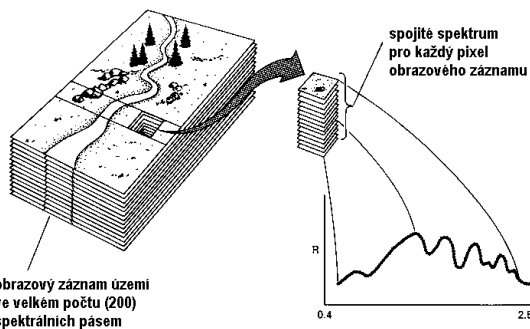
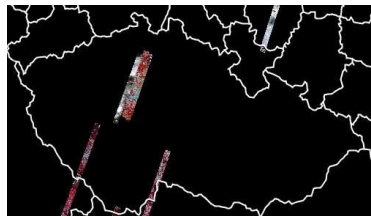


## Analyza dat obrazové spektrometrie



## Příklady konkrétních systémů - družice

Družice EO-1 (NASA), skener HYPERION – hyperspektrální skener s 242 pásmy v rozsahu 0,4 - 2,5  $\mu\text{m}$  s rozlišením 30 metrů a velikostí scény 7,7 x 42 resp. 185 km, časové rozlišení 16 dní



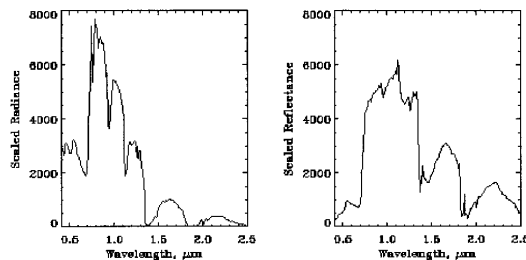
Fuji (Jap), Palo Alto, Cal)

## Základní etapy analýzy dat obrazové spektrometrie

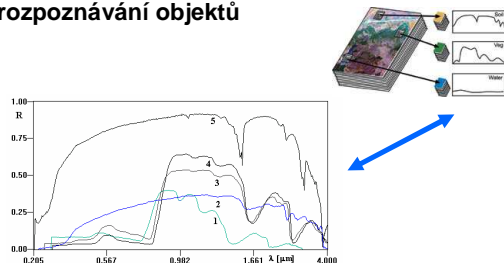
- kalibrace dat
- tvorba spektrálních knihoven
- vizualizace hyperspektrálních dat a knihoven spekter
- automatické porovnání spekter
- definování elementárních povrchů (tzv. endmembers)
- analýza a automatická klasifikace heterogenních pixelů

## Kalibrace dat

- atmosférické korekce a korekce na vlivy topografie jsou nezbytnou prvotní částí zpracování
- cílem je převést naměřená data, která obsahují charakteristiky celkového vyzařování objektů (angl. **radiance**), na data charakterizující odrazové vlastnosti objektů (angl. **reflectance**)



## Spektrální knihovny a automatické rozpoznávání objektů



Příklady záznamů ze spektrální knihovny pro pět vybraných materiálů. Na ose X jsou vlnové délky, na ose Y normalizované hodnoty odrazivosti (R). (1 - smrkové jehličí, 2 - suchý travnatý povrch, 3 - listy vlašského ořechu, 4 - listy javoru, 5 - kaolinit)

## Tvorba spektrálních knihoven

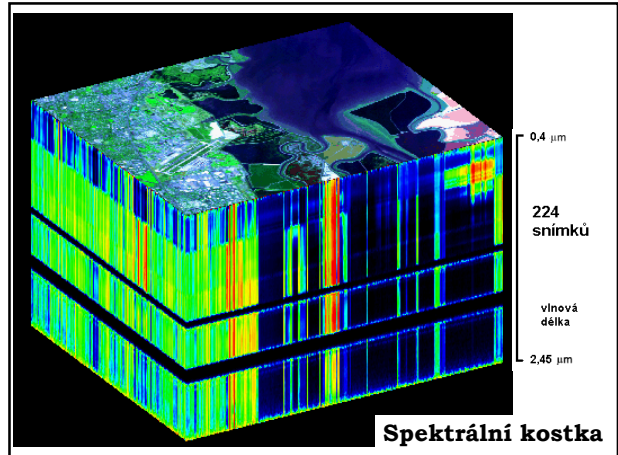
- Uchovávají laboratorně zjištěná spektra odrazivosti stovek nejběžnějších materiálů a druhů povrchů
- Obsahují údaje o absolutních hodnotách odrazivosti, lze jich využívat obecně jako určitých „vzorových“ spekter
- Mají význam interpretačních klíčů.

<http://speclab.cr.usgs.gov/spectral.lib04/spectral-lib04.html>

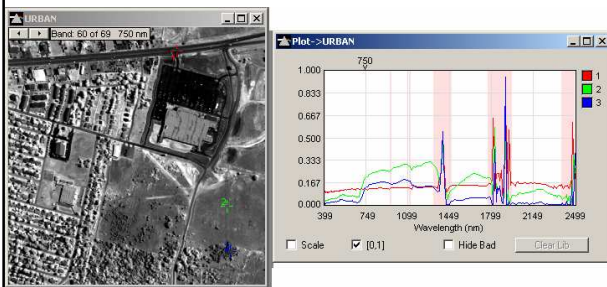
<http://speclib.jpl.nasa.gov>

### Vizualizace dat

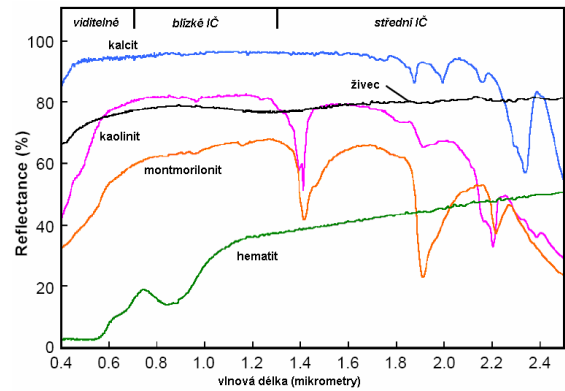
- Spektrální kostka
- Spektrální profily
- Vektor ve vícerozměrném prostoru (viz. klasifikace spektrálním úhlem)



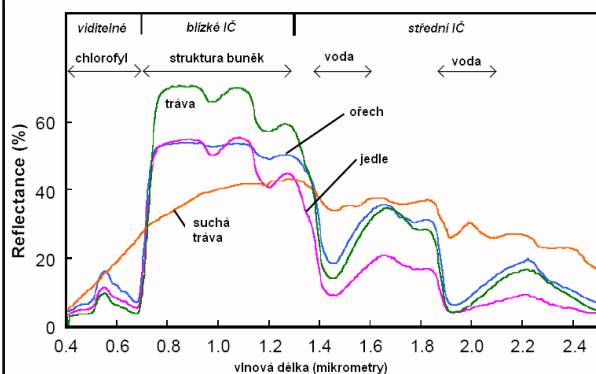
### Spektrální profily



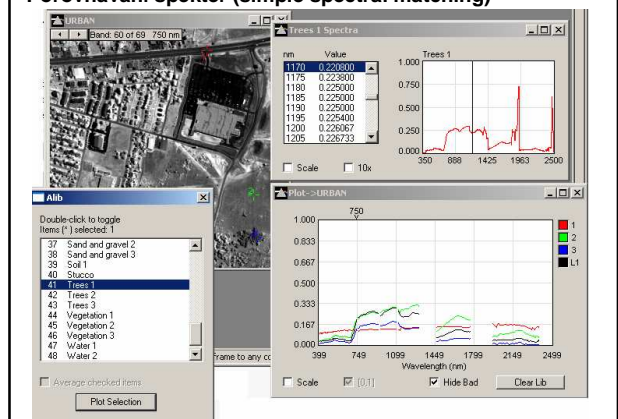
### Druhy minerálů - příklady spektrální odrazivosti



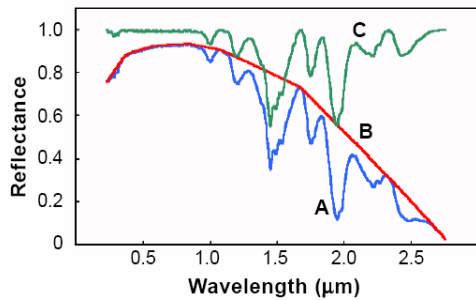
### Druhy vegetace - příklady spektrální odrazivosti



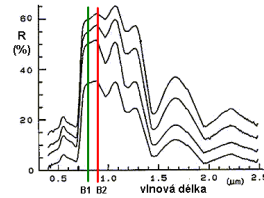
### Porovnávání spekter (simple spectral matching)



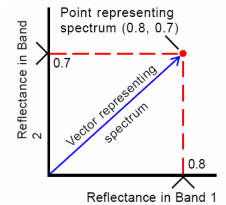
### Porovnávání spekter (simple spectral matching)



### Klasifikace tzv. „spektrálním úhlem“ (Spectral Angle Mapper)



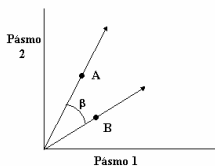
Vektor reprezentující spektrum ve 2D spektrálním prostoru



### Klasifikace tzv. „spektrálním úhlem“

Algoritmus je založen na výpočtu míry podobnosti mezi testovaným spektrálním profilem ze zpracovávaného obrazu a spektrem z knihovny

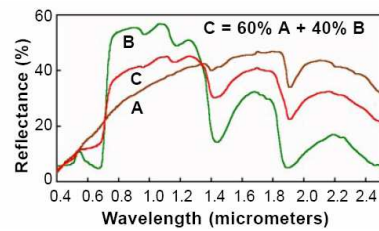
Jako míry podobnosti je využito tzv. **spektrálního úhlu**,



A - vektor známého spektra (např. z knihovny spektra), B - vektor spektra testovaného, β - spektrální úhel; data v použitých pásmech jsou korigována na vlivy atmosféry a zastínění

### Analýza smíšených pixelů

„tradiční“ přístup - zjednodušující předpoklad, že každý jeden obrazový prvek svoji hodnotou reprezentuje pouze jeden objekt či povrch.



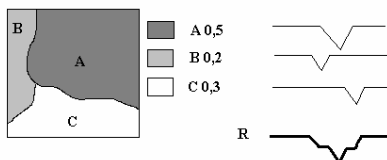
Křivka spektrálního chování heterogenního pixelu (mixel - mixture element) je složena z jednotlivých „spektrálně čistých“ křivek **elementárních povrchů** tzv. **endmembers**.

### Možné přístupy k analýze smíšených pixelů

#### - linear mixing

#### Fyzikální model

Vychází z předpokladu, že spektrální informace smíšeného pixelu vzniká lineární kombinací spektrálního chování všech obsažených elementárních povrchů

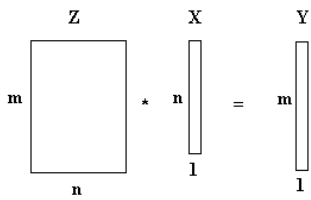


$$R = 0,5 A + 0,2 B + 0,3 C$$

### Lineární kombinace spekter (linear mixing)

- Model **lineární kombinace (smíchání) spekter** - tzv. **mixing** - předpokládá, že známe spektra jednotlivých elementárních povrchů i jejich procentuální zastoupení v ploše pixelu.
- Z těchto údajů lze sestavit výsledné spektrum smíšeného pixelu.
- Analýza potom spočívá v obráceném procesu označovaném jako tzv. **un-mixing**, kdy naopak známe spektra jednotlivých elementárních povrchů a spektrum výsledné
- Z nich potom hledáme procentuální zastoupení jednotlivých elementárních povrchů.

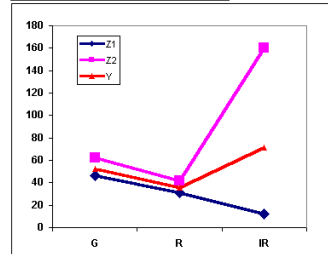
### Matematický model lineárního smíchaní výsledného spektra heterogenního pixelu



n - počet elementárních povrchů  
 m - počet zpracovávaných pásem  
 Y - výsledné spektrum  
 X - koeficienty určující zastoupení jednotlivých elementárních povrchů  
 Z - spektrální chování n elementárních povrchů v m intervalech spektra (pásech)

### UNMIXING – určení procentuálního zastoupení elementárních povrchů

	Z1	Z2	Y	m = 3
G	46	62	52,4	n = 2
R	31	42	35,4	
IR	12	160	71,2	



$$52,4 = 46x_1 + 62x_2$$

$$35,4 = 31x_1 + 42x_2$$

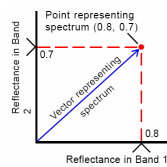
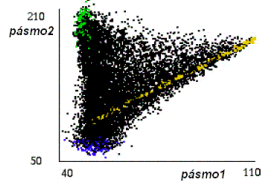
$$71,2 = 12x_1 + 160x_2$$

$$x_1 = 0,6$$

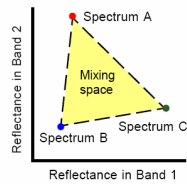
$$x_2 = 0,4$$

### Geometrický model lineárního smíchaní výsledného spektra heterogenního pixelu

#### 1. Určení počtu elementárních povrchů

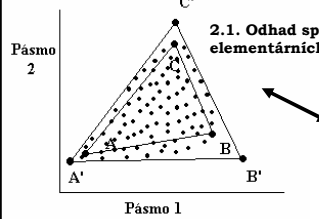


simplex



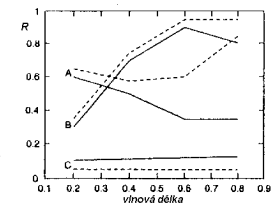
### Geometrický model lineárního smíchaní výsledného spektra heterogenního pixelu

#### 2. Určení druhu elementárních povrchů



#### 2.1. Odhad spekter elementárních povrchů

#### 2.2. Jejich porovnání s referenčními spektry (knihovně)



### Analýza radarových obrazových záznamů

#### Specifika:

- Odlišná geometrie
- Nelze hovořit o teorii spektrálního chování objektů
- Výrazná textura (speckle) snímků
- Odlišný způsob interakce záření s objekty na zemském povrchu
- Zaznamenání fyzikálních vlastností (drsnot povrchu, orientace k dopadajícímu záření, elektrické vlastnosti apod.)

### Základní etapy zpracování radarových snímků

- radiometrické korekce a potlačení šumu
- geometrické korekce
- zvýrazňování snímků a zpracování textury
- vizuální analogová interpretace
- klasifikace snímků
- integrace s optickými daty

### Radiometrické korekce, potlačení šumu

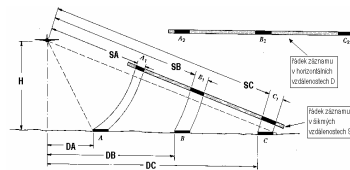
- speciální druhy **nízkofrekvenční** filtrace
- **multilooking** - průměrování několika tzv. pohledů (looks) – tj. obrazů stejného objektu pořízeného různými radarovými signály.
- **adaptivní filtry** – definují lokální míry heterogenity s cílem potlačit vysokofrekvenční šum při zachování radiometrické a texturální informace ve snímku



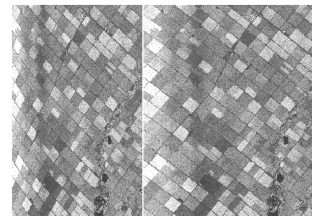
- filtrovaný obrazový prvek
- SZ pozice filtrovacího okna
- JV pozice filtrovacího okna

- definování **textury** pomocí GLCM matice

### Geometrické korekce radarových snímků I



Transformace radarového obrazového záznamu, vyjádřeného v šikmých vzdálenostech do snímku ve skutečných pozemních (horizontálních) vzdálenostech



Slant Range

Ground Range

### Geometrické korekce radarových snímků II

- vlastní transformace obrazu
- nutnost použití výškového modelu terénu
- možnost použití stereodvojic k tvorbě DTM

### Vizuální interpretace radarových snímků

Hlavní interpretační znaky:

- textura
- tón
- tvar
- velikost

Vzhled povrchů (objektů) na radarových snímcích budou ovlivňovat dvě skupiny parametrů:

- vnitřní (frekvence, polarizace, úhel dopadu, azimut)
- vnější (drsnost, vodní obsah, topografie, vodivost)

### Klasifikace radarových snímků

Vyžaduje více snímků v příznakovém prostoru. Ty lze získat např.:

- jako sérii snímků z různých časových horizontů
- transformací (výpočtem měř textury)

Integrace radarových snímků s jinými obrazovými daty

- transformace barevného systému RGB a IHS.

### Příklady konkrétních systémů - letadla

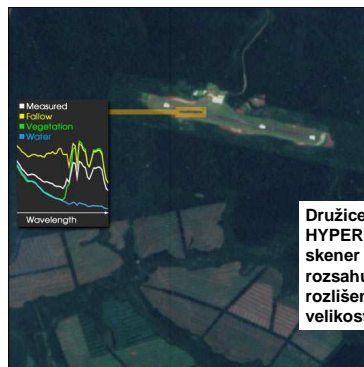
System	Počet snímků	Interval vlnových délek [μm]	Velikost pixelu [m]
AVIRIS	224	0,4 - 2,45	20
AIS	128	1,2 - 2,4	8
CASI	228	0,4 - 0,9	?

AIS (Airborne Imaging Spectrometer)

AVIRIS (Airborne Visible - Infrared Imaging Spectrometer).

CASI (Compact Airborne Spectrographic Imager).

### Příklady konkrétních systémů - družice



Družice EO-1, skener HYPERION – hyperspektrální skener s 220 pásmy v rozsahu 0,4 - 2,5 μm s rozlišením 30 metrů a velikostí scény 7,7 x 100 km