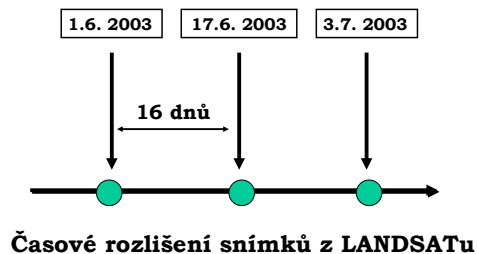


## Metody zjišťování změn na obrazových materiálech DPZ



## Multitemporální přístup



## Časová rozlišovací schopnost vybraných družicových systémů:

Družice	Časové rozliš.	Šířka scény	Pixel
METEOSAT 7	30 minut	polokoule	2,5-5 km
NOAA 17	12 hodin	2600 km	1,1 km
QuickBird 2	2-4 dny	11 km	0,65 m
LANDSAT 7	16 dnů	185 km	30 (15) m
SPOT 5	26 dnů	60 km	2,5 (10) m

V závislosti na časovém rozlišení série snímků lze postihnout jevy s různou dynamikou

## Základní předpoklad

Základním předpokladem identifikace změn objektů v krajině pomocí údajů DPZ je existence změny v chování objektů či jejich vlastnostech, kterou zaznamená snímací zařízení.

- Stejný objekt či jev zaznamenaný na více snímcích z různých okamžiků bude vykazovat různé hodnoty naměřené radiometrické charakteristiky.
- Tento rozdíl může mít řadu příčin a pouze některé jsou těmi, které se snažíme odhalit v analýze změn.
- Změny působí i jiná geometrie pohledu, změna dynamických parametrů apod. Tyto změny jsou nepodstatné.

## Základní druhy změn identifikovatelné na snímcích:

- Objekt si zachoval za sledované období téměř nezměněné spektrální charakteristiky, změny se týkají jenom jeho prostorových charakteristik, například se změnil jeho plošný rozsah.
- U objektu došlo ke změně spektrálních charakteristik, zůstaly však zachované jeho prostorové charakteristiky, například došlo ke kvalitativní změně objektu za dané období.
- Došlo ke změně spektrálních i prostorových charakteristik objektu, například sledovaný objekt přestal existovat a je nahrazen jiným.

## Multitemporální analýza by měla splňovat následující podmínky:

- obrazy tvoří chronologicky uspořádanou řadu nejméně dvou členů
- obrazy jsou pořízeny analogickým snímacím zařízením, které má pravidelnou periodu přeletů a zaznamenává stejnou část zemského povrchu
- obrazy jsou pořízeny ve stejnou denní a roční dobu
- data jsou pořízena ve stejném měřítku, pod stejným úhlem záběru a jsou eliminovány vlivy reliéfu na radiační hodnoty objektů
- data jsou pořízena ve stejných spektrálních pásmech a se stejným radiometrickým rozlišením

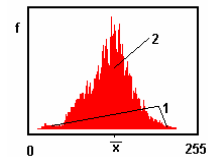
### Algoritmy pro detekci změn

- obrazové rozdíly
- obrazové podíly
- regresní analýza
- tvorba multitemporálních syntéz
- porovnání výsledků klasifikace
- analýza vektoru spektrální změny

### Obrazové rozdíly

$$d_{i,j,k} = DN_{i,j,k}(1) - DN_{i,j,k}(2) + c$$

$d_{i,j,k}$  - hodnota změny obrazového elementu  
 $DN_{i,j,k}(1)$  - radiační hodnota prvního snímku  
 $DN_{i,j,k}(2)$  - radiační hodnota druhého snímku  
 $i,j$  - souřadnice obrazového elementu (řádek, sloupec)  
 $k$  - spektrální pásmo  
 $c$  - konstanta



• Výsledkem jsou kladné nebo záporné hodnoty v oblastech se změnou radiačních charakteristik a nulové hodnoty v oblastech beze změny.

• Pixely vykazující podstatné změny tvoří okraje normálního rozdělení

• Metodou prahování je nutné oddělit změny podstatné od nepodstatných

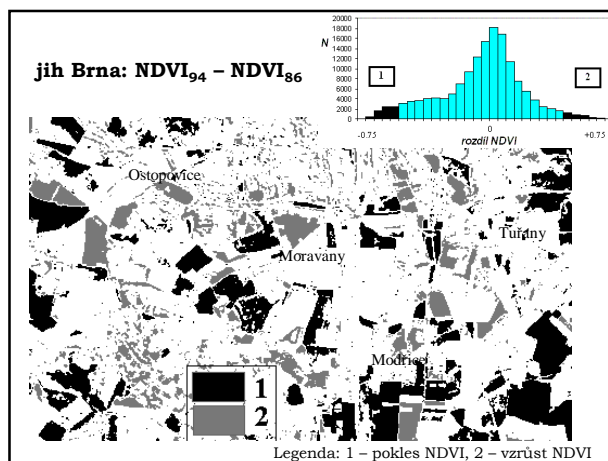
### Obrazové podíly

$$d_{i,j,k} = \frac{DN_{i,j,k}(1)}{DN_{i,j,k}(2)}$$

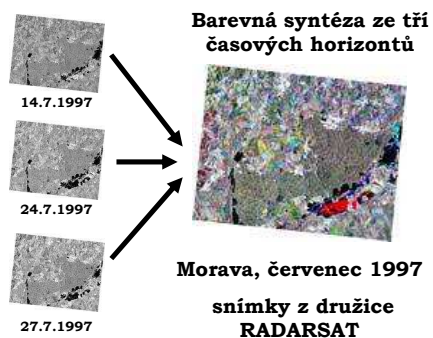
**Analogie metody rozdílů.**

**Metoda eliminuje změněné podmínky snímání, například změny v poloze Slunce.**

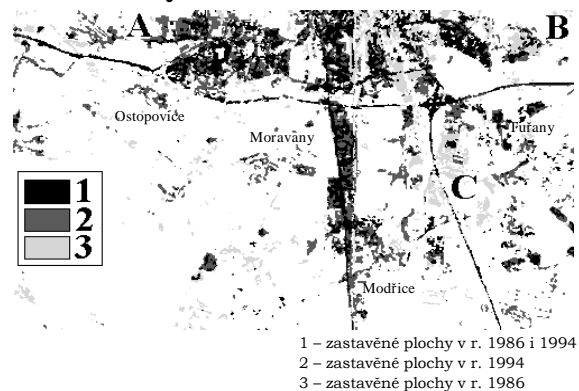
**Obě metody dávají lepší výsledky, použijí-li se namísto původních pásem multispektrálního obrazu pásma transformovaná, jejichž DN hodnoty nesou tzv. ordinální data – například hodnoty vegetačních indexů.**



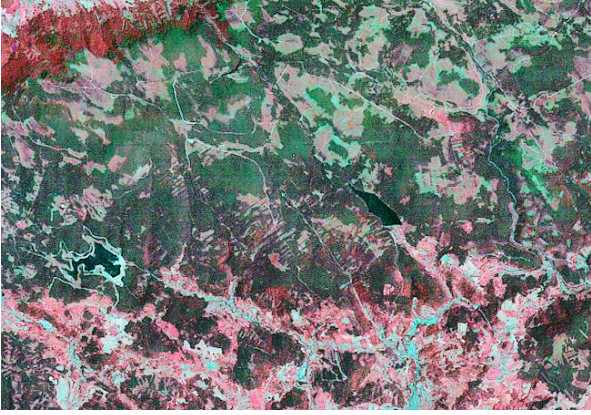
### Multitemporální barevná syntéza



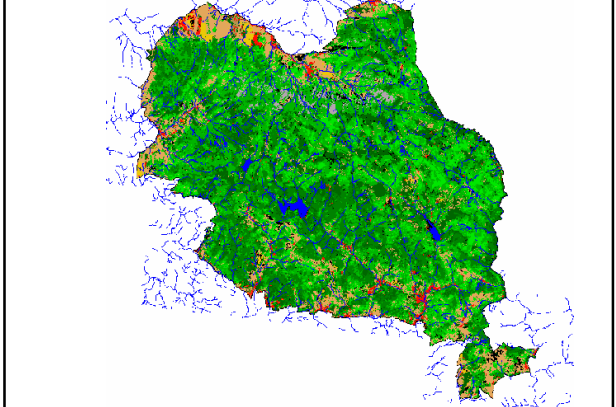
### Porovnání výsledků klasifikace



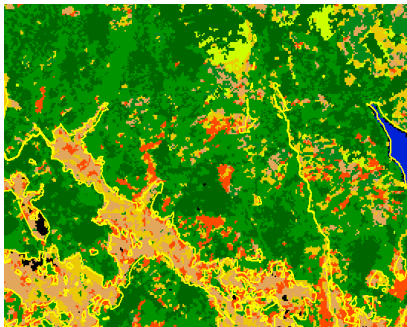
### Porovnání výsledků klasifikace



### Porovnání výsledků klasifikace

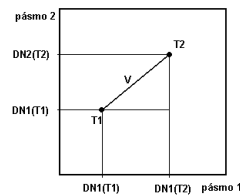


### Porovnání výsledků klasifikace



### Analýza vektoru spektrální změny

(change vector analysis)



V - velikost vektoru - hodnota pixelu ve výsledném obraze  
 DN1 - DN hodnota pixelu v prvním použitém pásmu  
 DN2 - DN hodnota pixelu v druhém použitém pásmu  
 T1 - první zpracovávané datum  
 T2 - druhé zpracovávané datum

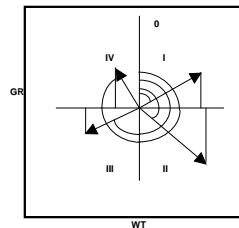
$$V = \sqrt{(DN1(T1) - DN1(T2))^2 + (DN2(T1) - DN2(T2))^2}$$

- K nalezení podstatných změn je nutné definovat prahovou hodnotu
- Typ změny je popsán směrem vektoru a lze ho určit jako úhel, který svírá vektor spektrální změny s určitým počátečním směrem - například s osou Y.

### Vektor spektrální změny



### Určení typu změny



$$S_{III} = 270 - \text{tg} \left| \frac{GR_{94} - GR_{80}}{WT_{94} - WT_{80}} \right|$$

úhel pro III. kvadrant – pokles hodnot indexů „greenness“ a „wettness“ indikující změnu ploch z vegetací na plochy antropogenně ovlivněné

## Modelování s obrazovými daty DPZ



## Možné přístupy k modelování

- 1. Fyzikální modelování** – kvantifikace parametrů ovlivňujících modelovanou veličinu. Cíl – získat **absolutní hodnoty odrazivosti**.
- 2. Empirické modelování** - vztah mezi daty DPZ a biofyzikálními parametry objektů je formulován na základě regresní závislosti.
- 3. Kombinovaný přístup** - přepočítání hodnot pixelů na absolutní hodnoty a jejich korelační a regresní analýza s pozemními měřeními.

## Spektrální indexy

Aritmetické operace s pásmy multispektrálního obrazu

Cílem je na základě znalosti spektrálního chování zvýraznit například vegetační složku v obraze.

Některé mohou vypovídat i o vlastnostech půdního substrátu.

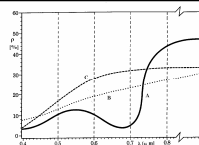
Za určitých předpokladů lze těchto indexů využít i k určování kvantitativních ukazatelů (hmotnost zelené biomasy v ploše pixelu apod.)

### Indexy

- poměrové
- ortogonální

## Poměrové indexy

Příklady indexů sestavených pro data LANDSAT TM (TM-3 - odrazivost v červené viditelné části spektra, TM-4 - odrazivost v blízké infračervené části spektra):



**Jednoduchý poměrový vegetační index (RVI - Ratio Vegetation Index):**  $RVI = \frac{TM\ 4}{TM\ 3}$

**Normalizovaný diferenční vegetační index (NDVI - Normalized Difference Vegetation Index):**  $NDVI = \frac{TM\ 4 - TM\ 3}{TM\ 4 + TM\ 3}$

**Transformovaný vegetační index (TVI - Transformed Vegetation Index):**  $TVI = SQRT\left[\frac{TM\ 4 - TM\ 3}{TM\ 4 + TM\ 3} + 0,5\right]$

## Poměrové indexy

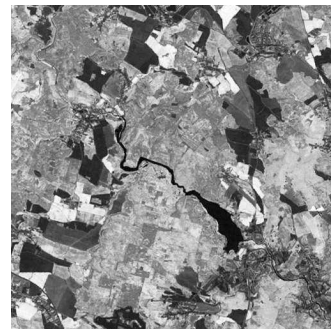
- Mohou významně korelovat s některými parametry vegetační složky krajiny např. **indexem listové pokrývnosti (LAI - leaf area index)** - celková plocha horní strany listů na horizontální jednotku plochy.

- Jsou vhodným nástrojem ke studiu zdravotního stavu vegetace, časových změn a průběhu fenofází, odhadům výnosů zemědělských plodin, odhadům vodního stresu rostlin atd.

- Jedná se o hodnoty relativní, které v ordinální škále řadí hodnoty pixelů podle obsahu biomasy.

- Ke kvantifikaci vypočtených parametrů jsou nutné indexy počítané z atmosféricky korigovaných dat

## NDVI

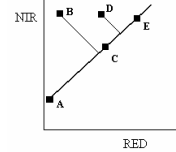


### Ortogonalní indexy

- Jsou lineární kombinací původních pásem multispektrálního obrazu.
- Stejně jako PCA se jsou založeny na rotaci souřadnic příznakového prostoru.
- Touto transformací se v tomto případě zvýrazňuje vegetační složka krajiny, ale i některé vlastnosti půdního substrátu - například půdní vlhkost apod.
- Koeficienty transformace jsou určeny empiricky - proto má řada indexů omezenou použitelnost.

### PVI (perpendicular vegetation index)

Umožňuje separovat odrazivost vegetace a půdního substrátu.



**linie půd** (soil line):  $NIR_p = a \cdot RED_p + b$

Pixely, na jejichž odrazivosti se v různé míře podílí vegetace, se budou v grafu umísťovat nad uvedenou linií půd.

**PVI** - kolmá vzdálenost pixelu od liney půd:

$$PVI = \sqrt{(RED_p - RED_v)^2 + (NIR_p - NIR_v)^2}$$

- NIR<sub>p</sub> - odrazivost půdy v blízké infračervené části spektra
- RED<sub>p</sub> - odrazivost půdy v červené viditelné části spektra
- NIR<sub>v</sub> - odrazivost vegetace v blízké infračervené části spektra
- RED<sub>v</sub> - odrazivost vegetace v červené viditelné části spektra

### Transformace "TASSELED CAP"

Koeficienty transformačních rovnic jsou určeny tak, aby každé z nově vypočtených pásem zvýrazňovalo informaci korelující s určitými vlastnostmi půdy a vegetace:

$$TC1 = .2043TM1 + .4158TM2 + .5524TM3 + .5741TM4 + .3124TM5 + .2303TM7$$

$$TC2 = -.1603TM1 - .2819TM2 - .4934TM3 + .7940TM4 - .0002TM5 - .1446TM7$$

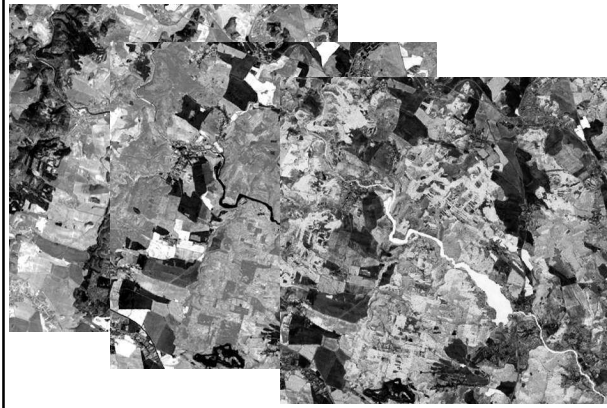
$$TC3 = .0315TM1 + .2021TM2 + .3102TM3 + .1594TM4 - .6806TM5 - .6109TM7$$

TC1 - orientováno ve směru maximálního rozptylu hodnot odrazivosti půdy a označuje se jako index „**brightness**“,

TC2 - kolmé k TC1 a je orientováno ve směru největšího kontrastu mezi viditelnou a blízkou infračervenou částí spektra. Je tedy ukazatelem množství zelené hmoty - index „**greenness**“.

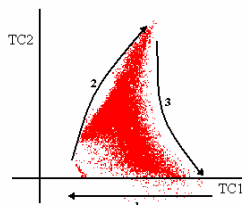
TC3 - koreluje s vlhkostí půdy a vegetace - index „**wetness**“.

Indexy odrazivosti půdy, vegetace a vodního obsahu



### Transformace "TASSELED CAP"

Hodnoty odpovídajících si pixelů z indexů TC1 a TC2 vynesené do dvourozměrného grafu vytvářejí charakteristický obrazec, podle kterého celá transformace dostala název (Tasseled Cap - čepice Santa Clause)



Vegetační složka prodělává v rovině definované indexy Brightness a Greenness typické časové změny. Na počátku vegetačního období dominuje odrazivost holé půdy (1). S postupným rozvojem vegetace se zvyšují hodnoty indexu Greenness (2) až do stádia zralosti. Poté vegetace postupně odumírá a hodnoty indexu Greenness klesají na úkor hodnot indexu Brightness (3), což indikuje nárůst podílu půdního substrátu na odrazivosti.