

# *Geografické informační systémy*

## *Slajdy pro předmět GIS*

Martin Hrubý

hrubym @ fit.vutbr.cz

Vysoké učení technické v Brně  
Fakulta informačních technologií,  
Božetěchova 2, 61266 Brno

—

akademický rok 2004/05

## Činnosti v rámci projektu GIS



vstup a restrukturalizace údajů

# Činnosti v rámci GIS projektu

---

4 typické kroky v GIS projektu

- Stanovení cílů projektu
- Budování databáze
- Vykonání analýz a syntéz údajů
- Prezentace výsledků analýz

# Vstup údajů

---

- Nejnáročnější a nejnákladnější část práce.
- Různé zdroje údajů - mapy, výkresy, fotogrammetrické zdroje, DPZ, geodetická měření, statistické údaje, CAD...
- Vhodný pracovní postup, technická zařízení

# Zdroje údajů

---

- Dostupnost (veřejná), trh s geografickými údaji
- Vlastnická (autorská) práva
  
- Přímé měření - měří se prostorové a časové fenomény pomocí vhodné škály (počet, výskyt, ...) - měření počtu entit nějakého rostlinného druhu v dané lokalitě, množství srážek (nádobou)
- nepřímé - měří se prostřednictvím chemických, fyzikálních nebo biotických znaků (spíše jevy) - měření teploty přes jev roztahování rtuti ve sloupci, měření intenzity záření přes vybuzené napětí ve fotobuňce
- u měření geodat převažuje nepřímé způsob měření

Poznámka: důvod zaznamenávání údajů, analogový záznam, digitální záznam, digitalizace

Digitalizace - chyby, způsoby (manuální, poloautomatický, Geografické informační systémy – p. 5)

# Zdroje údajů

---

## Primární zdroje

- přímé měření a zjišťování na geoobjektech
- Geodetická měření - geometrická část popisu
- Atributová část popisu - přímé zjišťování, měření, statistiky
- Fotogrammetrie - klasický zdroj údajů pro mapování. Dále DPZ - rozsáhlá území.

## Sekundární zdroje

- kartografické zdroje, vznikly primárně měřeními
- mapa je ovlivněna účelem, pro který vznikla
- primární zdroje se zdají vhodnější. V praxi bývají naopak zdrojem vstupů již existující mapy

# Sekundární zdroje

---

Související faktory:

- přesnost map, měřítko. Snímací zařízení musí být přesné
- jemné detaily (tloušťka čar pod 0.1 mm)
- množství barev
- zobrazované území je rozděleno do mapových listů - skládání
- mapy nejsou primárně určeny pro skenování

S ohledem na tradice lokality - velká území s řídkým obydlením (Kanada) dají přednost DPZ (navíc jsou vždy aktuální). Země s bohatou tradicí kartografie spíš vychází z vytvořeného fontu map.

Vstup údajů - kroky: vstup geometrie, vstup topologie, vstup atributů

# Vstup údajů z primárních zdrojů

---

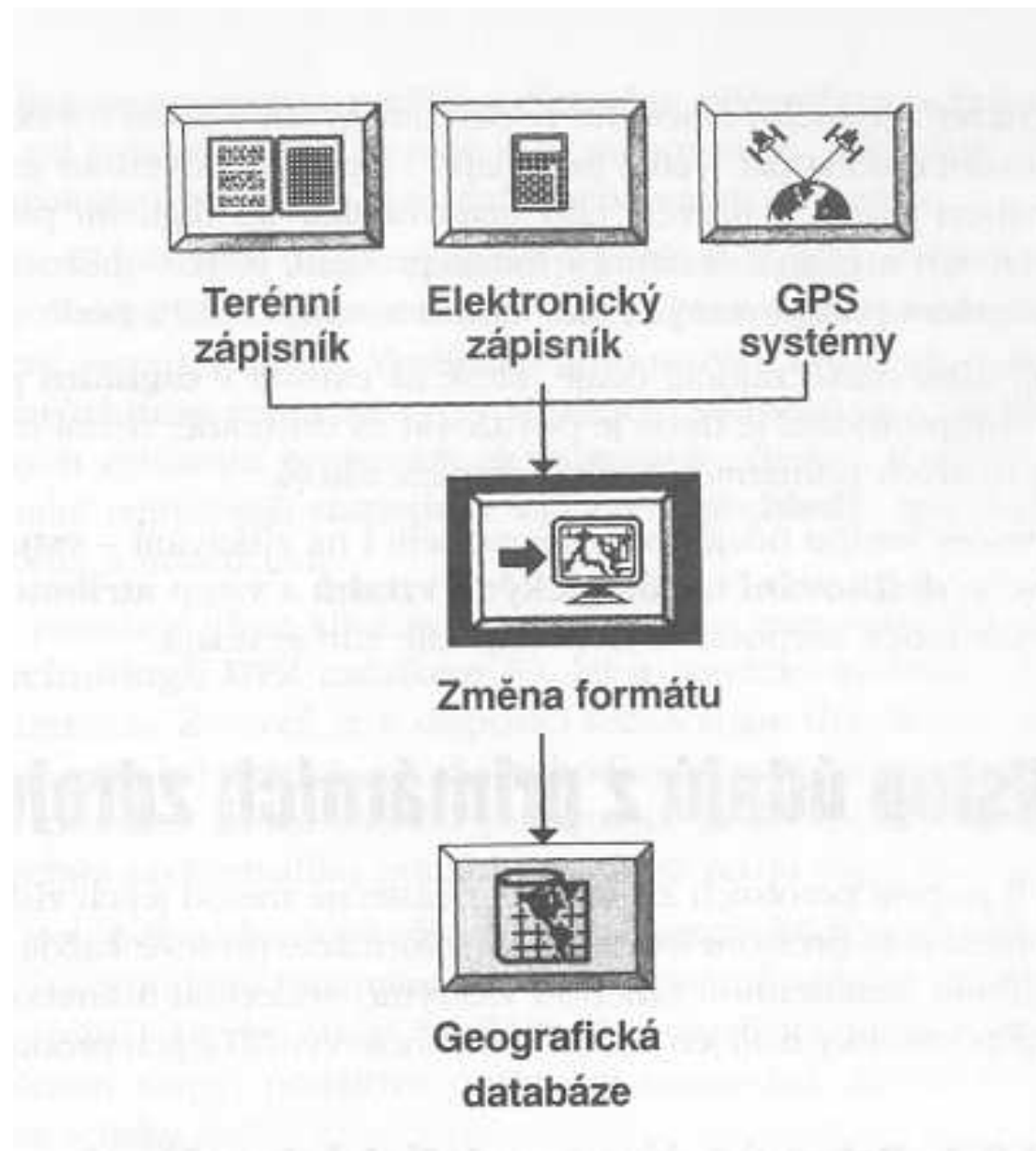
...z geodetických měření

- Průzkum v terénu
- Geodetický zápisník, pak digitalizace
- Elektronická zařízení, vysoká přesnost
- MicroGEO, Geo, COGO
- Pochopitelné je uplatnění GPS



# Vstup údajů z primárních zdrojů

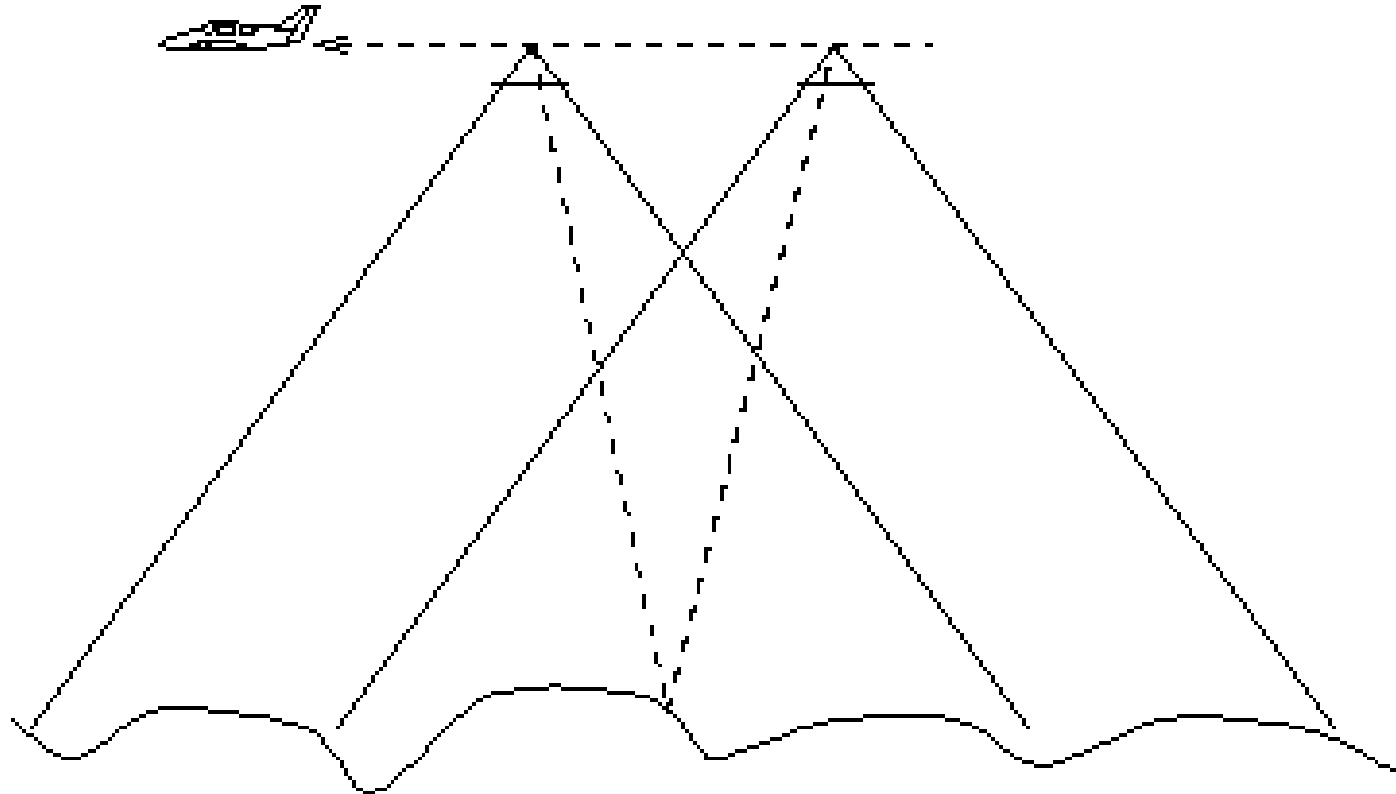
---



# ...Fotogrammetrie

---

Fotogrammetrie je obor a věda, která se zabývá rekonstrukcí tvaru, velikosti a polohy předmětů zobrazených na fotogrammetrických snímcích (základem je snímek). Různé přístupy k pořízení snímku.



# ...Fotogrammetrie

---

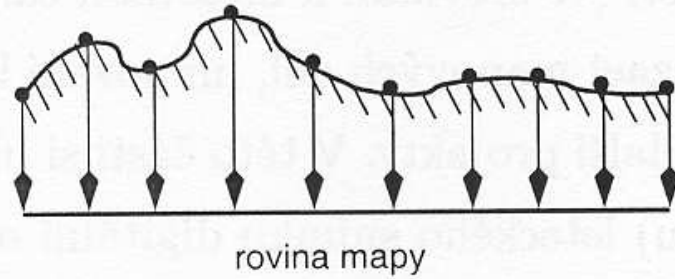
- předpoklad - úhel pohledu je nulový (osa objektivu míří "kolmo dolů")
- středová projekce snímku - transformace - ortogonální projekce
- podstatné - měření neprobíhá v terénu, ale na pořízeném snímku (podobně DPZ)
- fotointerpretace - průzkum snímku, popis předmětů na snímku

## Rozdělení fotogrammetrie:

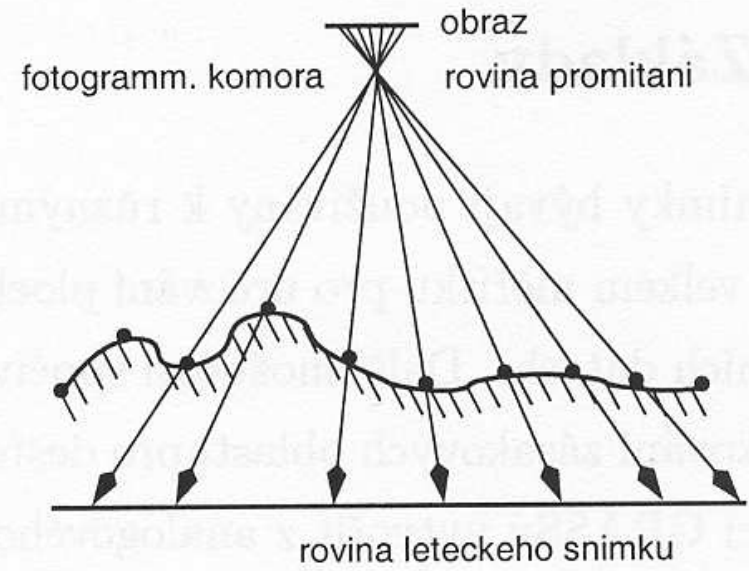
- podle polohy kamery - pozemní a letecká
- podle vyhotovené - jednosnímková, dvojsnímková (snímková dvojice, prostorový model)
- podle výstupu - analytická, analogová, digitální
- digitální - zřejmě trend

# Foto

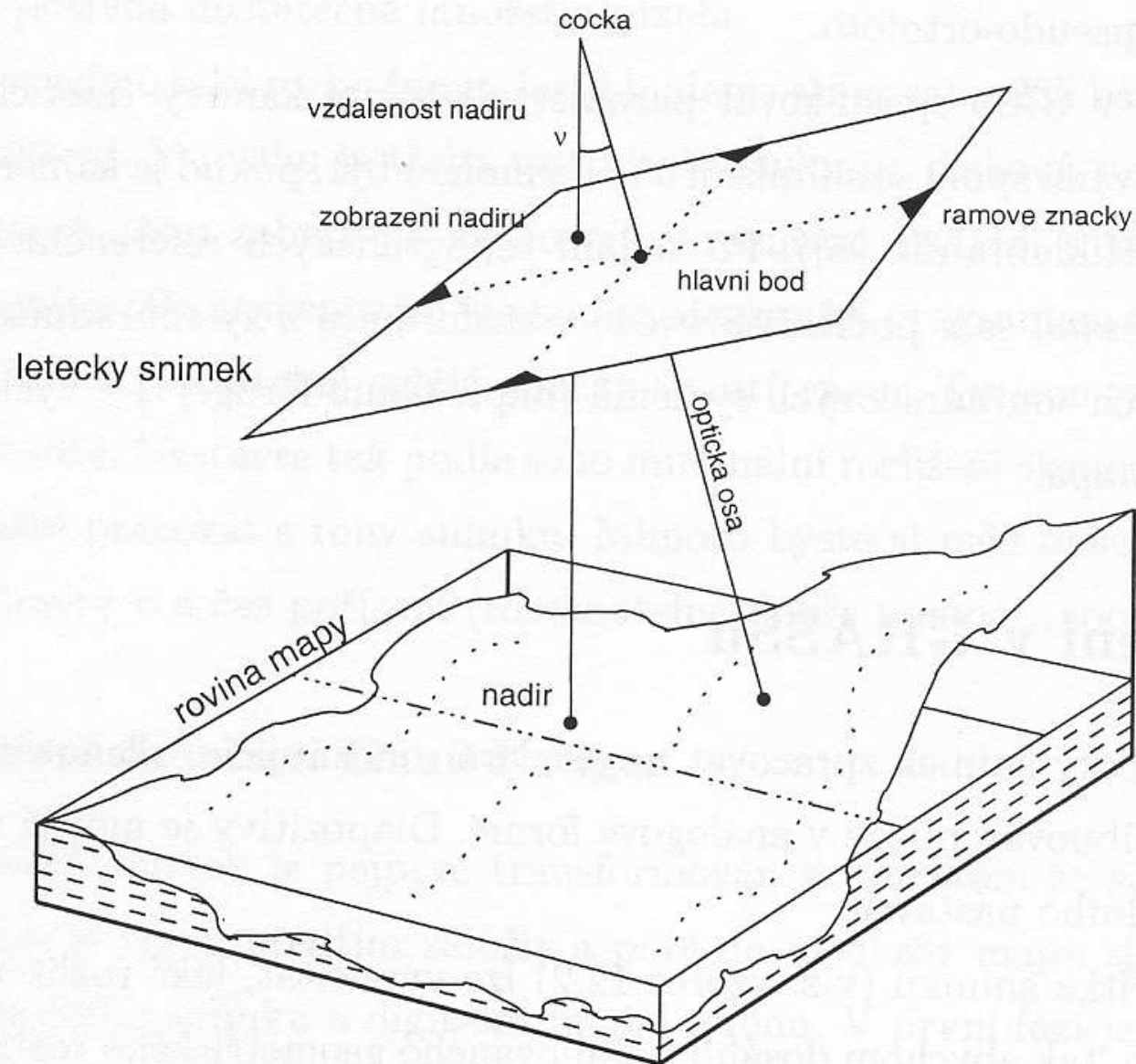
ortogonalni projekce



stredove promitani



# Foto



# ...Fotogrammetrie

---

- Nadir - bod na zemském povrchu, který protíná osa objektivu.
- Je-li povrch území "hladký", tak může být obraz přímo použit pro odečet vzdáleností a ploch.
- U členitého povrchu musí platit:  $\delta h_{max} = \frac{M}{500}$  (výškové rozdíly nesmí být větší než měřítko snímku děleno 500)
- mějme 1:10 000, pak maximální rozdíl výšek musí být 20m. Jinak se musí transformovat na ortofotomapu
- Stereoskopie - dva snímky, každé oko sleduje jeden z nich. Vzniká prostorový dojem.

# ...DPZ

---

Každé získávání informací o objektu zkoumáním z dálky. Podle ISPRS - DPZ je umění, věda a technologie na získávání spolehlivých informací o fyzikálních objektech a jejich okolí pomocí záznamu, měření a interpretace snímků a digitálních záznamů, které se získávají pomocí nekontaktních snímacích systémů.

Podle zdroje (snímacího) záření:

- pasivní systémy - zdroj záření je přirozený (Slunce)
- aktivní systémy - vlastní zdroj záření (vysílají ho k Zemi a snímají odraz)
- spektrum záření, odrazivost různých povrchů

Počátky DPZ sahají k roku 1967 - systém Landsat (NASA).

1978 - začátek projektu SPOT (Francie, Švédsko, Belgie). 1986 start prvního nosiče.

Orbita. 705 km Landsat, 832 km SPOT. Landsat přelétá nad námi v 9:00, SPOT kolem desáté.

# ...DPZ

---

- Landsat - 25x25m, 10x10m. SPOT 20x20m
- rozlišení je ovlivněno stylem snímání (kanály, barvy)
- výsledné snímky jsou v UTM, pak převod do lokálních souřadnic
- grass: načte se do x-y location, úpravy, přesun do jiné location (i.in.erdas, r.in.gdal)
- další informace v manuálu GRASS. Cvičení

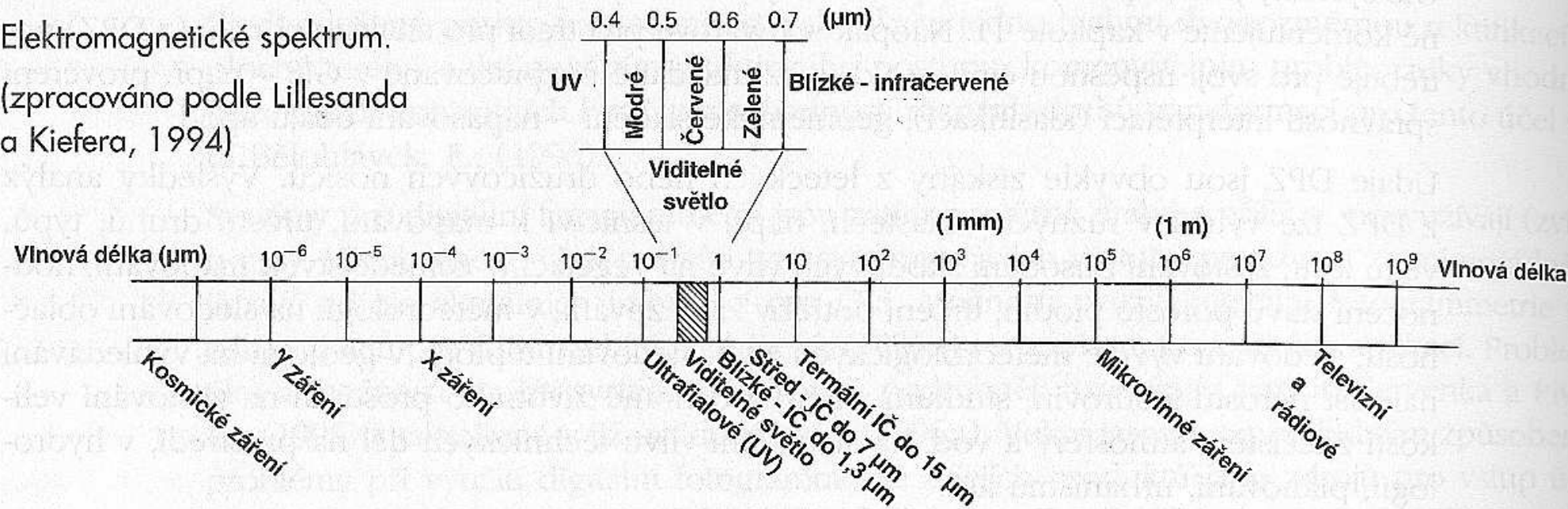


# DPZ - spektrum

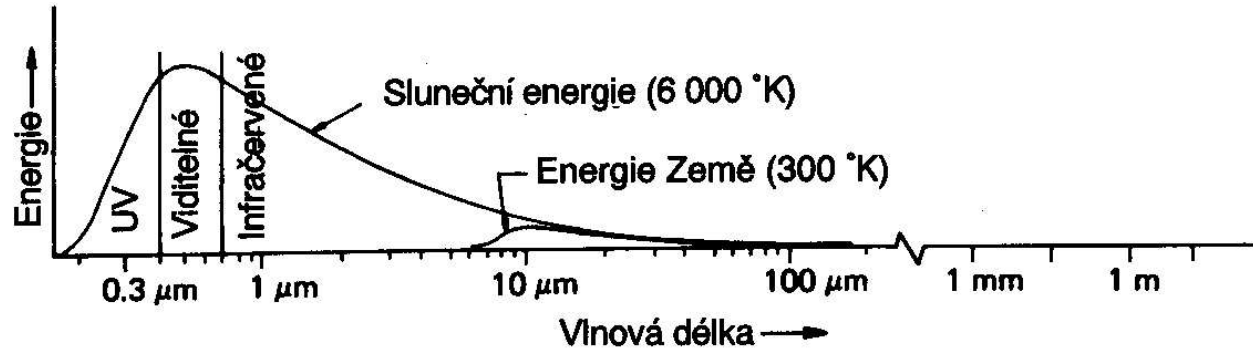
Obr. 9.2.

Elektromagnetické spektrum.

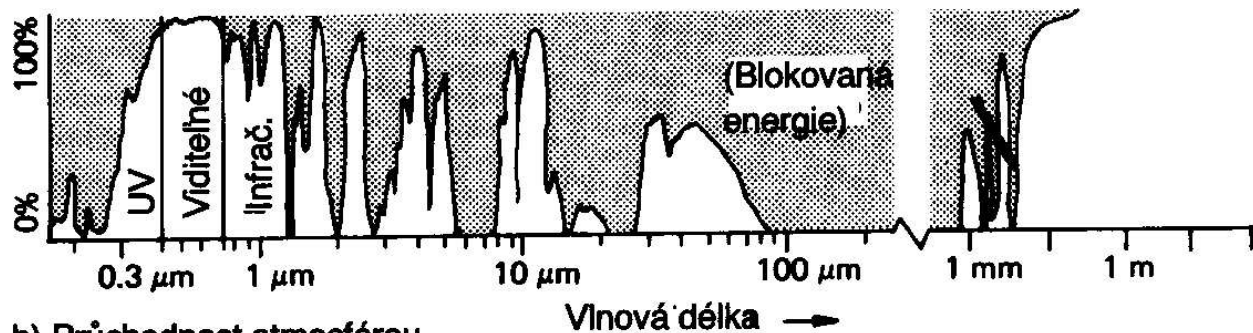
(zpracováno podle Lillesanda  
a Kiefera, 1994)



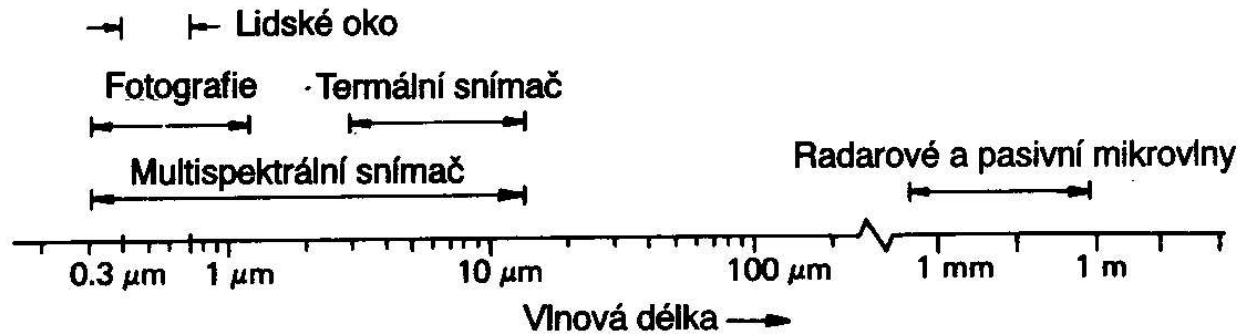
# DPZ - spektrum



a) Zdroje energie

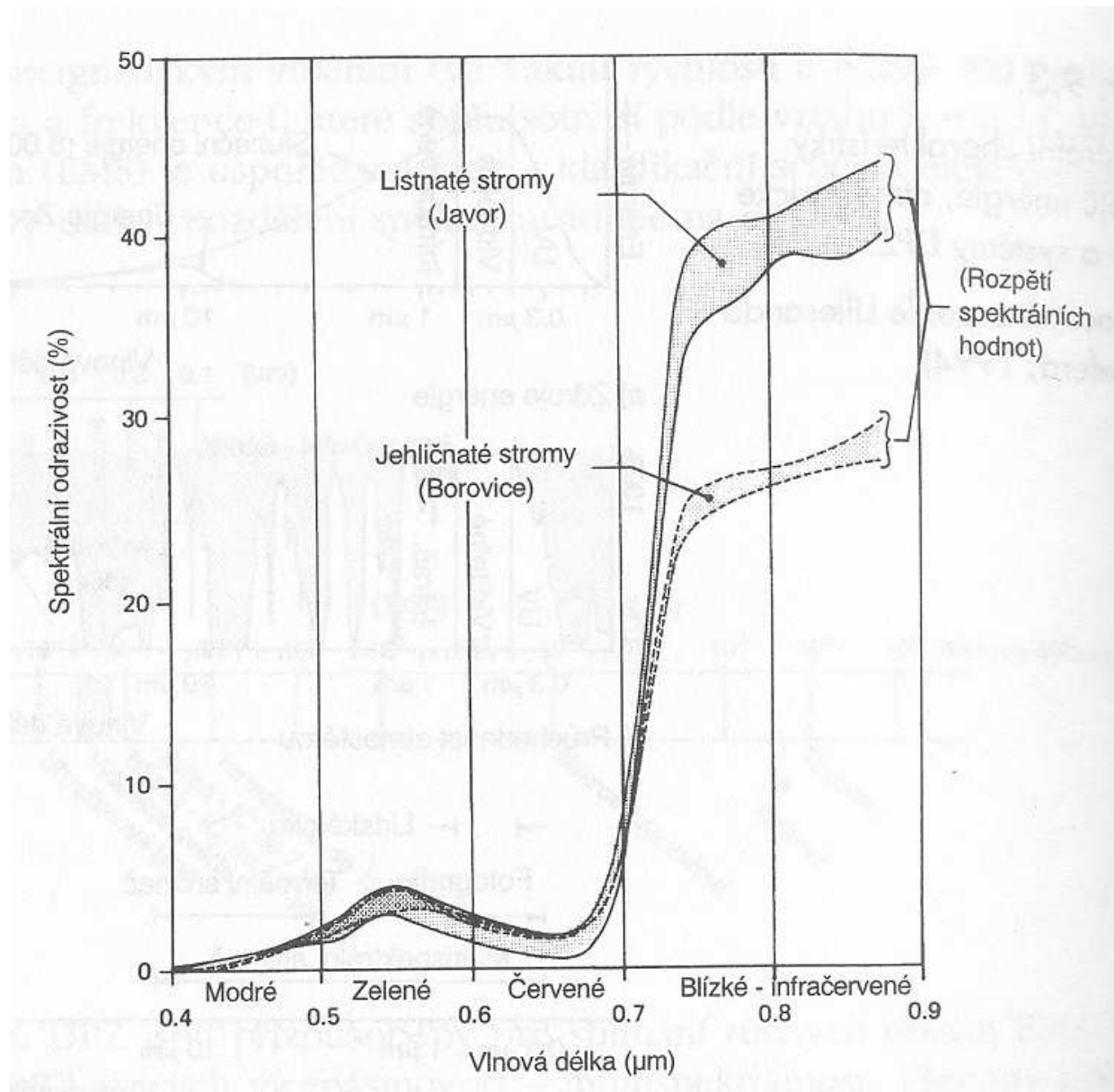


b) Průchodnost atmosférou

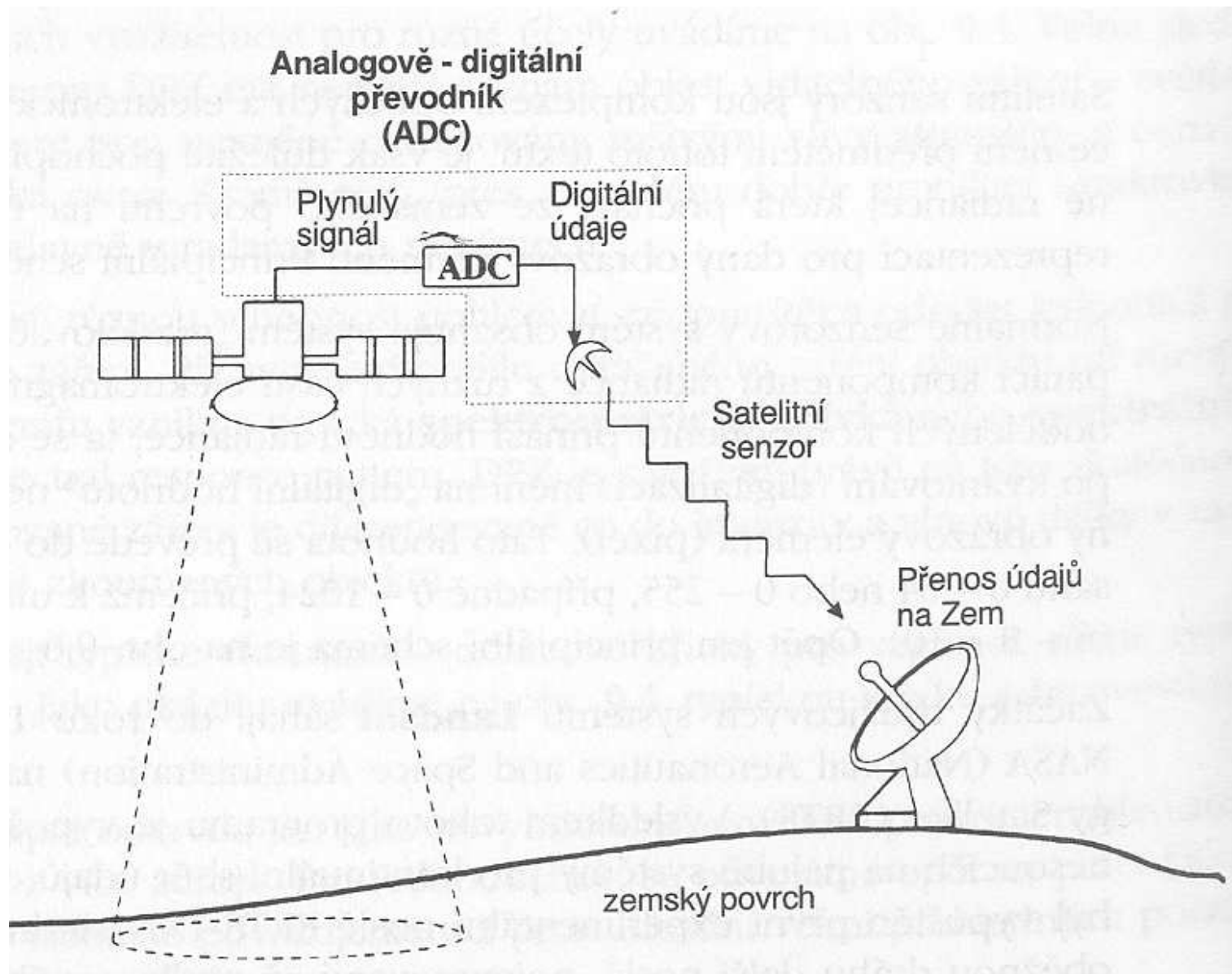


c) Běžné systémy DPZ

# Spe. křivka odrazivosti



# DPZ - schéma systému



# Vstup ze sekundárních zdrojů

---

Manuální vstup přes klávesnici:

- rozhodně ne pro prostorové údaje
- vektory - změření souřadnic na zdroji, přepočtení, ruční zápis do DB
- rastry - vypisování všech (atributových) hodnot buněk
- lze ovšem připustit ruční zadávání atributových údajů pro vektory (existují OCR pro mapy)

Digitalizace:

- nejčastěji používaný způsob pro vstup prostorových údajů
- tablet (digitizér) - zařízení na snímání souřadnic - různě velká pracovní plocha, rozlišovací schopnost
- (později vektorizace na obrazovce)

# Práce s tabletem

---



# Digitalizace

---

Postup digitalizace: (závisí na použitém softwaru)

- definování pracovní oblasti - zadání souřadnic okrajů mapy (boundary)
- zadání polohy kontrolních bodů (tics) - referenční body na mapě. Použití při srovnání více vrstev, transformaci souřadnicového systému digitizéru na souřadnicový systém mapy. Registrace mapy
- vlastní editace objektů
- editace chyb

Kontrolní body - alespoň 4. Zadají se do mapy, slouží pro posouzení chyby snímání digitizérem. Například značky na okrajích mapy. Průměrná kvadratická odchylka:

$$RMSError = \sqrt{\frac{e_1^2 + e_2^2 + e_3^2 + \dots + e_n^2}{n}}$$

(dale k chybe)

# Vlastní digitalizace

---

Zjišťujeme polohu bodů. Definujeme linie a plochy.  
Náročná práce. Způsobuje chyby:

- nespojení čar v lomových bodech nebo průsečích
- nedotahy a přetahy čar
- vynechání bodů nebo čar
- vícenásobné zaznamenání
- nesprávné označení
- nesprávné umístění objektu nebo jeho části

Editovací programy poskytují funkce: zooming, mazání, spojení čar, přemístování objektů...

Obvykle to jsou specializované moduly GIS systémů - ArcGIS  
(ADS - arc digitizing system)



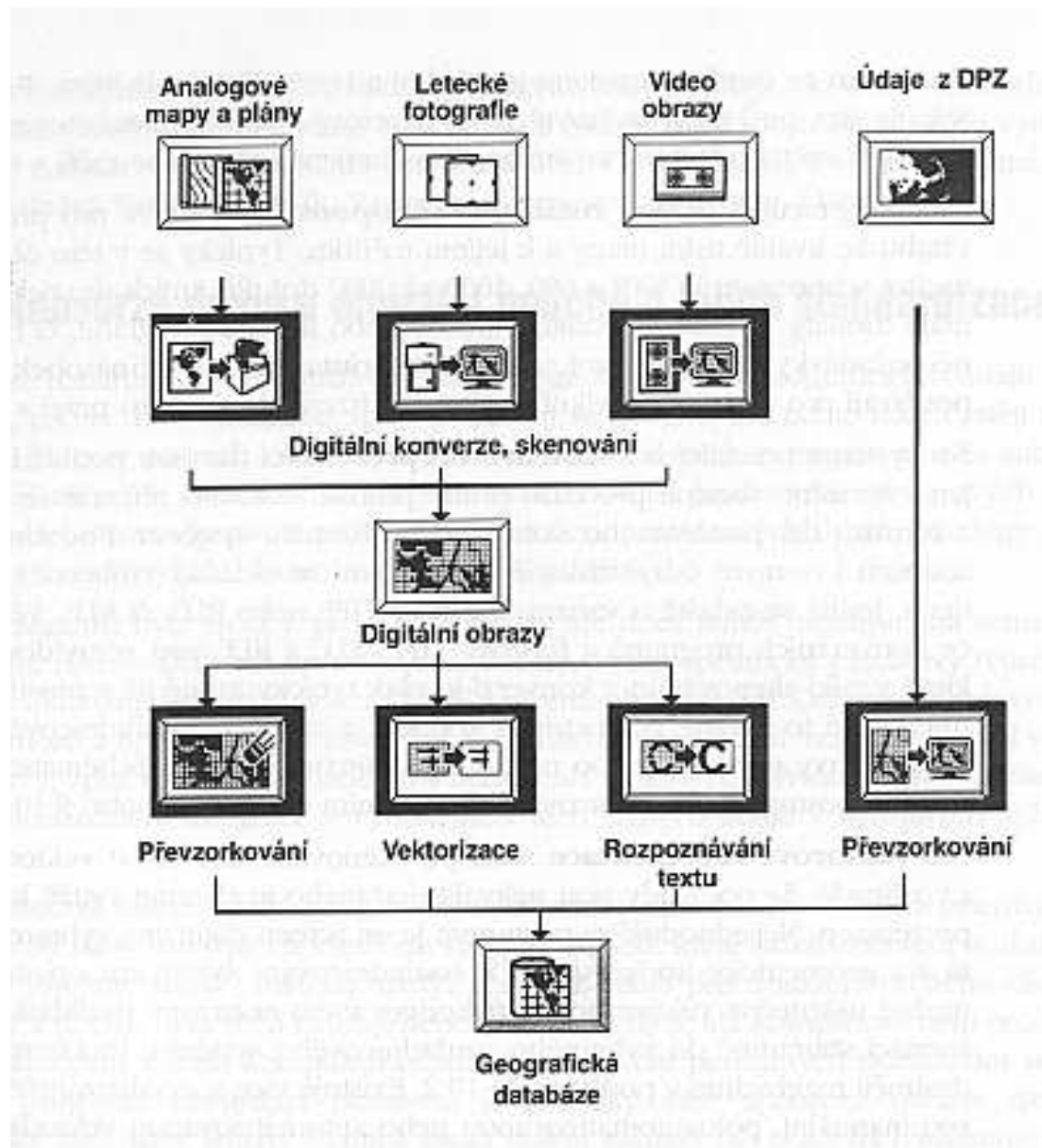
# Digitalizace rastrů

---

Po digitalizaci následuje tzv. rasterizace. Jedná se o překrytí prázdného rastrového souboru vektorovým. Rastrový soubor už má předem definované rozměry, rozlišení.

Převod vektorů na rastry bude následovat (části vektorů).

# Zdroje dat



# Digitalizace na obrazovce

---

Moderní přístup (nevyžaduje spec. zařízení).

- máme digitalizovaná data (mapy, zdroje z DPZ)
- přemístíme je do GIS systému
- na obrazovce do nich zakreslujeme vektory
- současně se plní DB atributy
- bude na jednom lab. cvičení
- kromě čistě manuálních postupů existují algoritmy poloautomatického převodu (výsledky závisí na kvalitě předlohy)

Standardizace dat.

# Budování topologie, vstup atributů

---

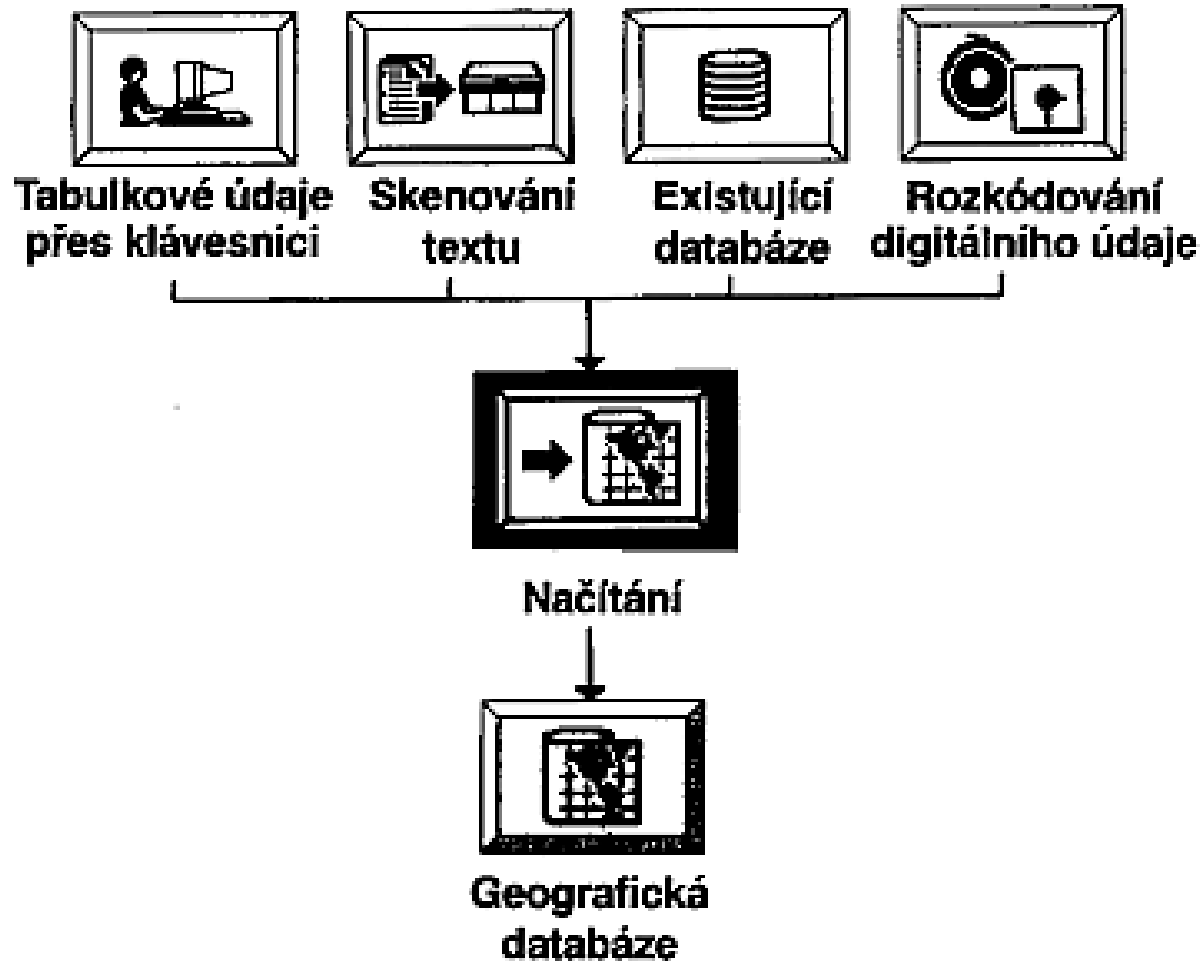
Topologie - racionální vybudování reprezentace složitějších objektů.

- topologických vztahů není omezeně
- souvisí s uložením dat, analýzou
- topologie mezi vrstvami - města a silnice
- 
- Atributy - importy z databází, ruční zadávání

Získávání geodat je velký a drahý problém.

# Zdroje dat, atributy

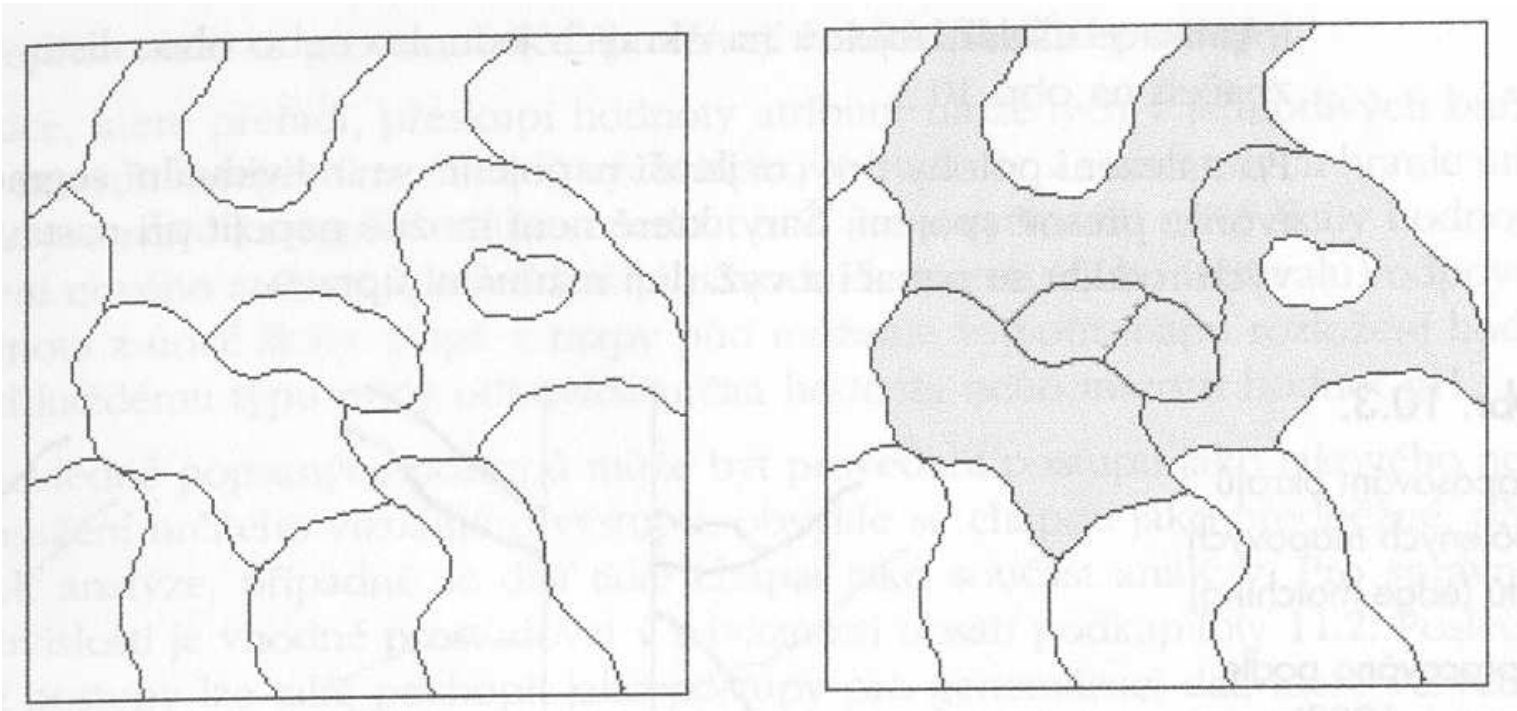
---



# Restrukturalizace údajů

---

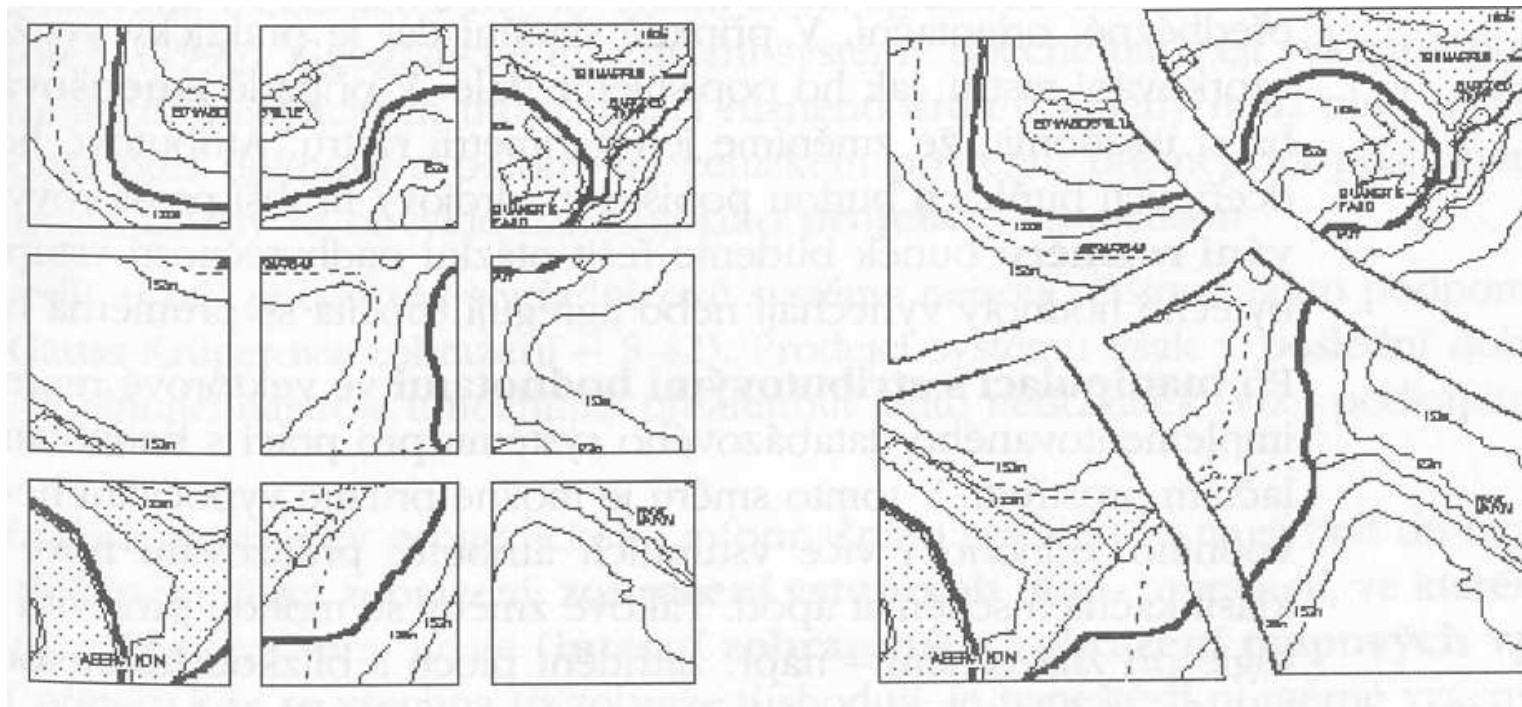
Změna topologických vztahů.



# Restrukturalizace údajů

Rozdělení údajů (podle hranic):

- pravidelné - mapové listy
- nepravidelné - mnohdy flexibilnější. Například sleduje určité národní, regionální hranice....

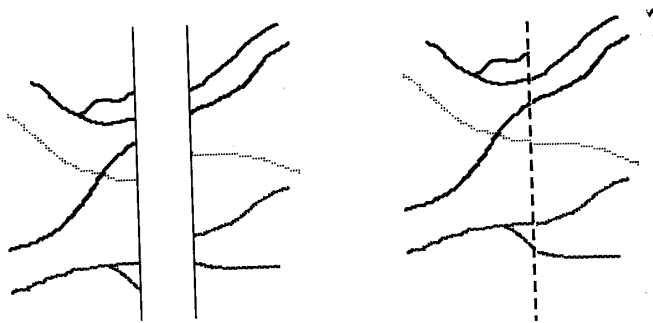


# Restrukturalizace údajů

---

Rozdělení údajů (podle hranic):

- u rastrové reprezentace spíš pravidelné dělení. Jinak zavedení "pozadí"
- dělení vyžaduje zavedení a správu okrajů
- ztotožnění okrajů (edge-matching) - správné napojení okrajů map a hlavně napojení objektů na okrajích (objekty se stejnou atributovou hodnotou)
- nenapojitelné čáry nutno opravit ručně





# Restrukturalizace údajů

---

Rozdělení údajů (podle hranic):

- pochopitelně se musí přebudovat topologie objektů, které zasahují do obou mapových listů
- GIS také obsahují funkce pro napojování na základě referenčních bodů

# Restrukturalizace údajů

---

Změny v rastru:

- změna velikosti buňky rastru - změna rozlišovací úrovně.  
Účel
- navazuje na analýzy při změnách velikosti
- při zjemňování rastru - dochází pouze k úpravě geometrie rastru (jedna buňka se rozdělí na víc menších - a převezmou atribut)
- zvětšování rozměru - je nutné přepočítat nové atributy (z mnoha atributů menších buněk odvodit ten výsledný ve větší buňce)

Při manipulaci s atributy vektorů - databázové operace.

Například "slučování" (polygon dissolve) - sloučí se sousedící polygony s příbuznou hodnotou atributu - následuje přebudování topologie (např. susednosti)

# Restrukturalizace údajů

---

- u rastrů mluvíme o reklasifikačních postupech (r.reclass)
- (překódování atributů do jiné podoby)
- r.mapcalc - složitější odvozování mapy

# Změna parametrů mapy

---

- změna projekce
- transformace souřadnicového systému
- převzorkování

Změna zeměpisných souřadnic na pravoúhlé (S-42, S-JTSK) se nazývá analytická transformace. Projekce - přepočítání zeměpisné souřadnice.

Pracujeme s typy zobrazení:

- zobrazení vstupních map
- interní zobrazení - uložení dat, analýzy
- zobrazení mapových výstupů

V ideálním případě jsou všechny tři stejné. V praxi jinak (minimálně v měřítku map). Problém roste při potřebě slučovat větší územní celky (nadmístní). Jednotné zobrazení není takřka možné.

# Transformace...

---

- numerické transformace - transformace hodnot souřadnic mezi rovinnými pravoúhlými souř. systémy
- nevyžadují znalost kartografických zobrazení nového a původního systému
- jsou založeny pouze na znalosti přesné polohy vybraných bodů (referenční) v obou systémech
- prakticky všechny metody korekcí leteckých a družicových snímků jsou založeny na výpočtu parametrů transformací z pozemních kontrolních bodů

Metody transformace:

- lineární konformní transformace
- polynomická transformace

# Lineární konformní transformace

---

Také tzv. Helmertova transformace

$$x' = (m * x * \cos(\beta) + m * y * \sin(\beta)) + a$$

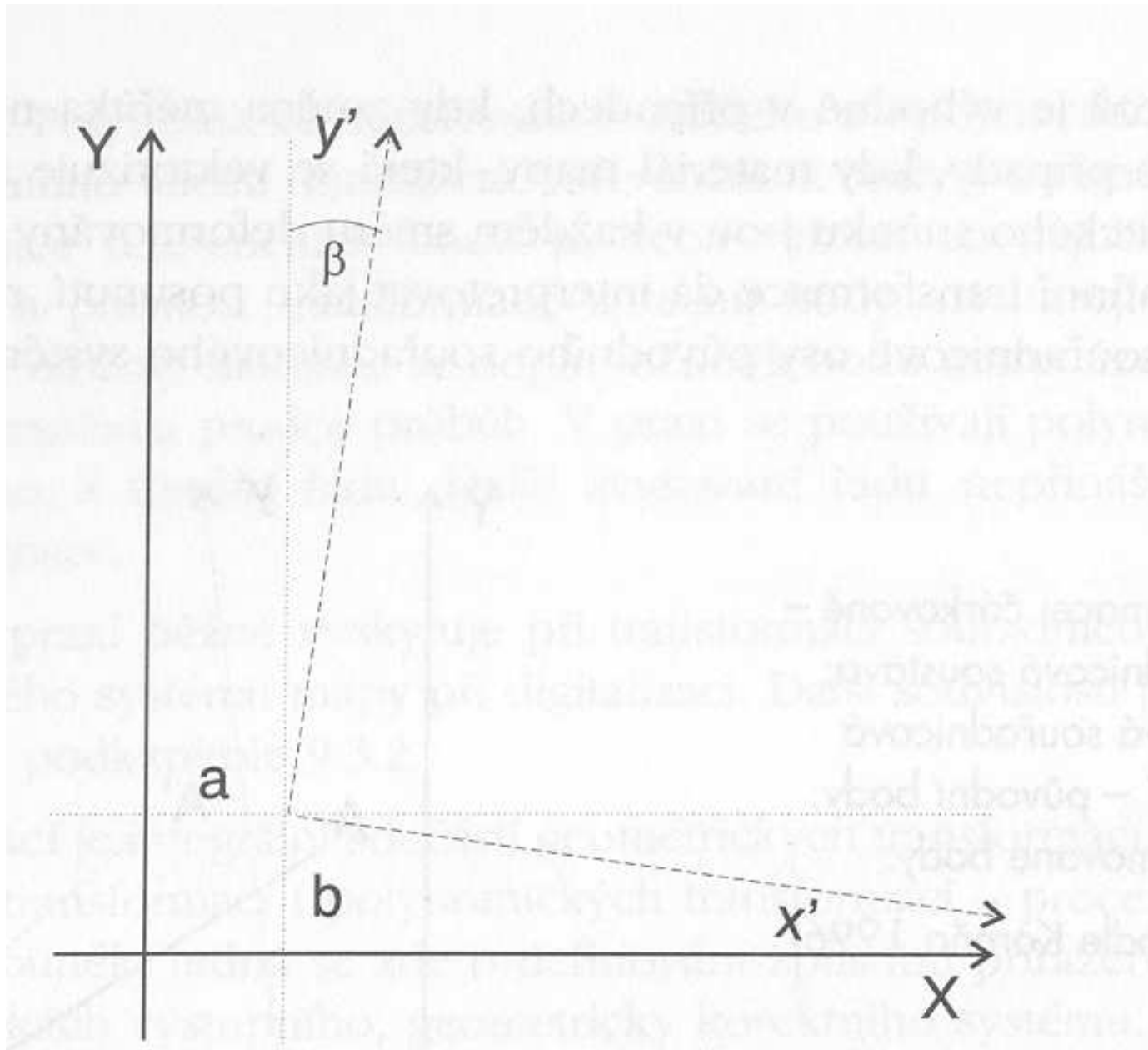
$$y' = (-m * x * \sin(\beta) + m * y * \cos(\beta)) + b$$

Provádí:

- posunutí  $a, b$
- otočení (rotace)  $\beta$
- změnu měřítka  $m$ –krát

# Lineární konformní transformace

---



# Lineární konformní transformace

---

Pro dvojici kontrolních bodů:  $(x_1, y_1), (x_2, y_2) \rightarrow (x'_1, y'_1), (x'_2, y'_2)$

$$m * \cos(\beta) = \frac{(x_2 - x_1) * (y'_2 - y'_1) - (y_2 - y_1) * (x'_2 - x'_1)}{(x'_2 - x'_1) * (x'_2 - x'_1) + (y'_2 - y'_1) * (y'_2 - y'_1)}$$

$$m * \sin(\alpha) = \frac{(x_2 - x_1) * (x'_2 - x'_1) + (y_2 - y_1) * (y'_2 - y'_1)}{(x'_2 - x'_1) * (x'_2 - x'_1) + (y'_2 - y'_1) * (y'_2 - y'_1)}$$

Pro optimální odhad parametrů transformace se používá víc bodů (4). Hodnoty koeficientů se pak vypočtou metodou nejmenších čtverců, při které se minimalizuje rozdíl v poloze mezi souřadnicemi v obou systémech.



# Polynomická transformace

---

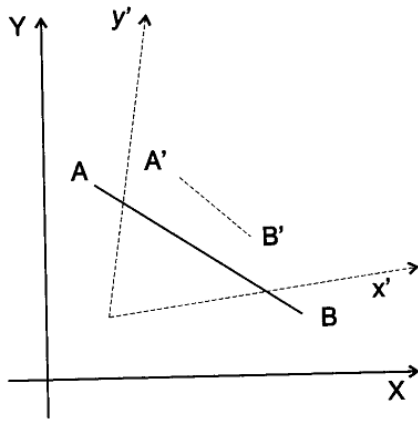
Afinní transformace - polynomická transformace prvního řádu (nejjednodušší případ).

$$x' = a * x + b * y + c \quad (x', y' \text{ jsou původní body})$$

$$y' = d * x + e * y + f$$

Jednotlivé souřadnice se transformují nezávisle. Korekce ve směru každé osy se provádí odděleně (výhodné, když změna měřítka není ve všech směrech stejná) - například při transformaci leteckého snímku, který je deformován v každém směru (náhodně) jinak.

Opět z většího počtu bodů. Afinní transformace se běžně používá při transformaci souřadnicového systému digitizéru do systému mapy.



# Rastrové transformace

---

Změna polohy středu buňky, změna atributu.

Převzorkování - pomocí transformací se vypočte hodnota nového středu buňky. Jak přiřadit novou atributovou hodnotu?

- přiřazení hodnoty nejbližšího souseda (nearest neighbour assignment) - atribut je vybrán z buňky nejbližší středu v původním rastru
- bilineární transformace (vhodná pro povrchy) - vychází se ze čtyř okolních hodnot původního rastru v okolí nového středu. Provádí se průměr vážený vzdálenostmi. Nevýhoda: vyhlazování hran, odfiltrování extrémních hodnot.
- kubická konvoluce - podobná bilineární. 16 hodnot z okolí

# Generalizace

---

V kartografii: výběr a zjednodušování reprezentace detailů objektů s ohledem na měřítko a (anebo) účel mapy.

- mnoho úsilí se věnuje automatizaci procesů generalizace
- vztah k měřítku - na jaké úrovni měřítka se má provést jistá generalizace
- generalizace bodů
- generalizace linií - snížení počtu čar (zlomů v linii)

# Konverze reprezentací

---

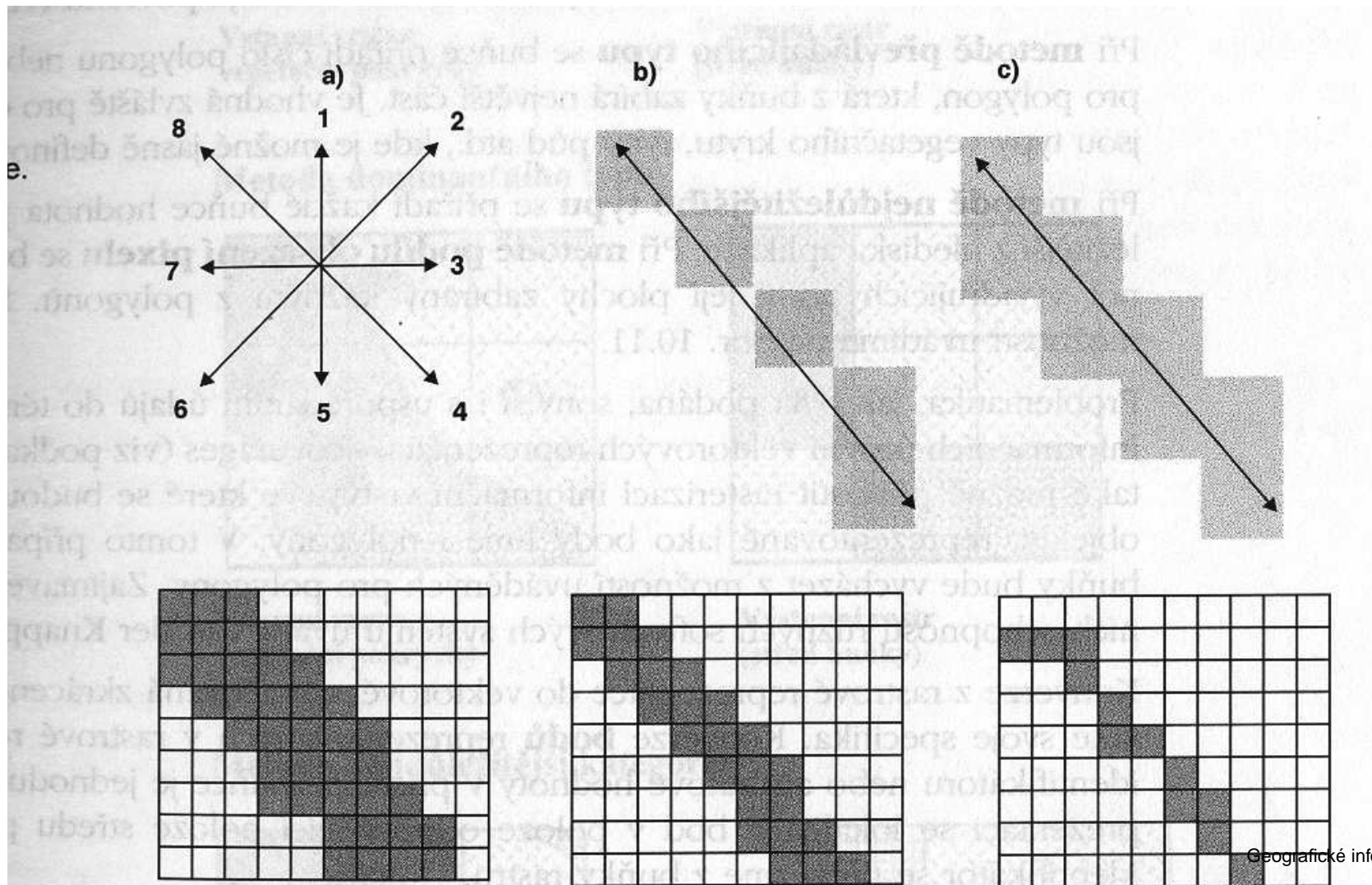
Vektor na rastr:

- na první pohled jednoduchá záležitost
- (bod, linie, polygon)
- atributové hodnoty - co vložit do výsledné buňky rastru? (katalogové číslo, významný atribut - podle aplikace)
- body - umístí se do buňky, kam padnou
- linie - překrytí vektorové reprezentace přes rastrovou (zasažené buňky "se vybarví")

skeletonizace - ztenčování linií, hledání minimální reprezentace linie (po variantě "všechny zasažené")

# Vektor-rastr

a) možnost výběru sousedních pixelů, b) propojování sousedních pixelů, c) rasterizace všech zasažených, d) skeletonizace



# Vektor-rastr (polygony)

---

Rasterizace geometrie = ohraničujících linií + následně vyplnění obsahu.

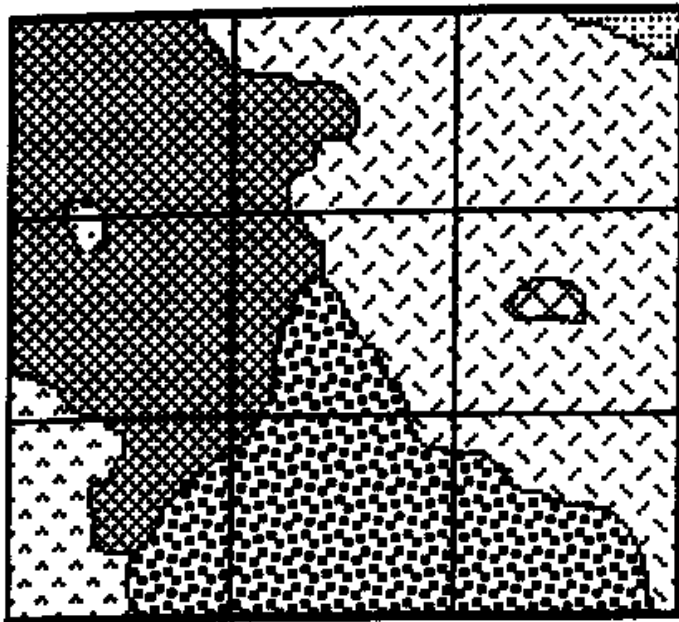
Lepší metody: (do buňky zasahuje více polygonů)

- metoda centroidu - hodnota ze středu
- metoda dominantního typu - přiřadí se hodnota polygonu, který pokrývá největší část plochy buňky
- ... nejdůležitějšího typu - podle aplikace
- ... podílu obsazení pixelu - buňce je přiřazeno více hodnot vážených poměrem ploch polygonů

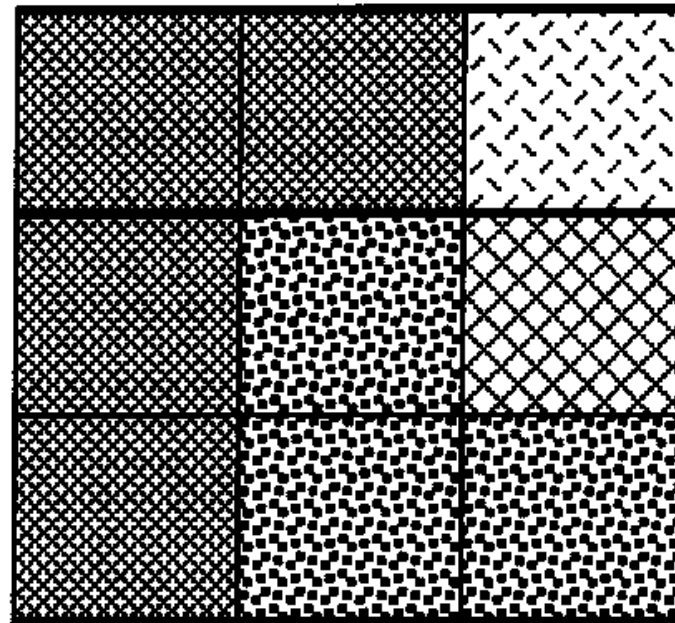
# Vektor-rastr (polygony)

---

## Metoda centroidů



**Vstupní vrstva  
vegetační pokrývky**

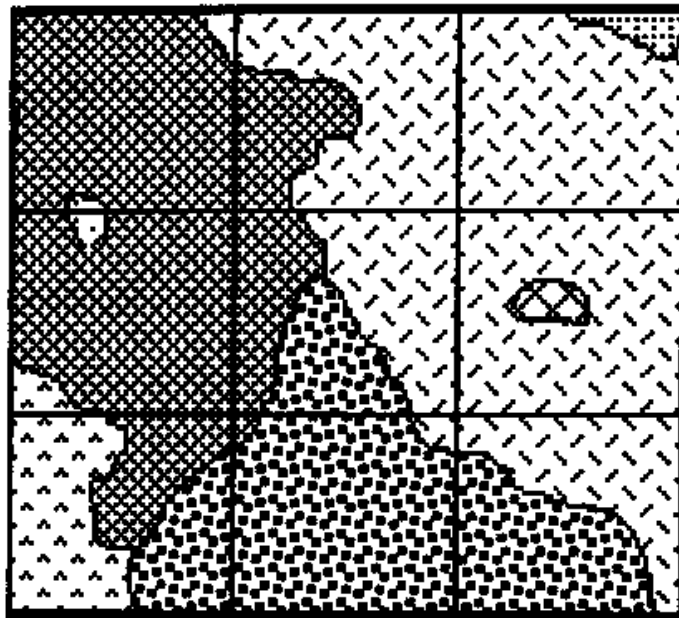


**Výstupní rastr  
(střed buňky)**

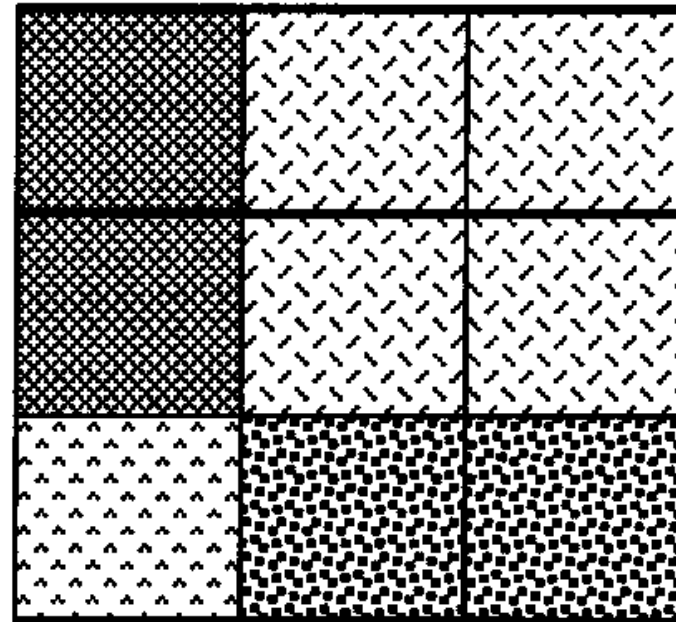
# Vektor-rastr (polygony)

---

## Metoda dominantního typu



**Vstupní vrstva  
vegetační pokrývky**

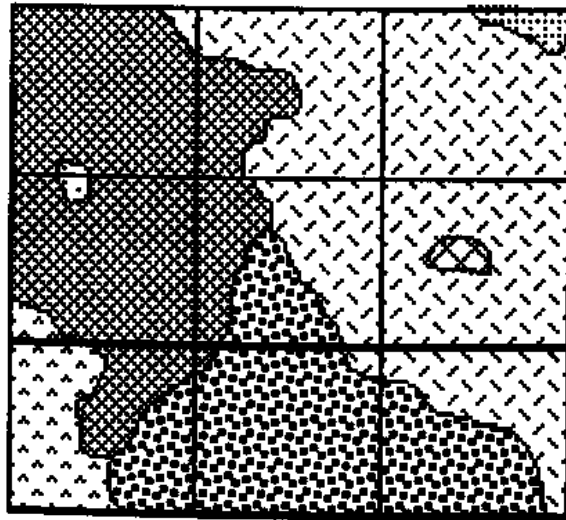


**Výstupní rastr  
(střed buňky)**

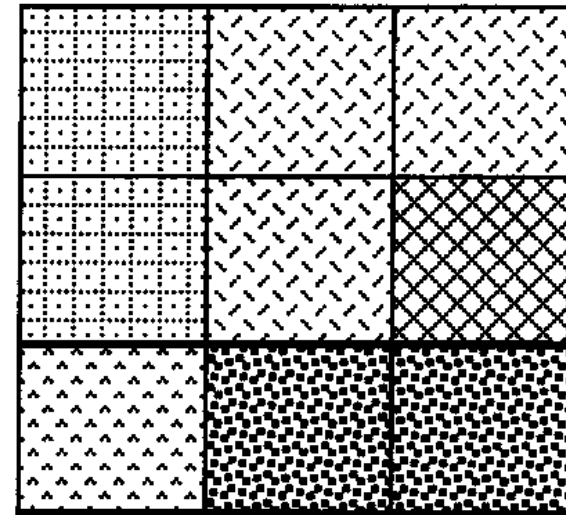


# Vektor-rastr (polygony)

## Metoda nejdůležitější kategorie



**Vstupní vrstva  
vegetační pokrývky**



**Výstupní rastr  
(vážené třídy)**



**Váha nejdůležitější kategorie**



**Váha pro druhou  
nejdůležitější kategorii**

**Kategorie bez přiřazení vah**

# Rastr-Vektor

---

- body - je přiřazena poloha středu buňky
- linie - propojí se středy "zasažených buněk", ztenčování linií
- vektorizované linie mají lomený průběh - pak následuje generalizace (?) průběhu, a (anebo) vyhlazování průběhu (například vynecháním každého n-tého bodu na linii)
- filtrace - dolnoproústní filtrování. Nemění se počet bodů. Linie se vyhladí
- polygony - identifikace a extrakce hranic, rekonstrukce topologie, vyhlazení hraničních linií (více typů algoritmů pro hledání hranic)