

Objektově orientovaná klasifikace obrazu



Základní východiska

- Klasifikace založená na identifikaci jednotlivých obrazových prvků má mnohá omezení.
- Vychází z předpokladů, které již a priori vylučují úspěšnou aplikaci těchto přístupů na některé úlohy (zastavěné plochy).
- Analýza obrazu prozatím málo využívá jiných charakteristik (interpretačních znaků) než spektrálních (např. na radarová data nelze v důsledku značného podílu šumu použít klasický per-pixel přístup).

Interpretace obrazu a rastrový datový model

1. Analogová interpretace založená na zkušenosti a hodnocení interpretačních znaků
2. Automatická klasifikace

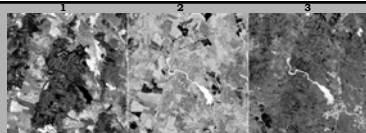
- Rastrový datový model diskretizuje objekty do prvků, které jsou samy o sobě heterogenní.
- Proces postupného skládání objektů z jednotlivých elementárních prvků je nepřirozený.
- Problém co jsme schopni rozpoznat (landuse x landcover)

Omezenost multispektrálního přístupu

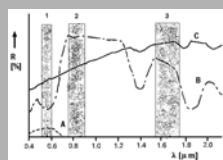
Spektrální charakteristiky často nepředstavují typickou informaci o hledaném povrchu.

... hyperspektrální přístup
... multitemporální přístup

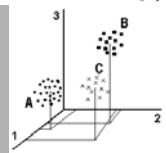
Obrazový prostor
(Image space)



Spektrální prostor
(Spectral space)



Príznakový prostor
(Feature space)



Způsoby rozpoznávání



Naše rozpoznávání není založeno na postupném skládání celku z jednotlivostí.

Je spíš založeno na:

1. na zkušenosti (jak vypadá pes)
2. schopnosti hodnotit vztahy (mezi skupinami černých a bílých ploch)

Asociativní vybavování - příklad domu



Hodnocení vztahů

Vzhledem k měřítku lze v obraze definovat vztahy **vertikální** i **horizontální**

Vertikální vztahy – **hierarchie** uspořádání: Informace uložená v obraze má často fraktální povahu – záleží na měřítku. (Části stromu – strom – les – krajinná mozaika).

Horizontální vztahy: kontextuální (vztahy **sousedství**, asociací) – dva či více objektů se mohou v prostoru vyskytovat podmíněně

Hodnocení textury

Texturální klasifikátory se snaží popsat typickou **proměnlivost** spektrálního chování

GLCM (Grey Level Co-occurrence Matrix)



0	0	1	1
0	0	1	1
0	2	2	2
2	2	3	3

2	2	1	0
0	2	0	0
0	0	3	1
0	0	0	1

Každý prvek GLCM matice nese informaci, kolikrát se daná kombinace hodnot v okně vyskytuje.

Míry textury - **vážený průměr** buněk GLCM.

$$\text{Kontrast} = \sum_{i,j=0}^{N-1} P_{i,j} \cdot (i - j)^2$$

Interpretace: Je-li i a j stejné (na diagonále) váha je 0. Liší-li se i a j o 1 váha je 1, liší-li se o 2 váha je 4 atd. Váhy exponenciálně rostou.

Základní východiska objektového přístupu

- Základní jednotkou pro klasifikaci není obrazový prvek (pixel), ale **skupina prostorově souvisejících pixelů** (field, image object primitive, ...).
- Tato skupina pixelů je vytvořena procesem **segmentace obrazu**. Jejím cílem je pospojovat pixely podobných vlastností do skupin.
- Nejsou uvažovány jen vlastnosti spektrální, ale například textura, kontext, vlastnosti související s tvarem a velikostí pixelů apod.
- Vytvoření skupin pixelů podobných vlastností umožňuje následně definovat **vztahy** mezi jednotlivými skupinami

Obecný postup objektové klasifikace obrazu

1. Spojování podobných pixelů do homogenních ploch – **segmentů**
2. **Testování** homogenity segmentů
3. Výpočet **atributů** pro každý segment
4. Definování **příznakového prostoru**
5. **Klasifikace** segmentů (objektů)

Algoritmy pro segmentaci obrazu:

1. „**Boundary seeking**“ - vyhledávání hranic. Většinou pracují s kontrastem snímku – části obrazu s největší změnou kontrastu definují polohu hranice mezi dvěma obrazovými objekty. Problémem je, že takto definované hranice v obraze často nevytvářejí uzavřené polygony
 2. „**Object seeking**“ – (region growing) vyhledávání objektů. Vycházejí z hodnocení interní homogenity skupiny pixelů. Vytvářejí uzavřené polygony.
- **Konjunktivní** – začíná s několika málo pixely a postupně na ně „nabalují“ další, které vyhovují předem definovanému kritériu (homogenity, tvaru, ...)
 - **Disjunktivní** – založeny na postupném dělení celé scény

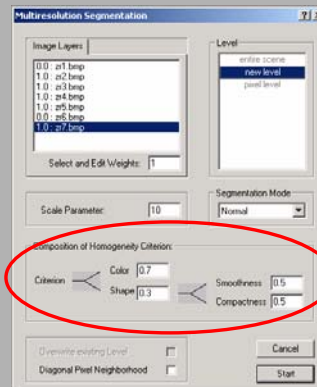
Segmentace obrazu - multiresolution segmentation

Definování základních obrazových objektů je založeno na spojování podobných pixelů.

Podobnost či homogenita je posuzována z hlediska těchto tříd informací:

- Spektrální informace
- Texturní informace
- Informace o tvaru objektů
- Informace o topologických vztazích (kontextuální)

Nastavení parametrů segmentace obrazu



Posouzení spektrální heterogenity:

$$h_{spec} = \sum_c v_c \cdot \sigma_c$$

c - proměnná příznakového prostoru (např. pásmo multispektrálního obrazu)

v - váha dané proměnné

σ - směrodatná odchylka pixelů daného pásma

Posouzení tvarové heterogenity:

Kompaktnost - Compactness - optimalizuje tvar

$$h_{com} = \frac{l}{b}$$

Hladkost - Smoothness - optimalizuje hranice

$$h_{sm} = \frac{l}{\sqrt{n}}$$

l - obvod skupiny pixelů

n - počet pixelů tvořících skupiny

b - obvod nejmenšího pravouhelníka opsaného skupině pixelů

Celková tvarová heterogenita:

$$h_{tvar} = v_{com} h_{com} + (1 - v_{com}) h_{sm}$$

v_{com} - váha kritéria kompaktnosti tvaru (0;1)

Proces slučování sousedních segmentů:

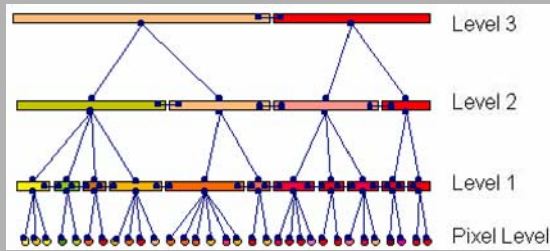
$$f = v_{barvy} h_{barvy} + (1 - v_{barvy}) h_{tvar}$$

v_{barvy} - váha kritéria barvy (0;1)

f - fúze - parametr spojování

Ke spojování dochází, pokud je fúze (f) menší než parametr SCALE. Ten zadává uživatel na počátku procesu segmentace. Malá hodnota parametru SCALE produkuje malé objekty

„Multiresolution segmentation“



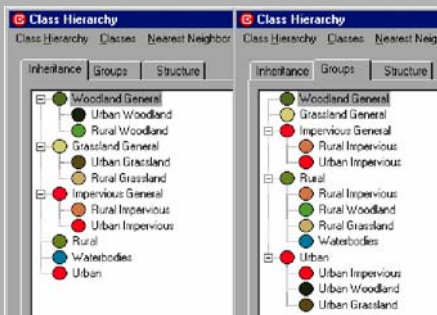
Objektově orientovaná analýza obrazu pracuje s obrazovými objekty uspořádanými do **hierarchicky** uspořádaného systému vrstev. Nejnižší vrstvu tvoří vrstva jednotlivých pixelů, nejvyšší vrstvu pak celý obraz. Mezi těmito dvěma krajními úrovněmi se vytváří další úrovně právě procesem segmentace obrazu. Celá síť má jednoznačně definované **topologické** vazby.

Problémy segmentace obrazu

- Problém konektivity – 4, 8
- Problém segmentace liniových objektů
- Generování „umělých“ hranic v obraze

Hierarchické uspořádání klasifikačního schématu

- podle dědičnosti (inheritance)
- podle sémantiky (významu)



Princip dědičnosti (INHERITANCE)

Sub-objekty dědí vlastnosti svých rodičů (super-objektu).

Travní porosty

- Louky
- Parky

Zastavěná plocha

- Les ve městě
- Parky
- Bloky budov

Atributy objektů

Každému z objektů přísluší množina atributů, které popisují spektrální vlastnosti, tvar, topologické vazby, texturní znaky, ...

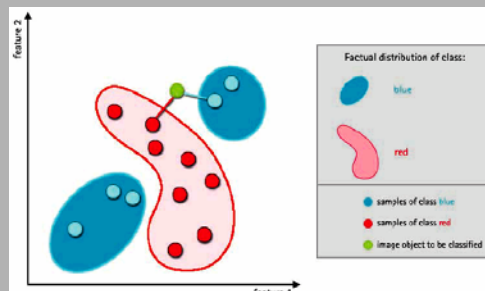
Feature	Val
Upper Values	
Mean od al brp	145.60
StdDev od al brp	7.27
Form	
Area	2175.00
Length	90.24
Width	27.10
Border Length	308.00
Length/Width	2.96
Shape Index	2.07
Density	2.01
Mean Direction	2.59
Asymmetry	0.4951
X Center	221.56
Y Center	112.01
Hierarchy	
Level	1.00
Num Higher Levels	0.00
Num Sub Levels	0.00
Num Neighbors	7.00
Num Sub Objects	0.00

Klasifikace objektů I.

Vlastní klasifikace může být založena na **klasifikátoru nejbližšího souseda (Nearest Neighbor)**

Trénovací data tvoří vybrané objekty

Klasifikátor zařadí všechny ostatní objekty do třídy, ke které má v předem definovaném příznakovém prostoru nejbližší.



Klasifikace objektů II.

Klasifikace založená na principu **neostrých množin (fuzzy logic)**.

Prislušnost jednotlivých objektů ke každé třídě je hodnocena prostřednictvím funkce prislušnosti (membership function) pro každý z uvažovaných atributů.

Membership function normalizuje hodnoty jakéhokoliv použitého atributu (např. DN hodnot pásma obrazu 0 až 255) do hodnot 0 až 1.

Funkce má různý průběh (např. sigmoida).

Průběh membership function definuje neostře (fuzzy) hranice a nahrazuje binární logiku (patří - nepatří).

Funkce prislušnosti

Klasifikace objektů může probíhat dvěma způsoby

- jako klasifikace **bez uvažování topologických a hierarchických vazeb** objektů
- jako klasifikace **hodnotící též topologické a hierarchické vazby** objektů v obraze

Jednotlivé třídy již nemusí představovat land cover, ale mohou být již kategoriemi land use. To je umožněno hodnocením odlišné skupiny atributů při klasifikaci tříd – příznakový prostor může být definován různě pro různé kategorie:

Příklad příznakového prostoru použitého pro klasifikaci využívající topologických vazeb

Klasifikační schéma ve formě binárního stromu

- daná třída je definována vždy jako **negace prislušnosti k třídě jiné**

Rysy klasifikace

- Objektů je výrazně méně než jednotlivých pixelů a proto je klasifikace velmi rychlá.
- Klasifikovány jsou nejprve třídy na nejvyšší hierarchické úrovni zpracování – (nejmenší měřítko) – například městské plochy, venkovské plochy, vodní objekty. Ty se klasifikují bez uvažování topologických vazeb.
- Následně je klasifikace provedena na nižší úrovni zpracování (v podrobnějším měřítku), kdy je možné využít topologických vazeb sestavených na základě klasifikace na vyšší úrovni.
- Příklad: Při zařazování obrazových objektů do třídy městská zeleň je možné uvažovat vztahy těchto objektů k třídě městské plochy – například ve formě relativní vzdálenosti k těmto plochám nebo jako vztah k nejbližšímu sousedovi.
- Hierarchicky uspořádané klasifikační schéma je možné sestavit ve formě binárního stromu, kdy daná třída je definována vždy jako negace prislušnosti k třídě jiné