvergencie osí záberu, ktoré sa odmerali pri prácach v teréne, alebo ich veľkosť sa dala odvodiť z výsledkov merania.

Mierka modelov závisí od nastavenia základnicových zložiek a volí sa s cieľom využiť celý pracovný rozsah prístroja a pomocou prevodov 1:0,5, 1:1 a 1:2 dosiahnuť vyžadovanú mierku vyhodnotenia. Mierkové číslo modelu M_m určíme podľa maximálnej a minimálnej vyhodnocovanej vzdialenosti

$$M_m = \frac{y_{max}}{0,4} \quad \text{a} \quad M_m = \frac{y_{min}}{0,05}. \quad (7.3)$$

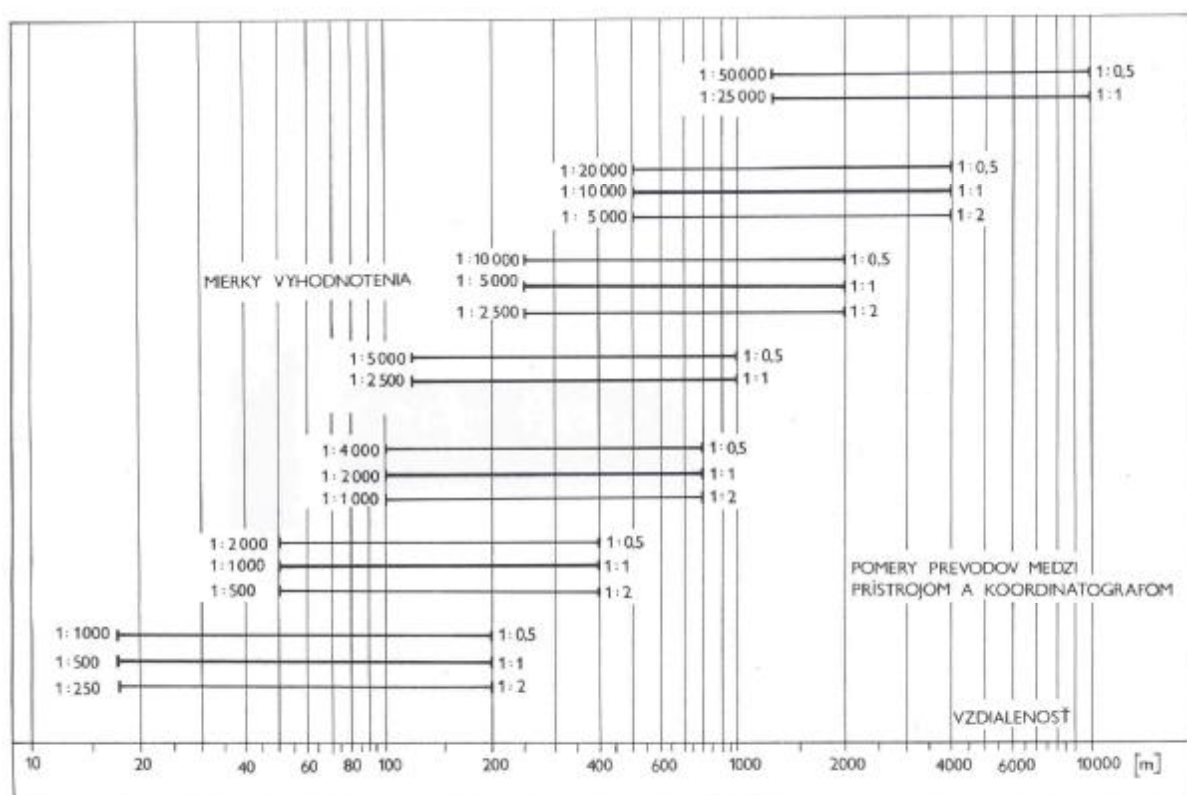
Účelne k tomu využijeme diagram na obr. 7.8. Najvyššiu presnosť vyhodnotenia docielime pri použití prevodu 1:0,5.

Základnicové zložky pre zvolenú mierku modelu $1:M_m$ určíme z rovníc

$$b_y = \pm \frac{b}{M_m} \sin j \ , \quad (7.4)$$

$$b_z = \frac{\Delta H_{AB}}{M_m}.$$

Znamienko + platí u základnicovej zložky b_y pre napravo stočené snímky a znamienko - pre naľavo stočené snímky. Taktiež pri základnicovej zložke b_z sa zohľadňuje znamienko prevýšenia medzi ľavým a pravým projekčným centrom. Uhol stočenia j sa odporúča voliť v rozsahu $\pm 35^\circ$. Ak by z nejakých dôvodov bolo nutné tento rozsah prekročiť, pomer základnicových zložiek musí byť $b_y/b_x \leq 2$. Pri nesplnení nerovnice, snímkovú dvojicu nebude možné vyhodnotiť na prístroji.



Obr. 7.8. Rozsah vyhodnocovacích vzdialenosti na stereoautografe 1318

Orientácia mapy na koordinatografe a korekcia geometrického modelu

Orientáciu vykonáme pomocou najmenej dvoch, podľa možnosti ďaleko od seba ležiacich vlčcovacích bodov. Meráciu značku pohybmi vo všetkých troch smeroch nastavíme na vlčcovací bod na modeli. Potom vypnutý vozík kresliaceho hrotu s pomocou lupy nastavíme na príslušný vlčcovací bod vynesný v mapovom podklade. Vozík kresliaceho hrotu zapojíme na prevodový mechanizmus koordinatografu a spresníme vlčcovanie na bod nastavovacími skrutkami na držiaku kresliaceho hrotu. Potom pri zapnutom vozíku kresliaceho hrotu nastavíme meráciu značku na druhý vlčcovací bod na modeli a mapový podklad pootočíme okolo východiskového vlčcovacieho bodu tak, aby spojnice vlčcovacích bodov na podklade bola v smere vlčcovacích bodov na modeli. Postup nastavenia podľa potreby opakujeme. Rozdiel medzi postavením lupy a vykartírovanou polohou vlčcovacieho bodu na mapovom podklade, môže byť spôsobený malými chybami nastavených veličín, prípadne nepresným určením prvkov vonkajšej orientácie (pri tejto úvahe vychádzame z predpokladu dobrého justážneho

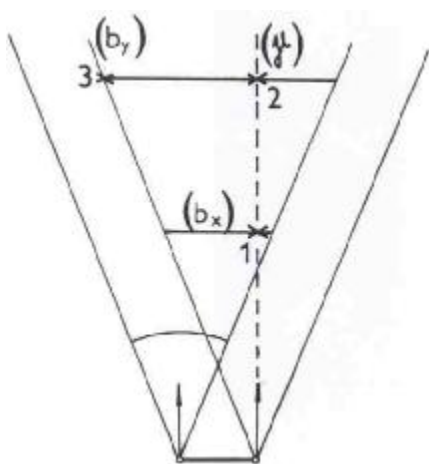
stavu prístroja). Rozdiel odstránime systematickým porovnávaním postavenia lupy a vykartírovanej polohy vlícovacieho bodu a to:

1. na vzdialenejšom bode úpravou smeru pravého smerového lineára (zmenou konverencie g),
2. na bližšom bode zmenou základnicovej zložky b_x .

S využitím dvoch vlícovacích bodov nastavíme model mierkovo správne len v rozsahu medzi vlícovacími bodmi.

Ak máme k dispozícii tri vlícovacie body (obr. 7.9), môžeme sa presvedčiť či geometrický model nie je deformovaný aj v rohoch stereogramu. Prípadné odchýlky na treťom vlícovacom bode opravujeme zmenou stočenia pomocou základnicovej zložky b_y . Opravu robíme až po stotožnení predchádzajúcich dvoch vlícovacích bodov.

Účinnosť zavedenia opráv b_x a g závisí od vzdialenosti vlícovacích bodov od fotogrametrickej základnice a ich vzájomnej odľahlosti a usporiadania (obr. 7.9). Opravy zavádzame aproximatívnym postupom. Postup orientácie môžeme urýchliť prekorigovaním rozdielu medzi postavením lupy a vykartírovaným vlícovacím bodom, na podklade axperimentálne zisteného účinku prvých zavedených opráv, alebo početným určením hodnoty prekorigovania, ako to uvádza návod na používanie prístroja.



Obr. 7.9. Rozmiestnenie vlícovacích bodov pri korekcií deformácie geometrického modelu

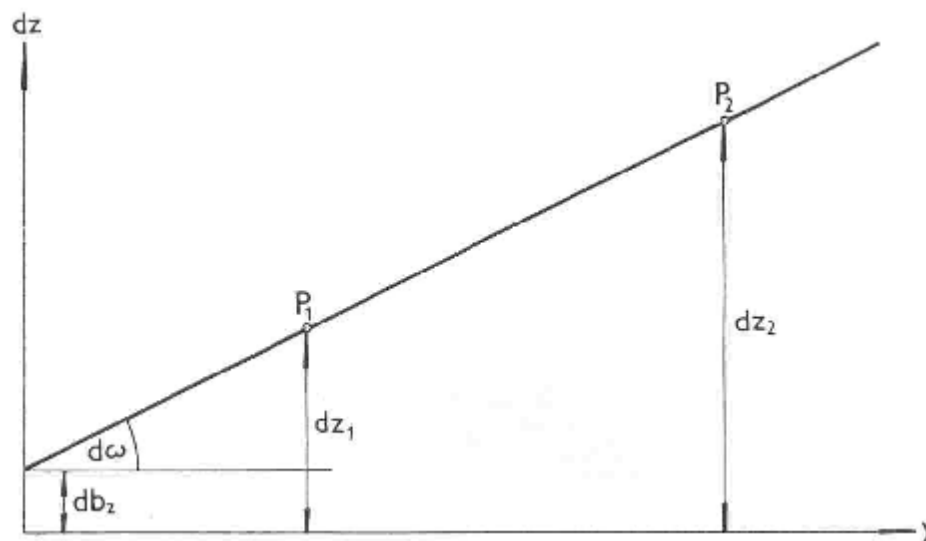
Diferenčný vplyv v sklone osi záberu a odchýlka v základnicovej zložke b_z sa prejavuje na geometrickom modeli vertikálnou paralaxou. Odstraňuje sa posunom pravej snímky (posunom pravého nosiča snímky) o hodnotu d_z , vypočítanú podľa obr. 7.10

$$d_z = \frac{b_{z2} - b_{z1}}{y_2 - y_1} c_k, \quad (7.5)$$

kde b_{z1} , b_{z2} je čítanie na stupnici základnicovej

zložky b_z pri odstránenej vertikálnej paralaxe, na ľubovoľne zvolenom bližšom (1) a vzdialenejšom bode (2),

y_2 a y_1 sú prístrojové súradnice pri nastavení značky na príslušný bod.



Obr. 7.10. Účinok chyby v základnicovej zložke b_z a sklone dw na geometrický model

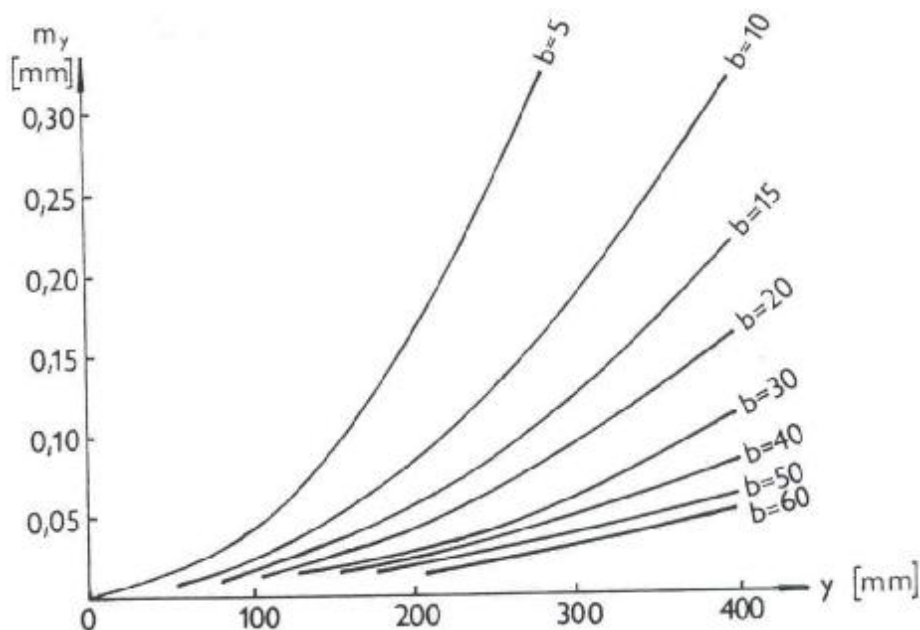
Výšková orientácia modelu sa vykonáva tak, že po stereoskopickom nastavení meracej značky na východiskový vĺčovací bod, na výškovom číselníku prístroja nastavíme vyžadovanú nadmorskú výšku. Prípadné odchýlky vo výškach na ostatných vĺčovacích bodoch odstránime posunom ľavej a pravej snímky o rovnakú hodnotu d_z vypočítanú podľa vzťahu

$$d_z = \frac{d_{z2}}{y_2 - y_1} c_k, \quad (7.6)$$

kde d_{z2} je odchýlka vo výške na vzdialenejšom bode (2).

Výsledkom orientácie je geometrický model bez vertikálnej paralaxy, u ktorého odchýlky na vĺčovacích bodoch sú v súlade s krajnými odchýlkami znázornenými na diagram obr. Obr. 7.11.

Úvahy o príčine deformácie modelu môžeme robiť na podklade poznatkov z teórie chýb a príslušných obrázkov (pozri 5. kap.).



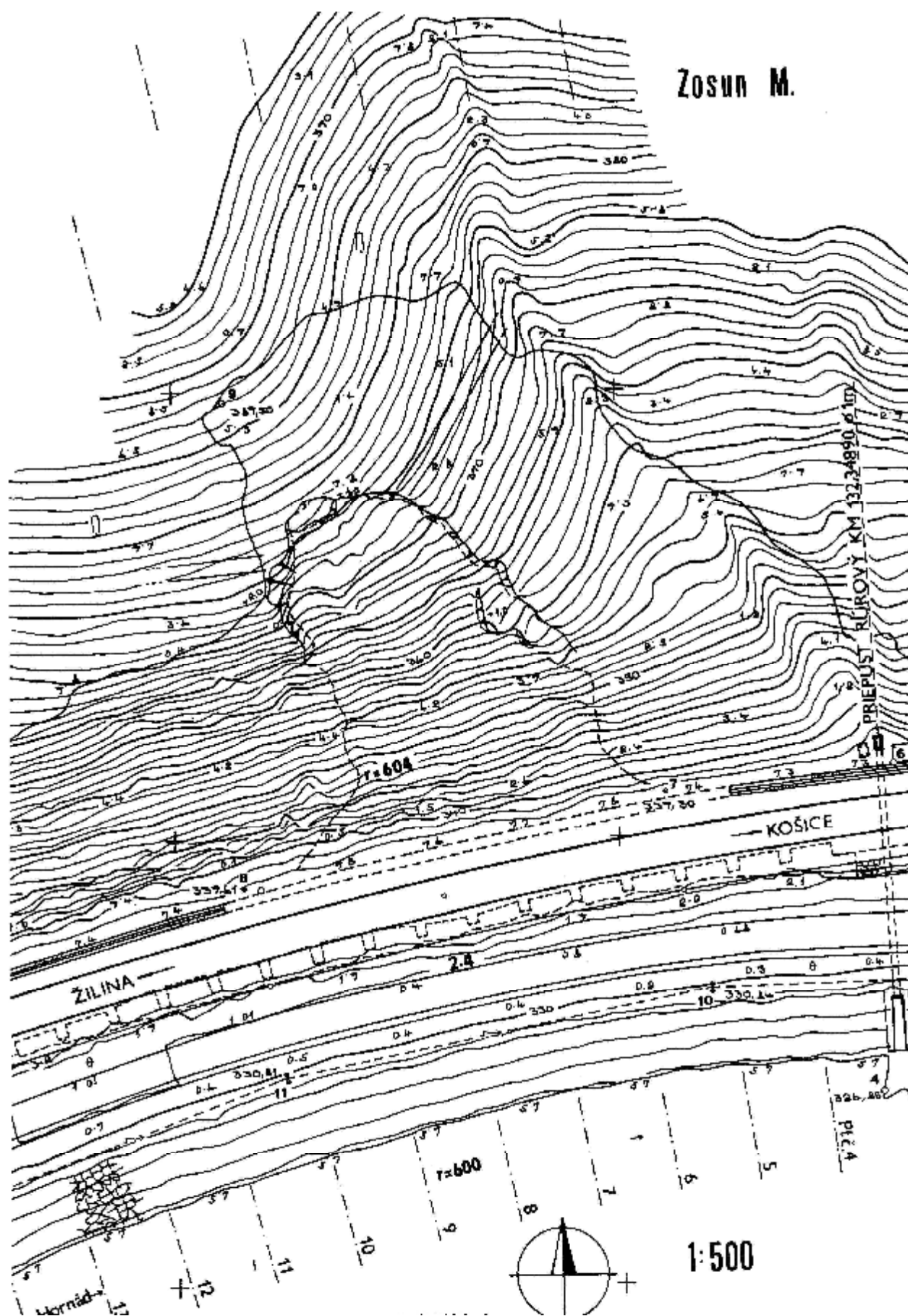
Obr. 7.11. Presnosť orientácie geometrického modelu

Vyhodnotenie

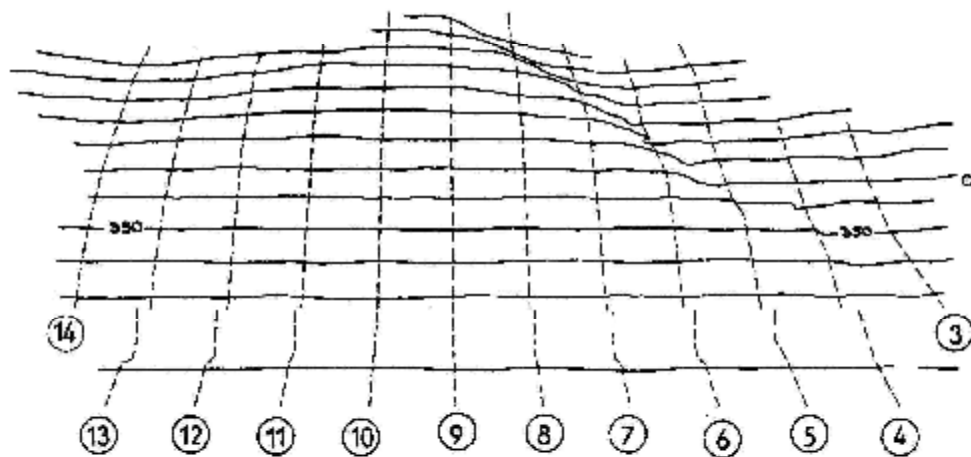
Vyhodnotenie geometrického modelu vykonáme účelne v dvoch etapách, v prvej sa vyhodnotí polohopis, v druhej výškopis.

Polohopis vyhodnocujeme plynulo súvislou čiarovou kresbou alebo bodovo. Pri plynulom vyhodnocovaní vedieme meráciu značku po situačných čiarach (hranice kultúr, okraje hladiny vody a pod.) geometrického modelu so zapnutým vozíkom kresliaceho hrotu, pomocou ktorého sa na mapovom podklade zobrazuje vyhodnocovaný polohopis. Bodovo vyhodnocujeme prirodzene vertikálne stabilizované body, napr. rohy budov, stĺpy, medzníky a pod., a tiež aj tie čiarové objekty, ktoré chceme verne geometricky zobraziť, napr. os železnice, cesty a pod. Vtedy vo vhodných odstupoch (2 až 4 cm v mierke mapy) starostlivo nastavujeme meráciu značku na okraje vyhodnocovaného objektu, body vykartírujeme v mapovom podklade a ich pospájaním skonštruujeme polohopis alebo nárys objektu a pod.

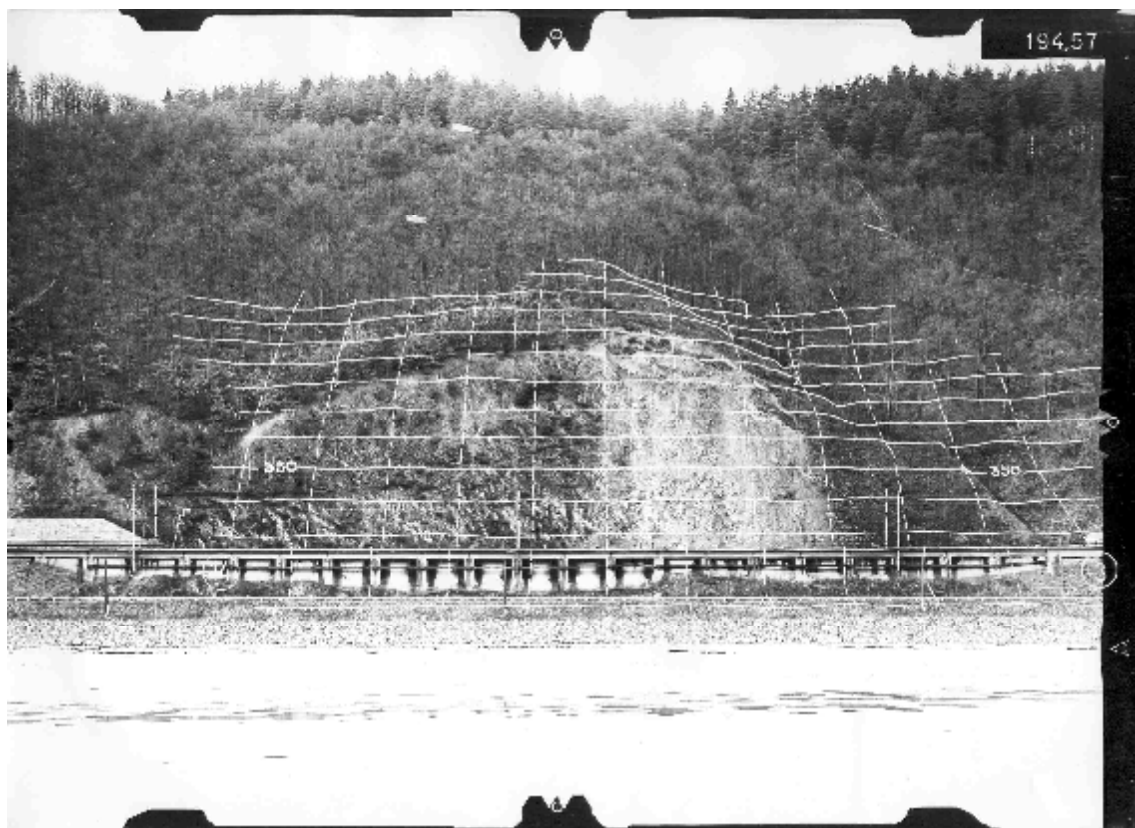
Pri vyhodnocovaní **výškopisu** nastavíme meráciu značku na určitú výšku vrstevnice, upevníme pohyb v smere osi Z a meráciu značku privedieme na povrch modelu pomocou koliesok pre pohyb vo smere osi Y a X , ktorú potom vedieme po teréne, aby sa ho stále dotýkala. Vtedy kresliaci hrot na koordinatografe vykresľuje ortogonálny priemet vrstevnice do roviny mapy. Naznačeným postupom vyhodnotíme vrstevnice vo zvolených odstupoch na celom modeli (obr. 7.12). V súlade so smernicami pre ZMVM a JŽM doplníme výškopis o kótované body. V prípade hluchých priestorov koncept elaborátu doplníme výsledkami z domapovania.



Obr. 7.12. Polohopisná a výškopisná mapa vyhodnotená na stereoautografe



Obr. 7.13. Perspektívne vyhodnotenie vrstevníc a priečných rezov



Obr. 7.14. Perspektívny zákres vrstevníc a priečných rezov do snímky

Pri vyhotovovaní projekčných podkladov sa často žiada, aby sa vrstevnice a niektoré ďalšie čiary ako napr. priečne rezy, zátopová čiara a pod. zakreslili do kópií meračských snímok. Zákres sa vykoná

na podklade **perspektívneho** vyhodnotenia vyžadovaných javov na prídavnej kresliacej ploche strereoautografu umiestnenej vedľa nosiča snímky. Perspektívne vyhodnotenie sa vykonáva súbežne s vyhodnocovaním polohopisu a výškopisu. Z čiarovej kresby perspektívneho vyhodnotenia (obr. 7.13) vyhotoví sa pozitívna kópia na film, ktorá sa stotožní s negatívom meračskej snímky a použije sa na vyhotovenie snímok s perspektívnym zákresom (obr. 7.14). Presné stotožnenie pozitívu a negatívu zaistíme pomocou vykreslených rámových značiek.

Takýmto spôsobom môžeme preniesť aj projekty nových objektov na snímku. Vtedy pomocník pri koordinatografe ručnými kolieskami koordinatografu odchádza kresliacim hrotom na pláne vykreslené čiary, zatiaľ čo vyhodnocovateľ pri stereoskopickom pozorovaní udržiava značku pohybom nožného kotúča na modeli terénu. Na kontaktnej kópii meračskej snímky sa potom zakresľuje perspektívny priebeh obchádzanej čiary. Analogickým postupom môžeme zakresliť objekty aj s priestorovou skladbou.

7.3 Numerické analógové vyhodnotenie

Vo väčšine aplikácií pozemnej fotogrametrie sa snažíme získať grafický výsledok vyhodnotenia. Vyskytujú sa tiež úlohy, kde sa vyžaduje určenie súradníc vyhodnocovaných bodov. Polohové súradnice môžeme odsunúť z mapy, avšak vyššiu presnosť docielime použitím modelových súradníc, ktoré pretransformujeme do geodetického súradnicového systému, ako sme si to ukázali v kap. 4.3. Modelové súradnice x_m , y_m čítame na číselníkoch vyhodnocovacieho prístroja.

Pri numerickom analógovom vyhodnotení orientáciu geometrického modelu vykonáme podľa postupu uvedeného v predchádzajúcej kapitole. V transformačnom postupe, ako sme si ukázali v kap. 4.3, je zahrnutá aj mierková úprava súradníc bodov vyhodnotených vo fotogrametrickom súradnicovom systéme, preto oprave mierky modelu nemusíme venovať osobitnú pozornosť, pokiaľ sa pre iné účely nevyžaduje aj analógové vyhodnotenie v čiarkovej kresbe.

7.4 Analytické vyhodnotenie

Pri analytickom spôsobe vyhodnotenia priestorovú polohu bodov určíme zo snímkových súradníc s využitím matematických vzťahov, t.j. matematickou projekciou. V pozemnej strereofotogrametrii fotogrametrické súradnice dostaneme riešením základných vzorcov na podklade vstupných údajov vymeraných na stereokomparátore, alebo jednosnímkovom komparátore.

Analytické vyhodnotenie na stereokomparátore pozostáva z:

- vyhodnotenie snímkových súradníc a paraláx (kap. 3.32),
- výpočtu fotogrametrických súradníc (kap. 4.1 a 4.2),
- opravy orientačných prvkov pred vyhodnotením,
- transformácie fotogrametrických súradníc na geodetické súradnice (kap. 4.3).

Oprava orientačných prvkov pred vyhodnotením

Ako sme si uviedli v teórii chýb pozemnej fotogrametrie, zvyškové chyby orientačných prvkov spôsobujú deformáciu stereoskopického modelu. Bezchybnú opravu modelu nemôžeme nikdy dosiahnuť. Pomocou vlíčovacích bodov však môžeme znížiť úhrnný účinok chýb vplývajúcich na určenie súradnice y , z ktorej ďalej počítame súradnice x a z .

Základnú rovnicu pre súradnicu y (4.2) parciálne diferencujeme. Diferenciálom prisúdime hodnotu opráv a po úprave dostaneme

$$dy = \frac{y}{b} db + \frac{y}{c_k} dc_k - \frac{y^2}{bc_k} dp. \quad (7.7)$$

Oprava dy vyjadruje rozdiel medzi geodeticky určenou a fotogrametricky vyhodnotenou vzdialenosťou od fotogrametrickej základnice

$$dy = y_g - y \quad (7.8)$$

Na určenie opráv db , dc_k a dp potrebujeme tri vlícovacie body. Ak máme k dispozícii 2 body, vynecháme druhý člen rovnice (7.7), pričom predpokladáme, že konštanta fotokomory je bezchybná. Rovnice opráv zostavené pre tri vlícovacie body majú tvar

$$\begin{aligned} dy_1 = y_{g1} - y_1 &= \frac{y_1}{b} db + \frac{y_1}{c_k} dc_k - \frac{y_1^2}{bc_k} dp, \\ dy_2 = y_{g2} - y_2 &= \frac{y_2}{b} db + \frac{y_2}{c_k} dc_k - \frac{y_2^2}{bc_k} dp, \\ dy_3 = y_{g3} - y_3 &= \frac{y_3}{b} db + \frac{y_3}{c_k} dc_k - \frac{y_3^2}{bc_k} dp. \end{aligned} \quad (7.9)$$

Riešením sústavy rovníc tvaru

$$\begin{aligned} a_1 db + b_1 dc_k + c_1 dp + d_1 &= 0, \\ a_2 db + b_2 dc_k + c_2 dp + d_2 &= 0, \\ a_3 db + b_3 dc_k + c_3 dp + d_3 &= 0, \end{aligned} \quad (7.10)$$

získavame hodnoty opráv, ktoré priradíme k pôvodným hodnotám b , c_k a p .

Opravu súradnice z vykonáme prostredníctvom snímkovej súradnice z' , ktorej opravu vypočítame podľa rovnice

$$dz' = \frac{dz}{y} c_k \quad (7.11)$$

keď za dz dosadíme rozdiel geodeticky určenej a fotogrametricky vyhodnenej súradnice z

$$dz = z_g - z.$$

Analytické vyhodnotenie pozemnej fotogrametrie je presnejšie ako analógové vyhodnotenie, ale jeho presnosť stále rádovo ostáva na tej istej úrovni, čo vyplýva zo základnicových pomerov vyhodnocovaných bodov.

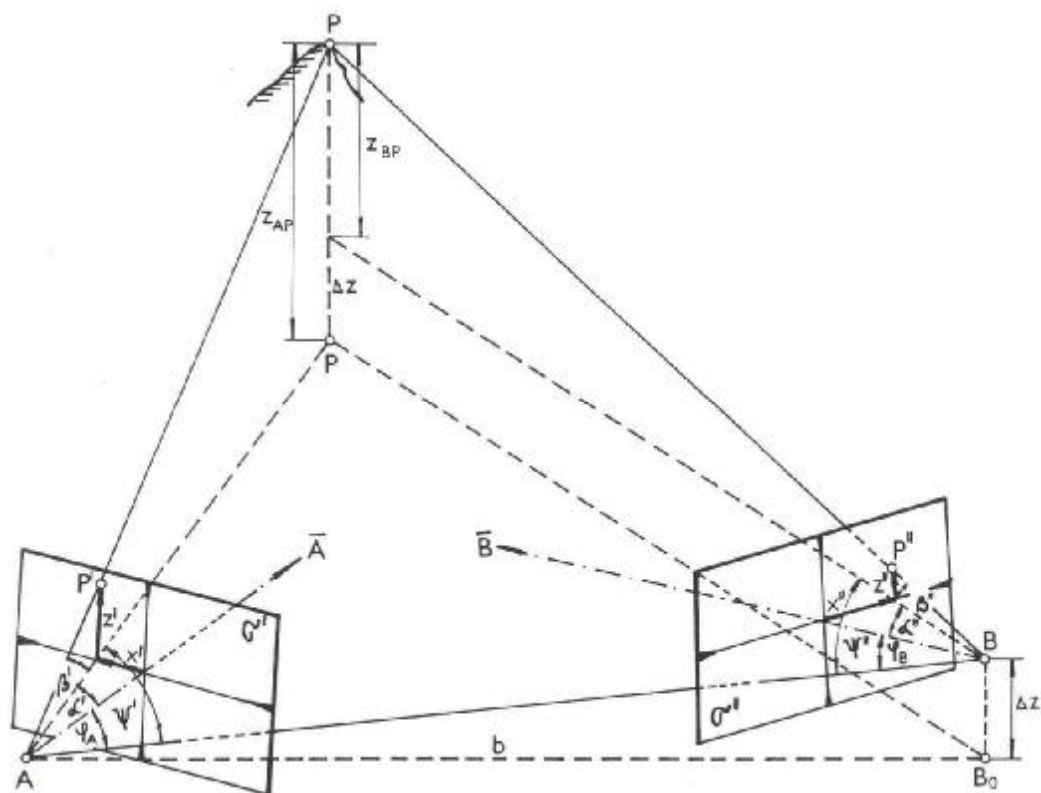
Zvýšenie presnosti analytického vyhodnotenia o jeden rád docielime metódou kolineárnej transformácie (kap. *). Pri tomto vyhodnotení predpokladáme, že nepoznáme prvky vnútornej a vonkajšej orientácie, ktoré môžeme určiť v procese vyhodnotenia analyticky. Vzťah medzi predmetovým a obrazovým priestorom zaisťujú vlícovacie body.

Analytické vyhodnotenie metódou kolineárnej transformácie požívame tak pri analógových ako aj pri digitálnych snímkach.

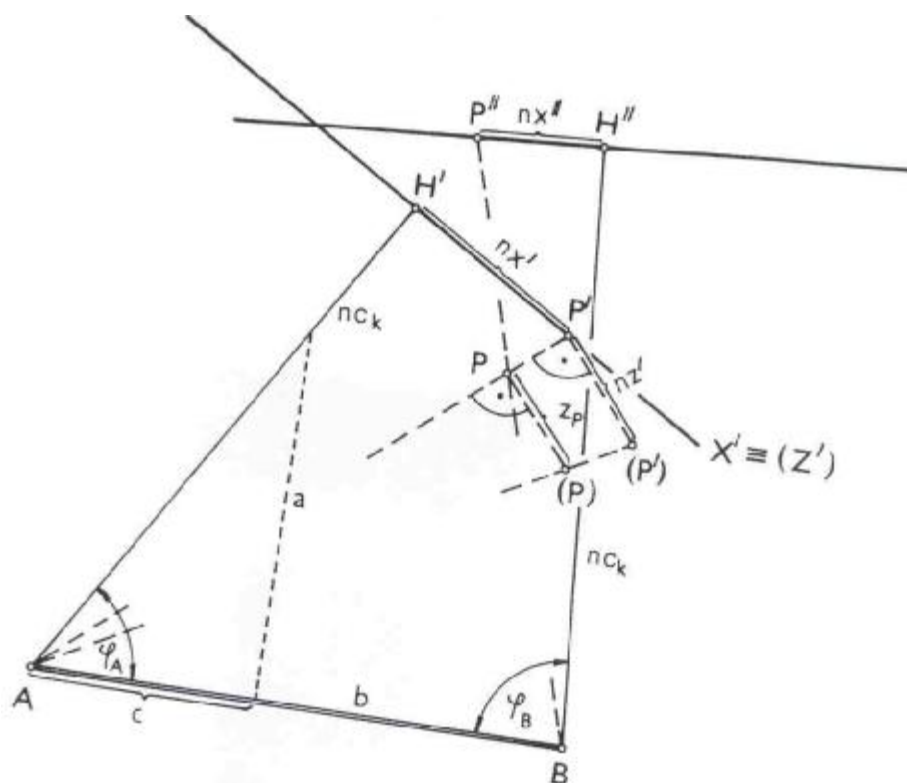
7.5 Prieseková fotogrametria

Prieseková fotogrametria je osobitným prípadom dvojsnímkovej fotogrametrie, ktorej osi záberu na pomernej veľkej základnici zvierajú určitý konvergentný uhol.

Prieseková fotogrametria sa podobá v podstate geodetickému pretínaniu napred. Snímky vyhotovené na stanoviskách A a B predstavujú fotograficky zaregistrované zorné pole fototeodolitu (obr. 7.15). Vyhodenie priesekovej fotogrametrie s horizontálnymi osami záberu ($w_A = w_B = 0, k_A = k_B = 0$) môžeme vykonať graficky alebo analyticky.



Obr. 7.15. Prieseková fotogrametria



Obr. 7.16. Schéma konštrukcie grafického vyhodnotenia priesekovej fotogrametrie

7.5.1 Grafické vyhodnotenie priesekovej fotogrametrie

Stanoviská A a B vynesieme do mapy. Ich spojnica je fotogrametrická základnica b (obr. 7.16). Smery osí záberu vyrysujeme pomocou j_A a j_B odmeraných v teréne napr. tak, že sa zvolí pomerne veľká úsečka c a pomocou uhla j_A a j_B vypočítame dĺžku kolmice

$$a = c \operatorname{tg} j_A$$

Prepona trojuholníka je smer osi záberu. Vyrýsovanie osí záberov uvedeným spôsobom vykonáme vtedy, keď nemáme k dispozícii presný polárny koordinatograf.

Potom sa vo vzdialenosti $n \cdot c_k$ v smere osi záberu vyrýsuje kolmica predstavujúca stopu snímkovvej roviny, na ktorej sa vynesie stupnica $n \cdot x'$ (ako u grafického vyhodnotenia normálneho prípadu). Polohu vyhodnocovaného bodu podľa obr. 7.16 vyjadruje priesečník lúčov AP' a BP'' .

Prevýšenie bodu P nad stanoviskom A alebo B určíme sklopením vertikálnej roviny, prechádzajúcej určujúcim lúčom AP (BP) do pôdorysu. V snímkovom bode P' alebo P'' zostrojíme kolmicu na určujúci lúč AP' (BP''), na ktorú vynesieme hodnotu $n z'$ ($n z''$). Spojnica tohto bodu s bodom A (B) vytína na kolmici cez bod P hodnotu výškového rozdielu oproti jednému alebo druhému stanovisku v mierke vyhodnotenia.

Pri vymeriavaní snímkových súradníc zobrazovacími trojuholníkmi z kontaktných kópií je nutné deformáciu fotografického papiera eliminovať zmenou veľkosti konštanty fotokomory c_k .

Grafické vyhodnotenie priesekovej fotogrametrie môžeme vykonať aj zjednodušeným postupom bez vymerania snímkových súradníc. Fotogrametrickú snímku priložíme k príslušnej stopu snímkovvej roviny tak, aby bola rovnobežná s osou X' snímky a aby smer osi záberu prechádzal hlavným snímkovým bodom H' . Potom na stopu snímkovvej roviny premietneme vyhodnocované body a podľa predchádzajúceho postupu vykonštruujeme ich polohopis.

7.5.2 Analytické vyhodnotenie priesekovej fotogrametrie

Zvýšenie presnosti vyhodnotenia približne o jeden rád oproti analógovému numerickému vyhodnoteniu umožňuje analytické vyhodnotenie priesekovej fotogrametrie, nazývané tiež aj analytické priestorové pretínanie napred. Zvýšenie presnosti sa docielilo využívaním základnicového pomeru $b/y = 1$. Postup vyhodnotenia sa môže použiť aj pre normálny a stočený prípad pozemnej fotogrametrie, avšak vyhodnotenie je obmedzované mechanizmami analógových vyhodnocovacích prístrojov a malým spoločným prekrytom zobrazeného územia na snímkach, čo môžeme odstrániť monokulárnym vyhodnotením snímkových súradníc na precíznych komparátoroch, napr. komess a ascorecord (obr. 7.17) a použitím širokouhlých komôr.



Obr. 7.17. Monokomparátor ascorecord Zeiss

Analytické vyhodnotenie priesekovej fotogrametrie sa rieši v dvoch etapách, ktoré obsahujú:

- elimináciu chýb prvkov vnútornej a vonkajšej orientácie každej snímky snímkovej dvojice na podklade merania uhlov zo stanovísk fotogrametrickej základnice na vlícovacie body, ktoré sú rozmiestnené na snímkach podľa osobitných požiadaviek. Eliminácia chýb orientačných prvkov sa vykonáva rôznymi postupmi, ktoré u nás rozpracovali Čerňanský [5], a Šíma [23];
- analytické určenie priestorových súradníc vyhodnocovaných bodov. Výpočet sa uskutočňuje aplikáciou pretínania napred a trigonometrického určovania výšok bodov zo smerníkov a výškových uhlov, odvodených z geodetického merania a fotogrametrického vyhodnotenia,

Všeobecný postup vyhodnotenia priesekovej fotogrametrie predstavuje metóda kolineárnej transformácie, ktorá je uvedená v kap.11.2.

Analytické vyhodnotenie priesekovej fotogrametrie v geodetickej praxi sa využíva pri určovaní súradníc signalizovaných polí, pri meraní pretvorení stavebných konštrukcií, pri meraní vývoja zosuvných procesov atď.

Presnosť vyhodnotenia závisí od základnicového pomeru, vzdialenosti vyhodnocovaného bodu od fotogrametrickej základnice a spôsobu signalizácie bodov. Napríklad podľa [5] pre body vo vzdialenostnom rozsahu od 200 m do 430 m, odchýlky medzi geodetickými súradnicami a súradnicami získanými fotogrametricky charakterizujú stredné chyby súradníc

$$m_y = 13 \text{ mm}, \quad m_x = 4 \text{ mm}, \quad m_z = 13 \text{ mm}.$$

Ďalej je uvedený zjednodušený postup analytického vyhodnotenia priesekovej fotogrametrie bez vyznačenia eliminácie chýb orientačných prvkov.

Pre vyhodnotenie potrebujeme poznať súradnice ľavého a pravého projekčného centra a smerníky osí záberu (obr. 7.15). V súradnicových systémoch ľavej a pravej snímky určíme snímkové uhly a , b , z ktorých odvodíme smerníky a výškové uhly

$$s_{AP} = s_{AA} + \arctg \frac{x'}{f_{sA}}, \quad (7.11)$$

$$s_{BP} = s_{BB} + \arctg \frac{x''}{f_{sB}},$$

$$b' = \arctg \frac{z'}{s'}, \quad (7.12)$$

$$b'' = \arctg \frac{z''}{s''},$$

kde $s' = \sqrt{x'^2 + f_{sA}^2},$

$$s'' = \sqrt{x''^2 + f_{sB}^2}.$$

Súradnice vyhodnocovaných bodov určíme pretínaním napred, napr. podľa rovníc

$$x_P = x_A + \frac{(y_B - y_A) - (x_B - x_A) \operatorname{tg} s_{BP}}{\operatorname{tg} s_{AP} - \operatorname{tg} s_{BP}},$$

$$y_P = y_A + (x_P - x_A) \operatorname{tg} s_{AP}. \quad (7.13)$$

Pre fotogrametricky určené výšky z ľavého a pravého projekčného centra platí

$$z_P = z_A + s_{AP} \operatorname{tg} b',$$

$$z_P = z_B + s_{BP} \operatorname{tg} b''. \quad (7.14)$$

keď dĺžky s_{AP} a s_{BP} sa vypočítali zo súradníc projekčných centier a vyhodnotených bodov.

Dvojité vyhodnotenie výšky je dôležitou kontrolou, ktorou sa overuje správnosť identifikačných bodov, správnosť odmerania snímkových súradníc, ako aj vonkajšej orientácie jednotlivých snímok.

V úvode tejto kapitoly sme si už uviedli, že naznačený postup analytického vyhodnotenia predstavuje pretínanie napred, u ktorého, aby sme výraznejšie zvýšili presnosť, musíme spresniť orientačné prvky každej snímky.

Príklad 7.2:

Metódou priesekovej fotogrametrie vyhotovíme pôdorys budovy v mierke 1:M. Grafické zobrazenie a výšku jedného bodu prekontrolujeme výpočtom v miestnom súradnicovom systéme (obr. 7.18).



Obr. 7.18. Pozemná meračská snímka pre vyhodnotenie pôdorysu budovy

Podľa obr. 7.16 sú dané veličiny

$$b = 38,17 \text{ m} \quad j_A = 46,06^\circ,$$

$$c_k = 194,24 \text{ mm} \quad j_B = 80,10^\circ.$$

Výška projekčného centra $z_A = 126,58 \text{ m}$, $z_B = 126,55 \text{ m}$.

Vzdialenosť medzi bočnými rámovými značkami $x' = 162,10 \text{ mm}$.

Pre výpočet konštanty snímok odmeriame vzdialenosti medzi bočnými rámovými značkami u oboch snímok a vyčíslíme rozdiely vzdialeností

$$x'_A = 161,50 \text{ mm}, \quad x'_A - x' = dx'_A = -0,60 \text{ mm},$$

$$x'_B = 161,15 \text{ mm}, \quad x'_B - x' = dx'_B = -0,95 \text{ mm}.$$

Opravy konštanty fotokomory ľavej a pravej snímky vypočítame z rovníc

$$dc_{kA} = \frac{dx'_A c_k}{x'} = \frac{-0,60 \cdot 194,27}{162,10} = -0,72 \text{ mm}, \quad dc_{kB} = \frac{dx'_B c_k}{x'} = \frac{-0,95 \cdot 194,27}{162,10} = -1,13 \text{ mm}.$$

Hodnoty konštanty snímok sú

$$f_{sA} = c_k + dc_{kA} = 193,55 \text{ mm},$$

$$f_{sB} = c_k + dc_{kB} = 193,14 \text{ mm}.$$

Snímkové súradnice

Tabuľka 7.2

Bod	A		B	
	x'	z'	x''	z''
1	- 40,5	- 7,8	-	-
2	- 37,4	- 8,1	- 59,1	- 8,2
3	-	-	- 44,9	- 8,3
4	- 22,9	- 7,6	- 46,7	- 8,4
5	- 8,6	- 7,1	-	-
6	- 5,0	- 7,4	- 34,7	-
7	-	-	- 20,7	-
8	+ 4,1	-	- 23,4	-
9	+ 17,6	-	-	-
10	+ 19,8	-	- 0,3	-
11	-	-	+ 13,2	- 11,7
12	+ 27,3	-	+ 17,4	- 10,9
13	+ 34,7	-	-	-
14	+ 36,2	-	+ 39,8	- 12,7
15	+ 44,7	- 7,3	+ 62,6	-14,2

Na obr. 7.19 je grafické vyhodnotenie v mierke 1:M.

Analytický výpočet súradníc bodu 2

Výpočet uhlov y'_2 a y''_2

$$y'_2 = j_A - a'_2, \quad y''_2 = j_B + a''_2,$$

$$a'_2 = \arctg \frac{x'_2}{f_{sA}} = \frac{-37,4}{193,55} = -12,15^\circ, \quad a''_2 = \arctg \frac{x''_2}{f_{sB}} = \frac{-59,1}{193,14} = -18,91^\circ,$$

$$y'_2 = 58,21^\circ, \quad y''_2 = 61,19^\circ.$$

Výpočet strán s_{A2} a s_{B2}

$$s_{A2} = b \frac{\sin y''_2}{\sin(y'_2 + y''_2)} = 32,81 \text{ m}, \quad s_{B2} = b \frac{\sin y'_2}{\sin(y'_2 + y''_2)} = 31,70 \text{ m}.$$

Výpočet súradníc

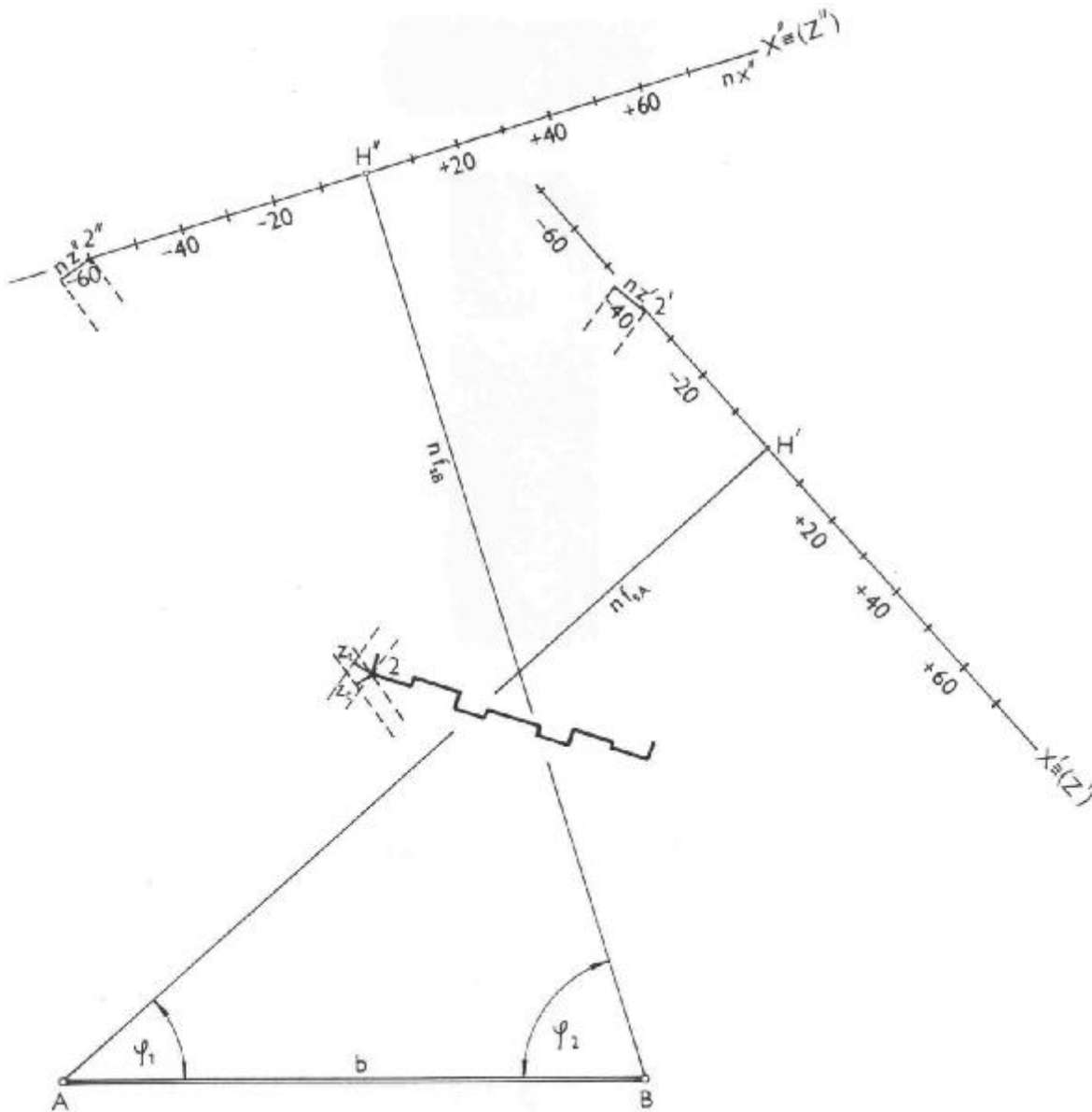
$$\begin{aligned} x_2 &= s_{A2} \cos y'_2 = 20,02 \text{ m}, & y_2 &= s_{A2} \sin y'_2 = 25,99 \text{ m}, \\ &= b - s_{B2} \cos y''_2 = 20,02 \text{ m}, & &= s_{B2} \sin y''_2 = 25,99 \text{ m}. \end{aligned}$$

Výpočet výškových uhlov

$$b'_2 = \arctg \frac{z'_2}{fs_A} = \frac{-8,1}{193,55} = -2,66^s, \quad b''_2 = \arctg \frac{z''_2}{fs_B} = \frac{-8,2}{193,14} = -2,70^s.$$

Výpočet súradníc z

$$z_2 = z_A + s_{A2} \operatorname{tg} b'_2 = 125,20 \text{ m}, \quad z_2 = z_B + s_{B2} \operatorname{tg} b''_2 = 125,20 \text{ m}.$$



Obr. 7.19. Grafické vyhodnotenie priesekovej fotogrametrie

Súradnice bodu 2 získané z mapy majú hodnoty

$$x_2 = 19,90 \text{ m}, \quad y_2 = 25,90 \text{ m},$$

$$z_2 = z_A + z_f = 126,58 - 1,30 = 125,28 \text{ m}.$$

Rozdiely v súradniciach

$$O_x = -0,12 \text{ m}, \quad O_y = -0,10 \text{ m}, \quad O_z = -0,80 \text{ m}$$

potvrdzujú správnosť grafického vyhodnotenia.