
Metódy klasifikácie obrazu DPZ

Hana Stanková

Obsah predmetu

Seminár (prednáška + cvičenie):

1. Získanie a predspracovanie obrazových údajov DPZ
 2. Metódy interpretácie, vizuálna interpretácia
 3. Detekcia a analýza zmien krajiny
 4. Kontrolovaná klasifikácia
 5. Pokročilé klasifikačné metódy
 6. Klasifikácia založená na objektoch
 7. Spektrálne indexy, PCA
-

Získanie a predspracovanie obrazových údajov DPZ

Lekcia 1

Obsah lekcie

1. Zdroje údajov DPZ
 2. Programy Landsat a Sentinel
 3. Predspracovanie obrazu
 4. Rádiometrické veličiny
 5. Konverzia DN na odraznosť
 6. Atmosférické korekcie
 7. Topografická normalizácia
 8. Panchromatické zaostrenie
-

Zdroje údajov DPZ

1. Letecké DPZ

archívne letecké meračské snímky SR z TOPÚ BB

2. Družicové DPZ

družicové snímky s nízkym rozlíšením: **MODIS, AVHRR**

družicové snímky s vysokým rozlíšením: **Landsat, Aster, Sentinel-2**

radarové snímky: **Sentinel-1**

digitálne výškové modely: **SRTM, Aster GDEM, EUDM**

Landsat

- najdlhšie kontinuálne fungujúci družicový program (družica Landsat 1 vypustená v r. 1972)
- v súčasnosti sníma Landsat 7 (od r. 1999) a Landsat 8 (od r. 2013)

Landsat 7 - od r. 2003 porucha na korektore riadkov

- snímač ETM+ (8 pásiem)

Landsat 8 - snímače OLI a TIRS (11 pásiem)

- rozlíšenie 30 m multispektrálne, 15 m PAN



Landsat

Landsat-7 ETM+ Bands (μm)			Landsat-8 OLI and <i>TIRS</i> Bands (μm)		
			30 m Coastal/Aerosol	0.435 - 0.451	Band 1
Band 1	30 m Blue	0.441 - 0.514	30 m Blue	0.452 - 0.512	Band 2
Band 2	30 m Green	0.519 - 0.601	30 m Green	0.533 - 0.590	Band 3
Band 3	30 m Red	0.631 - 0.692	30 m Red	0.636 - 0.673	Band 4
Band 4	30 m NIR	0.772 - 0.898	30 m NIR	0.851 - 0.879	Band 5
Band 5	30 m SWIR-1	1.547 - 1.749	30 m SWIR-1	1.566 - 1.651	Band 6
Band 6	60 m TIR	10.31 - 12.36	<i>100 m TIR-1</i>	<i>10.60 – 11.19</i>	Band 10
			<i>100 m TIR-2</i>	<i>11.50 – 12.51</i>	Band 11
Band 7	30 m SWIR-2	2.064 - 2.345	30 m SWIR-2	2.107 - 2.294	Band 7
Band 8	15 m Pan	0.515 - 0.896	15 m Pan	0.503 - 0.676	Band 8
			30 m Cirrus	1.363 - 1.384	Band 9

Sentinel

- družicový program Európskej vesmírnej agentúry (ESA) v rámci programu Copernicus
- 6 misií - Sentinel 1 až 6 - po dve družice kvôli pokrytiu

Sentinel-1 - radarové snímky

- Sentinel 1A od r. 2014, Sentinel 1B od r. 2016

Sentinel-2 - optické snímky s vysokým rozlíšením

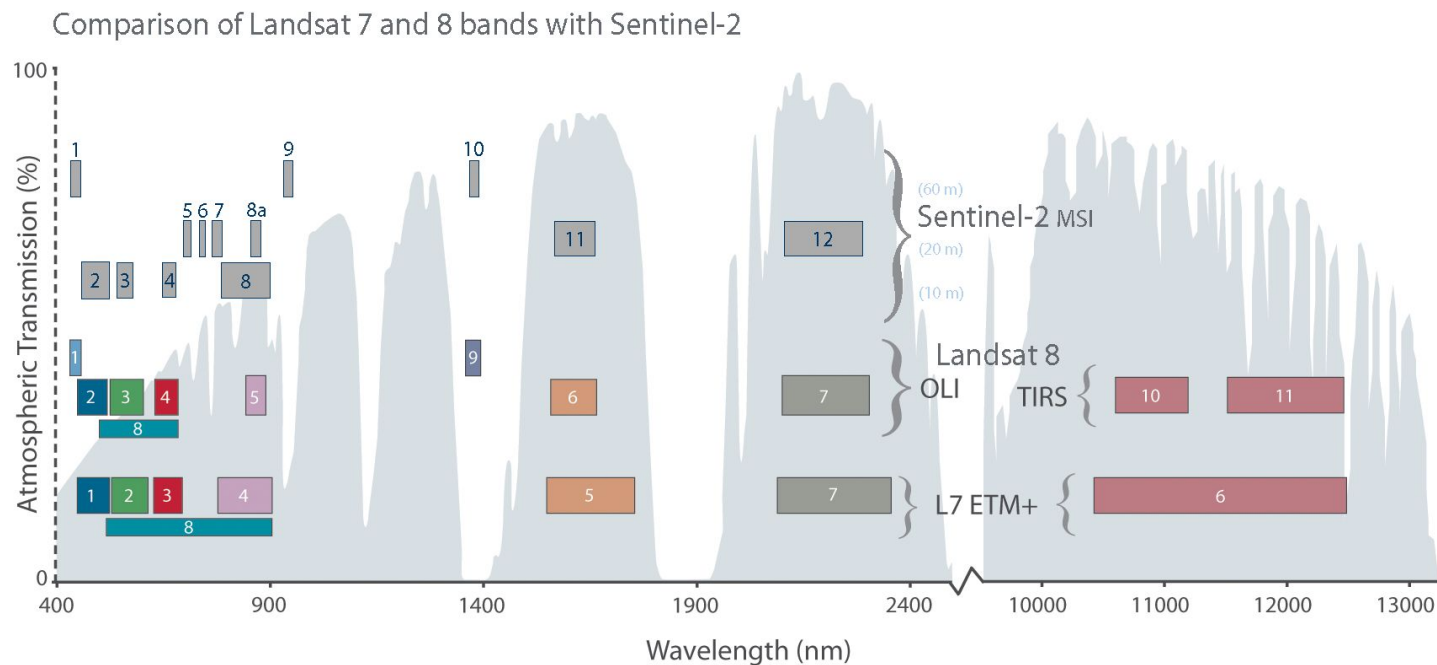
- Sentinel 2A od r. 2015, Sentinel 2B od r. 2017 (7.marca)
- 13 spektrálnych pásiem v rozlíšení 10 m, 20 m a 60 m



Sentinel-2

Sentinel-2 Bands	Central Wavelength (μm)	Resolution (m)
Band 1 - Coastal aerosol	0.443	60
Band 2 - Blue	0.490	10
Band 3 - Green	0.560	10
Band 4 - Red	0.665	10
Band 5 - Vegetation Red Edge	0.705	20
Band 6 - Vegetation Red Edge	0.740	20
Band 7 - Vegetation Red Edge	0.783	20
Band 8 - NIR	0.842	10
Band 8A - Vegetation Red Edge	0.865	20
Band 9 - Water vapour	0.945	60
Band 10 - SWIR - Cirrus	1.375	60
Band 11 - SWIR	1.610	20
Band 12 - SWIR	2.190	20

Landsat a Sentinel-2



Získanie údajov

- údaje Landsat distribuované cez USGS:

<https://landsat.usgs.gov/landsat-data-access>

- údaje Sentinel distribuované ESA:

<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/sentinel-data-access>

- Landsat aj Sentinel-2 sú dostupné na portáli EarthExplorer:

<https://earthexplorer.usgs.gov/>

Predspracovanie údajov

1. Geometrické korekcie

- polohové priradenie do geodetického súradnicového systému

2. Rádiometrické korekcie

- konverzia na reflektanciu (odraznosť)
 - atmosférické a topografické korekcie
 - panchromatické zaostrenie (pansharpening)
-

Rádiometrické veličiny

Energia žiarenia	Q_e	[J]
Žiarivý tok	Φ_e	[W], resp. [J/s]
Ožiarenie	E_e	[W/m ²]
Vyžarovanie	M_e	[W/m ²]
Žiarivosť	I_e	[W/sr]
Hustota žiarenia	$L_{e,\Omega}$	[W/sr.m ²]
Spektrálna hustota žiarenia	$L_{e,\Omega,\lambda}$	[W/sr.m ² .nm]

Energia žiarenia

Energia žiarenia (Radiant energy) Q_e

- ✓ energia, ktorú do svojho okolia vyžaruje zdroj žiarenia, definovaná ako časový integrál žiarivého toku
- ✓ jednotka Joule [J]

$$Q_e = \int_0^t \Phi_e \cdot dt$$

Žiarivý tok

Žiarivý tok (Radiant flux) Φ_e

- ✓ energia žiarenia emitovaná, odrazená, prepustená alebo pohltená za jednotku času
- ✓ jednotka Watt [W] , resp. [J/s]

$$\Phi_e = \frac{\partial Q_e}{\partial t}$$

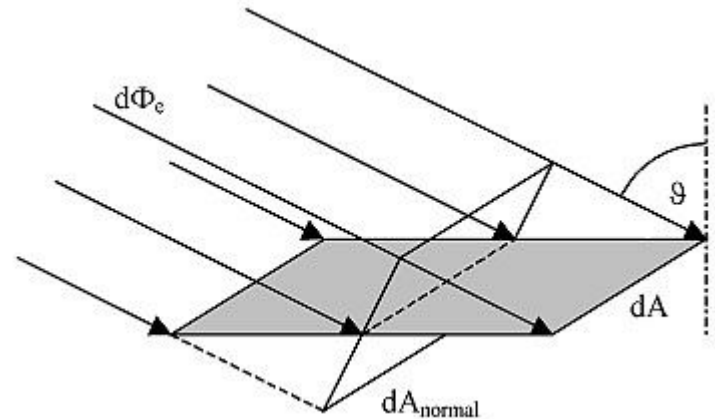
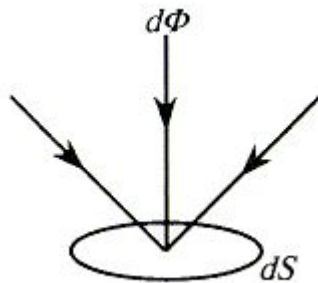


Ožiarenie

Ožiarenie (Irradiance) E_e

- ✓ žiarivý tok prijatý určitou plochou
- ✓ jednotka [W/m²]

$$E_e = \frac{\partial \Phi_e}{\partial A}$$

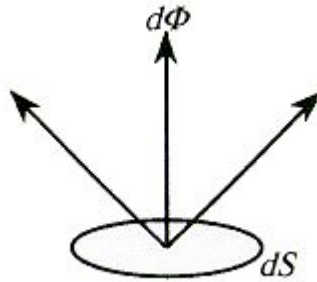


Vyžarovanie

Vyžarovanie (Radiant exitance) M_e

- ✓ žiarivý tok emitovaný určitou plochou do priestoru
- ✓ jednotka [W/m²]

$$M_e = \frac{\partial \Phi_e}{\partial A}$$

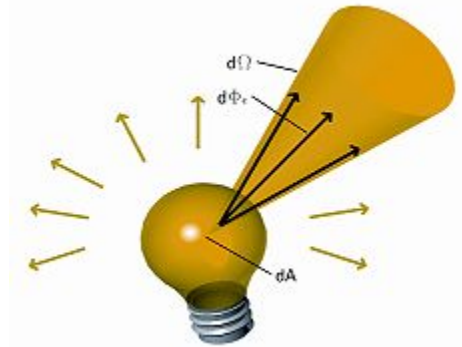
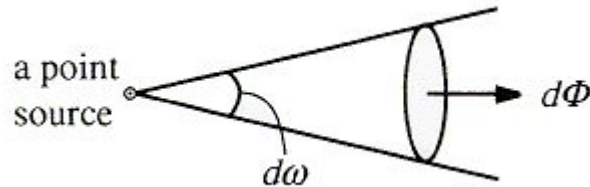


Žiarivosť

Žiarivosť, Intenzita žiarenia (Radiant intensity) I_e

- ✓ žiarivý tok vyžiarený do priestorového uhla
- ✓ jednotka [W/sr]

$$I_e = \frac{\partial \Phi_e}{\partial \Omega}$$

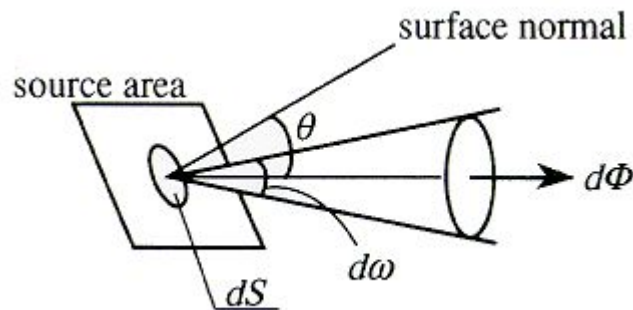


Hustota žiarenia

Hustota žiarenia (Radiance) $L_{e,\Omega}$

- ✓ žiarivý tok vzťahujúci sa na určitú plochu a priestorový uhol
- ✓ jednotka [W/sr.m²]

$$L_{e,\Omega} = \frac{\partial^2 \Phi_e}{\partial \Omega \partial A \cos \theta}$$



Spektrálna hustota žiarenia

Spektrálna hustota žiarenia (Spectral radiance) $L_{e,\Omega,\lambda}$

- ✓ žiarivý tok o určitej vlnovej dĺžke vzťahujúci sa na určitú plochu a priestorový uhol
- ✓ jednotka [W/sr.m².nm]

$$L_{e,\Omega,\lambda} = \frac{\partial L_{e,\Omega}}{\partial \lambda}$$

Odraznosť

Odraznosť (Reflectance) R

- ✓ podiel odrazenej a prijatej energie žiarenia
- ✓ vyjadruje efektívnosť povrchu alebo materiálu pri odrážaní žiarenia
- ✓ závisí od vlnovej dĺžky žiarenia
- ✓ bez jednotiek

$$R = \frac{\Phi_e^r}{\Phi_e^i}$$

Konverzia DN → radiance

Spektrálna hustota žiarivého toku (at-sensor radiance):

$$L_{\lambda} = M_L \cdot Q_{cal} + A_L$$

M_L band-specific multiplicative rescaling factor (gain)

A_L band-specific additive rescaling factor (bias)

Q_{cal} quantized and calibrated pixel values (DN)

$$M_L = \frac{L_{MAX} - L_{MIN}}{Q_{calMAX} - Q_{calMIN}}$$

$$A_L = L_{MIN} - M_L \cdot Q_{calMIN}$$

Konverzia radiance → reflectance

Odrážnosť (Top-of-atmosphere or TOA reflectance):

$$R_{TOA} = \frac{\pi \cdot L_{\lambda} \cdot d^2}{E_{SUN} \cdot \cos \theta_S}$$

d vzdialenosť Zem-Slnko v astronomických jednotkách

E_{SUN} priemerné vyžarovanie slnka (mimo atmosféry)

θ_S zenitový uhol Slnka v stupňoch

θ_E výška Slnka nad obzorom v stupňoch

$$\theta_S = 90^\circ - \theta_E$$

Atmosférické korekcie

Konverzia:

at-sensor radiance → surface radiance

TOA reflectance → surface reflectance:

$$R = \frac{\pi \cdot (L_\lambda - L_p) \cdot d^2}{T_v \cdot (E_{SUN} \cdot \cos \theta_s \cdot T_z) + E_{down}}$$

L_p spektrálna hustota žiar.toku cesty (path radiance)

T_v priepustnosť atmosféry v smere záberu

T_z priepustnosť atmosféry v smere osvetlenia

E_{down} spätné difúzne vyžarovanie atmosféry

Atmosférické korekcie

DOS (Dark Object Subtraction)

- ✓ zjednodušaná korekcia založená na vlastnostiach snímky (image-based)
- ✓ presnosť menšia ako pri fyzikálne založených korekciách

$$L_p = L_{min} - L_{DO} \qquad L_{min} = M_L \cdot DN_{min} + A_L$$

L_{min} minimálna spektrálna hustota žiarivého toku (0,01% pixlov)

L_{DO} spektrálna hustota žiarivého toku tmavého objektu
(s predpokladanou odraznosťou 0,01)

Atmosférické korekcie

DOS (Dark Object Subtraction)

$$L_{DO} = \frac{0.01 \cdot (E_{SUN} \cdot \cos \theta_S \cdot T_z + E_{down}) \cdot T_v}{\pi \cdot d^2}$$

DOS1

DOS2

DOS3

DOS4

$$T_v = 1$$

$$T_v = 1$$

$$T_z = 1$$

$$T_z = \cos \theta_S \ (\lambda < 1)$$

$$E_{down} = 0$$

$$T_z = 1 \ (\lambda > 1)$$

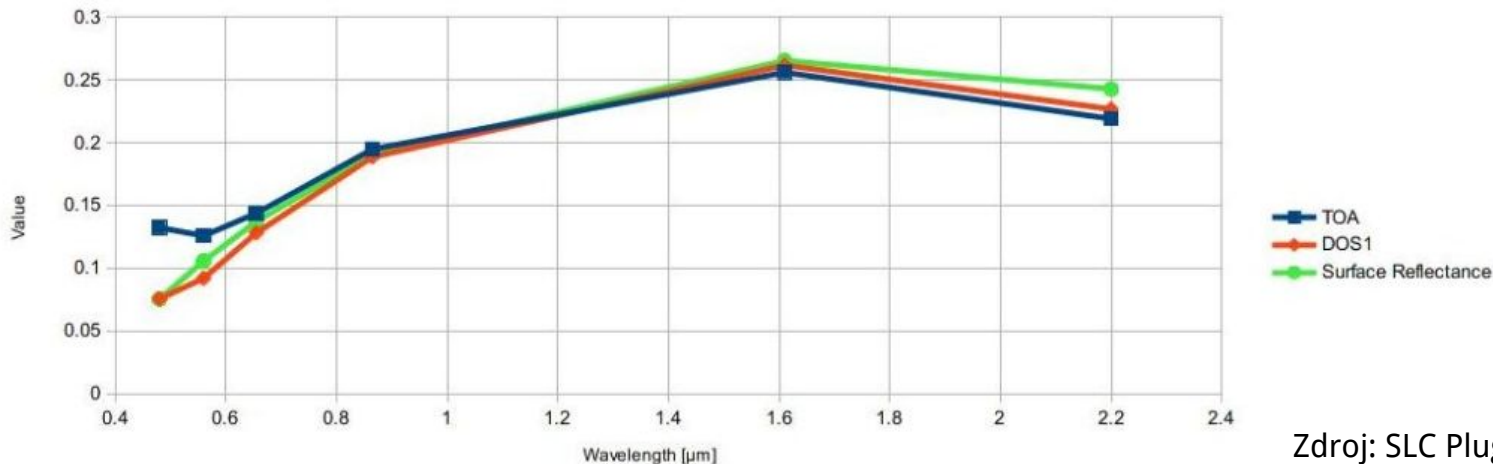
$$E_{down} = 0$$

Atmosférické korekcie

DOS1

$$L_{DO} = \frac{0.01 \cdot E_{SUN} \cdot \cos \theta_S}{\pi \cdot d^2}$$

$$R = \frac{\pi \cdot (L_\lambda - L_p) \cdot d^2}{E_{SUN} \cdot \cos \theta_S}$$

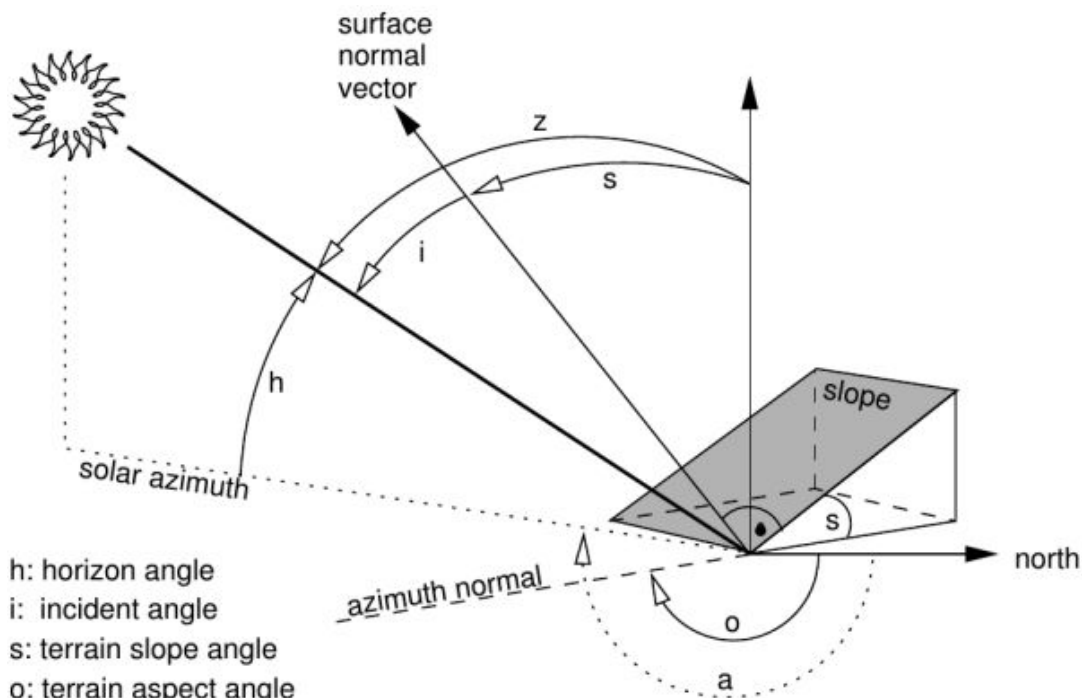


Zdroj: SLC Plugin documentation

Topografická normalizácia

- korekcia vplyvu polohy Slnka a topografie terénu na hodnoty odraznosti
 - výška Slnka, azimut Slnka
 - sklon terénu, orientácia terénu
 - dôležité pri automatizovanej klasifikácii, multitemporálnej analýze
-

Topografická normalizácia



h: horizon angle
i: incident angle
s: terrain slope angle
o: terrain aspect angle
z: solar zenith angle
a: solar azimuth angle

Zdroj: Grass manual

Topografická normalizácia

$$\cos i = \cos s \cdot \cos z + \sin s \cdot \sin z \cdot \cos(a - o)$$

Kosínusová korekcia

$$L_H = L_T \cdot \frac{\cos z}{\cos i}$$

Semi-empirická c-korekcia

$$L_H = L_T \cdot \frac{\cos z + c}{\cos i + c} \quad c = \frac{a_0}{a_1}$$

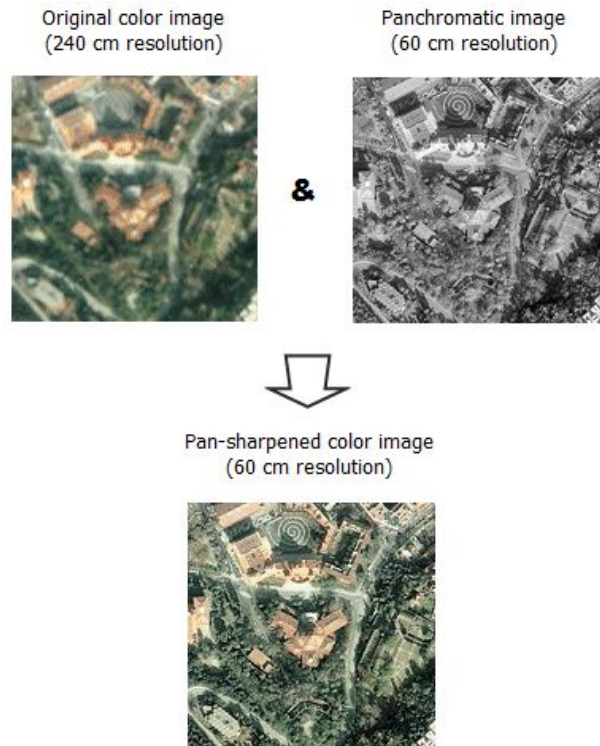
Minnaertova korekcia

$$L_H = L_T \cdot \left(\frac{\cos z}{\cos i} \right)^k \quad k \approx \log \frac{\cos z}{\cos i}$$

$$L_T = a_0 + a_1 \cdot \cos i$$

Pansharpening

- proces zlúčenia panchromatickej snímky s vysokým rozlíšením a multispektrálnych snímok s nižším rozlíšením
- výsledkom je jedna farebná snímka alebo multispektrálne snímky s vyšším rozlíšením



Pansharpening

- dve hlavné skupiny metód:

1. Metódy nahrádzania komponentov

Component Substitution (CS)

- IHS, PCA, Gram-Schmidt ...

2. Metódy viacúrovňovej analýzy

Multiresolution analysis (MRA)

- wavelet transformácie alebo iné transformácie
-

IHS pansharpening

- konverzia farebného modelu RGB na IHS

$$I = \frac{R+G+B}{3}$$

- nahradenie intenzity panchromatickou $I_{PAN} = PAN - w_{IR} \cdot IR$
 - spätná konverzia IHS na RGB
-

Broveyho transformácia

- výpočet nového spektrálneho pásma:

$$R_{PAN} = \frac{R}{(R+G+B)} \cdot PAN$$

- alternatívne na základe váh a IČ pásma:

$$DNF = \frac{PAN - w_{IR} \cdot IR}{w_R \cdot R + w_G \cdot G + w_B \cdot B}$$

$$R_{PAN} = R \cdot DNF$$

$$G_{PAN} = G \cdot DNF$$

$$B_{PAN} = B \cdot DNF$$

$$IR_{PAN} = IR \cdot DNF$$
