

Klasifikace obrazu IV

Objektově orientovaná klasifikace

Objektová („per-object“) klasifikace



Naše rozpoznávání není založeno na postupném skládání celku z jednotlivostí.

Je založeno m.j. na:

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

Základní východiska

- Člověk při vizuální interpretaci nevyhodnocuje jednotlivé v geografickém prostoru oddělené pixely, ale postupně zaostruje oko na homogenní celky snímku a podle barevných (spektrálních), tvarových, velikostních, kontextuálních, texturálních a dalších informací rozpoznává jednotlivé objekty. Tento princip je možné do určité míry napodobit a přenést do počítače tak, aby stroj prováděl vyhodnocení snímků.
- Klasifikace založená na identifikaci jednotlivých obrazových prvků má mnohá omezení.
- Vychází z předpokladů, které již předem vylučují úspěšnou aplikaci těchto přístupů na některé úlohy (zastavěné plochy – nejsou homogenní).
- Informace uložená v obraze často záleží na měřítku. (Části stromu – strom – les – krajinná mozaika).
- 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).

Základní východiska

- Objektový přístup – 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 sousedství** mezi jednotlivými skupinami.

Segmentace obrazu

- Segmentace obrazu je proces, kdy je obrazový soubor rozdělen do dílčích obrazových částí, **tzv. primitiv**. Tyto obrazové segmenty jsou pak předmětem klasifikace
- Každý segment
 - je podobrazem zpracovaného obrazu
 - splňuje jedno nebo více z následujících tvrzení:
 - všechny jeho pixely mají stejnou úroveň šedi
 - všechny jeho pixely se neliší úrovní šedi o více než předem požadovanou hodnotu
 - všechny jeho pixely jsou přijatelně homogenní (směrodatná odchylka)

Dva způsoby segmentace:

- segmentace probíhá po částech, na přechodech možný překryv – nutná manuální editace
- celý obraz se rozdělí na jednotlivé segmenty bez mezer

Obecný postup objektové klasifikace obrazu

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

Příklad- vytváření segmentů v obraze

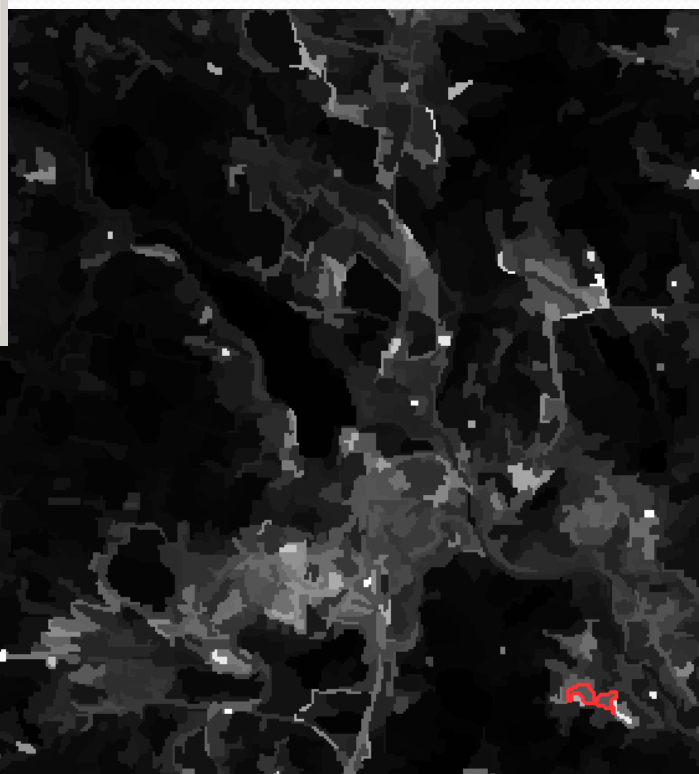
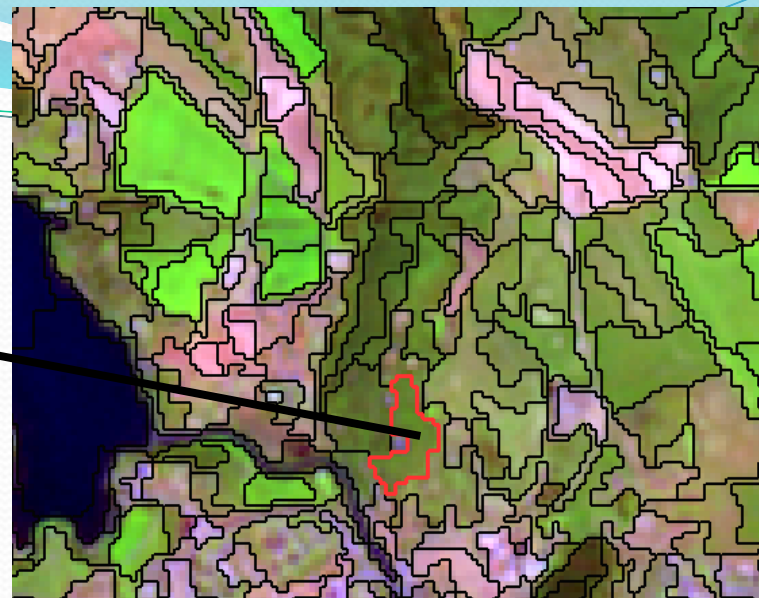


Atributy objektů

Image Object Information: Features and Classification

Display
 Class Evaluation Features

Feature	Val
Layer Values	
Mean	145.68
StdDev	7.27
Form	
Area	2175.00
Length	80.26
Width	27.10
Border Length	386.00
Length/Width	2.96
Shape Index	2.07
Density	2.01
Main Direction	3.58
Asymmetry	0.4951
X-Center	221.56
Y-Center	113.81
Hierarchy	
Level	1.00
Num Higher Levels	0.00
Num Sub Levels	0.00
Num Neighbors	7.00
Num Sub Objects	0.00



Feature View

- Object features
 - Layer values
 - Shape
 - Texture
 - Layer value texture based on sub-object
 - Shape texture based on sub-object
 - Texture after Haralick
 - GLCM: Homogeneity
 - GLCM: Contrast
 - All directions
 - b_tm1.tif
 - b_tm2.tif
 - b_tm3.tif
 - b_tm4.tif
 - b_tm5.tif
 - b_tm6.tif
 - b_tm7.tif
 - GLCM Contrast (all dir.)
 - Direction 0°
 - Direction 45°
 - Direction 90°
 - Direction 135°
 - GLCM: Dissimilarity
 - GLCM: Entropy
 - GLCM: Angular Second Moment
 - GLCM: Mean
 - GLCM: Standard Deviation
 - GLCM: Correlation
 - GLDV: Angular Second Moment
 - GLDV: Entropy
 - GLDV: Mean
 - GLDV: Contrast
 - Hierarchy
 - Class-related features
 - Global features

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

Algoritmy pro segmentaci obrazu:

1. **„Boundary seeking“** - (Edge based) 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 nevytváří uzavřené polygony. Pracují s hranovými operátory (Sobel)
2. **„Object seeking“** – (region growing) vyhledávání objektů založené na oblastech. 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

ECHO (metoda již od roku 1976)

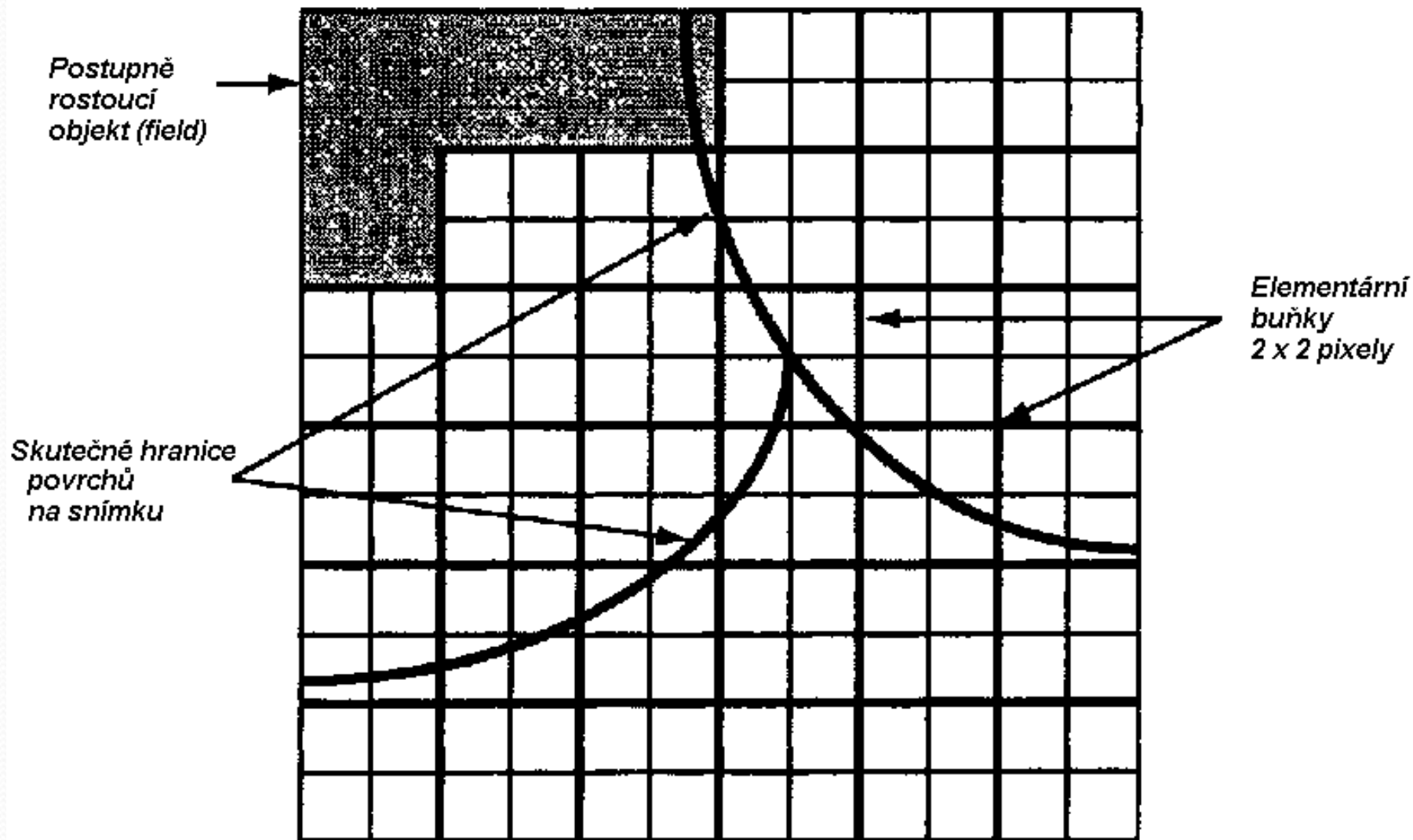
(Extraction and Classification of Homogeneous Objects)

- Vedle spektrálních hodnot pixelů se uvažují i jejich prostorové vztahy – **spectral-spatial**.
- Při segmentaci se vyhledávají skupiny spektrálně podobných pixelů, které jsou spojovány do tzv. fields (pole)
- Pole jsou následně klasifikovány jedním z výše popsaných rozhodovacích pravidel

Postup spojování pixelů do polí (fields):

1. Obraz je rozdělen na skupiny pixelů zadané velikosti (2 x 2, 3 x 3 apod.) Takto vytvořené skupiny jsou následně testovány, zda tvoří skupinu homogenní či ne.
2. Do dalšího kroku postupují pouze homogenní skupiny, které tvoří „jádra“ výsledných polí.
3. Nehomogenní skupiny pixelů se rozpadají zpět na jednotlivé pixely.
4. Následně se na zárodečná jádra přibalují sousední jednotlivé pixely či skupiny pixelů a opět je testována homogenita takto se postupně zvětšujících skupin pixelů.
5. Výsledkem segmentace je obraz rozdělený do skupin homogenních pixelů.

Konjunktivní způsob segmentace založený na definování objektů



Segmentace obrazu - multiresolution segmentation

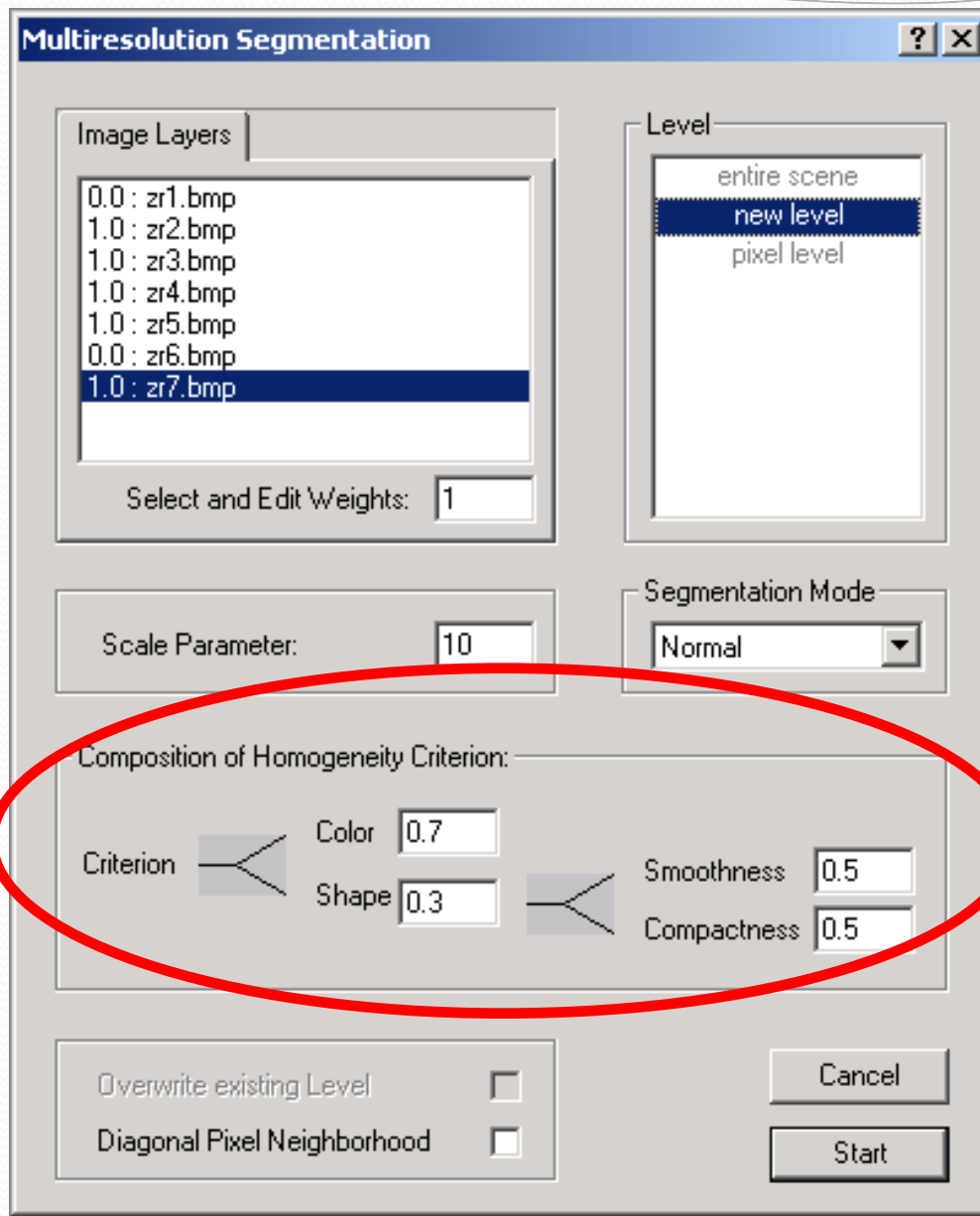
Definování základních obrazových objektů je založeno na spojování podobných pixelů.

Podobnost či homogenita je posuzována z hlediska těchto tříd informací:

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

Segmentace je dána podmínkou minimalizovat heterogenitu pixelů v objektu = dosáhnout homogennosti, tato heterogenita se posuzuje jako fúze spektrální i tvarové heterogenity

Nastavení parametrů segmentace obrazu



Posouzení spektrální heterogenity (color):

$$h = \sum_c w_c \cdot \sigma_c$$

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

W – váha daného atributu

σ - směrodatná odchylka pixelů daného pásma

Posouzení tvarové heterogenity (shape):

Hladkost - Smoothness – optimalizuje hranice

$$h = \frac{l}{b}$$



Kompaktnost - Compactness – optimalizuje tvar

$$h = \frac{l}{\sqrt{n}}$$

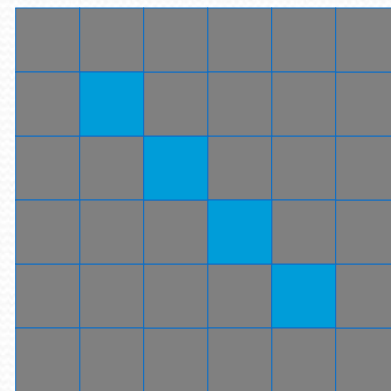
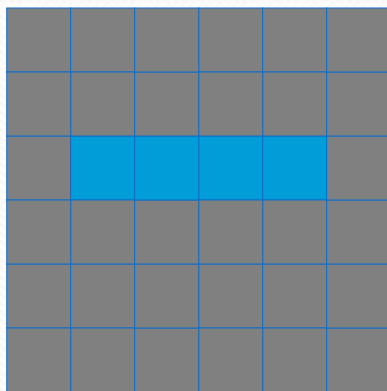
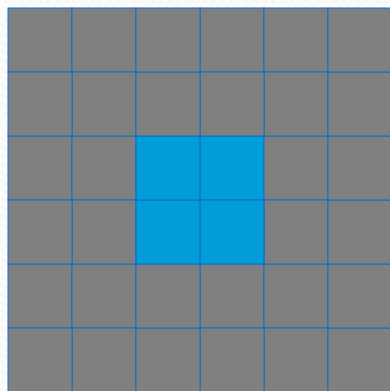
l – obvod skupiny pixelů

n- počet pixelů tvořících skupiny

b – obvod nejmenšího pravoúhelníka opsaného skupině pixelů

Tvarové kritérium - kompaktnost

- např. Ikonos PAN
 - prostorové rozlišení 1 metr



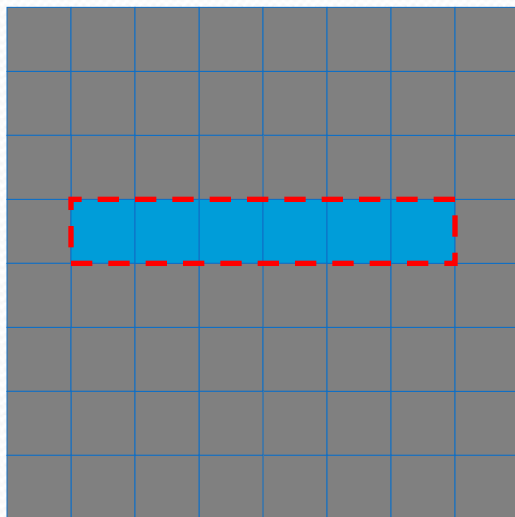
$$cpt = \frac{l}{\sqrt{n}} = \frac{8}{\sqrt{4}} = \frac{8}{2} = 4$$

$$cpt = \frac{l}{\sqrt{n}} = \frac{10}{\sqrt{4}} = \frac{10}{2} = 5$$

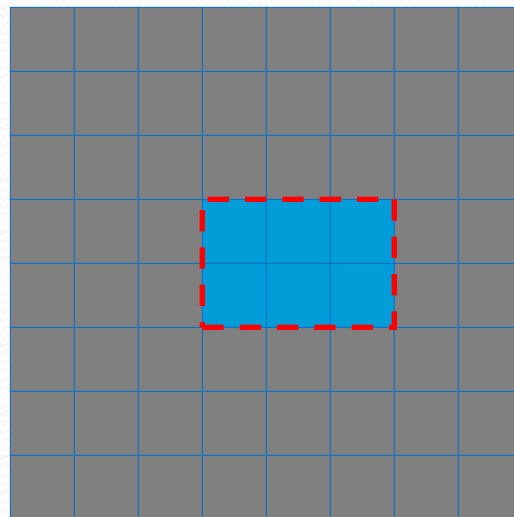
$$cpt = \frac{l}{\sqrt{n}} = \frac{16}{\sqrt{4}} = \frac{16}{2} = 8$$

Tvarové kritérium - hladkost

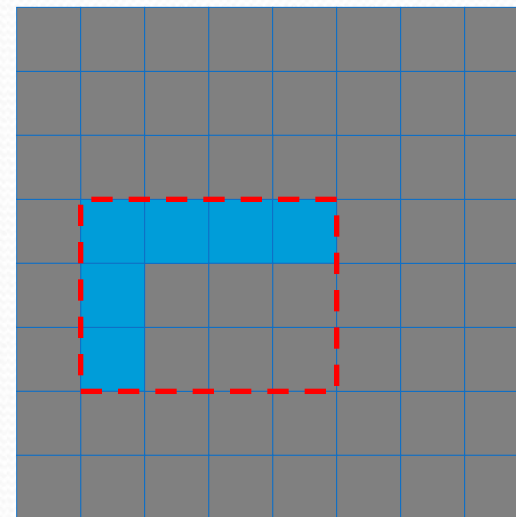
- např. Ikonos PAN
 - prostorové rozlišení 1 metr



$$\text{hladkost} = \frac{l}{b} = \frac{14}{14} = 1$$



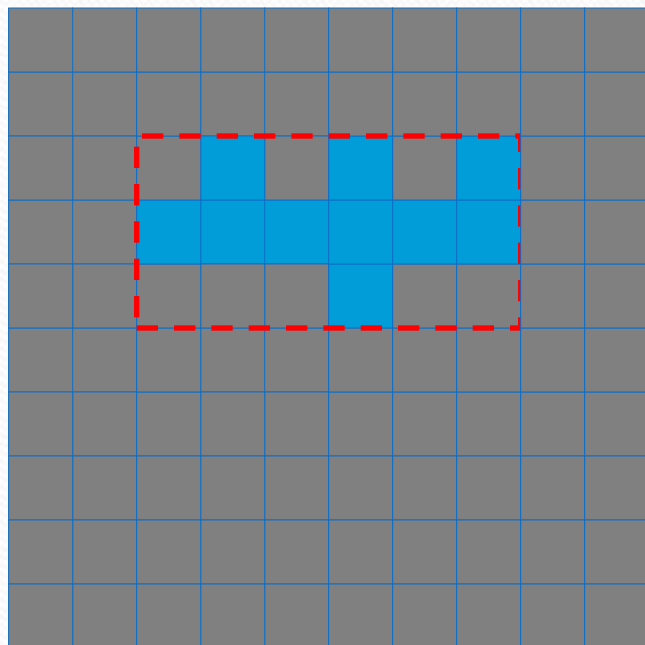
$$\text{hladkost} = \frac{l}{b} = \frac{10}{10} = 1$$



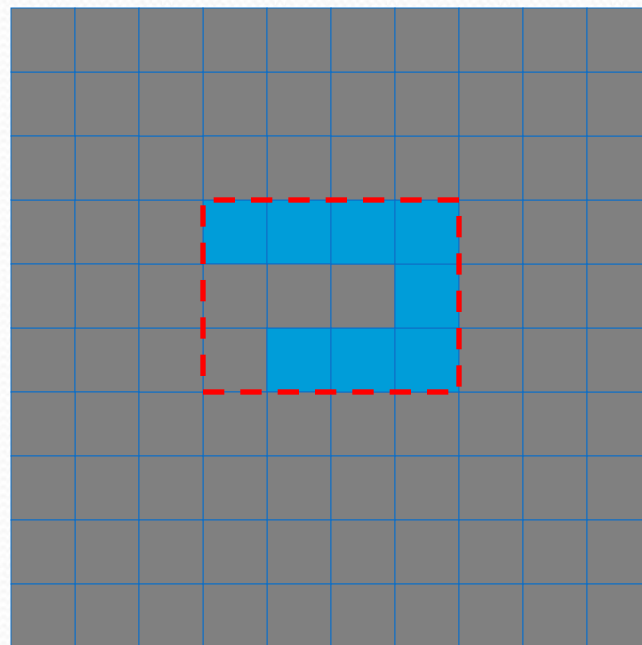
$$\text{hladkost} = \frac{l}{b} = \frac{14}{14} = 1$$

Tvarové kritérium - hladkost

- např. Ikonos PAN
 - prostorové rozlišení 1 metr



$$\text{hladkost} = \frac{l}{b} = \frac{22}{18} = 1,22$$



$$\text{hladkost} = \frac{l}{b} = \frac{18}{14} = 1,29$$

Celková tvarová heterogenita:

$$h_{t \text{ var}} = v_{com} h_{com} + (1 - v_{com}) h_{sm}$$

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

Proces slučování sousedních segmentů:

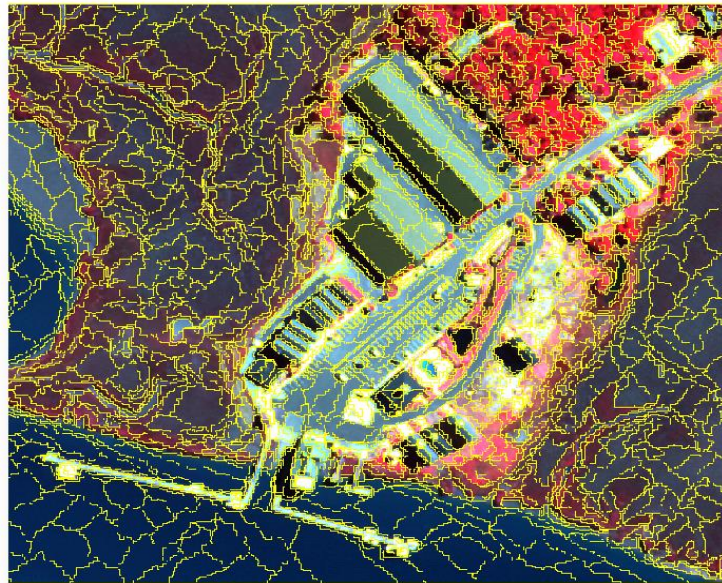
$$f = v_{barvy} h_{barvy} + (1 - v_{barvy}) h_{tvar}$$

v_{barvy} – váha kritéria barvy (0;1)

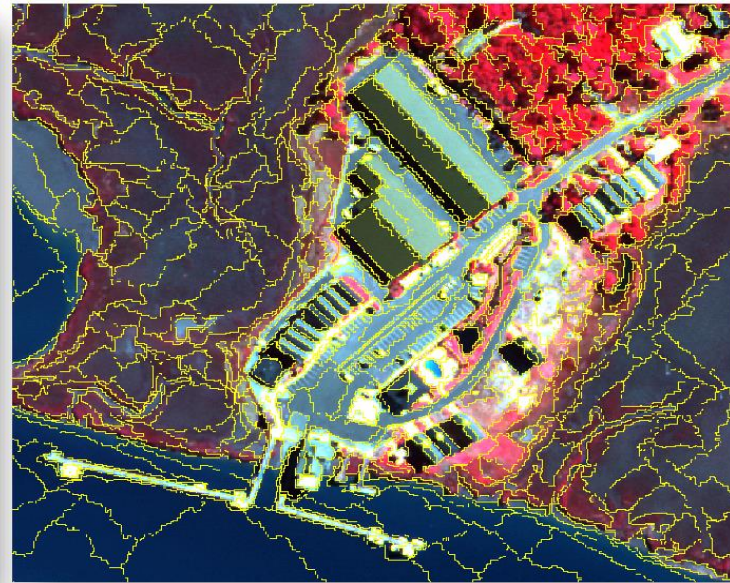
f – fúze – parametr spojování

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

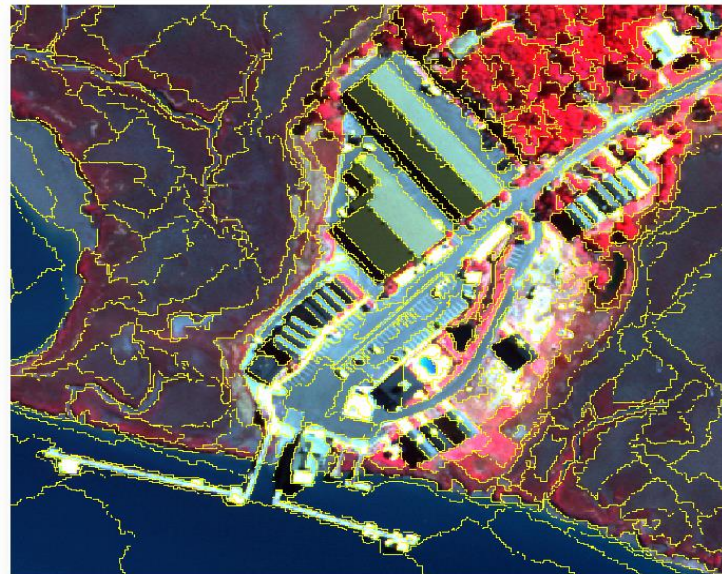
Image Segmentation Based on Spectral (Green, Red, Near-infrared) and Spatial (Smoothness and Compactness) Criteria



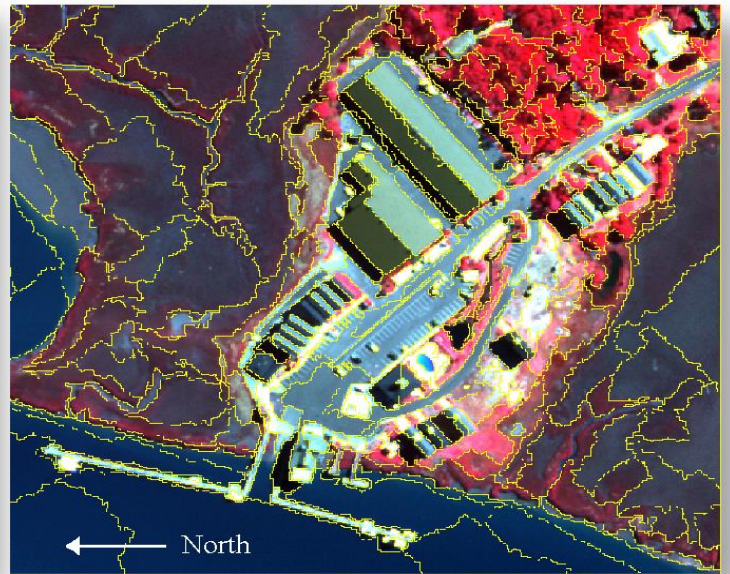
a. Segmentation scale 10.



b. Segmentation scale 20.



c. Segmentation scale 30.



d. Segmentation scale 40.

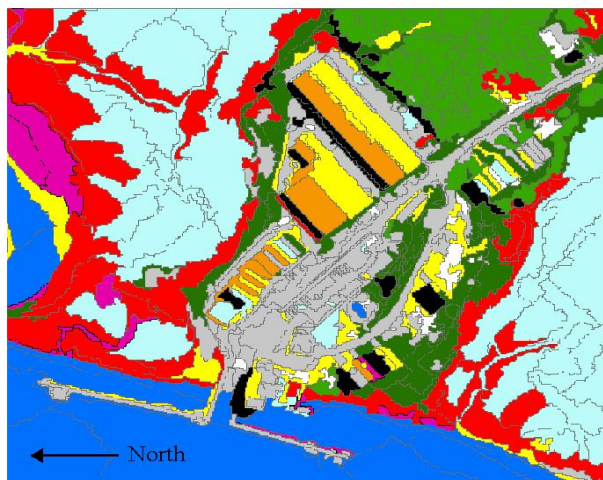
Classification Based on Image Segmentation Spectral and Spatial Criteria



a. Segmentation scale 10.



b. Segmentation scale 20.



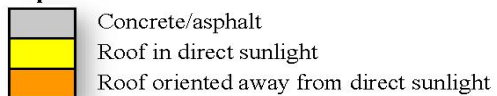
c. Segmentation scale 30.



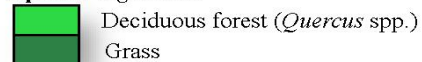
d. Segmentation scale 40.



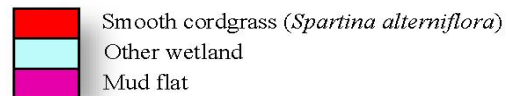
Impervious Surfaces



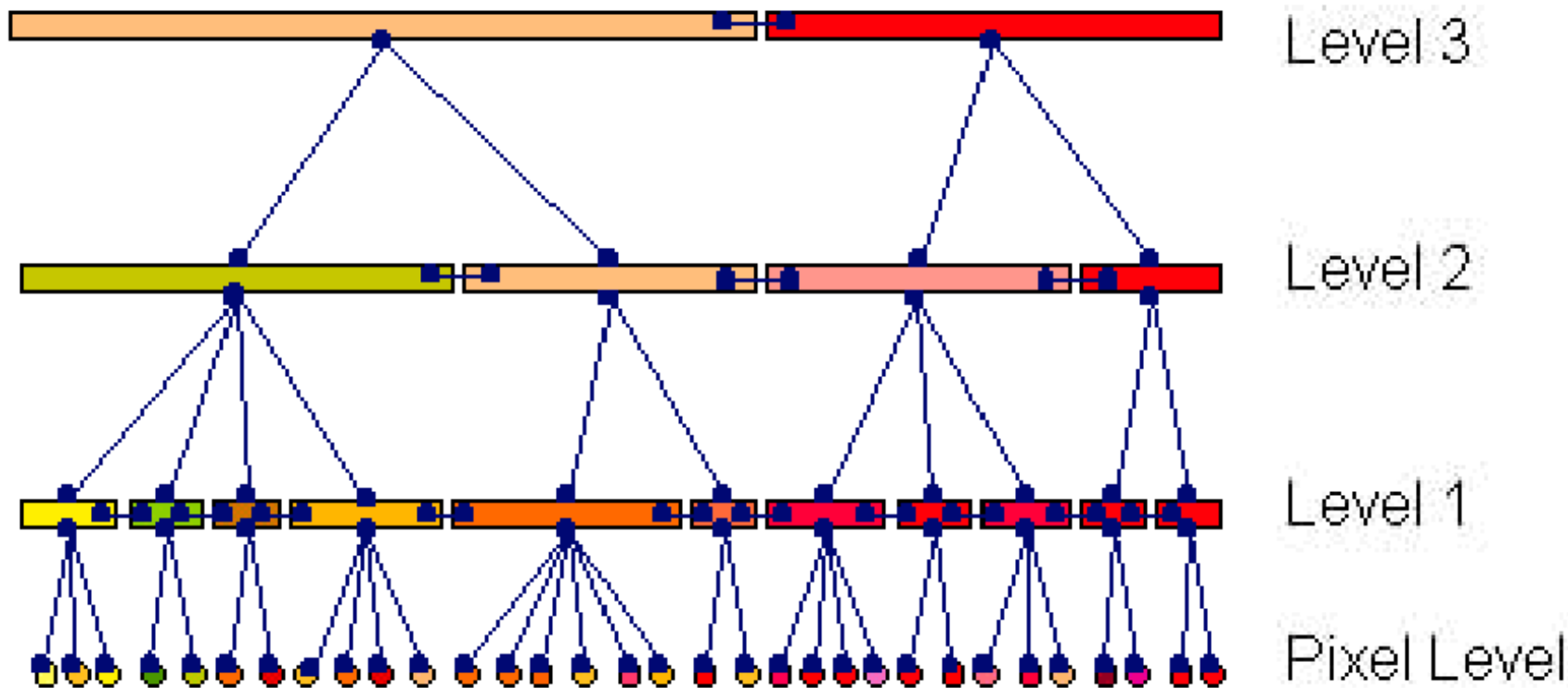
Upland Vegetation



Wetland



„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.

Algorithmy segmentace

<http://www.ioer.de/segmentation-evaluation/index.html>

Segmentation Evaluation

[Home](#)

[News](#)

[Software & Results](#)

[Publications](#)

[Contact](#)








[>> Home](#)

Welcome to the website for the Evaluation of Remote Sensing Image Segmentation Programs!

The aim of this website is to display the results of our qualitative evaluations of remote sensing image segmentation programs and to illustrate the variability of segmentation outputs. Details about the methods and algorithms can be found in our publications.

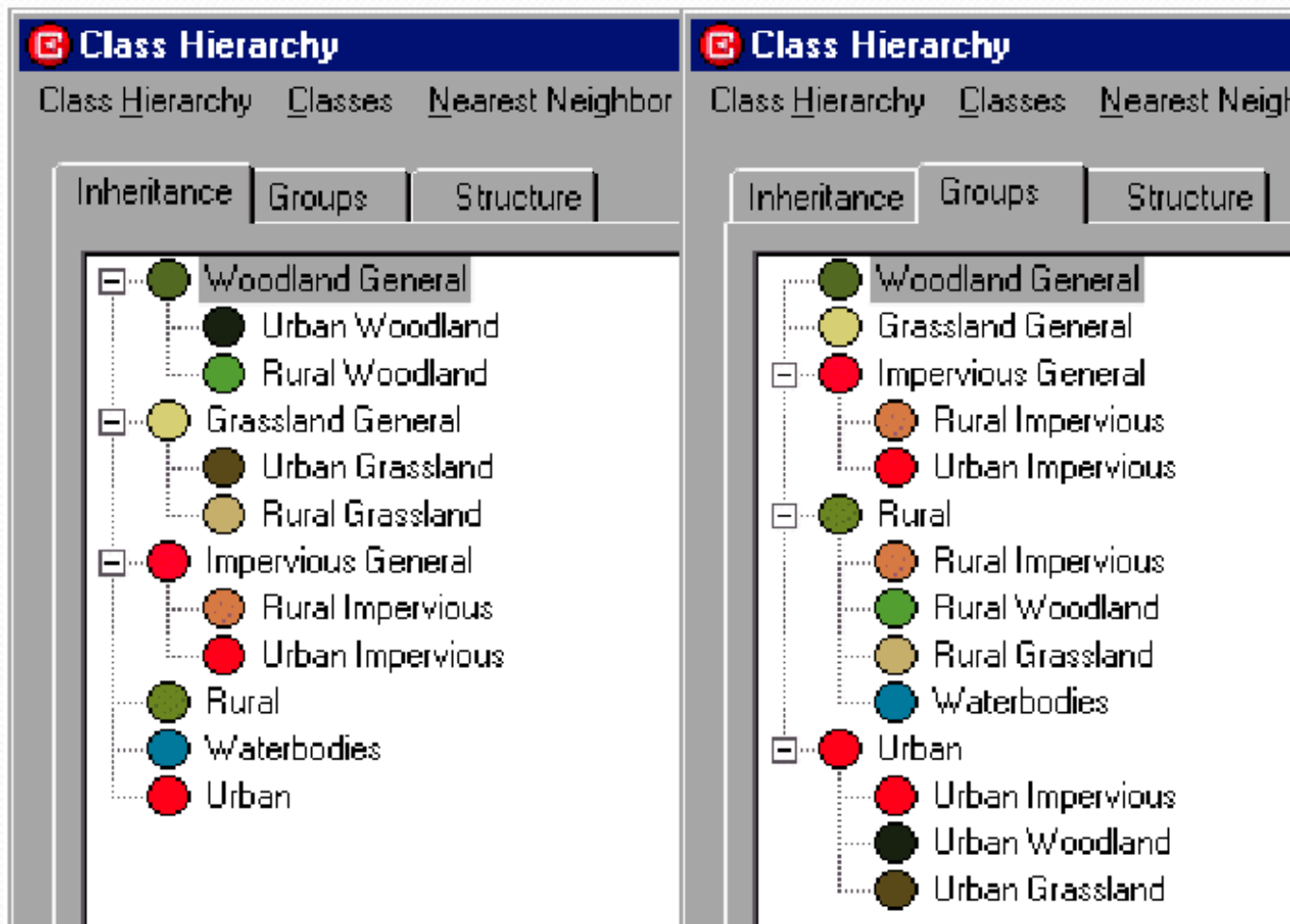


[>> Software & Results](#)

Software	Visual Results - click to enlarge -	
- click for details -	Urban scene	Rural scene
BerkeleyImgseg 0.54		
CAESAR 3.1	n.a.	
Data Dissection Tools		
Definiens Developer 7.0		

Hierarchické uspořádání klasifikačního schématu

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



Hierarchie podle dědičnosti (INHERITANCE)

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

Travní porosty

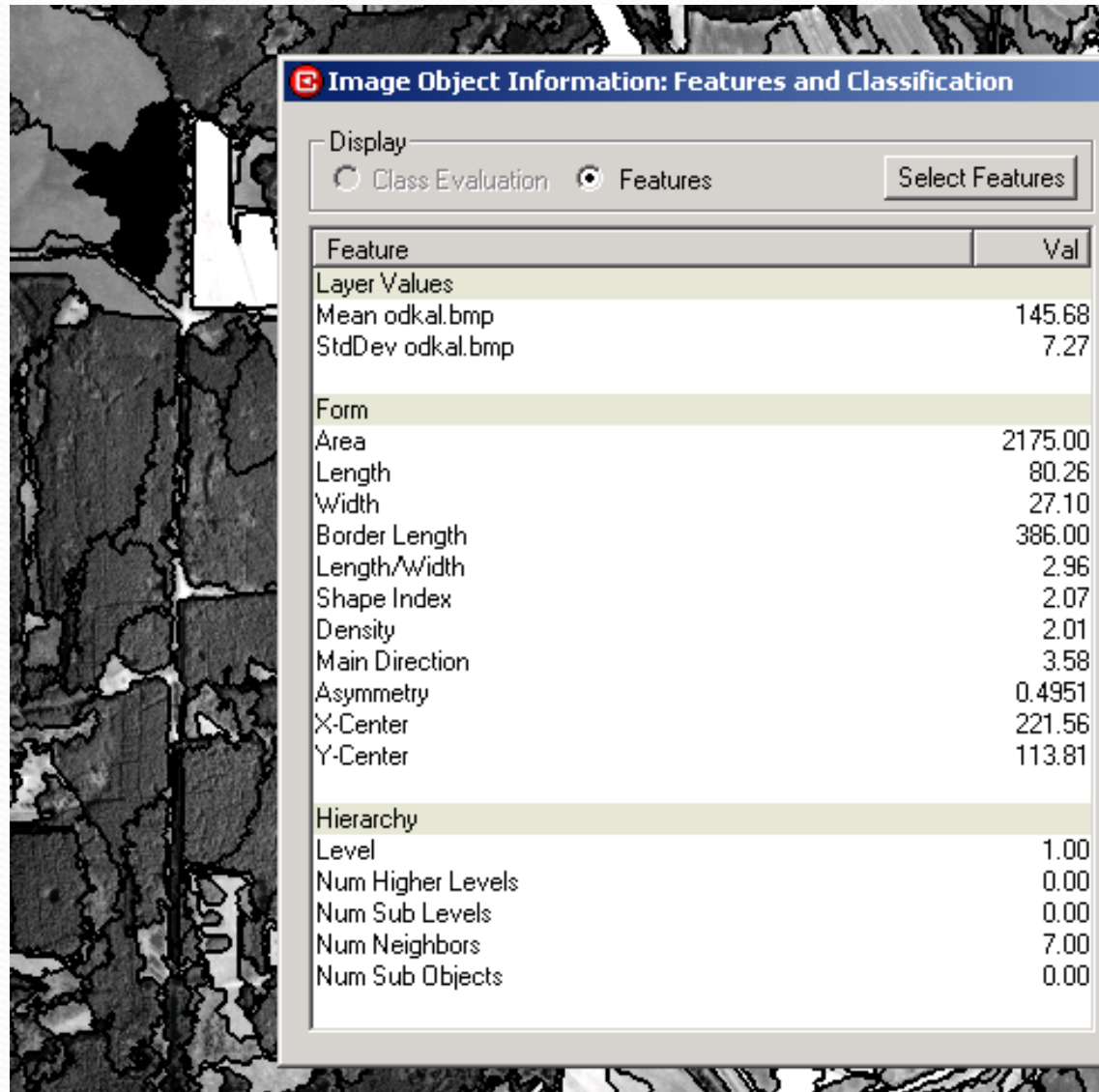
- Louky
- Parky

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, ...



The screenshot shows a software interface window titled "Image Object Information: Features and Classification". It has a "Display" section with two radio buttons: "Class Evaluation" (unselected) and "Features" (selected). A "Select Features" button is located to the right of the "Features" radio button. Below this is a table with two columns: "Feature" and "Val". The table is divided into several sections: "Layer Values", "Form", and "Hierarchy".

Feature	Val
Layer Values	
Mean odkal.bmp	145.68
StdDev odkal.bmp	7.27
Form	
Area	2175.00
Length	80.26
Width	27.10
Border Length	386.00
Length/Width	2.96
Shape Index	2.07
Density	2.01
Main Direction	3.58
Asymmetry	0.4951
X-Center	221.56
Y-Center	113.81
Hierarchy	
Level	1.00
Num Higher Levels	0.00
Num Sub Levels	0.00
Num Neighbors	7.00
Num Sub Objects	0.00

Object features v eCognition

- Object features
 - Customized
 - Type
 - Layer Values
 - Mean
 - Mode
 - Quantile
 - Standard deviation
 - Skewness
 - Pixel-based
 - To neighbors
 - To super-object
 - To Scene
 - Hue, Saturation, Intensity
 - Geometry
 - Extent
 - Shape
 - To super-object
 - Based on Polygons
 - Based on Skeletons
 - Position
 - Distance
 - Coordinate

- Layer Values
 - Brightness
 - Layer 1
 - Layer 2
 - Layer 3
 - Layer 4
 - Layer 5
 - Layer 6
 - Max. diff.
- Geometry
 - Extent
 - Area (Pxl)
 - Border length (Pxl)
 - Length (Pxl)
 - Length/Thickness
 - Length/Width
 - Number of pixels
 - Rel. Border to Image Border
 - Thickness (Pxl)
 - Volume (Pxl)
 - Width (Pxl)

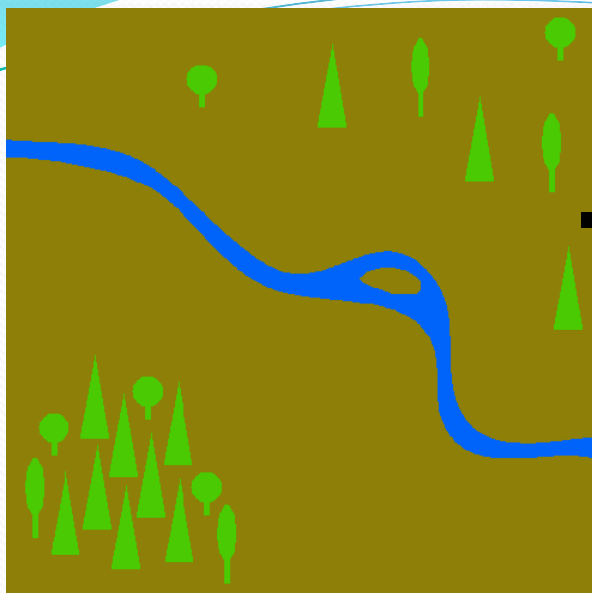
- Shape
 - Asymmetry
 - Border index
 - Compactness
 - Density
 - Elliptic Fit
 - Main direction
 - Radius of largest enclosed ellipse
 - Radius of smallest enclosing ellipse
 - Rectangular Fit
 - Roundness
 - Shape index

- Class-Related features
 - Relations to neighbor objects
 - Existence of
 - Number of
 - Border to
 - Rel. border to
 - Rel. area of
 - Distance to
 - Mean diff. to
 - Overlap of two objects

Příklad klasifikace

Ostrov

Les hustý X řídký



Class Description

Name: ostrov

Parent class for display: vsechnazem

Modifier: Abstract

All • Contained • Inherited

- Contained
 - and (min) Rel. border to voda neighbor-objects
- Inherited
 - and (min) (zem)
 - Standard nearest neighbor (generated)
 - Mean contest.bmp (1)
 - Mean contest.bmp (2)
 - Mean contest.bmp (3)

Class Description

Name: hus

Parent class for display: vsechenles

Modifier: Abstract

All • Contained • Inherited

- Contained
 - and (min) Distance to vsechenles neighbor-objects
- Inherited
 - and (min) (les)
 - Standard nearest neighbor (generated)
 - Mean contest.bmp (1)
 - Mean contest.bmp (2)
 - Mean contest.bmp (3)

Les list. X jehlic

Class Description

Name: list

Parent class for display:

Modifier: Abstract

All • Contained • Inherited

- Contained
 - and (min) Elliptic Fit
- Inherited
 - and (min) (vsechenles)
 - Standard nearest neighbor (generated)
 - Mean contest.bmp (1)
 - Mean contest.bmp (2)
 - Mean contest.bmp (3)

Class Hierarchy

- voda
- vsechenles
- jehlic
- list
- vsechnazem
- zem
- ostrov

Používané klasifikační algoritmy

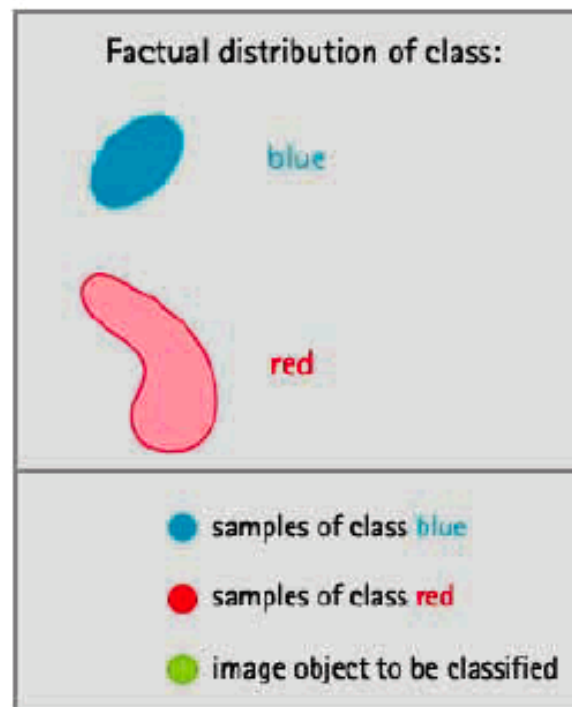
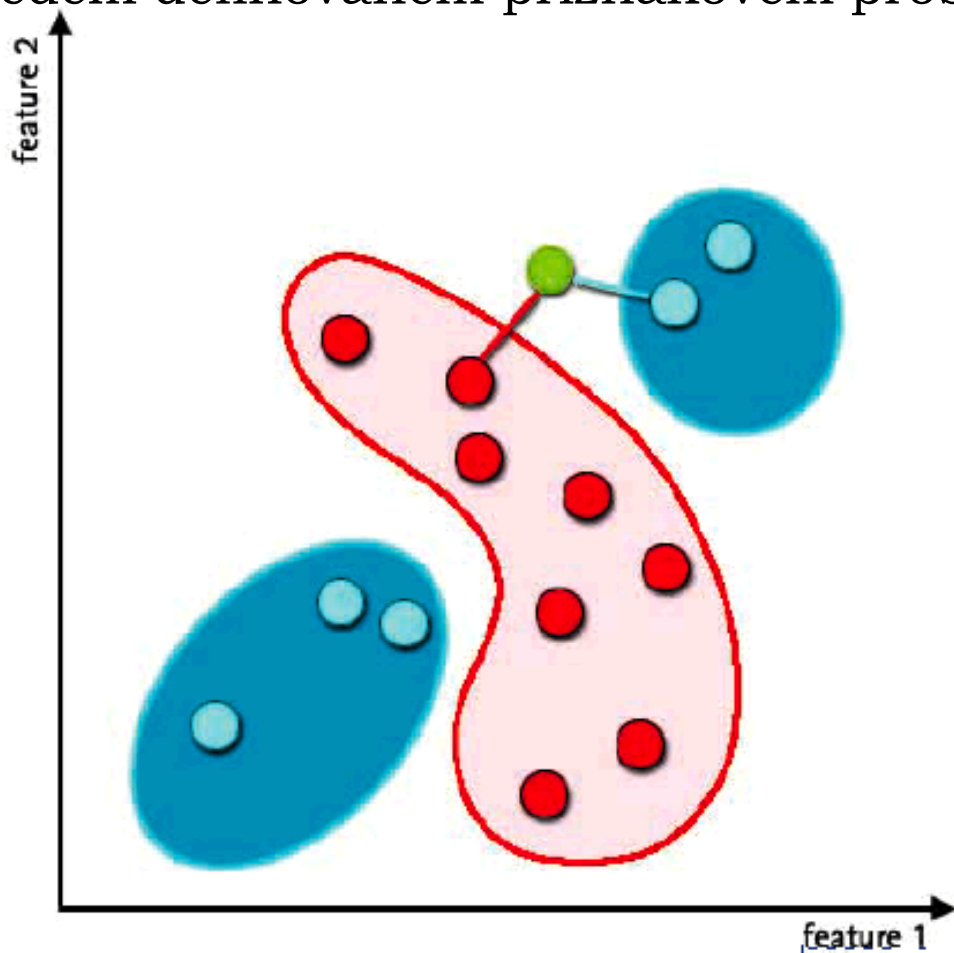
- metoda nejbližšího souseda (**Nearest Neighbor**)
- metoda max. pravděpodobnosti (Maximum Likelihood)
- znalostní přístupy (Knowledge Based)
- logika klasifikační neurčitosti (**Fuzzy Logic**)
- ...

Klasifikace objektů I.

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

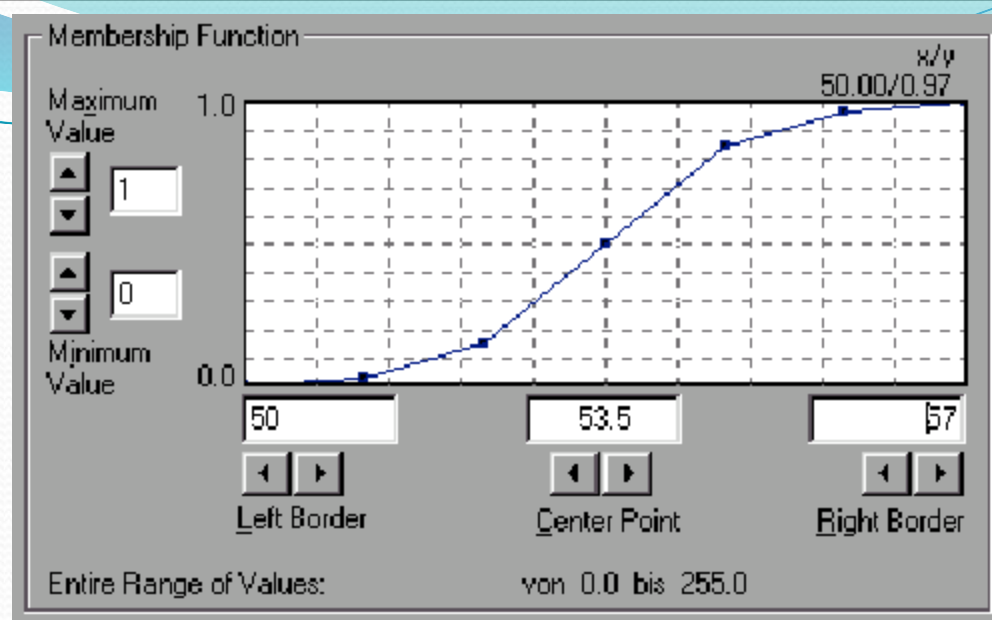
Trénovací data tvoří vybrané objekty

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



Klasifikace objektů II.

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



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

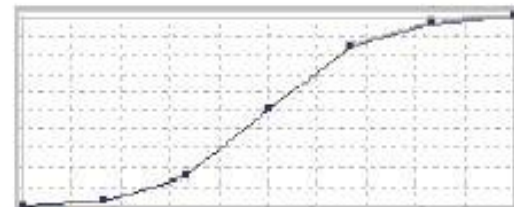
Membership function normalizuje hodnoty jakéhokoliv použitého atributu (např DN hodnot pásma obrazu 0 až 255) do hodnot 0 až 1.

Funkce má různý průběh (např. sigmoida).

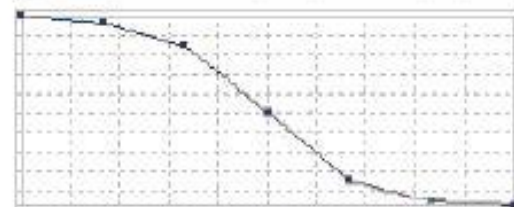
Průběh membership function definuje neostré (fuzzy) hranice a nahrazuje binární logiku (patří - nepatří).

Funkce příslušnosti

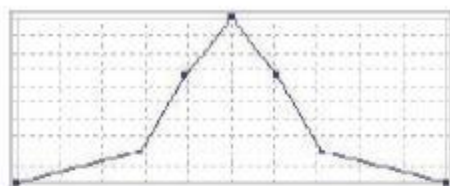
Larger than



Smaller than



Approximate Gaussian



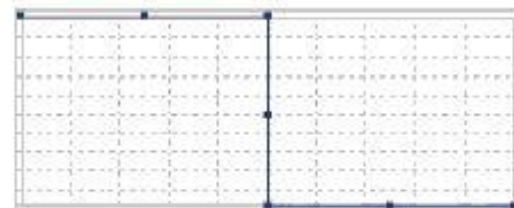
Larger than (boolean)



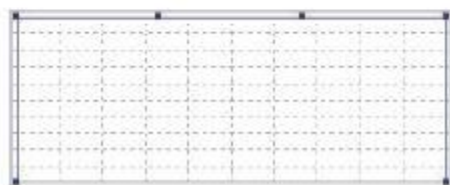
About range



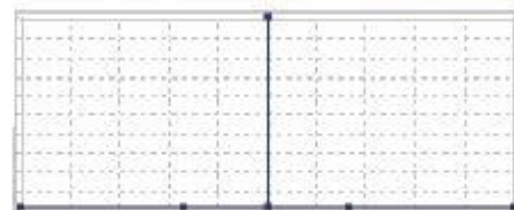
Smaller than (boolean)



Full range

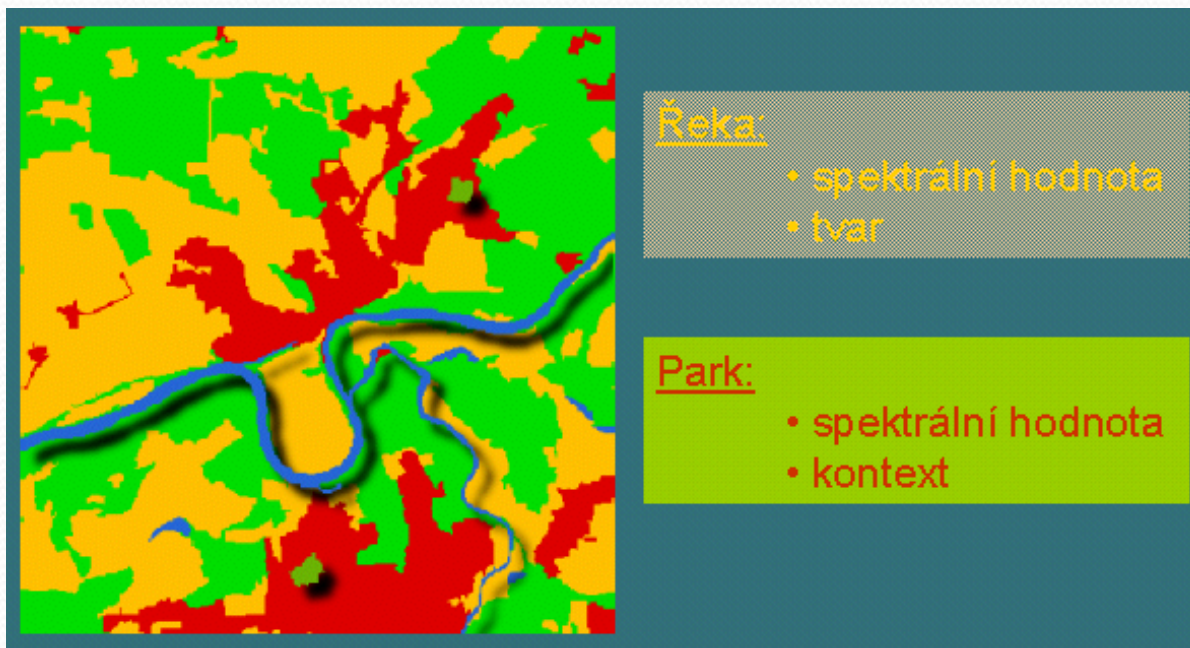


Singleton (exact one member)



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:



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.
- Při zařazování obrazových objektů do třídy městská zeleň je možné uvažovat vztahy těchto objektů k třídě městské plochy – např. 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 příslušnosti k třídě jiné

Klasifikační schéma ve formě binárního stromu

- daná třída je definována vždy jako negace příslušnosti k třídě jiné

