

UNIVERZITA JANA EVANGELISTY PURKYNĚ V ÚSTÍ NAD LABEM  
**FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ**

KATEDRA INFORMATIKY A GEOINFORMATIKY

---

# **VEGETAČNÍ INDEXY**

1. seminární práce z předmětu Dálkový průzkum Země

Vypracovala: **Pavína Komeštková**  
1. ročník navazujícího Mgr. studia  
Rok: **2006**

## **Obsah:**

1. Úvod .....	2
2. Charakteristika základních pojmů .....	2
2.1. Vegetační indexy .....	2
2.1.1. Poměrové indexy .....	2
2.1.1.1. Jednoduchý poměrový vegetační index .....	2
2.1.1.2. Normalizovaný diferenční vegetační index .....	2
2.1.1.3. Transformovaný vegetační index .....	3
2.1.1.4. Index listové vegetační složky .....	3
2.1.1.5. SR (Simple Ratio) .....	3
2.1.1.6. SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) .....	3
2.1.1.7. Infrared index .....	3
2.1.1.8. Mid IR index .....	3
2.1.2. Ortogonální indexy .....	3
2.1.2.1. PVI .....	3
2.1.2.2. TASSELED CAP .....	5
2.2. Dálkový průzkum Země .....	5
2.3. Dálkový průzkum Země – satelitní data .....	5
3. Modelování s daty DPZ .....	5
4. Aplikace DPZ .....	6
4.1. Aplikace DPZ v oblastech s vegetací .....	6
4.2. Aplikace DPZ v hydrologii .....	6
4.3. Aplikace DPZ v geomorfologii .....	7
5. Mapování vegetace s využitím družicových snímků .....	7
5.1. Hlavní rysy spektrálního chování vegetace .....	7
6. Příklady mapování vegetace na družicových snímcích .....	9
6.1. NDVI .....	9
6.2. Tasseled Cap .....	9
7. Mapování vegetace v globálním a regionálním měřítku .....	10
8. Závěr .....	12
Seznam použitých zdrojů .....	12

## **1. Úvod**

Předmětem této seminární práce je popsat vegetační indexy a uvést jejich příklady využití. Dále uvést přehled možných přístupů a řešení.

Spektrální indexy zahrnují skupinu poměrně jednoduchých aritmetických operací s dvěma či více pásmy multispektrálního obrazu, jejichž cílem je na základě znalostí spektrálního chování zvýraznit například vegetační složku v obraze. Některé z nich však vypovídají i o vlastnostech půdního substrátu. Za určitých předpokladů lze těchto indexů využít i k určování kvalitativních ukazatelů, jako je množství (hmotnost) zelené biomasy v ploše pixelu apod.

## 2. Charakteristika základních pojmů

### 2.1. Vegetační indexy

Vyjadřují vztah mezi odrazivostí v intervalu červené viditelné části spektra (600 – 700 nm - dále RED) a v blízké infračervené části spektra (přibližně 700 – 900 nm - dále NIR). Pro mapování vegetace se používá především tzv. vegetačních indexů, kterých lze za určitých předpokladů využít i k určování kvantitativních ukazatelů, jako je množství biomasy v ploše pixelu.

Existuje velké množství algoritmů pro výpočet vegetačních indexů, ve většině případů jsou však funkčně ekvivalentní. Indexy lze rozdělit do dvou velkých skupin: poměrové a ortogonální.

#### 2.1.1. Poměrové indexy

Dávají do vztahu jednoduchým nebo normalizovaným poměrem odrazivost povrchů v červené viditelné a blízké infračervené části spektra. Mezi nejčastěji používané poměrové indexy patří například:

2.1.1.1. Jednoduchý poměrový vegetační index (RVI - Ratio Vegetation Index):

$$RVI = \frac{NIR}{RED}$$

2.1.1.2. Normalizovaný diferenční vegetační index (NDVI - Normalized Difference Vegetation Index):

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

- hodnoty se mohou pohybovat v intervalu [-1; +1]
- využití v systémech Landsat TM (TM3,4), NOAA AVHRR (pásmo 1,2)

- přehledové mapování stavu vegetace
- korelují především s obsahem zelené hmoty na ploše pixelu
- využití v lesnických a zemědělských aplikacích

2.1.1.3. Transformovaný vegetační index (TVI - Transformed Vegetation Index):

$$TVI = \sqrt{\frac{NIR - RED}{NIR + RED} + 0.5}$$

2.1.1.4. Index listové vegetační složky (leaf area index)

- celková plocha horní strany listů na horizontální jednotku plochy
- kvalitní ukazatel celkové listové plochy

2.1.1.4. SR (Simple Ratio)

- první používaný vegetační index

2.1.1.5. SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index)

- Index minimalizuje rušivý vliv půdy, citlivý na atmosférické vlivy, možnost další modifikace (ARVI – Atmospherically Resistant Veget. Indx)

2.1.1.6. Infrared index (Hardisky et al., 1983)

- citlivější na změny biomasy rostlin a vodní stres vegetace než NDVI

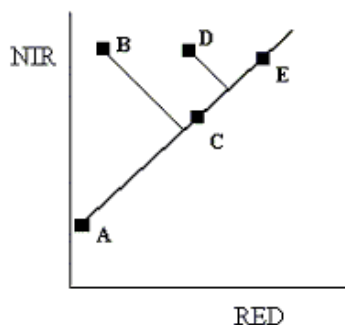
2.1.1.7. Mid IR index (Musick & Pelletier, 1988)

- vysoká korelace s obsahem půdní vláhy

## 2.1.2. Ortogonální indexy

Jsou lineární kombinací původních pásem multispektrálního obrazu.

2.1.2.1. PVI (perpendicular vegetation index) – je zástupcem této skupiny indexů pomocí kterého lze do značné míry odlišit odrazivost vegetace a půdního substrátu. Princip výpočtu PVI je znázorněn na následujícím obrázku:



kde

RED - odrazivost v červené viditelné části spektra,

NIR - odrazivost v blízké infračervené části spektra.

A,C,E - linie půdy,

B,D - pixely s různým zastoupením vegetace.

Vzdálenost od linie půdy určuje hodnotu PVI. Ze spektrálního chování půdy nepokryté vegetací plyne, že její odrazivost v červené viditelné a blízké infračervené části spektra vykazuje kladnou korelaci a hodnoty pro různé vzorky holé půdy vynesené do dvourozměrného grafu mají tendenci vytvářet přímku - tzv. linii půd (soil line). Pixel A tak může reprezentovat vlhkou, pixel E naopak suchou půdu. Rovnice přímky reprezentující linii půd lze sestavit například metodou nejmenších čtverců ze vztahu:

$$NIR_p = a \cdot RED_p + b$$

kde

$NIR_p$  - odrazivost půdy v blízké infračervené části spektra,

$RED_p$  - odrazivost půdy v červené viditelné části spektra,

a, b - koeficienty rovnice přímky.

V případě spektrálního chování vegetace je však odrazivost vysoká v blízkém infračerveném pásmu a naopak daleko nižší v pásmu viditelném. Pixely, na jejichž odrazivosti se v různé míře podílí vegetace, se budou v grafu umísťovat nad uvedenou linii půd. Kolmá vzdálenost daného pixelu od linie půd je potom definována jako tzv. PVI (Perpendicular Vegetation Index):

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

kde

$NIR_p$  - odrazivost půdy v blízké infračervené části spektra

$RED_p$  - odrazivost půdy v červené viditelné části spektra

$NIR_v$  - odrazivost vegetace v blízké infračervené části spektra

$RED_v$  - odrazivost vegetace v červené viditelné části spektra

Na hodnoty uvedeného indexu mají velký vliv takové vlastnosti půdního substrátu jako vlhkost půdy či drsnost povrchu.

2.1.2.2. TASSELED CAP - druhý příklad ortogonálního vegetačního indexu je transformace původních pásem multispektrálního obrazu. Podobně jako v případě tzv. analýzy hlavních komponent jsou z původních pásem multispektrálního obrazu vypočtena lineární kombinací pásma nová, která zvýrazňují určité vlastnosti povrchů.

## 2.2. Dálkový průzkum Země (DPZ)

Znamená získání informací o objektech a jevech na dálku – bez přímého kontaktu s těmito jevy či objekty, při kterém se využívá dvou základních poznatků:

- člověk, ať již sám či za pomoci různě složitých přístrojů, je schopen získat kvalitativní a kvantitativní informace o jevech a věcech, které ho obklopují,
- každý tento jev nebo objekt nějakým charakteristickým způsobem ovlivňuje své okolí.

Řada autorů uvádí více či méně vyčerpávající definici tohoto pojmu.

## 2.3. Dálkový průzkum Země – satelitní data

V dálkovém průzkumu Země se uplatňují kromě leteckých také družicové snímky. Možnosti použití v ekologii jsou dány rozlišovací schopností a rozsahem vlnových délek snímaného odraženého záření. Nejčastěji se používají optická data pořízená skenerem Thematic Mapper družice Landsat (rozlišení 30 m), neboť rozsahem spektrálních pásem pokrývá a rozlišuje půdu, vodu a biomasu.

Z kombinace spektrálních pásem jsou často používány tzv. vegetační indexy (např. NDVI), které vyjadřují množství biomasy a vycházejí z rozdílu hodnot vysoké odrazivosti v blízké IČ oblasti (800 nm) a oblasti červeného světla (680 nm, absorpční pásmo chlorofylu) normalizovaného na celkovou intenzitu dopadlého nebo odraženého záření. Zdravá lesní vegetace odráží v blízké infračervené oblasti (TM4) a absorbuje v krátkovlnné infračervené oblasti (TM5). Poškozená lesní vegetace zmenšuje odrazivost v TM4 a zvyšuje v TM5.

## 3. Modelování s daty DPZ

Obrazové materiály získané distribučními metodami obsahují velké množství informací o různých jevech a procesech probíhajících na zemském povrchu. Z původních nezpracovaných dat je nutné vhodnými postupy zvýraznit či vymežit postupy klasifikace. Existuje mnoho algoritmů, které zvýrazňují specifické jevy v obraze (biologické, fyzikální, apod.)

Cílem těchto operací je sestavit model, který data získaná metodou DPZ dává do kvalitativního a často do kvantitativního vztahu s biologickými, či fyzikálními vlastnostmi objektů či jevů na zemském povrchu.

Vztah mezi daty získanými distančním snímáním a uvedenými parametry lze vyjádřit pomocí těchto postupů:

- a) fyzikální modelování
- je založeno na matematických postupech
  - snahou je obdržet absolutní hodnotu odrazivosti objektů

- b) empirické modelování - vztah mezi DPZ a biofyzikálními parametry je formulován regresivní závislostí, př. podzemní měření kvality vody
- c) kombinovaný přístup - zahrnuje přepočítání pixelů na absolutní hodnotu a poté jejich korelační a regresivní analýzu s pozemními měřeními

## 4. Aplikace DPZ

- 4.1. Aplikace DPZ v oblastech s vegetací:**
- zemědělství
  - lesnictví
  - krajinná ekologie

- Aplikace:
- Prostorová struktura krajiny (landcover)
  - Kvantitativní charakteristiky vegetace (rozlohy lesa, zemědělských kultur)
  - Kvalitativní stav vegetace (zdravotní stav vegetace)
  - Časové změny vegetace (změna rozlohy lesa/luk/kultur)
  - Odhad výnosů zemědělských plodin

### Monitorování změn vegetace s využitím družicových snímků

V posledních letech se ekologický výzkum intenzivně zabývá procesy, které souvisejí se změnami prostředí vyvolanými lidskými aktivitami. Změny jsou sledovány na různých časoprostorových škálách a objektech různé organizační úrovně. Rostlinstvo tyto procesy velmi dobře odráží a fytoindikace patří k rychlým a relativně levným metodám zachycujícím změny v ekosystémech. Satelitní data poskytují velmi dobré podklady pro hodnocení změn v krajině.

- 4.2. Aplikace DPZ v hydrologii:**
- oceánografie
  - kontinentální hydrologie

- Aplikace
- rozloha vodních objektů
  - znečištění vodních objektů, odhad koncentrací škodlivin
  - teplotní charakteristiky vodních objektů
  - vlhkostní charakteristiky krajiny
  - rozloha sněhové pokrývky
  - analýza vodní hodnoty sněhu
  - určování výšky vodního sloupce

- 4.3. Aplikace DPZ v geomorfologii:**
- geomorfologie
  - pedologie
  - průzkum nalezišť nerostných surovin

- Aplikace:
- pedologie – půdní druhy, odhady půdní vlhkosti

- zjišťování výskytu některých minerálů
- geomorfologie – základní strukturní tvary a formy reliéfu (zlomy aj.)
- změny reliéfu (zemětřesení, vulkanologie)
- mapování (generování 3D DMT ze stereo družic SPOT, údolní a hydrografická síť)

#### DPZ při identifikaci erozního poškození půdy

Eroze půdy patří mezi nejrozšířenější škodlivé jevy v životním prostředí. Cílem opatření je udržení produkční schopnosti půdy, v optimálním případě její zvyšování.

Vizuálním projevem eroze půdy jsou morfologické změny. Doprovodným projevem těchto morfologických (kvantitativních) změn jsou barevné deviace, které odlišují nepoškozenou půdu od půdy dotčené erozí v míře znamenající poškození. Barevné rozdíly jsou sice dobře patrné i při práci v terénu, rozhodujícím pohledem pro lokalizaci a kategorizaci barevných rozdílů je však pohled shora.

## **5. Mapování vegetace s využitím družicových snímků**

### **5.1. Hlavní rysy spektrálního chování vegetace**

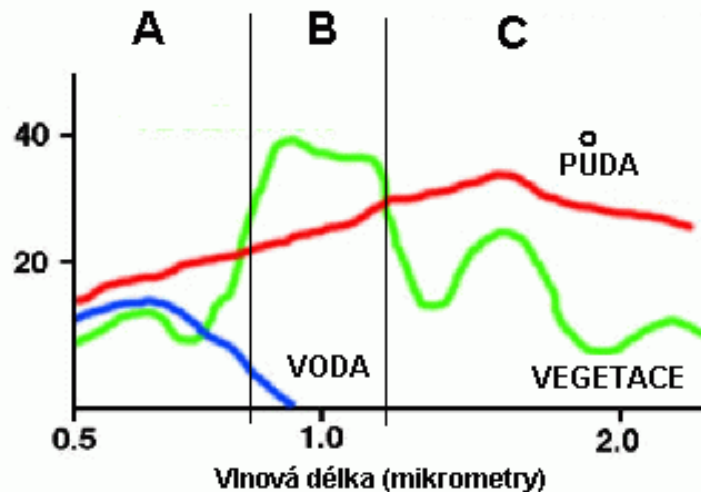
Vyjma polárních oblastí a oblastí pouští se vegetace nachází téměř ve všech družicových snímcích. K jejímu mapování se využívá poznatků o různé odrazivosti vegetace v různých intervalech elektromagnetického spektra. Tzv. spektrální chování vegetace se vyznačuje především výrazným nárůstem odrazivosti v blízké infračervené části spektra. Jestliže na snímcích ve viditelné části spektra odráží povrchy pokryté vegetací v průměru kolem 20 % dopadajícího záření, v blízké infračervené části spektra je to v průměru cca 60 %.

Záření ve viditelné části spektra je výrazně pohlcováno především zeleným barvivem – chlorofylem. V důsledku toho jsou povrchy pokryté vegetací na černobílých snímcích poměrně tmavé. Protože pohlcování záření chlorofylem je nejintenzivnější v modré a červené části viditelného záření a méně intenzivní v zelené části kolem 550 nm, jeví se nám vegetace jako zelená.

V oblasti kolem 700 - 800 nm dochází k výraznému nárůstu odrazivosti a v blízké infračervené části spektra 700 – 1300 nm je tato odrazivost formována především uspořádáním buněk těchto částí rostlin, které jsou nejvíce vystaveny dopadajícímu slunečnímu záření – tedy odrazivostí listů. Protože buněčná struktura různých druhů rostlin je odlišná, také jejich odrazivost se liší a toho lze využít pro rozpoznávání druhů rostlin. Na infračervených snímcích lze například poměrně snadno odlišit porosty listnatého a jehličnatého lesa. Porosty listnatého lesa jsou na snímcích podstatně světlejší. V intervalu spektra 1300 – 3000 nm je odrazivost vegetace formována především přítomností vody v orgánech rostlin. Vyšší obsah vody snižuje odrazivost rostlin.



Povrchy s vegetací lze identifikovat i na snímcích v mikrovlnné části spektra – na radarových snímcích. Odraz mikrovlnného záření od vegetace je však poměrně komplikovaný, protože k němu nedochází pouze na povrchu listů, ale většinou se jedná o několikanásobný odraz v celé vrstvě vegetačního krytu. Na radarových snímcích způsobuje vegetace ve většině případů tzv. difúzní odraz mikrovlnného záření.



Na obrázku je spektrální křivka odrazivosti listu, která se v oblasti viditelného a blízkého infračerveného záření dělí do tří hlavních částí, které odpovídají faktorům určujícím velikost spektrální odrazivosti.

- A) oblast pigmentační absorpce (400-700 nm)
- B) oblast buněčné struktury (700-1300 nm)
- C) oblast vodní absorpce (1300-3000 nm)

Naznačené obecné rysy spektrálního chování vegetační složky krajiny bývají modifikovány v průběhu vegetačního období a mění se také v důsledku stresů, kterým může být porost vystaven. Obecně u rostlin poškozených např. mrazem, usychajících na konci vegetačního období či u rostlin poškozených chemickými látkami dochází k poklesu odrazivosti v blízké infračervené části spektra a k vzrůstu v části červené. Protože se změna projeví nejdříve v infračervené části spektra, je možné na snímcích zaznamenat změnu v kondici vegetačního krytu dříve než se projeví v přírodě např. změnou barvy listů.

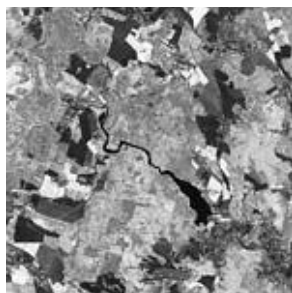
Vzhled povrchů pokrytých vegetací je na družicových snímcích ovlivňován především těmito faktory:

- Vnější uspořádání vegetačního krytu
- Vnitřní struktura jednotlivých částí rostlin
- Vodní obsah
- Zdravotní stav
- Vlastnosti půdního substrátu

## 6. Příklady mapování vegetace na družicových snímcích

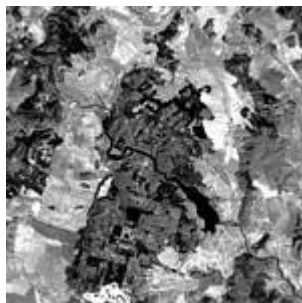
### 6.1. NDVI

Snímek SZ části Brněnské aglomerace ukazuje hodnoty tzv. normalizovaného vegetačního indexu (NDVI). Původní snímek byl vytvořen na počátku května a nejvyšší hodnoty NDVI vykazují pole, na nichž převládá odrazivost vzrostlé vegetace – především vzrostlé ozimé obiloviny. Vyšší hodnoty NDVI vykazují lesní porosty. V rámci nich lze odlišit světlejší tóny ploch listnatého lesa od tmavších ploch jehličnanů s nižšími hodnotami vegetačního indexu. Voda se jeví téměř jako černá, podobně jako větší zastavěné plochy.

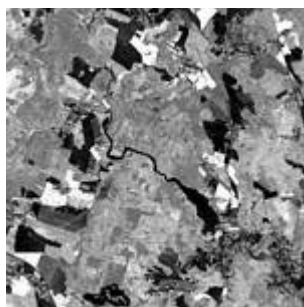


### 6.2. Tasseled Cap

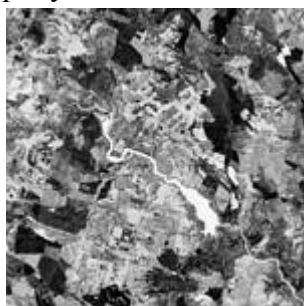
Následující série tří obrázků ukazuje výsledek transformace Tasseled Cap. Na prvním obrázku odpovídají stupně šedi indexu odrazivosti půdy (brightness) – tedy obrazové prvky, na jejichž odrazivosti se podílí především holá půda jsou nejsvětlejší, plochy pokryté vegetací a vodní plochy mají hodnotu indexu nízkou a jsou podány tmavými odstíny. Vysoké hodnoty indexu má také areál Velké ceny při spodním okraji snímku a plochy se zástavbou.



Druhý obrázek prezentuje index Greenness a je tedy vegetačním indexem – Nejvyšší hodnoty a nejsvětlejší tóny patří částem obrázku s rozvinutým vegetačním krytem.



Třetí ze série obrázků mapuje vodní obsah - vodní plochy a povrchy s vysokým obsahem vody mají nejvyšší hodnoty indexu a jsou tudíž světlé, naopak nízké hodnoty a tmavé tóny mají části obrazu s převládající odrazivostí holé půdy a sporé vegetace. Odstíny šedi jednotlivých základních druhů povrchů jsou a tomto snímku téměř opačné ve srovnání se snímek prezentující odrazivost půdy.



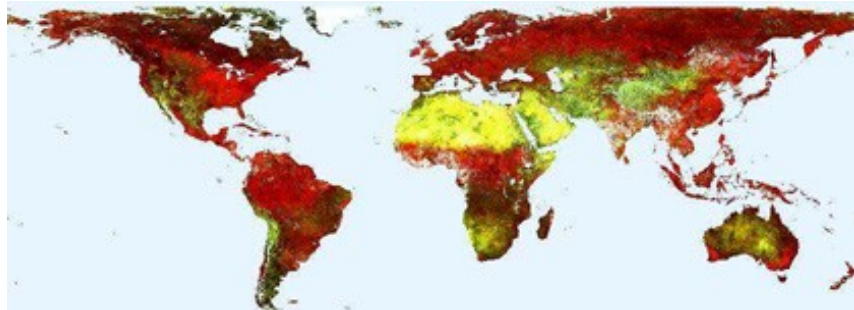
## **7. Mapování vegetace v globálním a regionálním měřítku.**

Vegetační indexy lze sestavovat například z obrazových dat pořízených družicemi SPOT, LANDSAT či NOAA. Právě hodnot indexu NDVI vypočtených z 1. a 2. pásma skeneru AVHRR umístěného na družicích NOAA se používá pro mapování vegetace v globálním měřítku. I když družice NOAA jsou určeny pro meteorologické aplikace, snímky z těchto družic hrají významnou roli i při tématickém mapování zemského povrchu v globálním měřítku.

Hodnoty NDVI se mohou pohybovat v intervalu (-1,+1) a korelují především s obsahem zelené hmoty v ploše pixelu. Z hodnot NDVI jsou sestavovány přehledové mapy stavu vegetace. Mapy jsou sestavovány většinou jako tzv. 10 denní kompozice maxim NDVI, kdy výsledná mapa vznikne superpozicí map indexu NDVI z 10 předcházejících dnů. Do výsledné mapy je vždy zaznamenána maximální hodnota každého pixelu. Vychází se z předpokladu, že v periodě 10 dní se v ploše každého pixelu alespoň jednou neobjeví oblačnost a tudíž zaznamenaná hodnota je hodnotou NDVI pro zemský povrch. Tímto způsobem je z výsledné mapy odfiltrována oblačnost. Mapy NDVI mohou být vhodným nástrojem ke studiu zdravotního stavu vegetace, časových změn a průběhu fenofází, odhadům

výnosů zemědělských plodin, odhadům vodního stresu rostlin atd. V globálním měřítku však mohou sloužit i jako indikátor kolísání a změn klimatu.

Na následujícím snímku je tzv. globální 10-ti denní syntéza z období 21.3.1999 - 31.03.1999.



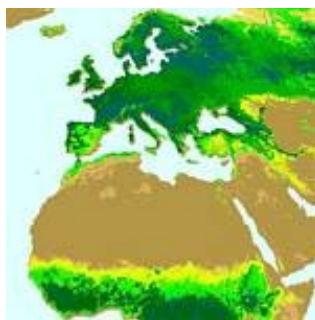
Následující snímky jsou příkladem změn v hodnotách NDVI v průběhu vegetačního období v Evropě, v severní Africe a v oblasti Sahelu. První je z počátku roku, kdy vegetace je zaznamenána pouze v nejnižnějších částech Evropy.



Druhý ukazuje nástup jara na konci měsíce března a postupný nástup rozvoje vegetace ve střední Evropě.



Třetí ze série snímků zachycuje rozvoj vegetace na konci června.



Poslední snímek zachycuje situaci z konce září s postupným ústupem vegetace patrným především v severní a východní Evropě.



Kromě mapování vegetace v globálním a regionálním měřítku je ještě používáno národní a místní měřítko.

## **8. Závěr**

Satelitní data poskytují do budoucna značný potenciál pro monitorování změn vegetace (krajinného pokryvu) větších území – regionů. Zatím je jejich širší využití spojeno s jistými provozními potížemi (drahé vybavení počítači a programy, vysoké pořizovací ceny dat, značné datové objemy, špatná dostupnost digitálních dat mezi resorty atp.), takže rutinní zpracování a pravidelné pořizování dat provozuje jen několik málo subjektů. Lze však očekávat, že s postupným uvolňováním těchto dat (zejména starších) a s rozvojem tolik potřebného systému centrálního státního datového centra, které bude data poskytovat k nekomerčnímu využití, poroste počet aplikací a využití těchto zdrojů v praxi.

Aplikace DPZ je využívána především v oblasti lesnictví, zemědělství, krajinné ekologii, oceánologii, kontinentální hydrologii, geomorfologii, pedologii a je velkým přínosem pro zkoumání prostorových struktur krajiny, charakteristiku vegetace, výnosů plodin, zjišťování rozlohy vodních ploch, sněhové pokrývky, určování druhů půd a zjišťování změn reliéfu zemského povrchu a v mnoho dalších odvětvích.

## Seznam použitých zdrojů:

Dobrovolnický, P. (1998): Dálková průzkum Země – digitální zpracování obrazu, s.194-199

[http://www.sci.muni.cz/~dobro/zemsky\\_povrch\\_vegetace.html](http://www.sci.muni.cz/~dobro/zemsky_povrch_vegetace.html)

[http://www.natur.cuni.cz/kfgg/pers/langhammer/vyuka/vtfg2/prednasky/dpz\\_4/dpz\\_4.html](http://www.natur.cuni.cz/kfgg/pers/langhammer/vyuka/vtfg2/prednasky/dpz_4/dpz_4.html)

<http://dynamo.ecn.purdue.edu/~biehl/MultiSpec/>

[http://www.natur.cuni.cz/~kfggsekr/pers/langhammer/vyuka/vtfg2/prezentace/DPZ\\_prednaska\\_3.pdf](http://www.natur.cuni.cz/~kfggsekr/pers/langhammer/vyuka/vtfg2/prezentace/DPZ_prednaska_3.pdf)

<http://www.uek.cas.cz/people/kucera/LE/TEXTY/druzice.pdf>

[http://gis.vsb.cz/GIS\\_Ostrava/GIS\\_Ova\\_2000/Sbornik/Kolejka/Referat.htm](http://gis.vsb.cz/GIS_Ostrava/GIS_Ova_2000/Sbornik/Kolejka/Referat.htm)