

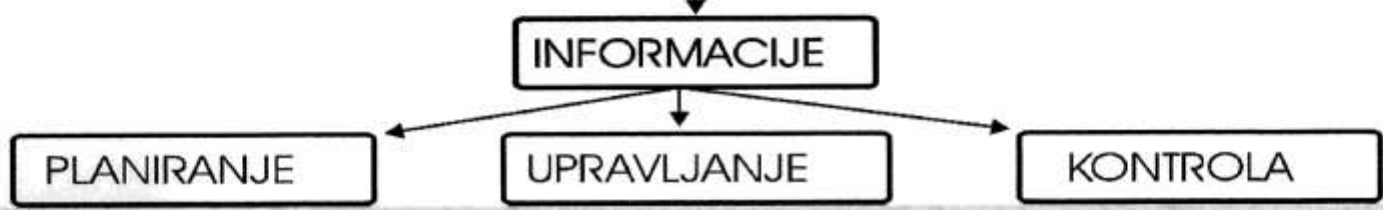
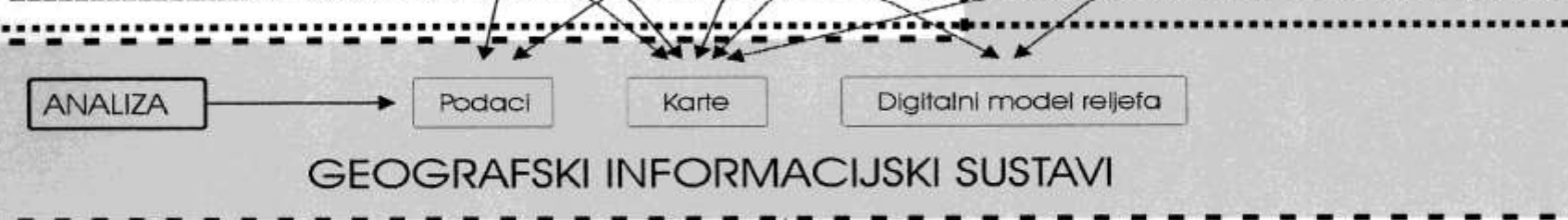
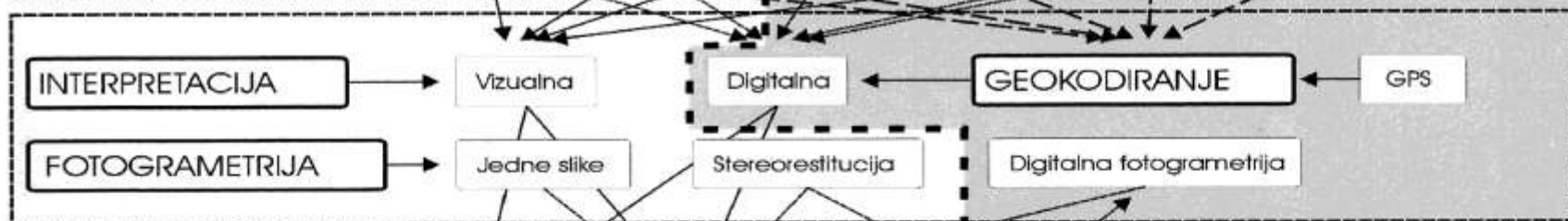
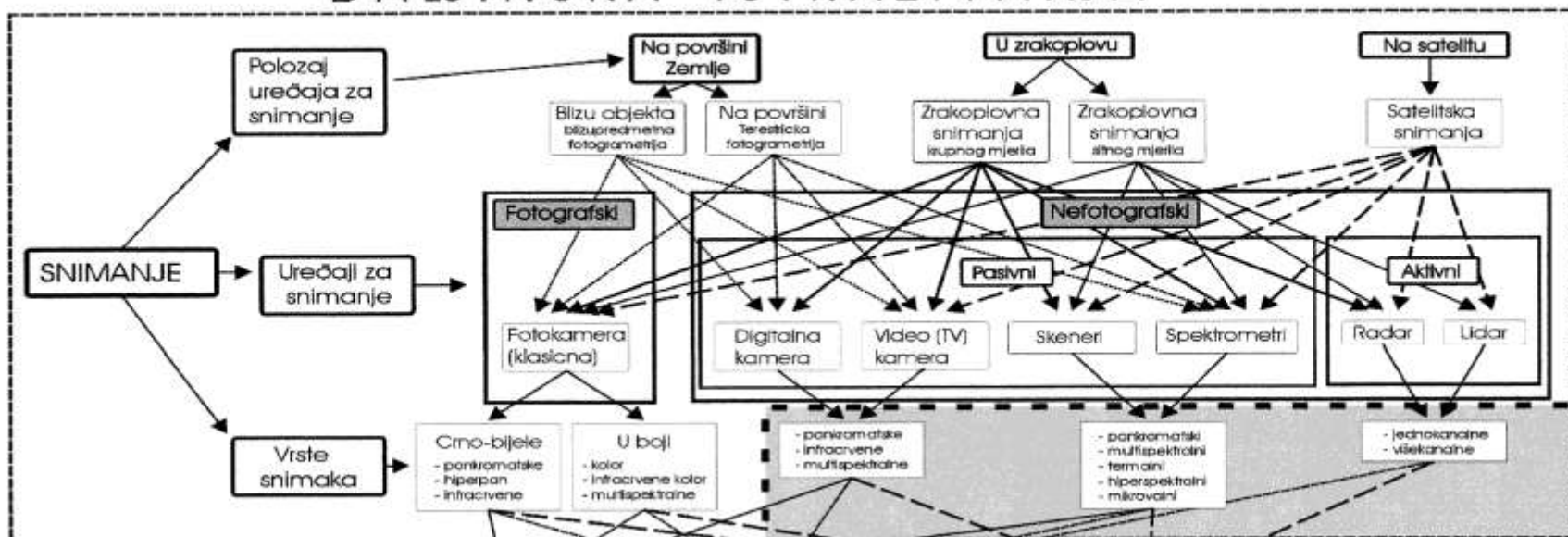
An aerial photograph of a city, likely Zadar, showing a dense urban grid on the left and a large, light-colored building complex in the upper center. A river or canal winds through the right side of the image. The overall scene is in black and white.

Sveučilište u Zadru

**DALJINSKA ISTRAŽIVANJA**  
**3**

Izv. prof. dr. sc. Sanja Lozić

# DALJINSKA ISTRAZIVANJA



Ovisno o broju spektralnih kanala koji se koriste, optički sustavi detekcije mogu se klasificirati na:

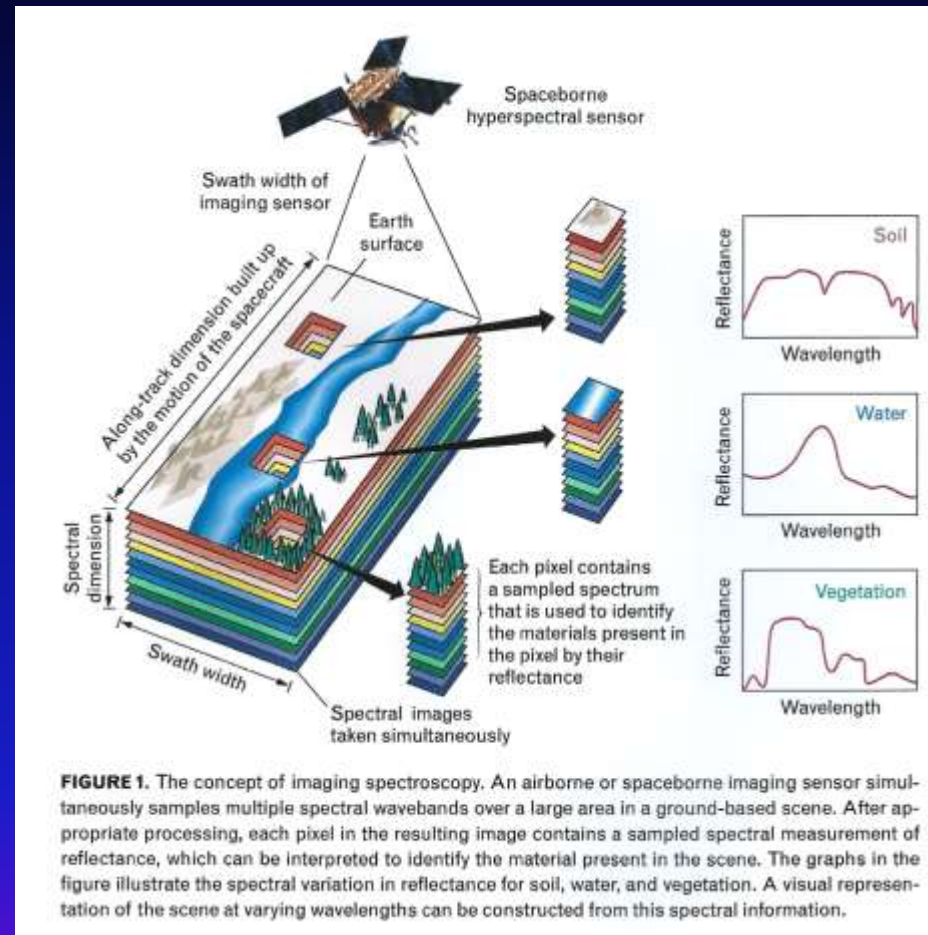
**Pankromatski sustav detekcije:** Jednokanalni senzor koristi se za otkrivanje radijacije unutar širokog raspona valnih duljina. Raspon valne duljine i vidljivog dijela spektra mogu se podudarati. Ako se to dogodi, onda slika izgleda kao crno-bijela fotografija. Približna svjetlina objekata označava fizičke karakteristike. Ovakve slike imaju visoku prostornu rezoluciju. Primjeri pankromatskih sustava snimanja: SPOT HRV-PAN i IKONOS PAN

**Multispektralni sustav detekcije:** Razlika između pankromatskih i multispektralnih sustava snimanja: multispektralni sustav koristi višekanalni detektor i bilježi zračenja unutar uskih raspona valnih duljina. Iz slike se mogu očitavati svjetlina i informacije o bojama. Primjeri: Landsat MSS, Landsat TM, SPOT HRV-XS i IKONOS MS

**Superspektralni sustav detekcije:** > 10 kanala

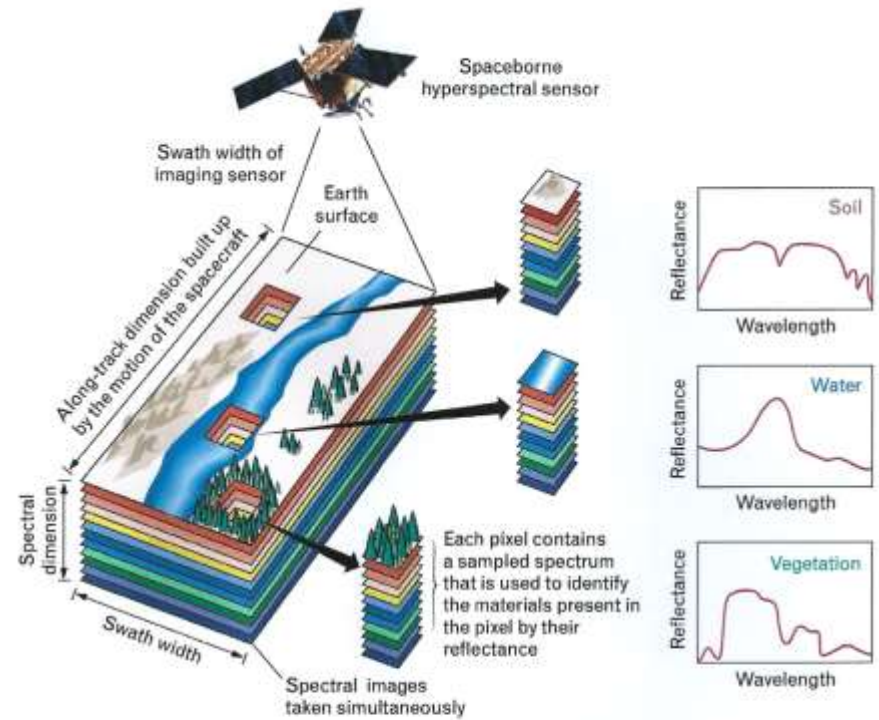
**Hiperspektralni sustav detekcije:** sastoji se od više od 100 spektralnih kanala

- Svako spektralno područje nosi jedinstveni set informacija o Zemljinom okolišu.
- Npr. ozon apsorbira ultraljubičasto zračenje pa se određivanje ozona u atmosferi vrši mjerenjem ultraljubičastog zračenja.
- Pomoću mikrovalova promatraju se npr. ledeni pokrovi, preko čijeg otapanja se može pratiti globalno zatopljenje.
- Vidljivi i infracrveni podaci upotrebljavaju se za procjenu stanja (zdravlja) usjeva, šuma i drugih oblika vegetacijskog pokrivača Zemlje.





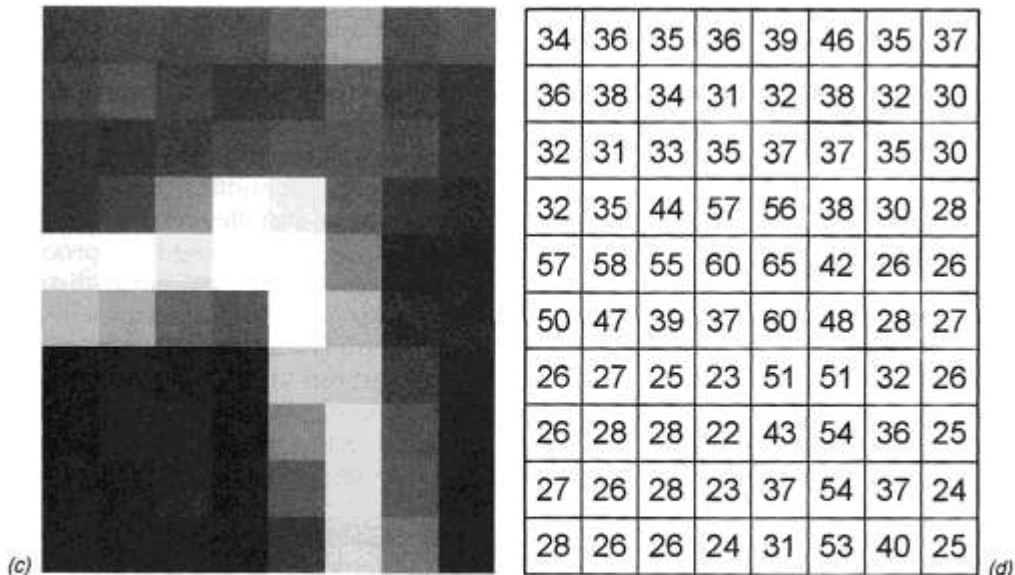
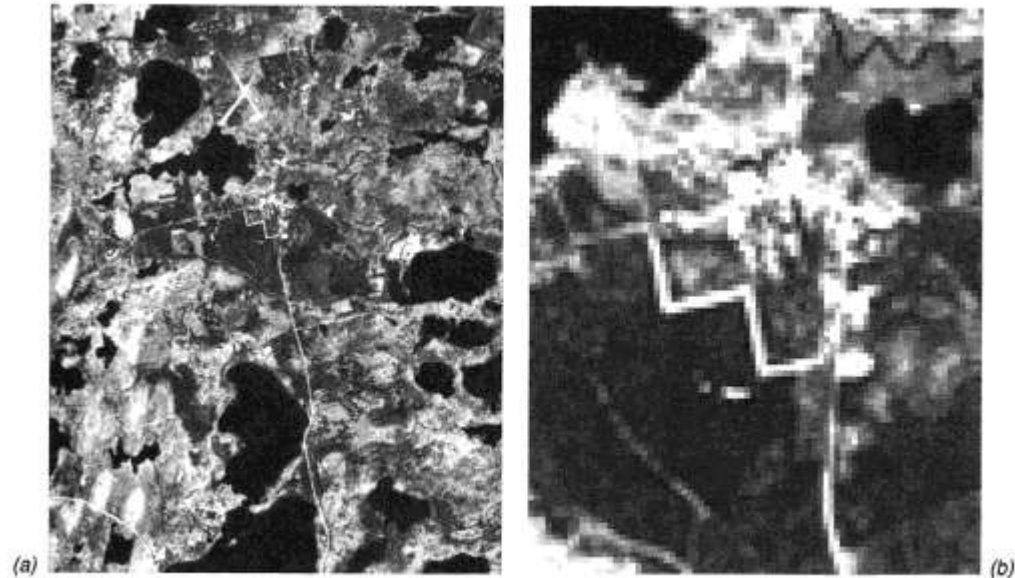
- Toplinsko infracrveno zračenje (toplina) koristi se za određivanje temperature oblaka, tla i oceanskih površina.
- Premda postoje pankromatski senzori koji objedinjuju svu vidljivu svjetlost u jedan podatak (crnobijeli film), većina senzora vidljivog područja razdvaja dolazeće zračenje na različite boje, odnosno na **spektralne pojase** (*spectral bands*).
- Oni također mogu bilježiti različite spektralne pojase ultraljubičastog, vidljivog i infracrvenog (NIR ili MIR) zračenja.



**FIGURE 1.** The concept of imaging spectroscopy. An airborne or spaceborne imaging sensor simultaneously samples multiple spectral wavebands over a large area in a ground-based scene. After appropriate processing, each pixel in the resulting image contains a sampled spectral measurement of reflectance, which can be interpreted to identify the material present in the scene. The graphs in the figure illustrate the spectral variation in reflectance for soil, water, and vegetation. A visual representation of the scene at varying wavelengths can be constructed from this spectral information.

# Pankromatski snimci

- Pankromatski senzor bilježi radijaciju unutar jednog kanala a slike su prikazane u sivim tonovima.
- Razine svjetline pojedinog piksela proporcionalne su digitalnom broju piksela.  
→ ovaj broj povezan je s intenzitetom sunčeve radijacije reflektirane od objekta.
- Radiometrijska (EM) informacija glavna je informacija koja se koristi u interpretaciji snimka.



**Figure 1.17** Basic character of digital image data. (a) Original 500 row × 400 column digital image. Scale 1:200,000. (b) Enlargement showing 100 row × 80 column area of pixels near center of (a). Scale 1:40,000. (c) 10 row × 8 column enlargement. Scale 1:4,000. (d) Digital numbers corresponding to the radiance of each pixel shown in (c).



[http://www.crisp.nus.edu.sg/~research/tutorial/opt\\_int.htm](http://www.crisp.nus.edu.sg/~research/tutorial/opt_int.htm)

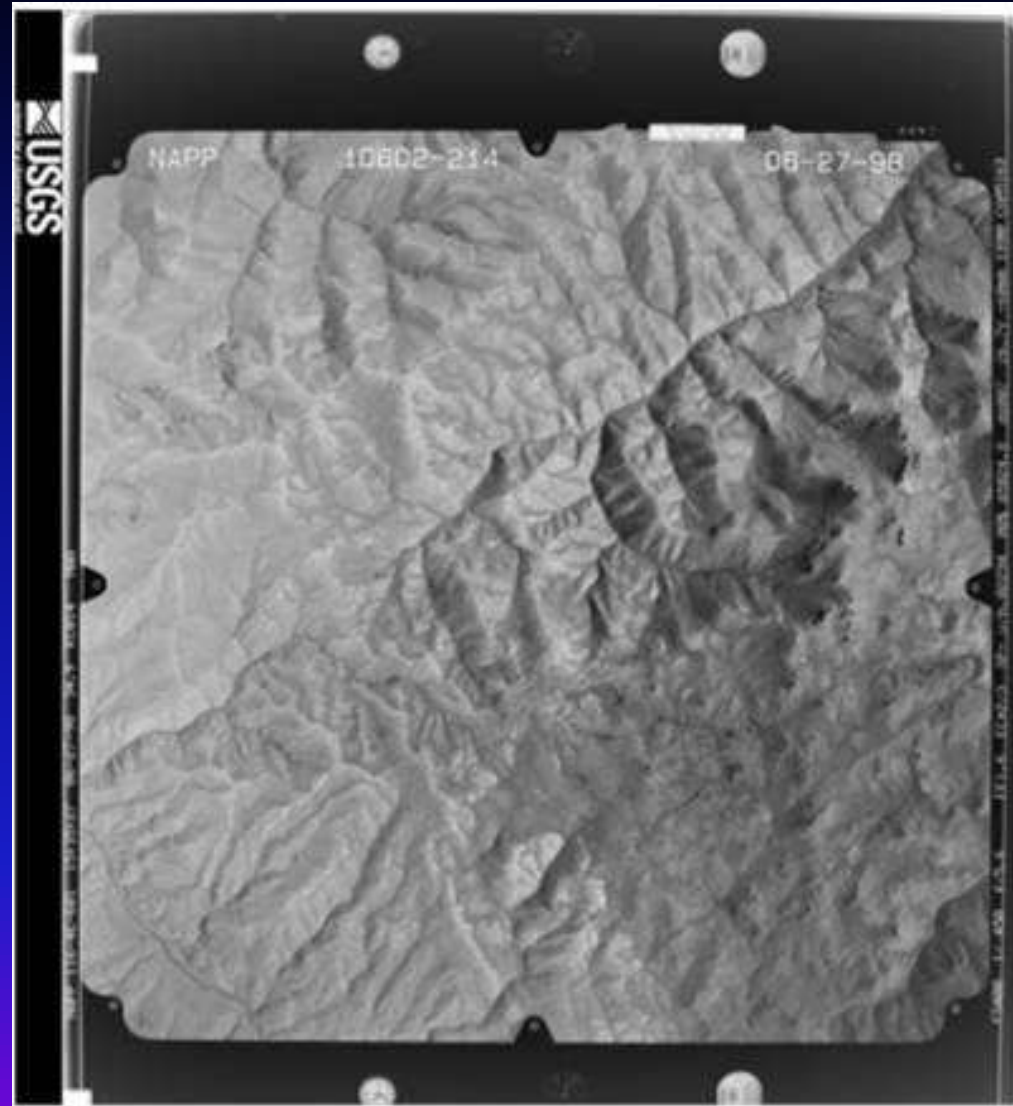
A panchromatic image extracted from a **SPOT** panchromatic scene at a ground **resolution** of 10 m. The ground coverage is about 6.5 km (width) by 5.5 km (height). The urban area at the bottom left and a clearing near the top of the image have high reflected intensity, while the vegetated areas on the right part of the image are generally dark. Roads and blocks of buildings in the urban area are visible. A river flowing through the vegetated area, cutting across the top right corner of the image can be seen. The river appears bright due to sediments while the sea at the bottom edge of the image appears dark.



- Pankromatski senzor prikuplja i predstavlja cjelokupnu vidljivu svjetlost kroz jedan prikaz. Ova činjenica omogućuje veću rezoluciju u usporedbi s kolor fotografijama.

- Pankromatska slika može biti korisna ukoliko za potrebe istraživanja svojstava terena nije potrebna boja.

- Npr. većina USGS topografskih karata dobivena je na temelju pankromatskih slika (visoka rezolucija, preciznost).





- **Infracrveni film** apsorbira drugačije valne duljine energije nego pankromatski film i najčešće se koristi kod razlikovanja tipova vegetacije.
- Slike snimljene infracrvenim filmom prikazuju reflektirane elektromagnetske valove u infracrvenom rasponu, između cca 0,7  $\mu\text{m}$  do 0,9  $\mu\text{m}$  (filter se koristi za blokiranje valnih duljina u vidljivom spektru, obično onih ispod 0,7  $\mu\text{m}$ ).
- Karakteristike refleksije vegetacije znatno se razlikuju u infracrvenom rasponu od vidljivog spektra, uz maksimalnu refleksiju u bliskom infracrvenom rasponu (near IC).
- Refleksija se razlikuje ovisno o dobi, zdravlju i tipovima vegetacije.

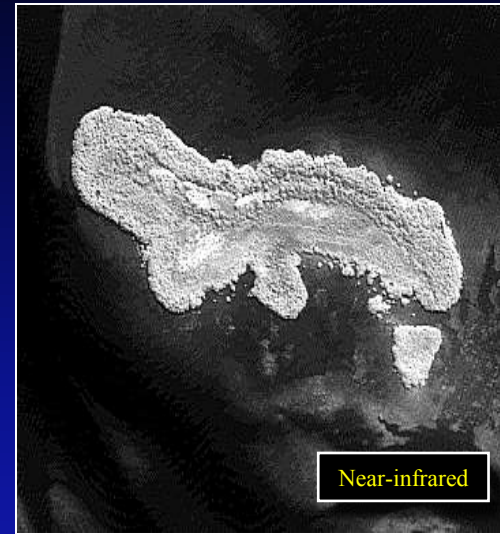
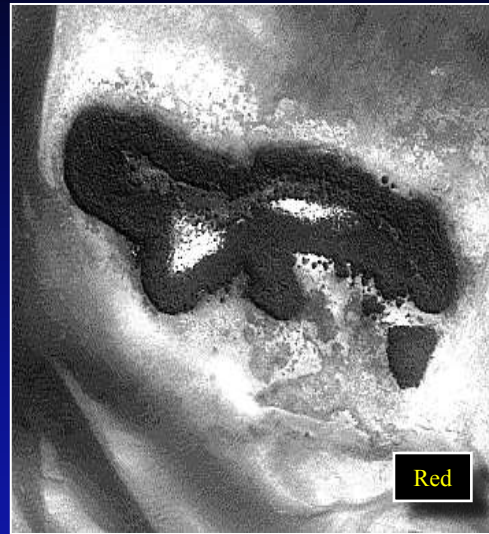
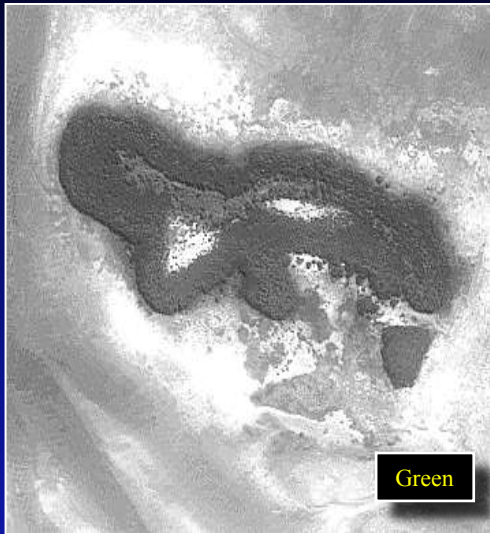


# Multispektralni snimci

- Multispektralna slika sastoji se od više kanala podataka.
- Za vizualni prikaz, svaki kanal slike može biti prikazan zasebno u sivim tonovima, ili kao kombinacija više kanala, što daje kolor - kompozitnu sliku.
- Interpretacija multispektralnih kolor kompozitnih slika zahtijeva poznavanje spektralne refleksije objekata.



If a multispectral image consists of the three visual primary colour bands (red, green, blue), the three bands may be combined to produce a "true colour" image. For example, the bands 3 (red band), 2 (green band) and 1 (blue band) of a LANDSAT TM image or an IKONOS multispectral image can be assigned respectively to the R, G, and B colours for display. In this way, the colours of the resulting **colour composite** image resemble closely what would be observed by the human eyes.



Color composite  
RGB = green, red, near-  
infrared



- Sateliti LANDSAT i SPOT bilježe podatke u vidljivom i infracrvenom području spektra.
- SPOT-ov multispektralni senzor ima tri spektralna pojasa: dva u vidljivom području (zeleni i crveni) i jedan u infracrvenom (NIR) području.

2007 Digital Orthotography of Beaufort, SC

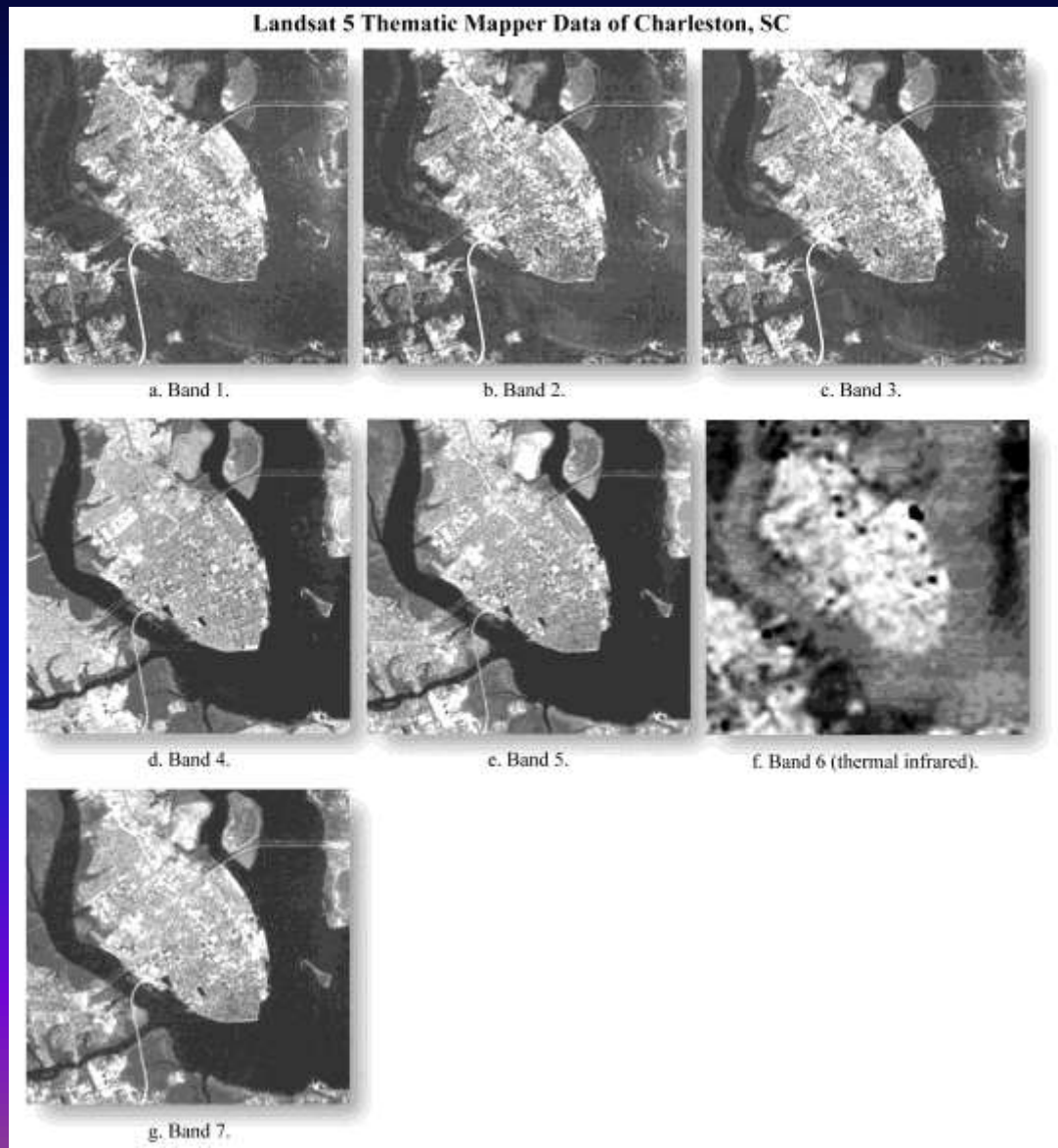


a. Natural Color (0.25 x 0.25 m)



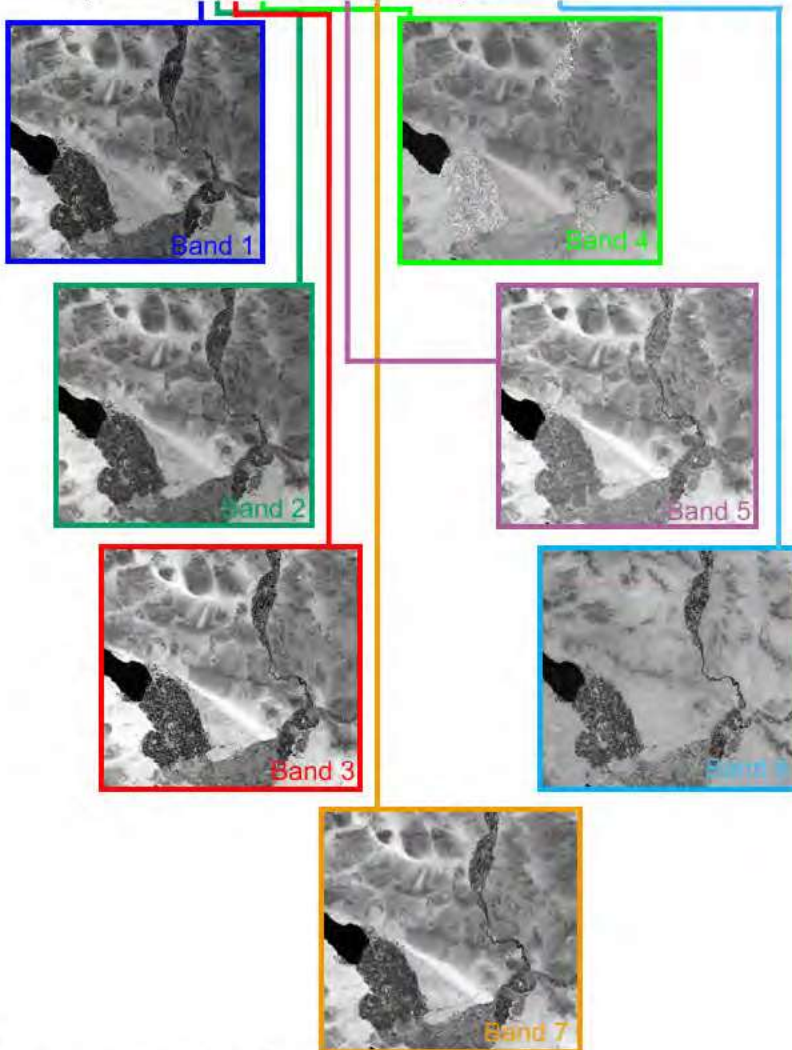
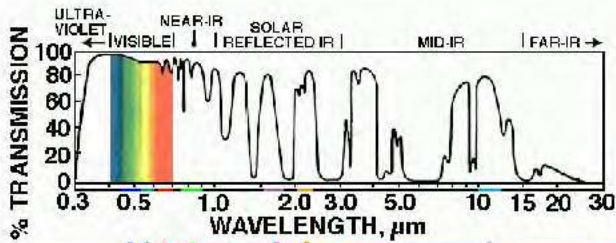
b. Color-infrared (0.25 x 0.25 m)

- Od Landsatovih sedam spektralnih kanala, tri su u vidljivom (plavo, zeleno i crveno), jedan u termalnom infracrvenom (6) a ostali u infracrvenom pojasu (NIR i MID).



Seven Bands of  
Landsat Thematic  
Mapper Data of  
Charleston, SC,  
Obtained on  
February 3, 1994

# Spektralni kanali (Landsat)



Electromagnetic Spectrum Image from Virtual Hawaii.

Oznaka kanala	Valna duljina (μm) - dio spektra	Osobine - primjena spektralnog kanala
1	0,45 - 0,52 plavozeleni	Djelomično prodire kroz vodu pa je pogodan za kartiranje obalnih voda; jednako tako pogodan za razlikovanje tla i vegetacije, bjelogoričnog i crnogoričnog drveća, prepoznavanje izgrađenih objekata.
2	0,52 - 0,60 zeleni	Područje najvećeg odbijanja zračenja od zelene vegetacije; pogodan za procjenu vitalnosti vegetacije i prepoznavanje izgrađenih objekata.
3	0,63 - 0,69 crveni	Dio spektra koji upija klorofil; pogodan za razlikovanje tipova vegetacije.
4	0,76 - 0,90 bliže IC (NIR)	Područje koje zdrava vegetacija najviše odbija; koristi se za razlikovanje tipova vegetacije, ustanovljavanje stanja i količine biomase, za kartiranje obalnih linija.
5	1,55 - 1,75 srednje IC	Dio spektra koji prolazi kroz tanke slojeve oblaka; pokazuje sadržaj vode u vegetaciji i tlu, daje dobar kontrast između različitih tipova vegetacije.
6	10,40 - 12,50 toplinski	Noćne snimke; pogodan je za procjenu stresa vegetacije, sadržaj vlage u tlu; toplinska kartiranja.
7	2,08 - 2,35 srednje IC	Dio spektra koji upijaju hidroksilni ioni u mineralima; koristi se za razlikovanje stijena i minerala; osjetljiv je na sadržaj vlage u vegetaciji.

Osobine i primjena spektralnih kanala skenera tematskog kartografa

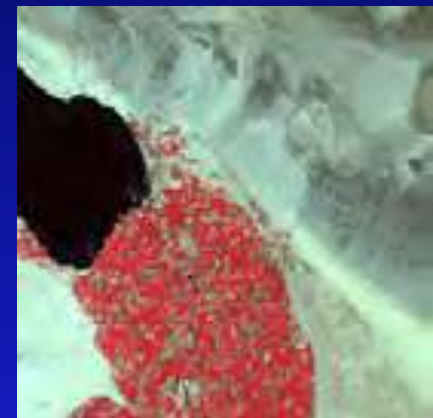


## Prikazi slika – Landsat

**Realni kolor prikaz** (*True color*): U realnom koloru, kanal 1 je prikazan u plavoj boji, kanal 2 u zelenoj a 3 u crvenoj. Slika je približna realnom stanju ali kontrasti nisu izraženi i objekte na slici teško je razlikovati.



**“Lažni” kolor prikaz** (*False color*), odnosno Bliski infracrveni prikaz (NIR). Na ovakvoj slici, kanal 2 je prikazan u plavoj, 3 u zelenoj a 4 u crvenoj boji. Ističe se vegetacija koja je prikazana u crvenoj boji (zeleni vegetacijski pokrov reflektira zrake u infracrvenom dijelu spektra). Ovakav prikaz vrlo je koristan za analizu vegetacijskih značajki.



**Kratkovalni infracrveni kolor prikaz** (*Short-Wavelength Infrared (SWIR) or “Pseudo Natural Color”*). Na ovakvom prikazu kanal 2 je prikazan u plavoj boji, 4 u zelenoj a 7 (ili 5) u crvenoj. Kontrasti između objekata su izraženi.





Data from ASTER's visible and near-infrared bands at  $0.81 \mu\text{m}$ ,  $0.56 \mu\text{m}$ , and  $.66 \mu\text{m}$  are composited in red, green, and blue creating the **false-color image**. Vegetation appears red, snow and dry salt lakes are white, and exposed rocks are brown, gray, yellow, and blue. Rock colors mainly reflect the presence of iron minerals and variations in albedo (solar energy reflected off the surface).

- Vidljivi pojasevi zasebno ili zajedno s infracrvenima, koriste se za detekciju određenih svojstava kopna i vode
- Klorofil u biljkama apsorbira plave i crvene pojaseve dok reflektira zeleni pojas → ovi se pojasevi koriste u određivanju biljnih vrsta i stanja zdravlja vegetacije.
- Određeni tipovi tala i formacija stijena povećavaju refleksiju crvenog dijela spektra.
- Voda povećava refleksiju plavog u odnosu na druge spektralne pojaseve. Ona značajno manje reflektira sve vidljive pojaseve i pojaseve blizu infracrvenog (NIR) u odnosu na kopno i oblake.
- Vidljivi pojasevi se obično upotrebljavaju za lociranje oblaka koji satelitu mogu biti nevidljivi u infracrvenim pojasevima (zbog iste temperature kao i temperatura tla ili oceanske površine)



- Važnost interpretacije tokova refleksije izvan vidljivog dijela spektra - u većini slučajeva ta “nevidljiva” informacija predstavlja prednost multispektralnog prikazivanja.
- Dio infracrvenog zračenja (NIR) skoro je potpuno apsorbiran u vodi, dok tlo i naročito vegetacija imaju visoku refleksiju u NIR području  
→ NIR pojasevi su korisni za razlikovanje tla i vode. Osim toga koriste se pri prostornom i sistematskom određivanju vrsta vegetacije te za utvrđivanje zdravlja određene biljne vrste.
- Srednji infracrveni pojasevi (MIR) osjetljivi su na sadržaj vlage pa se koriste u proučavanju vegetacije i lociranju oblaka, snijega i formacija leda.
- Pomoću toplinskih infracrvenih pojaseva mjeri se količina topline koju emitira neki objekt (temperatura nekog objekta se može mjeriti s točnošću preciznijom od pola stupnja).

- Sljedeće tri slike prikazuju tri kanala na multispektralnoj slici, dobivena iz SPOT multispektralnog prikaza, s rezolucijom od 20 metara.
- XS1 (zeleno) i XS2 (crveno) kanali izgledaju gotovo identično kao pankromatski prikaz. Nasuprot tome, obrasla područja izgledaju svjetlije u XS3 kanalu (bliski infracrveni), zbog visoke refleksije lišća u bliskom infracrvenom području valnih duljina.
- Na obraslim područjima može se identificirati nekoliko nijansi sive boje, što odgovara različitim vrstama vegetacije.
- Vodene površine u XS3 kanalu pojavljuju se u tamnim tonovima

[http://www.crisp.nus.edu.sg/~research/tutorial/opt\\_int.htm](http://www.crisp.nus.edu.sg/~research/tutorial/opt_int.htm)

SPOT XS1 (green band)



SPOT XS2 (red band)



SPOT XS3 (Near IR band)



# Multiband Aerial Photography of Century City, Los Angeles



b. Blue (0.4 - 0.5  $\mu\text{m}$ )



c. Green (0.5 - 0.6  $\mu\text{m}$ )



d. Red (0.6 - 0.7  $\mu\text{m}$ )

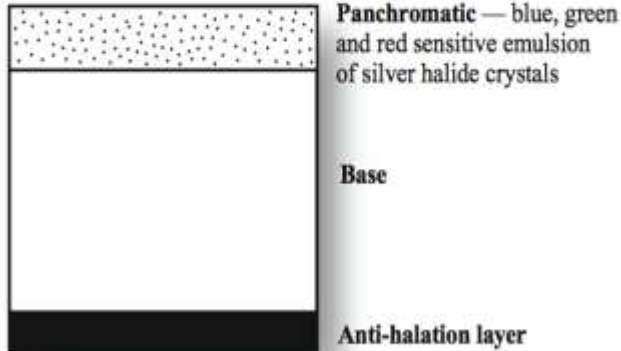


e. Near-infrared (0.7 - 1.0  $\mu\text{m}$ )



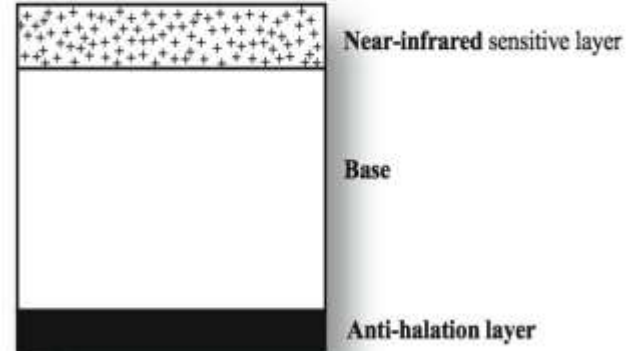
## Generalized Cross-Sections of Black-and-White Panchromatic, Black-and-White Infrared, Color, and Color-Infrared Film

### Black-and-White Film



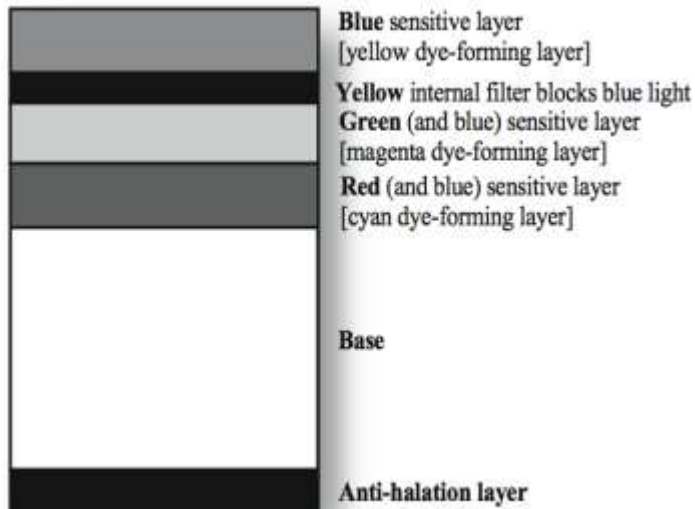
a.

### Black-and-White Infrared Film



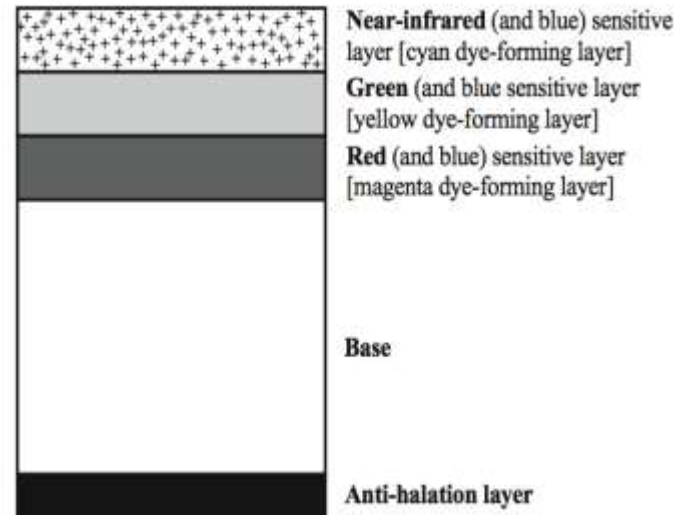
b.

### Normal Color Film



c.

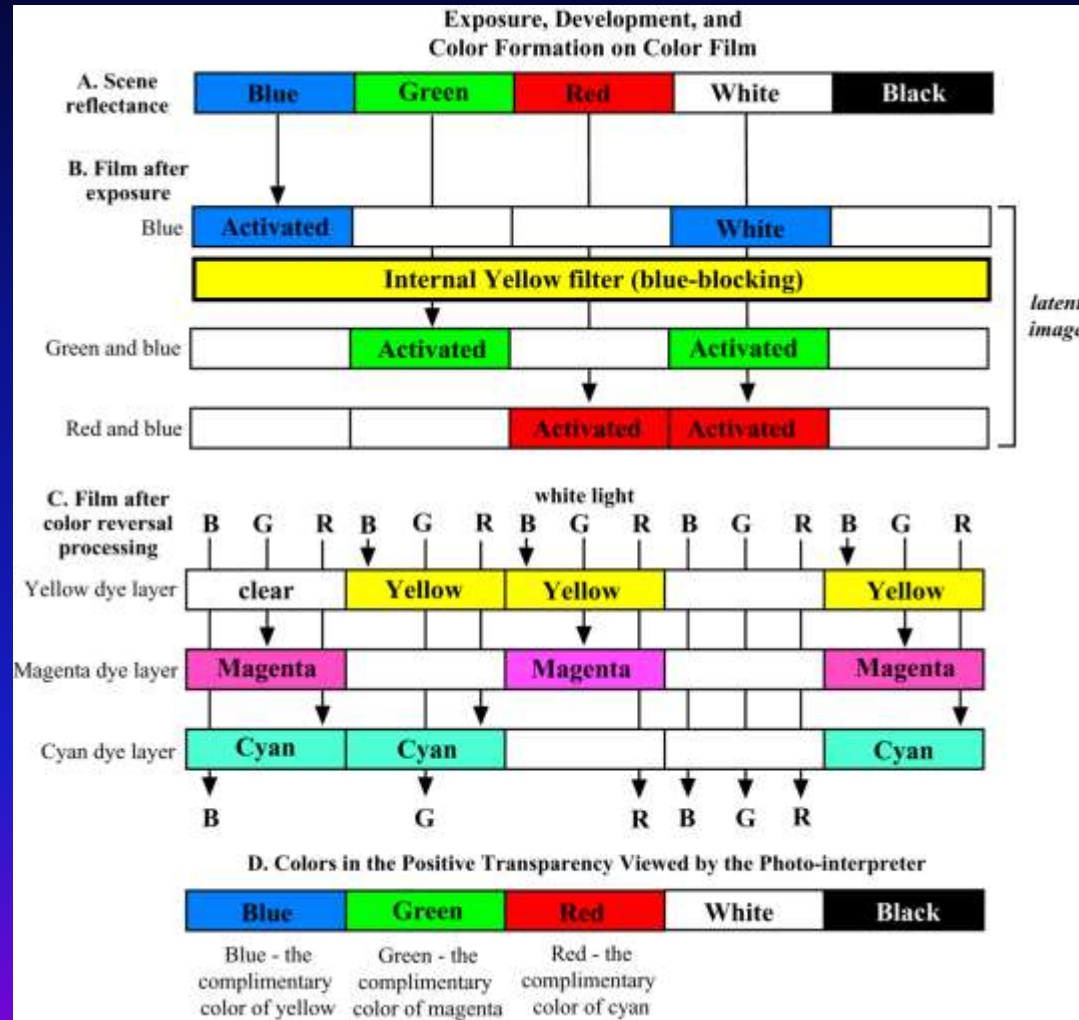
### Color-infrared Film



d.

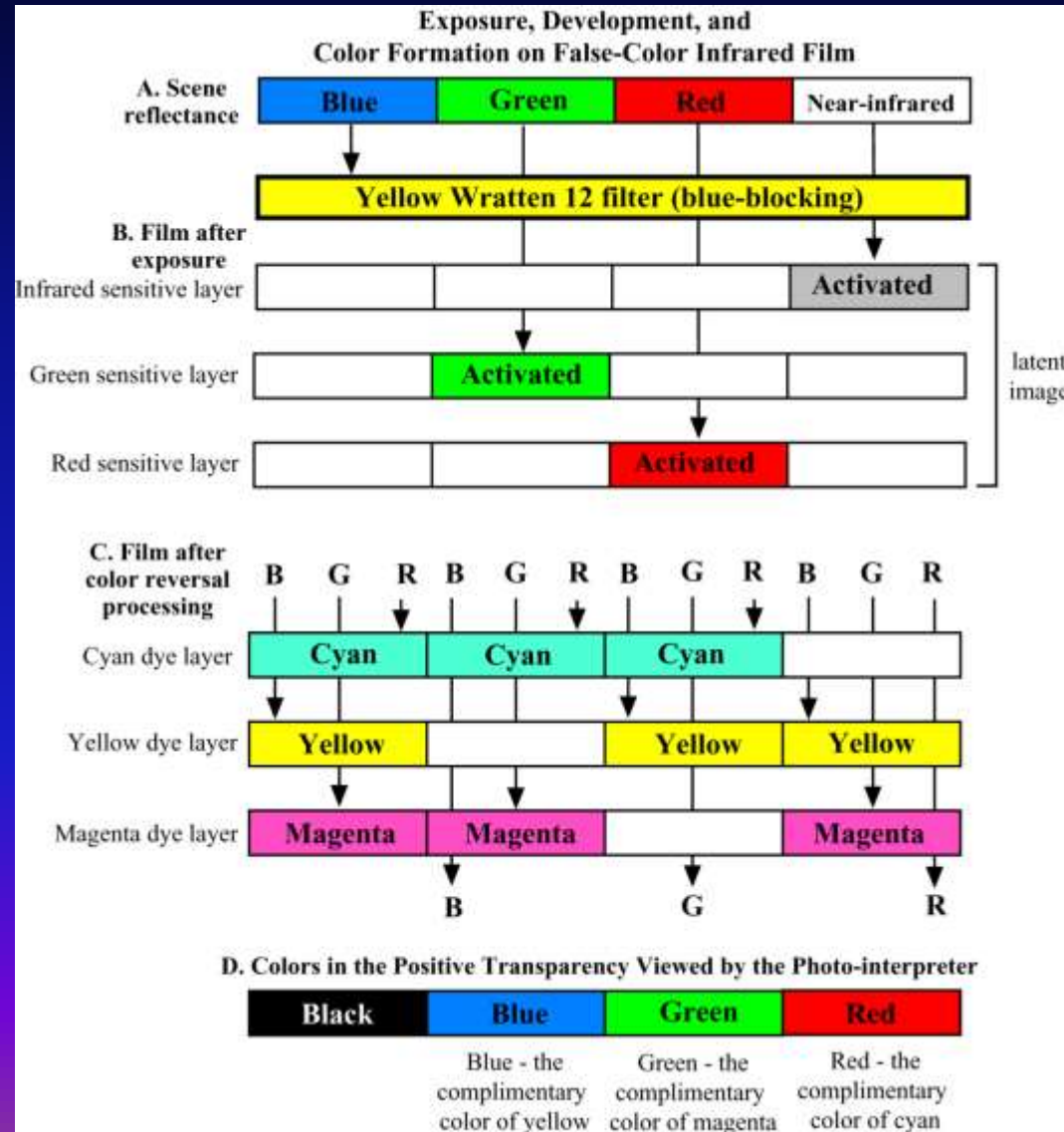
# Kolor film

- Kolor film može snimati promjene u EM energiji koje se odnose na prostor, valne duljine (spektralne promjene) i intenzitet
- Filmovi u boji sastoje se od tri sloja emulzije a svaki je osjetljiv na različiti dio spektra
- U kolor filmovima snimljeno spektralno područje korespondira plavom, zelenom i crvenom u vidljivom dijelu spektra



# Kolor-Infracrveni Film

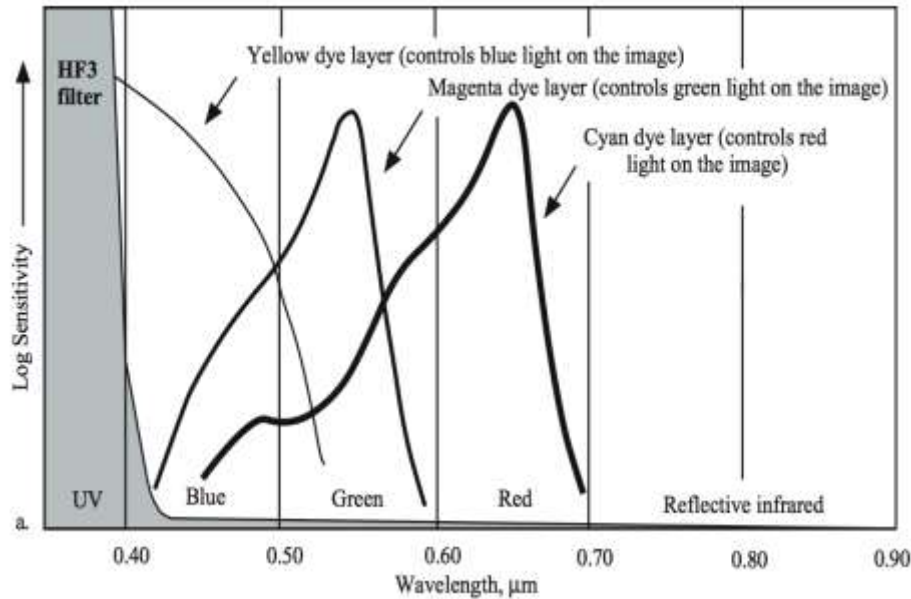
- Kod ovih filmova osjetljivost je pomaknuta prema većim valnim duljinama spektra (u odnosu prema normalnom kolor filmu)
- Slojevi emulzije na filmu su osjetljivi su na zeleno, crveno i IC područje spektra
- Svaki sloj emulzije sadrži boje koje su komplementarne bojama na koje je emulzija osjetljiva



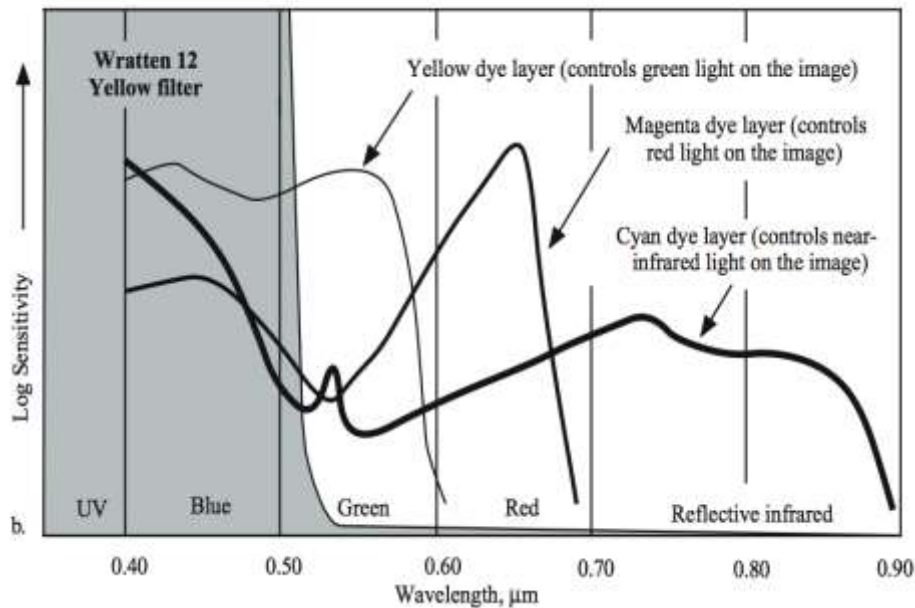


# Spektralna osjetljivost kolor i kolor – infracrvenog filma

### Spectral Sensitivity of the Three Layers of Normal Color Film



### Spectral Sensitivity of the Three Layers of Color-Infrared Film



## 2007 Digital Orthotography of Beaufort, SC

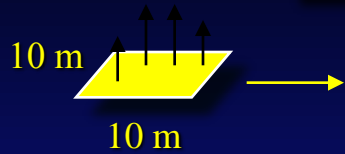


a. Natural Color (0.25 x 0.25 m)

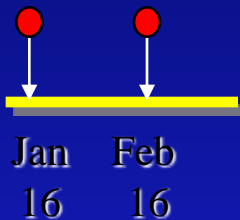


b. Color-infrared (0.25 x 0.25 m)

# Remote Sensor Resolution Considerations



B G R NIR



8-bit  
(0 - 255)  
10-bit  
(0 - 1023)

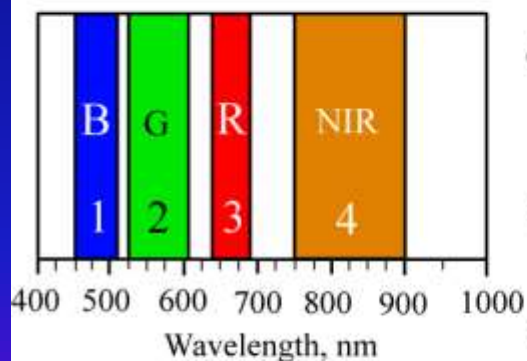
- **Spatial** - the size of the field-of-view, e.g.  $10 \times 10$  m.
- **Spectral** - the *number* and *size* of spectral regions (or frequencies) the sensor records data in, e.g. blue, green, red, near-infrared, thermal infrared.
- **Temporal** - how often the sensor acquires data, e.g., every 30 days.
- **Radiometric** - sensitivity of detectors to small difference in electromagnetic energy.



# Spektralna rezolucija

- označava koji dio ili dijelove spektra snima senzor
- za provođenje klasifikacije na multispektralnim snimcima poželjno je da senzor snima u uskim spektralnim kanalima
- veći broj kanala omogućava bolju interpretaciju snimka

## Spectral Resolution of A Typical Multispectral Digital Frame Camera



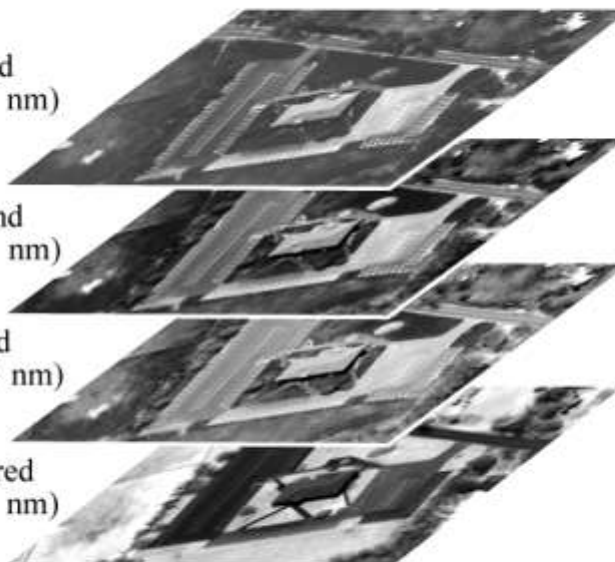
a. Spectral bands.

blue band  
(450 – 515 nm)

green band  
(525 – 605 nm)

red band  
(640 – 690 nm)

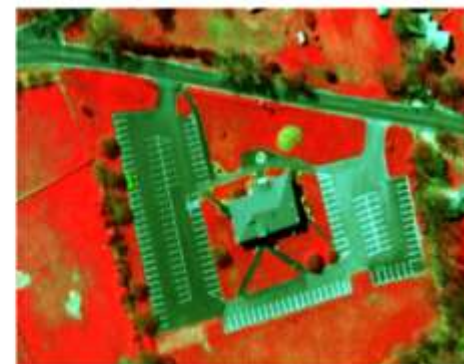
near-infrared  
(750 – 900 nm)



b Multispectral remote sensing.



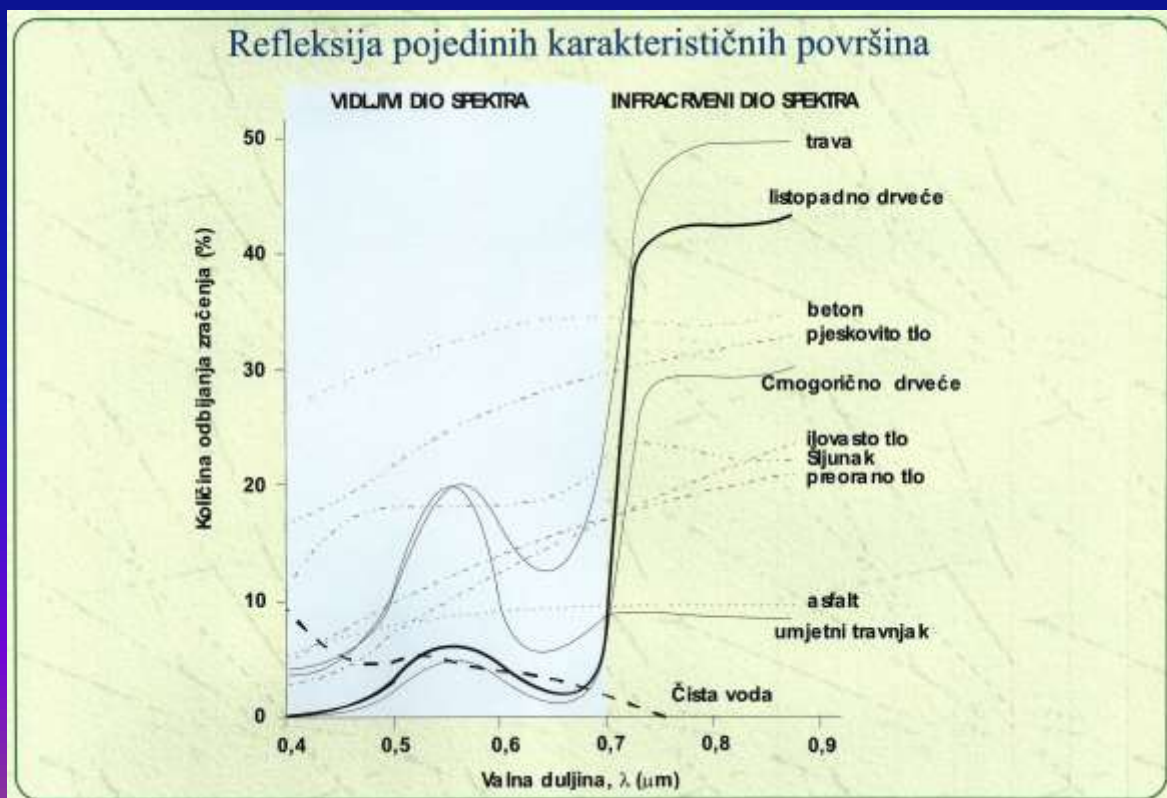
c. Natural color-composite.



d. Color-infrared color-composite.

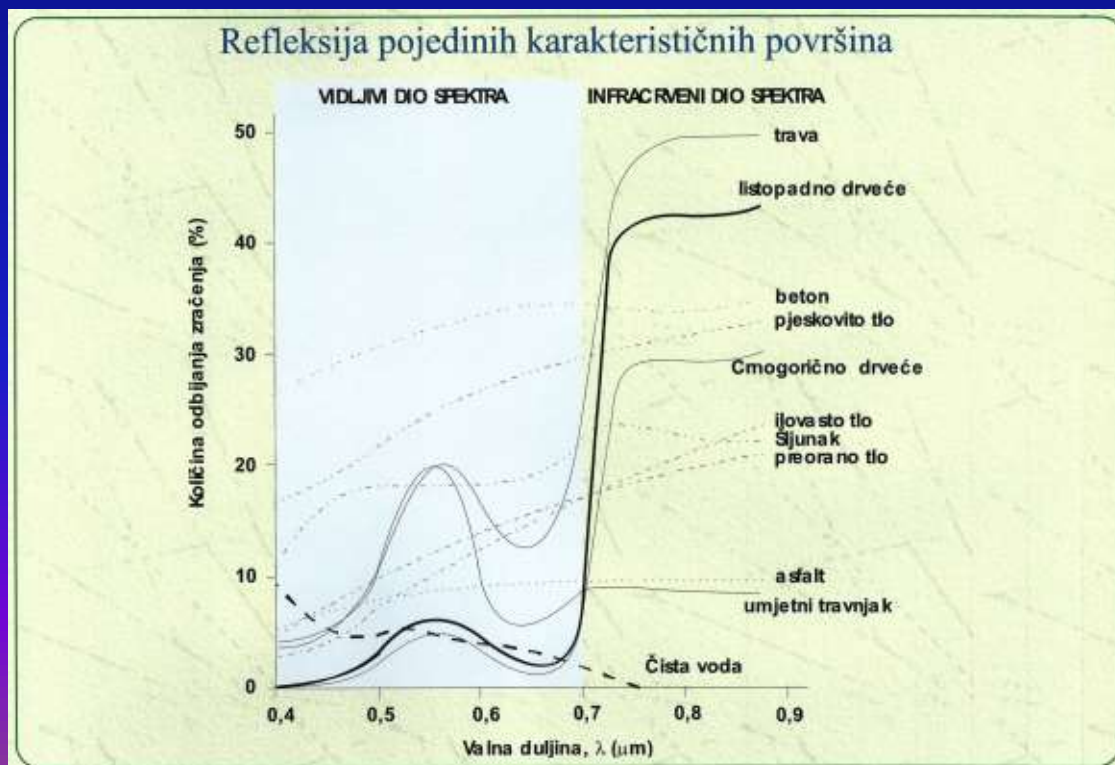
- Spektralna rezolucija slike odnosi se na broj spektralnih pojaseva postignutih za svaki piksel.
- Kako se odbijanje može mjeriti u uskim dijelovima spektra (kanalima) kao funkcija valne duljine, naziva se spektralno odbijanje i izražava se u postocima.

- Dijagram na kojem je prikazano spektralno odbijanje pojedinih prirodnih objekata kao funkcija valne duljine naziva se **krivulja spektralnog odbijanja**.



- Kako je krivulja spektralnog odbijanja svojstvena pojedinom objektu i razlikuje se od krivulja za druge objekte, ona može poslužiti kao značajka za razlikovanje i prepoznavanje objekata na snimkama dobivenim pomoću uređaja za snimanje.
- Neki objekti mogu imati sličan tijek krivulja u određenom dijelu spektra da bi se u drugom dijelu spektra značajno razlikovali.

- Ta činjenica osigurava mogućnost izbora onog dijela spektra u kojem će se objekti od interesa najbolje moći razlikovati.



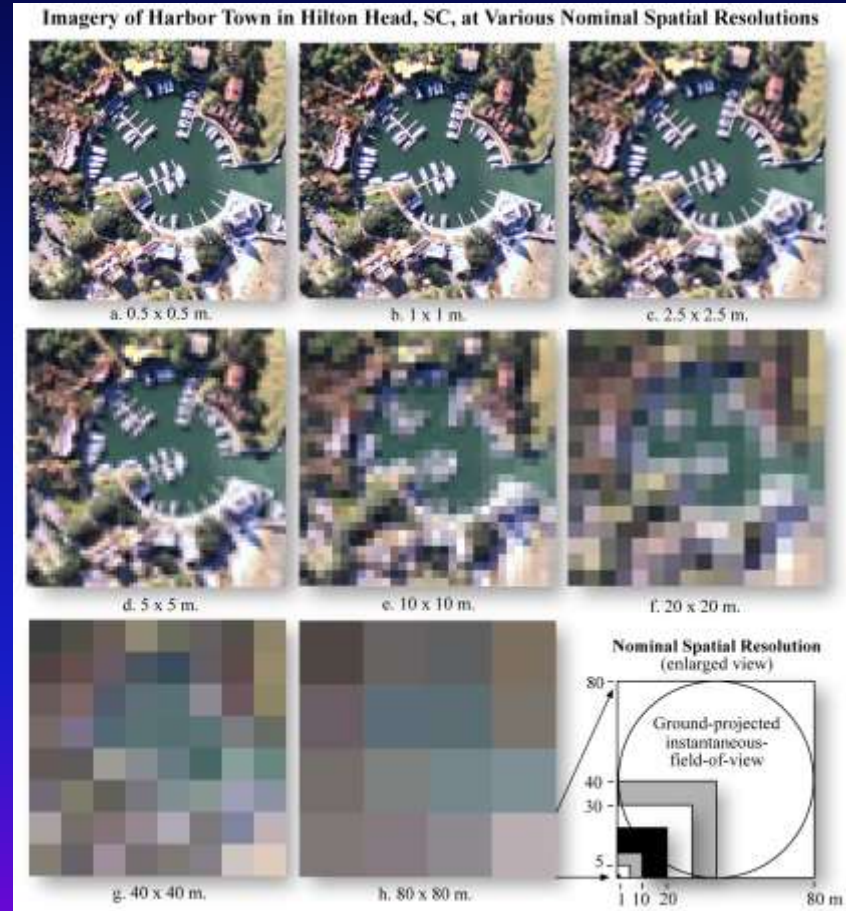


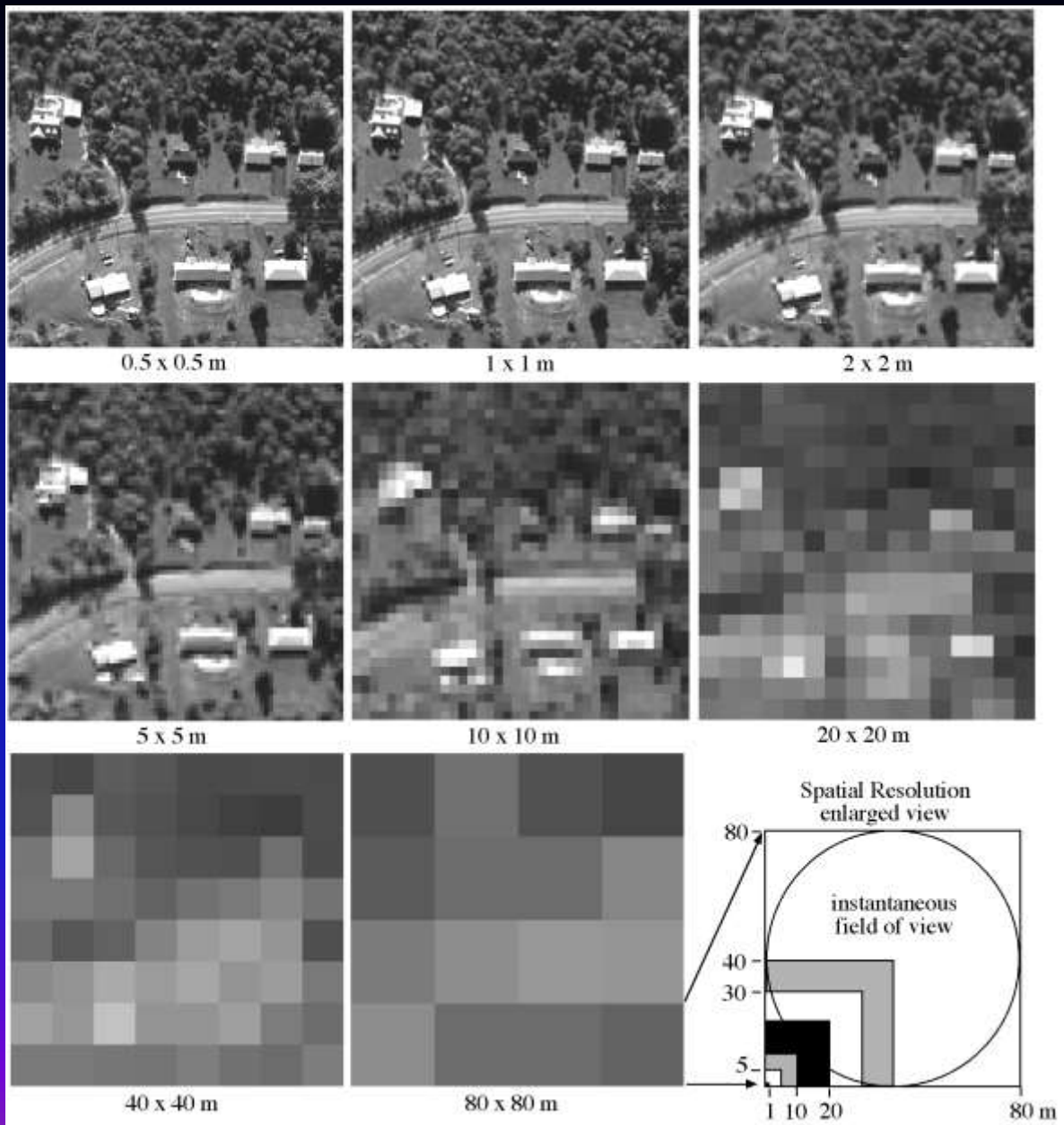


Deciduous versus coniferous forest at 1 x 1 m  
recorded by Spatial Emerge digital camera  
in green, red, and near-infrared bands

# Prostorna rezolucija

- Veličina piksela koji se zapisuje u rasterskom snimku
- Pikseli odgovaraju kvadratnim područjima čija dužina stranice može biti od 1 do 1000 metara.





Imagery of residential housing in Mechanicsville, New York, obtained on June 1, 1998, at a nominal spatial resolution of 0.3 x 0.3 m (approximately 1 x 1 ft.) using a digital camera.



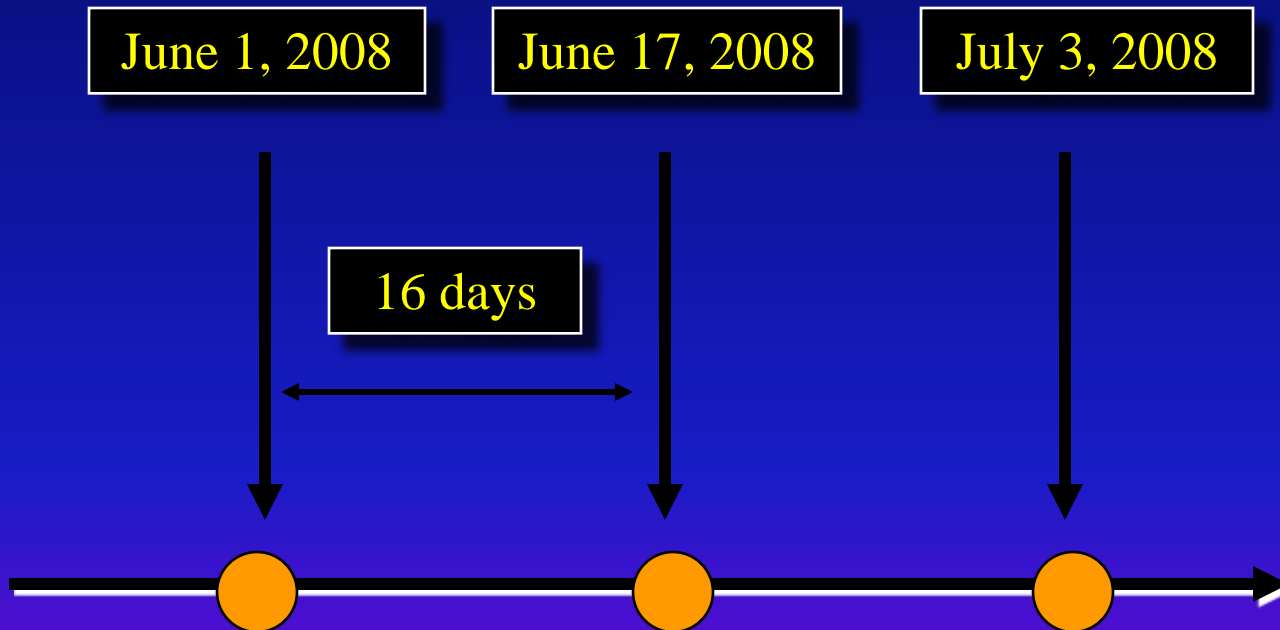


1 x 1 m of Ronald Reagan International Airport  
in Washington, DC by Digital Globe, Inc.

# Vremenska rezolucija

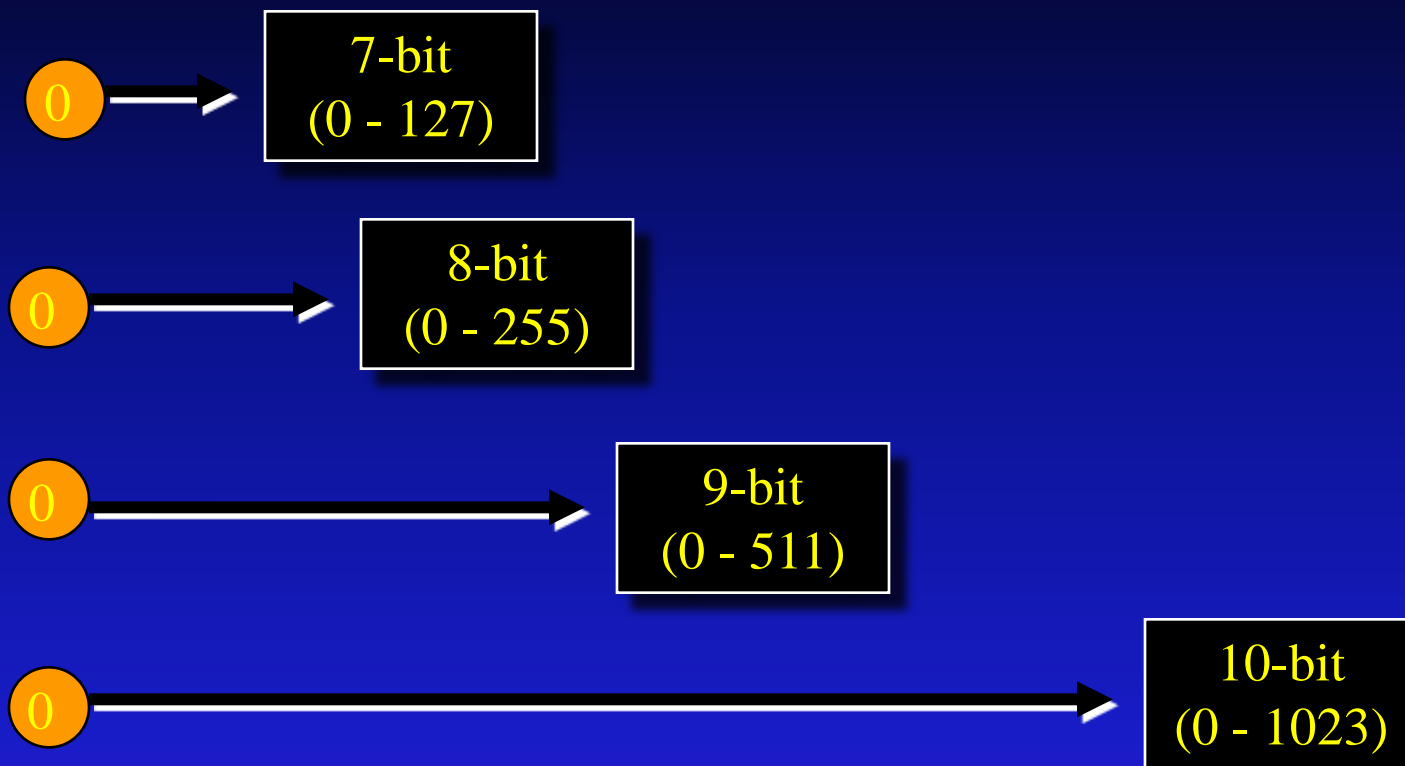
- Pokazuje koliko se često iz satelita može snimiti isto područje

## Remote Sensor Data Acquisition



- Izražava se u periodu između dva uzastopna prolaza senzora nad istim područjem

# Radiometrijska rezolucija



- Broj različitih intenziteta radijacije koje senzor može razlikovati.
- Tipičan raspon kreće se od 8 do 10 bita što odgovara 255 do 1023 razina skale sive boje



# Spatial and Temporal Resolution for Selected Applications

