

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 2013/14

Analýza ve vektorovém a rastrovém formátu

Spaghetti Data



topologie a atributy

Geodata...

Papírová mapa je pro počítač nulovou informací. Po zpracování mapové předlohy do tématických vrstev se z ní stává GIS.

GIS umožňuje analýzy.
v.digit

Analýza je výpočetní úloha. Snahou je výpočet provést s pomocí dostupných analytických nástrojů GISu.

Oblasti analýz:

- Prohledávání databáze
- Mapová algebra
- Vzdálenostní analýzy
- Analýza modelů terénu
- *Analýza sítí*
- *Analýza obrazů (z DPZ)*
- *Analytické operace (postupy)*

Vektorové modely

- Špagetový model (shapefile)
- Topologický vektorový model
- Hierarchický vektorový model

Topologická informace je:

- Explicitní uložení/model vztahu mezi objekty (dům má východ na ulici) - obvykle uživatel musí explicitně vložit tuto informaci.
- Pomůcka pro prohledávání souboru objektů (indexový soubor)
 - Návaznost linií v topologických bodech
 - Směr linie
 - Vztah linie-polygon

Vektorové analýzy

- Překrývání objektů – principem totožné s rastrovou mapovou algebrou. Průniky, sjednocení.
- Selekcce - podle geometrie, podle atributů.
- Obalová zóna - v.buffer, viz. ArcGIS
- Hledání cesty:
 - spojení, délka cesty
 - dostupnost, obslužnost, centra
- Zpracování DMT - bodová pole, vrstevnice.

Jádro vektorových analýz spočívá v analýzách sítí (nelze efektivně vyjádřit v rastrech).

DMT ve vektorech

- Vrstevnice - obousměrný převod na DEM.
- nepravidelná síť bodů - různé typy interpolací na DEM.
- TIN - podpora vizualizace.
- plátové modely - hrany jsou tvořeny křivkami. Nepraktické.

Tyto modely lze transformovat do rastrových vyjádření DEM. Na vektorové úrovni nelze předpokládat analýzy s vrstevnicemi apod.

Geodetické nivelační měření v terénu: nepravidelné bodové pole, DEM, vrstevnice.

Analýza sítí

Síť může být definována jako soubor liniových objektů, přes které proudí nějaké zdroje.

Tyto liniové objekty mají charakteristiky:

- délku,
- směr,
- konektivitu (linie propojuje nejméně dva body) - topologie sítě.

Sítě mohou být 2D nebo 3D (např. podzemní potrubí).

Klasifikace sítí

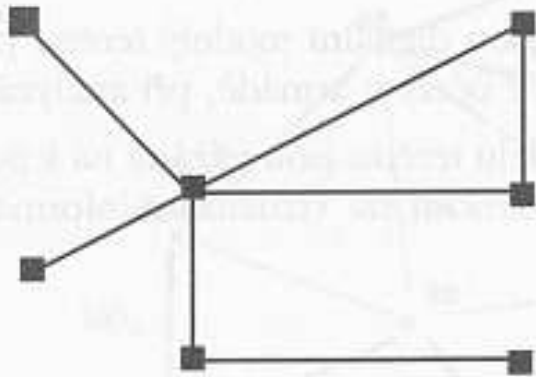
- Neorientované,
- orientované,
- neorientované se smyčkami,
- orientované se smyčkami.

Použití: modelování proudění vody (potrubí, řeky), elektřiny, plynu v potrubích, pohybu vozidel a lidí po silnicích, vlaků...

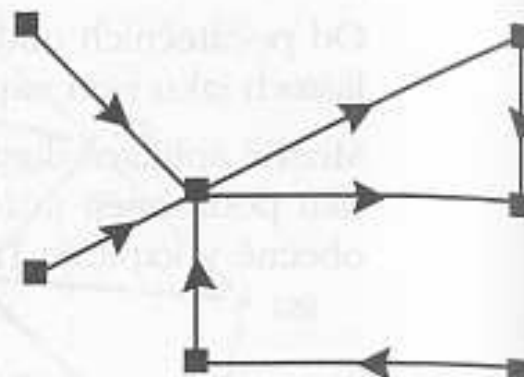
Tyto modely jsou zřejmě založeny na vektorovém popisu (z rastrového popisu se vytrácí relace "napojení").

Klasifikace sítí

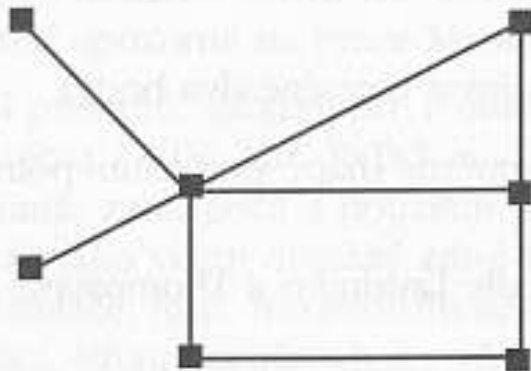
1. Neorientovaná



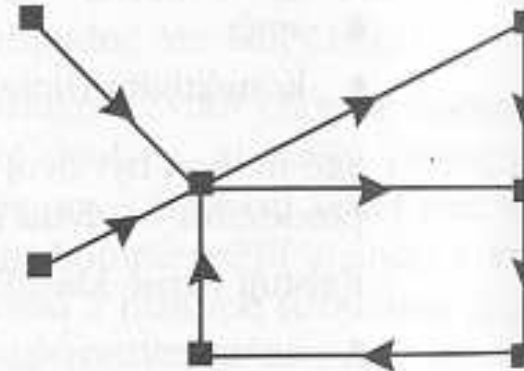
2. Orientovaná



3. Neorientovaná se smyčkou



4. Orientovaná se smyčkou

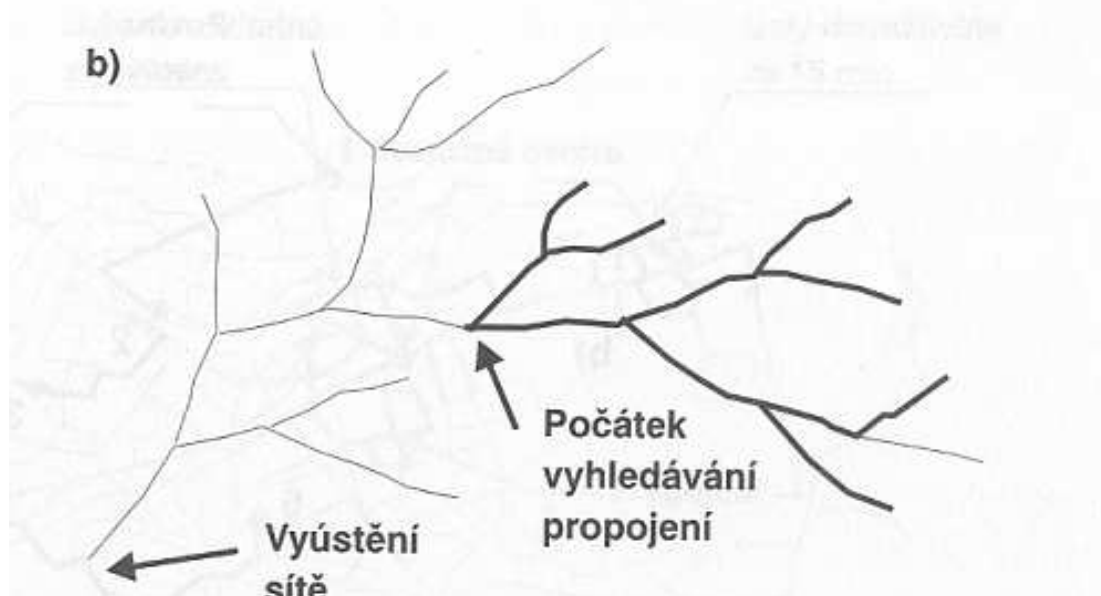
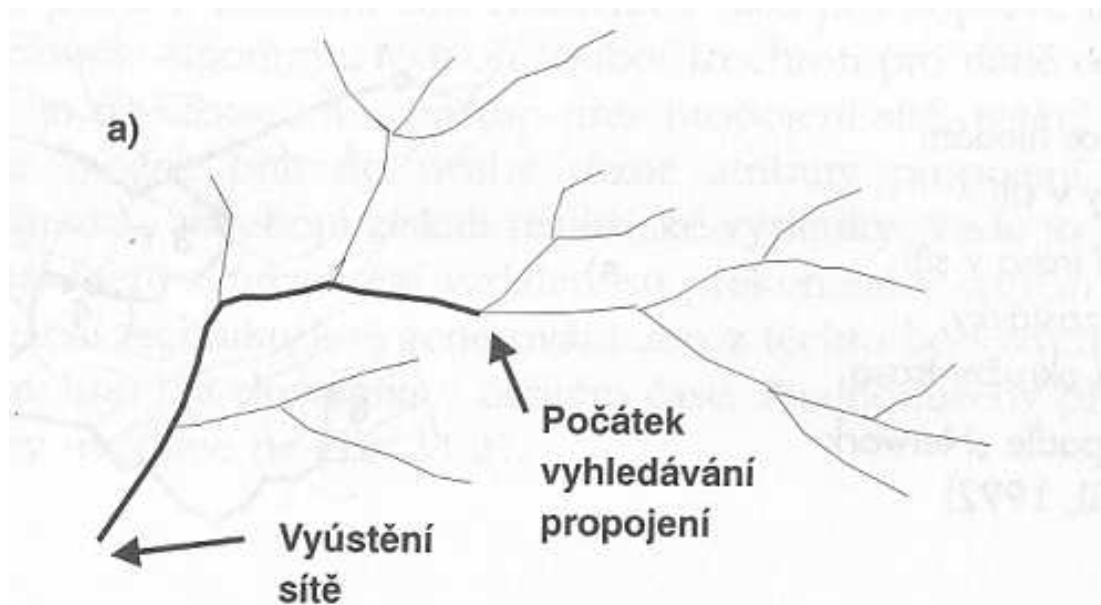


Popis sítí

- kapacita propojení
- uzly - definují počátky a konce tras
- popis propojení - topologie propojení. Atributy propojení - popis transportních médií (šířka, kvalita, povolená rychlost)
- délka propojení - časový a vzdálenostní popis propojení
- simulace na základě GIS, simulace procesů

Vyhledání propojení v síti

a) ve směru proudění, b) proti směru



Modelování zatížení sítě

- příklad: transport vody ve vodních tocích, plynu v potrubích, dopravní vytížení silnic
- vytížení sítě (efektivnost)
- důsledky výpadku komponenty sítě - které domácnosti nedostanou teplo, plyn, ...
- klasické algoritmy sledování sítě (počítačové sítě)

Výběr optimální trasy

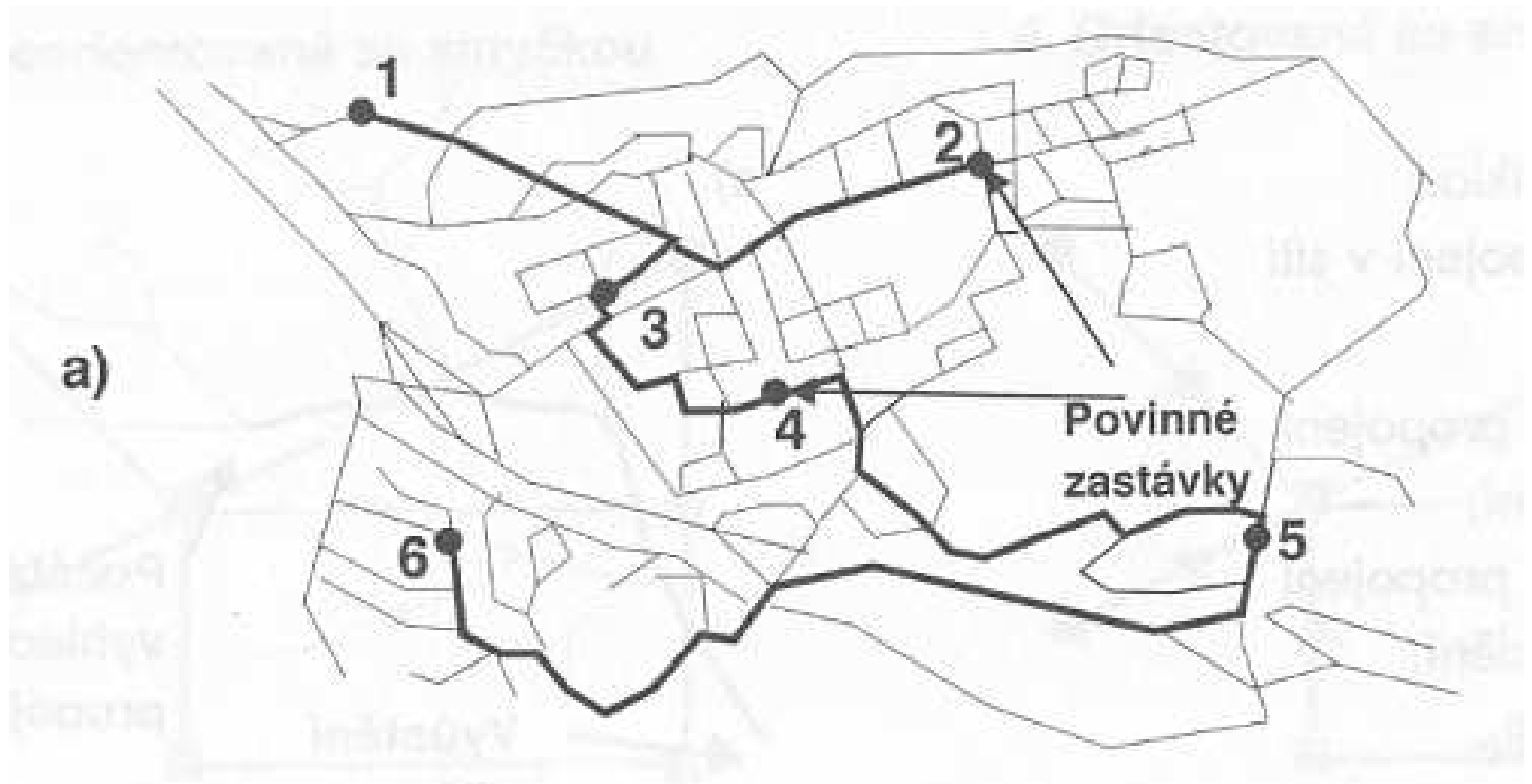
- Opět klasické algoritmy hledání cesty v grafu.
- Hledání optimální cesty od startu po cíl (Dijkstrův algoritmus).
- Optimální okružní trasa (problém obchodního cestujícího).

Problém mohou dělat některé reálné prvky silničních sítí - mimoúrovňové křižovatky, kruhové objezdy, omezení vjezdu do některých ulic... (je nutné tyto prvky implementovat v datových strukturách - křížení hran bez propojení).

Implementace algoritmus BEZ topologie / S topologií.

Optimání trasa

Povinné zastávky.

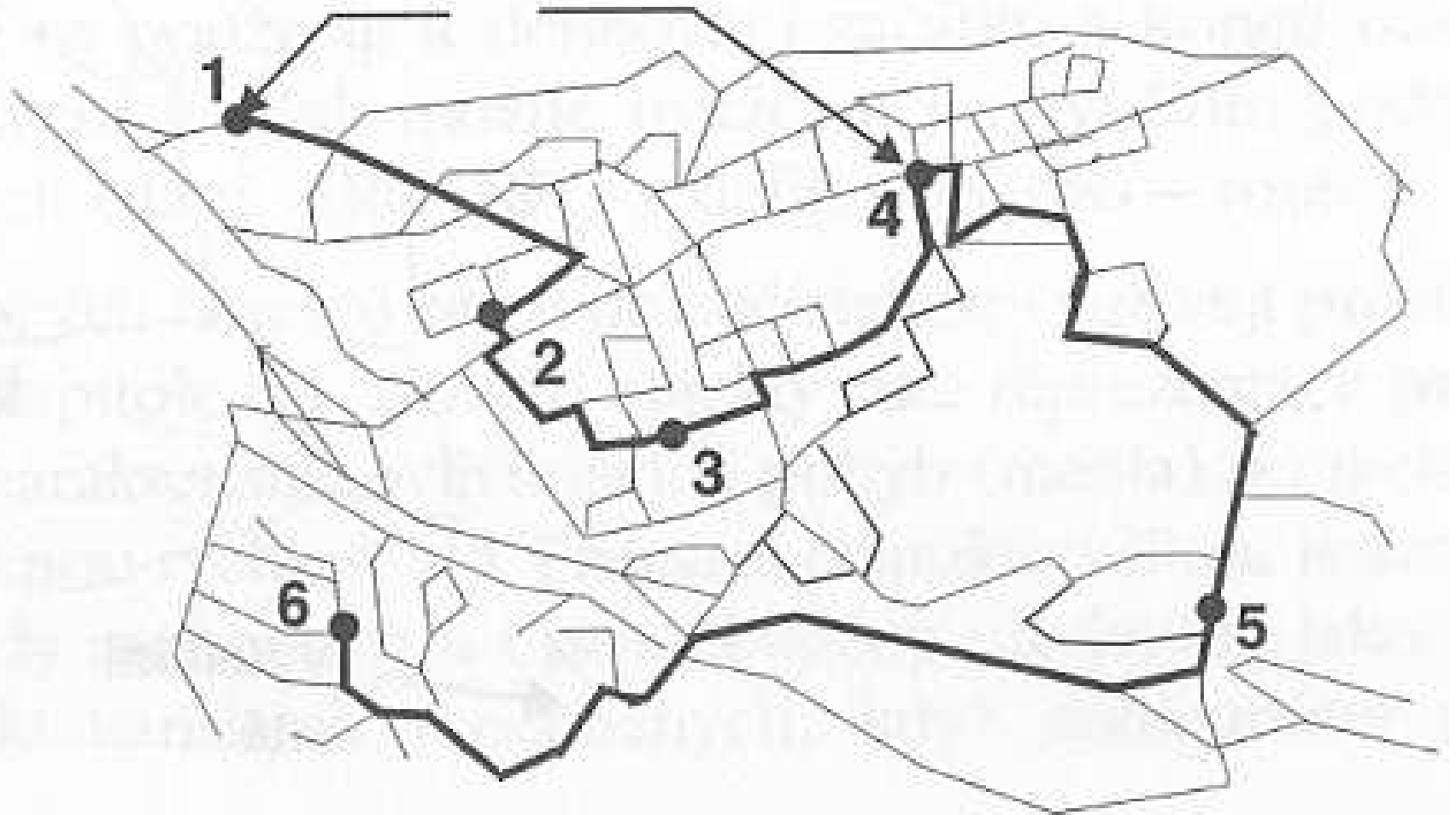


Optimální trasa

Optimální okružní trasa.

Povinné
zastávky

b)



Cesty v GRASSu

GRASS je orientován více do rastrových analýz a zpracování obrazu.

- d.vect cesty
- d.path map=cesty
- interaktivní zadávání počátečního/koncového bodu v monitoru
- řešení v rastru?

Řešení v rastrech je limitováno přesností uložení linií v rastrech.
Ukázka.

Alokace zdrojů

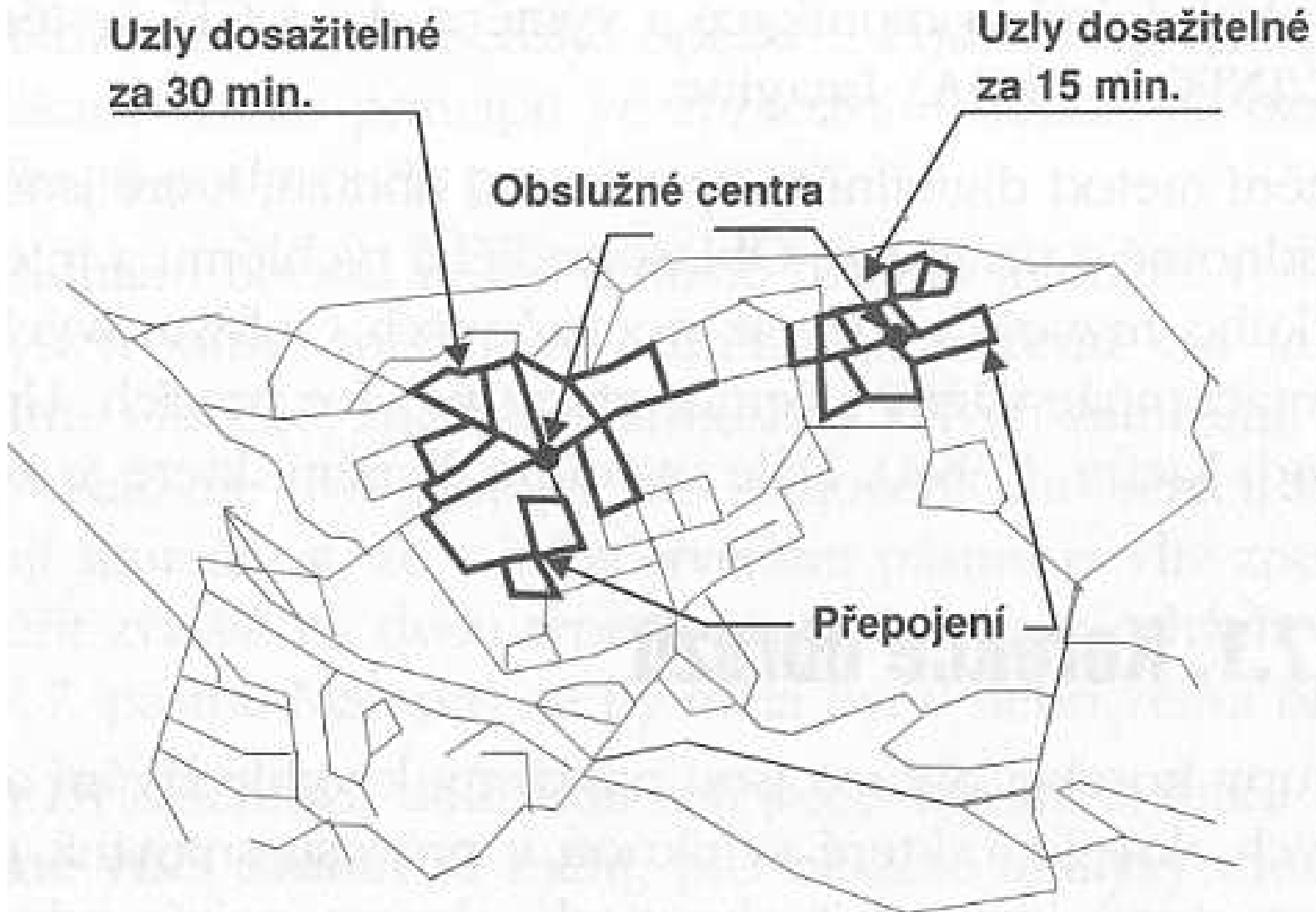
- V síti jsou centra s kapacitou (školy, obchody, nemocnice)
- modeluje se pohyb lidí do center - vzdálenost a čas cesty
- výsledkem je plocha obslužitelná centrem
- aplikace: modelování zavádění nových škol, nemocnic, požárních stanic. Nebo naopak jejich odstavení.

Aktuálně: dojezdové doby k praktickému lékaři, do nemocnice.
Jak se měří transportní čas, resp. obecně transportní náklady?

Izochrony:

- Jsou to čáry spojující místa se stejnou cestovní dobou dosažení centra.
- Různé atributy propojení - rychlostní omezení, kapacity...

Alokace zdrojů



Dosažitelnost v GRASSu

Zóny dostupnosti.

- cesty (line), školy (sites)
- chceme zjistit dosažitelnost 10 min, 20 min, ...
- v.category
- v.extract in=poi_2f out=schools type=point
where="poiName='Schule' or poiName='Schulen'"
- v.patch in=strassen,schools out=streets_schools
- v.distance in=... out=schools_net
- v.net.iso input=schools_net output=schools_iso
ccats=200-210 costs=1000,2500,5000,10000

Ukázka.

Dosažitelnost v GRASSu

Rozklad sítě na přiřazení zdrojů.

- `v.extract poi out=hospitals where="poiTypeID=2"`
- `d.vect hospitals col=green ; d.vect strassen`
- `v.distance -p from=hospitals to=strassen
output=hospitals_conn_streets upload=dist column=dist`
- `d.vect hospitals_conn_streets col=red`
- `v.patch in=hospitals,hospitals_conn_streets,strassen
out=h_network`
- Creating subnets: `v.net.alloc`

Ukázka.

Dosažitelnost v GRASSu

Úloha nalezení cesty:

- v.net.steiner - nejkratší možné spojení mezi uzly (např. komunikační síť).
- v.net.salesman - nejkratší okružní jízda.

Ukázka.

Analýza obrazů z DPZ

Opakování: DPZ - jakékoliv zjišťování informací o geo-objektu z dálky.

- Satelitní/letecké fotografické/multi-spektrální snímání.
- Orbity:
 - symetrické/asymetrické.
 - nízká (cca do 1000 km, SPOT, Landsat), střední (NAVSTAR), vysoká (geostacionární).
 - helio-synchronní (pasivní snímače), bez slunečního osvětlení (aktivní snímače - dálkometry).

Obraz je nasnímán a průběžně přenášen do pozemních stanic.
Geo-koordinace snímků. Aplikační zpracování.

Landsat 8

- GeoTIFF, UTM, WGS84.
- Pixel: 15m (panchromatické spektrum), 30m (multi-spektrální), 100m (termální).
- Operational Land Imager (OLI), Thermal InfraRed Sensor (TIRS).
- Thematic mapping (TM, ETM+): různá spektra, detekce vody a aerosolu.

Obraz je nasnímán a průběžně přenášen do pozemních stanic.
Geo-koordinace snímků. Aplikační zpracování.

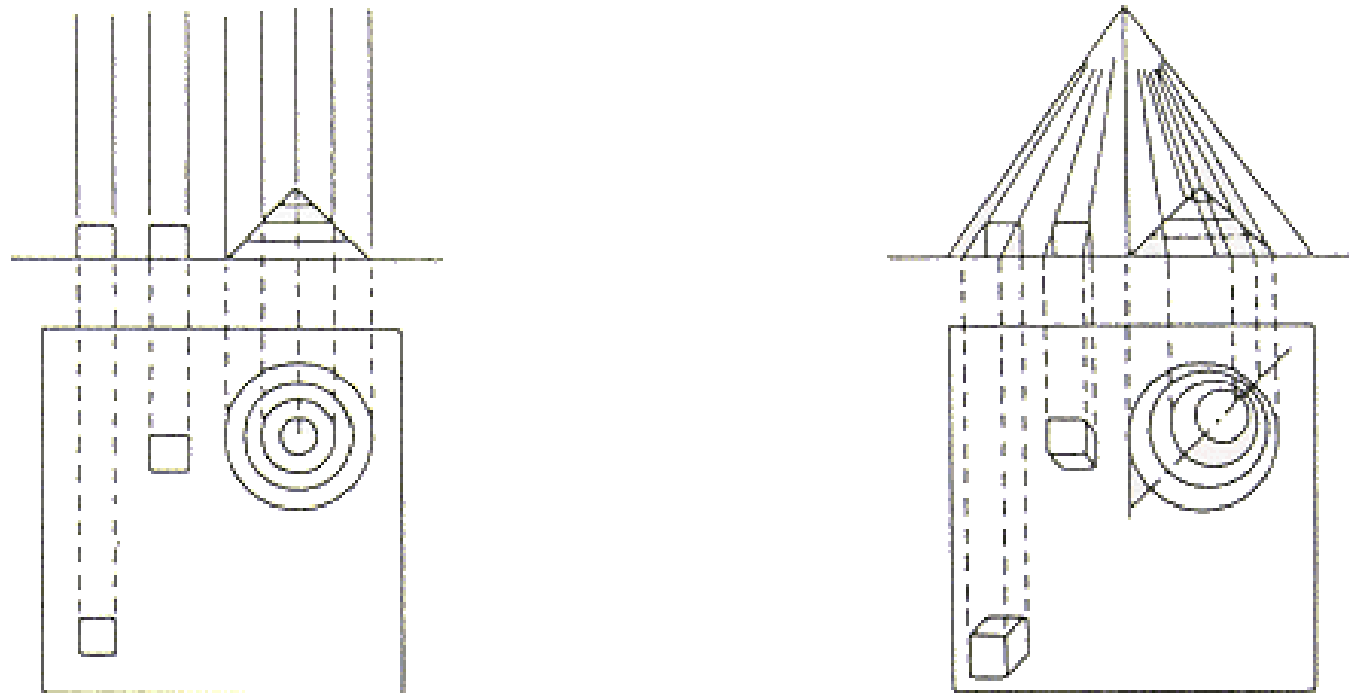
Normalizovaný Vegetační index

`r.mapcalc 'ndvi = (tm4 - tm3) / (tm4 + tm3)'`

- TM-4 (Red), TM-3 (Green): pásma Thematic mapping.
- Rozsah hodnot od -1 do +1.
- Vypočtení vhodné barevné palety pro výsledek.
- Index udává míru zastoupení vegetace v obraze (lokality).
- Reklasifikace, další úpravy.
- Podobně mapa teploty povrchu z TM-6 ve stupních Celsia.

Ukázka.

Analýza obrazů z DPZ



a) Ortho Graphic Projection b) Central Projection

Figure 7.6.1 Method for the Projections

Analýza obrazů

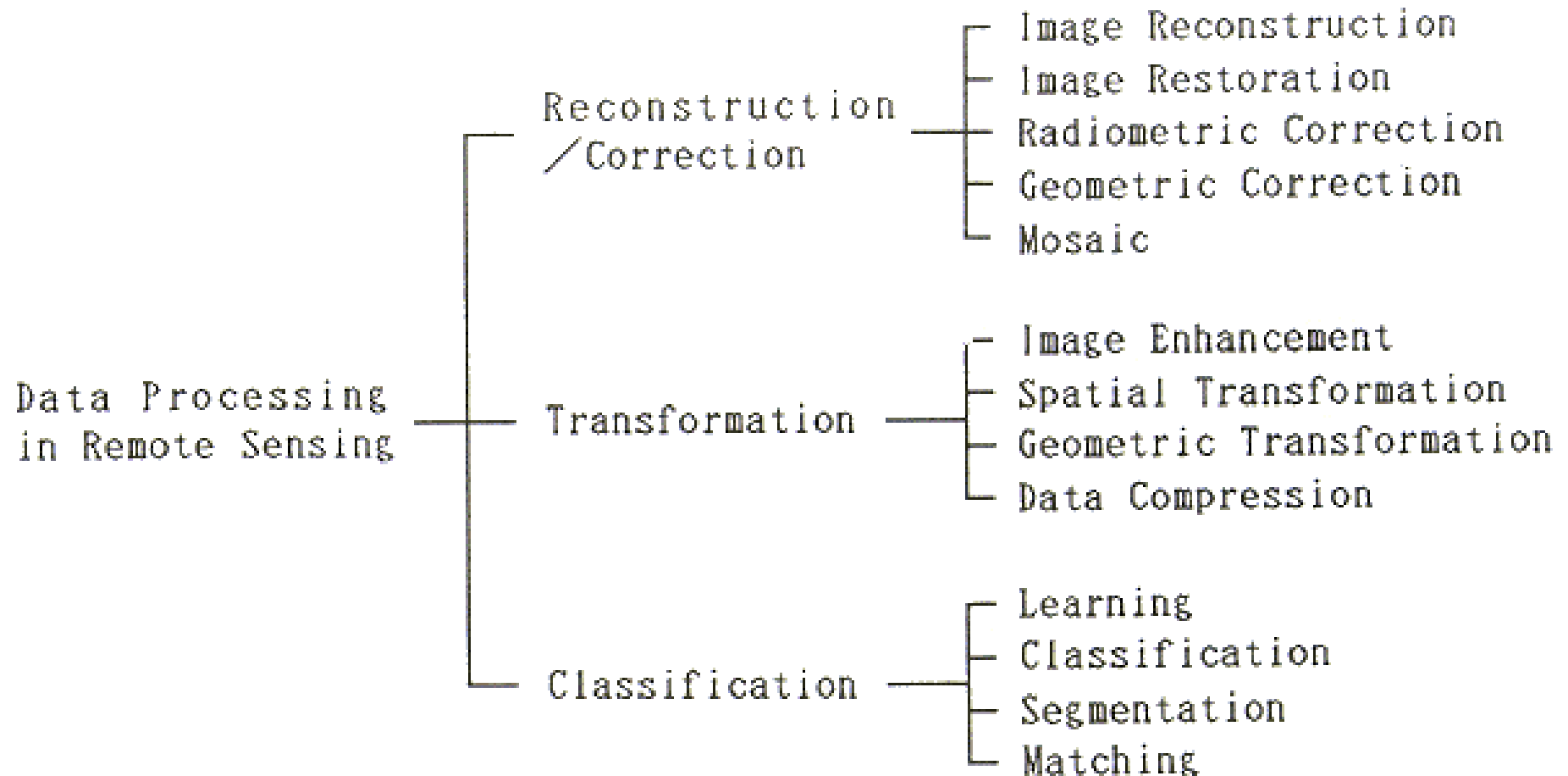


Figure 8.1.2 Data processing in remote sensing

Analýza obrazů

Zajímáme se o:

- Editaci obrazů (jas, kontrast, ostrost) - základní opracování obrazů.
- Fotointerpretaci - co na obrázku vlastně vidíme.
- Geokoordinaci - zavedení do souřadného systému, projekce obrazu do souřadného systému.
- Korekci, filtraci, transformaci, klasifikaci - pokročilé metody.

Radiometrické a geometrické korekce

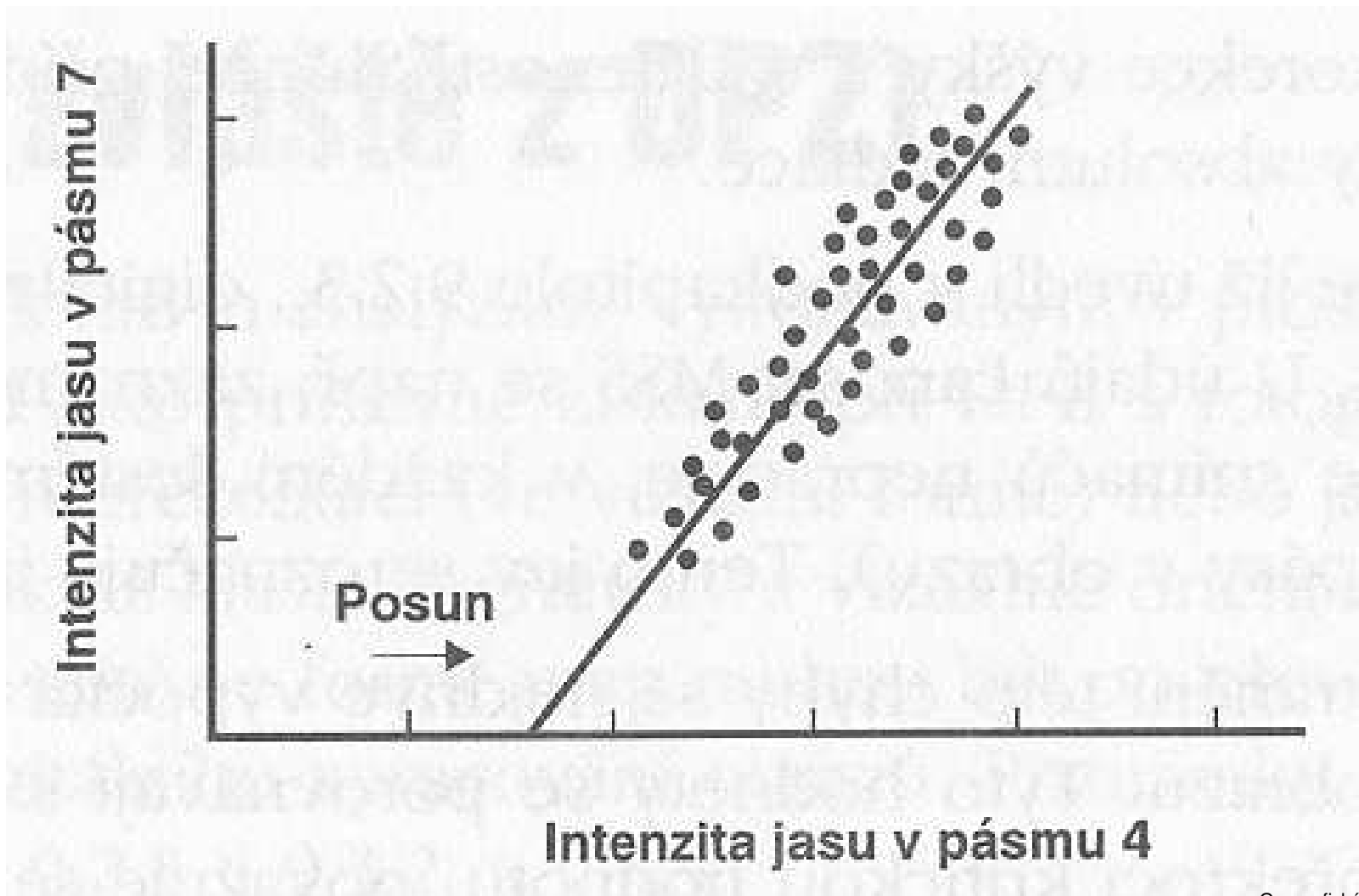
- Vyhledávání a kompenzace chyb, šumu a geometrických zkreslení.
- Cílem korekcí je obdržet obraz co nejvíce odpovídající skutečnosti.

Radiometrické korekce:

- obvykle je provádí ještě distributor informace
- rekonstrukce periodických výpadků obrazu, rekonstrukce pásování, odstranění náhodného šumu, odstranění atmosferických vlivů, korekce výšky a vzdálenosti Slunce...
- periodické výpadky řádků - obraz se snímá po řádcích, chyba ve snímači vede na výpadek řádku
- stav atmosféry (mlhy, znečištění, oblačnost) - ovlivňuje jas scény, kontrast
- Kalibrační data pro snímače - provozovatel satelitu.

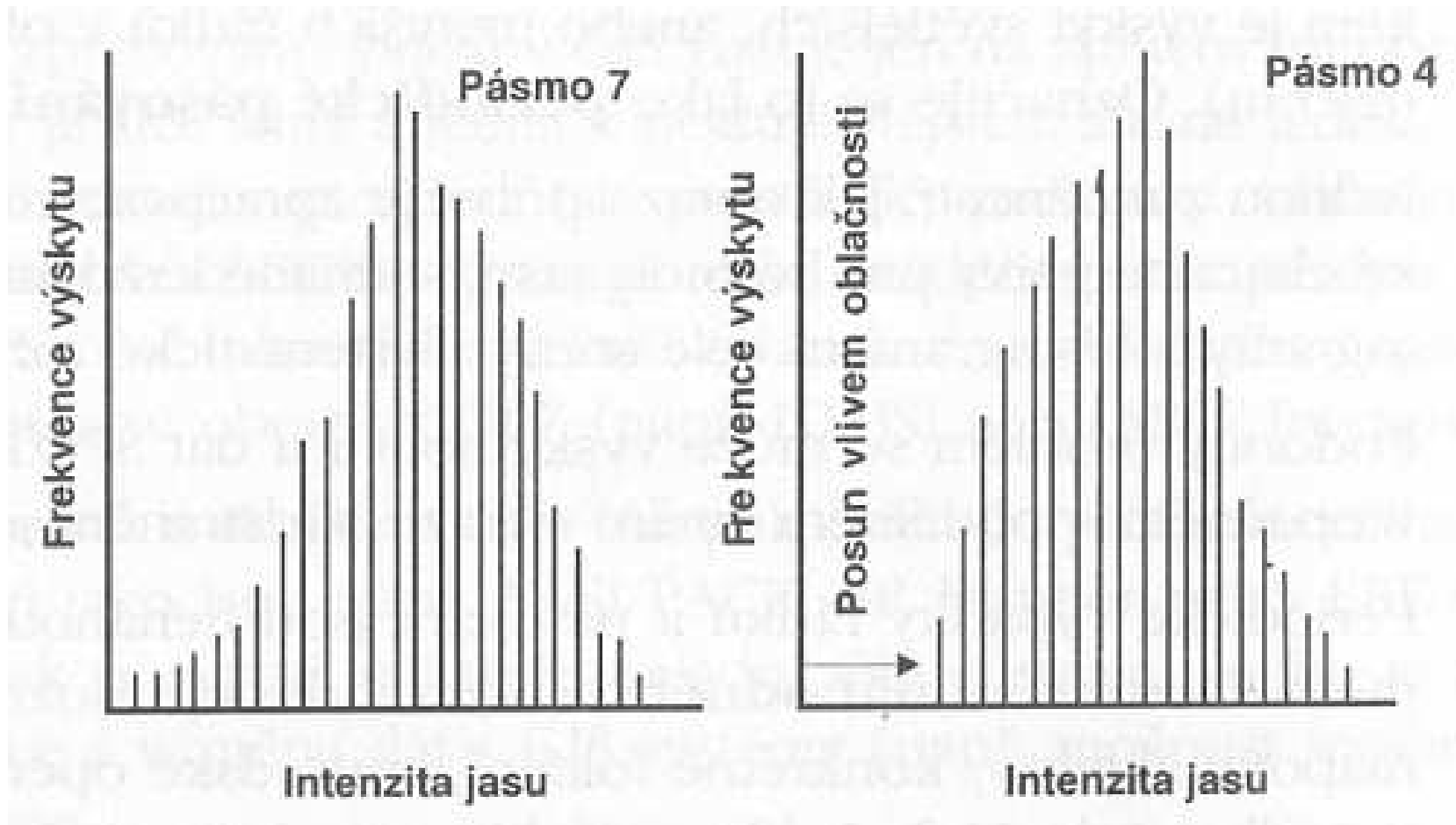
Korekce obrazů

Znázornění intenzity jasu v diagramu pásma 4 a 7. Použité jsou pixely ze zastíněných oblastí obrázků. Posun vyrovnávací přímky je způsoben vlivem znečištění atmosféry.



Korekce obrazů

Frekvenční histogramy pro pásma 4 a 7. Chybějící nízké hodnoty jasu v pásmu 4 jsou způsobeny iluminací světla vlivem znečištění atmosféry.



Geometrická zkreslení

Geometrické korekce obrazů. Optická deformace obrazů.

- systematická - lze je poznat a matematicky korigovat
- nesystematická (náhodná, neprozkoumaná systematická) - na Zemi se rozmístí referenční body ve známém souřadnicovém systému. Korelace polohy nasnímané a očekávané.

Preparování (vylepšování) obrazů

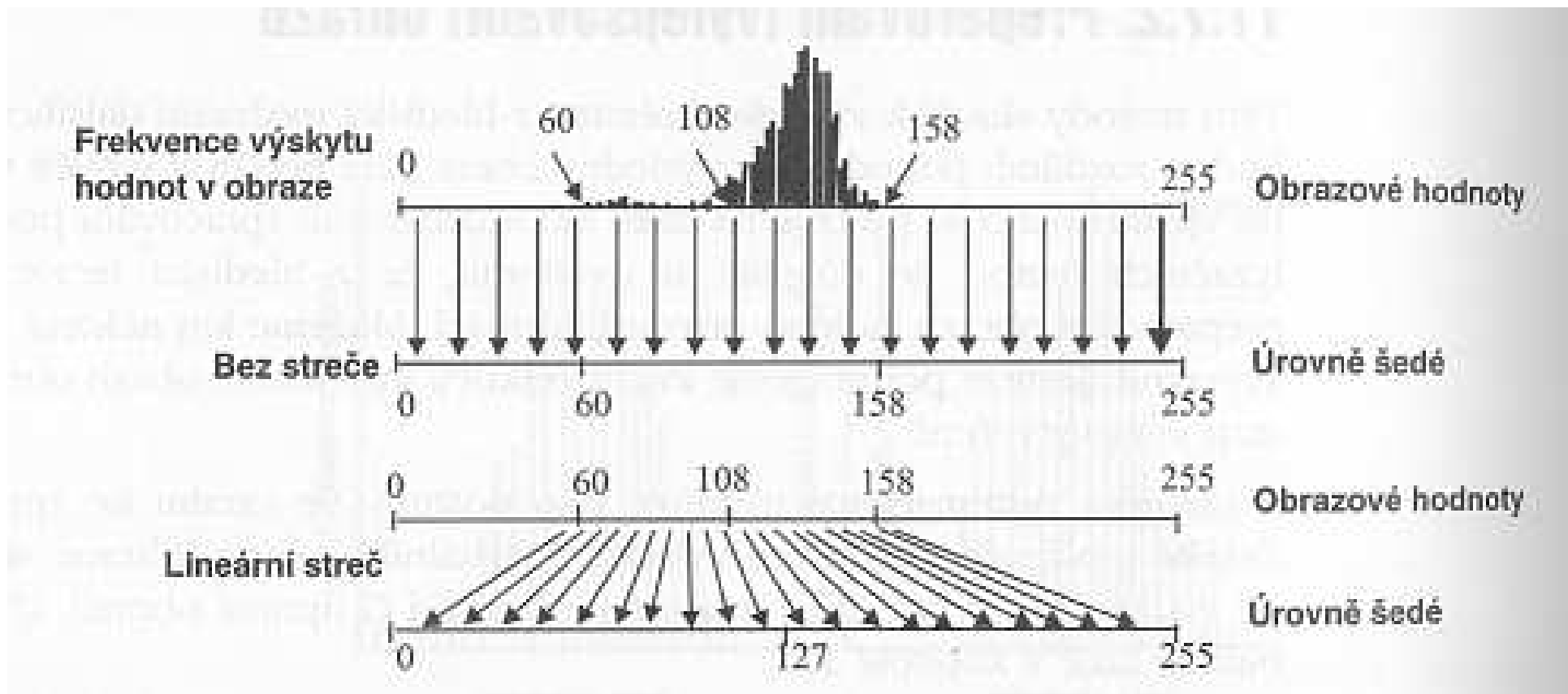
- metody vylepšování obrazu. Nikdy do obrazu nevloží novou informaci - pouze něco potlačí nebo zvýrazní
- záleží na pozorovateli - člověk nebo stroj
- metody vylepšení vizuálního vjemu (filtrace, streč). Vede na generování mapového výstupu
- nejčastěji - změna jasové (barevné) stupnice - redukce jasů, roztažení jasů

Streč

Roztažení obrazu z malým intervalem jasů na širší paletu jasů zobrazovacího zařízení.

- lineární streč - mapování jasů na škálu zobrazovacího zařízení
- – přenáší se celé pásmo rovnoměrně, vliv je nejzřetelnější kolem maxima v histogramu, okrajové části se výrazně nezlepší
- histogramová ekvalizace - význam jasů se váhuje podle četnosti zastoupení (histogram), vliv v maximu histogramu (ale okrajové části je již čitelnější)
- gausovský streč (nelineární) - specializuje se na okrajové části histogramu (tails), statistické zpracování, normální rozdělení

Princip lineární streče



Filtrace - r.mfilter

- filtrace je soubor metod preparování obrazu, které převádějí hodnoty jasu vstupního obrazu na výstupní s cílem zvýraznit nebo potlačit některé jeho vlastnosti
- homogenní části obrazu - je vidět šum
- filtrace se provádí výpočtem bodu z jeho okolních bodů (3x3, 5x5), konvoluce
- lokálně aplikované filtrování
- nevýhodou filtrací je potlačení ostrosti hran (další filtrace)
- – vhodně zvolené konvoluční jádro filtru - hornopropustné filtry - zvýrazňují hrany

$$h = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -8 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix}$$

Konvoluce

Maska (Kernel)

1/9	1/9	1/9
1/9	1/9	1/9
1/9	1/9	1/9

**Originální hodnoty
digitálních čísel**

67	67	72
70	68	71
72	71	72

	70	

**Filtrovaná hodnota
digitálního čísla**

Konvoluce: $1/9 * 67 + 1/9 * 67 + 1/9 * 72 + 1/9 * 70 + 1/9 * 68$
 $+ 1/9 * 71 + 1/9 * 72 + 1/9 * 71 + 1/9 * 72 =$
 $630 / 9 = 70$

Transformace obrazů

DPZ pořizuje obrazy ve více spektrech.

Objekt může být tvořen pouze jedním pixelem (pixel=15m) a rozložen do více snímků ve spektrálních částech. Posuzuje se víc obrazů současně.

Hledání/potlačení korelací:

- Obrazy z DPZ jsou multispektrální,
- spektrální odezvy různých povrchů mohou být podobné v jednom kanálu,
- je problém sledovat jednu informaci rozloženou do více vrstev obrazu - skládání obrazu.

Analýza hlavních komponentů

Principal components analysis.

- dvě různá pásma údajů
- definují se nové osy
- dvě složky se transformují pomocí rovnic

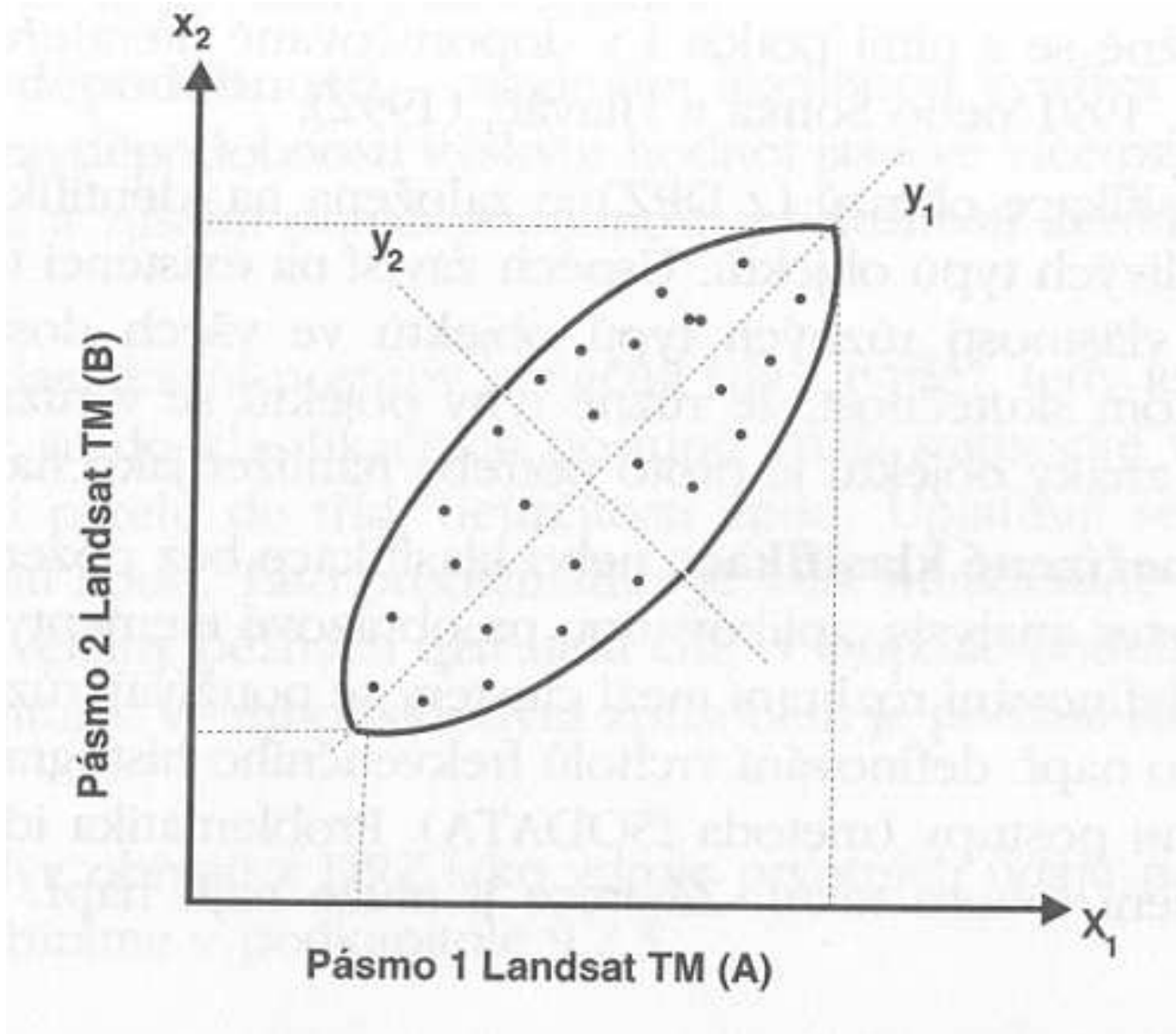
$$DN_1 = a_{11} * DN_A + a_{12} * DN_B$$

$$DN_2 = a_{21} * DN_A + a_{22} * DN_B$$

V GRASSu:

- i.pca
- input=tm1,tm2,..
- output=rastvrstva (prefix pro výstupní vtstvy)

Analýza hlavních komponentů



Syntéza kanálů

Vytvoří se barevná vrstva, která vznikne přiřazením TM-kanálů do jednotlivých RGB kanálů.

- Výsledný obraz zvýrazňuje/potlačuje různé fenomény.
- d.rgb red=... green=...
- Kanály jsou buď originály TM nebo zpracované vrstvy.

Ukázky.

Klasifikace obrazů

Klasifikace=třídění objektů do jednotlivých skupin.
Rozpoznání objektů v obrazech.

- Pixel: 15-30 metrů. Spektrální odrazivost a jas v jednotlivých kanálech.
- Tvorba různě tématických LandUse vrstev.
- Sledování změn přes delší období.
- Pre-processing: radiometrické korekce - stav oblačnosti, osvětlení, vliv tvaru terénu (sklon svahu).
- Definice třídy: rozsah jasů v kanálu, pravděpodobnostní rozložení jasů.

Vytvoření abstraktních tříd v obraze. Agregace tříd. Objasnění významu tříd.

Klasifikace obrazů

- Příznaková klasifikace - je založena na identifikaci spektrálních odrazových znaků jednotlivých typů objektů (které se v různých částech spektra různě projevují)
- neřízená klasifikace (unsupervised) - bez pozemní podpory - poměrně komplikovaná (shluková) analýza obrazů. Interpretace výsledků
- řízená klasifikace (supervised, s pozemní podporou) -
 - vytvoření tréninkových ploch - množiny objektů, které zahrnují všechny zkoumané rysy z hlediska odrazivosti
 - měříme a statisticky zpracováváme jejich odrazivost
 - signatury - statistiky popisující typické objekty

Klasifikační postupy

Vzhledem k informačnímu obsahu snímků jde o statistické metody.

- rovnoběžníková - pro rozhodnutí, do které třídy objektů patří konkrétní pixel se použijí min a max hodnoty jasů dané třídy ve všech pásmech spektra
- metoda minimální vzdálenosti od aritmetického průměru
- metoda maximální pravděpodobnosti - využívá představu modelování průběhu hodnot pravděpodobnosti výskytu hodnot jasu ve vícerozměrném prostoru jasu...

Uvedené metody jsou velmi komplikované a přesahují rámec běžného používání GIS. Zavádí neuronové sítě, statistiku, neurčitost...

Klasifikační postupy - GRASS

GRASS nabízí dva obecné klasifikátory:

- Maximum Likelihood classifier (MLC) - je založen na předpokladu, že rozdělení bodů tvořících jednu třídu je Gaussovo - lze tak statisticky určit pravděpodobnost, že daný pixel padne do vybrané třídy. Pixel je zařazen do třídy s největší určenou pravděpodobností.
- Sequential Maximum A Posteriori classifier (SMAP)

Omezíme-li se na implementaci v GRASSu, máme dvě skupiny:

- radiometrická klasifikace
 - neřízená klasifikace (i.cluster, i.maxlik (MLC))
 - řízená klasifikace a kombinovaná částečně řízená klasifikace (i.class, i.gensig, i.maxlik)
- kombinovaná radiometrická/geometrická klasifikace (i.gensigset, i.smap (SMAP)) - bere v úvahu okolí pixelu.

Můžeme-li se na implementaci v GRASSu, máme dvě skupiny:

Tab č.1: Přehled metod klasifikace v GRASSu

	radiometrická	radiomerická		radiometrická/geometrická
	neřízená	řízená		řízená
předzpracování	<code>i.cluster</code>	<code>i.class</code> (monitor)	<code>i.gensig</code> (mapa)	<code>i.gensigset</code>
výpočet	<code>i.maxlik</code>	<code>i.maxlik</code>	<code>i.maxlik</code>	<code>i.smap</code>

Další klasifikační nástroje (Artificial Neural Networks, k-Nearest Neighbor classification) jsou implementovány v *GNU R* a do GRASSu jsou napojeny přes rozhraní *GRASS/R*.

Postklasifikační postupy

- Výsledkem klasifikace bývají často hodne nehomogenní plochy, což nemusí být (vzhledem k účelu akce) optimální - například pro prezentaci
- nabízí se výsledky vyhlazovat, filtrovat
- teď již pochopitelně nemluvíme o filtraci obrazu (aritmetický filtr), ale o reklasifikaci (logický filtr) na základě nějaké zvolené metody (převažující kategorie, nejvýznamnější kategorie)

Postklasifikační postupy

výběr ploch s výměrou větší než 1ha

```
GRASS > r.reclass.area in=tm_nerkl20 greater=1  
output=tm_nerkl20_1ha
```

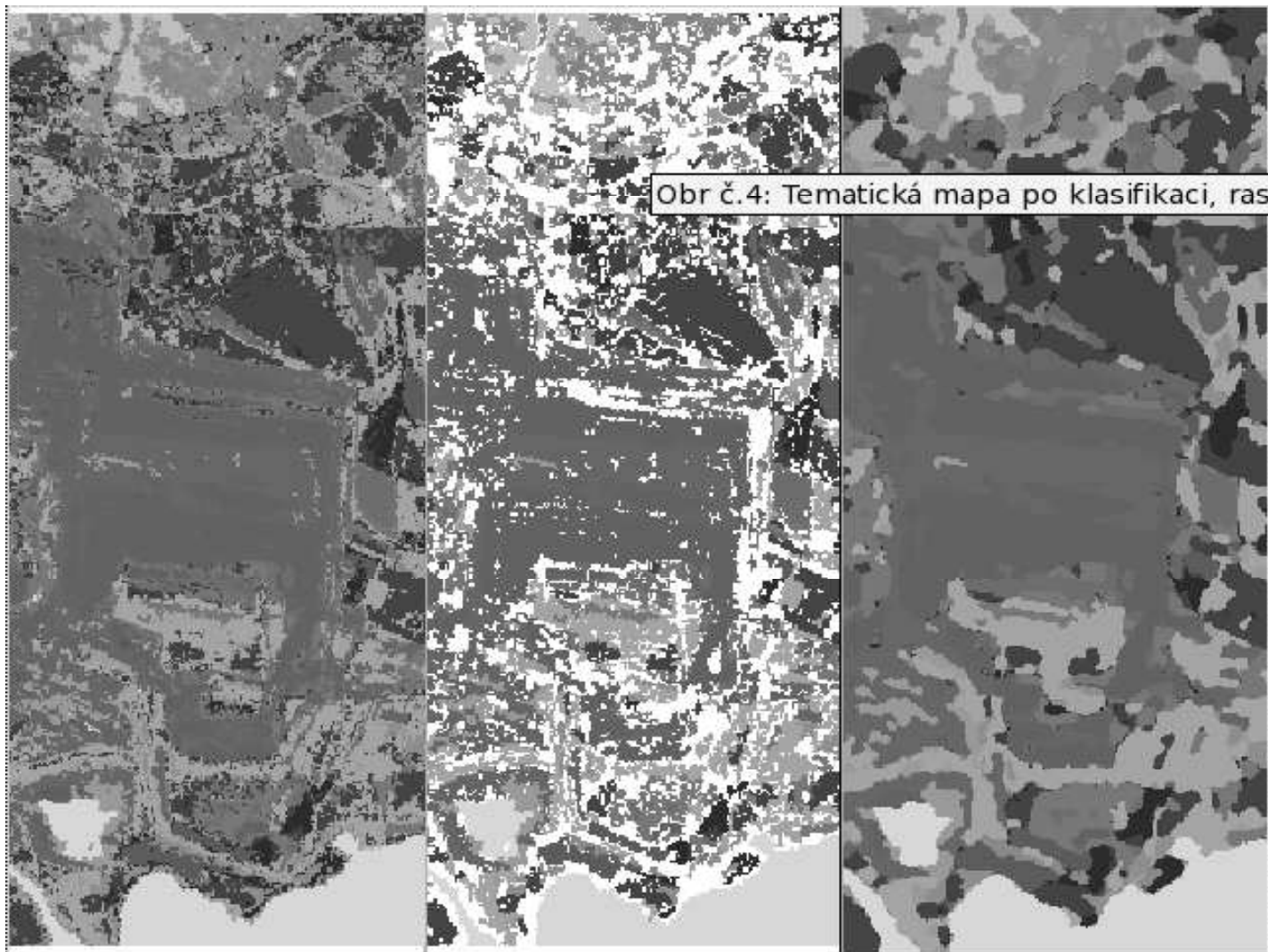
vyplnění vzniklých děr

```
GRASS > r.surf.idw input=tm_nerkl20_1ha  
output=tm_nerkl20_int
```

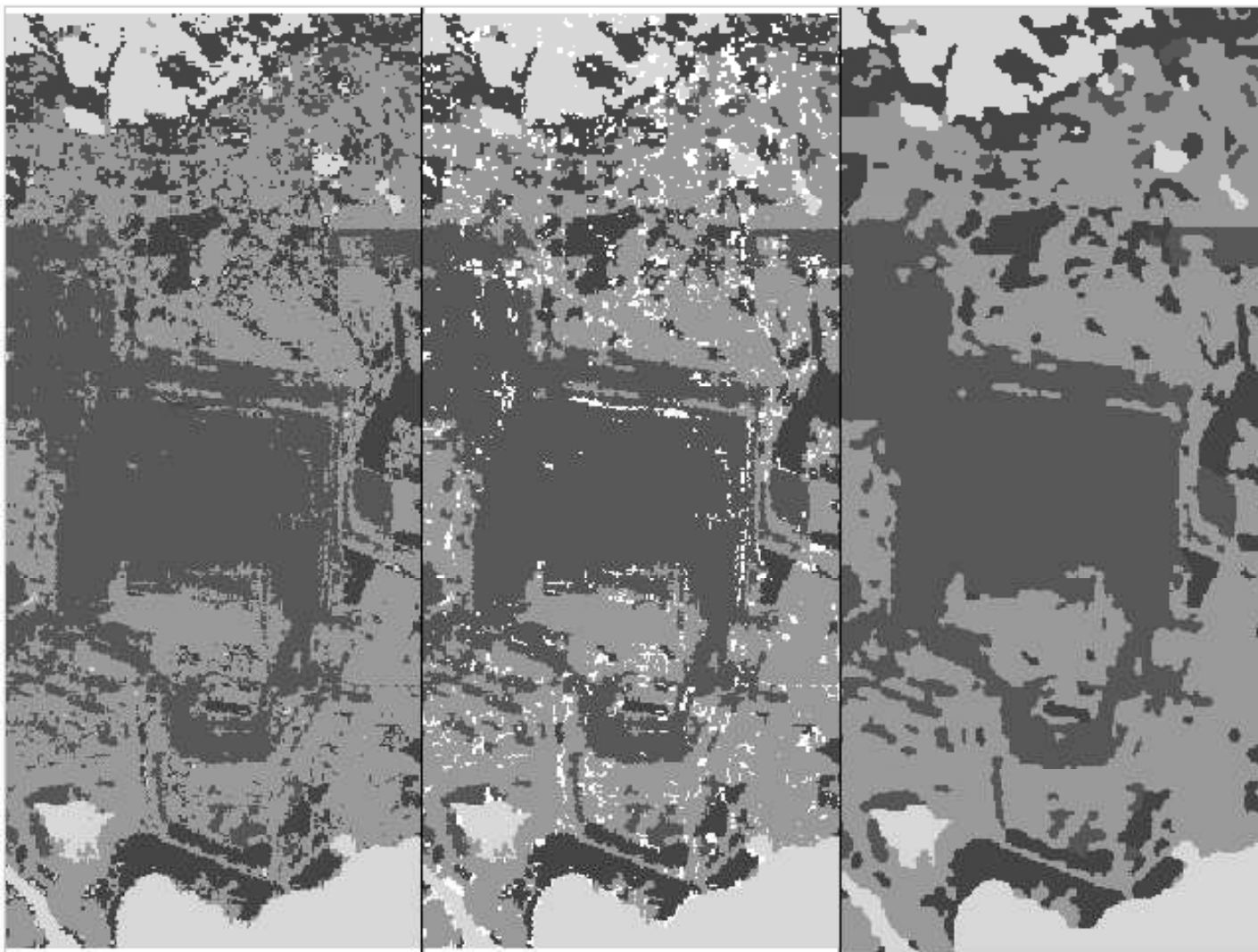
dosazení hodnoty do buněk s nulovou hodnotou

```
GRASS > r.stats -c tm_nerkl20_int | grep '*' GRASS >  
r.neighbors in=tm_nerkl20_int out=tm_nerkl20_f method=mode  
size=3
```


Po postklasifikaci, 20 tříd



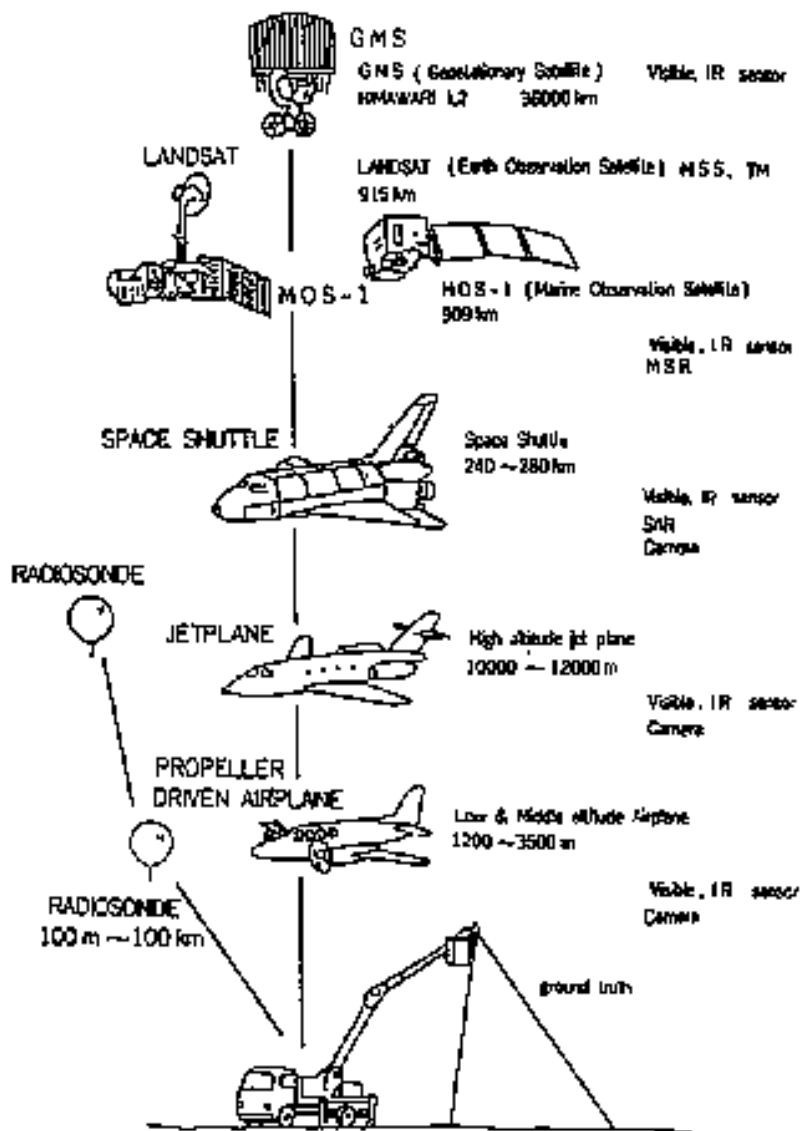
Po postklasifikaci, 5 tříd



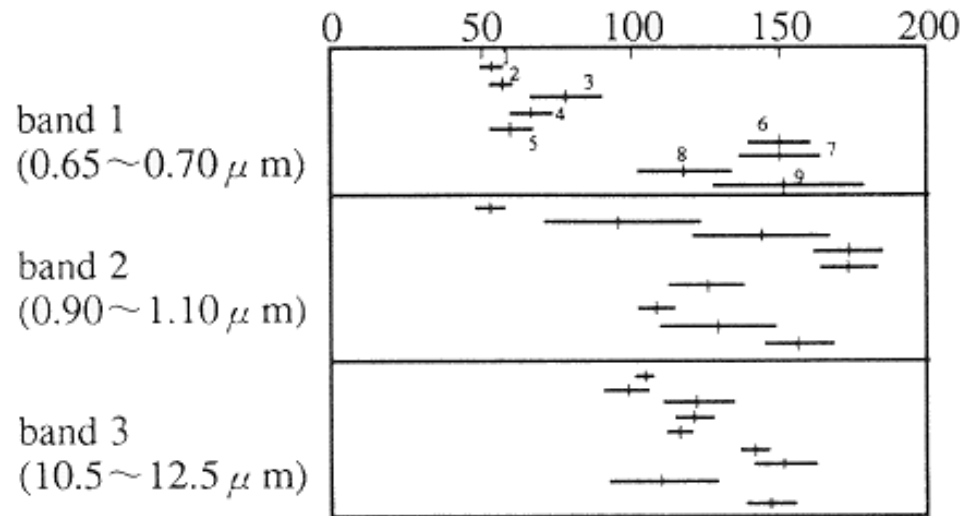
Aplikace RS - Land Cover Classification

- Nafočení dat z různých zdrojů
- geometrická korekce
- rozhodovací strom
- výsledek

Nasnímání

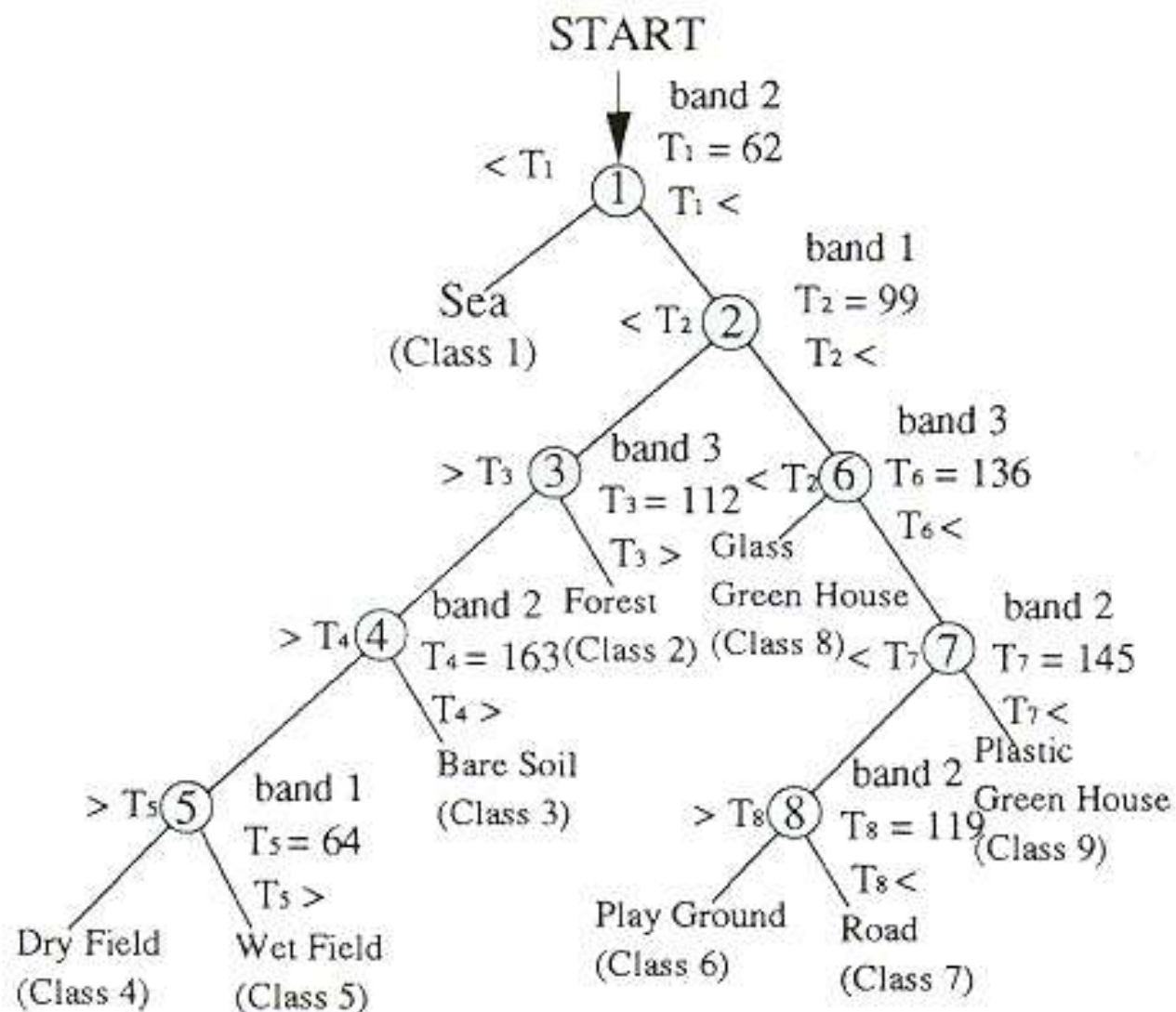


Rozhodovací strom



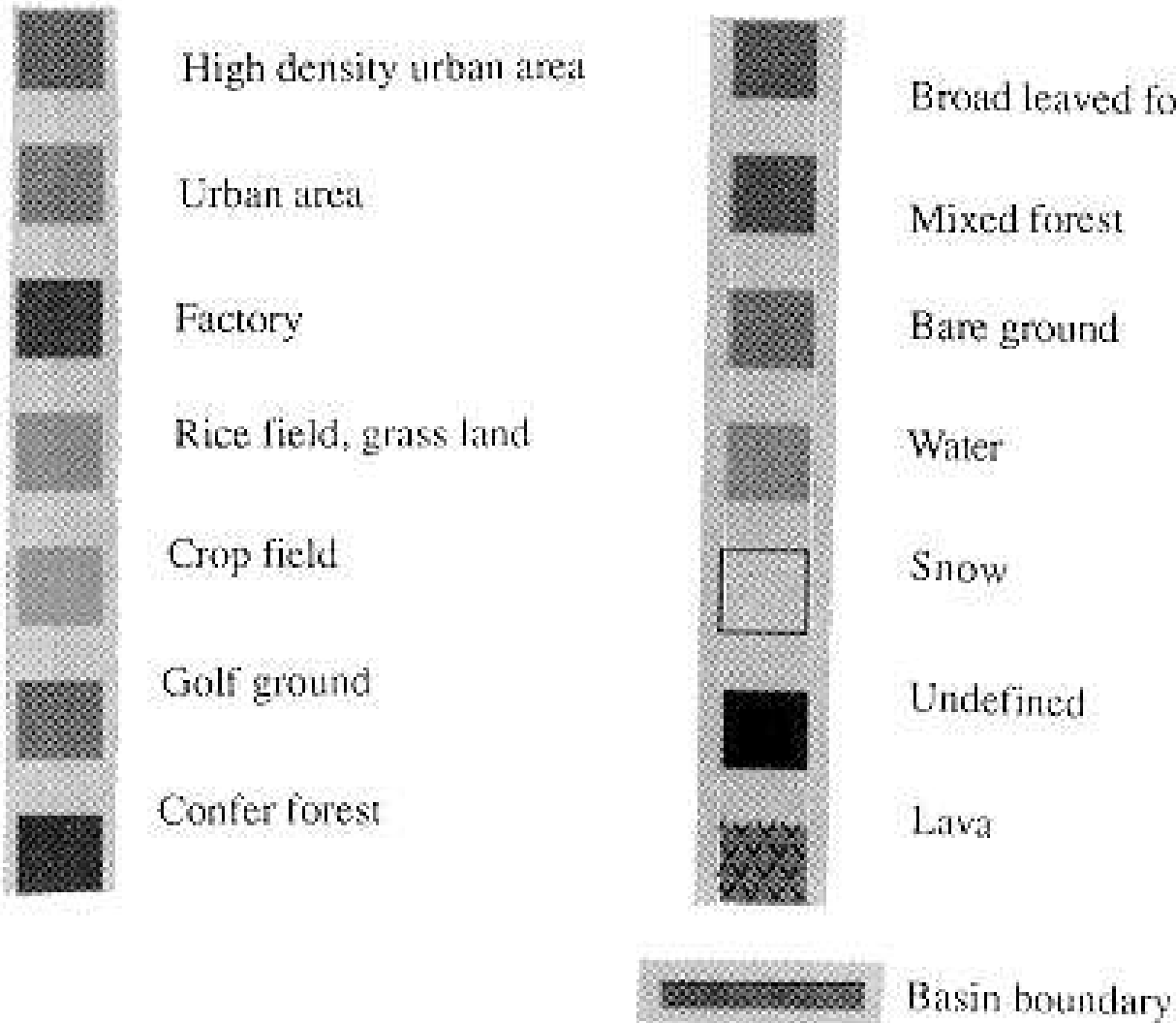
a) Spectral characteristics of nine classes

Rozhodovací strom

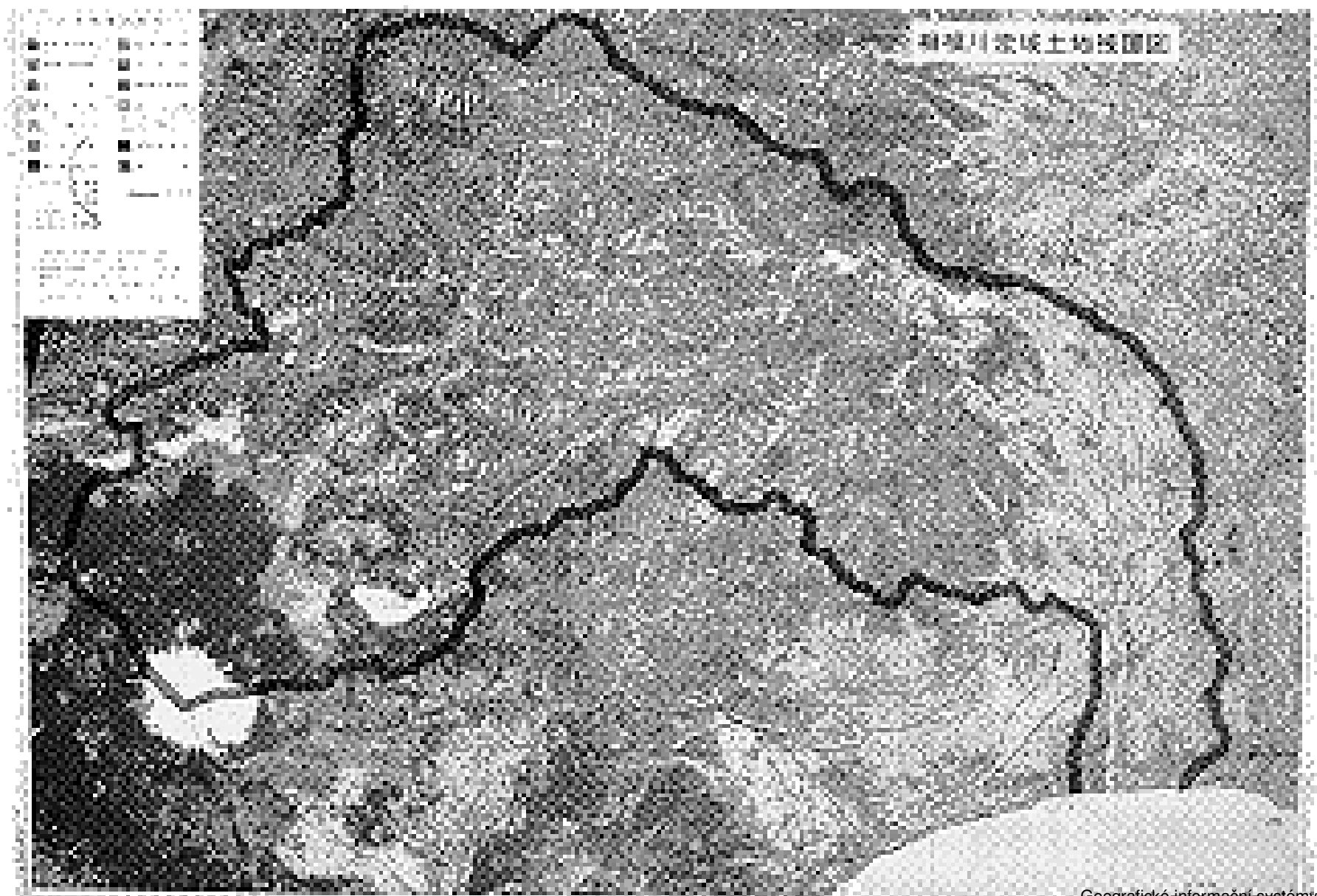


b) Decision Trees

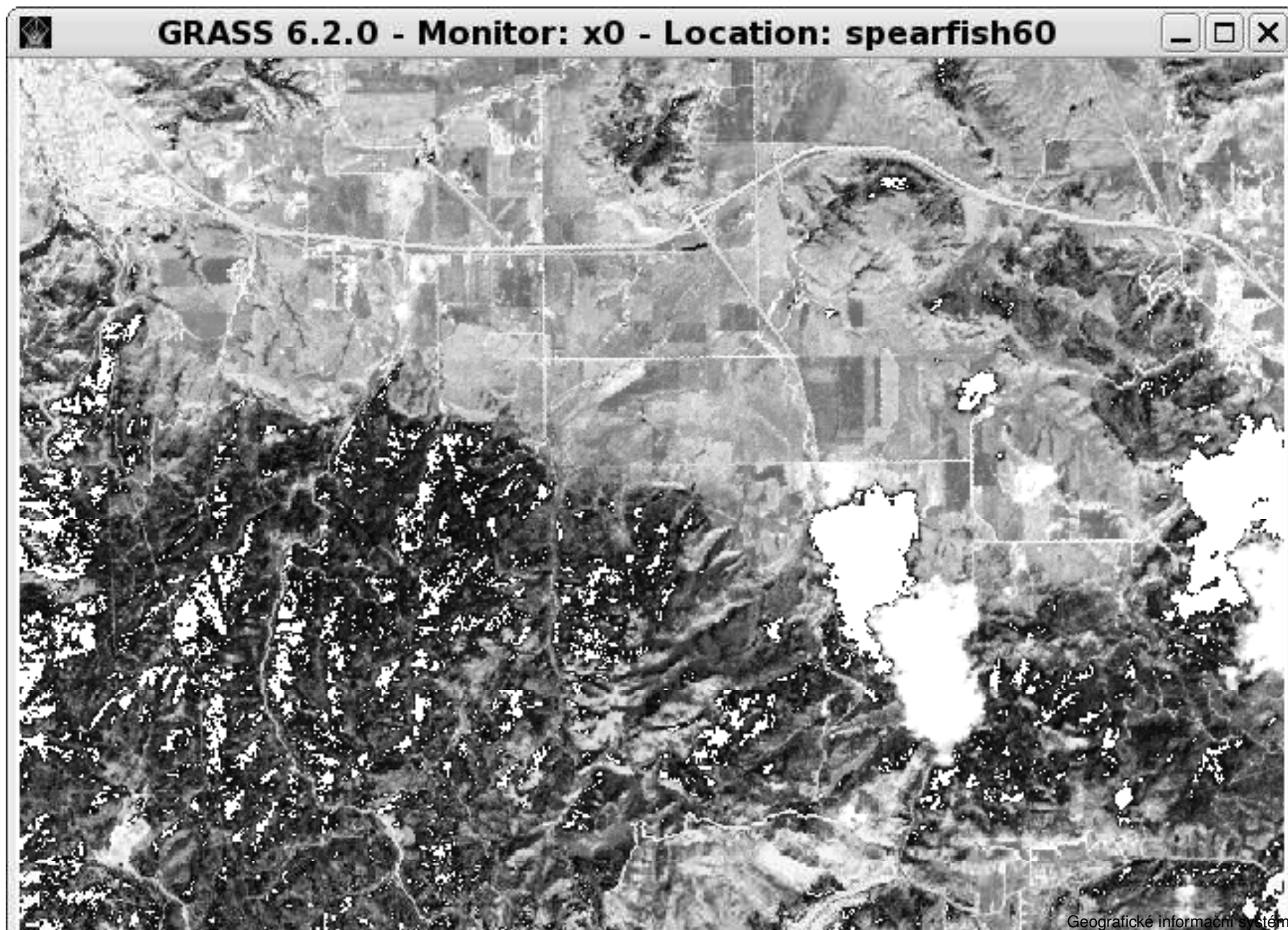
Výsledek



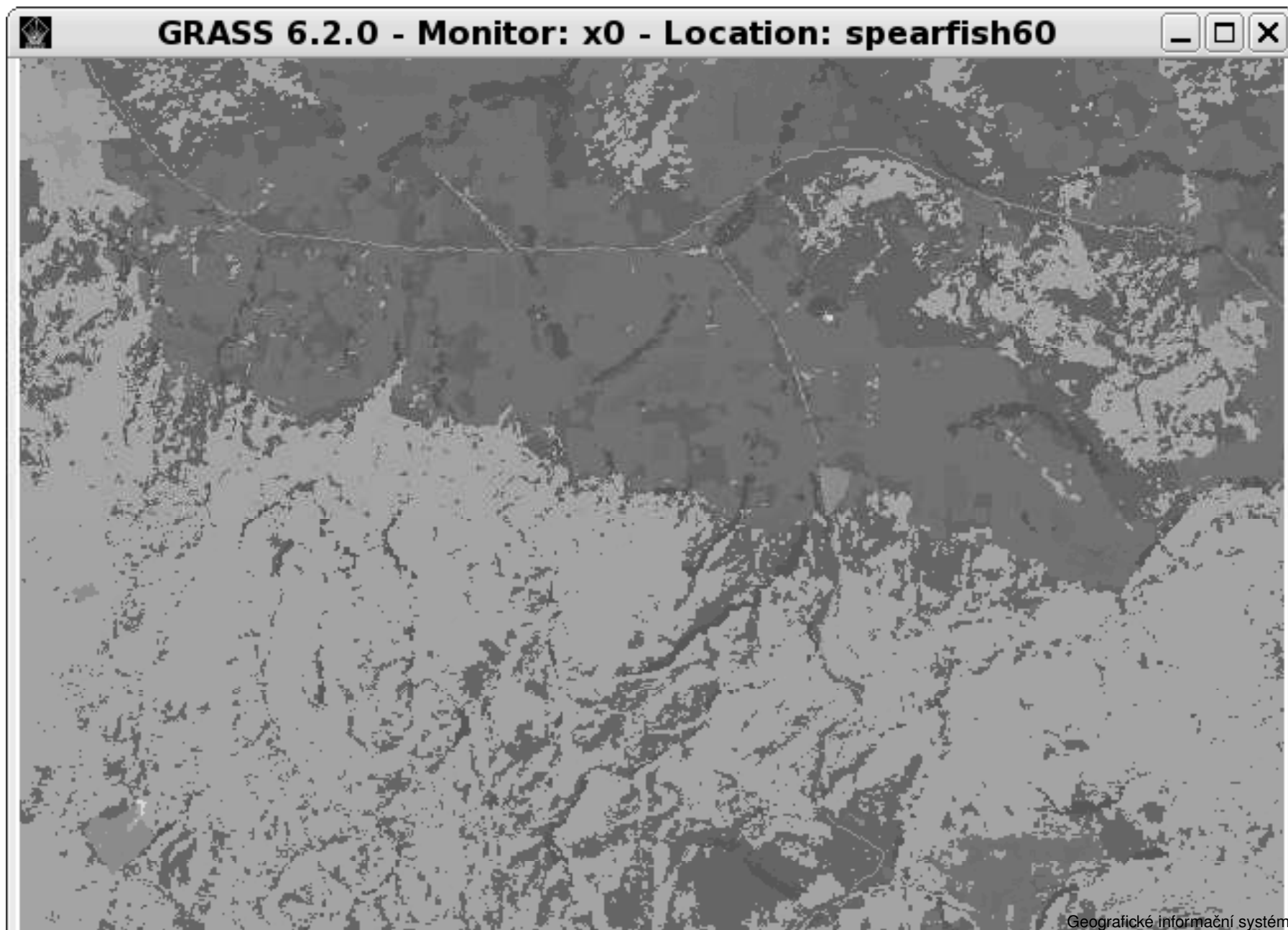
Výsledek



Spearfish, spot.image



Spearfish, landcover.orig



Další aplikace RS

- Land Cover Change Detection
- Global Vegetation Map
- Water Quality Monitoring
- Measurement of Sea Surface Temperature
- Snow Survey
- Monitoring of Atmospheric Constituents
- Lineament Extraction
- Geological Interpretation

Analytické operace

Závěrem kapitoly o analýzách konstatujeme tři základní skupiny analytických operací:

- dotazy na databázích - prohledáváme existující uloženou informaci
- odvozené mapování - z uložených dat odvozujeme nové informace
- modelování procesů - nová oblast analýz v GISech

<http://gislounge.com/ll/aml.shtml> - Arc Macro Language