


**Vybrané kapitoly z DPZ**



**časně možnosti DPZ jako metody sběru, výžly a prezentace prostorově alizovaných dat**  
(říkladu studia města)

Environmental Remote Sensing  
Global Remote Sensing  
Urban Remote Sensing  
Quantitative Remote Sensing



Image © 2007 DigitalGlobe  
© 2007 Europa Technologies  
Google

**Úvod, základní pojmy**

Global Change master directory <http://gcmd.gsfc.nasa.gov/>



earth observatory  
DATA & IMAGES  
Earth Observatory <http://earthobservatory.nasa.gov/>

**Úvod, základní pojmy**

**Urban Remote Sensing**



<http://www.ideo.columbia.edu/~small/Urban.html>  
[http://sedac.ciesin.org/urban\\_rs/](http://sedac.ciesin.org/urban_rs/)



**Urban Remote Sensing**

- Ve vyspělých státech žije ve městech až 75 % populace
- Malá rozloha zastavěných ploch (5 – 7 % plochy souše)
- Značná koncentrace obyvatelstva
- Produkce energie („odpadního tepla“)
- Dynamický rozvoj suburbánních oblastí
- Zvyšující se zdravotní riziko a riziko materiálních škod v případě přírodních extrémů
- „Krizový management“

Je možné k řešení uvedených problémů využít metod DPZ?

**Urban Remote Sensing**

Co umožňuje formování URS?

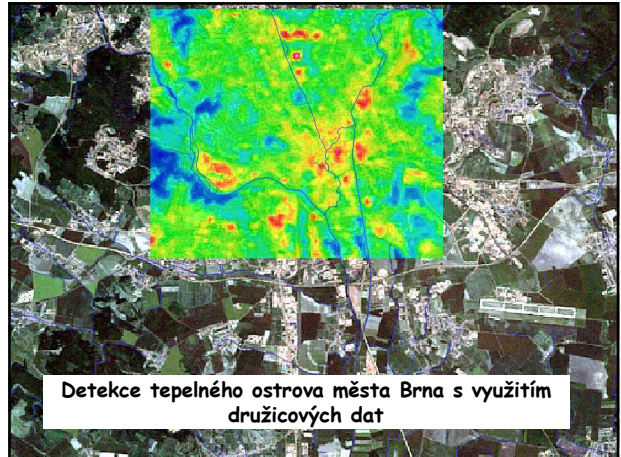
- Zlepšování kvality obrazových dat DPZ (jak definovat kvalitu ?)
- Dostupnost, efektivita využití dat
- Nové možnosti analýzy (jaké metody, jaké principy?)
- Formování kvantitativního DPZ (QRS)
  - ...?
  - Existuje odběratel?
  - ...?

## Urban Remote Sensing

Nabízí DPZ něco navíc ve srovnání s jinými metodami sběru a analýzy prostorových dat?

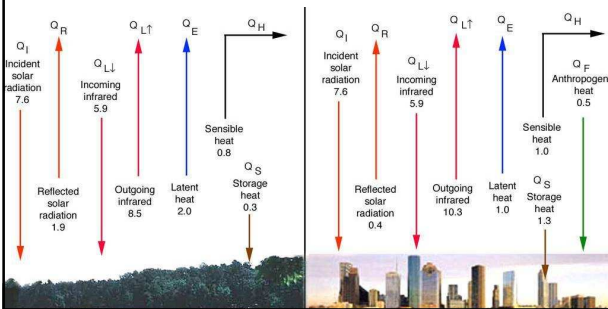
Jaké vlastnosti (charakteristiky) lze metodami DPZ studovat?

- Mapování využití ploch
- Vybrané parametry (biofyzikální) – podíl ploch s vegetací, ...
- Radiační a hydrologická bilance
- Nepropustné povrchy (impervious, seal surfaces)
- Drsnost povrchu, albedo, tepelné vlastnosti
- Mapování a kvantifikace spojených jevů (LST, znečištění, ???)
- Socio-ekonomické parametry??
- ???



## Klima měst

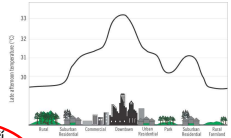
Porovnání jednotlivých členů rovnice energetické bilance ve volné krajině a ve městě ( $\text{kW h m}^{-2} \text{den}^{-1}$ )



## Klima měst

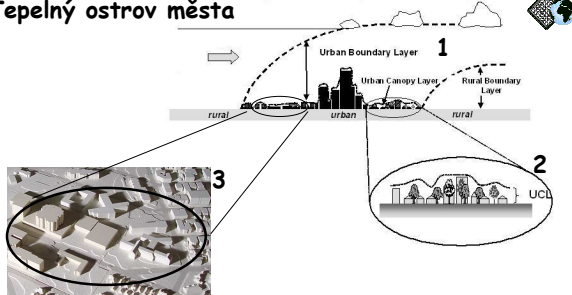
Vybrané charakteristiky klimatu měst v porovnání s venkovskou krajinou (Landsberg 1981)

- počet kondenzačních jader: 10 x více
- Počet pevných částic: 10 x více
- Trvání slunečního svitu: o 5 - 15% méně
- Množství oblačnosti: o 5 - 10% méně
- četnost výskytu mlhy v zimě: o 100% více
- množství srážek: o 5 - 15% více
- četnost bouřek: o 5 - 10% více
- průměrná roční teplota: o 0,5 - 3,0°C vyšší
- průměrná minimální teplota v zimě: o 1 - 2°C vyšší
- průměrná maximální teplota v létě: o 1 - 2°C vyšší
- délka topné sezóny: o 10% kratší
- roční průměrná relativní vlhkost: o 6% nižší
- roční průměrná rychlost větru: o 20-30% nižší



Formování tepelného ostrova města

## Tepelný ostrov města

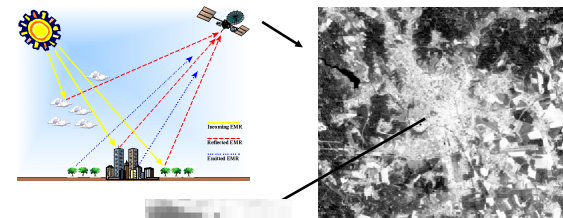


1. Tepelný ostrov města v mezní vrstvě atmosféry (Boundary layer)
2. Tepelný ostrov města přízemní vrstvě atmosféry (Canopy Layer)
3. Tepelný ostrov města aktivních povrchů (Surface UHI)

(Oke 1976)

## Možnosti detekce tepelného ostrova města

Metody dálkové detekce



DN hodnoty

131 131 131 132 132 140 140 144  
133 131 130 132 140 140 144  
130 130 130 132 132 132 132  
130 130 130 130 130 132 132  
133 133 133 133 132 132 132  
131 131 131 131 132 132 132  
130 130 131 131 130 130 134

DN = f(T)

„Kvantitativní“ dálkový průzkum

## Obecný postup mapování teploty aktivních povrchů

1. Převod hodnot zaznamenaných družicemi (DN) na spektrální hustotu ( $L$ )

$$L_{TOA} \rightarrow L_{(\lambda)} = \frac{I_{\min(\lambda)} + (I_{\max(\lambda)} - I_{\min(\lambda)})Q_{DN}}{Q_{\max}}$$

2. Výpočet tzv. radiační teploty ( $T_{rad}$ ) z hodnot spektrální hustoty ( $L$ )

$$T_{rad} = \frac{K_2}{\ln\left(1 + \frac{K_1}{L_{(\lambda)}}\right)}$$

K1 = 666,09 W m<sup>-2</sup>sr<sup>-1</sup>  
K2 = 1282,7 K

3. Převod  $T_{rad}$  na teplotu aktivního povrchu ( $T_{LS}$ ) (land surface temperature)

$$T_{LS} = \frac{T_{rad}}{1 + \left(\frac{\lambda T_{rad}}{\alpha}\right) \ln \epsilon}$$

$\alpha = 1,438 mK$   
 $\epsilon = \text{emisivita}$

## Studované území a použité data

- LANDSAT 7
- Snímek ETM+
- Datum pořízení 24. 5. 2001
- Čas snímání v 9:35:02 GMT
- Termální pásmo 10,4 – 12,5  $\mu\text{m}$
- Prostorové rozlišení 60 m

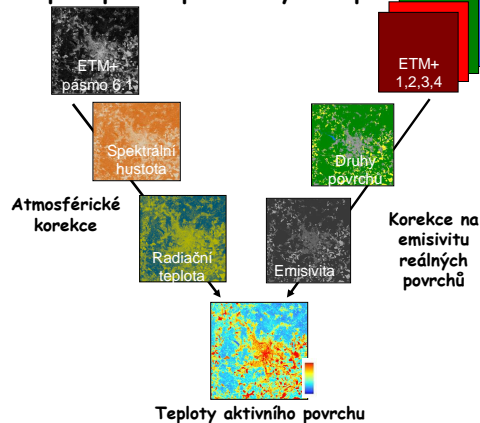


Typický radiační chod počasí  
Synoptická situace NEa

$T_{\min}$  8,4°C    $T_{\max}$  23,3°C    $T_{\text{prum}}$  17,6°C    $T_{\text{pliz. min}}$  5,0°C

- Problém dostupnosti bezoblačných scén
- Problém korekce vlivů atmosféry

## Postup mapování povrchových teplot



## Atmosférické korekce

MODTRAN - model radiačního transferu

$$L_T = \frac{L_{TOA} - L_u - \tau(1 - \epsilon)L_d}{\tau\epsilon}$$

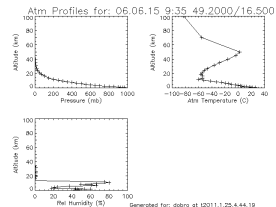
$L_T$  - spektrální hustota záření absolutně černého tělesa o teplotě  $T$ ,  $L_{TOA}$  - spektrální hustota zářivého toku na horní hranici atmosféry (Top Of Atmosphere - TOA),  $L_u$  je záření atmosféry (upwelling radiance),  $L_d$  je zpětné záření atmosféry (downwelling radiance),  $\tau$  je koeficient propustnosti atmosféry (atmospheric transmission) a  $\epsilon$  je emisivita.

<http://atmcorr.gsfc.nasa.gov/>

(Barsi et al. 2005)

Atmospheric Correction Parameter Calculator

Date (yyyy-mm-dd): 2006-06-15  
 Input lat/long: 49.000/ 16.500  
 Profile lat/long: 49.000/ 16.000  
 GMT Time: 9:35  
 LS Spectral Response Curve from handbook  
 User input surface conditions  
 Mid-latitude summer standard atmosphere  
 Surface altitude (km): -999.000  
 Surface pressure (mb): -999.000  
 Surface temperature (C): -999.000  
 Surface relative humidity (h): -999.000  
 Band average atmospheric transmission: 0.79  
 Effective bandpass upwelling radiance: 1.55 W/m<sup>2</sup>/sr/cm  
 Effective bandpass downwelling radiance: 2.54 W/m<sup>2</sup>/sr/cm



## Atmosférické korekce

MODTRAN - uživatelské rozhraní aplikace

Year: 2006   Month: 06   Day: 15  
 GMT Hour: 9   Minute: 35  
 Latitude: 14.2   Longitude: 16.5  
 + to North, - to South   + to East, - to West

Use atmospheric profile for closest integer lat/long [help](#)  
 Use interpolated atmospheric profile for given lat/long [help](#)

Use mid-latitude summer standard atmosphere for upper atmospheric profile [help](#)  
 Use mid-latitude winter standard atmosphere for upper atmospheric profile [help](#)

Use Landsat-7 Band 6 spectral response curve  
 Use Landsat-5 Band 6 spectral response curve  
 Output only atmospheric profile, do not calculate effective radiances

Optional: Surface Conditions  
 (If you do not enter surface conditions, model predicted surface conditions will be used.  
 If you do enter surface conditions, all four conditions must be entered.)

Altitude (km):   Pressure (mb):  
 Temperature (C):   Relative Humidity (%):

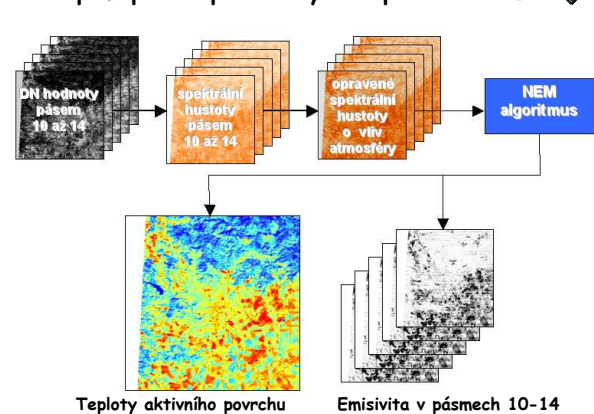
Results will be sent to the following address:  
 Email:  

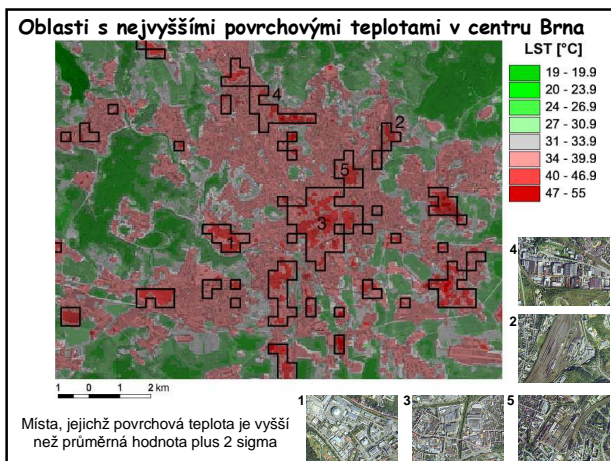
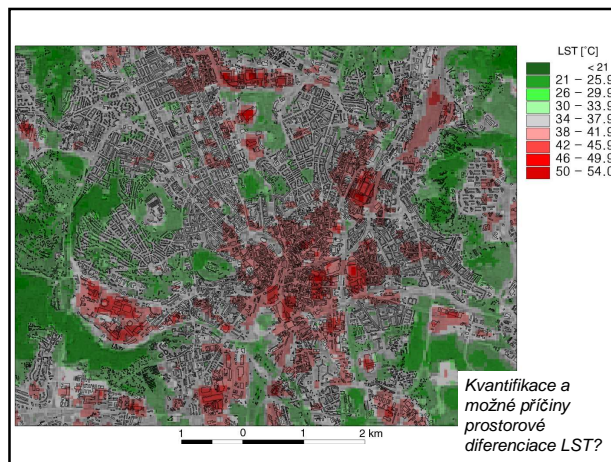
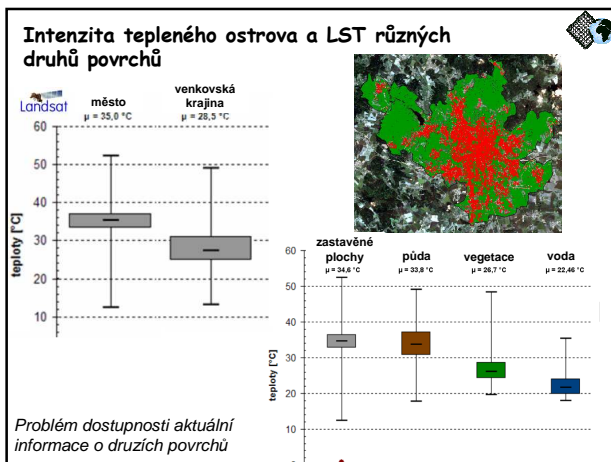
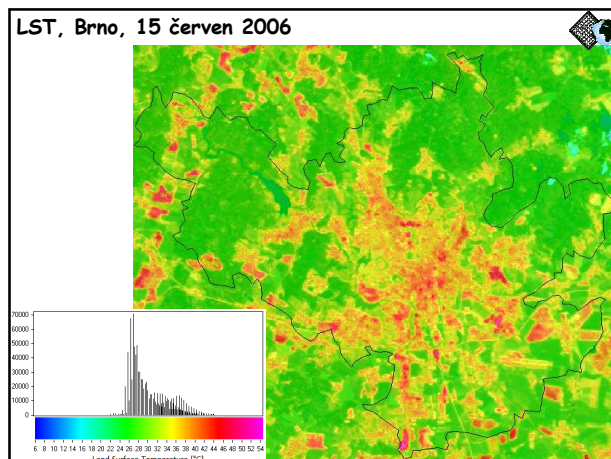
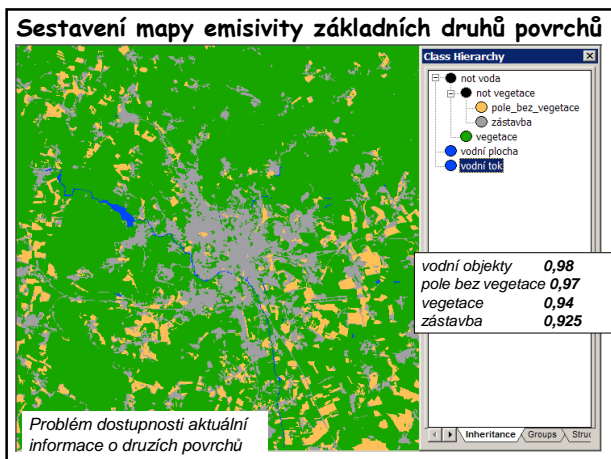
 

<http://atmcorr.gsfc.nasa.gov/>

(Barsi et al. 2005)

## Postup mapování povrchových teplot - ASTER



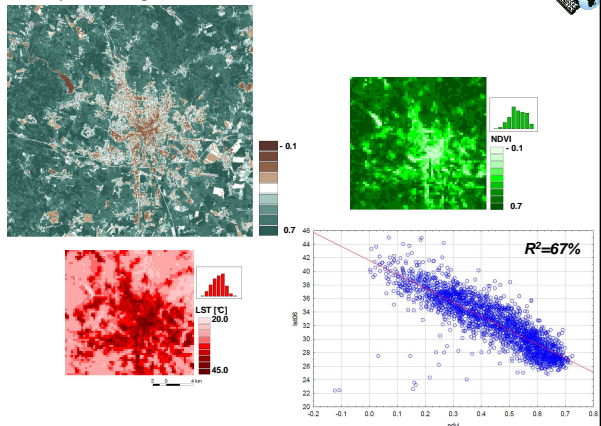


## Vybrané faktory podmiňující prostorovou diferenciaci LST v Brně

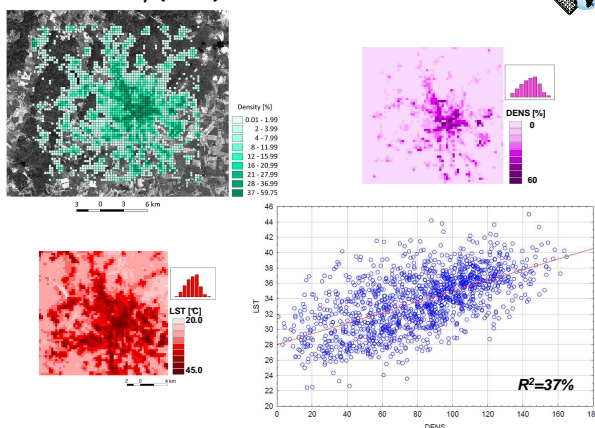
### Uvažované faktory

1. Podíl ploch s vegetací charakterizovaný tzv. vegetačním indexem (NDVI)
2. Hustota zástavby (procentuální podíl zastavěných ploch v síti 300 x 300 metrů) (DENS)
3. Množství komunikací (celková délka komunikací v síti 300 x 300 metrů) (TLoS)

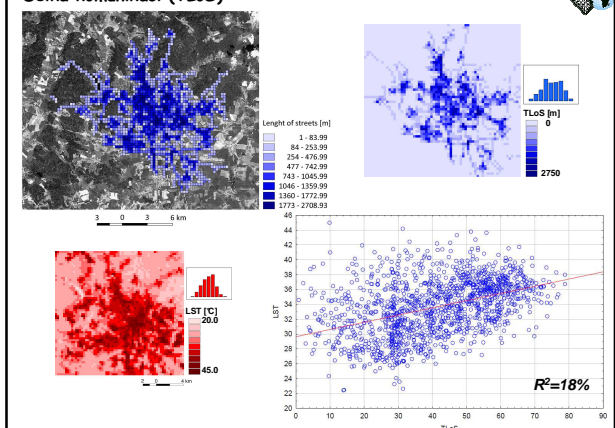
### Podíl ploch s vegetací (NDVI)



### Hustota zástavby (DENS)



### Délka komunikací (TLoS)



### Korelační koeficienty mezi LST a vybranými faktory

	LST_01	NDVI	DENS	TLoS	LST_06	NDVI	DENS	TLoS
LST_01	1.000	-0.752	0.631	0.403	1.000	-0.821	0.609	0.421
NDVI	-0.752	1.000	-0.679	-0.442	-0.821	1.000	-0.679	-0.442
DENS	0.631	-0.679	1.000	0.572	0.609	-0.679	1.000	0.572
TLoS	0.403	-0.442	0.572	1.000	0.421	-0.442	0.572	1.000

### Model vícenásobné regrese

Charakteristika	LST_2001	LST_2006
Koeficient vícenásobné regrese R	0.770	0.825
F poměr	671.681	985.480
Stupně volnosti	3,1383	3,1383
Vysvětlená variabilita R2	<b>0.593</b>	<b>0.681</b>
Upravené R2	0.592 (p < 0.001)	0.680 (p < 0.001)
Směrodatná chyba odhadu	1.586	2.119

$$LST_{2001} = 22.806 - 0.600 \cdot NDVI + 0.216 \cdot DENS + 0.014 \cdot TLoS$$

$$LST_{2006} = 39.457 - 0.750 \cdot NDVI + 0.072 \cdot DENS + 0.047 \cdot TLoS$$

### Shrnutí

- ☐ Klasifikací snímků byly sestaveny mapy základních druhů povrchů potřebných pro kvantifikaci jejich vizařovacích schopností (emisivit)
- ☐ S využitím termálních snímků ETM+ byly otestovány různé algoritmy pro výpočet pole teplot aktivních povrchů
- ☐ Byla odhadnuta intenzita TOM na základě rozdílu mezi teplotou aktivních povrchů ve městě a v okolní krajině
- ☐ Pole povrchových teplot sestavená ze dvou různých termálních družicových snímků ukazují velmi shodné prostorové rozložení (R= 0.79).
- ☐ Při typickém radiačním režimu počasí mohou být hodnoty povrchových teplot zastavěných ploch v průměru až o 7°C teplejší než okolní krajina.
- ☐ Rozložení povrchových teplot významně koreluje s množstvím vegetace, množstvím (délkou) komunikací a hustotou zástavby. Sestavený model vícenásobné regrese celkově vysvětluje 59% resp. 68% celkové variability pro dvě testované družicové scény.
- ☐ Pole povrchových teplot ukazuje na formování oblastí s nejvyššími hodnotami. Tyto oblasti se vyznačují typickým charakterem zástavby.

LST se mění i čase, použité vysvětlující charakteristiky jsou statické.

Jak model upravit (doplnit) pomocí dalších vysvětlujících proměnných?

### Urban Remote Sensing

Které znaky jsou charakteristické pro zastavěná území jako druh povrchu?

**tvar**      **stín**      **velikost**      **barva**

**tón**      **textura**      **struktura**      **poloha**

### Urban Remote Sensing

Které znaky vhodně resp. nevhodně charakterizují plochy měst?  
 Které znaky používáme na základě zkušenosti?  
 Které znaky lze vhodně formalizovat pro metody digitálního zpracování obrazu?

### Specifika městského prostředí ve vztahu k metodám DPZ

- Specifické druhy povrchů
- Jak lze charakterizovat povrchy ve městech ?
- Odlišná radiační, teplená, vodní bilance – formování městského klimatu
- Problém zastíněných ploch
- Značná dynamika
- Znečištění životního prostředí
- ...

### Urban Remote Sensing

Co jsou limity dosavadního rozvoje?

<http://www.ldeo.columbia.edu/~small/Urban.html>

The physical properties of the individual components of the urban mosaic control the mass and energy fluxes through the urban environment. These fluxes, in turn, control the aggregate physical characteristics and dynamics of the urban environment thereby impacting the climatic, hydrologic and ecologic processes linking the urban environment to its surrounding environments. Understanding the dynamics of these processes in coupled urban, suburban, and periurban systems is central to our ability to predict, and influence, the behaviour of the systems.

The research ... focuses on the use of optical remote sensing to characterize the physical properties of urban and non-urban environments and to understand the relationships between the optical characteristics, physical properties and energy fluxes through the urban system.

### „Standardní“ metoda klasifikace ploch z obrazových dat

#### Spektrální příznaky

Channels: 1 2 3 4 5  
 Cover class: Water, Sand, Forest, Urban, Corn, Hay

### Obrazový prostor (Image space)

↓

### Spektrální prostor (Spectral space)

↓

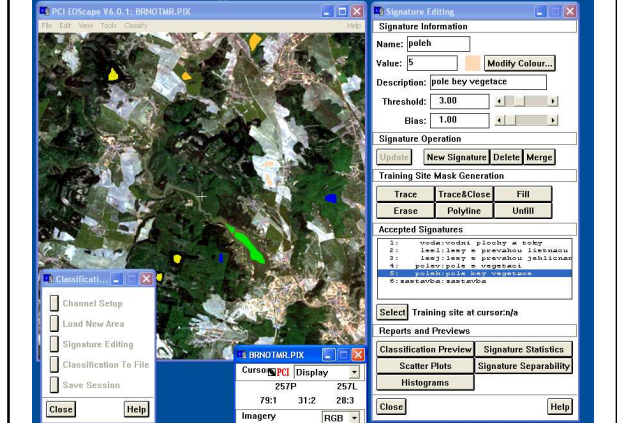
### Příznakový prostor (Feature space)

Klasifikace založená na teorii spektrálního chování je procesem hledání všech **spektrálních tříd**, které tvoří **třídou informační**.

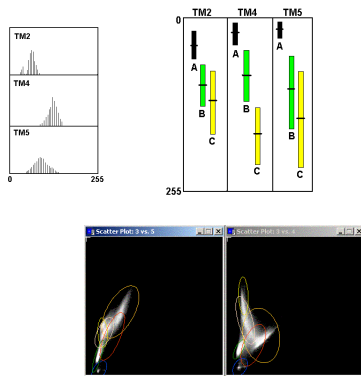
## Řízená klasifikace obrazu – obecný postup

1. definování tzv. **trénovacích ploch**
2. výpočet statistických charakteristik (tzv. **spektrálních příznaků**) pro trénovací plochy charakterizující jednotlivé třídy, jejich editace a **výběr vhodných pásem** pro vlastní klasifikaci
3. **volba** vhodného rozhodovacího pravidla (tzv. **klasifikátoru**) pro zařazení všech prvků obrazu do jednotlivých tříd
4. **zatřídění** všech obrazových prvků do vymezených tříd
5. **úprava, hodnocení a prezentace** výsledků klasifikace

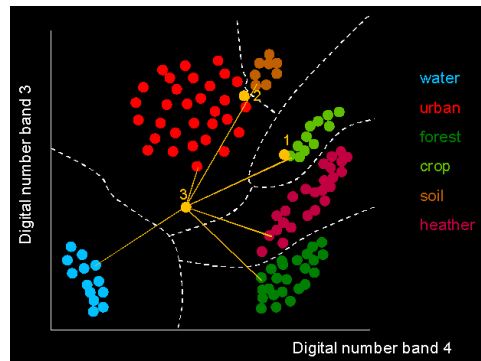
## 1. Výběr trénovacích ploch



## 2. Testování trénovacích ploch



## 3. Použití vhodného rozhodovacího pravidla (klasifikátoru)



## 4 - 6. Zatřídění všech obrazových prvků Sestavení výsledné mapy základních druhů povrchů, verifikace

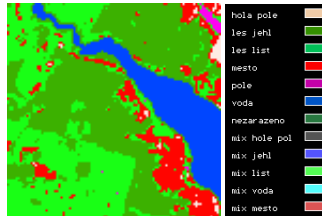
A	A	A	B	B	A	O
A	A	B	B	B	O	O
A	A	A	B	B	O	O
A	A	A	B	B	B	O
A	A	A	A	B	B	B
A	C	C	C	C	B	B
O	C	C	C	C	B	B

A - voda

B - les

C - zastavěná plocha

O - nezařazeno

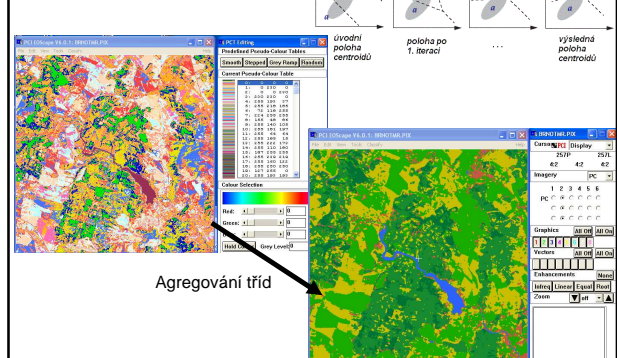


třída	kód	počet pixelů	0	1	2	3	4	5
voda	1	1223	11,45	88,55	0,00	0,00	0,00	0,00
les	2	1089	10,56	0,00	89,44	0,00	0,00	0,00
pole	3	893	7,28	0,00	0,00	92,72	0,00	0,00
tp	4	666	13,21	0,00	0,00	0,00	86,79	0,00
holá p.	5	1060	9,15	0,00	0,00	0,00	0,00	90,85

Průměrná přesnost = 89,67 %

## Alternativa - neřízená klasifikace

Spektrální a informační třídy



## Urban Remote Sensing



Co je příčinou malé efektivity klasických přístupů k analýze obrazu?

- Jak lze charakterizovat „klasické“ přístupy k analýze obrazu?
- Jaké charakteristiky jsou přenositelné do prostředí URS?
- Jak by bylo možné specifikovat vlastnosti nově navrhovaných metod?

*(Mixture pixel – hlavní problém při mapování LU/LC klasickými přístupy metodami DPZ.  
Composite signatures x např. MAXLIKE – předpoklad „pure signatures“).*

## Urban Remote Sensing



### Možné přístupy k řešení problému

1. Spektrální zvýraznění (indexy, PCA, MNF)
2. Objektově orientovaná klasifikace, kontextuální
3. Obrazová spektrometrie
4. Spectral mixture analysis
5. Texture analysis, GLCM
6. Strojové učení, neuronové sítě
7. ... (?)

### Vhodné zdroje obrazových dat?

- Optická data – very high resolution (spatial)
- Hyperspektrální data
- Data pořizovaná aktivními metodami – RADAR, LIDAR
- Termální DPZ
- ???

## Úkol pro závěrečné hodnocení



Z vybraného článku s tematikou dálkového průzkumu zastavěných oblastí připravte stručnou prezentaci (10 min): podstata problému, použitá data, metody, základní výsledky, váš pohled na event. problémy a možná alternativní řešení.

Podklady naleznete v IS – Studijní materiály