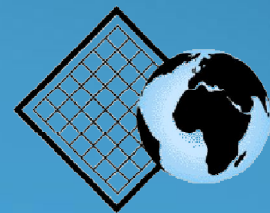


# Nekonvenční metody snímání zemského povrchu

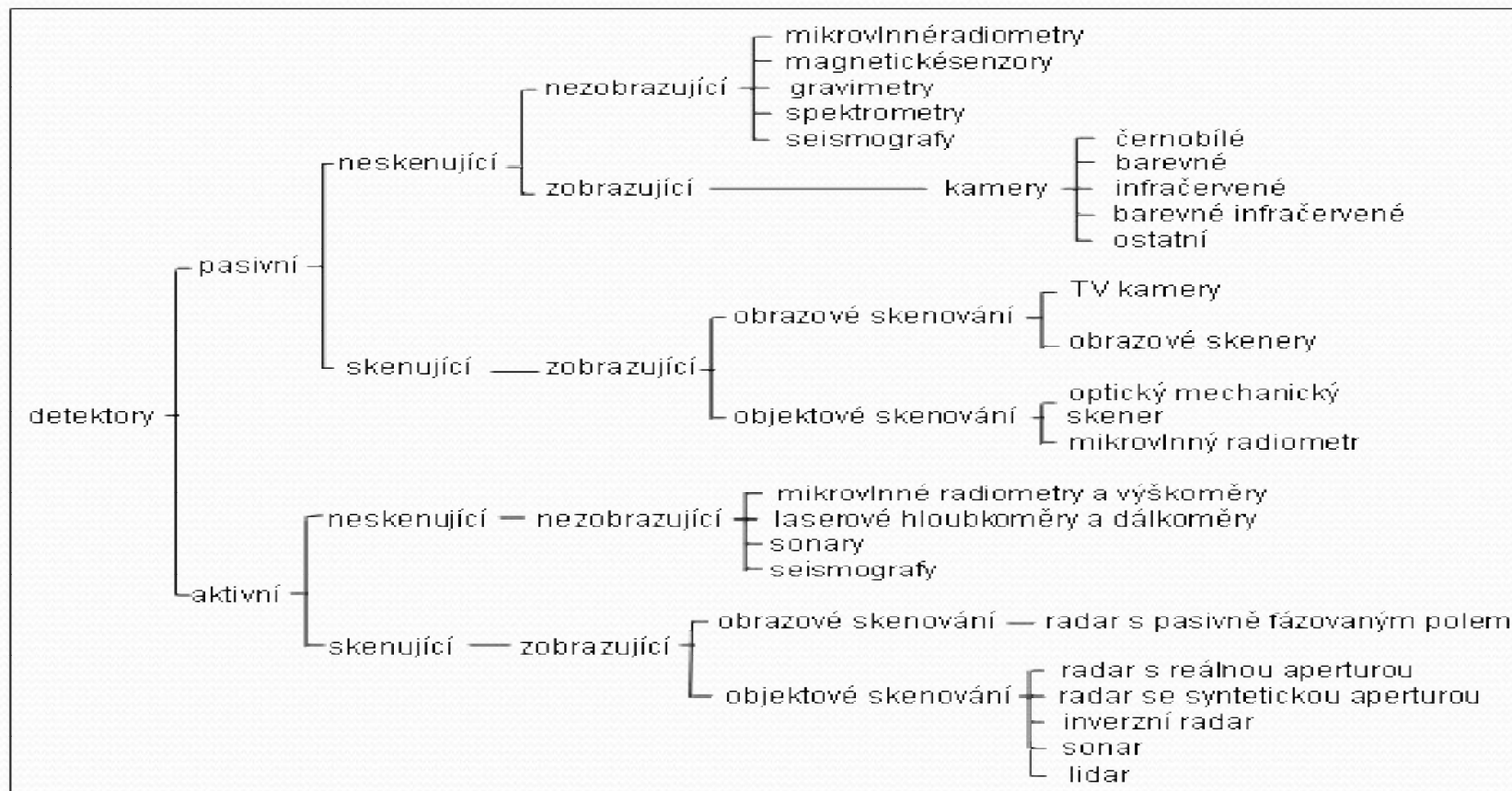


# Specifika nekonvenčních metod

- Energie dopadajícího záření je převáděna na měření elektrických veličin, využívá se fotoelektrický jev, který zaznamenávají senzory, DETEKTORY , umístěné na snímacích zařízeních
- Odlišná technika vytváření obrazu - obraz je vytvářen postupně po jednotlivých obrazových prvcích (pixelech)
- Velké spektrální rozlišení. (fotografické metody 0,3 až 0,9 mikrometrů), nekonvenční (od 0,3 do 14 mikrometrů).
- Prostorové rozlišení - rozměr obrazového prvku se pohybuje v intervalu od desítek cm do několika desítek či stovek metrů.
- Registrace v dynamickém režimu a specifické formy geometrických zkreslení.
- Nosiče se pohybují po předem definovaných drahách, obrazové záznamy jsou zaznamenávány elektronicky, a jsou snáze porovnatelné
- Zaznamenávání obrazových záznamů v digitální (číslicové) podobě umožňuje automatizovat některé kroky jejich zpracování a kombinaci s jinými digitálními daty v GIS.

# Rozdělení detektorů

- Detektory (senzory) lze rozdělit do dvou tříd podle toho, zda sledují charakteristiky přirozených fyzikálních polí (**pasivní senzory**), nebo charakteristiky uměle buzených polí (**aktivní senzory**). Mohou být dále členěny na **senzory nezobrazující** (měří celkovou charakteristiku zkoumaného objektu) a **senzory zobrazující** (vytvářejí obraz objektu)

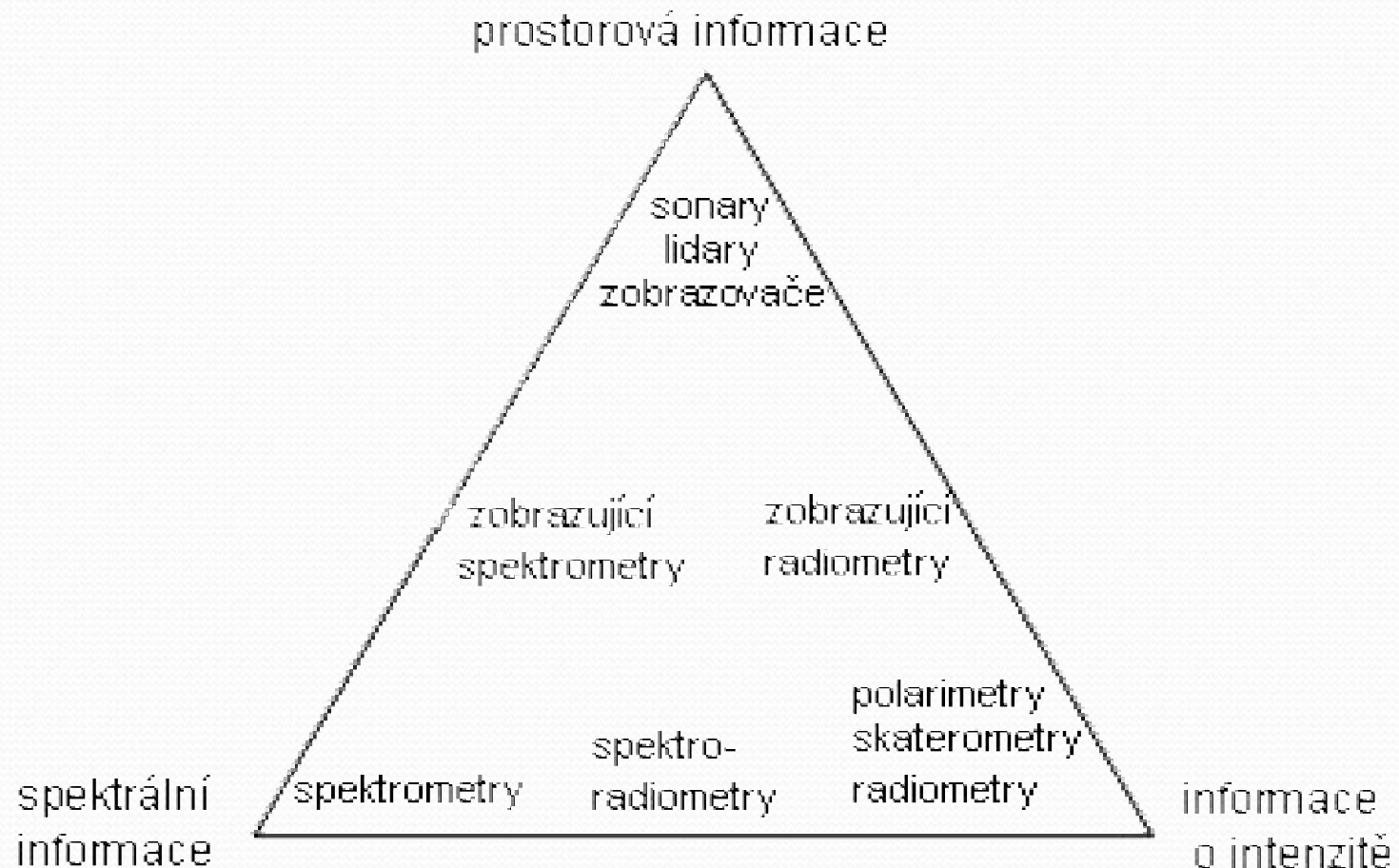


## Charakteristiky detektorů:

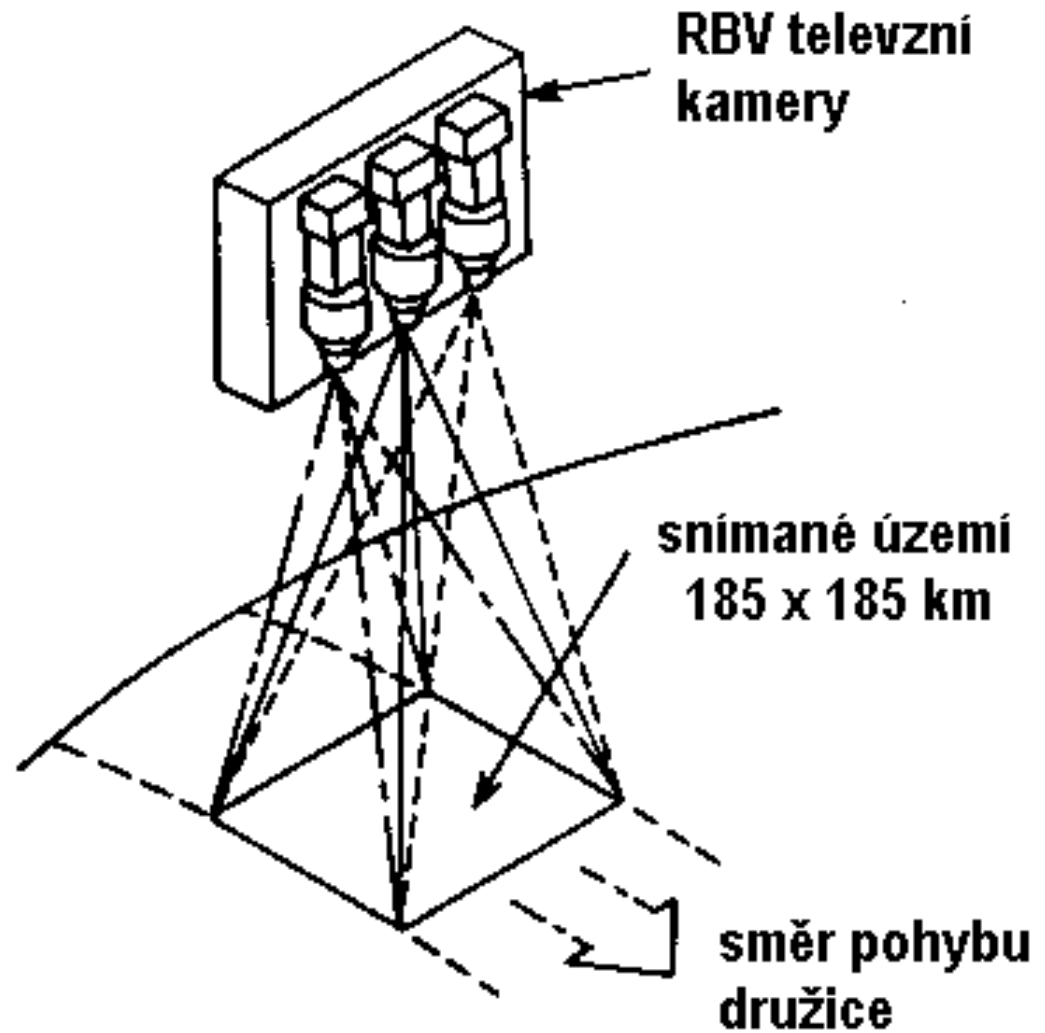
- **Spektrální citlivost** – určuje, nakolik je detektor citlivý na změny vlnové délky záření. Tepelné detektory jsou neselektivní, zatímco fotonové jsou výrazně selektivní.
- **Časová konstanta** - udává rychlost reakce detektoru. Tepelné detektory jsou pomalé a setrvačné (mají velkou časovou konstantu) v důsledku relativně pomalého zahřívání. Fotonové jsou naopak rychlé a jejich časová konstanta bývá v řádu  $\mu\text{s}$  či  $\text{ns}$ . Časová konstanta ovlivňuje možnou rychlost snímání – kratší časová konstanta dovoluje mnohem rychlejší měření a tedy i pohyb nosiče.
- **Časová nezávislost odezvy** – popisuje stabilitu výstupního signálu. Stává se, že i při konstantní úrovni záření, začne výstupní signál detektoru slábnout. Pokud signál není stabilní, je potřeba do soustavy zařadit přerušovač. Bude docházet k pravidelnému přerušování záření a signál detektoru se ustálí na určité hodnotě.

# Detektory

- Detektory poskytují v zásadě tři skupiny informací: *informace prostorové, spektrální a informace o intenzitě pole*



# Televizní systémy



**Představovaly přechod mezi klasickými fotografiemi a snímacími rozkladovými zařízeními.**

**Pracovaly ve viditelném a infračerveném oboru spektra.**

# Druhy snímacích zařízení

- Televizní systémy
- Snímací rozkladová zařízení
  - Mechanické (mechanooptické)
  - Elektronické (elektrooptické)
- Digitální kamery

# Televizní systémy

**Televizního systému využívaly první meteorologické družice TIROS**

**Vedle klasických televizních systémů lze využívat i videokamer nebo tzv. vidikonových kamer se zpětným paprskem.**

**Systém RBV (Return Beam Vidicon) na družicích LANDSAT, snímal ve viditelné a blízké IČ části spektra.**

**Prostorová rozlišovací schopnost byla u snímků z LANDSAT 1 a 2 kolem 80 metrů, u LANDSAT 3 kolem 24 metrů v tzv. panchromatickém módu.**

**Měřítko originálního obrazu se pohybovalo kolem 1:7,25 mil.**

**Fungovaly například také na sovětských družicích METEOR, přístroje nesly označení MSU.**



# Snímací rozkladová zařízení

Přístroj obsahuje měřicí prvek – **radiometr (skener)**, který měří radiaci z určité elementární plochy zemského povrchu v určitém intervalu spektra.

Velikost této plochy je dána jednak technickými parametry snímacího zařízení, jednak konfigurací celého systému - především výškou letu nosiče.

Téměř všechny systémy dnes pracují jako **multispektrální** - tedy vytvářejí několik obrazových záznamů snímaného území v několika intervalech spektra

Používané detektory radiometrů lze rozdělit na **tepelné** (množství dopadající energie je přímo úměrné změně teploty čidla) a **detektory fotonové** (zaznamenávají intenzitu dopadajících fotonů) a jsou přesnější.

Výstupní signál je zaznamenáván v určitém počtu úrovní - v tzv. **dynamickém rozsahu**. Obrazová data zaznamenaná v 256 úrovních se označují jako 8-bitová.

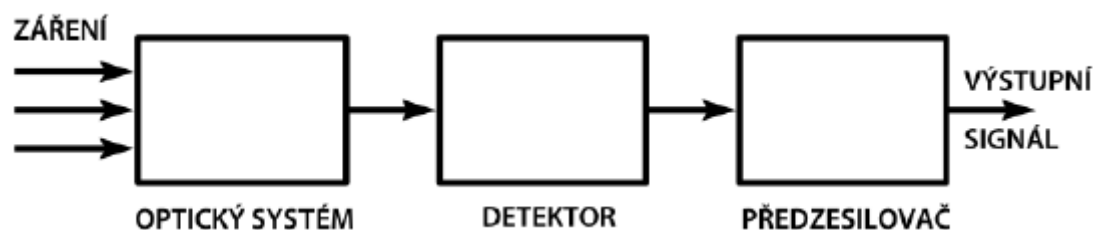
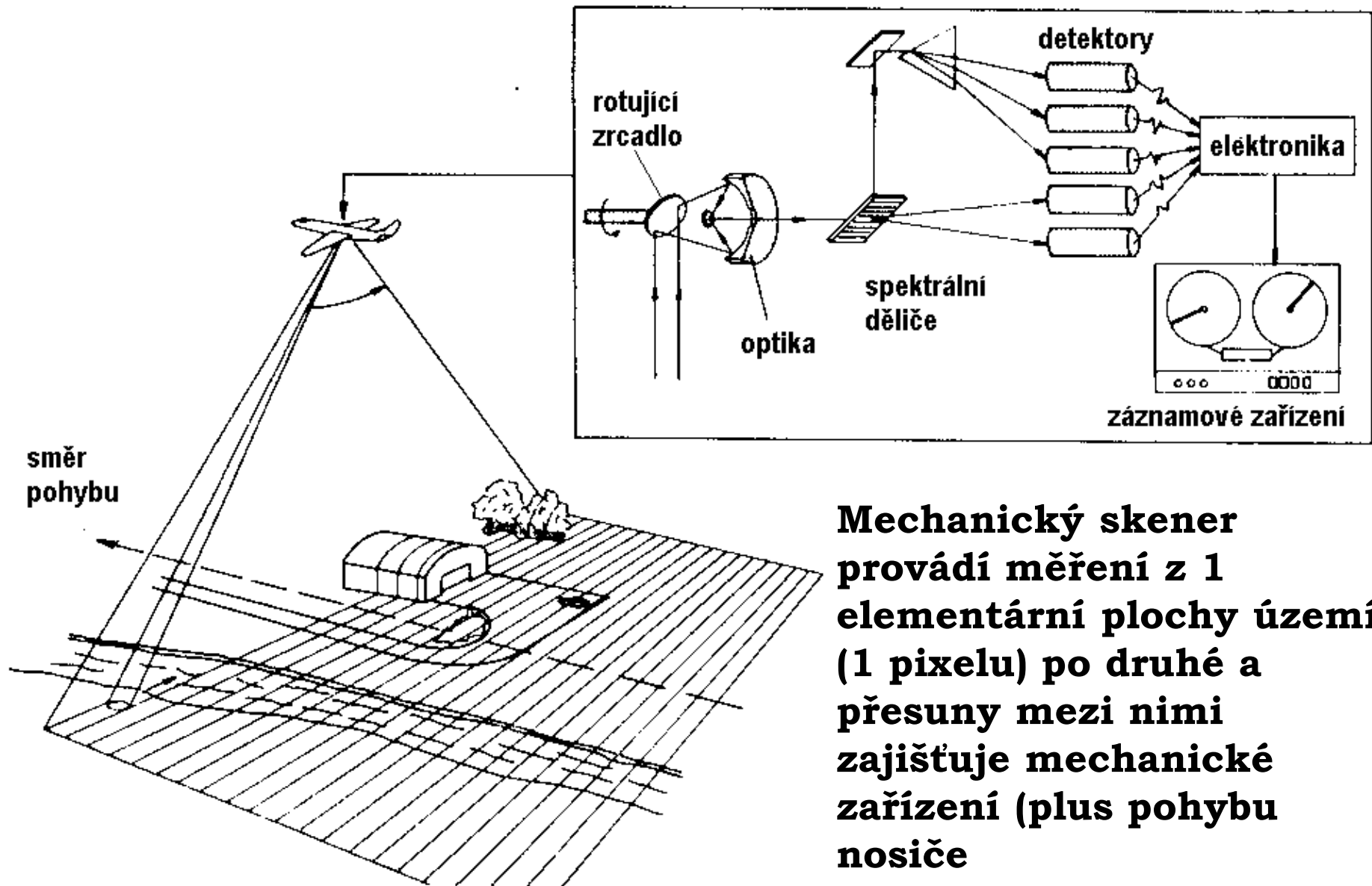


schéma konstrukce radiometru

# Příčné skenování (mechanooptický) skener

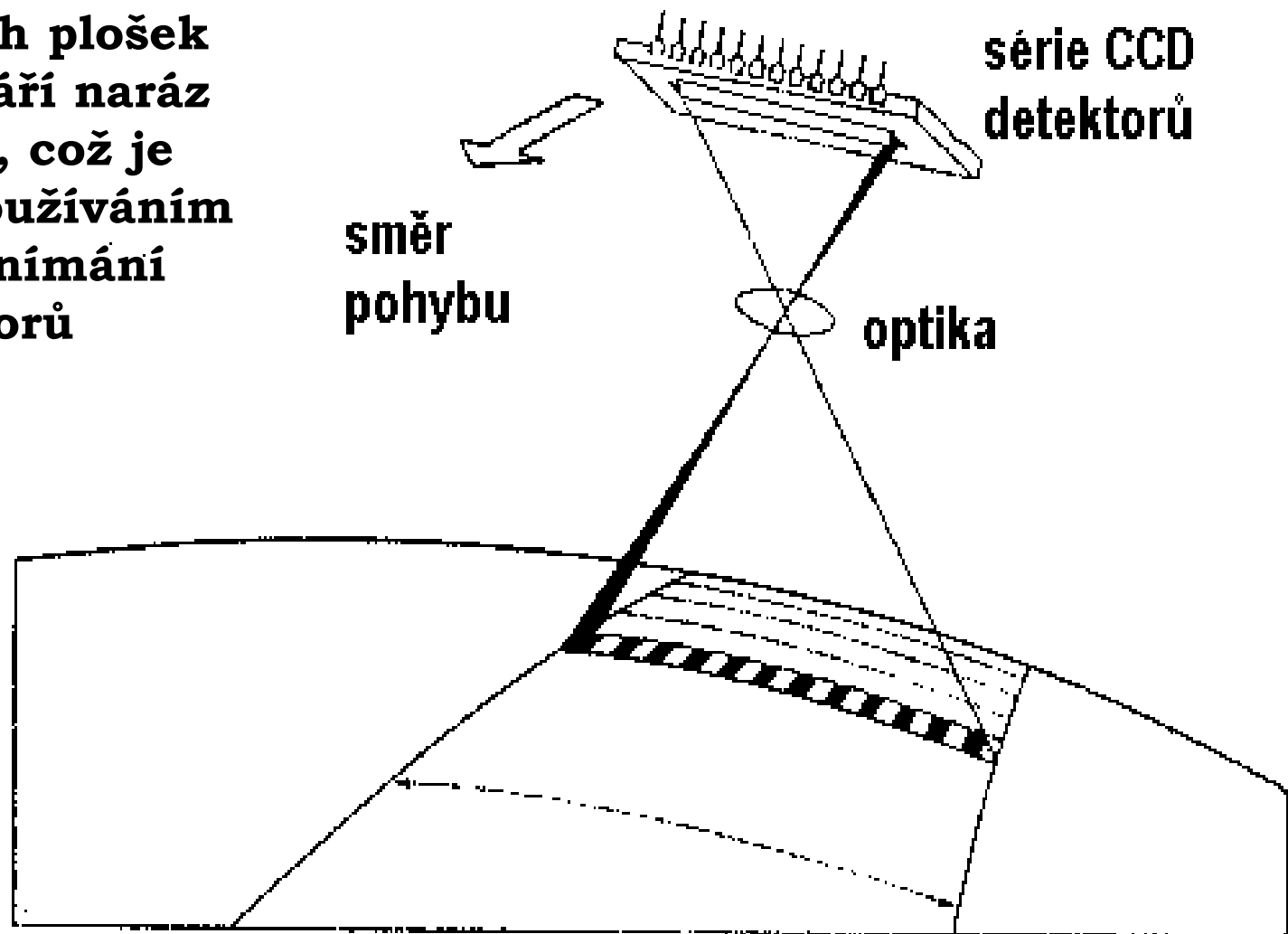


**Mechanický skener provádí měření z 1 elementární plochy území (1 pixelu) po druhé a přesuny mezi nimi zajišťuje mechanické zařízení (plus pohybu nosiče**

# Podélné skenování

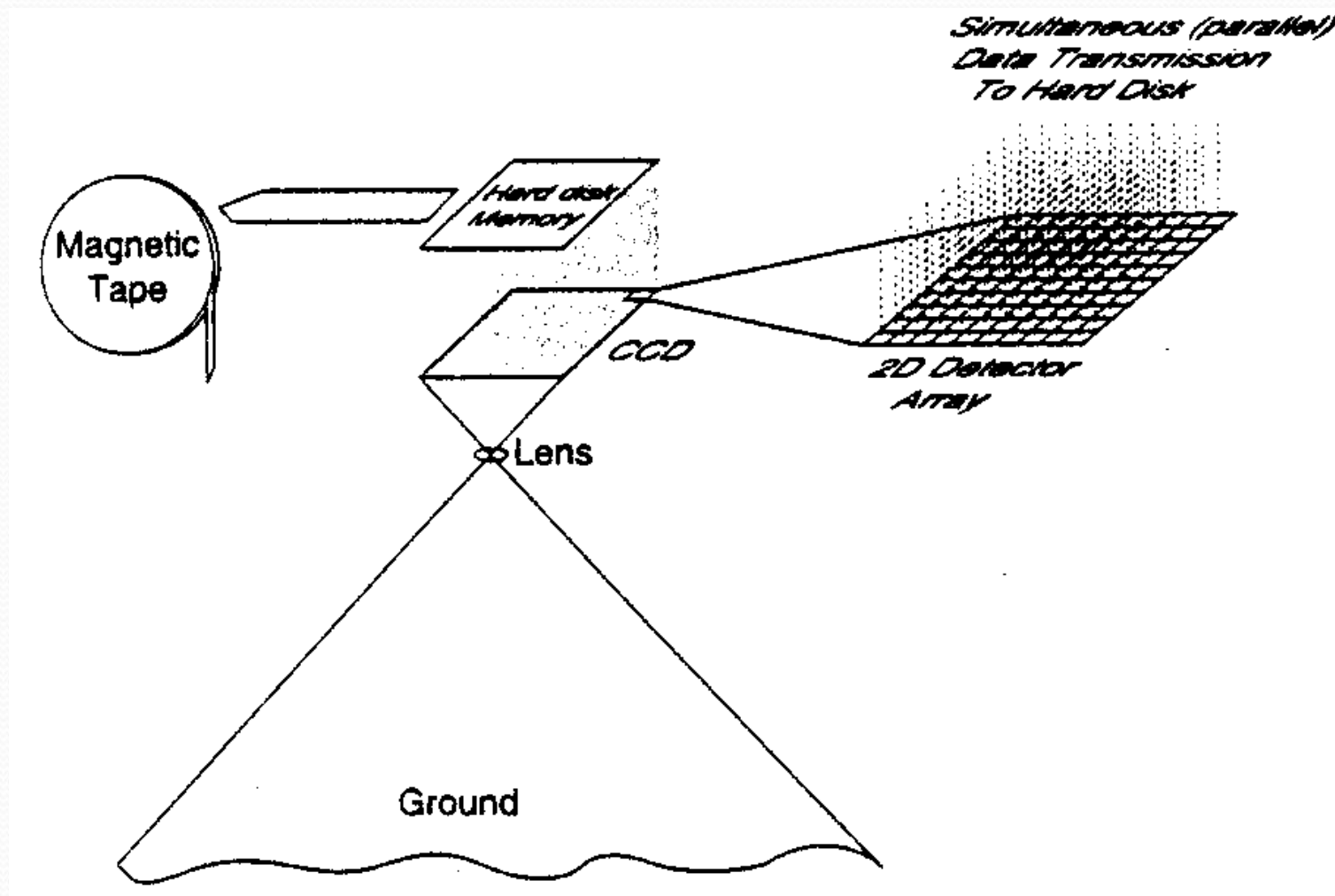
## (elektrooptický, pushbroom, stírací) skener

Elektronický skener měří naráz sadu elementárních plošek území a vytváří naráz řádku obrazu, což je umožněno používáním paralelního snímání sadou detektorů



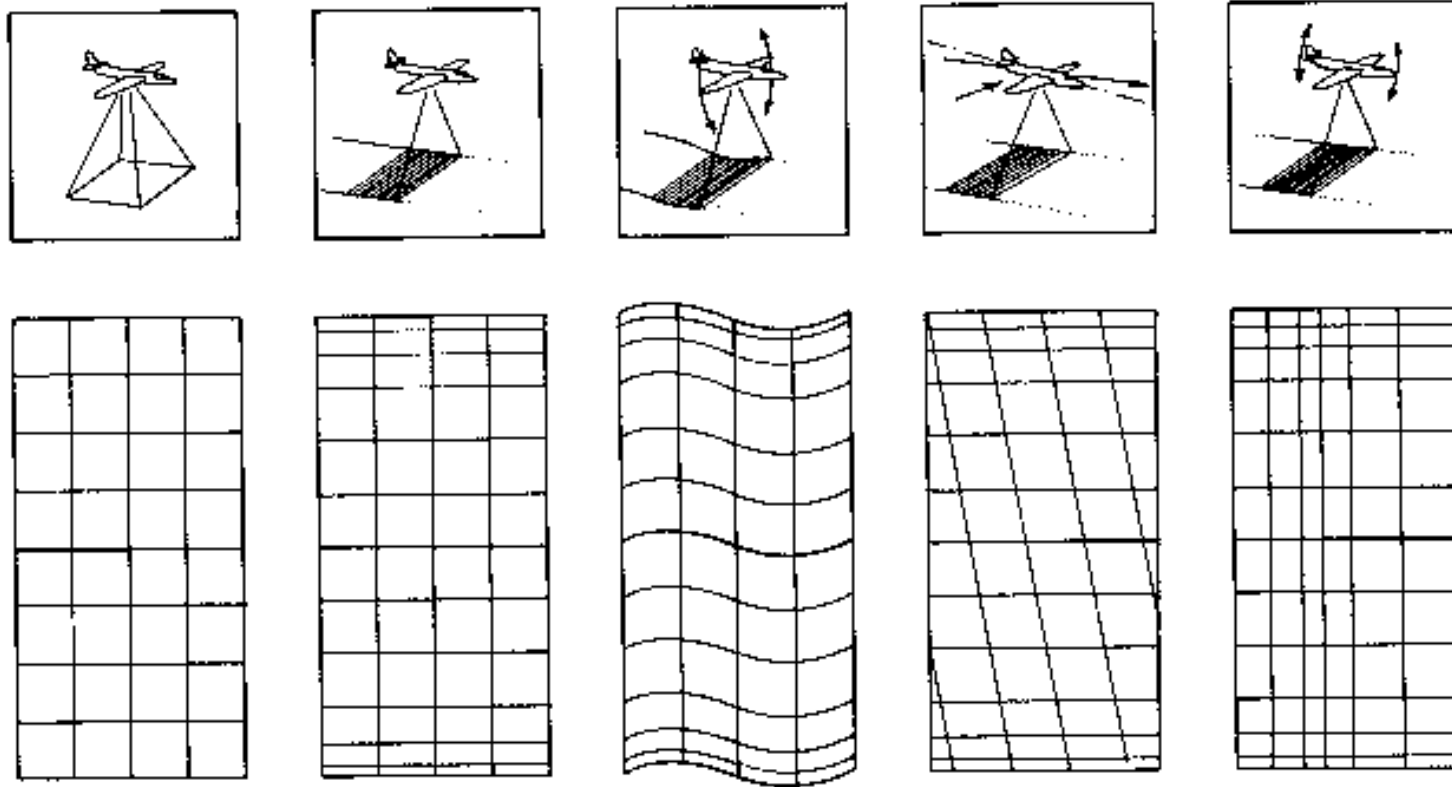
# Digitální kamery

Snímací zařízení je vybaveno kvalitní optikou, přes kterou je záření směřováno na matici CCD detektorů, snímek vzniká v jednom okamžiku a ne po řádcích.

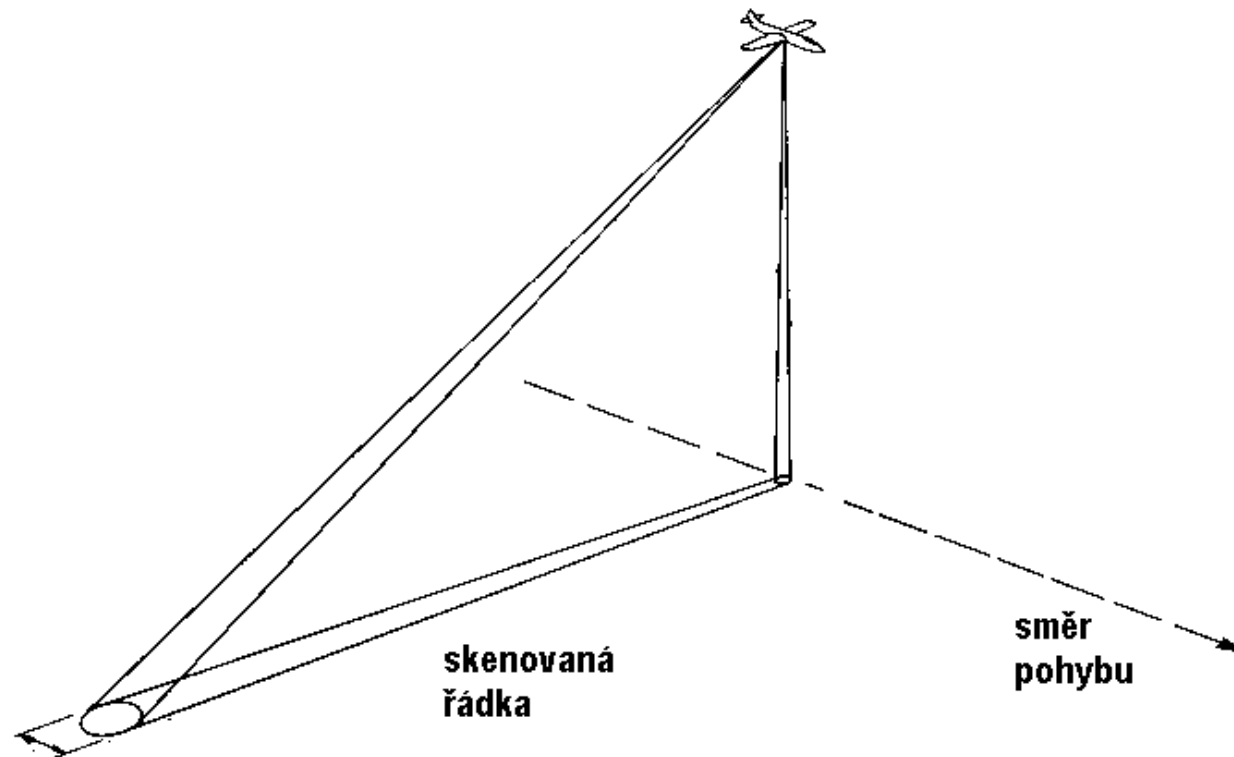


# Geometrické vlastnosti obrazových záznamů

Odlišný způsob vytváření obrazu oproti letecké fotografii vnáší do výsledného obrazu jiná geometrická zkreslení



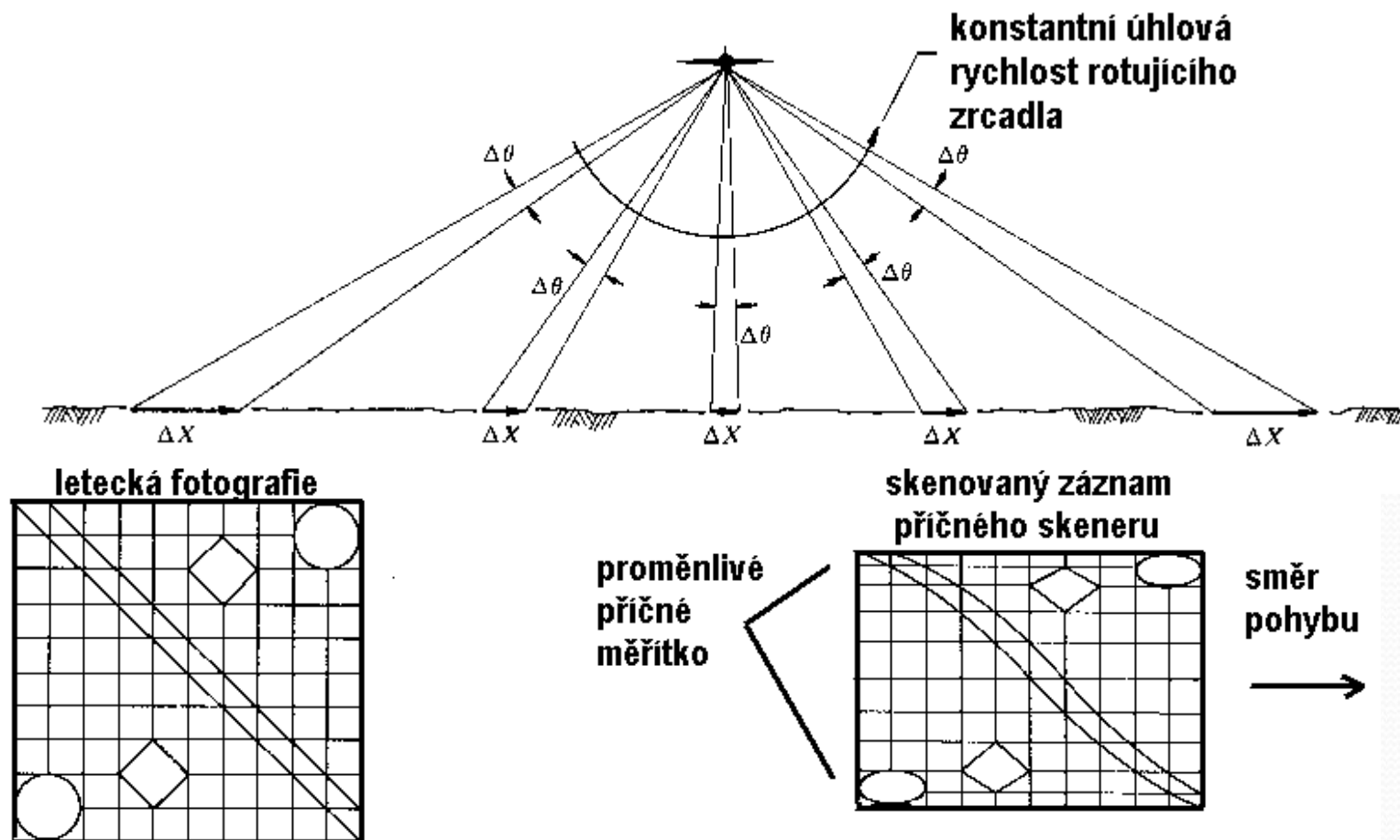
# Kolísání velikosti obrazového prvku



**Princip kolísání velikosti obrazového prvku příčně  
skenovaného obrazového záznamu**

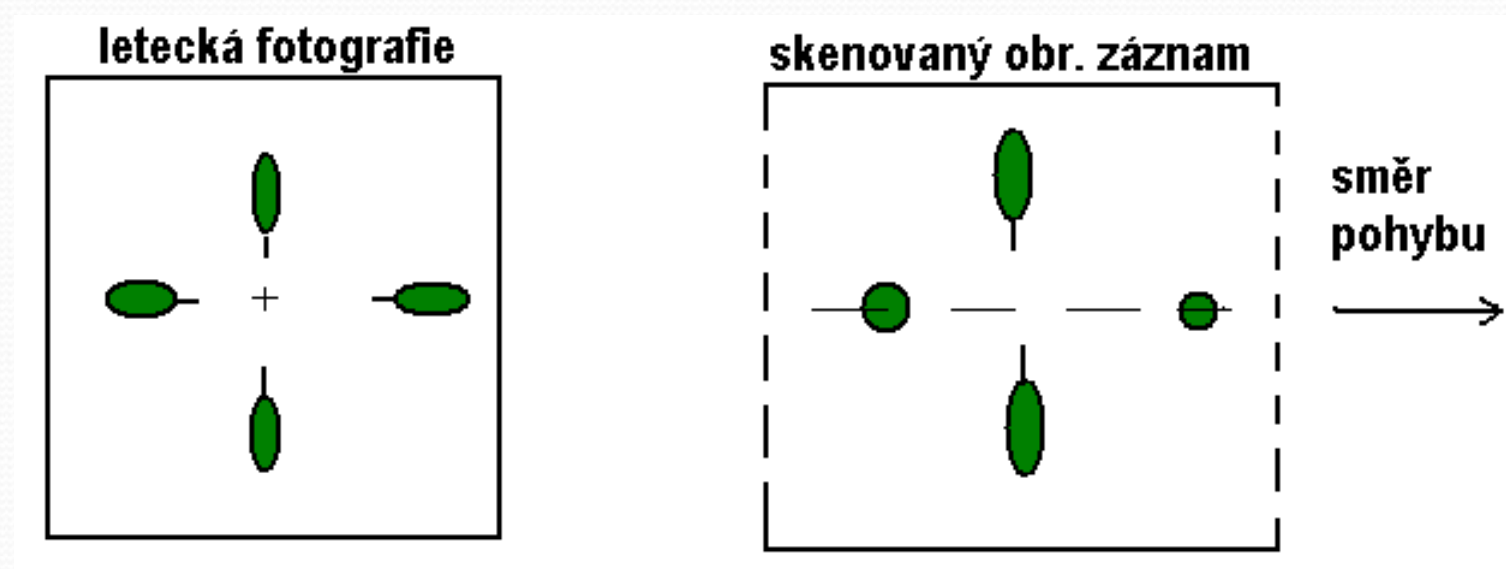
# Tangenciální změny měřítka

Ve směru kolmém na pohyb nosiče se mění rozměr obrazového prvku a následně se deformují tvary zobrazených objektů



# Poziční chyby v poloze objektů

Relativní změny v poloze objektů jsou způsobeny jejich různou nadmořskou výškou



Porovnání efektu relativní změny v poloze objektů na letecké fotografii (a) a skenovaném záznamu (b)

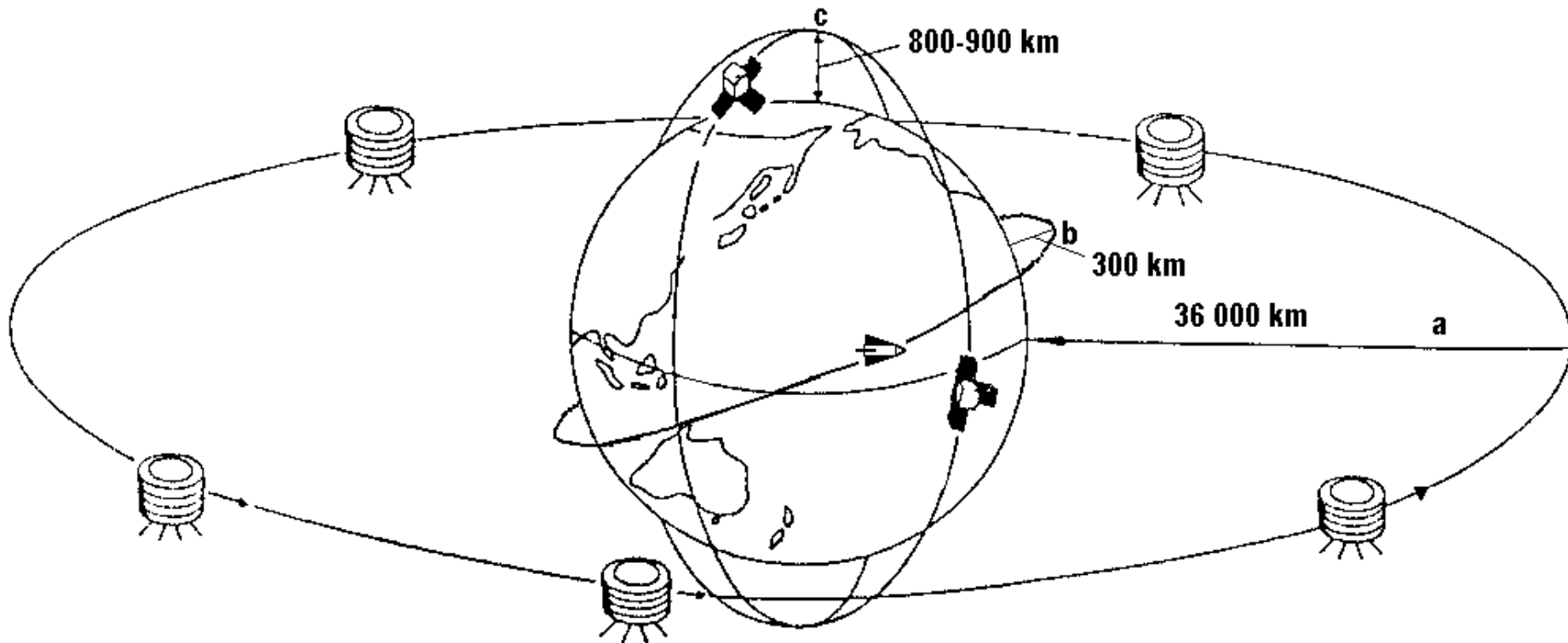


# Družicové systémy

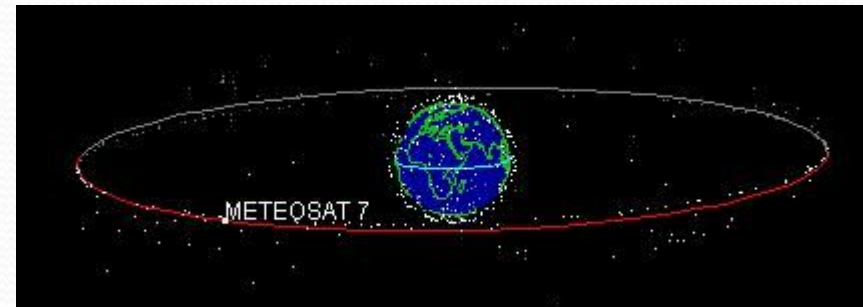
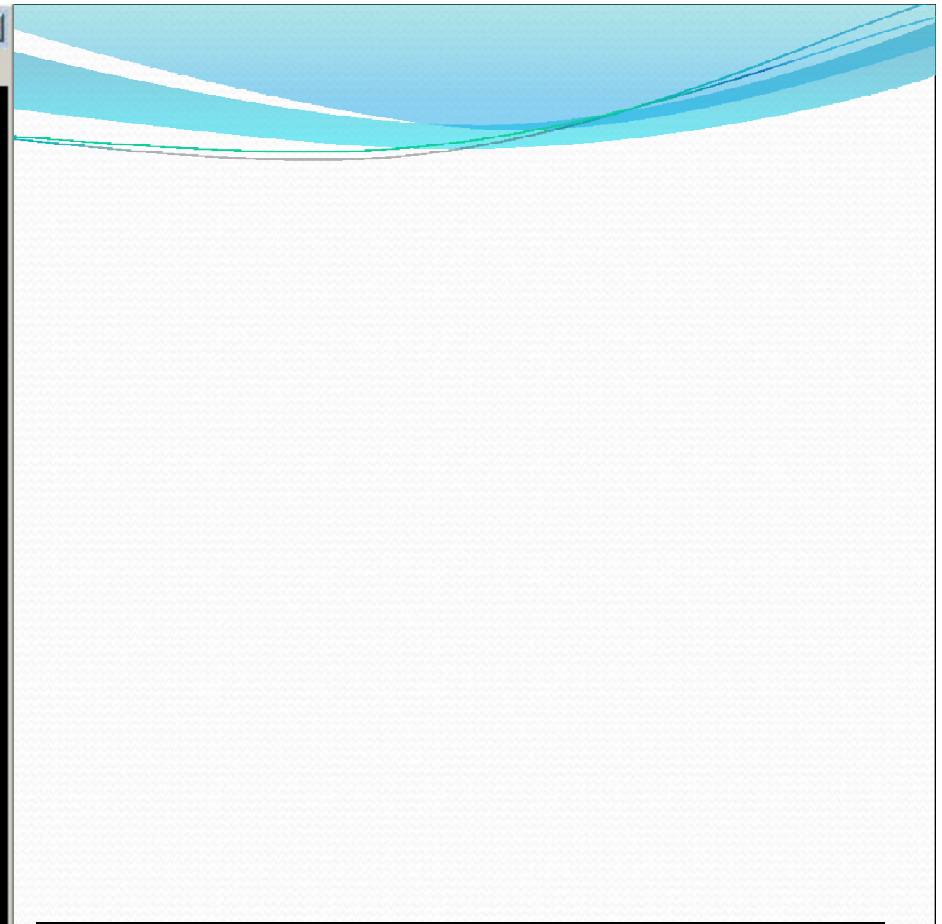
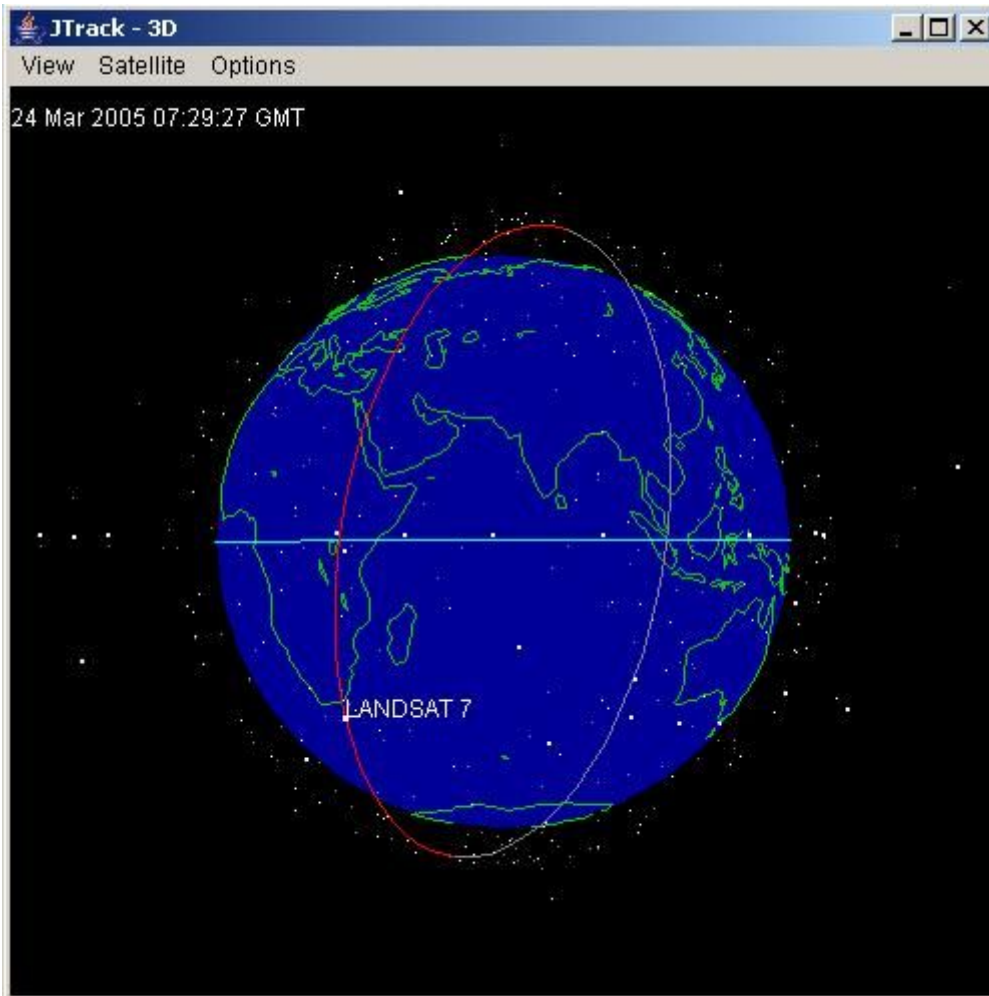
- Většina družic pořizuje obrazová i neobrazová data metodami dálkového průzkumu delší dobu
- Nejedná se pouze o jednu družici, ale o družic několik, které mají z hlediska kompatibility pořizovaných obrazových záznamů, z hlediska technických parametrů nosiče i z hlediska parametrů snímacího zařízení podobné vlastnosti.
- Tyto jsou pak označovány jako **družicové systémy**.
- Základní vlastností, která ovlivňuje většinu dalších parametrů systému je **oběžná dráha** družice.

# Oběžné dráhy družic

- dráhy rovníkové
- dráhy šikmé
- dráhy subpolární

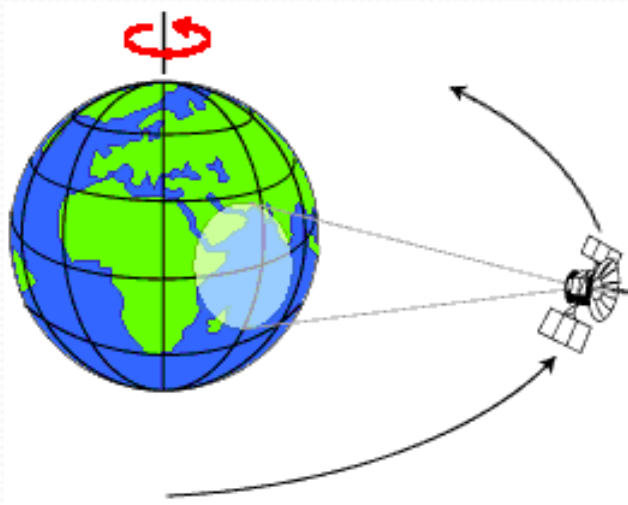


**Dráhu charakterizuje především výška a inklinace**



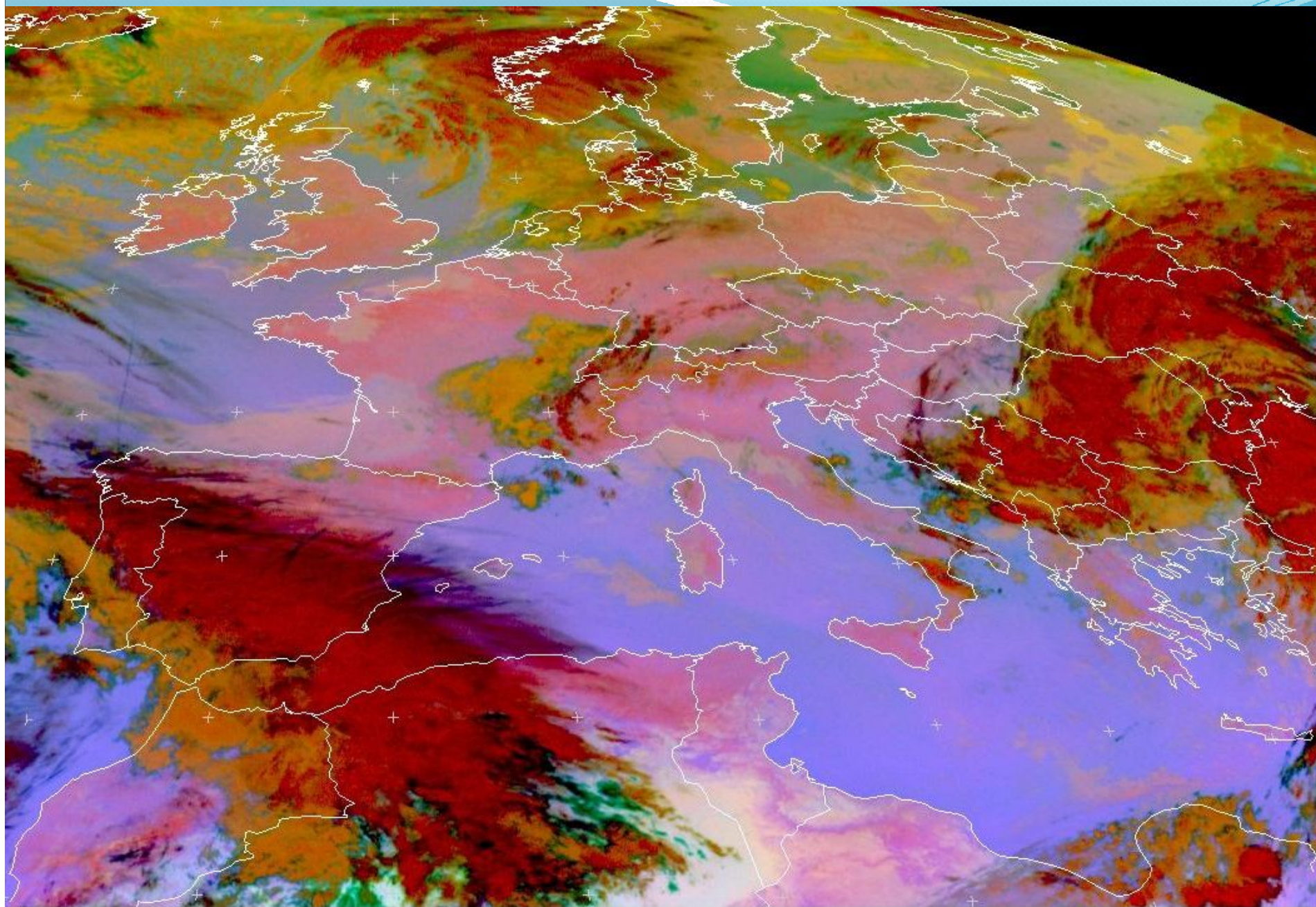
<http://science.nasa.gov/realtime/jtrack/3d/JTrack3D.html/>

# Rovníková oběžná dráha (geostacionární)

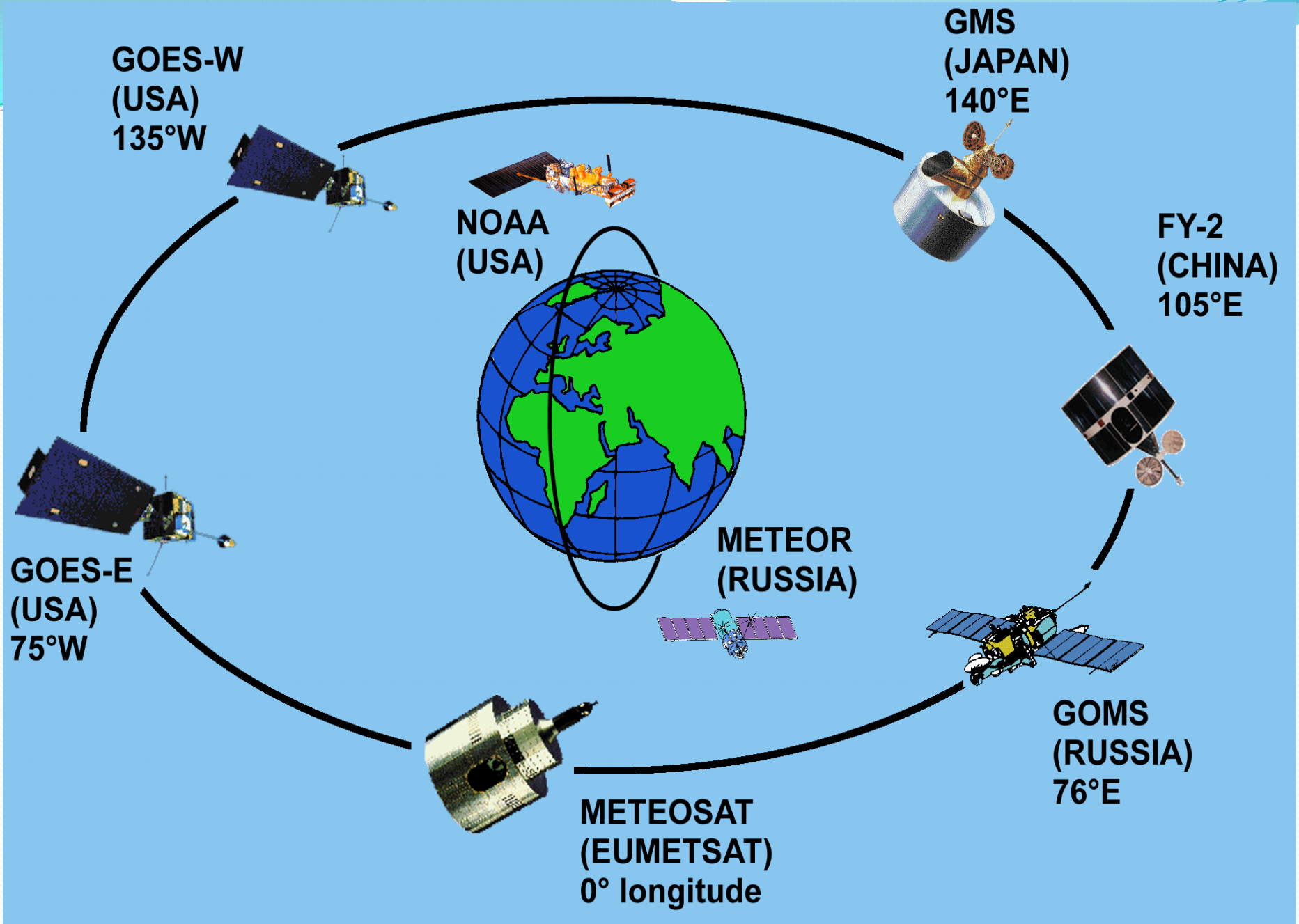


**METEOSAT**

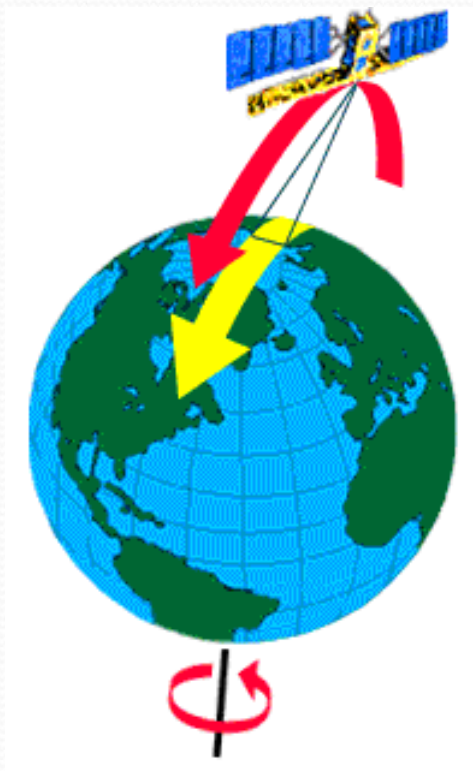




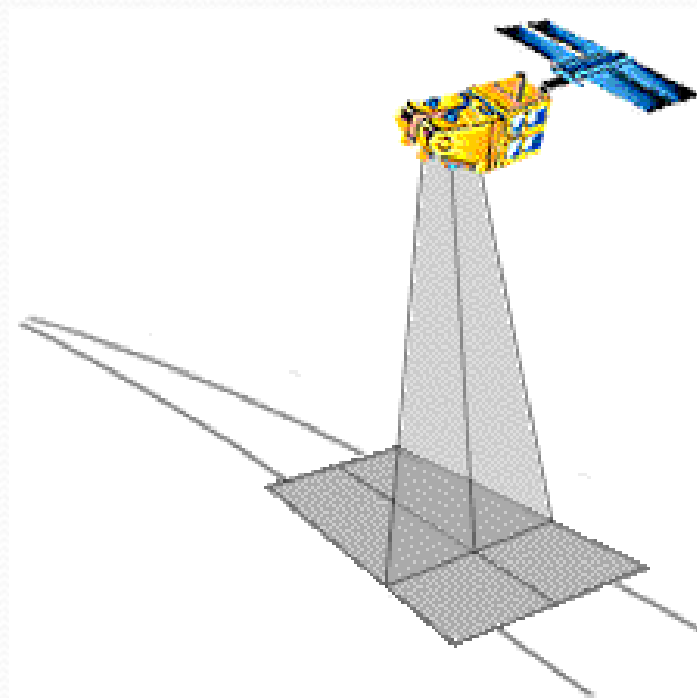
MET9 RGB-dust 2010-04-20 05:00 UTC



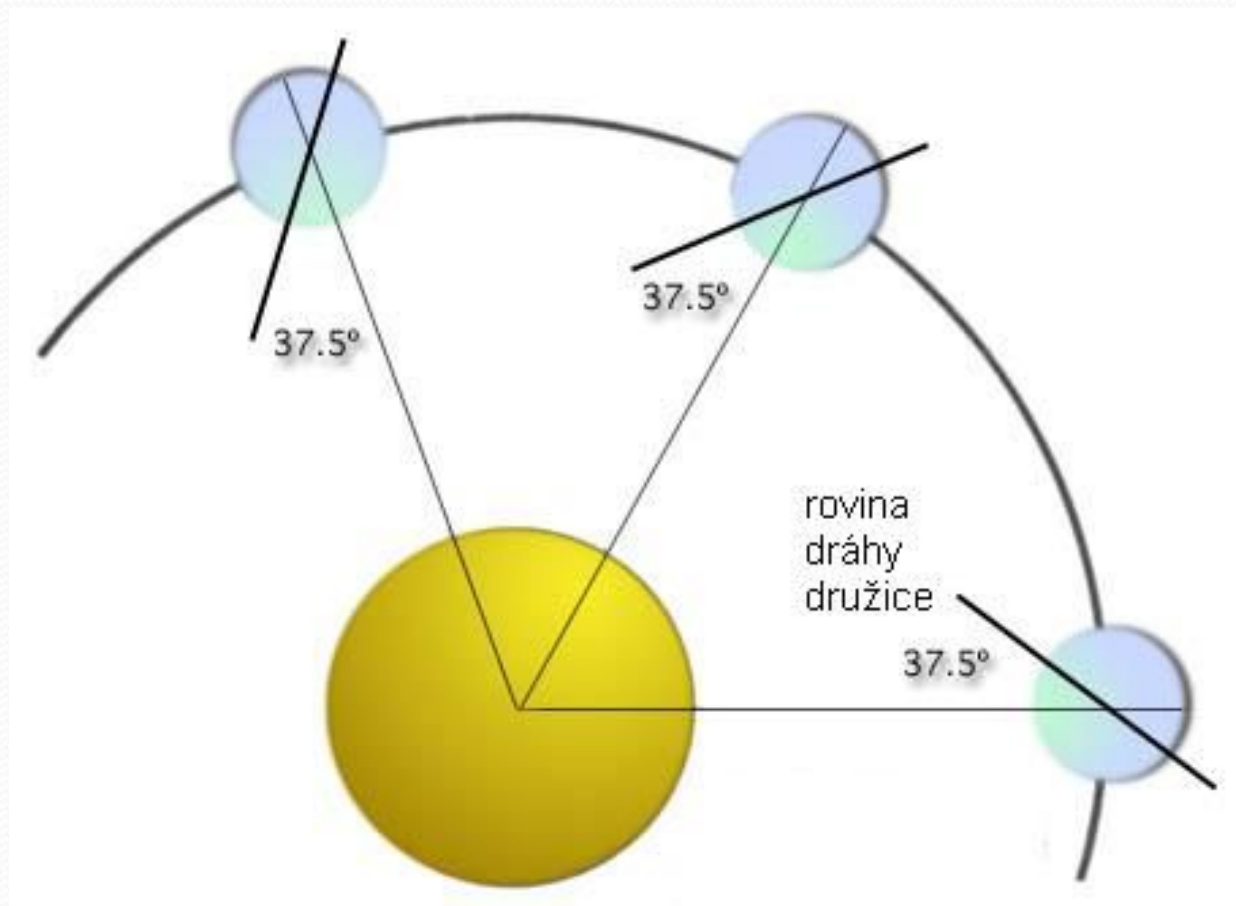
## Subpolární oběžná dráha



**Družice pro výzkum  
přírodních zdrojů Země  
(LANDSAT, SPOT, TERRA, ...)**



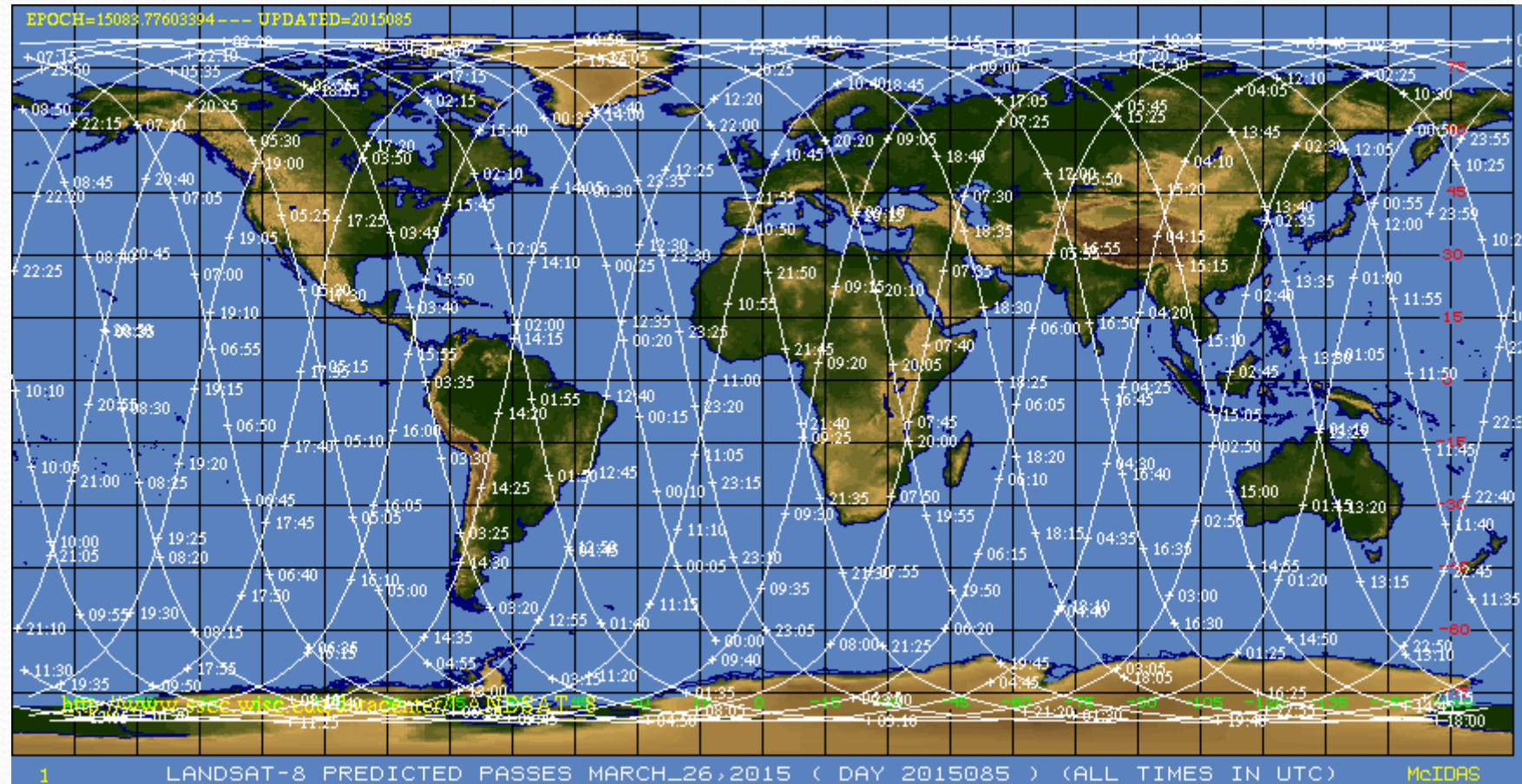
## Subpolární oběžná dráha



**Princip dráhy synchronní se sluncem  
(heliosynchronní)**

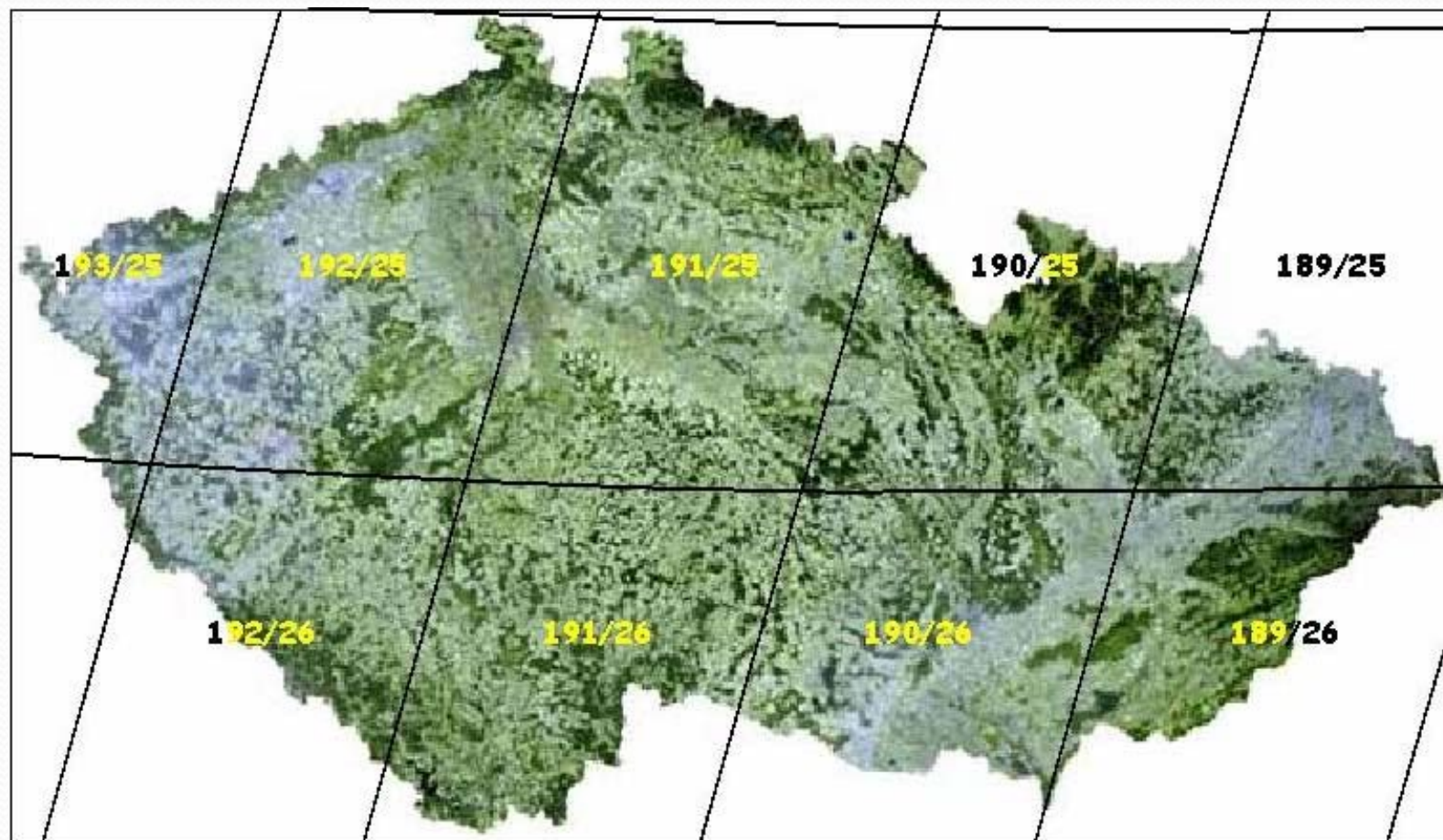


# System dráh družice LANDSAT



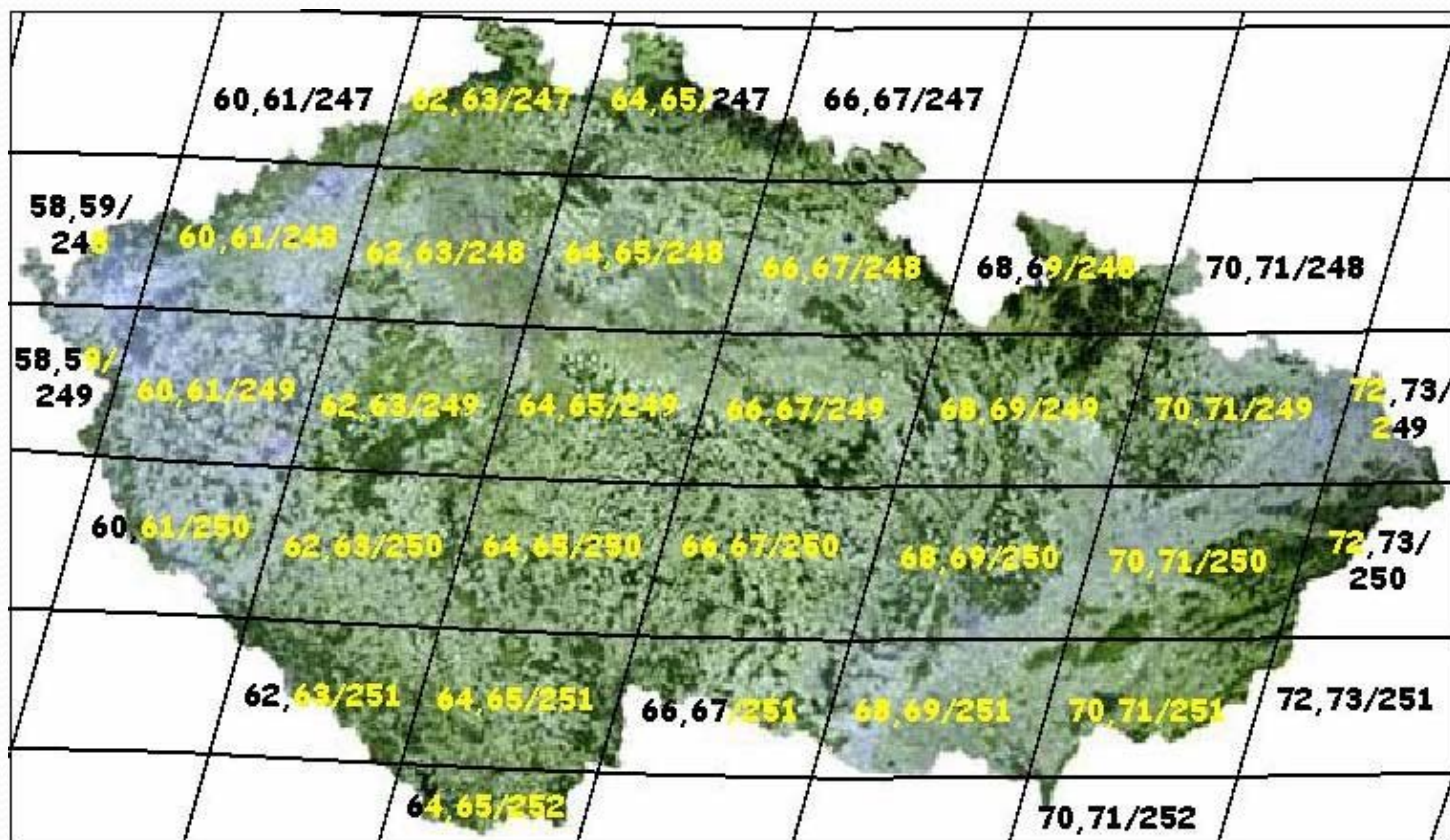
<https://www.ssec.wisc.edu/datacenter/LANDSAT-8/>

# Přelety družic LANDSAT nad ČR



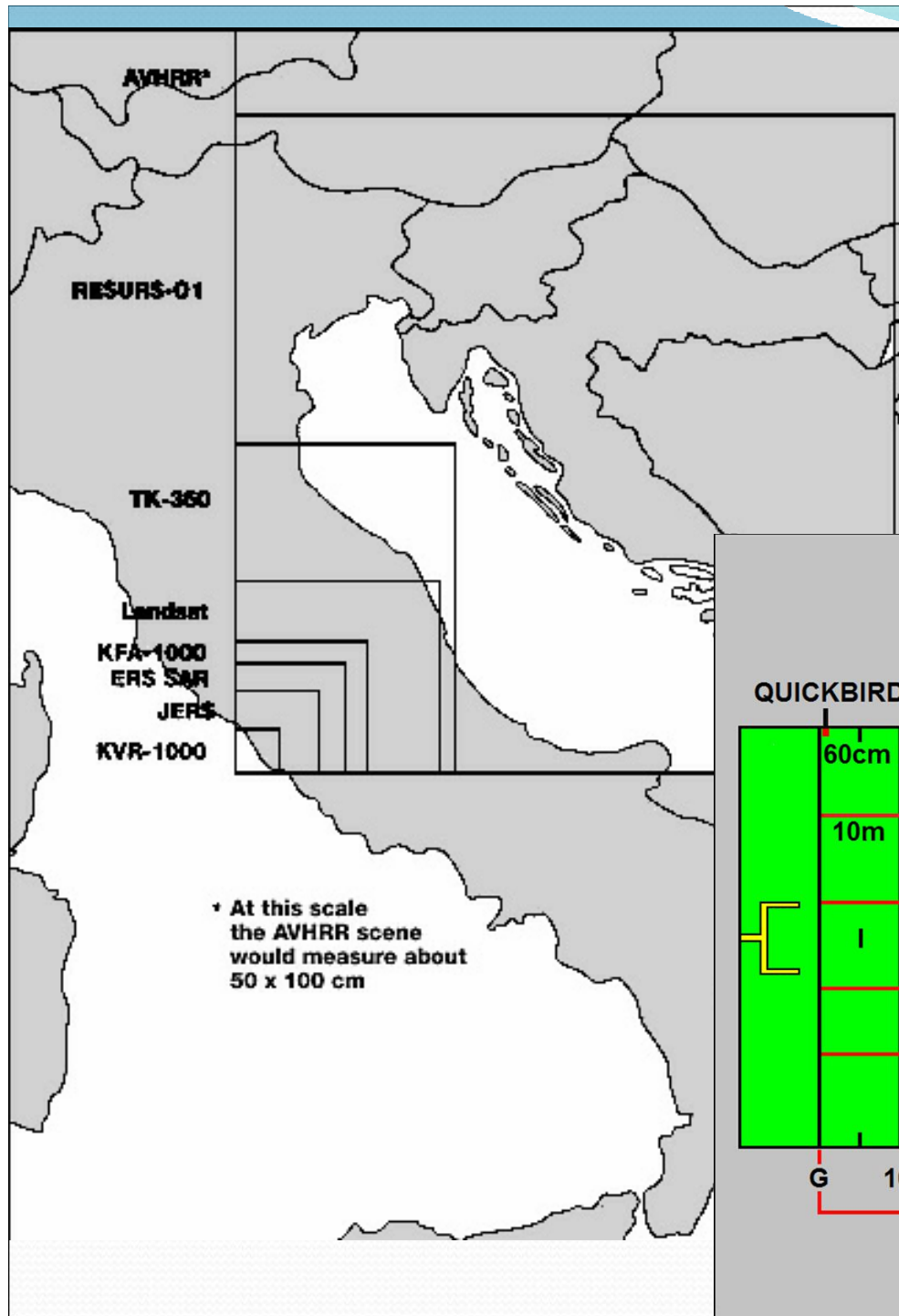
Šířka scény 185 km

# Přelety družic SPOT nad ČR

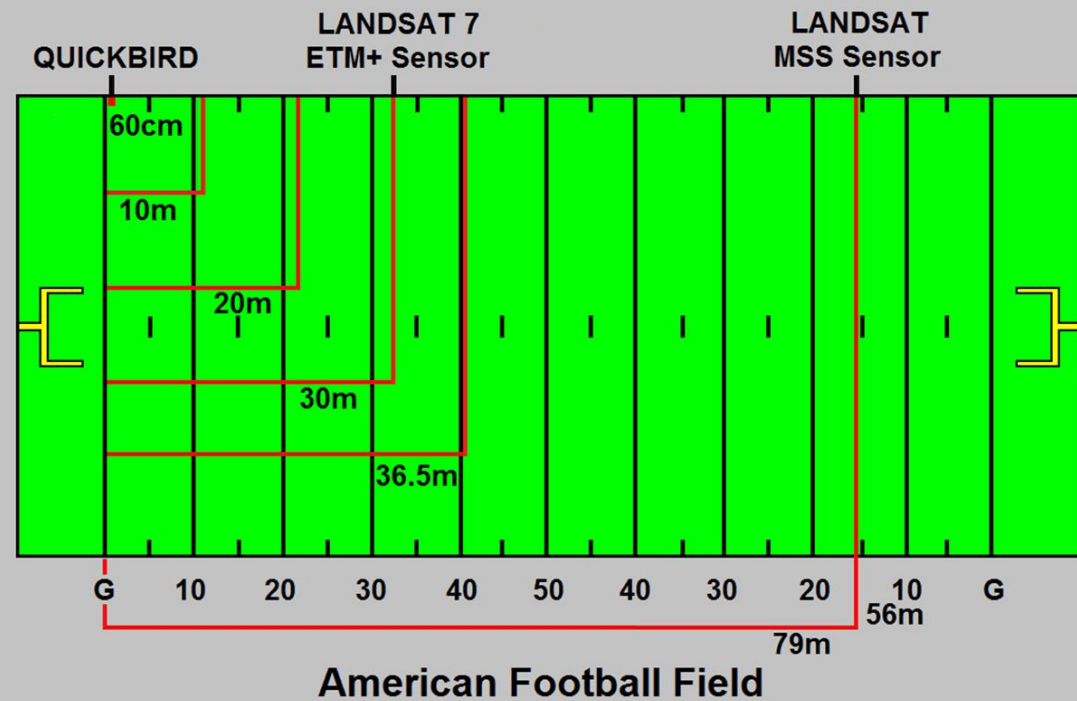


Šířka scény 60 km

# Velikost scény a prostorového rozlišení pro vybrané družicové systémy



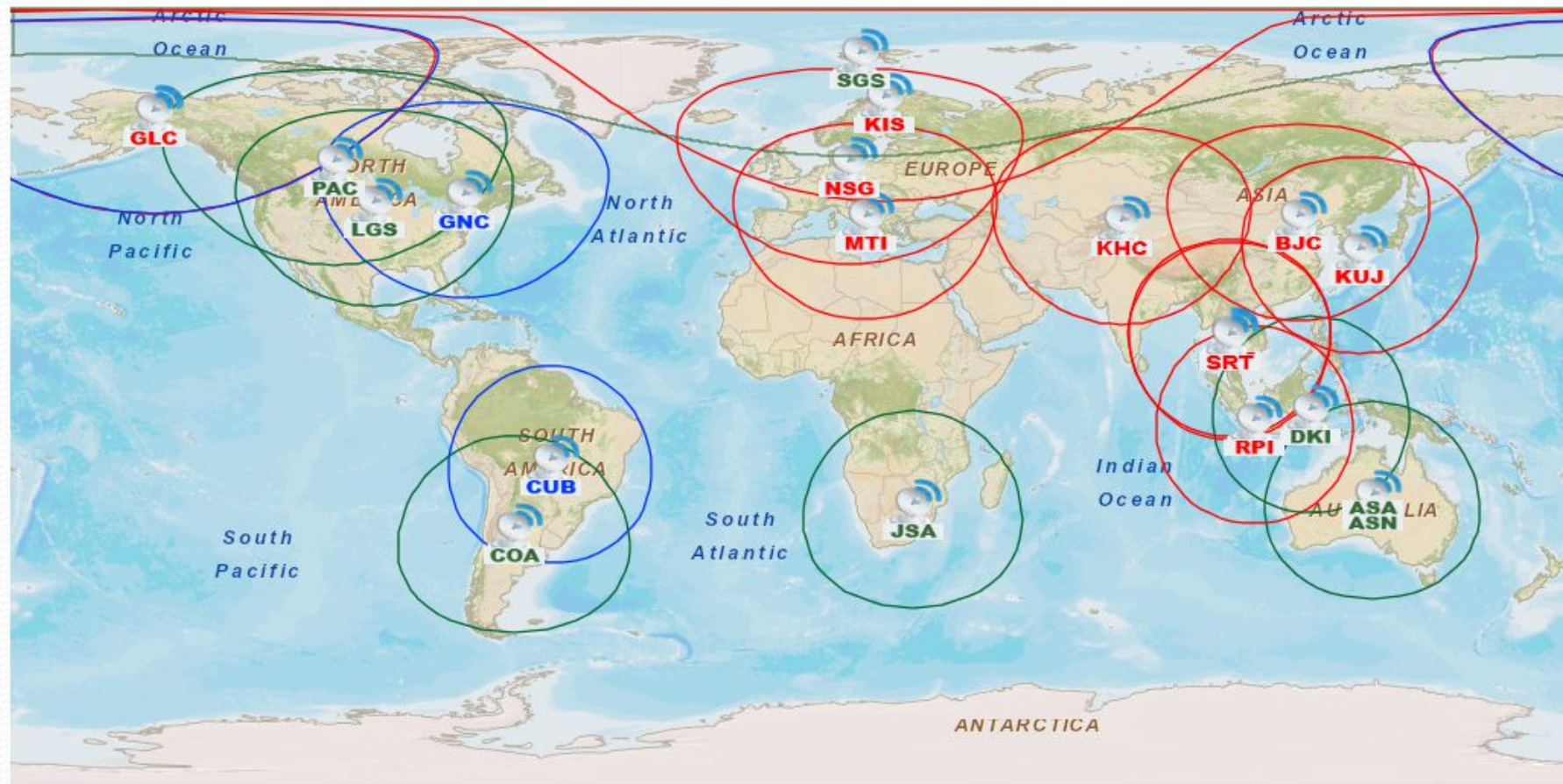
## PIXEL SIZE COMPARISONS



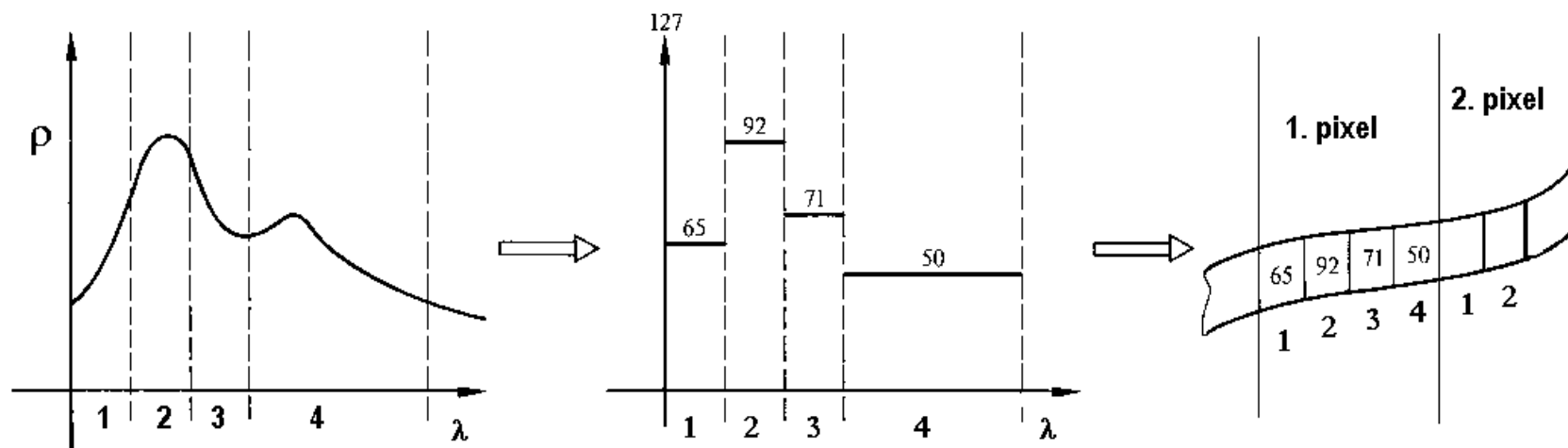
# System pozemních přijímacích stanic družic LANDSAT

- příjem zpráv o stavu družice
- vysílání povelů
- příjem snímků

[http://landsat.usgs.gov/about\\_ground\\_stations.php](http://landsat.usgs.gov/about_ground_stations.php)

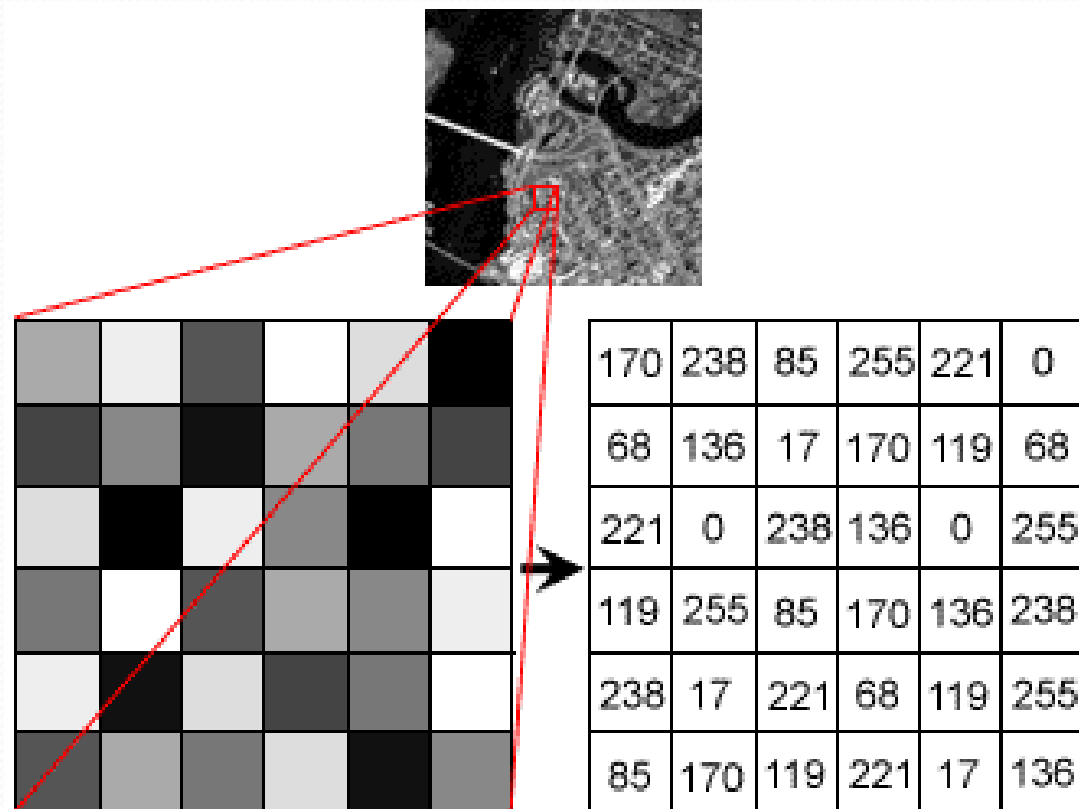


# Vznik digitálního obrazového záznamu



Naměřený signál je zaznamenáván v určitém počtu úrovní - v tzv. **dynamickém rozsahu**. Obrazová data zaznamenaná v 256 úrovních se označují jako 8-bitová.

# Digitální snímek



**Digitální snímek se skládá z množství tzv. obrazových prvků (pixelů). Každý pixel nese jedno číslo – toto číslo je prezentováno jako odstín šedi – DN hodnota – digital number**

# Vlastnosti digitálního snímku

**Obrazový záznam charakterizují čtyři základní druhy rozlišovacích schopností:**

- 1. Radiometrické rozlišení**
- 2. Spektrální rozlišení**
- 3. Prostorové rozlišení**
- 4. Časové rozlišení**



# Radiometrické rozlišení

Udává počet úrovní, do nichž je obraz zaznamenán

0



**6-bitů (64 úrovní)**

LANDSAT MSS

0



**8-bitů (256 úrovní)**

LANDSAT 7 TM

0



**10-bitů (1024 úrovní)**

NOAA - AVHRR

0

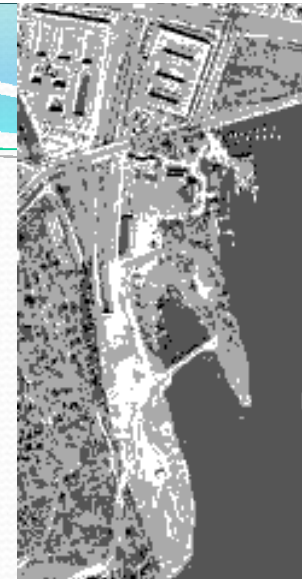


**12-bitů (4096 úrovní)**

LANDSAT 8 OLI

**Reálná čísla 32 tis., komplexní čísla**

SAR



4 úrovně



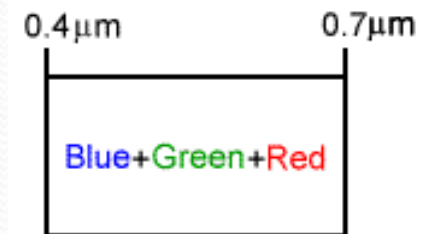
256 úrovní

# Spektrální rozlišení

- Počet vytvářených snímků v MS režimu
- Šířka intervalu zaznamenaných vlnových délek

**panchromatický snímek**

98	178	183	180
96	87	177	181
12	96	98	87
14	11	89	98

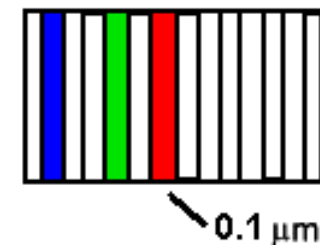
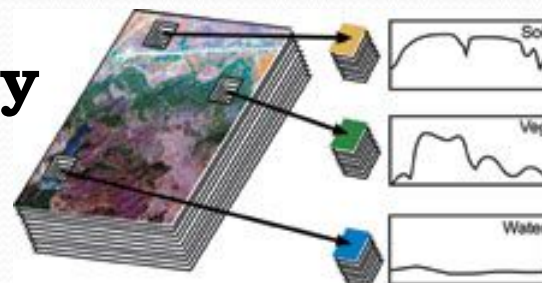


**multispektrální snímky**

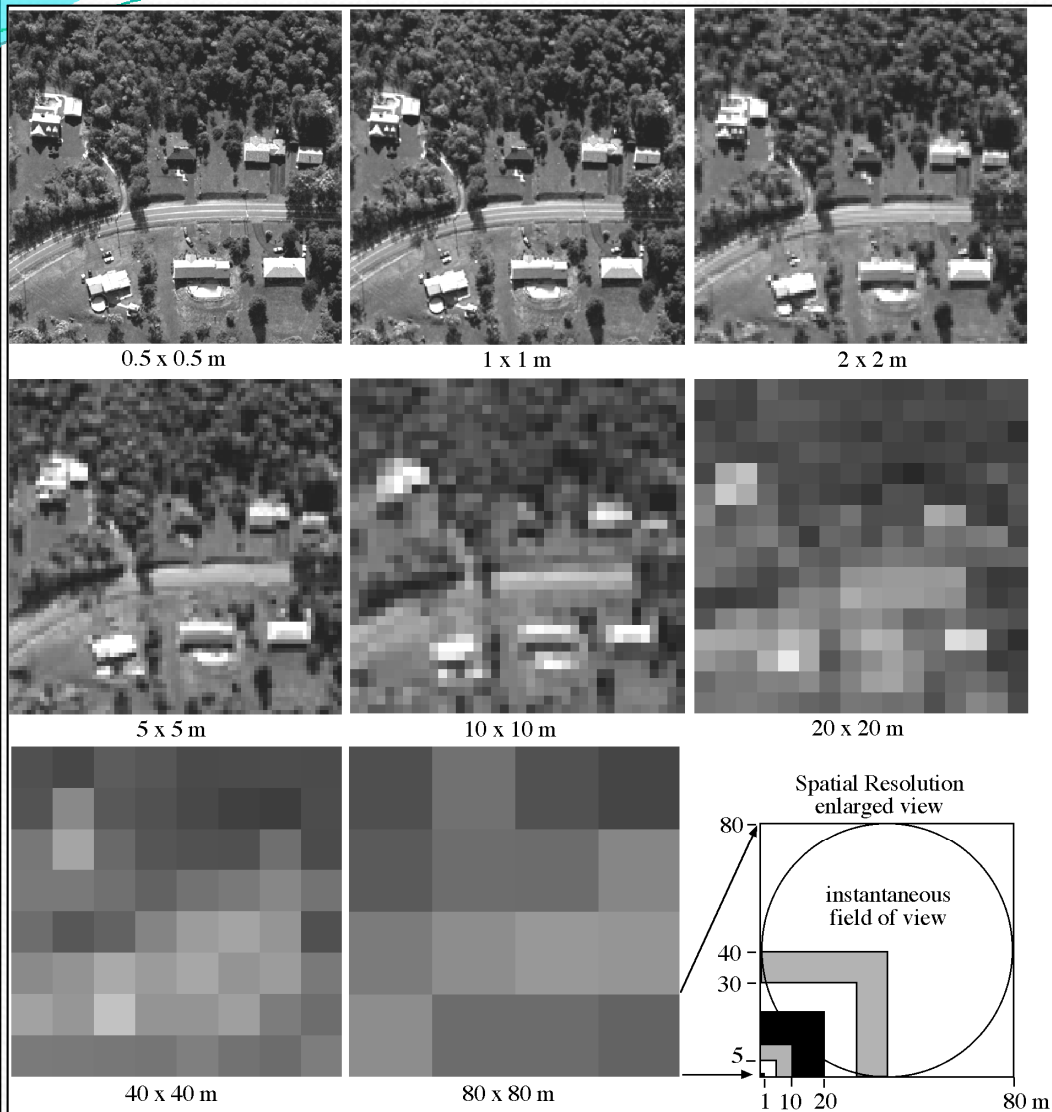
98	178	183	180
96	87	177	181
12	96	98	87
14	11	89	98



**hyperspektrální snímky**



# Prostorové rozlišení



**Zhruba odpovídá velikosti obrazového prvku**

<b>Družice</b>	<b>Pixel</b>
<b>METEOSAT 7</b>	<b>2,5-5 km</b>
<b>NOAA 17</b>	<b>1,1 km</b>
<b>LANDSAT 7</b>	<b>30 (15) m</b>
<b>SPOT 5</b>	<b>2,5 (10) m</b>
<b>QuickBird 2</b>	<b>0,65 m</b>
<b>WorldView-3</b>	<b>0,31 m</b>

# Prostorové rozlišení

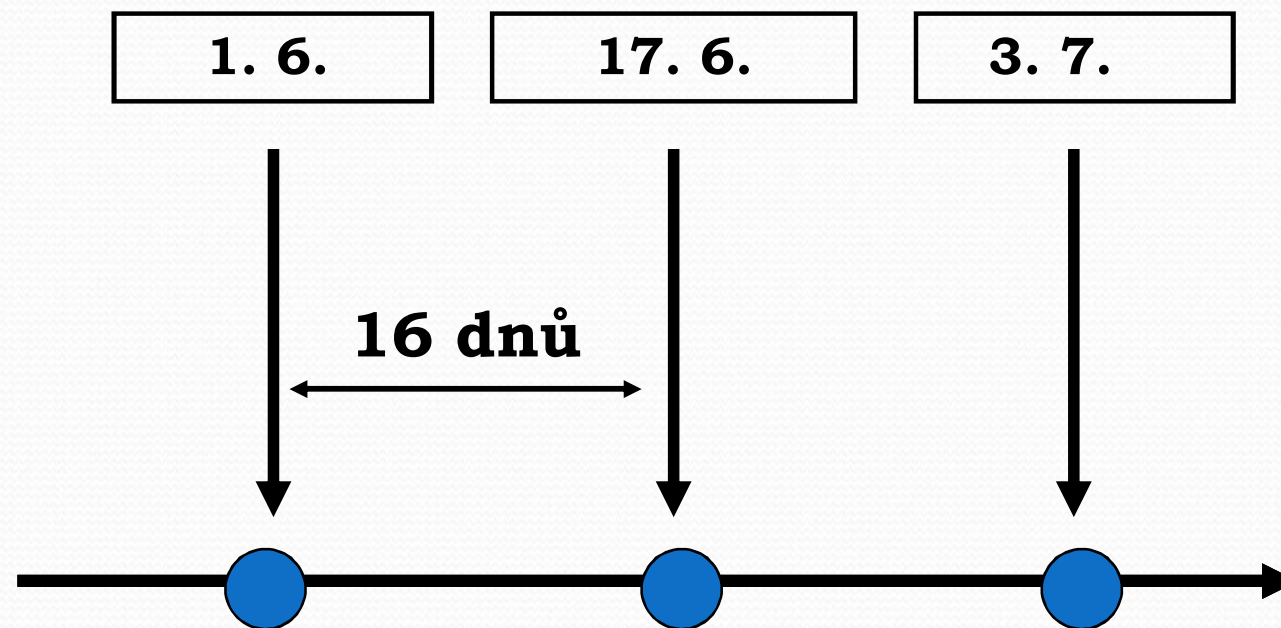
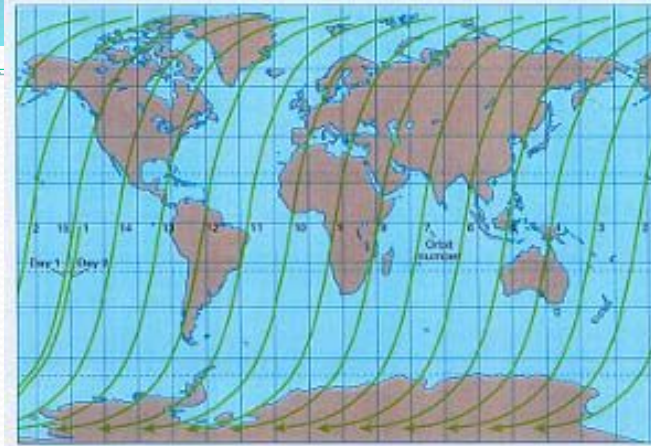
## Měřítko mapy a potřebná velikost pixelu

<b>1: 5000</b>	<b>0,7 m</b>	<b>QuickBird PAN</b>
<b>1: 10 000</b>	<b>1 m</b>	<b>Ikonos PAN</b>
<b>1: 25 000</b>	<b>2,5 m</b>	<b>SPOT 5 PAN</b>
<b>1: 50 000</b>	<b>5 - 6 m</b>	<b>IRS-1C PAN</b>
<b>1: 100 000</b>	<b>10 m</b>	<b>SPOT 4 PAN</b>
<b>1: 250 000</b>	<b>30 m</b>	<b>LANDSAT TM</b>

**Minimální velikost obrazového prvku nutná k interpretaci vybraných objektů**

<b>Objekt</b>	<b>Velikost pixelu (m)</b>
<b>jednotlivé menší budovy a cesty</b>	<b>2</b>
<b>menší silnice a vodní toky</b>	<b>5</b>
<b>hlavní silnice a bloky budov</b>	<b>10</b>

# Časové rozlišení



**Příklad časového rozlišení snímků z družice Landsat 5**

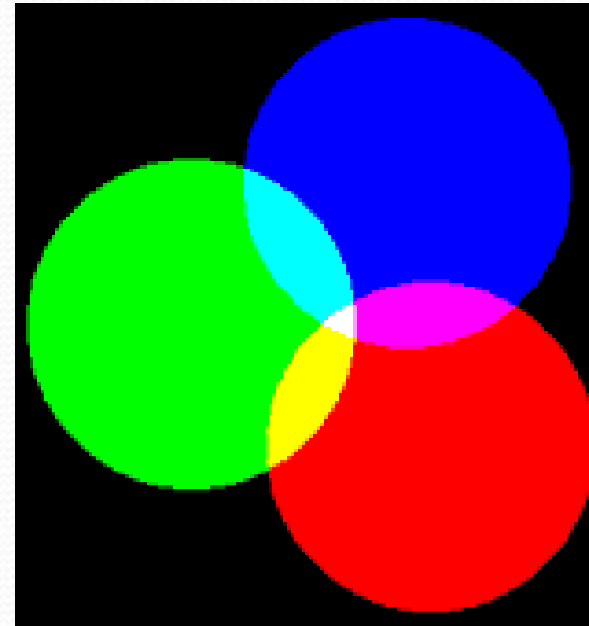
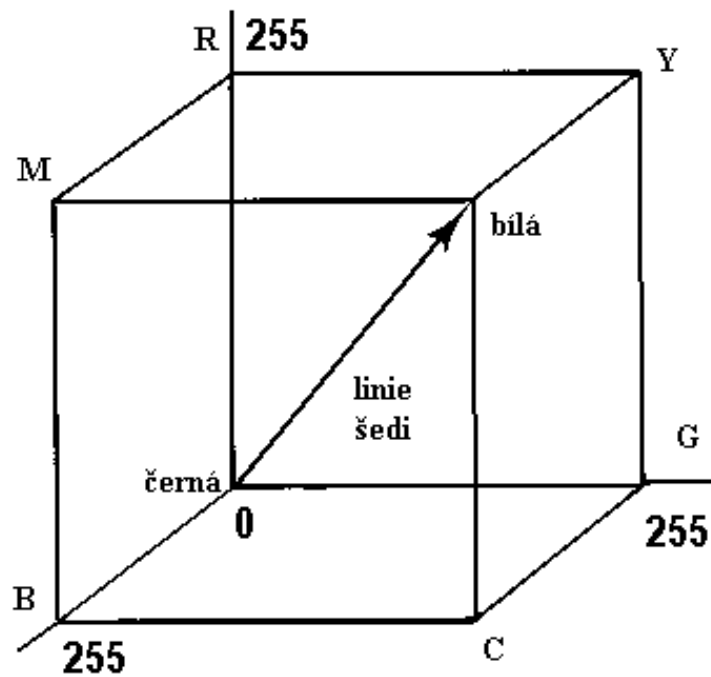
## **Časové rozlišení – frekvence s jakou systém vytváří snímky stejného území:**

<b>Družice</b>	<b>Časové rozliš.</b>	<b>Šířka scény</b>	<b>Pixel</b>
<b>METEOSAT 7</b>	<b>15 minut</b>	<b>polokoule</b>	<b>2,5-5 km</b>
<b>NOAA 17</b>	<b>12 hodin</b>	<b>2600 km</b>	<b>1,1 km</b>
<b>QuickBird 2</b>	<b>2-4 dny</b>	<b>11 km</b>	<b>0,65 m</b>
<b>LANDSAT 7</b>	<b>16 dnů</b>	<b>185 km</b>	<b>30 (15) m</b>
<b>SPOT 5</b>	<b>26 dnů</b>	<b>60 km</b>	<b>2,5 (10) m</b>

# **Základní způsoby vizualizace**

- 1. černobílý obraz**
- 2. barevná syntéza (RGB systém)**
- 3. pseudobarevný obraz (indexové barvy)**

# Barevná kostka



Blue + Green + Red = White

B + G = Cyan

B + R = Magenta

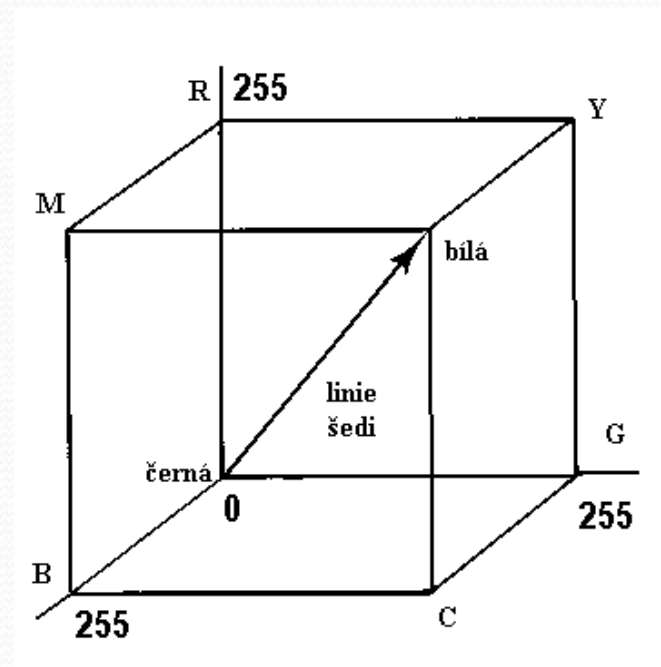
G + R = Yellow

**Aditivní skládání barev**



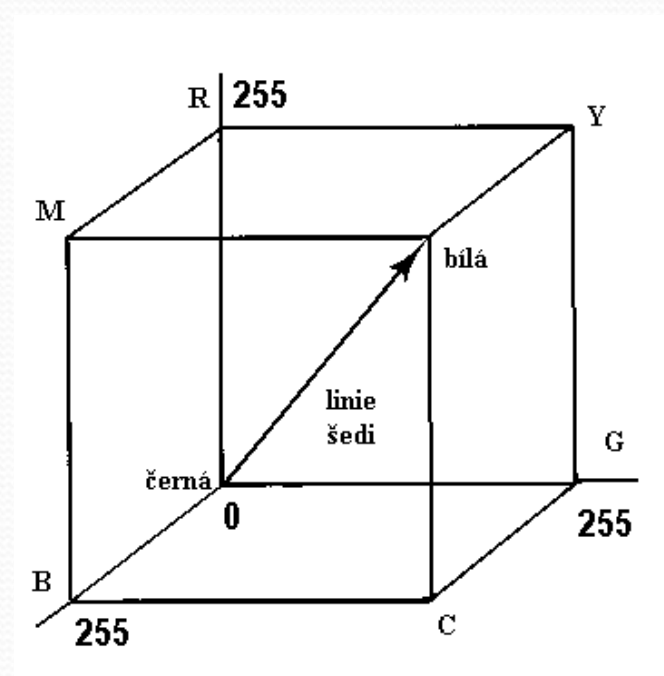
# Snímky v odstínech šedi (panchromatické snímky)

Vstupní	pásmo		Výsledný
R	G	B	odstín
0	0	0	černá
...	...	...	...
30	30	30	tmavě šedá
...	...	...	...
128	128	128	šedá
...	...	...	...
...	...	...	...
210	210	210	světle šedá
...	...	...	...
255	255	255	bílá



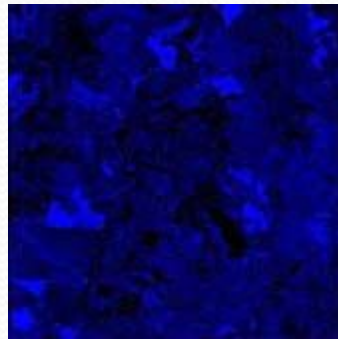
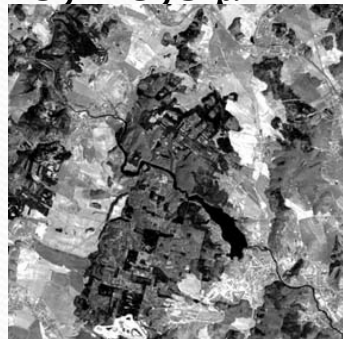
# Barevná syntéza (multispektrální snímky)

Vstupní pásma			Výsledná
R	G	B	barva
0	0	0	černá
30	30	30	tmavě šedá
...	...	...	...
...	...	...	...
0	120	0	tmavě zelená
0	255	0	zelená
...	...	...	...
...	...	...	...
255	255	0	žlutá
255	255	255	bílá

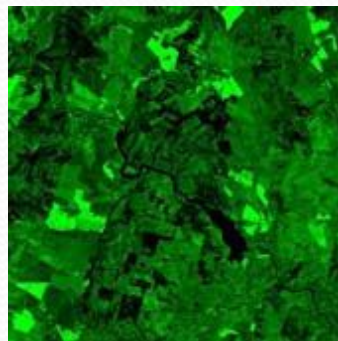
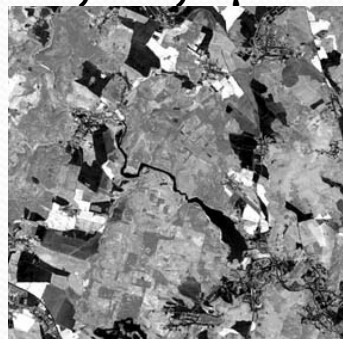


# Syntéza v přirozených barvách

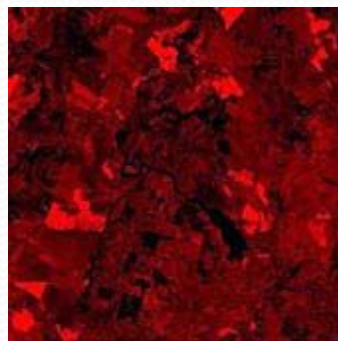
0,4-0,5  $\mu\text{m}$



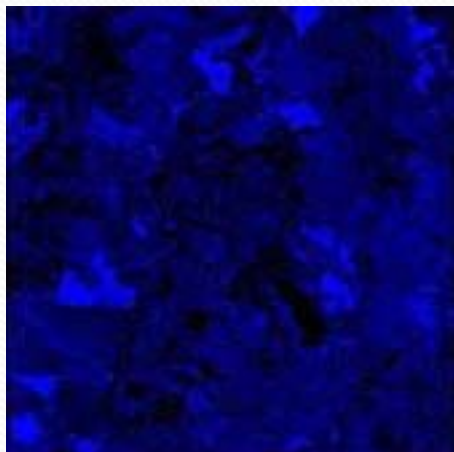
0,5-0,6  $\mu\text{m}$



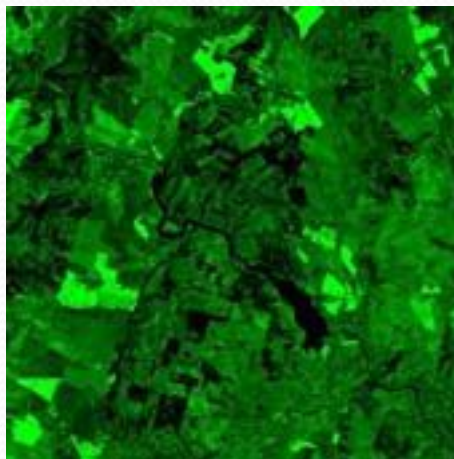
0,6-0,7  $\mu\text{m}$



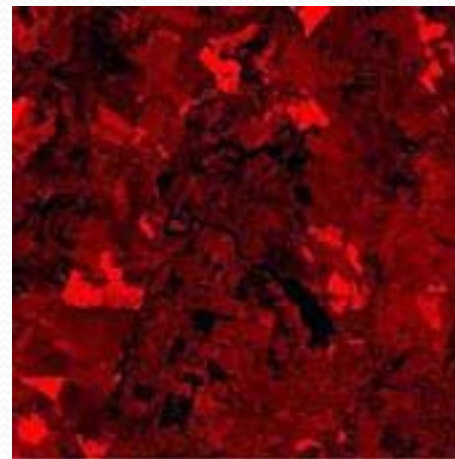
# Syntéza v nepravých barvách



0,5-0,6  $\mu\text{m}$

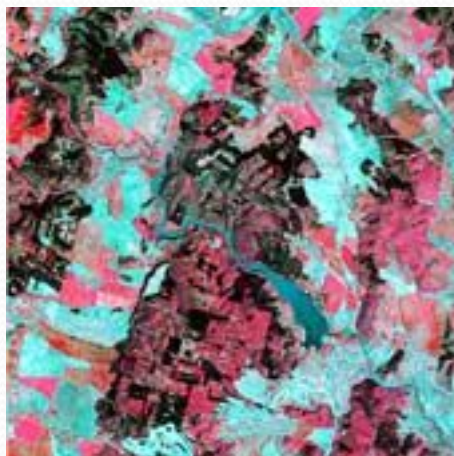


0,6-0,7  $\mu\text{m}$



0,8-0,9  $\mu\text{m}$

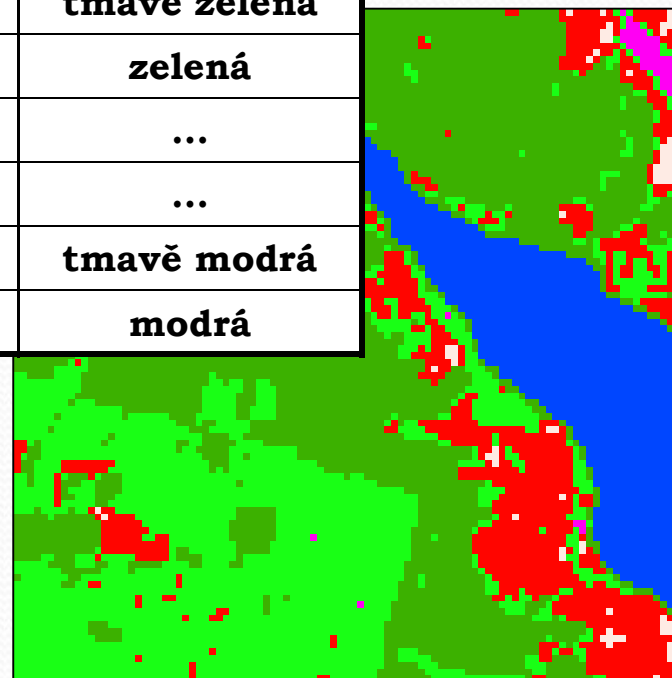
**Snímek z  
infračervené části  
spektra**



# Pseudobarevný režim

(Snímky jako výsledky klasifikace )

Vstupní pásmo	R	G	B	Výsledná barva
0	255	255	255	bílá
1	175	125	0	světle hnědá
2	255	255	0	žlutá
...	...	...	...	...
...	...	...	...	...
90	25	96	0	tmavě zelená
91	0	255	0	zelená
...	...	...	...	...
...	...	...	...	...
254	0	0	180	tmavě modrá
255	0	0	255	modrá



hola pole	■
les jehl	■
les list	■
mesto	■
pole	■
voda	■
nezarazeno	■
mix hole pol	■
mix jehl	■
mix list	■
mix voda	■
mix mesto	■

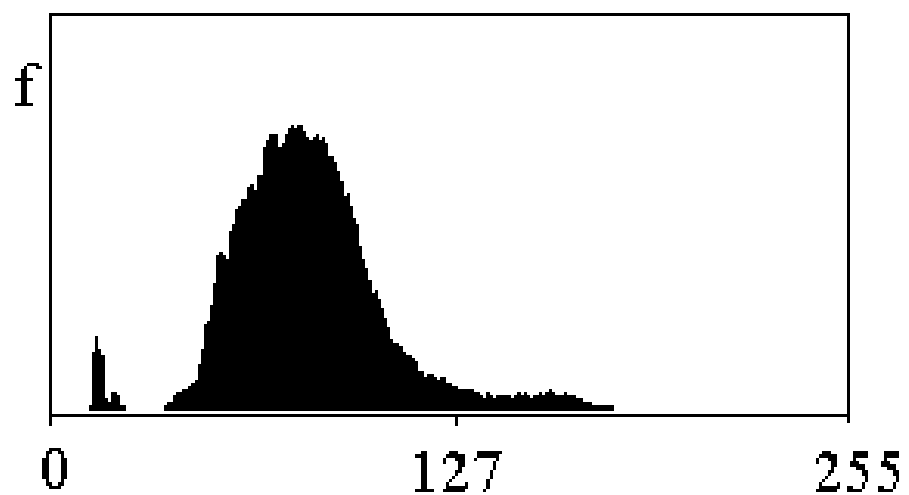
# Histogram obrazu

- **základní způsob informace o rozložení DN hodnot v obraze**
- **základní prostředek pro zvýraznění obrazu (úpravu kontrastu)**
- **nástroj pro jednoduchou klasifikaci**

**Pro prvotní analýzu jsou důležité tyto charakteristiky**

- **tvár histogramu (počet vrcholů, lokální minima)**
- **rozsah zaznamenaných DN hodnot (min a max)**
- **poloha v rámci možného dynamického rozsahu**

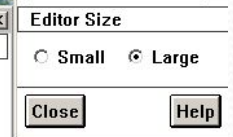
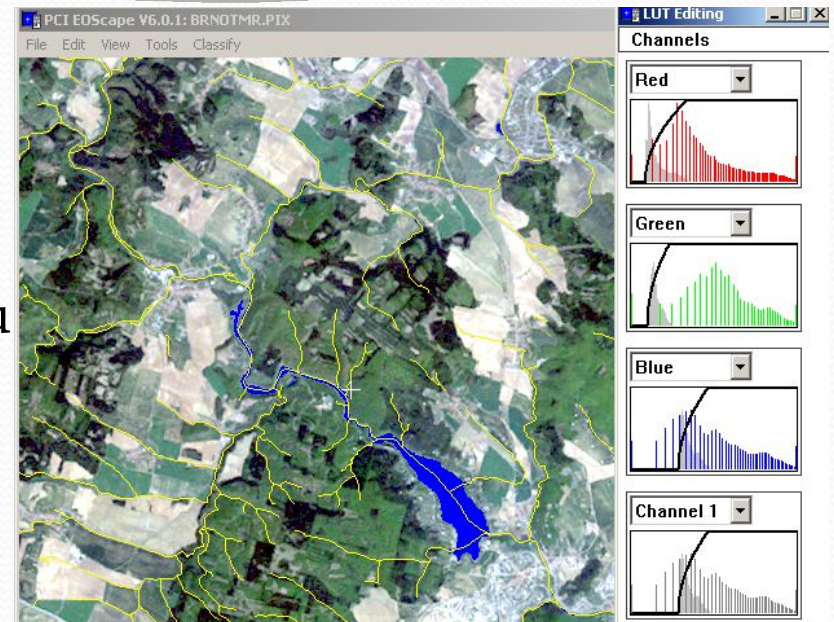
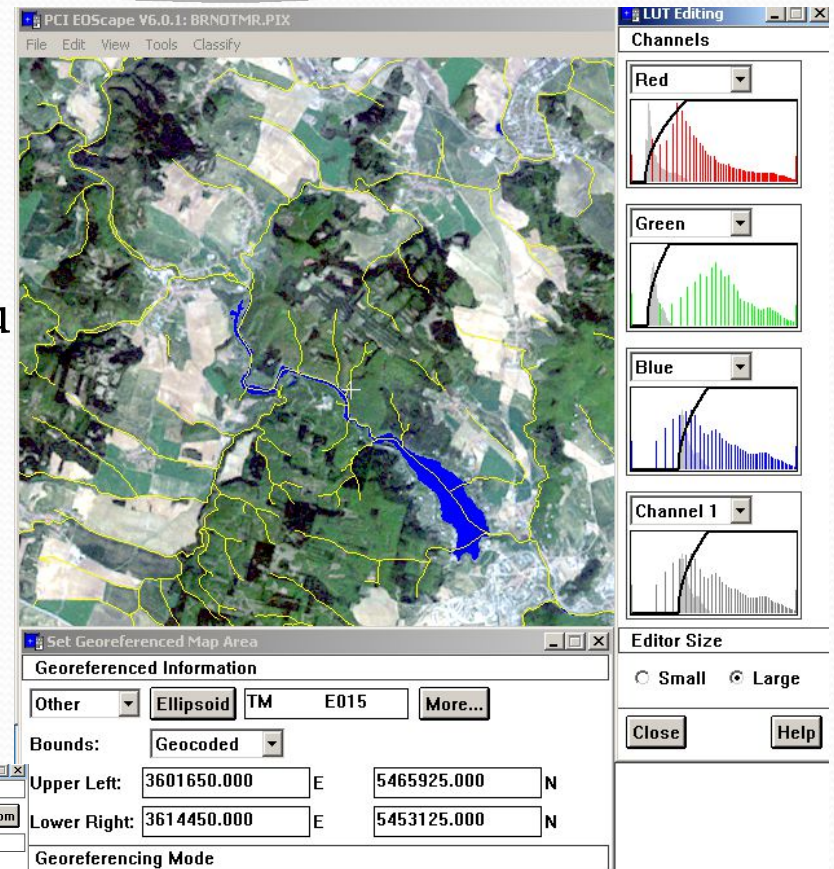
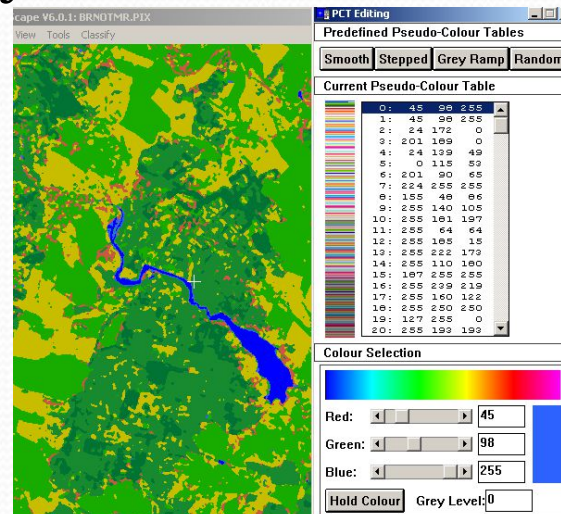
# Histogram obrazu



aritmetický průměr:	82,6
medián:	80,0
minimum:	6
maximum:	254
směrodatná odchylka:	26,9

# Podpůrná data obrazových záznamů

- georeferenční data
- georeferenční body
- bitové mapy
- vektorová prezentace liniových prvků
- spektrální příznaky
- textové informace
- zobrazovací tabulky
- pseudobarevné tabulky
- parametry dráhy nosiče





# Kompresní algoritmy

**Zvyšující se nároky na objem obrazových dat jsou podmíněny následujícími faktory:**

- **zlepšování prostorového rozlišení snímků**
- **hyperspektrální snímání**
- **potřeba přenosu dat (internet)**

**Dělení algoritmů:**

- **ztrátové a bezztrátové**
- **symetrické a asymetrické**
- **kompresní poměr**

# Bezztrátové algoritmy

## RLE (Run Length Encoding) – PCX, BMP

3	3	3	3	1	1	1	1	1	5	5	5	4	4	4	4
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

podle RLE algoritmu bude kódování:

3 4 1 5 5 3 4 4

## Huffmanovo kódování

Založeno na postupném sčítání frekvencí DN hodnot, které se v histogramu snímku vyskytují s nejmenší pravděpodobností

## LZW komprese – TIFF, GIF

Hledá se opakovaný výskyt stejných sekvencí hodnot. Uchovává se pouze odkaz na první výskyt řetězce.

# Ztrátové algoritmy

## **Fourierovy transformace, DCT - JPEG**

Posloupnost sin a cos funkcí (analogie analýzy časových řad ve 2D)

## **Fraktálové komprese**

## **Vlnkové komprese**

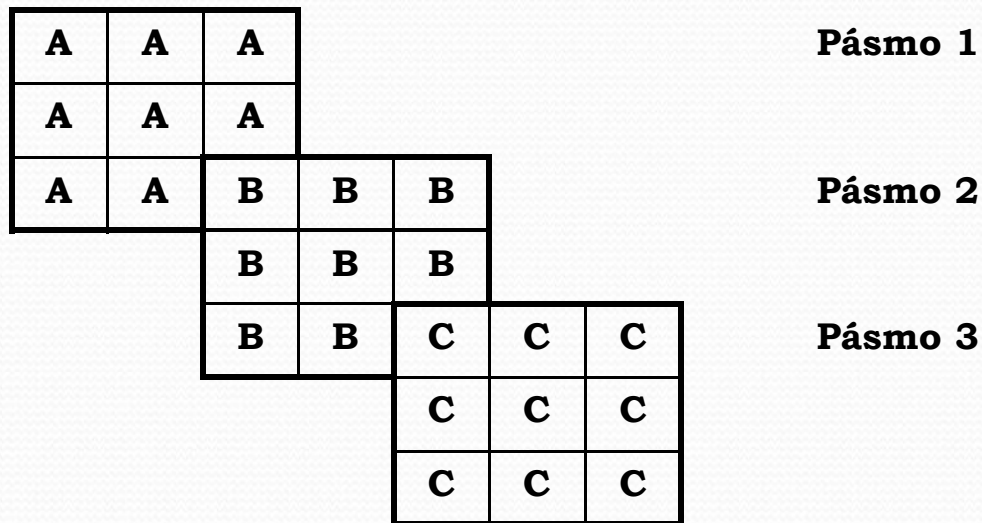
**MrSID – Multi-resolution Seamless Image Database**

**[www.lizardtech.com](http://www.lizardtech.com)**

**ECW**

**[www.ermapper.com](http://www.ermapper.com)**

# Obrazové soubory, systém uložení dat



**Obecné obrazové formáty:**

<b>BIP</b>	<b>ABCABCABC</b>	<b>ABCABCABC</b>	
<b>BIL</b>	<b>AAABBBCCC</b>	<b>AAABBBCCC</b>	
<b>BSQ</b>	<b>AAAAAA</b>	<b>BBBBBB</b>	<b>CCCCCC</b>

**BSQ (band sequential)**

**BIL (band interleaving by line)**

**BIP (band interleaving by pixel)**

## Objemy dat u vybraných družicových scén

<b>Družice a typ dat</b>	<b>Rozměr scény [km]</b>	<b>Počet pásem</b>	<b>Rozměr pixelu [m]</b>	<b>Paměťové nároky [MB]</b>
<b>LANDSAT MSS</b>	<b>185 x 185</b>	<b>4</b>	<b>80</b>	<b>30</b>
<b>LANDSAT TM</b>	<b>185 x 185</b>	<b>7</b>	<b>30 (120)</b>	<b>300</b>
<b>SPOT XS</b>	<b>60 x 60</b>	<b>3</b>	<b>20</b>	<b>27</b>
<b>SPOT PAN</b>	<b>60 x 60</b>	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>36</b>