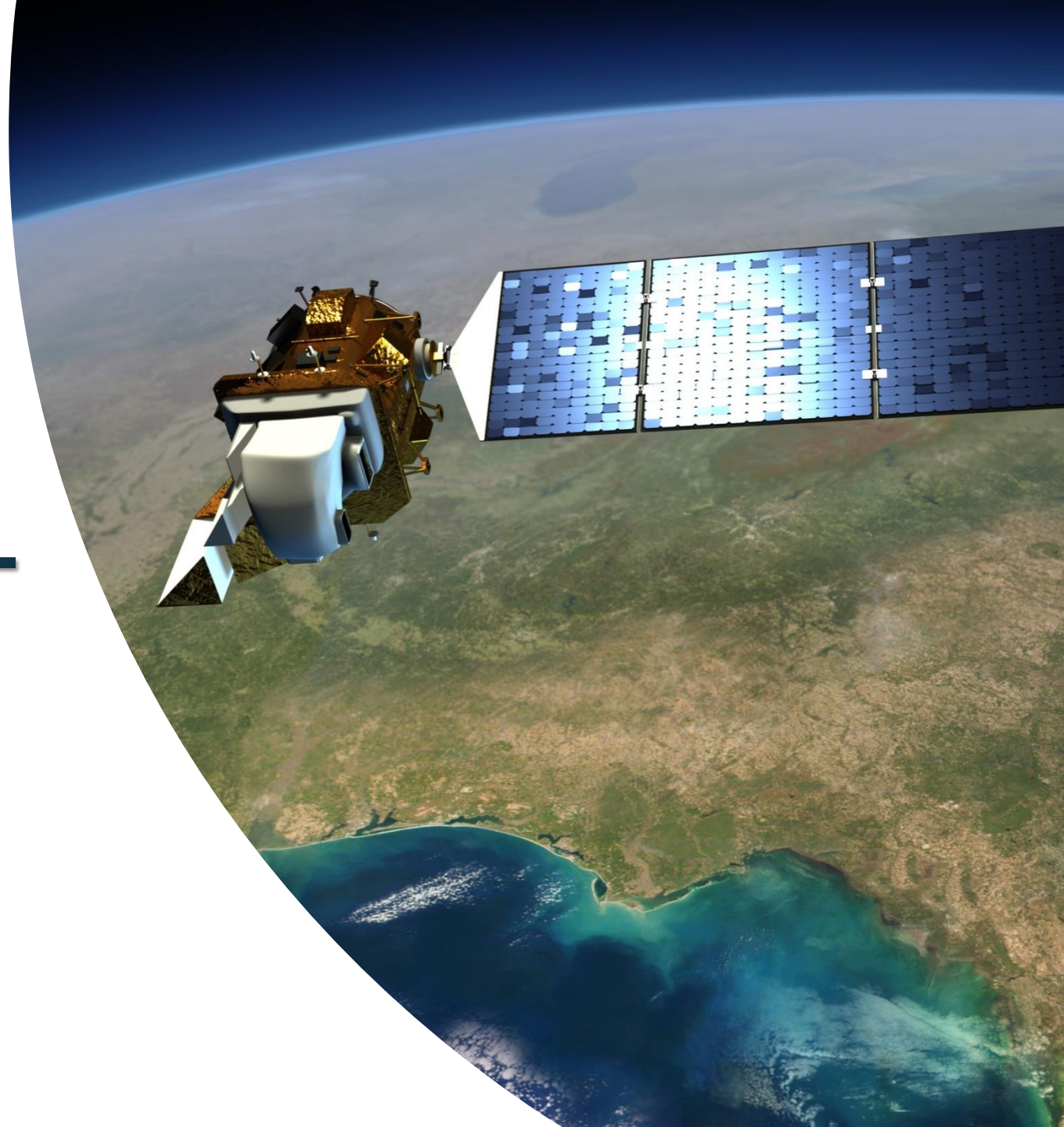


Diaľkový prieskum Zeme – cvičenia

Mgr. Katarína Onáčillová, PhD.

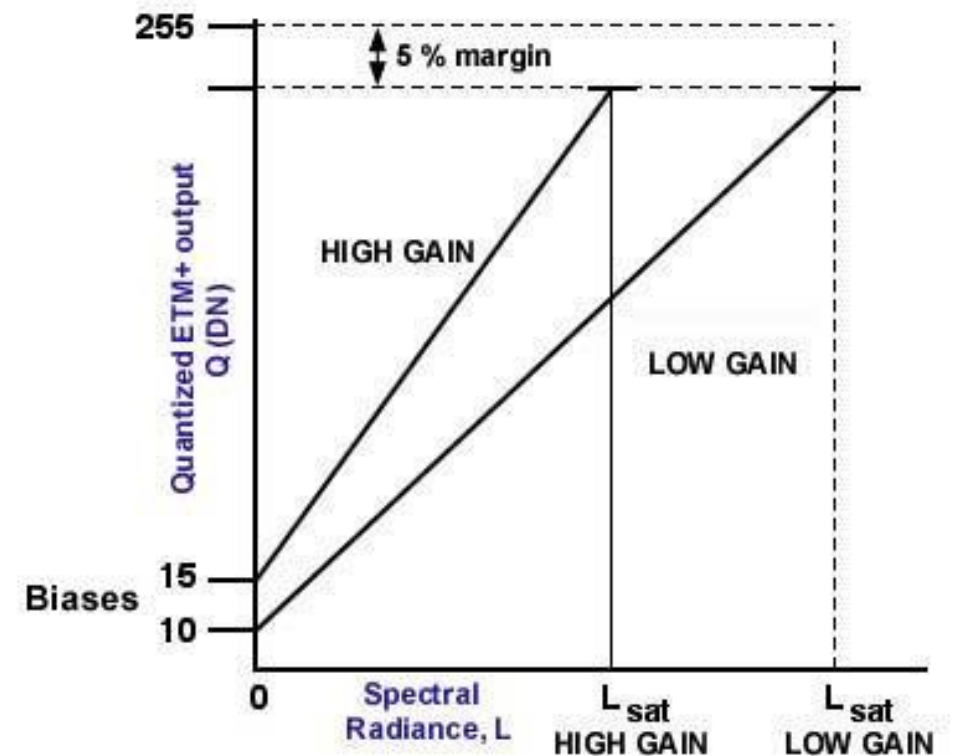


Konverzia DN multispektrálneho záznamu
na hodnoty odrazivosti a TOA vyžarovania

Zaznamenané hodnoty a skutočná odrazivosť

- DN: multispektrálny záznam obsahuje digitálne hodnoty (Digital Numbers), ktorých rozsah závisí od radiometrického rozlíšenia. Napr. pre Landsat 7 ETM+ nadobúdajú DN hodnoty 0-255 (8-bitový záznam).
- Priamo DN možno použiť pre výpočet indexov alebo hodnotenie krajinnej pokrývky v rámci jednej scény.
- Avšak pre porovnávanie odrazivosti ρ medzi dvomi a viacerými scénami je potrebné konvertovať DN na hodnoty odrazivosti povrchu. DN nevyjadrujú priamo hodnoty fyzikálnej veličiny. Pre hodnoty vyžarovania je potrebné hodnoty DN na vyžarovanie prepočítať.

Hodnoty DN pre určité spektrálne pásmo vyjadrujú reškálované spektrálne vyžarovanie.





Užhorod, scéna Landsat 7 ETM+ 15 mája 2008 o 9:10, DN štvrtého pásma (B4, Band 4), odrazivosť v blízkej infračervnej časti spektra, spektrálny rozsah pásma 4 je 0.775-0.90 mikrometrov.



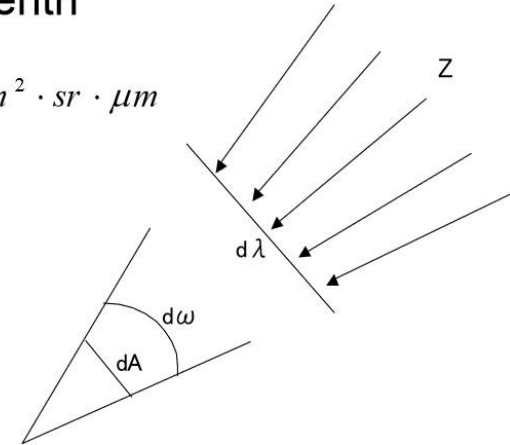
Zaznamenané hodnoty a skutočná odrazivosť

- DN možno prepočítať na L_λ a potom na ρ (ToA) na základe rovníc určených osobitne pre každý satelitný senzor.
- Spectral radiance (spektrálne vyžarovanie) : L_λ , množstvo energie odrazenej späť z plochy, resp. vyžiarenej z plochy do priestoru pre jednotku vlnovej dĺžky. $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$
- Vyžarovanie je potom možné konvertovať na odrazivosť povrchu meraná vo vrchnej časti atmosféry (Top of atmosphere reflectance) označovaná ρ , pomer medzi vyžiarenou a dopadajúcou (ožarujúcou) energiou, inak povedané, aký podiel z dopadajúcej slnečnej energie sa vráti späť (je odrazenej od povrchu Zeme). Ide o albedo povrchu merané na vrchnej časti atmosféry.
- Použitím modelov pre zohľadnenie efektu atmosféry, napr. ATCORR v GRASS GIS ako modul *i.atcorr*, je možné prepočítať ρ (ToA) na skutočnú ρ na zemskom povrchu.

- Energy in unit time, unit solid angle, unit wavelenth

$$\text{unit} : J / s \cdot m^2 \cdot sr \cdot \mu m = W / m^2 \cdot sr \cdot \mu m$$

$$L_\lambda = \frac{\text{Energy}_{\text{received}}}{dt dA d\omega d\lambda}$$



$$\rho_\lambda = \frac{\pi L_\lambda}{G_\lambda} = \frac{\pi L_\lambda}{\mu_s E_{s\lambda}}$$

$$E_{s\lambda} = \frac{ESUN_\lambda}{d_s^2}$$

$E_{s\lambda}$: Exo - atmospheric Solar Spectral Irradiance $W / m^2 \cdot \mu m$

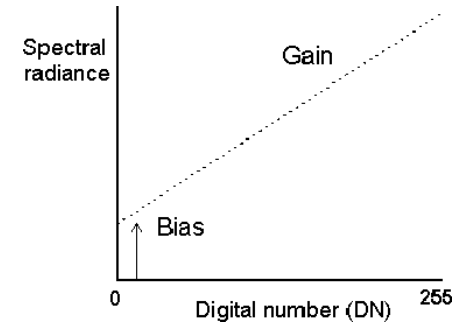
$ESUN_\lambda$: Average Exo - atmospheric Solar Spectral Irradiance $W / m^2 \cdot \mu m$

d_s : Earth - Sun distance in astronomical units

$\mu_s = \cos(\theta_s), \theta_s$: Solar zenith angle

Prevod DN na hodnoty vyžarovania pre Landsat 7 ETM+

- $L_{\lambda} = \text{rescaled gain} * \text{DN} + \text{rescaled bias}$
- $L_{\lambda} = ((LMAX_{\lambda} - LMIN_{\lambda}) / (QCALMAX - QCALMIN)) * (QCAL - QCALMIN) + LMIN_{\lambda}$
- Hodnoty **LMAX**, **LMIN**, **QCALMAX**, **QCALMIN** treba vyhľadať v metadátach ku každému z pásiem scén LANDSAT (napr. L71186026_02620080515_MTL.txt);
- LMAX, LMIN – maximálne a minimálne spektrálne vyžarovanie (spectral radiance) pre jednotlivé pásma v jednotkách $W.m^{-2}.sr^{-1}$
- QCAL – sú DN hodnoty záznamu vo zvolenom spektrálnom pásme napr., Band 4, teda rastrová vrstva štvrtého kanála;
- QCALMIN, QCALMAX – kalibrovaná hodnota pixla v podobe DN zodpovedajúca LMIN resp LMAX (the minimum/maximum quantized calibrated pixel value (corresponding to $LMIN_{\lambda}$) in DN.
- LMIN a LMAX sú dostupné v dvoch variantoch Low gain a High gain. V metadátach sa nachádza informácia, v ktorom režime bola daná scéna zosnímaná, hodnoty LMIN a LMAX sú uvedené v tomto súbore už pre tento režim.
- http://landsat.usgs.gov/how_is_radiance_calculated.php
- http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/data_prod/prog_sect11_3.html

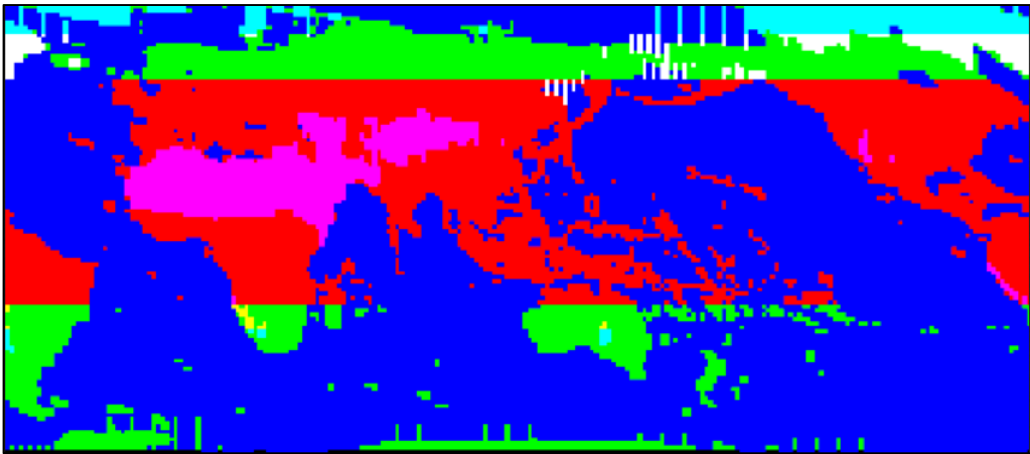


Band Number	Processed Before July 1, 2000				Processed After July 1, 2000			
	Low Gain		High Gain		Low Gain		High Gain	
	LMIN	LMAX	LMIN	LMAX	LMIN	LMAX	LMIN	LMAX
1	-6.2	297.5	-6.2	194.3	-6.2	293.7	-6.2	191.6
2	-6.0	303.4	-6.0	202.4	-6.4	300.9	-6.4	196.5
3	-4.5	235.5	-4.5	158.6	-5.0	234.4	-5.0	152.9
4	-4.5	235.0	-4.5	157.5	-5.1	241.1	-5.1	157.4
5	-1.0	47.70	-1.0	31.76	-1.0	47.57	-1.0	31.06
6	0.0	17.04	3.2	12.65	0.0	17.04	3.2	12.65
7	-0.35	16.60	-0.35	10.932	-0.35	16.54	-0.35	10.80
8	-5.0	244.00	-5.0	158.40	-4.7	243.1	-4.7	158.3

Kalibračné parametre z metadát k multispektrálnym scénam

```
L71186026_02620080515_MTL - Poznámkový blok
Súbor Úpravy Formát Zobrazit' Pomocník
GROUP = L1_METADATA_FILE GROUP = METADATA_FILE_INFO ORIGIN = "Image courtesy of the U.S. Geological Survey"
REQUEST_ID = "0101203142846_00008" PRODUCT_CREATION_TIME = 2012-03-16T05:42:35Z STATION_ID = "EDC"
LANDSAT7_XBAND = "4" GROUND_STATION = "ASN" LPS_PROCESSOR_NUMBER = 1 DATE_HOUR_CONTACT_PERIOD = "0813613"
SUBINTERVAL_NUMBER = "06" END_GROUP = METADATA_FILE_INFO GROUP = PRODUCT_METADATA PRODUCT_TYPE = "L1T"
ELEVATION_SOURCE = "GLS2000" PROCESSING_SOFTWARE = "LPGS_11.6.0" EPHEMERIS_TYPE = "DEFINITIVE" SPACECRAFT_ID =
"Landsat7" SENSOR_ID = "ETM+" SENSOR_MODE = "BUMPER" ACQUISITION_DATE = 2008-05-15 SCENE_CENTER_SCAN_TIME =
09:10:28.6990919Z WRS_PATH = 186 STARTING_ROW = 26 ENDING_ROW = 26 BAND_COMBINATION = "123456678"
PRODUCT_UL_CORNER_LAT = 49.8617054 PRODUCT_UL_CORNER_LON = 20.6925106 PRODUCT_UR_CORNER_LAT = 49.8211893
PRODUCT_UR_CORNER_LON = 24.0795217 PRODUCT_LL_CORNER_LAT = 47.8970485 PRODUCT_LL_CORNER_LON = 20.7043232
PRODUCT_LR_CORNER_LAT = 47.8592229 PRODUCT_LR_CORNER_LON = 23.9614306 PRODUCT_UL_CORNER_MAPX = 477900.000
PRODUCT_UL_CORNER_MAPY = 5523300.000 PRODUCT_UR_CORNER_MAPX = 721500.000 PRODUCT_UR_CORNER_MAPY = 5523300.000
PRODUCT_LL_CORNER_MAPX = 477900.000 PRODUCT_LL_CORNER_MAPY = 5304900.000 PRODUCT_LR_CORNER_MAPX = 721500.000
PRODUCT_LR_CORNER_MAPY = 5304900.000 PRODUCT_SAMPLES_PAN = 16241 PRODUCT_LINES_PAN = 14561 PRODUCT_SAMPLES_REF =
8121 PRODUCT_LINES_REF = 7281 PRODUCT_SAMPLES_THM = 8121 PRODUCT_LINES_THM = 7281 BAND1_FILE_NAME =
"L71186026_02620080515_B10.TIF" BAND2_FILE_NAME = "L71186026_02620080515_B20.TIF" BAND3_FILE_NAME =
"L71186026_02620080515_B30.TIF" BAND4_FILE_NAME = "L71186026_02620080515_B40.TIF" BAND5_FILE_NAME =
"L71186026_02620080515_B50.TIF" BAND61_FILE_NAME = "L71186026_02620080515_B61.TIF" BAND62_FILE_NAME =
"L72186026_02620080515_B62.TIF" BAND7_FILE_NAME = "L72186026_02620080515_B70.TIF" BAND8_FILE_NAME =
"L72186026_02620080515_B80.TIF" GCP_FILE_NAME = "L71186026_02620080515_GCP.txt" METADATA_L1_FILE_NAME =
"L71186026_02620080515_MTL.txt" CPF_FILE_NAME = "L7CPF20080401_20080630_11" END_GROUP = PRODUCT_METADATA GROUP =
MIN_MAX_RADIANCE LMAX_BAND1 = 191.600 LMIN_BAND1 = -6.200 LMAX_BAND2 = 196.500 LMIN_BAND2 = -6.400
LMAX_BAND3 = 152.900 LMIN_BAND3 = -5.000 LMAX_BAND4 = 241.100 LMIN_BAND4 = -5.100 LMAX_BAND5 = 31.060
LMIN_BAND5 = -1.000 LMAX_BAND61 = 17.040 LMIN_BAND61 = 0.000 LMAX_BAND62 = 12.650 LMIN_BAND62 = 3.200
LMAX_BAND7 = 10.800 LMIN_BAND7 = -0.350 LMAX_BAND8 = 243.100 LMIN_BAND8 = -4.700 END_GROUP = MIN_MAX_RADIANCE
GROUP = MIN_MAX_PIXEL_VALUE QCALMAX_BAND1 = 255.0 QCALMIN_BAND1 = 1.0 QCALMAX_BAND2 = 255.0 QCALMIN_BAND2 =
1.0 QCALMAX_BAND3 = 255.0 QCALMIN_BAND3 = 1.0 QCALMAX_BAND4 = 255.0 QCALMIN_BAND4 = 1.0 QCALMAX_BAND5 =
255.0 QCALMIN_BAND5 = 1.0 QCALMAX_BAND61 = 255.0 QCALMIN_BAND61 = 1.0 QCALMAX_BAND62 = 255.0
QCALMIN_BAND62 = 1.0 QCALMAX_BAND7 = 255.0 QCALMIN_BAND7 = 1.0 QCALMAX_BAND8 = 255.0 QCALMIN_BAND8 = 1.0
END_GROUP = MIN_MAX_PIXEL_VALUE GROUP = PRODUCT_PARAMETERS CORRECTION_METHOD_GAIN_BAND1 = "CPF"
CORRECTION_METHOD_GAIN_BAND2 = "CPF" CORRECTION_METHOD_GAIN_BAND3 = "CPF" CORRECTION_METHOD_GAIN_BAND4 = "CPF"
```


Nastavenie „High gain“ alebo „Low gain“ pre ETM+ máji.
Tento režim je už zohľadnený v metadátach k LMIN, LMAX.



May 1

	1	2	3	4	5	6	7	pan
Water	HHH	H	H	LH	H	L		
Desert, high sun angle	LLL	L	L	LH	L	L		
Ice, high sun angle	LLL	L	H	LH	H	L		
Desert, mid sun angle	LLL	H	L	LH	L	L		
Desert, ice, low sun angle	LLL	H	H	LH	H	L		
Land, high sun angle	HHH	L	H	LH	H	L		
Night (volcanoes)	HHH	H	L	LH	L	L		
Land, low sun angle, ocean	HHH	H	H	LH	H	L		

```

Lister - [f:\Metódy_DPZ\cv07_indexy_konverzia_na_radiance\L71186026_0...
File Edit Options Encoding Help 7%
CORRECTION_METHOD_GAIN_BAND1 = "CPF". CORRECTION_METHOD_GAIN_BAND2 = "CPF".
CORRECTION_METHOD_GAIN_BAND3 = "CPF". CORRECTION_METHOD_GAIN_BAND4 =
"CPF". CORRECTION_METHOD_GAIN_BAND5 = "CPF". CORRECTION_METHOD_GAIN_B
AND61 = "CPF". CORRECTION_METHOD_GAIN_BAND62 = "CPF". CORRECTION METH
OD_GAIN_BAND7 = "CPF". CORRECTION_METHOD_GAIN_BAND8 = "CPF". CORRECTI
ON_METHOD_BIAS = "IC". BAND1_GAIN = "H". BAND2_GAIN = "H". BAND3_G
AIN = "H". BAND4_GAIN = "L". BAND5_GAIN = "H". BAND6_GAIN1 = "L".
BAND6_GAIN2 = "H". BAND7_GAIN = "H". BAND8_GAIN = "L". BAND1_G
AIN_CHANGE = "0". BAND2_GAIN_CHANGE = "0". BAND3_GAIN_CHANGE = "0".
BAND4_GAIN_CHANGE = "0". BAND5_GAIN_CHANGE = "0". BAND6_GAIN_CHANGE1
= "0". BAND6_GAIN_CHANGE2 = "0". BAND7_GAIN_CHANGE = "0". BAND8_G
AIN_CHANGE = "0". BAND1_SL_GAIN_CHANGE = 0. BAND2_SL_GAIN_CHANGE = 0.
BAND3 SL GAIN CHANGE = 0. BAND4 SL GAIN CHANGE = 0. BAND5 SL GAIN
  
```

http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/data_properties/prog_sect6_4.html

1

Konverzia DN multispektrálneho záznamu
na hodnoty odrazivosti bez a s korekciou
slnečného uhla pre Landsat 8 TIRS snímky

A) Konverzia hodnôt DN na hodnoty odrazivosti TOA (bez korekcie slnečného uhla)

Dáta (pásma) senzora OLI možno previesť na planetárnu odrazivosť pri TOA (Top Of Atmosphere = TOA) pomocou preškáľovacích koeficientov odrazivosti poskytnutých v súbore metadát produktu (súbor MTL). Na prevod hodnôt DN na odrazivosť TOA pre údaje OLI bez korekcie slnečného uhla sa používa nasledujúca rovnica:

$$\rho_{\lambda'} = M_{\rho}Q_{cal} + A_{\rho}$$

kde:

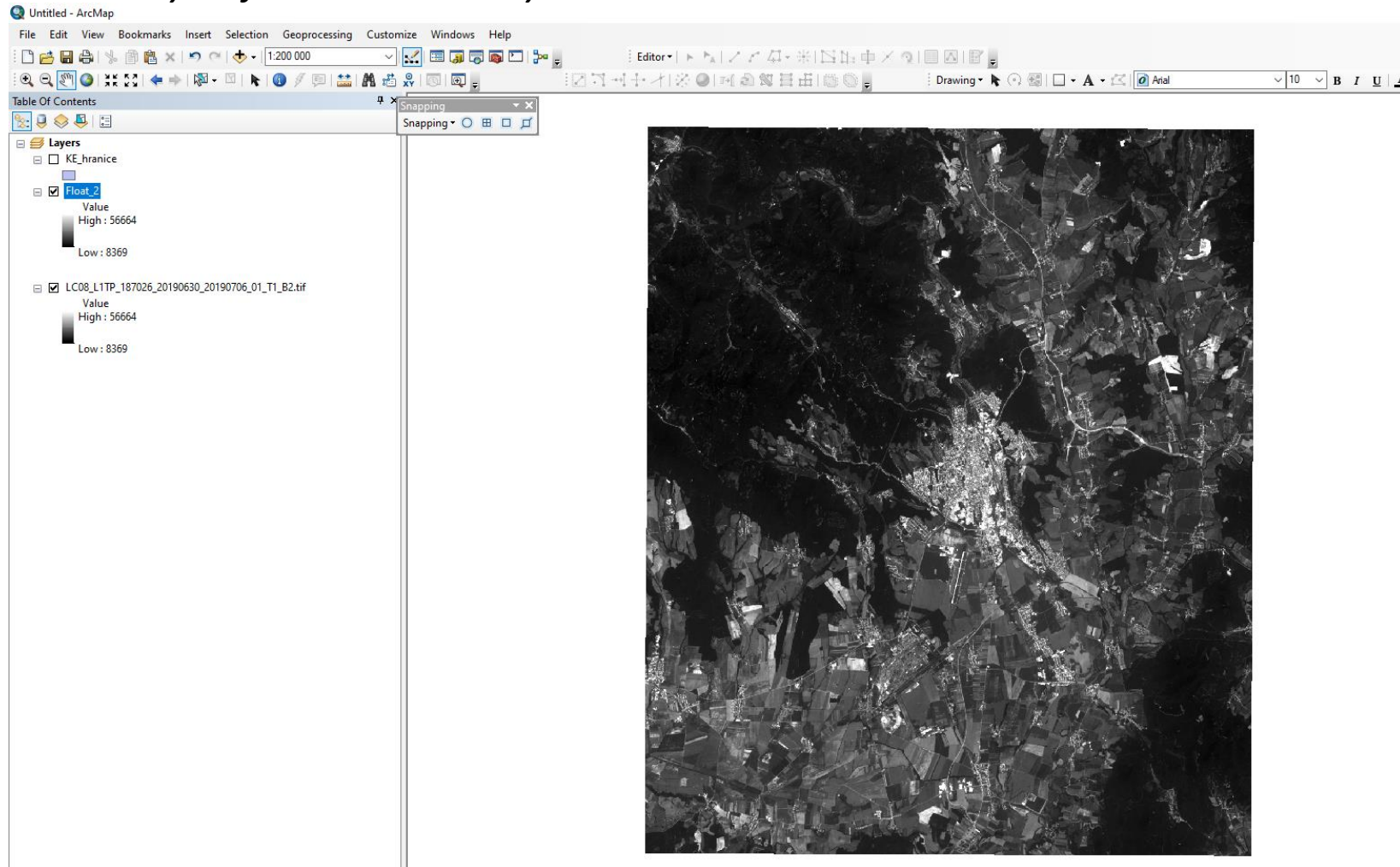
$\rho_{\lambda'}$ = Planetárna odrazivosť TOA, bez korekcie slnečného uhla

M_{ρ} = Multiplikatívny faktor zmeny mierky špecifický pre pásmo z metadát
(REFLECTANCE_MULT_BAND_x, kde x je číslo pásma)

A_{ρ} = Špecifický aditívny faktor zmeny mierky z metadát
(REFLECTANCE_ADD_BAND_x, kde x je číslo pásma)

Q_{cal} = Kvantizované a kalibrované štandardné hodnoty pixelov produktu (DN)

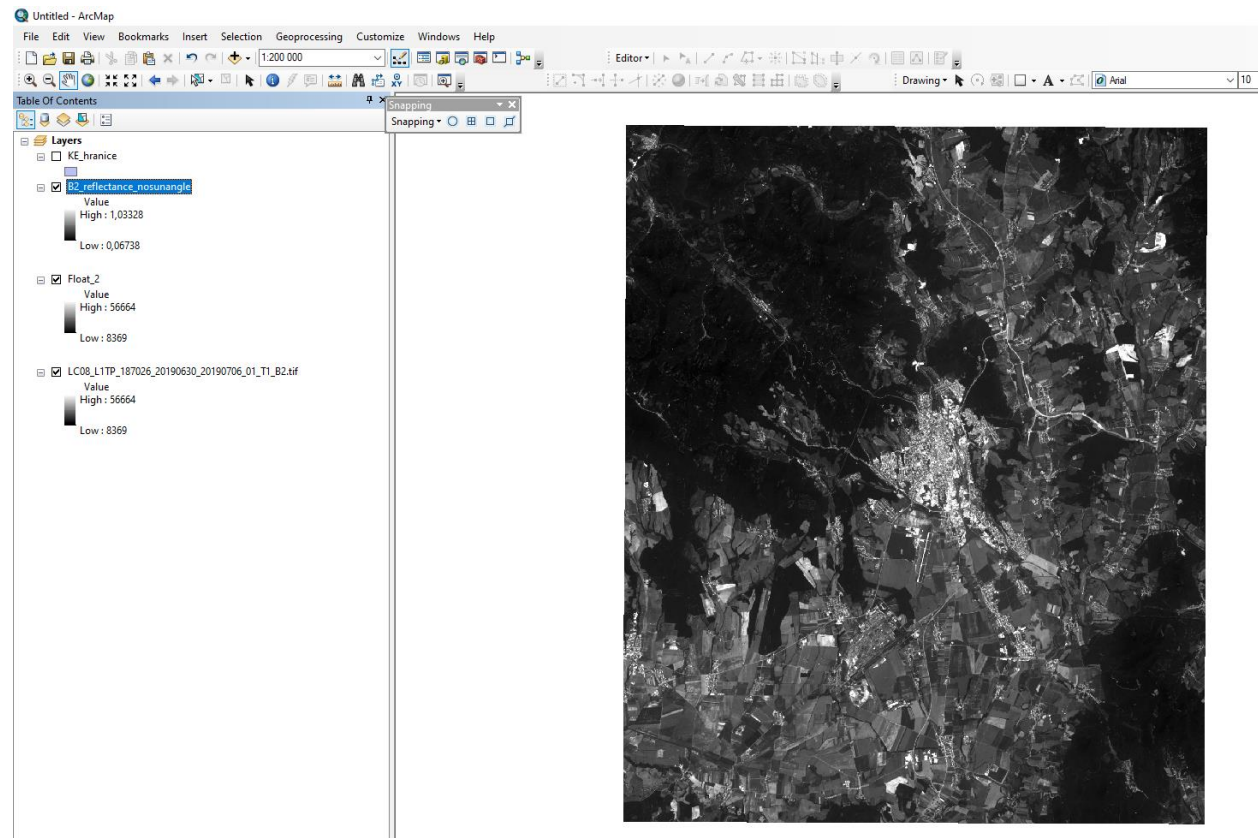
1. Vytvorenie nového priečinka "cvičenie 5"
2. ArcMap - pridanie pásma, napr. B2 Landsatu 8
3. **Konverzia na Float** - senzory *ETM+* (Landsat 7), *OLI* a *TIRS* (Landsat 8) uchovávajú hodnoty vo formáte „digital number“ (DN) (0-255 pre L7 a 0-65536 pre L8 – potreba konvertovať celočíselné DN hodnoty na hodnoty vo formáte desatinných čísel



4. Konverzia na hodnoty odrazivosti TOA pre pásmo B2 ($\rho\lambda$):

$$\rho\lambda' = M\rho Q_{cal} + A\rho$$

- $\rho\lambda'$ = Planetárna odrazivosť TOA, bez korekcie slnečného uhla
- $M\rho$ = Multiplikatívny faktor zmeny mierky špecifický pre pásmo z metadát
(REFLECTANCE_MULT_BAND_x, kde x je číslo pásma)
- $A\rho$ = Špecifický aditívny faktor zmeny mierky z metadát
(REFLECTANCE_ADD_BAND_x, kde x je číslo pásma)
- Q_{cal} = Kvantizované a kalibrované štandardné hodnoty pixelov produktu (DN)



B) Konverzia hodnôt DN na hodnoty odrazivosti TOA (s korekciou slnečného uhla)

Dáta (pásma) senzora OLI možno previesť na planetárnu odrazivosť pri TOA (Top Of Atmosphere = TOA) pomocou preškáľovacích koeficientov odrazivosti poskytnutých v súbore metadát produktu (súbor MTL).

Na prevod hodnôt DN na odrazivosť TOA pre údaje OLI s korekciou slnečného uhla sa používa nasledujúca rovnica:

$$\rho_{\lambda} = \frac{\rho_{\lambda}'}{\cos(\theta_{SZ})} = \frac{\rho_{\lambda}'}{\sin(\theta_{SE})} = \rho_{\lambda}' = (M\rho Q_{cal} + A\rho) / \sin(\theta_{SE}) = \rho_{\lambda}' = (M\rho Q_{cal} + A\rho) / \cos(\theta_{SZ})$$

kde:

ρ_{λ} = Planetárna odrazivosť TOA, s korekciou slnečného uhla

θ_{SE} = Miestny uhol sklonu slnka. Uhol elevácie stredu slnka v stupňoch je uvedený v metaúdajoch (SUN_ELEVATION).

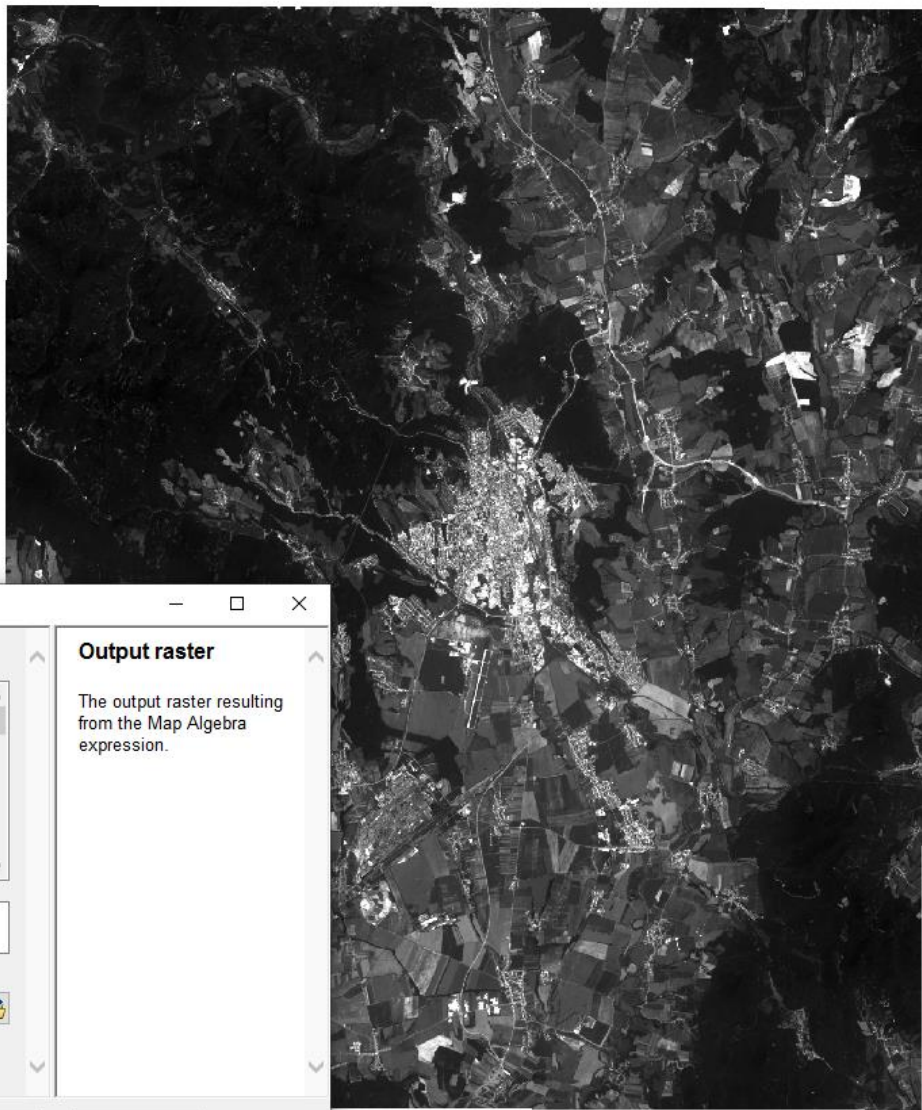
θ_{SZ} = Lokálny solárny zenitový uhol; $\theta_{SZ} = 90^{\circ} - \theta_{SE}$

Table Of Contents

Layers

- KE_hranice
- b2_reflectance_withsunangle
Value
High : 3,02129
Low : 0,197018
- B2_reflectance_nosunangle
Value
High : 1,03328
Low : 0,06738
- Float_2
Value
High : 56664
Low : 8369
- LC08_L1TP_187026_20190630_20190706_01_T1_B2.tif
Value
High : 56664
Low : 8369

Snapping



Raster Calculator

Map Algebra expression

Layers and variable

- b2_reflectance_w
- B2_reflectance_nc
- Float_2
- LC08_L1TP_187026

7 8 9 / == != &
4 5 6 * > >= |
1 2 3 - < <= ^
0 . + () ~

Conditional

- Con
- Pick
- SetNull
- Math
- Abs
- Exp
- Exp10

Math

"B2_reflectance_nosunangle"/0,3420

Output raster

c:\users\lonačillová\documents\arcgis\default.gdb\b2_reflectance_withsunangle

OK Cancel Environments... << Hide Help Tool Help

Output raster

The output raster resulting from the Map Algebra expression.

2

Konverzia DN multispektrálneho záznamu
na hodnoty vyžarovania (TOA teplotu jasu)
Landsat 8 TIRS snímok

Radiometric Calibration

Radiance →
Brightness
temperature

Konverzia
spektrálneho
vyžarovania na
teplotu jasu TOA
(At-Satellite
Brightness
Temperature) [K]:

□ Planck's function

+ konštanta vyžarovacieho zákona čierneho telesa
 $h = 6,626\ 070\ 040(81) \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$

$$B_{\lambda}(T) = \frac{C_1}{\lambda^5 (e^{\frac{C_2}{\lambda T}} - 1)} \longrightarrow T = \frac{C_2}{\lambda \cdot \ln \left[\frac{C_1}{\lambda^5 B_{\lambda}(T)} + 1 \right]}$$

Where, $C_1 = 1.19104356 \times 10^{-16} \text{ W m}^2$;
 $C_2 = 1.43876869 \times 10^{-2} \text{ m K}$

$$T = \frac{\frac{C_2}{\lambda}}{\ln \left[\frac{C_1}{\lambda^5} \frac{1}{B_{\lambda}(T)} + 1 \right]}$$



Radiometric Calibration

Radiance →
Brightness
temperature

Konverzia
spektrálneho
vyžarovania na
teplotu jasu TOA
(At-Satellite
Brightness
Temperature) [K]:

Let $K_1 = C_1/\lambda^5$, and $K_2 = C_2/\lambda$, and satellite measured
radiant intensity $B_\lambda(T) = L_\lambda$

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

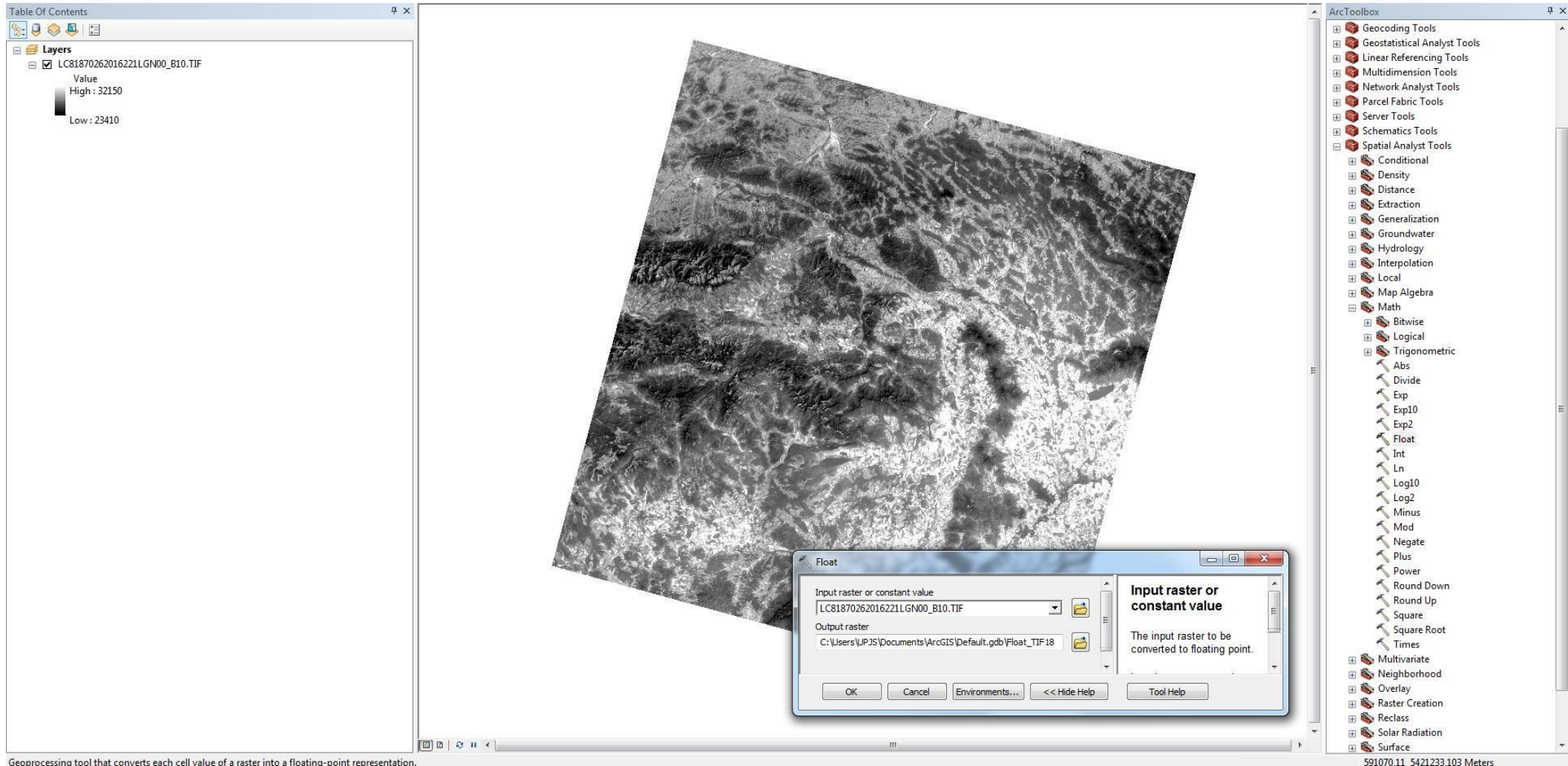
Description	K_1 ($\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$)	K_2 (Kelvin)
Landsat 7 – ETM+	666.09	1282.71
Landsat 5 – TM	607.76	1260.56



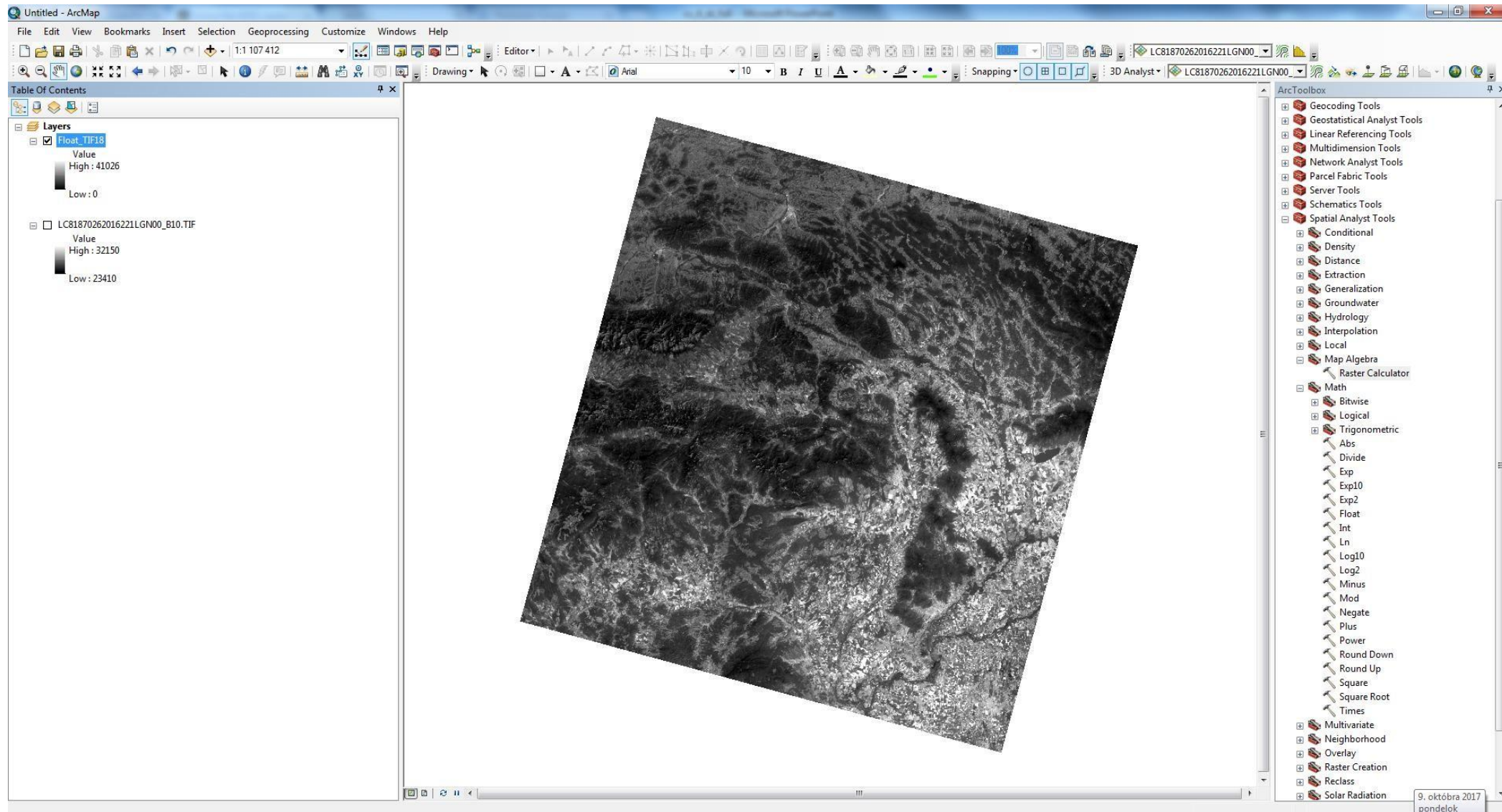
1. Vytvorenie nového priečinka "cvičenie 5"

2. ArcMap - pridanie termálneho pásma B10 Landsatu 8 (využitie datasetu z predchádzajúcich cvičení)

3. Konverzia na Float - senzory ETM+ (Landsat 7), OLI a TIRS (Landsat 8) uchovávajú hodnoty vo formáte „digital number“ (DN) (0-255 pre L7 a 0-65536 pre L8 – potreba konvertovať celočíselné DN hodnoty na hodnoty vo formáte desatinných čísel



3. Konverzia na Float - senzory ETM+ (Landsat 7), OLI a TIRS (Landsat 8) uchovávajú hodnoty teplôt jasu vo formáte „digital number“ (DN) (0-255 pre L7 a 0-65536 pre L8 – potreba konvertovať celočíselné hodnoty DN na hodnoty vo formáte desatinných čísel



4. Konverzia na TOA spektrálne žiarenie/TOA RADIANCE pre B10 (L λ):

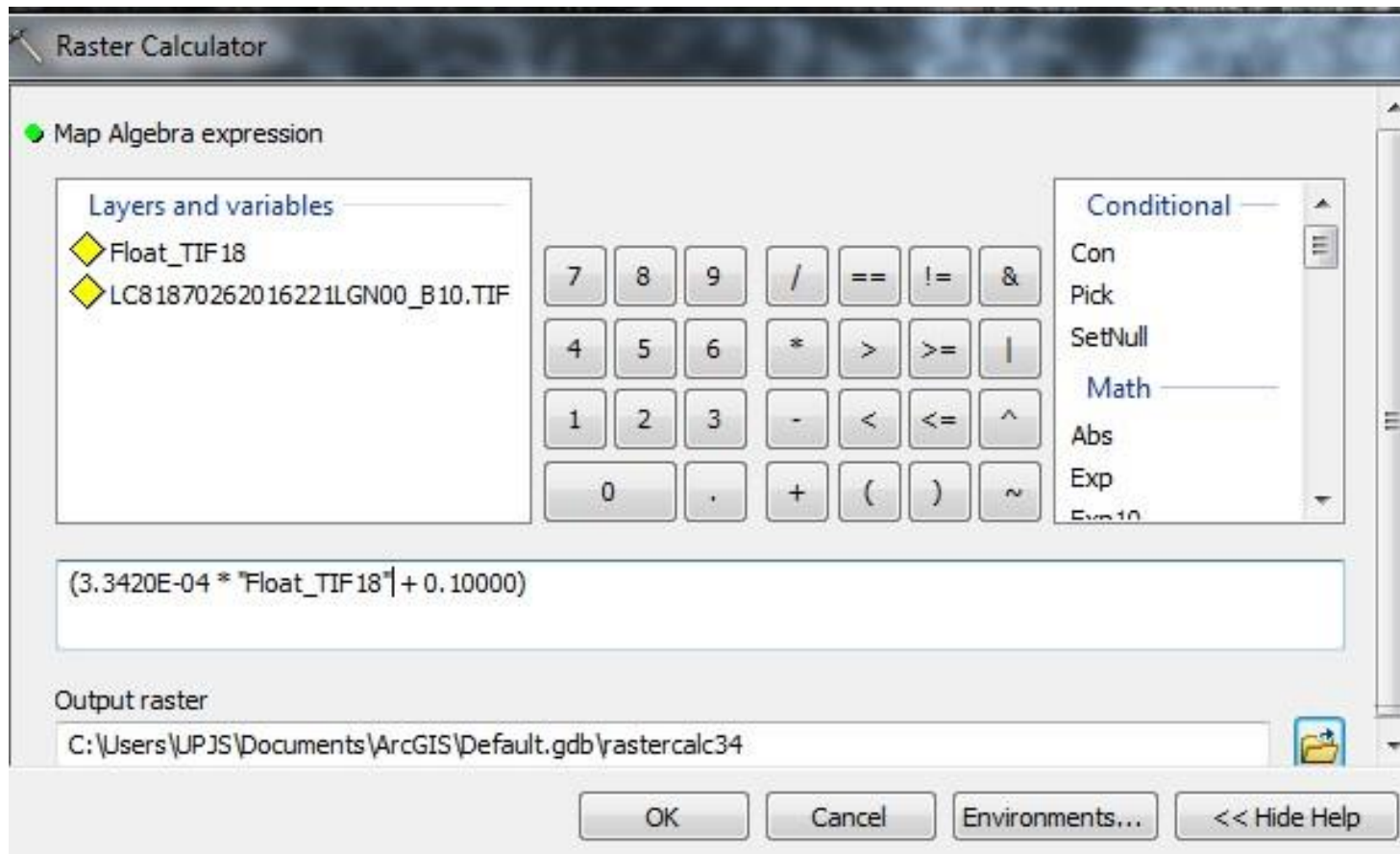
$$L_{TOA} = M_L Q_{cal} + A_L$$

L_{TOA} - spektrálne žiarenie (vyžarovanie) pri hornej hranici atmosféry (Watt/(m² * srad * μ m)),

M_L - pre pásmo špecif. multiplikačný preškálovací faktor z metadát (tzv. RADIANCE_MULT_BAND_x, kde x je číslo pásma),

A_L - prídavný preškálovací faktor z metadát (tzv. RADIANCE_ADD_BAND_x, kde x je číslo pásma),

Q_{cal} - kvantované a kalibrované hodnoty pixelov (DN)



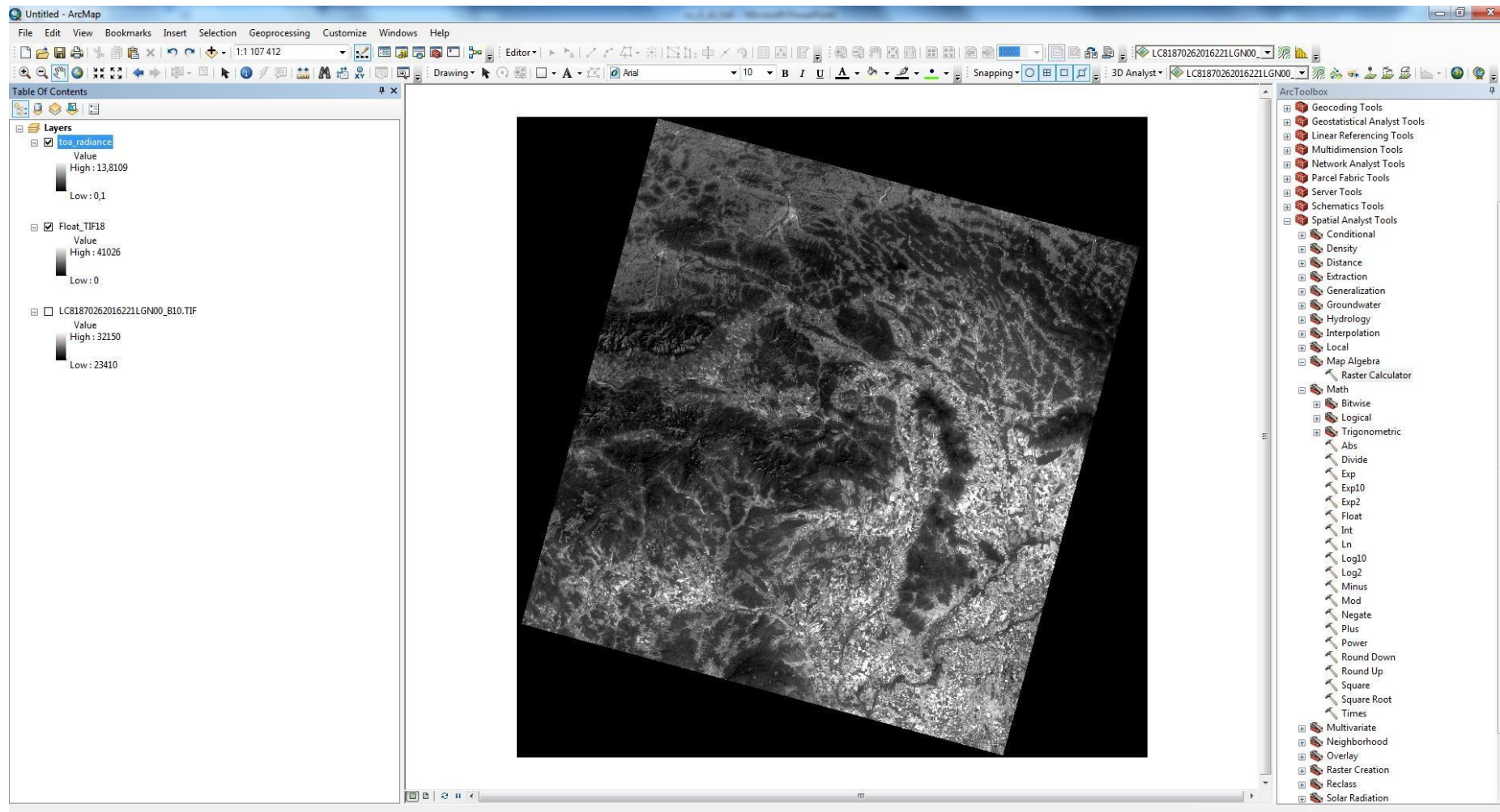
4. Konverzia na TOA spektrálne žiarenie/TOA RADIANCE pre B10 (Lλ): $L_{TOA} = 3.3420E-04 * "b10_float" + 0.10000$

L_{TOA} - spektrálne žiarenie pri hornej hranici atmosféry (Watt/(m²*srad*μm)),

M_L - pre pásmo špecif. multiplikačný preškálovací faktor z metadát (tzv. RADIANCE_MULT_BAND_x, kde x je číslo pásma),

A_L - prídavný preškálovací faktor z metadát (tzv. RADIANCE_ADD_BAND_x, kde x je číslo pásma),

Q_{cal} - kvantované a kalibrované hodnoty pixelov (DN)



5. Konverzia TOA spektrálneho žiarenia/ TOA RADIANCE na TOA teplotu jasu prepočítanú k hornej hranici atmosféry / At-Satellite Brightness Temperature [K]:

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda} + 1\right)} = \begin{array}{l} \text{L7: } 1282.71 / \ln(666.09 / \text{„b6_toaradiance"} + 1) \\ \text{L8: } 1321.08 / \ln(774.89 / \text{„b10_toaradiance"} + 1) \end{array}$$

*T - teplota jasu prepočítaná k hornej hranici atmosféry (Watt/(m²*srad*μm)) na základe EMŽ (nie dotykového merania teploty, i keď vypočítané hodnoty sú veľmi blízke skutočnej teplote ako stavu hmoty)*

*L_{TOA} - spektrálne žiarenie pri hornej hranici atmosféry (Watt/(m² * srad * μm)),*

K₁, K₂ - pre termálne pásmo špecifikované kalibračné konštanty z metadát

Konverzia záznamu TM a ETM+ v termálnom pásme na TOA teplotu jasu (nie teplotu povrchu)

$$T = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L_\lambda} + 1\right)}$$

where:

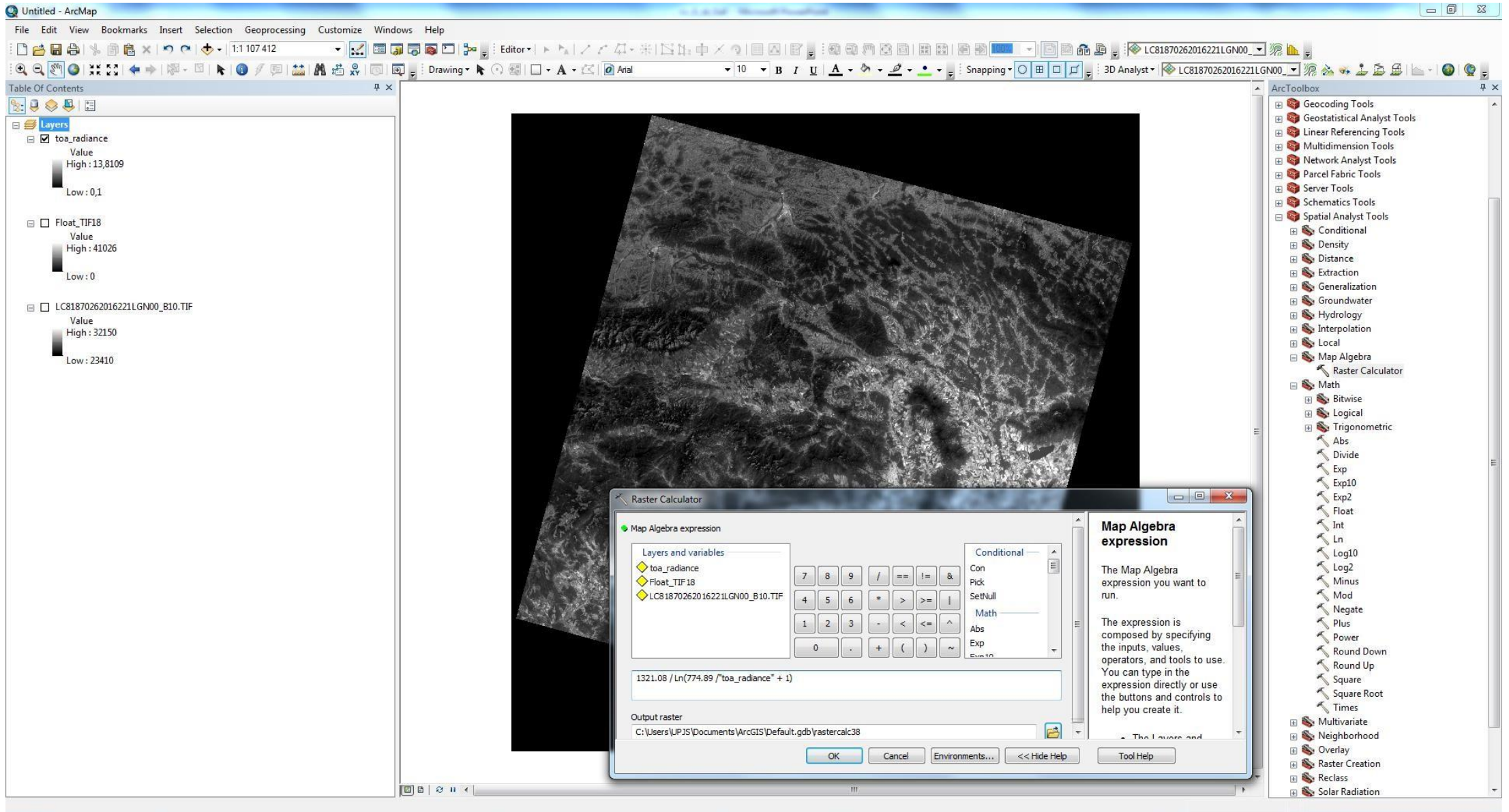
$T =$ Effective at-sensor brightness temperature [K]

$K2 =$ Calibration constant 2 [K]

L_λ – vyžarovanie (radiance), prepočítané z hodnôt DN

TM and ETM+ thermal band calibration constants.

Constant	K1	K2
Units	W/(m ² sr μm)	Kelvin
L4 TM	671.62	1284.30
L5 TM	607.76	1260.56
L7 ETM+	666.09	1282.71
L8 Band 10	774.89	1321.08
L8 Band 11	480.89	1201.14



5. + zmena farebnej škály (Symbology)

The screenshot displays the ArcMap interface with a map showing a terrain or elevation data. The map is tilted and uses a color scale from blue (low) to red (high). The interface includes a menu bar, a toolbar, and several panels:

- Table Of Contents:** Lists the layers in the map:
 - t_at_satellite
Value
High: 326,601
Low: 147,517
 - toa_radiance
Value
High: 13,8109
Low: 0,1
 - Float_TIF18
Value
High: 41026
Low: 0
 - LC81870262016221LGN00_B10.TIF
Value
High: 32150
Low: 23410
- ArcToolbox:** Contains various toolsets, including:
 - Geocoding Tools
 - Geostatistical Analyst Tools
 - Linear Referencing Tools
 - Multidimension Tools
 - Network Analyst Tools
 - Parcel Fabric Tools
 - Server Tools
 - Schematics Tools
 - Spatial Analyst Tools
 - Conditional
 - Density
 - Distance
 - Extraction
 - Generalization
 - Groundwater
 - Hydrology
 - Interpolation
 - Local
 - Map Algebra
 - Raster Calculator
 - Math
 - Bitwise
 - Logical
 - Trigonometric
 - Abs
 - Divide
 - Exp
 - Exp10
 - Exp2
 - Float
 - Int
 - Ln
 - Log10
 - Log2
 - Minus
 - Mod
 - Negate
 - Plus
 - Power
 - Round Down
 - Round Up
 - Square
 - Square Root
 - Times
 - Multivariate
 - Neighborhood
 - Overlay
 - Raster Creation
 - Reclass
 - Solar Radiation

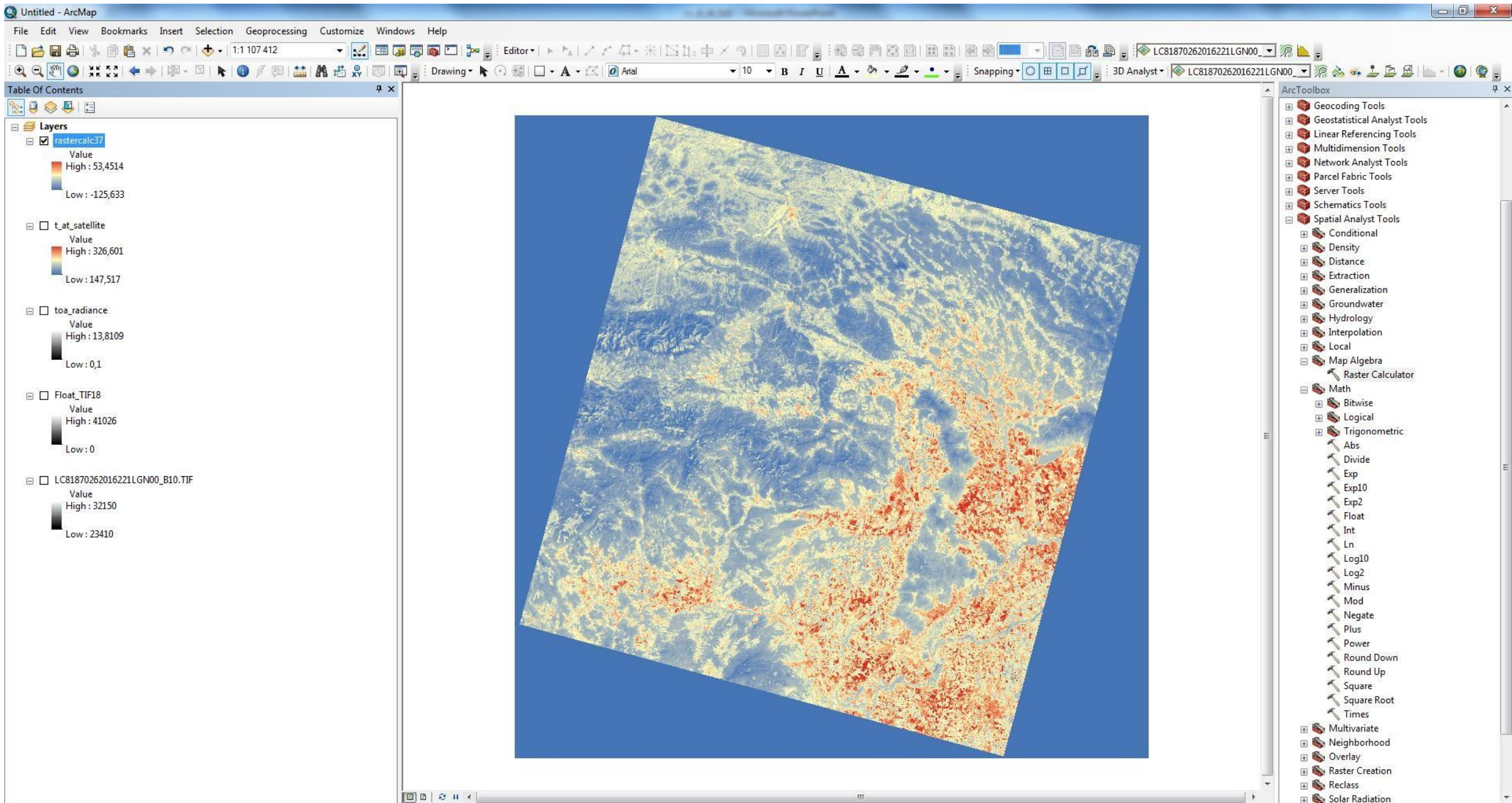
At the bottom right, the status bar shows the coordinates: 652014.803 5323076.987 Meters.

5. Prevod TOA teploty jasu prepočítanej k hornej hranici atmosféry z K na °C: „t_at_satellite(K)” - 273.15

The screenshot displays the ArcMap interface with the Raster Calculator dialog box open. The dialog box is titled "Raster Calculator" and contains the following elements:

- Map Algebra expression:** A text field containing the expression $t_at_satellite - 273.15$.
- Layers and variables:** A list of available layers and variables, including $t_at_satellite$, $toa_radiance$, $Float_TIF18$, and $LC81870262016221LGN00_B10.TIF$.
- Output raster:** A text field containing the path $C:\Users\JPJ35\Documents\ArcGIS\Default.gdb\rastercalc37$.
- Map Algebra expression help:** A text area explaining that the expression is composed by specifying inputs, values, operators, and tools to use.

The background map shows a color-coded temperature distribution, with a color scale ranging from blue (low) to red (high). The color scale is visible in the Layers panel on the left, showing a range from 147,517 (Low) to 326,601 (High).



2

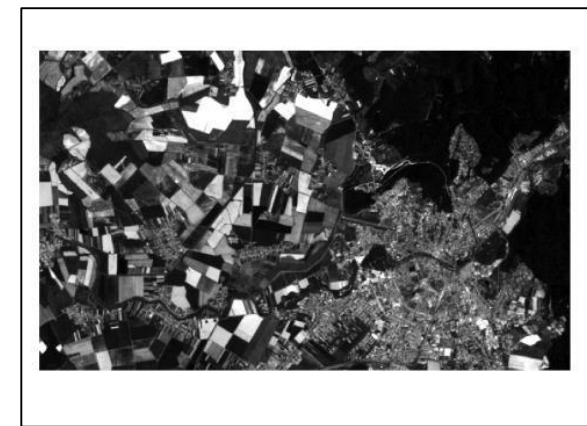
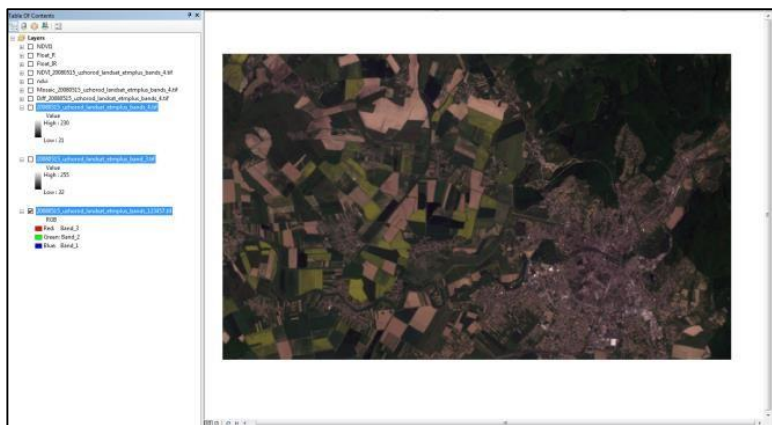
Spektrálne indexy

Indexy

- Pomer medzi DN dvoch alebo viacerých spektrálnych pásiem
- Pre viaceré typy analýzy krajiny umožňuje vyhnúť sa prepočtu DN na hodnoty odrazivosti
- Pomer totiž ostáva rovnaký na plochách privrátených a odvrátených ku Slnku v rámci danej scény pre určitý časový okamih
- Bežne sa používajú vegetačné indexy (VI, NDVI)
- V geológii rôzne pásma

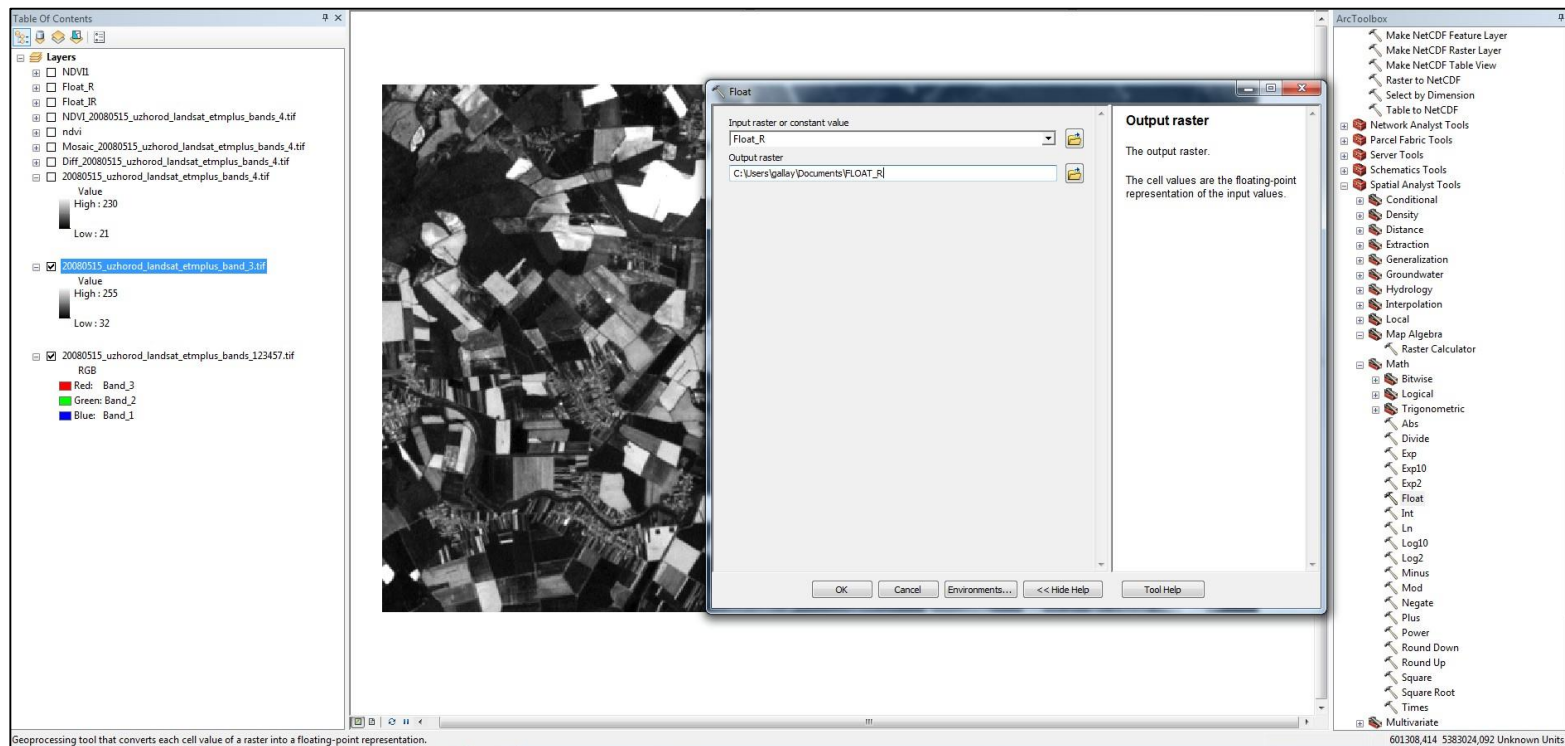
Vstupné dáta

- Landsat 8 OLI z 8. augusta 2016 pre oblasť Košíc
- Pásmo 4 - R - Red - LC81870262016221LGN00_B4.tif
- Pásmo 5 - IR – Infrared - LC81870262016221LGN00_B5.tif
- Pásmo 123457/432 spolu



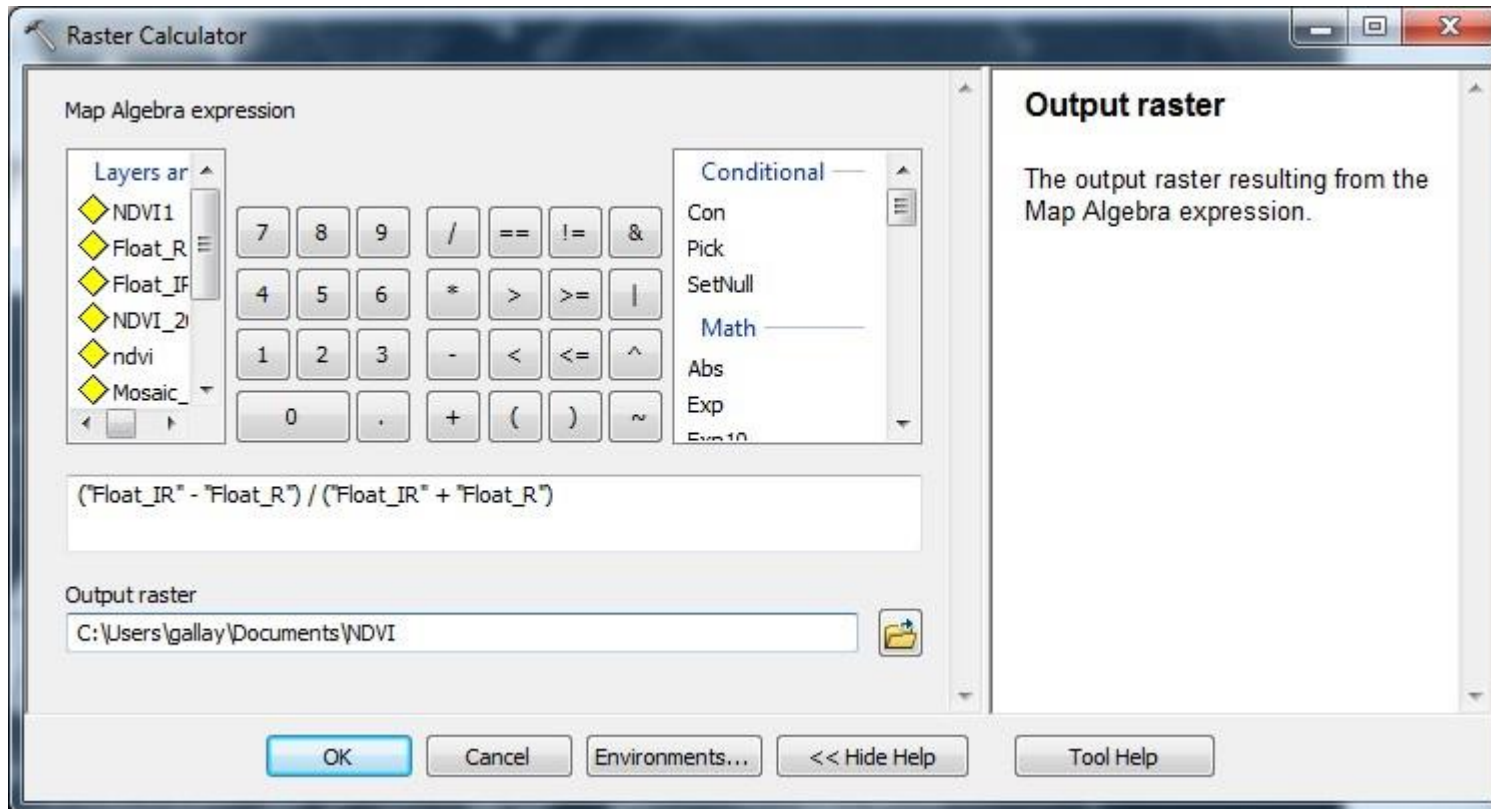
Vstupné dáta: spracovanie

- 1) Škály snímok pre jednotlivé pásma sú v rozsahu celých čísel (DN – digital number)
- v prvom kroku je preto potrebné konvertovať ich na desatinné hodnoty - FLOAT



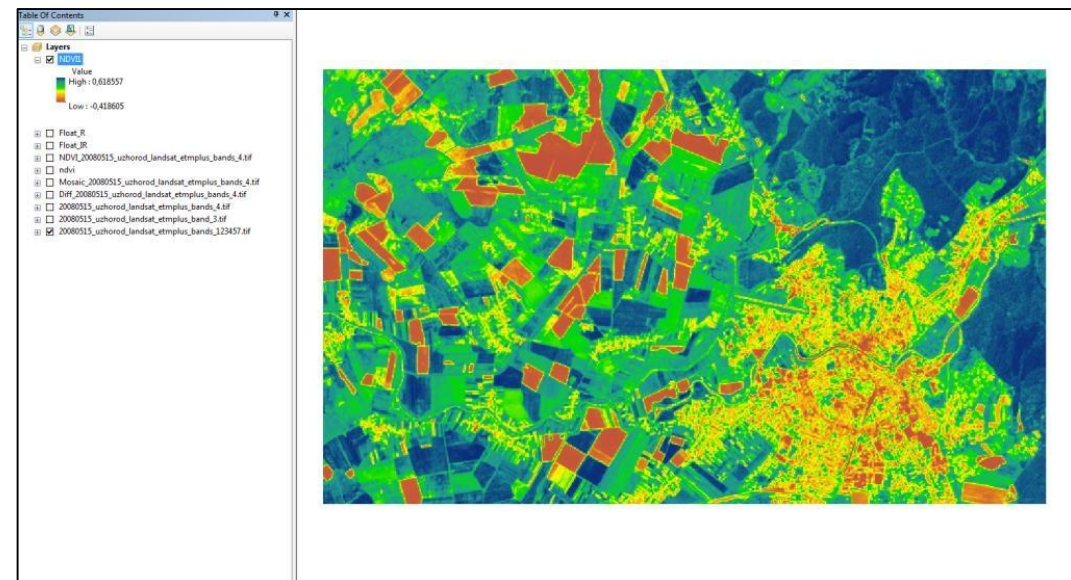
Vstupné dáta: výpočet NDVI

2) Vzorec pre výpočet NDVI = $(IR - R)/(IR+R)$; <-1;1>

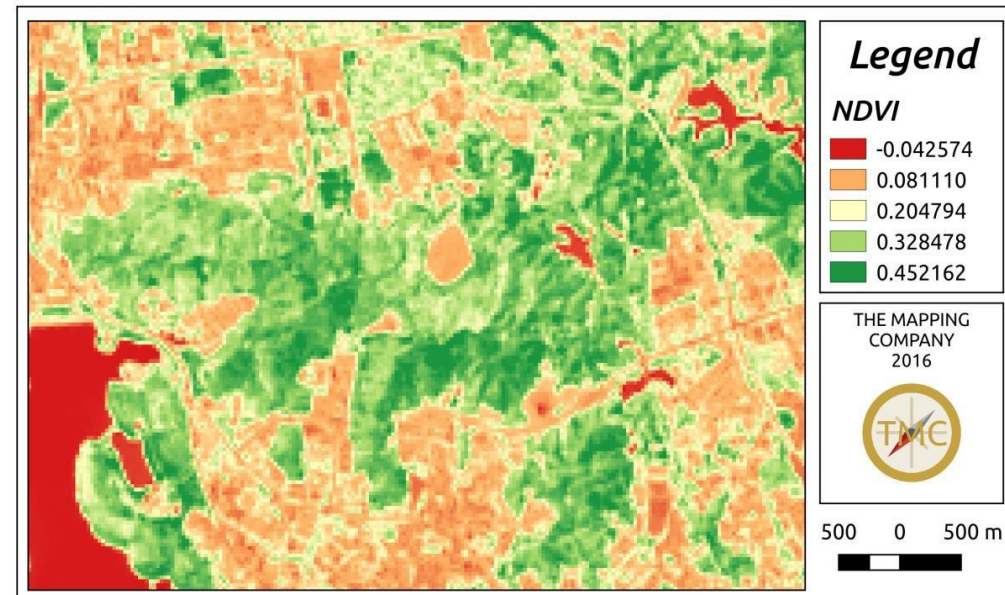
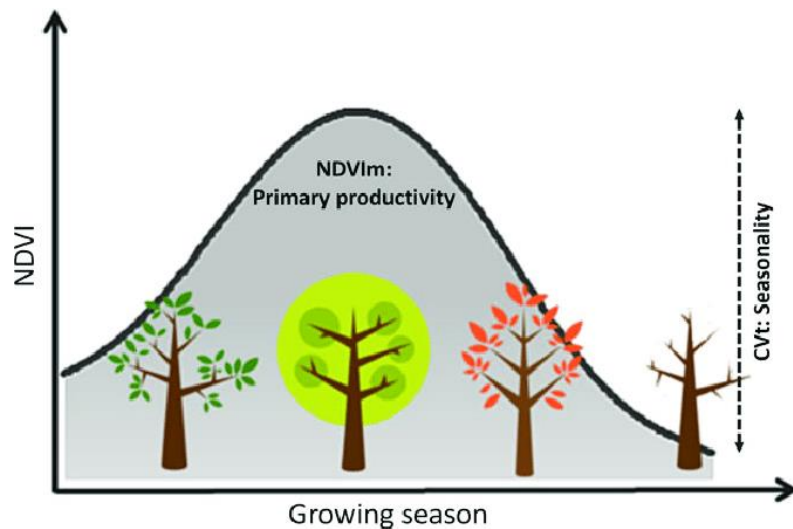
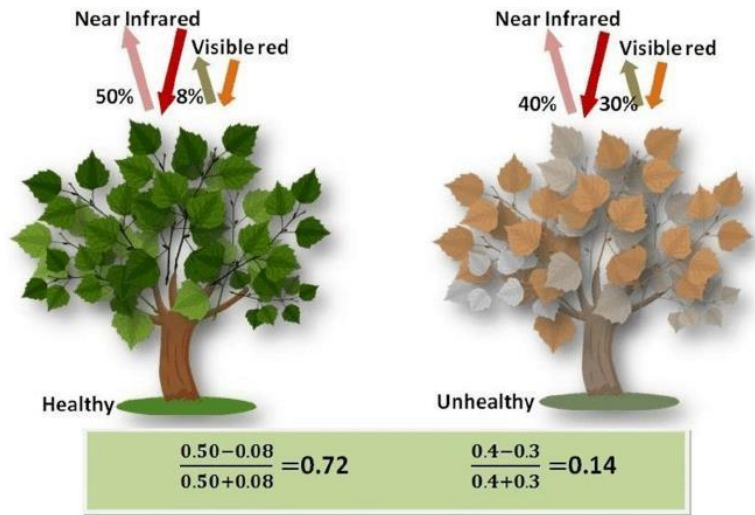


Vstupné dáta: výpočet NDVI

- Vzorec pre výpočet :
$$\text{NDVI} = \frac{(\text{IR} - \text{R})}{(\text{IR} + \text{R})}$$
 - IR = hodnoty pixla z infračerveného pásma
 - R = hodnoty pixla z červeného pásma
- Výstupný rozsah indexu sa pohybuje v rozmedzí hodnôt -1 až 1:
 - **veľmi nízke hodnoty (0.1 a nižšie, resp. blízke -1)** zodpovedajú neúrodným oblastiam odkrytej/holej pôdy, skál, piesku a snehu
 - **stredné hodnoty (0.2 – 0.3)** reprezentujú kríky a trávnaté plochy
 - **vysoké hodnoty (0.6 – 0.8, resp. blízke 1)** reprezentujú zeleň (kvalitnú, hustú vegetáciu, resp. lesy mierneho pásma, pralesy)



Výstupné dáta: ďalšie interpretácie indexu



- Ďalšie zdroje:
- http://ibis.colostate.edu/WebContent/WS/ColoradoView/TutorialsDownloads/CORS_Tutorial10.pdf
- <http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html#//009t0000000520000000>

Ďakujem za pozornosť

Mgr. Katarína Onačillová

