

Předzpracování obrazových záznamů

Petr Dobrovolný



Zdroje nepřesností a „chyb“ v obrazových záznamech

- Technické problémy
- Samotná podstata snímání
- Atmosférické vlivy

- Chyby systematické
- Chyby náhodné (šum – noise)
- Chyby vnitřní a vnější

Základní metody předzpracování obrazu

1. Radiometrické korekce
2. Atmosférické korekce
3. Geometrické korekce

Geometrická korekce obrazu

Petr Dobrovolný



Zdroje nepřesností a „chyb“ v geometrii obrazových záznamů

- Nezpracovaná obrazová data obvykle obsahují tak významné geometrické nepřesnosti, že jich nelze použít jako mapy.
- Zdroje nepřesností plynou většinou ze způsobu vytváření obrazového záznamu, jsou specifické pro leteckou fotografii i pro záznamy z různých typů skenerů.
- Zabírají jevy od kolísání výšky a rychlosti pohybu nosiče až po faktory postihující zakřivení Země, atmosférické refrakce, zdánlivé změny v poloze objektů v důsledku kolísání nadmořské výšky terénu a nelinearity v průběhu snímání senzoru.

Dělení vlivů na geometrii obrazu

Faktory, ovlivňující geometrické vlastnosti obrazu, mohou mít trojí původ:

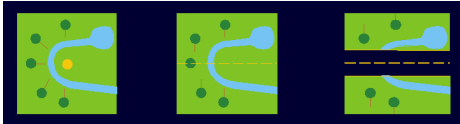
- v parametrech dráhy nosiče (kolísání výšky a změny v orientaci)
- ve vlastnostech senzoru (nepřesnosti při snímání obrazu)
- na zemském povrchu (zakřivení Země, její rotace a lokální topografické efekty).

- nepřesnosti systematické (lze je poměrně snadno modelovat a tedy i odstranit)
- nepřesnosti náhodné povahy

Cíle geometrické korekce obrazu

S ohledem na mapování je cílem geometrických transformací odstranit významné vlivy tak, aby obraz získal požadovaný souřadný systém zvoleného kartografického zobrazení a aby bylo možné ho použít jako mapy.

V závislosti na požadované přesnosti lze některé vlivy zanedbat.

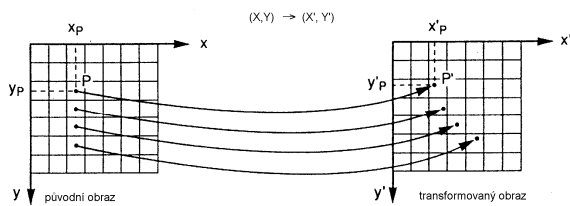


Základní rozdíly v geometrii letecké fotografie, skenovaného záznamu a radarového snímku

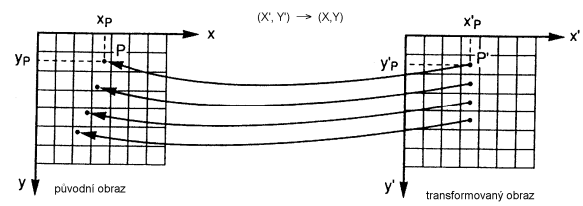
Cíle geometrické korekce obrazu

- transformace obrazových dat do určité mapové projekce
- propojení obrazových dat s prostorovou vektorovou databází v GIS
- porovnání dvou či více obrazových záznamů pořízených stejným či odlišným snímacím zařízením za účelem studia časových změn
- tvorba ortofotomap
- vytváření mozaiky z několika obrazových záznamů

Přímá transformace obrazu



Nepřímá transformace obrazu

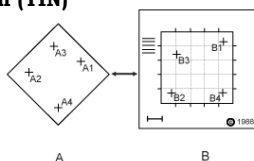


Základní dělení algoritmů

- globální a lokální
- exaktní a aproximující

Nejčastěji využívané algoritmy

- polynomická transformace
- splinové funkce (thin plate splines)
- transformace po částech (TIN)
- orthorektifikace



Polynomická transformace

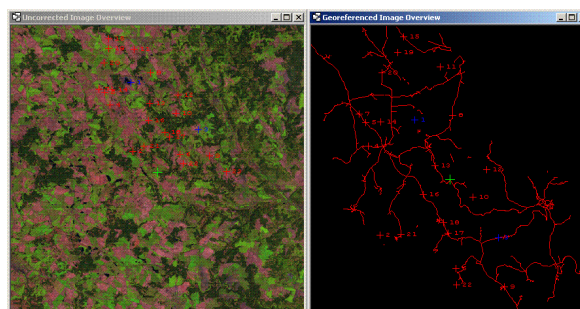
Obecný postup rektifikace obrazu pomocí identických bodů

1. sběr identických bodů
2. volba stupně transformace
3. výpočet transformačních rovnic
4. testování transformačních rovnic
5. rektifikace obrazu
6. převzorkování obrazu

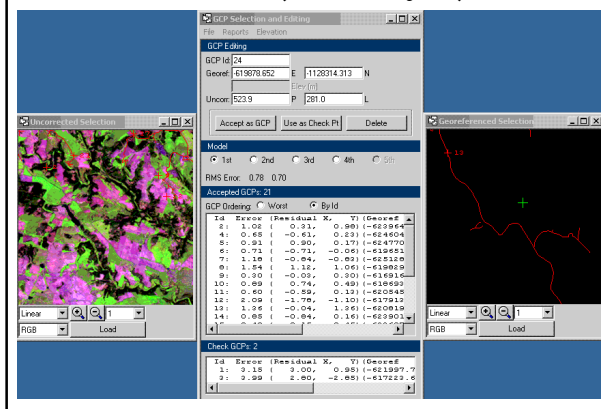
Způsoby sběru vlíčovacích (identických) bodů:

- korekce k mapě
- korekce k jinému obrazu
- korekce k databázi identických bodů
- korekce k vektorové prostorové databázi

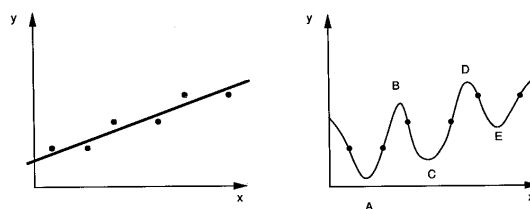
Sběr vlíčovacích (identických) bodů



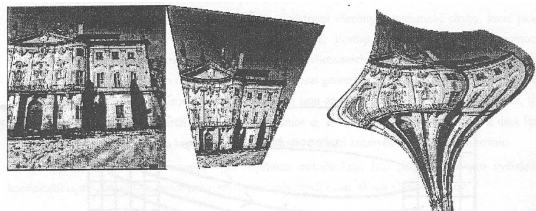
Sběr vlíčovacích (identických) bodů



Vliv stupně polynomu na přesnost transformace



Vliv stupně polynomu na přesnost transformace



Transformační rovnice

$$\begin{aligned} X &= f1(x,y) \\ Y &= f2(x,y), \end{aligned}$$

X, Y - souřadnice daného obrazového prvku
v nekorigovaném obraze

x, y - souřadnice daného obrazového prvku
v korigovaném obraze

$f1, f2$ - transformační rovnice

Polynom 3. stupně

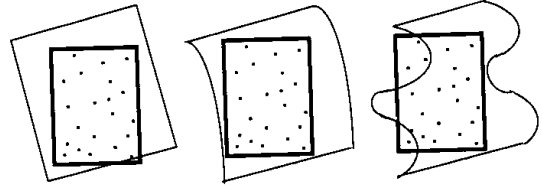
$$X_1 = A_0 + A_1x + A_2y + A_3xy + A_4x^2 + A_5y^2 + A_6x^2y + A_7xy^2 + A_8x^3 + A_9y^3$$

$$Y_1 = B_0 + B_1x + B_2y + B_3xy + B_4x^2 + B_5y^2 + B_6x^2y + B_7xy^2 + B_8x^3 + B_9y^3$$

Minimální množství identických bodů podle stupně polynomu:

Řád polynomu	Minimální počet bodů
1	3
2	6
3	10
4	15
5	21

Transformace obrazu polynomem vyššího řádu



polynom 1. stupně

polynom 2. stupně

polynom 3. stupně

■ geometricky korigovaný obraz
 □ geometricky nekorigovaný obraz

Hodnocení přesnosti transformace

RMS - Střední kvadratická chyba

$$RMS = \sqrt{(x - x_{or})^2 + (y - y_{or})^2}$$

x, y - souřadnice identického bodu ve zdrojové soustavě vypočtené z transformačních rovnic

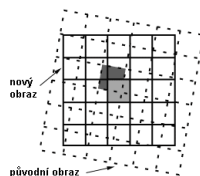
x_{or}, y_{or} - původní souřadnice identického bodu ve zdrojové soustavě

Základní metody převzorkování obrazu

- metoda nejbližšího souseda
- bilineární interpolace (4 pixely)
- kubická konvoluce (16 pixelů)
- $\sin(\pi)/x$ - (64, 256 pixelů)

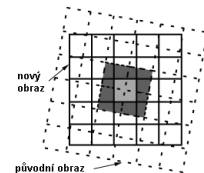
Metoda nejbližšího souseda

- Prosté posunutí DN hodnoty nejbližšího pixelu z původního obrazu



- Metoda je geometricky nejméně přesná. Výsledný snímek může obsahovat nespojitosti, protože sousední pixely objektů mohou být ve výsledném obraze posunuty až o polovinu šířky pixelu
- Zachovává původní hodnoty pixelů.
- Pokud však transformovaný obraz bude v následujících krocích klasifikován, je nutné použít právě tohoto algoritmu.

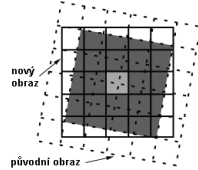
Metoda bilineární interpolace



- Hodnota pixelu v novém obraze vypočtena jako vážený průměr čtyř nejbližších pixelů z původního obrazu.
- Výsledný obraz neobsahuje nespojitosti v poloze objektů, avšak shlazuje výsledný obraz, který ztrácí rozlišení.
- Mění původní hodnoty obrazových prvků, což může ovlivňovat výsledky následné spektrální analýzy obrazu.

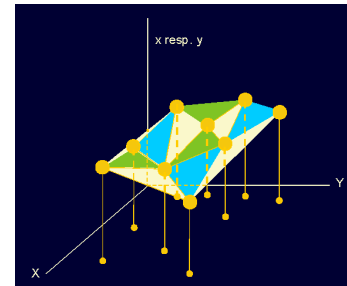
Metoda kubické konvoluce

- Nová hodnota obrazového prvku vypočtena jako vážený průměr ze 16 nejbližších pixelů původního obrazu.
- Z hlediska geometrické přesnosti dává tato metoda lepší výsledky než metody předchozí.
- Výsledný transformovaný obraz má ostrý vzhled, opět však mění původní hodnoty pixelů.
- Algoritmus je výpočetně nejvíce náročný.
- V případě funkce $\sin(x)/x$ může být nová hodnota obrazového prvku vypočtena jako vážený průměr 64 resp. 256 okolních pixelů.

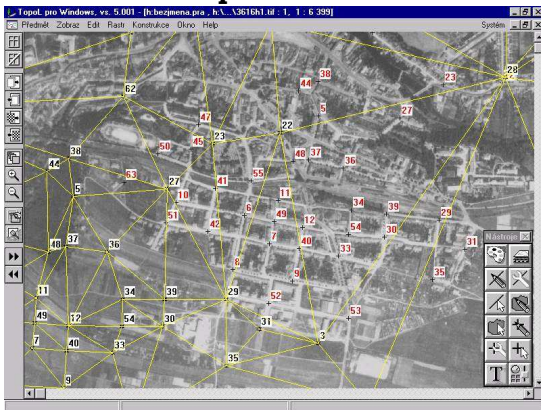


Transformace po částech

- Transformace exaktní
- Transformace lokální
- Nemožnost extrapolace
- TIN model

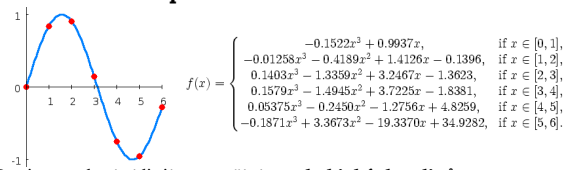


Transformace po částech



Splínové funkce

- Metoda minimální křivosti
- Globální interpolace
- Interpolace exaktní
- Potřeba velkého množství bodů
- Potřeba nezávislých kontrolních bodů pro hodnocení přesnosti

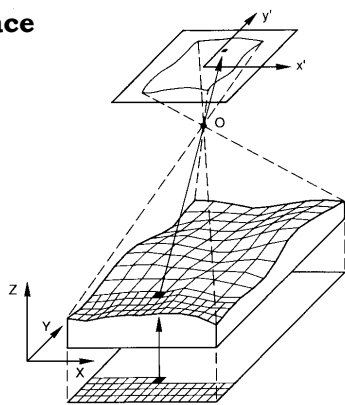


Pro interpolování linií se používá tzv. **kubických splínů**, pro interpolování snímků se využívá jejich 2D analogie označované jako „thin plate splines“

Orthorektifikace



kolineární rovnice

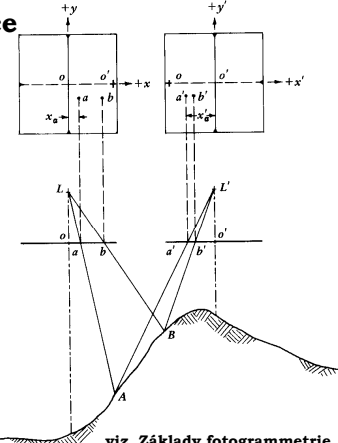


viz. Základy fotogrammetrie ...

Orthorektifikace

Princip snímkové **paralaxy**:

změna v poloze identického objektu na stereopáru je nepřímo úměrná vzdálenosti objektu od místa pozorování.



viz. Základy fotogrammetrie ..

Empirické modely

- 3D polynomické transformace
- Jako 2D polynom, ale uvažují i souřadnici Z
- Vyžadují značný počet identických bodů

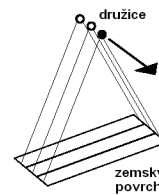
$$P_{2D}(X, Y) = \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n a_{ij} X^i Y^j$$

$$P_{3D}(X, Y, Z) = \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n \sum_{k=0}^p a_{ijk} X^i Y^j Z^k$$

Empirické modely

- Poměrové funkce („rational“)

$$R_{3D}(X, Y, Z) = \frac{\sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n \sum_{k=0}^p a_{ijk} X^i Y^j Z^k}{\sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n \sum_{k=0}^p b_{ijk} X^i Y^j Z^k}$$



Poměr dvou polynomů 3 stupně, které jsou funkcí X, Y, Z
Koeficienty transformačních rovnic jsou poskytovány se snímkem či je nutné je vypočítat pomocí vličovacích bodů

Využitelné pro letecké snímky pokud chybějí informace o kameře a pro družicové, pokud není znám fyzikální model (IRS).

Aplikovatelné na snímky menších rozměrů

Modelový přístup – fyzikální model

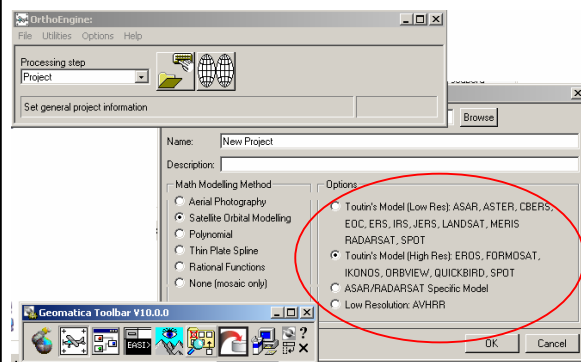
Empirické modely geometrické korekce lze využít pro snímky kolmé, pořízené se širokým úhlem záběru.

Pro systémy jako SPOT, IKONOS apod. se využívá fyzikálních modelů – spočívají v modelování všech zdrojů geometrických nepřesností.

Takový model obsahuje tři součásti:

- Specifický model senzoru
- Model orbity
- Model snímaného území

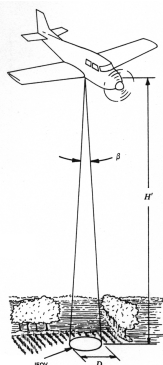
Modelový přístup



Model senzoru

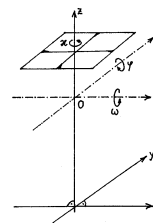
Model senzoru vychází ze znalosti jeho mechanických či optických komponent určujících tzv. parametr IFOV (okamžitě zorné pole radiometru).

IFOV definuje velikost pixelu ve výsledném obraze.



IFOV – instantaneous field of view

Model orbity



Poskytuje přesnou prostorovou polohu nosiče (tři souřadnice x, y, z) a také přesnou orientaci ve všech třech prostorových osách (tři úhly rotace ω , ϕ , κ).

Model snímaného území

Zahrnuje jednak **definování parametrů geoidu** a jednak definování topografie snímaného terénu - tedy digitálního modelu území.

$$x^2 + y^2 + z^2 = R_e^2 \quad \left(\frac{x}{R_e}\right)^2 + \left(\frac{y}{R_e}\right)^2 + \left(\frac{z}{R_p}\right)^2 = 1$$

$$R_p = (1 - 1/f)R_e$$

x,y,z - souřadnice bodu na zemském povrchu

R_e - poloměr země

f = faktor zploštění (298,255)

Model terénu z družicových dat

Možnosti získávání digitálního modelu terénu z družicových obrazových dat:

- **Zpracování stereoskopických dvojic obrazových záznamů (např. SPOT, JERS-1, IRS, QuickBird)**
- **Zpracování stereoskopických dvojic obrazových záznamů poskytovaných i radarovými systémy (RADARSAT)**
- **Zpracování dat z radaru metodami tzv. interferometrie (viz. DPZ)**

Poznámky ke geometrické korekci obrazů

Mnoho současných družicových systémů poskytuje snímky šikmé (off-nadir) při poměrně malé šířce scény.

Zvyšuje se jejich prostorové rozlišení - některé vlivy na geometrii obrazu již nelze zanedbat.

Přesnější postupy geometrické korekce vyžadují metody následné fúze dat.

Úrovně předzpracování družicových obrazových dat

Level 1A - radiometrické úpravy

Level 2A - radiometrické a 2D geometrická transformace

Ortho - radiometrické a orthorektifikace

Základní používané pojmy

- **Rektifikace**
- **Registrace**
- **Georeferencování**
- **Geokódování**
- **Ortorektifikace**
- **Převzorkování**