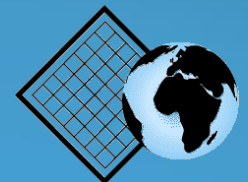


Předzpracování obrazových záznamů



Zdroje nepřesností a „chyb“ v obrazových záznamech

- **Technické problémy (nedokonalost snímačů, rozlišení)**
- **Samotná podstata snímání (p x p? or axa (en))**
- **Atmosférické vlivy**
- **Chyby systematické**
 - opakovatelné
 - chyby v poloze – zakřivení Země, rotace
 - možné modelování – korekce
- **Chyby náhodné**
 - šum – noise
 - kolísání dráhy, výpadky v činnosti detektorů
 - vliv atmosféry
- **Chyby vnitřní a vnější (výše uvedené dle prostředí)**

Základní metody předzpracování obrazu

- 1. Radiometrické korekce**
- 2. Atmosférické korekce**
- 3. Geometrické korekce**

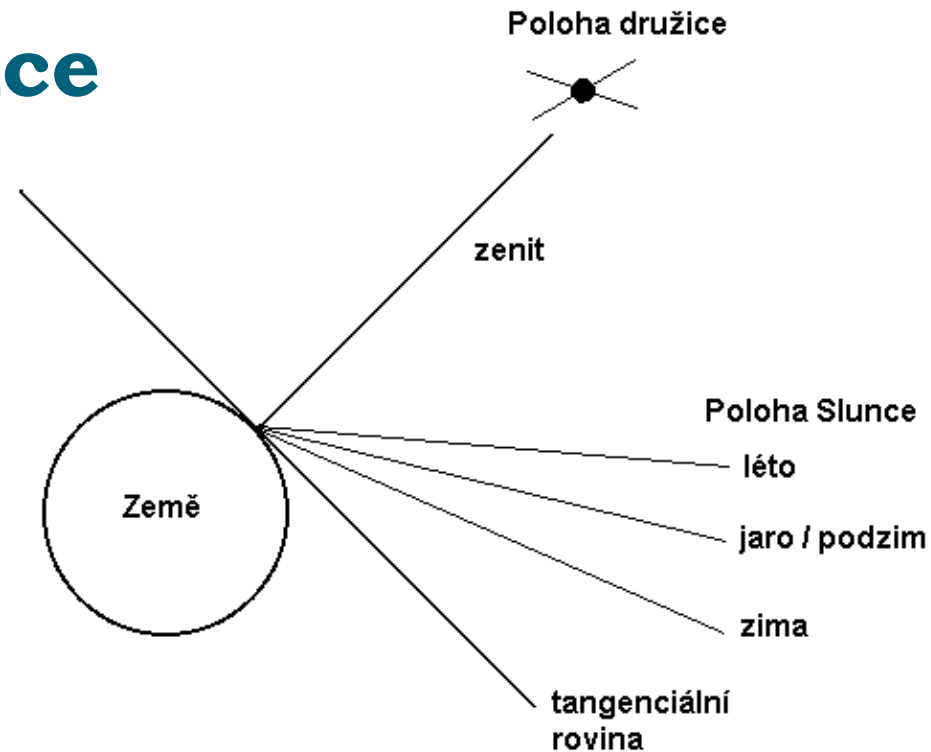
Radiometrické korekce obrazu

- **Cíl - úprava DN hodnot v obrazovém záznamu tak, aby co nejvíce odpovídaly skutečným odrazovým či zářivým vlastnostem objektů.**
- **Naměřené hodnoty odrazivosti objektů závisí na přesné kalibraci měřícího zařízení.**
- **Kalibraci provádí většina systémů automaticky, například periodickým snímáním určitých referenčních ploch o známých radiačních vlastnostech.**
 - 1. Kompenzace sezónních rozdílů**
 - 2. Odstranění náhodných chyb**

Kompenzace sezónních rozdílů

- Jsou důležité pro studium časových změn, při zpracování více obrazových záznamů z různé části roku.
- Zpracovávané obrazové záznamy mají velmi rozdílné DN hodnoty pro stejné povrchy.
- Změna výšky Slunce během dne – heliosynchronní dráha družic na subpolární orbitě
- Tyto rozdíly jsou dány mimo jiné rozdílnou výškou Slunce v závislosti na roční době.
- Efekt měnící se vzdálenosti Země – Slunce lze ve většině běžných úloh zanedbat.

Algoritmy kompenzace sezónních rozdílů



1. Výška Slunce je normalizována na pozici družice v zenitu například dělením každého záznamu sinem výšky Slunce. Informace o výšce Slunce je pro každou scénu zapsána v hlavičce souboru. ([Landsat * MTL.txt](#))
2. Jiným způsobem, jak eliminovat efekt výšky Slunce, je použití podílů původních pásem multispektrálního obrazu.

Odstranění náhodných radiometrických chyb

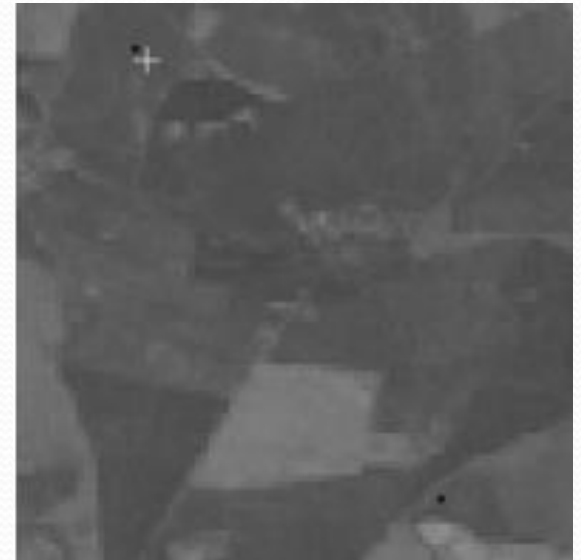
- **Obrazové záznamy mohou obsahovat nepřesnosti víceméně náhodné povahy.**
- **Jejich projevem mohou být „radiometricky“ nepřesné či chybějící DN hodnoty jednotlivých obrazových prvků či celého řádku záznamu.**

Hlavní typy radiometrických chyb v obraze:

- 1. Bitové chyby**
- 2. Chybějící řádek**
- 3. „Páskování obrazu“ - stripping**

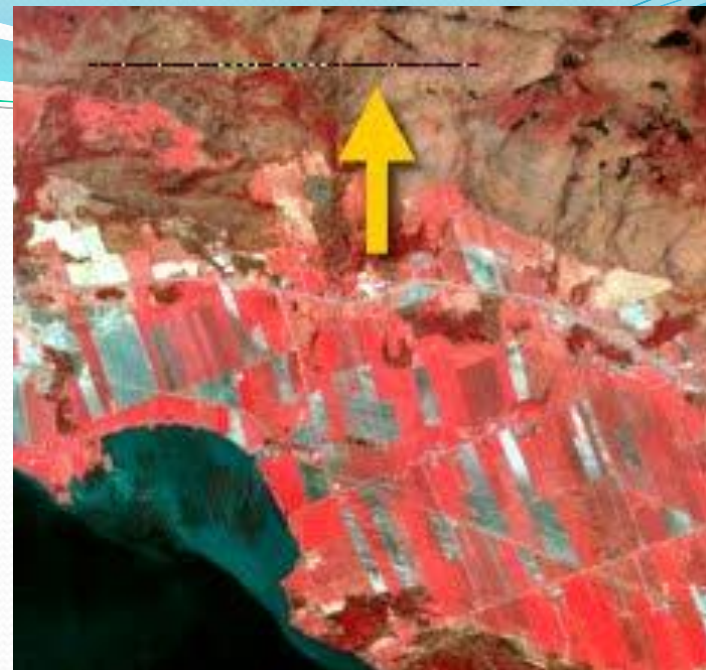
Kompenzace bitových chyb

- Projevují se výrazně odlišnými DN hodnotami jednotlivých obrazových prvků
- Často jsou nepravidelně rozmístěny v obraze
- K identifikaci slouží analýza histogramu (obr.)
- K odstranění se používá speciálních druhů filtrace (viz cvičení)



Nahrazení chybějícího řádku

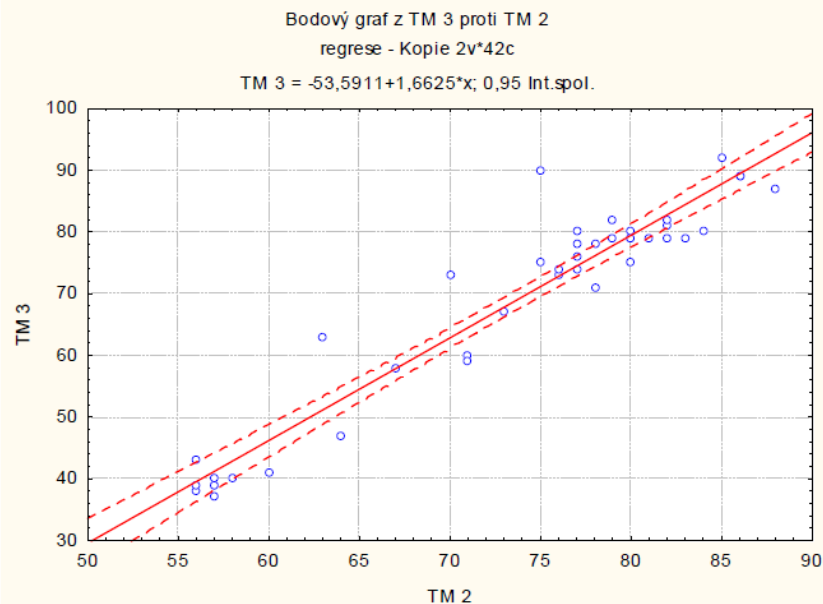
1. Průměrování DN hodnot odpovídajících si pixelů nad a pod chybějícím řádkem
2. Sestavení regresní závislosti mezi dvěma pásmy obrazu



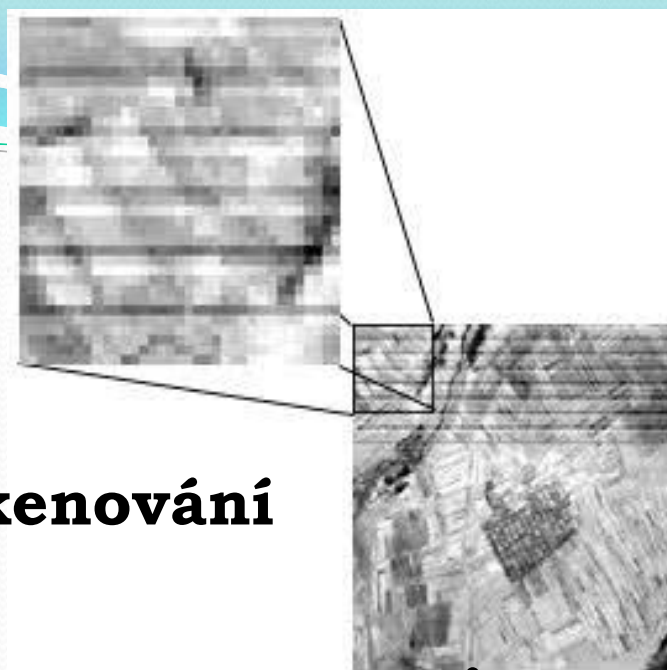
Lin. regrese pásem s vysokou korelací
(zde TM2 a TM3)
Šedé buňky jsou vypočtené hodnoty

76	77	80	80	84	83	78
77	77	79	76	77	75	73
82	80	82	80	78	71	64
86	82	86	79	71	58	57
88	85	81	67	60	57	57
75	70	63	56	57	56	56
75	70	63	56	57	56	56

73	80	75	79	80	79	78
78	76	79	74	74	75	67
81	79	79	80	71	59	47
89	82	89	82	60	40	39
87	92	79	58	41	39	37
90	73	63	43	40	38	39
71	63	51	40	41	40	40

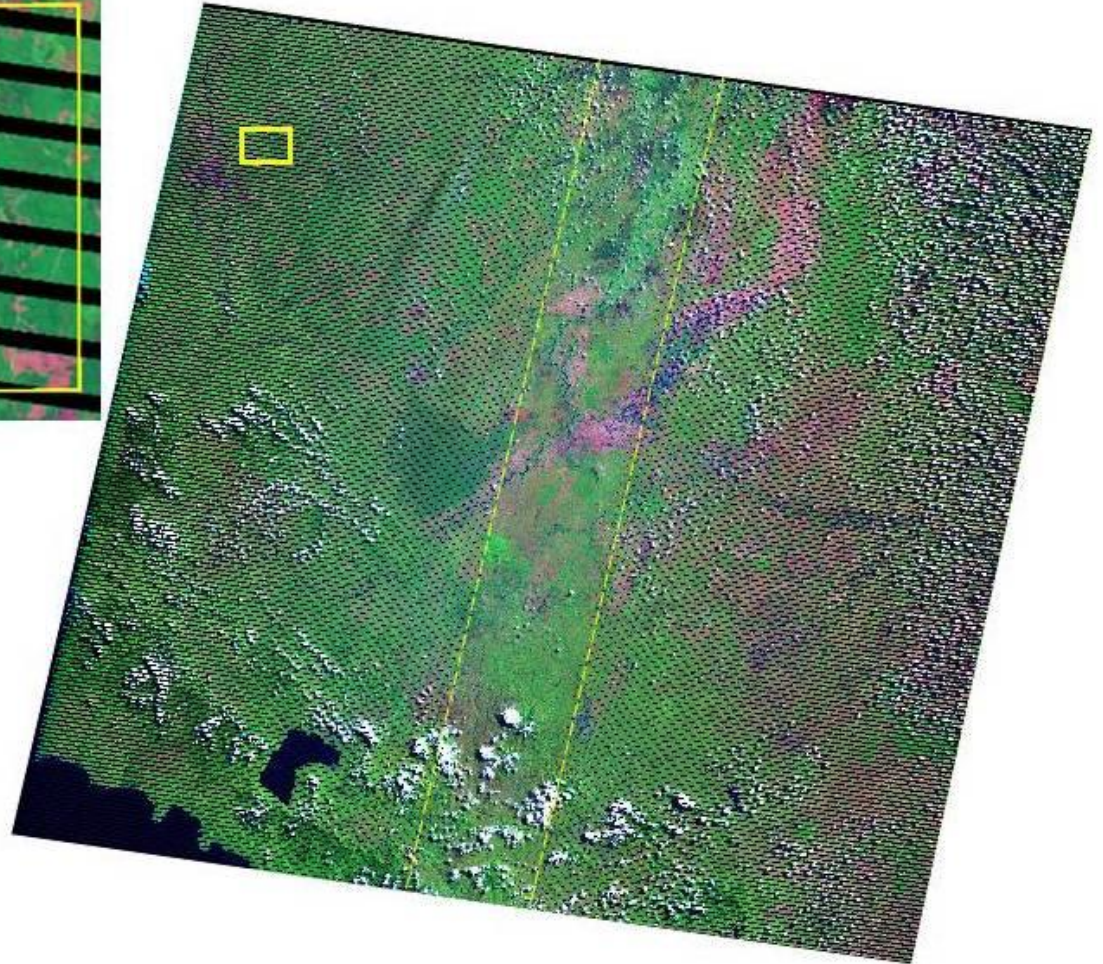
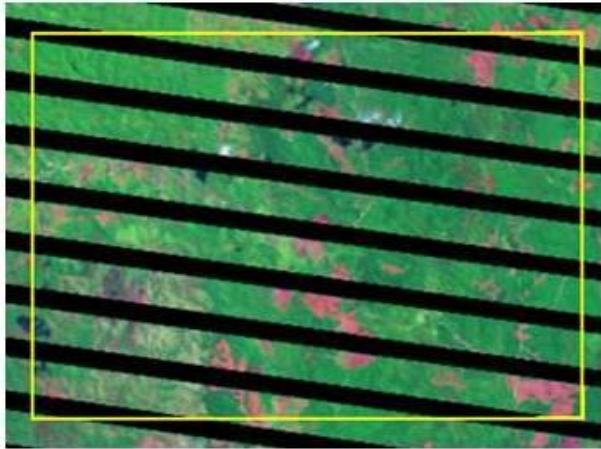


Efekt páskování

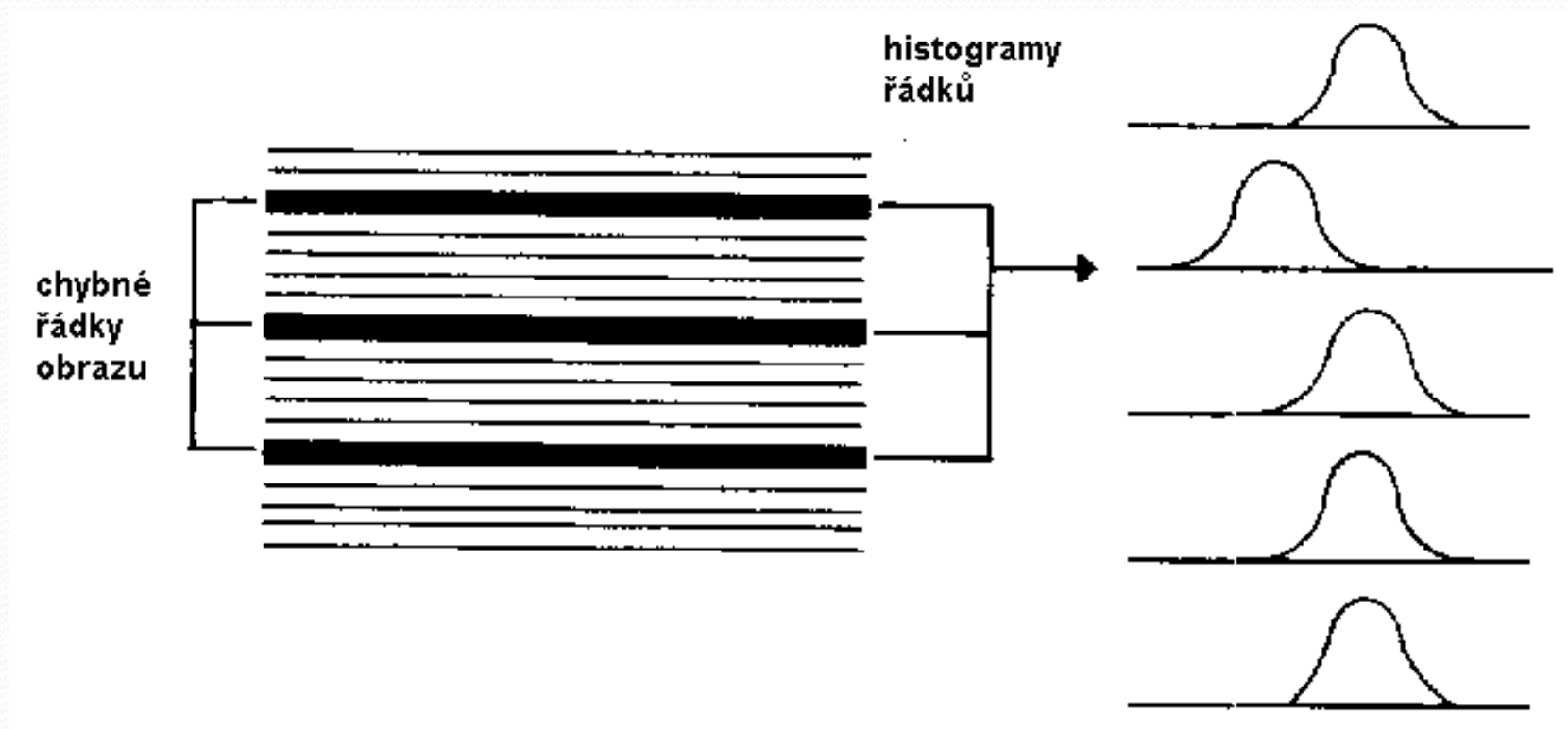


- **Chyba typická pro tzv. příčné skenování mechanooptickými skenery.**
- **V případě chybné kalibrace jednoho ze sensorů se ve výsledném obraze objeví opakující se řádek s vyššími (světlejší) či nižšími (tmavší) DN hodnotami.**
- **Chyba může být typická pro určitý typ senzoru. V případě obrazových záznamů z LANDSAT TM, má periodu osmi řádků.**
- **Páskování je patrné především v částech obrazu snímajících rozsáhlé homogenní plochy s nízkou odrazivostí (voda).**

Landsat 7 Scl – off (2003+)



Kompenzace efektu páskování (úprava histogramu)

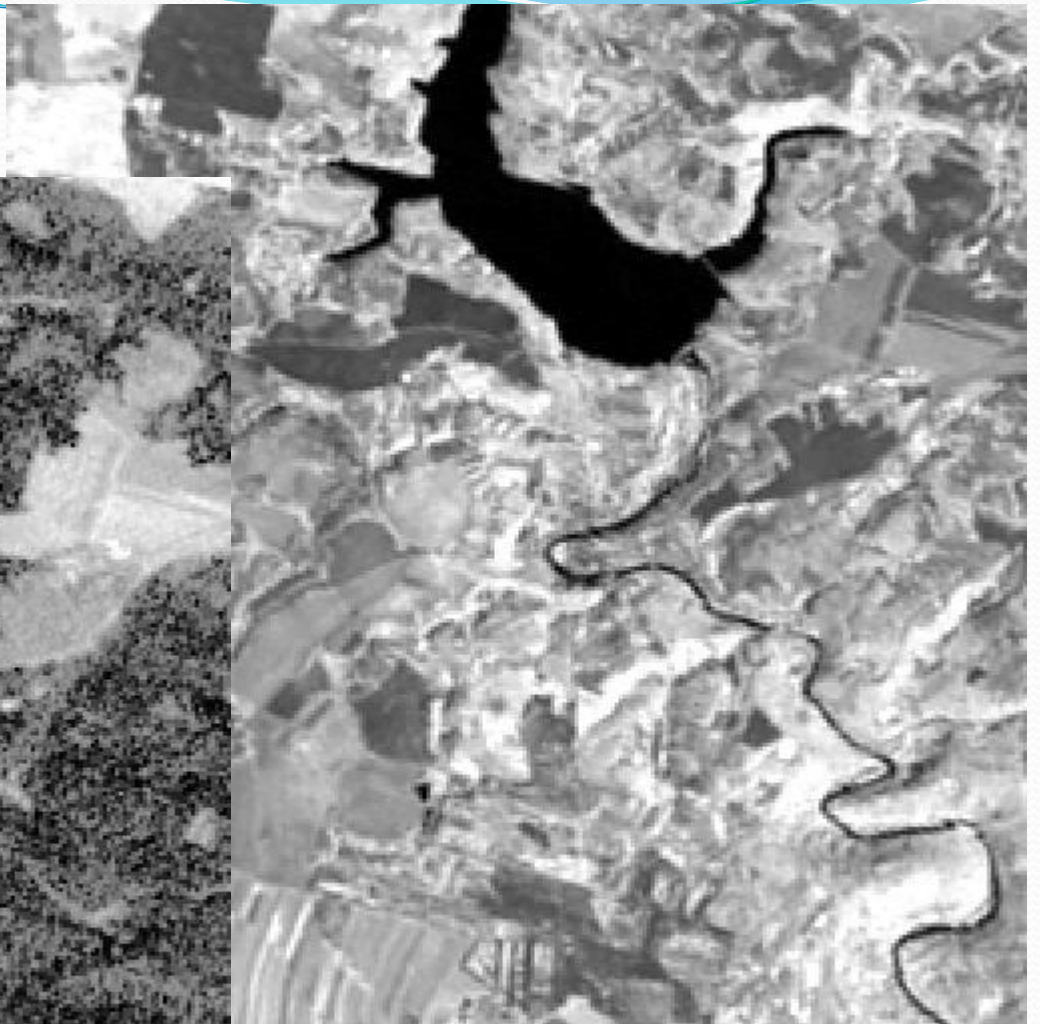


- Použití algoritmů – destripe, fill gap (grafické programy, DPZ softwary)

Páskování obrazu



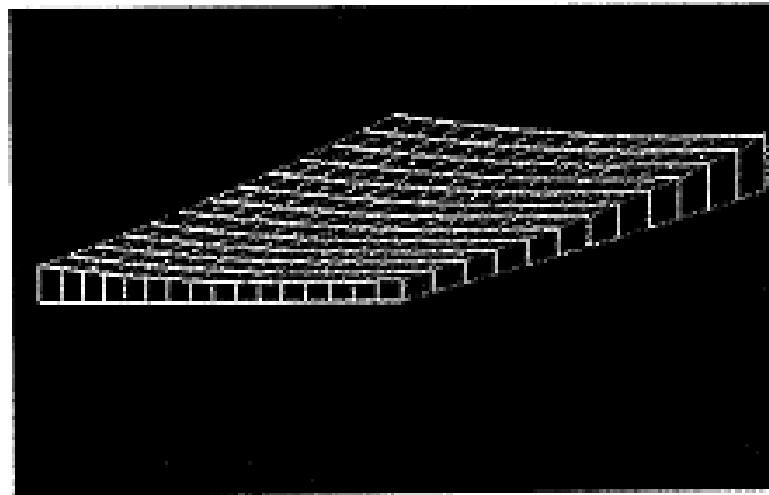
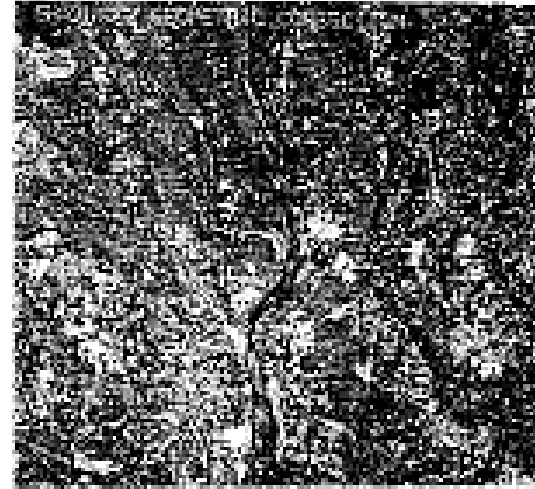
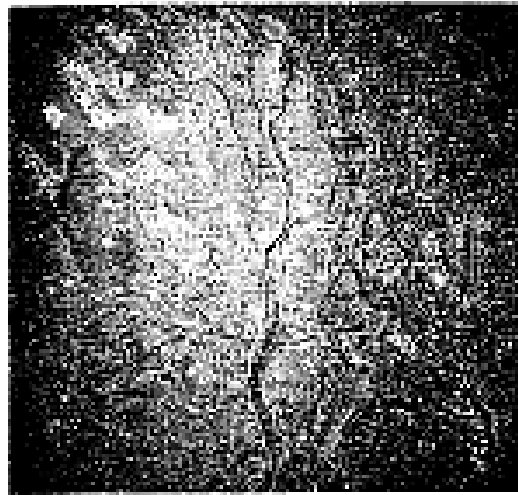
LANDSAT TM1



LANDSAT TM4

Kompenzace dalších vlivů na radiometrii obrazu

vignetace, sluneční skvrna, ...



Obečné poznámky ke kompenzaci radiometrických chyb

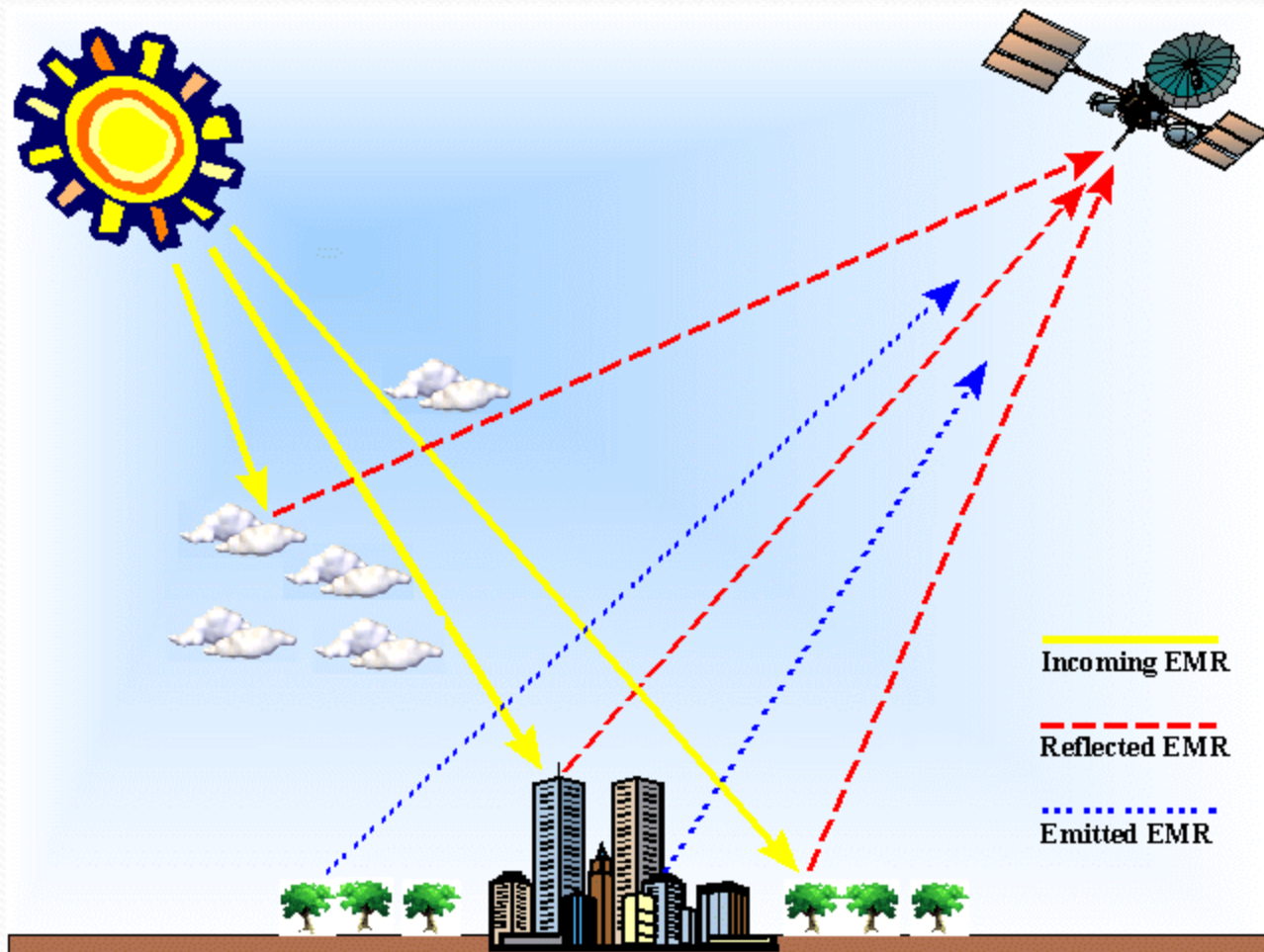
- Opravy radiometrických nepřesností je nutné provádět ještě před geometrickou korekcí
- V průběhu geometrické transformace dochází většinou k rotaci obrazu, při níž by chyby z jednoho řádku byly zaneseny do částí více řádků.
- V případě elektrooptických skenerů (podélného skenování) je odstranění těchto nepřesností náročnější protože nemá pravidelný charakter.
- Mocným nástrojem k potlačení radiometrických chyb jsou Fourierovy filtrace (viz. dále)



Vliv geometrické korekce na chybějící řádek v obraze

Atmosférické korekce

Efekty atmosféry způsobují, že naměřené hodnoty radiálních či zářivých vlastností objektů neodpovídají vlastnostem skutečným.



Atmosférické korekce

- **Atmosféra modifikuje naměřené DN hodnoty procesy pohlcování a rozptylu.**
- **Intenzita vlivů pohlcování a rozptylu závisí především na vlnové délce a rozměru rozptylujících částic.**
- **Kompenzace atmosférických vlivů je nutná v případě „kvantitativního dálkového průzkumu Země“ – například při měření radiální teploty**
- **V případě tématického mapování zemského povrchu je důležitá pro snímky z optické části spektra (krátké vlnové délky).**

Liší se pro typy dat a pásma – odlišné pro data typu:

- *malé měřítko a široká pásma* MERIS, VÉGÉTATION, AVHRR
- *velké měřítko* (IKONOS, Landsat) a *relativně úzká pásma*
- *úzká pásma* – hyperspektrální data *velmi úzká pásma*

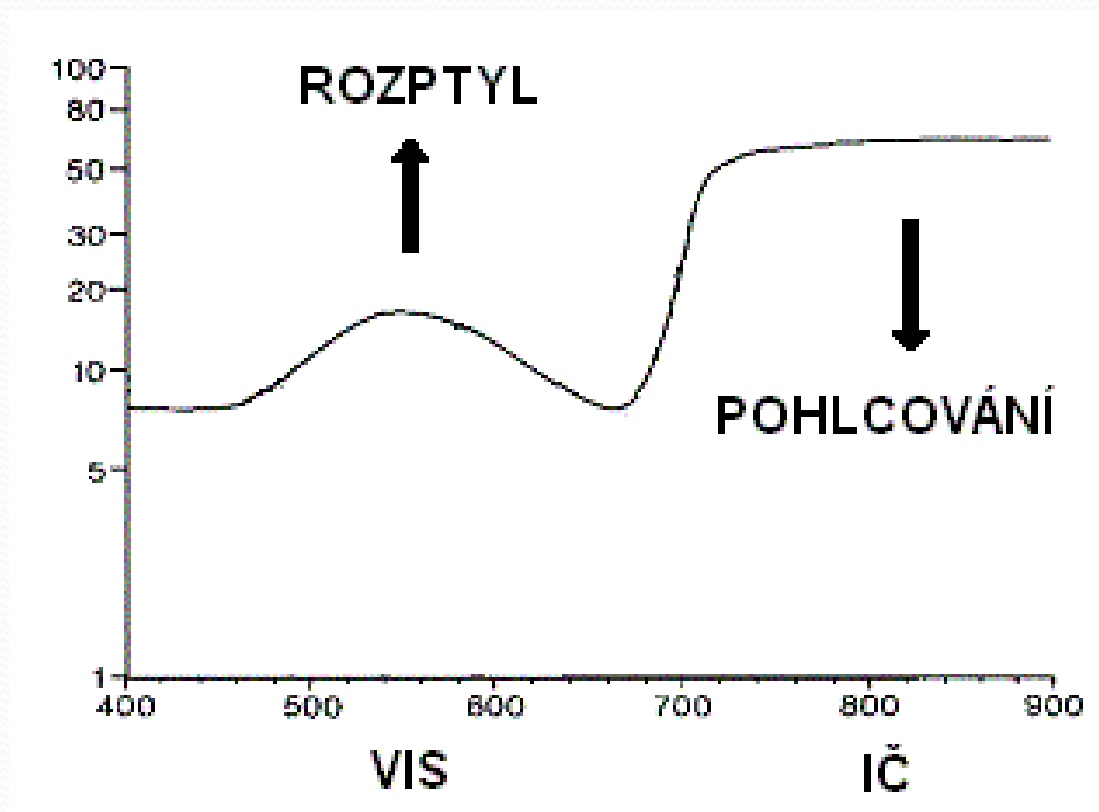
Ovlivnění elektromagnetického záření atmosférou

Vlivy atmosféry na charakteristiky záření závisí na těchto faktorech:

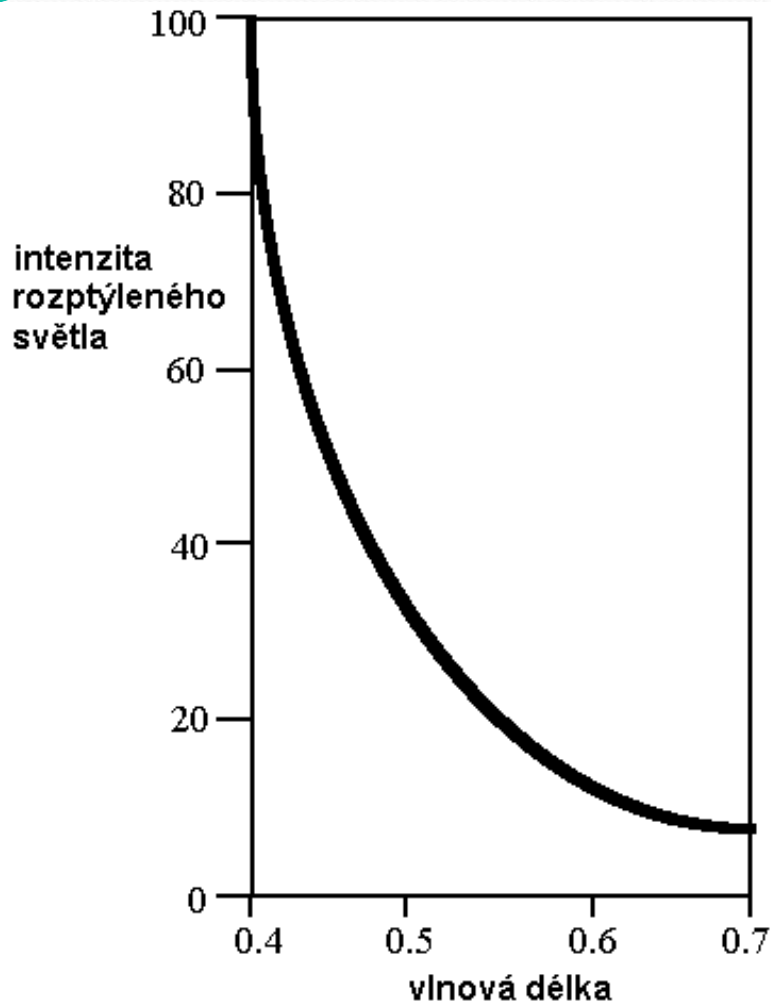
- **délce dráhy, kterou toto záření prochází atmosférou**
- **velikosti emitovaného signálu**
- **atmosférických podmínkách**
- **vlnové délce**

Záření je ovlivňováno především procesy pohlcování a rozptylu:

- Rozptyl způsobuje vyšší hodnoty naměřeného záření především v kratších vlnových délkách.
- Pohlcováním jsou pak snižovány naměřené hodnoty elektromagnetického záření v delších vlnových délkách.



Rozptyl záření v atmosféře



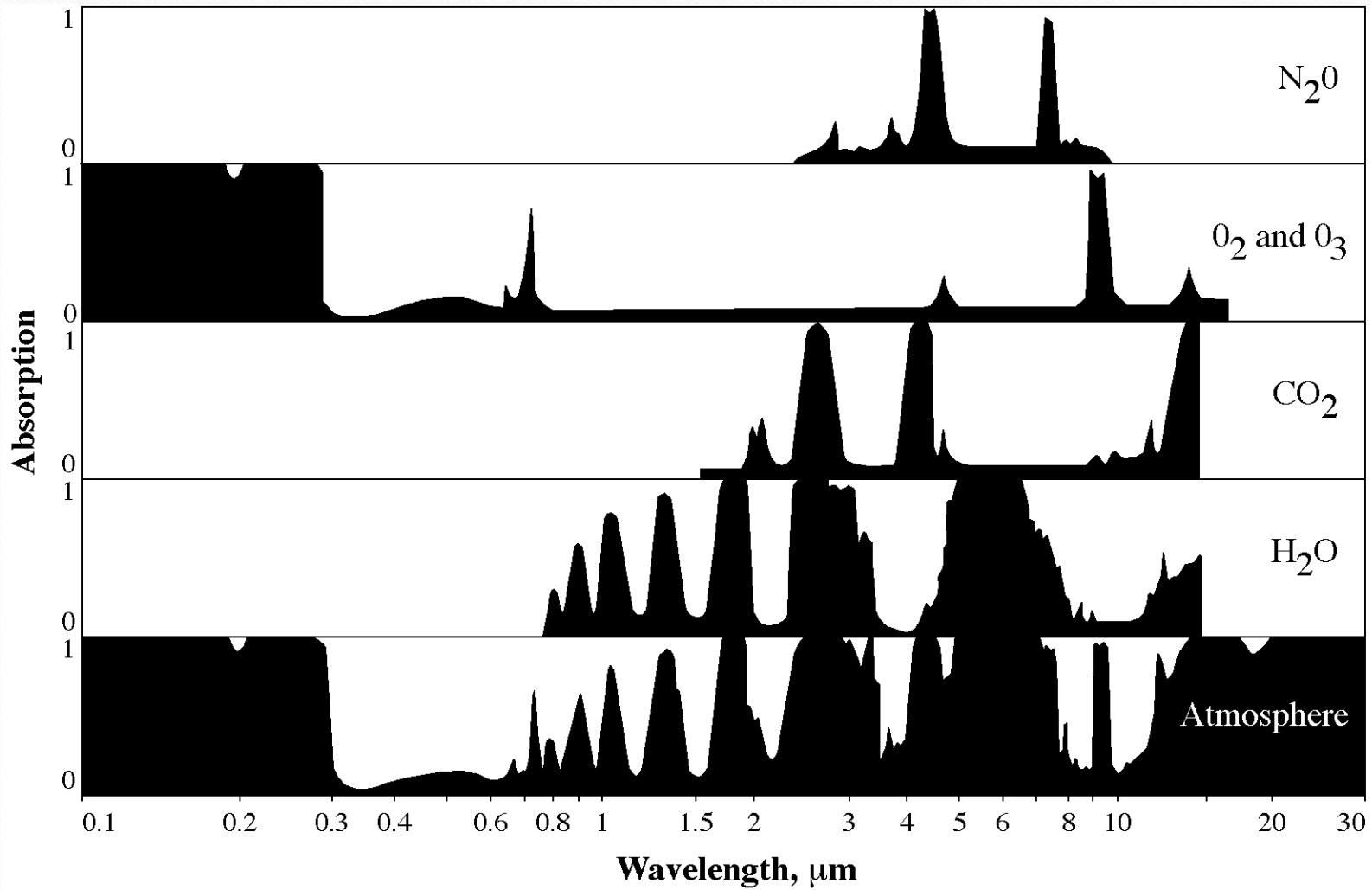
Rozptyl záření v atmosféře je funkcí především vlnové délky

Intenzita molekulárního rozptylu je nepřímo úměrná čtvrté mocnině vlnové délky

Modré světlo ($0,4 \mu\text{m}$) je rozptylováno 16 krát více než infračervené záření o vlnové délce $0,8 \mu\text{m}$

Rozptyl může značně redukovat množství informace, snímky ztrácí kontrast a je ztíženo odlišení jednotlivých druhů povrchů.

Pohlcování elektromagnetického záření atmosférou



Výhody eliminace atmosférických vlivů

- porovnatelnost více snímků z různých časových horizontů
- porovnatelnost více snímků z různých senzorů
- zvýšení přesnosti klasifikace základních druhů povrchů
- výpočet absolutních hodnot odrazivosti

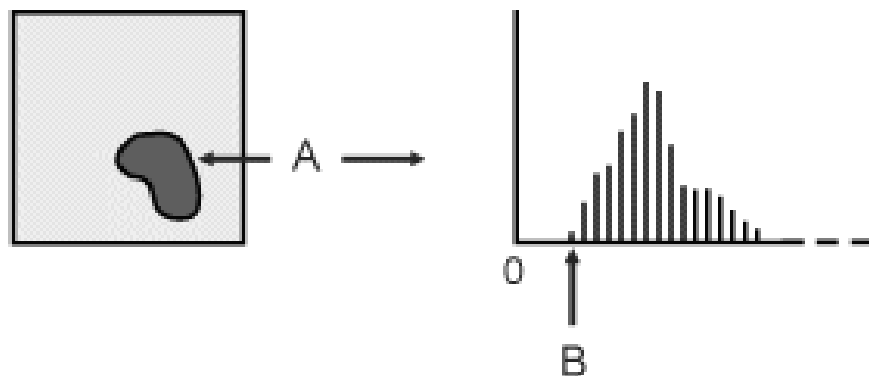
Aplikace:

- monitorování životního prostředí
- odhady úrody a růstové modely
- monitorování škod v lesnictví
- monitorování erozí ohrožených ploch
- modelování klimatu

Možnosti eliminace atmosférických vlivů

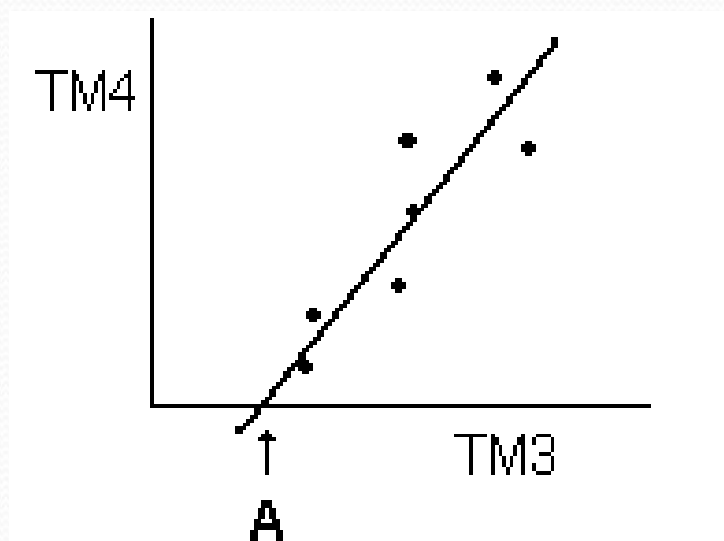
- 1. Metoda nejtmavšího pixelu**
- 2. Regresní analýza**
- 3. Modelování atmosférických podmínek**

Metoda nejtmaivšího pixelu



- Je založena na fyzikálním poznatku, že vyzařování vodních objektů v oblasti blízkého infračerveného záření je rovno téměř nule.
- Je-li tedy možné ve scéně nalézt alespoň jednu dostatečně hlubokou vodní plochu, potom signál přijatý senzorem lze považovat za příspěvek atmosféry.
- Zjištěná hodnota radiometrické charakteristiky je tedy odečtena od všech obrazových prvků.
- Jednoduchá, ale ne vždy přesná metoda - příspěvek atmosféry může být rozdílný pro různé DN hodnoty v rámci obrazu, může být způsoben různými chemickými příměsemi, chlorofylem apod.

Metody založené na regresní analýze.



- Korelační pole pixelů IČ snímku (osa y) a snímku z viditelné části spektra (osa x). Proložená rovnice přímky protíná osu x v hodnotě A , která odpovídá příspěvku atmosféry.
- Metody mohou být založeny také na sestavení regresního vztahu mezi daty naměřenými distančními metodami a daty z pozemních měření konaných nejlépe v době přeletu družice. (Moc se nepoužívá díky finanční a časové náročnosti, pouze pro některé experimenty)

Modelování atmosférické korekce

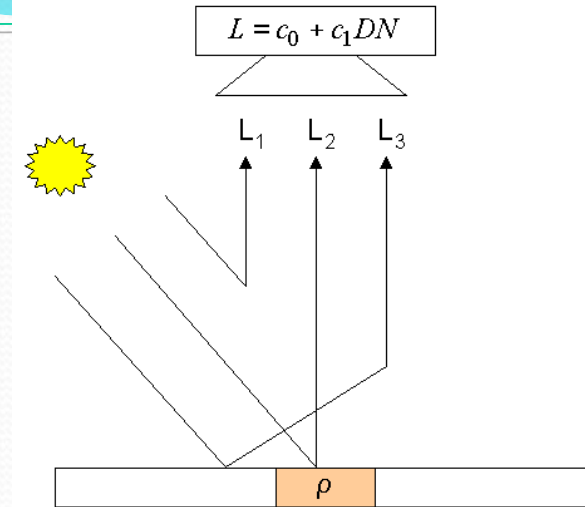
- **Fyzikální modely, které simulují procesy pohlcování a rozptylu záření v atmosféře**
- **Potřebují meteorologická data (o teplotě či vlhkosti vzduchu, zákalovém faktoru či znečištění aj.)**
- **Výše uvedené jednoduché empirické metody předpokládají konstantní vliv atmosféry na celé ploše snímku**
- **Při korekcích je nutné zohlednit také změny atmosférických vlivů v závislosti na vlnové délce**
- **Princip atmosférických korekcí – transformace DN hodnot ve dvou krocích:**
 1. **Převod zaznamenaných DN hodnot na zářivé vlastnosti (RADIANCE - L)**
 2. **Převod zářivých vlastností na skutečné odrazivé vlastnosti snímaného povrchu (REFLECTANCE)**

Atmosférické korekce - modelování

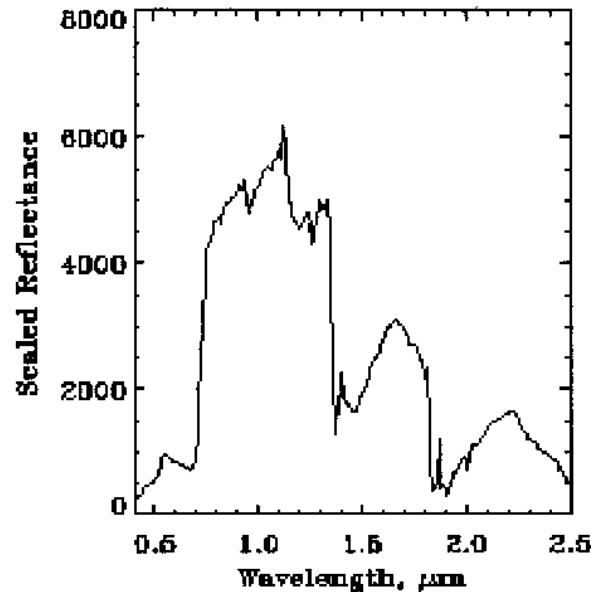
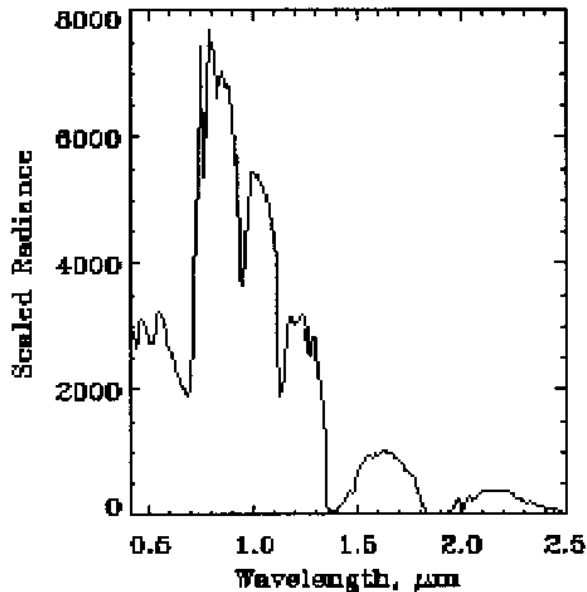
Ad 1) L jako lineární kombinace DN hodnot

$$L = c_0 + c_1 DN$$

- DN
- L - zář [$\text{W.m}^2.\text{sr}^{-1}$] (radiance)
- ρ - odrazivost (reflectance)
- c_0, c_1 : (offset, gain) – kalibrační konstanty



Ad 2) odhad (výpočet) optických vlastností atmosféry a výpočet skutečné odrazivosti inverzní procedurou



$$L = \frac{\rho ET}{\pi} + L_2$$

$$\rho = \frac{(L - L_2) \cdot \pi}{ET}$$

- L – zář měřená senzorem
- ρ – odrazivost
- E – intenzita ozařování (irradiance) [W.m^{-2}]
- T – propustnost (transmisivita) atmosféry
- L_2 – path radiance

Modelování stavu atmosféry

- **Za pomoci meteorologických dat (teplota, vlhkost vzduchu, zákalový faktor, znečištění), pořízených v době vytváření obrazového záznamu, lze parametrizovat vlivy atmosféry.**
- **Uvedené hodnoty spolu s DN hodnotami obrazového záznamu potom vstupují do numerických modelů, které na výstupu poskytují korigovaná data o radiačních či zářivých vlastnostech objektů.**

Příklady atmosférických modelů:

- **ATCOR 2/3 (optická data)**
- **ATREM (hyperspektrální data)**
- **LOWTRAN**
- **MODTRAN**
- **Sen2Cor (SNAP)**

Atmosférické korekce – modelování

ATCOR 2/3 odhad (výpočet) optických vlastností atmosféry

The screenshot displays the Focus GIS software interface with two dialog boxes open over a satellite image. The background window is titled "Focus - Unnamed Project - Unnamed Map" and shows a toolbar and a map view. The left sidebar contains a project tree with layers named "aster_02_04_roh_obla...".

The "Atmospheric Correction Configuration" dialog box is the primary focus. It is divided into several sections:

- Input:** Image file: [Browse...]
- Elevation Information Setup:** Constant(ATCOR2) Height: 0.2 [Kilometers]; DEM (ATCOR3) File: [Browse...]; Layer: [Setup]
- Sensor Information:** Sensor type: ASTER [Band Setup]; Pixel size: 15.00000 m; Date: April 2, 2002; Calibration file: C:\Program Files\PCI Geomatics\Geomatica_V101\atcor\cal\aster\aster_std.cal [Browse...]
- Atmospheric Information:** Atmospheric definition area: Rural; Condition: Fall(Spring); Thermal atmospheric definition: Fall(Spring)
- Correction Parameter:** Solar zenith: 30.0 dec deg; Visibility: 30.0 kilometers; Solar azimuth: 30.0 dec deg; Adjacency: 1.0 kilometers; Offset to surface temperature: 0.0 Kelvin

The "Solar Calculations" dialog box is also open, showing the following data:

- Date: April 2, 2002
- Time: 9:57:53 (GMT)
- Position: Latitude: 49.2; Longitude: 16.5 decimal degrees
- Calculate button: Solar azimuth = 158.737946; Solar zenith = 46.026421
- Buttons: [?], [OK], [Cancel]

ATCOR 2/3

- katalog funkcí atmosférických korekcí, které jsou uloženy ve vyhledávacích tabulkách.
- široká paleta atmosférických podmínek:
- 7 typů standardní atmosféry – (je určen: tlak v závislosti na nadmořské výšce, teplota vzduchu, objem vodního výparu, koncentrace ozónu – převzato z modelu MODTRAN – 2)
 - Atmosféra středních zeměpisných šířek v létě
 - Standardní atmosféra Spojených států v roce 1976
 - Standardní tropická atmosféra
 - Pouštní (suchá) atmosféra
 - Podzimní atmosféra
 - Atmosféra středních zeměpisných šířek v zimě
 - Subarktická zima

1. Různé druhy aerosolů – venkovský, městský, pouštní, přímořský
2. Různé koncentrace aerosolů (aerosolová optická tloušťka) definované viditelností (5 – 40 km, možnost interpolace 4, 80 km)
3. Různé nadmořské výšky (0; 0,5; 1 km nad hladinou moře)
4. Solární úhel v rozmezí od 0° do 70° v krocích po 10°
5. Různé funkce pro různé senzory a spektrální pásma
6. Úhel pohledu detektoru (Pouze pro SPOT)

Další modely

5S Simulation of Satellite Signal in the Solar Spectrum (Tanre et al., 1990)

Tanre D., et al. (1990), "Description of a Computer Code to Simulate the Satellite Signal in the Solar Spectrum: 5S code", Int. Journal of Remote Sensing, vol 11, no 4, 1990, pp 659-668.

vytvořeny statistické modely pro přesný odhad atmosférických podmínek:

Odhadne se velikost signálu u detektoru bez vlivu absorpce plynu, pokud je zjištěn vliv plynu, opraví se hodnota s ohledem na absorpci plynu

vstupní parametry jsou

- geometrické podmínky**
- atmosférický model pro plyny**
- model aerosolů**
- druhy odrazivosti látek na povrchu**

Model LOWTRAN

Model MODTRAN

Berk A., Bernstein L.S., Robertson D.C. (1989), "MODTRAN: A Moderate Resolution Model for LOWTRAN 7", Spectral Sciences, Inc. Burlington, Massachusetts.

ATREM

Atmospheric removal program

Gao B., Heidebrecht K.B., Goetz A.F.H. (1996), "Atmospheric Removal Program (ATREM) version 2.0 User's Guide", Center for the Study of Earth from Space/CIRES, University of Colorado.

Používá se pro hyperspektrální data ze skeneru AVIRIS

SMAC

a Simplified method for the atmospheric correction

Poloempirická metoda, kde jsou stanoveny koeficienty přenosu zářivé energie ze Země k senzoru a rovnice pro jednotlivá spektrální pásma, je vhodná pro meteorologické družice

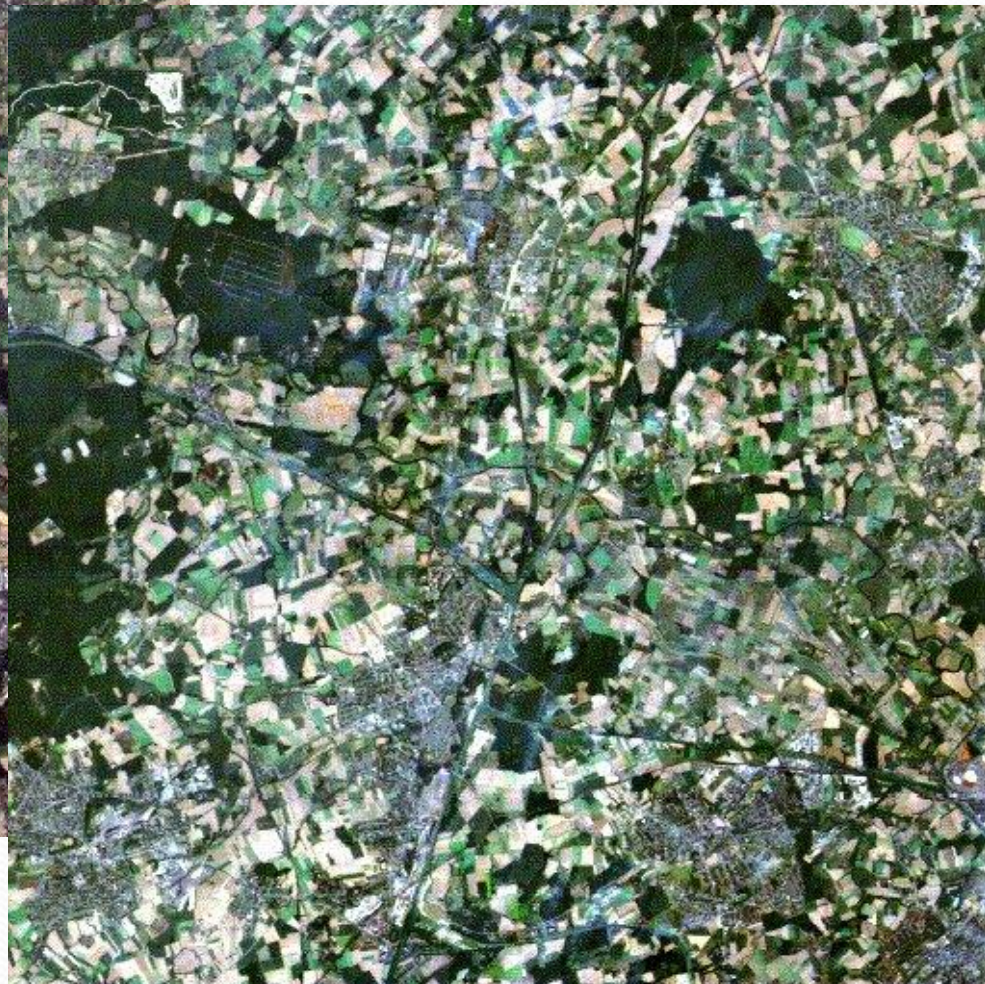
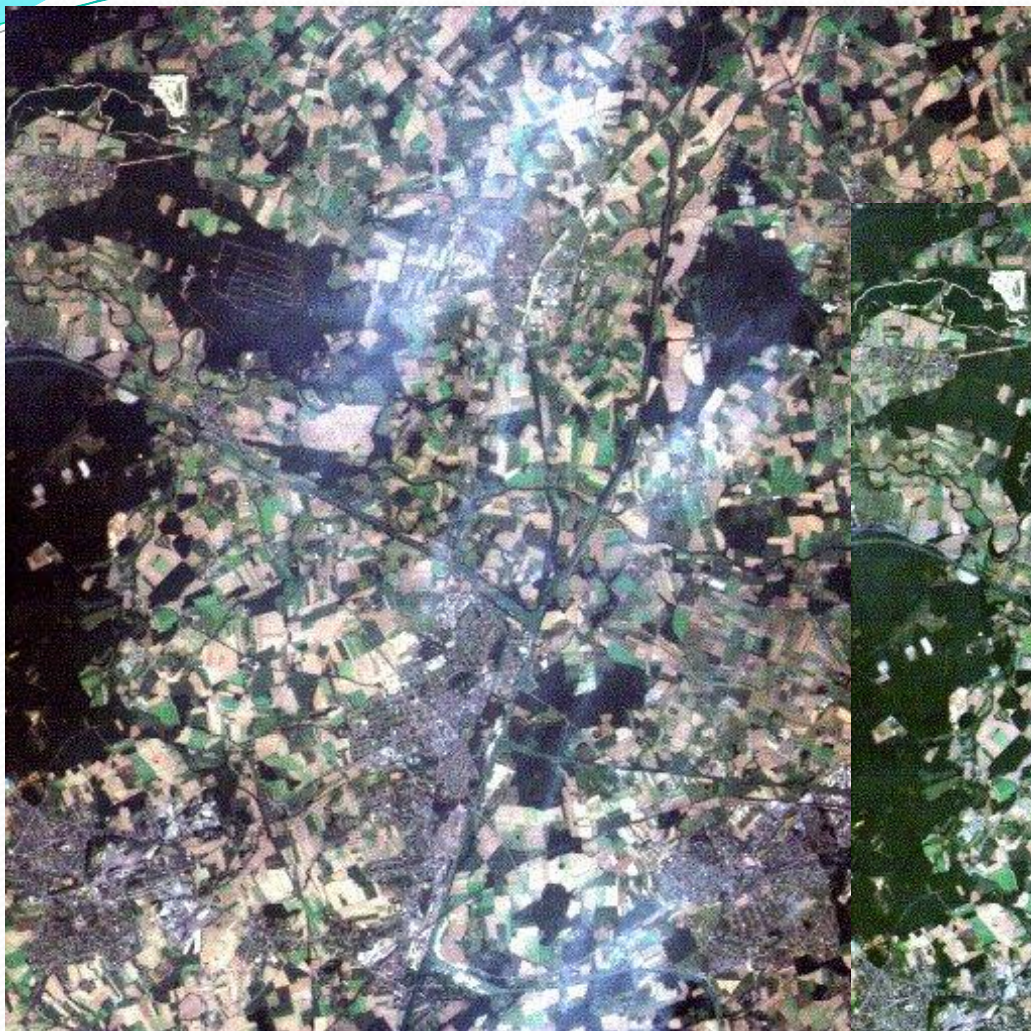
H. Rahman - Scientific Officer, Bangladesh Space Research and Remote Sensing Organization (SPARRSO), Shere Bangla Nagar, Dhaka, Bangladesh.a; G. Dedieua

FLAASH

(Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes)

- software ENVI - relativně velmi přesný model - i pro data hyperspektrální

Atmosférické korekce - modelování



Modelování stavu atmosféry

Za pomoci dat naměřených ze speciálních snímacích zařízení na palubě družice:

NOAA – AVHRR

Pro atmosférické korekce a výpočet SST:

HIRS – High Resolution Infrared Radiometer Sounder

Provádí měření hustoty aerosolů v VIS a IR a množství vodní páry v TERM části spektra

Metody založené na empirii

Založeny na různém ovlivnění DN hodnot atmosférou v jednotlivých pásmech

- Analýza hlavních komponent**
- Obrazové podíly**

Obecné poznámky k atmosférickým korekcím

- Cílem všech atmosférických korekcí je získat z původních naměřených dat tzv. absolutní hodnoty odrazivosti či vyzařování objektů.
- Pomocí těchto absolutních hodnot lze následně vyjádřit některé vlastnosti těchto objektů v kvantitativní podobě (množství biomasy, povrchovou radiační teplotu, vodní obsah atd.)
- Efekty atmosféry jsou však naštěstí ve srovnání s např. efektem výšky Slunce malé a v řadě aplikací je možné je zanedbat.
- Zvláštní význam však mají tyto korekce především pro meteorologická a hyperspektrální obrazová data.