

A satellite with a yellow payload and solar panels is shown in orbit above the Earth. The satellite is the central focus, with its solar panels extending outwards. The Earth's blue and white surface is visible in the background, curving away into the blackness of space.

Dálkový průzkum Země

Ústav geoinformačních technologií
Lesnická a dřevařská fakulta MENDELU

Analogová a digitální data

Fotografický snímek vs. digitální obrazový záznam

- Elektromagnetické záření lze zaznamenat fotograficky nebo elektronicky. Vzniká tak fotografický snímek (fotografie) nebo digitální obrazový záznam (obraz, snímek).
- Termín **obraz** nebo **snímek** se vztahuje k jakékoli obrazové reprezentaci dat, bez ohledu na to, jaké zařízení bylo k záznamu EM energie použito.
- Fotografický proces používá k záznamu různých úrovní energie chemické reakce na povrchu filmu citlivému ke světlu. Fotografie je tedy obraz, který je zaznamenán na fotografický film. Běžné fotografie obvykle zaznamenávají spektrální pásmo v rozsahu **0,3 – 0,9 μm** , tj. viditelné a z části blízké infračervené záření.
- Z uvedeného plyne, že všechny fotografie jsou obrazy, ale ne všechny obrazy jsou fotografie.



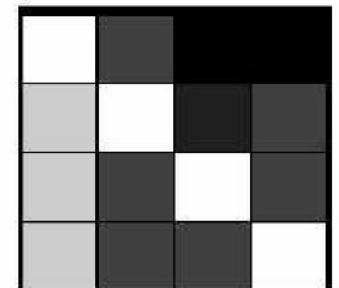
DPZ 02



Z

- Velikou výhodou **fotografického** filmu je, že dokáže zaznamenat extrémně jemný **prostorový detail** (individuální molekuly halogenů stříbra mohou zaznamenávat světelné parametry jinak než molekuly sousední).
- Pokud však jde o **spektrální a radiometrické** kvality, **digitální** snímače klasický film překonávají. Mohou používat velké množství relativně úzkých spektrálních pásem a zaznamenávat tak podrobné údaje o objektech na zemském povrchu (spektrální signatury).
- Klasický analogový fotografický snímek lze transformovat do digitálního formátu tak, že ho rozdělíme do malých plošek o stejné velikosti a tvaru (zpravidla čtvercové), které se nazývají **pixely**. Ty nesou informaci o jasové složce každé plošky prostřednictvím numerické hodnoty – **digital number (DN)**.
- Počítač zobrazuje jednotlivé hodnoty digitálního záznamu jako různé úrovně jasu.
- Elektronické snímače přímo zaznamenávají EM záření jako číselné pole na základě svého principu.
- Analogový a digitální způsob reprezentace a zobrazování dat DPZ lze vzájemně zaměňovat (při konverzi se ovšem mohou některé detaily ztratit).

255	40	0	0
180	255	20	40
180	40	255	40
180	40	40	255



VLASTNOSTI ANALOGOVÝCH LETECKÝCH SNÍMKŮ

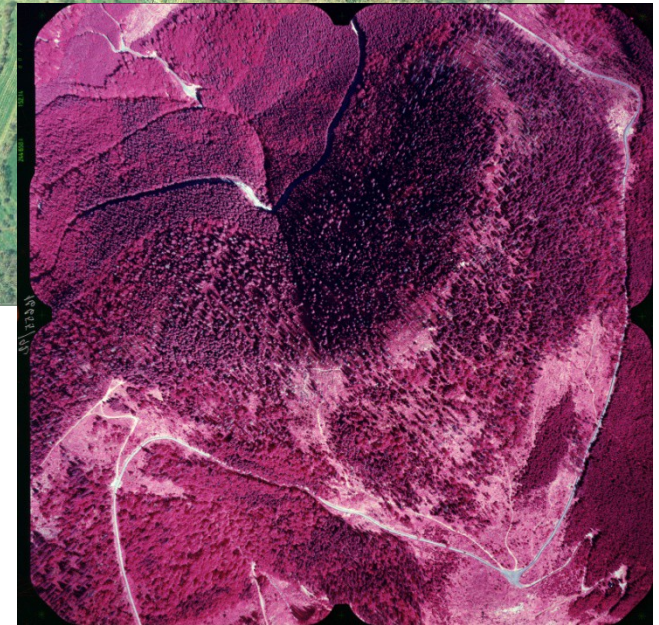
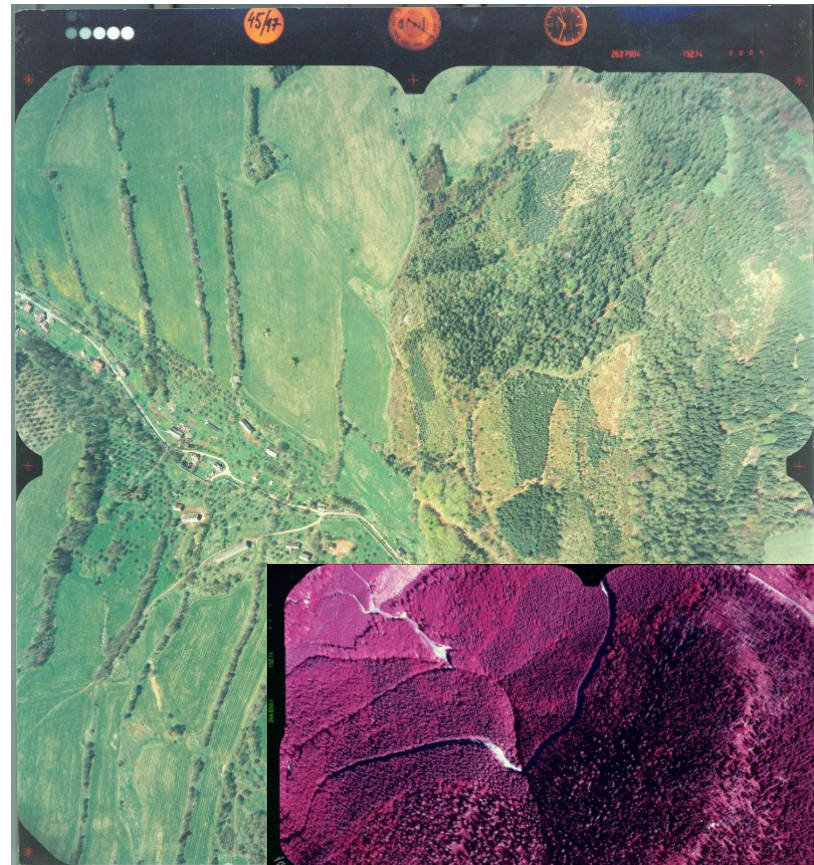
- Jde o trvalé záznamy, které lze výhodně použít k aktualizaci jiných zdrojů informací (např. map).
- Poskytují kompletní pohled shora, **bez generalizace**. Obsahují celky vyšších řádů i detaily.
- Mají **vysoké prostorové rozlišení** a geometrickou kvalitu. Lze je zvětšovat a zjišťovat na nich větší podrobnosti než vnímáme při běžném pohledu.
- Oproti lidskému zraku se snímky vyznačují rozšířenou spektrální citlivostí (**0,3 – 0,9 μm**). Mohou tak zachytit i objekty a jevy pouhým okem nepostižitelné.
- Umožňují získat informaci o okamžitém stavu některých dynamických procesů.
- Snadno se pořizují a jsou relativně levné.
- Po zpracování lze přesně měřit vzdálenosti, plochy i úhly.
- Fotografické materiály můžeme primárně rozdělit na **černobílé** a **barevné**.
- Nejčastější formáty leteckých měřických snímků: 12x18 cm, 18x48 cm, 23x23 cm



- **ŠLP Křtiny** bylo poprvé letecky snímkováno v roce **1927** (prof. Tichý). Jednalo se o nejrozsáhlejší práci tohoto druhu ve střední Evropě.
- Originál leteckých měřických snímků je na skleněné desce formátu 13x18 cm.
- V současné době se pracuje na sestavení digitální mozaiky ŠLP z těchto historických dat.

LETECKÝ SNÍMEK

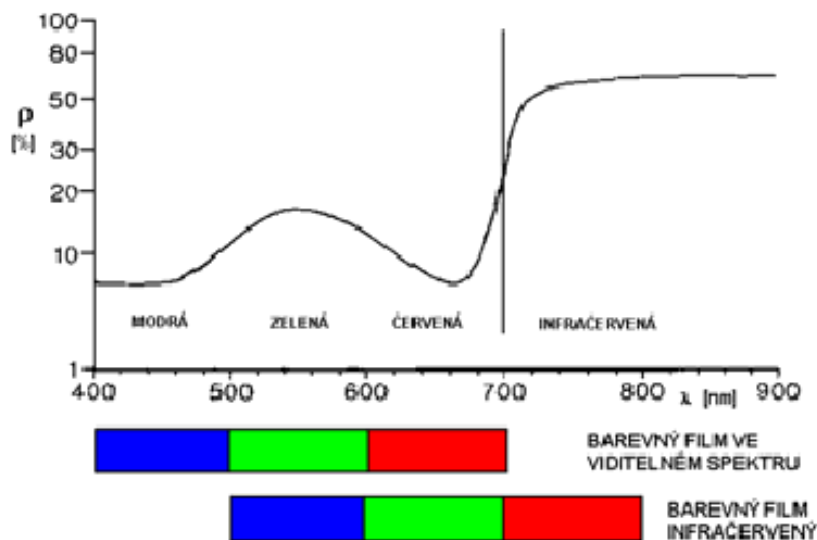
- Letecké měřické snímky obsahují kromě vlastní scény i tzv. **rámové údaje** - Záznam stavu přístrojů a konstant kamery (číslo kamery, ohnisková vzdálenost objektivu, bublina libely – tj. odchylka osy kamery od svislice, čas pořízení snímku, pořadové číslo snímku, rámové značky)
- Rámové značky definují souřadný systém snímkových souřadnic.
- Barevný snímek (**RGB**) z roku 1997, Podkrkonoší
- Barevný infračervený snímek (**CIR** – Color InfraRed) z roku 1992, Kněžhyně (Beskydy)



BAREVNÉ INFRAČERVENÉ SNÍMKY

(spektrozonální, False color, CIR)

- Vyvinuty původně pro vojenské účely.
- Jedna z citlivých vrstev filmu je citlivá k infračervené části spektra.
- Výsledkem jsou nepřirozené/nepravé barvy objektů.
- Dávají dobrý, **kontrastní obraz** a zobrazují i místa v hlubokých stínech.
- Snímkuje se většinou z malých výšek ve velkých měřítcích.



BAREVNÉ SNÍMKY

RGB

vs.

CIR

- Jsou pořizovány na film, který má tři vrstvy, každá citlivé k jedné ze základních barev (modré, zelené a červené)
- Citlivé na dobré atmosférické podmínky.
- Pořizovány z výšek kolem 2 km, obvykle v měřítcích 1:13000 a 1:20500
- Barvy se jeví jako přirozené použijeme-li UV filtr.
- Dobře se interpretují, lidské oko rozezná daleko více barevných tónů než odstínů šedi na černobílé fotce.
- Mají nejlepší kresbu detailů ve stínech, nejlépe ukazují reliéf pod vodou.
- Nevýhodou je poněkud nižší rozlišovací schopnost, protože na jednotlivých citlivých vrstvách filmu dochází k rozptylu světla.
- Film má také tři vrstvy, jedna z nich je citlivá v blízké infračervené části spektra (0,7 – 0,9 μm).
- Zdravá vegetace se na nich zobrazuje červeně, holá pole a mrtvá vegetace zeleně až modře, odumřelé rostliny bez chlorofylu žlutě a hnědě.
- Vzhled snímku se může lišit podle značky filmu a použitého papíru.
- Pro konkrétní interpretační účely se sestavují tabulky barev.
- Výrazných barevných odstínů nabývají jevy jako změna půdní vlhkosti, organické a minerální složení půd, geologické charakteristiky, druhy porostů, aj.
- Mají lepší kontrast a jsou o něco méně náchylné na zhoršené atmosférické podmínky

BAREVNÉ SNÍMKY

RGB

vs.

CIR

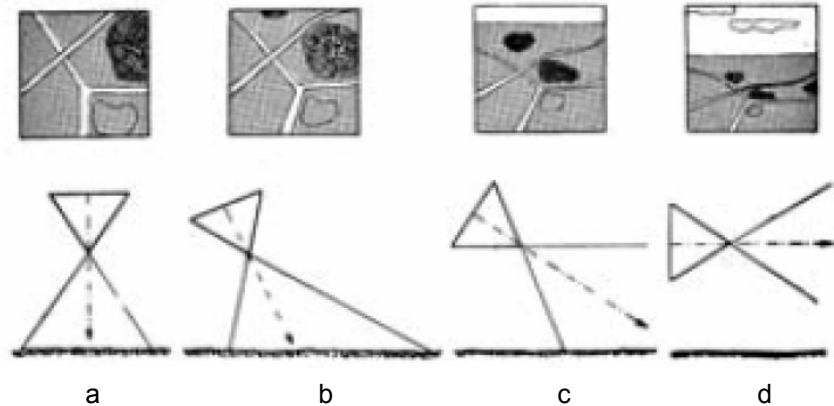


LETECKÉ SNÍMKY A ORIENTACE OSY ZÁBĚRU

- Geometrické vlastnosti leteckého snímku závisejí na orientaci osy záběru.
- Podle ní dělíme letecké snímky na **svislé** (a, kolmé, vertical), **šikmé bez horizontu** (b, low oblique), **šikmé s horizontem** (c, high oblique) a snímky **vodorovné** (d, horizontal)

Svislé (kolmé, vertikální) letecké snímky (a)

- Pořizují se řadovými měřickými
- Používají se především pro mapování a pro dokumentaci jevů a procesů.



Šikmé (axonometrické) letecké snímky (b), (c), (d)

- Snímkem lze zobrazit rozsáhlé území a zachytit terénní reliéf.

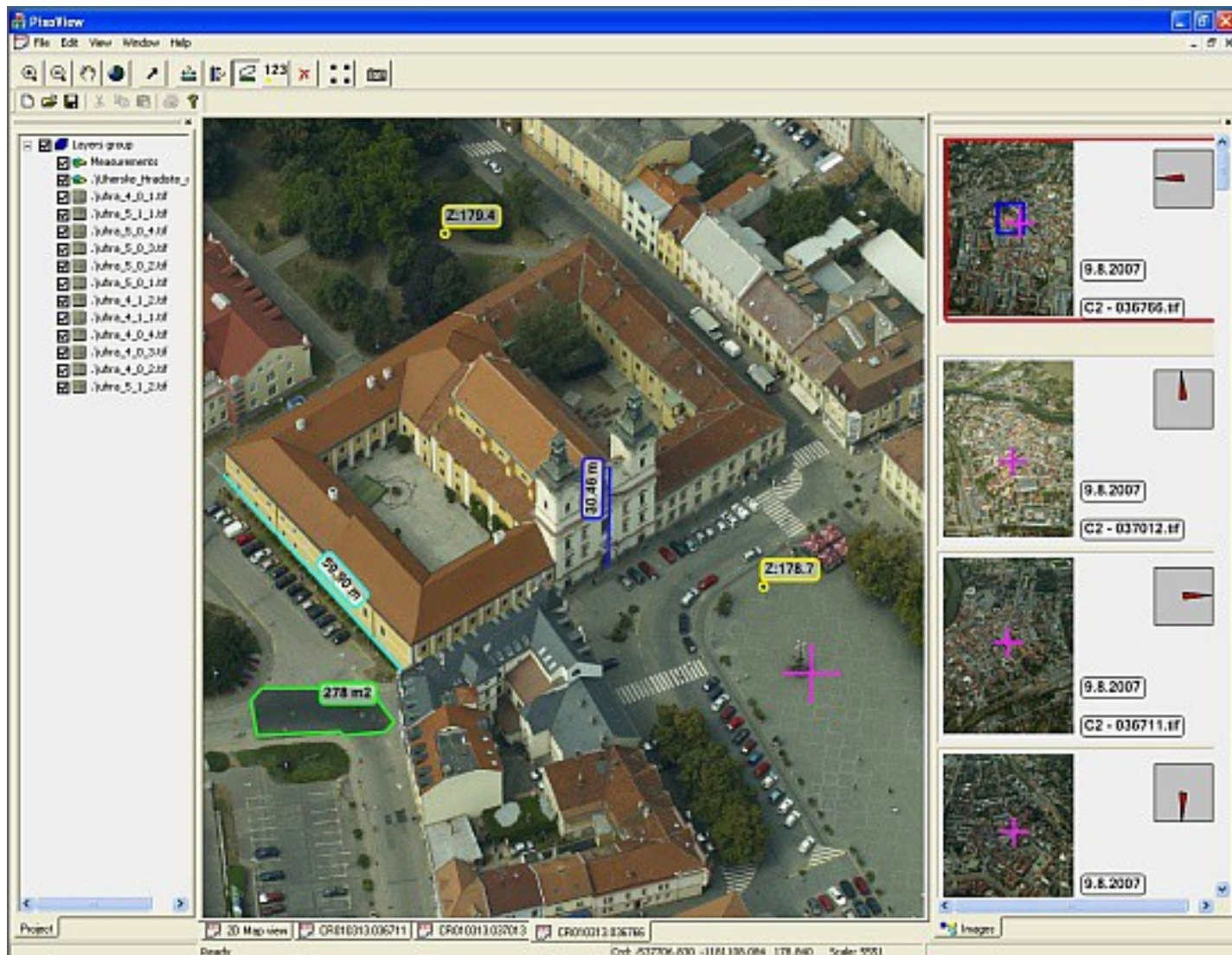


(a)



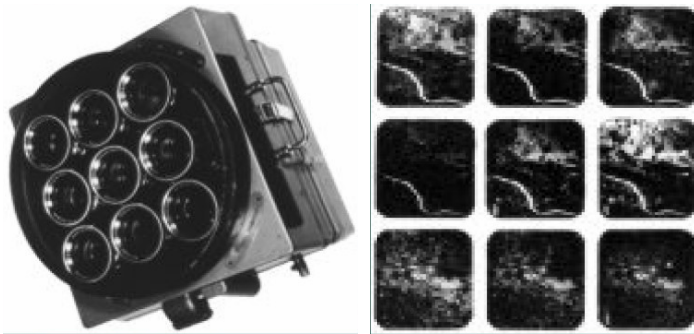
(b)

Šikmé letecké snímky PixoView od společnosti Geodis



MULTISPEKTRÁLNÍ LETECKÉ SNÍMKY

- Multispektrální letecké snímače zaznamenávají údaje o zemském povrchu na černobílý film v několika spektrálních pásmech.
- Z těchto dílčích snímků lze vytvářet barevné syntézy pomocí optických nebo elektronických směšovačů.



Devítipásmová multispektrální kamera a její záznam



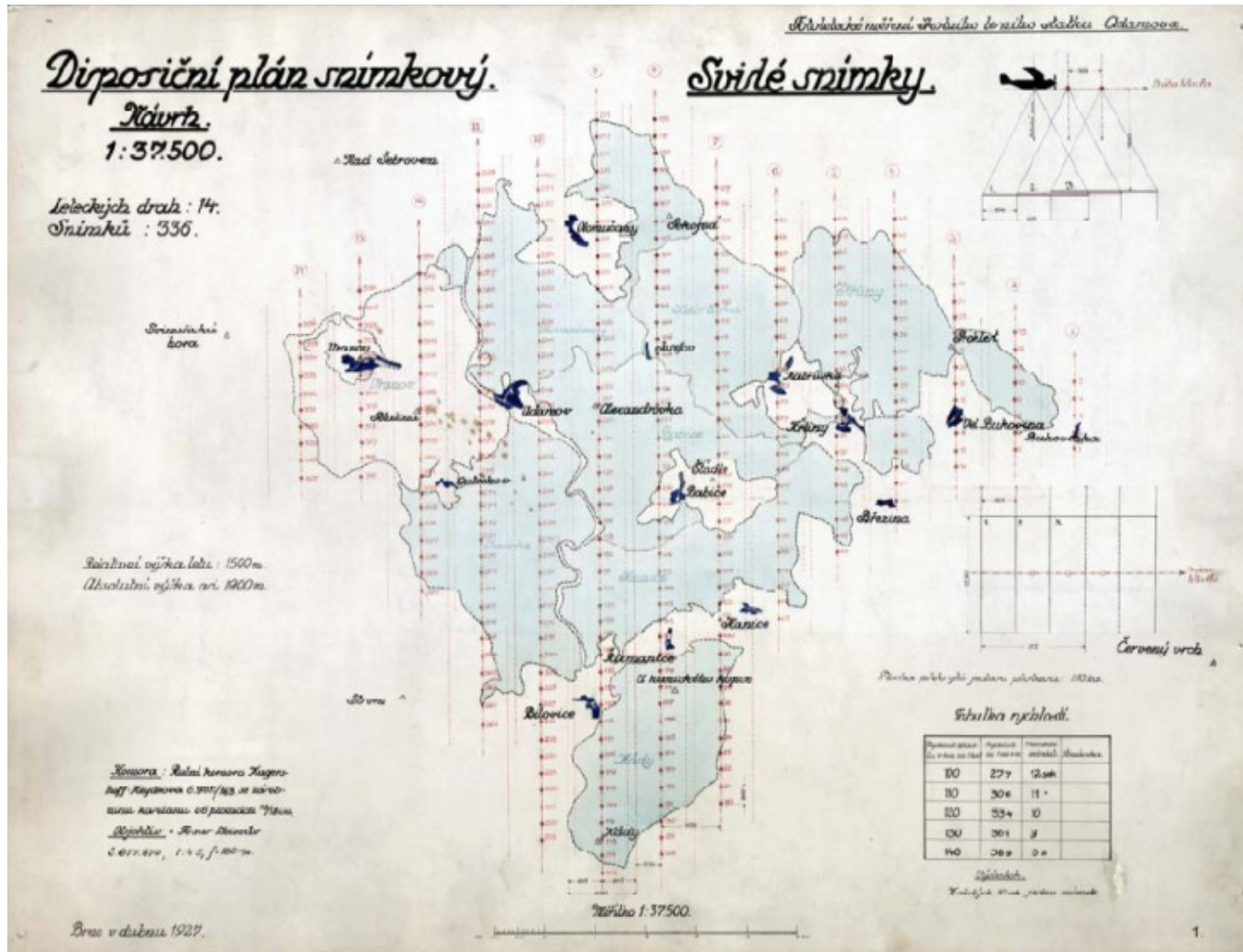
Nosič snímkovací techniky



Letecká měřická kamera ZEISS LMK produkuje snímky formátu 23 x 23 cm. Je vybavena protismazovým zařízením umožňujícím pořizování ostrých snímků z velmi nízkých výšek. Vestavěný expozimetr řídí průběžně expozici během snímkového letu. Gyroskopický závěs kamery zabezpečuje svislost osy záběru i při turbulenci.

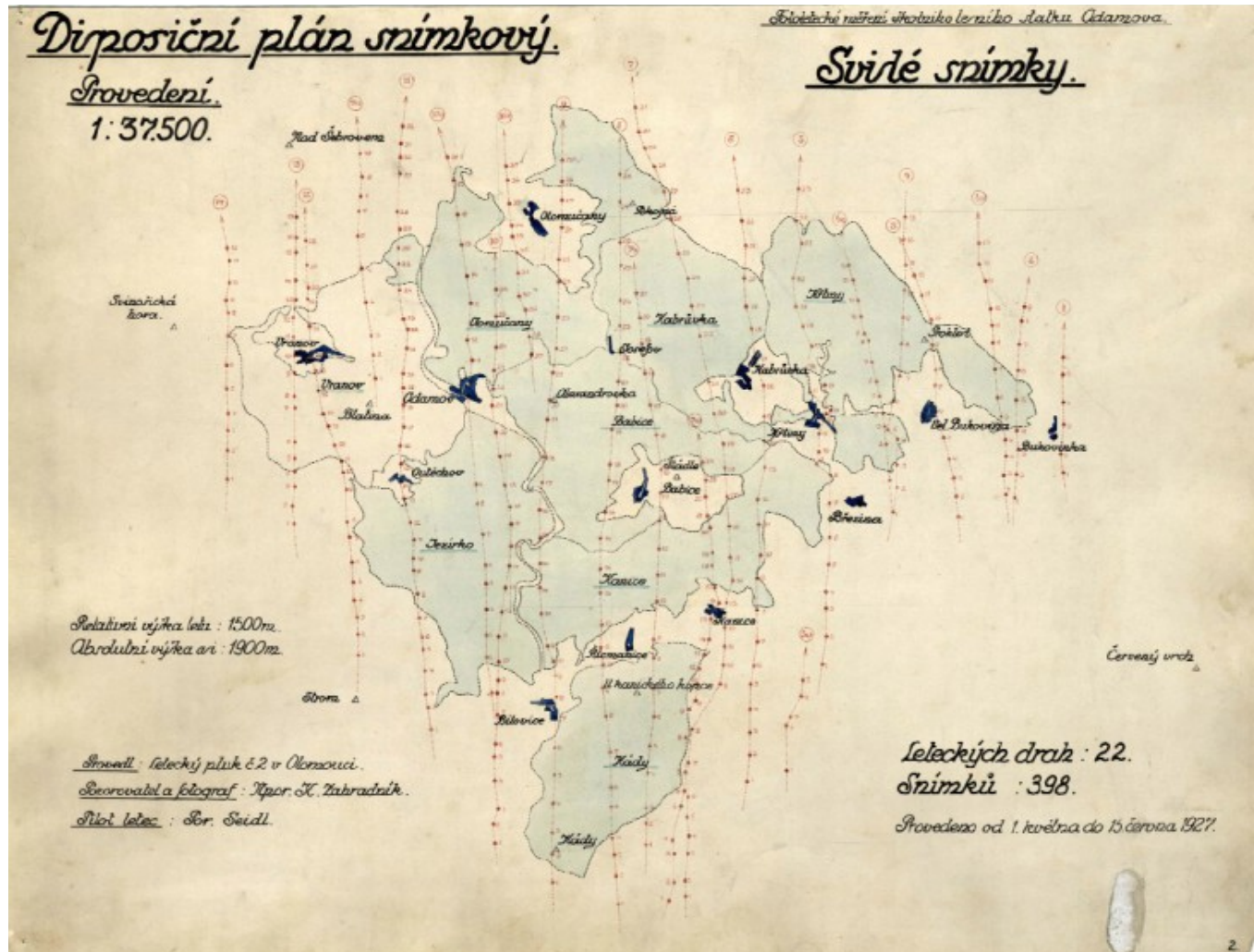
LETECKÉ SNÍMKOVÁNÍ

- Snímkování ŠLP 1927 – plán



LETECKÉ SNÍMKOVÁNÍ

- Snímkování ŠLP 1927 – realizace



LETECKÉ SNÍMKOVÁNÍ

- Snímkování ŠLP 1927 – výsledek



LETECKÉ SNÍMKOVÁNÍ

- Aktuální snímky ŠLP 2012 - RGB



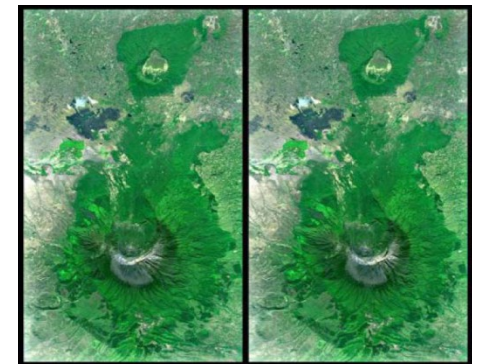
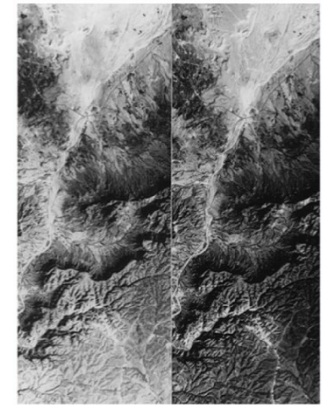
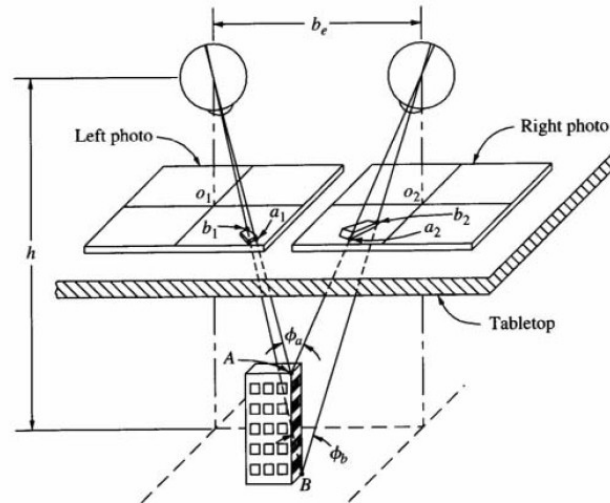
LETECKÉ SNÍMKOVÁNÍ

- Aktuální snímky ŠLP 2012 - CIR



STEREOSKOPICKÉ DVOJICE

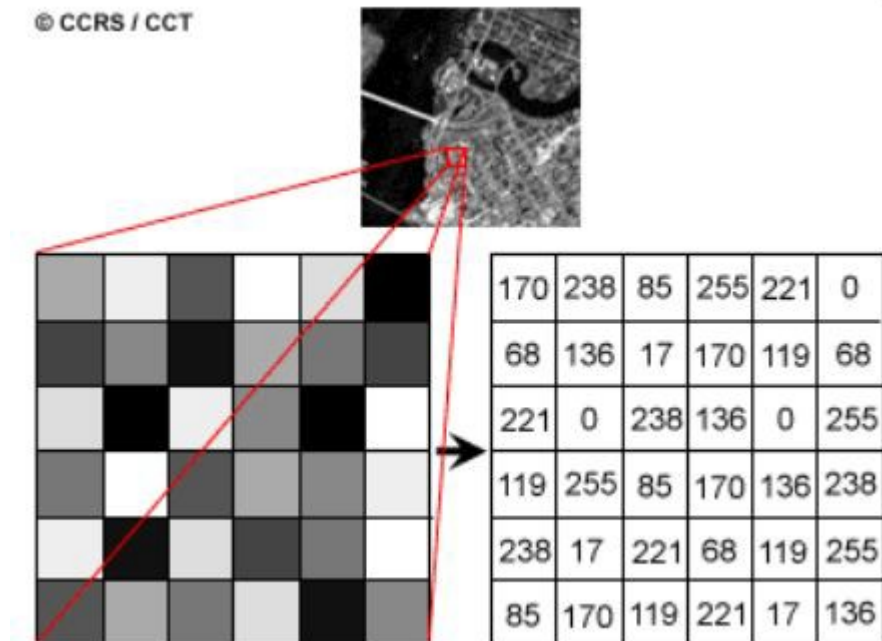
- Podélné snímkování umožňuje vytvářet stereoskopické dvojice snímků. Ty jsou využívány k tvorbě prostorových modelů území, ze kterých lze odvodit výškopis na základě měření stereoskopických (horizontálních) paralax.
- Fotogrammetrie



VLASTNOSTI DIGITÁLNÍHO OBRAZOVÉHO ZÁZNAMU

- Obrazový záznam charakterizují **4** základní druhy **rozlišovací schopnosti**:

- Prostorové rozlišení
- Spektrální rozlišení
- Radiometrické rozlišení
- Časové rozlišení

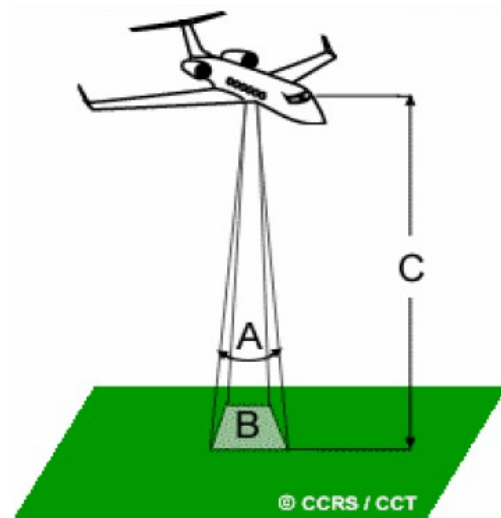


PROSTOROVÉ ROZLIŠENÍ

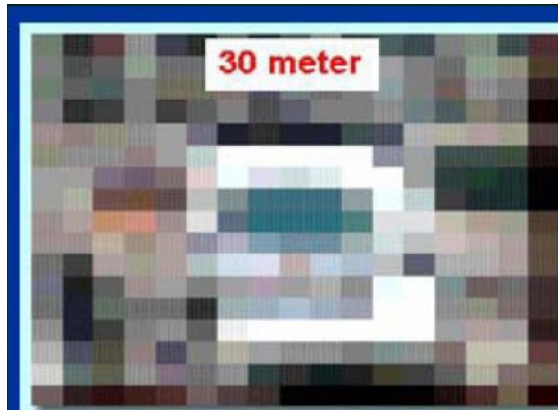
Velikost pixelu, měřítko

- Prostorové rozlišení je reprezentováno velikostí jednoho bodu (**pixelu**), který tvoří základní jednotku každého digitálního obrazu.
- Prostorové rozlišení snímacího zařízení se vztahuje k **velikosti nejmenšího možného objektu**, který lze na snímku detekovat.

U pasivních digitálních snímačů závisí primárně na jejich okamžitém poli záběru (Instantaneous Field of View – IFOV). Toto pole představuje úhlový kužel viditelnosti snímače (A) a určuje plochu na zemském povrchu, kterou je možno „vidět“ ze stanovené výšky v určitém čase. Velikost této plochy se určuje násobením IFOV vzdáleností snímače od zemského povrchu. Tato plocha se nazývá rozlišovací buňka (resolution cell) a definuje maximální prostorové rozlišení snímače.

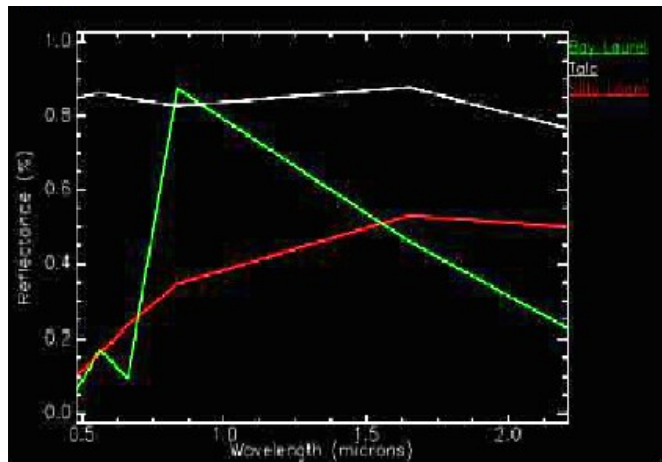


Viditelnost objektů na snímcích různého prostorového rozlišení

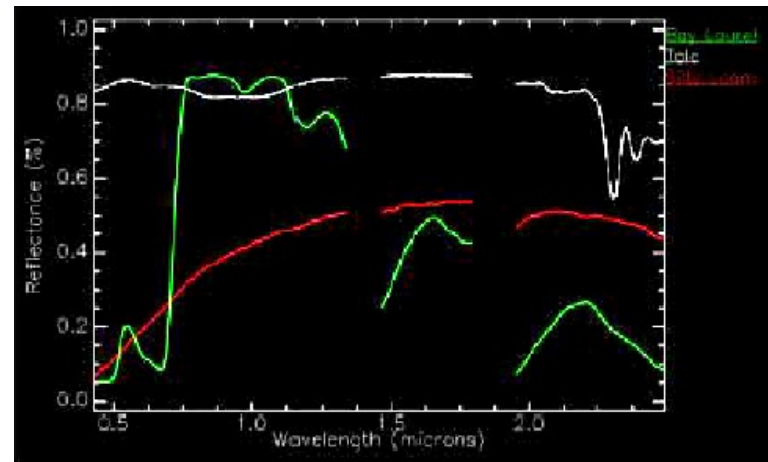


SPEKTRÁLNÍ ROZLIŠENÍ

- Spektrální rozlišení určuje schopnost snímače zaznamenávat jemné intervaly vlnových délek. Čím jemnější je spektrální rozlišení, tím užší je interval vlnových délek pro určité pásmo (kanál).
- Toto rozlišení tedy vyjadřuje z jaké části EM spektra a v kolika pásmech daný senzor poskytuje své snímky.
- Na základě spektrálního rozlišení rozdělujeme data DPZ na panchromatická, multispektrální, superspektrální a hyperspektrální.



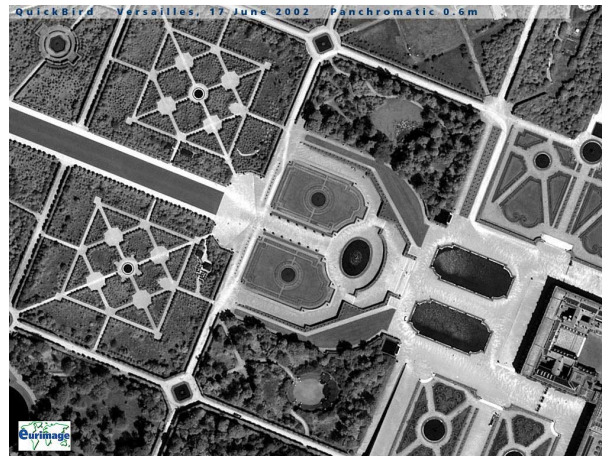
Signatury z multispektrálního záznamu, ETM, 7 pásem



Signatury z hyperspektrálního záznamu, AVIRIS, 224 pásem. Mezery ve spektrálních křivkách odpovídají pásmům, ve kterých atmosféra pohlcuje signál natolik, že se nedostane ke snímači.

Panchromatické snímky

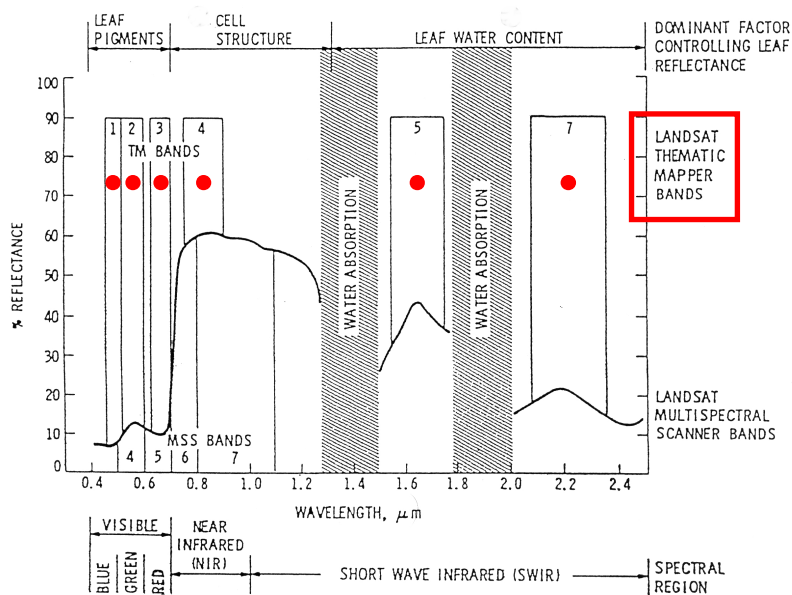
- Panchromatický (PAN) snímek obsahuje pouze **jedno spektrální pásmo**. Obvykle se zobrazuje pomocí stupnice odstínů šedi (grey scale). Znamená to, že zobrazená jasová složka každého pixelu odpovídá jeho příslušnému DN a vztahuje se k intenzitě slunečního záření odraženého objektem a zaznamenaného snímačem.
- Panchromatický družicový snímek lze interpretovat obdobně jako černobílý letecký snímek daného území. Hlavním typem informace, který se využívá při interpretaci, je **radiometrická informace**.
- Příklad: Ikonos PAN, SPOT HRV-PAN, QuickBird PAN



Multispektrální snímky

- Multispektrální (MS) snímky obsahují data **několika spektrálních pásem**. Každé pásmo lze zobrazit pomocí stupnice odstínů šedi, anebo spolu s jinými pásmy jako **barevnou syntézu** (color composite image), která vzniká **kombinací tří pásem**.
- Interpretace multispektrální syntézy vyžaduje znalost signatur spektrální odrazivosti objektů na scéně. V tomto případě se při interpretaci využívá radiometrická informace.
- Příklad: Landsat ETM+ (7 pásem), QuickBird MS (4 pásma), WorldView 2 (8 pásem)
- Pojem **superspektrální** snímky není příliš frekventovaný, někdy se používá pro označení dat, která obsahují řádově pár desítek pásem.
- Příklad: MODIS (36 pásem)

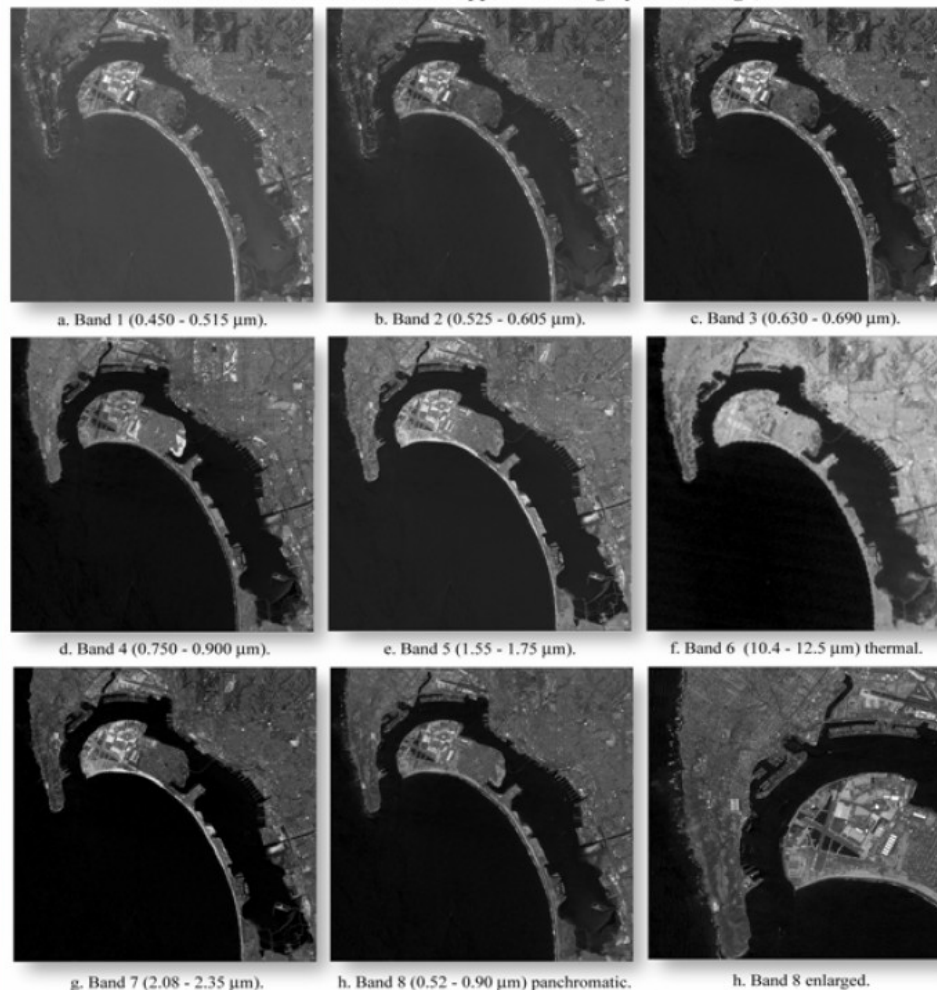
Příklad multispektrálního snímku: Landsat 7 ETM+



Landsat 7 ETM+

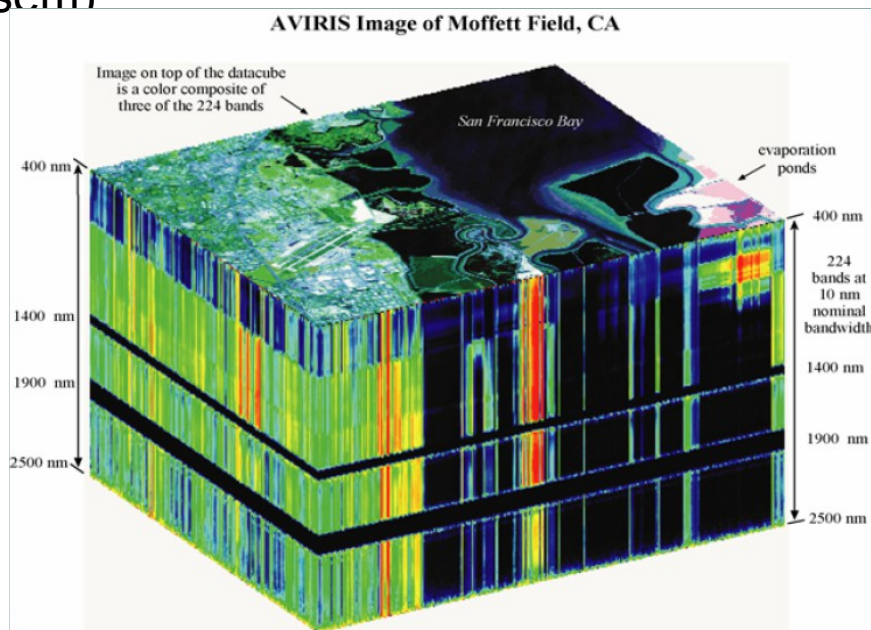
- Band 1 – modrá
- Band 2 – zelená
- Band 3 – červená
- Band 4 – blízká infračervená (NIR)
- Band 5 – střední infračervená (MIR)
- Band 6 – termální (TIR)
- Band 7 – střední infračervená (MIR)
- Band 8 – panchromatická (PAN)

Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus Imagery of San Diego, CA



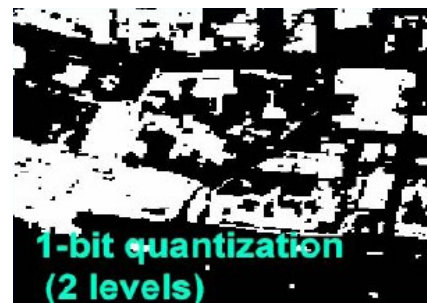
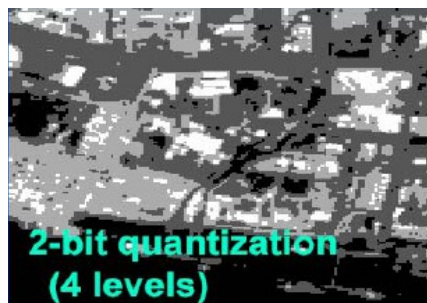
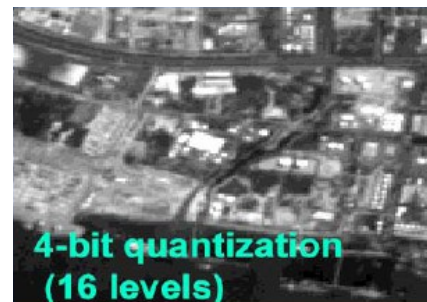
Hyperspektrální snímky

- Hyperspektrální senzory vytvářejí obrazové záznamy ve **více než stovce** úzkých částech EM spektra. Nazývají se též jako **zobrazující spektrometry**.
- Přesná informace obsažená v hyperspektrálním snímku umožňuje lepší charakterizaci a identifikaci objektů.
- Na obrázku je tzv. **hyperspektrální datová kostka**, vizualizace dat senzoru AVIRIS (224 pásem)



RADIOMETRICKÉ ROZLIŠENÍ

- Radiometrické rozlišení (**hloubka pixelu**) se týká nejmenší změny v intenzitě záření, kterou dokáže snímací systém rozlišit.
- U digitálních snímků je radiometrické rozlišení určeno počtem úrovní jasu, které slouží k digitálnímu záznamu spojitéch hodnot intenzity.



ČASOVÉ ROZLIŠENÍ

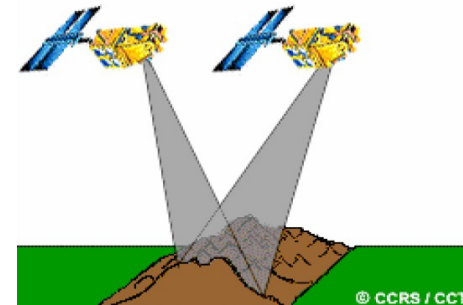
- Časové rozlišení snímacího zařízení je frekvence, s jakou systém vytváří snímky stejného území. Udává tedy, jak často je určitá oblast zemského povrchu opakovaně zaznamenávána.
- Časové rozlišení snímače závisí na parametrech oběžné dráhy družice. Moderní systémy umožňují **náklon snímače** a tak zkracují časový interval opakovaného záznamu.
- Většina snímačů pro průzkum přírodních zdrojů je synchronní se sluncem (**heliosynchronní**), což znamená, že mohou opakovaně snímkovat příslušné území ve stejném lokálním čase.
- Má velký význam při monitorování havarijních situací, při krizovém managementu a při některých zemědělských aplikacích. Je však silně závislé na počasí.

Příklady:

Landsat – 16 dnů

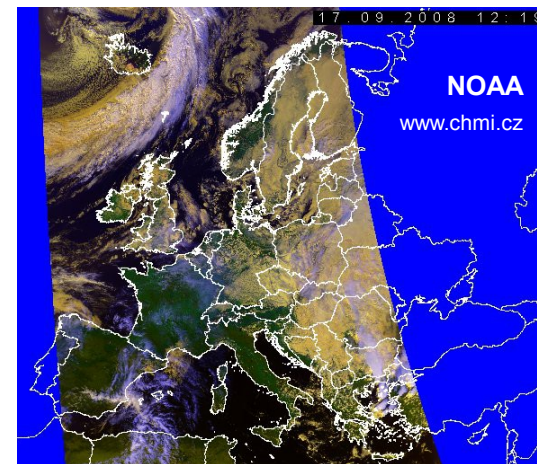
QuickBird – 1 až 3,5 dne

NOAA – 6 hodin



DATA S NÍZKÝM A STŘEDNÍM ROZLIŠENÍM

- Prostorové rozlišení v řádu **1km až 100m**
- Výhradně multispektrální (VIS+IR)
- Široký záběr scény
- Pořízení dat denně, nebo i několikrát během dne
- Vhodná pro tvorbu map v měřítku okolo 1 : 1 000 000
- **Aplikace:** globální mapování, sledování stavu vegetace, monitorování rozsáhlých katastrof, sledování stavu a vývoje ledovců, sledování stavu a vývoje atmosféry a oceánů, ...



např. :

Družice	Rozlišení [m]	Počet spektrálních pásem	Velikost scény [km]	Rok startu
NOAA	1100	5	2600 x 2600	1978
SPOT Vegetation	1000	4	2250 x 2250	1998
MODIS	250 - 1000	36	2330 x 2330	1999

DATA S VYSOKÝM ROZLIŠENÍM



- Prostorové rozlišení v řádu **10m**
- Pořizování v několikadenním pravidelném intervalu
- Většinou současně multispektrální (MS) i panchromatická data (PAN)
- Vhodná pro tvorbu map v měřítcích 1 : 100 000 až 1 : 25 000
- **Aplikace:** regionální mapování a plánování, land cover/land use, mapování vegetace a zemědělských ploch, sledování stavu lesních porostů, geologické a geomorfologické mapování, DMT, ...

např. :

Družice	Rozlišení [m]		Počet spektrálních pásem	Velikost scény [km]	Rok startu
	PAN	MS			
LANDSAT 7	15	30	7	180 x 180	1999
SPOT 5	2,5 - 5	10	4	60 x 60	2002
ASTER	-	15 - 90	14	60 x 60	1999

DATA S VELMI VYSOKÝM ROZLIŠENÍM

- Prostorové rozlišení v řádu **1m**
- Pořizována v kombinaci MS a PAN, někdy pouze PAN
- Nejmodernější flexibilní družice, data často pořizují podle konkrétních požadavků zákazníka
- Vhodná pro tvorbu map v měřítcích 1 : 25 000 až 1 : 5 000
- **Aplikace:** podrobné mapování, urbanistické studie, 3D modely měst, kontrola zemědělských aktivit, inventarizace lesních porostů, mapování rozptýlené vegetace, půdní eroze, tvorba DMT, ...



např. :

Družice	Rozlišení [m]		Počet spektrálních pásem	Velikost scény [km]	Rok startu
	PAN	MS			
IKONOS	1	4	4	11 x 11	1999
QuickBird	0,6	2,4	4	16 x 16	2001
WorldView 1	0,5	-	-	17,5 x 14	2007
WorldView 2	-	0,46	8	17,5 x 14	2009

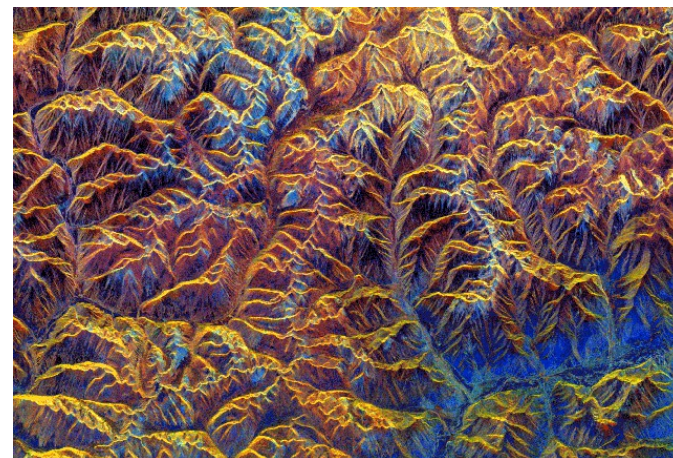
RADAROVÁ DATA

- Aktivní snímání v mikrovlnné části spektra
- Data mohou být pořízena ve dne i v noci za jakéhokoliv počasí
- Prostorové rozlišení se dnes pohybuje v řádu **10m**
- **Aplikace:** geomorfologické mapování, seismické pohyby a sesuvy půdy, monitoring vývoje ledovců, tvorba DMT, sledování pohybu lodí, zjišťování znečištění moří a oceánů

např. :

Družice	Rozlišení [m]	Velikost scény [km]	Rok startu
ERS-1/2	20	100 x 100	1991/1994
Radarsat Fine	10	50 x 50	1995
Envisat	25	100 x 100	2002

Zdroj: Gisat 2006, www.gisat.cz



Tibet

<http://www.jpl.nasa.gov/radar/sircxsar>