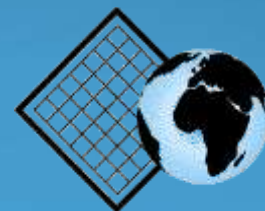


Nekonvenční metody snímání zemského povrchu

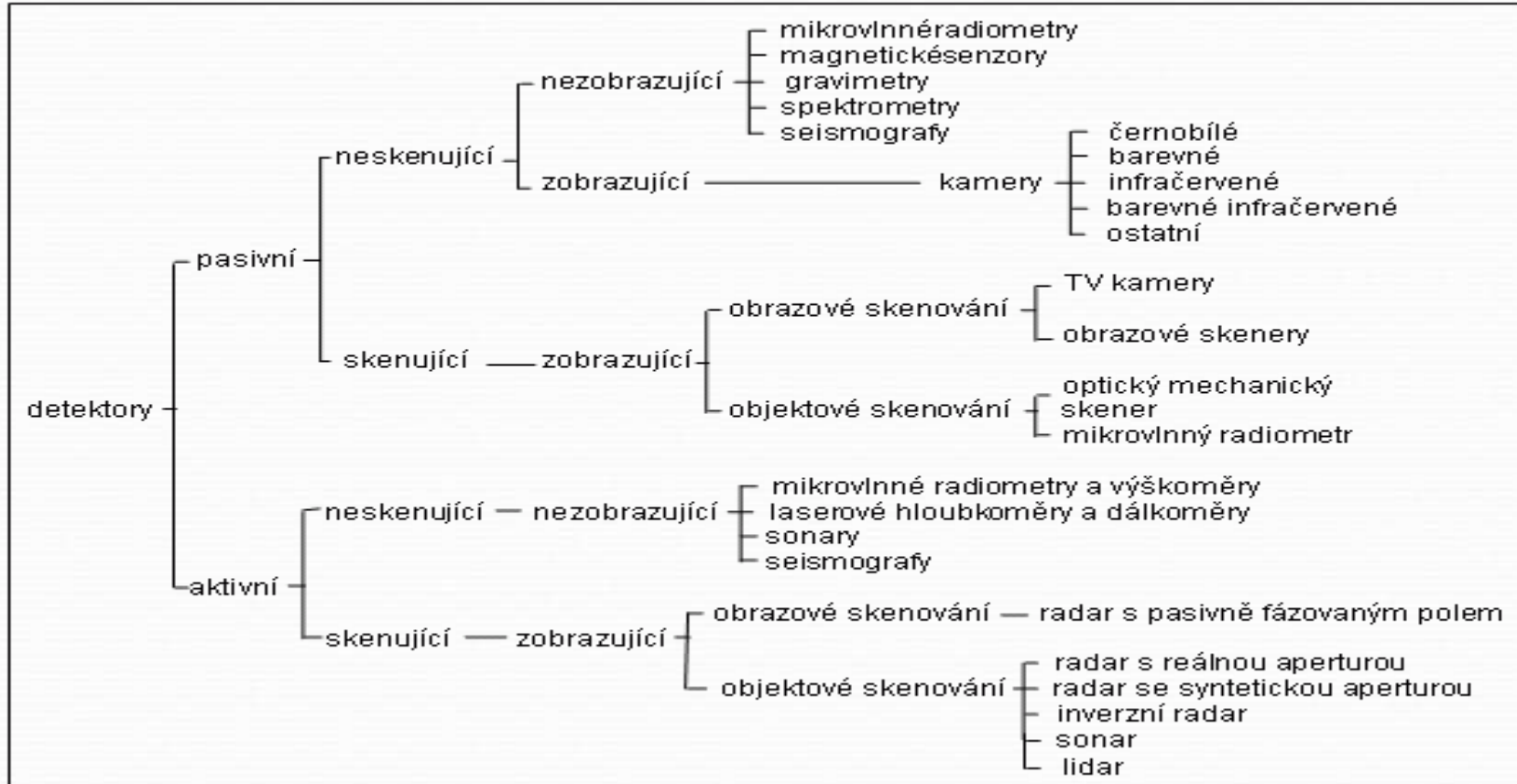


Specifika nekonvenčních metod

- 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 mikrometrů až do 1m).
- 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)

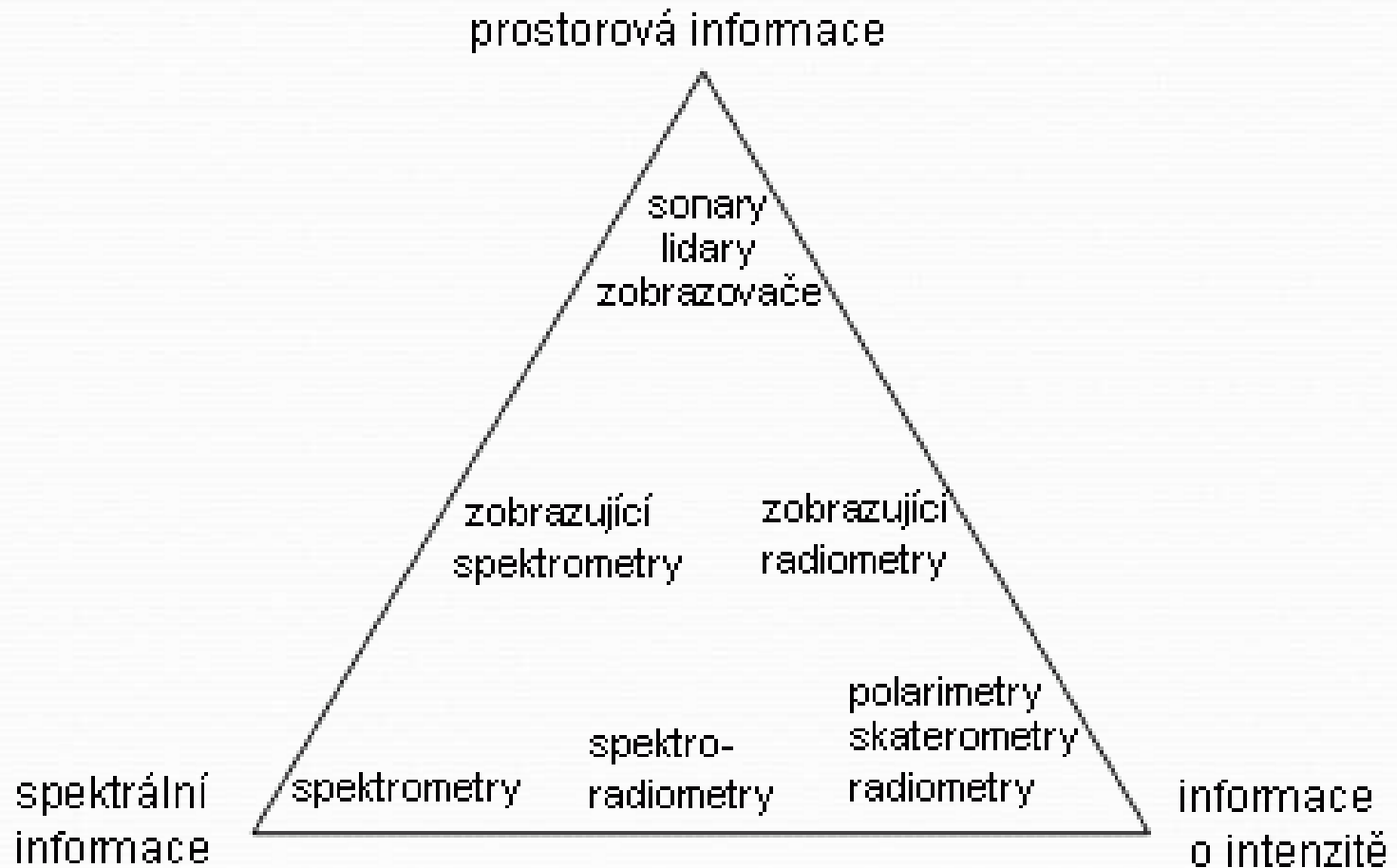


Charakteristiky detektorů:

- **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 μs či 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

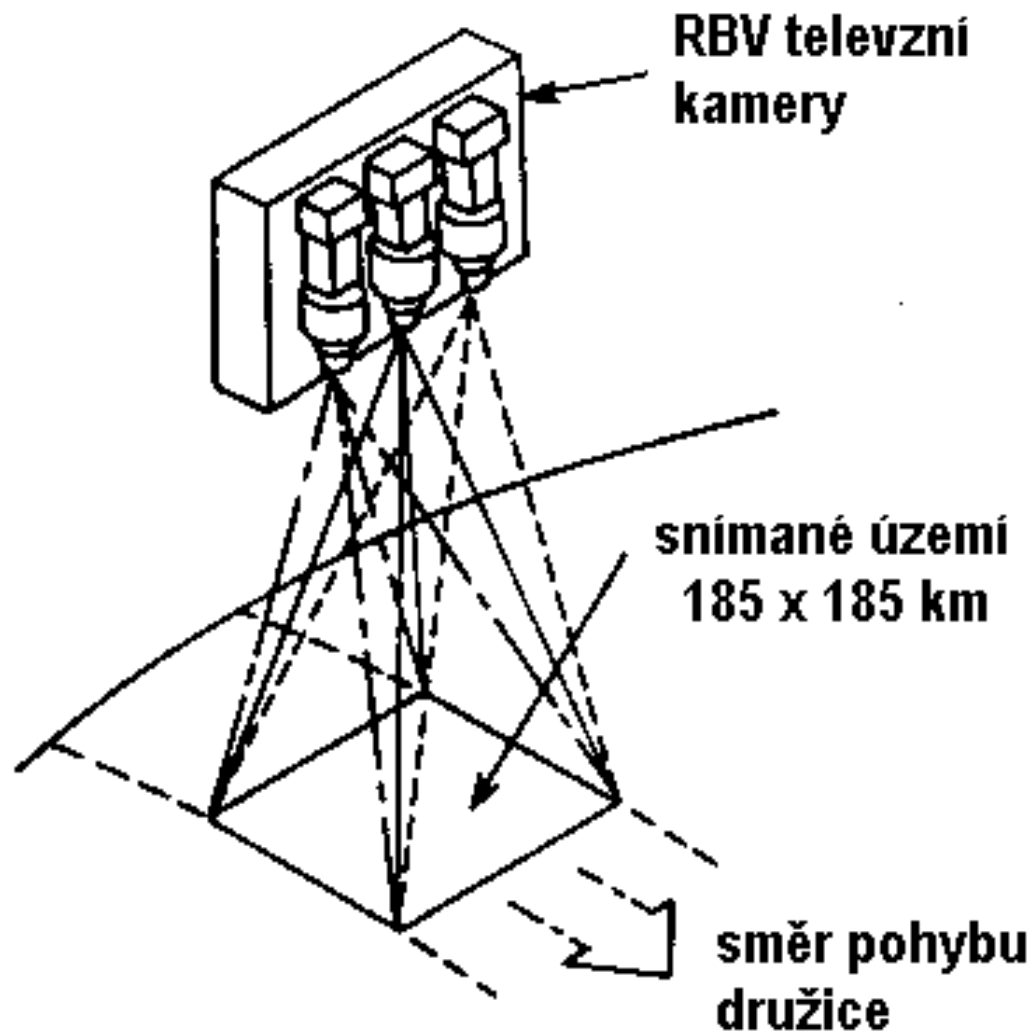
- Detektory poskytují v zásadě tři skupiny informací: *informace prostorové, spektrální a informace o intenzitě pole*



Druhy snímacích zařízení

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

Televizní systémy



Představovaly přechod mezi klasickými fotografiemi a snímacími rozkladovými zařízeními.

Pracovaly ve viditelném a infračerveném oboru spektra.

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 měřící 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.

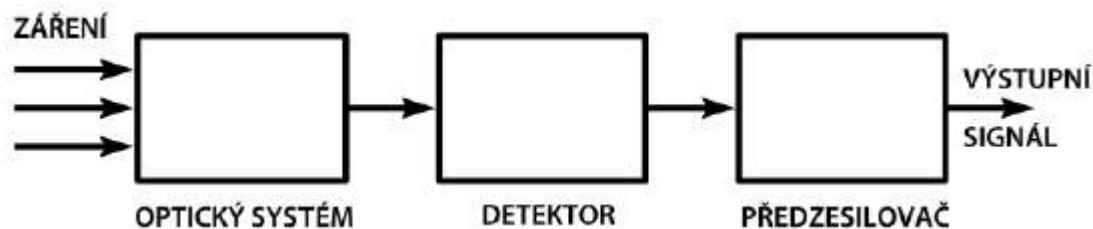
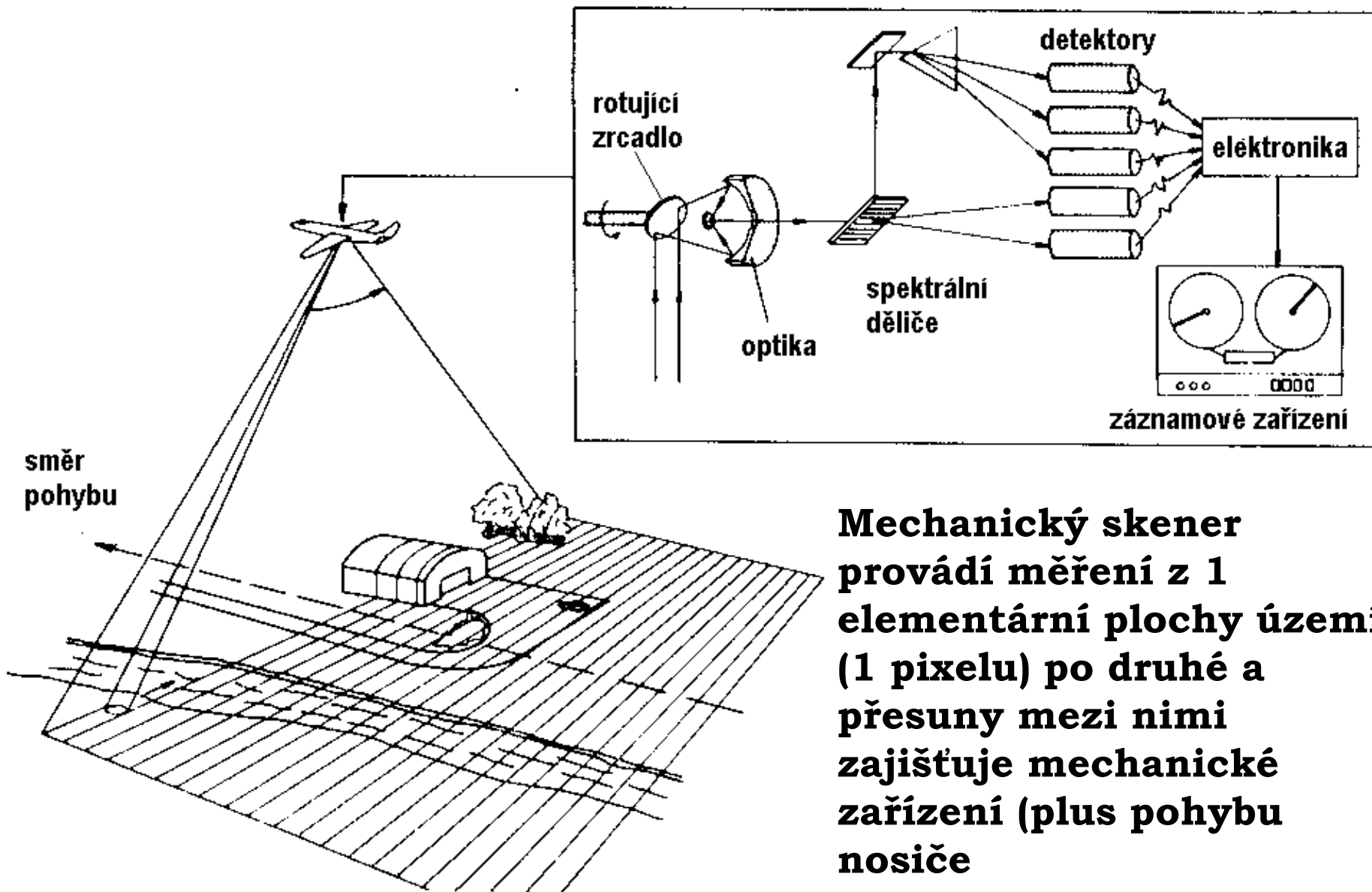


schéma konstrukce radiometru

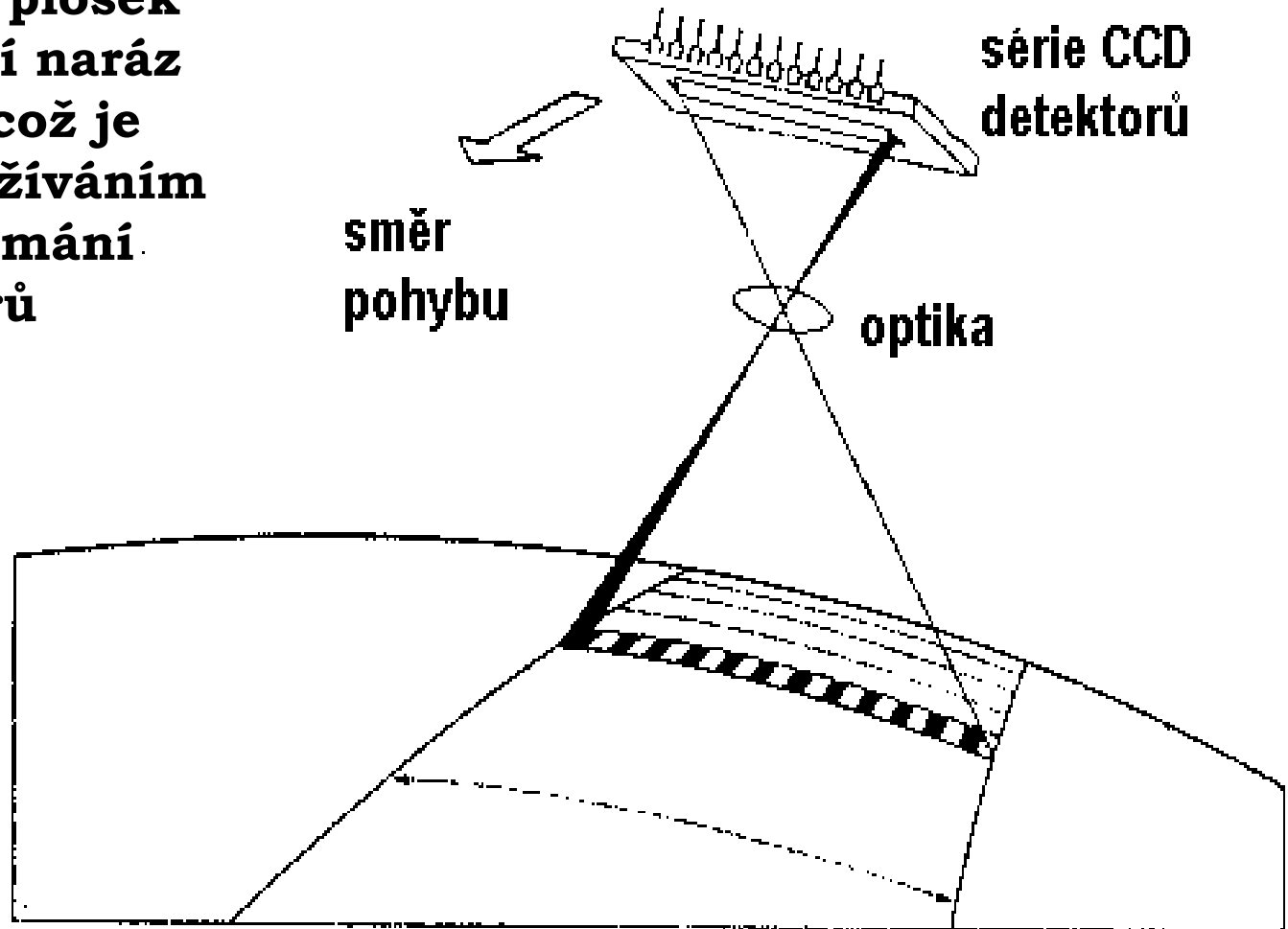
Příčné skenování (mechanooptický) skener



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

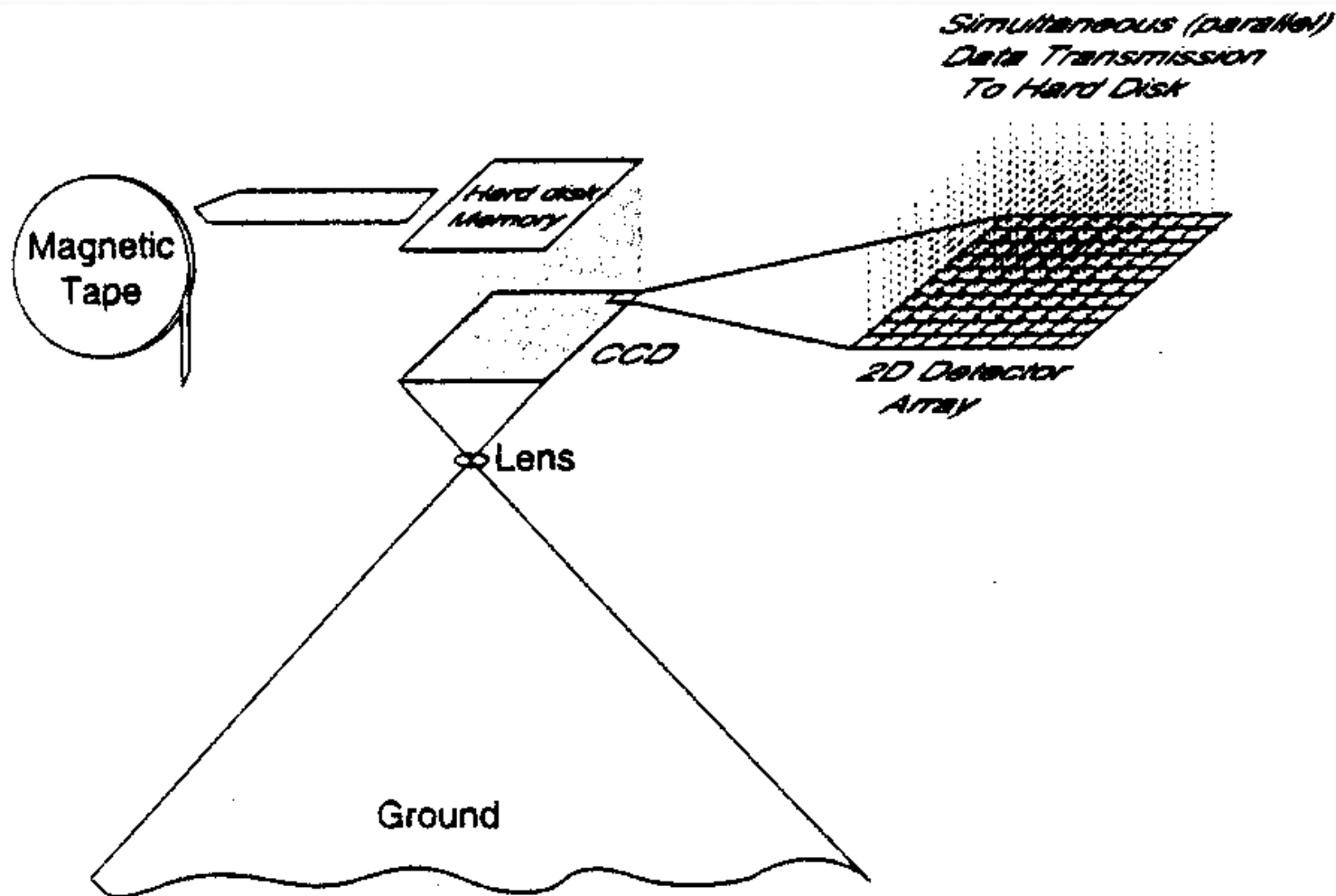
Podélné skenování (elektrooptický, pushbroom, stírací) skener

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



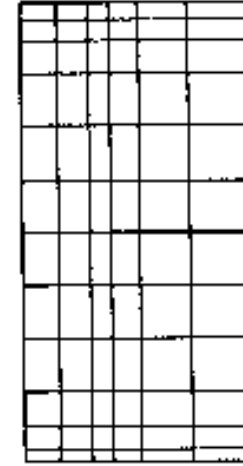
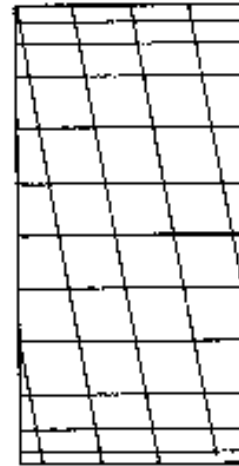
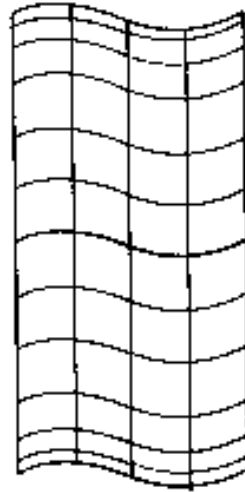
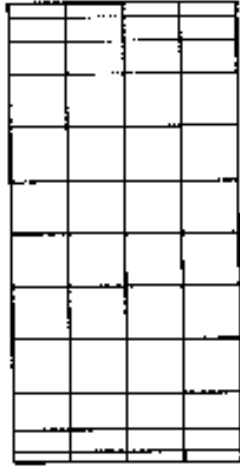
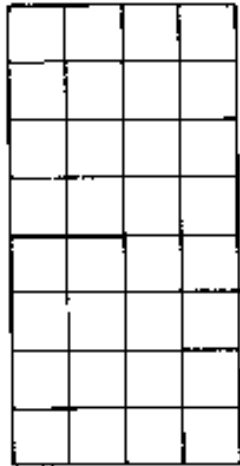
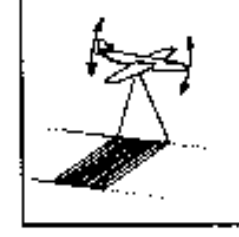
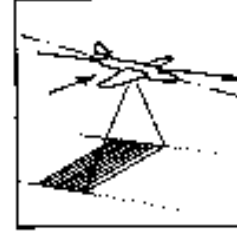
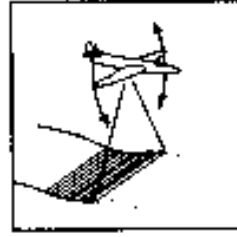
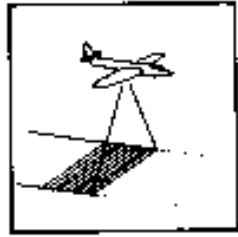
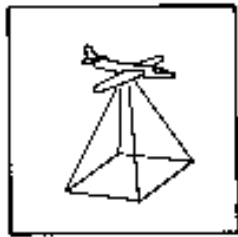
Digitální kamery

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

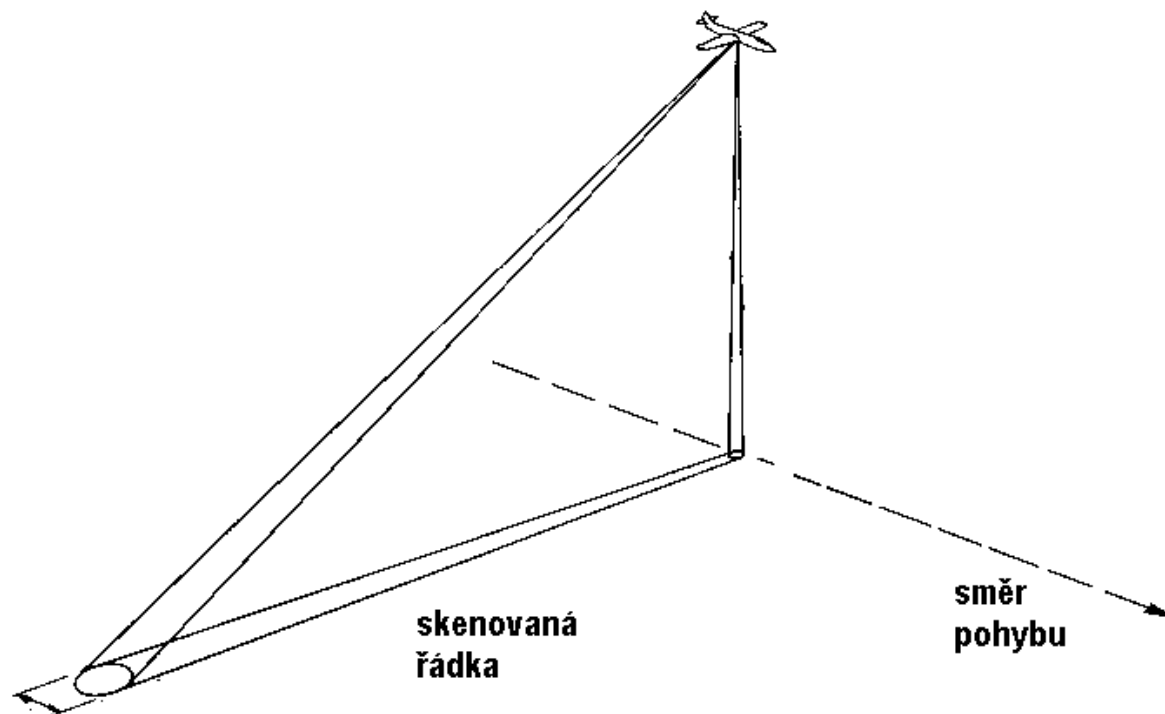


Geometrické vlastnosti obrazových záznamů

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



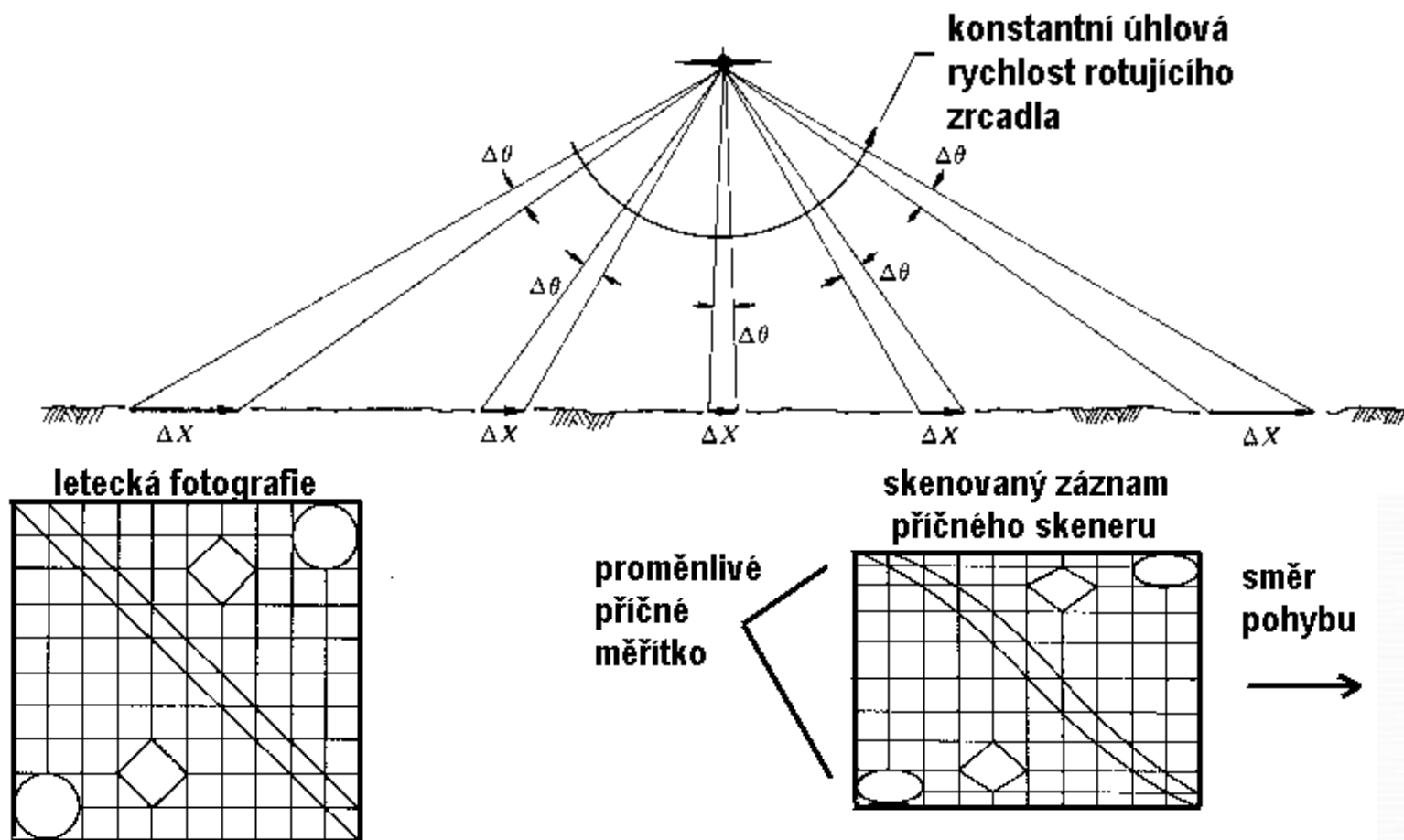
Kolísání velikosti obrazového prvku



Princip kolísání velikosti obrazového prvku příčně skenovaného obrazového záznamu

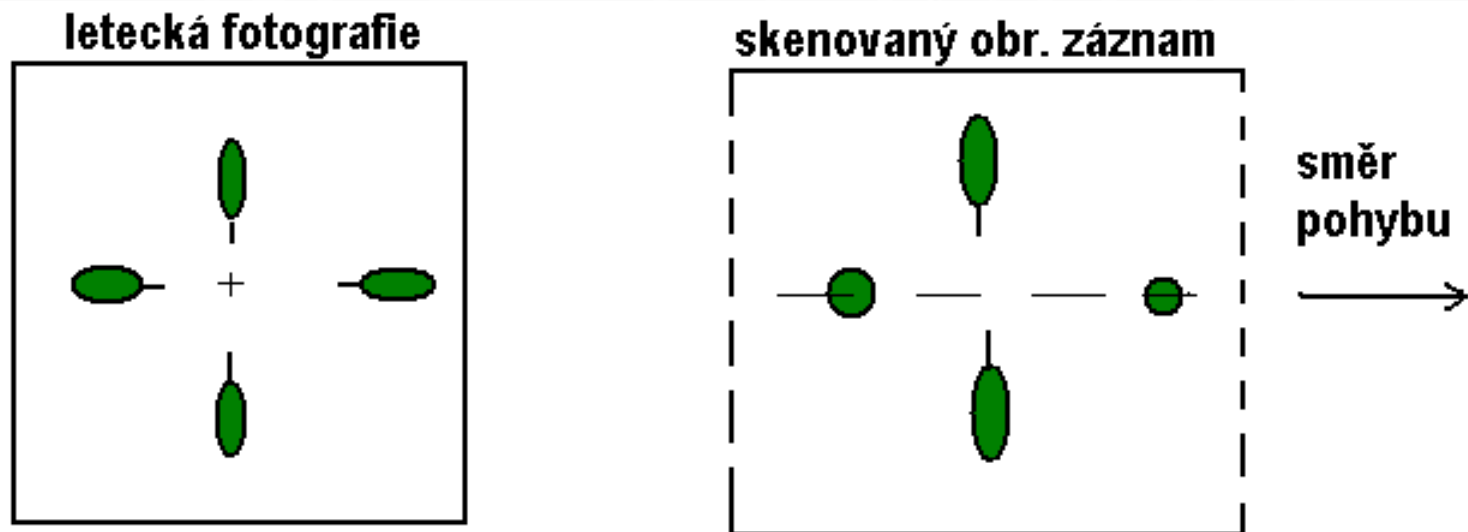
Tangenciální změny měřítka

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



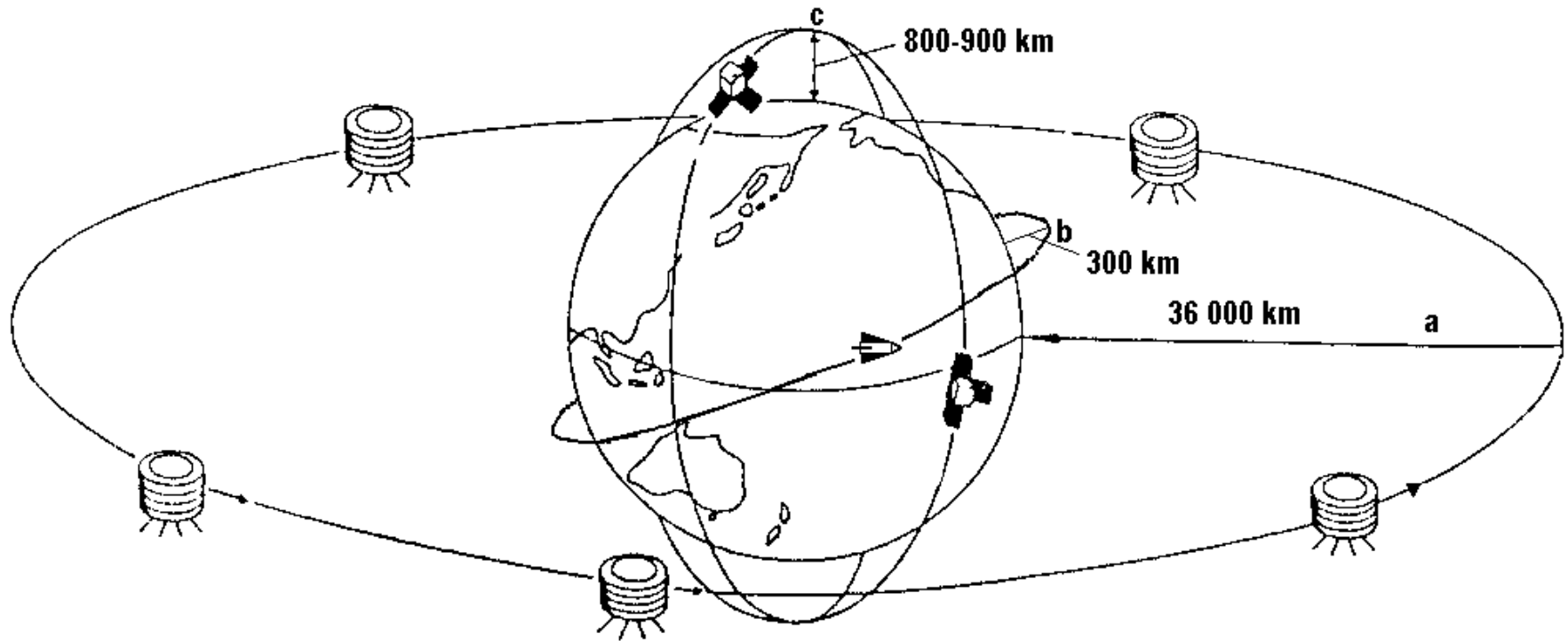
Porovnání efektu relativní změny v poloze objektů na letecké fotografii (a) a skenovaném záznamu (b)

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.

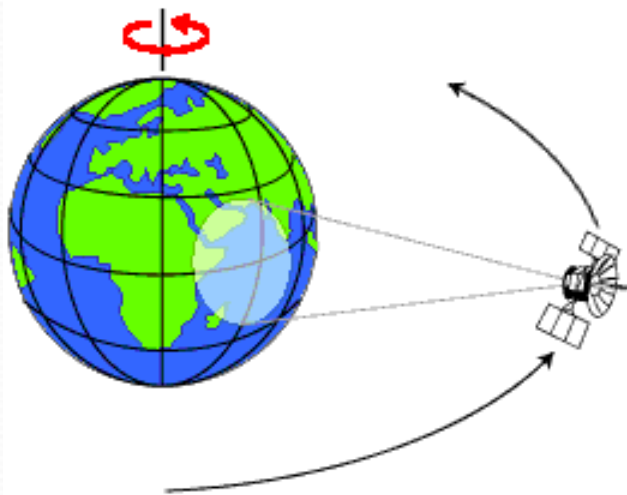
Oběžné dráhy družic

- dráhy rovníkové
- dráhy šikmé
- dráhy subpolární

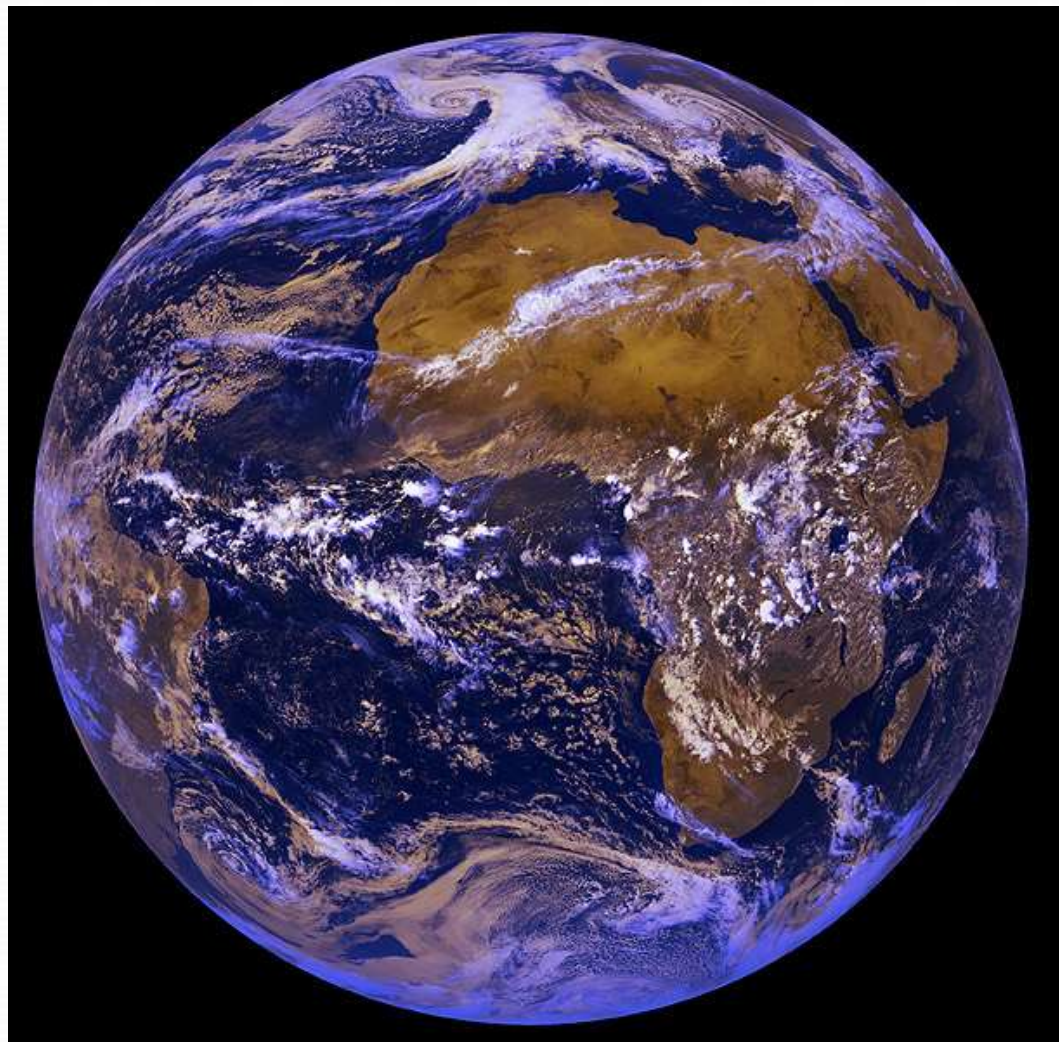
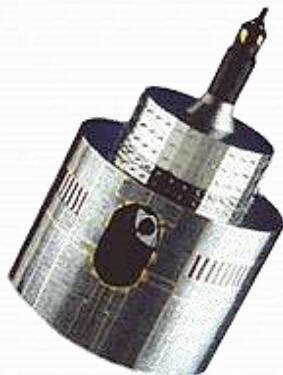


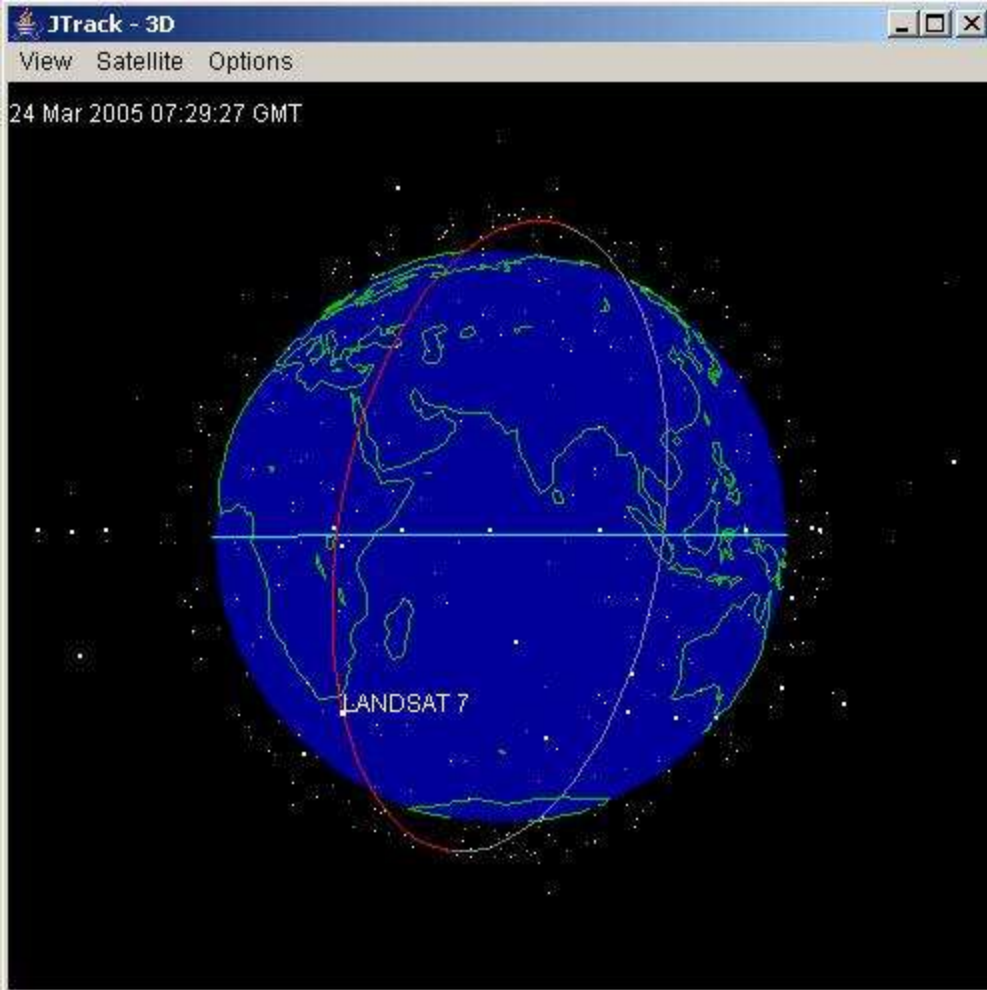
Dráhu charakterizuje především výška a inklinace

Rovníková oběžná dráha (geostacionární)

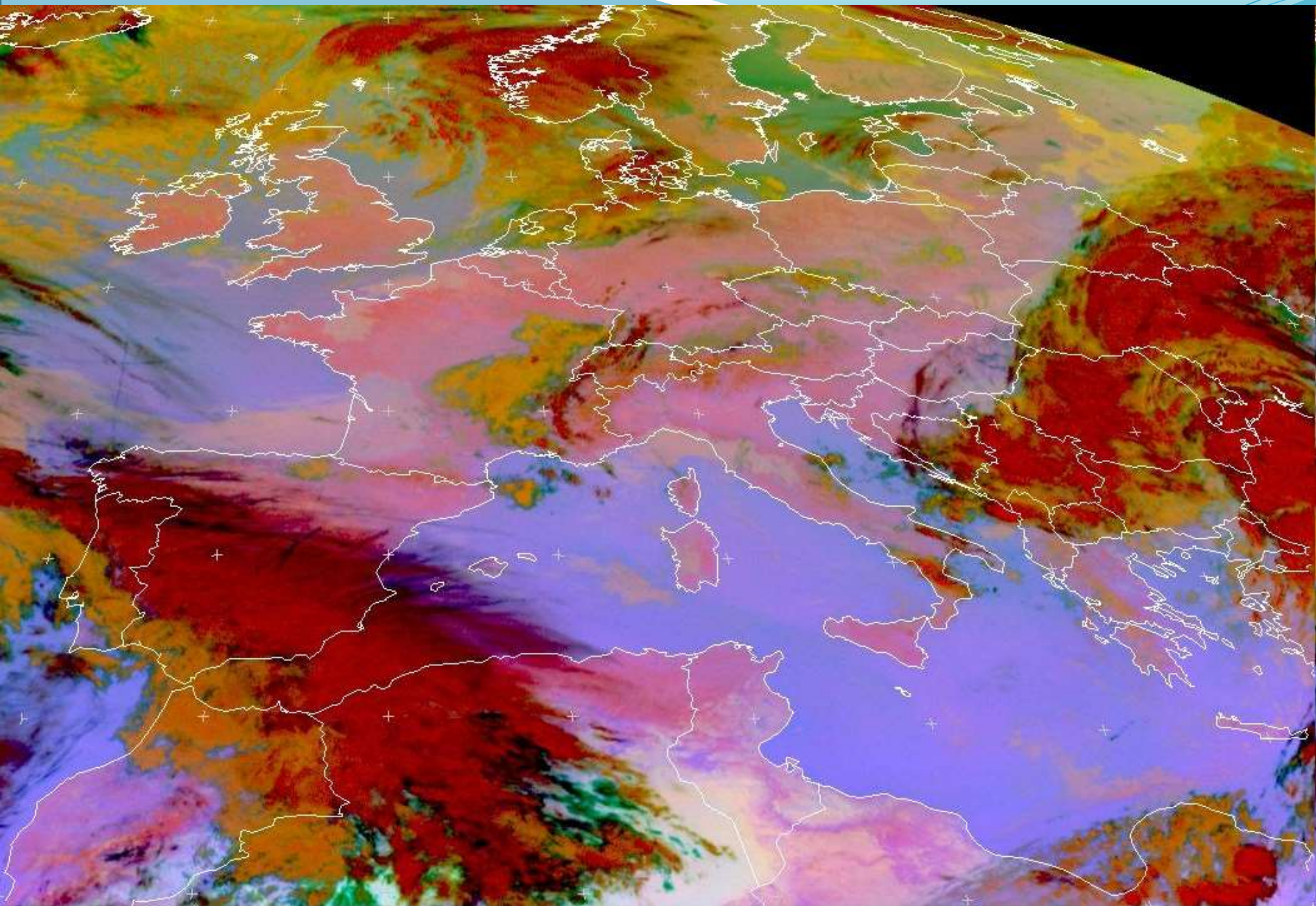


METEOSAT

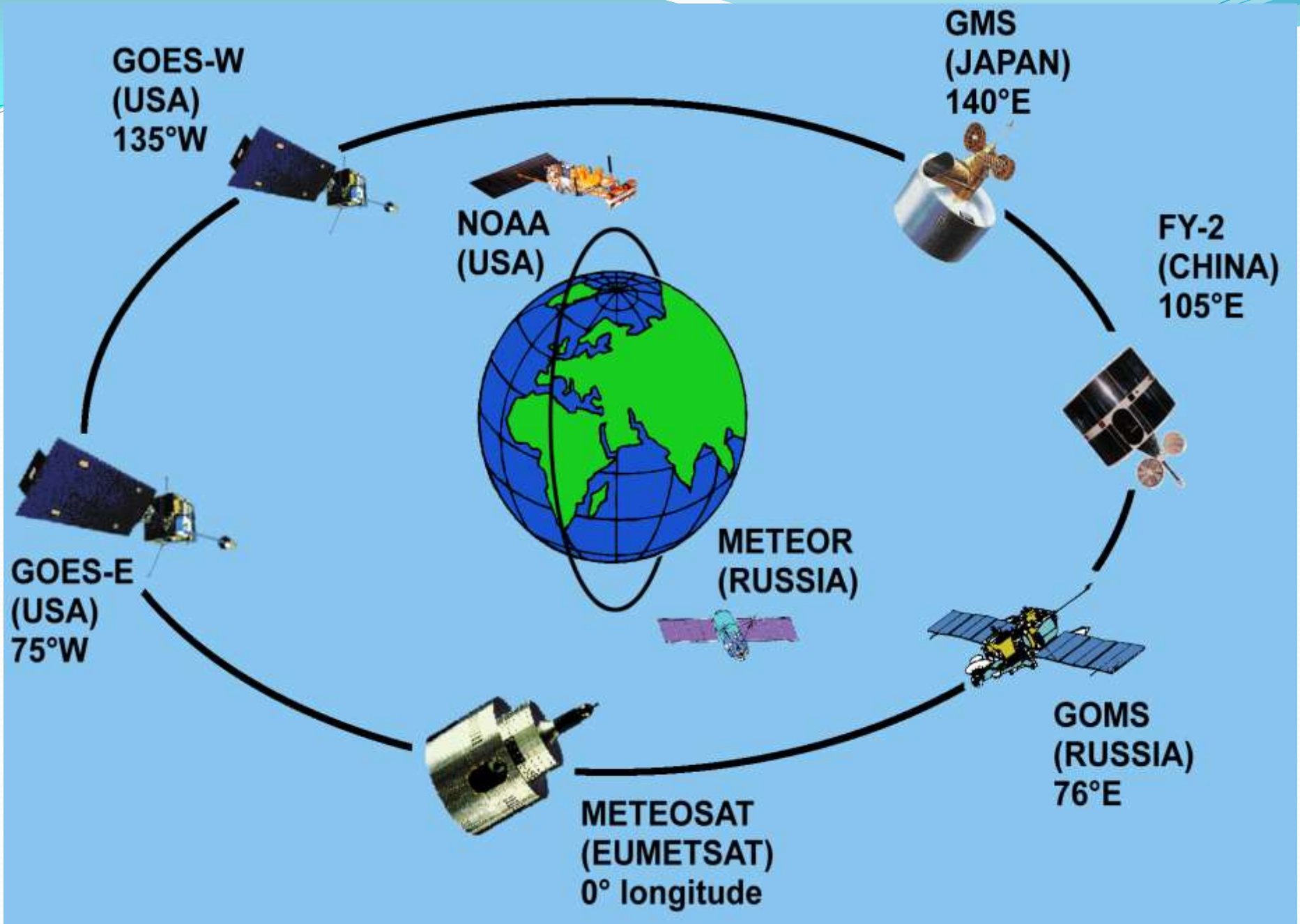




<http://science.nasa.gov/realtime/jtrack/3d/JTrack3D.html/>



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



**GOES-W
(USA)
135°W**

**GMS
(JAPAN)
140°E**

**NOAA
(USA)**

**FY-2
(CHINA)
105°E**

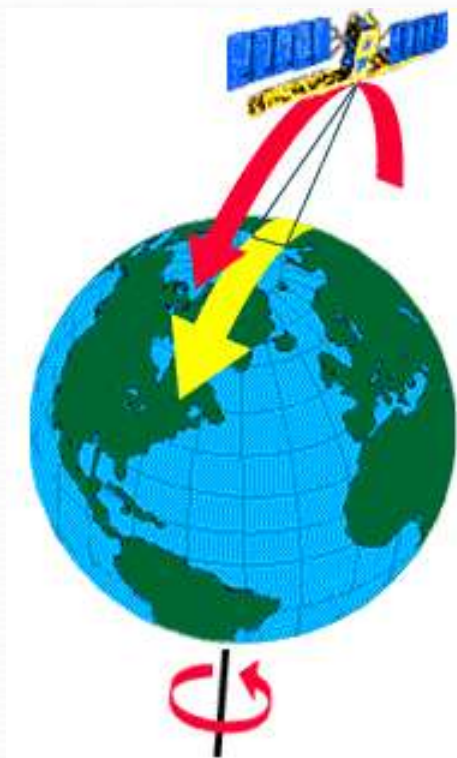
**GOES-E
(USA)
75°W**

**METEOR
(RUSSIA)**

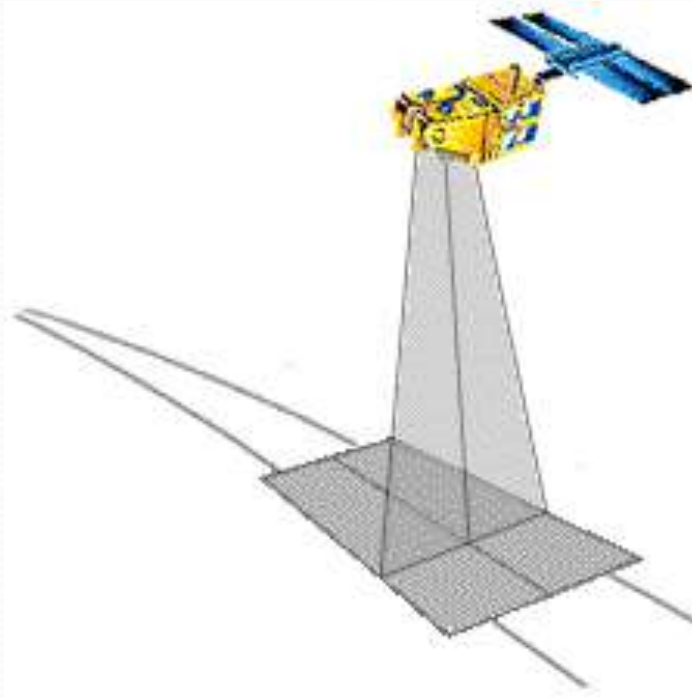
**GOMS
(RUSSIA)
76°E**

**METEOSAT
(EUMETSAT)
0° longitude**

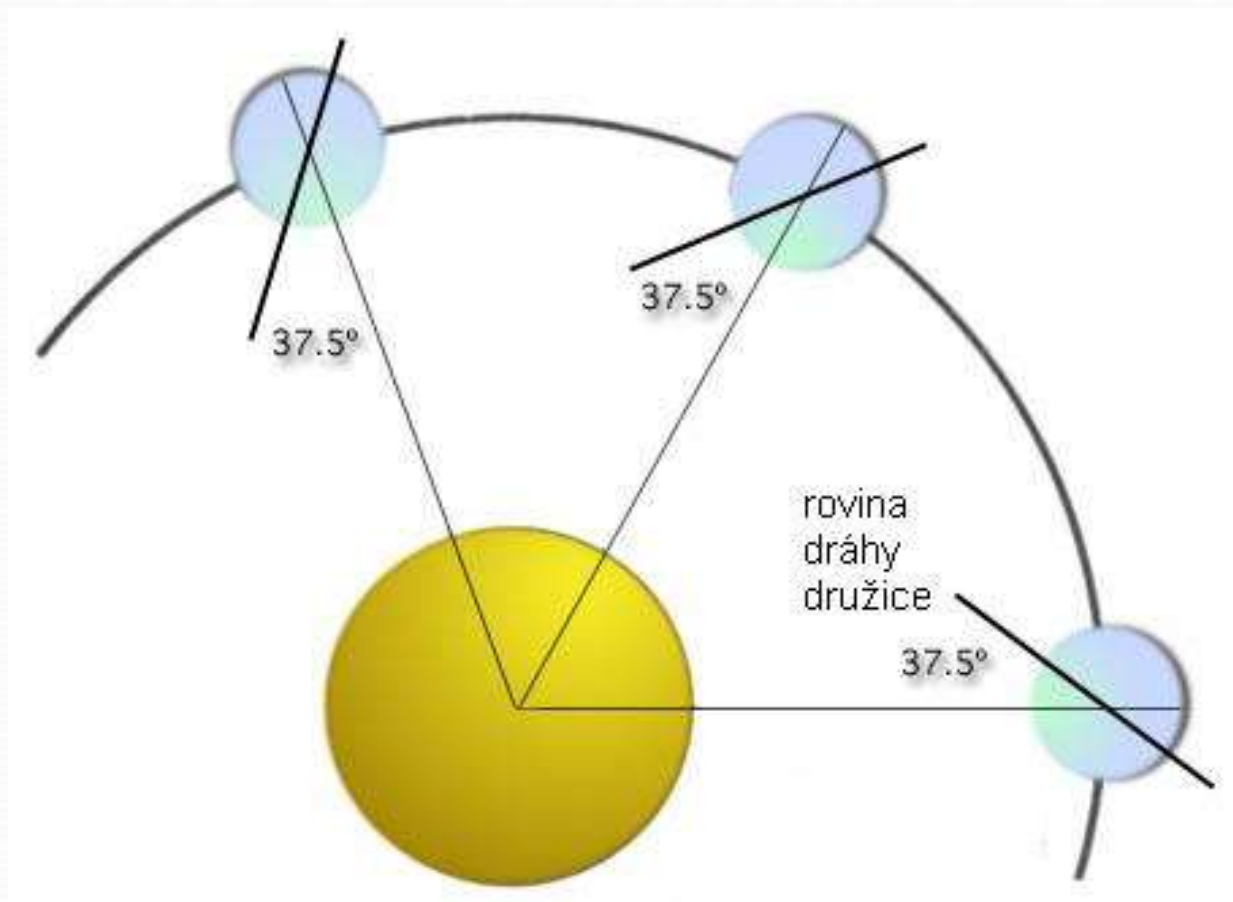
Subpolární oběžná dráha



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

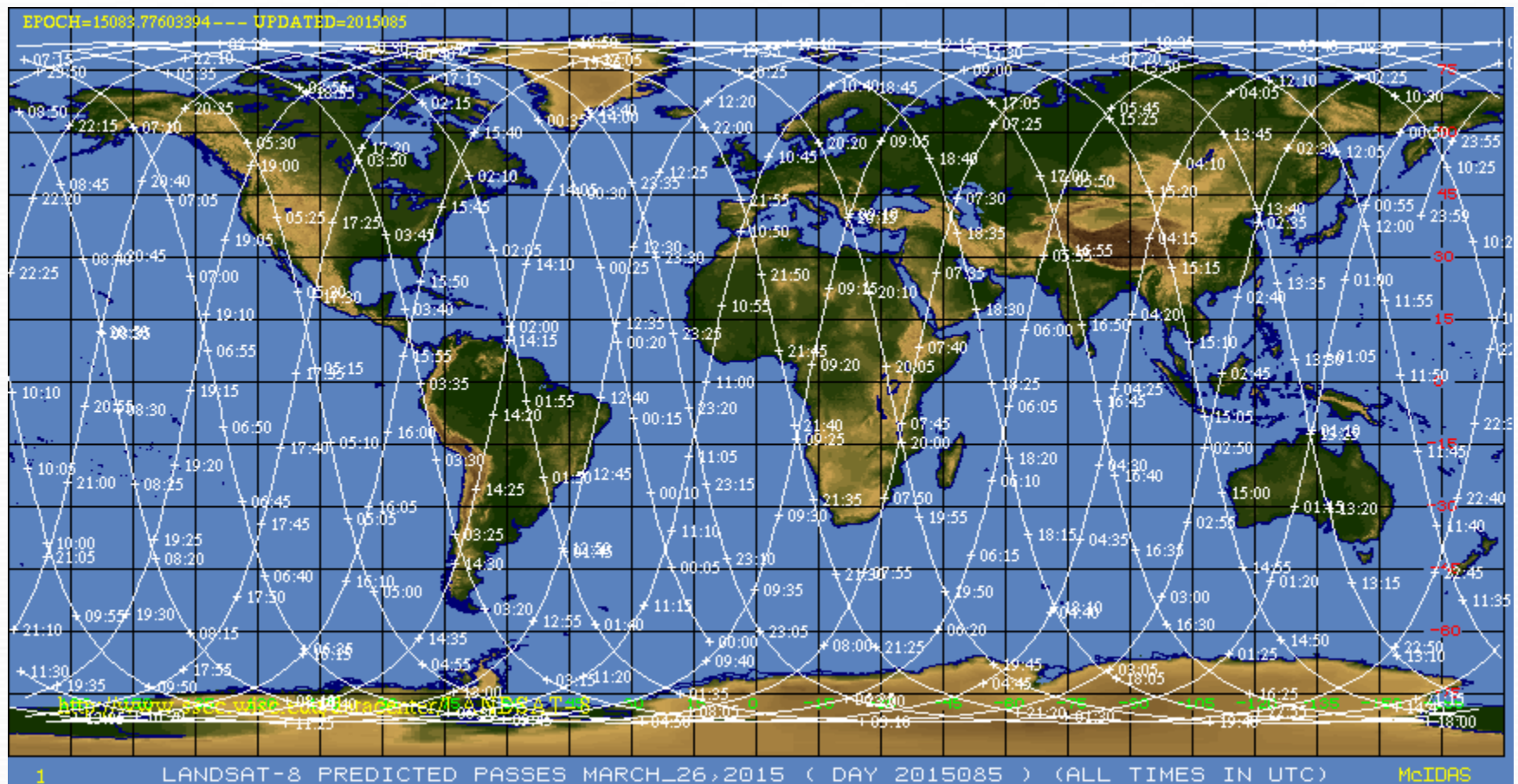


Subpolární oběžná dráha



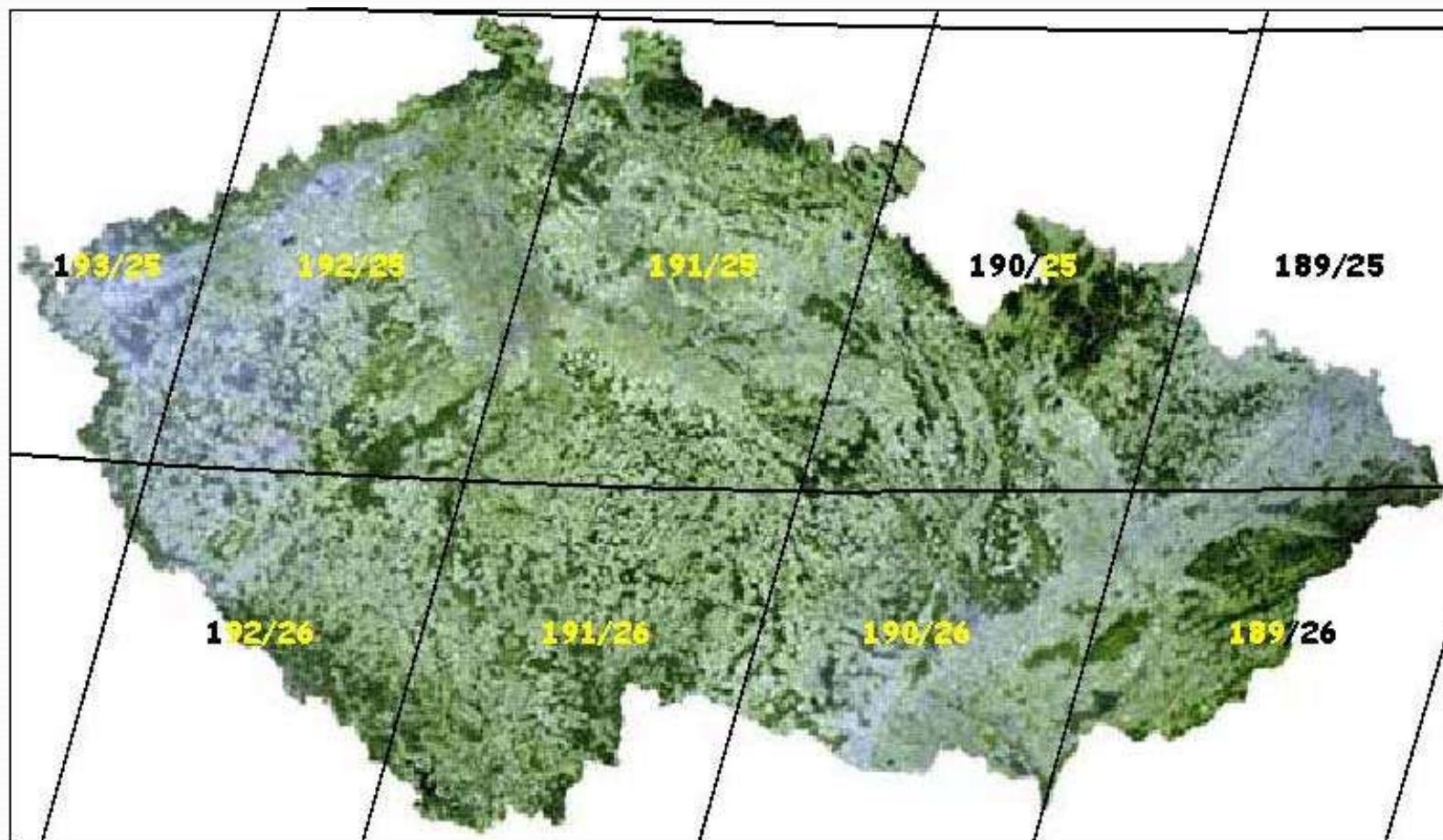
**Princip dráhy synchronní se sluncem
(heliosynchronní)**

System drah družice LANDSAT



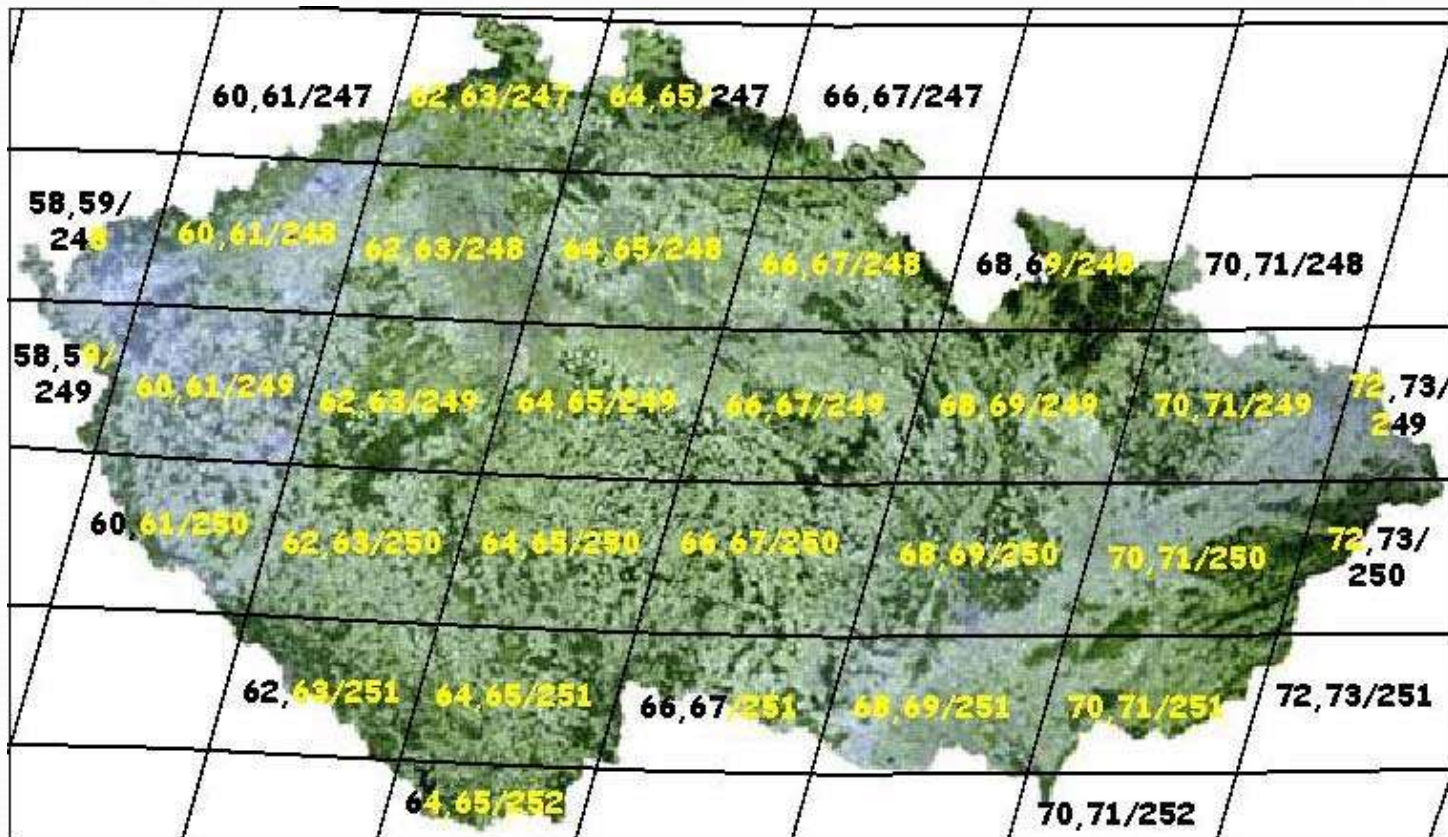
<http://www.ssec.wisc.edu/datacenter/LANDSAT-8/>

Přelety družic LANDSAT nad ČR



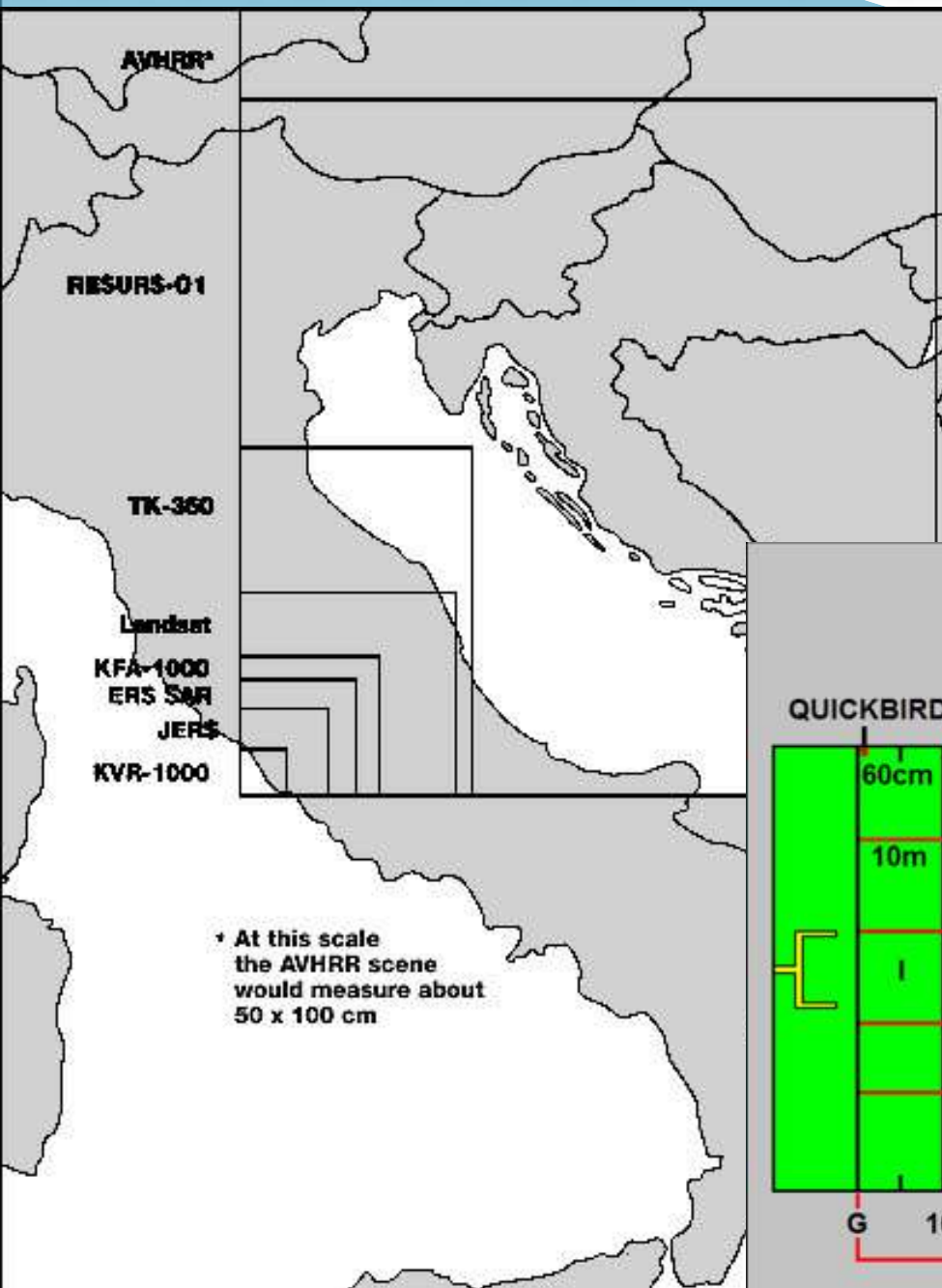
Šířka scény 185 km

Přelety družic SPOT nad ČR

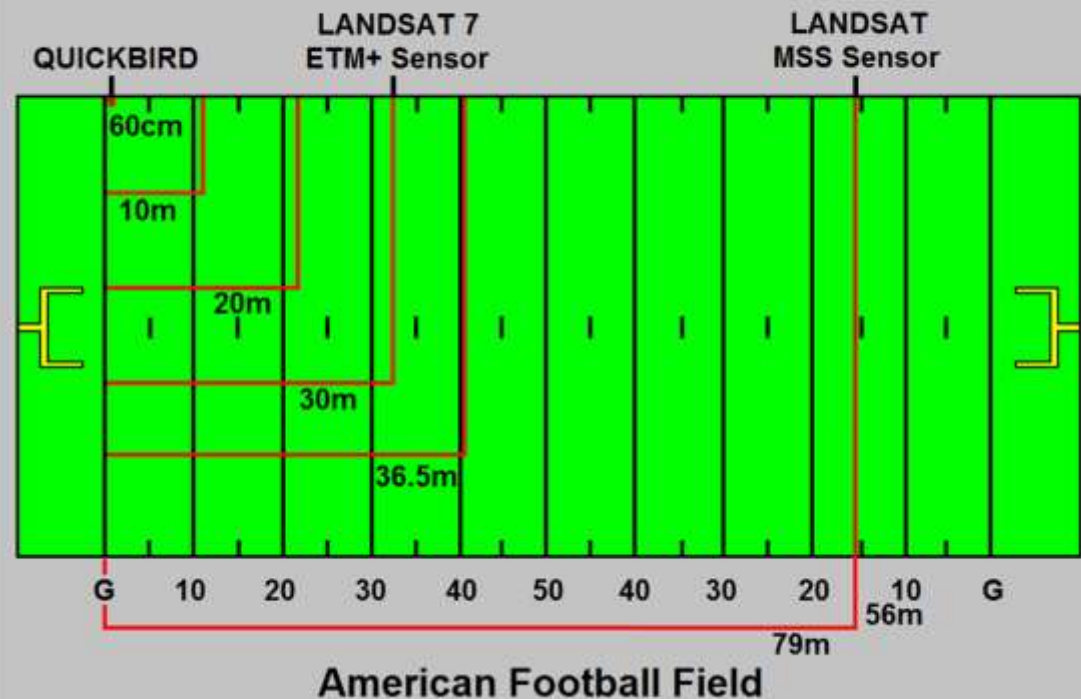


Šířka scény 60 km

Velikost scény a prostorového rozlišení pro vybrané družicové systémy



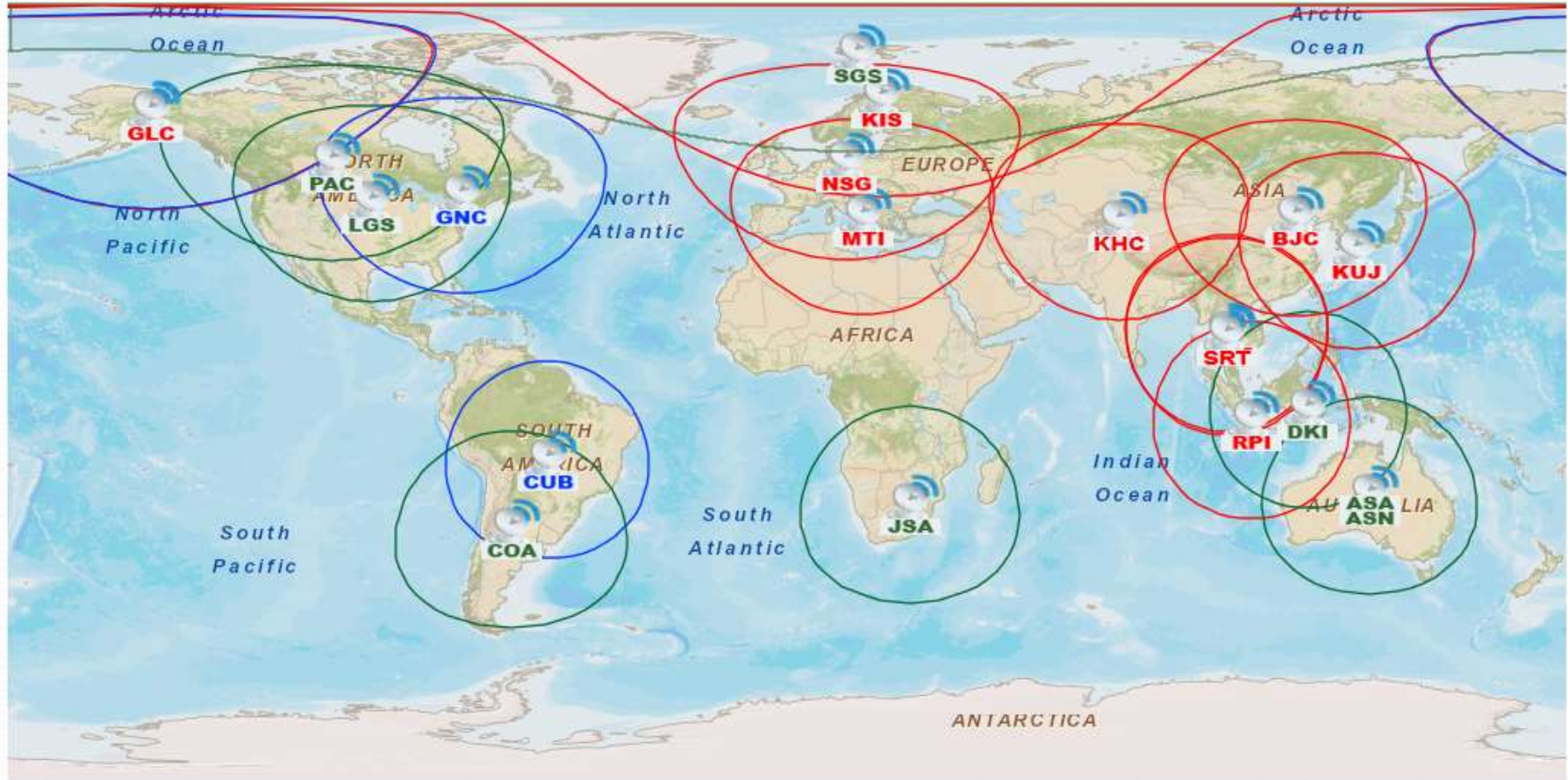
PIXEL SIZE COMPARISONS



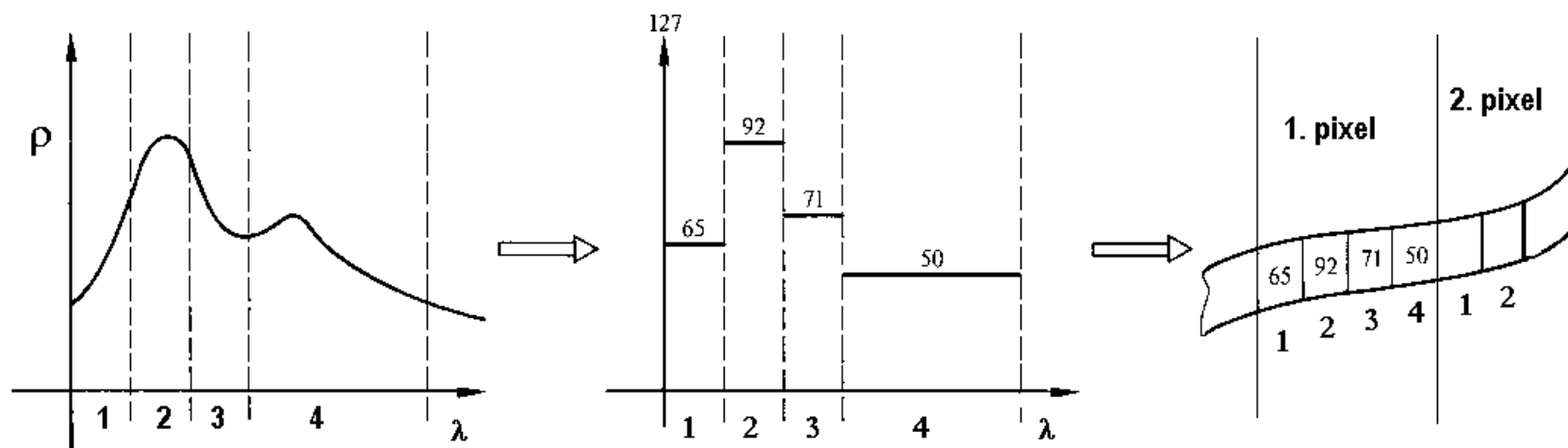
System pozemních přijímacích stanic družic LANDSAT

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

http://landsat.usgs.gov/about_ground_stations.php

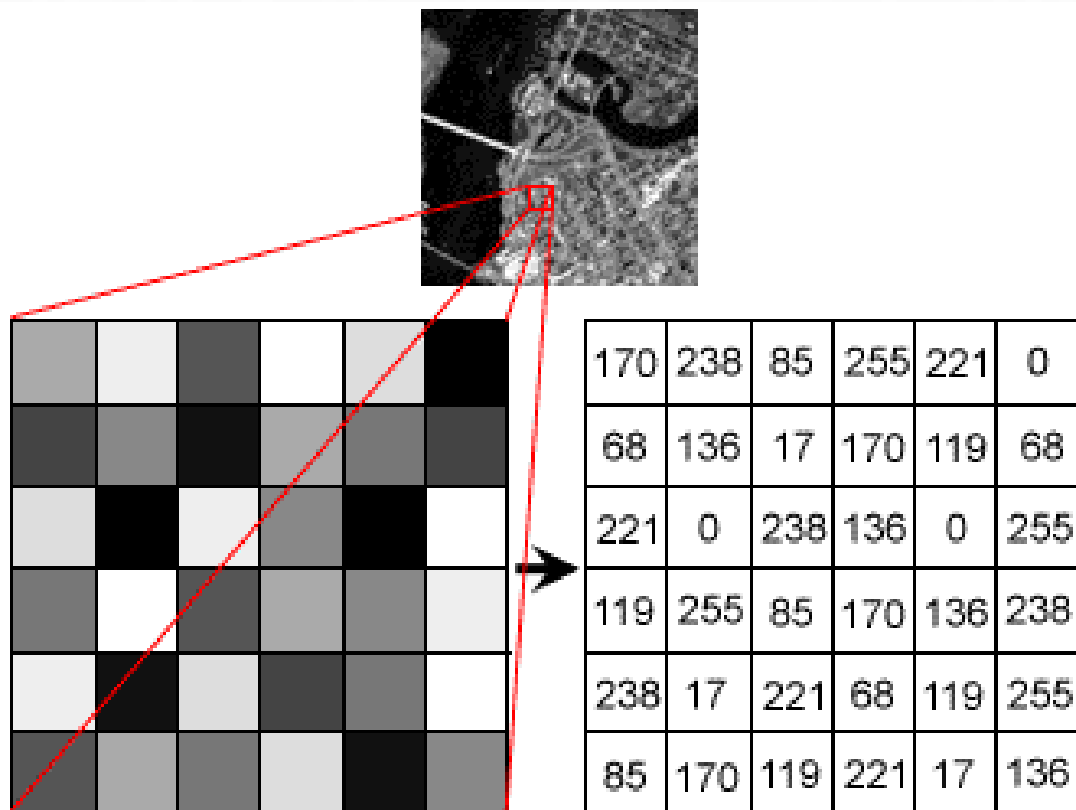


Vznik digitálního obrazového záznamu



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

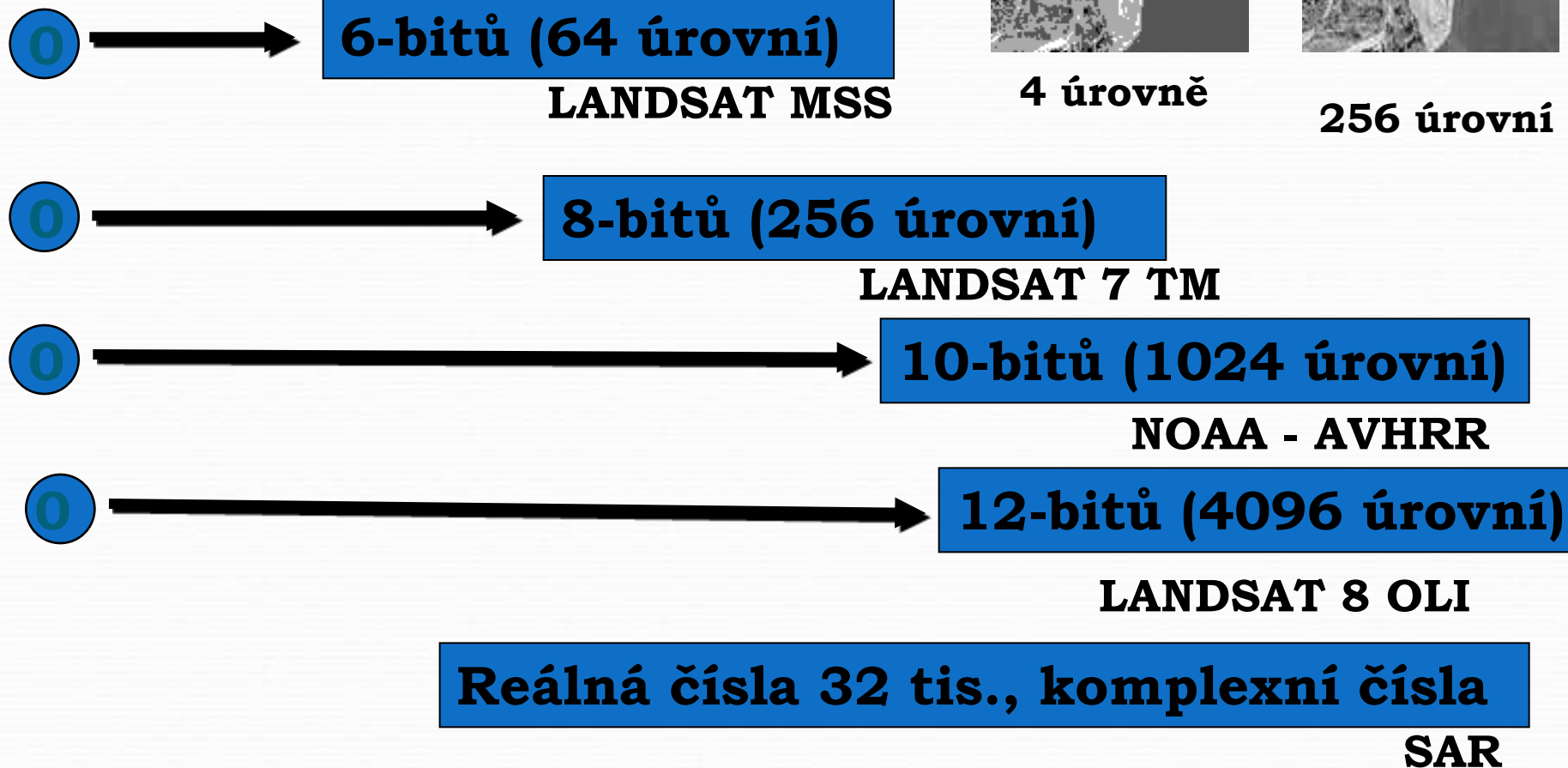
Vlastnosti digitálního snímku

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

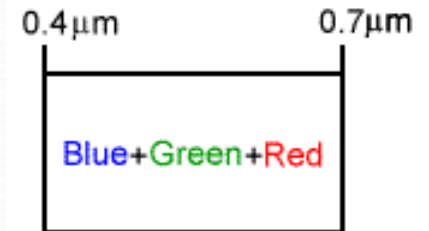


Spektrální rozlišení

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

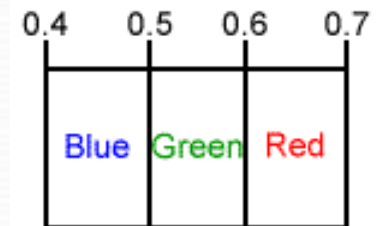
panchromatický snímek

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

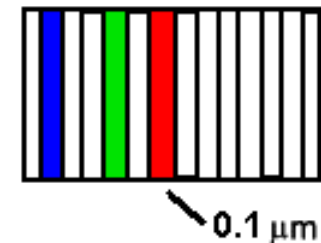
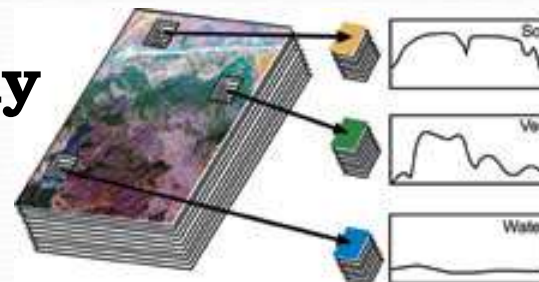


multispektrální snímky

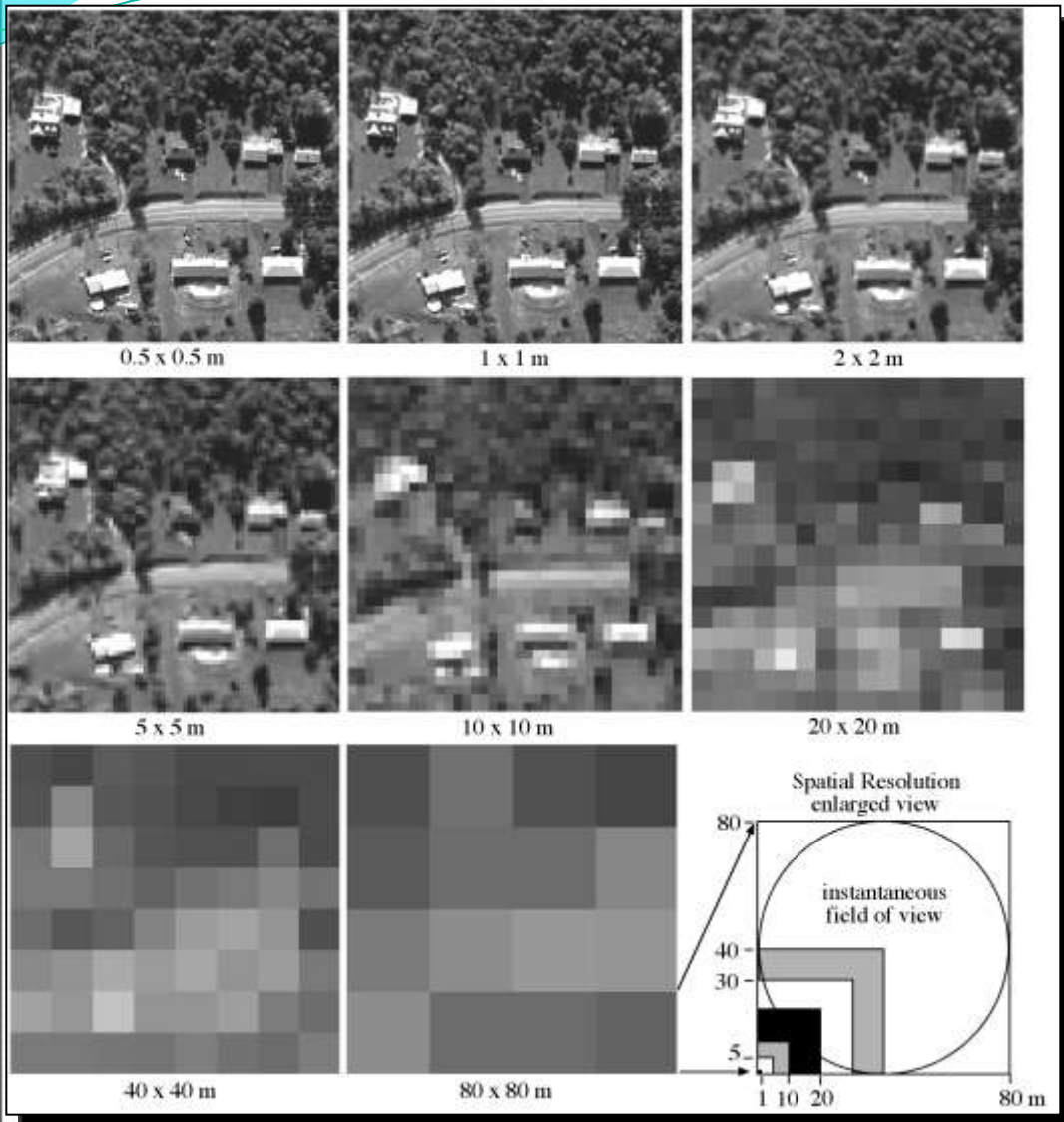
98	178	183	180
96	87	177	181
12	96	98	87
14	11	89	98



hyperspektrální snímky



Prostorové rozlišení



Zhruba odpovídá velikosti obrazového prvku

Družice

Pixel

METEOSAT 7

2,5-5 km

NOAA 17

1,1 km

LANDSAT 7

30 (15) m

SPOT 5

2,5 (10) m

QuickBird 2

0,65 m

WorldView-3

0,31 m

Prostorové rozlišení

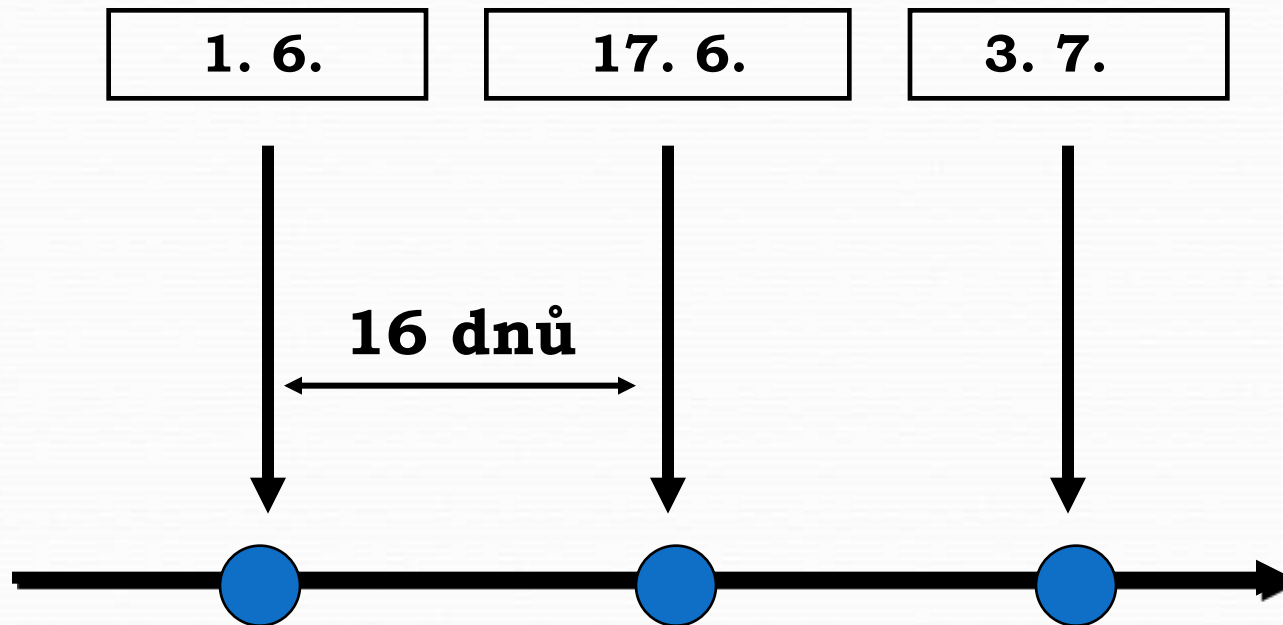
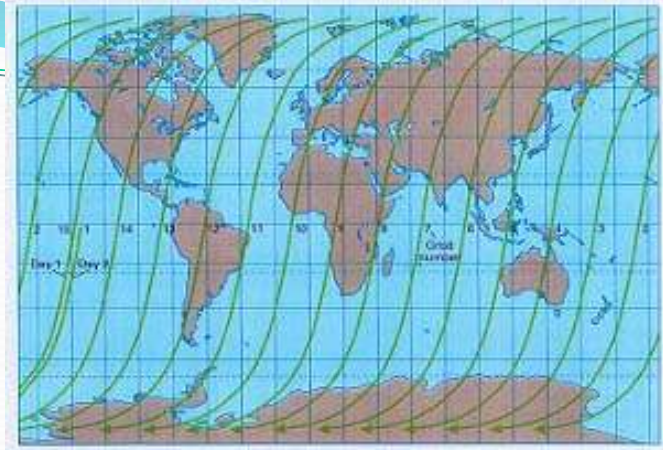
Měřítko mapy a potřebná velikost pixelu

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

Minimální velikost obrazového prvku nutná k interpretaci vybraných objektů

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

Časové rozlišení



Příklad časového rozlišení snímků z družice Landsat 5

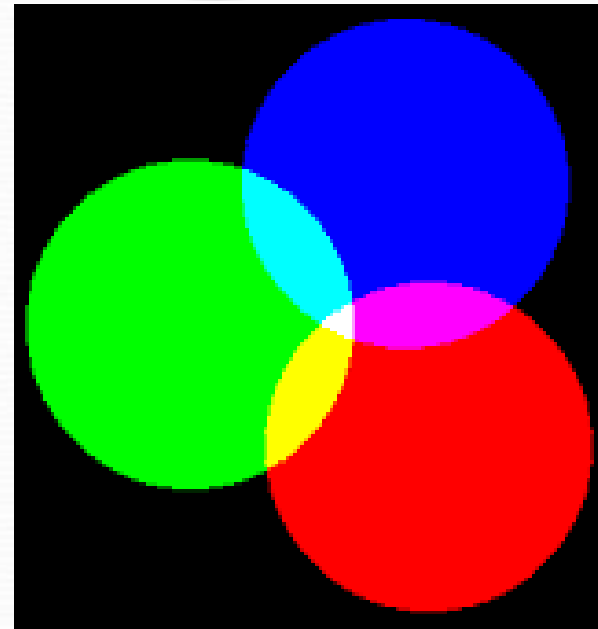
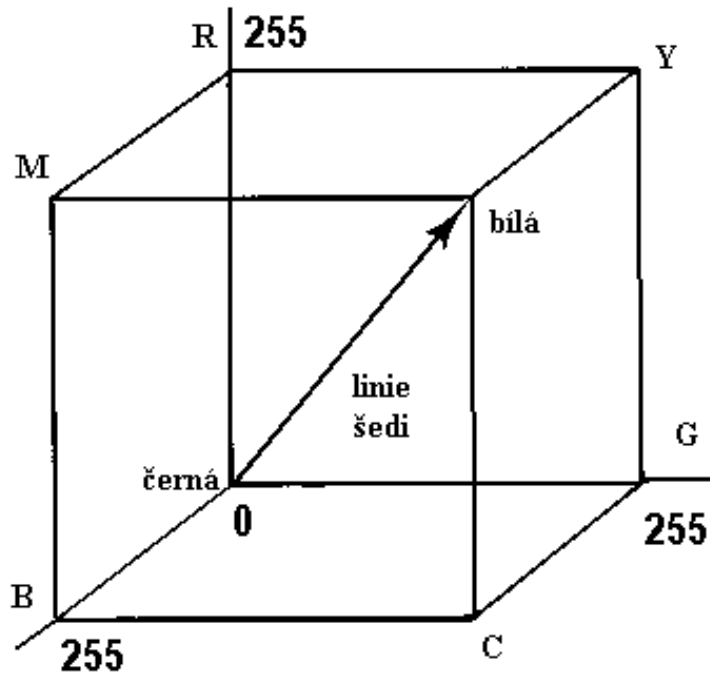
Časové rozlišení – frekvence s jakou systém vytváří snímky stejného území:

Družice	Časové rozliš.	Šířka scény	Pixel
METEOSAT 7	15 minut	polokoule	2,5-5 km
NOAA 17	12 hodin	2600 km	1,1 km
QuickBird 2	2-4 dny	11 km	0,65 m
LANDSAT 7	16 dnů	185 km	30 (15) m
SPOT 5	26 dnů	60 km	2,5 (10) m
Sentinel 1A	12 dní	80-400km	5 m

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

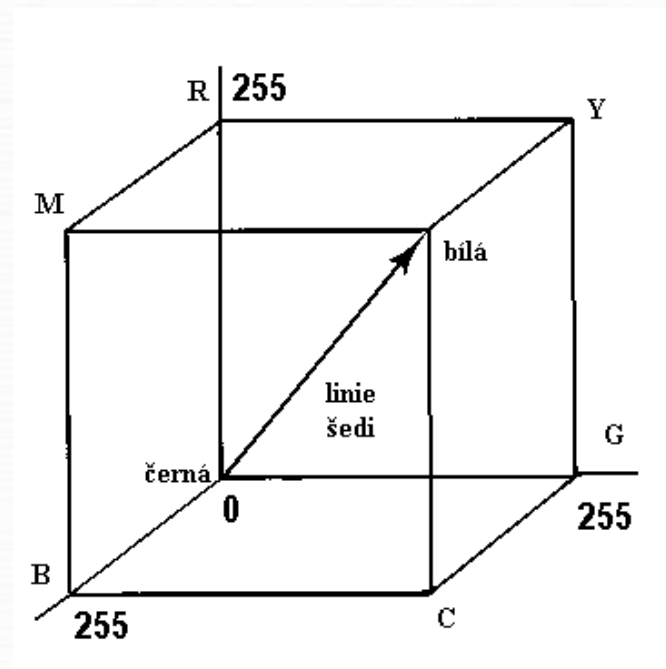
B + R = Magenta

G + R = Yellow

Aditivní skládání barev

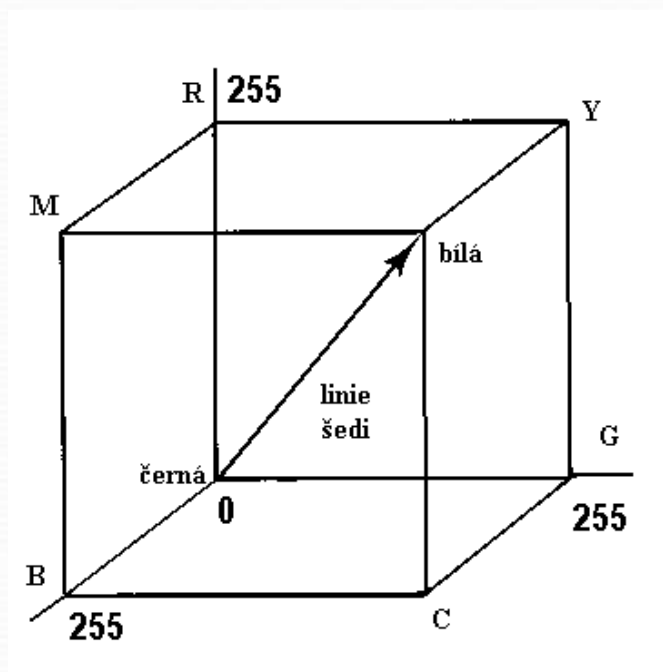
Snímky v odstínech šedi (panchromatické snímky)

Vstupní	pásma		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



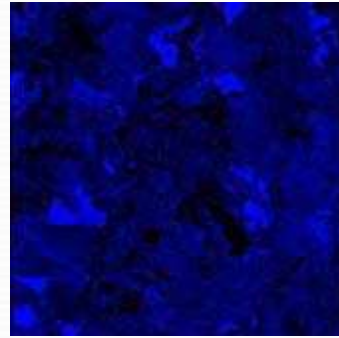
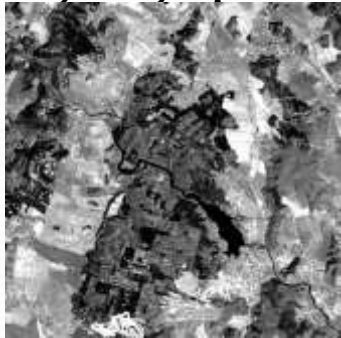
Barevná syntéza (multispektrální snímky)

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

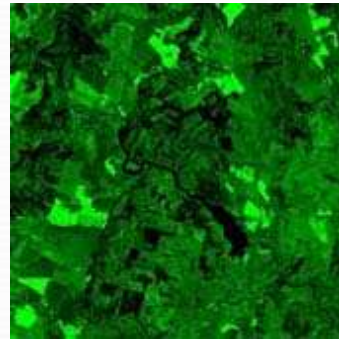
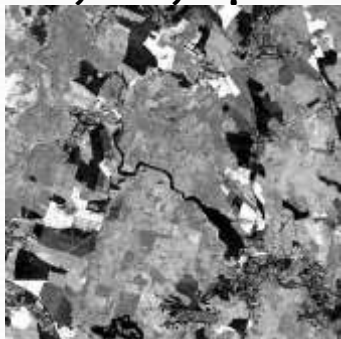


Syntéza v přirozených barvách

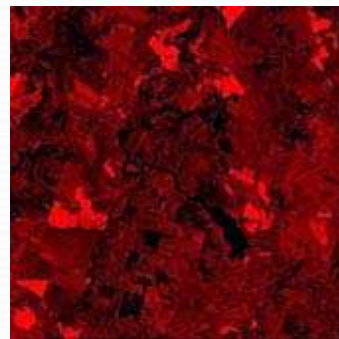
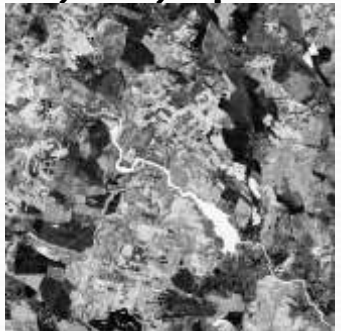
0,4-0,5 μm



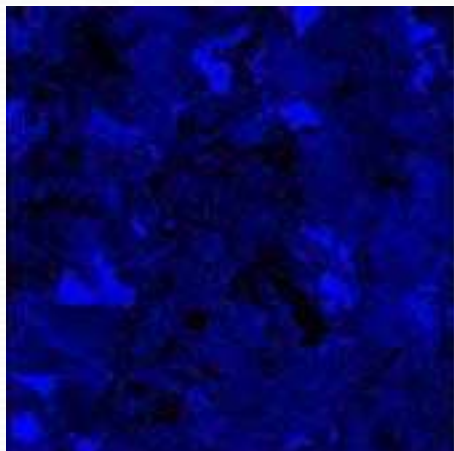
0,5-0,6 μm



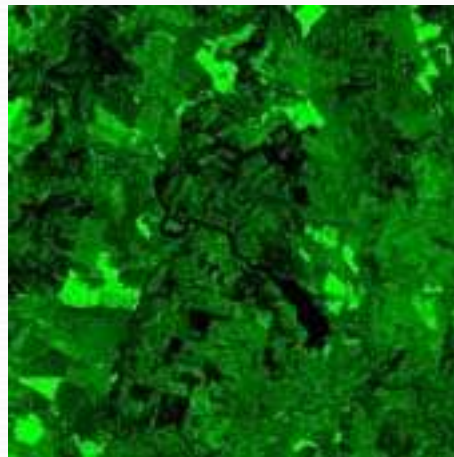
0,6-0,7 μm



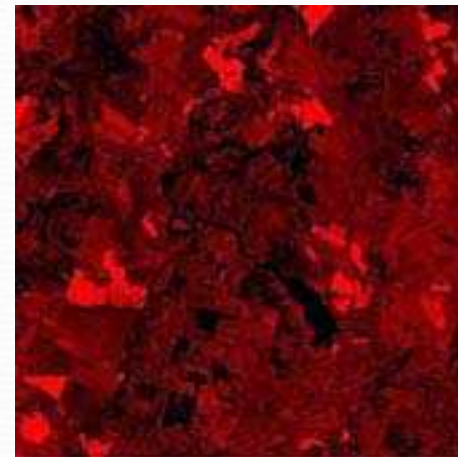
Syntéza v nepravých barvách



0,5-0,6 μm

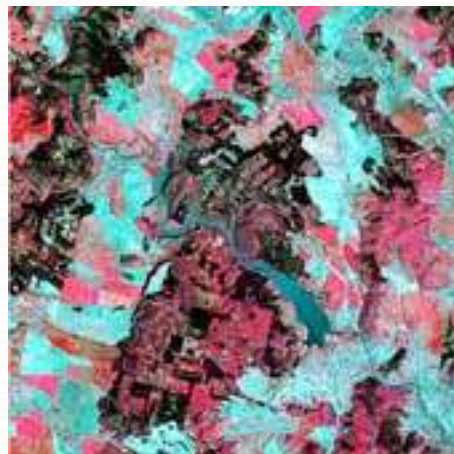


0,6-0,7 μm



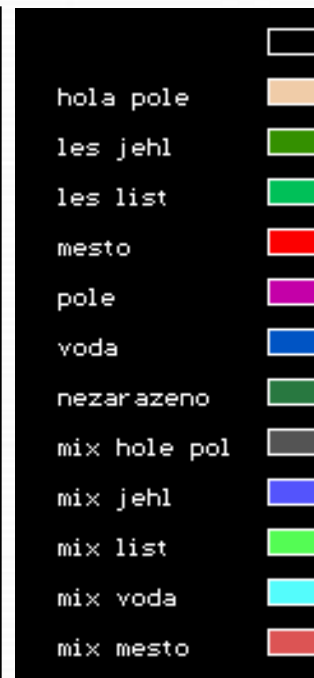
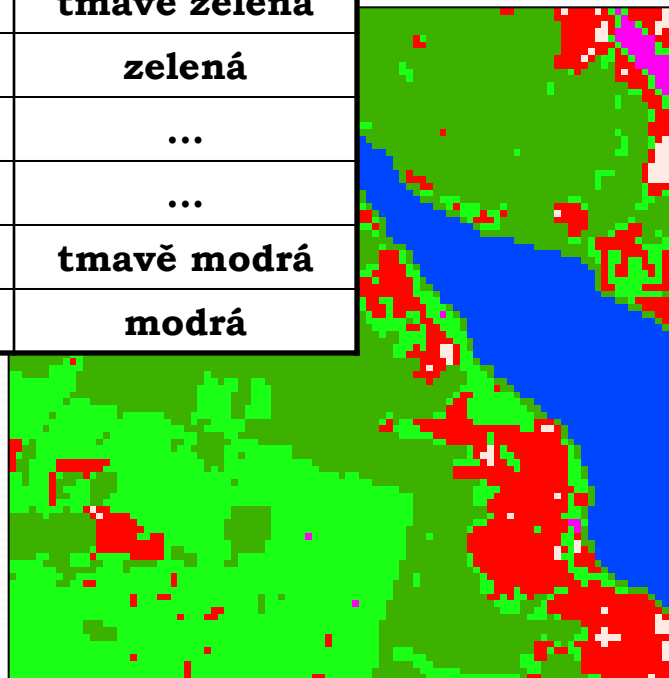
0,8-0,9 μm

**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



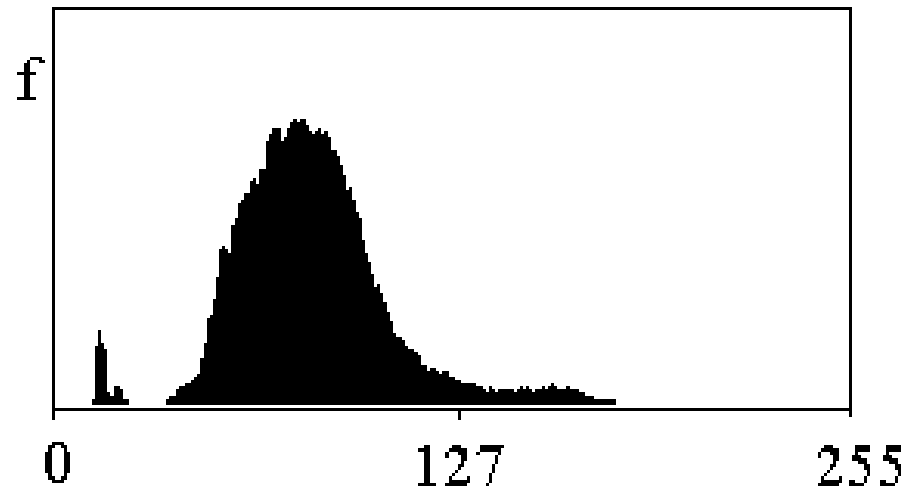
Histogram obrazu

- **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

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

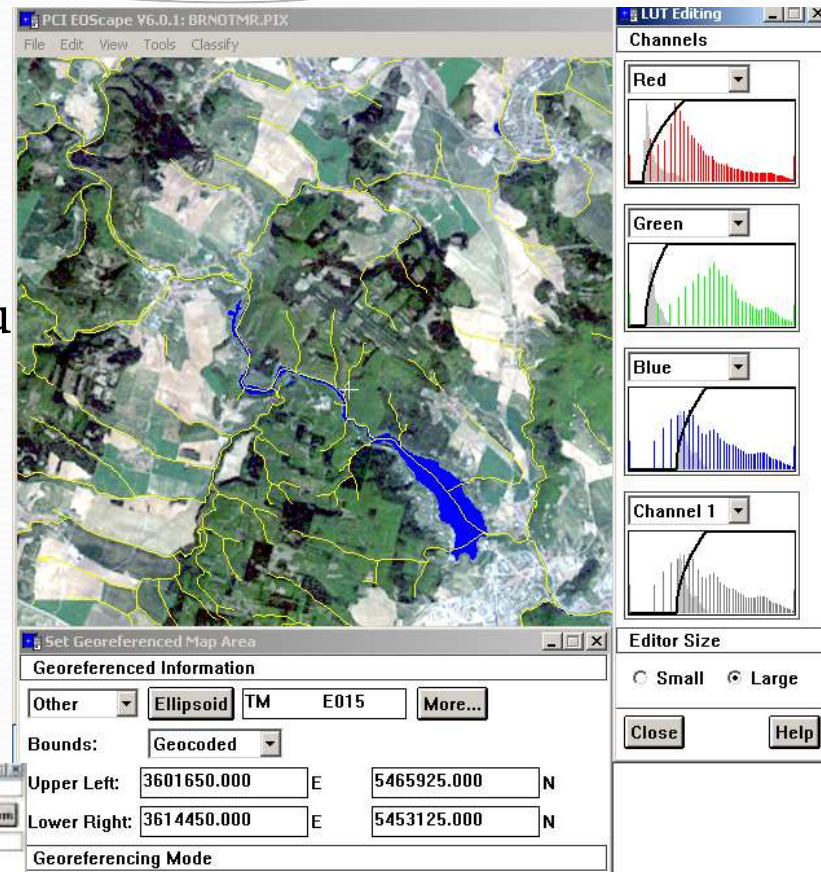
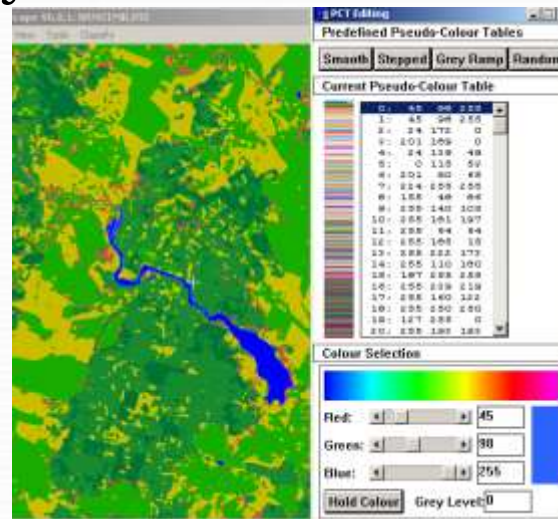
Histogram obrazu



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

Hufmannovo 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

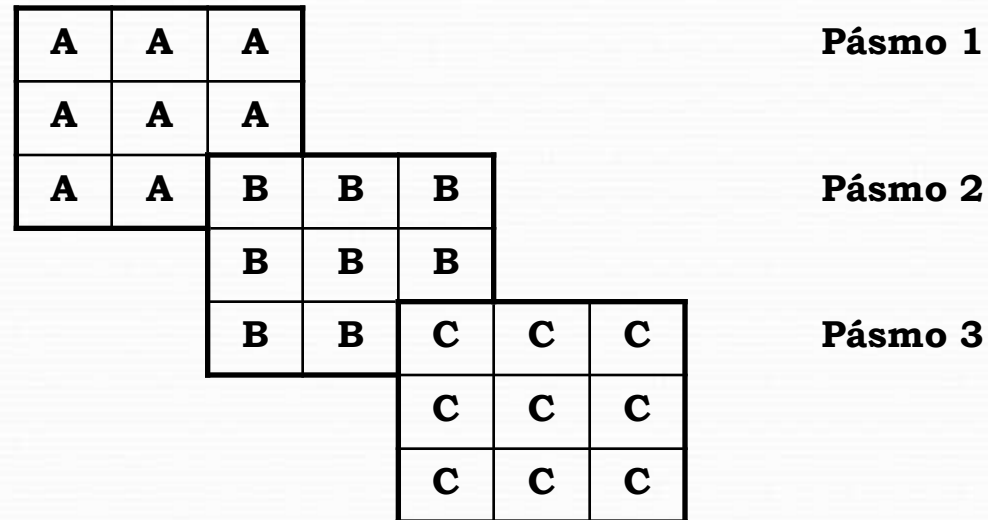
MrSID – Multi-resolution Seamless Image Database

www.lizardtech.com

ECW

www.ermapper.com

Obrazové soubory, systém uložení dat



Obecné obrazové formáty:

BIP	ABCABCABC	ABCABCABC	
BIL	AAABBBCCC	AAABBBCCC	
BSQ	AAAAAA	BBBBBB	CCCCCC

BSQ (band sequential)

BIL (band interleaving by line)

BIP (band interleaving by pixel)

Objemy dat u vybraných družicových scén

Družice a typ dat	Rozměr scény [km]	Počet pásem	Rozměr pixelu [m]	Paměťové nároky [MB]
LANDSAT MSS	185 x 185	4	80	30
LANDSAT TM	185 x 185	7	30 (120)	300
SPOT XS	60 x 60	3	20	27
SPOT PAN	60 x 60	1	10	36
LANDSAT OLI	183 x 175	11	15(30)	800+