

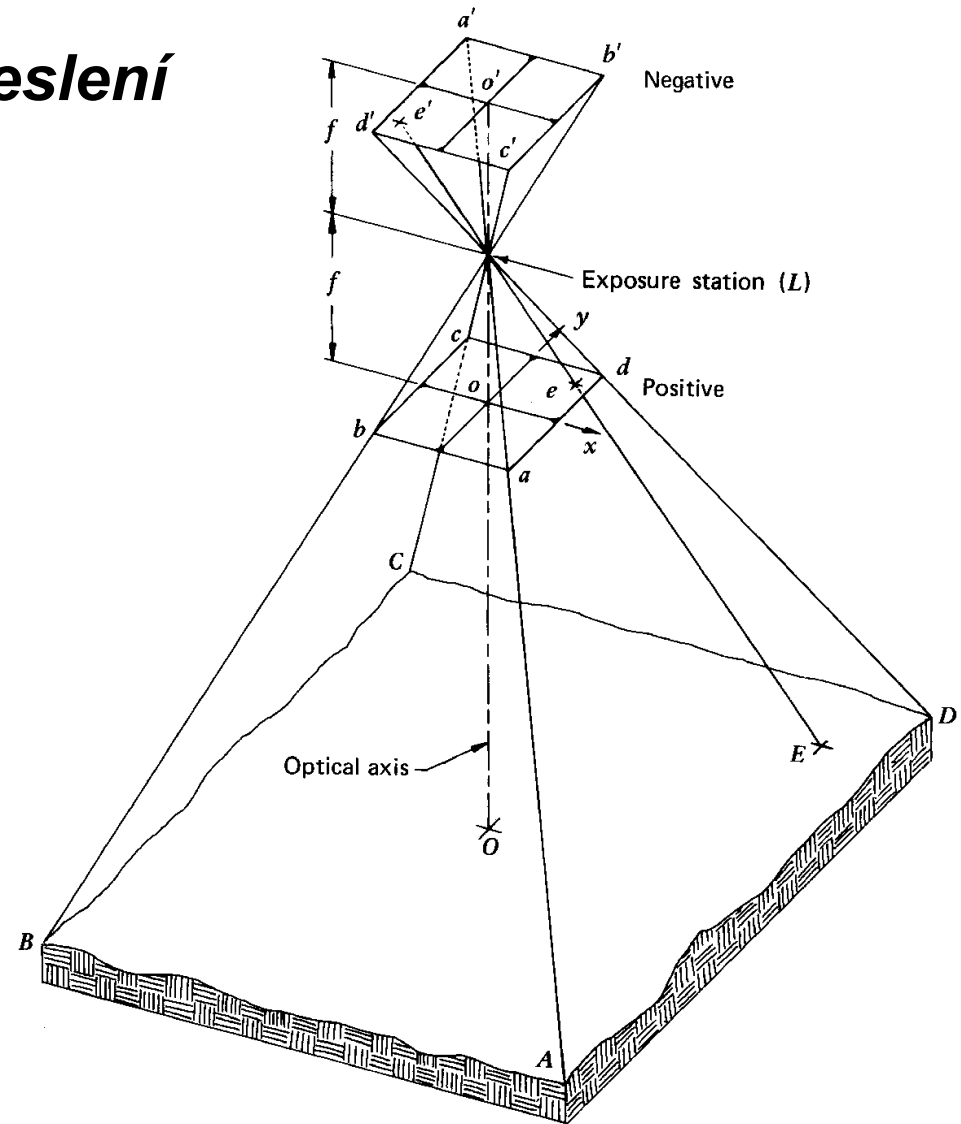
Jednosnímkové metody



Využití perspektivního zkreslení

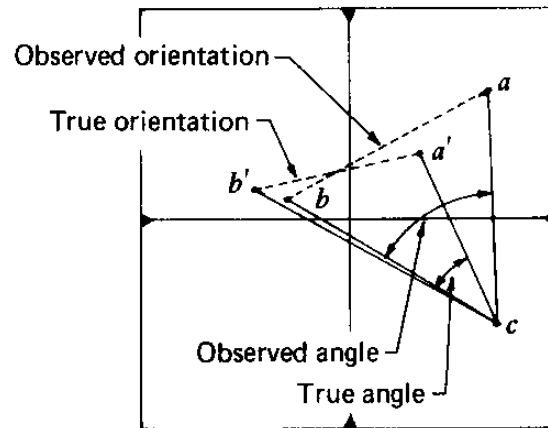
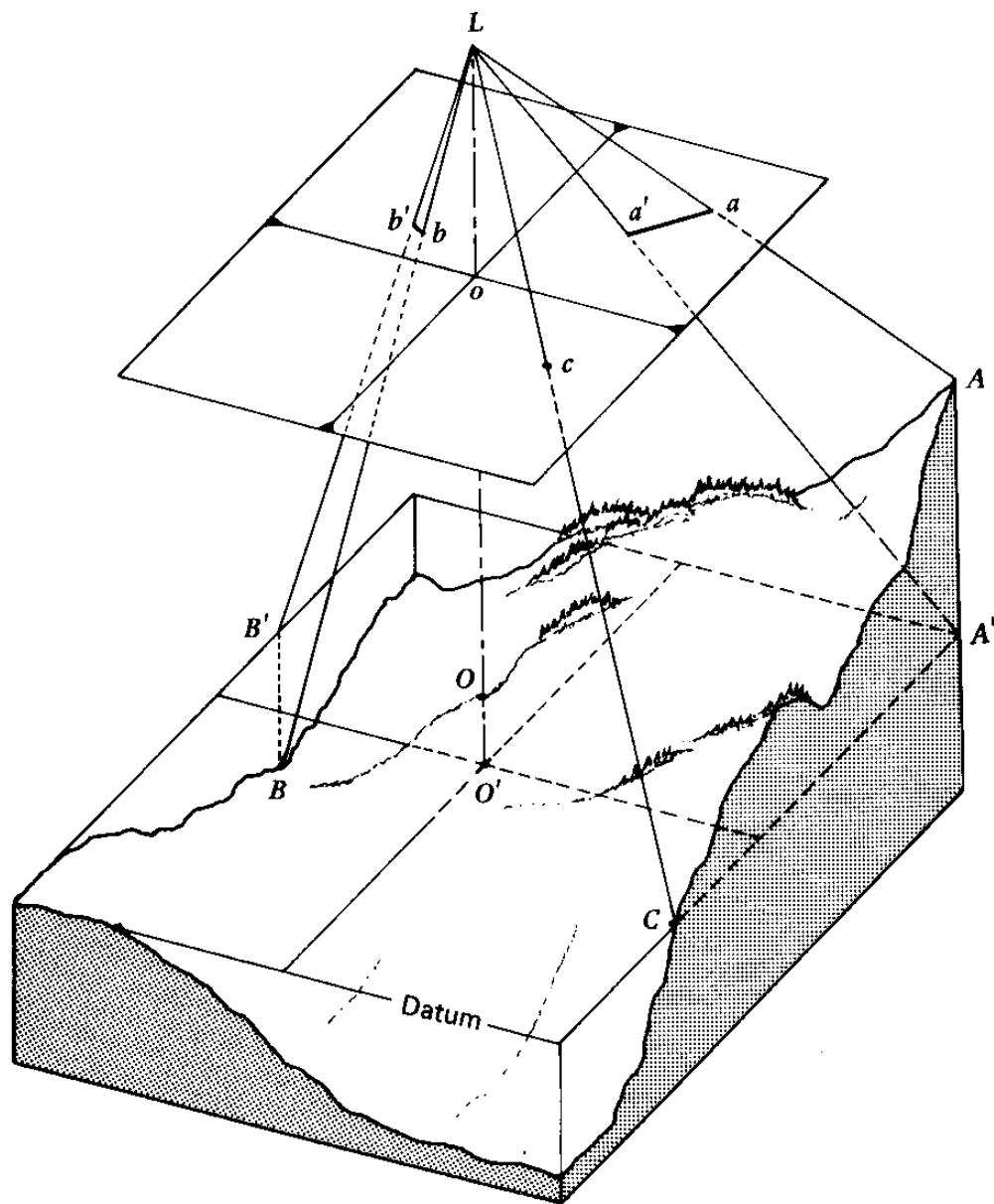
Vertikální fotografie plochého terénu - vzdálenosti mohou být měřeny přímo, stejně tak jako úhly, fotografie má jednotné měřítko.

Snímaný terén není téměř nikdy ideálně rovný. Nejčastější odchylku od ideálního případu tedy způsobují relativní změny polohy objektů v důsledku jejich nestejně nadmořské výšky.



Geometrie svislé fotografie nerovného terénu tedy podléhá tzv. **perspektivnímu zkreslení** danému členitostí terénu.

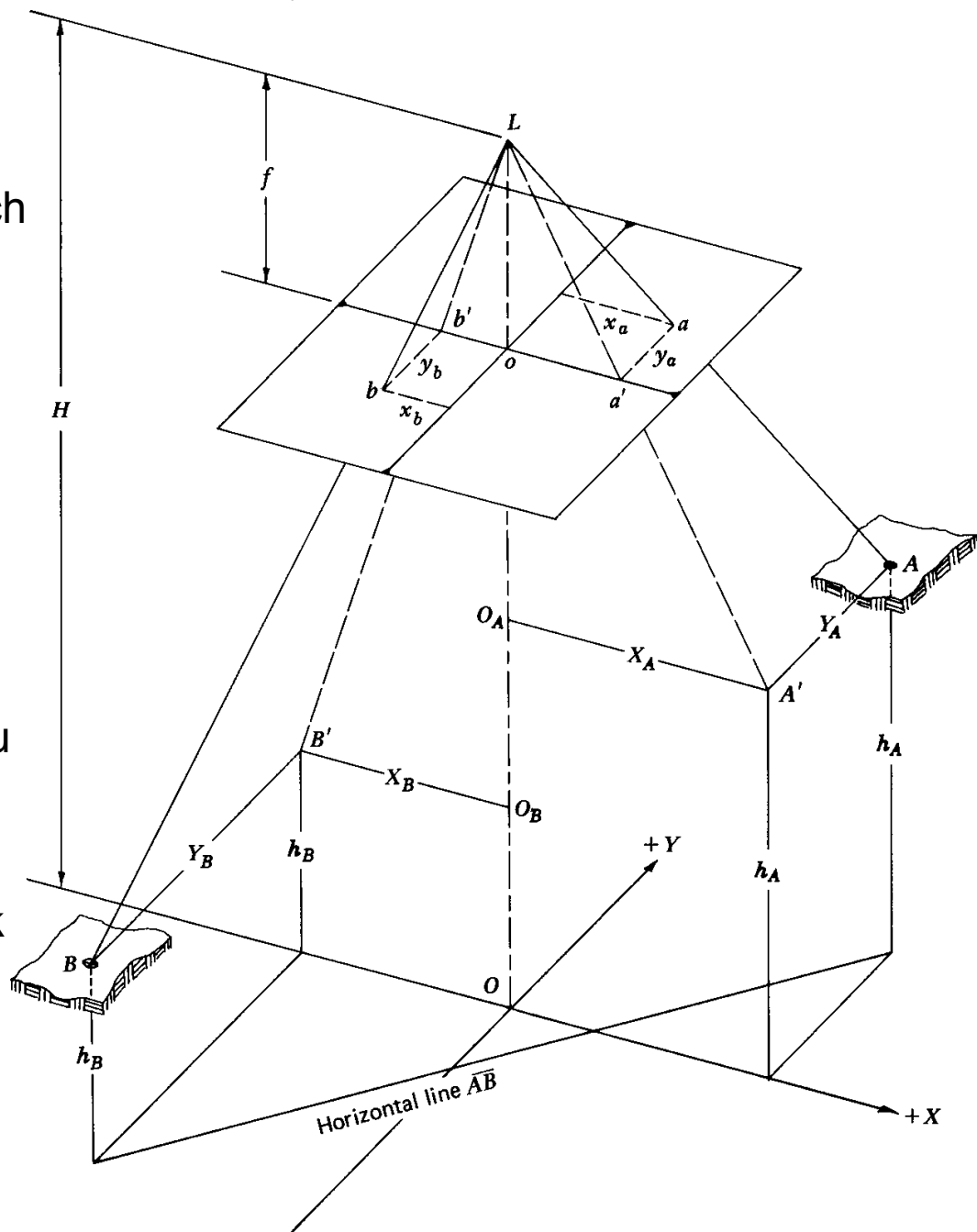
V případě reálného terénu s převýšeními dochází na LMS k relativním změnám polohy objektů v důsledku perspektivního zkreslení

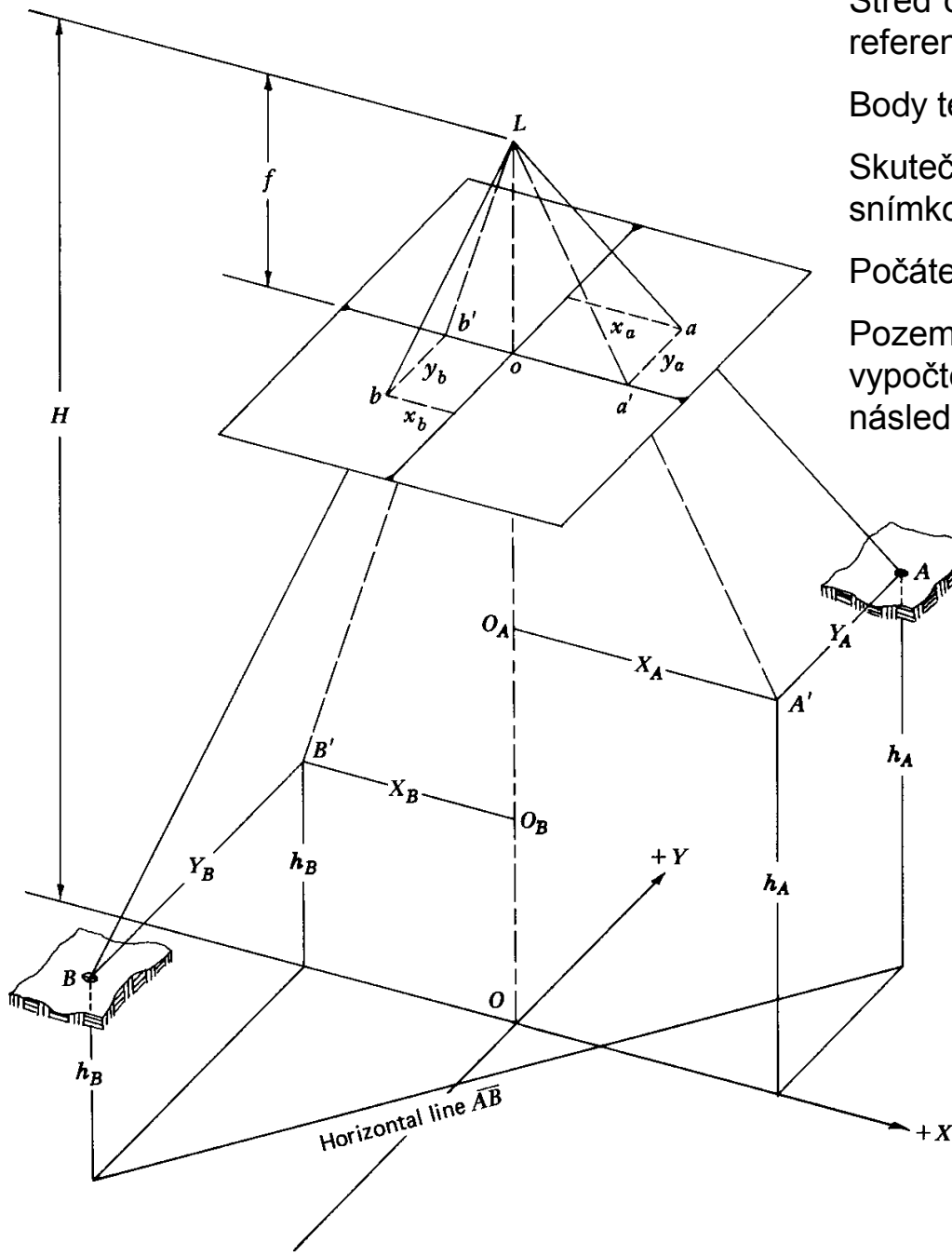


(b)

Určování horizontálních vzdáleností, směrů a úhlů ze snímkových souřadnic

- Pokud se body nacházejí v různých nadmořských výškách lze vypočítat jejich skutečné vzdálenosti a určit jejich orientaci (úhel) ze snímkových souřadnic.
- Postup spočívá v převedení snímkových souřadnic do souřadnic stejné úrovně.
- Toho lze dosáhnout násobením snímkových souřadnic každého bodu inverzní hodnotou měřítka snímku v tomto bodě.
- U jednosnímkových metod to však vyžaduje znalost výšky terénu v každém bodě.





Střed optického systému (L) se nachází ve výšce (H) nad referenční bází.

Body terénu A, B se nacházejí ve výškách h_A a h_B

Skutečné souřadnice X a Y jsou definovány stejně jako snímkové souřadnice x, y.

Počátek souřadného systému je v bodě O.

Pozemní souřadnice (X_A , Y_A a X_B , Y_B) mohou být vypočteny ze změřených souřadnic snímkových následujícím způsobem:

Z podobných trojúhelníků $LO_A A'$ a $Lo a'$ plyne:

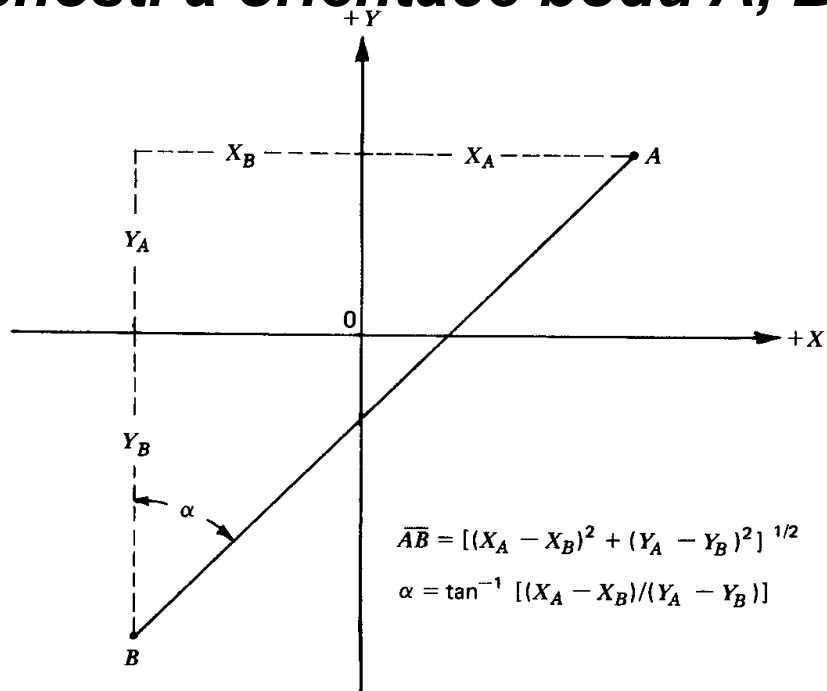
$$\frac{x_a}{X_A} = \frac{f}{H - h_a} \quad X_A = \frac{H - h_a}{f} \cdot x_a$$

analogicky z podobných trojúhelníků $LA'A$ a $La'a$ plyne:

$$\frac{y_a}{Y_A} = \frac{f}{H - h_a} \quad Y_A = \frac{H - h_a}{f} \cdot y_a$$

Výraz $(H - h_a)/f$ je obrácenou hodnotou měřítka snímku v bodě A. Pozemní souřadnice určitého bodu lze tedy získat vynásobením příslušných snímkových souřadnic reciproční hodnotou měřítka snímku v tomto bodě.

Výpočet vzdálenosti a orientace bodů A, B



Vzdálenost bodů AB je reprezentována přeponou v pravoúhlém trojúhelníku, jehož odvěsny jsou $X_A - X_B$ a $Y_A - Y_B$, potom tedy platí:

$$AB = \left[(X_A - X_B)^2 + (Y_A - Y_B)^2 \right]^{1/2}$$

Orientace úsečky AB je určena jako úhel měřený od osy y ve směru pohybu hodinových ručiček (α),

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{X_A - X_B}{Y_A - Y_B} \right)$$

Zjišťování výšky objektů



Efekt radiálních posuvů na letecké fotografii předmětů s výrazným vertikálním rozměrem

Zjišťování výšky objektů

Z podobných trojúhelníků $AA'A''$ a LOA'' platí:

$$\frac{D}{h} = \frac{R}{H}$$

Vzdálenosti D a R lze vyjádřit v měřítku fotografie - d , r :

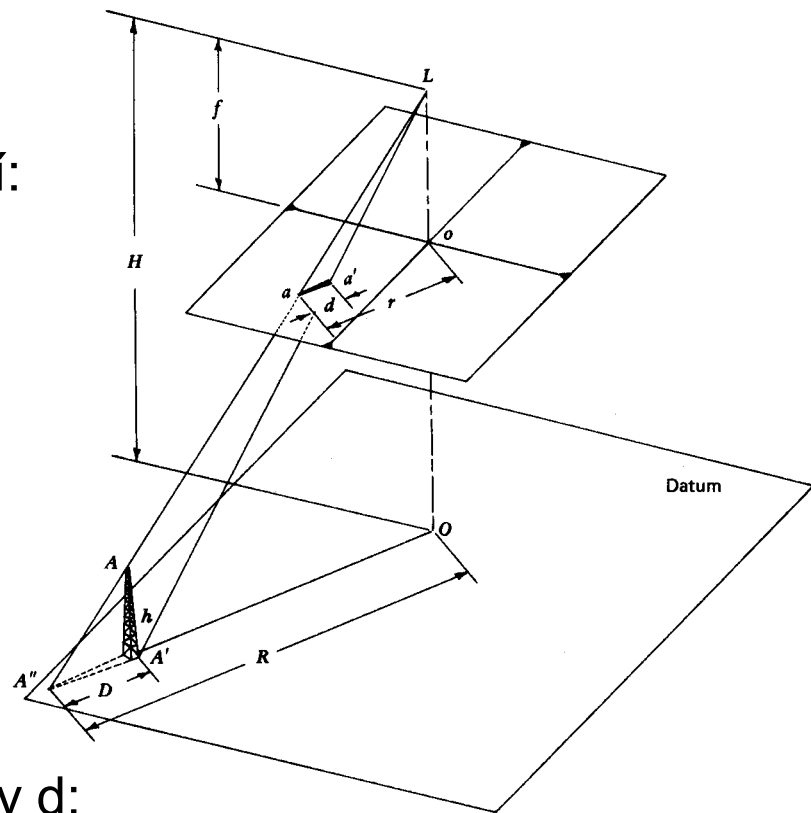
$$\frac{d}{h} = \frac{r}{H}$$

Z toho potom velikost relativní změny polohy d :

$$(3) \quad d = \frac{r \cdot h}{H}$$

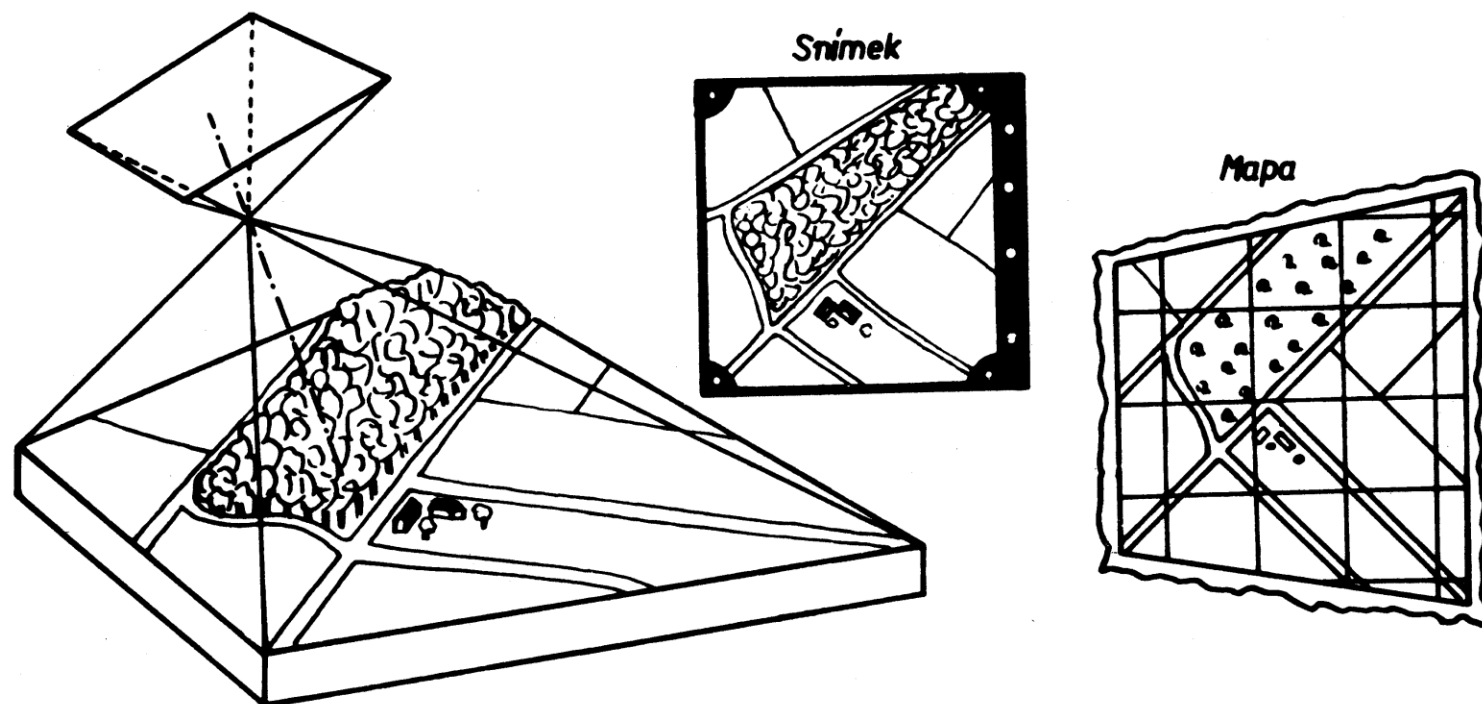
Z toho potom výška objektu h se rovná:

$$(4) \quad h = \frac{d \cdot H}{r}$$



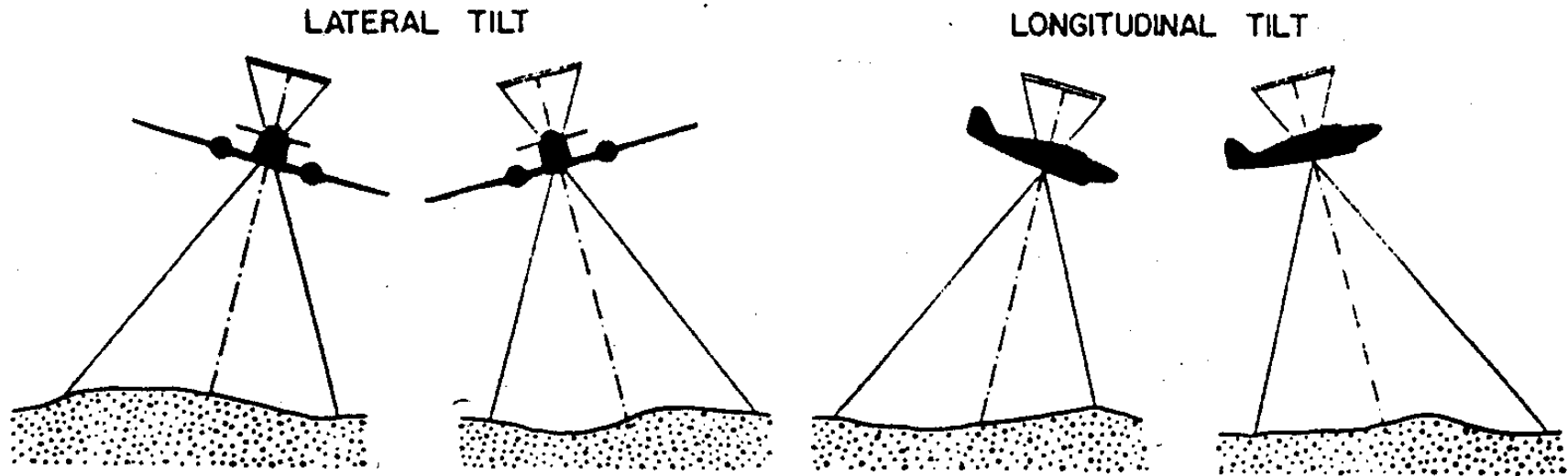
Rovnice (3) ukazuje matematické vyjádření efektu změny polohy. Tento efekt roste s rostoucí vzdáleností od hlavního bodu - nadiru (r) a také s rostoucí výškou objektu (h), naopak klesá s rostoucí výškou nad bází - tedy s výškou letu (H). Ze vztahu (4) lze určovat výšku objektů. K tomu je zapotřebí znát výšku letu a souřadnice paty a vrcholu studovaného objektu

Geometrie šikmé fotografie plochého terénu



Na šikmé fotografii se projevuje tzv. - **projektivní zkreslení** dané sklonem snímku (odchylkou od tížnice).

Odchyłky od svislice



- Odchyłky od svislice vznikají v důsledku nestability letadla – náklonu ve směru osy x a y .
- Na šikmé fotografii lze definovat hlavní bod, nadir a fokální bod.
- Pro definování distorzí způsobených sklonem je nejdůležitější fokální bod – je výchozím bodem, od kterého jsou objekty deformovány.

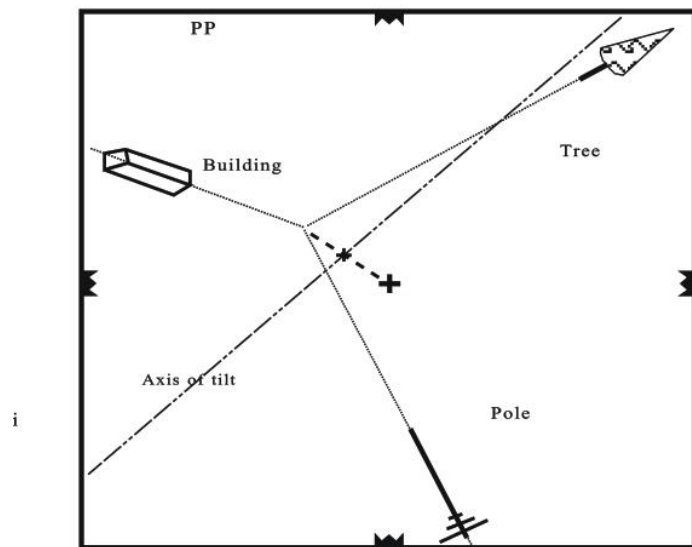
Určení polohy významných bodů na fotografii

Střed snímku a hlavní bod – průsečík rámových značek, pokud nedošlo k výrazným distorzím z hlediska srážky papíru apod.

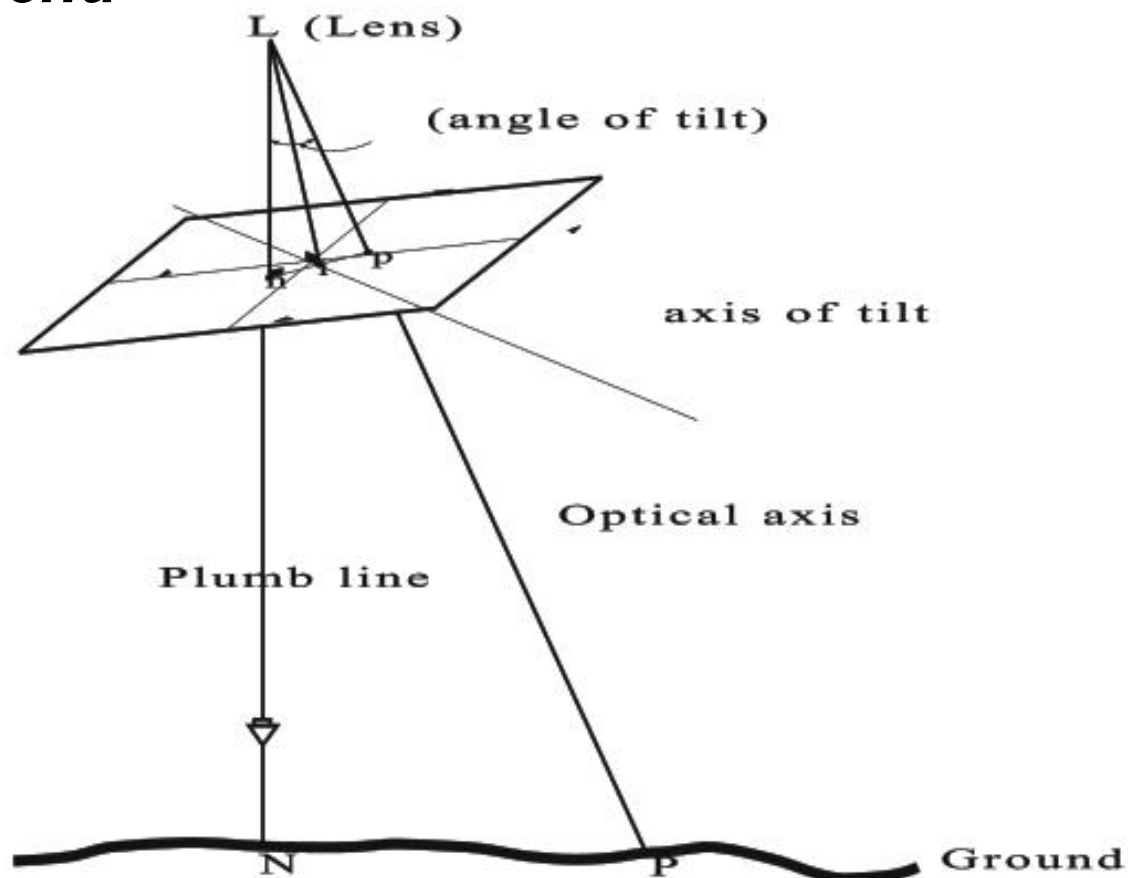
Nadir - všechny vysoké objekty se na LF naklánějí od nadiru. Nadir leží na průsečíku přímek proložených alespoň dvěma svislými objekty

Fokální bod - nachází se v polovině spojnice nadiru a hlavního bodu na šikmé LF. Kolmice na tuto spojnici procházející fokálním bodem definuje osu náklonu šikmé fotografie.

Fokální bod je střed náklonu šikmé fotografie. Deformace způsobené náklonem LF (odchylnou od tížnice) mají radiální povahu a vycházejí právě od polohy fokálního bodu.



Poloha význačných bodů na šikmé fotografii plochého terénu

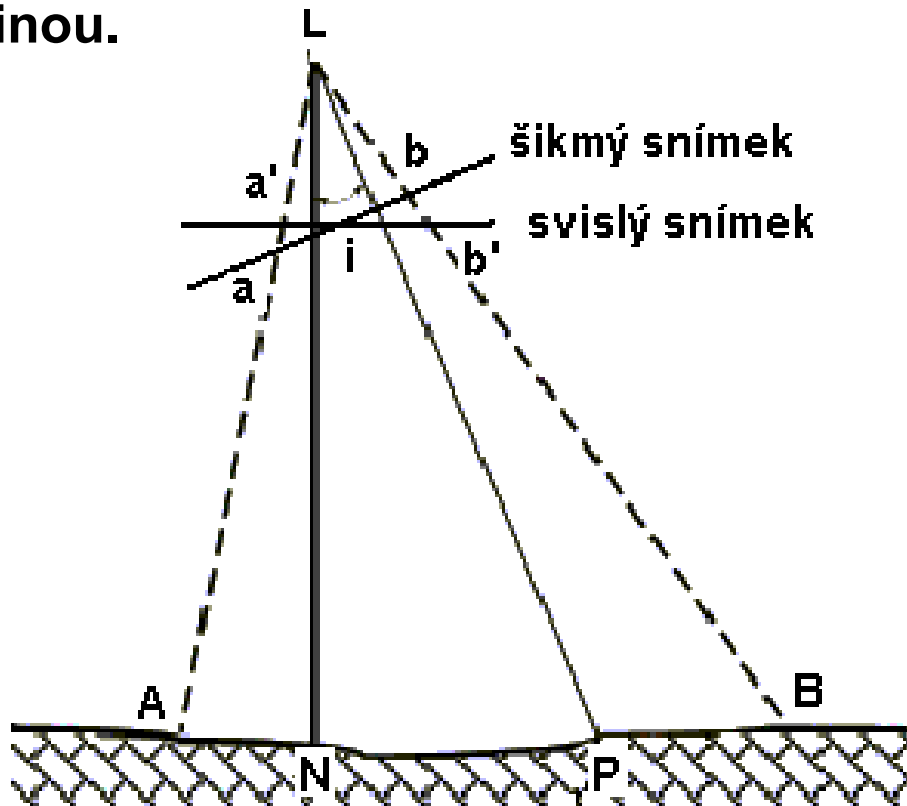


U šikmé fotografie je definována osa náklonu

Dělí snímek na dvě části – část fotografie **nad horizontální rovinou** a **pod horizontální rovinou**. Nadir se vždy nachází pod horizontální rovinou.

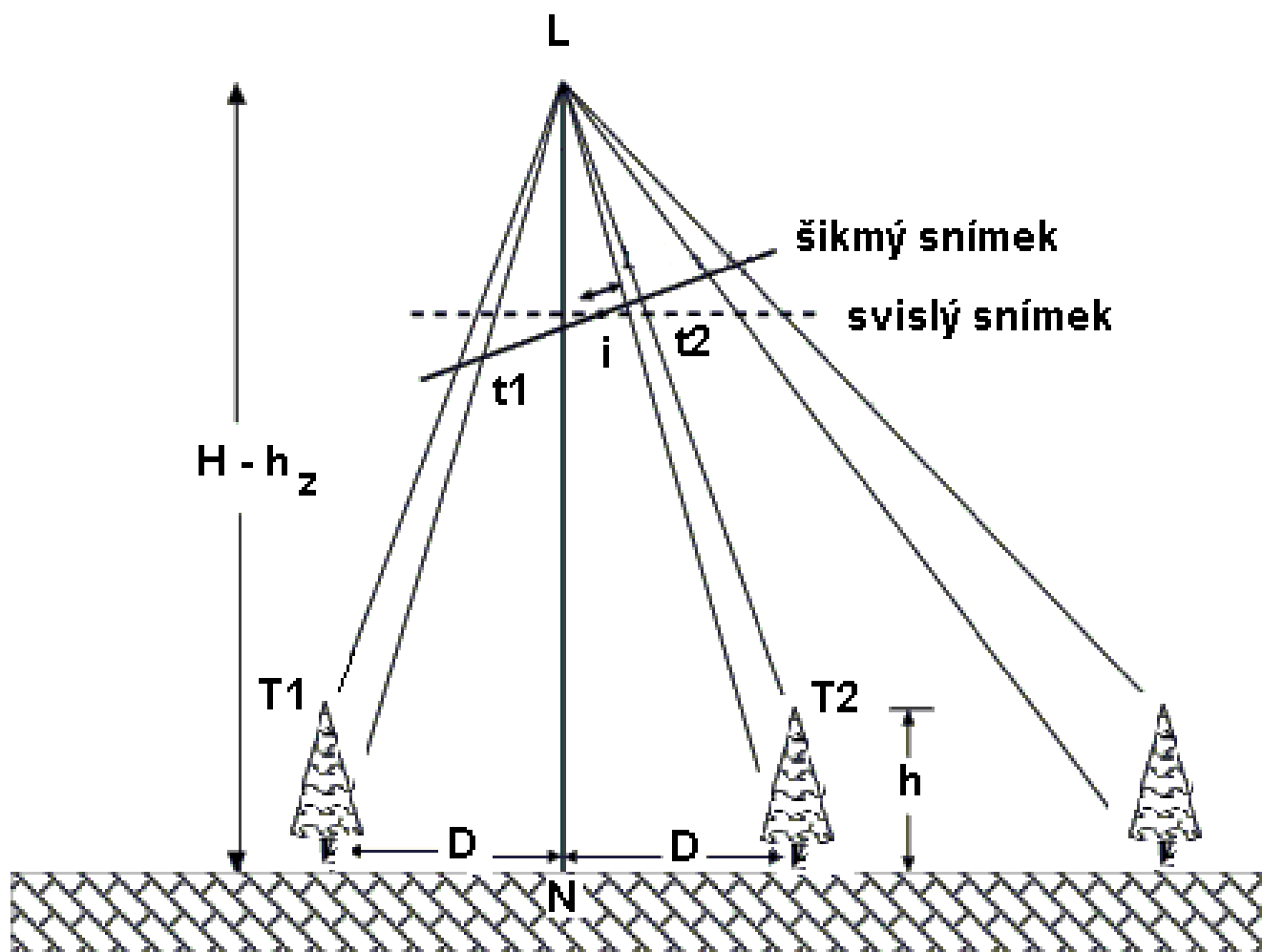
Geometrie šikmé fotografie plochého terénu

Náklon fotografie způsobuje, že obrazy předmětů na šikmé fotografii podléhají relativním změnám polohy, která má **radiální povahu** a **vychází od fokálního bodu** a má **opačné znaménko** pro objekty nad a pod horizontální rovinou.



Relativní změny v poloze objektů na šikmé letecké fotografii

Vliv geometrie šikmé fotografie na výšku objektů



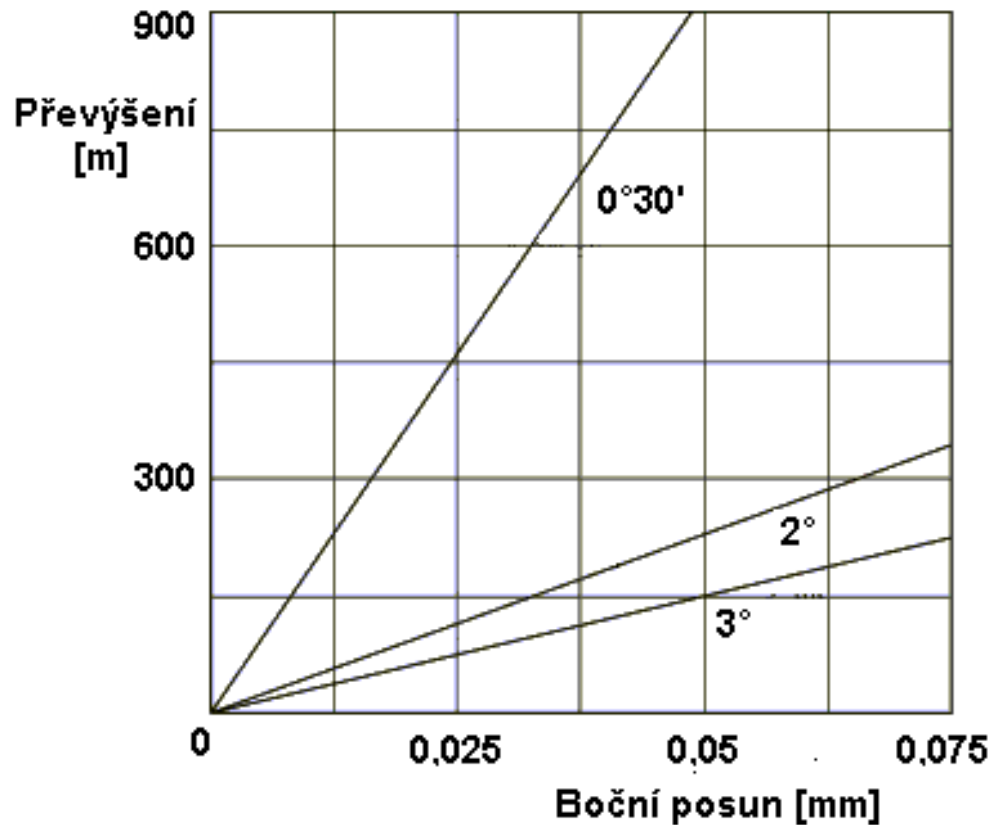
Určení úhlu sklonu fotografie

- Relativní změny polohy v důsledku náklonu fotografie jsou menší než změny polohy v důsledku kolísání výšky terénu.
- Jejich detekce a opravy jsou náročnější na výpočet.
- Nekolmost fotografie může způsobovat velké chyby v určování měřítka snímků a v určování vzdáleností.
- Například při použití fotogrammetrické komory s ohniskovou vzdáleností 209 mm, odchylka od tížnice (úhel náklonu) 2 stupně způsobí změnu polohy objektu o 2,5 mm na okraji fotografie a 0,76 mm v polovině vzdálenosti od středu k okraji

Úhel sklonu fotografie: $\tan \theta = \frac{d}{f}$ d - vzdálenost nadiru a hlavního bodu, f - konstanta kamery

- K určování geodetických souřadnic ze snímkových na šikmé fotografii je nutné vedle úhlu náklonu znát také jeho směr (swing angle-úhel měřený v rovině fotografie od kladného směru osy y ve směru otáčení hodinových ručiček).
- Jako v případě svislé fotografie je možné určit reálné souřadnice z jedné šikmé fotografie pouze v případě, že známe měřítko v daném bodě.

Velikost bočního posuvu v poloze bodu na šikmé fotografii členitého terénu



Příklad.: při převýšení reliéfu cca 300 m a odchylce 2° od svislice bude velikost bočního posuvu v poloze bodu na fotografii 0,07 mm, což při měřítku fotografie cca 1 : 16 000 činí vzdálenost 11 m na zemi.

Kombinovaný vliv perspektivního a projektivního zkreslení

Oba druhy zkreslení vycházejí z jiných bodů (nadiru a fokálního bodu) a proto výsledný efekt bude mít za následek posun jednak ve směru **radiálním**, jednak ve směru **laterálním** (bočním).

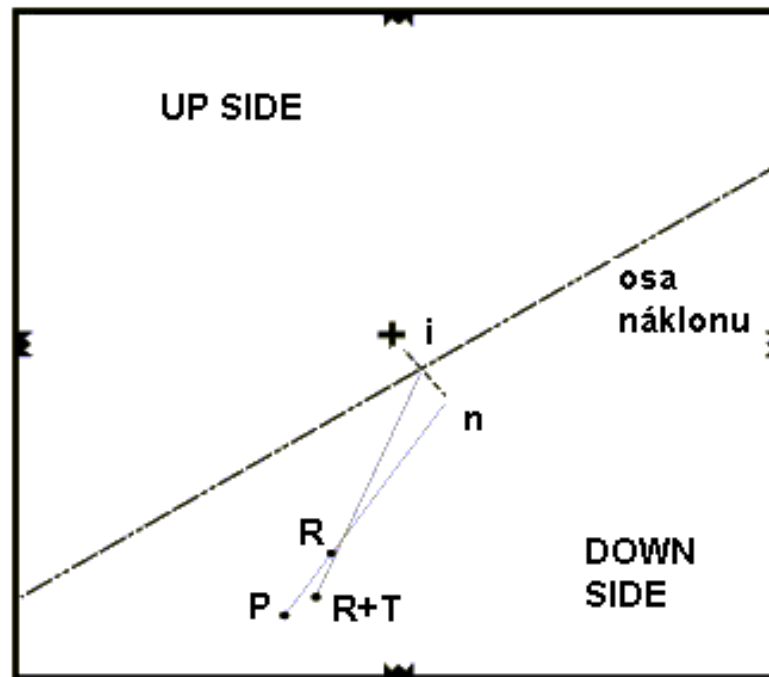


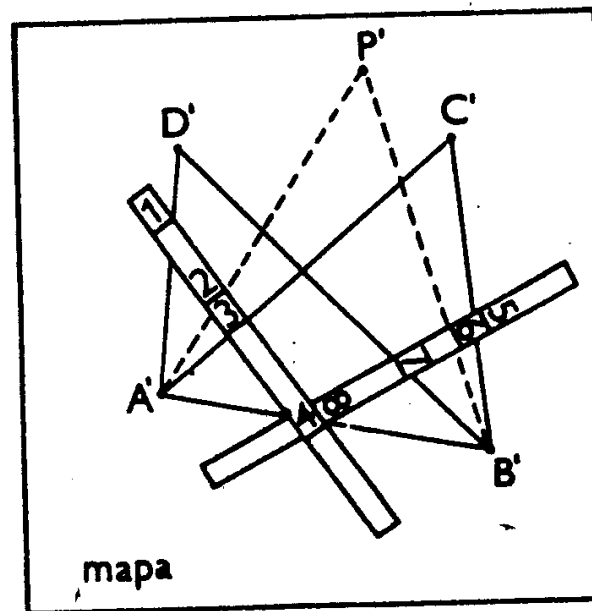
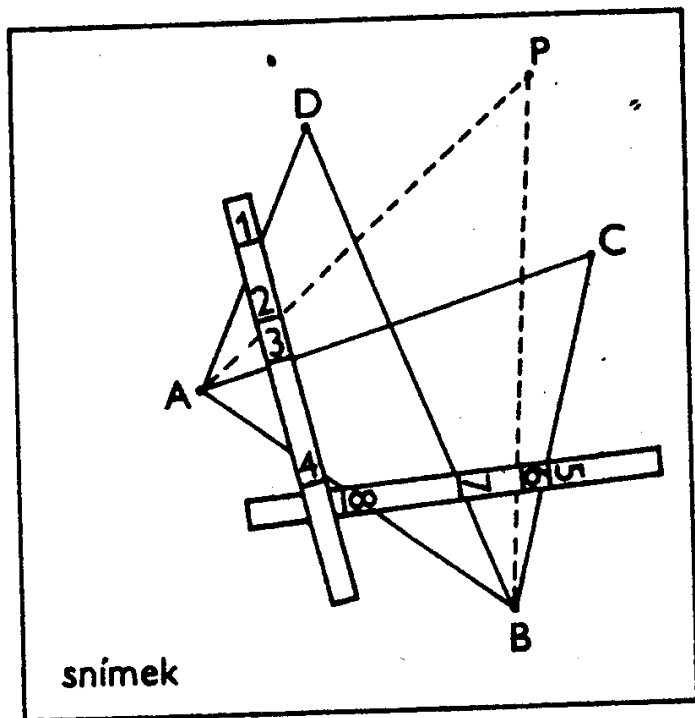
Schéma relativní změny v poloze bodu v důsledku kombinovaného efektu zkreslení perspektivního (R - zkreslení v důsledku reliéfu) a projektivního (T - zkreslení v důsledku odchylky od svislice)

Jednosnímkové metody letecké fotogrammetrie

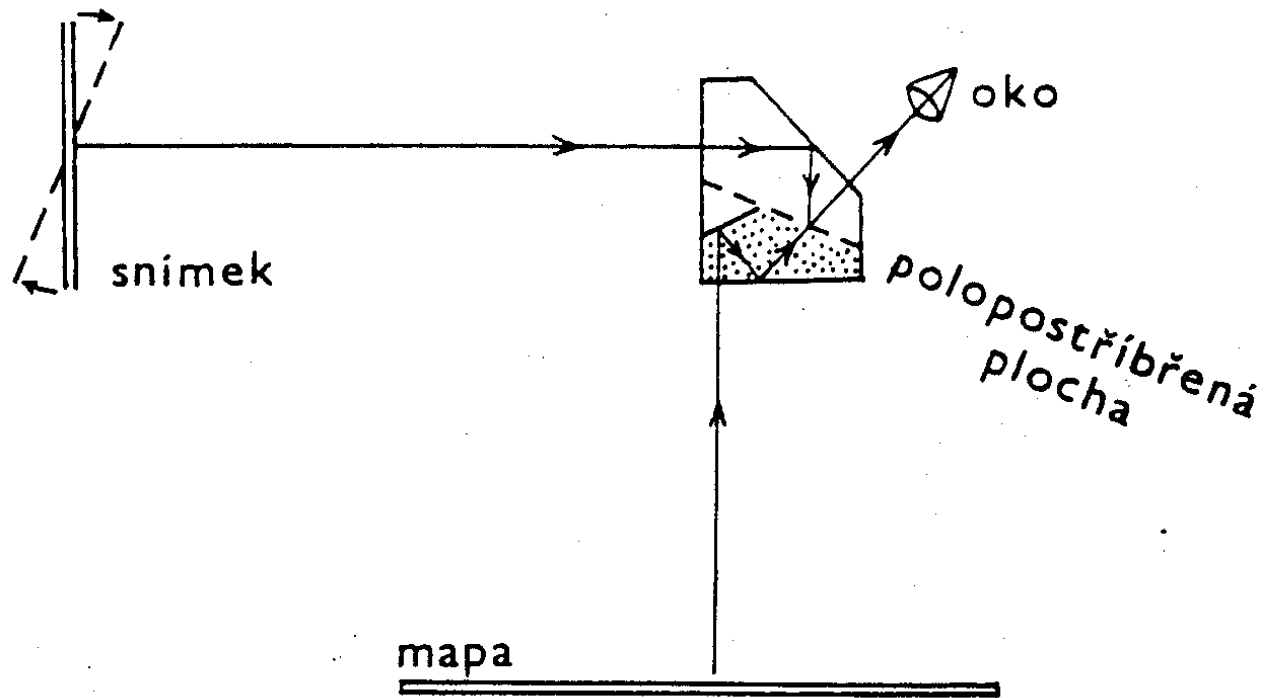
- **Grafické** (proužková metoda, metody projektivních sítí)
- **Opticko - grafické** metody (obkreslování snímků)
- **Opticko mechanické** metody – (překreslování snímků), analogové přístroje
- **Analytické přístroje** – měření na fotografii v analogové podobě a výpočty za pomoci VT
- **Digitální** – digitální fotografie a SW řešení orientace – výpočty

Proužková metoda

(přenášení bodu ze snímku do mapy)



Opticko grafické metody (obkreslování snímků)



Princip obkreslovače

Překreslování snímků

Mezi jednosnímkové metody patří tzv. **optické překreslování**, - lze jím odstranit pouze zkreslení způsobené odchylkou osy záběru od svislice.

Výsledkem je centrální průmět území ve zvoleném měřítku (lze použít pouze pro přibližně rovinné území).

Měřítko platí přesně pouze pro výškovou úroveň, ve které se nacházejí vlícovací body.

Princip optického překreslování

1. vyznačení čtyř vlícovacích bodů na negativu původního snímku
2. body se ve správné (geodetické) poloze a v požadovaném měřítku vynesou na překreslovací podklad na projekčním stole
3. stůl a negativ se postupně natáčejí a posouvají ve směru x,y,z tak dlouho, dokud se vlícovací body na snímku a na stole neztotožní
4. na stůl se umístí fotografický papír a exponuje se nový tzv. překreslený snímek

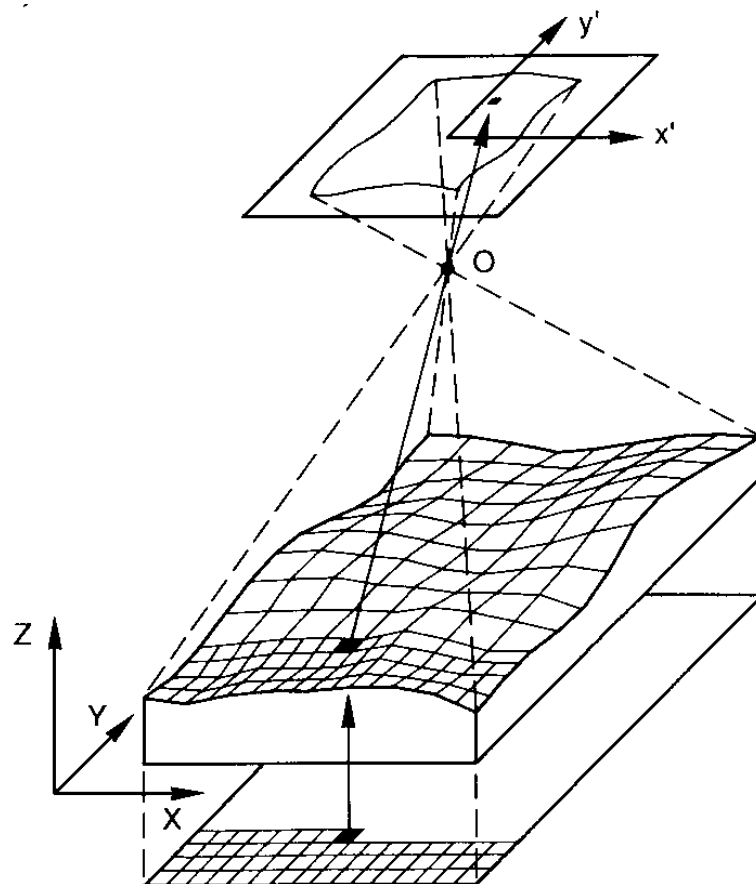
Analytické a digitální jednosnímkové metody

Početní metody, které odvozují vztah mezi snímkovými souřadnicemi bodů a souřadnicemi geodetickými.

K odstranění projektivního zkreslení se provádí orientace snímku.

K odstranění perspektivního zkreslení (reliéf) je nutné použít výškového modelu zpracovávaného území.

Obecný postup transformace do ortogonální projekce:
odstranění radiálních posunů
jednotlivých pixelů způsobených
nestejnou výškou – výpočet nové
polohy na základě známého
převýšení pixelů nad srovnávací
rovinou – potřeba DMT



Tvorba ortofoto s použitím jednoho snímku

využití rovnic kolinearity

Rovnice obsahují 9 neznámých ($X_P, Y_P, Z_P, X_L, Y_L, Z_L, \omega, \varphi, \kappa$).

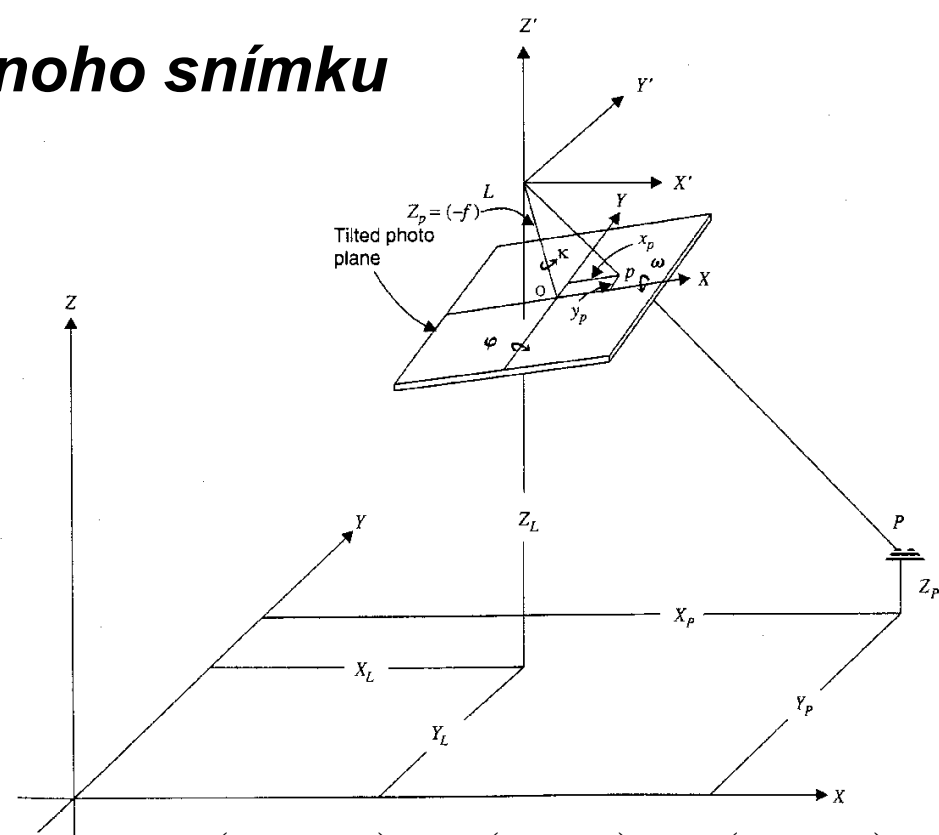
Pomocí vlíčovacích bodů se na snímku určí všech šest prvků vnější orientace ($X_L, Y_L, Z_L, \omega, \varphi, \kappa$).

Vytvoří se nový „prázdný“ obraz souřadnicově totožný s DTM, pro každý bod (pixel) z DTM o souřadnicích X_P, Y_P, Z_P určí jeho poloha v souřadnicích snímkových x_p, y_p .

Hodnota stupně šedi (či barva) každého pixelu se přenesse do vypočtené pozice.

Proces se opakuje pro každý řádek a sloupec výsledného obrazu - ortofota.

Protože výše uvedené rovnice mohou dát obecně neceločíselné souřadnice x_p, y_p , je nutné následně ve snímku vyhledat příslušnou hodnotu pixelu – tedy provést tzv. převzorkování nového snímku.



$$x_p = -f \frac{m_{11}(X_P - X_O) + m_{21}(Y_P - Y_O) + m_{31}(Z_P - Z_O)}{m_{13}(X_P - X_O) + m_{23}(Y_P - Y_O) + m_{33}(Z_P - Z_O)}$$

$$y_p = -f \frac{m_{21}(X_P - X_O) + m_{22}(Y_P - Y_O) + m_{23}(Z_P - Z_O)}{m_{31}(X_P - X_O) + m_{32}(Y_P - Y_O) + m_{33}(Z_P - Z_O)}$$

$$X_p = X_o + (Z_p - Z_o) \frac{m_{11}(x'_p - x'_o) + m_{12}(y'_p - y'_o) + m_{13}(-f)}{m_{31}(x'_p - x'_o) + m_{32}(y'_p - y'_o) + m_{33}(-f)}$$

$$Y_p = Y_o + (Z_p - Z_o) \frac{m_{21}(x'_p - x'_o) + m_{22}(y'_p - y'_o) + m_{23}(-f)}{m_{31}(x'_p - x'_o) + m_{32}(y'_p - y'_o) + m_{33}(-f)}$$

Tvorba ortofoto s použitím jednoho snímku

1. Na základě známých výškových poměrů (model terénu) se vypočte pro každý bod (pixel) o souřadnicích x_i, y_i z DTM jeho nová teoretická poloha x_i, y_i , do které by se promítl obrazový bod o stejné výšce.

Ze stejných souřadnic ve snímku se přenesse hodnota pixelu (obraz bodu) do nově vznikajícího obrazu – ortofota - do polohy x_i, y_i dané pixelem z DTM.

