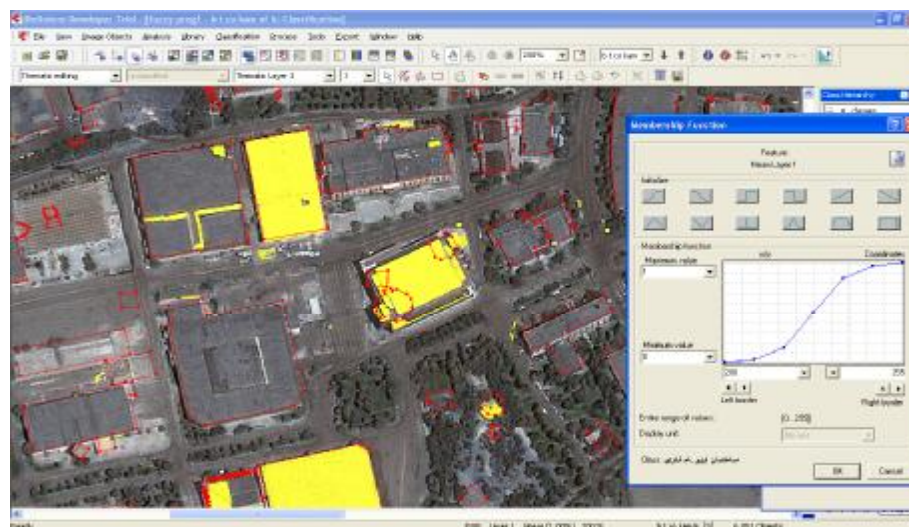




## جزوه درس مبانی سنجش از دور



---

جزوه ای که پیش رو دارید گرد آوری شده از کتاب ها، جزوات و اسلایدهای کلاسی اساتید گرانقدرم در دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی و سایر اساتید بزرگوار در دانشگاه های تهران، تبریز و اصفهان می باشد. همچنین از برخی از مراجع غیر فارسی نیز بهره گرفته شده است که لیست تمامی مراجع در انتهای جزوه قید گردیده است.

اساتیدی که به طور مستقیم و یا غیر مستقیم و مفهومی از کتاب ها، جزوات و اسلاید های آنها در این مجموعه استفاده شده است شامل بزرگواران زیر می باشند:

جناب آقای دکتر محمد جواد ولدان زوج، جناب آقای دکتر حمید عبادی، جناب آقای دکتر علی محمد زاده، جناب آقای دکتر محمود رضا صاحبی، جناب آقای دکتر مهدی مختار زاده، جناب آقای دکتر سید محمد باقر فاطمی، جناب آقای دکتر یوسف رضایی، جناب آقای دکتر محمد رضا مباشری، جناب آقای دکتر علی اکبر آبکار، جناب آقای دکتر برات مجردی، جناب آقای دکتر عباس علیمحمدی، جناب آقای دکتر هلالی، جناب آقای دکتر کورش خوش الهام، جناب آقای دکتر سید کاظم علوی پناه، جناب آقای دکتر نیما زرین پنجه و جناب آقای مهندس محمد رضا اسماعیلی

ضمن تشکر و قدردانی از زحمات تک تک این بزرگواران از خداوند متعال برای این عزیزان سلامتی، توفیق و موفقیت روز افزون مسئلت دارم.



## مبانی سنجش از دور

سرفصل دروس دوره کارشناسی جغرافیا

نام درس:	تعداد واحد: ۲	نوع واحد: نظری / عملی	وضعیت پیش نیاز: نقشه خوانی
مبانی سنجش از دور			
استاد متخصص برای تدریس:	تعداد ساعت: ۵۱	نوع آموزش تکمیلی عملی:	دارد <input checked="" type="checkbox"/> ندارد <input type="checkbox"/>
متخصص سنجش از دور		سفر علمی <input type="checkbox"/> آزمایشگاه <input checked="" type="checkbox"/> کارگاه <input type="checkbox"/> سمینار <input type="checkbox"/>	
اهداف:			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- آشنایی با مبانی علم سنجش از دور</li> <li>- آشنایی با عکس های هوایی و تصاویر ماهواره ای</li> <li>- آشنایی با چگونگی تفسیر محصولات سنجش از دور</li> </ul>			
سرفصل‌ها:			
<ol style="list-style-type: none"> <li>۱. تعاریف و مفاهیم پایه سنجش از دور</li> <li>۲. تبیین ویژگی های طیف الکترومغناطیسی و قوانین حاکم بر آن</li> <li>۳. بررسی واکنش طیفی پدیده ها در مقابل طیف الکترومغناطیسی</li> <li>۴. انواع سکوها و سنجنده های سنجش از دور</li> <li>۵. تبیین ویژگی های عکس های هوایی از نظر برجسته بینی، مقیاس و اندازه گیری ها</li> <li>۶. بررسی ویژگی های تصاویر ماهواره ای از نظر چگونگی تهیه و مخایره</li> <li>۷. فنون تفسیر محصولات سنجش از دور</li> <li>۸. مروری بر کاربردهای سنجش از دور در مسایل مختلف جغرافیایی</li> </ol>			
منابع:			
<ol style="list-style-type: none"> <li>۱- علیزاده ربیعی، حسن (۱۳۷۴)، سنجش از راه دور (اصول و کاربرد)، تهران: انتشارات سمت.</li> <li>۲- زبیری، محمود و مجد، علیرضا (۱۳۸۳)، آشنایی با فن سنجش از دور و کاربرد در منابع طبیعی، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.</li> <li>۳- میدز، پل (۱۳۷۷)، پردازش کامپیوتری سنجش از راه دور، ترجمه محمد نجفی دیسفانی، تهران: انتشارات سمت.</li> <li>۴- ایلسانده کی فر (۱۳۷۹)، اصول و مبانی سنجش از دور، ترجمه و تدوین حمیدالمیران، تهران: سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح.</li> <li>۵- ویلیامز، جانانان (۱۳۷۶)، اطلاعات جغرافیای از فضا، ترجمه علی اصغر روشن‌نژاد، تهران: مرکز اطلاعات جغرافیایی شهر تهران.</li> </ol>			



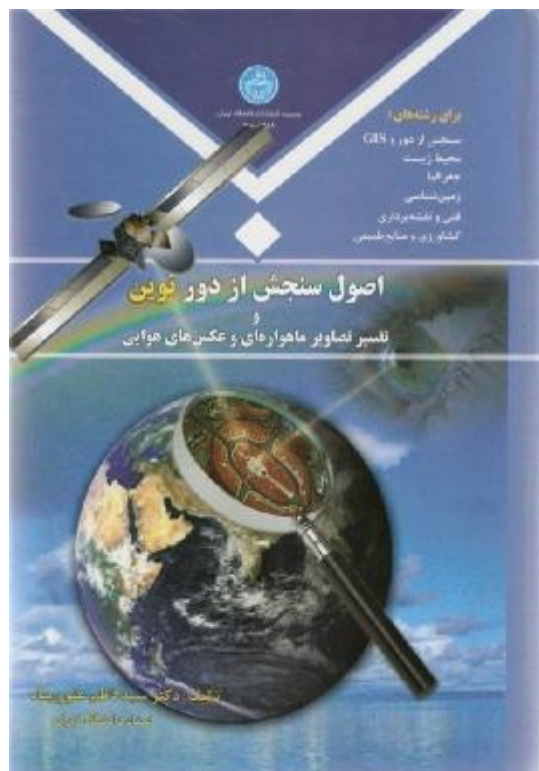
به طور کلی در درس مبانی سنجش از دور انتظار می رود که دانشجو با مباحث زیر آشنا شود :

- مقدمه ای بر سنجش از دور
- انرژی الکترو مغناطیس
- سکوها
- سنجنده ها
- مبانی پردازش تصویر
- مبانی طبقه بندی
- کار با انواع تصاویر سنجش از دور و استخراج اطلاعات کمی و کیفی با یکی از نرم افزار های سنجش از دور

کتاب مبانی سنجش از دور، تألیف مهندس سید باقر فاطمی و مهندس یوسف رضایی، انتشارات آزاده

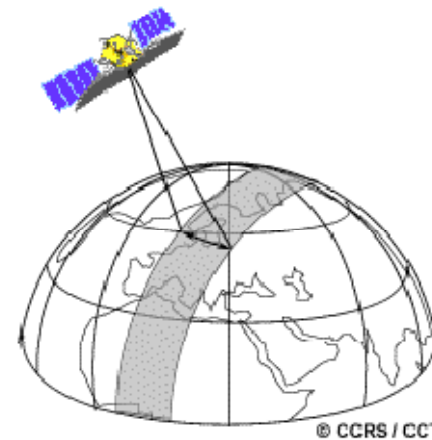


کتاب اصول سنجش از دور نوین و تفصیل تصاویر ماهواره ای و عکسهای هوایی، تألیف دکتر سید کاظم علوی پناه، انتشارات دانشگاه تهران



1. تغییر سطح آب دریا (دریای خزر، مرداب انزلی، دریاچه ارومیه)
2. تغییر سطح پوشش جنگلها (جنگلهای شمال) - شمارش درختان
3. مطالعات گسلها و شکستهای زمین
4. تهیه نقشه زمین شناسی از نوع سنگها و خاکهای مختلف
5. برآورد سطح زیر کشت محصولات کشاورزی
6. تهیه نقشه از آبراهه ها و برآورد زمینهای مناسب کشت
7. بررسی و تعیین تغییر مسیر رودخانه ها
8. مطالعه تغییر خطوط ساحلی (پیشروی و پسروی آب دریا)
9. تخمین میزان روان آب حاصل از برف
10. مطالعه میزان برف موجود (برف سنجی)
11. طبقه بندی پوششهای گیاهی مختلف
12. مطالعه میزان فرسایش خاک
13. مطالعه توسعه شهری
14. پایش سیل و سیستم هشدار
15. تخمین حجم محصولات کشاورزی پیش از فصل برداشت
16. مطالعات حجم و سفره های آب زیر زمینی
17. مطالعه و بررسی تغییرات دمای سطح زمین
18. مطالعات میزان تجمع کلروفیل در آب دریا
19. مطالعات در مورد زمان و نحوه فعالیت آتشفشانها
20. مطالعه، اندازه گیری و پیش بینی آلودگی هوا
21. استخراج DEM از زوج تصاویر سنجنده های SPOT ، ASTER
22. ماهواره های [aster](#) | [irs](#) | [worldview](#) | [quickbird](#) | [ikonos](#) | [geoeye-1](#)
23. مدیریت بحران (زلزله، آتش سوزی، سیل)
24. محیط زیست (کلی)
25. هواشناسی (کلی)
26. کاربرد های نظامی امنیتی (کلی)

نقشه برداری زمینی و مستقیم  
هیدروگرافی  
فتوگرامتری  
سنجش از دور  
و ....



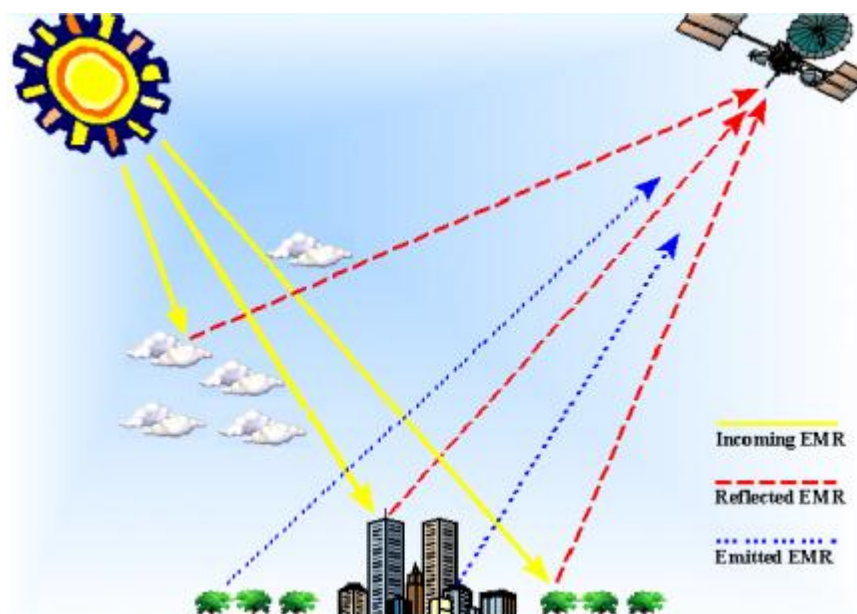
سنجش از دور دانش پردازش و تفسیر تصاویری است که حاصل ثبت تعامل انرژی الکترو مغناطیس و اشیاء می باشد.

سنجش از دور به معنای برداشت سطح زمین از فضا با استفاده از خصوصیات امواج الکترو مغناطیس منعکس و یا منتشر شده از سطح اشیاء بدون تماس فیزیکی با آنها است.

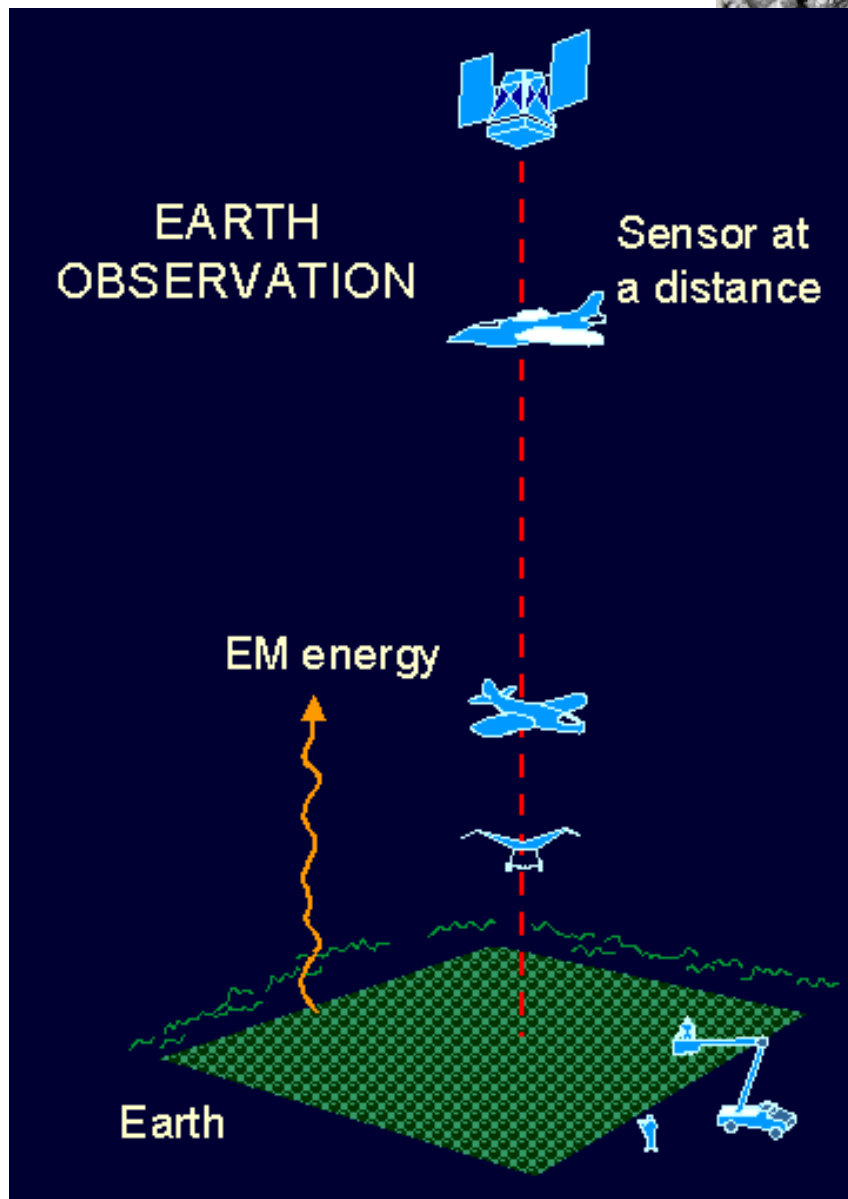
RS = Remote Sensing

سنجش از دور

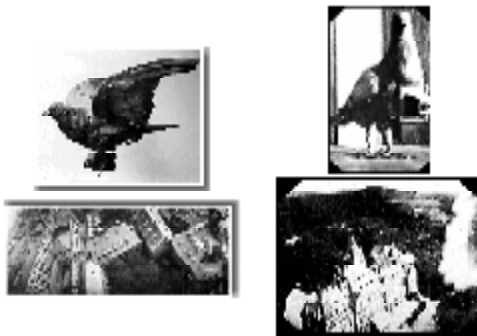
دور کاوی







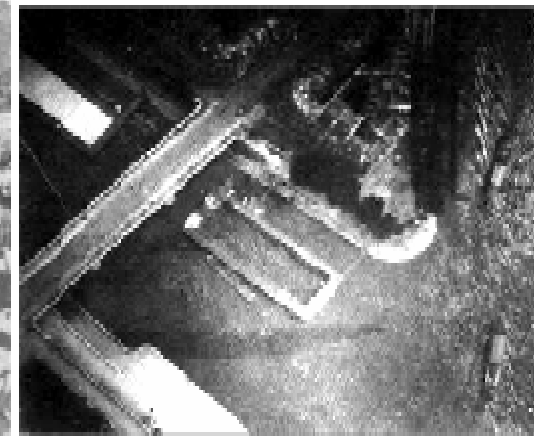
• ظهور صنعت عکاسی در سال 1839 میلادی در فرانسه



• اولین تصویر برداری از بالون در سال 1859 میلادی در نزدیکی پاریس



Boston from a Balloon (1860)



St. Louis Island, Paris  
Captured by Balloon, 1860

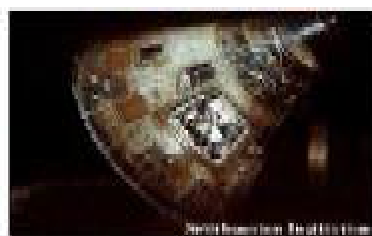


• 1914-1919 - WWI produces boost in the use of aerial photography



• هواپیما که در 1903 میلادی اختراع گردید، به عنوان سکویی برای دوربین به کار گرفته شد تا اینکه در سال 1909 میلادی، فیلمبرداری که **Wilbur Wright** را در پرواز همراهی می کرد اولین تصاویر متحرک هوایی را تهیه کرد.

- اولین کاربرد وسیع عکس های هوایی در جنگ جهانی اول (1918 میلادی) بود که در آن 56000 عکس هوایی برای شناسایی محل و تجهیزات دشمن اخذ گردید.
- فاصله میان دو جنگ جهانی توسعه دوربین ها و هواپیماها برای کاربرد های غیر نظامی
- جنگ جهانی دوم کاربرد وسیع تصاویر هوایی و توسعه سیستم های خاص تشخیص اشیاء نظیر مادون قرمز و رادار (پیش بینی حمله آلمان ها توسط انگلیس با استفاده از تشخیص محل تجمع کشتی های آلمانی از روی تصاویر هوایی در تابستان 1940 میلادی)
- توسعه سیستم های تصویر برداری چند باندی، سیستم های راداری و پردازش آنالوگ داده ها در دهه 1950 میلادی
- دسترسی به فضا در دهه 1960 میلادی و استقرار سنجنده ها بر روی ماهواره ها، اخذ تصاویر از سطح ماه



Apollo-8, First photo of Earth from space, 1968

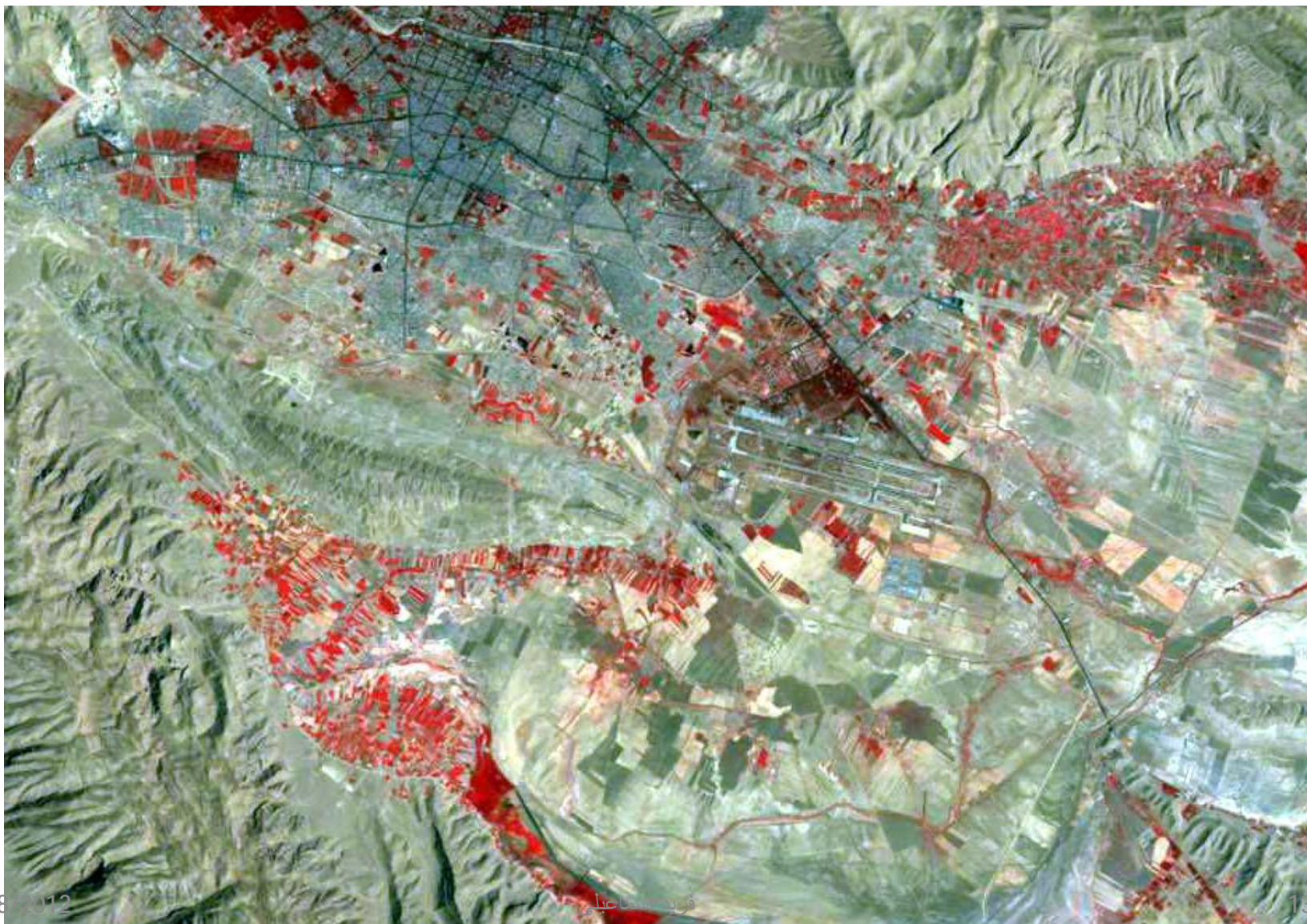


Africa, July 1972  
Apollo 17

- جمع آوری مداوم و سیستماتیک داده توسط سری ماهواره های NOAA برای اولین بار
- پرتاب اولین ماهواره منابع طبیعی LandSat در سال 1972 میلادی توسط آمریکایی ها (ادامه تاریخچه سنجنده ها در بخش مربوطه)

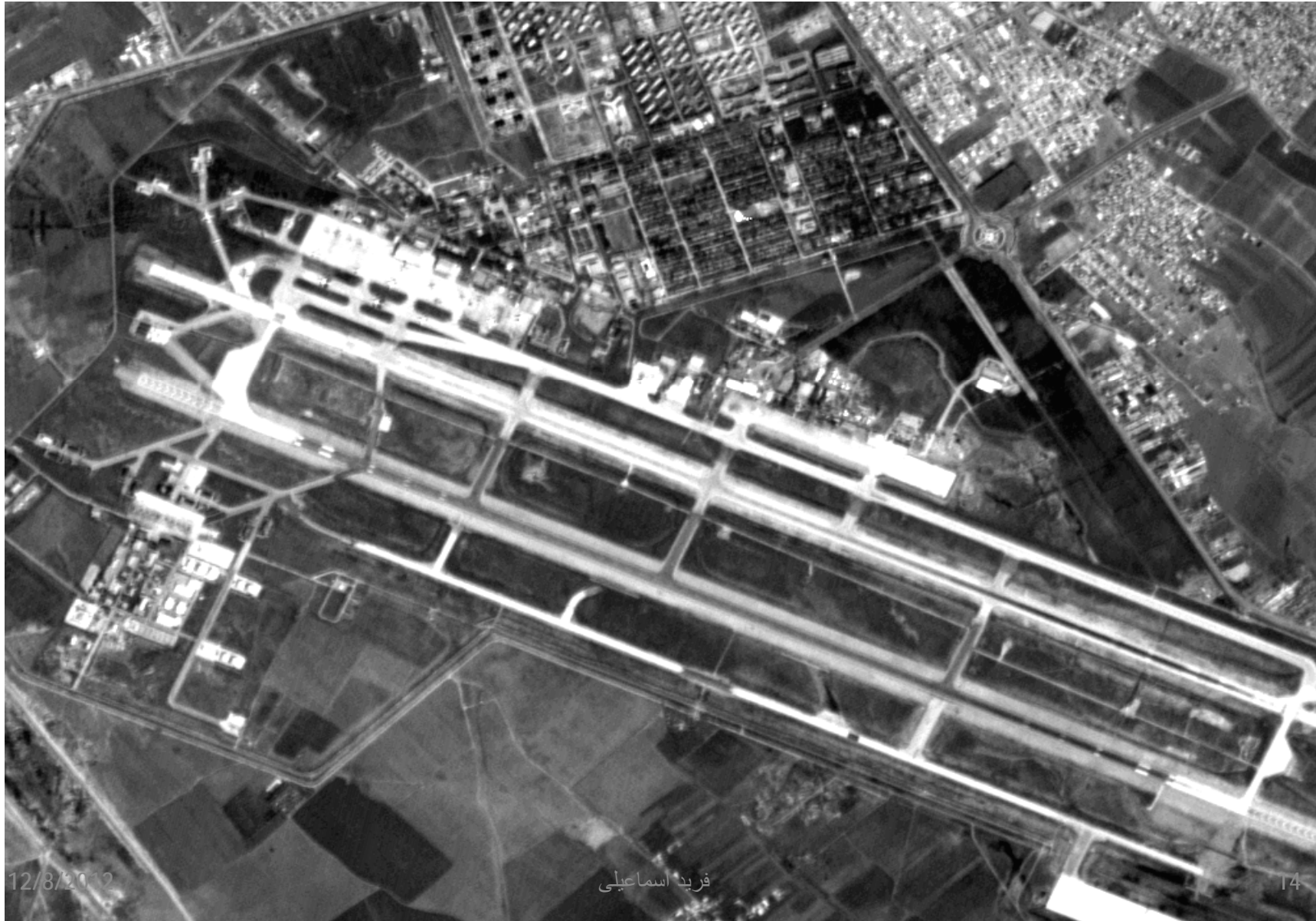


# LANDSAT 5-TM



12/8/2012

# IRS-1C



12/8/2012

فرید اسماعیلی

14



# IRS merged by LANDSAT-TM



12/8/2012

فرید اسماعیلی

15



# IKONOS





# IKONOS





# IKONOS





نمونه‌هایی از کاربردهای تصاویر ماهواره ای عبارتند از: تخمین تولید و وسعت اراضی کشاورزی؛ برآورد سطح یک محصول خاص؛ تعیین وضعیت و مشخصات انواع محصولات؛ طبقه بندی پوشش و نوع جنگل؛ تیپ بندی مراتع؛ تولید نقشه های پوششی/کاربری؛ نقشه های زمین شناسی؛ نقشه های ژئومورفولوژی؛ نقشه های خاک شناسی؛ نظارت و کنترل توسعه شهری؛ تنظیم شبکه جاده ها و دسترسی؛ مطالعه و بررسی آلودگی آب؛ ارزیابی ذخایر آبی؛ برف سنجی؛ مطالعه یخچال‌ها؛ اقیانوس شناسی؛ برآورد خسارت‌های ناشی از زلزله، سیل، آتش سوزی، جنگ؛ بررسی خشکسالی؛ کاربردهای نظامی-امنیتی.

# کاربردهای سنجش از دور





تهیه نقشه‌های پوششی جنگل و شناسایی گونه‌های جنگلی، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چند طیفی

نمایش لطحات ناشی از آتش‌سوزی در جنگل‌ها و تهیه نقشه مربوطه

تخمین سطح زیر پوشش و تعداد

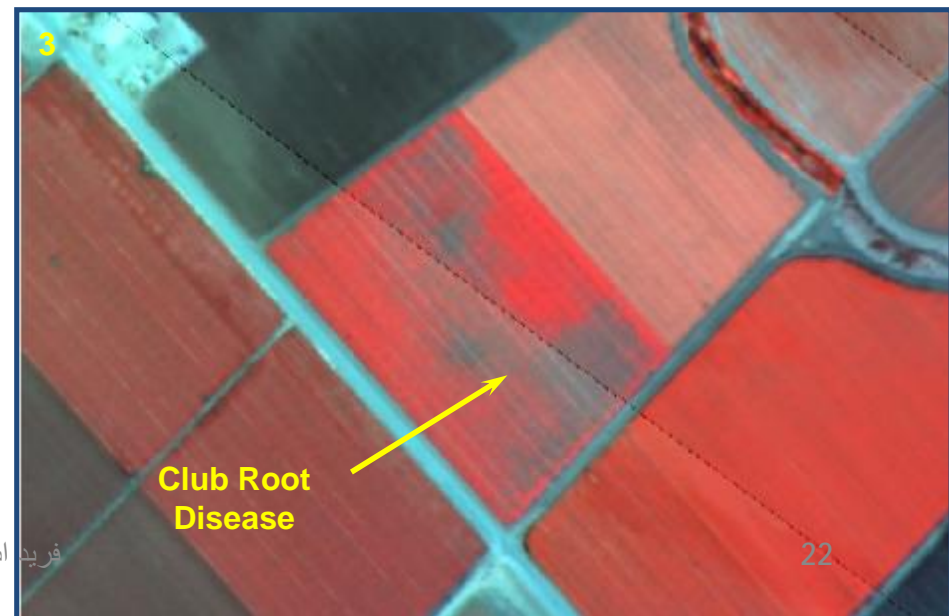
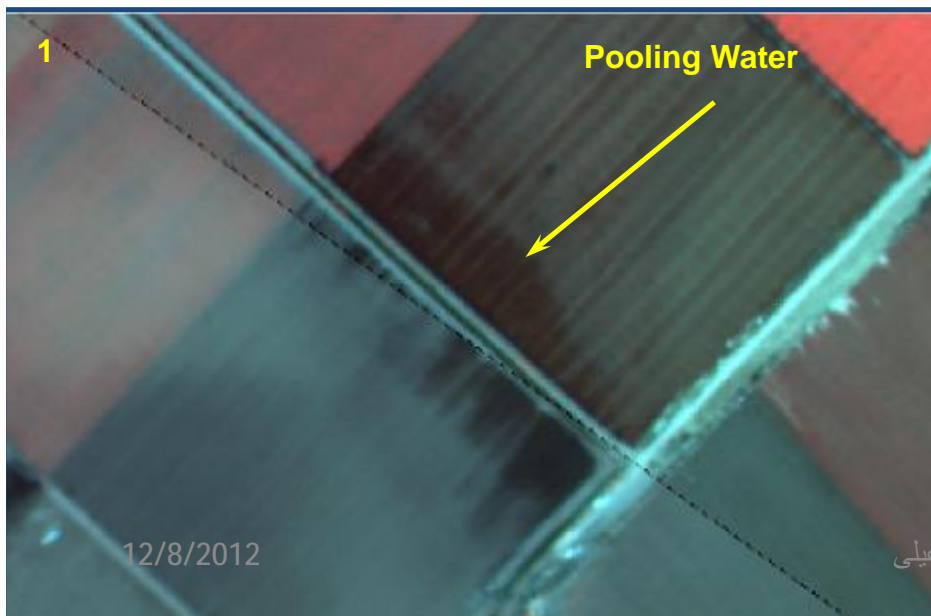
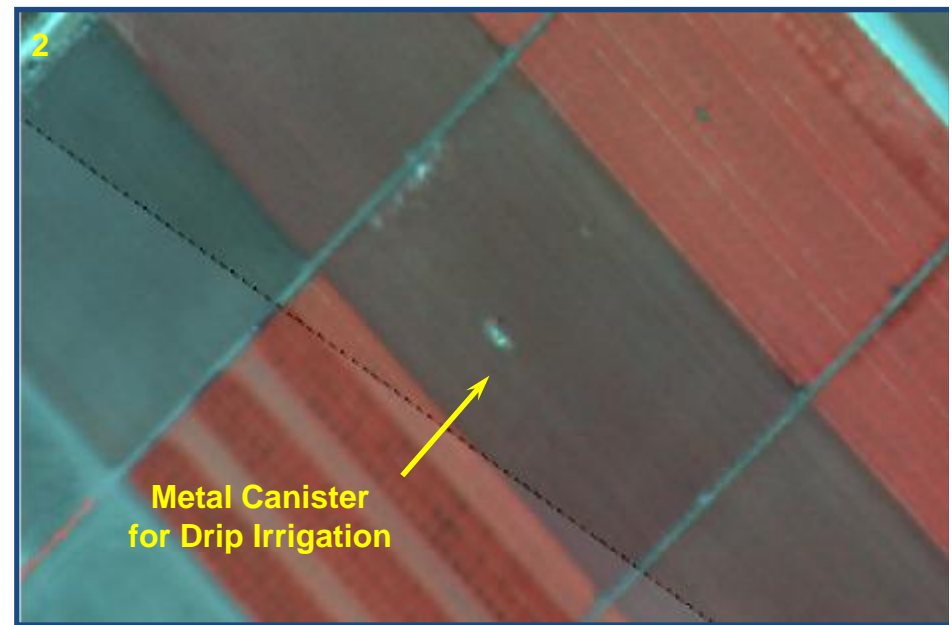
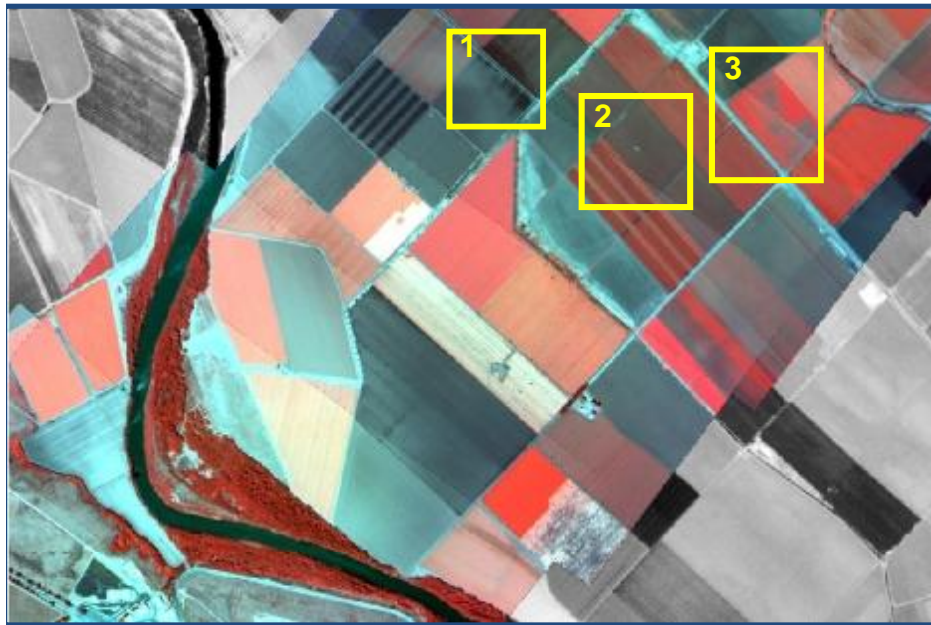
درختان

شناسایی مناطق آفت زده جنگل

مدیریت جنگل‌کاری



# شناسایی آفات محصولات



■ نمایش آلودگی های نفتی

■ تعیین مسیر بهینه برای احداث خط لوله جدید، با در نظر گرفتن مناطق حساس از نظر زیست محیطی و ویژگیهای منطقه



### ■ مدیریت حمل و نقل

(ارزیابی زیر ساختهای حمل و نقل، اقدامات فوری در مقابل سوانح)

### ■ رشد شهری

(کاربری اراضی، برنامه‌ریزی بلند مدت برای سازماندهی توسعه شهر،  
نمایش رشد شهر)

### ■ کمبود مسکن

(تعیین موقعیت رشد شهری، تعیین نرخ رشد مناطق زاغه نشین و  
اسکان یافته غیر قانونی، تعیین ظرفیتهای بالقوه زمینهای شهری  
برای ایجاد مسکن)



# مطالعات توسعه شهری



12/8/2012



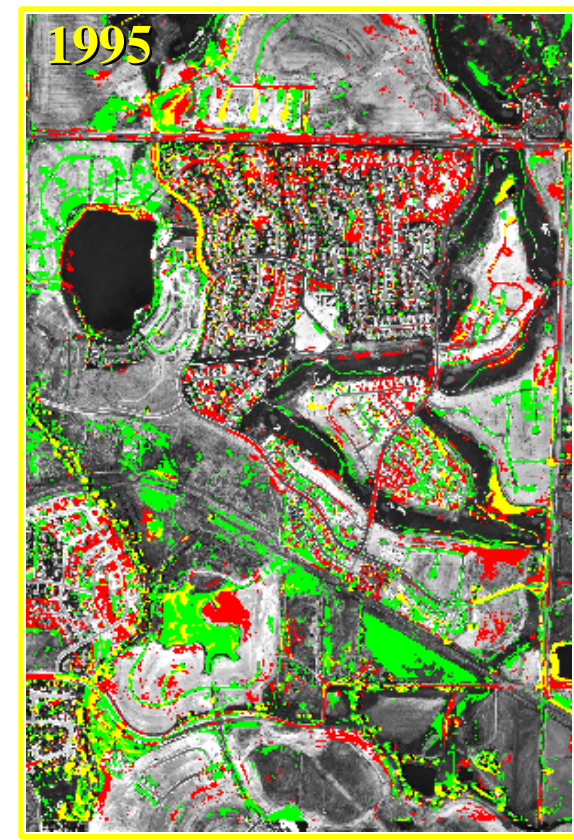
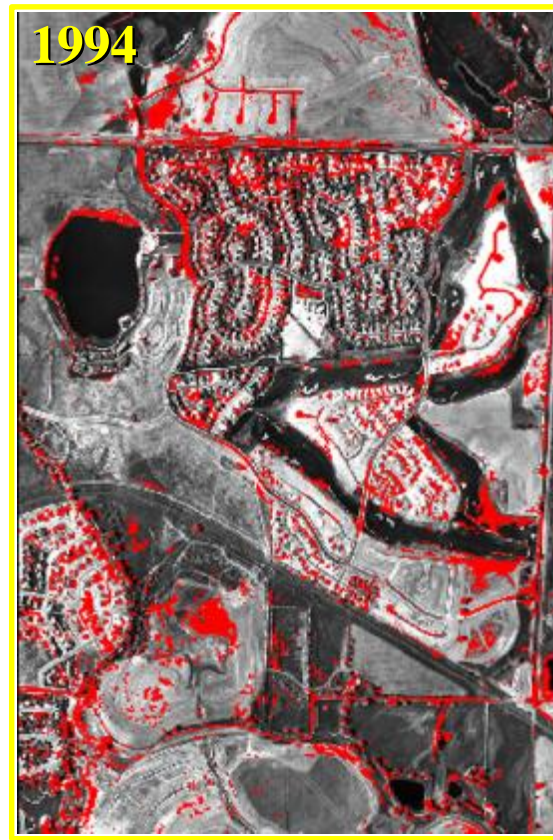
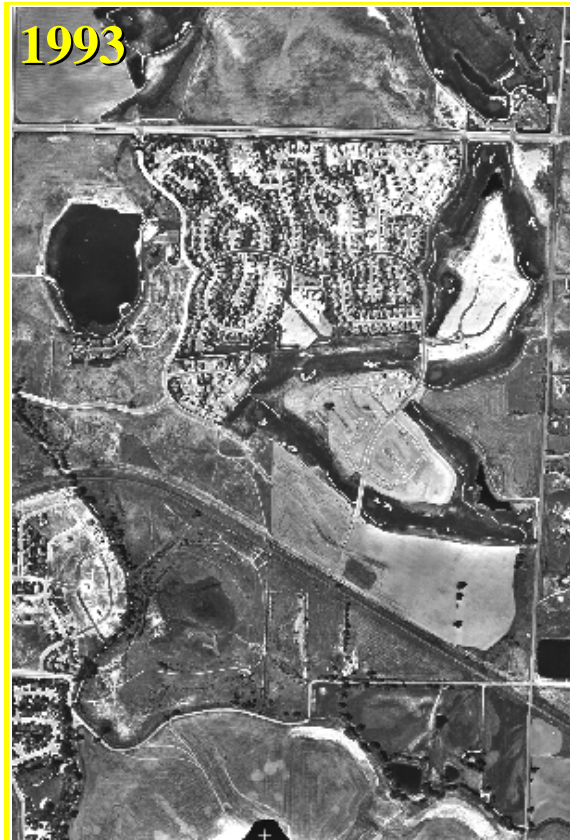
1976

1956



South West Plaza  
1996





# پیش حوادث غیر مترقبه

Huntsville, Alabama  
Before Tornado  
March 1989



Huntsville, Alabama  
After Tornado  
November 1989

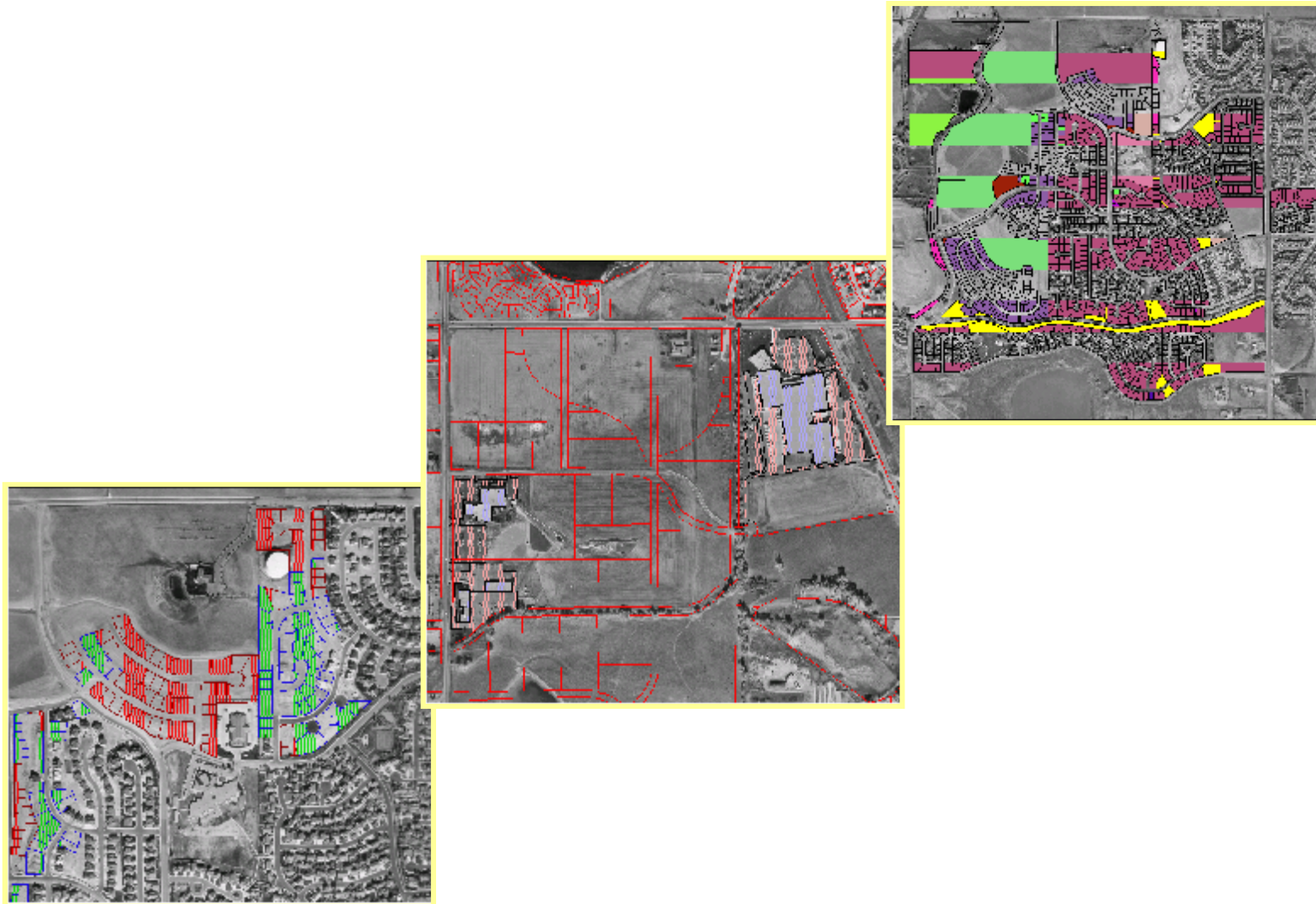


## بحران:

بحران، رخدادی غیر مترقبه است که بطور طبیعی یا توسط دست بشر، ترکیبات زندگی روزمره و عادی جمع قابل توجهی از مردم را در ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی دستخوش تحول جدی می نماید، به گونه ای که جریان زندگی عادی مردم را مختل و خسارات مادی و معنوی به همراه دارد. و نیازمند اخذ تصمیمات و اقدامات فوری می باشد.







## محل مناسب جهت احداث سد



12/8/2012

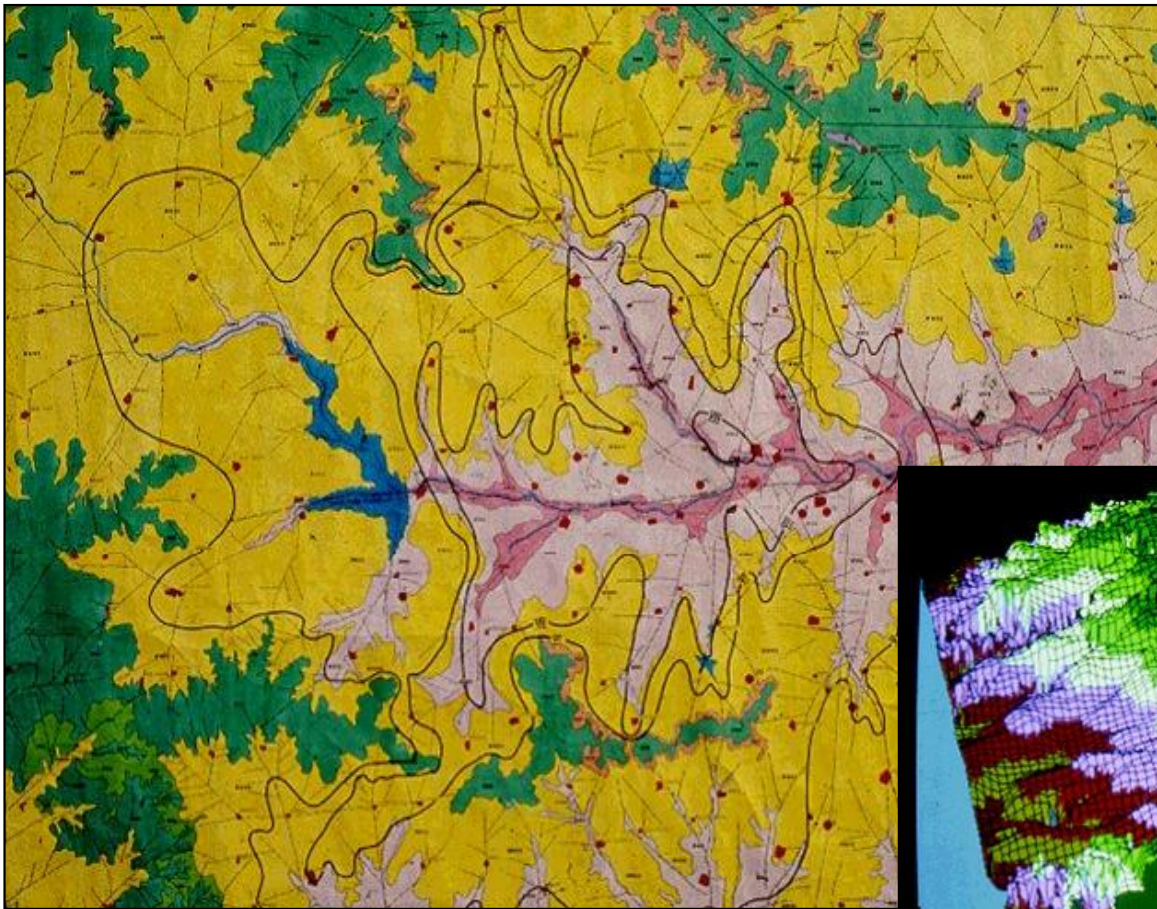
شیراز، ماسپلی

30



# تعیین مناطق حادثه خیز

زلزله  
نشست زمین  
سیل  
غیره

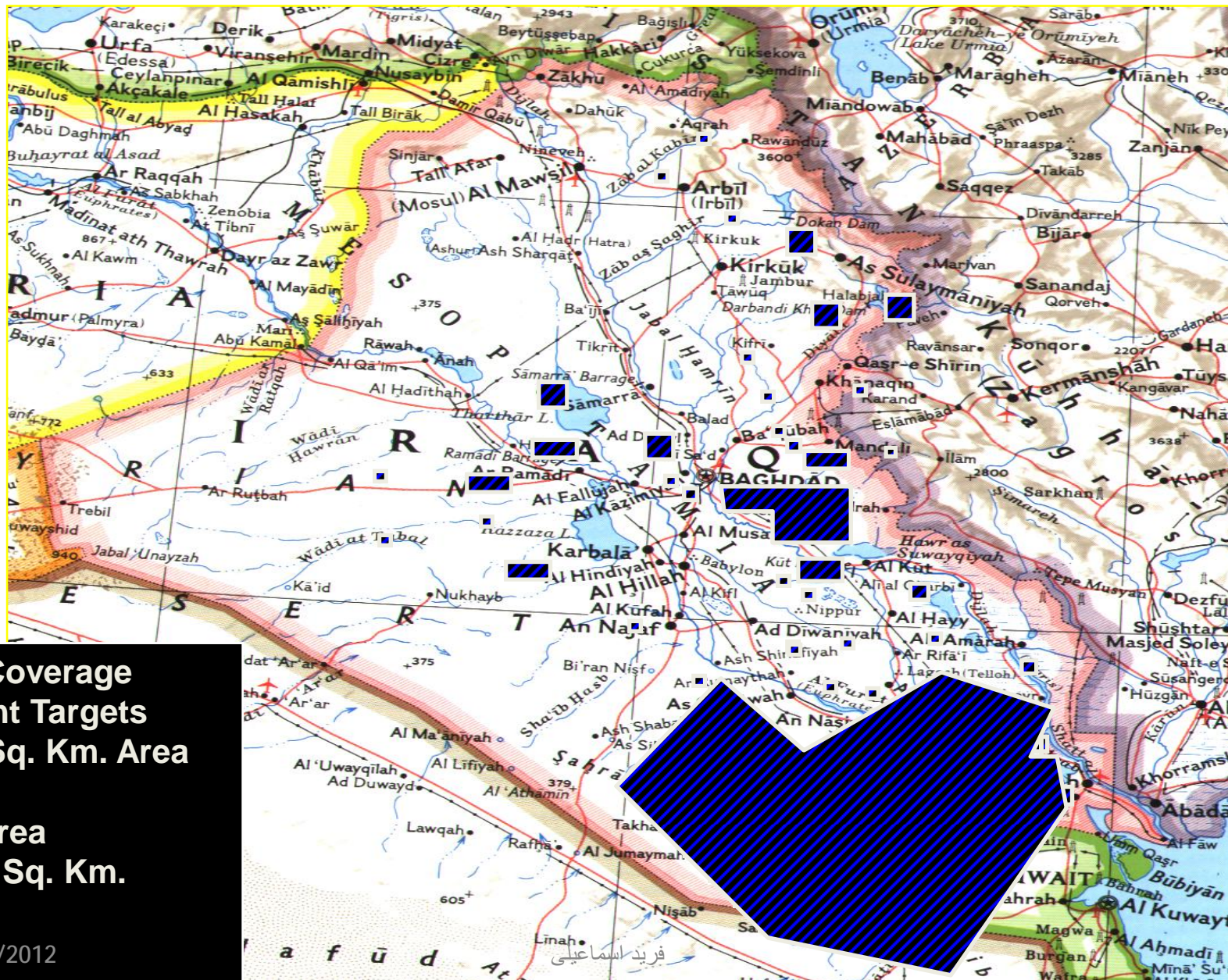


تعیین مناطق حادثه خیز با تلفیق DEM و اطلاعات زمین شناسی و خاک شناسی مستخرجه از تصاویر ماهواره ای





# نظامی - شناسایی، جابجایی



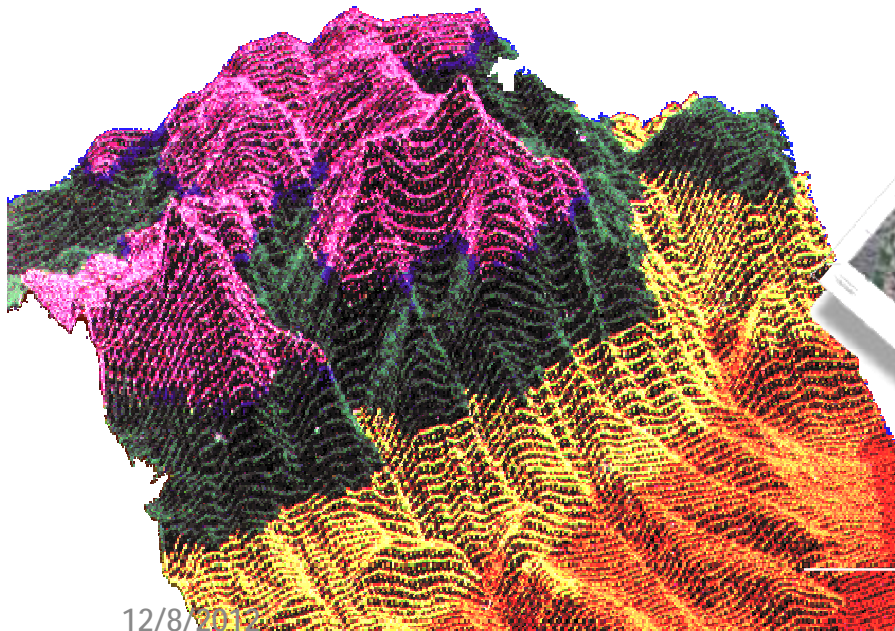
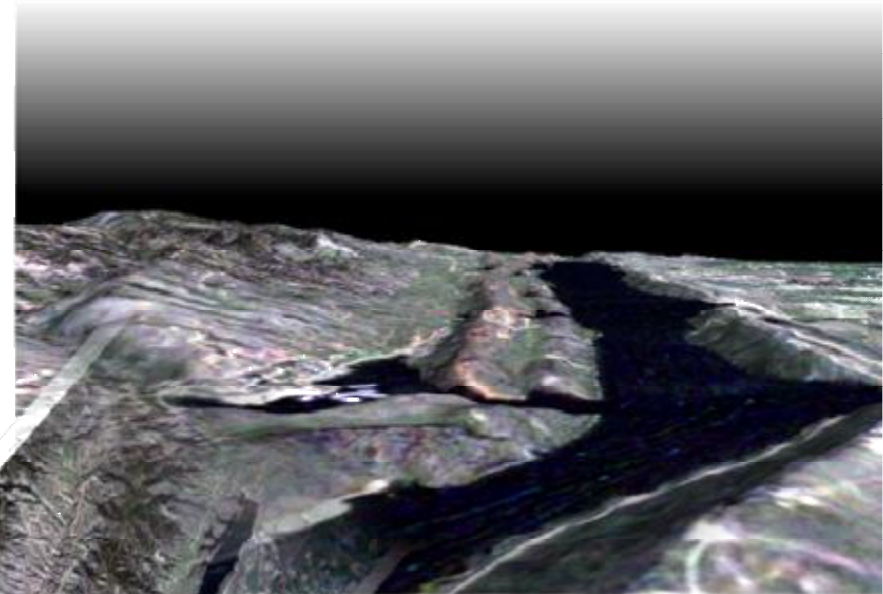
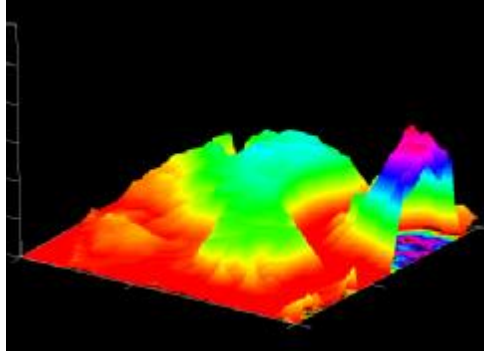
**Target Coverage**  
**287 Point Targets**  
**44,500 Sq. Km. Area**

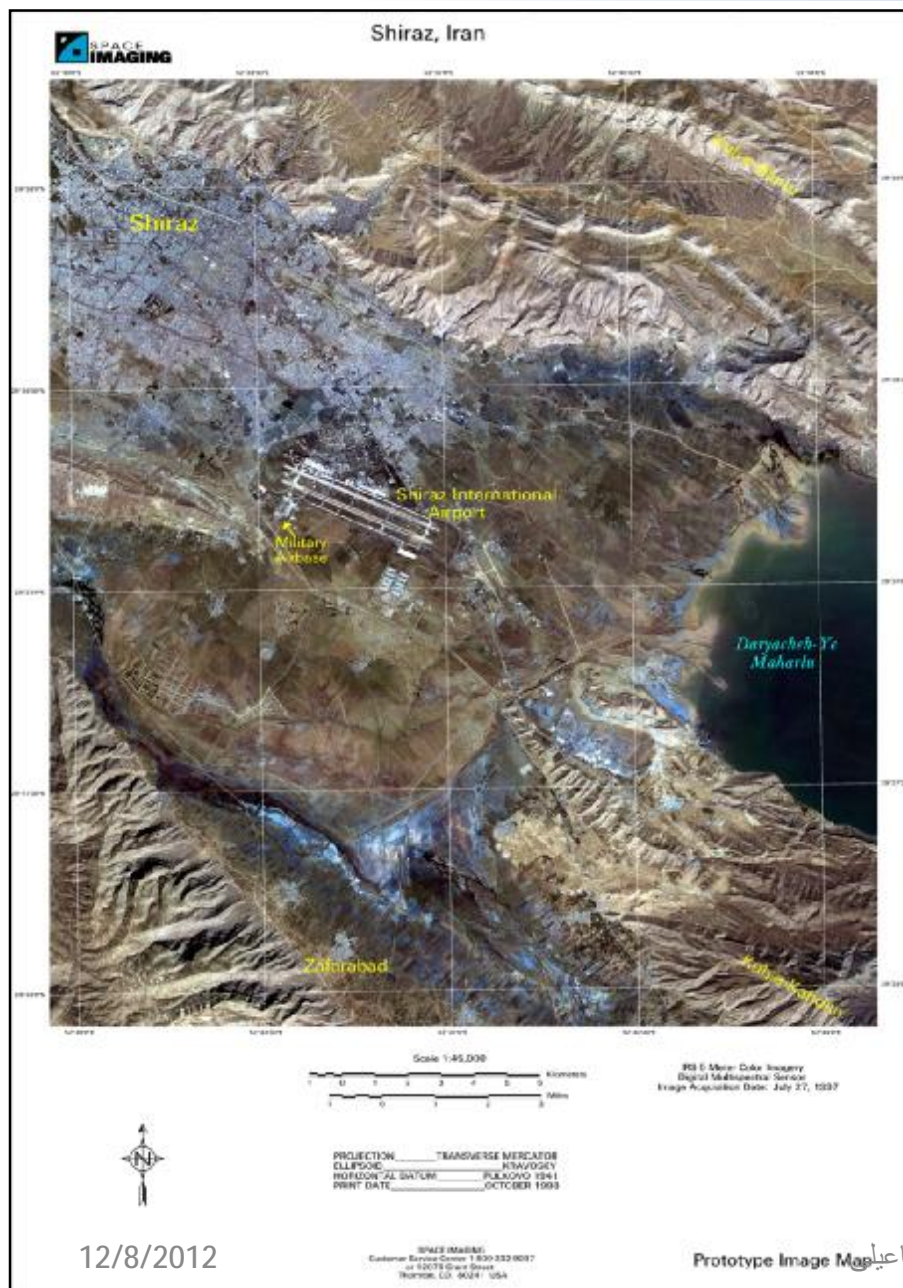
**Crisis Area**  
**121,200 Sq. Km.**

12/8/2012



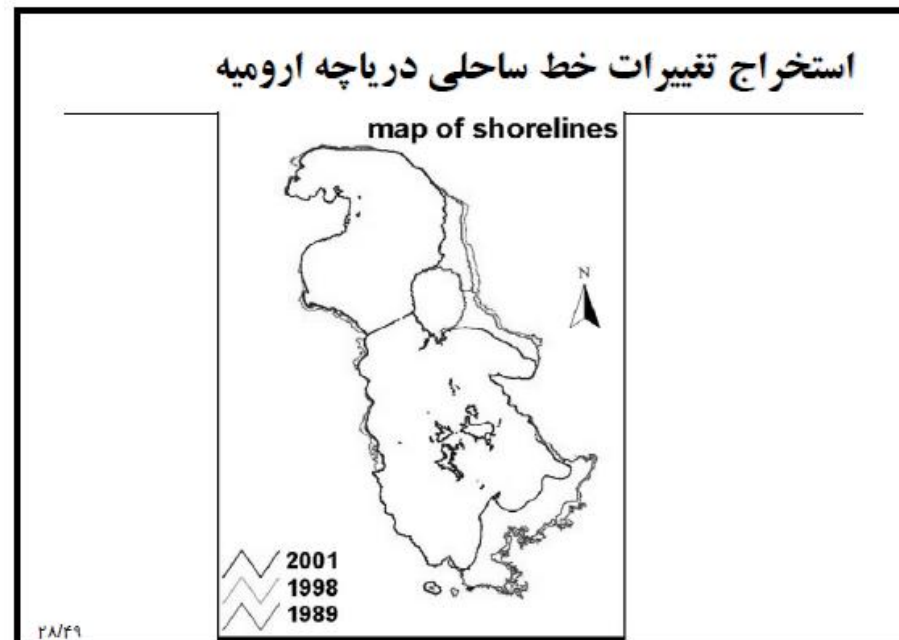
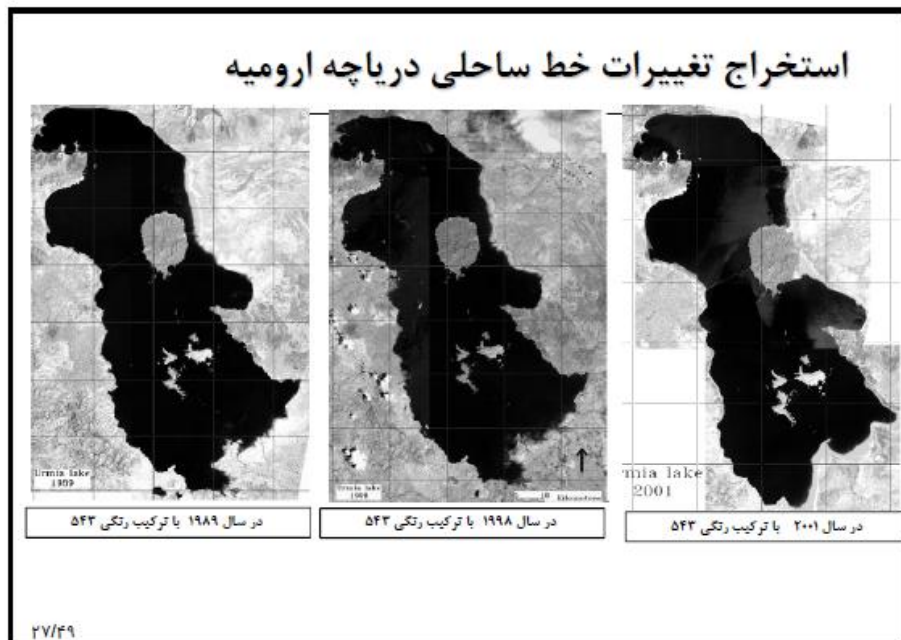
# مدل رقومی ارتفاعی زمین





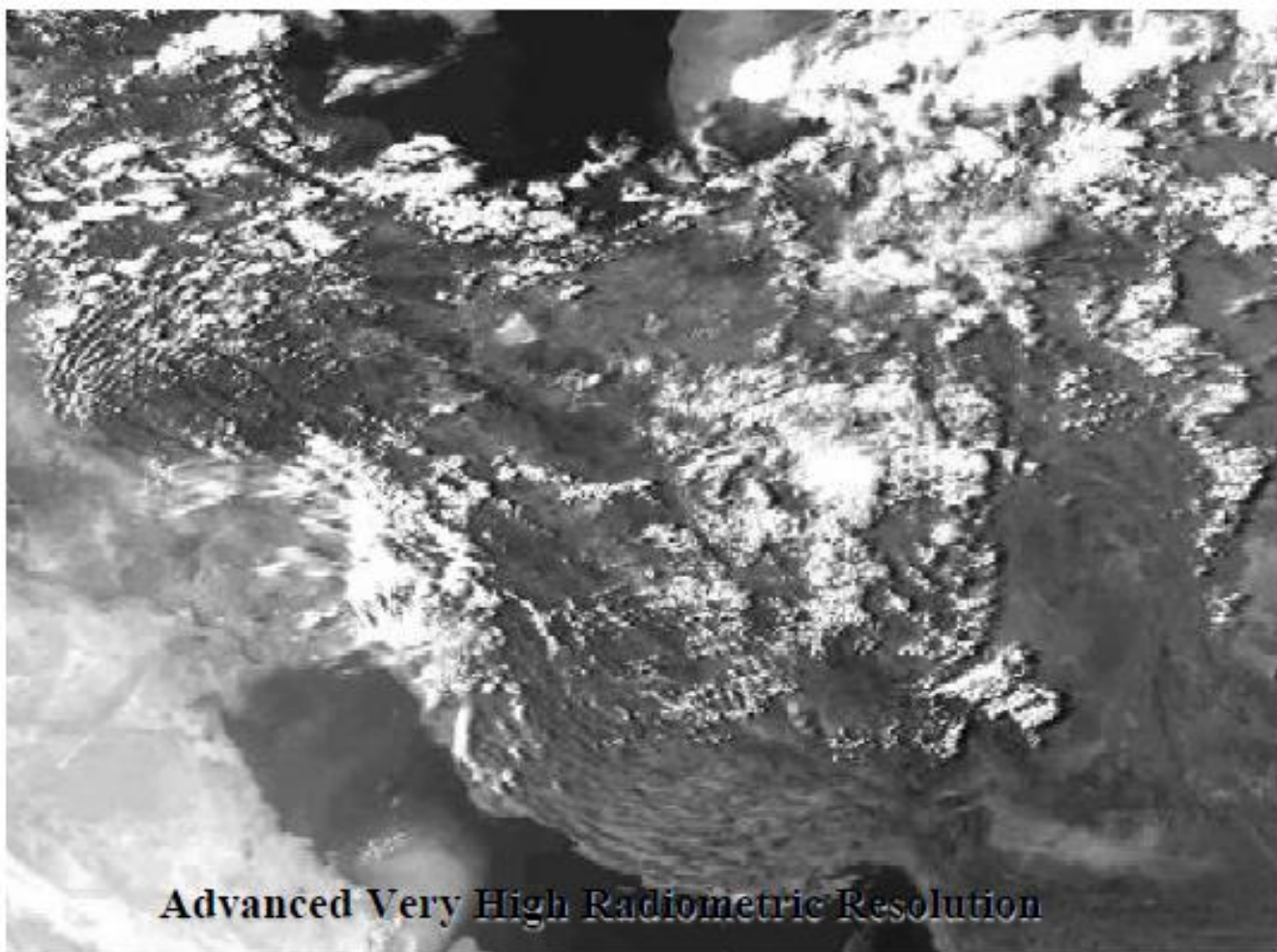


# استخراج خط ساحلی در بازه های زمانی





# هواشناسی



۸/۴۹

- § عدم نیاز به دسترسی به محل و حضور فیزیکی در آن
- § ایجاد پوشش های وسیع از منطقه مورد مطالعه و دید کلی و جامع تر
- § هزینه کمتر
- § نیروی انسانی کمتر (متخصص)
- § عملیات زمینی محدود تر
- § داده های رقومی و امکان پردازش دقیقتر
- § امکان ارتباط با سیستم های GIS
- § وجود انواع مختلف تصاویر ماهواره ای با تنوع طیفی بالا
- § قدرت تفکیک زمانی بالا و امکان آنالیز های چند زمانه

تقریباً هیچ شاخه ای از علم نیست که به داده های مکانمند نیازمند باشد و سنجش از دور نتواند به آن کمک کند



## پایان جلسه اول



## مبانی سنجش از دور

### جلسه دوم

فرید اسماعیلی

[Farid\\_63@yahoo.com](mailto:Farid_63@yahoo.com)

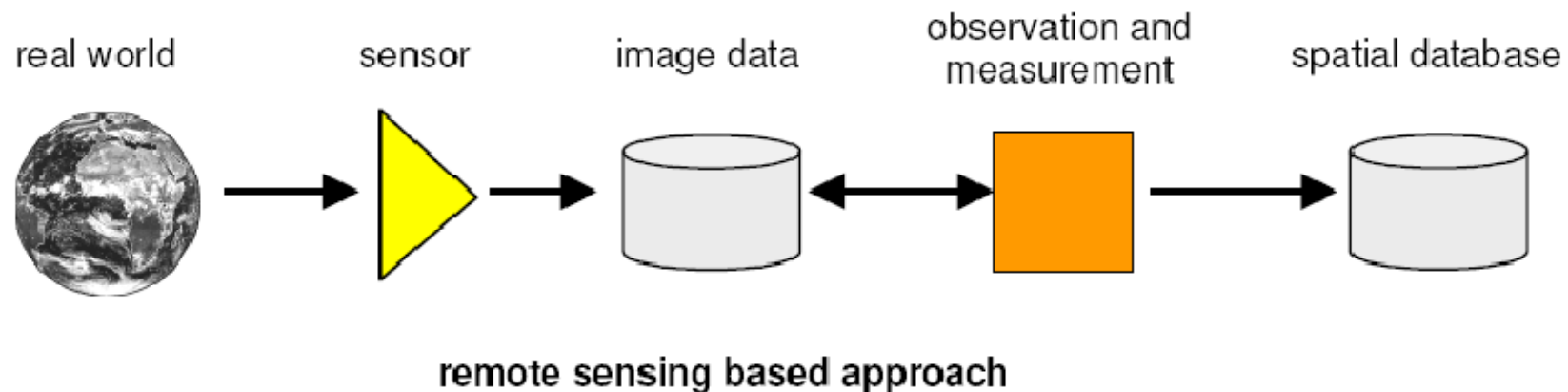
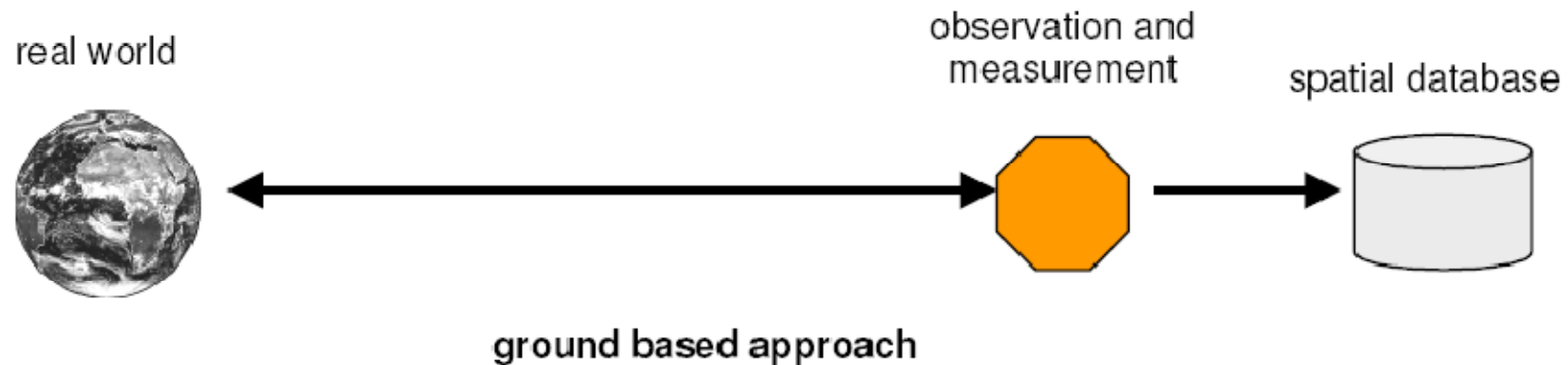
[www.faridesm.ir](http://www.faridesm.ir)

تماس با استاد از طریق پست الکترونیکی  
مشاهده اطلاعیه ها، نمرات، دریافت فایل ها در وب سایت



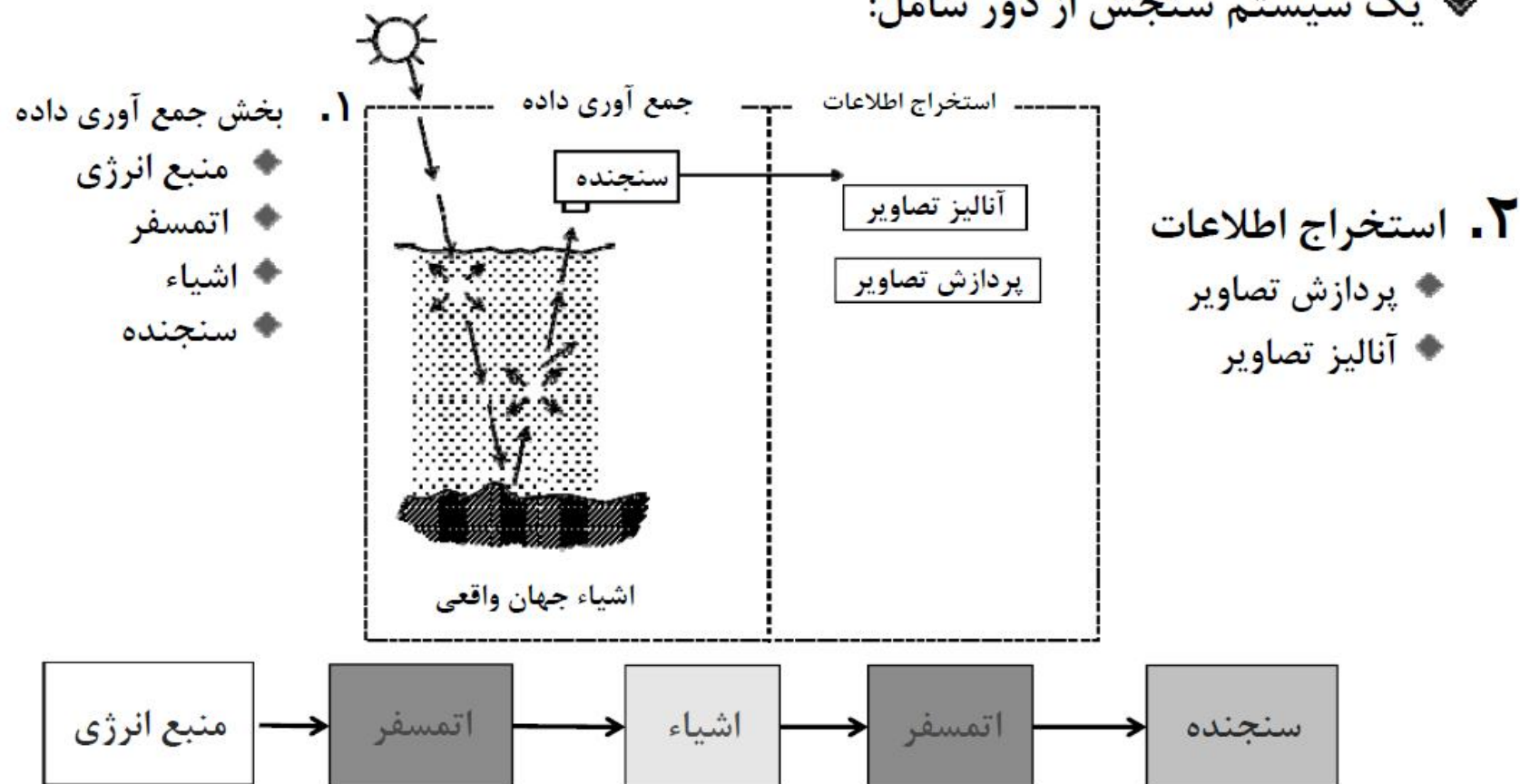
# Ground based - RS based

---



سنجش از دور علم و هنر (و یا تکنولوژی) بدست آوردن اطلاعات درباره یک شی، منطقه، یا پدیده از طریق آنالیز داده های جمع آوری شده از طریق وسائلی که تماس مستقیمی با شی، منطقه، و یا پدیده نداشته باشد.

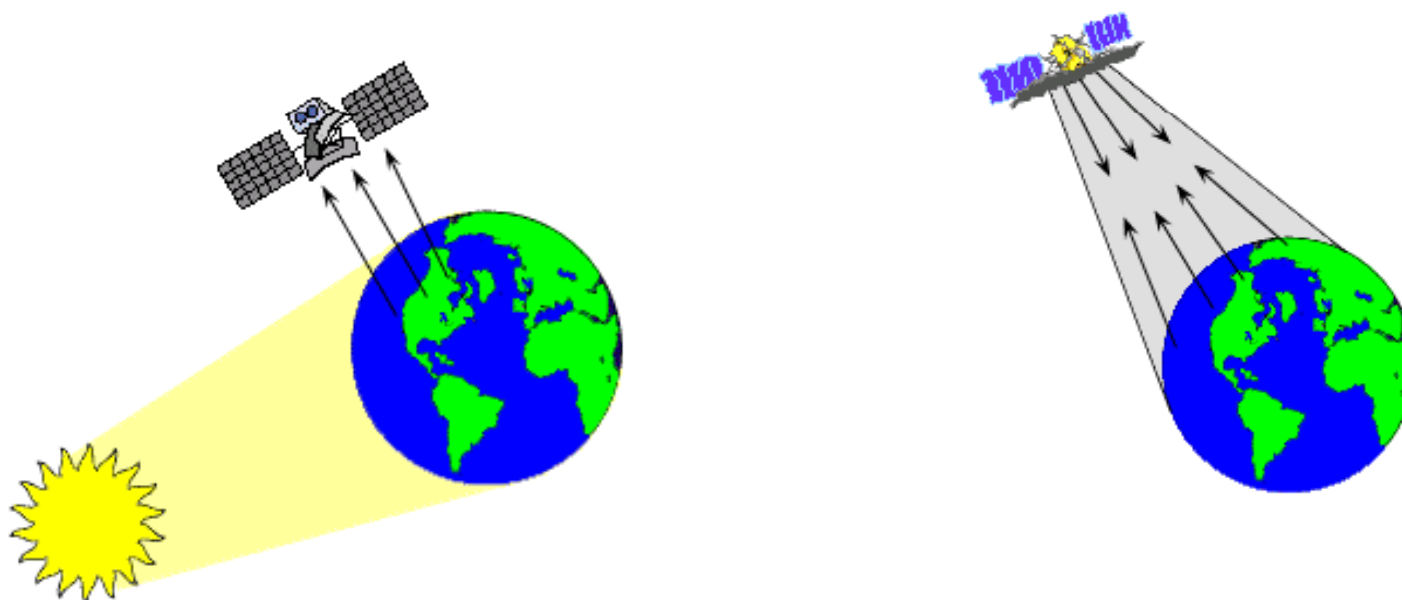
## ◆ یک سیستم سنجش از دور شامل:



منبع انرژی موج الکترومغناطیس را تولید کرده و آن را از طریق اتمسفر به سمت اشیاء گسیل می دارد.

۱۱ خورشید و سنجنده دو منبع اصلی تولید انرژی هستند.

۱۲ زاویه ارتفاعی (Elevation Angle)، طول موجهای تولید شده، فاصله از اشیاء از پارامترهای مهم مربوط به منبع انرژی هستند.





\* دو اثر مهم اتمسفر بر انرژی ارسالی عبارتند از:

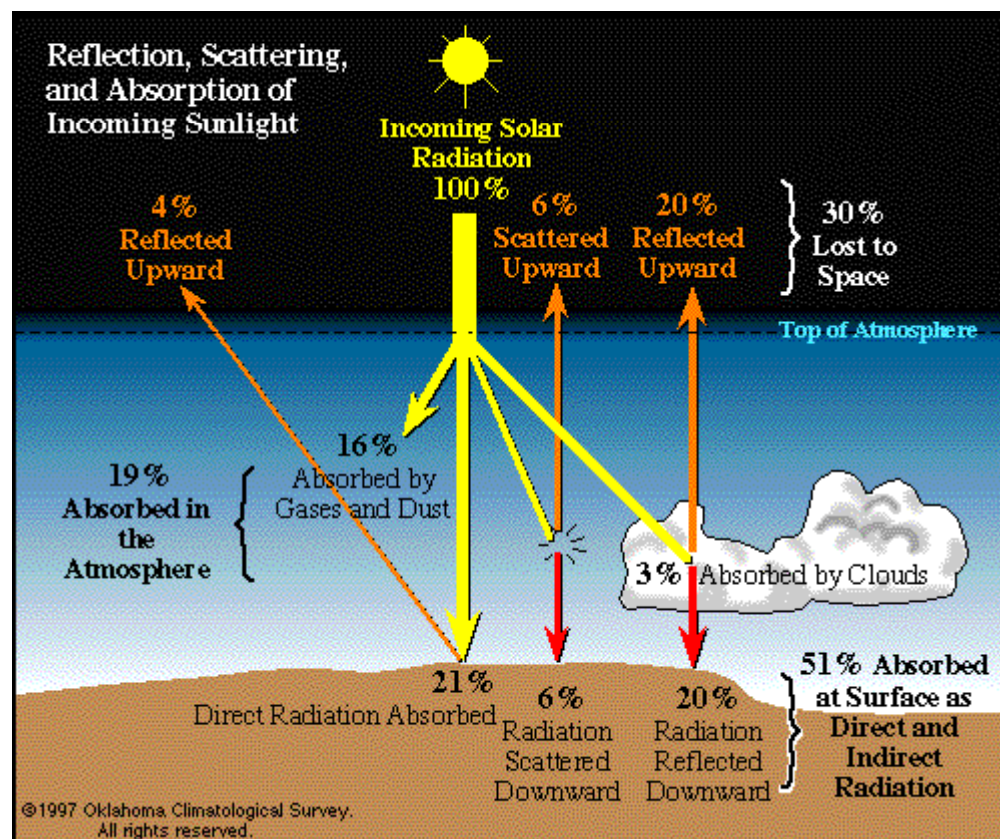
+ جذب (Absorption) + تفرق (Scattering)

\* محتویات اتمسفر: بخار آب، مولکولهای هوا، گازهای پراکنده

\* اتمسفر نهایتاً بر انرژی ثبت شده به عنوان تصویر اثر می گذارد.

\* طول موجهای بلند (تصاویر راداری) کمترین تاثیر را می پذیرند

\* باران و ابر نیز از جمله مواردی هستند که اخذ تصاویر اثر می گذارند.



برای گریز از جذب اتمسفری سنجنده ها عموماً  
طوری طراحی می شوند که امواج دریافتی در  
محدوده های جذبی اتمسفر قرار نگیرند و به این  
ترتیب اثر تفرق بر روی تصاویر اغلب بسیار  
بیشتر از اثر جذب اتمسفری است.

\* اشیاء و پدیده ها معمولا موارد عمده ای هستند که مورد بررسی قرار دارند.

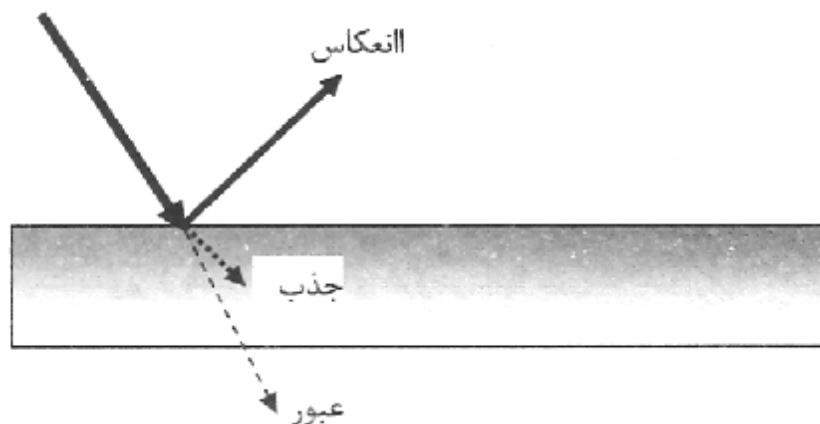
\* خصوصیات عمده اشیاء به دو دسته تقسیم می شوند:

+ خصوصیات رادیومتریک: انعکاس (Reflection)

انتشار (Emission)

+ خصوصیات هندسی: (توپولوژی، اندازه، شکل و ...)

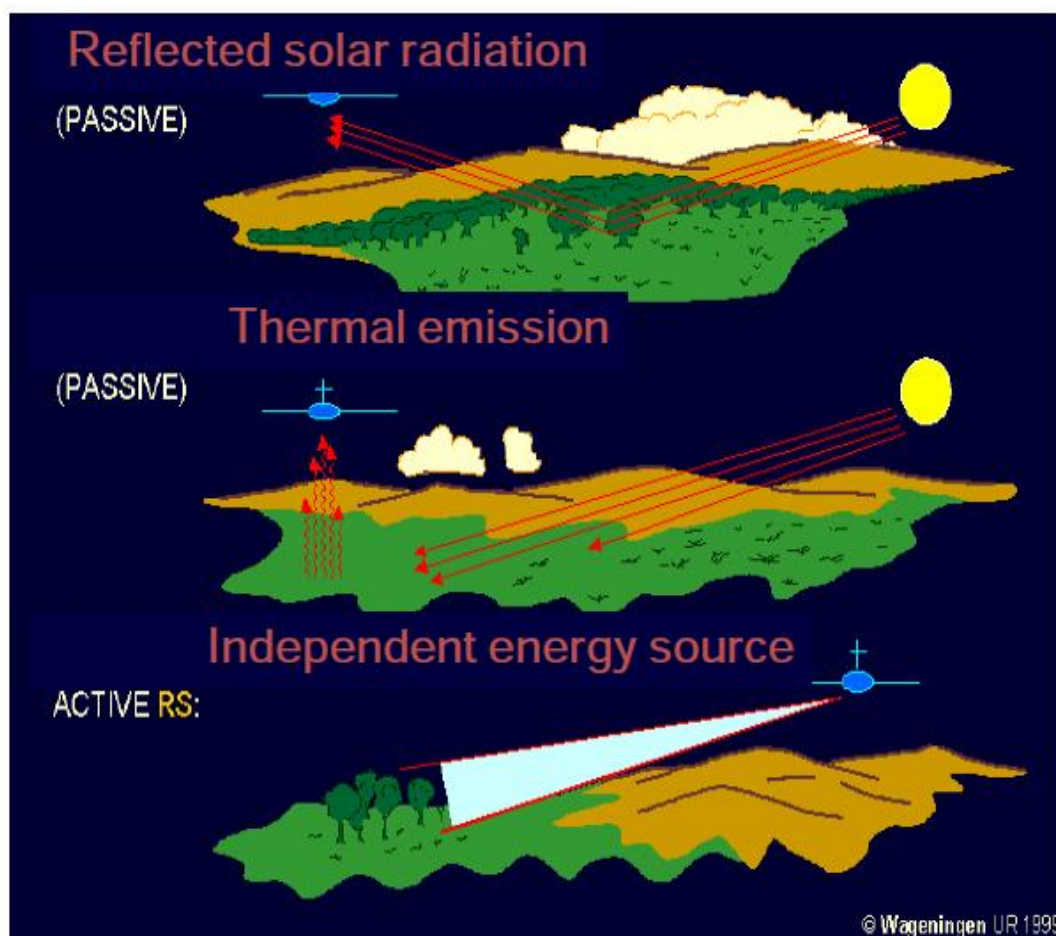
\* اشیاء همسایه بر روی یکدیگر اثر می گذارند





- \* سنجنده، انرژی ارسال شده از طرف اشیاء را دریافت، اندازه گیری و ثبت می کند.
- \* هر سنجنده بر روی یک سکو ( هواپیما، ماهواره، فضا پیما، ایستگاه فضائی) قرار می گیرد.
- \* سنجنده ها به دو دسته تقسیم می شوند:

سنجنده های فعال (Active)      سنجنده های غیر فعال (Passive)

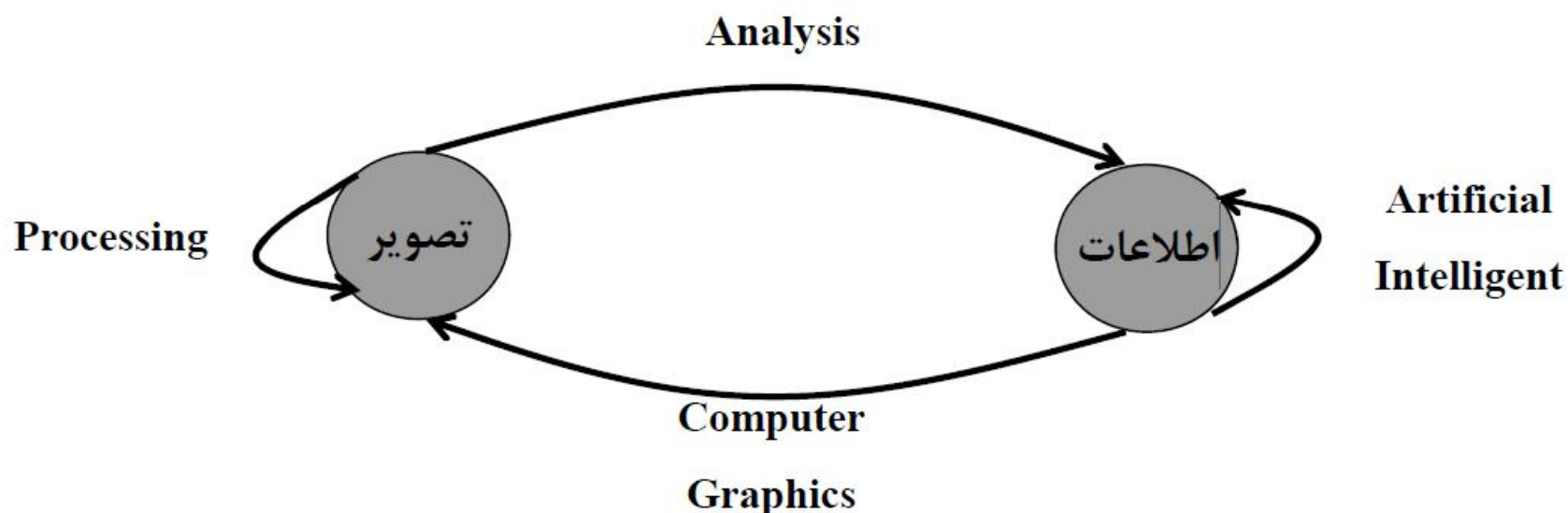


- **Passive systems depend on other energy sources (daylight, emission)**
  - example of passive sensors:
    - aerial camera
    - multi-spectral scanners
    - thermal scanners
- **Active systems generate their own source of energy ("illumination")**
  - example of active sensors:
    - radar (micro waves)
    - laser scanners



- پردازش تصاویر (Image Processing)
  - \* مجموعه تکنیکهائی که بر روی تصویر اعمال می شوند تا آنها را برای عملیات آنالیز آماده سازند.
  - \* معمولا می توان آنها را نگاهی از فضای تصویر به فضای تصویر دانست.
  - \* اهداف پردازش تصاویر عمدتاً عبارتند از:
    - حذف خطاهای رادیومتریک و هندسی
    - بهبود کیفیت تصویر
    - تبدیل تصویر به یک فضای جدید
  - \* پردازش تصاویر معمولا رقومی است ولی به صورت آنالوگ نیز انجام می شود.

- \* معمولاً پس از عملیات پردازش تصویر انجام می شود.
- \* آنرا می توان نگاشتی از فضای تصویر به فضای اطلاعات دانست.
- \* به دو صورت تفسیر بصری و روشهای کامپیوتری انجام می پذیرد.



# انرژی الکترومغناطیس (Electromagnetic) و سنجش از دور



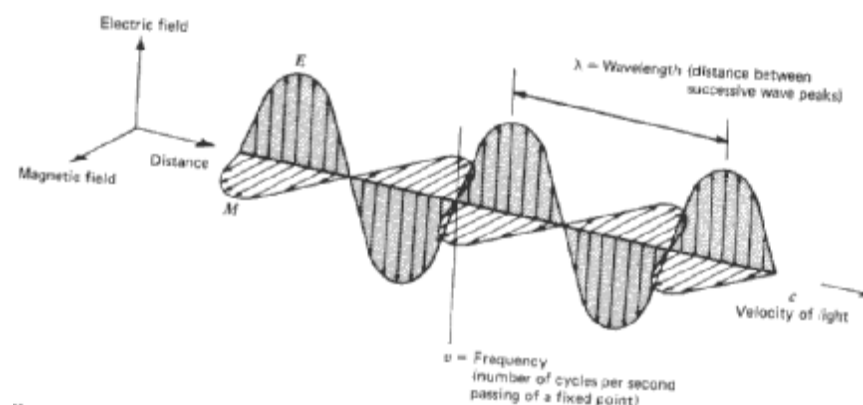
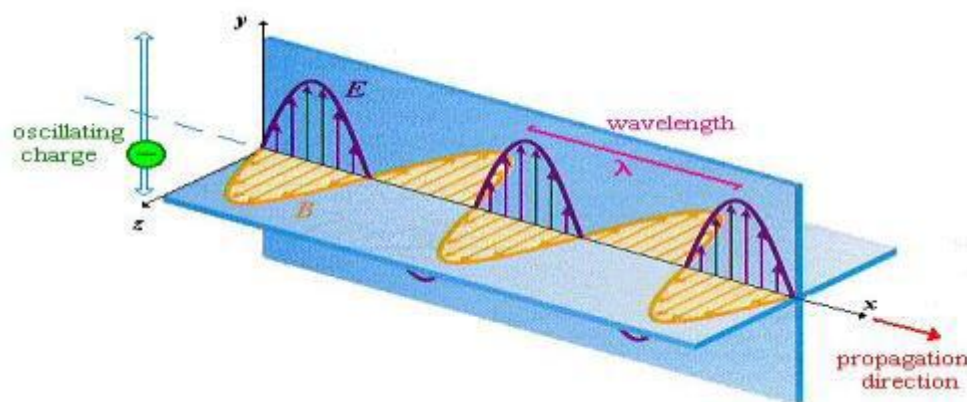
اساس سیستم های سنجش از دوری بر اندازه گیری نوعی از انرژی است که انرژی الکترومغناطیس (Electromagnetic) نامیده می شود. شناخته شده ترین نوع انرژی الکترومغناطیس نور مرئی است.

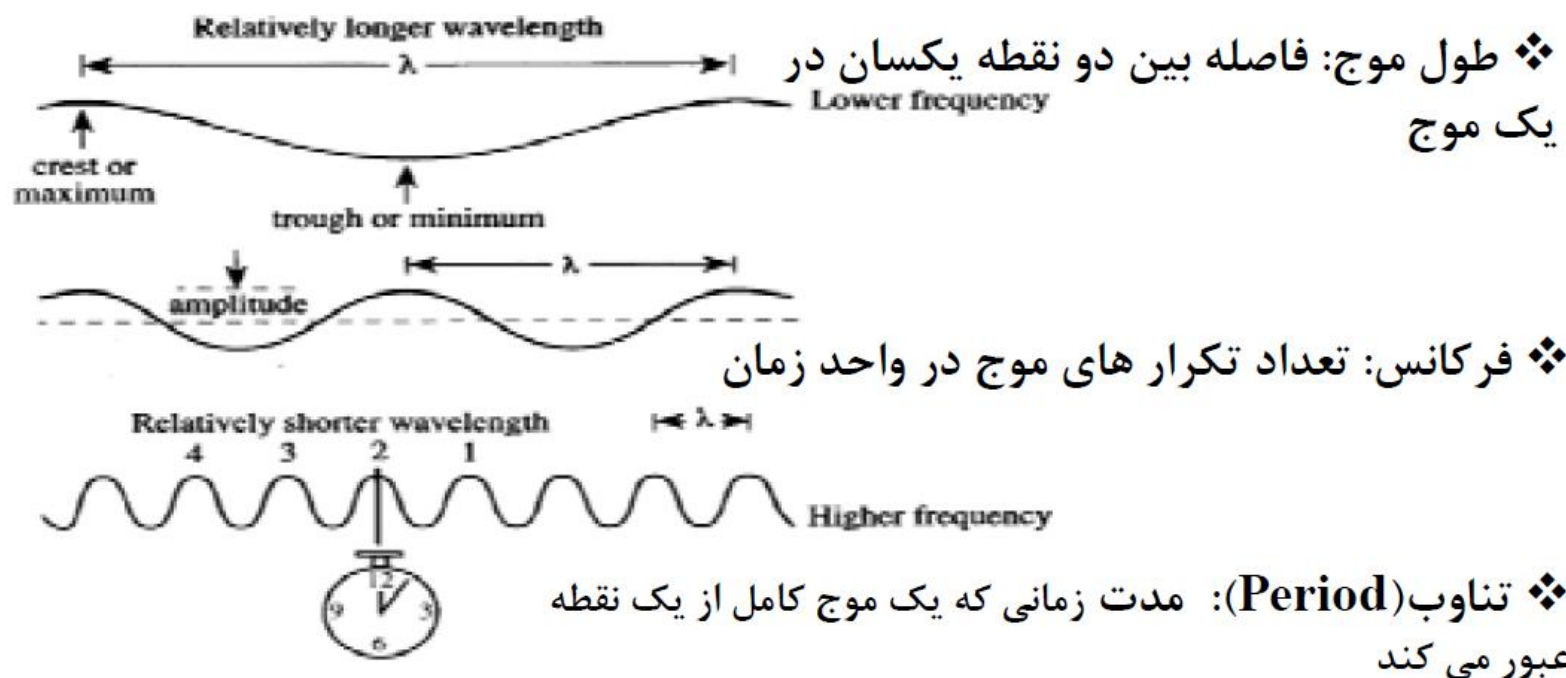
نظریه های متفاوتی در خصوص انرژی الکترومغناطیس وجود دارد. از مهمترین این نظریه ها:

- 1 - نظریه موجی بودن انرژی الکترومغناطیس
- 2 - نظریه ذره ای بودن انرژی الکترومغناطیس

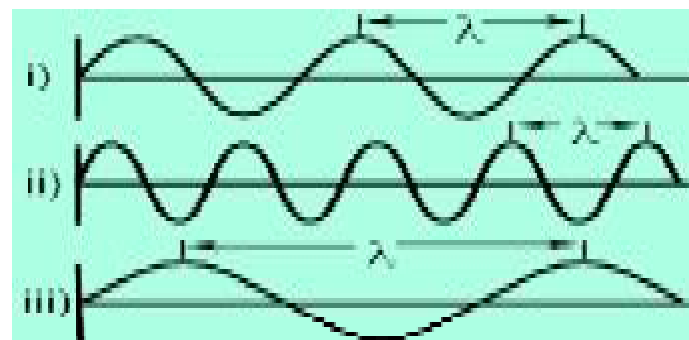
- نظریه موجی بودن انرژی الکترومغناطیس:

- انرژی الکترومغناطیسی به شکل امواج سینوسی حرکت می کند.
- از دو میدان الکتریکی و مغناطیسی عمود بر هم تشکیل شده است.
- نوسان در هر دو میدان با سرعت نور صورت می گیرد.





$$C = \frac{\lambda}{T} \quad \& \quad T = \frac{1}{F} \quad \Rightarrow \quad C = \lambda * f$$



❖ حامل انرژی ذراتی بنام فوتون هستند که با سرعت نور حرکت می کنند و مقدار انرژی:

Planck's formula

$$Q = h * f \quad h = 6.625 * 10e^{-34}$$

\* در این مدل انرژی الکترومغناطیس مجموعه ای از ذرات مجزا به نام فوتون است.

\* مقدار انرژی فوتونها از قانون پلانک تبعیت می کنند.

$$h = 6.626 \text{ E}^{-34} \quad (Q \text{ انرژی و } f \text{ فرکانس است})$$

\* حامل انرژی فوتونها هستند که با سرعت نور حرکت می کنند.

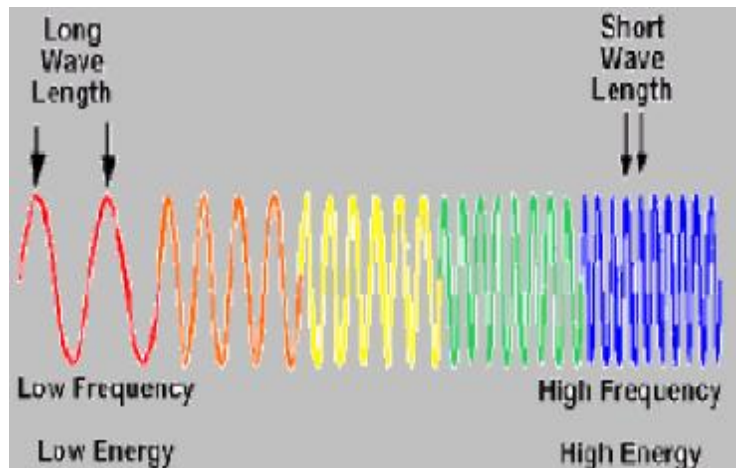


\* در سنجش از دور ترکیبی از این دو نظریه استفاده می شود:

هر چه طول موج بالاتر رود آنگاه انرژی کمتری در آن باند دریافت می شود.  
(باند ۶ ماهواره Landsat TM)

$$(Q = h * f \quad \& \quad C = \lambda * f) \quad \Rightarrow \quad Q = \frac{h * C}{\lambda}$$

- ❖ مقدار انرژی گسیل شده متناسب با عکس طول موج است.
- ❖ اندازه گیری طول موج های بزرگتر از طول موجهای کوچکتر سخت تر است.  
چون انرژی کمتری دارد.



\* منابع انرژی الکترومغناطیس:

Reflection + انعکاس

Radiation + تابش

\* انعکاس: مقداری از انرژی دریافتی از طرف منبع انرژی، توسط شی به سمت سنجنده انعکاس می یابد.

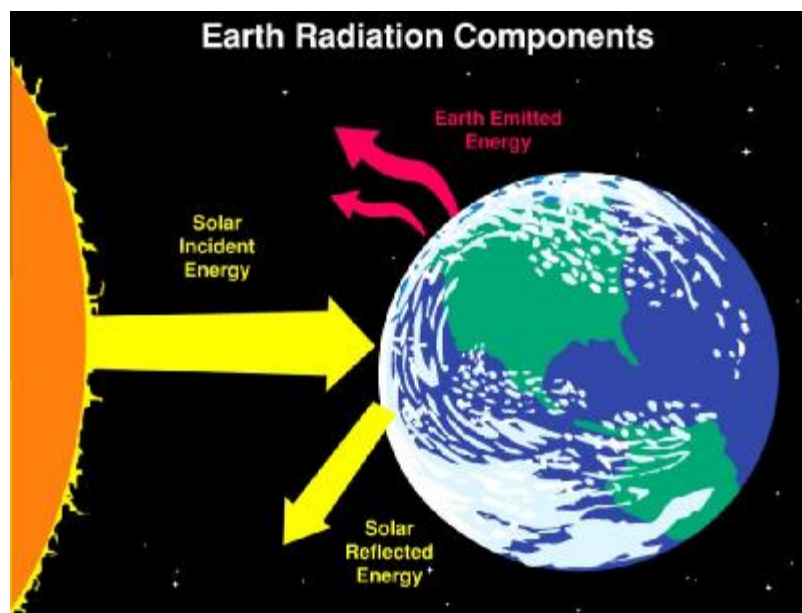
\* تابش: تمامی مواد در دمای بالای صفر مطلق (کلوین) بر اثر جنبش مولکولی، انرژی الکترومغناطیس بر اثر جنبش مولکولی ایجاد کرده و به اطراف گسیل می دارند.

\* مقدار انرژی که توسط جسم تابیده می شود بستگی دارد به:

+ دمای مطلق جسم

+ مقدار پارامتر قابلیت انتشار (Emissivity) ( $\epsilon$ )

+ طول موج



**\* Emissivity:** قدرت تابندگی یک ماده واقعی نسبت به یک جسم

سیاه (Black Body) می باشد.

**\* Black Body:** جسم سیاه جسمی است که خصوصیات زیر را داشته باشد:

+ ماده ای است فرضی که

+ تمامی انرژی الکترومغناطیس را جذب می کند.

+ تمامی انرژی الکترومغناطیس را باز می تاباند و برای آن :  $\varepsilon = 1$

یک جسم سیاه واقعی وجود ندارد و تنها به صورت فرضی است یعنی:

همیشه:  $\varepsilon < 1$



بخشی از میزان انرژی تابشی رسیده که توسط جسم بازتاب می شود، آلبدو (Albedo) نام دارد. اجسام با آلبدوی پایین بازتاب کننده های ضعیف و جذب کننده های توانمندی هستند.

## Albedo = Reflection Coefficient

For Visible Light:

Surface	Albedo (%)
Snow	85-95
Vegetation	10-30
Sand	35-40
Loam	10
Water	5
Cities	10-20

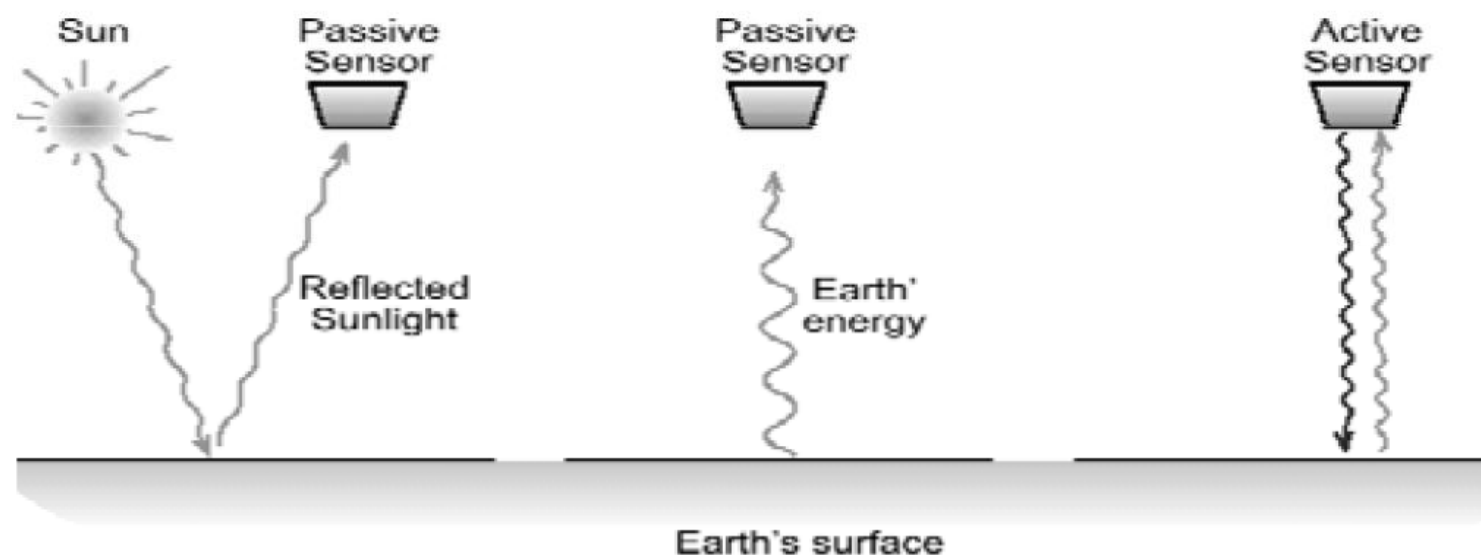
Blackbody albedo = 0

Whitebody albedo = 100

## ❖ منابع انرژی در RS

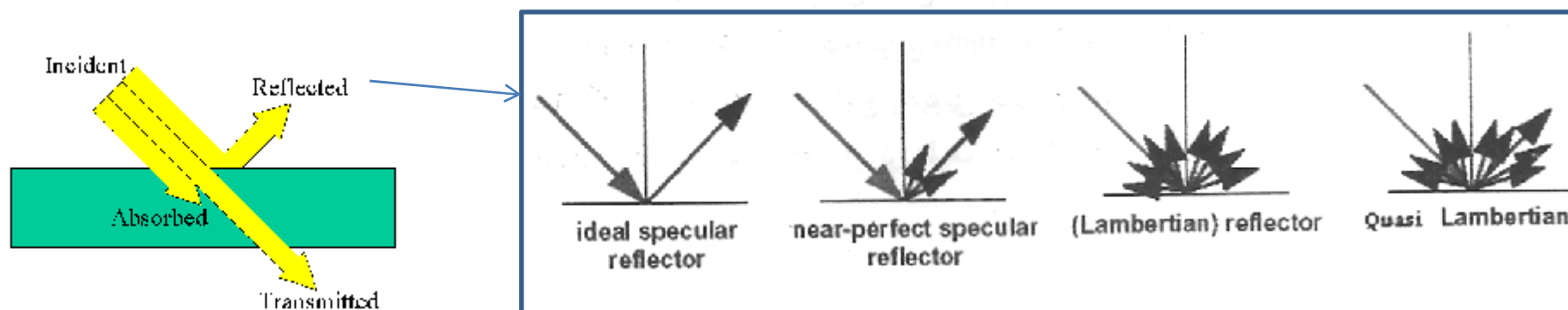
(۱) انعکاسی (Reflectance)

(۲) تابشی (Radiation)



انرژی های انعکاسی بیشتر در قسمت مرئی، مادون قرمز نزدیک و امواج ماکروویو می باشند.

بخش جذب شده انرژی باعث بالاتر رفتن درجه حرارت جسم شده و مقدار انرژی تابشی آن را بالا می برد.  
انرژی های تابشی بیشتر در بخش مادون قرمز حرارتی، و گاه ماکروویو قرار دارند.



انعکاس آینه ای : در مورد اجسامی اتفاق می افتد که سطح بسیار صافی دارند (سطح آب، جاده، ایزوگام) (بر اساس موقعیت سنجنده و منبع انرژی جسم می تواند بسیار تیره یا بسیار روشن ظاهر شود)

انعکاس شیه آینه ای : باعث پراکنش انرژی در بیش از یک جهت ولی تقریباً با مسیر نزدیک به یکدیگر می گردد.

انعکاس لامبرتی یا پراکنده : باعث پراکنش انرژی در تمام جهات به طور یکنواخت می شود. (اجسام با سطح ناهموار)

انعکاس شبه لامبرتی : انعکاس در تمام جهات ولی به صورت غیر یکنواخت. (مثل گیاهان)

• رفتار انعکاسی اشیاء بستگی دارد به:

+ همواری سطح (Roughness)

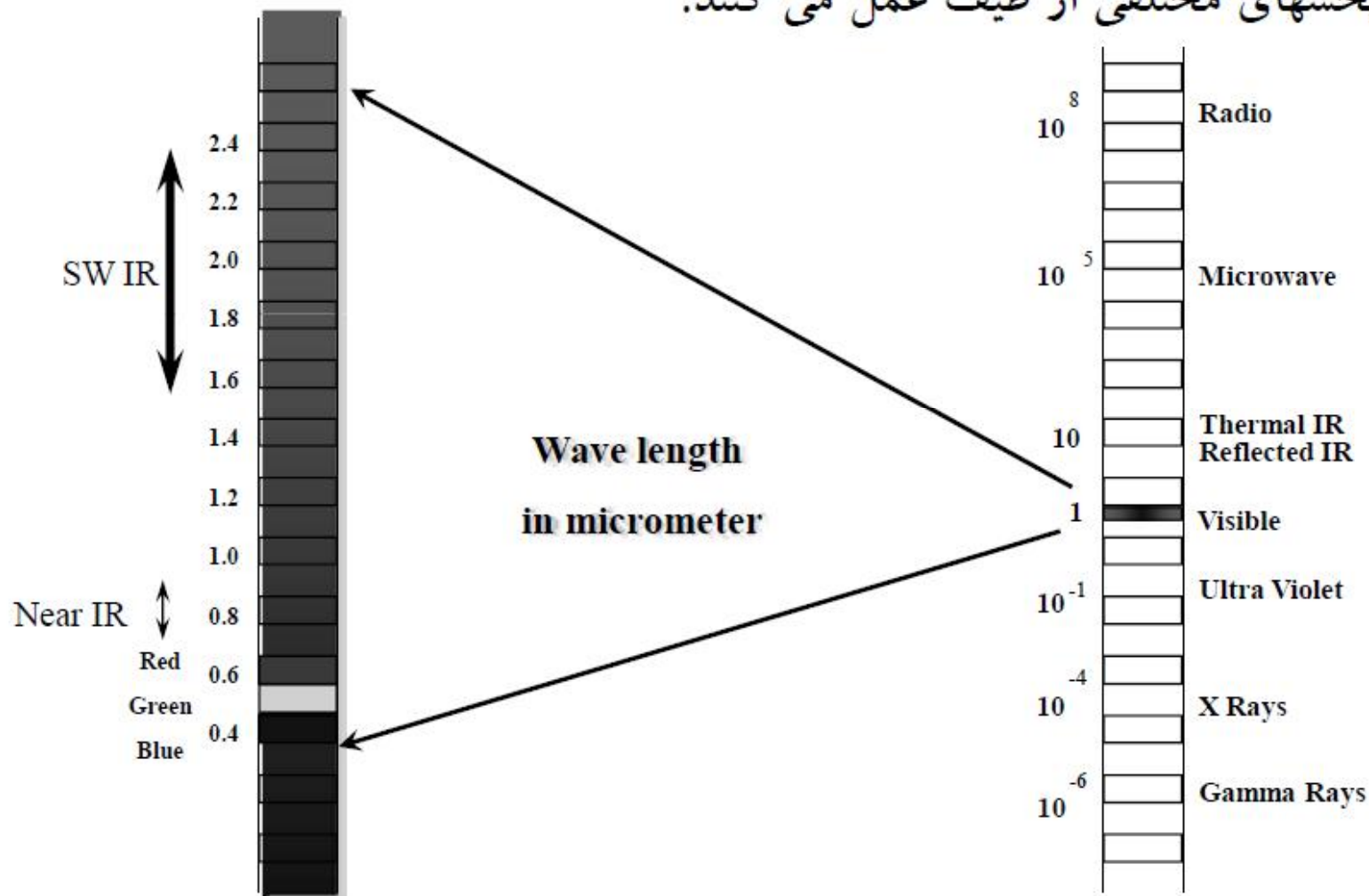
+ طول موج

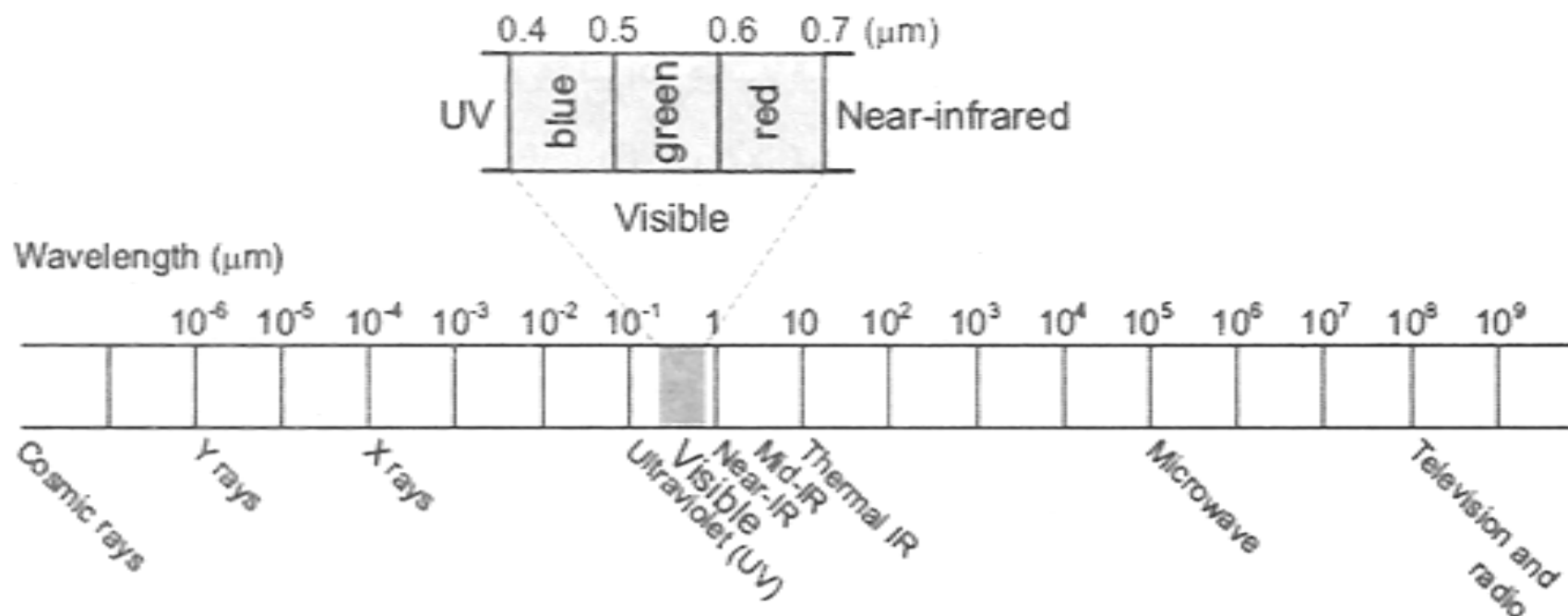
+ وضعیت منبع انرژی

+ جهت و حالت شیء (Orientation)



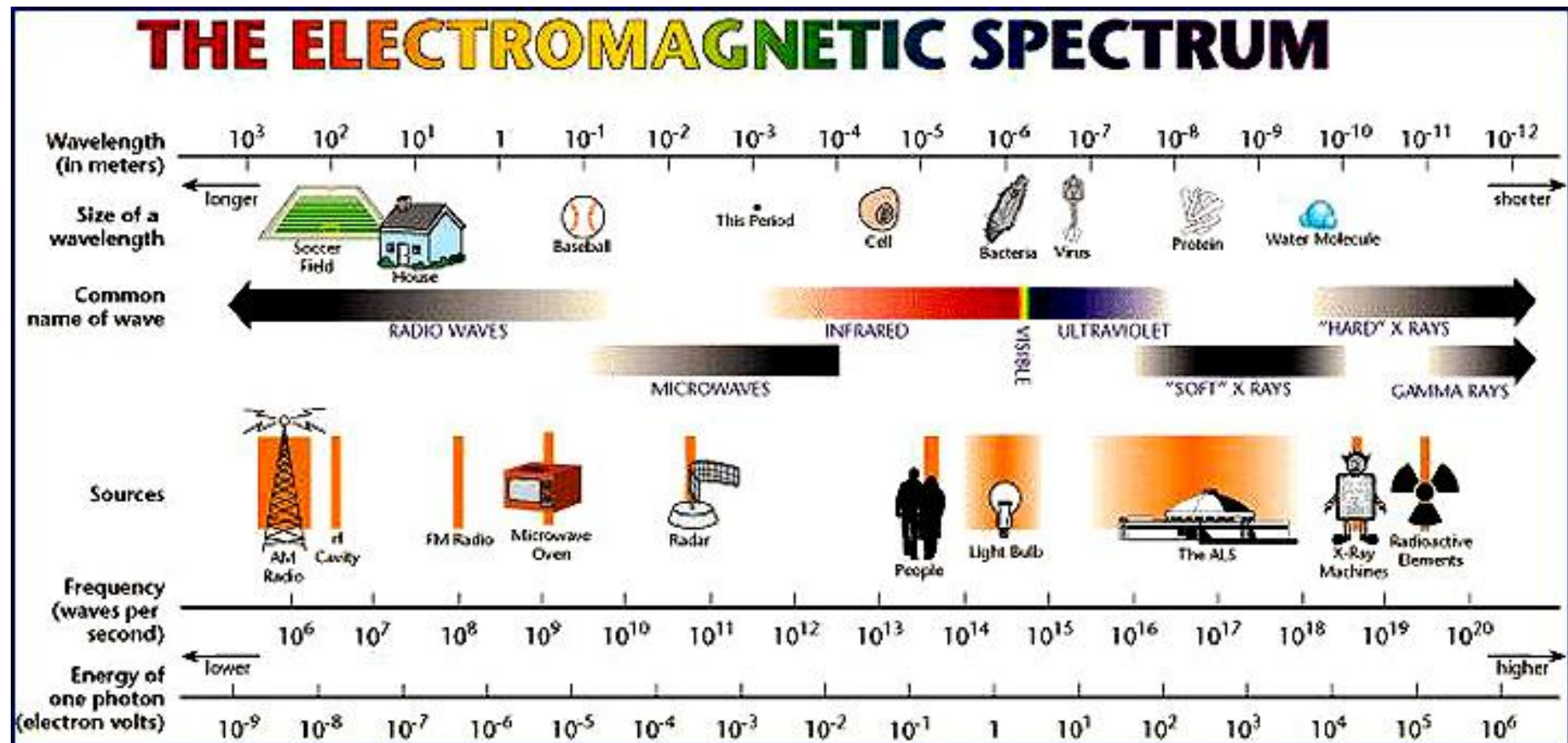
به مجموعه کل طول موجهای امواج الکترومغناطیک طیف الکترومغناطیک گویند.  
سنجنده ها در بخشهای مختلفی از طیف عمل می کنند.





### *EM Spectrum Regions Used in Remote Sensing*

- Ultraviolet – 0.3 to 0.4  $\mu\text{m}$
- Visible – 0.4 to 0.7  $\mu\text{m}$
- Near Infrared – 0.7 to 1.3  $\mu\text{m}$
- Middle Infrared – 1.3 to 2.8  $\mu\text{m}$
- Thermal Infrared – 2.4 to 14  $\mu\text{m}$
- Microwave – 1 mm to 1 m





**بخش مرئی (Visible):** قسمت کوچکی از طیف الکترومغناطیس حدود  $0.4 - 0.7$  میکرون. این بخش به وسیله چشم قابل تشخیص است و با نام رنگها شناخته می شوند و معمولاً به این بخش نور (Light) گویند.

**بخش مادون قرمز (Infra Red):** این بخش قابل دیدن نیست و محدوده  $0.72$  میکرون تا  $1$  میلیمتر را در بر می گیرد. مادون قرمز به بخشهای متفاوتی تقسیم می شود:

مادون قرمز نزدیک (NIR):  $0.72 - 3.0 \mu\text{m}$

مادون قرمز میانی (MIR):  $3.0 - 30 \mu\text{m}$

مادون قرمز دور (FIR):  $30 \mu\text{m} - 1 \text{ mm}$

مادون قرمز کوتاه (SWIR):  $1 - 2.5 \text{ mm}$

مادون قرمز حرارتی (TIR):  $8 - 14 \text{ mm}$

**بخش مایکرو ویو (Microwave):** محدوده از  $30 - 300$  میلیمتر را پوشش می دهد که در سنجنده های راداری استفاده می شود.

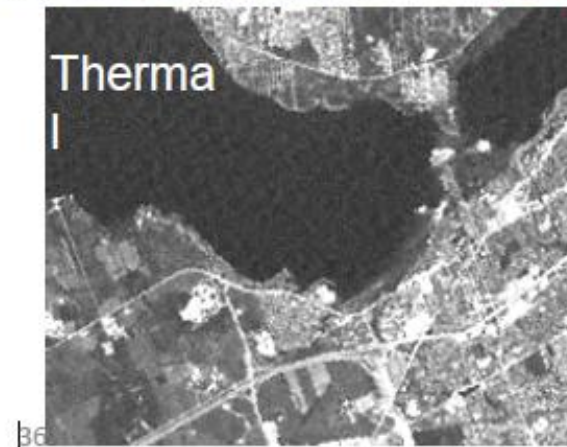
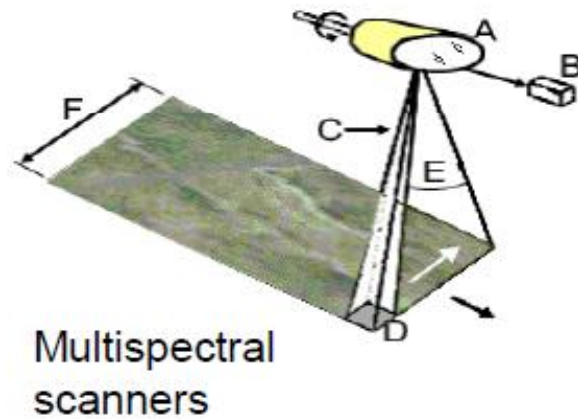
\* برخی از بخشهای طیف الکترومغناطیس مورد استفاده در سنجش از دور نیستند.  
به چند علت:

- + ملاحظات فنی
- + محدودیت پنجره های اتمسفری
- + تفرق به خاطر اجزاء اتمسفر
- + اهمیت نوع داده های جمع آوری شده ( مفید بودن)

\* دامنه های انرژی و طول موجهای مورد استفاده در محدوده :  
 $0.4 - 12 \mu$  و  $30 - 300$  میلیمتر قرار می گیرند.  
مفهوم باند (Band): یک بخش باریک طیفی که از طیف الکترومغناطیس جدا می شود.

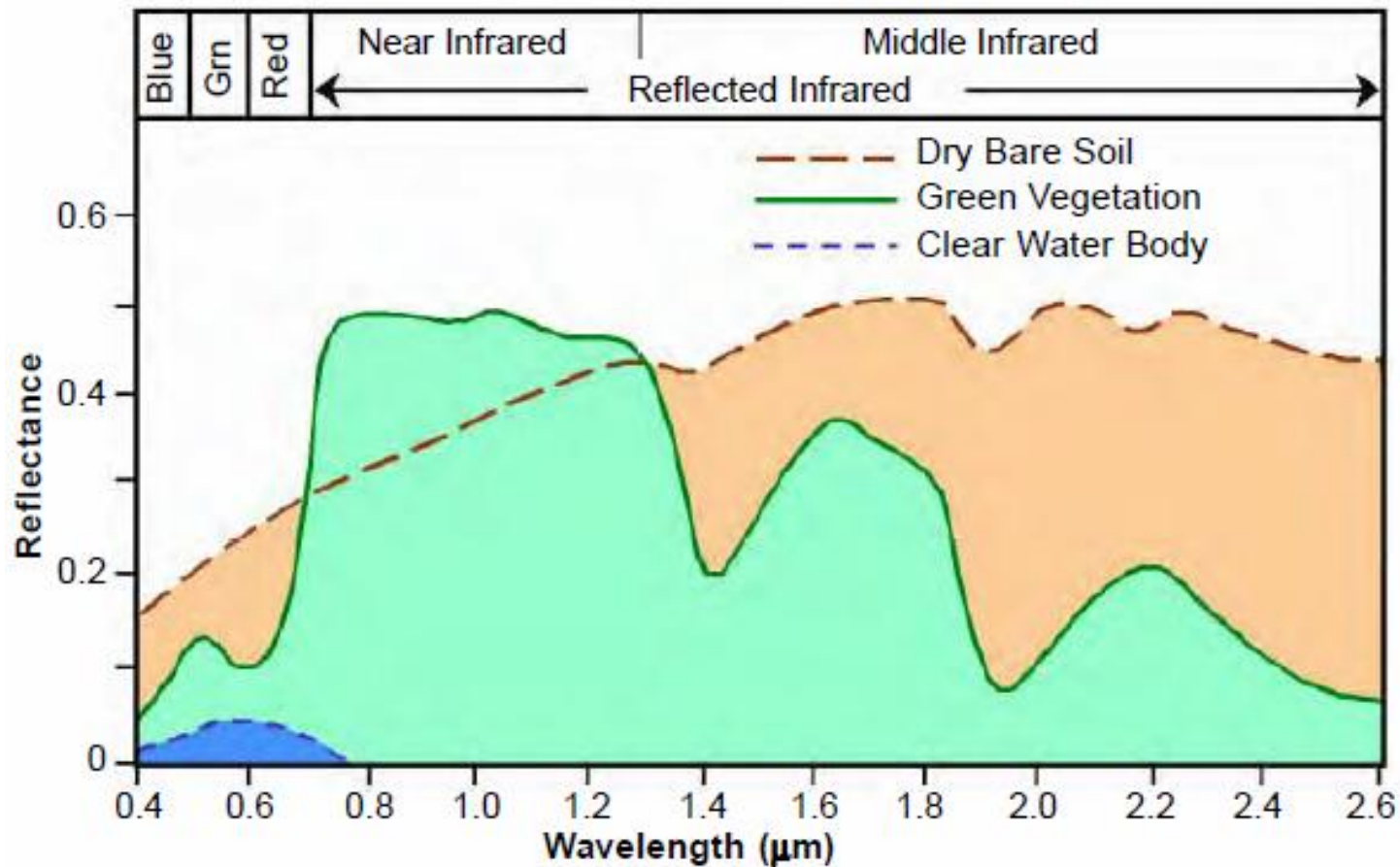
به عنوان مثال باند 2 سنجنده TM محدوده امواج 0.52 میکرومتر تا 0.60 میکرومتر را پوشش می دهد که بنابراین در طیف الکترو مغناطیس در بخش مرئی و در محدوده رنگ های سبز قرار می گیرد و به همین خاطر به باند سبز معروف است.

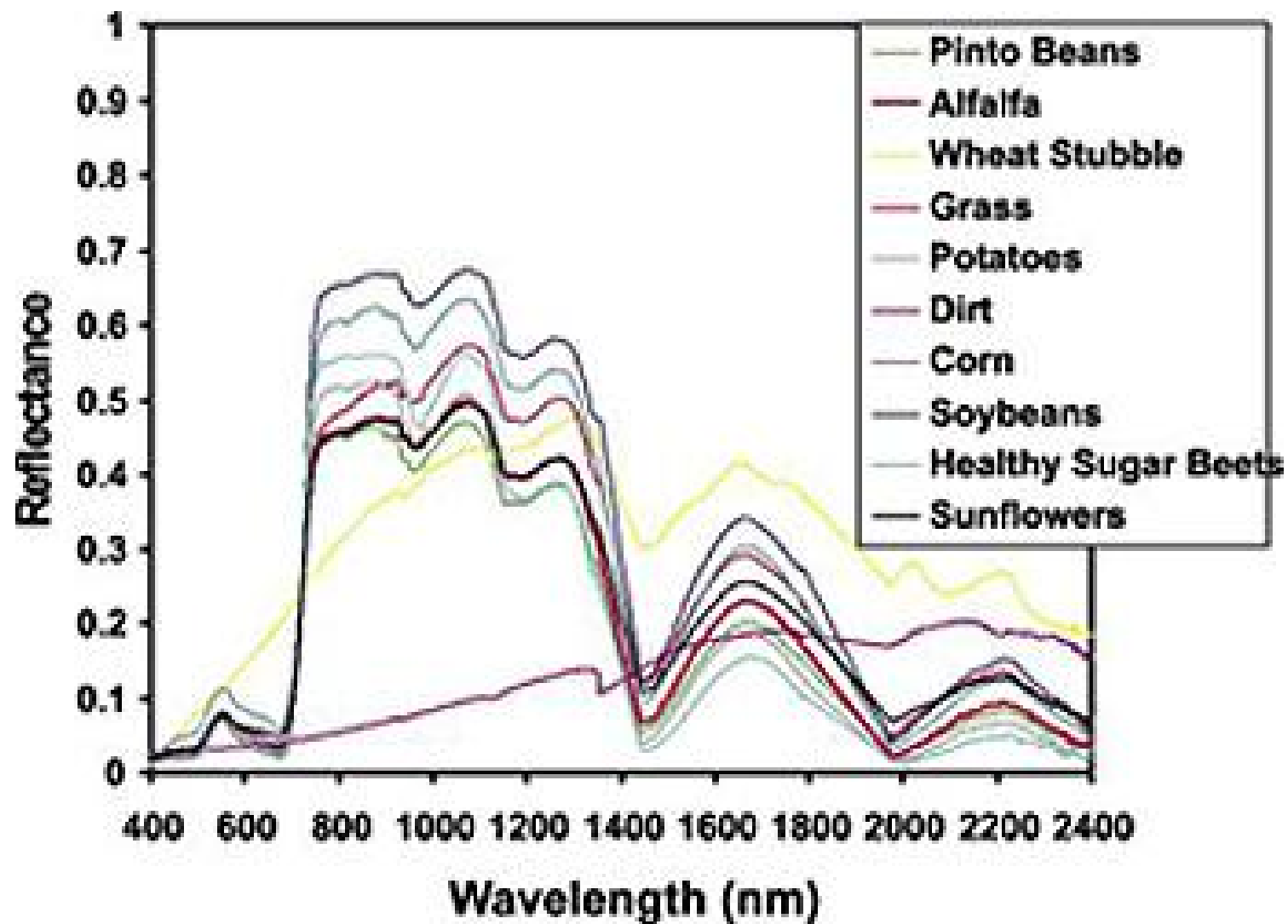
## Examples: imaging devices

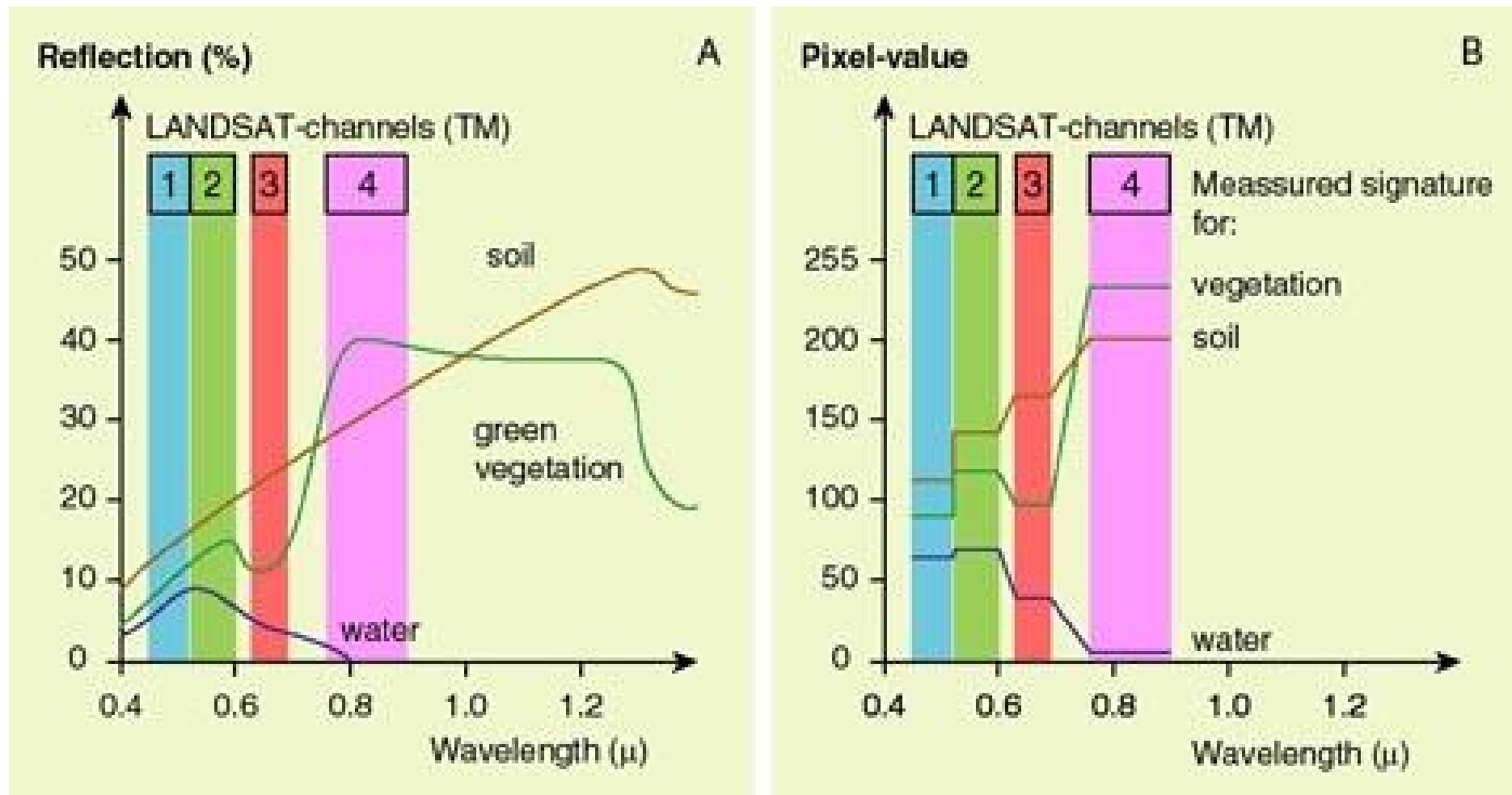




- منحنی رفتار طیفی یک جسم ، مقدار انرژی بازگشتی جسم را برای طول موجهای مختلف بیان می دارد.
- منحنی طیفی معمولا بوسیله دستگاههای خاص در فیلد (محیط واقعی) و یا آزمایشگاه محاسبه و اندازه گیری می شود.









---

## پایان جلسه دوم



مبانی سنجش از دور

جلسه سوم

اتمافر - سکوها

فرید اسماعیلی

[Farid\\_63@yahoo.com](mailto:Farid_63@yahoo.com)

[www.faridesm.ir](http://www.faridesm.ir)

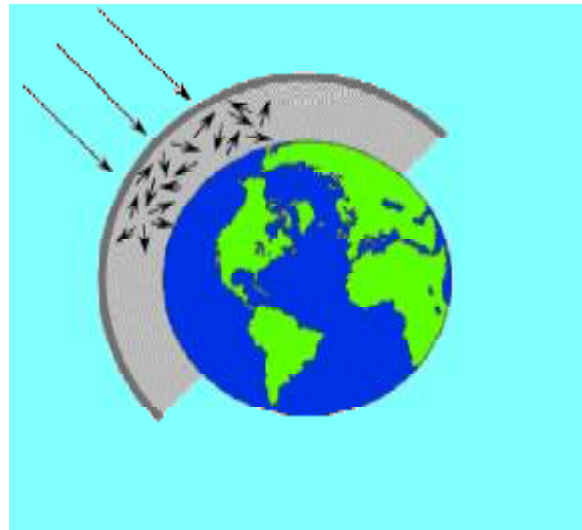
تماس با استاد از طریق پست الکترونیکی  
مشاهده اطلاعیه ها، نمرات، دریافت فایل ها در وب سایت

اتمسفر به دو صورت کلی روی امواج اثر می گذارد:

1- جذب (Absorption): بخشی از انرژی الکترومغناطیس توسط مولکول های موجود در اتمسفر جذب می شوند و باعث تغییر انرژی درونی مولکول های اتمسفر می گردد.

2- پراکنش یا تفرق (Scattering): باعث انحراف موج از مسیر اصلی آن می شود.

اهمیت بررسی رفتار اتمسفر روی امواج الکترومغناطیس در طراحی سنجنده ها، انتخاب نوع تصاویر با توجه به کاربرد و انجام تصحیحات اتمسفری روی تصاویر اخذ شده می باشد.





اتمسفر بخشی از انرژی الکترومغناطیس را از خود عبور داده و بخشی دیگر توسط مولکول های موجود در اتمسفر جذب می شوند.

بخشی از انرژی الکترومغناطیس که توسط مولکولهای هوا جذب می شود به انرژی گرمائی تبدیل می شود. مهمترین بخشهای اتمسفر که جذب را انجام می دهند عبارتند از:

\* ازن                      \* بخار آب                      \* دی اکسید کربن

\* جذب در بخشهای مختلف طیف الکترومغناطیس

✓ در بخش فرابنفش بسیار قابل توجه است ( لایه ازن)

✓ در بخش مرئی بسیار کم است. فقط در ۰.۶ و ۰.۶۹ و ۰.۷۶ میکرومتر

✓ در مادون قرمز انعکاسی زیاد است.

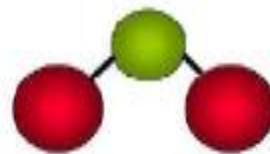
✓ در بخشهای پراکنده مانند ۱ میلیمتر و ۲۲ میکرومتر

### Composition of the Atmosphere



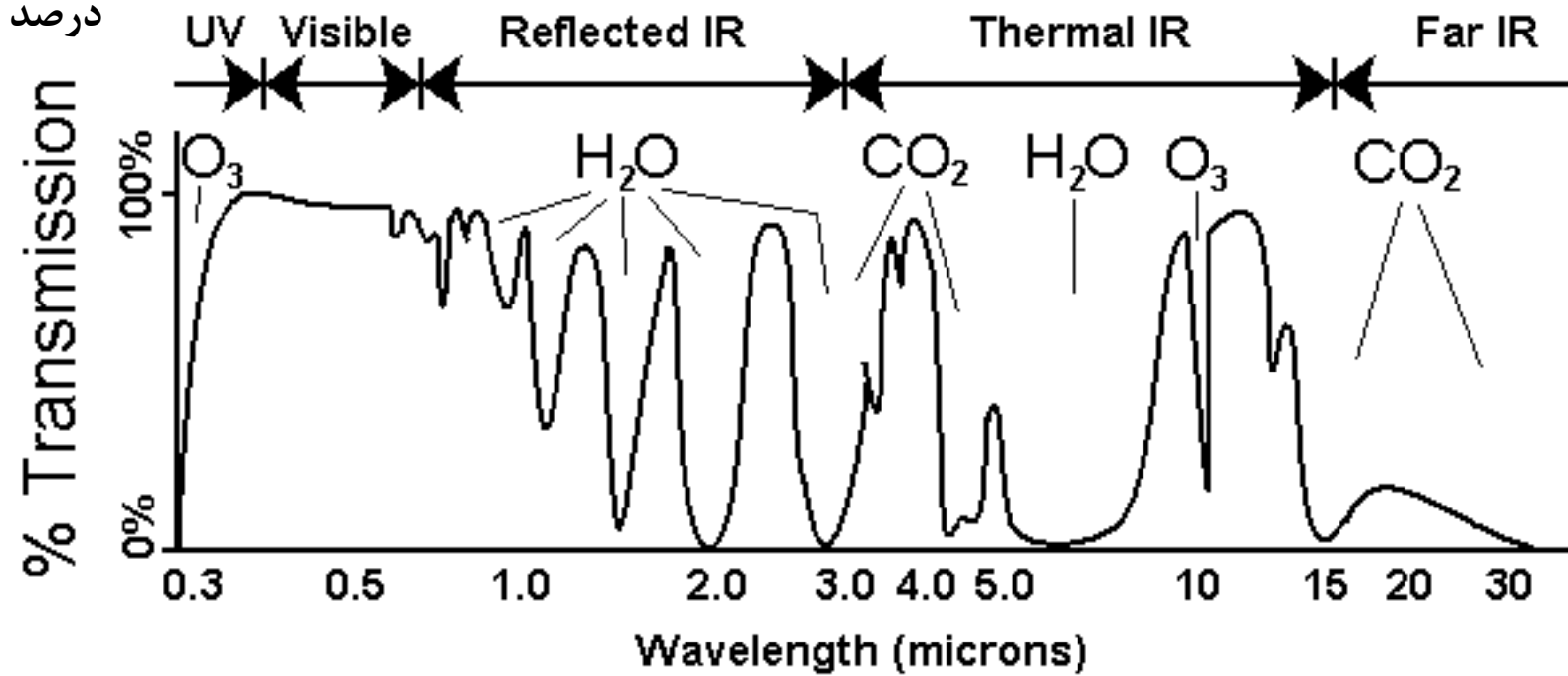
Rain drops, snow, ice crystals

Aerosols



Gas Molecules

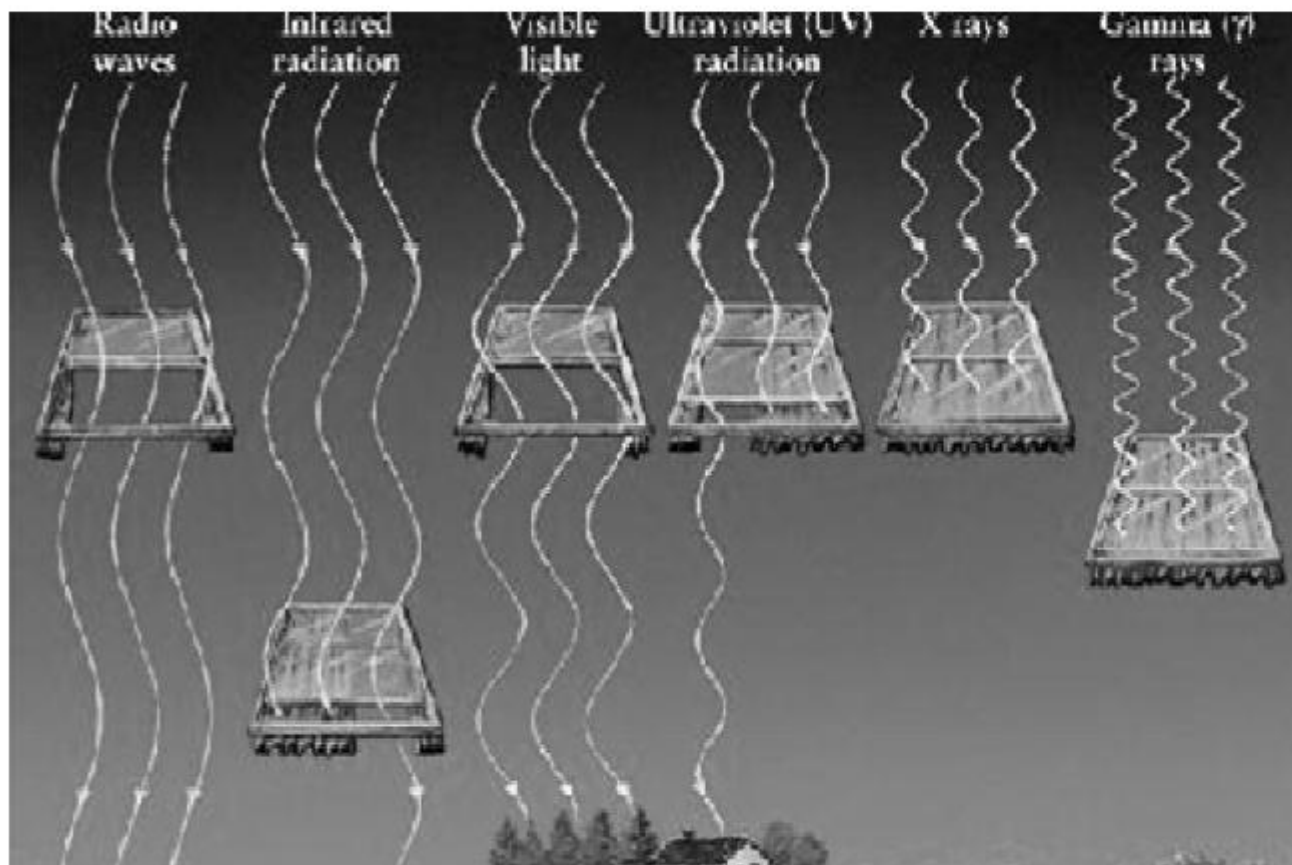
درصد عبور



طول موج

## پنجره های اتمسفری (Atmospheric windows)

به برخی از بخشهای طیف الکترومغناطیس اطلاق می گردد که جذب انرژی در پایین ترین سطح قرار دارد و بیشتر انرژی از اتمسفر (در این طول موجها) عبور می کند.



باندهای سنجنده ها  
معمولا در پنجره  
های اتمسفری  
انتخاب می شوند.

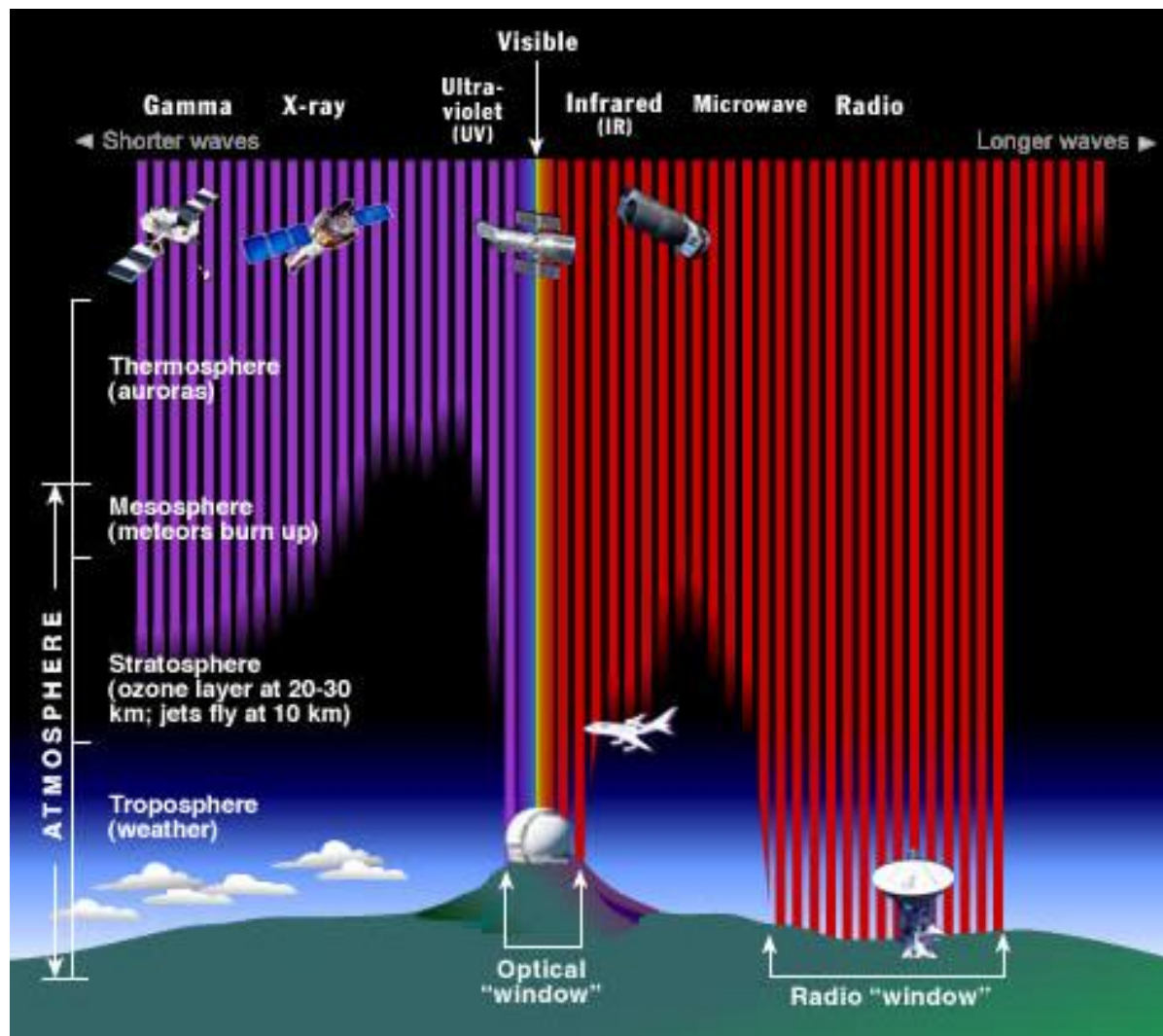


## مهمترین پنجره های اتمسفری

بخش مرئی و مادون قرمز انعکاسی :  $0.4\sim 2\mu\text{m}$

دو پنجره باریک حول طول موج های  $3\sim 5\mu\text{m}$

یک پنجره قابل توجه در  $8\sim 14\mu\text{m}$

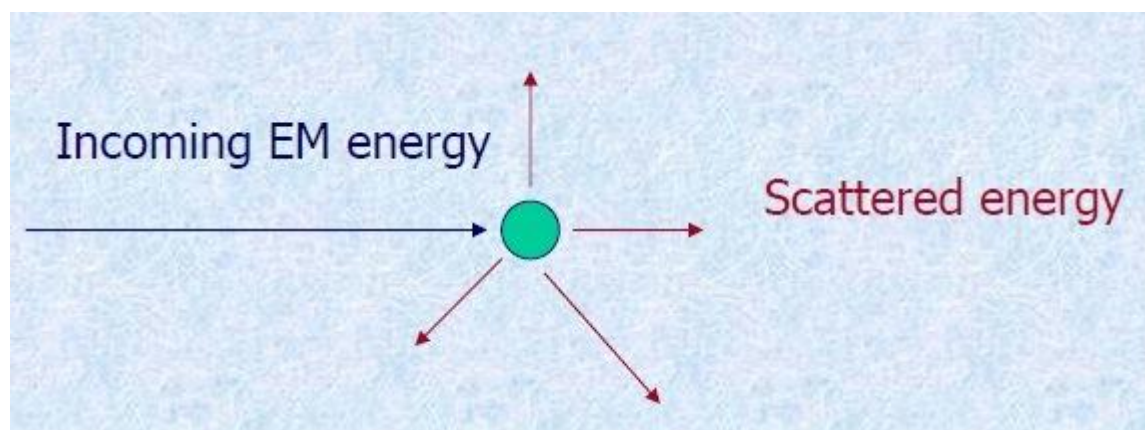


پراکنش اتمسفری هنگامی اتفاق می افتد که انرژی الکترو مغناطیس با مولکول ها و ذرات موجود در اتمسفر برخورد کرده و از مسیر اصلی خود منحرف می گردد.

مقدار پراکنش بستگی دارد به:

- + طول موج
- + مقدار و غلظت مولکولها و اجزاء پراکنده
- + فاصله ای که انرژی از منبع تا هدف در اتمسفر طی می کند

هرچه فاصله طی شده بیشتر باشد یا مقدار و غلظت مولکول ها و ذرات پراکنده اتمسفر بیشتر باشد، پراکنش بیشتر می شود.



انواع پراکنش :

q پراکنش انتخابی (Selective) : تنها بر روی دسته خاصی از طول موج ها اثر قابل توجه دارد.

q پراکنش غیر انتخابی (Non-Selective) : وابستگی خاصی به طول موج ندارد.

انواع پراکنش انتخابی:

q ری لی (Rayleigh)

q می (Mie)



## پراکنش ری لی (Rayleigh)

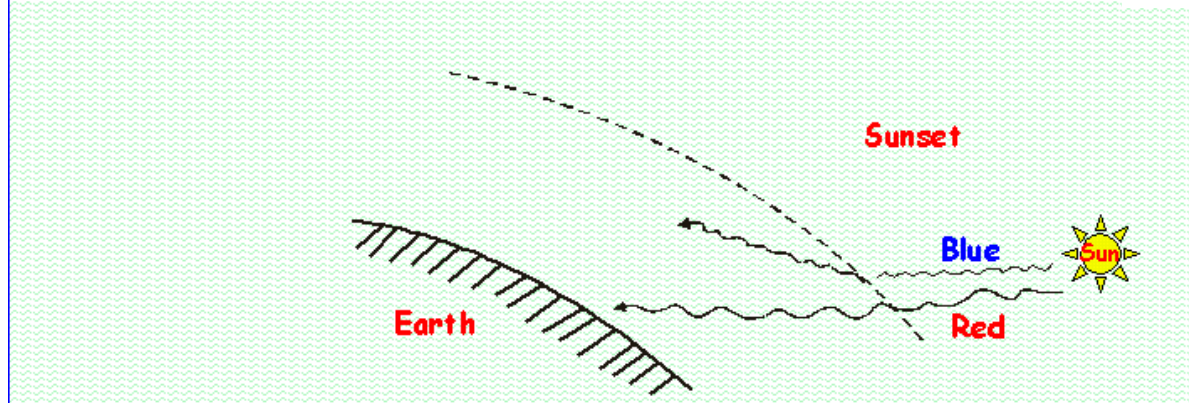
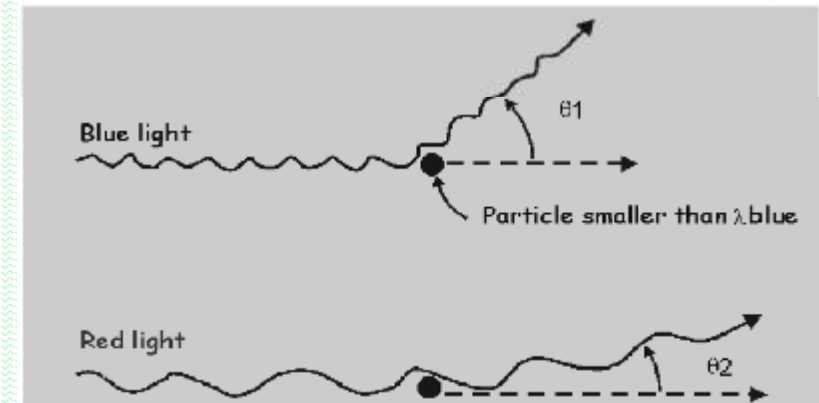
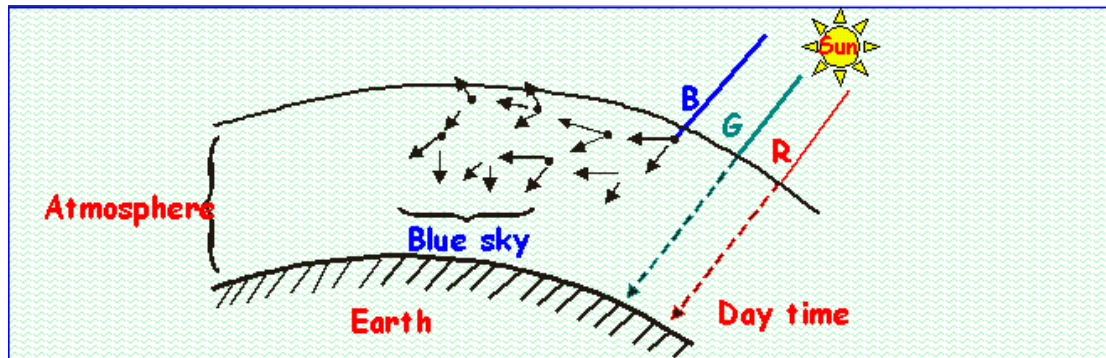
Q بوسیله مولکولهای هوا (نظیر اکسیژن و نیتروژن) بوجود می آید.

Q در این حالت مولکولهایی که از طول موجها کوچکترند بر روی امواج اثر می گذارند.

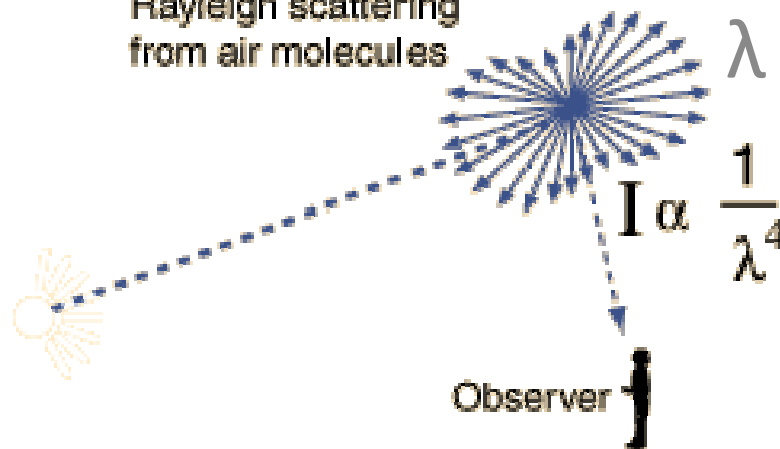
Q مقدار تفرق در این حالت با  $\frac{1}{\lambda^4}$  متناسب است. (هرچه طول موج کوتاه تر پراکنش بیشتر)

Q رنگ آبی آسمان در روز و رنگ قرمز خورشید در غروب به این علت هستند.

(The shorter the wavelength, the greater scattering)



Rayleigh scattering  
from air molecules



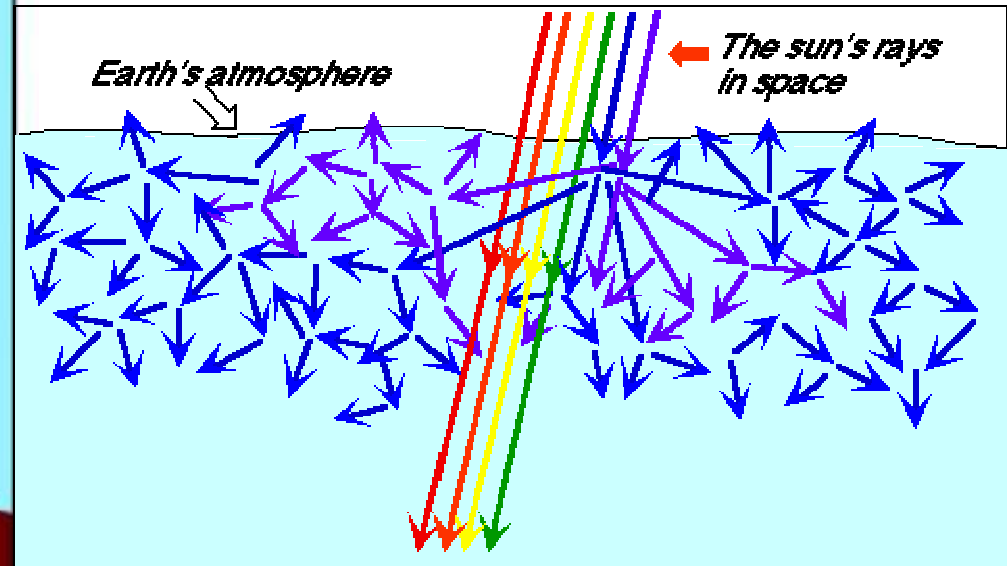
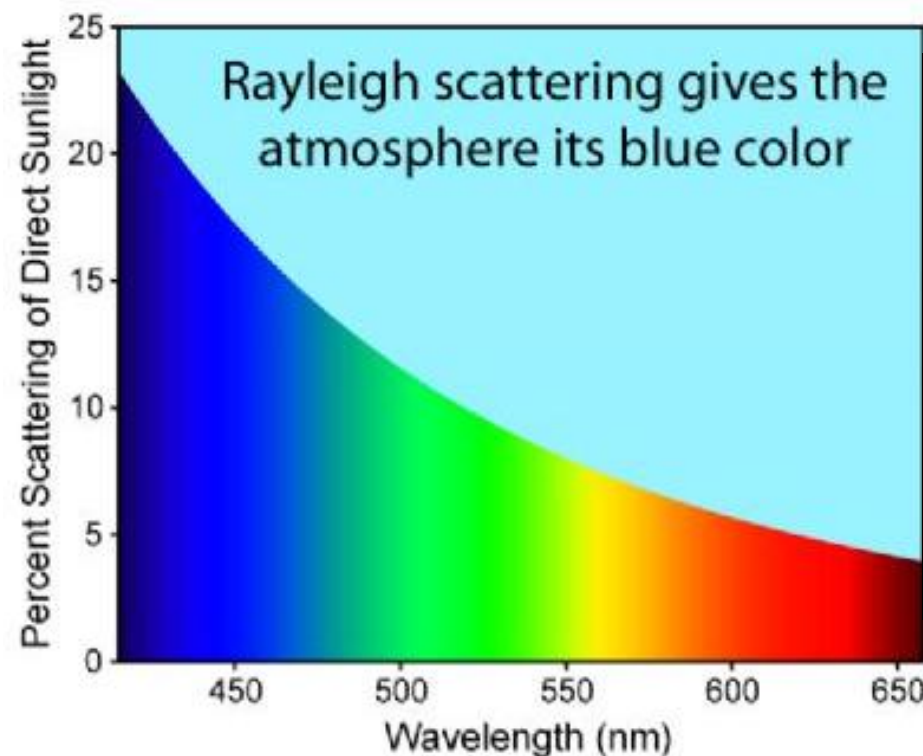
$$\lambda \gg R$$

$\lambda$ : wavelength

R: particle size

The strong wavelength dependence of Rayleigh scattering enhances the short wavelengths, giving us the blue sky.

The scattering at 400 nm is 9.4 times as great as that at 700 nm for equal incident intensity.



q بوسیله اجزاء پراکنده در اتمسفر که تقریباً هم اندازه طول موج هستند اتفاق می افتد.



q در سطوح پائینی اتمسفر اتفاق می افتد.

q نسبت به پراکنش Rayleigh وابستگی کمتری به طول موج دارد.

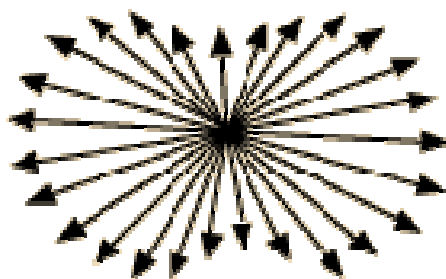
q اثر آن بر طول موجهای بزرگتر بیشتر از تفرق Rayleigh است.



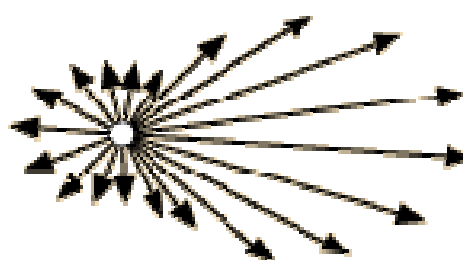
$$\lambda \approx R$$

$\lambda$ : wavelength  
R: particle size

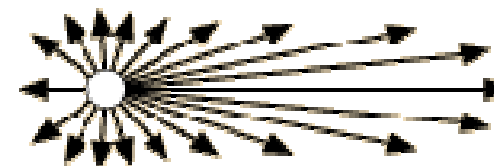
Rayleigh Scattering



Mie Scattering



Mie Scattering,  
larger particles



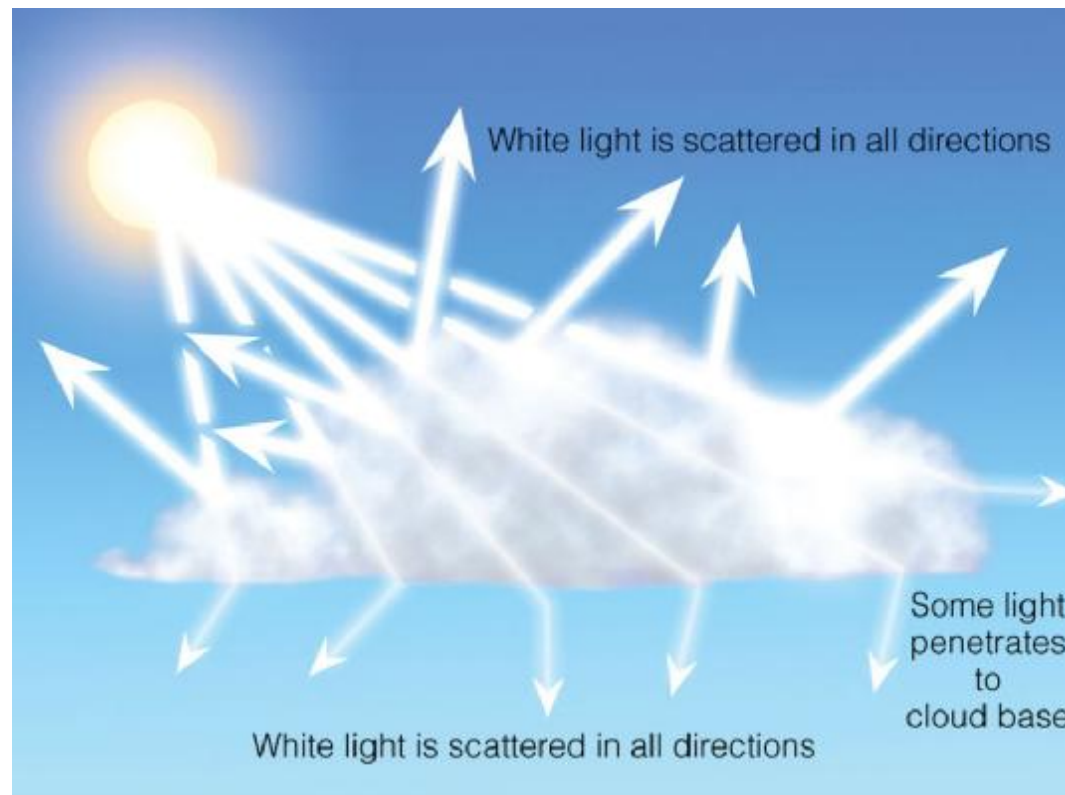
→ Direction of incident light

## پراکنش غیر انتخابی (Non-Selective)

q هنگامی اتفاق می افتد که اندازه مولکولها و اجزای اتمسفر از طول موجهای مورد استفاده در سنجش از دور بسیار بزرگتر باشند (بزرگتر از  $10 \mu$ )

q این نوع تفرق مستقل از طول موج است و برای همه طول موجها مساوی است.

q رنگ سفید ابرها به این علت است. (همه طول موجها پراکنده می شوند که به علت درشت بودن قطرات آب در ابرها می باشد)



$$R \gg \lambda$$

$\lambda$ : wavelength  
R: particle size



• **TABLE 19.1**

**The Various Types of Scattering of Visible Light**

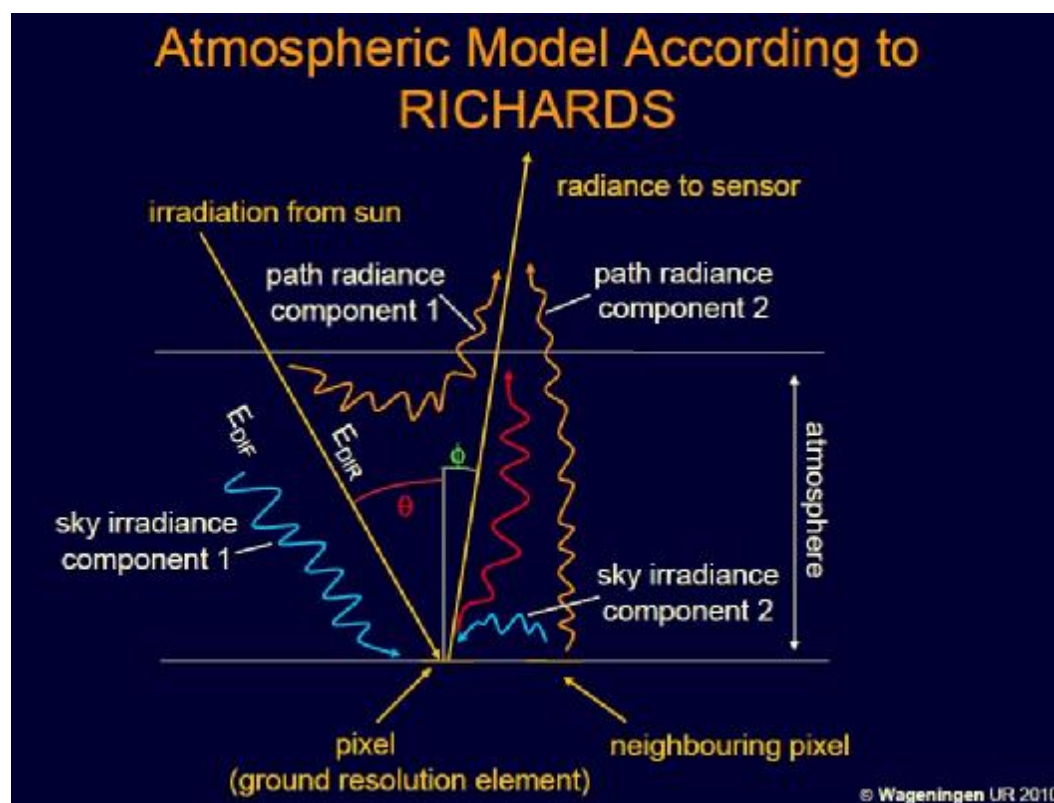
TYPE OF PARTICLE	PARTICLE DIAMETER (MICROMETERS, $\mu\text{m}$ )	TYPE OF SCATTERING	PHENOMENA
Air molecules	0.0001 to 0.001	Rayleigh	Blue sky, red sunsets
Aerosols (pollutants)	0.01 to 1.0	Mie	Brownish smog
Cloud droplets	10 to 100	Geometric	White clouds

© 2007 Thomson Higher Education

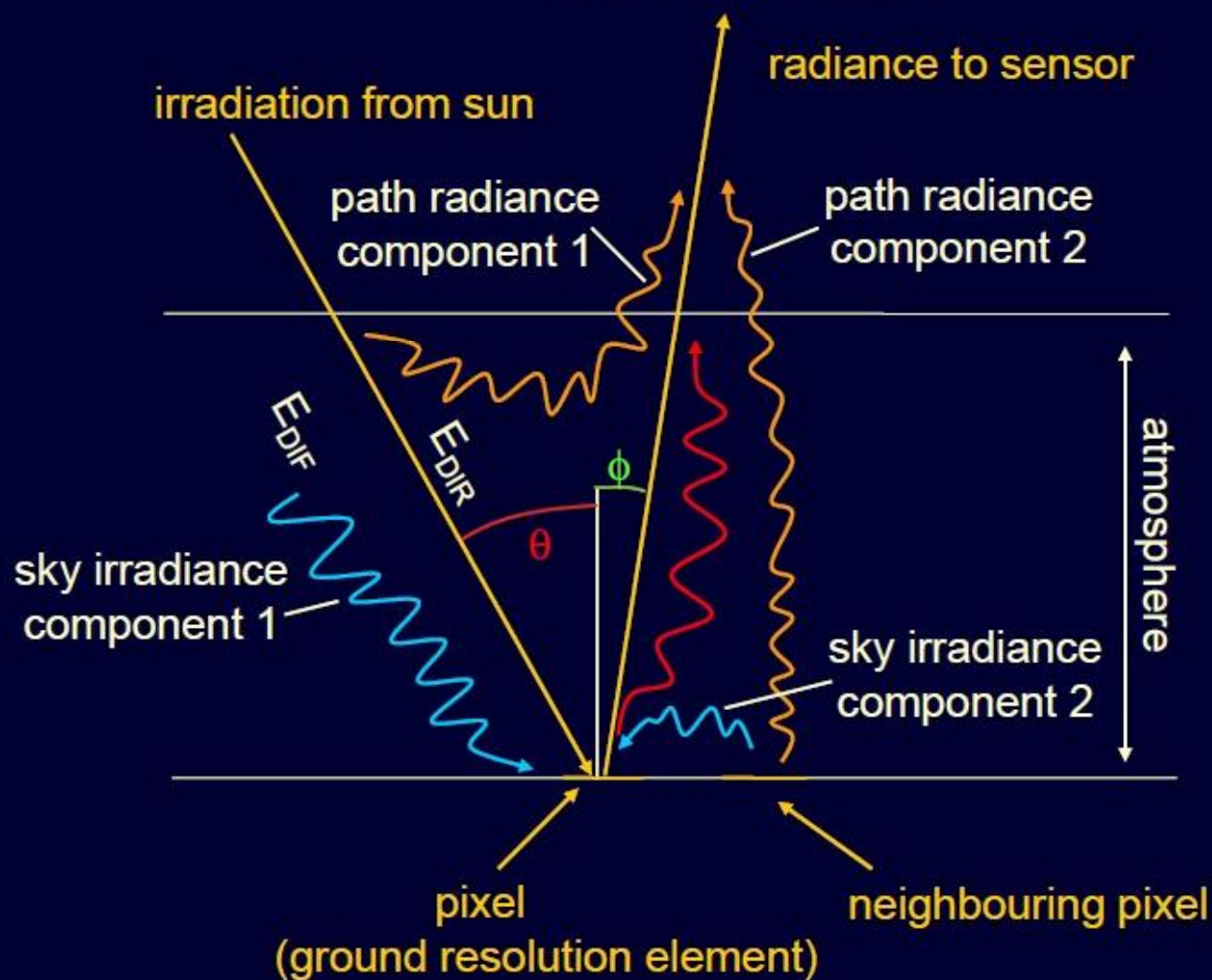
پراکنش انرژی باعث می شود یک عارضه بر روی زمین به غیر از موج هایی که مستقیم به سمت آن تابیده می شوند، بخشی از امواج حاصل از پراکنش نیز با آن برسند. این انرژی اضافه به تابش آسمانی (Sky Irradiance) معروف است.

بخشی از انرژی ثبت شده برای یک عارضه نیز ممکن است انرژی منعکس شده از اشیاء مجاور بوده که دچار پراکنش شده و به جای طی مسیر مستقیم به پیکسل عارضه مورد نظر ما برخورد نماید. به این نوع انرژی اضافه مؤلفه دوم تابش آسمانی (Sky Irradiance Component 2) می گویند.

بخشی از انرژی هایی که توسط اتمسفر دچار پراکنش شده اند، بدون اینکه به زمین برسند به سمت سنجنده هدایت و ثبت می شوند که به آنها تابش انحرافی (Path Radiance) می گویند.



## Atmospheric Model According to RICHARDS



اتمسفر با تمامی مواردی که گفته شد بر روی تصویر اخذ شده اثر گذار خواهد بود:

- \* ضعیف نمودن و پنهان نمودن جزئیات ظریف در تصویر
- \* کاهش کنتراست و تمایز بین اشیاء همسایه
- \* ایجاد تغییراتی در خصوصیات طیفی ثبت شده (خطا در مدل سازی ها)

**q** اثرات اتمسفر در همه باندهای یک سنجنده یکسان نیست.

**q** سنجنده های با زاویه دید (FOV) زیاد معمولا دارای خطای اتمسفری بیشتری در حاشیه های تصویر هستند.

Cloud shadow



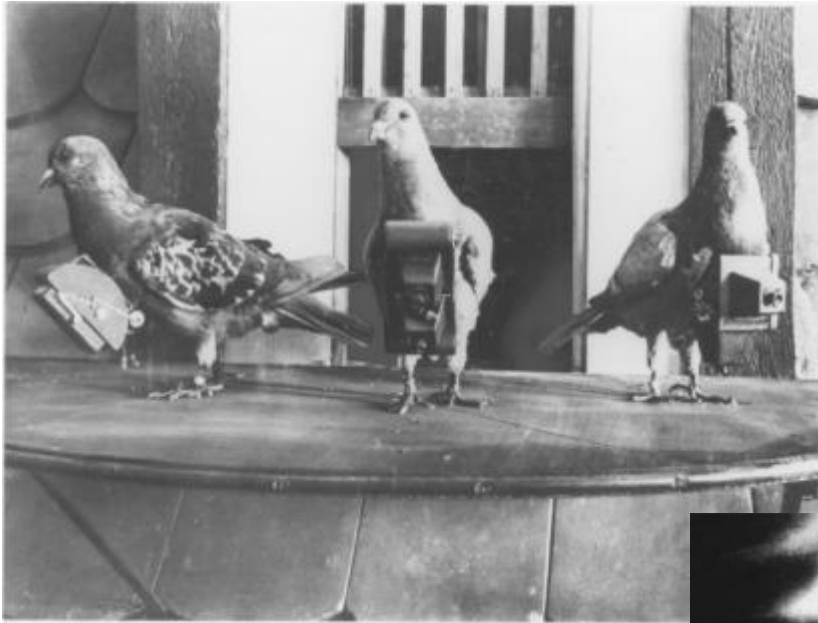
Digitally enhanced





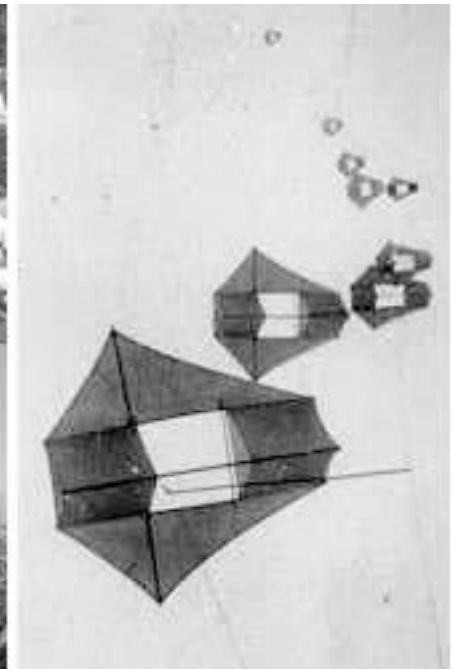
# سکوها (Platforms)

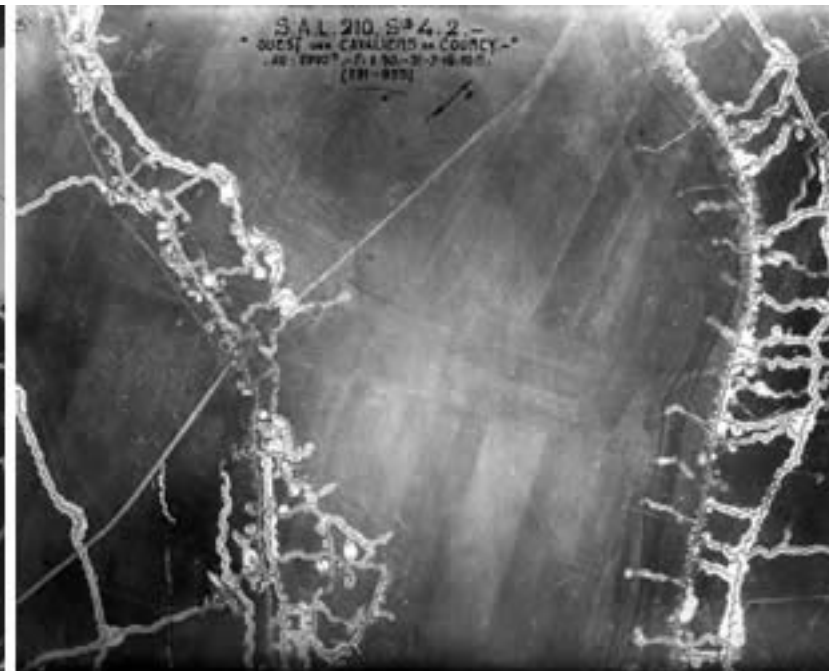
## سکوها - تاریخچه



12/8/2012

## سکوها - تاریخچه

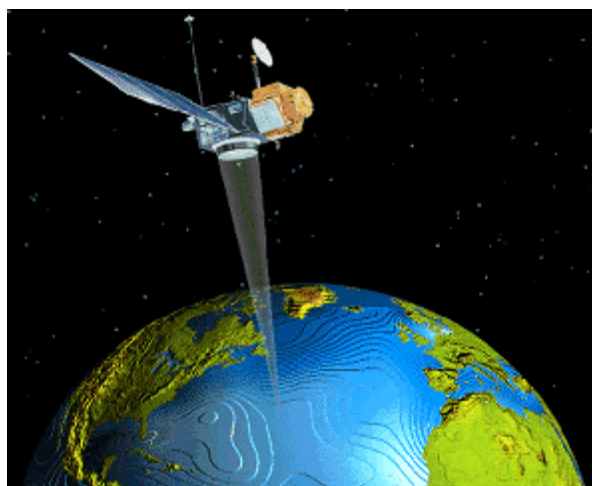


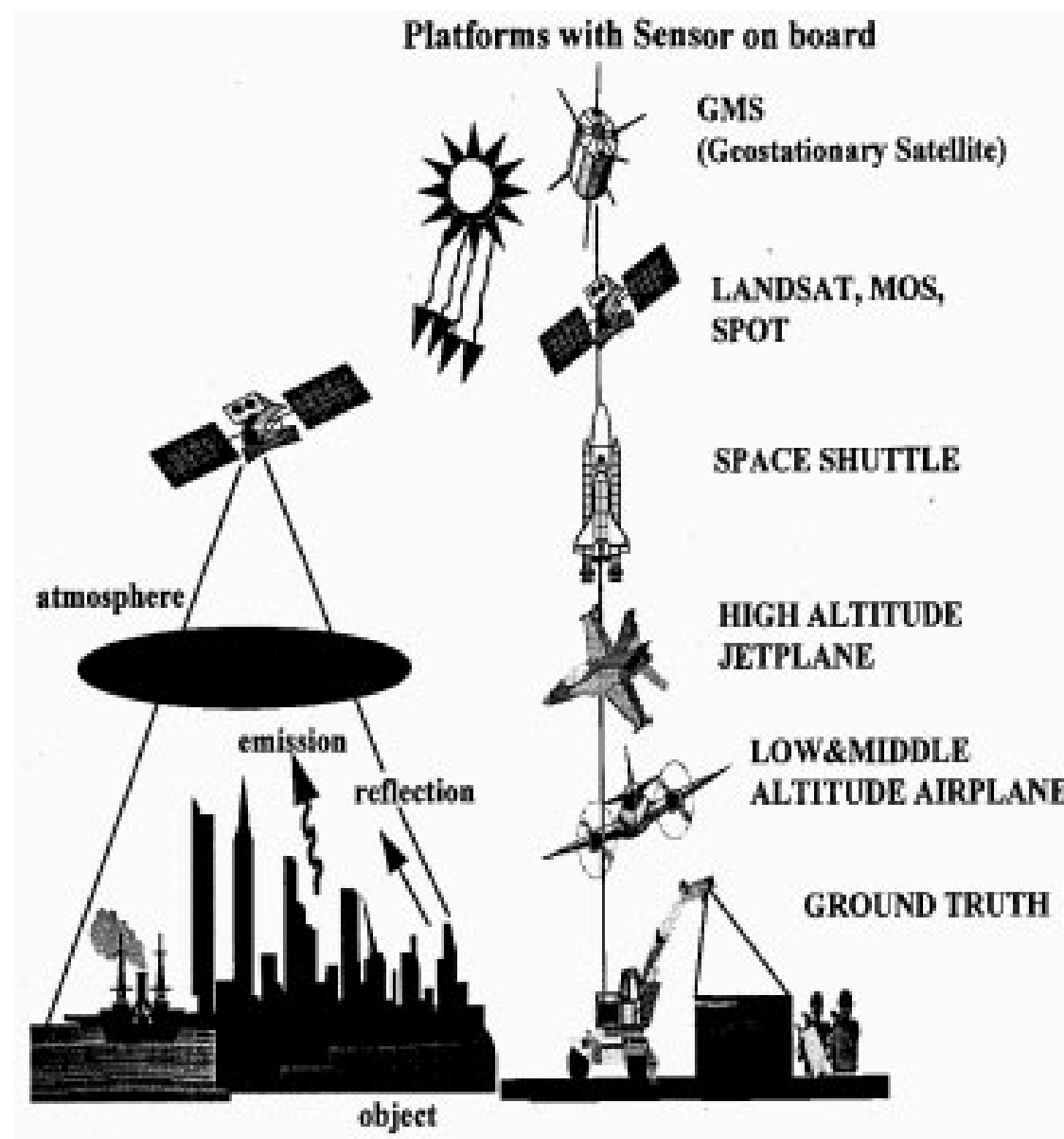




هر سنجنده توسط یک حمل کننده (سکو) نگهداری می شود.  
وظیفه سکو: نگهداری، حرکت، و در هنگام نیاز دوران و تغییر دید سنجنده است.

انواع سکوها در دنیای سنجش از دور مورد استفاده قرار می گیرند که مهمترین آنها عبارتند از:  
هواپیما، فضا پیما، ایستگاه فضائی، ماهواره  
بیشتر سکوها در سنجش از دور ماهواره ها هستند.





## Ground-based remote sensing



## Ground-based Platforms

Are often used to record detailed information about the surface which is compared with information collected from aircraft or satellite sensors





# Aircraft

Aircraft are often used to collect very detailed images and facilitate the collection of data any portion of the Earth's surface at any time.



# Aircraft



# THE NASA DC-8 “Flying Laboratory”

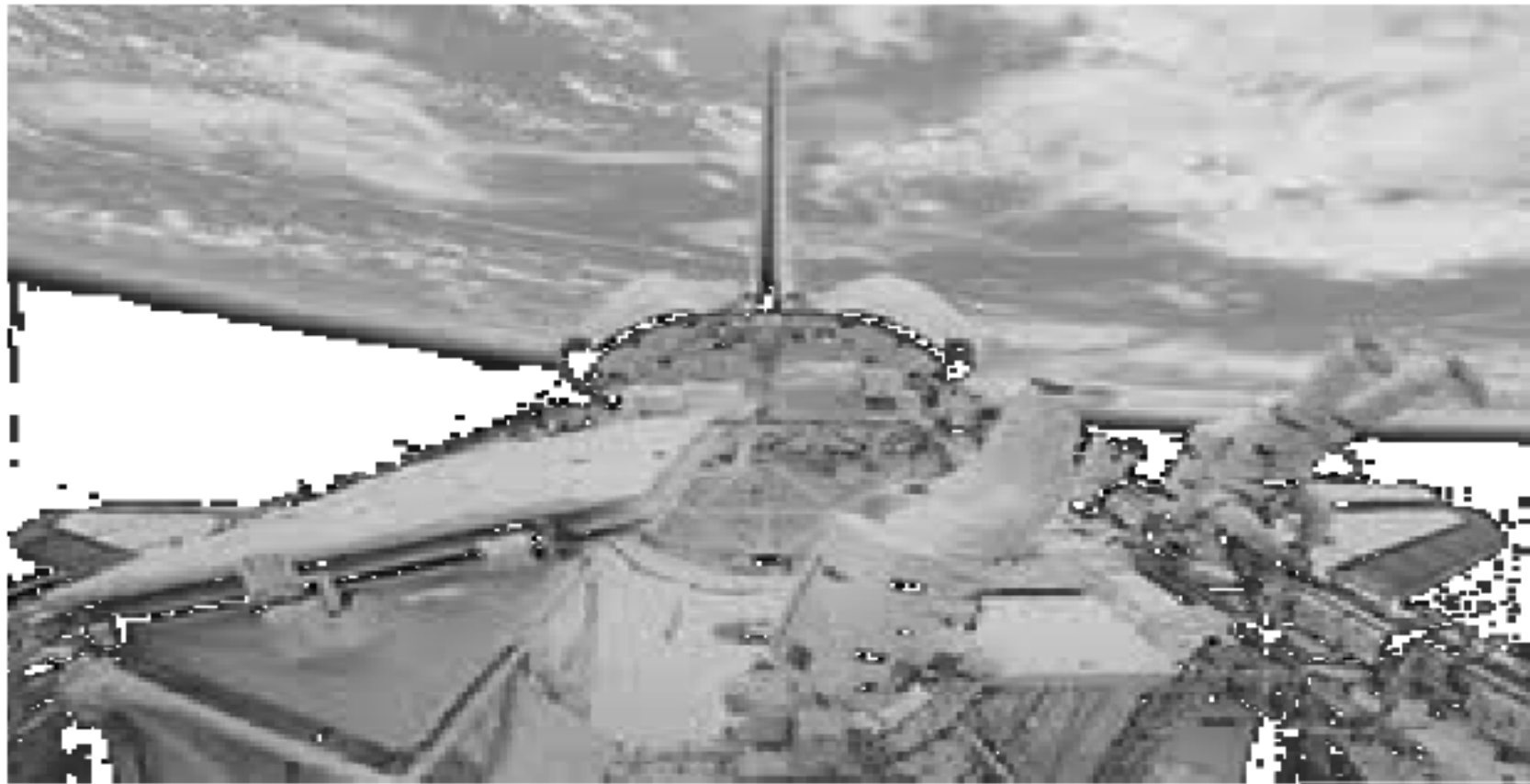


## NASA DC-8 – the inside





# Space Shuttle



### مزایای سکوهای هواپیمایی

- ارتفاع 100 متری تا 40 کیلومتری
- قابلیت تنظیم پارامترهای مختلف تصویر برداری
- قابلیت تعیین ارتفاع پرواز، تعداد تصاویر، زمان تصویر برداری
- تأثیرات اتمسفری و مشکل ابر کمتر

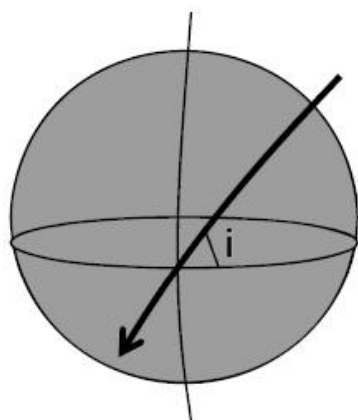
### مزایای سکوهای ماهواره ای

- عدم محدودیت در تصویر برداری از فضای کشور های مختلف
- پوشش بیشتر تصاویر
- هزینه کمتر
- دائمی بودن سکو

از مهمترین خصوصیات یک ماهواره که در فرایند تصویر برداری نیز موثرند عبارتند از:

۱- وزن      ۲- پریود      ۳- ارتفاع

۴- پارامترهای مداری ( نظیر نوع مدار ، صعودی / نزولی ، زمان محلی عبور از استوا ، زاویه میل مدار)



\* زاویه میل (Inclination Angle)

زاویه صفحه مداری و صفحه استوا را زاویه میل گویند. (i)

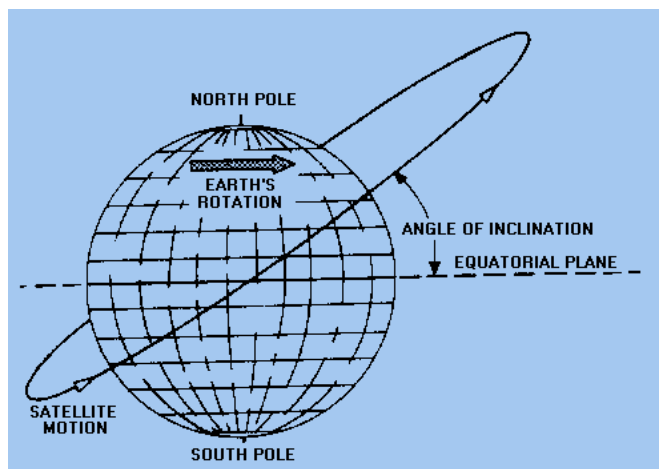
\* زمان بازدید مجدد (Revisit Time)

مدت زمان لازم برای تصویر برداری مجدد از یک منطقه

مشخص را گویند (با پریود متفاوت است).

\* پریود (Period)

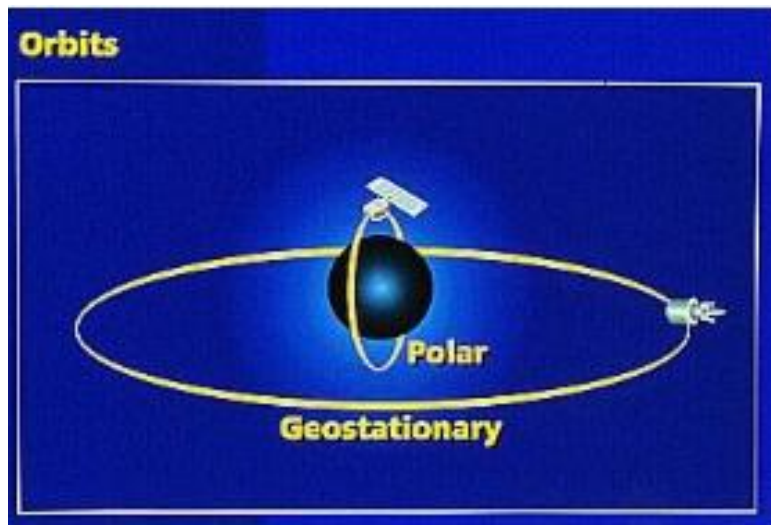
زمانی که لازم است تا ماهواره یک دور کامل در مدار خود حرکت کند.



## مشخصات مداری ماهواره SPOT

- ارتفاع : ۸۳۲ کیلومتر
- زاویه میل : ۹۸.۷ درجه
- زمان بازدید مجدد : ۲۶ روز
- زمان محلی عبور از استوا : ۱۰:۳۰





### زمین آهنگ (Geo-Synchronous)

زمان تناوب ضربی از زمان چرخش زمین به دور خود

### زمین مرجع (Geostationary)

پرید اینگونه مدارها با پرید چرخش زمین بدور خود مساوی است و بنابراین بر بالای نقطه ای ثابت هستند.

به علت ارتفاع زیاد ( ۳۶۰۰۰ کیلومتر) بالای استوا، بخش زیادی از زمین (۴۵٪) را می توانند تصویر برداری کنند.

### خورشید آهنگ (Sun-Synchronous)

مدار به گونه ای طراحی می شود که ماهواره در زمان محلی ثابتی از نصف النهار محل عبور می کند.

اکثر ماهواره ها در نیمه روز ( چاشت) از مناطق عبور می کنند و بنابراین تصاویر در حالی اخذ می شوند که زاویه ارتفاعی خورشید کم است و سایه ها بر جستگیهای زمین را آشکار می سازند.



## خصوصیات مهم یک مدار ماهواره

### \* مدار Polar

✓ برای اینکه ماهواره ای بتواند از اکثر نقاط زمین تصویر برداری کند معمولاً از مدارهای نزدیک قطبی استفاده می کنند مثلاً:  $80 < i < 100$

### \* مدار Low Earth

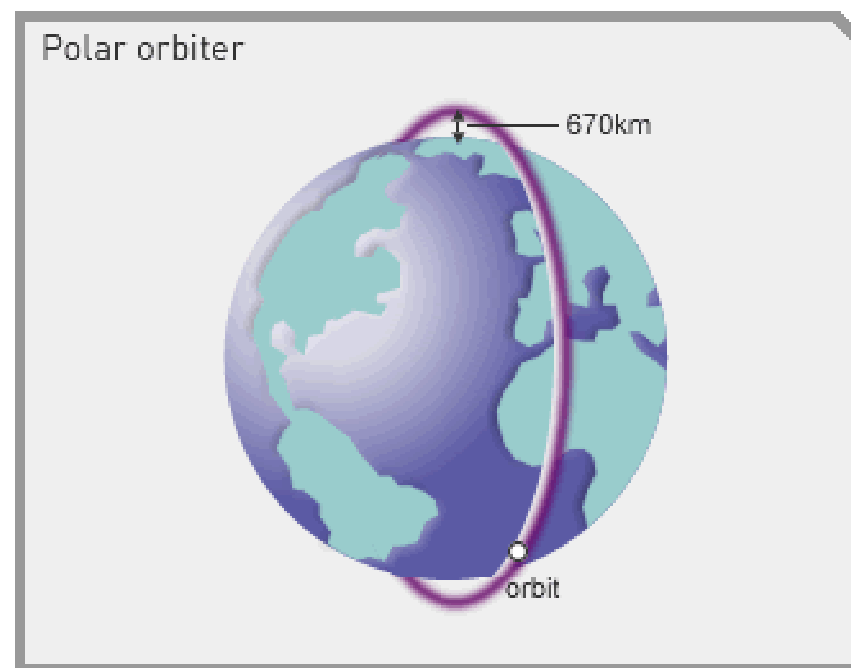
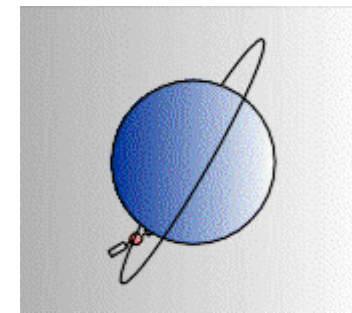
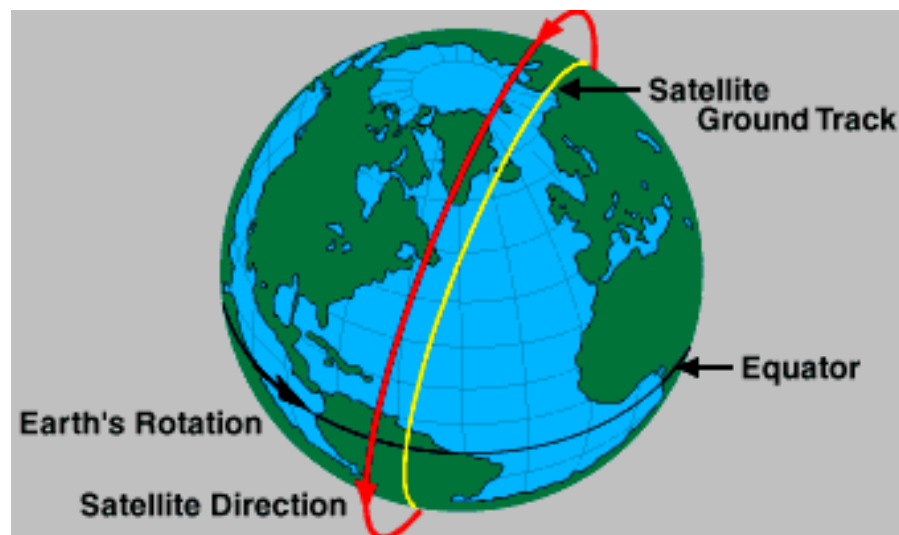
✓ مدارهای با ارتفاع پائین (۱۵۰-۳۰۰ کیلومتر) را گویند که پریودی حدود ۹۰ دقیقه را حاصل می کند.

✓ مدارهای ارتفاع پائین برای ماهواره های جاسوسی ، فضا پیما ها و مأموریت های کوتاه مدت استفاده می شوند.

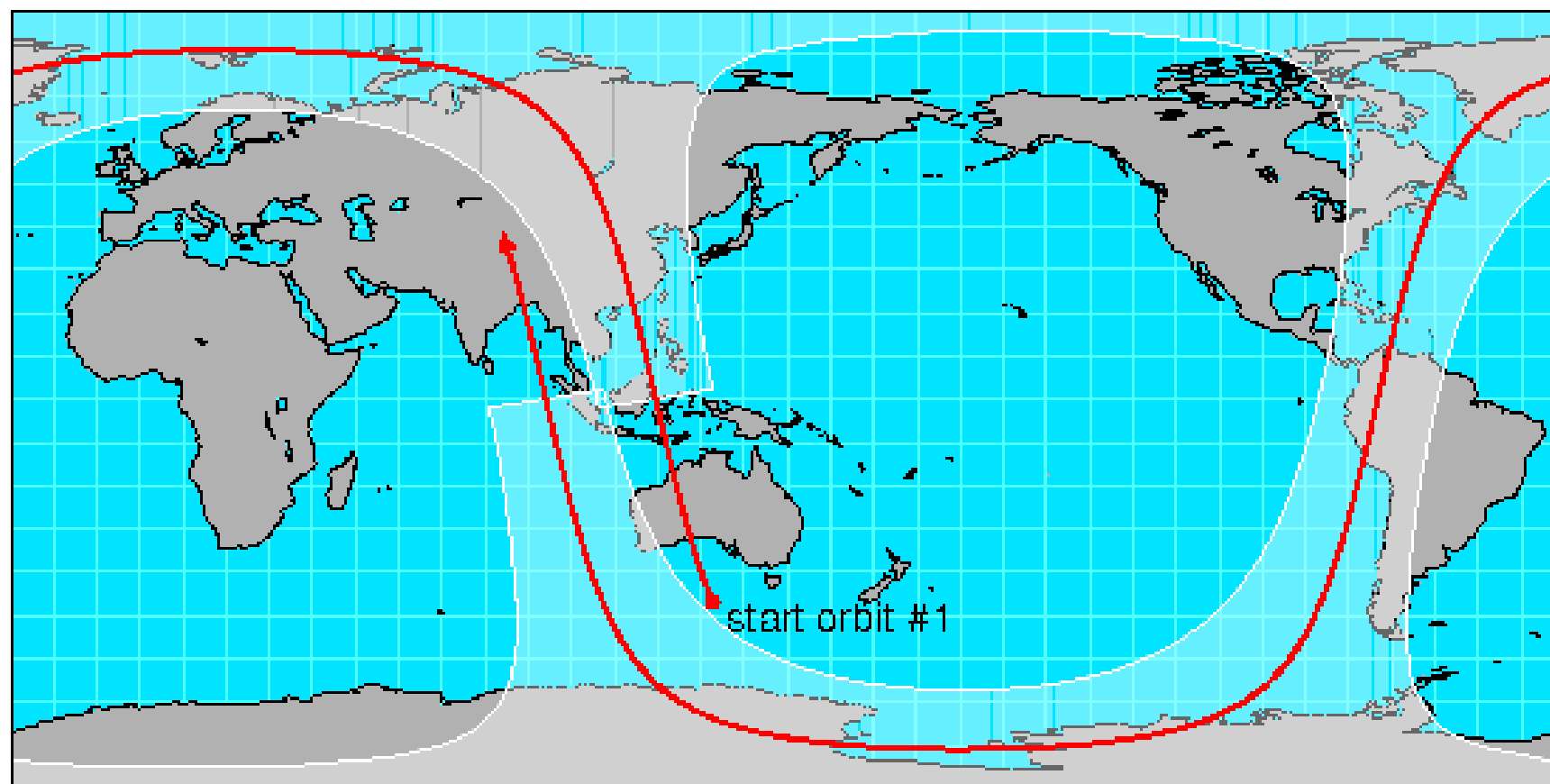
### \* مدار Near Earth

✓ مدارهای نزدیک زمین در ارتفاع متوسط (۳۰۰ تا ۶۴۰۰ کیلومتر) می باشند. اکثر ماهواره ها در این نوع مدارها قرار می گیرند (مانند Spot , Landsat)

# Sun-Synchronous (polar)

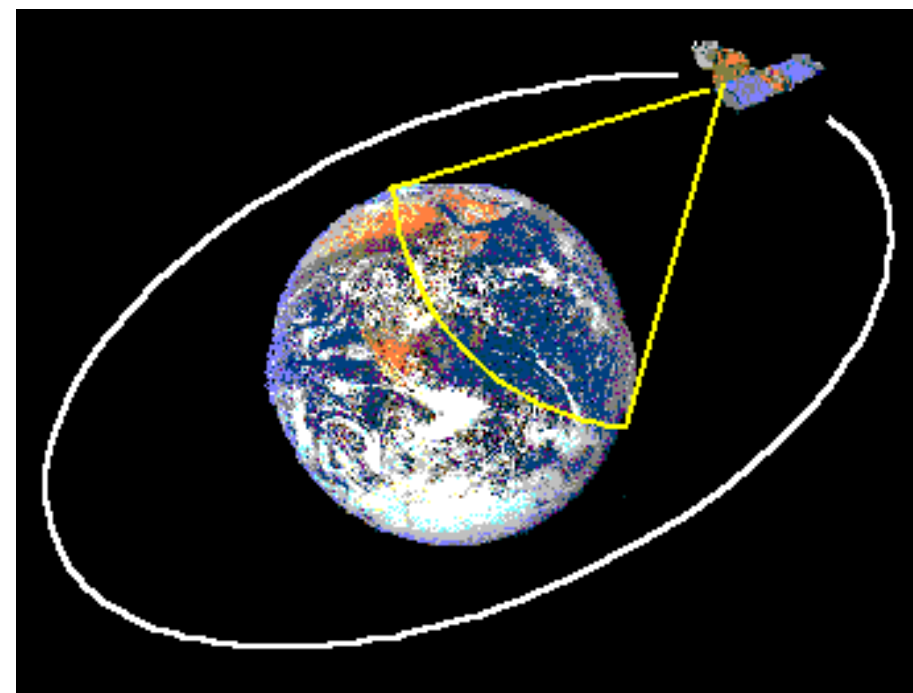
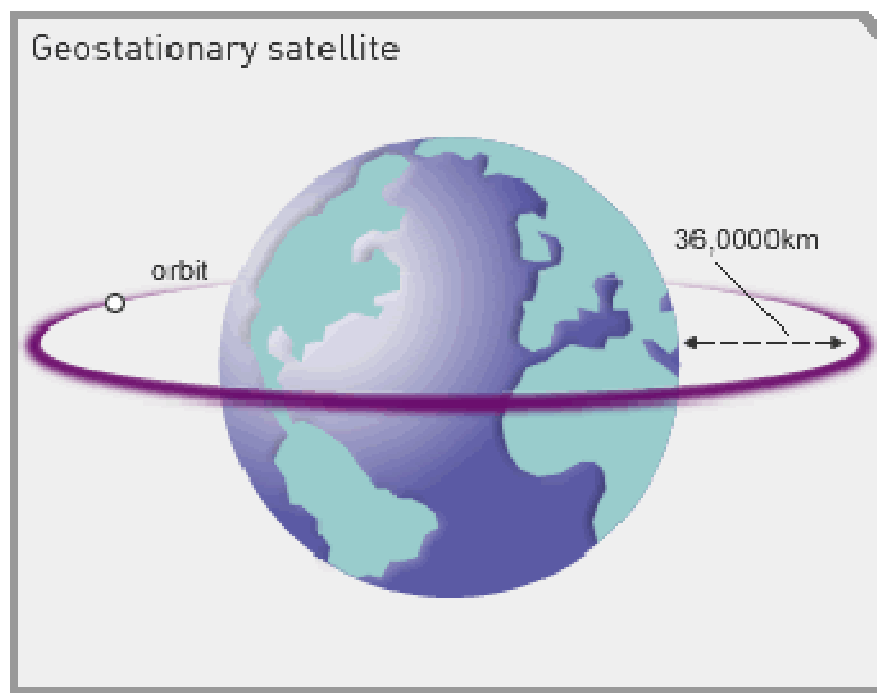


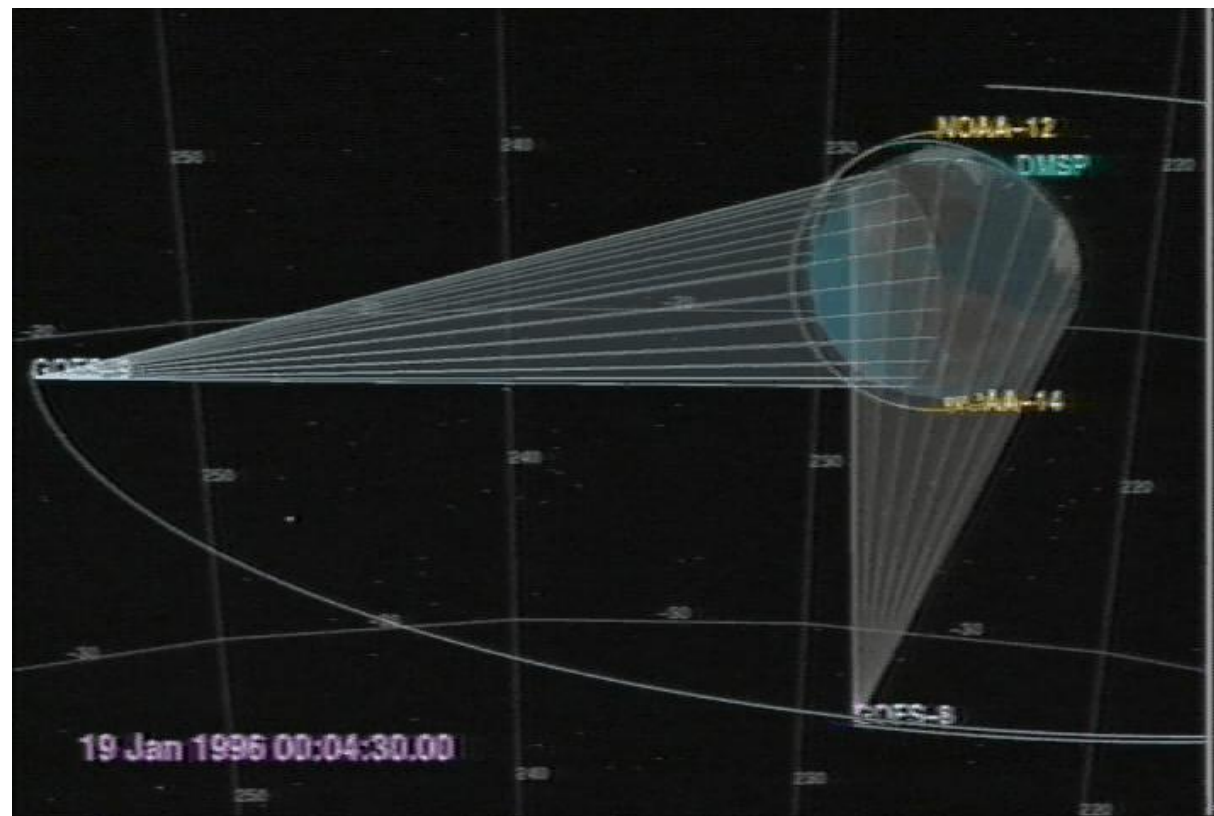
# Sun-Synchronous (polar)





# Geo-Synchronous





---

## پایان جلسه سوم



مبانی سنجش از دور

جلسه چهارم

**سنجنده ها**

فرید اسماعیلی

Farid\_63@yahoo.com

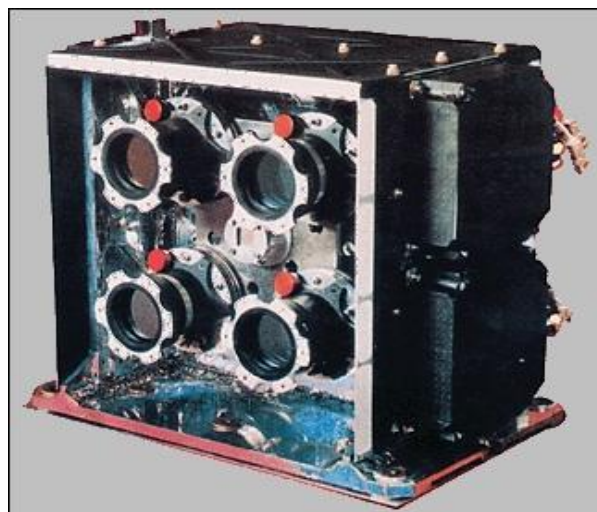
[www.faridesm.ir](http://www.faridesm.ir)

تماس با استاد از طریق پست الکترونیکی  
مشاهده اطلاعیه ها، نمرات، دریافت فایل ها در وب سایت



## سنجنده (Sensor)

به دستگاهی اطلاق می شود که انرژی الکترومغناطیس را دریافت نموده و آنرا به یک سیگنال تبدیل می کند. این سیگنال می تواند به صورت داده های رقومی (تصویر) و یا یک عکس (آنالوگ) ذخیره و نمایش داده شود.



IRS-1C/1D (LISS-3) Camera



## آشکار ساز (Detector)

جزء اندازه گیر انرژی است که بخشی از یک سنجنده به حساب می آید. آشکار سازها به همراه دیگر وسائل نوری (نظیر فیلترها، عدسیها و ...) سنجنده را تشکیل می دهند.

## دستگاه (Instrument)

به کل مجموعه تصویر بردار شامل سنجنده ، قطعات الکترونیکی و دیگر قطعات محافظ و نگهدارنده اطلاق می شود که بر روی سکو نصب می شود.

- ✓ میدان دید (Field Of View)
- ✓ قدرت تفکیک مکانی (Spatial Resolution)
- ✓ قدرت تفکیک طیفی (Spectral Resolution)
- ✓ قدرت تفکیک رادیو متریکی (Radiometric Resolution)
- ✓ قدرت تفکیک زمانی (Temporal Resolution)
- ✓ سیستم تصویر برداری

## میدان دید (Field Of View (FOV))

میدان دید یک سنجنده عبارت است از زاویه اسکن از یک سمت تا سمت دیگر

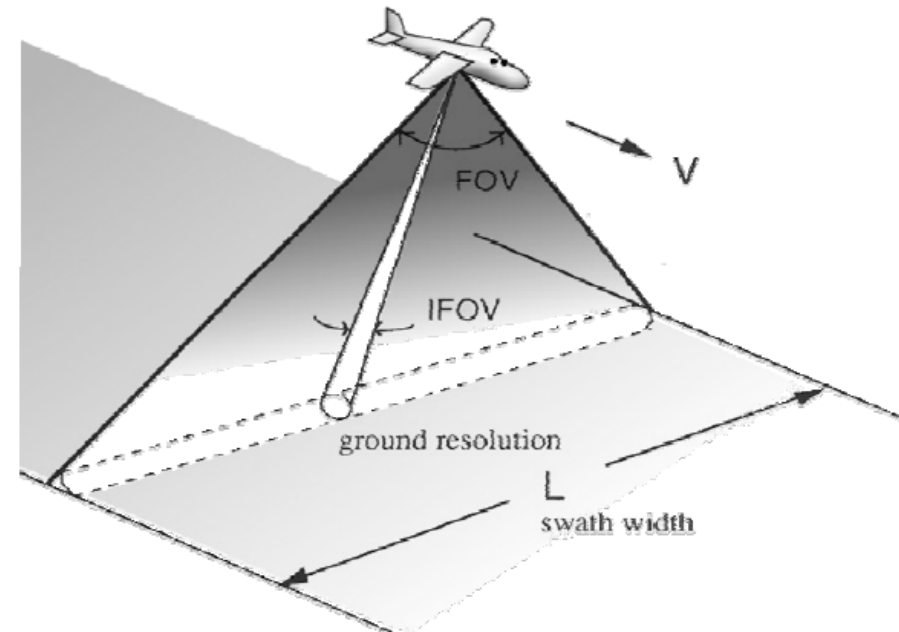
معادل زمینی این زاویه را عرض برداشت (Swath Width (S.W)) می گویند که برابر عرض تصویر بر حسب کیلومتر بر روی زمین می باشد. رابطه میان این دو پارامتر به صورت زیر است: ( $h$  ارتفاع ماهواره)

$$S.W = 2 \times h \times \tan\left(\frac{FOV}{2}\right)$$

مثال:

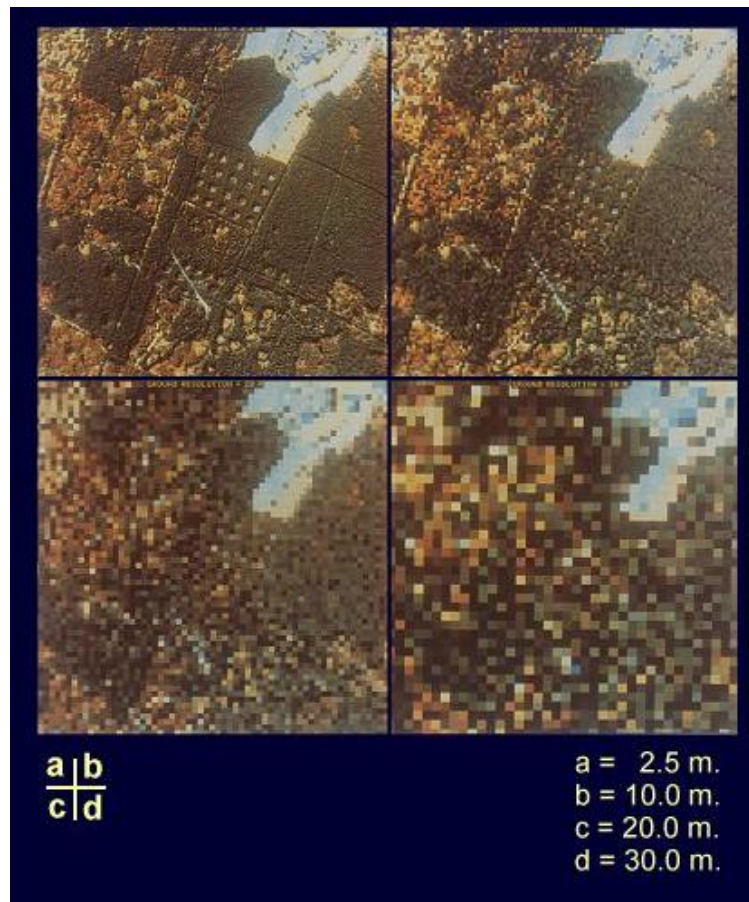
در صورتی که زاویه میدان دید برای ماهواره Landsat(TM) 15 درجه باشد و ارتفاع ماهواره 705 کیلومتر باشد، حدود ابعاد تصاویر این ماهواره بر روی زمین چند کیلومتر است؟

$$S.W = 2 \times 705 \times \tan\left(\frac{15}{2}\right) \cong 185 \text{ Km}$$



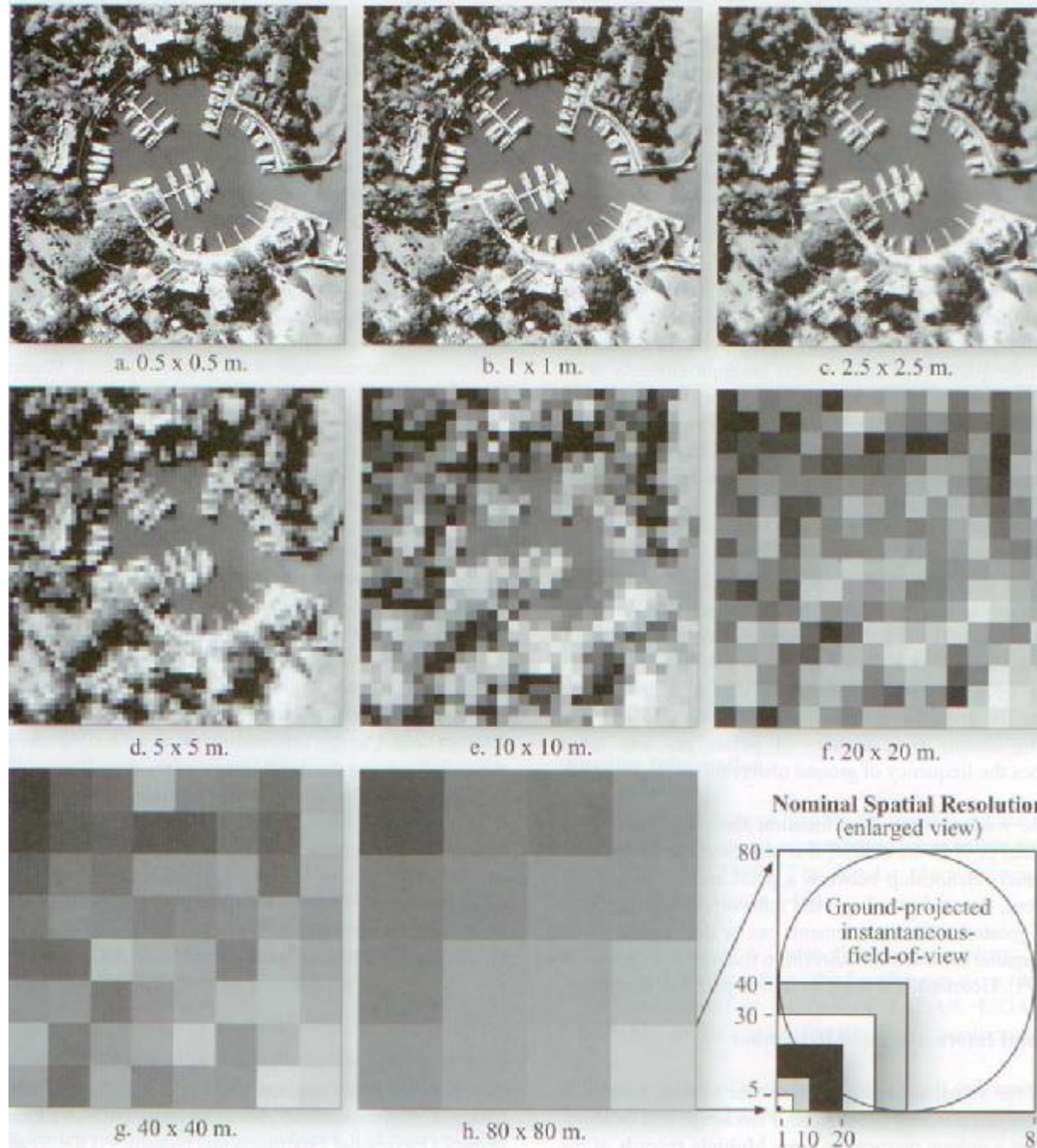
## قدرت تفکیک مکانی (Spatial Resolution)

توانایی ثبت اشیاء کوچک مجاور یکدیگر را گویند. و یا به عبارت دیگر معادل زمینی ابعاد پیکسل تصویر بر حسب متر می باشد.





Imagery of Harbor Town in Hilton Head, SC, at Various Nominal Spatial Resolutions



خصوصیات مهم سنجنده (Sensor)

## قدرت تفکیک مکانی (Spatial Resolution)

چه قدرت تفکیکی مفید است:

- \* بستگی کامل به کاربرد مورد نظر دارد
- \* تشخیص برف: ۲۵۰ - ۱۰۰۰ متر
- \* پوشش گیاهی (مزارع): ۱۰ - ۳۰ متر
- \* استخراج جاده ها: ۱ - ۱۰ متر

قدرت تفکیک مکانی  
(Spatial Resolution)



ماهواره  
**QUICKBIRD**  
قدرت تفکیک ۶۰ سانتیمتر

ماهواره  
**IKONOS**  
قدرت تفکیک ۱ متر

ماهواره  
**Spot 5**  
قدرت تفکیک ۵/۲ متر

ماهواره  
**Spot 5**  
قدرت تفکیک ۱۰ متر

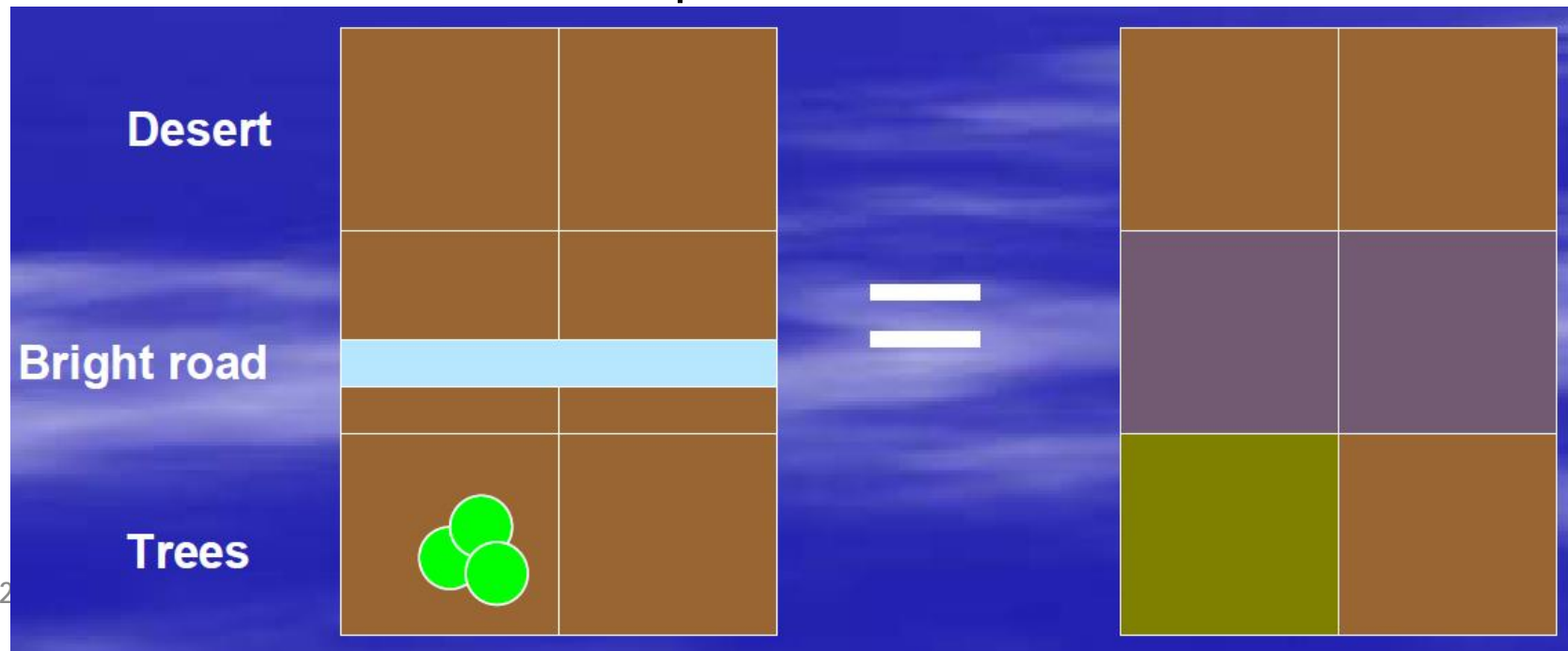
ماهواره  
**LANDSAT**  
قدرت تفکیک ۱۵ متر



قدرت تفکیک مکانی  
(Spatial Resolution)

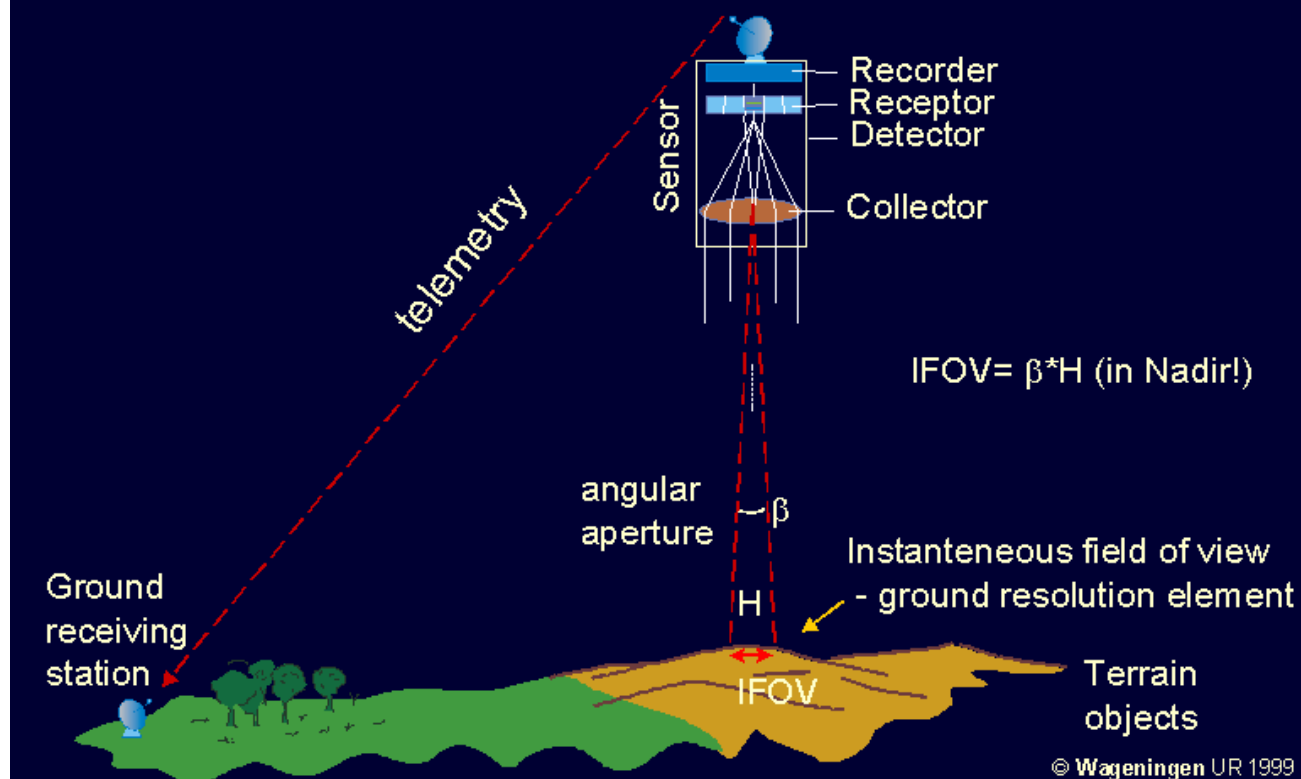
ماهواره	مقیاس نقشه	قدرت تفکیک مکانی
✱Landsat-5.....	1:150,000	30 متر
✱Landsat-7.....	1:75,000	15 متر
✱Spot .....	1:50,000	10 متر
✱IRS1C/1D.....	1:25,000	8/5 متر
✱IKONOS.....	1:5,000	87 سانتیمتر

### Sub-pixel Resolution



# Remote Sensing Instrumentation

## General concept

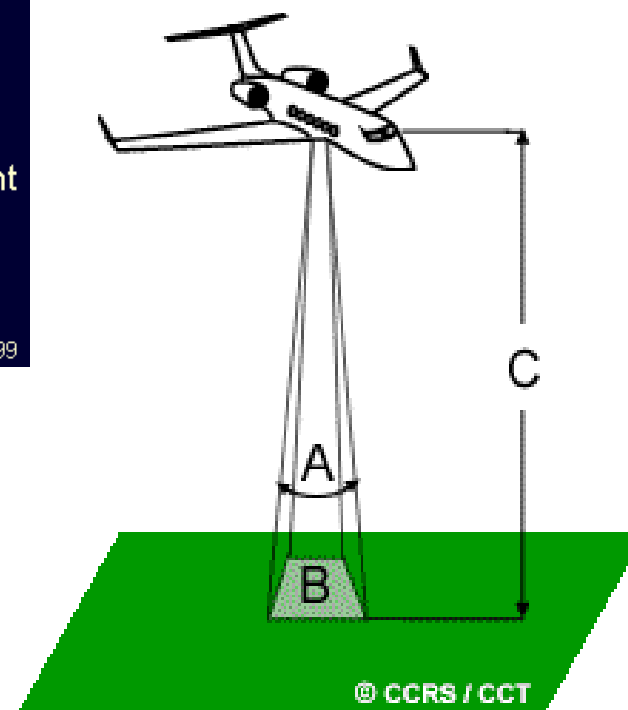


## Instantaneous Field of View (IFOV)

تغییرات ارتفاعی موجب تغییر IFOV می شوند و بنابراین پارامتر خوبی برای بیان قدرت تفکیک مکانی نیست.

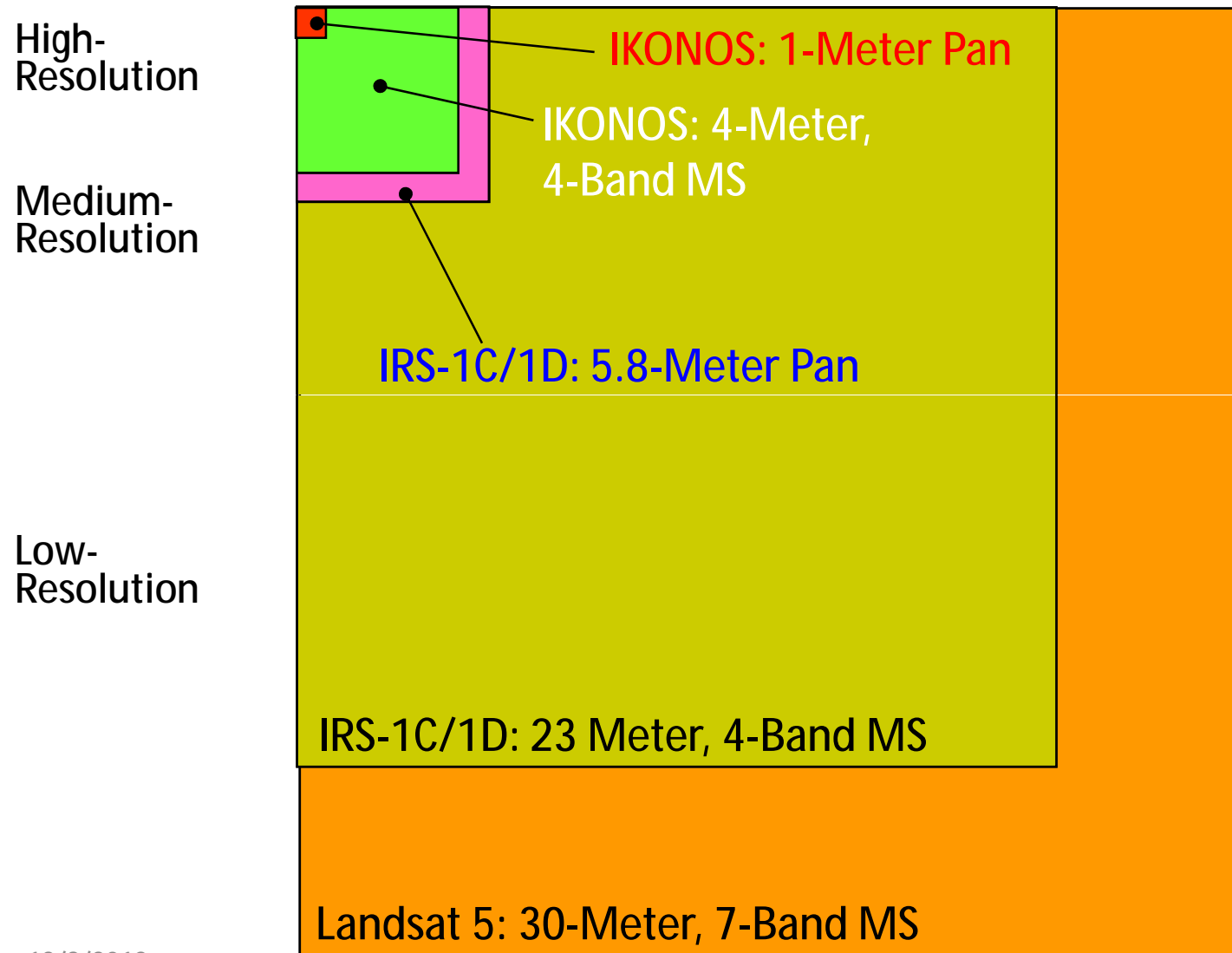
خصوصیات مهم سنجنده (Sensor)

قدرت تفکیک مکانی  
(Spatial Resolution)

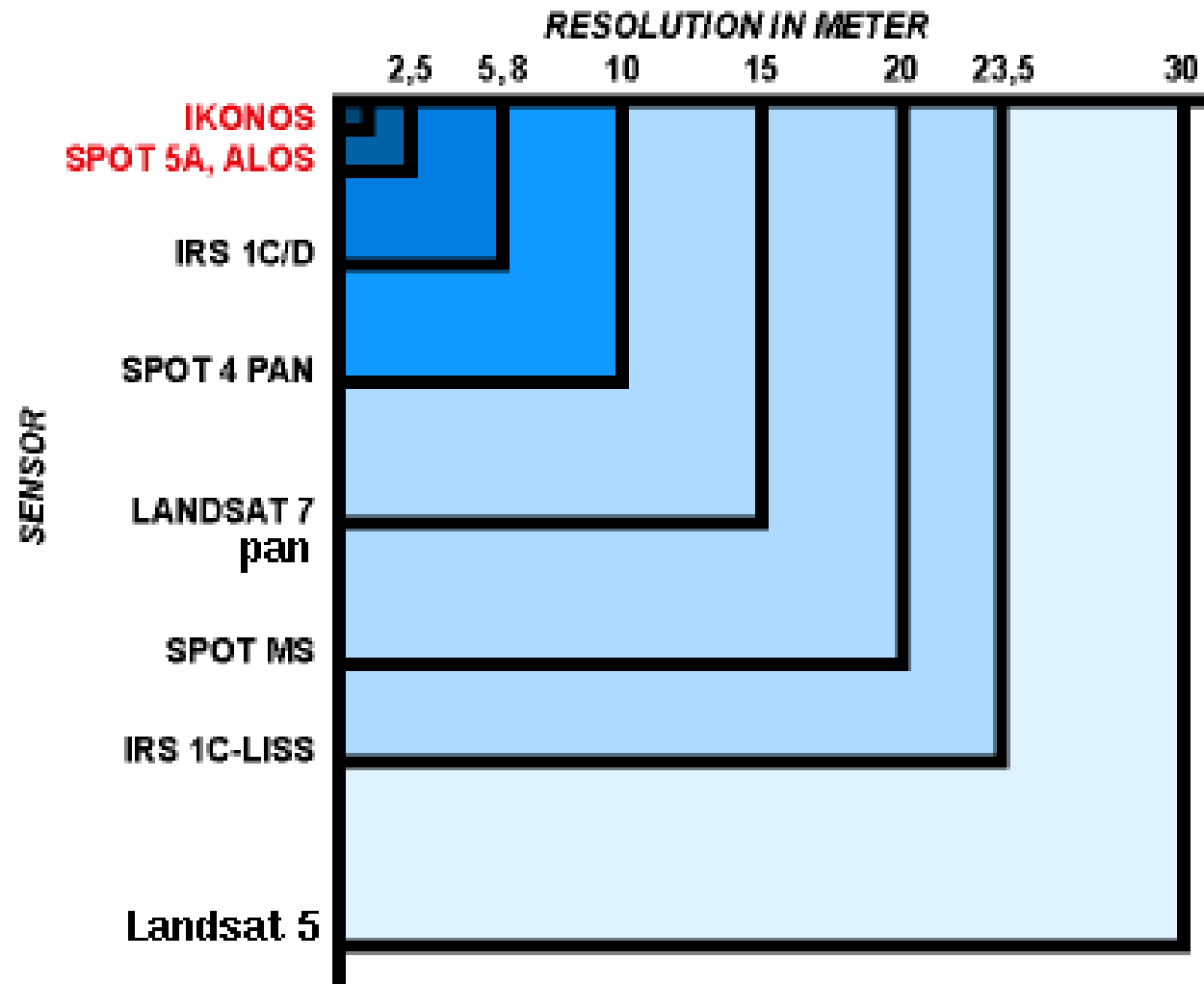




قدرت تفکیک مکانی (Spatial Resolution)



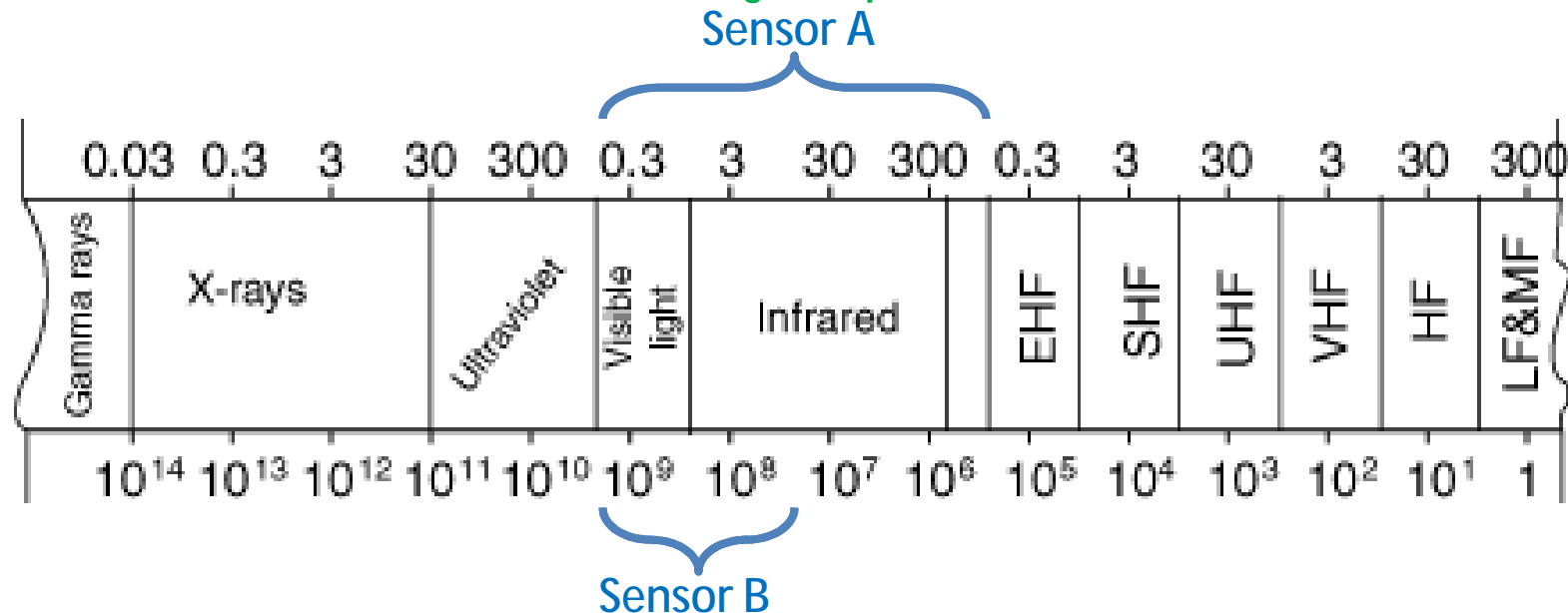
قدرت تفکیک مکانی (Spatial Resolution)



## قدرت تفکیک طیفی (Spectral Resolution)

بیان کننده ابعاد و تعداد بازه های طول موجی خاص در طیف الکترومغناطیسی است که یک سنسور (آشکارساز) نسبت به آنها حساس است. (تعداد باندهای طیفی که یک سنجنده می تواند دریافت کند)

Sensor "A "has higher Spectral resolution



مفاهیمی که معرف قدرت تفکیک طیفی یک سنجنده هستند:

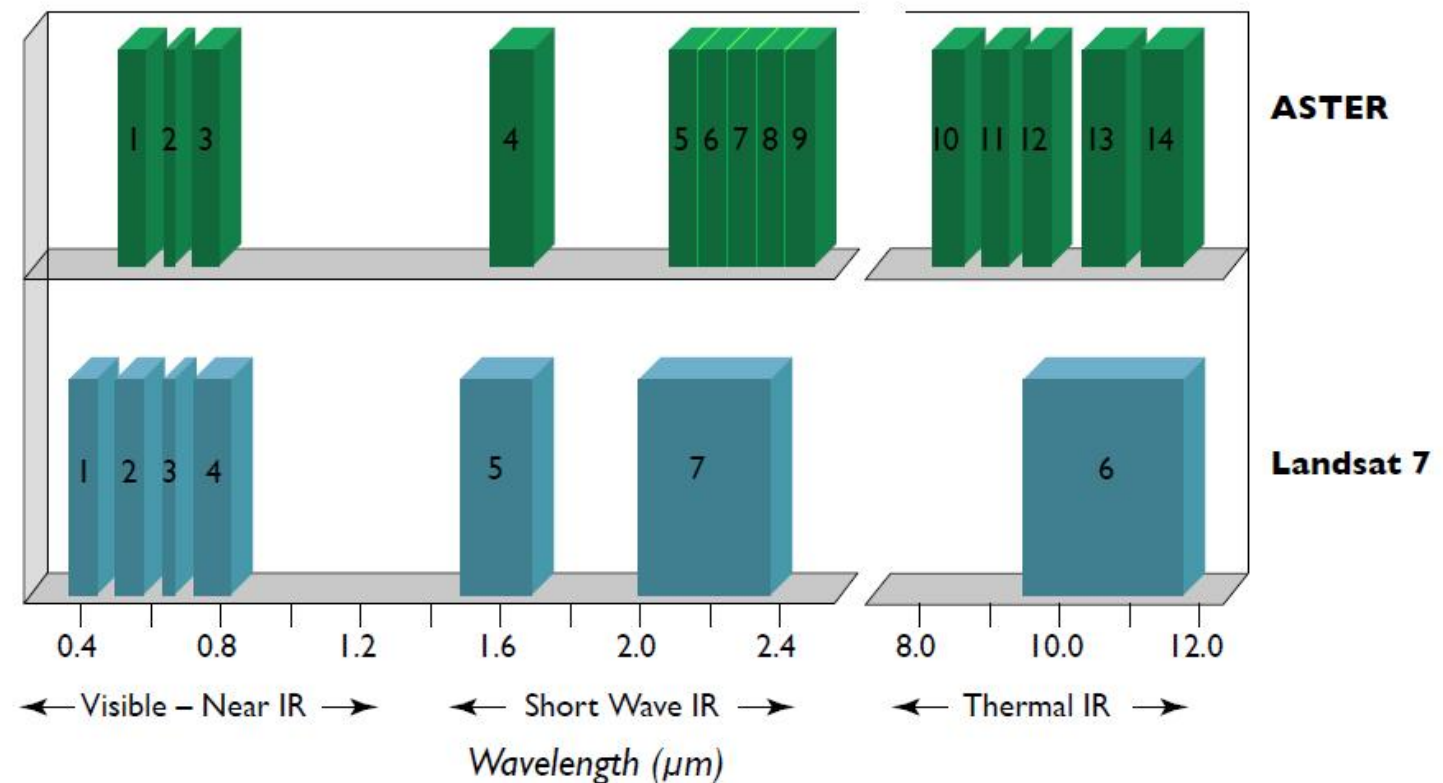
- دامنه طیفی (Spectral Range)
- عرض طیفی باند (Spectral Band Width)
- نمونه برداری طیفی (Spectral Sampling)
- نسبت سیگنال به نویز (Signal/Noise)

## قدرت تفکیک طیفی (Spectral Resolution)

دامنه طیفی (Spectral Range):

مقدار پوشش یک سنجنده از طول موج های طیف الکترو مغناطیس را گویند.

*A comparison  
of ASTER bands with  
Landsat Thematic Mapper*



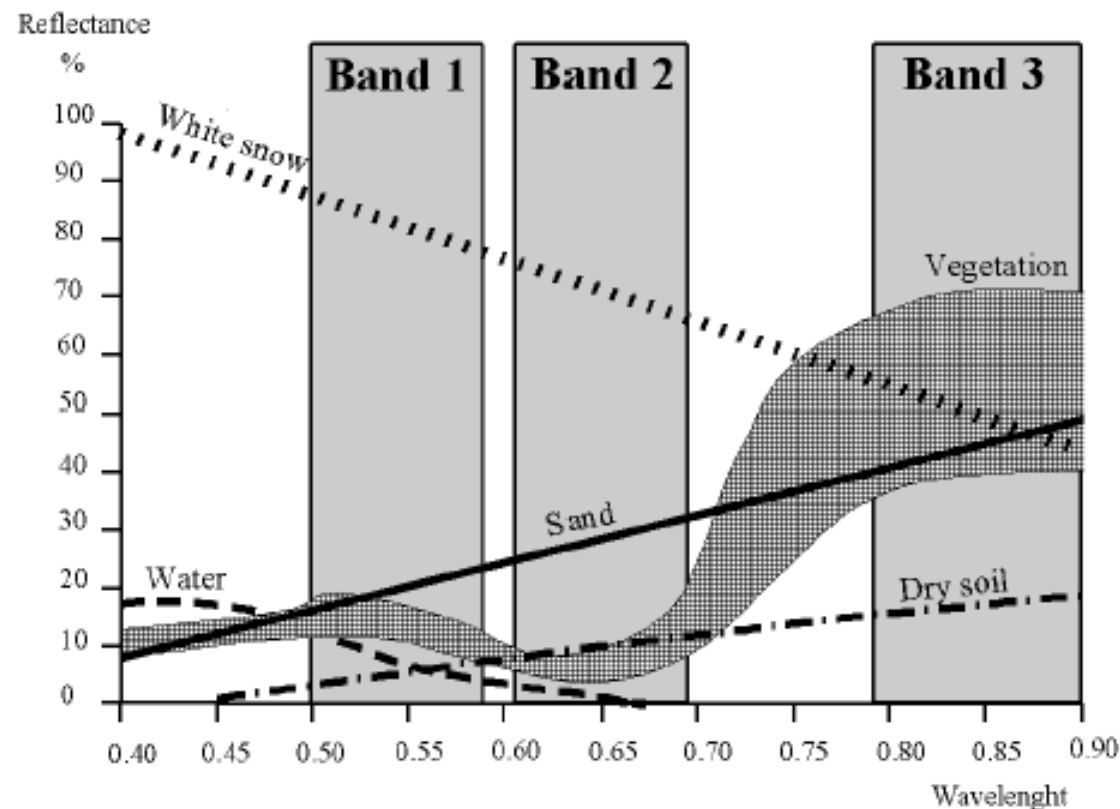


## قدرت تفکیک طیفی (Spectral Resolution)

■ عرض طیفی باند (Spectral Band Width):

محدوده طول موج های ثبت شده برای یک باند از سنجنده را گویند.

عرض باند وسیع معمولاً منجر به میانگین گیری انرژی های دریافتی و در نتیجه ایجاد ابهام در داده های جمع آوری شده می گردد. همچنین یک عرض باند کوچک باعث کم شدن نسبت سیگنال به نویز شده و محتوای اطلاعاتی داده ها را کم می کند. بنابر این یک حد اعتدال در عرض طیفی باند باید رعایت گردد.



## قدرت تفکیک طیفی (Spectral Resolution)

### 📊 نمونه برداری طیفی (Spectral Sampling)

منظور از نمونه برداری طیفی تعداد باند ها و فاصله میان باند ها بر حسب طول موج در طیف الکترو مغناطیس می باشد.

✓ تعداد باندهای بیشتر موجب پوشش بیشتر و همچنین سهولت در تمایز میان اشیاء می شود.

✓ حالت ایده ال: خروجی سنجنده مطابق با منحنی رفتار طیفی

✓ سنجنده ها از این نظر به چند دسته تقسیم می شوند:

#### Panchromatic

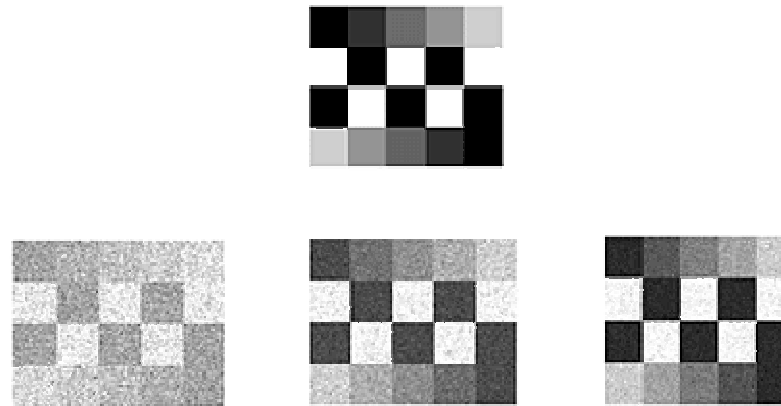
Multispectral	چند باندی
Hyperspectral	تعداد باند زیاد
Ultra Spectral	تعداد باند فوق العاده زیاد

## قدرت تفکیک طیفی (Spectral Resolution)

■ نسبت سیگنال به نویز (Signal/Noise)

سیگنال محتوای اطلاعات داده های جمع آوری شده در سنجنده است.  
نویز تغییرات ناخواسته ای است که به دلایل مختلف به سیگنال اضافه می شود.

نسبت سیگنال به نویز بالا مطلوب بوده و نشان دهنده بالاتر بودن مقدار اطلاعات داده های اخذ شده و قابل اعتماد تر بودن آنها است.



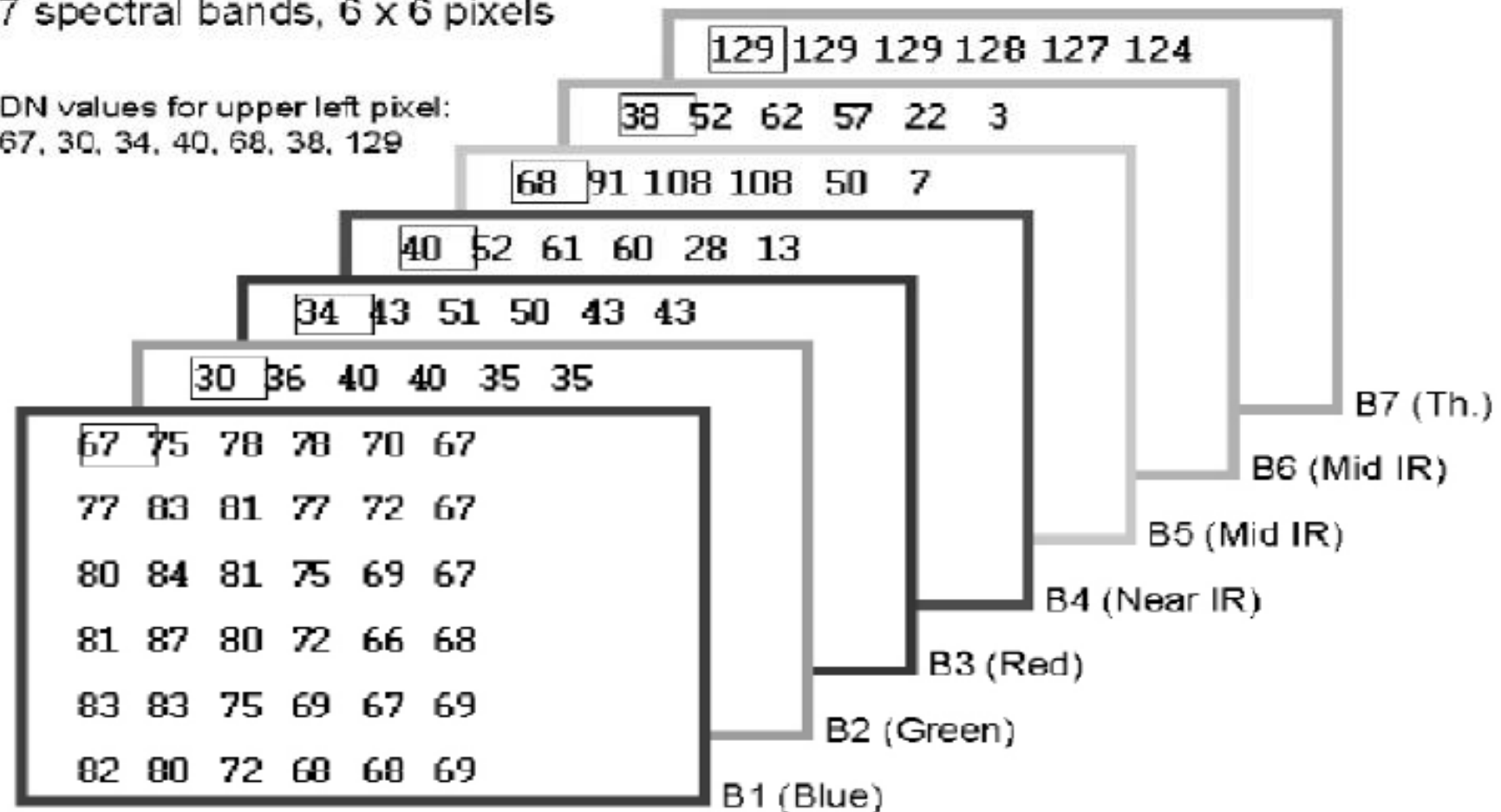
*Visual impact of increasing SNR of a typical test pattern.*

## Bands

Landsat TM data

7 spectral bands, 6 x 6 pixels

DN values for upper left pixel:  
67, 30, 34, 40, 68, 38, 129

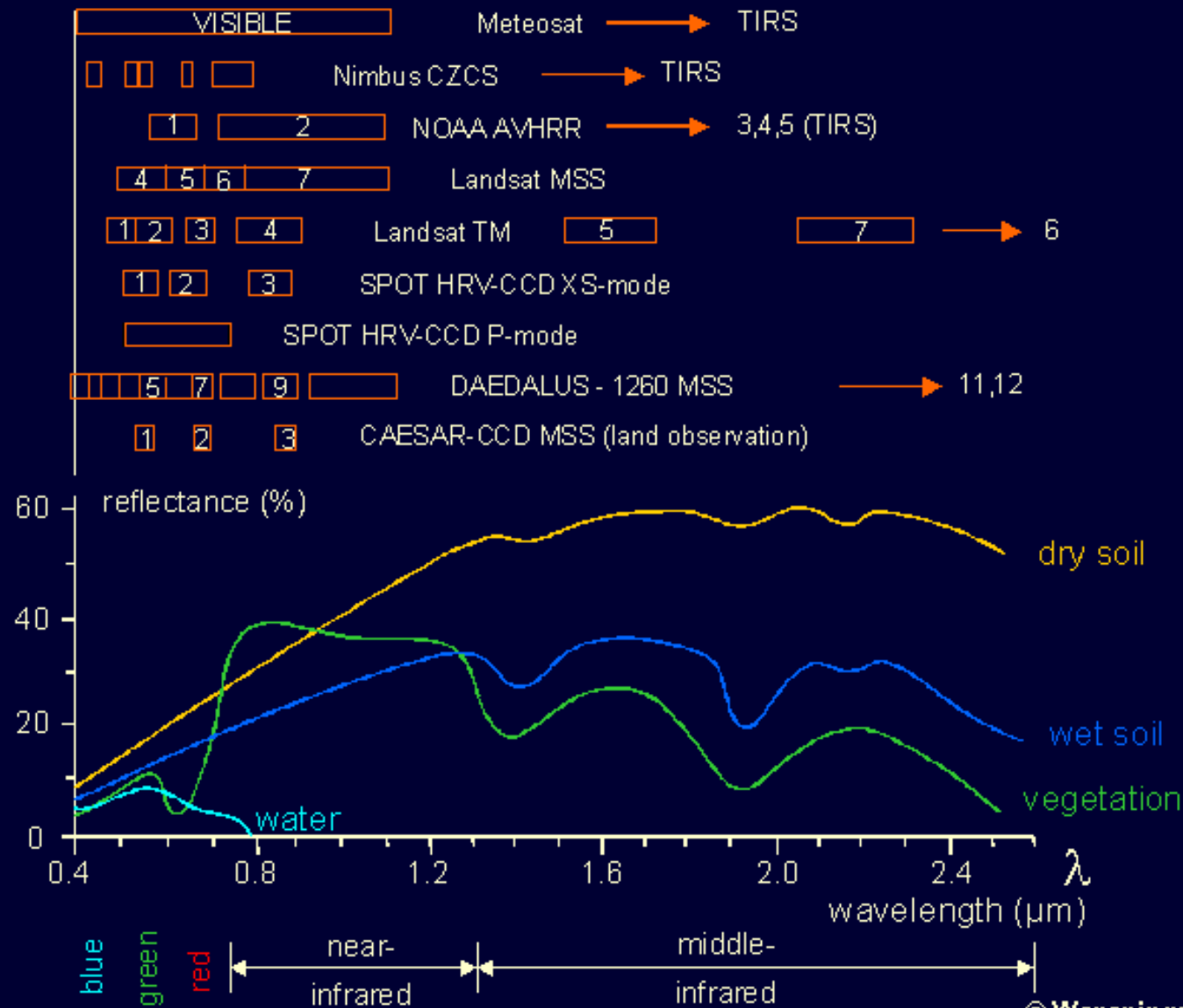




# Spot satellite spectral bands and resolutions

Spot satellite	Spectral bands	Ground pixel size	Spectral range
Spot 5	Panchromatic	2.5 metres or 5 metres	0.48 - 0.71 $\mu\text{m}$
	B1: green	10 metres	0.50 - 0.59 $\mu\text{m}$
	B2: red	10 metres	0.61 - 0.68 $\mu\text{m}$
	B3: near Infrared	10 metres	0.78 - 0.89 $\mu\text{m}$
	B4: short-wave Infrared (SWIR)	20 metres	1.58 - 1.75 $\mu\text{m}$
Spot 4	Mono spectral - Panchromatic	10 metres	0.61 - 0.68 $\mu\text{m}$
	B1: green	20 metres	0.50 - 0.59 $\mu\text{m}$
	B2: red	20 metres	0.61 - 0.68 $\mu\text{m}$
	B3: near Infrared	20 metres	0.78 - 0.89 $\mu\text{m}$
	B4: short-wave Infrared (SWIR)	20 metres	1.58 - 1.75 $\mu\text{m}$
Spot 1	Panchromatic	10 metres	0.50 - 0.73 $\mu\text{m}$
Spot 2	B1: green	20 metres	0.50 - 0.59 $\mu\text{m}$
Spot 3	B2: red	20 metres	0.61 - 0.68 $\mu\text{m}$
	B3: near Infrared	20 metres	0.78 - 0.89 $\mu\text{m}$

## The position of the spectral bands of some Remote Sensing sensor systems in the optical window

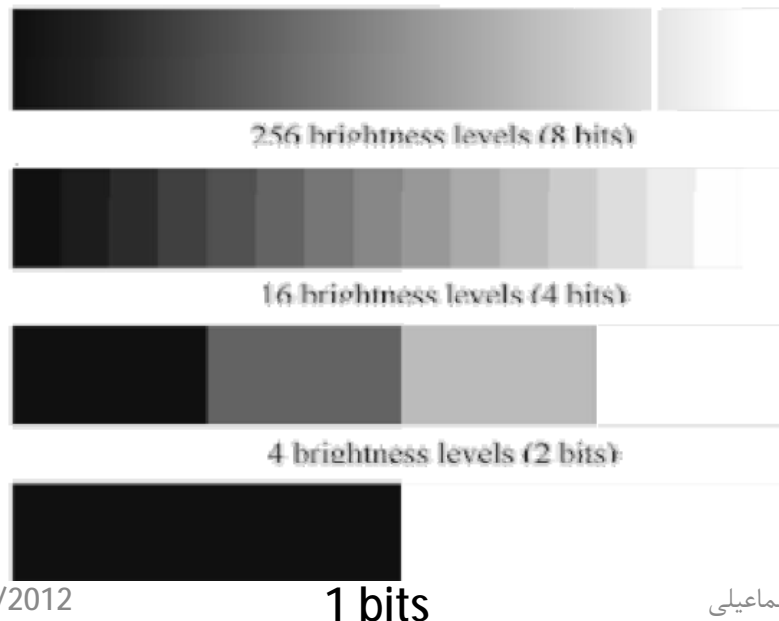


## قدرت تفکیک رادیومترکی (Radiometric Resolution)

حد درجه جزئیاتی است که داده های جمع آوری شده در آن بیان می شوند. هرچه این درجات بالاتر باشند جزئیات بیشتری بازگو می شوند.

بفرض یک تصویر به صورت باینری (۰ و ۱) یا ۸ بیتی نمایش داده شود.  
چشم انسان حساسیت کمی نسبت به این خاصیت تصاویر دارد ولی الگوریتمهای کامپیوتری از این خاصیت به خوبی استفاده می کنند.  
معمولا قدرت تفکیک رادیومترکی به صورت توانی از ۲ بیان می شود: (۸ بیتی)

بالا بردن قدرت تفکیک رادیومتریک به علت کاهش نسبت سیگنال به نویز دچار محدودیت است.



## قدرت تفکیک رادیومترکی (Radiometric Resolution)

Pixel Values =  $2^n$  (n: bits)

1 bit  $\Rightarrow$  2 Values  $\Rightarrow$  0, 1

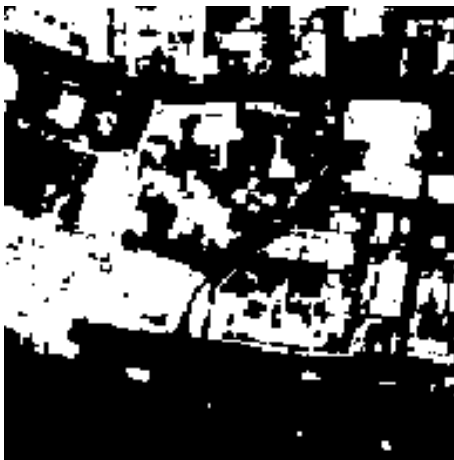
2 bit  $\Rightarrow$  4 Values  $\Rightarrow$  0, 1, 2, 3

....

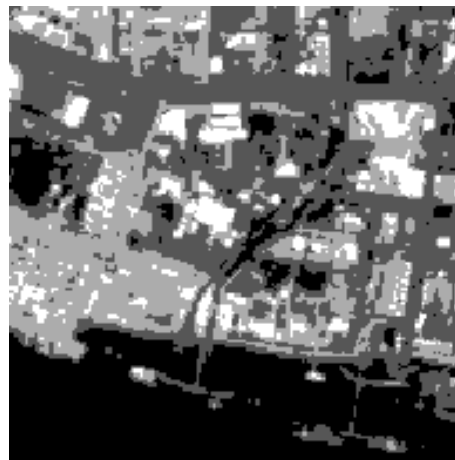
More details could be visible

- 6 bits images (64 gray levels) IRS-1C/1D
- 8 bits images (256 gray levels) SPOT
- 11 bits images (2048 gray levels) IKONOS

1 bit



2 bits



3 bits

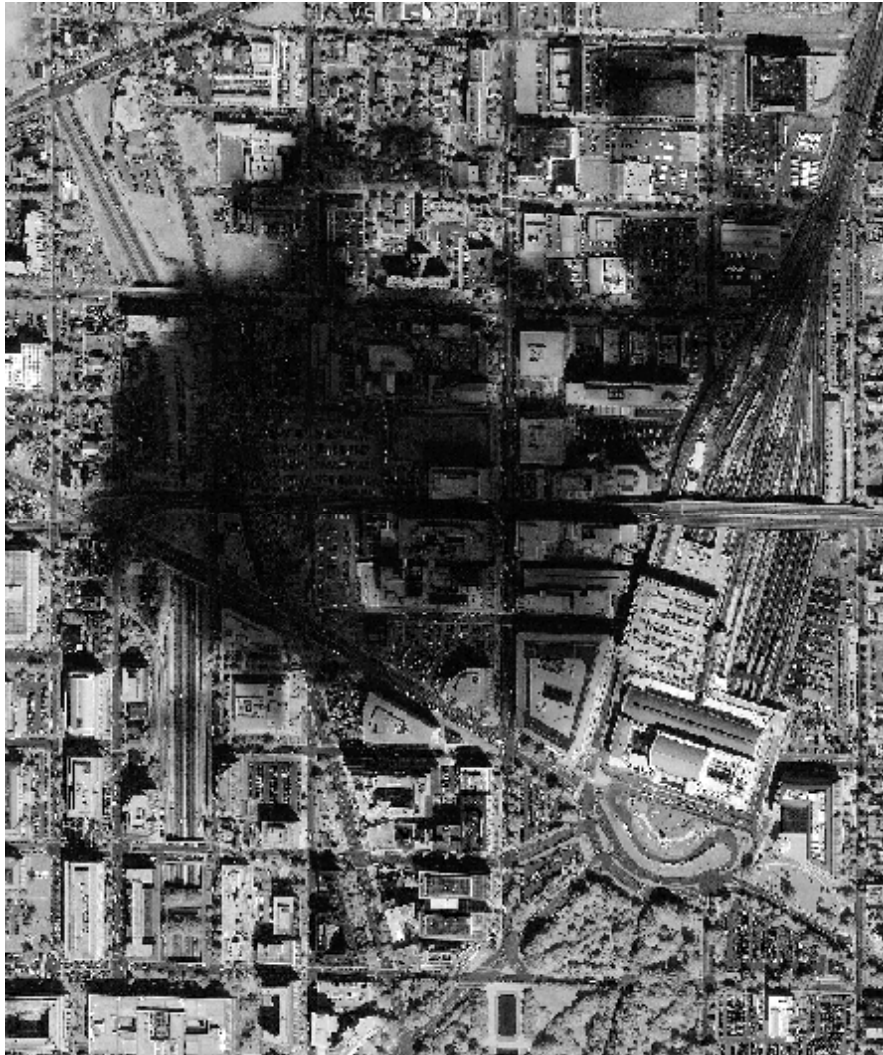


4 bits





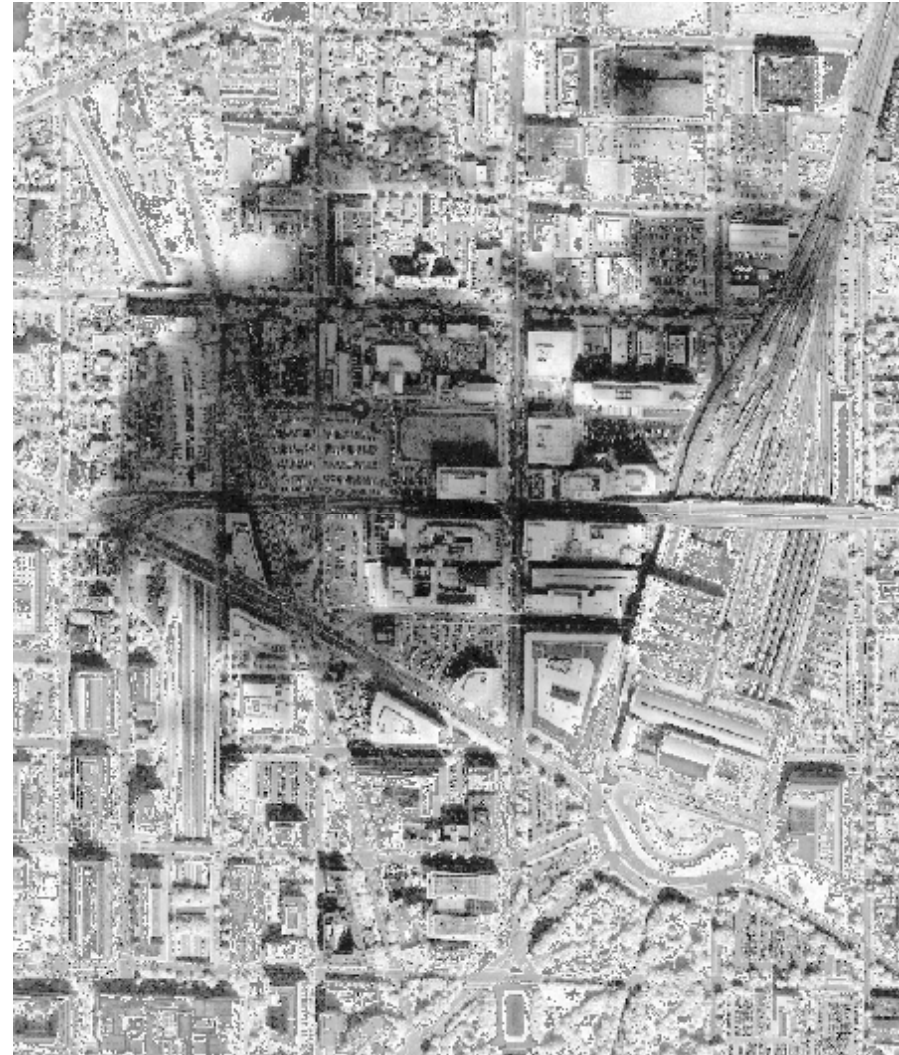
## قدرت تفکیک رادیومترکی (Radiometric Resolution)



تصویر با 256 درجه خاکستری (8 بیت)

12/8/2012

فرید اسماعیلی



تصویر با 2048 درجه خاکستری (11 بیت)

129

## قدرت تفکیک زمانی (Temporal Resolution)

بیان کننده این است که یک سنسور هر چند وقت یکبار قادر است از یک منطقه تصویر برداری کند.

- در مواردی که نیاز است تا تغییرات دوره ای در مورد یک پدیده مانند آتش سوزی، سیل و ... مورد بررسی قرار گیرد از اهمیت بالایی برخوردار است. همچنین در تصویر برداری از پدیده هایی با عمر کوتاه در یک مکان همچون سیل و لکه های نفتی، قدرت تفکیک زمانی بالا مهم است.

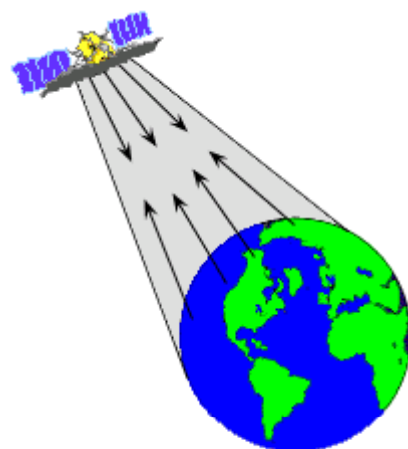
**روز 26 : SPOT , روز 16 : LandSat**

**\* قدرت تفکیک زمانی بستگی دارد به:**

- ✓ وضعیت خود ماهواره و مسیر سنجنده
- ✓ وضعیت آب و هوایی منطقه ( ابر)
- ✓ قدرت تفکیک مکانی
- ✓ وضعیت و تواناییهای ماهواره ( چرخش IKONOS)

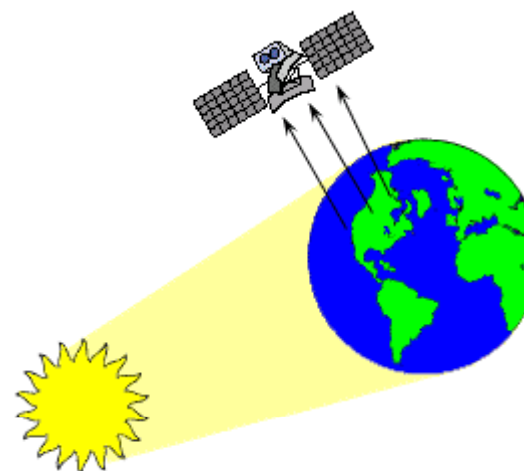
## انواع سنجنده ها از لحاظ منبع انرژی

سنجنده های فعال

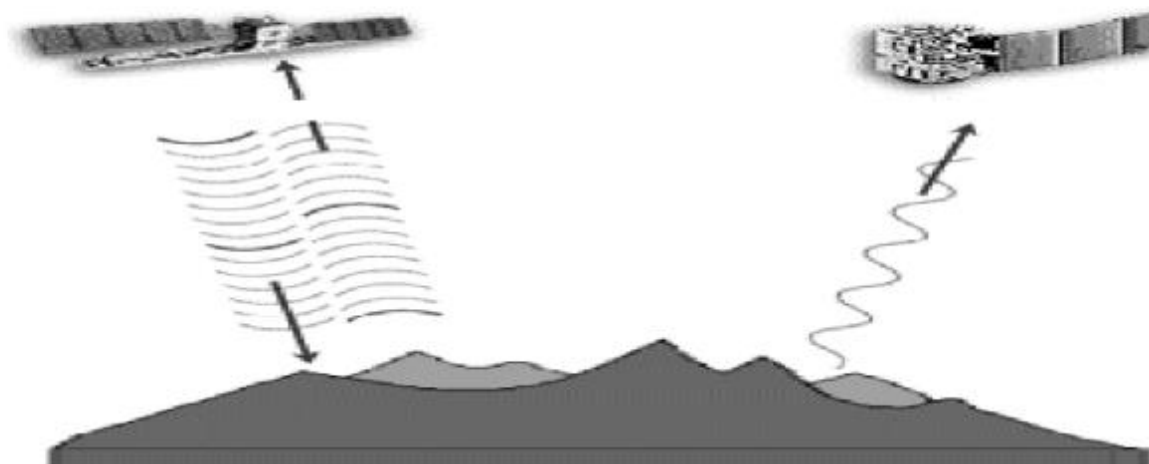


**Active Sensors**

سنجنده های غیر فعال

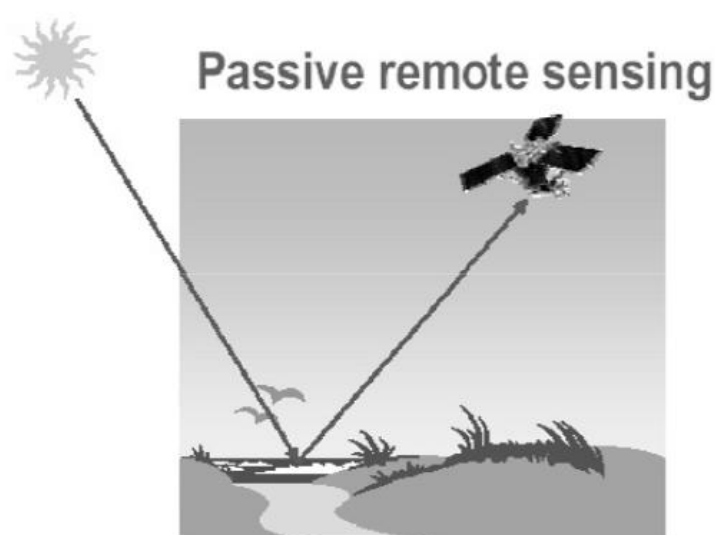


**Passive Sensors**



## انواع سنجنده ها از لحاظ منبع انرژی

■ سنجنده های غیر فعال :



✓ منبع انرژی این نوع سنجنده ها خورشید است.

✓ سنجنده های غیر فعال وابستگی بسیاری به شرایط آب و هوایی و پوشش ابری دارد. این سنجنده ها اکثر در منطقه مرئی و مادون قرمز طیف الکترومغناطیس عمل می کنند. نظیر سنجنده های : SPOT, Landsat



## انواع سنجنده ها از لحاظ منبع انرژی

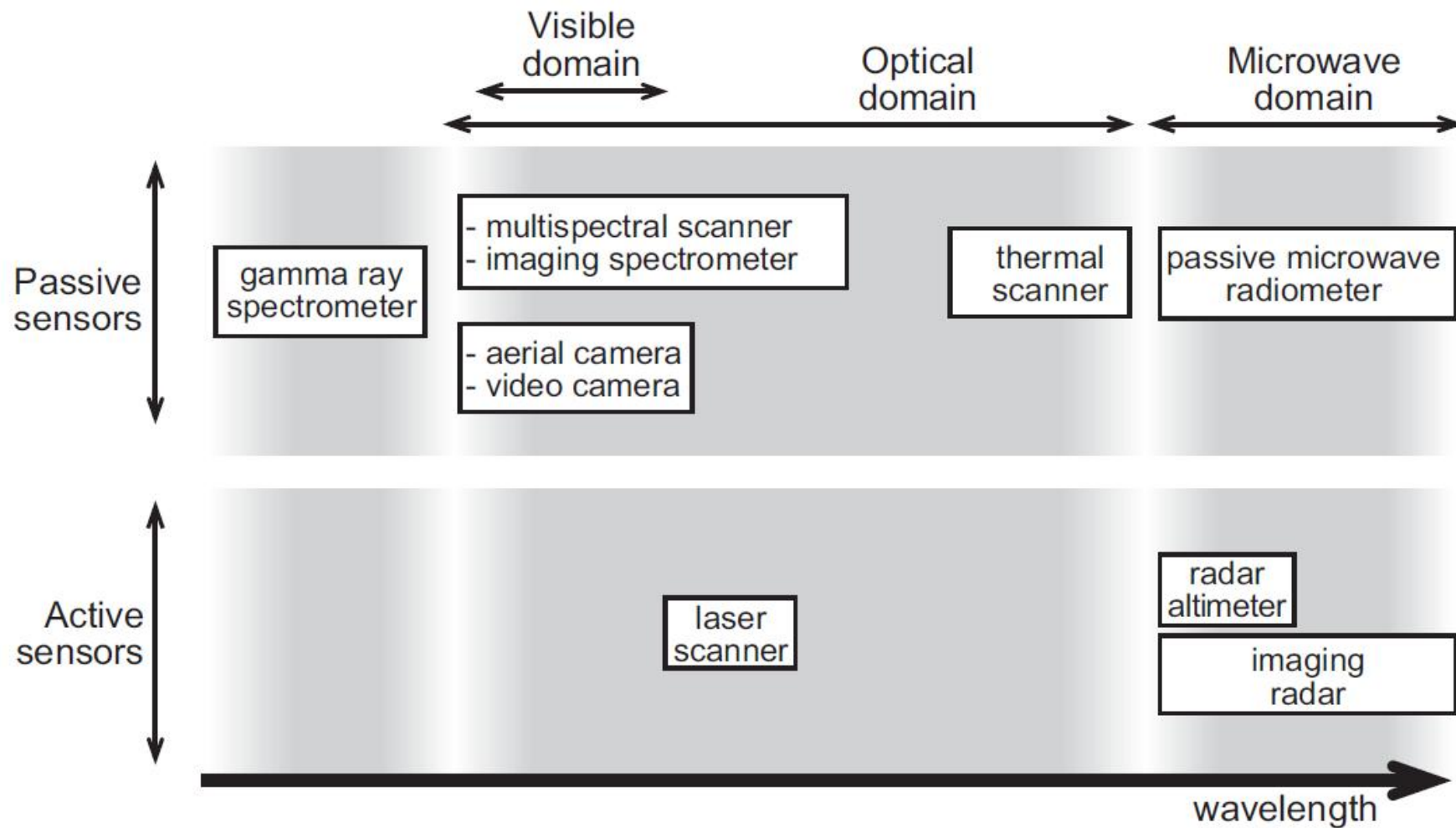
■ سنجنده های فعال :

### Active remote sensing



- ✓ منبع انرژی همراه با خود سنجنده است. (مانند سیستمهای راداری)
- ✓ این نوع از سنجنده وابستگی کمی به شرایط آب و هوایی و پوشش ابری دارند.
- ✓ بیشتر انرژی در بخش مایکرو ویو می باشد و از تکنولوژی راداری برای تولید و دریافت انرژی استفاده می کنند.

محدوده طول موج انواع سنجنده ها از لحاظ منبع انرژی



انواع سنجنده ها از لحاظ نوع داده

از لحاظ نوع داده سنجنده ها به دو دسته اصلی تقسیم می شوند:

**Film Based , Digital**

سنجنده های بر اساس فیلم

سنجنده های رقومی

**\* سیستم های بر اساس فیلم**

✓ این سیستمها آنالوگ نامیده می شوند و از جمله سیستمهای غیر فعال محسوب می شوند.

✓ سیستمهای عکسبرداری همگی از این نوع هستند.

✓ بسیاری از سیستمهای روسی از این دست هستند:  
مانند TK350 , KAF1000



## انواع سنجنده ها از لحاظ نوع داده

### سنجنده های رقومی

✓ این سیستمها اطلاعات را به صورت رقومی جمع آوری می کنند که مزایای آن عبارتند از:

- انتقال آسانتر داده ها از ماهواره به ایستگاههای گیرنده
- عدم محدودیت در اخذ تصویر ( عدم محدودیت فیلم)
- تکثیر بدون اعوجاج
- عدم وجود خطای اسکن کردن
- ثبت سریعتر این نوع داده
- امکان پردازش با کامپیوتر
- وزن کمتر سیستم تصویر برداری

✓ و از معایب آن:

- قدرت تفکیک مکانی کمتر
- استحکام هندسی کمتر

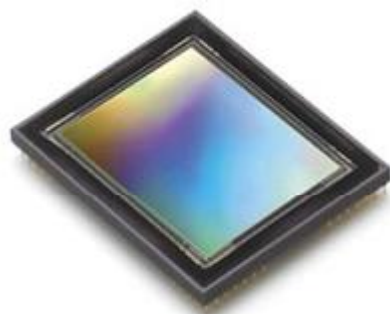
✓ سنجنده های HRV (SPOT) , TM (LandSat) سیستمهای رقومی هستند.



## انواع سنجنده ها از لحاظ نوع داده

### سنجنده های رقومی

- سنجنده های رقومی عموماً برای اخذ تصاویر از CCD ها (Charge Coupled Device) و یا CMOS ها (complementary metal-oxide semiconductor) استفاده می کنند.



- عنصر پایه این سنجنده ها را نیمه رسانا ها تشکیل می دهند که معمولاً از سیلیکون ساخته می شوند.

- انرژی الکترو مغناطیس به سطح حساس سنجنده برخورد کرده و فوتون ها توسط آشکار ساز جذب می گردند. در صورت برخورد تعداد کافی فوتون پس از یک سری فعل و افعالات یک ولتاژ الکتریکی تولید می شود.

- با توجه به مقدار و CCD مربوطه برای انرژی ثبت شده، تصویر تشکیل می گردد.

انواع سنجنده ها از لحاظ نوع و هندسه جمع آوری داده

Frame Type Imagers

سنجنده های سطحی

Line Type Imagers

سنجنده های خطی

Point Type Imagers

سنجنده های نقطه ای

RADAR Imaging Systems

سنجنده های راداری

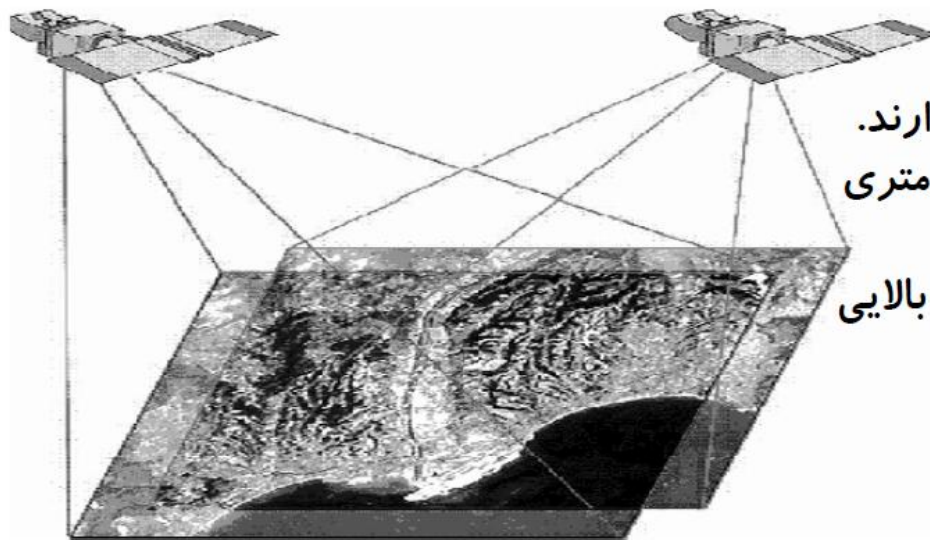
انواع سنجنده ها از لحاظ نوع و هندسه جمع آوری داده

## Frame Type Imagers

## سنجنده های سطحی

- در این سیستمها در یک لحظه کل تصویر برداشت می شود.
- سیستمهای عکسبرداری دستی همگی از این نوع هستند. (عکسبرداری آنی با باز و بسته شدن شاتر)
- معمولاً برای اهداف فتوگرامتریکی به کار می روند.

### مزایا

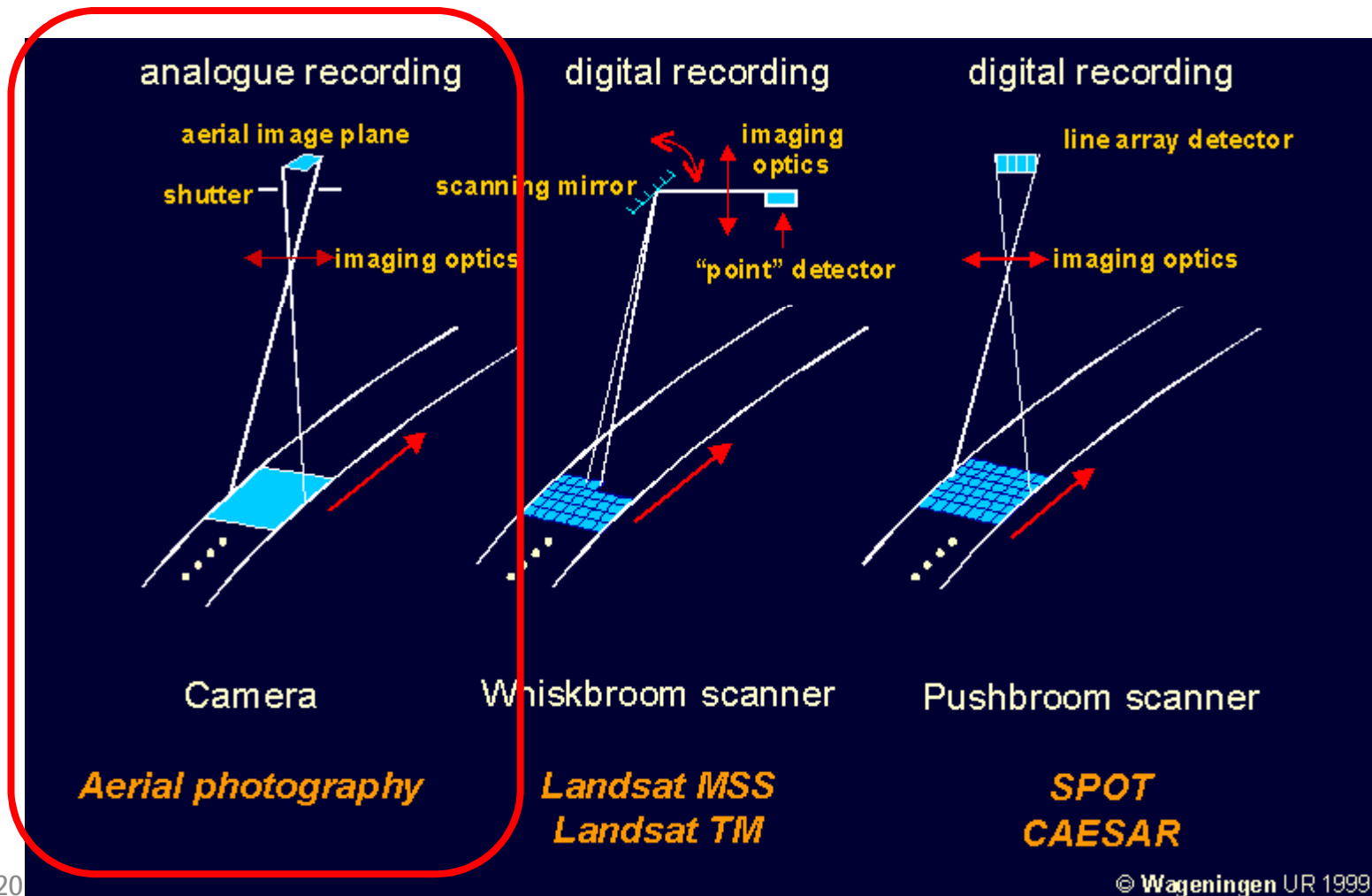


ساختار هندسی مشخص و ساده دارند.  
امکان استفاده از معادلات فتوگرامتری  
وجود دارد.  
این نوع تصاویر استحکام هندسی بالایی  
دارند .

انواع سنجنده ها از لحاظ نوع و هندسه جمع آوری داده

## Frame Type Imagers

## سنجنده های سطحی





انواع سنجنده ها از لحاظ نوع و هندسه جمع آوری داده

## سنجنده های خطی Line Type Imagers

§ فن آوری ای که این دسته از سنجنده ها برای برداشت تصویر استفاده می کنند Pushbroom نامیده می شود.

§ نسبت به سیستمهای Frame type رقومی ساده تر ساخته می شوند.

§ قابل برنامه ریزی و مدیریت هستند.

§ در این سیستمها هر خط برای خود یک هندسه مجزا دارد.

§ صدها آشکار ساز در کنار یکدیگر یک خط از تصویر را تشکیل می دهند.

§ در این سیستمها در یک لحظه یک سطر از تصویر برداشت می شود.

§ پس از تخلیه آشکار ساز ها سکو با حرکت به جلو خط بعدی را برمی دارد و با حرکت ماهواره خطهای متوالی برداشت می شوند.

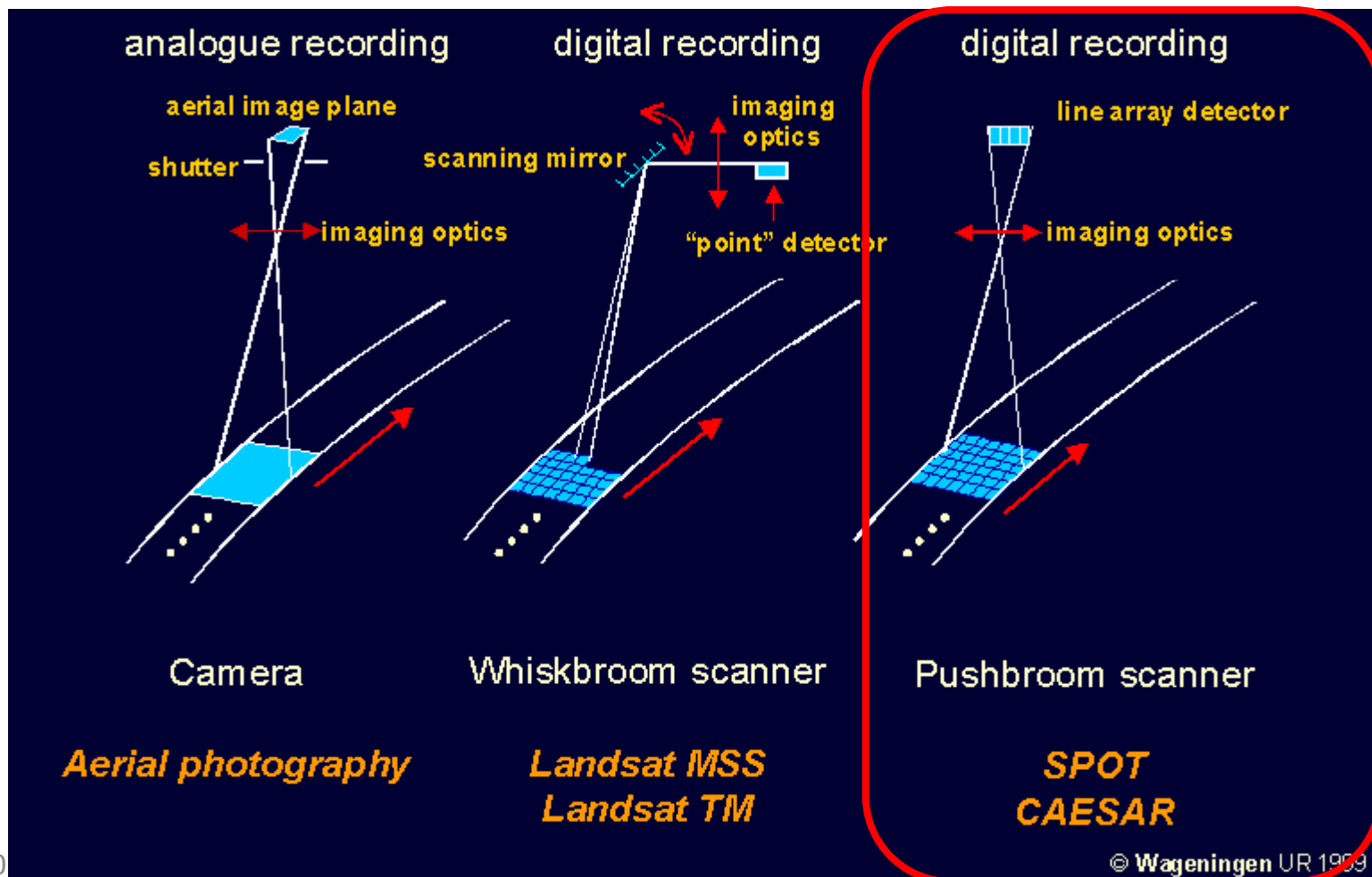
§ استحکام هندسی نسبت به Frame type پایین تر می باشد. چون ماهواره در هنگام اخذ هر خط وضعیتی جداگانه دارد.

§ مانند IRS و SPOT

انواع سنجنده ها از لحاظ نوع و هندسه جمع آوری داده

## Line Type Imagers

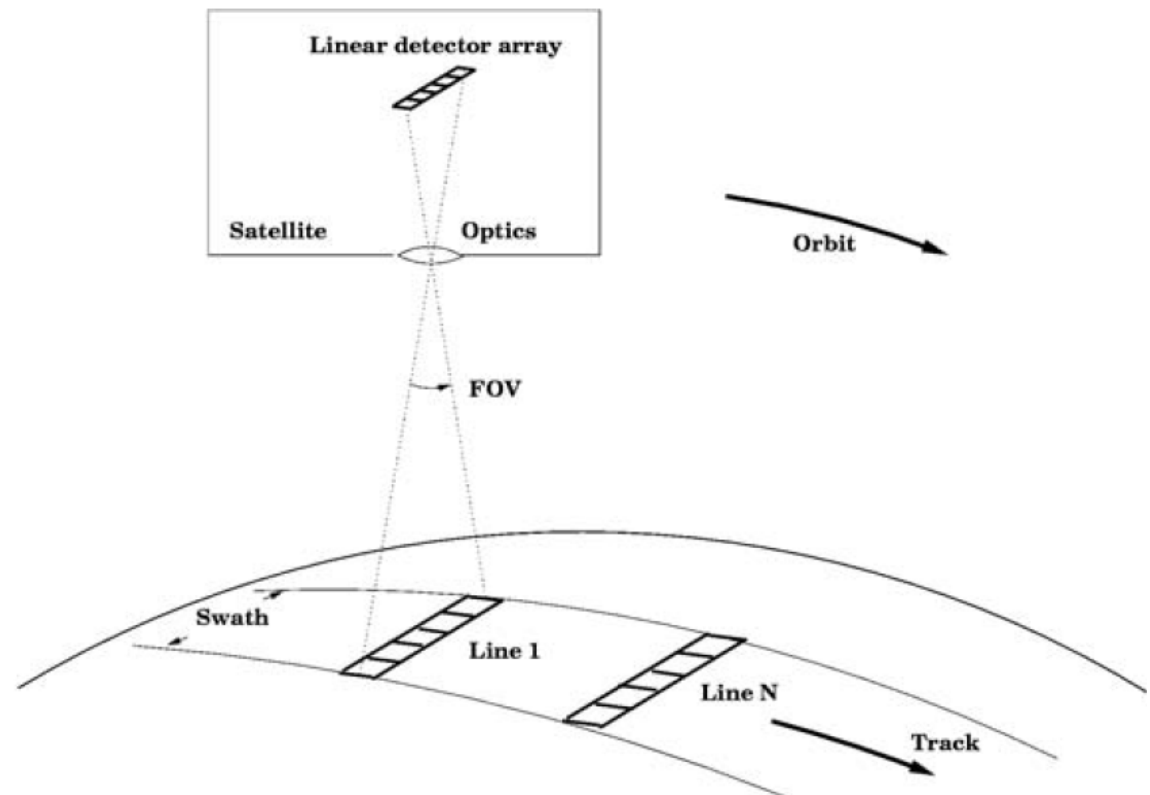
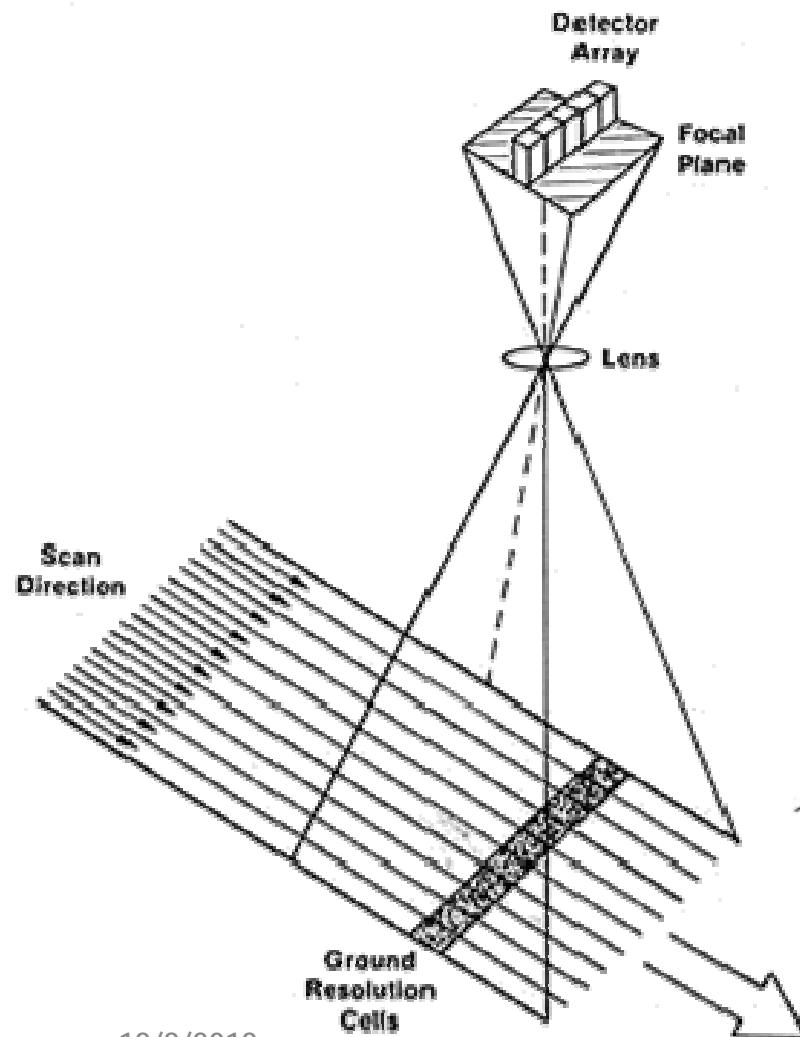
## سنجنده های خطی



انواع سنجنده ها از لحاظ نوع و هندسه جمع آوری داده

## Line Type Imagers

## سنجنده های خطی



انواع سنجنده ها از لحاظ نوع و هندسه جمع آوری داده

## Line Type Imagers

## سنجنده های خطی

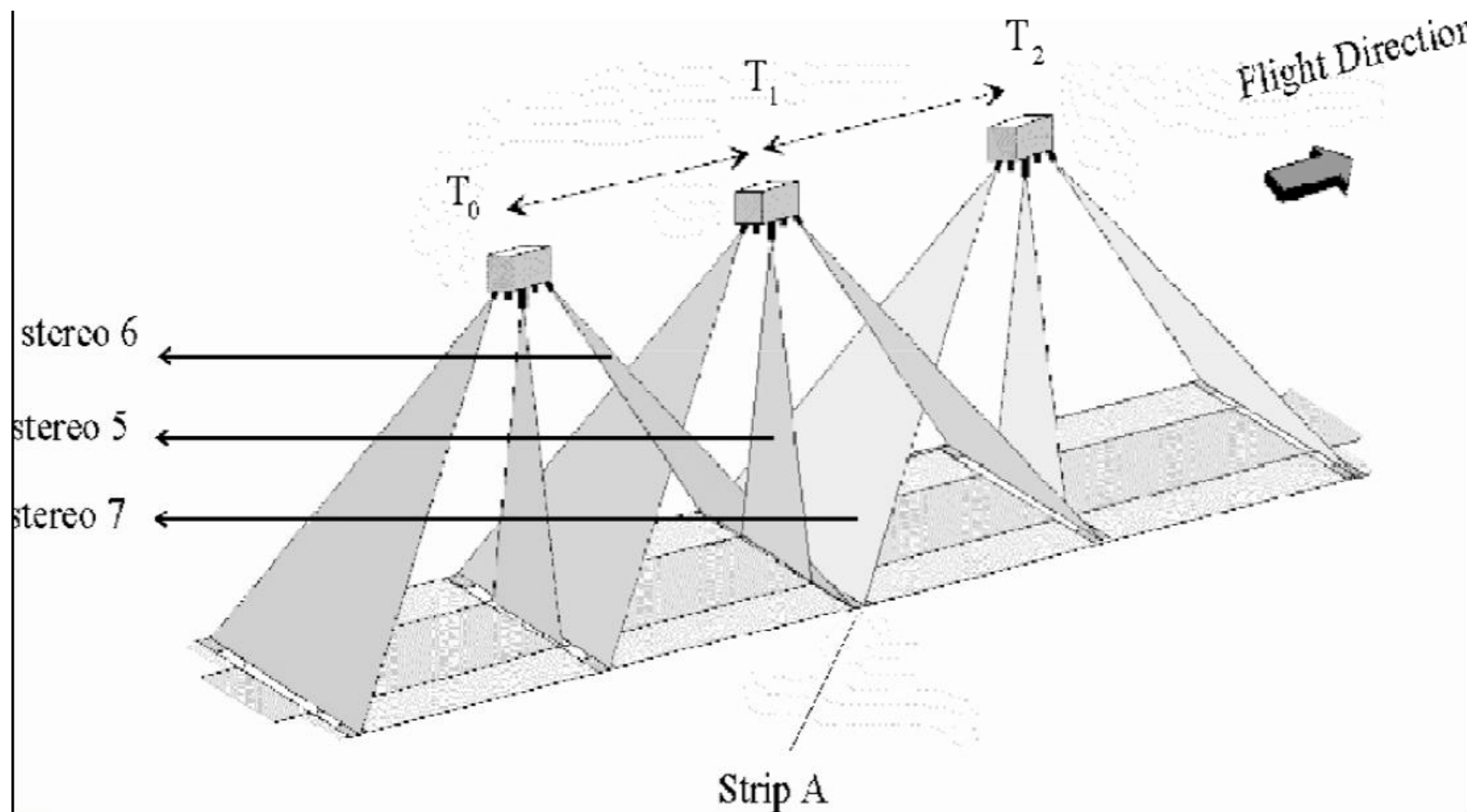
بخشی از تصویر خام سطح 1A سنجنده Aster با سیستم تصویر برداری Pushbroom از منطقه خوزستان





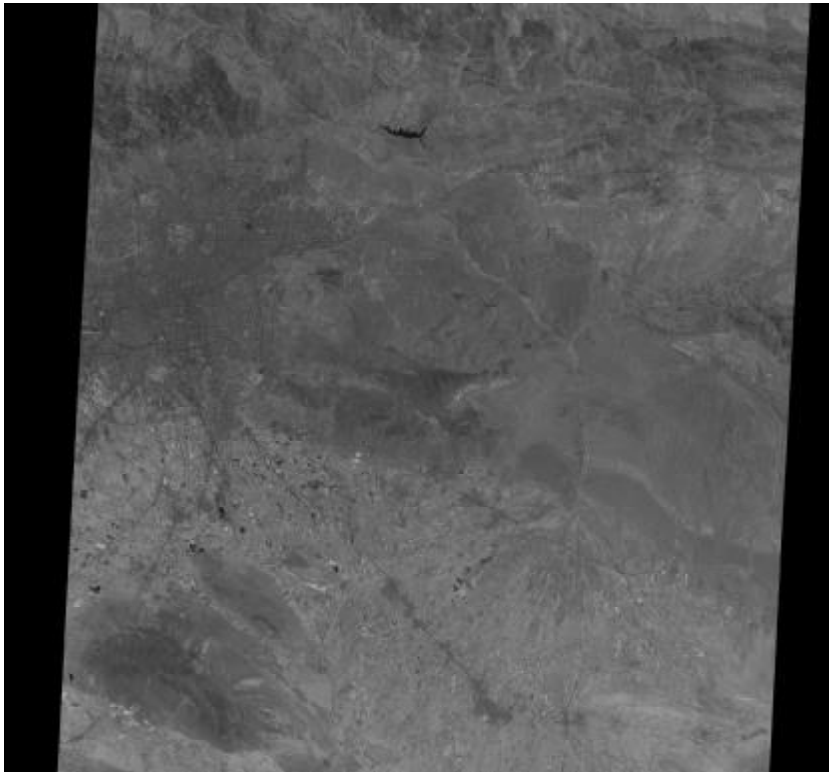
انواع سنجنده ها از لحاظ نوع و هندسه جمع آوری داده

نحوه اخذ تصاویر پوشش دار در سنجنده های خطی همچون Aster

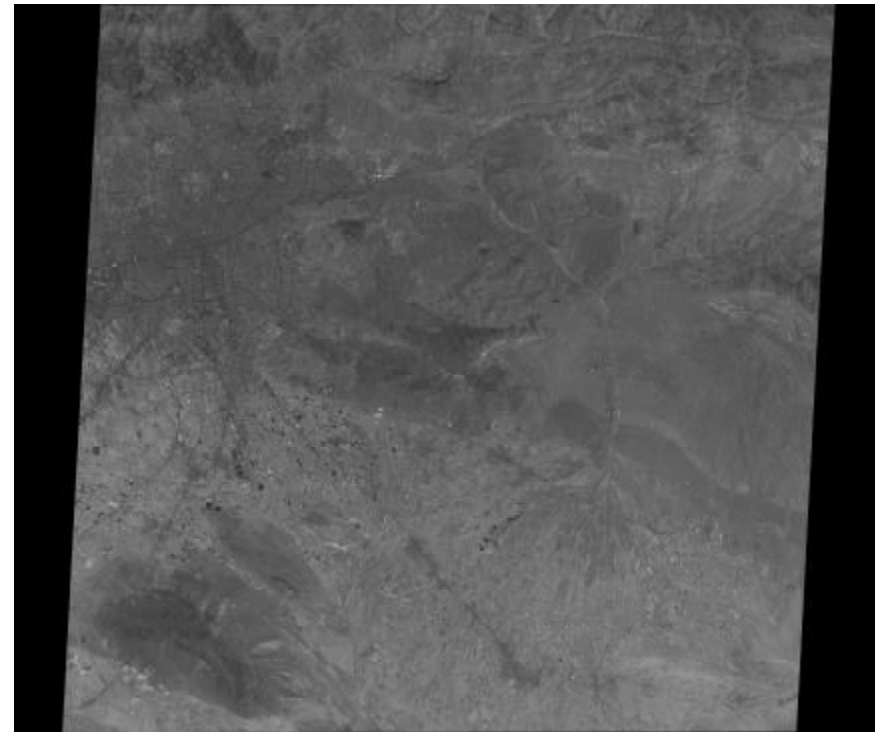


انواع سنجنده ها از لحاظ نوع و هندسه جمع آوری داده

## تصاویر پوشش دار در سنجنده خطی Aster - تهران



vnir\_15\_3b



vnir\_15\_3n

انواع سنجنده ها از لحاظ نوع و هندسه جمع آوری داده

## سنجنده های نقطه ای

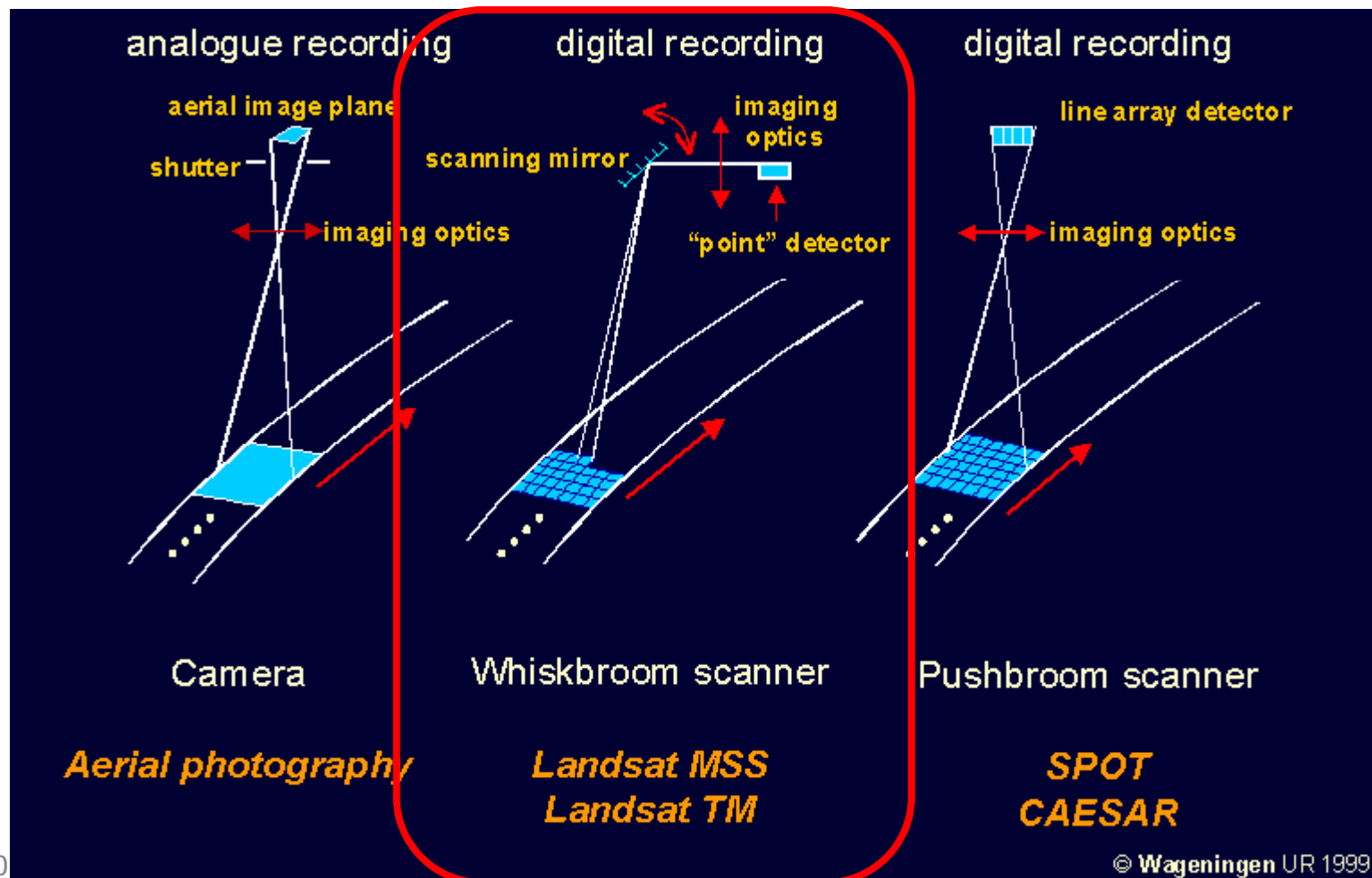
## Point Type Imagers

- § فن آوری ای که این نوع سنجنده ها برای اخذ تصویر از آن استفاده می کنند Whiskbroom نام دارد.
- § در آن واحد تنها یک منطقه مشخص (یک پیکسل) برداشت می شود.
- § نوسان و یا چرخش یک آینه یک خط را تشکیل میدهد.
- § هر جزء (یک پیکسل) پارامترهای توجیه مربوط به خود را دارد.
- § سیستمهای مکانیکال - اپتیکال از این نوع هستند.
- § هندسه این نوع تصاویر نسبت به انواع قبلی ضعیف تر است.
- § تعداد CCD ها در سنجنده های نقطه ای کم و محدود است.
- § به دلیل فرصت کمتر برای ثبت انرژی نسبت سیگنال به نویز در این نوع نسبت به انواع قبلی عموماً کمتر تر است
- § مانند Landsat

انواع سنجنده ها از لحاظ نوع و هندسه جمع آوری داده

## Point Type Imagers

سنجنده های نقطه ای

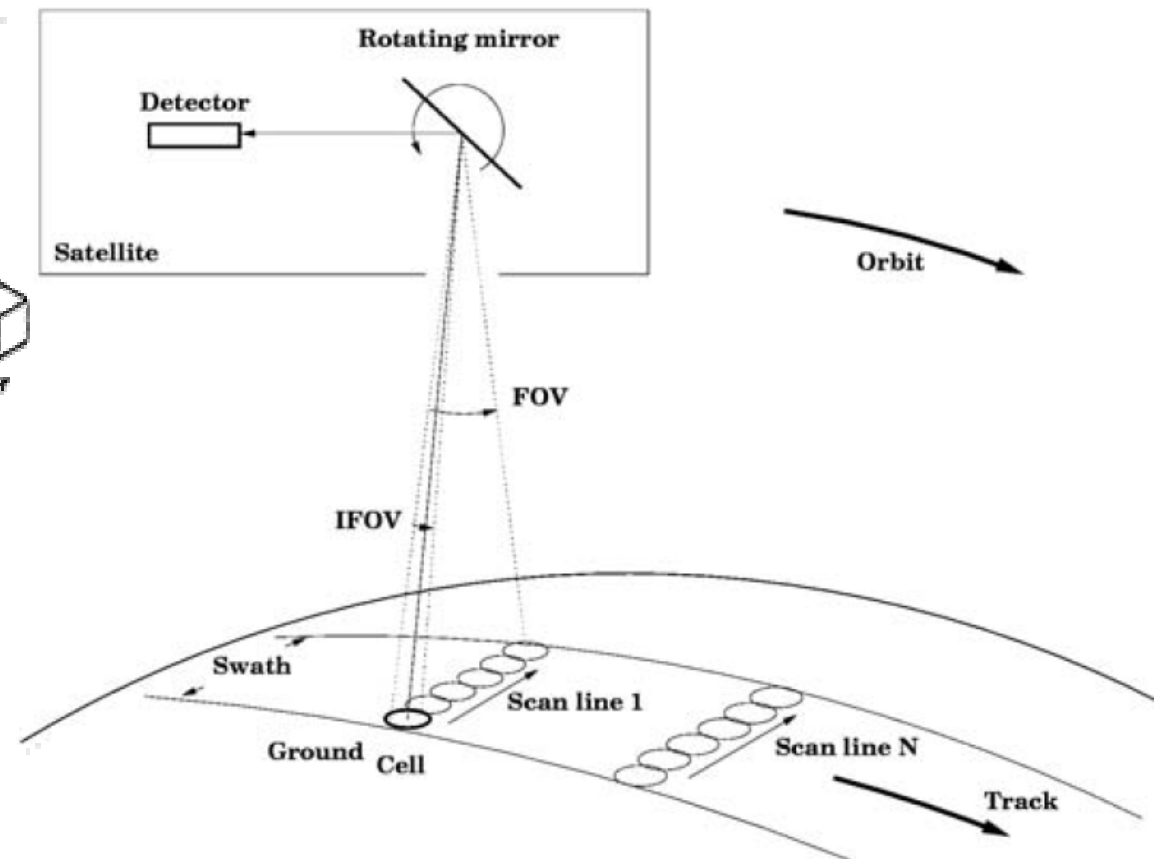
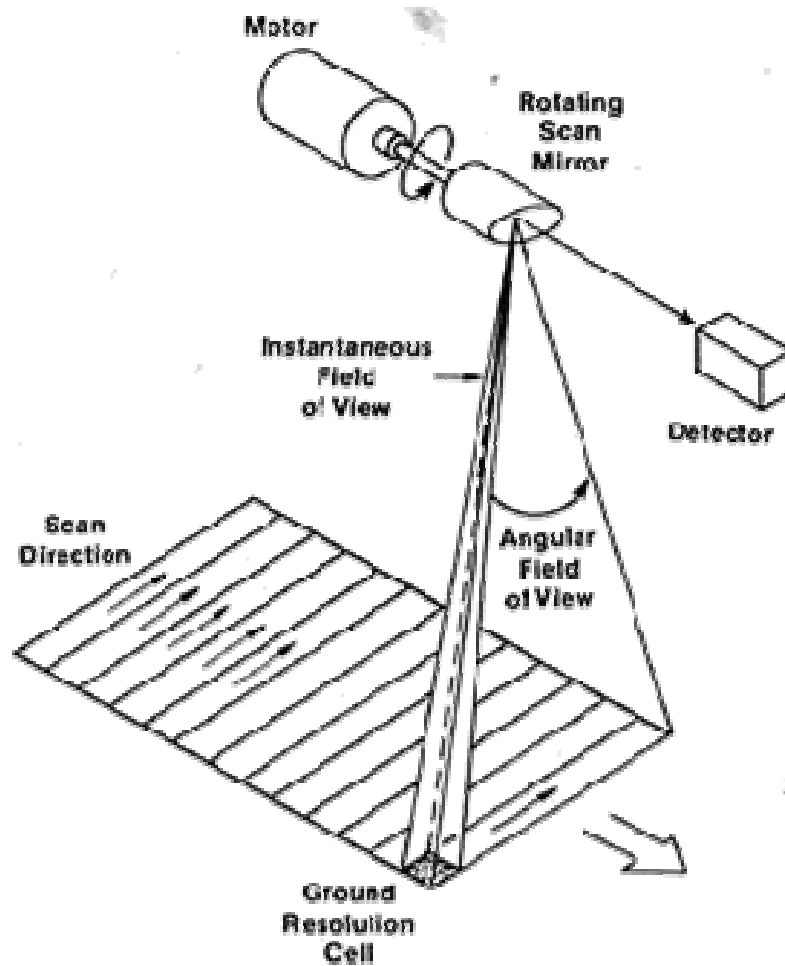




انواع سنجنده ها از لحاظ نوع و هندسه جمع آوری داده

## Point Type Imagers

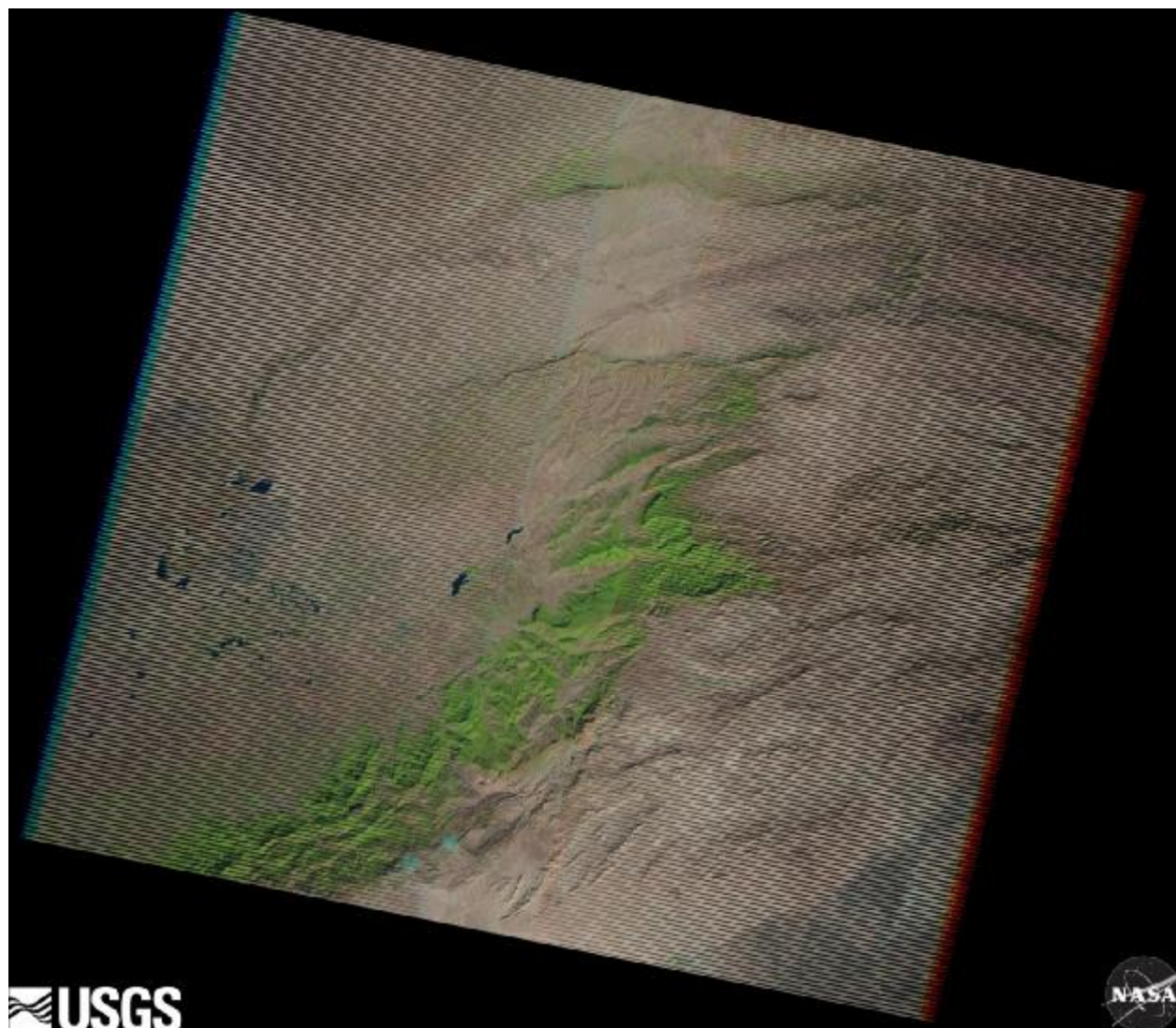
## سنجنده های نقطه ای



انواع سنجنده ها از لحاظ نوع و هندسه جمع آوری داده

## Point Type Imagers

## سنجنده های نقطه ای

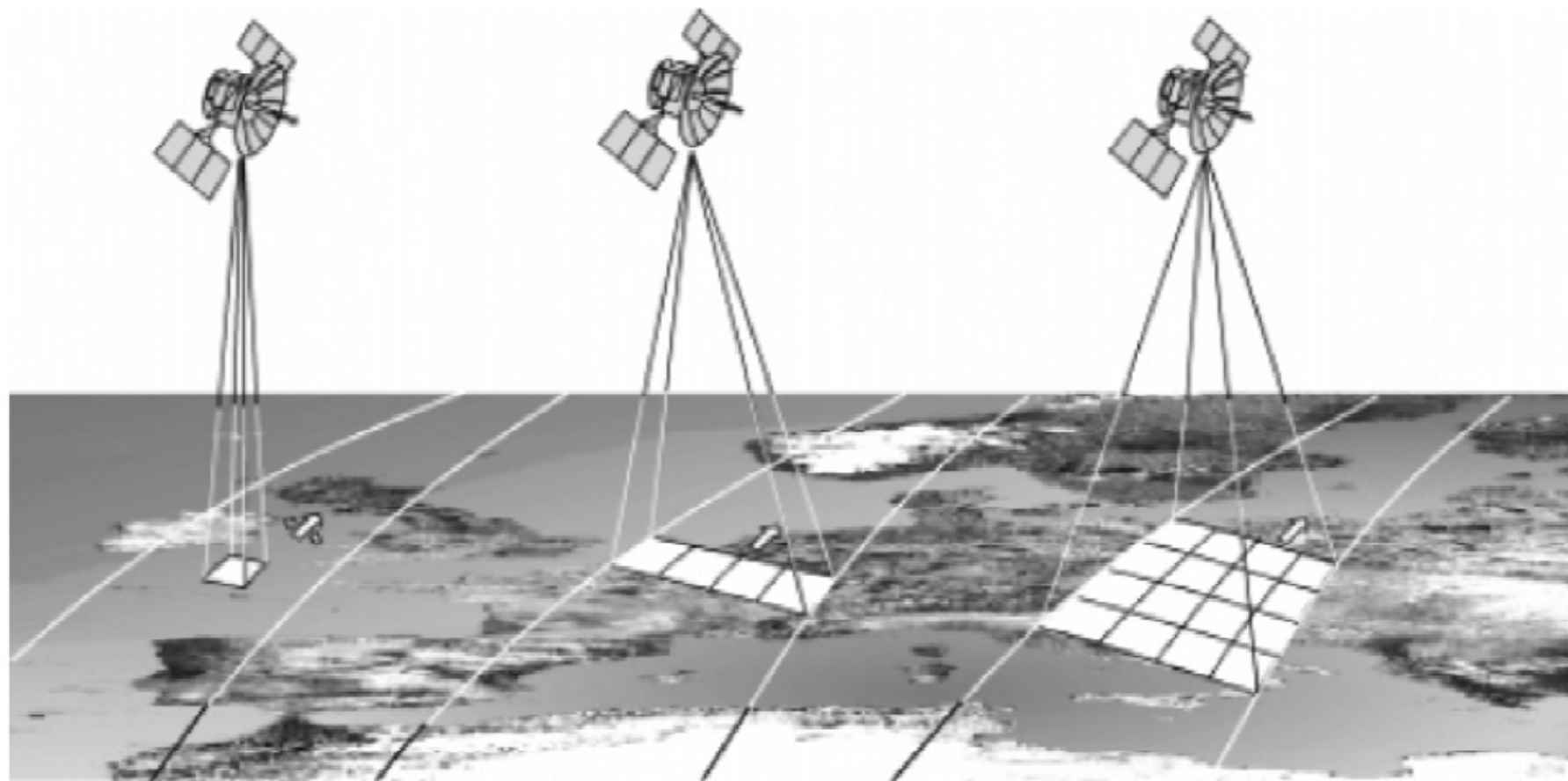


انواع سنجنده ها از لحاظ نوع و هندسه جمع آوری داده

نقطه ای

خطی

سنجنده های سطحی



Whiskbroom

Pushbroom

Staring

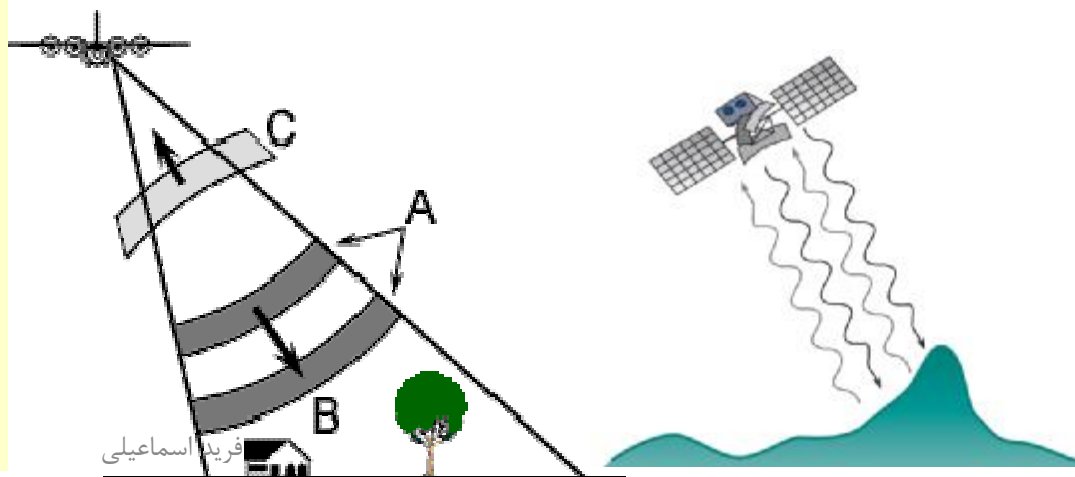
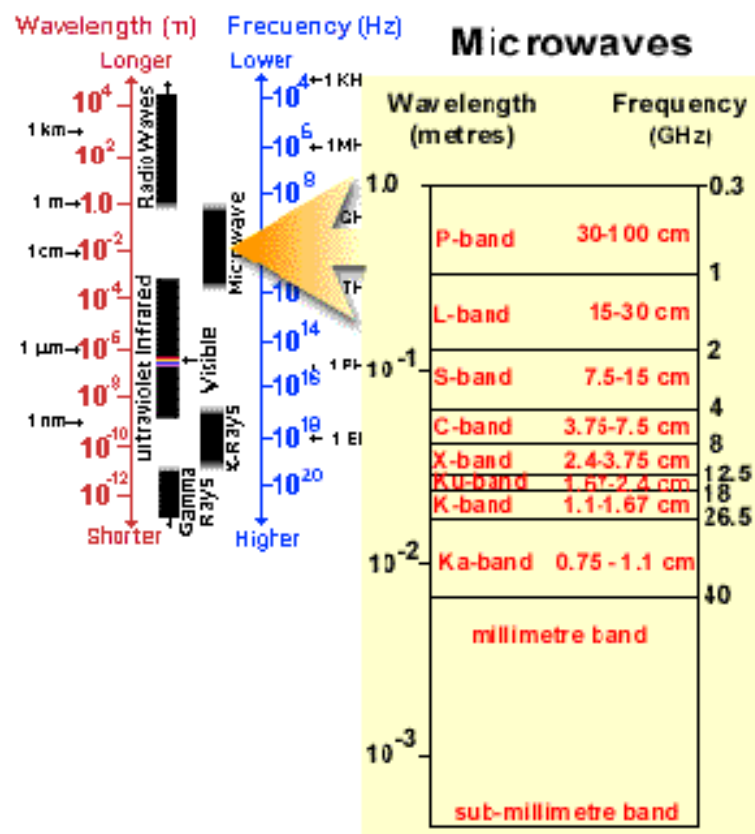
انواع سنجنده ها از لحاظ نوع و هندسه جمع آوری داده

## RADAR Imaging Systems

## سنجنده های راداری

همیشه بصورت مایل تصویر برداری می کنند.  
مهمترین استفاده آنها در تولید DEM می باشد.  
از روش های مرسوم و مدلهای ریاضی ساده نمی توان در این تصاویر استفاده کرد.

Sending pulses and wait to receive it  
Measure time delay  $\Rightarrow$  Calculate distance





انواع سنجنده ها از لحاظ طیفی

Panchromatic	پانکروماتیک
Multispectral	چند طیفی
HyperSpectral	فرا طیفی

## انواع سنجنده ها از لحاظ طیفی

### سنجنده های پانکروماتیک Panchromatic

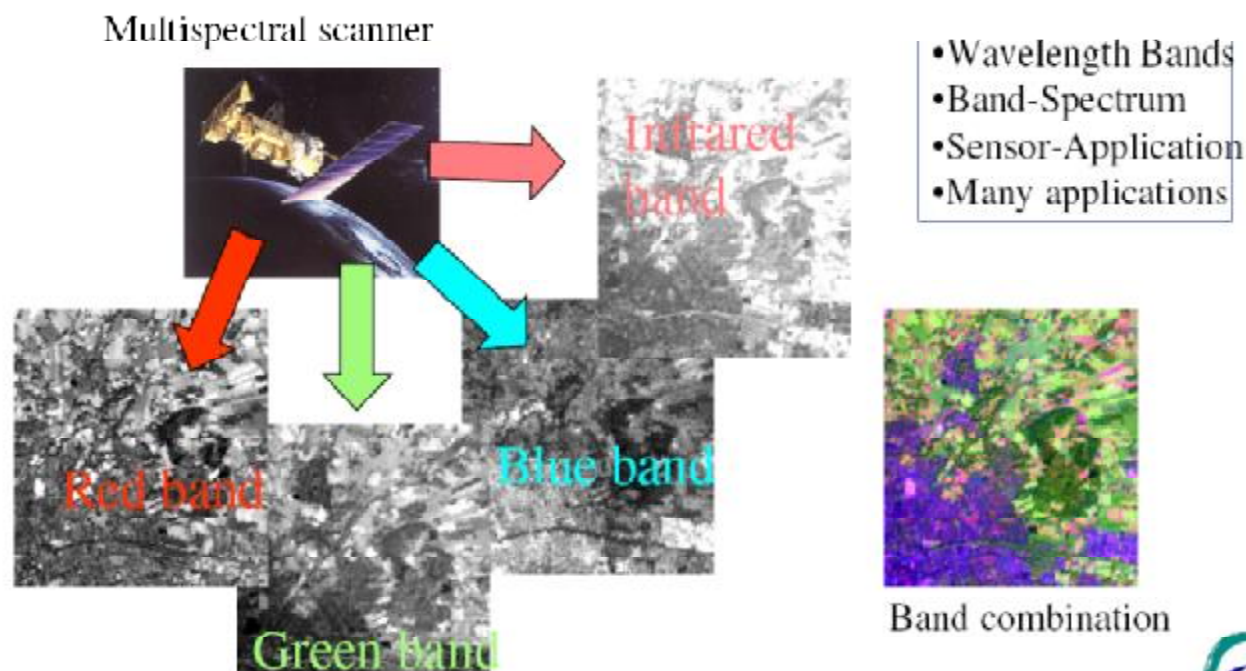
- سنجنده های تک باندي سنجنده های پانکروماتیک Panchromatic نامیده می شوند.
- این سنجنده ها معمولاً یک دامنه وسیع طیفی از بخش مرئی تا مادون قرمز نزدیک را پوشش می دهند.
- به دلیل عرض باند وسیع امکان کوچک بودن ابعاد CCD ها و در نتیجه بالا بودن قدرت تفکیک مکانی در آنها وجود دارد.
- مثل باند 8 سنجنده ETM+ در دامنه طیفی 0.52 – 0.9 میکرومتر

انواع سنجنده ها از لحاظ طیفی

## Multispectral

## سنجنده های چند طیفی

- سنجنده با تعداد باند کم را سنجنده های چند طیفی Multispectral نامگذاری میکنند.
- عموماً سنجنده ها با حداکثر 10 تا 15 باند تصویر برداری از این دسته هستند.
- در محدوده های مختلف طیف الکترو مغناطیس تصویر اخذ می کنند.
- به دلیل عرض باند طیفی کوچک عموماً نسبت به تصاویر پنکروماتیک قدرت تفکیک مکانی پایین تری دارند.
- برای دستیابی به قدرت تفکیک مکانی بالا در این تصاویر می توان از تلفیق آنها با تصاویر پنکروماتیک استفاده نمود.
- مانند Liss(IRS) ، TM(Landsat) ، MSS(Landsat) ، HRV(Spot)





تصویر پانکروماتیک  
Panchromatic



تصویر چند طیفی  
Multispectral



*Technical  
Summary*

Launch Date	Altitude	Inclination	Swath	Revisit at equator	Sensors
December, 1999	705 Km	98.2°	60 Km	16 days	VNIR, SWIR, TIR

*VNIR*

BAND	1	2	3N/3B
SPECTRAL RANGE	0.52–0.60	0.63–0.69	0.78–0.86
PIXEL SIZE		15 m	
QUANTISATION		8 bit	

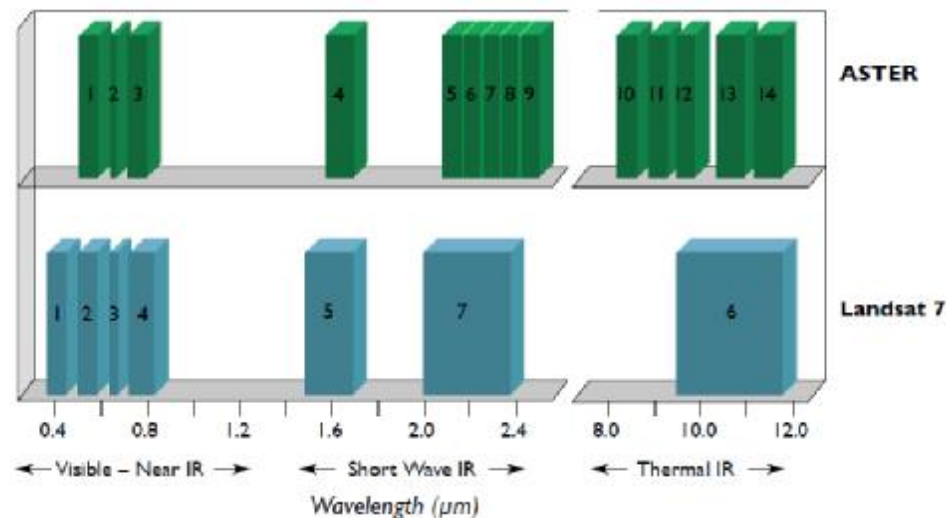
*SWIR*

BAND	4	5	6	7	8	9
SPECTRAL RANGE	1.60–1.70	2.145–2.185	2.185–2.225	2.235–2.285	2.295–2.365	2.360–2.430
PIXEL SIZE			30 m			
QUANTISATION			8 bit			

*TIR*

BAND	10	11	12	13	14
SPECTRAL RANGE	8.125–8.475	8.475–8.825	8.925–9.275	10.25–10.95	10.95–11.65
PIXEL SIZE			90 m		
QUANTISATION			12 bit		

A comparison  
of ASTER bands with  
Landsat Thematic Mapper



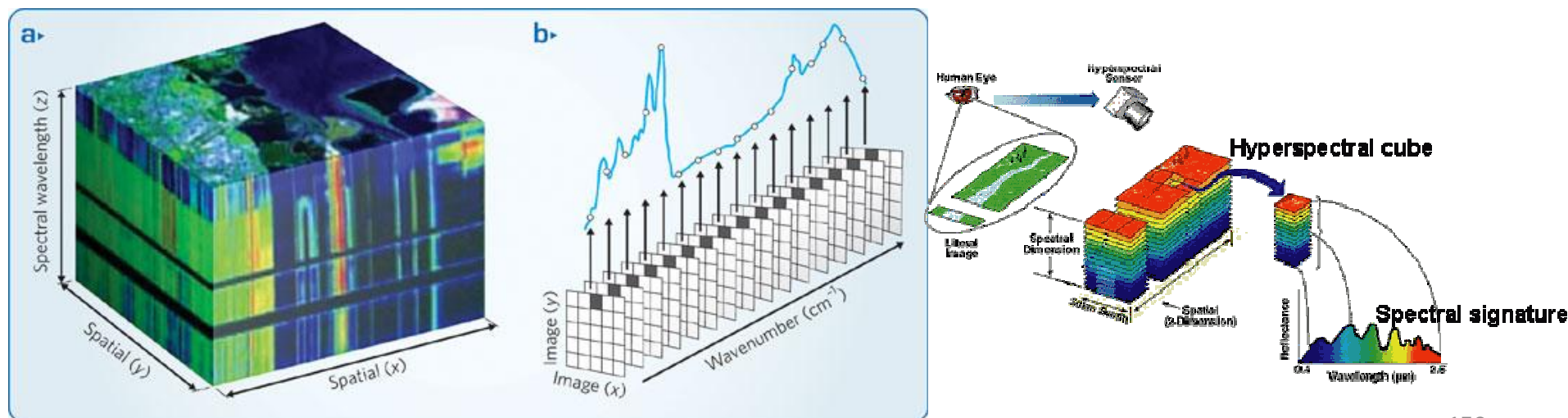
The ASTER instrument has three spectral bands in the visible near-infrared (VNIR), six bands in the short-wave infrared (SWIR), and five bands in the thermal infrared (TIR) regions, with 15, 30, and 90 meters ground resolution respectively.

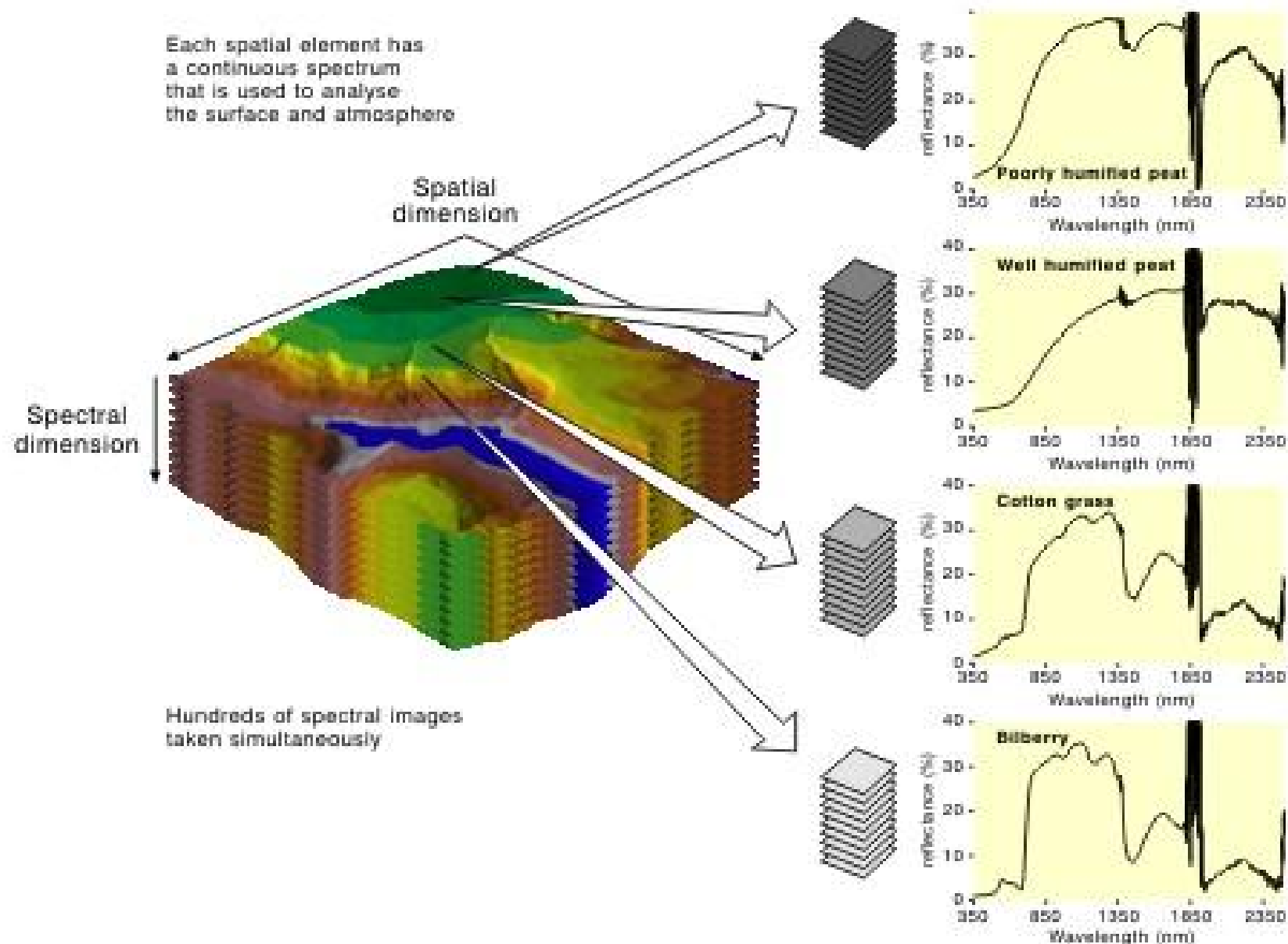
## انواع سنجنده ها از لحاظ طیفی

### HyperSpectral

### سنجنده های فرا طیفی

- سنجنده با تعداد باند زیاد را سنجنده های فرا طیفی Hyperspectral نامگذاری میکنند.
- عموماً سنجنده ها با بیش از 30 باند تصویر برداری از این دسته هستند.
- با جمع آوری تصویر در ده ها باند طیفی از یک منطقه اطلاعات با ارزشی از اشیاء و پوشش زمین در اختیار کاربران قرار می دهند.
- به دلیل قدرت تمایز بالای اشیاء در کارهای حساس که شباهت طیفی عوارض بالا است از این تصاویر استفاده می گردد.
- مانند AVIRIS ، Modis





## معرفی سنجنده ها و ماهواره های سنجش از دور



# **IMPORTANT MISSIONS IN REMOTE SENSING**

# Various Missions Based on Their Technology

- Western Technology
- Eastern Technology

# Countries Following the Western Technology

- U.S.A
- Germany
- France
- India
- Japan

# Countries Following the Eastern Technology

- Russia



# U. S. A.

In U. S. A. the civilian space mission activities is under the supervision of National Aeronautics and Space Administration (NASA).

# U. S. A.

1960's: Mercury, Gemini and Apollo  
(photographic systems)

1972: Earth Resource Technology Satellite  
(ERTS) then changes its name to Landsat 1

1973 and 1974: Skylab (the first American  
space workshop)

# U. S. A.

1975 Landsat 2 was launched

1978 Landsat 3 was launched

- 1979 MAPSAT proposal was given to NASA + USGS by Colvocoresses

- 1981 Stereosat proposal was given by Prof. Welch

# U. S. A.

1982 Landsat 4 was launched.

1983 ESA Metric Camera was launched by Space Shuttle.

-1984 Large Format Camera (LFC) was launched using Space Shuttle by NASA.

- 1984 Landsat 5 was launched.

# U. S. A.

1986 Shuttle disaster.

1993 Landsat 6 was launched and lost.

1993 private companies has got permission to commercialize the high resolution satellite imaging military technology. Space Imaging (GeoEye), Earthwatch (DigitalGlobe) and Orbital Science (OrbImage and now GeoEye) are the main companies who invested in this technology.



## U. S. A.

1997, December, Earthwatch (DigitalGlobe) launched Earlybird, a 3m high resolution staring array imager, but the system was lost.

1998, January, EROS-A developed by Israeli-American group was failed to reach its orbit.

1999, April, Space Imaging launched Ikonos-1, a high resolution (87cm) flexible pointing linear array, the system was lost.

# U. S. A.

1999, Landsat 7 was launched successfully.

1999, September, Ikonos-2 was launched successfully to become the first high resolution imaging system on the space.

In 2000, QuickBird 1 was failed to reached its orbit.

# U. S. A.

EROS A1 was launched successfully by ImageSat International (ISI) on the 5<sup>th</sup> of December, 2000.

On 21 September 2001, the Orbview-4 satellite failed to achieve orbit following launch from Vandenberg AFB.

# U. S. A.

- On October 18, 2001, QuickBird-2 from DigitalGlobe was launched successfully from, Vandenberg Air Force Base, California.
- On June, 2003, Orbview 3 was launched successfully.
- On September, 2007, Worldview 1 was launched successfully.
- On September, 2008, GeoEye 1 was launched successfully.
- On October, 2009, Worldview 2 was launched Successfully.

# Germany

The space missions in Germany are conducted by DASA.



# Germany

1978, A single line pushbroom camera named EOS was built by DASA and experimented on a plane.

- 1979: German Federal Ministry of Research and Technology (BMFT) has ordered the built of Modular Opto-electronic Multispectral Scanner (MOMS).

# Germany

1983: MOMS-01 was launched in an experimental test using Space Shuttle and became the first linear array imager (push-broom technology) in the space.

1984: MOMS-01 was launched one more time using Space Shuttle successfully.

# Germany

1981, Professor Hoffman gave two proposals to DASA for three line scanners using push-broom technology.

1988, Monocular Electro-Optical Stereo System (MEOSS) was built and launched using an Indian rocket but the mission was failed.

# Germany

1988 to 1993: MEOSS has been test several times in an airplane platform and excellent images were taken.

1993 MEOSS was launched one more time using an Indian rocket but this time the system was lost for ever.

# Germany

1993: MOMS-02 was launched experimentally by American Space Shuttle and took very good images from the Earth.

1996: MOMS-2P was launched using a Russian rocket and has been set up in the MIR in Priroda program.

2008: A single launch of the RapidEye mini-satellite constellation on a Dnepr launch vehicle took place on August 29, 2008.



# France

All of its space programs are  
conducted by Centre National  
d'Etude Spatial (CNES).

# France

1980: CNES has ordered the developing of a linear array system using push-broom technology named: System Probatoire d'Observation de la Terre (SPOT).

-1986 SPOT-1 was launched.

-1990 SPOT-2 was launched

# France

- 1993 SPOT-3 was launched
- 1998 SPOT-4 was launched
- SPOT-5 was launched in May 2002.

# Japan

All of its space missions are conducted by the Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA). JAXA was born on October, 2003, merging the Institute of Space and Astronautical Science (ISAS), the National Aerospace Laboratory of Japan (NAL), and the National Space Development Agency of Japan (NASDA).

In, 1992 JERS-1 OPS, a pushbroom linear array system was built and launched.

A launch of ALOS took place on January 24, 2006 by a Japanese H-IIA rocket from the Tanegashima Space Center, Japan.

# India

All of its space activities are conducted by its National Remote Sensing Agency (NRSC) which is a part of Department of Space (DoS).



# India

1988 IRS-1a was launched.

1991 IRS-1B was Launched.

1995 IRS-1C was launched.

1997 IRS-1D was launched.

IRS-P6 (Resourcesat 1) was launched in October 2003.

IRS-P5 (Cartosat-1) was launched on May 5, 2005.

Cartosat-2 was launched on January 10, 2007.

# Russia

All of its space activities are conducted by Ministry of Defense.

# Russia

Ø MK4

Ø KFA-1000

Ø KFA-3000

Ø TK-350

Ø KVR-1000

Ø RESURS-DK

## Landsat 7 and ETM+ Characteristics

Band Number	Spectral Range(microns)	Ground Pixel Size (m)
1	.45 to .515	30
2	.525 to .605	30
3	.63 to .690	30
4	.75 to .90	30
5	1.55 to 1.75	30
6	10.40 to 12.5	60
7	2.09 to 2.35	30
Pan	.52 to .90	15

## Landsat 7 and ETM+ Characteristics

Swath width:	185 kilometers
Repeat coverage interval:	16 days (233 orbits)
Altitude:	705 kilometers
Quantization:	Best 8 of 9 bits
On-board data storage:	~375 Gb (solid state)
Inclination:	Sun-synchronous, 98.2 degrees
Equatorial crossing:	Descending node; 10:00am +/- 15 min.
Launch vehicle:	Delta II
Launch date:	April 1999



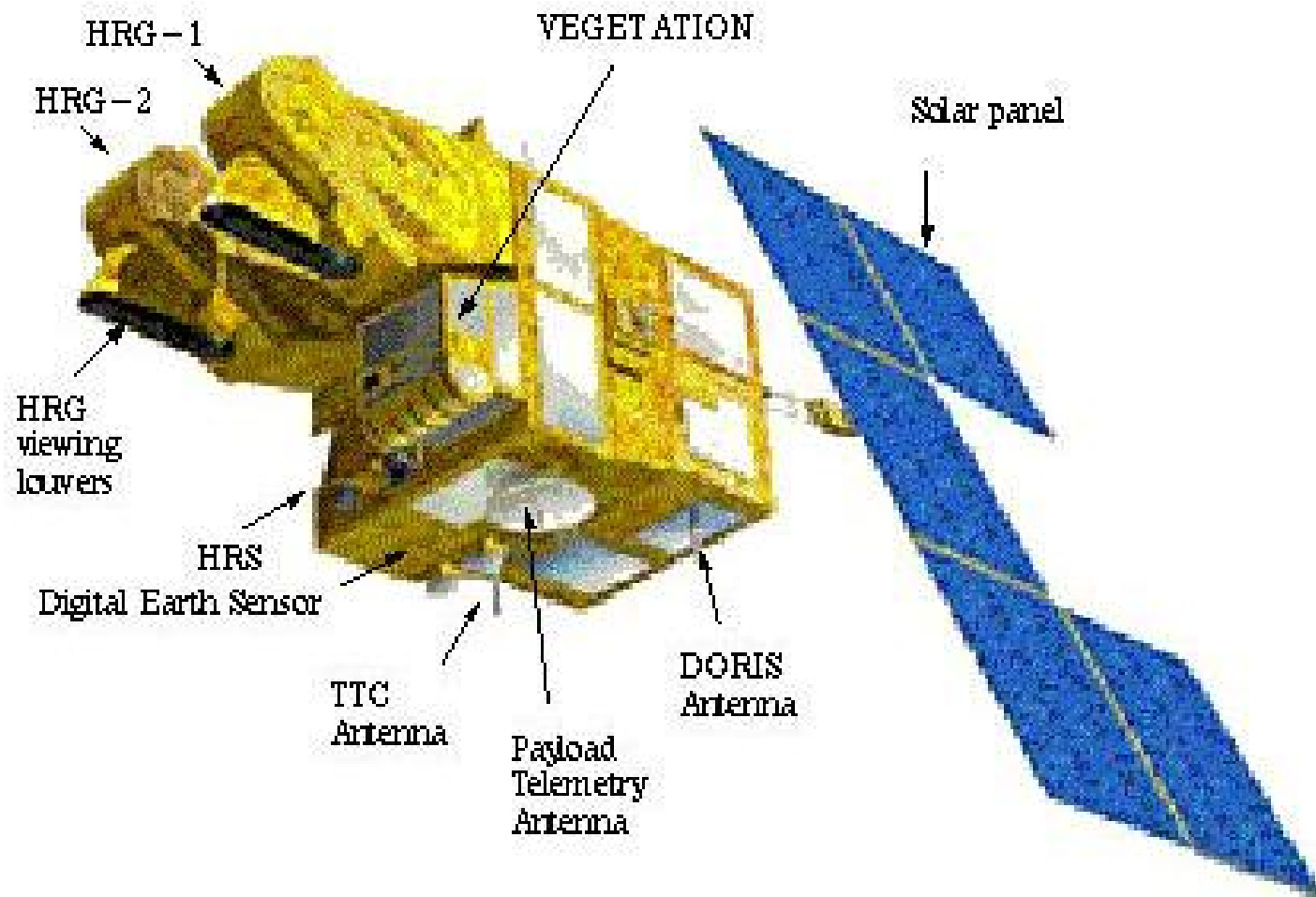
# NOAA-15 (National Oceanic and Atmospheric Administration) and AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer)

Band Number	Spectral Range (microns)	Ground Pixel Size (km)
1	.58 to .68	1
2	.73 to 1.1	1
3	3.55 to 3.93	1
4	10.3 to 11.3	1
5	11.4 to 12.4	1

# NOAA-15 (National Oceanic and Atmospheric Administration) and AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer)

Swath width:	2800 kilometers
Revisit time:	2-14 times per day depending on latitude
Altitude:	850 kilometers
IFOV at nadir (km):	1km
Period of orbit	102 minutes
Inclination:	Sun-synchronous, 98.2 degrees
Equatorial crossing:	Even-numbered 7:30am & Odd-numbered 2:30am

# SPOT-5 Satellite (2 x HRG, HRS, VEGETATION, DORIS)



# SPOT-5 Satellite

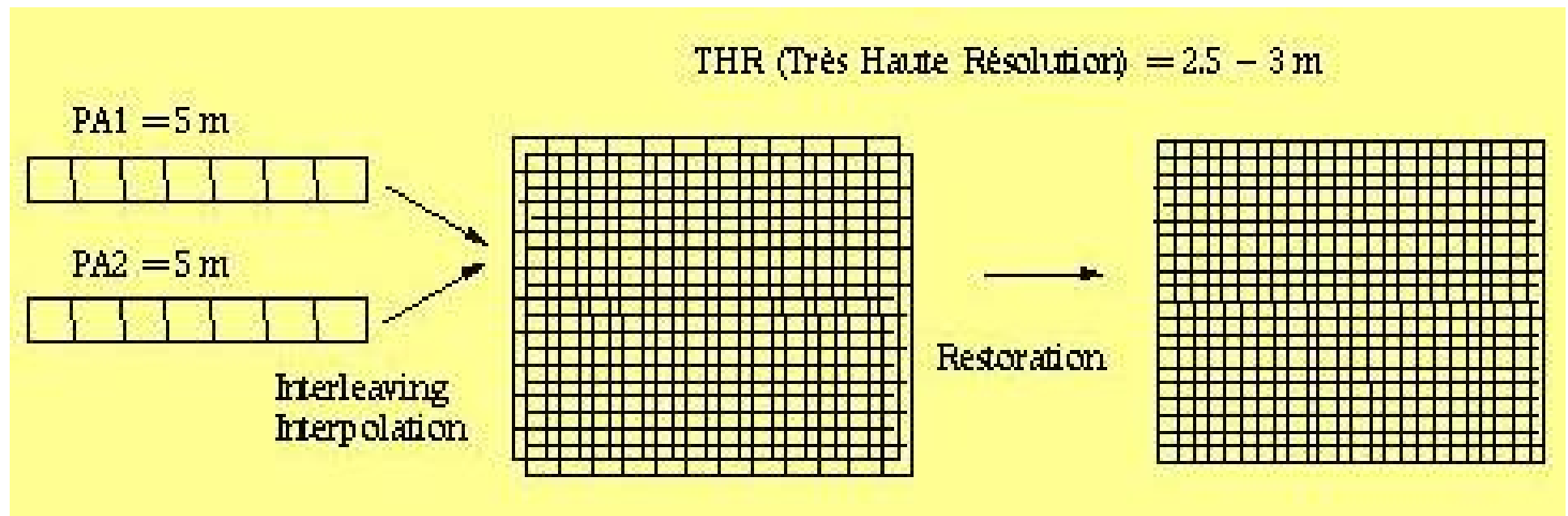
- Launch: A launch of SPOT-5 on an Ariane-4 vehicle took place May 4, 2002. The secondary payload on this flight consisted of two nanosatellites with the name of IDEFIX. Both picosatellites were designed, built and funded by AMSAT-France. Each nanosatellite has a mass of 6 kg. They remain attached to the third stage of Ariane-4.
- RF communications: Onboard solid-state recording capacity of 90 Gbit (EOL). The onboard memory can store 550 images, compared to 400 on SPOT 4. Although the magnetic recorders provided more capacity (120 Gbit), the file management system allocates available storage capacity more efficiently. Onboard data compression of source data is provided with DCT (Direct Cosine Transform) of HRG and HRS data streams. Compression ratios of 2.28-2.8 are achieved depending on imaging mode.
- Orbit: Sun-synchronous circular orbit (identical to those of SPOT-1 to -4), altitude = 822 km, inclination =  $98.7^\circ$ , period = 101.4 min, equator crossing on descending node at 10:30 AM, repeat cycle = 26 days, revolutions/day =  $14 \frac{5}{26}$ .

# SPOT-5 Specification of the HRG instrument

Parameter	Pan band	MS band	SWIR band
Spectral range ( $\mu\text{m}$ )	0.48-0.71	B1: 0.50-0.59 B2: 0.61-0.68 B3: 0.78-0.89	1.58-1.75
Detector elements/line	12,000	6,000	3,000
Detector size (pitch)	6.5 $\mu\text{m}$	13 $\mu\text{m}$	26 $\mu\text{m}$
GSD (Ground Sample Distance)	5 m x 5 m single image 3.5 m x 3.5 m dual image	10 m x 10 m	20 m x 20 m
<b>Instrument parameters</b>			
Parameter	Value	Parameter	Value
FOV	$\pm 2^\circ$	Focal length of telescope	1.082 m
Oblique viewing angle	$\pm 27^\circ$	HRG size	2.65 m x 1.42 m x 0.96 m
HRG mass	356 kg	HRG power (max)	344 W



# SPOT-5 HRG (High Resolution Geometry) Sensor



# Overview of SPOT Series

Bands	Spectral range	SPOT-1,-2,-3	SPOT-4	SPOT-5	
		Spatial resolution		Onboard	Supermode
PA-1 (PAN)	0.49-0.69 $\mu\text{m}$	10 m	10 m	5 m	2.5-3 m (on-ground)
PA-2 (PAN)	0.49-0.69 $\mu\text{m}$			5 m	
B0 (Blue)	0.43-0.47 $\mu\text{m}$		Vegetation only (1.15 km at nadir)		
B1 (Green)	0.49-0.61 $\mu\text{m}$	20 m	20 m	10 m	
B2 (Red)	0.61-0.68 $\mu\text{m}$	20 m	10 m	10 m	
B3 (NIR)	0.78-0.89 $\mu\text{m}$	20 m	20 m	10 m	
SWIR	1.58-1.75 $\mu\text{m}$		20 m	20 m	

# IRS-1C/1D (PAN)



# IRS-1C/1D (PAN)

- Launch: The launch of IRS-1C took place on December 28, 1995 with a Russian launcher (Molniya-M, launch provider: TsSKB-Progress) from Baikonur, Kazakhstan.
- The IRS-1D launch with an ISRO PSLV-C1 launcher from Sriharikota (SHAR, India) took place on September 29, 1997. *The launch of the IRS-1D spacecraft with the PSLV-C1 was a significant event despite a minor snag; for the first time, an Indian-made launch vehicle had launched an operational satellite, also made in India, from Indian soil (i.e., after the two demonstration flights, namely: IRS-P2 and -P3).*
- RF communications: Downlink transmission of payload data: 40 W of output power (X-band) is used to transmit 42.5 Mbit/s of LISS-3 and WiFS data and 85 Mbit/s of PAN data, both links are in X-band with QPSK modulation.- TT&C in S-band with PCM/FSK/FM/PM modulation (ISTRAC mission control center at Bangalore, the NRSA data center at Hyderabad is the focal agency for user interfaces).
- Orbit: Polar sun-synchronous orbit; altitude = 817 km, inclination = 98.69°, period = 101.23 min; local equatorial local crossing time at 10:30 AM on descending node; 24 day revisit period.

# IRS-1C/1D Sensor complement: (PAN, LISS-3, WiFS)

Instrument	Pixel size	Spectral range	No of pixels / swath width	Data quantization
PAN	6 m	0.5 - 0.75 $\mu\text{m}$	4096 / 70 km	6 bit
LISS-3, VNIR	23.5 m	0.52 - 0.59 $\mu\text{m}$ 0.62 - 0.68 $\mu\text{m}$ 0.77 - 0.86 $\mu\text{m}$	6000 / 142 km	7 bit
LISS-3, SWIR	70.5 m	1.55 - 1.75 $\mu\text{m}$	2100 / 148 km	7 bit
WiFS	188 m	0.62 - 0.68 $\mu\text{m}$ 0.77 - 0.86 $\mu\text{m}$	2048 / 740 km	7 bit



# IRS-1C/1D (PAN)

Swath width:	70 kilometers
Revisit time:	24 days
Focal length:	982 mm
IFOV at nadir (km):	5.8m PAN
Off-nadir viewing:	Up to 26 degrees cross-track
Inclination:	Sun-synchronous, 98.6 degrees
Equatorial crossing:	Descending node; 10:30am

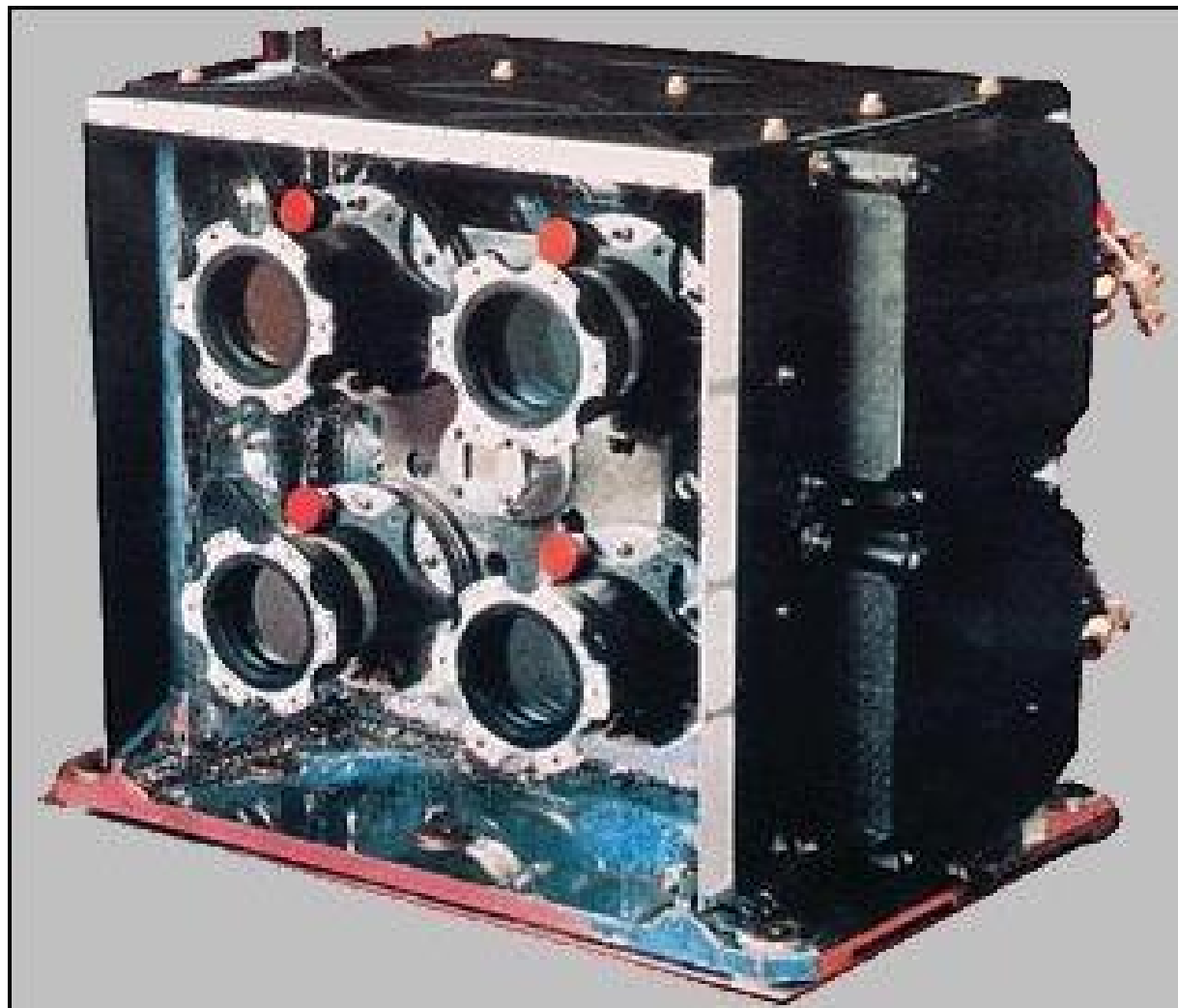
# IRS-1C/1D (PAN) Camera



# IRS-1C/1D (LISS-3 ) (Linear Imaging Self-Scanning Sensor) Camera

Spectral bands (4)	B2: 0.52 - 0.59 $\mu\text{m}$ (VNIR) B3: 0.62 - 0.68 $\mu\text{m}$ (VNIR) B4: 0.77 - 0.86 $\mu\text{m}$ (VNIR) B5: 1.55 - 1.75 $\mu\text{m}$ (SWIR)
Spatial resolution	23.5 m (VNIR) and 70.5 m (SWIR)
Swath width	142 km (VNIR) and 148 km (SWIR), FOV= $\pm 5^\circ$
Repetition cycle	24 days
Focal length of optics system	346 mm for each VNIR band, 300 mm for SWIR band
Data quantization	7 bit (resolution of 128 grey levels)
Instrument mass, power	171 kg, 74-78 W

# IRS-1C/1D (LISS-3) Camera



# IRS-1C/1D WiFS (Wide Field Sensor) camera

Spectral bands	0.62 - 0.68 $\mu\text{m}$ , 0.77 - 0.86 $\mu\text{m}$
Spatial resolution	188 m
Swath width	810 km
Repetition cycle	5 days
Detector array	2 x 2048 pixels
Data quantization	7 bit (radiometric resolution of 128 grey levels)
Data rate	2.06 Mbit/s



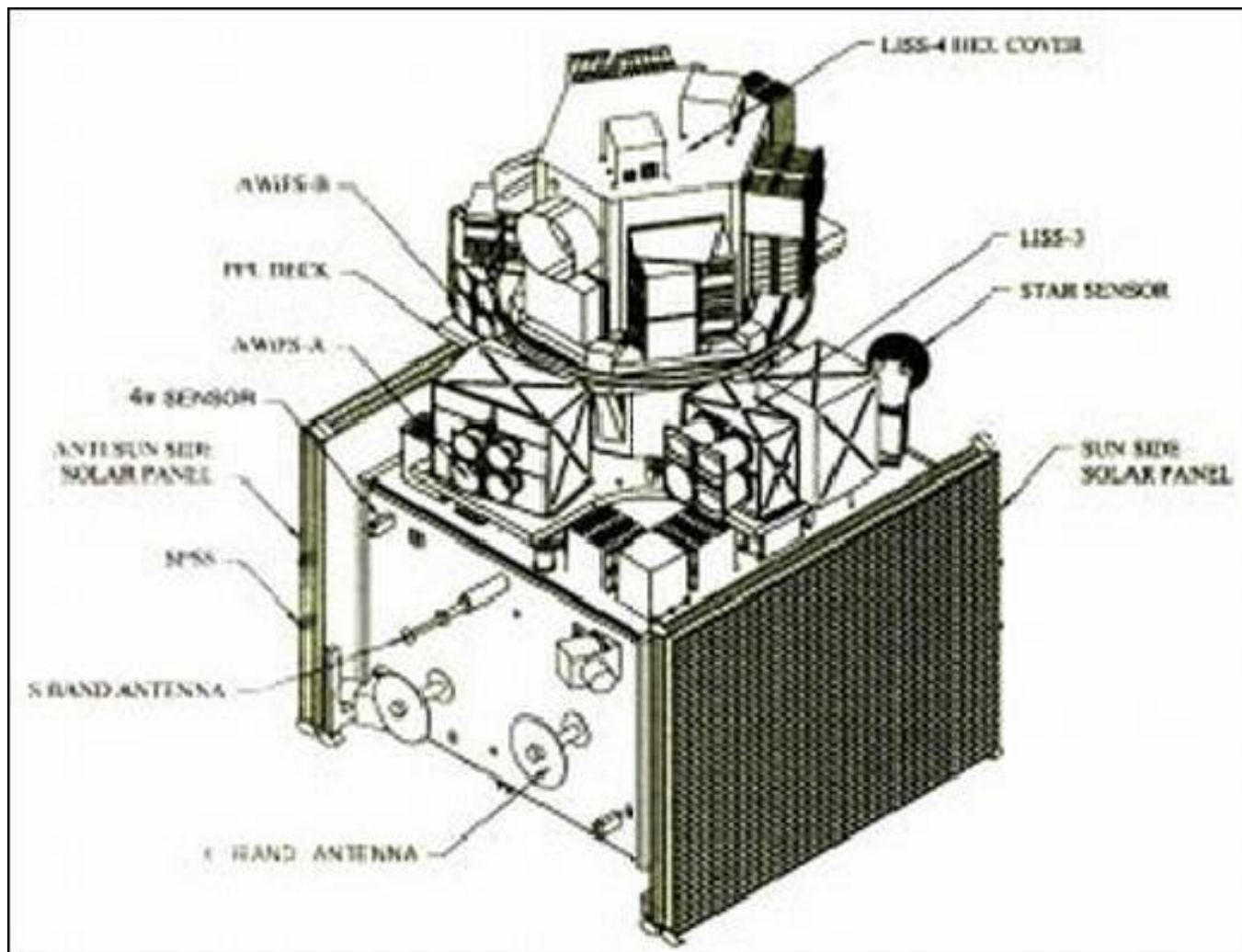
# IRS-1C/1D WiFS (Wide Field Sensor) camera



# IRS-P6



# IRS-P6



# IRS-P6

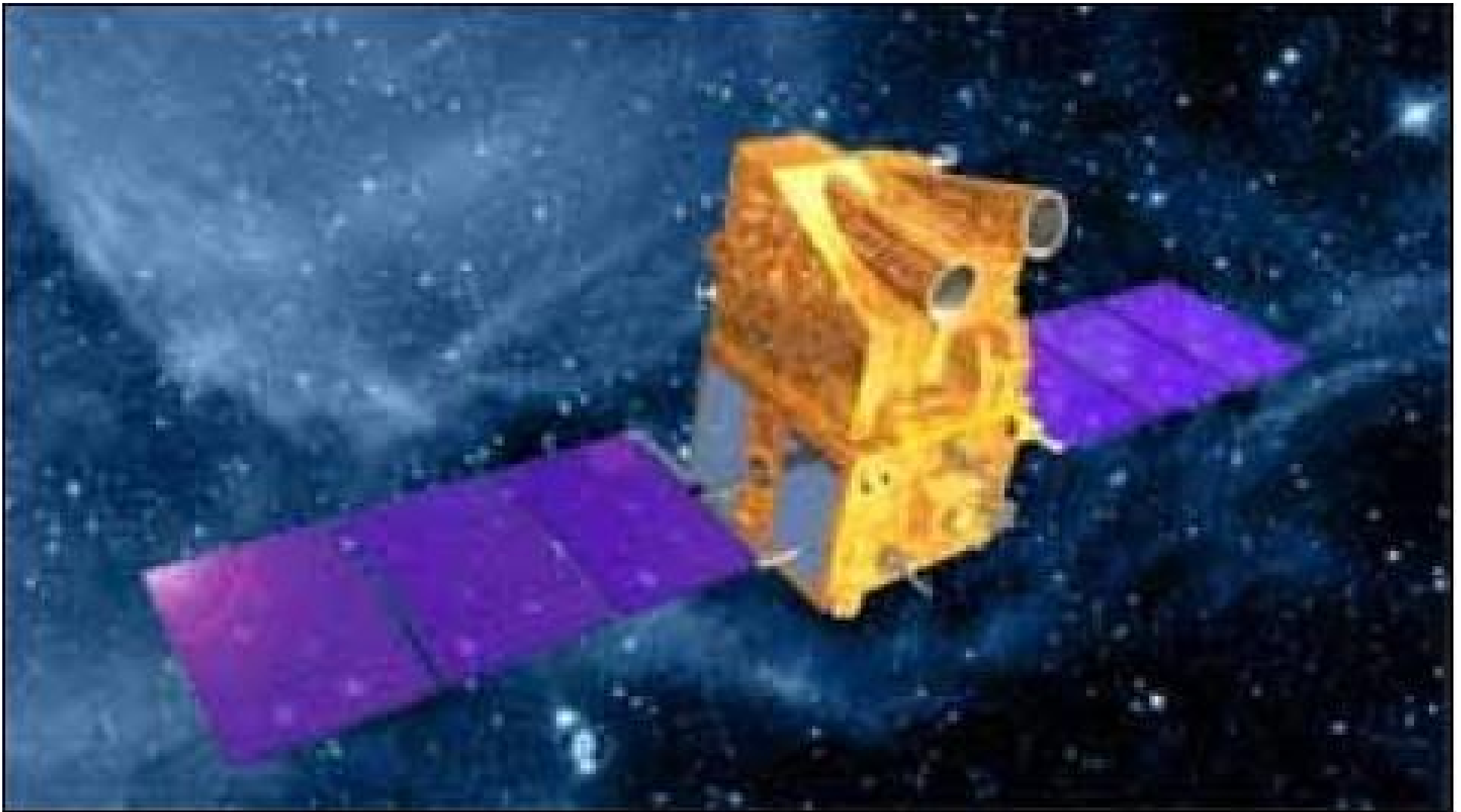
- Launch: A launch of the IRS-P6 satellite took place Oct. 17, 2003 on a PSLV launcher from SHAR (Satish Dhawan Space Centre, Sriharikota), India.
- Orbit: Sun-synchronous orbit, altitude = 817 km, inclination =  $98.69^\circ$ , period = 101.35 min, local time of equator crossing at 10:30 AM on descending node. The ground track is maintained within  $\pm 1$  km. The achieved IRS-P6 injected orbit was estimated as 815.417 km x 831.668 km with an inclination of  $98.805^\circ$ . The target orbit was achieved by performing three in-plane and five combined (in-plane and out-of-plane) maneuvers. A total of eight orbit acquisition maneuvers, starting from Oct. 20 to Nov. 29, 2003 were performed for obtaining "locked-path" and "frozen-perigee" orbits. Path locking was done on Nov. 29, 2003.

# IRS-P6 (instrument parameters)

Parameter/Instrument	LISS-4	LISS-3	AWiFS
Spatial resolution	5.8 m	23.5 m	56 m (nadir)
Spectral bands ( $\mu\text{m}$ )	B2: 0.52-0.59, (G) B3: 0.62-0.68, (R) B4: 0.77-0.86 (NIR)	B2: 0.52-0.59, (G) B3: 0.62-0.68, (R) B4: 0.77-0.86, (NIR) B5: 1.55-1.70 (SWIR)	B2: 0.52-0.59, (G) B3: 0.62-0.68, (R) B4: 0.77-0.86, (NIR) B5: 1.55-1.70 (SWIR)
Swath width	23.9 km (MS) 70 km (PAN)	141 km	740 km
Detector line arrays x No of elements	1 x 12,288 PAN 3 x 12,288 MS	4 x 6,000	4 x 2 x 6,000
Data quantization	10 bit	7 bit (VNIR), 10 bit (SWIR)	10 bit
Instrument mass	169.5 kg	106.1 kg	103.6 kg
Date rate	105 Mbit/s	52.5 Mbit/s	52.5 Mbit/s



# IRS-P5 (Indian Remote Sensing Satellite-P5) / CartoSat-1



# IRS-P5 (Indian Remote Sensing Satellite-P5) / CartoSat-1

IRS-P5 is a spacecraft of ISRO (Indian Space Research Organization), Bangalore, India. The objectives of the IRS-P5 mission are directed at geo-engineering (mapping) applications, calling for high-resolution panchromatic imagery with high pointing accuracies. The spacecraft features two high-resolution panchromatic cameras that may be used for in-flight stereo imaging. Hence, IRS-P5 is also referred to as CartoSat-1. In this mission, the high resolution of the data (2.5 m GSD) is being traded at the expense of multispectral capability and smaller area coverage, with a swath width of 30 km. The data products are intended to be used in DTM (Digital Terrain Model)/DEM (Digital Elevation Model) generation in such applications as cadastral mapping and updating, land use as well as other GIS applications.

# IRS-P5 (Indian Remote Sensing Satellite-P5) / CartoSat-1

- Launch: A launch of the IRS-P5 spacecraft took place on May 5, 2005. The launch was on a PSLV launch vehicle of ISRO from the SDSC (Satish Dhawan Space Centre) Sriharikota launch site on the east coast of India. A secondary payload on this flight was Hamsat (VUSat) of AmSat India with a launch mass of 43.5 kg. Hamsat carries two transponders in UHF band to provide spaceborne radio amateur services to India and the international Ham radio community.
- RF communications of CartoSat-1: Payload data transmission is in X-band (2 carriers, one for each camera, QPSK modulated, single polarized) at 105 Mbit/s. A new electronically steerable beam phased-array antenna system has been implemented to transmit the payload data. An onboard solid-state recorder of 120 Gbit capacity is used for payload data recording (up to 9.5 min of observations). - The spacecraft is being operated by ISTRAC (ISRO Telemetry, Tracking and Command Network) of Bangalore, using its network of stations at Bangalore, Lucknow, Mauritius, Bearslake in Russia and Biak in Indonesia. NRSA (National Remote Sensing Agency) of Hyderabad is receiving the payload data and is the processing center for the CartoSat-1 mission.
- Orbit: Sun-synchronous circular orbit, altitude = 618 km, inclination =  $97.87^\circ$ , period of 97 min, nodal equatorial crossing time on ascending node at 10:30 hours. The orbital revisit cycle is 116 days. However, a revisit capability of 5 days is provided by the body-pointing feature of the spacecraft about its roll axis by  $\pm 26^\circ$ .

# IRS-P5 (CartoSat-1)

Parameter	PAN-F Camera	PAN-A Camera
Spectral range	500 - 850 nm	500 - 850 nm
Along-track tilt angle	+26°	-5°
Spatial resolution <sub>(cross-track*along-track)</sub>	2.5 m x 2.78 m	2.22 m x 2.23 m
Radiometric resolution	10 bit	
SW (for stereo imagery)	30 km	27 km
SW (for monoscopic observation mode)	55 km (with swath overlaps)	
CCD array (No of arrays x No of elements)	1 x 12,288	1 x 12,288
Detector element size	7 μm x 7 μm	7 μm x 7 μm
Telescope aperture diameter	50 cm	
No of mirrors	3	
Effective focal length	1980 mm	
F number	f/4.5	
FOV (Field of View)	±1.08°	
Nominal B/H ratio for stereo	0.62	

# CartoSat-2





# CartoSat-2

- CartoSat-2 is a direct follow-on satellite to CartoSat-1 (IRS-P5) of ISRO, Bangalore, India. The objective is to provide high-resolution imagery ( $\leq 1$  m, with an event monitoring capability) from a highly agile spacecraft.
- Note: The IRS (Indian Remote Sensing Satellite) series experienced a transition from the earlier generic purpose satellites (labeled as the P-series) to theme-oriented satellites like CartoSat, EduSat, OceanSat, Metsat etc. Hence, ISRO management decided not to affix the 'P' in the IRS series anymore, though they do constitute part of the IRS constellation of satellites.

# CartoSat-2

- Launch: A launch of CartoSat-2 took place on January 10, 2007 on the PSLV-C7 launcher from SDSC (Satish Dhawan Space Center), Sriharikota Range, India (680 kg). - For the first time, a DLA (Dual Launch Adopter) was used in a PSLV vehicle to accommodate the payloads. CartoSat-2 was mounted on top of DLA.
- Orbit: Sun-synchronous near-circular orbit, altitude = 635 km, inclination =  $97.92^\circ$ , period of 97.4 min, nodal equatorial crossing time on descending node at 9:30 hours.
- RF communications: The imagery is downlinked in X-band (8125 MHz) at a data rate of 105 Mbit/s. The TT&C data link is in S-band (2067 MHz). Both links operate in parallel.

# CartoSat-2

Instrument type	Ritchey-Chretien on-axis obscured reflective telescope system
Instrument mass	120 kg (including electronics)
Instrument size	760 mm diameter, 1600 mm in height
Aperture diameter	700 mm
Focal length	5600 mm
Spectral range	0.5-0.85 $\mu\text{m}$ (panchromatic)
GSD (Ground Sample Distance)	< 1 m
Detector	12,288 element CCD line array
Swath width	9.6 km
Data quantization	10 bit
Source data rate	336 Mbit/s

# IKONOS-2



# IKONOS-2

Band Number	Spectral Range(microns)	Ground Pixel Size (m)
1	0.45 to 0.52	4
2	0.52 to 0.60	4
3	0.63 to 0.69	4
4	0.76 to 0.90	4
5	0.45 to 0.90	1 (PAN)

# IKONOS-2

Swath width:	11 kilometers
Revisit time:	1-3 days
Altitude:	680 kilometers
IFOV at nadir (km):	1m PAN and 4m XS
Off-nadir viewing:	Up to 45 degrees flexible pointing
Inclination:	Sun-synchronous, 98.2 degrees
Equatorial crossing:	Descending node; 10:30am



## *QuickBird-2*

Band Number	Spectral Range(microns)	Ground Pixel Size (m)
1	0.45 to 0.52	2.44
2	0.52 to 0.60	2.44
3	0.63 to 0.69	2.44
4	0.76 to 0.90	2.44
5	0.45 to 0.90	0.61 (PAN)

## *QuickBird-2*

Swath width:	16.5 kilometers
Revisit time:	1-3 days
Altitude:	450 kilometers
IFOV at nadir (km):	0.61m PAN and 2.44m XS
Off-nadir viewing:	Up to 45 degrees flexible pointing
Inclination:	Sun-synchronous, 97.2 degrees
Equatorial crossing:	Descending node; 10:30am

## *OrbView-3*

Band Number	Spectral Range(microns)	Ground Pixel Size (m)
1	0.45 to 0.52	4
2	0.52 to 0.60	4
3	0.63 to 0.69	4
4	0.76 to 0.90	4
5	0.45 to 0.90	1 (PAN)

# *OrbView-3*

Swath width:	8 kilometers
Revisit time:	1-3 days
Altitude:	470 kilometers
IFOV at nadir (km):	1m PAN and 4m XS
Off-nadir viewing:	Up to 45 degrees flexible pointing
Inclination:	Sun-synchronous, 97 degrees
Equatorial crossing:	Descending node; 10:30am

# *EROS-A1*

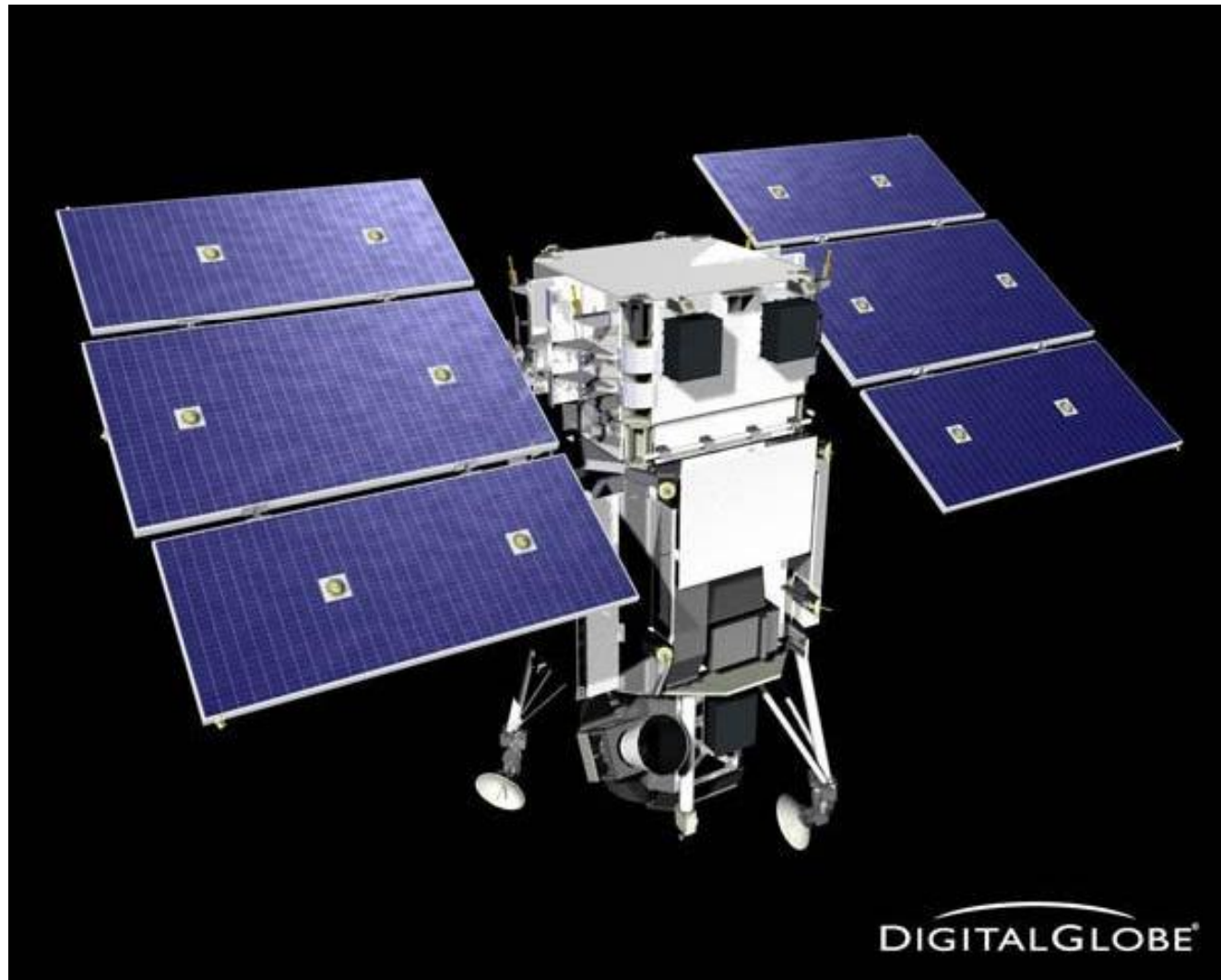
Band Number	Spectral Range(microns)	Ground Pixel Size (m)
1	-	-
2	-	-
3	-	-
4	-	-
5	0.50 to 0.90	1.8 (PAN)

# *EROS-A1*

Swath width:	12.5 kilometers
Revisit time:	1-3 days
Altitude:	480 kilometers
IFOV at nadir (km):	1.8m PAN
Off-nadir viewing:	Up to 45 degrees flexible pointing
Inclination:	Sun-synchronous, 97.3 degrees
Equatorial crossing:	Descending node; 10:30am



# WorldView-1



# WorldView-1

The next-generation commercial imaging satellite of DigitalGlobe Inc. (Longmont, CO, USA) is called WorldView-1, a successor of QuickBird (launch Oct. 18, 2001 - and fully operational as of 2007). In Oct. 2003, DigitalGlobe was awarded a sizeable contract by NGA (National Geospatial-Intelligence Agency) of Washington DC, formerly NIMA (National Imaging and Mapping Agency), to provide high-resolution imagery from the next-generation commercial imaging satellites.

# WorldView-1

The NGA requirements call for imagery with a spatial resolution of 0.5 m panchromatic and 2 m MS (Multispectral) data. The contract award was made within NGA's NextView program, designed to give the US commercial imaging satellite operators the financing to build their satellites for high-resolution imaging. The WorldView mission is intended to provide imaging services to NGA as well as to the commercial customer base of DigitalGlobe

# WorldView-1

- Orbit: Sun-synchronous circular orbit, altitude = 496 km (nominal), inclination =  $97.2^{\circ}$ . The equator crossing time is at 10:30 hours on a descending node. The period is 94.6 minutes. Note: While the low-altitude orbit selection offers better spatial resolutions than a higher one, it requires also more frequent reboosts to maintain the low orbit due to atmospheric drag influences.
- RF communications: The command data are in S-band at 2 or 64 kbit/s. The housekeeping telemetry and tracking is in X-band at 4, 16, or 32 kbit/s of real-time data, or 524 kbit/s of stored data. The imagery is downlinked in X-band at 800 Mbit/s. The S/C provides a data storage capacity of 2.2 Tbit in solid state memory with EDAC (Error Detection and Correction). A total of 331 Gbit of imagery per orbit may be collected. In addition, direct (real-time) downlinks to customer sites are available using the same high-speed 800 Mbit/s X-band link.

# WorldView-1 (Overview of some spacecraft parameters )

S/C bus type	BCP-5000
S/C stabilization	3-axis stabilized using star trackers and IRU for sensing and a CMG (Control Moment Gyro) for actuation
Pointing accuracy	<ul style="list-style-type: none"><li>- Accuracy: &lt;500 m at image start and stop</li><li>- Geolocation accuracy on ground: 5.8-7.6 m without GCP</li></ul>
FOR (Field of Regard)	775 km in cross-track
S/C bus size	3.6 m (height) x 2.5 m (diameter)
S/C launch mass, power	2500 kg, 3.2 kW (EOL)
Mission design life	7.25 years
Payload instrument mass	380 kg

# WorldView-1 (Performance parameters of the camera )

Spectral range (panchromatic)	- 0.45 - 0.90 $\mu\text{m}$
Spatial resolution (GSD)	- 50 cm panchromatic at nadir - 55 cm out to 20° off-nadir
Swath width	- 17.6 km at nadir
Revisit frequency	- 1.7 days at 1 m GSD or less - 5.9 days at 20° off-nadir or less (0.51 m GSD)
Detectors	- Silicon CCD array (8 $\mu\text{m}$ pixel size) with a row of > 35,000 detectors
Data quantization	- 11 bit
Geolocation accuracy (after processing)	- 5.8 to 7.6 m without GCPs - 2 m with GCPs
Instrument mass, power	- 380 kg, 250 W



# WorldView-1 (Performance parameters of the camera )

- The optical subsystem, mounted on an optical bench (with sunshield and internal baffling to suppress stray light), is of Ball design (telescope aperture of 60 cm diameter, lightweight structure, focal length of 8.8 m, the telescope mass is 138 kg, telescope size: 115 cm x 141 cm x 195 cm), providing a FOV (Field of View) of 2.12°.
- The pushbroom imager is rigidly aligned with the S/C axis, providing a nominal body-pointing capability of  $\pm 40^\circ$  into the along-track and cross-track directions (45° max). WV60 may also be used for stereo imaging by slewing the S/C fore and aft. The on-board processor provides real-time radiometric/geometric calibration and image compression for all imaging data. The focal plane array and the compression technique ADPCM (Adaptive Differential Pulse Code Modulation) employed are provided by Kodak. Instrument mass = 380 kg, instrument power = 250 W.

# WorldView-1 (Specification of spectral bands)

Spectral band	Center wavelength (nm)	Minimum lower band edge (nm)	Maximum upper band edge (nm)
Pan (WorldView-1)	650	400	900
Pan (WorldView-2)	625	450	800
MS1 (NIR1)	835	770	895
MS2 (red)	660	630	690
MS3 (green)	545	510	580
MS4 (blue)	480	450	510
MS5 (red edge)	725	705	745
MS6 (yellow)	605	585	625
MS7 (coastal)	425	400	450
MS8 (NIR2)	950	860	1040

# GeoEye-1 (OrbView-5)



# GeoEye-1 (OrbView-5)

GeoEye-1, formerly known as OrbView-5, is the next-generation high-resolution imaging mission of GeoEye, Dulles, VA, USA. In January 2006, the commercial imaging company GeoEye was formed, made up of former Orbimage of Dulles VA, and of former Space Imaging of Thornton, CO (Orbimage acquired Space Imaging in 2005 and gave the merged company the new name of GeoEye). The newly formed GeoEye company is the world's largest commercial satellite imagery provider.

On Sept. 30, 2004, OrbImage was awarded a NextView vendor contract of NGA (National Geospatial-Intelligence Agency). The contract, referred to as NextView OrbImage, provides long-term revenue commitments as well as capital for the development of OrbView-5. NGA's NextView program is designed to give US commercial imaging satellite operators the financing to build their satellites for high-resolution imaging.

GeoEye's principal partners for the development and launch of the GeoEye-1 satellite include General Dynamics (formerly Spectrum Astro), ITT Industries (imager), and Boeing Launch Services. GeoEye's partners for the ground segment include IBM and MDA (MacDonald, Dettwiler and Associates) of Richmond, BC, Canada.

# GeoEye-1 (OrbView-5)

- Orbit: Sun-synchronous circular orbit, altitude = 684 km, inclination =  $98^\circ$ , period = 98 minutes, local equatorial crossing at 10:30 hours, effective revisit time capability  $\leq 3$  days.
- Launch: A launch of GeoEye-1 was happened on September 2008 on a Delta-2 (7420-10) vehicle from VAFB, CA.
- RF communications: The source data are being stored on solid-state onboard recorders of 1.2 Tbit capacity. The downlink of imagery in X-band at 740 Mbit/s (or at 150 Mbit/s), the TT&C data are in S-band. The S/C is being operated from the command and control facility at GeoEye headquarters in Dulles, VA, along with an imagery acquisition station. Three other acquisition stations will be operated or leased by GeoEye in Barrow, AK, Tromsø, Norway and Troll, Antarctica (the TrollSat station is located at  $72^\circ$  S and  $2^\circ$  E). The latter two stations are being leased from KSAT (Kongsberg Satellite Services) of Tromsø, Norway. A total of four stations are needed to handle primary data reception due to the large volume of data that will be captured by the satellite. In addition, GeoEye will continue to support a network of receiving stations owned and operated by local business partners, referred to as Regional Affiliates and Regional Distributors.

# GeoEye-1 (Overview of some spacecraft parameters )

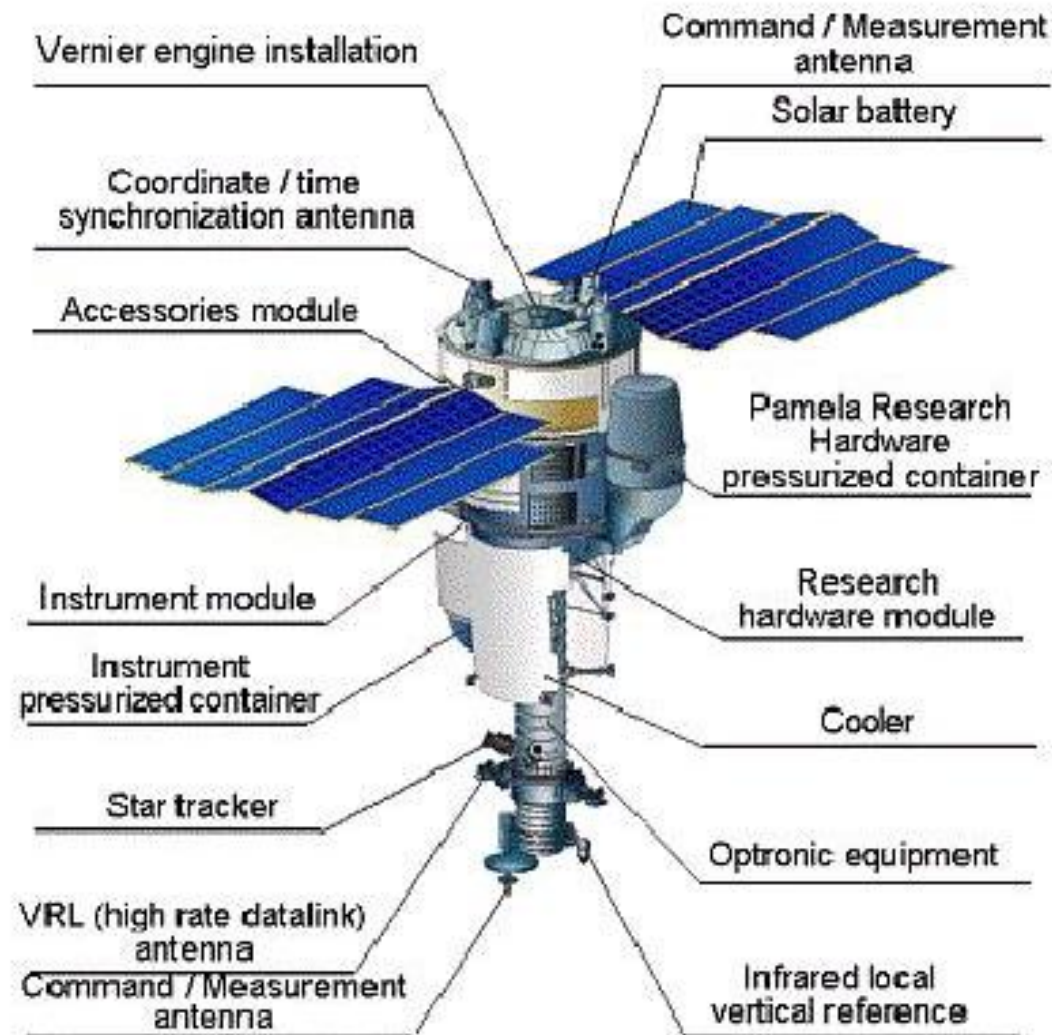
Spacecraft dimensions	- 4.35 m x 2.7 m (stowed configuration)
C&DH (Command & Data Handling) subsystem	<ul style="list-style-type: none"><li>- Standard cPCI backplane/bus, RAD750 CPU, block redundant with automated handover to backup</li><li>- 1 Tbit of onboard storage capacity (EOL)</li></ul>
ADCS (Attitude Determination and Control Subsystem)	<ul style="list-style-type: none"><li>- 3-axis stabilized, (8) high-performance RWAs (Reaction Wheel Assemblies)</li><li>- ZMB (Zero Momentum Bias) stabilization</li><li>- Dual-head star tracker, scaleable space IRU, 10-cell coarse sun sensor, (2) GPS receivers, (3) EM torque rods, and a TAM</li><li>- Bi-axial gimbal drive for antenna pointing</li><li>- Pointing accuracy (<math>3\sigma</math>): 75 arcsec</li></ul>
Spacecraft power	<ul style="list-style-type: none"><li>- Deployable, 7-panel solar array (GaAs), 3862 W EOL</li><li>- Battery of 160 Ah capacity, NiH2 CPV</li></ul>
Launch mass	- 1955 ka (bus mass of 1260 ka)



# GeoEye-1 (Performance parameters of the camera )

Imager type	Pushbroom imager	
Imaging mode	Panchromatic	Multispectral (MS)
Spectral range	450-900 nm	450-520 nm (blue) 520-600 nm (green) 625-695 nm (red) 760-900 nm (near infrared)
Spatial resolution (nadir)	0.41 m GSD	1.64 m GSD
Swath width	15.2 km	
Detectors	Pan: Si CCD array (8 $\mu$ m pixel size & 35,000 detectors) MS: Si CCD 4 arrays (32 $\mu$ m pixel size & 9,300 detectors)	
Data quantization	11 bit	
Geolocation accuracy	$\leq 3$ m (using a GPS receiver, a gyroscope and a star tracker) without any GCP	
Optics	TMA telescope with a d=1.1m, f=13.3 m	
Instrument size	3 m tall	

# Resurs-DK1 (Resurs - High Resolution 1)



# Resurs-DK1 (Resurs - High Resolution 1)

- Resurs-DK1 is Russia's first civil EO (Earth Observation) imaging satellite able of transmitting high-resolution imagery (1 m) to the ground stations as it passes overhead. The spacecraft was designed and built by TsSKB Progress (State Research & Production Space Rocket Center) of Samara (the Samara Space Center location is on the Volga River, about 1000 km southeast of Moscow). Roskosmos is funding the project (owner and operator of the spacecraft), the commercial data distributor is Sovinformsputnik of Moscow.
- The satellite is designed for multispectral and spectrozonal mapping of the Earth's surface in the visible and near IR bands (high terrain resolution and improved geometry and photometry performance, augmented by real-time downlink data transmission). Its data will enable update and improvement of the existing geographic digital maps, offer an opportunity to enter the global market, to conduct surveys, to provide environmental monitoring, and to acquire real-time information on natural disasters or emergencies. Apart from the supply of satellite imagery to civil government authorities, the Resurs-DK1 products are to be marketed on a commercial basis

# Resurs-DK1 (Resurs - High Resolution 1)

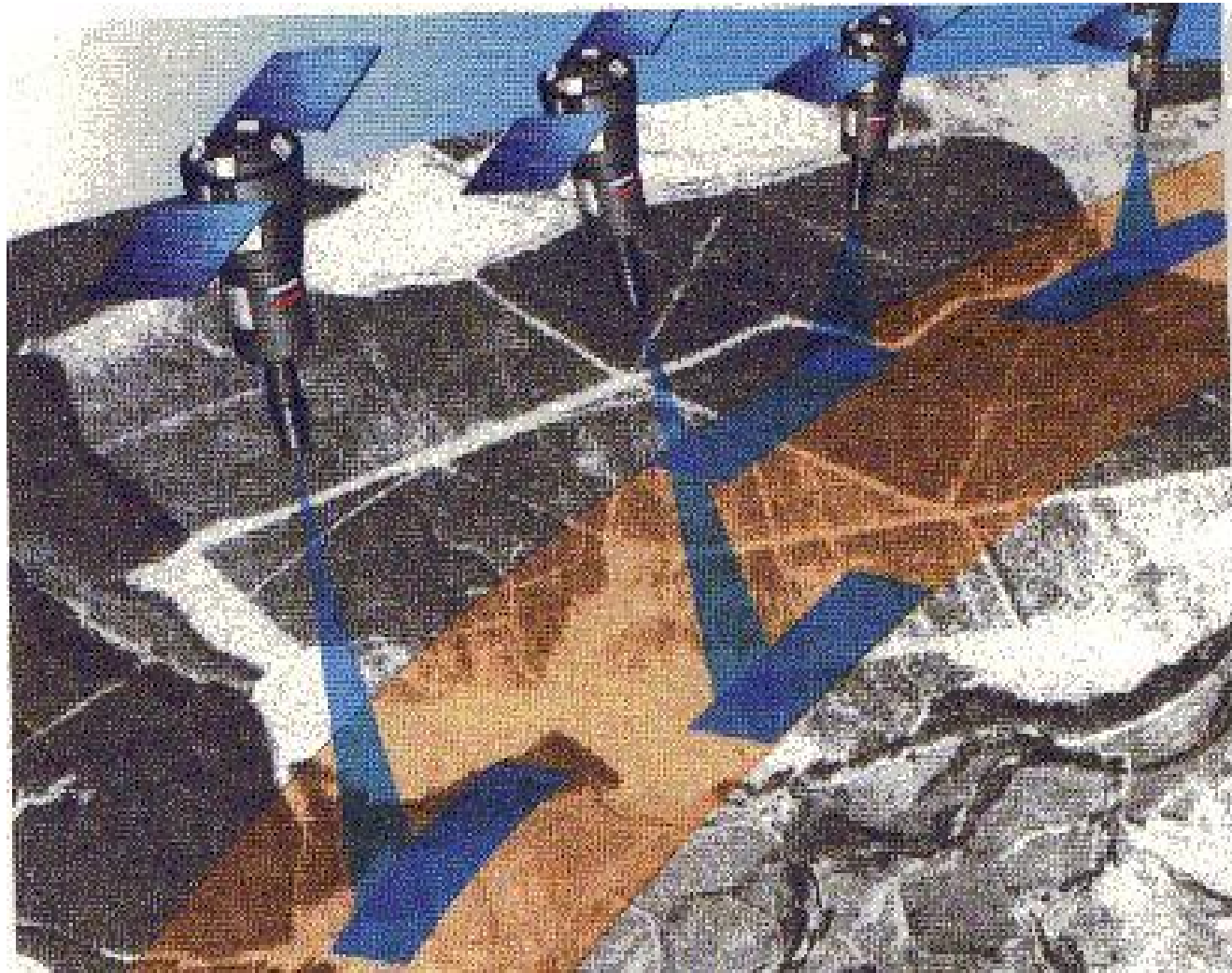
- Launch: A launch of Resurs-DK1 took place on June 15, 2006 on a Soyuz-FG launch vehicle from the Baikonur Cosmodrome, Kazakhstan.
- Orbit: Elliptical semi-polar orbit, altitude of 350-600 km, inclination =  $70.0^{\circ}$ .

# Resurs-DK1 Geoton-1 Imager

Geoton-1 is an optoelectronic pushbroom imaging instrument. The overall objective is high-resolution imagery of the Earth's surface for commercial and research applications. The instrument provides panchromatic and multispectral imagery in a total of 4 bands in the VNIR spectral range. A survey observation mode provides image scenes of up to 2100 km (along-track). The instrument can be tilted in the cross-track direction for an improved FOR (Field of Regard), this is being done by spacecraft body-pointing ( $\pm 30^\circ$ ).

Parameter	Value	Parameter	Value
PAN band	0.58 - 0.8 $\mu\text{m}$	Spatial resolution (PAN)	1 m GSD
MS bands ( $\mu\text{m}$ )	0.50 - 0.60, 0.60 - 0.70, 0.70 - 0.80	Spatial resolution (MS)	2.5-3.5 m
Swath width	28.3 km t at nadir (from a 350 km orbit)	FOR (Field of Regard)	448 km

# Resurs-DK1 Geoton-1 Imager





# RapidEye Earth Observation Constellation

- RapidEye is a full end-to-end commercial Earth Observation system comprising a constellation of five minisatellites, a dedicated SCC (Spacecraft Control Center), a data downlink ground station service, and a full ground segment designed to plan, acquire and process millions of square kilometers of imagery every day to generate unique land information products.

# RapidEye Earth Observation Constellation

- The system is owned and operated by RapidEye AG, a commercial company located in Brandenburg (a city south-west of Berlin), Germany. RapidEye is establishing a global geo-information service. MDA (MacDonald, Dettwiler and Associates Ltd) is the mission prime contractor and was responsible for the delivery of the space and ground segments, launch of the constellation, and on-orbit commissioning and camera calibration. The two major subcontractors to MDA were SSTL (Surrey Satellite Technology Ltd.) for the spacecraft bus, SCC and spacecraft AIT (Assembly, Integration and Test) services, as well as Jena Optronik GmbH (JOP) who provided the 5-band multispectral imager (RGB, red edge, and near IR bands).



View of the five spacecraft at SSTL prior to launch site shipment (image credit: RapidEye)

# RapidEye

- Launch: A single launch of the RapidEye minisatellite constellation on a Dnepr launch vehicle took place on August 29, 2008. The launch provider was ISC (International Space Company) Kosmotras; the launch site was the Baikonur Cosmodrome, Kazakhstan. Fifteen minutes after liftoff, the tracking station in Oman received confirmation that all five satellites had been released from the rocket fairing on schedule. All spacecraft were being placed into slightly different orbits to allow constellation phasing. - The launch of the constellation is regarded a major accomplishment for all parties involved. The EO (Earth Observation) community will benefit from the expected high-resolution multispectral data with short repeat coverage capabilities.

Photo of the RapidEye Dnepr  
launch vehicle at Baikonur

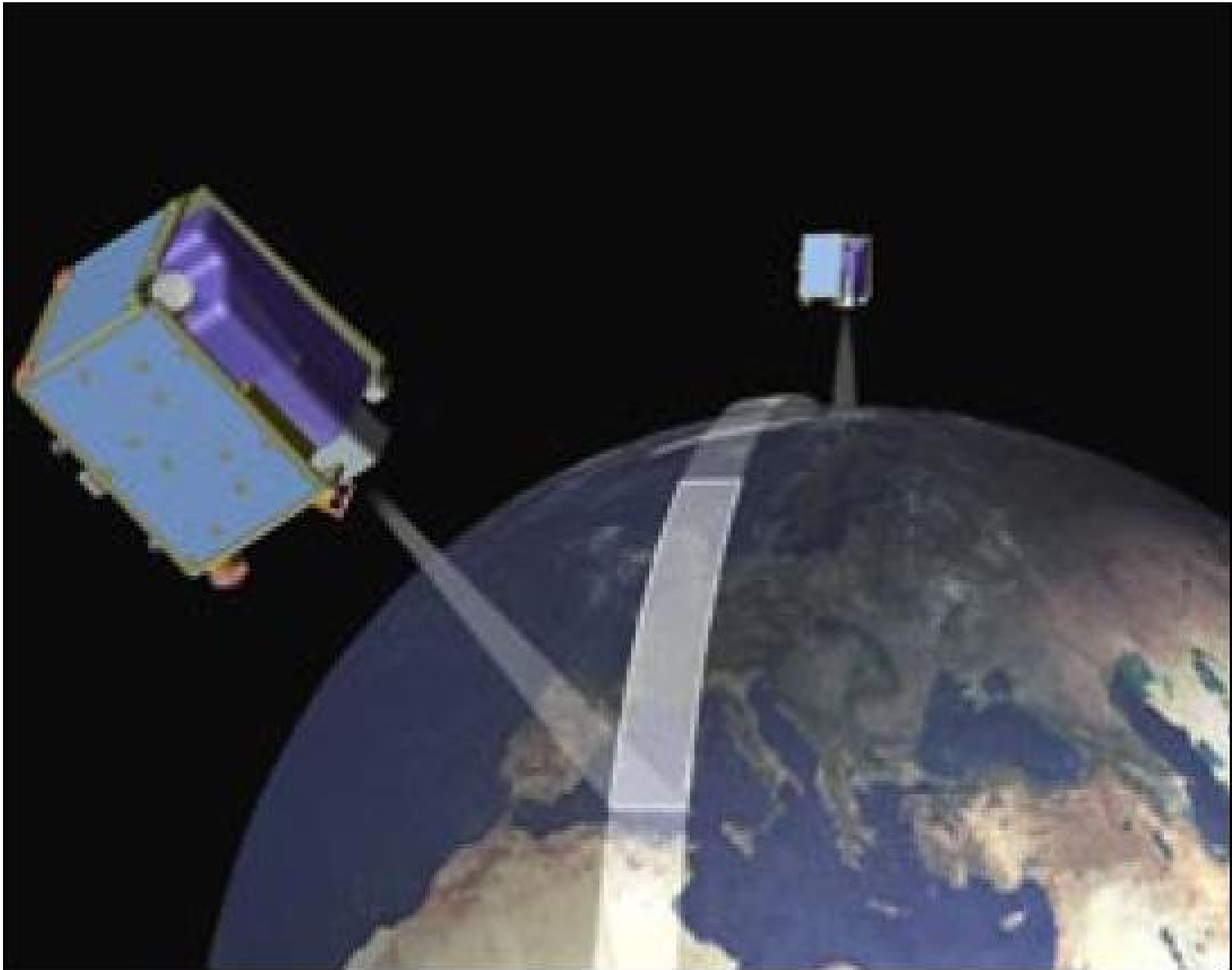
(image credit: SSTL, MDA,  
RapidEye)



# RapidEye

- Orbit: Sun-synchronous orbit (all five satellites are evenly spaced in a single orbital plane), altitude = 630 km ( $\pm 10$  km), inclination =  $98^\circ$ , local equator crossing time at 11:00 hours ( $\pm 1$  hour) on the descending node (LTDN), period = 96.7 min, revolutions/day = 14.89, spacing/orbit =  $24.202^\circ$ . The S/C follow each other in their orbital plane at about 19 minute intervals. The constellation approach in a single orbital plane permits a cumulative swath to be built up (the spacecraft view adjacent regions of the ground, with image capture times separated by only a few minutes). A revisit time of one day can be obtained anywhere in the world ( $\pm 70^\circ$  latitude) with body pointing techniques. The average coverage repeat period over mid-attitude regions (e.g., Europe and North America) is 5.5 days at nadir.





Artist's view of the RapidEye constellation (image credit: RapidEye)

# REIS (RapidEye Earth Imaging System)

- The collector optics utilizes a TMA (Three Mirror Anastigmatic) design - permitting generally larger FOVs (in the range of about 2-12°) than those of Cassegrain or Ritchey-Chrétien systems (FOV of about 2° max). The TMA telescope aperture diameter is 145 mm. The TMA design is based on all-aluminium telescopes. The necessary optical surface quality for applications in the visible range is achieved with ultra-precision milling and polishing techniques. The aluminium mirrors are Ni coated to achieve a suitable surface polishing quality. REIS is a pushbroom instrument which images the Earth's surface in 5 spectral bands over a swath width of 78 km (corresponding to a FOV of  $\pm 6.75^\circ$  about nadir) at a spatial resolution of 6.5 m at nadir. The collector optics image onto five parallel linear 12 k pixel CCD detectors. Filters, placed in close proximity to each CCD line array, separate the spectral imaging bands.

# Spectral parameters of REIS

Band number	Band name	Spectral coverage (nm)
1	Blue	440-510
2	Green	520-590
3	Red	630-685
4	Red edge	690-730
5	NIR (Near Infrared)	760-850

# Comparison of Orbital Parameters of Some High Resolution Space Images

<b>Mission</b>	<b>a (km)</b>	<b>e</b>	<b>h (km)</b>	<b>i (degrees)</b>	<b><math>\omega_p^{(t)}</math> (degrees)</b>	<b><math>\Omega^{(t)}</math> (degrees)</b>	<b>T (min)</b>	<b>n(revolution/day)</b>
<b>SPOT 5</b>	7203.4	0.00007	830.0	98.8	73.13	29.87	101.4	14.2
<b>IRS-P5 (Cartosat-1)</b>	6999.1	0.00006	618.0	97.9	56.07	28.78	97.1	14.8
<b>Cartosat-2</b>	7011.6	0.00002	635.0	97.9	346.99	15.67	97.4	14.8
<b>IKONOS-2</b>	7057.0	0.0001	680.0	98.1	63.90	31.77	98.3	14.6
<b>QuickBird-2</b>	6824.3	0.0002	450.0	97.1	75.77	33.80	93.5	15.4
<b>WorldView-1</b>	6870.6	0.0002	496.0	97.4	54.02	34.44	94.5	15.2
<b>WorldView-2</b>	7145.6	0.0002	770.0	98.6	82.03	30.92	100	14.4
<b>GeoEye-1</b>	7057.0	0.001	684.0	98.1	330.47	31.13	98.3	14.6
<b>RapidEye-5</b>	7007.8	0.002	630.0	98.0	212.98	41.64	97.3	14.8
<b>DubaiSat</b>	7052.0	0.001	680.0	98.1	315.62	211.35	98.2	14.7

# Comparison of Technical Specifications of Some High Resolution Space Images

Mission	Imaging Geometry	Pixel Size ( $\mu$ )	No. of Pixels	h (km)	f (m)	SW (km)	Stereo Viewing	Radiometric Resolution
<b>SPOT-5 (HRG)</b>	Pushbroom	6.5	12000	830	1.082	60	Cross-track ( $\pm 27$ )	8 bits
<b>SPOT-5 (HRS)</b>	Pushbroom	6.5	12000	830	0.580	60	Along-track ( $\pm 20$ )	8 bits
<b>Cartosat-1</b>	Pushbroom	7	12288	618	1.980	30	Along-track(+26,-5)	10 bits
<b>Cartosat-2</b>	Pushbroom	7	12288	635	5.6	9.6	Flexible Pointing	10 bits
<b>IKONOS-2</b>	Pushbroom	12	13500	680	10	11	Flexible Pointing	11 bits
<b>QuickBird-2</b>	Pushbroom	12	27568	450	8.8	16.5	Flexible Pointing	11 bits
<b>Worldview-1</b>	Pushbroom	8	35000	496	8.8	17.6	Flexible Pointing	11 bits
<b>Worldview-2</b>	Pushbroom	8	35000	770	13.3	16.4	Flexible Pointing	11 bits
<b>Geoeye-1</b>	Pushbroom	8	35000	684	13.3	15.2	Flexible Pointing	11 bits
<b>RapidEye</b>	Pushbroom	6.5	12000	630	0.624	77	Cross-track ( $\pm 25$ )	12 bits

---

## پایان جلسه چهارم





مبانی سنجش از دور

## سنجش از دور راداری

فرید اسماعیلی

[Farid\\_63@yahoo.com](mailto:Farid_63@yahoo.com)

[www.faridesm.ir](http://www.faridesm.ir)

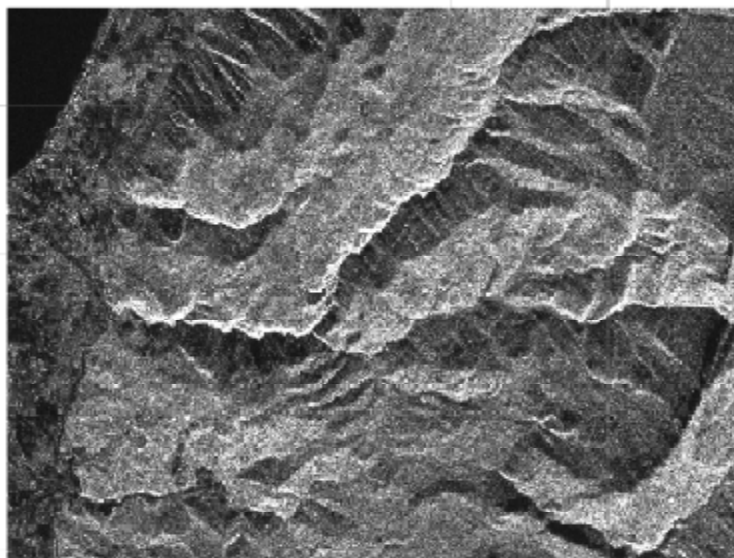
تماس با استاد از طریق پست الکترونیکی

مشاهده اطلاعیه ها، نمرات، دریافت فایل ها در وب سایت

سیستم های راداری از جمله سیستم های فعال به شمار می آیند.

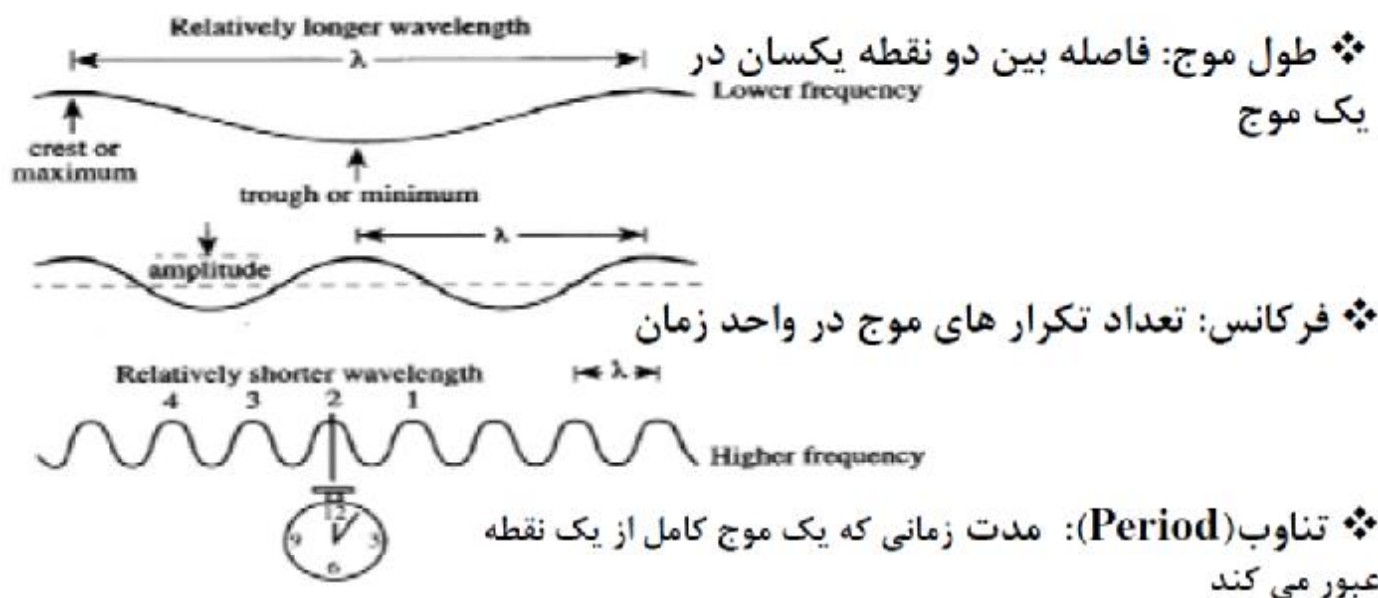
## RADAR (Radio Detection And Ranging)

- یک سنجنده راداری امواج ماکروویو را تولید و به سمت سطح زمین ارسال می کند.
- بخشی از این انرژی از طرف اشیاء به سمت سنجنده بازگشت داده شده و سنجنده آنها را دریافت، اندازه گیری و ثبت می کند.
- اندازه گیری ها به ایستگاه زمینی ارسال شده و در آنجا مورد پردازش قرار می گیرند تا به شکل تصویر راداری تبدیل شوند.
- هرچه مقدار انرژی بازگشتی از یک شیء بیشتر باشد، بر روی تصویر راداری روشن تر دیده شده و بر عکس اگر شیء به واسطه هر دلیلی انرژی کمتری را به سمت سنجنده بازگشت دهد، تیره تر به نظر خواهد رسید.

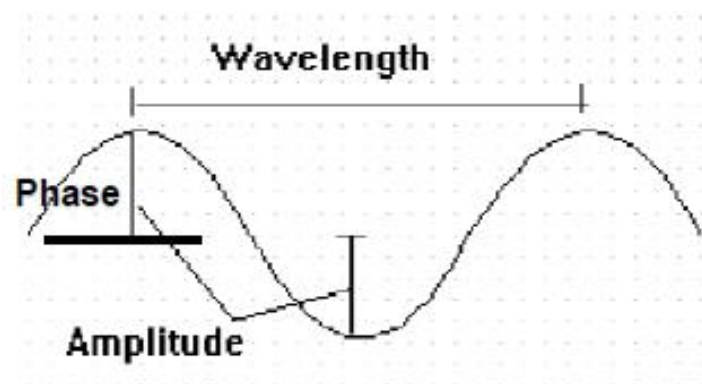


- § قابلیت تصویر برداری در هر شرایط آب و هوایی به علت طول موج بلند سیستم های راداری
- § اخذ داده در طول روز و شب
- § حساسیت به شکل هندسی و توپوگرافی سطح
- § انعطاف پذیری بالا
- § نفوذ جزئی به برخی از اشیاء مانند برف و درخت در برخی از طول موج ها

- اولین نمایش انتقال مایکروویو راداری و بازتاب آن از اجسام مختلف توسط هرتز در سال ۱۸۸۶
- در دهه ۱۹۲۰ و ۱۹۳۰ ، رادارهای زمینی آزمایشی برای تشخیص اجسام در فاصله دور ساخته شدند.
- پس از جنگ جهانی دوم، رادارهای هوایی پهلونگر (SLAR) مورد استفاده قرار گرفتند.
- در دهه ۱۹۵۰ ، پیشرفته‌ها در SLAR حاصل شده و رادارهای دریچه مصنوعی با رزولوشن بالاتر (SAR) ساخته شدند.
- از سال ۱۹۷۷ تا ۱۹۷۹ ، با مشارکت کانادا، اولین ماهواره راداری عمرانی به نام SEASAT توسط آمریکا ساخته و پرتاب گردید.
- در سال ۱۹۹۱ ماهواره راداری ERS-1 توسط سازمان فضایی اروپا ساخته و پرتاب گردید.
- در سال ۱۹۹۲ ماهواره راداری ژاپنی J-ERS به فضا پرتاب شد.
- در سال ۱۹۹۵ ماهواره کانادایی Radarsat پرتاب شد.
- در سال ۲۰۰۲ ماهواره Envisat توسط سازمان فضایی اروپا پرتاب شد.



$$C = \frac{\lambda}{T} \quad \& \quad T = \frac{1}{F} \quad \Rightarrow \quad C = \lambda * f$$



❖ دامنه (Amplitude)

WATT انرژی موج بر حسب مقدار اوج اندازه

❖ فاز (Phase)

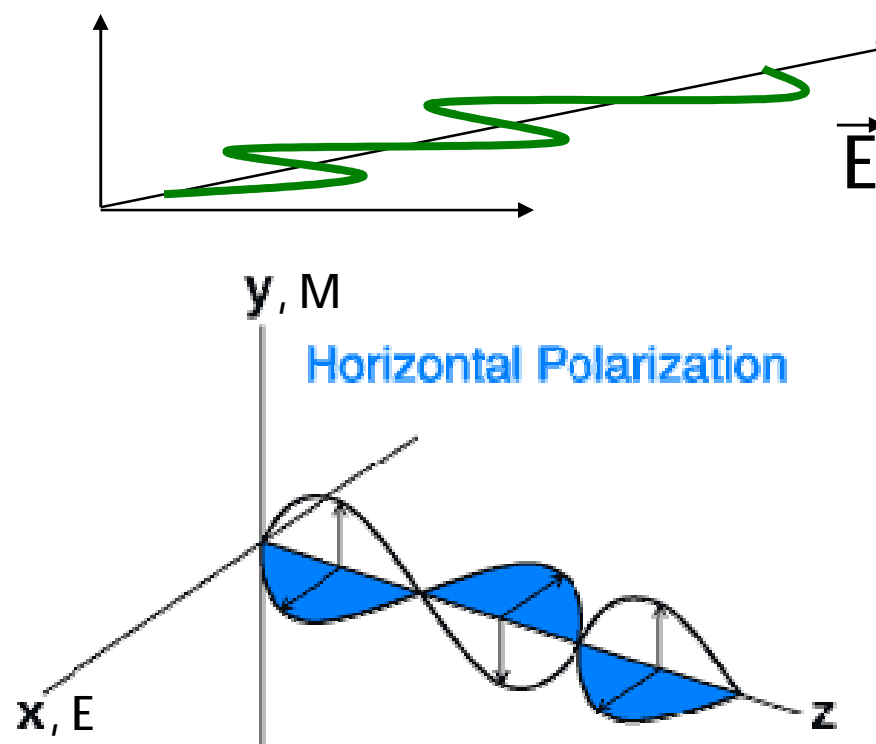
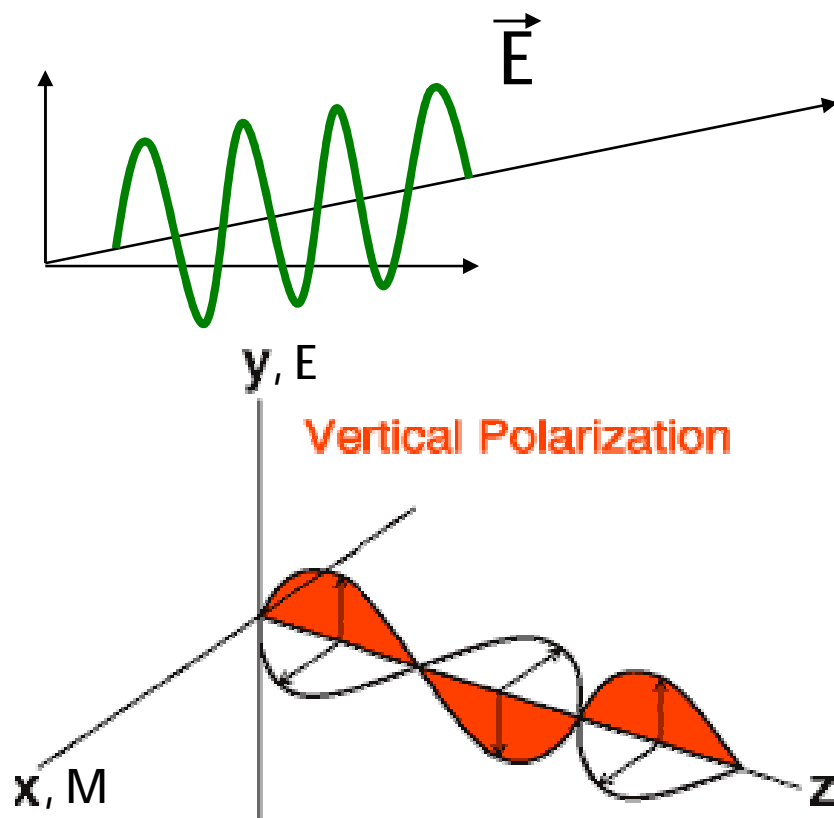
بخشی از پریود است که از زمان شروع موج تا یک نقطه مشخص طول می‌کشد.

## پلاریزاسیون (Polarization)

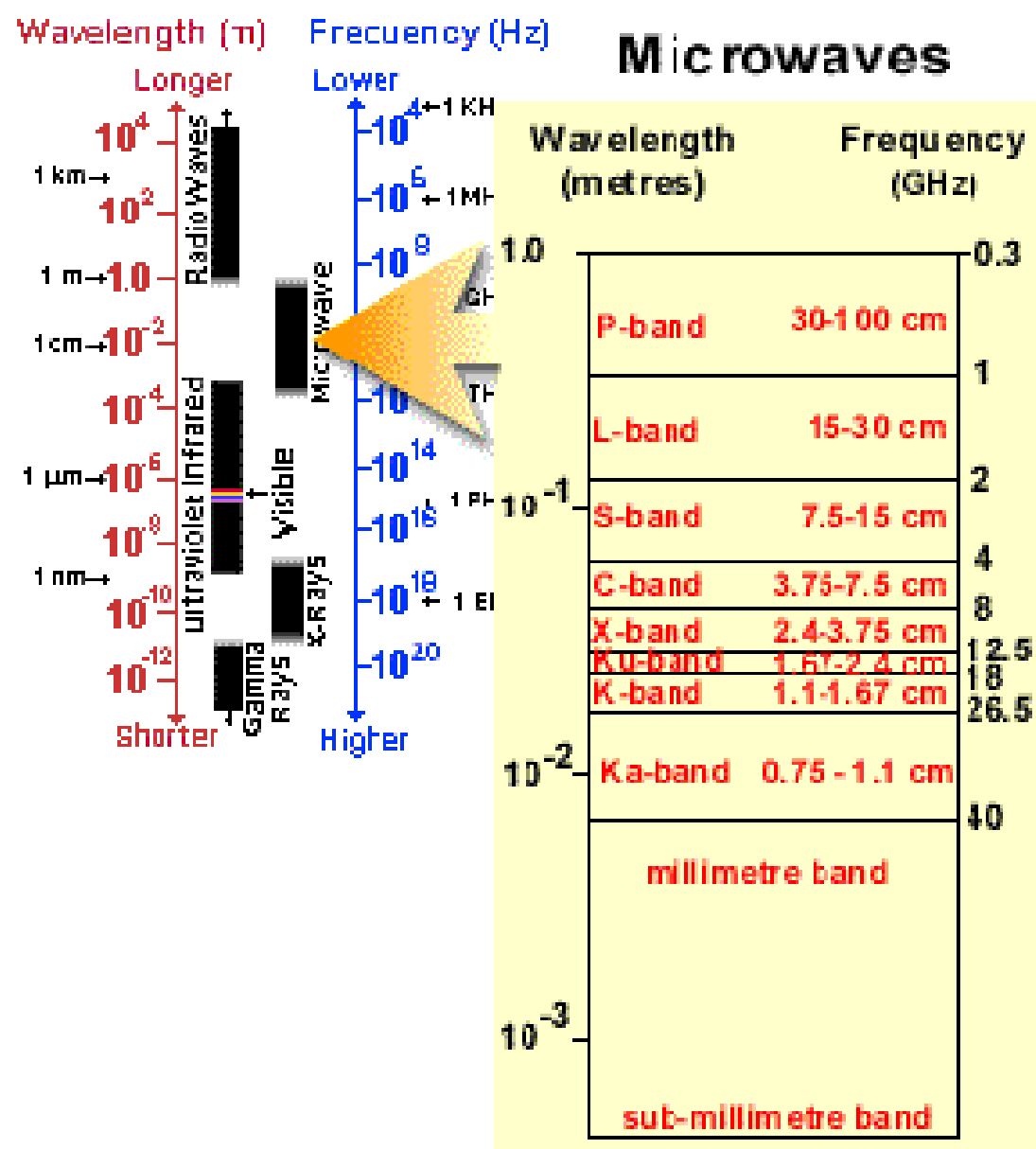
جهت نوسان بردار میدان الکتریکی نسبت به محور انتشار موج (یا به عبارت دقیق‌تر نسبت به سطح مرجعی است که توسط آنتن رادار تعریف می‌شود) می‌باشد.

- پلاریزاسیون افقی Horizontal

- پلاریزاسیون عمودی Vertical



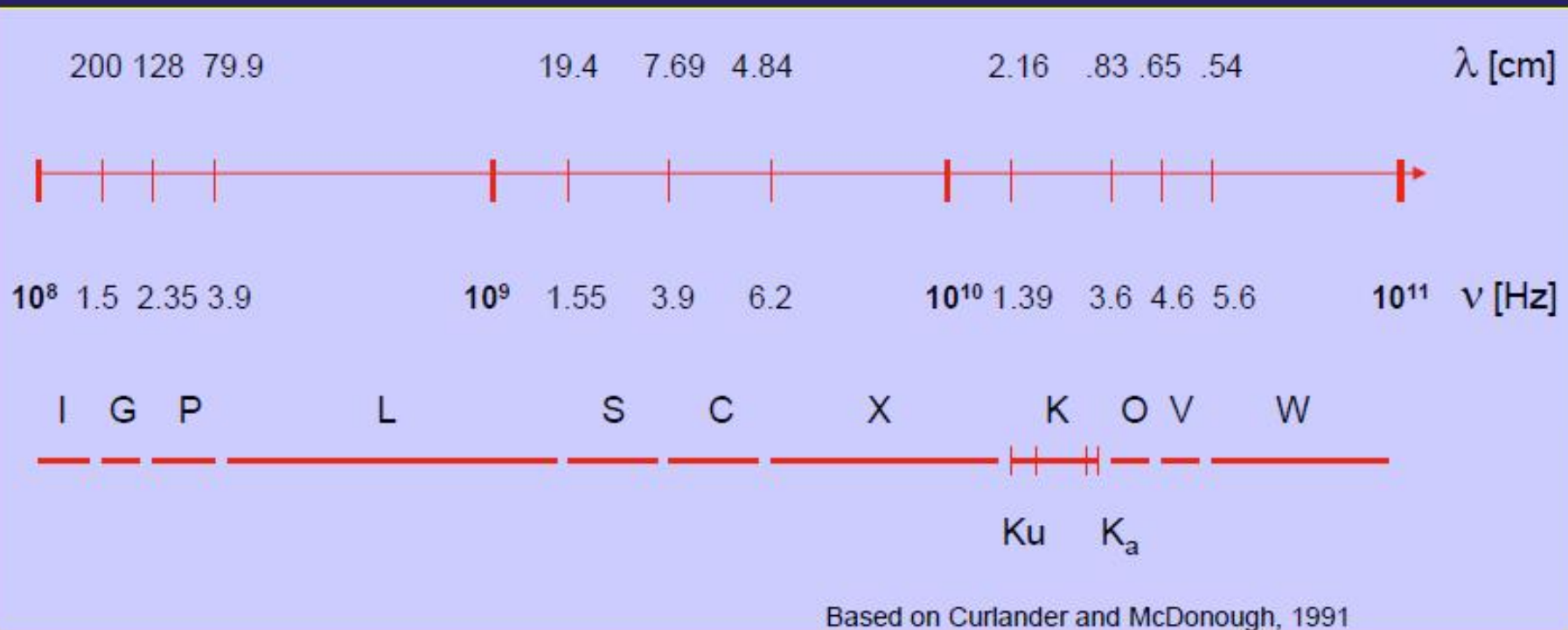
## محدوده طیفی سنجنده های راداری



سنجش از دور راداری موج هایی با فرکانس 0.3 GHz تا 300 GHz معادل طول موج های 1 میلیمتر تا 1 متر را به کار می گیرد.



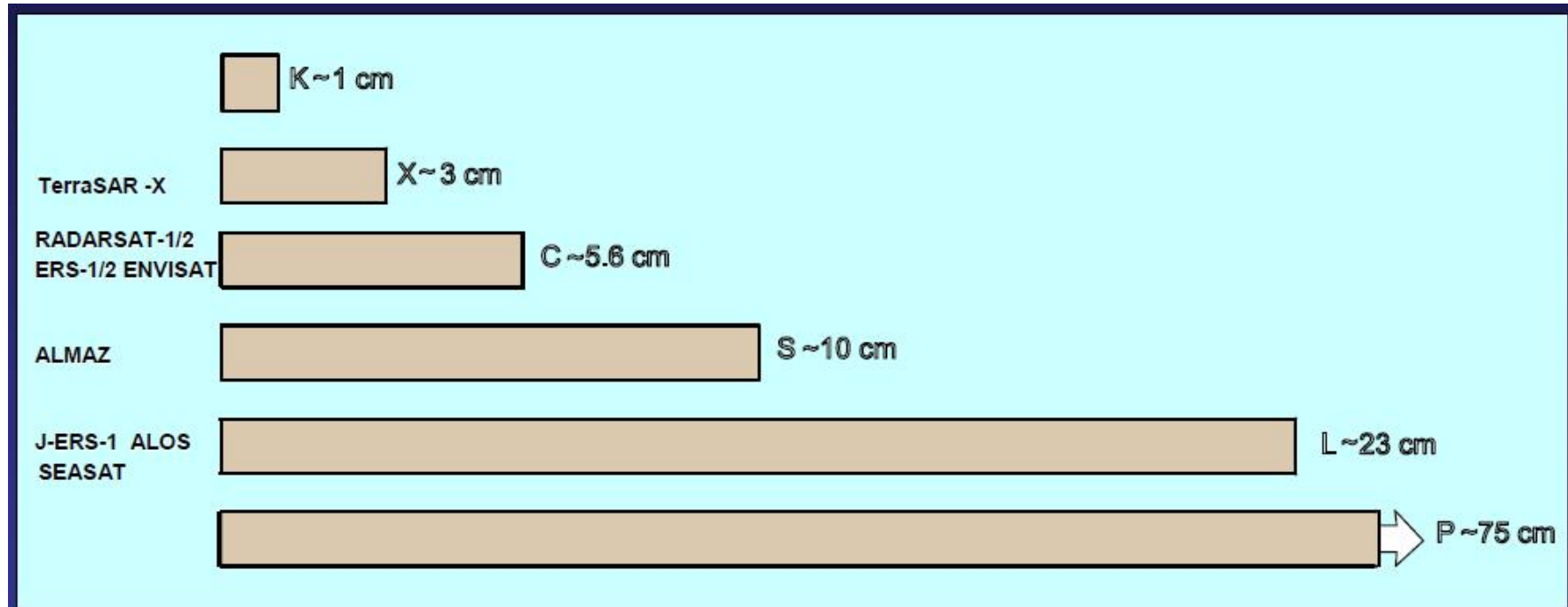
Radar remote sensing uses the microwave portion of the electromagnetic spectrum, from a wavelength of 1 mm to 1 m, or in frequency terms, from 300 GHz to 0.3 GHz.



## انواع باند های راداری که به وسیله حروف نام گذاری شده اند

<i>Radar frequency band</i>	<i>Wavelength (<math>\lambda</math>) (in cm)</i>	<i>Frequency (f) (in MHz)</i>
P	136 - 77	220 – 390
UHF	100 - 30	300 – 1000
L	30 - 15	1000 – 2000
S	15 - 7.5	2000 – 4000
C	7.5 - 3.75	4000 – 8000
X	3.75 - 2.40	8000 – 12500
Ku	2.40 - 1.67	12500 – 18000
K	1.67 - 1.18	18000 – 26500
Ka	1.18 - 0.75	26500 - 4000

## برخی از سنجنده های راداری و محدوده طیفی آنها



## Overview of Microwave Systems

### ◆ Microwave: Passive, Active

#### 1. Passive or radiometers

- Measure the microwave energy that is radiated (by thermal emission) or reflected (from sun or other radiating objects) by Earth's surface or atmosphere.

#### 2. Active such as radar

- Generate its own illumination by transmitting pulse of microwave radiation and then using a specialized receiver system to measure the reflected (scattered) signal from target



---

## **Why Microwave?**

- ◆ **Penetration (cloud, soil, ...)**
- ◆ **All weather**
- ◆ **Anytime (day and night) measurement**
- ◆ **No significant influence of atmospheric parameters**
- ◆ **Specific characteristics of targets**

---

## **Disadvantages**

- ◆ **Data processing**
- ◆ **Large antenna**
- ◆ **Active Microwave systems tend to be the heaviest, largest and most power consuming**
- ◆ **Noises**
- ◆ **Low resolution (passive)**



یک سیستم تصویر برداری راداری از چهار جزء اصلی تشکیل شده است.

۱- فرستنده (Transmitter): سیگنال را تولید و به آنتن ارسال می کند.

۲- آنتن : برای ارسال و دریافت سیگنال به کار می رود.

۳- گیرنده (receiver): سیگنال را از آنتن دریافت نموده و آن را فیلتر و برای ثبت تقویت می کند.

۴- ثبت کننده (Recorder): سیگنالهای دریافتی را ذخیره می کند.

### \* فرایند کلی

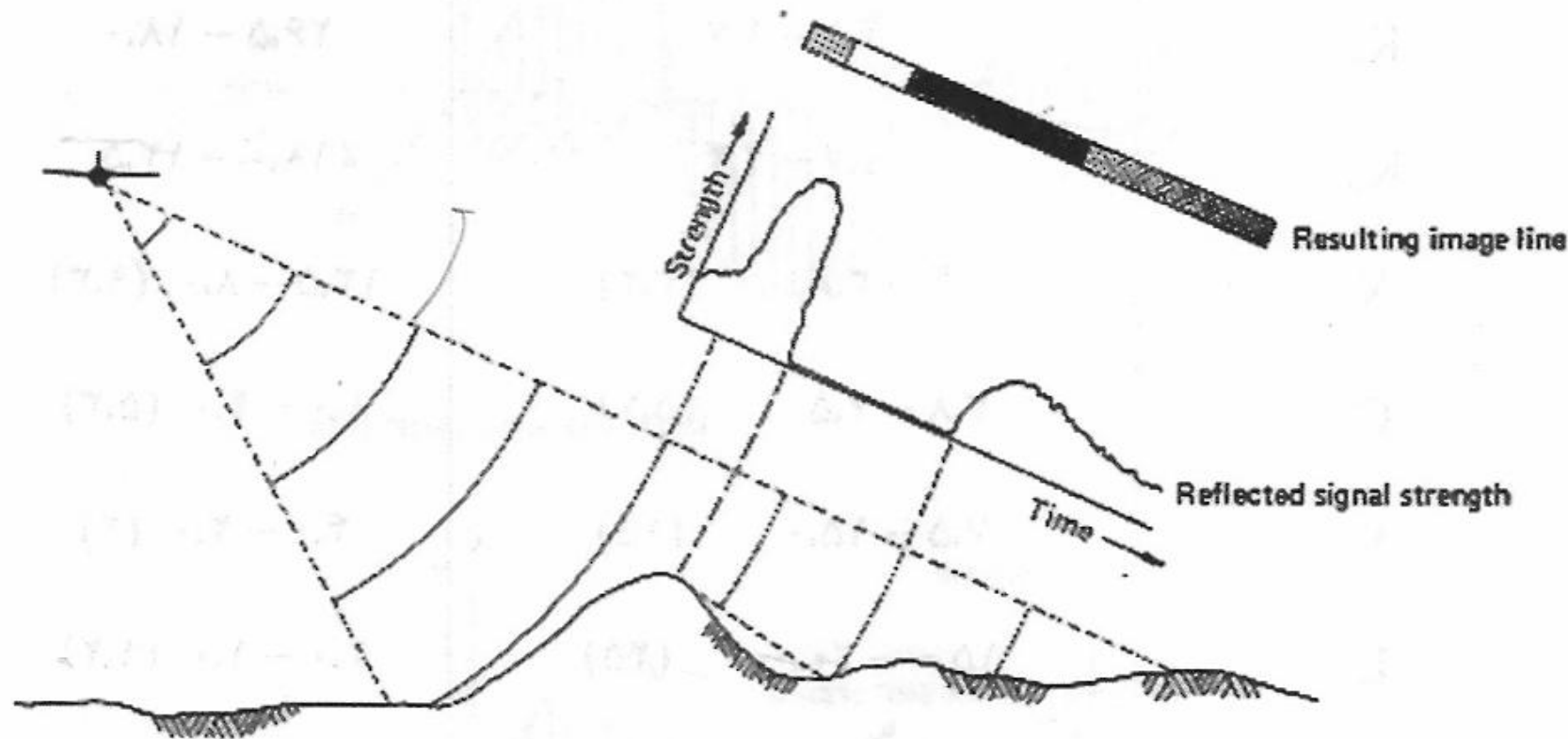
✓ سیگنالها به صورت پالسهای ( با فرکانس ثابت) فرستاده می شوند.

✓ شکل آنتن به گونه ای طراحی می شود که شرایط دلخواه را به وجود آورد. معمولاً این شکل به صورت چهارگوش طراحی می شود.

آنتن ERS-2 SAR به صورت ۱ \* ۱۰ متر است.

✓ سیگنالها به طرف اشیاء فرستاده شده و اشیاء آنها را بازگشت می دهند. این الگوها بوسیله آنتن دریافت شده و پردازش می شود و به صورت زنجیره ای از ارقام و اعداد ذخیره می شود.

- ✓ سیستمهای راداری بر اساس محاسبه فاصله شی تا ماهواره عمل می کنند. موقعیت هر شی نیز به همین صورت ثبت می شود.
- ✓ هر خط معادل ثبت بازگشتیهای یک سیگنال فرستاده شده است. با حرکت ماهواره سیگنالهای پشت سر هم فرستاده شده و خطوط پشت سر هم شکل می گیرند تا کل تصویر را بسازند.



سیستمهای راداری به دو دسته کلی تقسیم بندی می شوند:

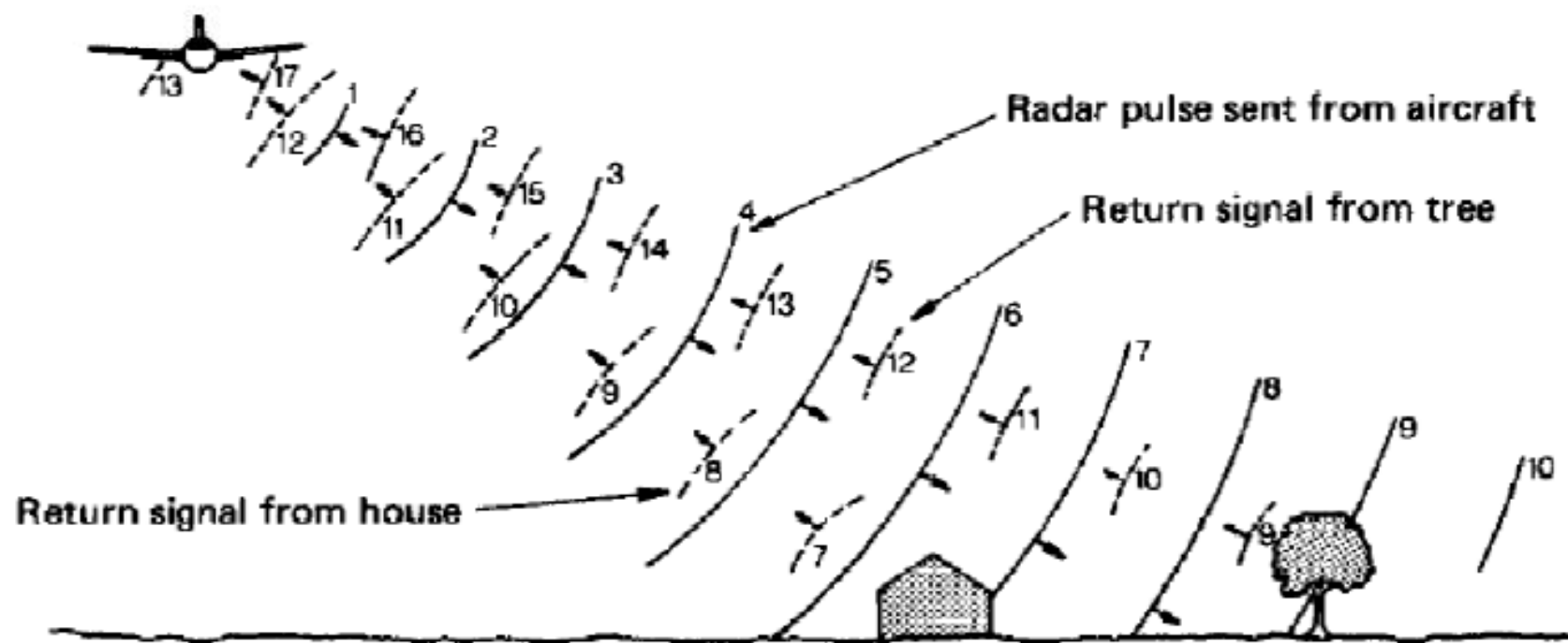
- \* رادار با گشودگی حقیقی ( Real Aperture Radar ( RAR )
- \* رادار با گشودگی مصنوعی ( Synthetic Aperture Radar ( SAR )



Radarsat-1 uses a [Synthetic Aperture Radar](#) (SAR) sensor to image the Earth at a single [microwave](#) frequency of 5.3 GHz, in the [C band](#) (wavelength of 5.6 cm).

## رادار با گشودگی حقیقی

- این نوع سیستمها اولین سیستمهای راداری با آنتن حقیقی بودند.
- اکثرا بر روی هواپیما سوار می شدند و به Side Looking Airborne Radar (SLAR) معروفند.
- در این نوع سیستمها از یک آنتن واقعی با طول محدود استفاده می شود.



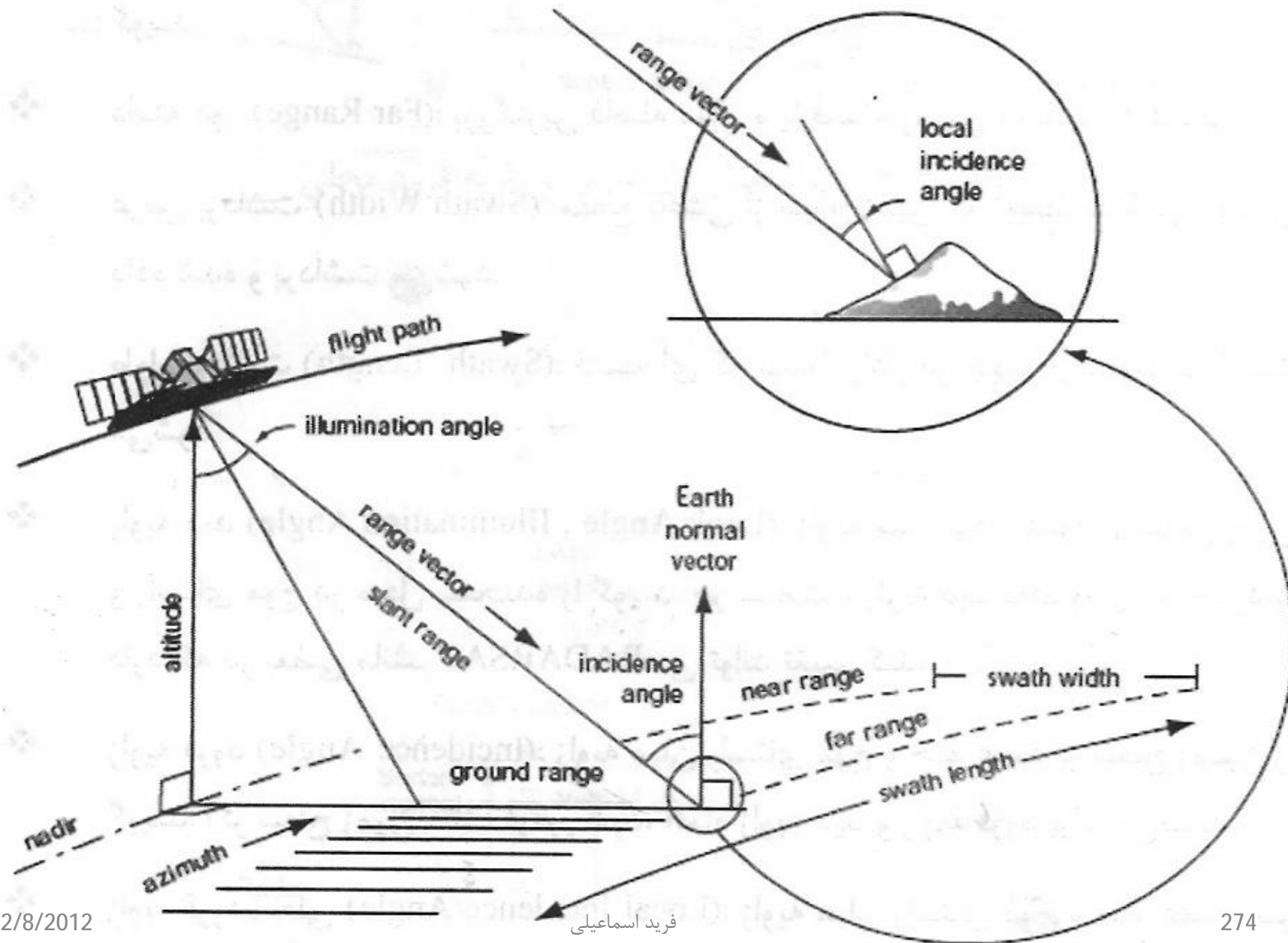


---

## نمونه یک تصویر راداری

---



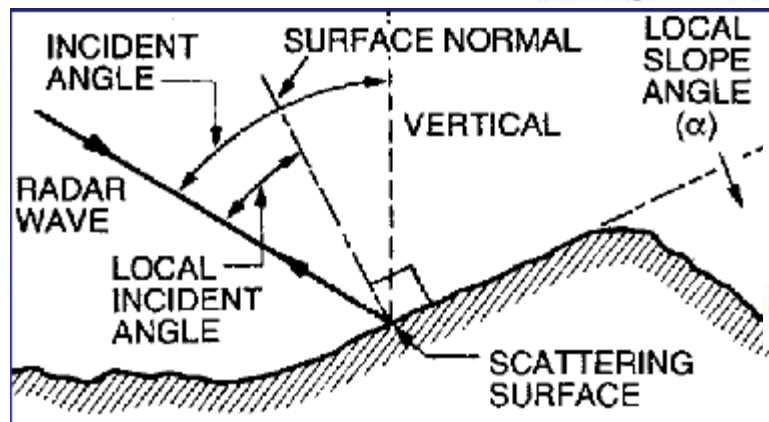




- ❖ ارتفاع (Altitude): فاصله عمودی میان سنجنده و سطح زمین است. این فاصله معمولاً از سطح یک بیضوی و گاه از سطح متوسط دریا ها و یا ژئوئید تعیین و گزارش می شود.
- ❖ نادیر (Nadir): نقطه ای درست در زیر پای سنجنده در سطح زمین است.
- ❖ آزیموت (Azimuth): جهت حرکت سکو را گویند.
- ❖ فاصله مایل (Slant Range): فاصله میان سنجنده تا اشیاء را گویند. همانطور که گفتیم سیستم های تصویر برداری راداری به صورت مایل تصویر برداری می کنند و این جهت مایل که در آن فواصل اندازه گیری می شوند به جهت جانبی یا جهت فاصله (Range Distance) معروف است. سیستم های راداری تمامی پارامترها را در سیستم مختصات جانبی اندازه گیری می کنند.
- ❖ فاصله زمینی (Ground Range): فاصله زمینی معادل فاصله مایل است که فاصله جغرافیایی نیز نامیده می شود.
- ❖ دامنه نزدیک (Near Range): کوچکترین فاصله مایل و یا فاصله زمینی به نادیر را گویند.
- ❖ دامنه دور (Far Range): بزرگترین فاصله مایل و یا فاصله زمینی به نادیر را گویند.

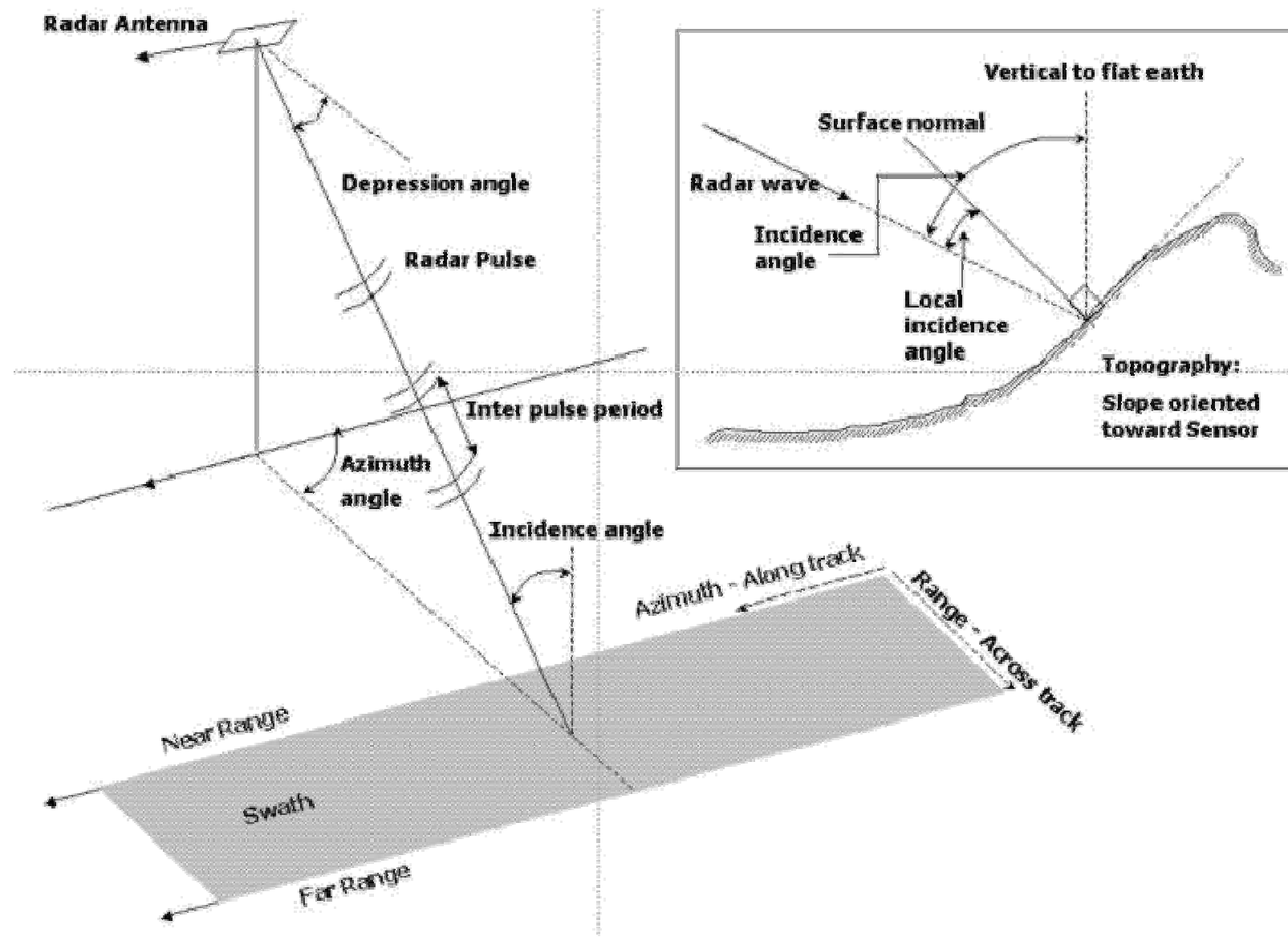
## اصطلاح و پارامتر های مهم در سیستم های راداری

- ❖ عرض برداشت (Swath Width): مقطع بخشی از سطح زمین که توسط سیگنال پوشش داده شده و برداشت می شود.
- ❖ طول برداشت (Swath Length): فاصله ای که توسط رادار در جهت آزیموت برداشت می شود
- ❖ زاویه دید (Look Angle , Illumination Angle): زاویه میان بردار عمود بر سطح زمین و راستای موج در محل سنجنده را گویند. هر سنجنده زاویه دید مخصوص به خود را دارد که در بعضی مانند RADARSAT می تواند تغییر کند.
- ❖ زاویه فرود (Incidence Angle): زاویه میان راستای موج و خط عمود بر سطح زمین را گویند. اگر سطح زمین صاف فرض شود، آنگاه زاویه دید و زاویه فرود برابر می شوند.
- ❖ زاویه فرود محلی (Local Incidence Angle): زاویه میان راستای موج و خط عمود بر هر المان زمین می باشد. زاویه فرود محلی تابعی از زاویه دید و شیب محلی زمین است



\* طول موج

- ◀ نمایش ناهمواریها ( طول موج بزرگ ناهمواریها را پنهان می کند)
- ◀ طول موجهای کوچک معمولا تصاویر سفید تری را باعث می شوند.
- ◀ مقدار نفوذ نیز به طول موج بستگی دارد. ( طول موج بزرگتر ، نفوذ بیشتر)

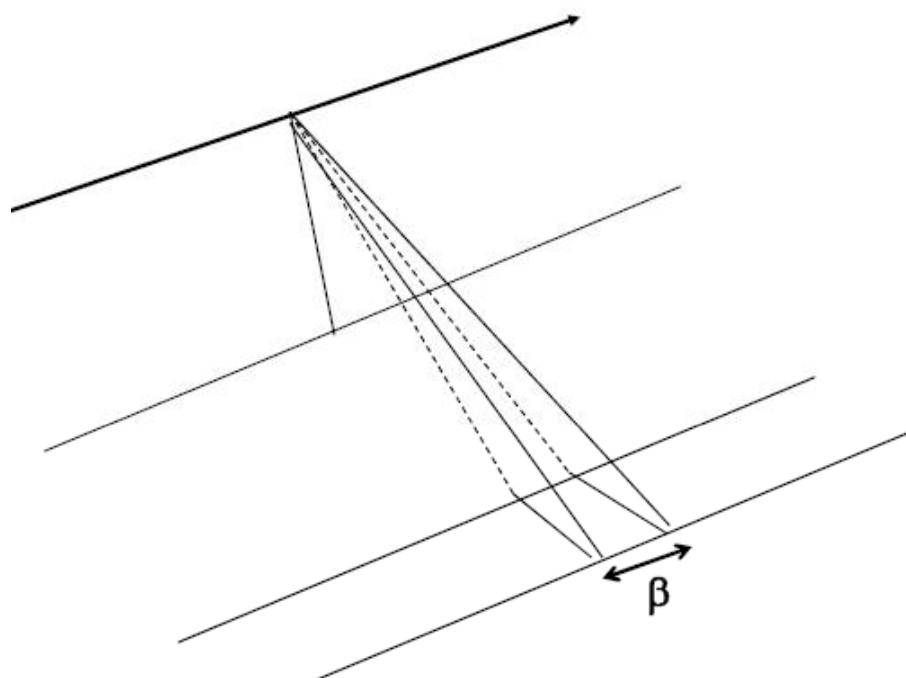


قدرت تفکیک مکانی در سیستم های راداری یکی از مهمترین پارامتر های تعیین کننده قابلیت استخراج اطلاعات از تصاویر است.  
قدرت تفکیک مکانی برای سیستم های راداری عملاً توانایی سنجنده برای تشخیص دو شیء نزدیک به هم به صورت نقاط مجزا تعریف می شود.

انواع قدرت تفکیک مکانی در سیستم های راداری :

-قدرت تفکیک در جهت فاصله مایل یا جهت ارسال موج      Slant Range Resolution  
-قدرت تفکیک در جهت آزیموت یا جهت پرواز      Azimuth Resolution

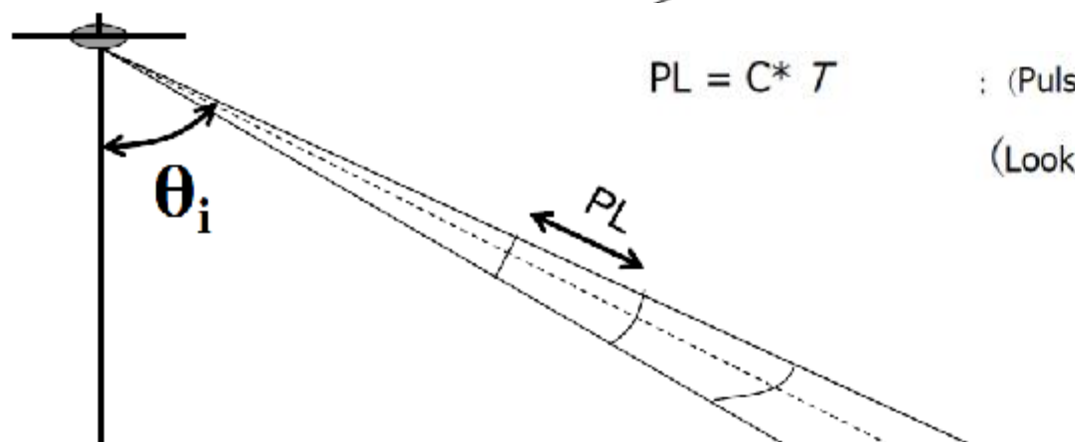
$\beta$  عرض زاویه ای موج نامیده می شود. (Angular Beam Width)



$$PL = C * T$$

PL طول پالس (Pulse Length) :

$\theta_i$  زاویه دید (Look Angle)



- با توجه به دامنه  $\tau$  مدت زمان ارسال  
(مقداری بین 0.4 تا 1 میکرو ثانیه) طول  
پالس تقریباً از 8 تا 210 متر متغیر است

## قدرت تفکیک مکانی در سیستم های راداری با گشودگی واقعی

- قدرت تفکیک در جهت فاصله مایل یا جهت ارسال موج

قدرت تفکیک در جهت عمود بر مسیر پرواز را قدرت تفکیک جانبی می نامند که تابعی از طول پالس است.

$$R_g = \frac{c\tau}{2 \sin(\theta_i)}$$

Rg- قدرت تفکیک جانبی زمینی

-  $\theta$  زاویه دید سنجنده

-  $C$  سرعت نور

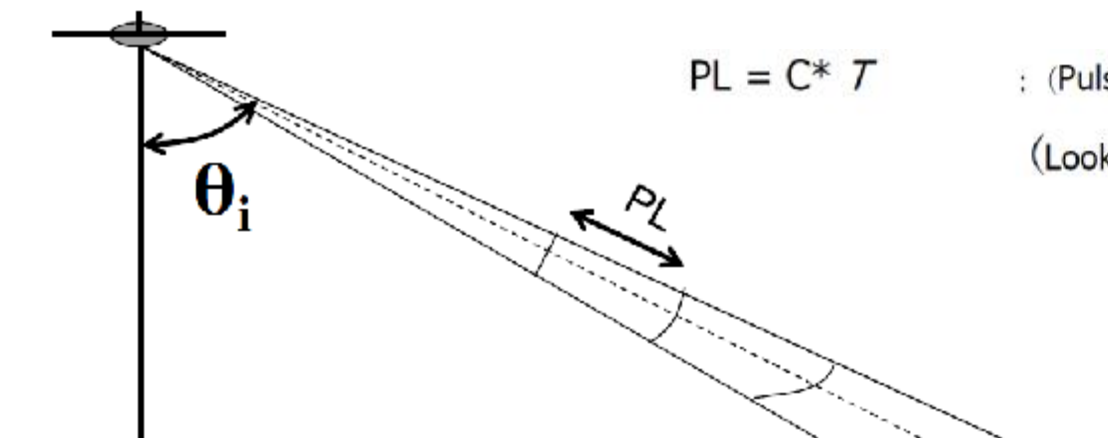
-  $\tau$  مدت زمان ارسال (مقداری بین 0.4 تا 1 میکرو ثانیه)

- تقسیم طول پالس ( $C \times \tau$ ) بر 2 به دلیل این است که سیگنال راداری مسیر خود را دو بار (رفت و برگشت) طی می کند

**V** هرچه طول پالس کوچکتر شود قدرت تفکیک مکانی در جهت فاصله مایل بهتری خواهیم داشت.

**V** چنانچه  $\theta$  به صفر میل کند و یا به بیان دیگر ارسال امواج از حالت مایل به سمت عمود تبدیل شود، قدرت تفکیک کم می شود. (یکی از دلایل برای ارسال امواج به صورت مایل در سیستم های راداری)

**V** هر چه از سنجنده دور شویم یعنی  $\theta$  بزرگ شود، قدرت تفکیک بالاتر می رود.



$$PL = C * \tau$$

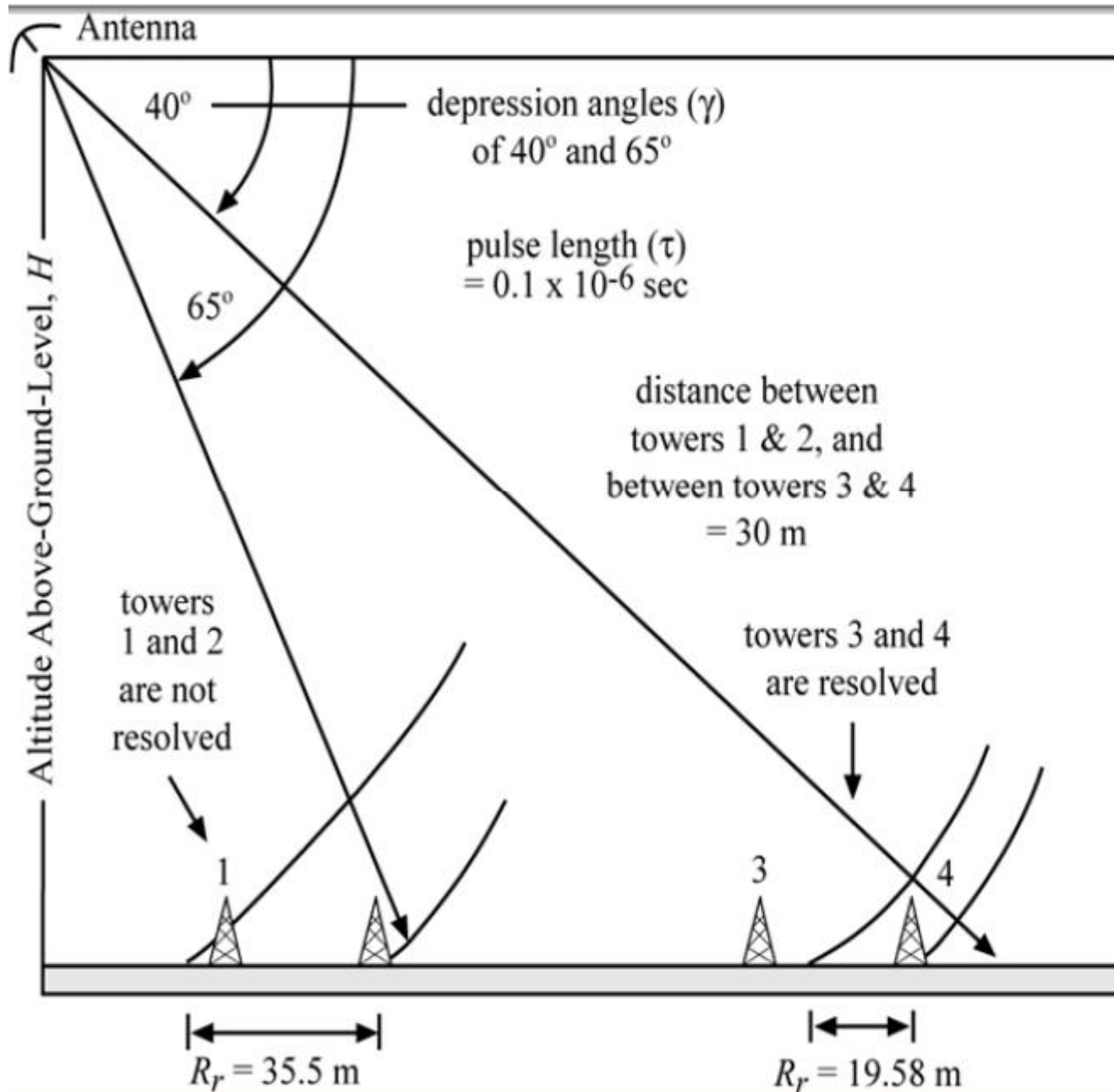
PL طول پالس (Pulse Length) :

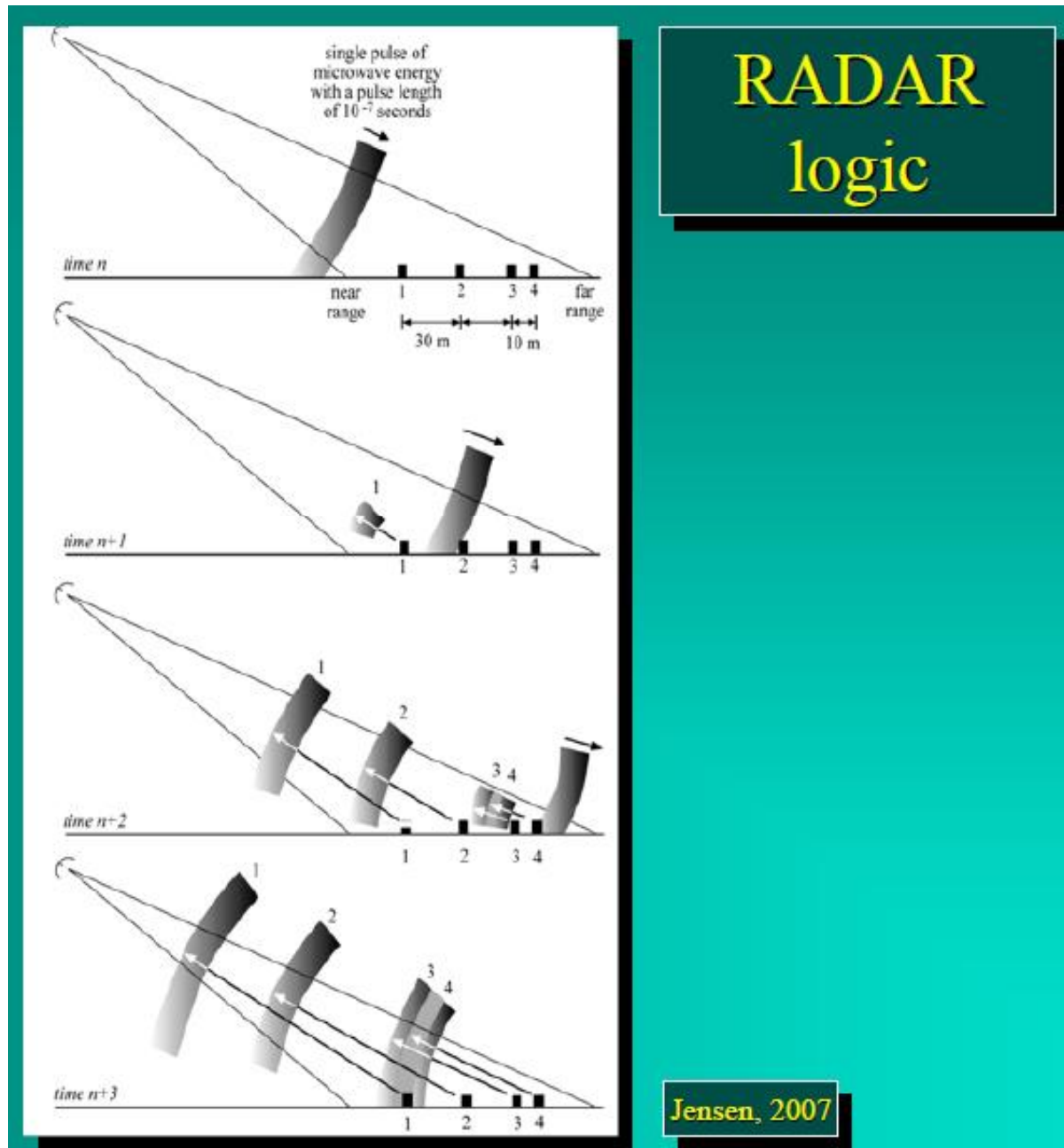
$\theta_i$  زاویه دید (Look Angle)

- با توجه به دامنه  $\tau$  مدت زمان ارسال (مقداری بین 0.4 تا 1 میکرو ثانیه) طول پالس تقریباً از 8 تا 210 متر متغیر است



## Range Resolution





- قدرت تفکیک در جهت آزیموت یا جهت پرواز

-  $R_a$  قدرت تفکیک در جهت آزیموت

-  $\lambda$  طول موج

-  $l$  طول آنتن رادار

-  $R$  فاصله میان آنتن و شیء

-  $\beta$  عرض پالس

$$R_a = \frac{\lambda}{l} R = \beta R$$

✓ هرچه از سنجنده دورتر می شویم مقدار  $R$  بزرگتر می شود. بنابر این قدرت تفکیک در جهت آزیموت با دور شدن از سنجنده بدتر می شود.

✓ با افزایش پارامتر  $l$  و کاهش پارامتر  $\lambda$  می توان قدرت تفکیک در این جهت را بهبود داد اما هر دوی این پارامتر ها با محدودیت مواجه هستند چون :

- کوچک کردن طول موج باعث خارج شدن از محدوده طول موج های امواج ماکروویو شده و این یعنی از دست دادن تمام مزیت های سنجنده های راداری!
- بزرگ کردن طول آنتن محدودیت فنی و فیزیکی دارد.

✓ از این معادله می توان برای محاسبه طول آنتن برای رسیدن به قدرت تفکیک مناسب استفاده کرد:

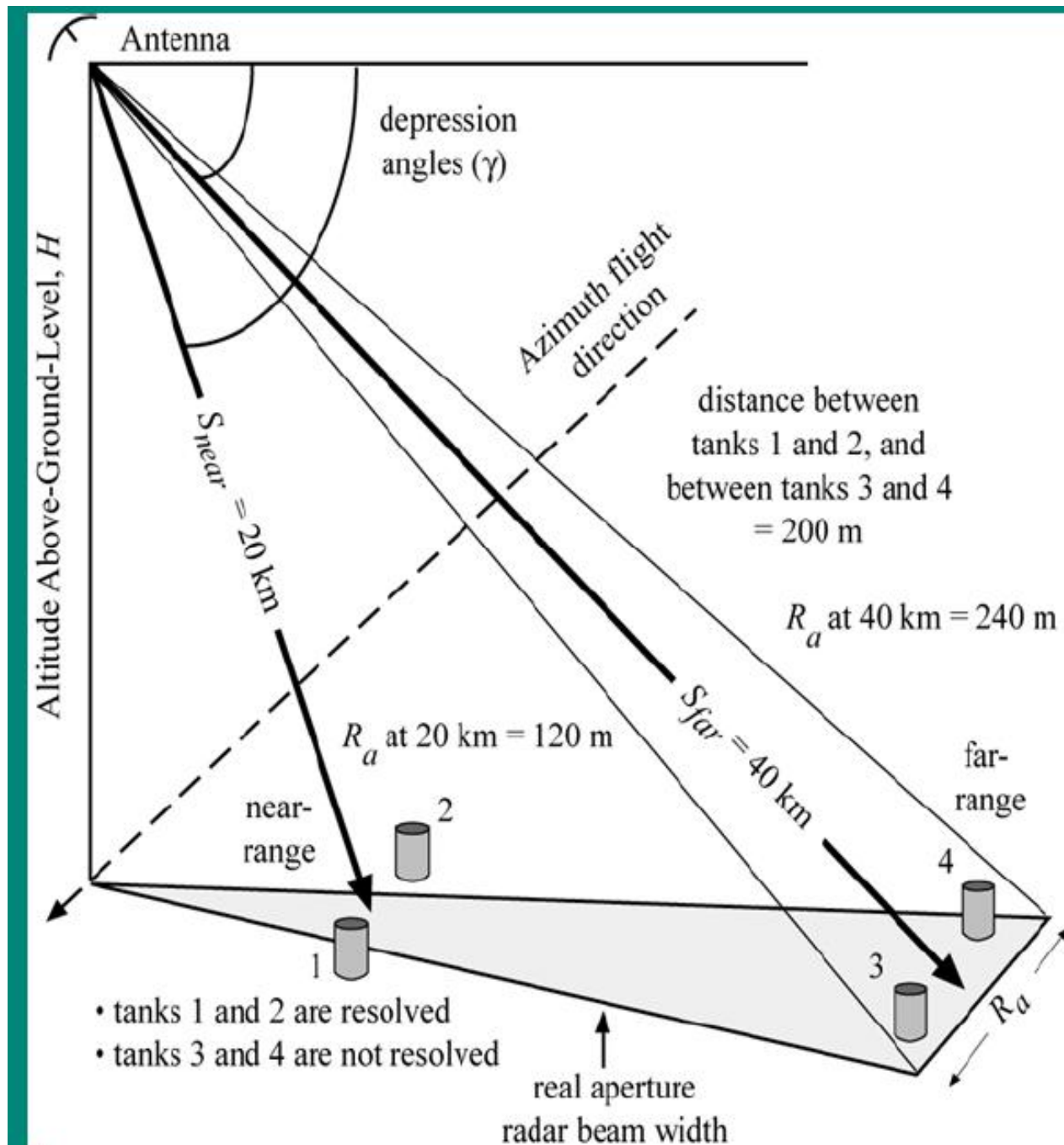
$$\lambda = 0.2 \text{ m} , R_a = 30 \text{ m (Required)}$$

$$l = 6.7 \text{ m}$$



$$R = 1000 \text{ m}$$

## Azimuth Resolution



## رادار با گشودگی مصنوعی SAR

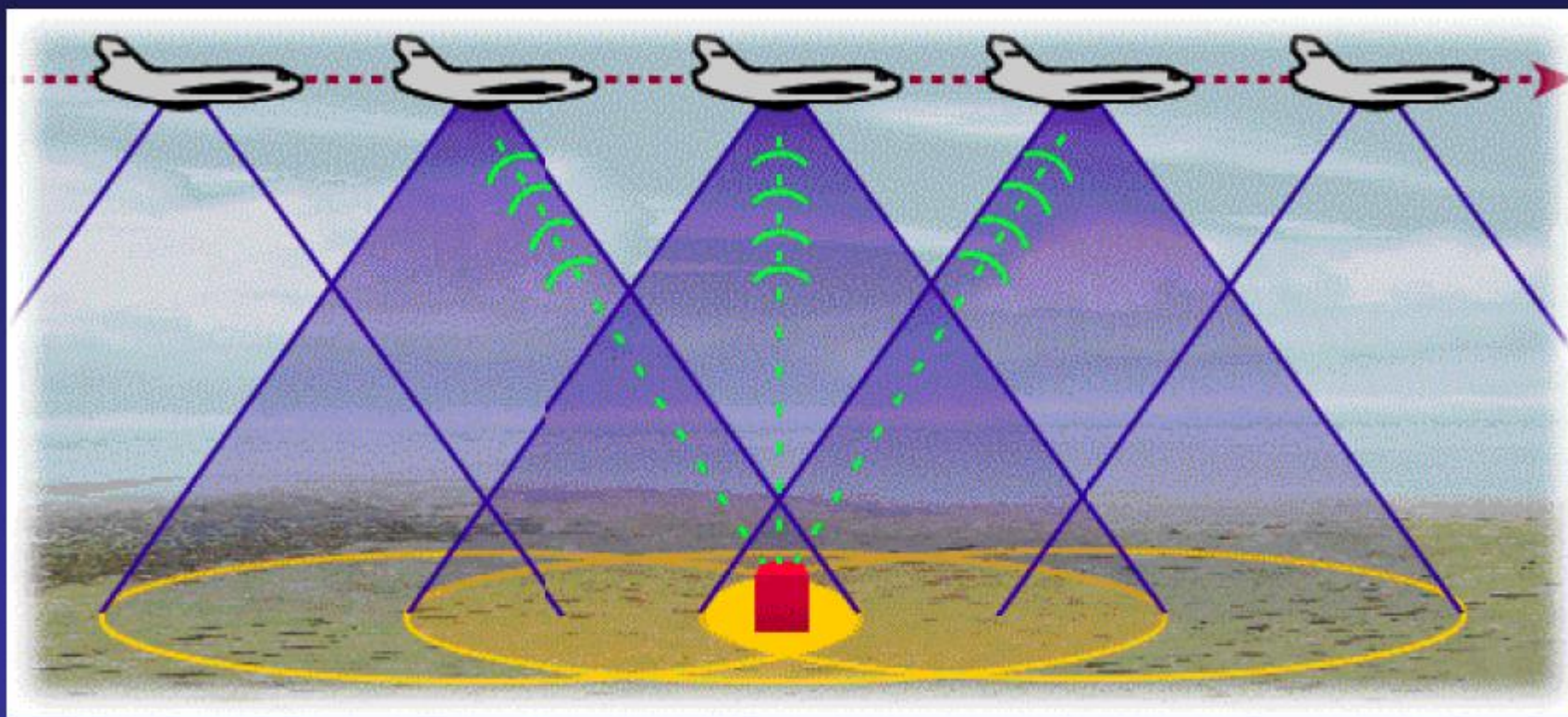
- در این نوع سیستمها یک آنتن با طول بلند شبیه سازی می شود.
  - این شبیه سازی به صورت محاسباتی است و بر این اساس انجام می شود که یک شیء توسط سیستم راداری می تواند مدت زمان بیشتری از لحظه ارسال و دریافت تنها یک موج مشاهده شود.
  - که سیستم SAR کلیه بازگشت های یک شیء مشخص را که در یک پریود زمانی خاص به آنتن می رسند را ثبت و با هم ترکیب می کند.
  - در این پردازش تمامی اطلاعات رسیده از شیء مورد نظر (مثلا ۱۰۰۰ باگشت در مورد ERS) را به گونه ای ترکیب می کند که روی شیء فوکوس شده و اشیاء دیگر حذف شوند.
- در حقیقت با استفاده از اطلاعات زیادی که در مورد یک شیء جمع آوری می گردد، می توان با تمرکز بر روی شیء به یک عرض موج باریکتر و کوچکتر رسیدو بنابر این قدرت تفکیک را بهبود بخشید.

### RADARSAT-2

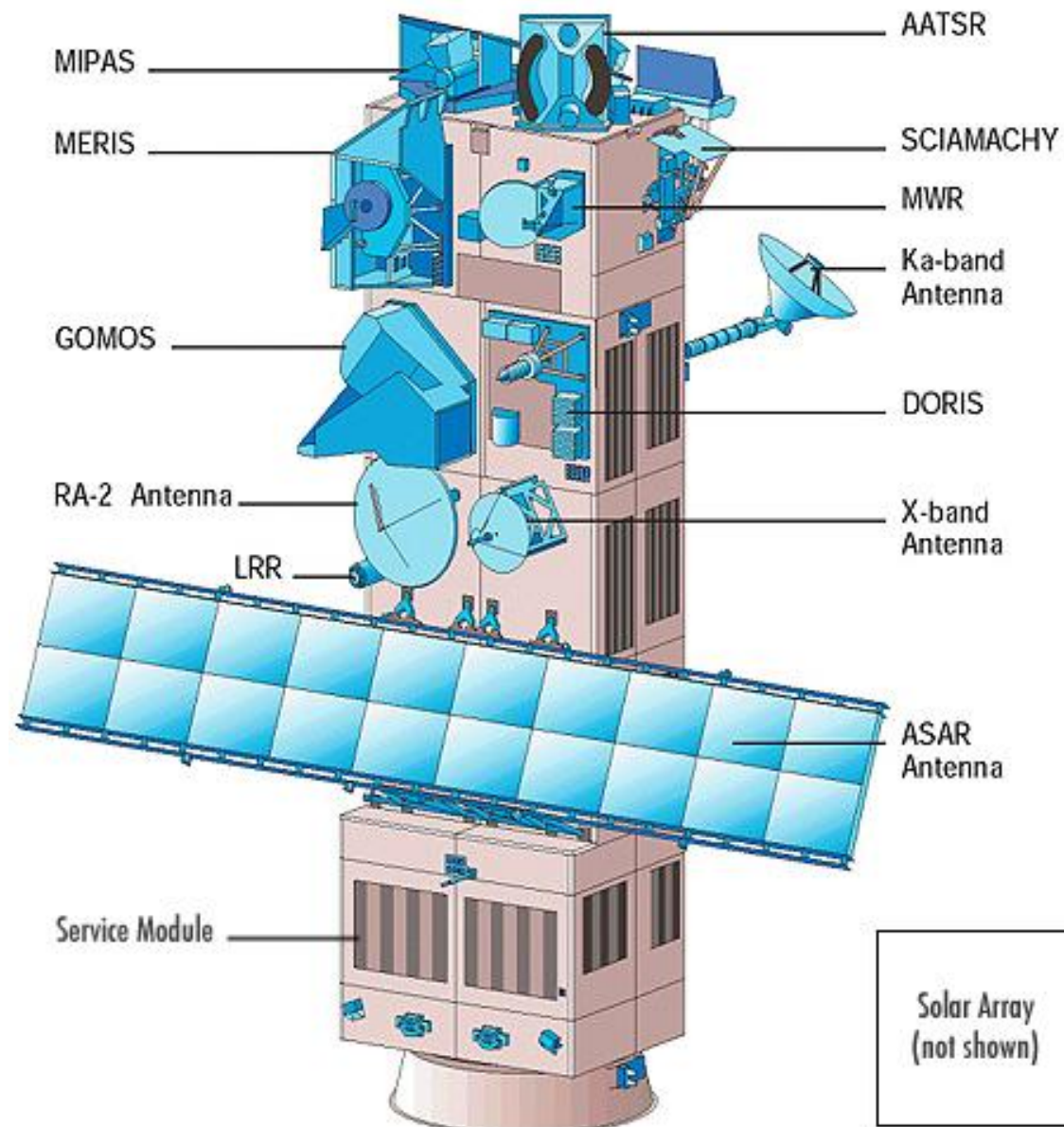




# Principle of Synthetic Aperture Radar (SAR)







## قدرت تفکیک مکانی در سیستم های راداری با گشودگی مصنوعی (SAR)

\* قدرت تفکیک مکانی در جهت ارسال موج  
◀ قدرت تفکیک در این راستا همانند سیستمهای RAR است:

$$R_g = \frac{c\tau}{2 \sin(\theta_i)}$$

◀ تنها تفاوت اینست که فواصل دورتر باعث کاهش قدرت تفکیک رادیومتریکی می شود. برای جبران این مسئله انرژی بیشتری فرستاده می شود

\* قدرت تفکیک مکانی در جهت آزمون

◀ با فرض

$$R_a = \frac{\lambda}{l} R = \beta R$$

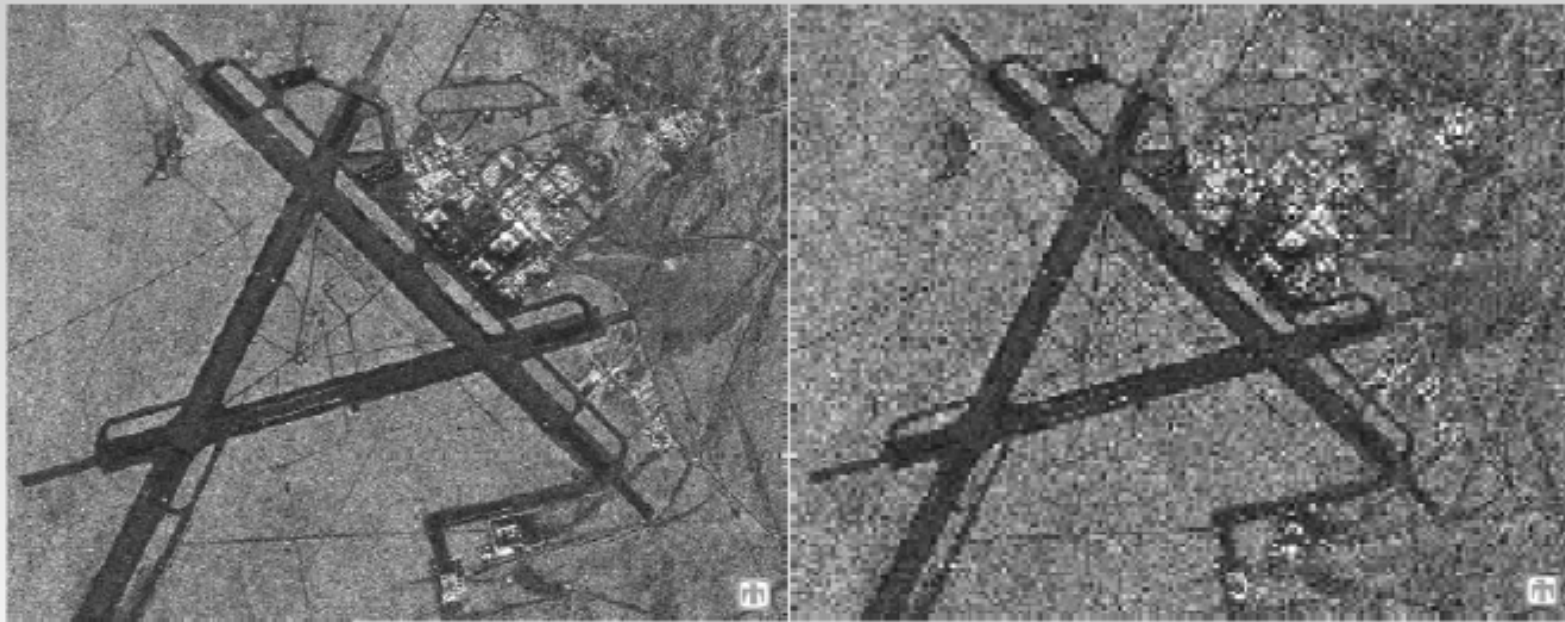
◀ با پردازش سیگنال ها یک  $\beta$  باریکتر در جهت پرواز بدست می آید. و نهایتاً به صورت زیر قدرت تفکیک در راستای آزمون محاسبه می شود:

$$R_g = \frac{l}{2}$$

- رابطه بالا برای قدرت تفکیک در جهت آزمون نشان می دهد که این قدرت تفکیک برای سیستم های راداری SAR به فاصله سنجنده تا شیء بستگی ندارد.

- در این رابطه طول آنتن در صورت کسر قرار دارد و به این معنی است که هرچه طول آنتن در سیستم های SAR کوچکتر باشد، قدرت تفکیک بهتری نیز حاصل می شود.

## High-Resolution Comparison



3-metre resolution

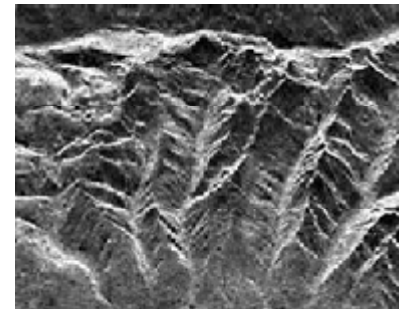
10-metre resolution

## -مهمترین اعوجاجات در تصاویر راداری

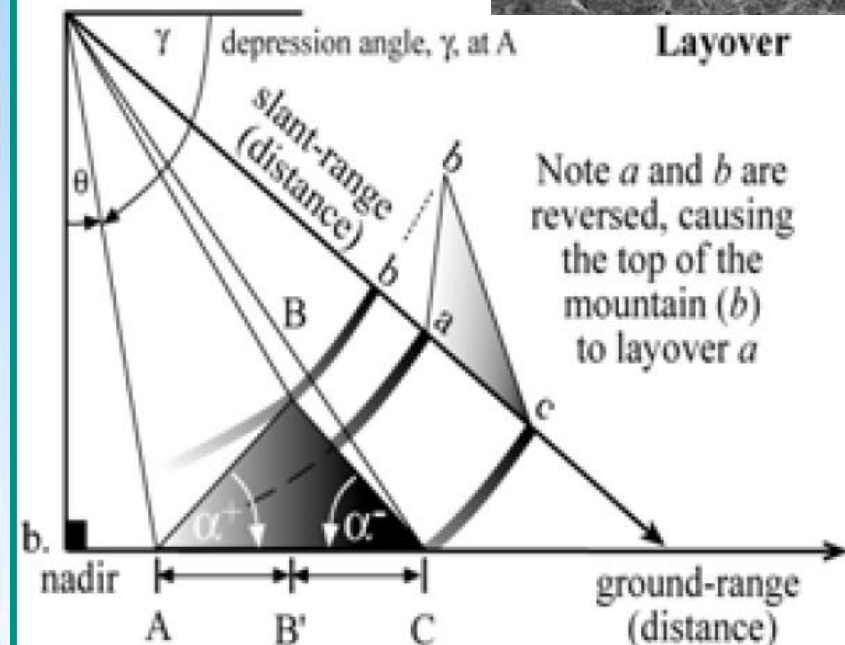
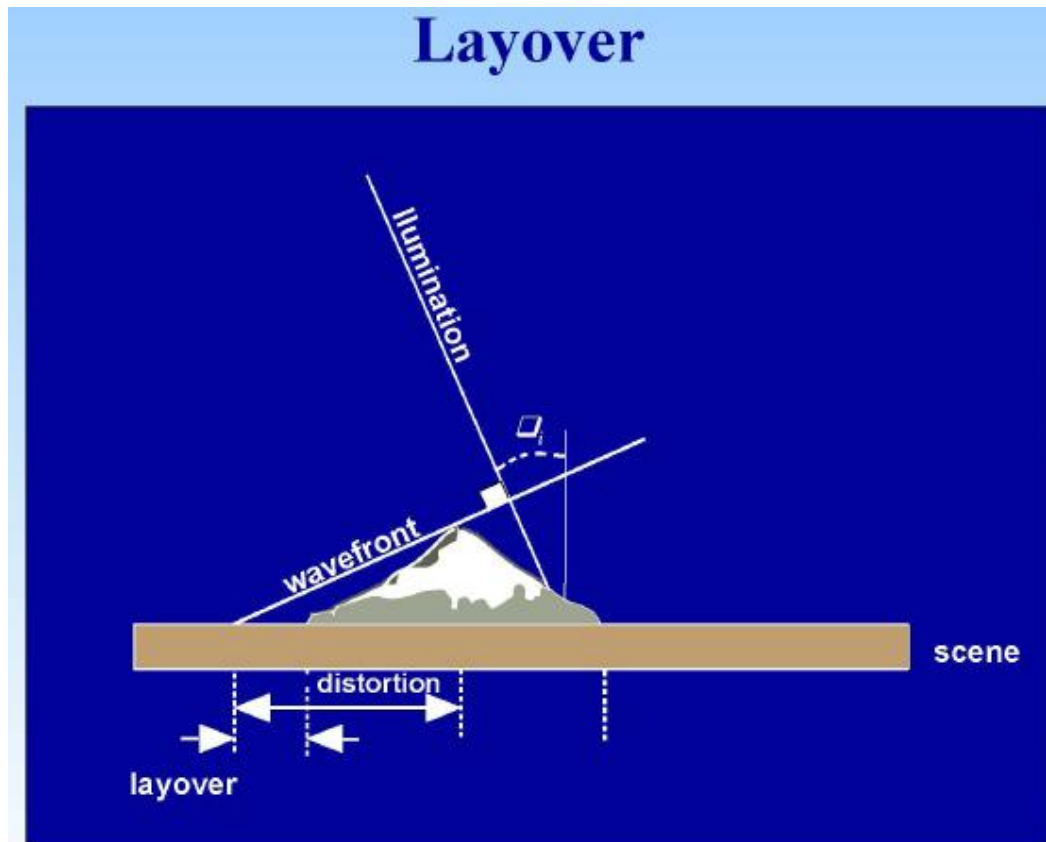
- پدیده وارونگی (Layover)
- کوتاه شدگی (Foreshortening)
- سایه های راداری (Radar shadow)

### - پدیده وارونگی (Layover)

- به علت اندازه گیری فاصله مایل در سیستم های راداری پیش می آید.
- اشیائی که دارای شیب و ارتفاع زیاد و یا زاویه فرود محلی کوچک هستند، همیشه نوک شیء به سنجنده نزدیکتر است. بنابر این موج ابتدا به نقاط بالایی شیء برخورد کرده و سپس انعکاسات مربوط به نقاط پایینی شیب به سمت سنجنده حرکت میکنند.
- در نتیجه نقاط بالایی زود تر از نقاط پایینی شیء ثبت شده و به این ترتیب نوعی اعوجاج در تصویر به وجود می آید.



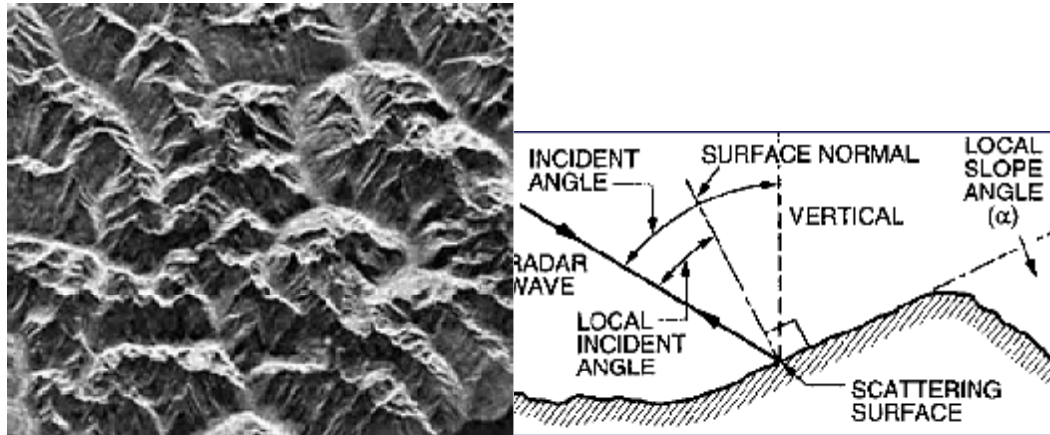
Layover



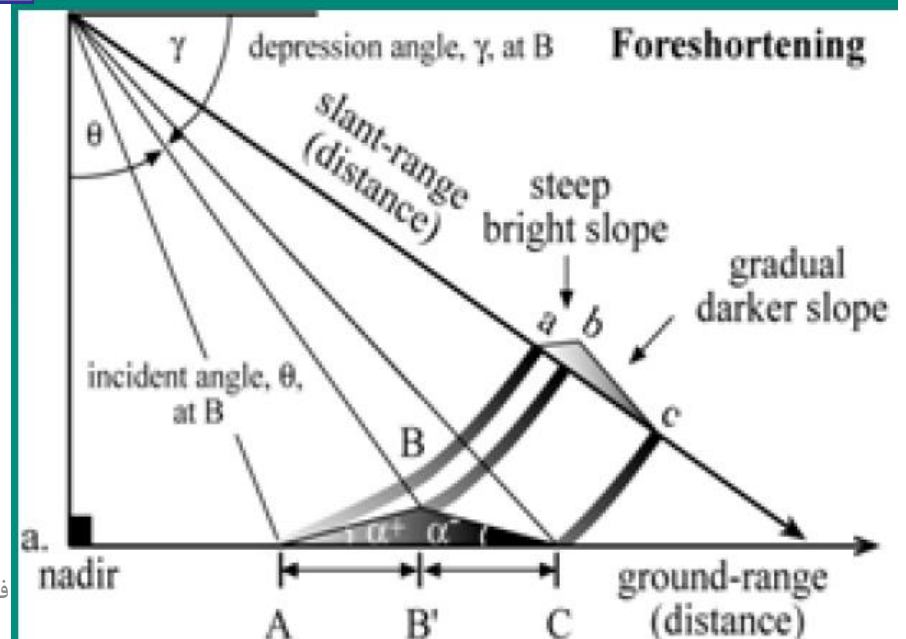
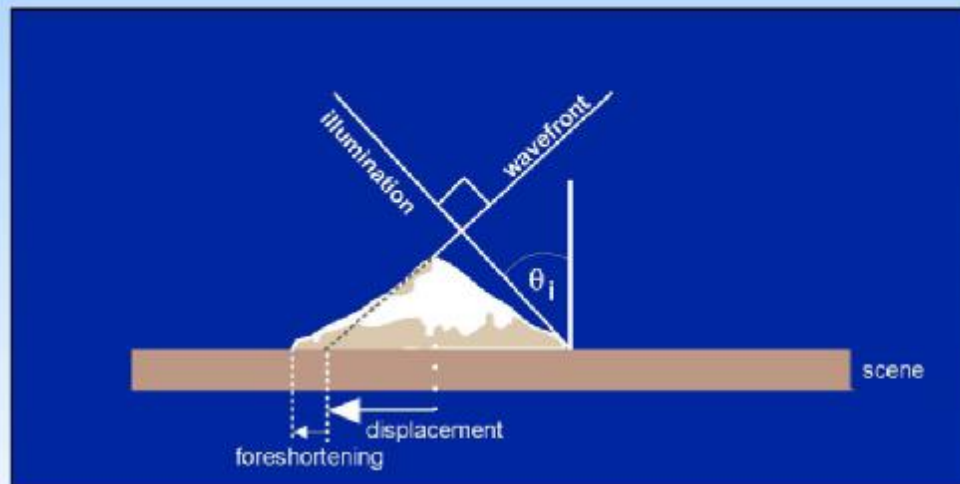


## - کوتاه شدگی (Foreshortening)

- وقتی رخ میدهد که طول شیبدار رو به سنجنده، کوتاهتر از مقدار واقعی ثبت شود.
- زمانی اتفاق می افتد که زاویه فرود محلی کوچکتر از زاویه فرود ولی بزرگتر از صفر باشد.



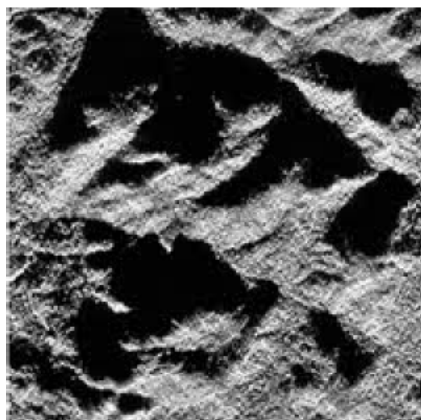
**Foreshortening**



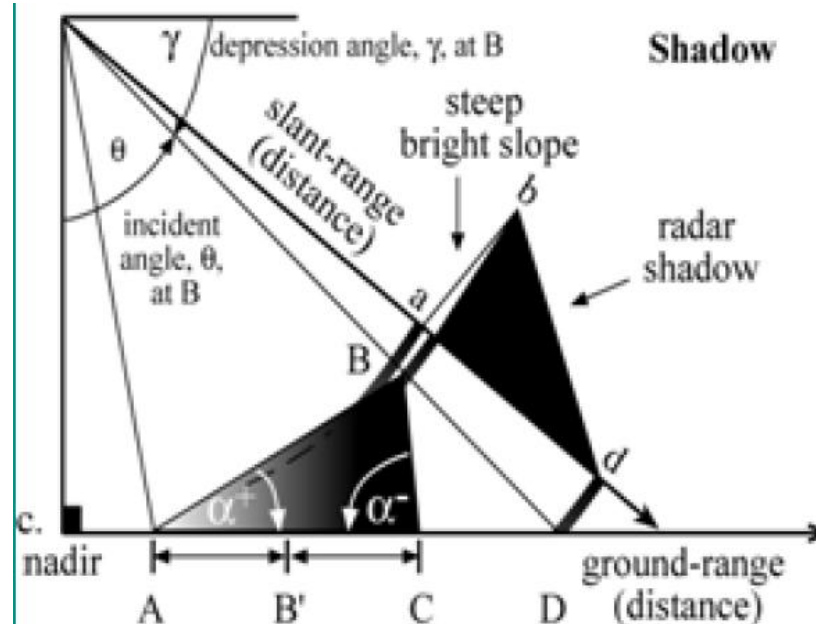
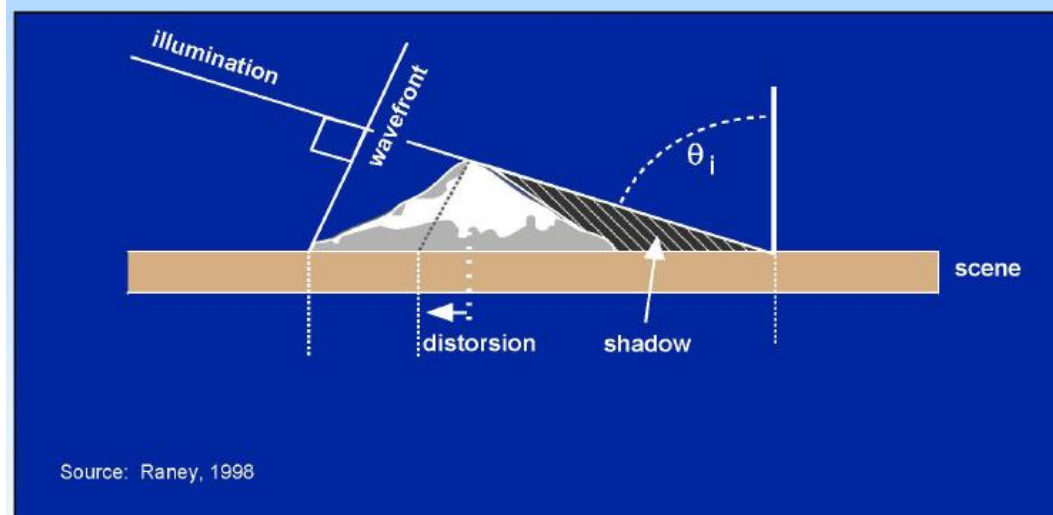


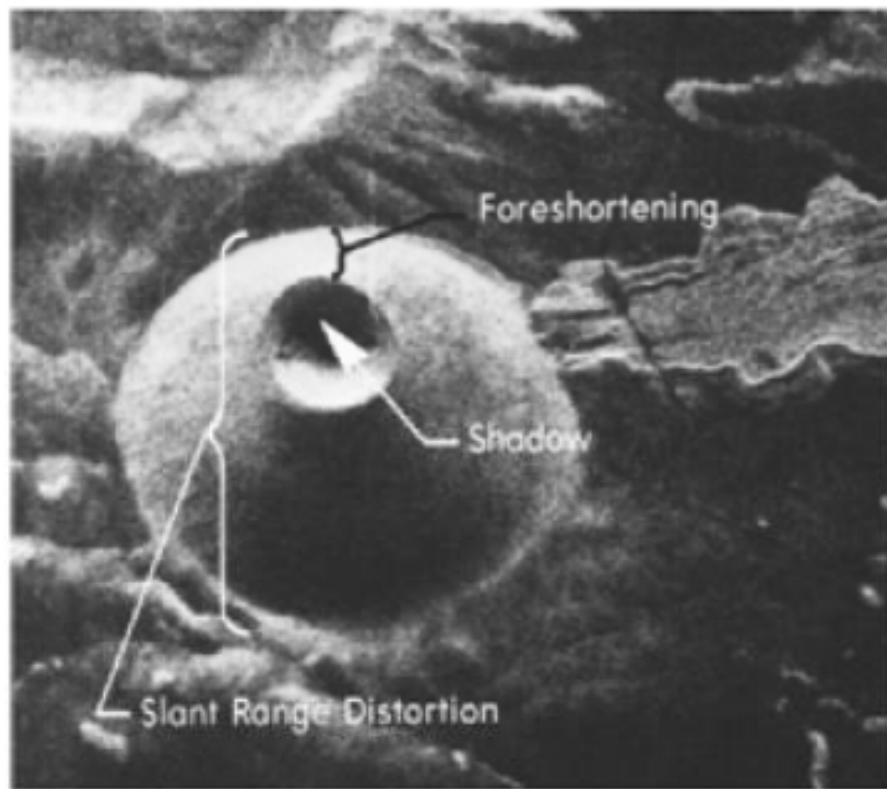
### - سایه های راداری (Radar shadow)

-سایه های راداری شامل مناطقی بر روی زمین هستند که امواج ماکروویو را دریافت نمی کنند و به همین علت هیچ نوع بازگشتی نیز به سمت سنجنده ندارند.  
-هرچه عارضه از سنجنده دورتر باشد مقدار سایه بیشتر می شود.



### Radar Shadow

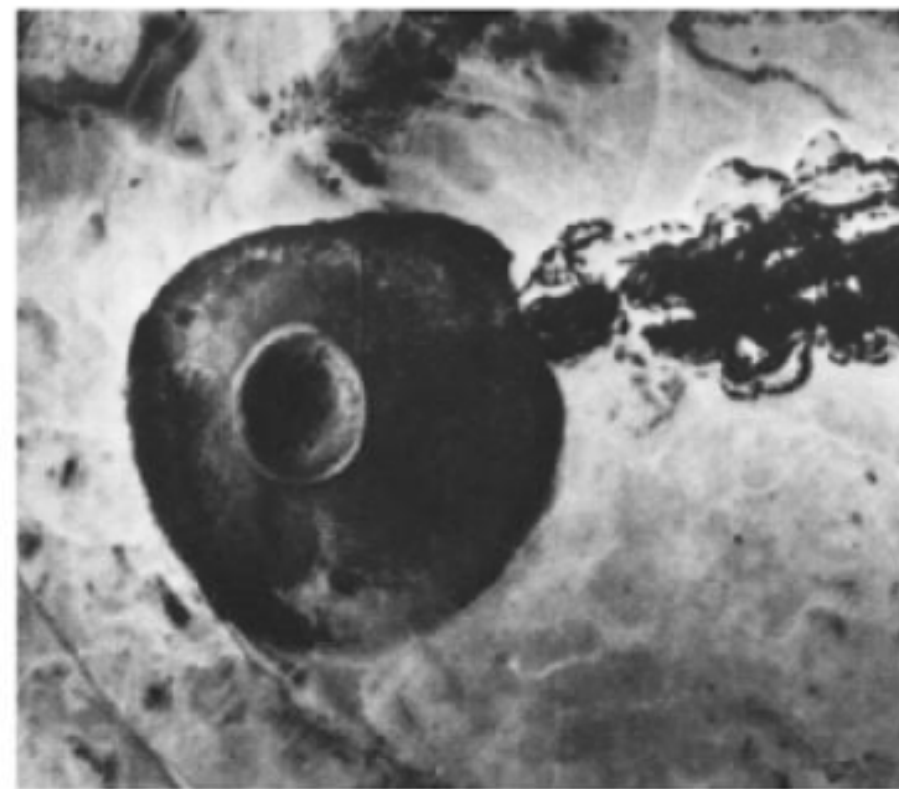




c.

X-band

↓ look direction



d.

Aerial photograph



-مهمترین خصوصیات اشیاء که بر چگونگی شکل گیری تصاویر رادار تأثیر میگذارند:

-ناهمواری سطح

-پراکنش حجمی (Volume Scattering)

-وضعیت و توجیه اشیاء (Angularity Of Target)

-ثابت هدایت الکتریکی (Dielectric Constant)

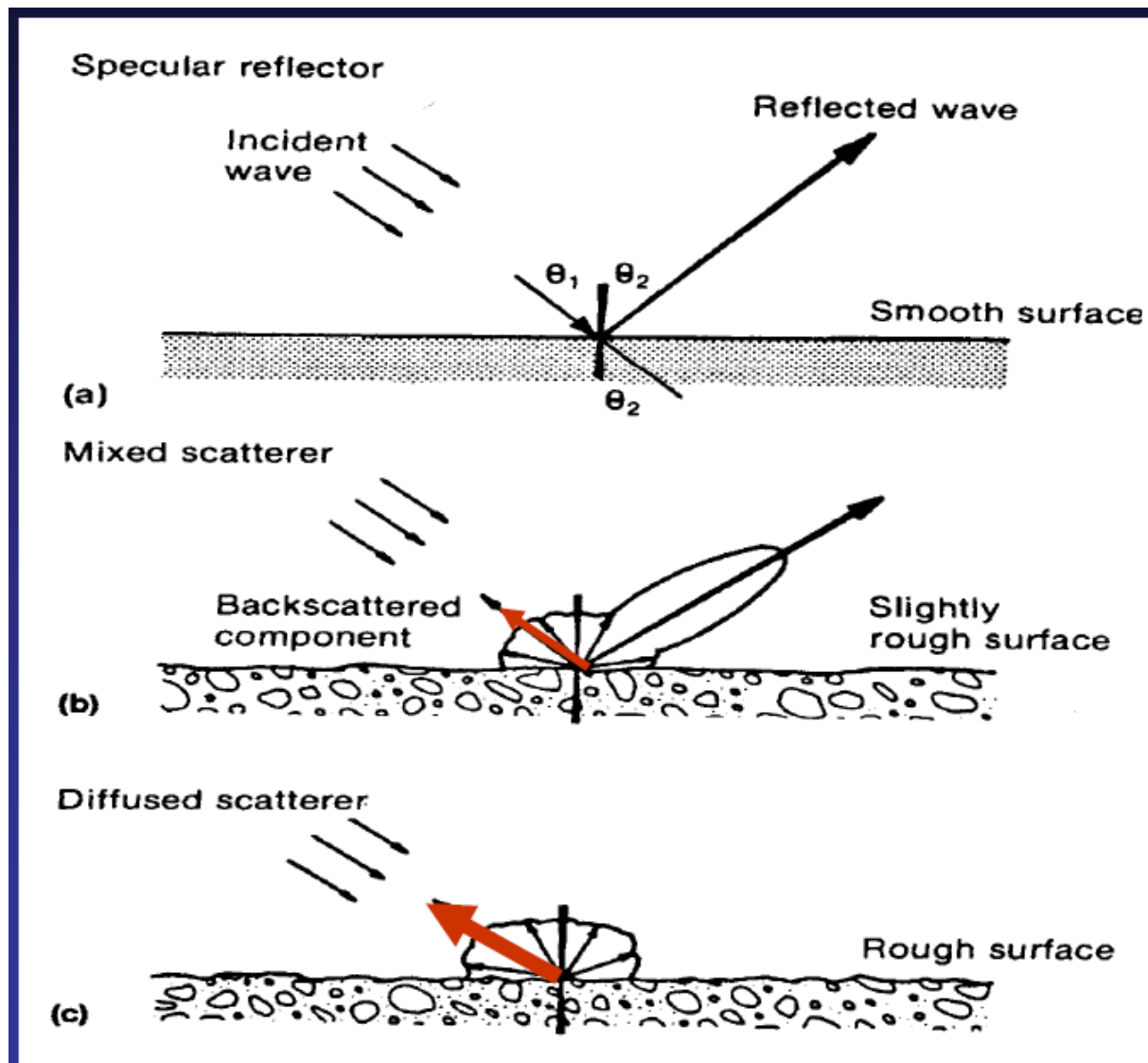
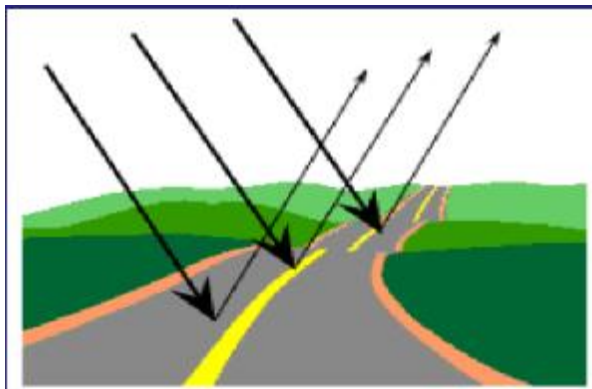
### -ناهمواری سطح

-میزان تغییرات و نا منظمی ارتفاع نسبت به یک سطح مبنا را گویند. (در اندازه طول موج راداری)  
-نقش ناهمواری سطح در تنظیم مقدار انرژی بازگشتی به سمت سنجنده است.

-سطوح هموار مانند آینه عمل کرده و انرژی را به سمت مخالف سنجنده هدایت می کنند.  
-سطوح آینه ای مانند سطح آب یا جاده آسفalte به علت بازگشت ضعیف انرژی روی تصویر تیره به نظر میرسند.

-اگر سطح کمی ناهموار باشد انرژی دریافتی را در جهات مختلف و به طور تقریباً یکنواخت منعکس می کند.  
-نقاط مربوط به سطوح با انعکاس پراکنده، بر روی تصویر نسبت به سطوح آینه ای روشن تر ظاهر می شوند. (مثل پوشش های گیاهی تنک و کوتاه و زمین های شخم خورده)

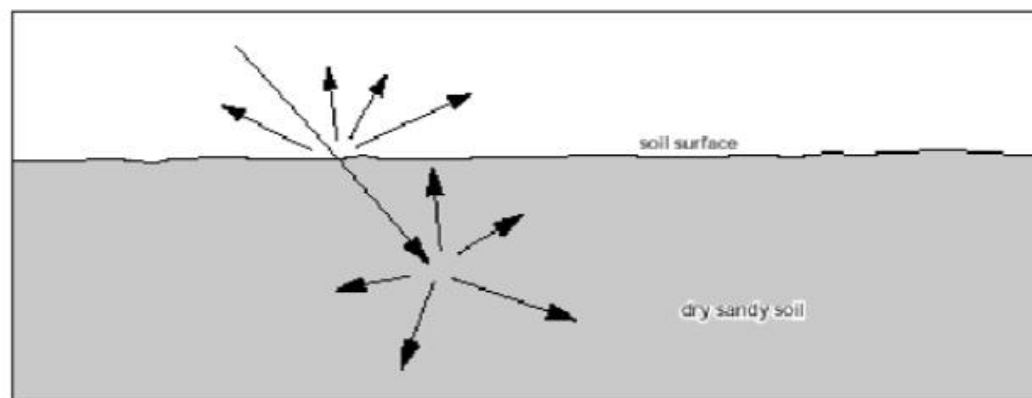
-سطوح کاملاً نا هموار می توانند انعکاس قوی به سمت سنجنده ایجاد کنند.  
-این سطوح بر روی تصاویر بسیار روشن دیده می شوند. (مثل سنگلاخی حاشیه رودخانه ها)



-پراکنش حجمی (Volume Scattering)

\* پراکنش حجمی و سطحی

- پراکنش سطحی: به این معنی که موج به سطح زمین برخورد کرده و عیناً منعکس می شود.
- پراکنش حجمی: به این معنی که موج به سطح زمین برخورد کرده و بخشی از آن منعکس می شود. بخشی از آن در سطوح زیرین نفوذ کرده و دوباره در آنجا منعکس می شود. این حالت بیشتر در موقعی که گیاهان تصویر برداری راداری می شوند پیش می آید.

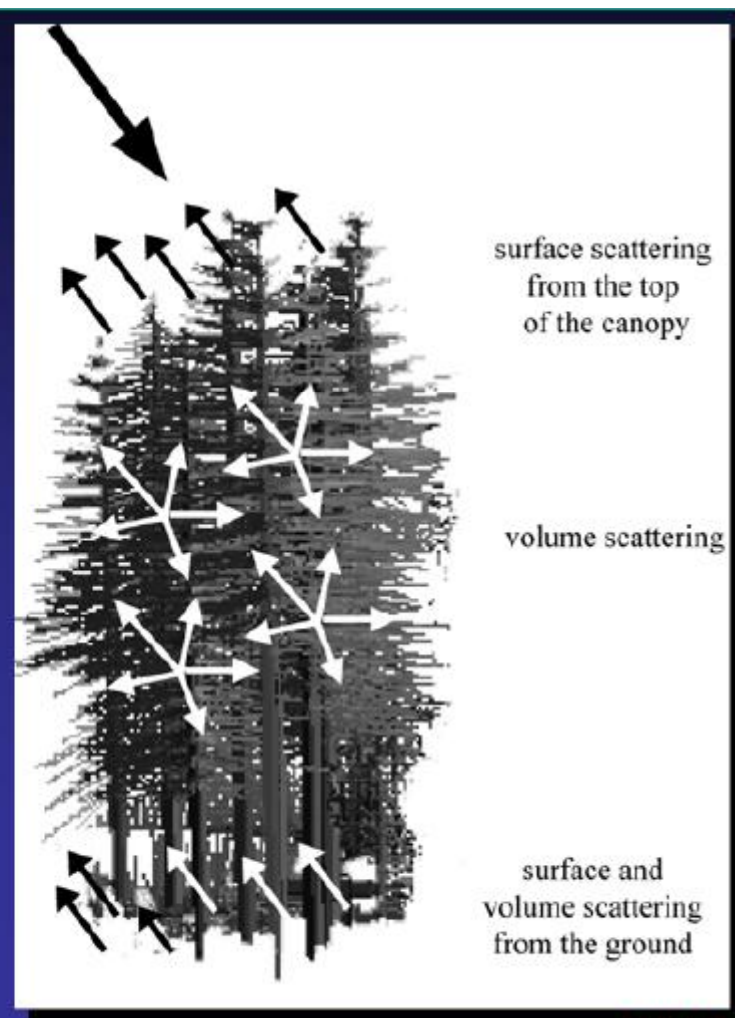




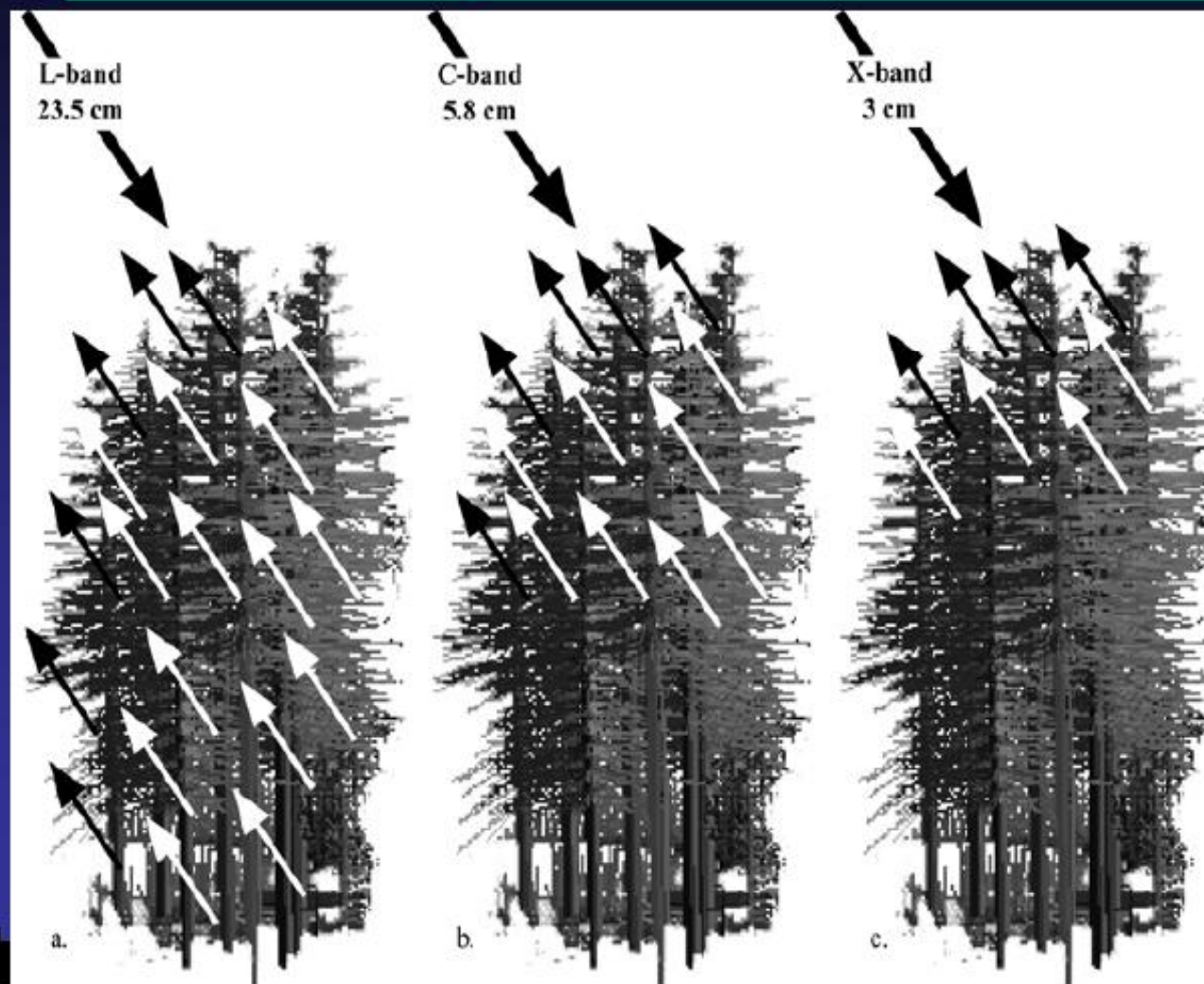
-پراکنش حجمی (Volume Scattering)

## ◆ Volume Backscatter

As a result of the interaction of radar and a complex medium, such as vegetation or penetrated ground, the polarization of the backscattered signal can be significantly different from the incident radiation (e.g. sample relative intensity around 60%)

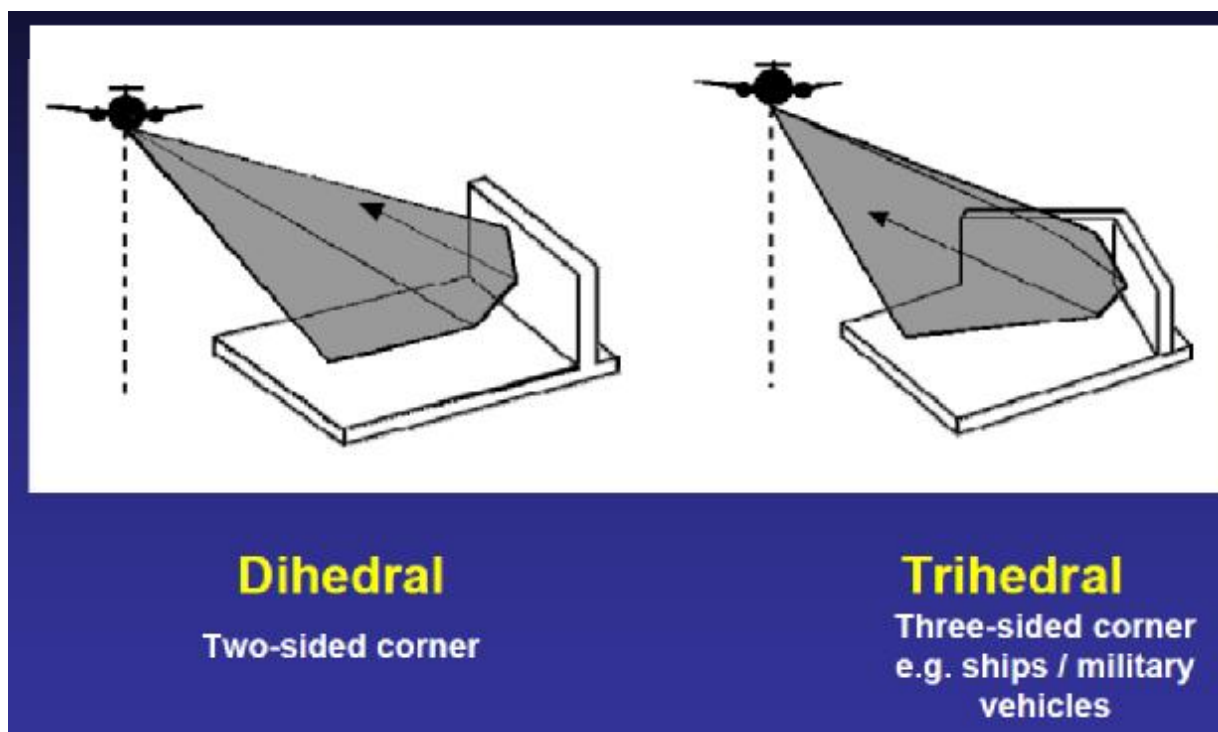


## Penetration (Response of A Pine Forest Stand)



## وضعیت و توجیه اشیاء (Angularity Of Target)

-شکل و وضعیت هندشی اشیاء می تواند بر روی مقدار انرژی بازگشتی تأثیر گذار باشد.  
-برای برخی از اشیاء شکل و توجیه به گونه ای است که مقدار انرژی قابل توجهی را به سمت سنجنده باز میگردانند و باعث ایجاد نقاط بسیار روشن بر روی تصویر می شوند. به این گونه اشیاء بازگشت دهنده های گوشه ای ( Corner Reflector) می گویند که عموماً به صورت 2 پهلویی یا سه پهلویی می توانند وجود داشته باشند.



-وضعیت و توجیه اشیاء (Angularity Of Target)  
-دو پهلویی

## Dihedral





-وضعیت و توجیه اشیاء (Angularity Of Target)  
-سه پهلویی

## Trihedral



CCRS

### -ثابت هدایت الکتریکی

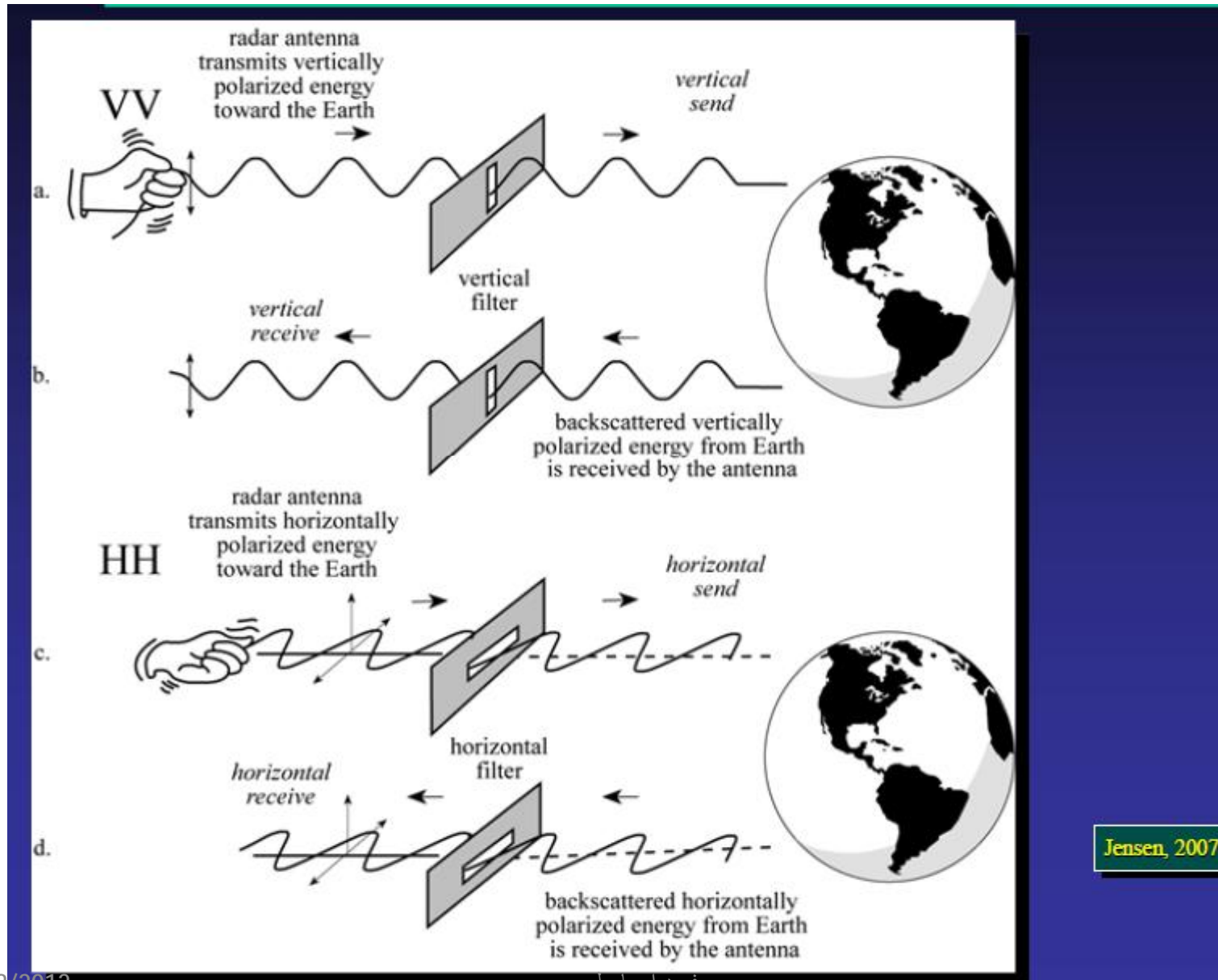
-ثابت هدایت الکتریکی را می توان پارامتری برای اندازه گیری چگونگی رفتار شیء (جذب، انعکاس، انتقال) در رابطه با سیگنال دریافتی تعریف کرد.

- هدایت الکتریکی مواد طبیعی در حالت خشک و مرطوب تفاوت بالایی دارند.

-هرچه میزان رطوبت بالاتر باشد، میزان نفوذ موج کمتر و میزان بازگشت از آن بیشتر است و در تصویر راداری روشن تر است.  
-به عنوان مثال میزان ثابت هدایت الکتریکی برف و یخ به میزان آب سیال درونی آنها بستگی دارد. بر این اساس می توان نوع و سن یخ ها و یا میزان آب موجود در برف برای ذوب در بهار را تخمین زد.



## پلاریزاسیون : Polarization of a Plane EM Wave



- سنجنده های راداری معمولاً با پلاریزاسیون مشخص امواج را ارسال کرده و با پلاریزاسیون مشخصی نیز آنها را دریافت می کنند. چهار پلاریزاسیون استاندارد عبارت اند از:

### Radar Polarization

- ◆ HH and VV configurations produce **like-polarized** or **co-polarized** radar imagery.
- ◆ HV and VH configurations produce **cross-polarized** radar imagery.

## پلاریزاسیون

-موج ارسالی پس از برخورد با اشیاء بسته به ناهمواری های سطح و وضعیت شیء دچار تغییر پلاریزاسیون می شود.  
-برخی از امواج با پلاریزاسیون دیگری غیر از پلاریزاسیون ارسالی منعکس می شوند.  
-برخی از سنجنده ها می توانند دارای چندین نوع پلاریزاسیون باشند و از یک منطقه تصویر با پلاریزاسیون های مختلف دریافت کنند.

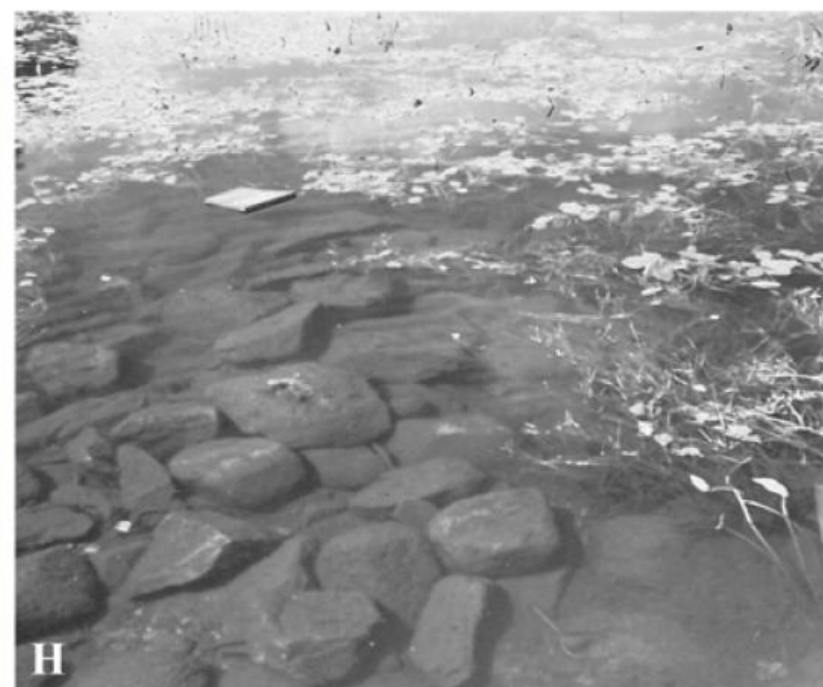
-یک شیء در پلاریزاسیون های مختلف به صورت های متفاوتی ظاهر میشود. به عنوان مثال در پایش یخ پلاریزاسیون یکی از عوامل در تمایز میان آب و یخ است.

-یخ در تصاویر با پلاریزاسیون  $V-V$  و  $H-H$  روشن دیده می شود. ولی آب در تصاویر  $V-V$  روشن ولی در تصاویر  $H-H$  تاریک به نظر میرسد.



12/8/2012

a. Vertical filter allows only vertically polarized light to pass.



307

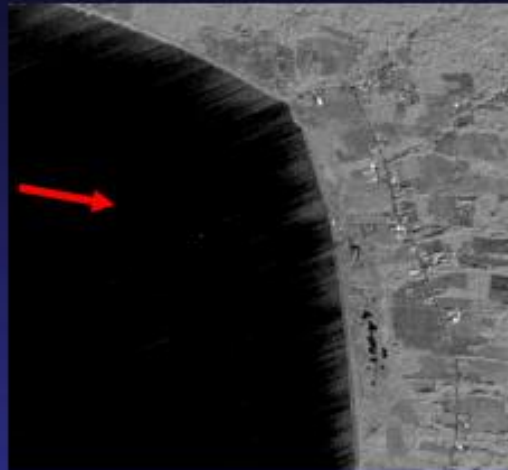
b. Horizontal filter allows only horizontally polarized light to pass.

فرید اسماعیلی

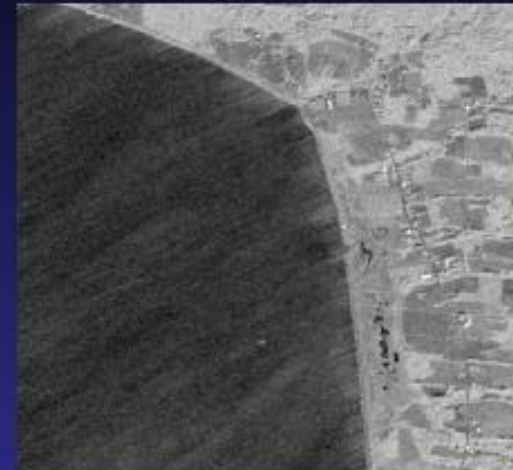
## Sample Imagery: Shoreline Detection

CV580 data Cape Split

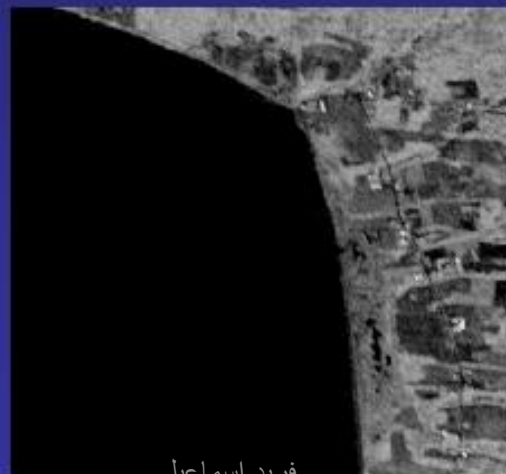
HH



VV

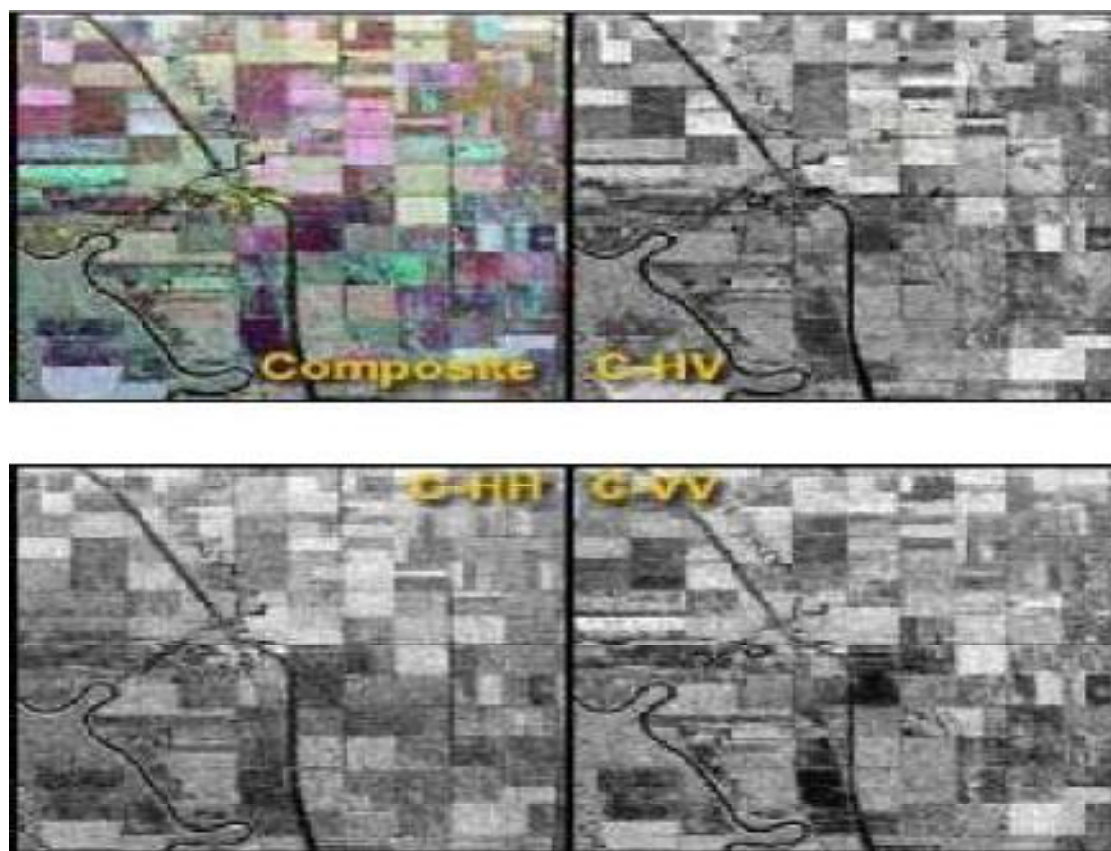


HV



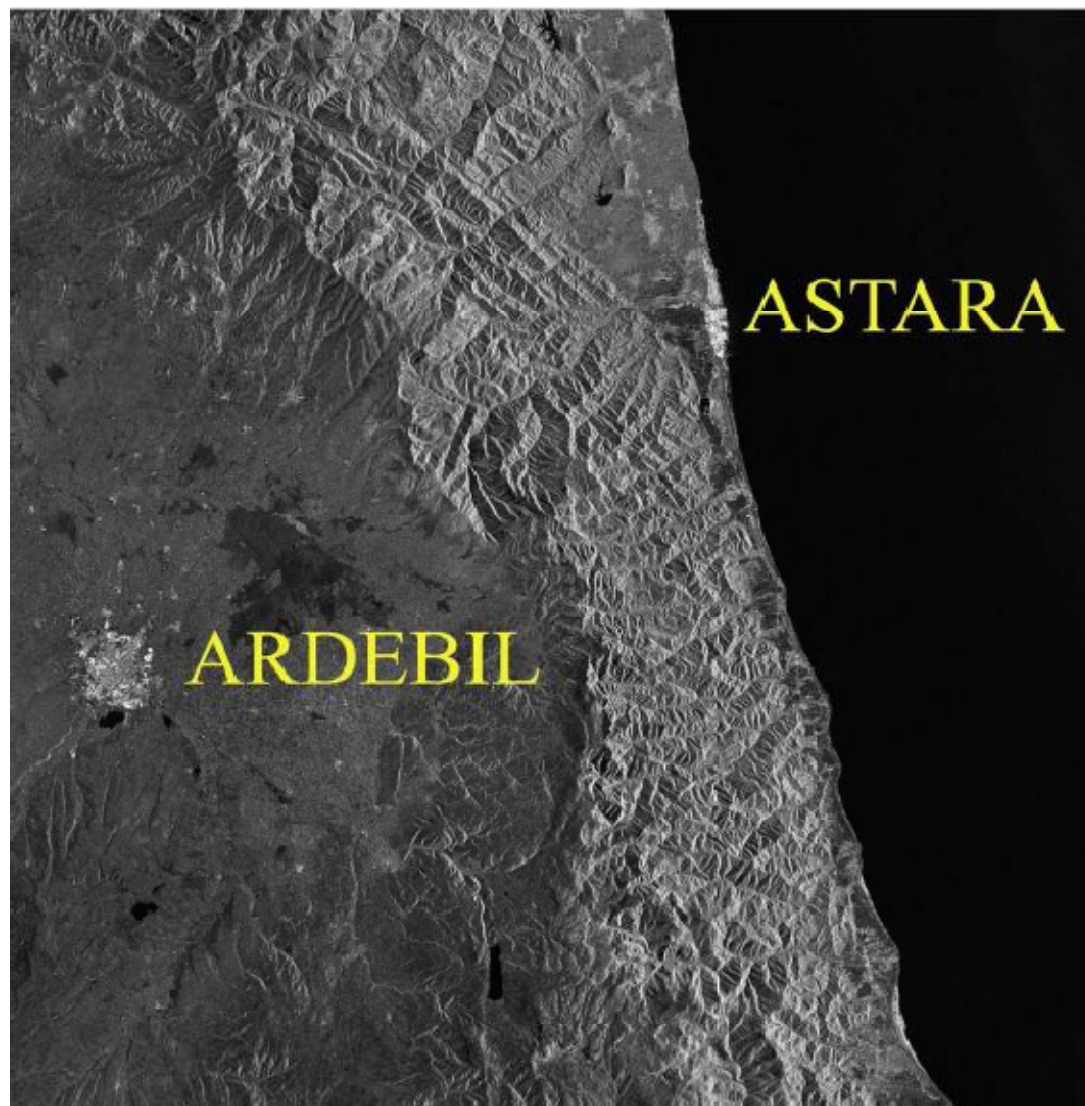
From CCRS

- تصاویر راداری در حالت معمولی به صورت تصاویر سیاه و سفید نمایش داده می شوند.
- انواع ترکیب های رنگی ممکن است از تصاویر چند زمانه، تصاویر با چند پلاریزاسیون، تصاویر چند بانندی (باند های ماکروویو)، تصاویر با چند زاویه دید، تصاویر با چند زاویه فرود، تصاویر چند سنجنده ای ایجاد گردند.



C-band images







## **Applications (a few examples)**

---

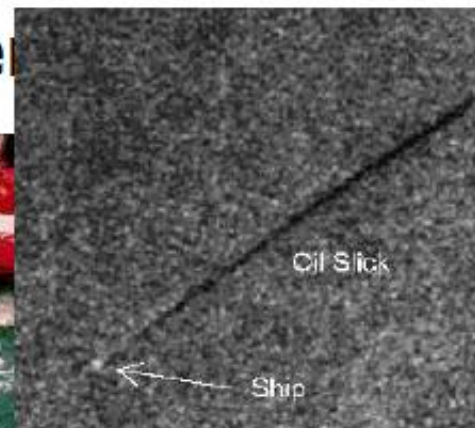
- ◆ **Soil moisture content**
- ◆ **Sea ice extent**
- ◆ **Ocean pollution**
- ◆ **Coastal changes**
- ◆ **Geological structural features**
- ◆ **Surface morphology**
- ◆ **Vegetation canopy**

## Application: Oil slick on the ocean

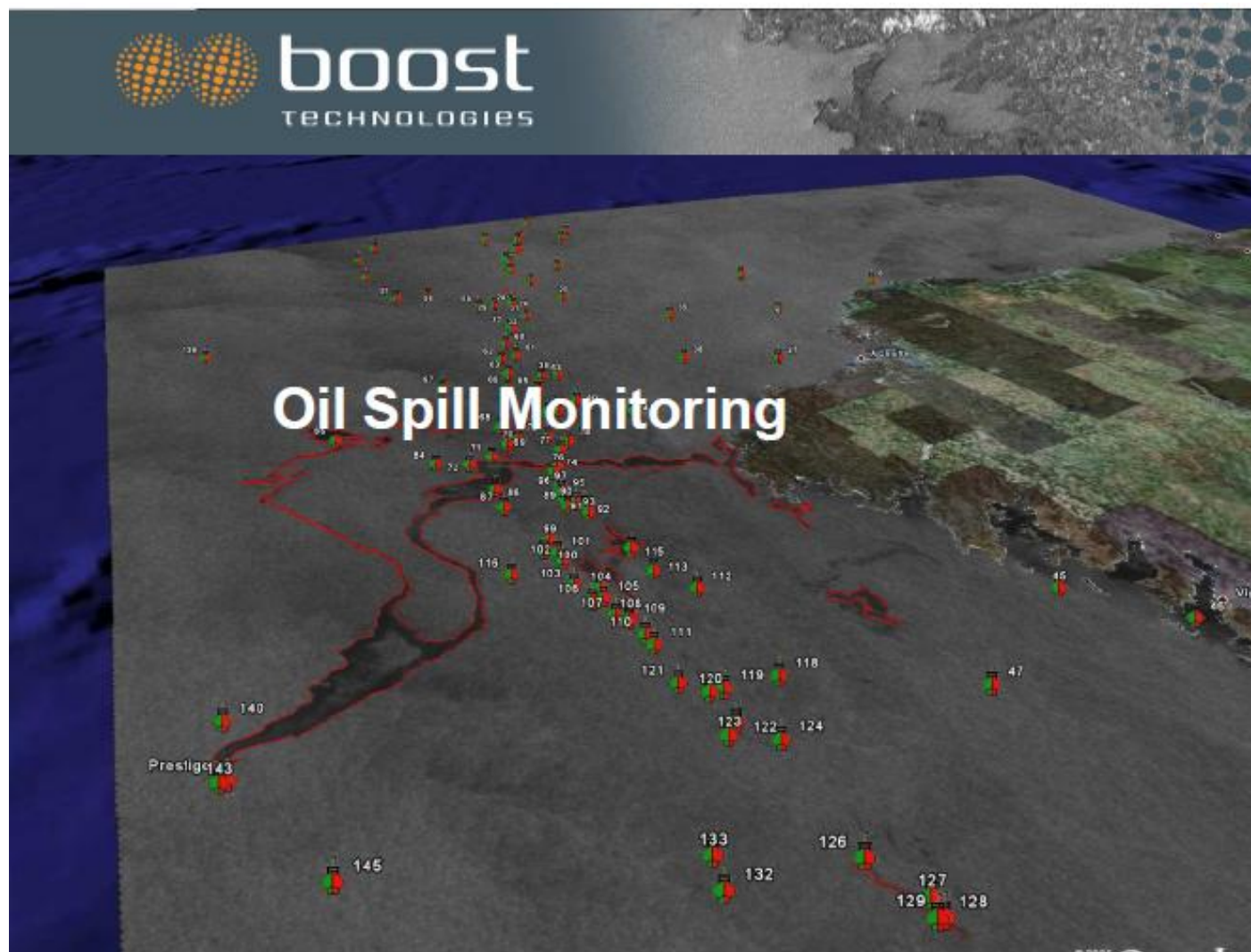


Thames Water Authority dump ship dumping sewage in the North Sea.  
Copyright Greenpeace / Morgan 1989

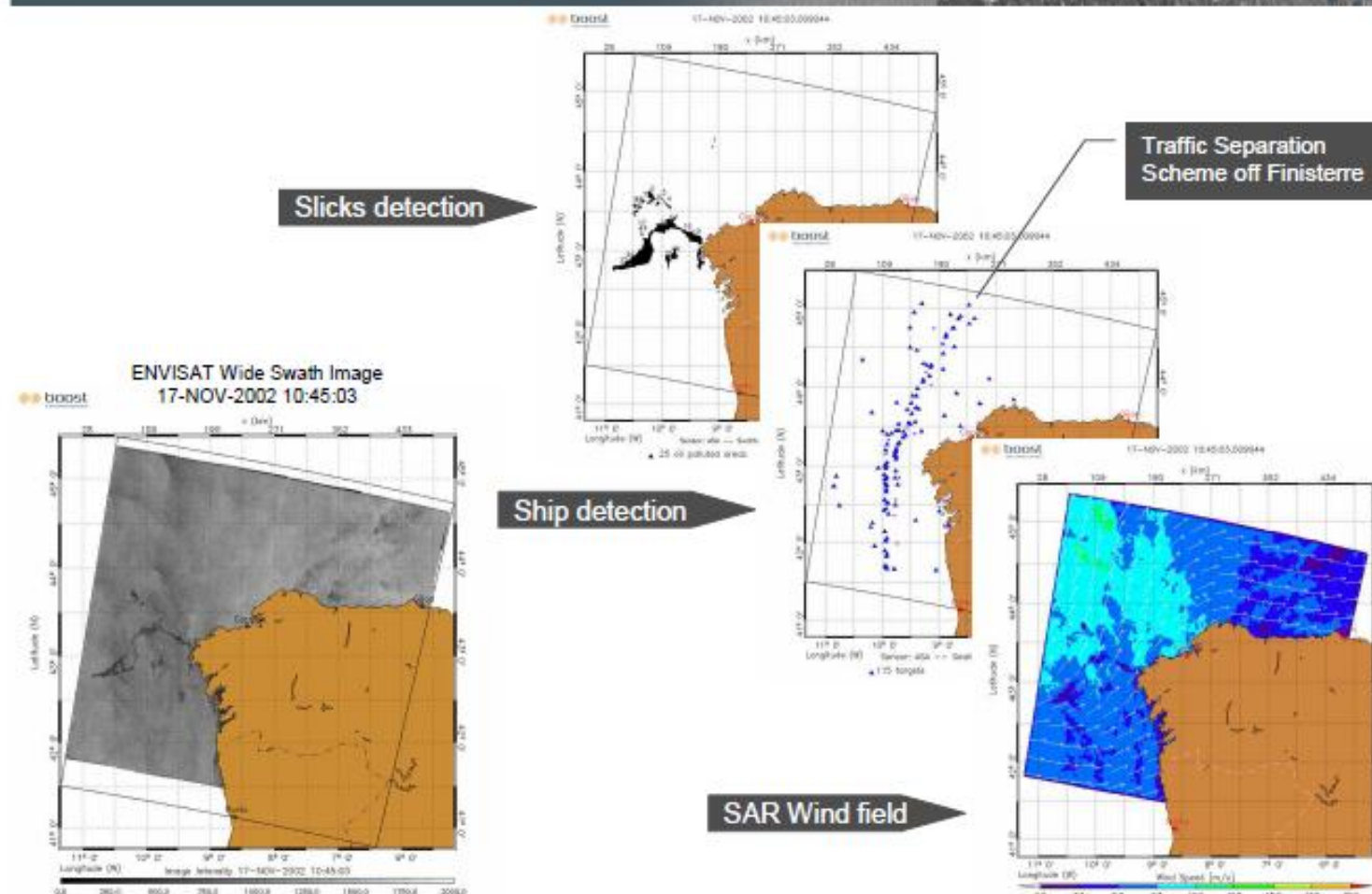
- ◆ ERS-1 image
- ◆ Ship – metal (corner) reflector
- ◆ Oil smooth surface on the rougher water



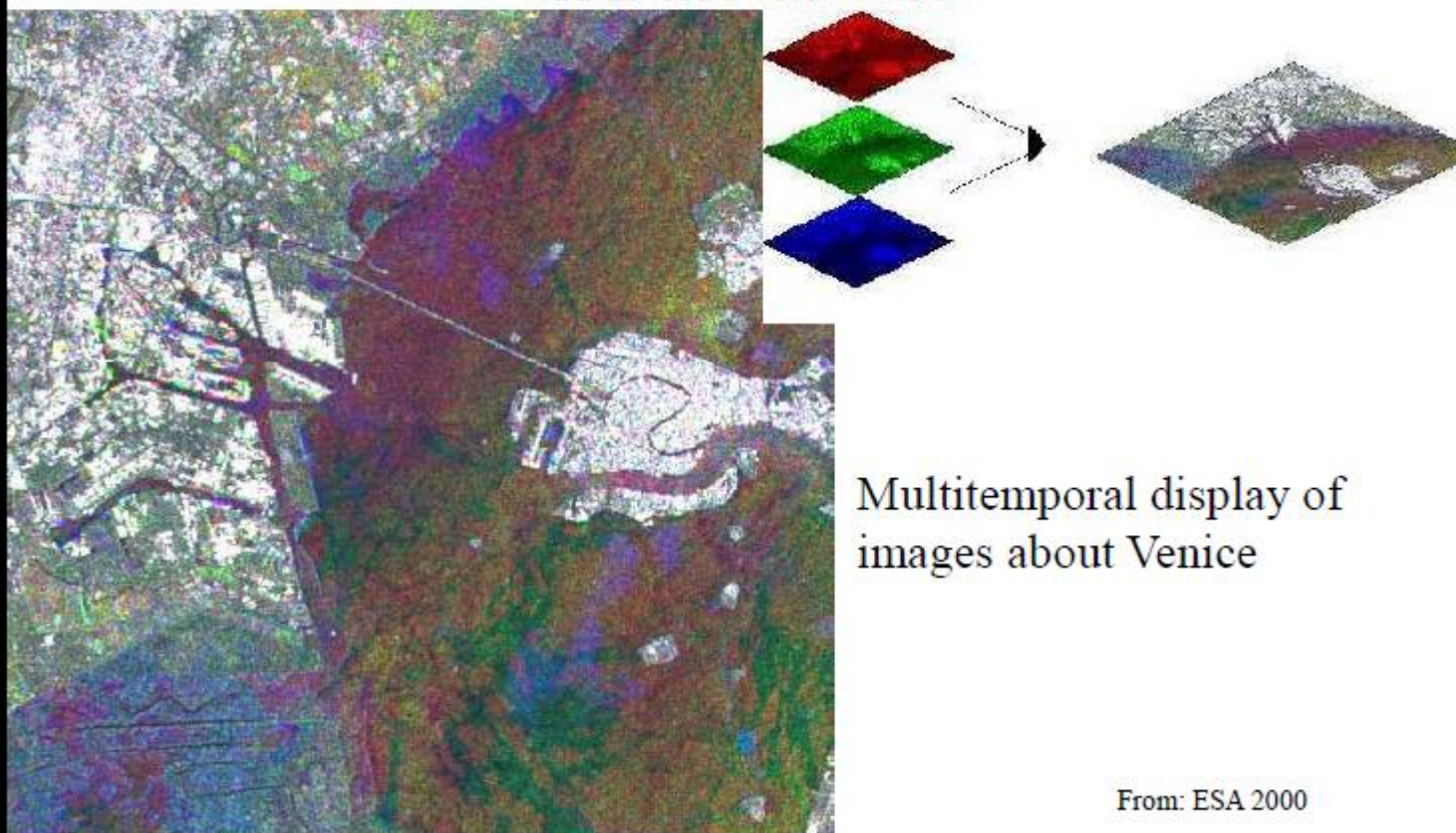
From: ESA 2000





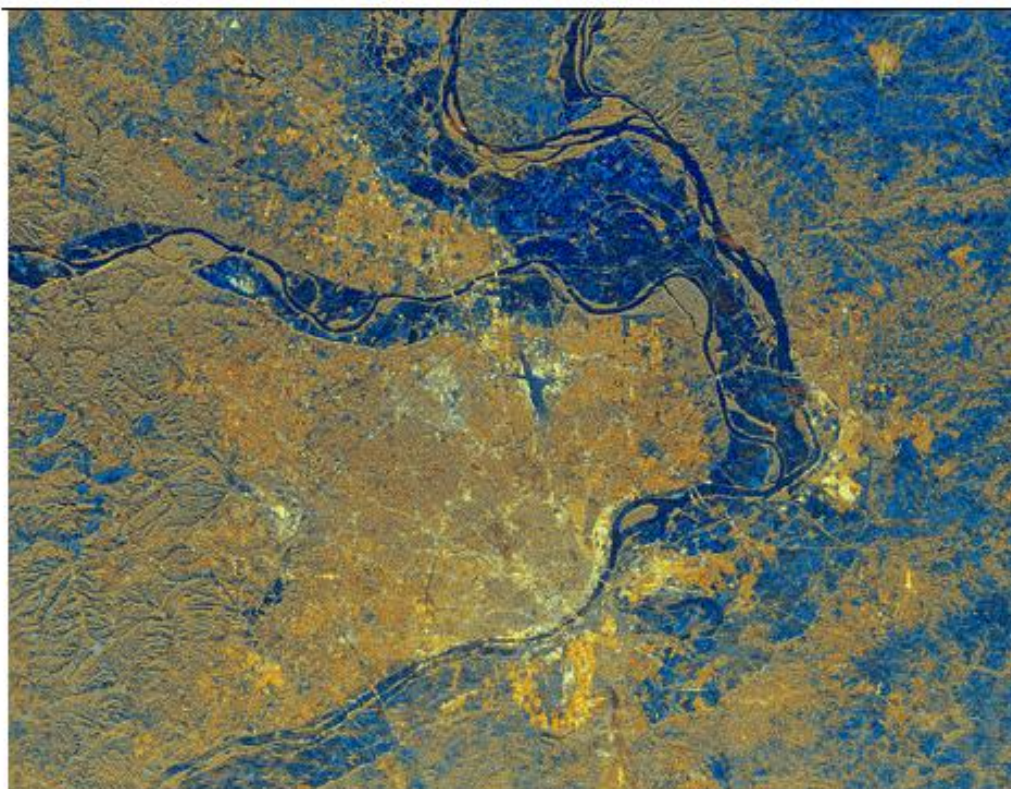


## Application: mapping harbours and urban areas





## Flood monitoring on the Mississippi and the Missouri



Red: L band HH,  
Green: C band HH and  
Blue: L band / C band

This image was acquired by the Spaceborne Imaging Radar-C/X-band Synthetic Aperture Radar (SIR-C/X-SAR) on April 17, 1994, onboard the space shuttle Endeavour.



SIR-A , SIR-A , SEASAT, PL AirSAR, Radarsat 1-2 , ERS 1-2 , SIR-C, Envisat

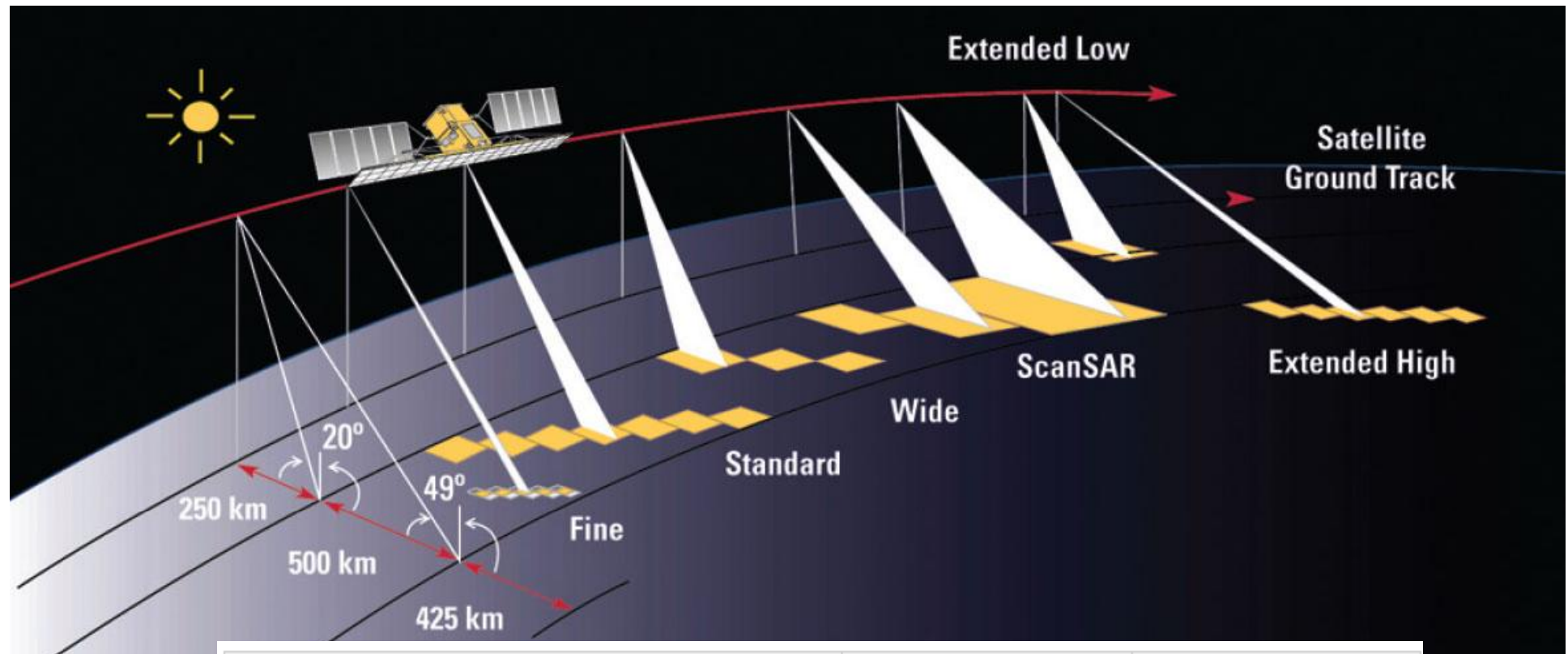
RADARSAT-2



Envisat

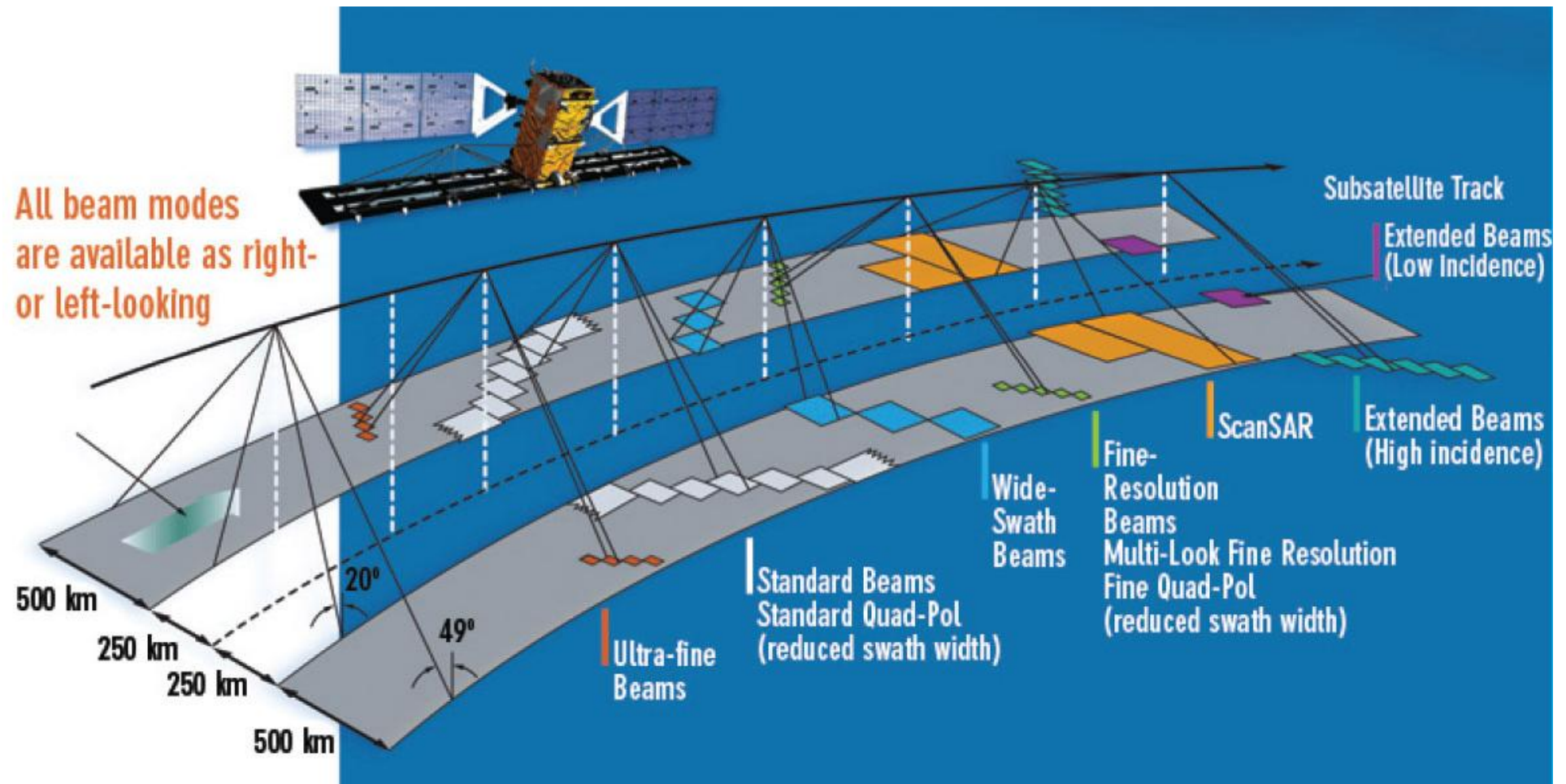


# Radarsat 1



Beam Modes	Nominal Swath Width (km)	Nominal Resolution (m)
Fine	45	8
Standard	100	30
Wide	150	30
ScanSAR narrow	300	50
ScanSAR wide	500	100
Extended high incidence	75	18-27
Extended low incidence	170	30

## Radarsat 2



## Radarsat 2

Beam Modes		Nominal Swath Width (km)	Approximate Resolution (m) <sup>*1</sup>
<b>Selective Polarization</b> Transmit H or V receive H and/or V	Fine	50	10 x 9
	Standard	100	25 x 28
	Low incidence	170	40 x 28
	High incidence	75	20 x 28
	Wide	150	25 x 28
	ScanSAR narrow	300	50 x 50
	ScanSAR wide	500	100 x 100
<b>Polarimetric</b> Transmit H and V on alternate pulses / receive H and V on any pulse	Fine Quad-pol	25	11 x 9
	Standard Quad-pol	25	25 x 28
<b>Selective Single Polarization</b> Transmit H or V receive H or V	Ultra-Fine	20	3 x 3
	Spotlight	18	3 x 1
	Multi-Look Fine	50	11 x 9

\*1: Ground range by azimuth

# Radarsat

---

## Radar

	<b>RADARSAT-1</b>	<b>RADARSAT-2</b>	<b>Constellation RADARSAT</b>
Active Antenna	C-Band	C-Band	C-Band
Centre Frequency	5.3 GHz	5.405 GHz	5.405 GHz
Bandwidth	30 MHz	100 MHz	100 MHz
Polarization	HH	HH, VV, HV, VH	HH, VV, HV, VH, Compact Polarimetry
Polarization Isolation	> 20 dB	> 25 dB	>28 dB (as of latest specs)
Aperture Length	15 m	15 m	6.75 m
Aperture width	1.5 m	1.37 m	1.38 m
Mass	679 kg	750 kg	400 kg approximate
Deployment Mechanism	Extendable support structure (ESS)	Extendable support structure (ESS)	Simple strut deployment with a kinematically decoupled internal support structure

---

## پایان جلسه





مبانی سنجش از دور

## مبانی پردازش تصویر (1)

فرید اسماعیلی

[Farid\\_63@yahoo.com](mailto:Farid_63@yahoo.com)

[www.faridesm.ir](http://www.faridesm.ir)

تماس با استاد از طریق پست الکترونیکی  
مشاهده اطلاعیه ها، نمرات، دریافت فایل ها در وب سایت

### اهمیت پردازش تصویر:

- فشرده سازی برای کاهش حجم حافظه مورد نیاز برای ذخیره سازی و افزایش سرعت انتقال تصاویر؛
- بارز سازی و بازیابی تصویر جهت تسهیل تفسیر و استخراج اطلاعات مورد نیاز از تصویر؛
- استخراج خودکار اطلاعات مورد نیاز از حجم انبوه داده موجود در تصویر؛
- قادر ساختن کامپیوتر به درک تصویر و شناسایی خودکار عوارض و اجسام؛

مفاهیم اولیه:

تعریف سیگنال:

یک سیگنال تابعی است از یک متغیر که دارای معنی فیزیکی است. مثال: تابع تغییرات ارتفاع سطح دریا نسبت به زمان و یا تابع تغییرات میزان بازتاب نور از یک سطح نسبت به طول موجهای مختلف.

---

تعریف تصویر:

تصویر (پیوسته) یک سیگنال یا تابع دو بعدی است از روشنایی یا شدت نور مانند  $f(x,y)$  که در آن  $x$  و  $y$  مختصات مکانی و  $f$  متناسب با روشنایی در هر نقطه است.

در تصویر رقومی تابع دو بعدی مورد نظر گسسته است هم از نظر متغیر مختصات مکانی و هم از نظر شدت نور. گسسته سازی متغیر مکان  $\text{sampling}$  و گسسته سازی متغیر روشنایی  $\text{quantization}$  نامیده می شود.

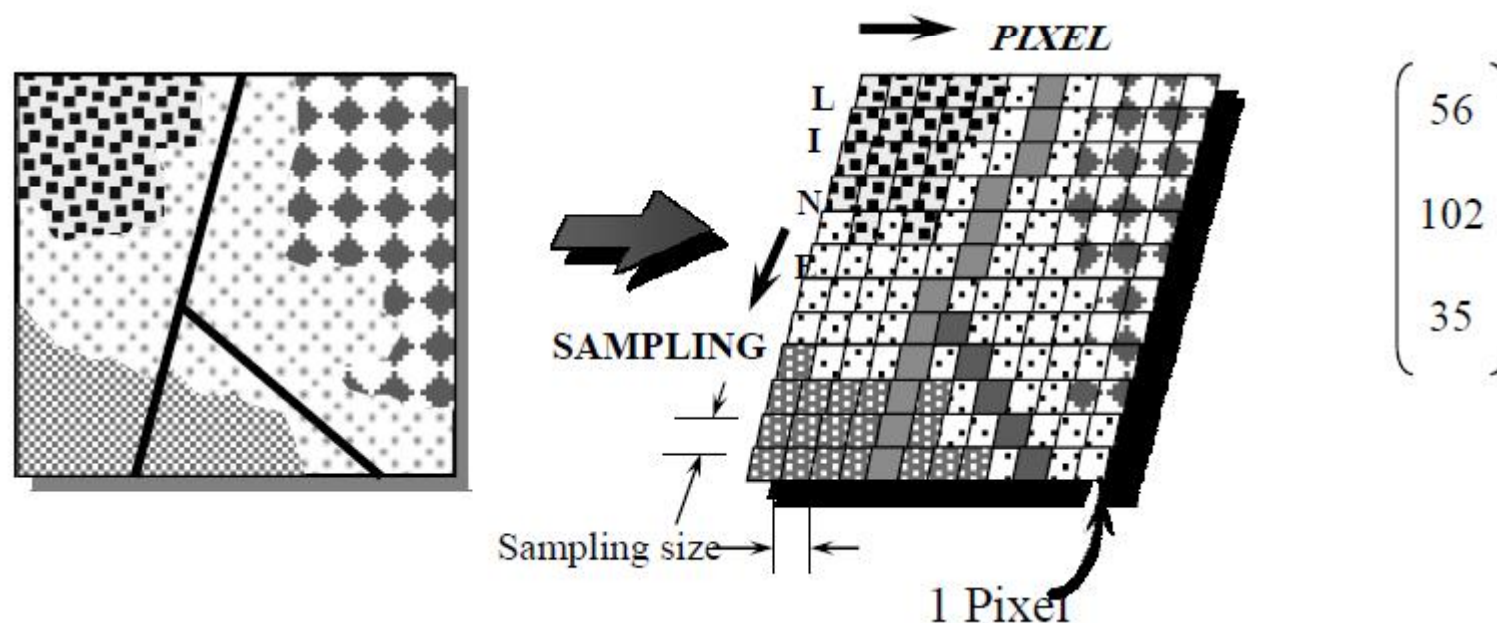
در تصاویر رقومی تکرنگ شدت نور فقط در یک طول موج ثبت شده است و  $f(x,y)$  در هر نقطه یک عدد است که به آن درجه خاکستری گفته می شود.

در تصاویر رقومی رنگی و چند طیفی  $f(x,y)$  یک بردار از اعداد است.

به صورت تابع  $I$  تعریف می شود:  $I: G \longrightarrow X$   
 $G$  فضای سطر و ستون (مختصات)  
 $X$  فضای برداری طیفی

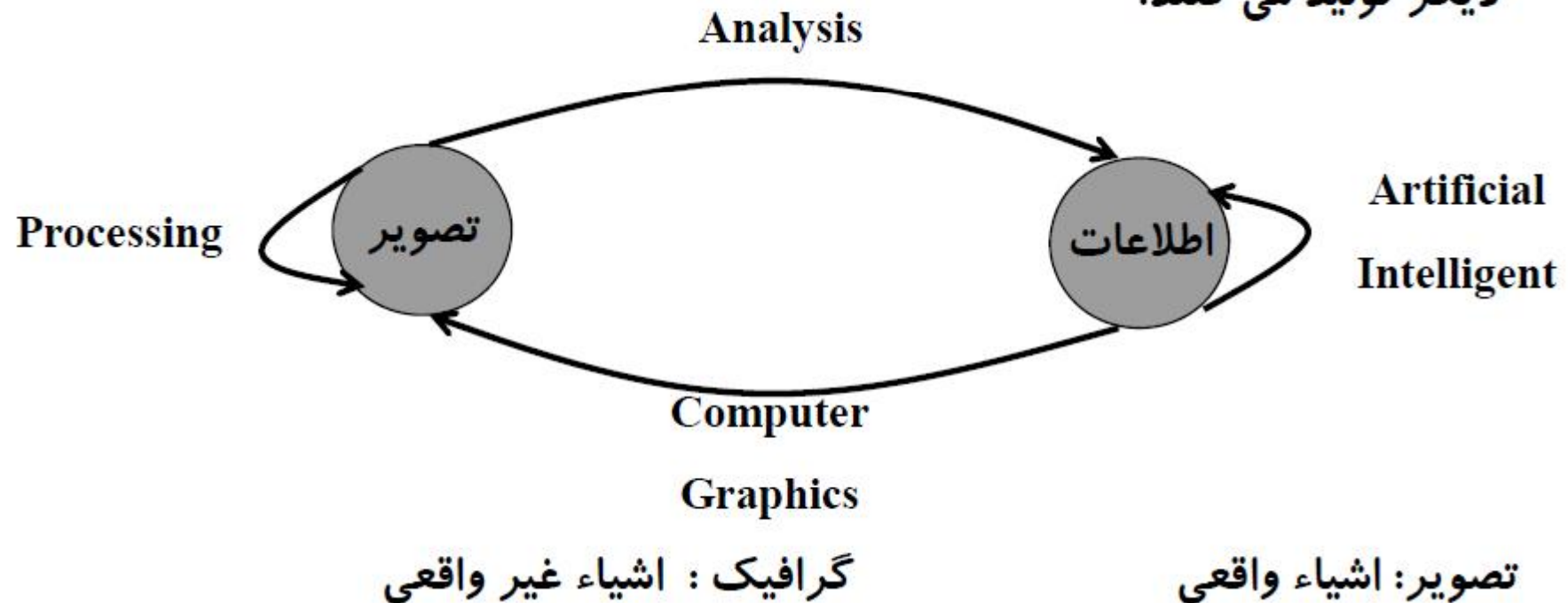
## Analog Data to Digital Data

Analog image  $\longrightarrow$  sampling  $\longrightarrow$  Digital image



داده های رقومی سنجش از دور معمولاً تصاویر رقومی هستند و به همین خاطر معمولاً به مجموعه عملیاتی انجام شده بر روی این تصاویر پردازش رقومی تصاویر گویند.

این فرایندها معمولاً تصویر را به صورت رقومی گرفته و در نتیجه یک سری داده دیگر تولید می کنند.



## مراحل آنالیز انواع داده های سنجش از دور

---

- 1) تعریف اطلاعات مورد نیاز
- 2) جمع آوری داده ها (سنجش از دور و زمینی)
- 3) تجزیه تحلیل و آنالیز داده ها (تصاویر)
- 4) بررسی نتایج آنالیزها
- 5) ارائه نتایج به کاربران
- 6) تصمیم گیری بر اساس اطلاعات بدست آمده

### 1 - هدف تعریف اطلاعات مورد نیاز:

### 2- هدف جمع آوری داده ها (سنجش از دور و زمینی)

- بررسی تکنیک های جمع آوری داده ها
- ارزیابی دقت مورد نیاز
- ارزیابی سرعت مورد نیاز برای جمع آوری داده ها
- ارزیابی دوره زمانی یا فصلی جمع آوری داده ها
- ارزیابی هزینه ایجاد اطلاعات و شکل اطلاعات (نقشه کاغذی، اطلاعات آماری و ...)
- ارزیابی داده های موجود (میتا داده آنها)
- تعیین داده های جدید برای تهیه و جمع آوری
- تعیین سنجنده مناسب
- استفاده از داده های ترکیبی در صورت نیاز



3 و 4 - آنالیز انواع داده های سنجش از دور و بررسی نتایج آنها

## Image Analysis

□ مجموعه تکنیکهایی که بر روی تصاویر اعمال می شود تا آن را به اطلاعات تبدیل کند  
□ روشهای پردازش

(۱) آنالیز اندازه گیری (Measurement Analysis)

(نظیر رطوبت خاک، درجه حرارت سطح و ...) نتایج اندازه گیری بصورت تعداد زیادی مقادیر منفرد که هر کدام مربوط به یک نقطه می باشد.

(۲) آنالیز طبقه بندی (Classification Analysis)

تعیین مناطق با مشخصات یکسان و تولید نقشه های موضوعی

(۳) آنالیز تخمین (Estimation Analysis)

با هدف تعیین کمیت چیزی (میزان ذخیره چوب، سطح زیر کشت گندم و ...) و هدف تولید نقشه نیست.

5 و 6 - ارائه نتایج به کاربران و تصمیم گیری بر اساس اطلاعات بدست آمده

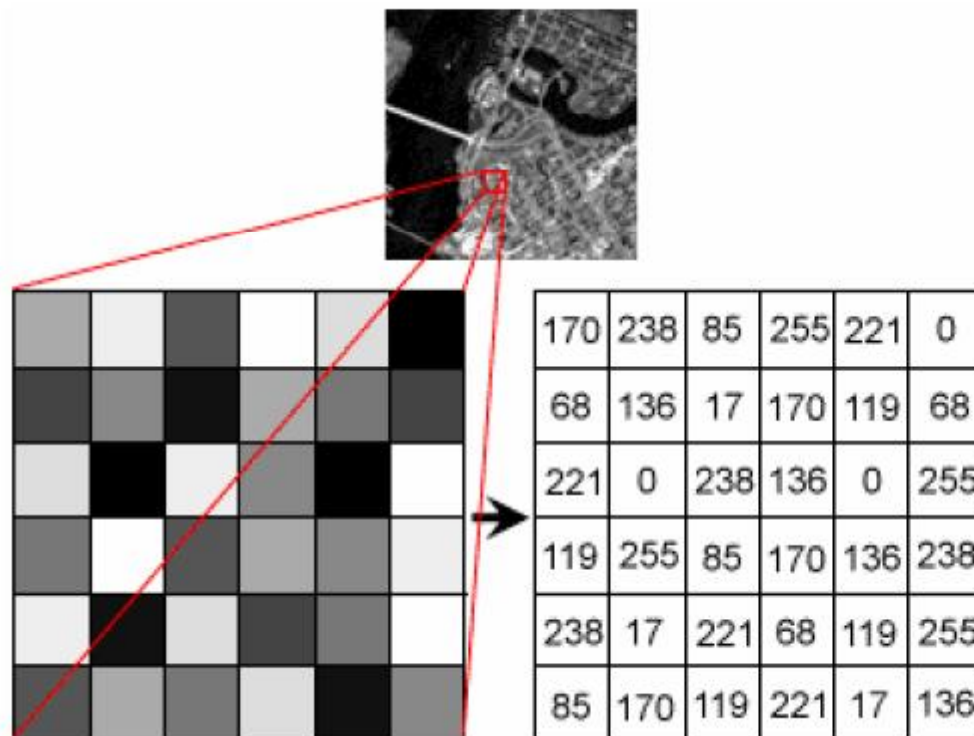
- ارایه گزارش کار از مراحل انجام کار
- انتخاب فرمی مناسب برای خروجی (آنالوگ، رقومی، نمودار و ...)
- ضمیمه اطلاعات کاتوگرافی نقشه (مقیاس نقشه، سیستم تصویر، واحد های اندازه گیری و ...)

نهایتاً :

تصمیم گیری صحیح بر اساس اطلاعات بدست آمده

### ساختار تصویر رقومی :

معمولا از ساختار ماتریسی برای ذخیره، نمایش و پردازش تصویر رقومی استفاده می شود.



- پیکسل: به هر المان ماتریس تصویر پیکسل گفته می شود.

- از آنجا که هر پیکسل تصویر رقومی بصورت باینری در کامپیوتر ذخیره می شود، دامنه درجات خاکستری پیکسلها  $2^n$  است. معمولا تصاویر معمولی روزمره 8 بیتی هستند که معادل 256 درجه خاکستری است. تصاویر دورکاوی غالبا 16 یا 24 بیت در هر باند هستند.

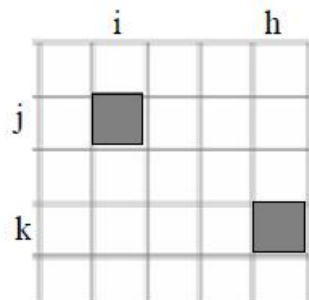
## سیستم مختصات تصویر رقومی:

	1	2	3	4	5	6 ...	c (column)
1	170	238	85	255	221	0	x
2	68	136	17	170	119	68	
3	221	0	238	136	0	255	
4	119	255	85	170	136	238	
5	238	17	221	68	119	255	
6	85	170	119	221	17	136	
...							
r (row) y							

انتخاب سیستم مختصات قراردادی است و در متون مختلف متفاوت است. در این درس از سیستم مختصات مقابل استفاده می شود.

سیستم سطر و ستون برای برنامه نویسی و کار با ساختار داده ماتریسی مناسب است.

## انواع فاصله در تصویر رقومی:



تابع فاصله بین دو پیکسل  $p$  ,  $q$  باید دارای شرایط زیر باشد:

- (a)  $D(p, q) \geq 0$  ( $D(p, q) = 0$  iff  $p = q$ ),
- (b)  $D(p, q) = D(q, p)$ , and
- (c)  $D(p, z) \leq D(p, q) + D(q, z)$ .

فاصله بین دو پیکسل  $p$  ,  $q$  با مختصات  $(i, j)$  ,  $(h, k)$ :

$$D_E((i, j), (h, k)) = \sqrt{(i - h)^2 + (j - k)^2}$$

فاصله اقلیدسی:

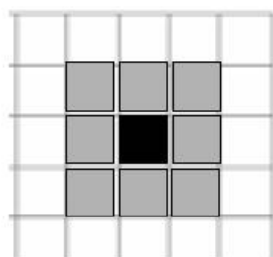
$$D_4((i, j), (h, k)) = |i - h| + |j - k|$$

فاصله city block:

$$D_8((i, j), (h, k)) = \max\{|i - h|, |j - k|\}$$

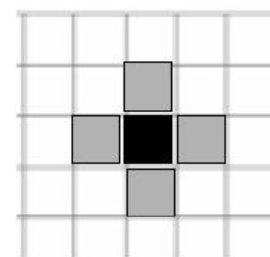
فاصله شطرنجی:

## همسایگی پیکسل:



همسایگی 8 (8-neighborhood)

$$(x + 1, y), (x - 1, y), (x, y + 1), (x, y - 1) \\ (x + 1, y + 1), (x + 1, y - 1), (x - 1, y + 1), (x - 1, y - 1)$$



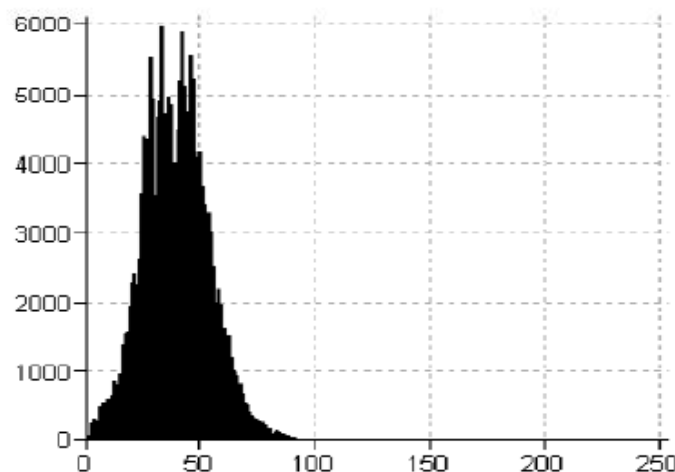
همسایگی 4 (4-neighborhood)

$$(x + 1, y), (x - 1, y), (x, y + 1), (x, y - 1)$$



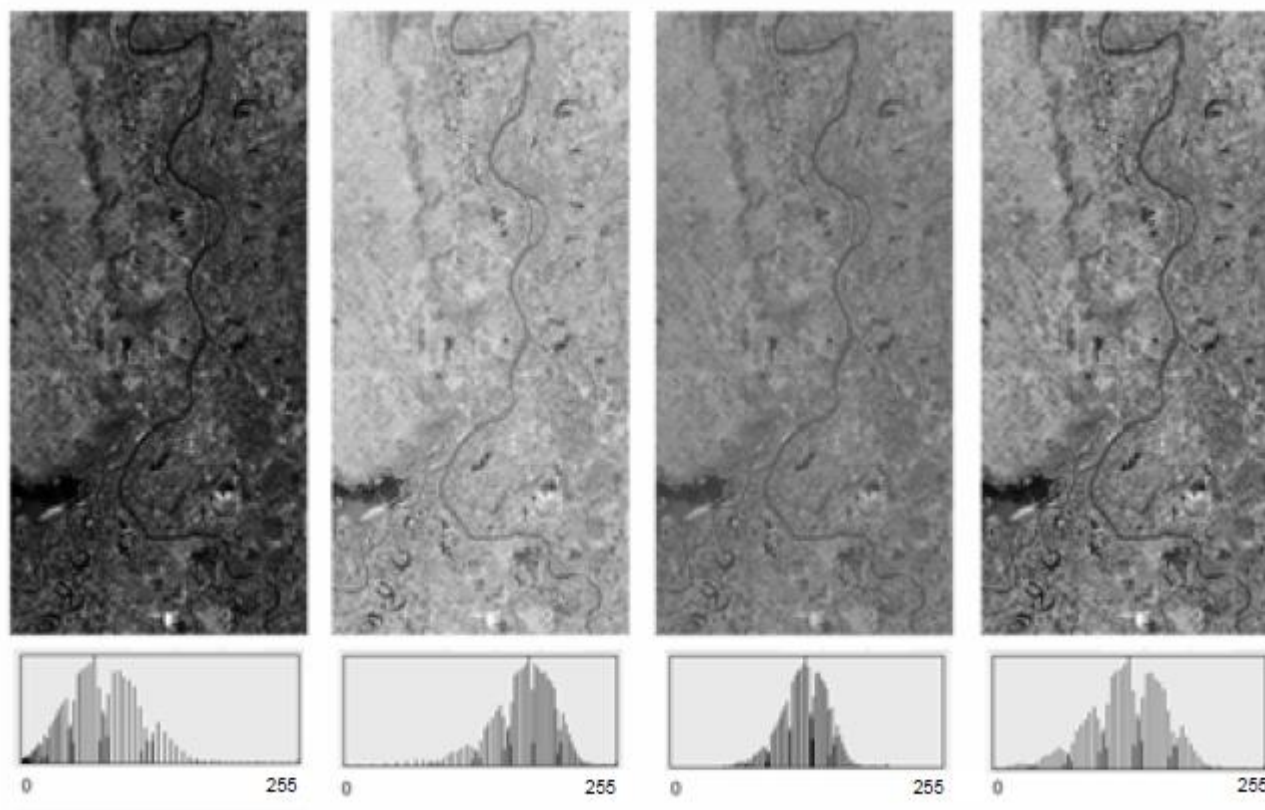
## هیستوگرام تصویر (Image Histogram)

نمایش گرافیکی - جدولی از فراوانی مقادیر موجود در یک مجموعه داده (تصویر) در فواصل مشخص و مساوی را هیستوگرام گویند. ارتفاع هر ستون نشان دهنده مقدار فراوانی هر دامنه یا عدد است.

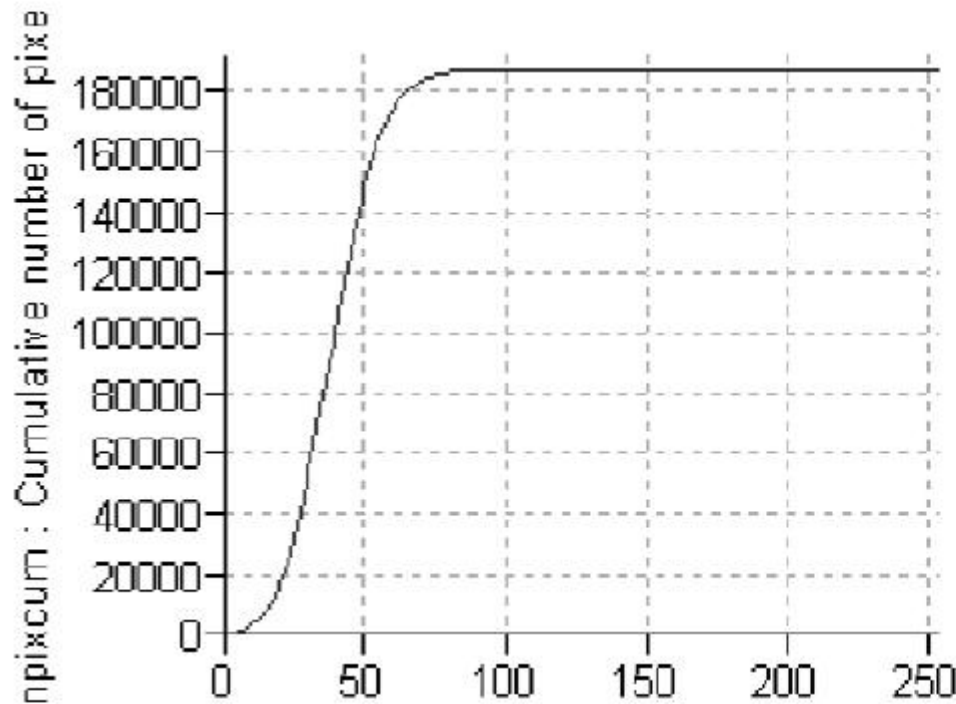


## هیستوگرام:

- نمودار فراوانی درجات خاکستری.
- نشاندهنده تاریکی، روشنایی و کنتراست تصویر.



## هیستوگرام تجمعی



به هیستوگرامی گویند که فراوانی هر ستون معادل مجموع مقادیر همان ستون به اضافه تمامی مقادیر ستونهای قبلی است.

### \* کاربردهای هیستوگرام :

- ✓ دید آنالیز آماری تصویر ( توزیع داده ها و کلاسها در تصویر )
- ✓ تغییر هیستوگرام تصویر باعث بهبود نمایش آن می شود.

## فضاهای رنگی (Color Spaces)

\* کاربردها

- ✓ تصاویر چند باندی و نمایش آنها
- ✓ فهم داده های تصویری (مقادیر چه معنایی دارند)
- ✓ تبدیل انرژی الکترومغناطیس به مقادیر مشخص
- ✓ تغییر تصویر

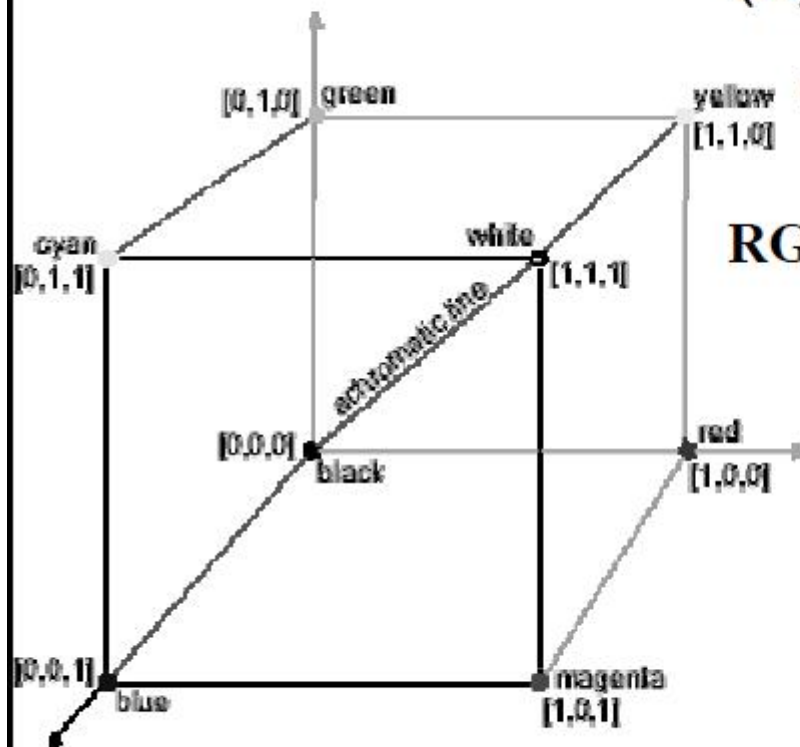
\* فضاهای رنگی معروف : RGB , HIS , CYM

فضای رنگی RGB

- ✓ سه رنگ اصلی قرمز ، سبز و آبی
- ✓ یک سیستم تجمعی
- ✓ هر رنگ با مشخص نمودن سه جزء RGB آن در این سیستم تعریف می شود.

سیاه : (0,0,0) سفید (255,255,255)

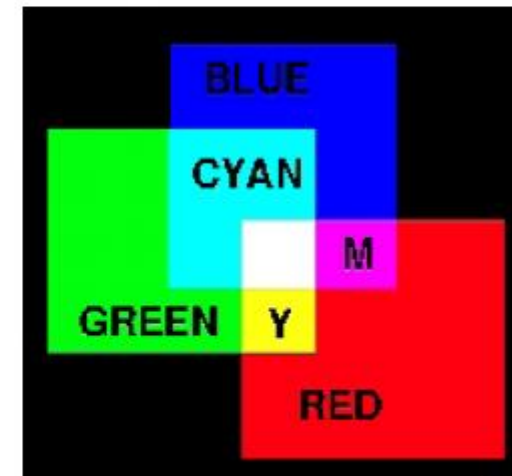
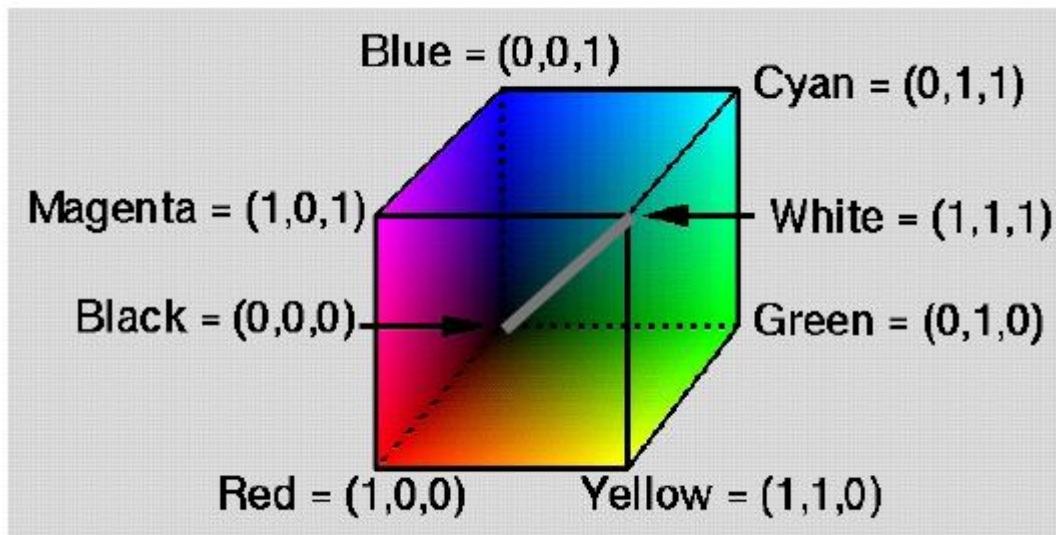
- ✓ اجزاء قطری به صورت درجات خاکستری شناخته می شوند.





## ■ Perceptual Aspects of Color

- Primary colors: Red, Blue, Green
- Secondary colors:
  - Magenta (purple) = Red + Blue
  - Cyan = Blue + Green
  - Yellow = Red + Green



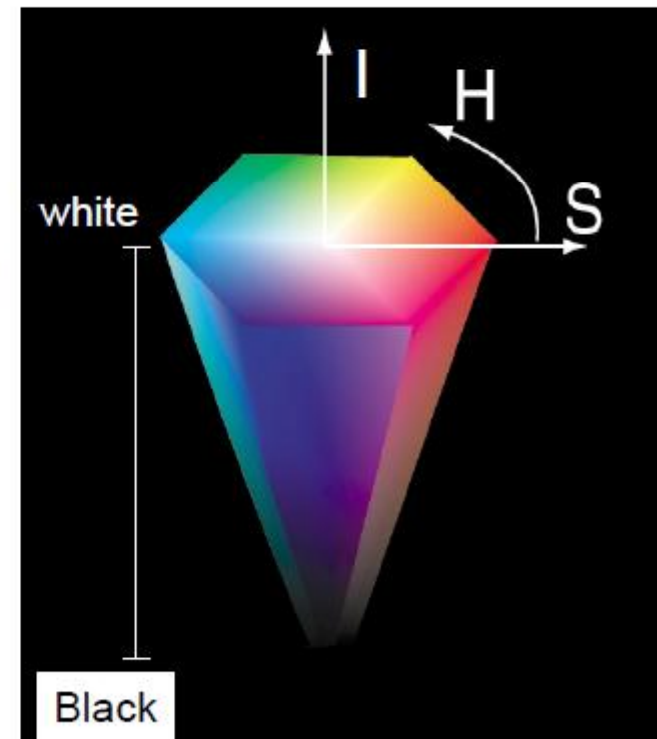
## Color Images (cont.)

### □ HSI (Hue, Saturation, Intensity)

*Hue*: The true color attribute (red, green, blue, orange, yellow, ...)

*Saturation*: refers to the relative purity or the amount of white light mixed with a hue.

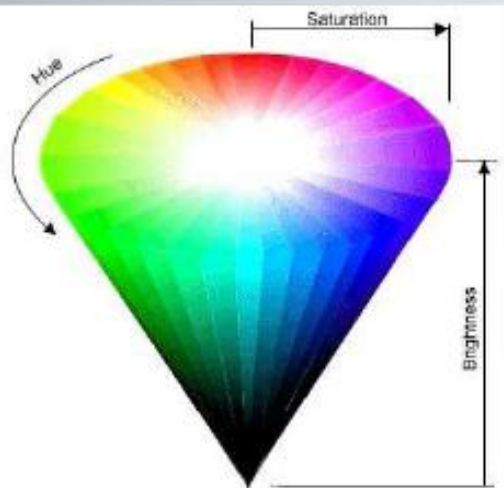
*Intensity*: The degree of brightness. A well-lit color has high intensity, a dark color has low density.





## سیستم رنگی HIS

- شدت (Intensity) و چرذگی (Hue) و سیری رنگ (Saturation)
- این سیستم رنگی کمی پیچیده است ولی به زبان روزمره نزدیکتر می باشد.
- شدت را که مشخص کننده تغییرات روشنایی است معادل سه عنصر R,G,B
- چرذگی بیانگر طول موج رنگ غالبی است که مشاهده می شود.
- سیری درجه خلوص رنگ را بیان می کند. یک رنگ خالص صد در صد اشباع است.
- این سیستم بر مبنای یک مخروط استوار است.
  - محور مخروط بیانگر شدت،
  - فاصله از محور بیانگر سیری
  - موقعیت روی محیط مقطع افقی بیانگر چرذگی است.



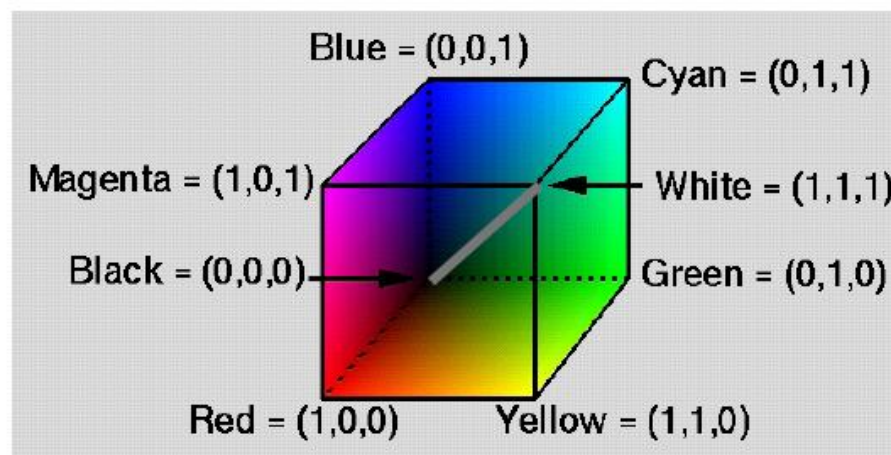
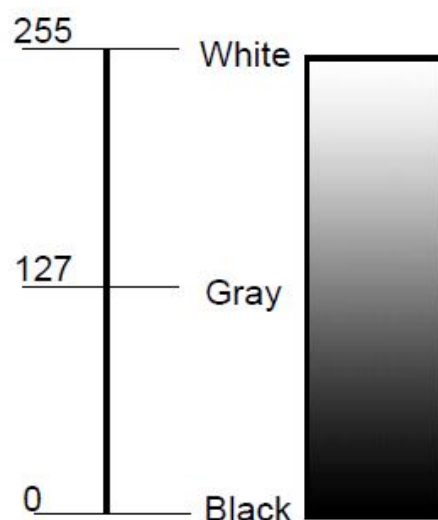
## ■ Gray Level (Gray Scale)

- the number of gray levels typically is an integer power of 2:

$$L = 2^k$$

k = bit image.

Ex: 8 bit =  $2^8 = 256$



فرمت تصاویر

■ ساختاری برای چگونگی نگهداری تصاویر و همچنین فشرده سازی آنها

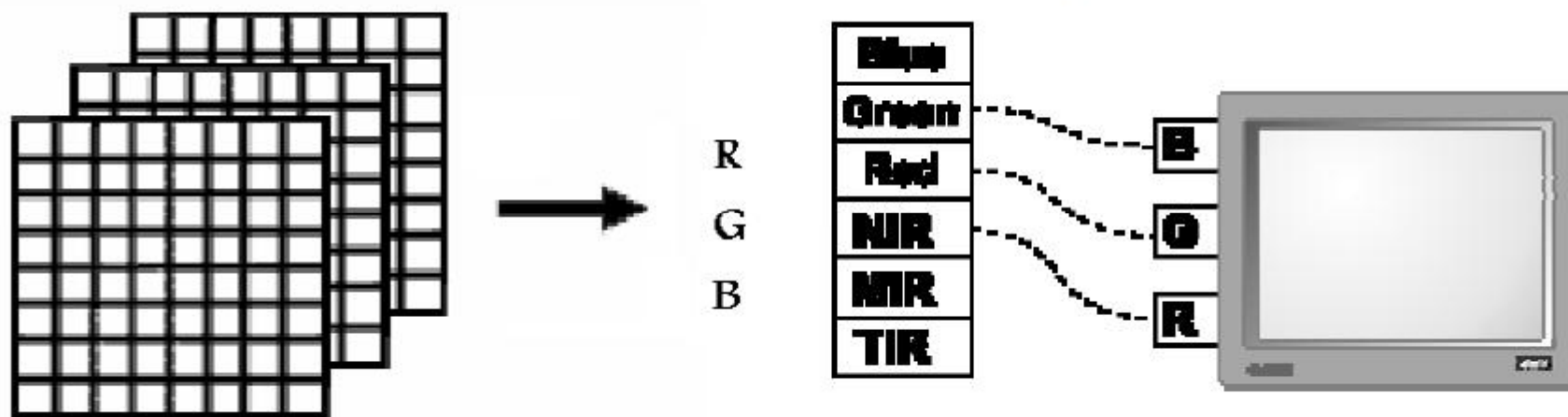
BMP, GeoTiff, HDF •

JPEG •

## ترکیبهای رنگی (Color Composites)

✓ ترکیبهای رنگی برای نمایش تصاویر چند طیفی به کار می روند.

✓ اصل ایجاد ترکیب سه تایی RGB است.



انواع ترکیبهای رنگی

(R,G,B) *Bands*

(RGB) *colors* TCC

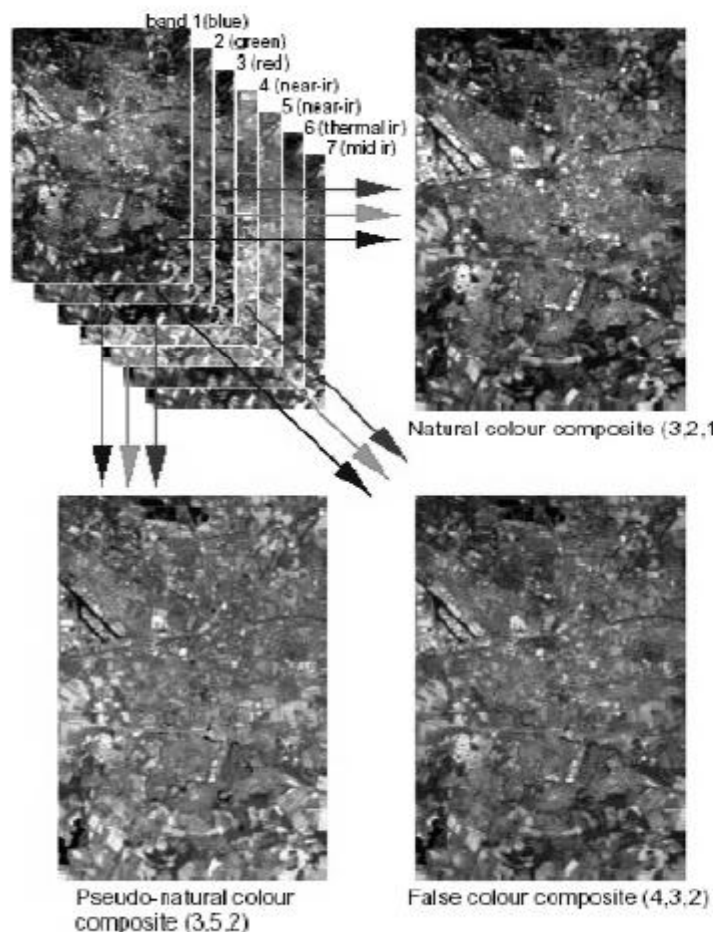
(IR,R,G) *Bands*

(RGB) *colors* FCC

(NIR,NIR,R) *Bands*

(RGB) *colors* PNCC

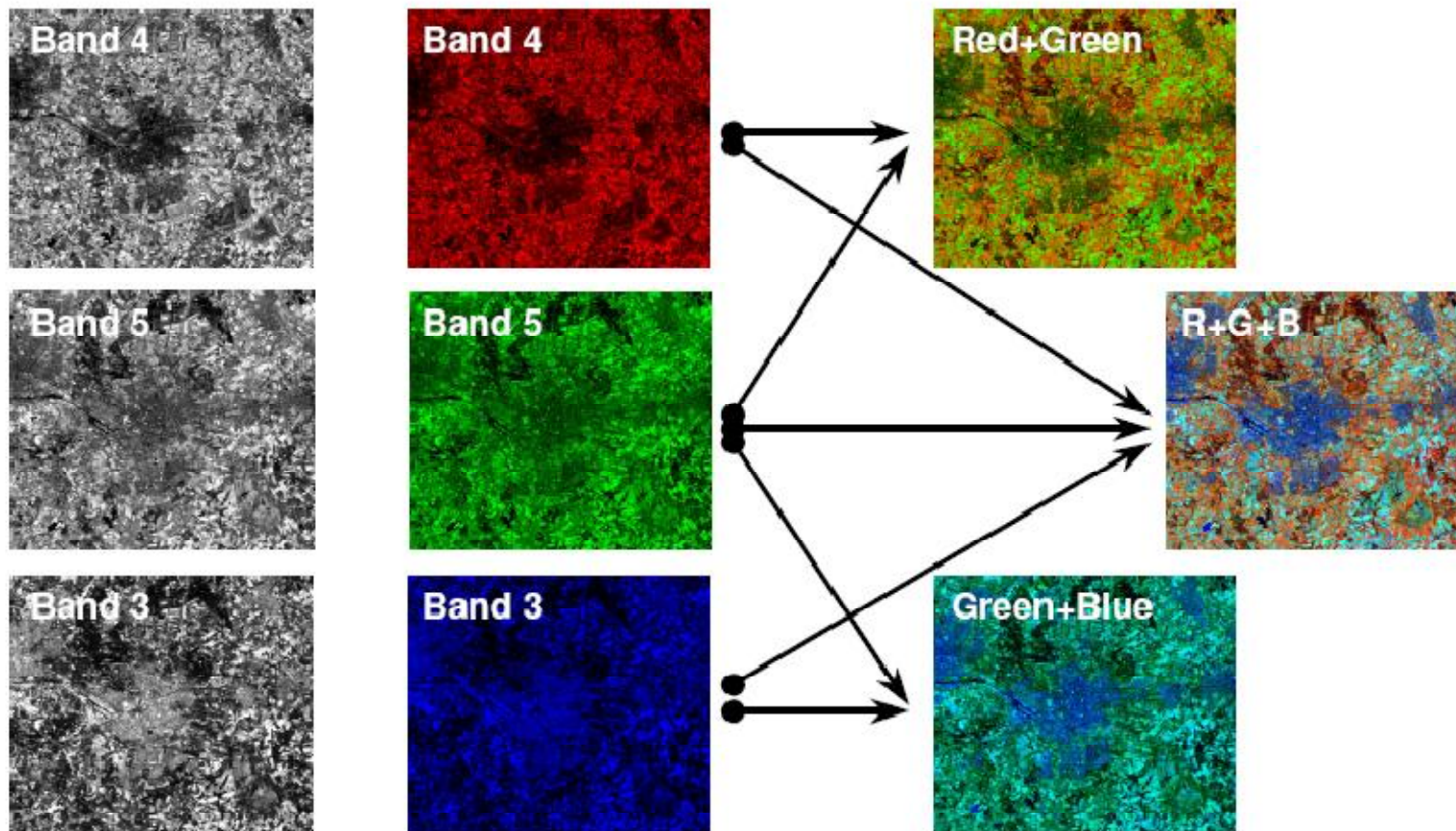
# True and False Color Images



- ✓ ترکیبهای رنگی در تفسیر بصری تصاویر ماهواره ای به کار می روند.
- ✓ بهترین منبع تعیین آنها استفاده از منحنی طیفی اشیاء می باشد.
- ✓ ترکیبهای کاذب برای تاکید بر روی اشیاء خاص به کار می روند.



# Color composites





## Some Definitions (cont.)



**True Color Composite**



**False Color Composite**

۷۸



---

## پایان جلسه



مبانی سنجش از دور

## مبانی پردازش تصویر (2)

فرید اسماعیلی

[Farid\\_63@yahoo.com](mailto:Farid_63@yahoo.com)

[www.faridesm.ir](http://www.faridesm.ir)

تماس با استاد از طریق پست الکترونیکی  
مشاهده اطلاعیه ها، نمرات، دریافت فایل ها در وب سایت

## بهبود تصویر (image enhancement):

هدف از بهبود تصویر حذف اعوجاجات ناخواسته در درجات خاکستری و تصحیح روشنایی پیکسل‌های تصویر است. بهبود تصویر در تفسیر عکس و پردازش‌های خودکار اهمیت زیادی دارد.

بهبود تصویر را می‌توان در حیطه مکان یا در حیطه فرکانس انجام داد. در عملیات بهبود تصویر در حیطه مکان مستقیماً درجات خاکستری پردازش می‌شوند.

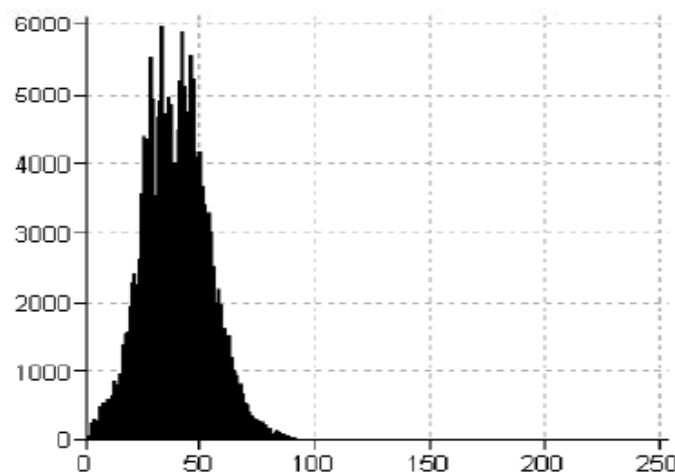


## بهبود تصویر در حیطة مكان:

- تصحيح برخى خرابى ها (degradations) در تصوير نيازمند داشتن آگاهى در موارد زير است:
  - آگاهى از طبيعت خرابى (مثلا خرابى ناشى از نويز يا تار بودن تصوير)؛
  - آگاهى از مشخصات سنجنده و شرايطى كه تحت آن تصوير بردارى انجام شده است؛
  - آگاهى از نوع عوارضى در تصوير جستجو مى شود.
- روشهاى پيش پردازش را مى توان با توجه به محدوده عمل آنها به سه دسته تقسيم كرد:
  - تبديل هاى درجه خاکستري پيكسل ها (محدوده پيكسل)؛
  - فيلترينگ محلى (محدوده همسايگى پيكسل)، و
  - عملگر هاى منطقى و بازيابى تصوير كه نياز به آگاهى از كل تصوير دارد (محدوده كل تصوير).

## هیستوگرام تصویر (Image Histogram)

نمایش گرافیکی - جدولی از فراوانی مقادیر موجود در یک مجموعه داده (تصویر) در فواصل مشخص و مساوی را هیستوگرام گویند. ارتفاع هر ستون نشان دهنده مقدار فراوانی هر دامنه یا عدد است.



تبدیل های درجه خاکستری پیکسل ها (Pixel grayscale transformation):

$$q = T(p)$$

$p$  is the original gray values normalized between 0 and 1

$T$  is the transformation

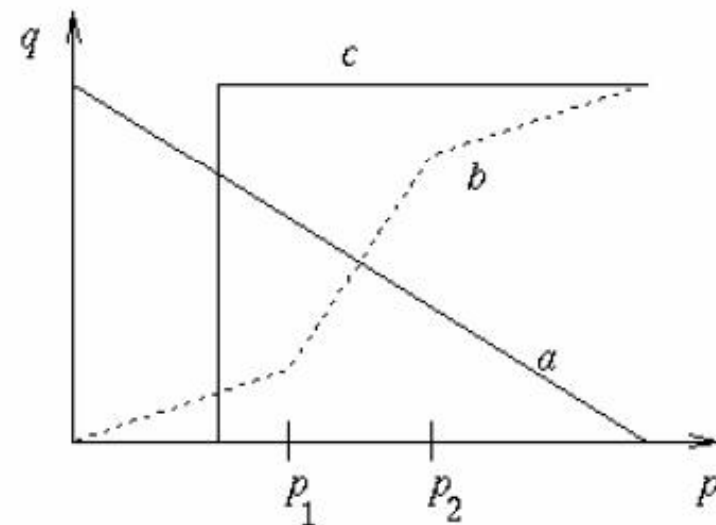
$q$  is the transformed gray values

معمولا تبدیل محاسبه شده و

توسط یک Look Up Table (LUT)

اعمال می شود:

In	Out
0	0
1	4
2	8
...	...
253	245
254	250
255	255



a - Negative transformation

b - Contrast enhancement (between  $p_1$  and  $p_2$ )

c - Brightness thresholding

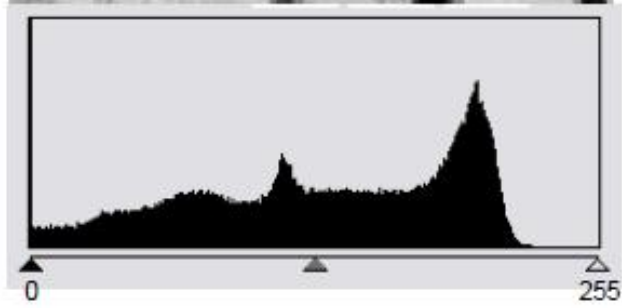
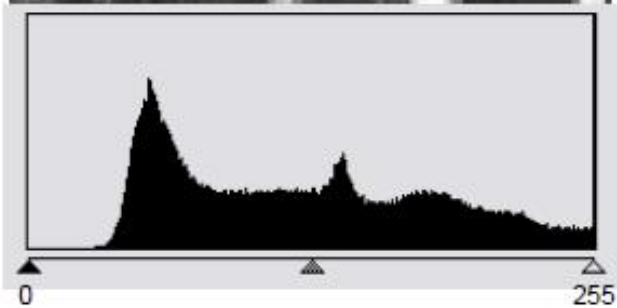


## Look-up tables

RED		GREEN		BLUE	
0	2	0	0	0	0
1	1	1	2	1	0
2	1	2	0	2	2
3	4	3	1	3	4
4	4	4	6	4	4
5	5	5	3	5	6
6	7	6	5	6	5
7	8	7	8	7	6
8	9	8	7	8	9
9	11	9	9	9	10
10	10	10	8	10	10
11	13	11	13	11	11
12	10	12	12	12	13
13	15	13	13	13	11
14	13	14	15	14	15
15	14	15	15	15	13

- کار LUT نگاشت یک بردار ورودی از اعداد به یک بردار خروجی از اعداد است.

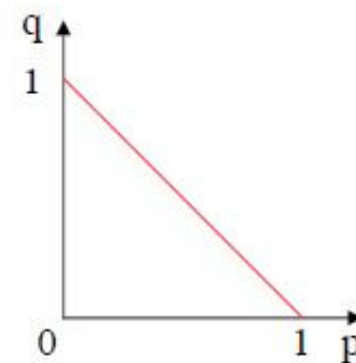
- پردازش های درجه خاکستری توسط LUT سریعتر اعمال می شوند.

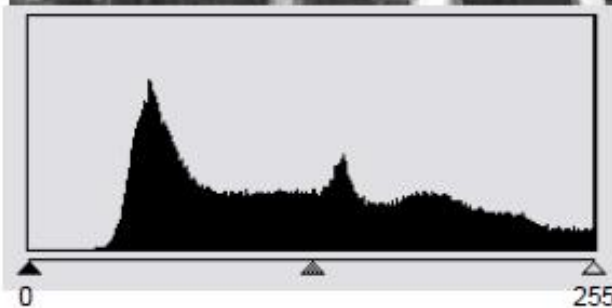


تبدیل منفی  
:(Negative)

$$q = 1 - p$$

$$0 < q < 1$$



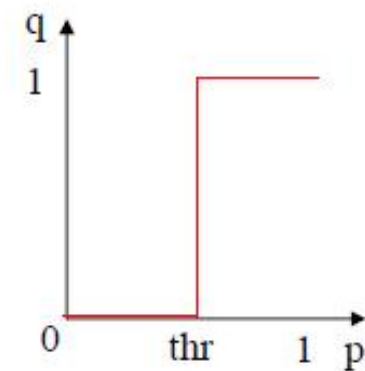


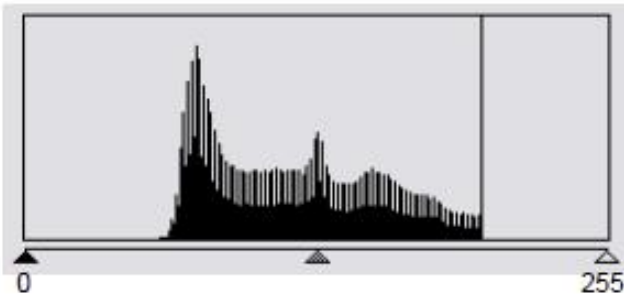
تبدیل حد آستانه  
:(thresholding)

$$q = p > \text{thr}$$

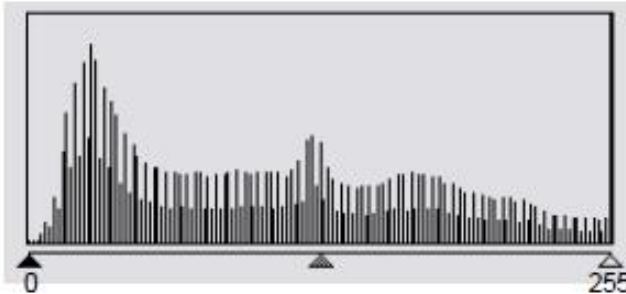
$$0 < p < 1$$

$$0 < \text{thr} < 1$$





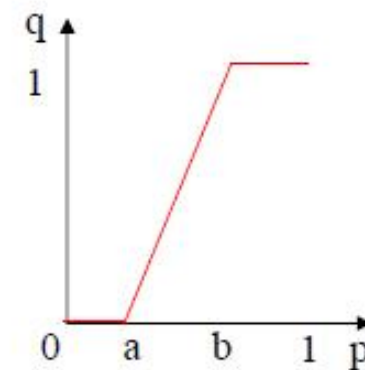
12/8/2012



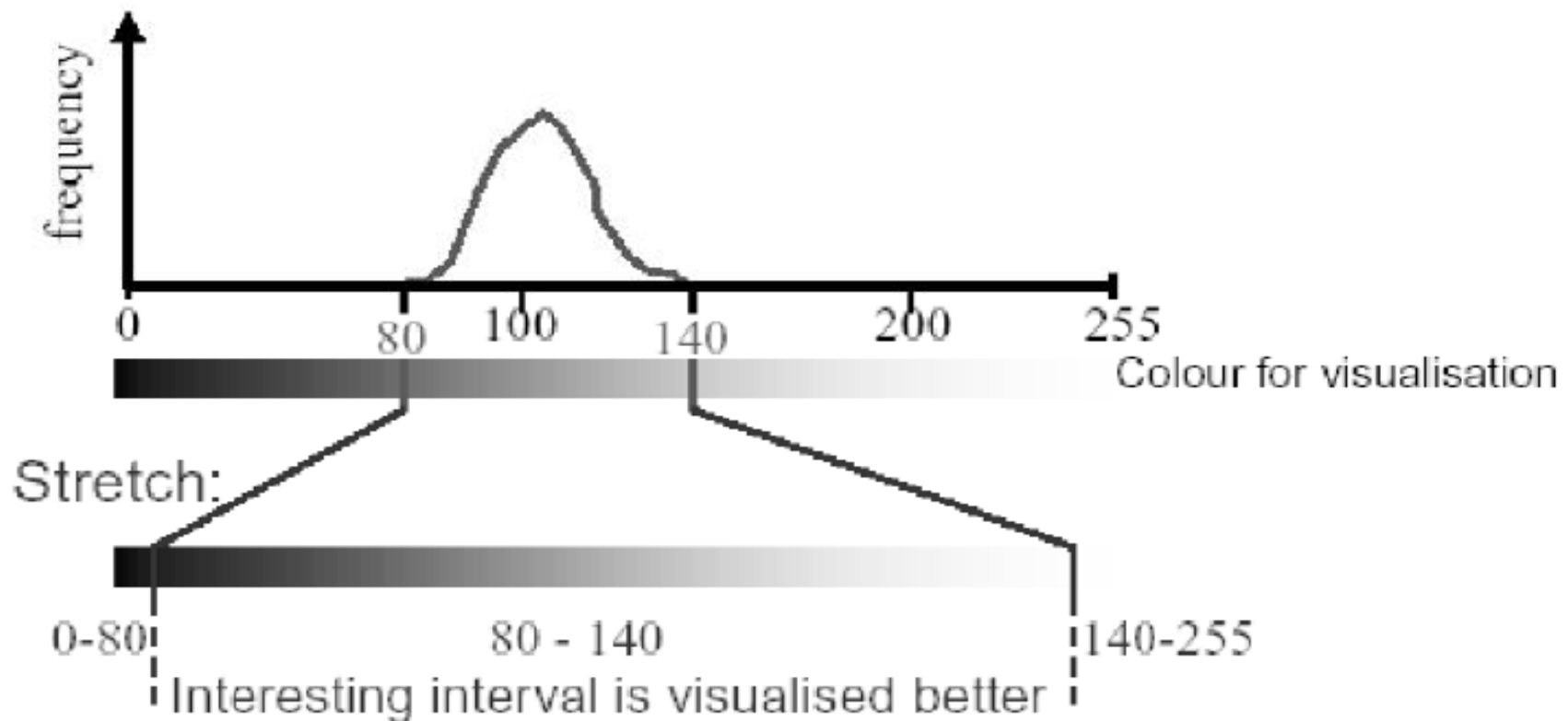
فرید اسماعیلی - مبنای پردازش تصویر 2

تبدیل بهبود کنتراست  
:(histogram stretching)

$$q = \begin{cases} 0 & 0 < p < a \\ \frac{1}{(b-a)}(p-a) & a < p < b \\ 1 & b < p < 1 \end{cases}$$



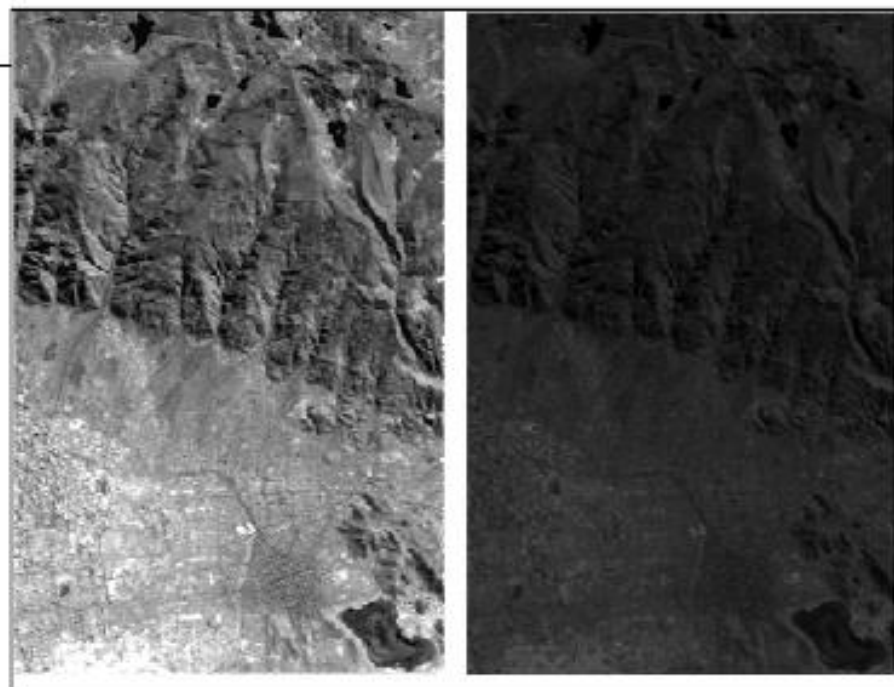
## Linear Histogram Stretching:





## Linear Histogram Stretching

Stretched



No Stretched

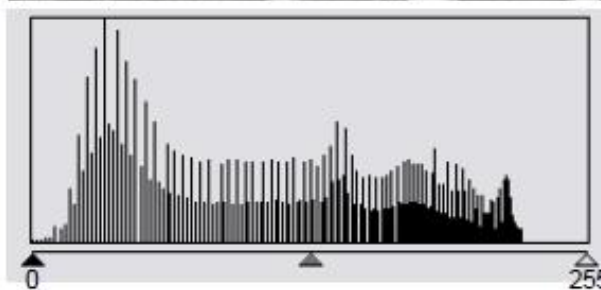
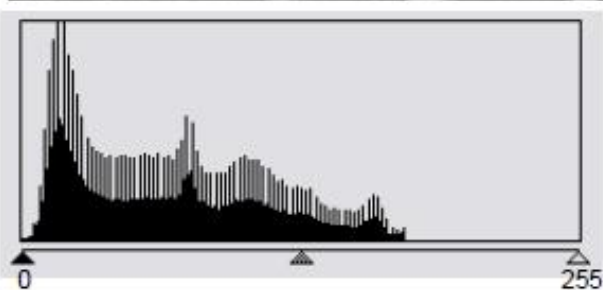
کاربردها: در تمامی مواردی که کاربر می خواهد یک شیء یا پیکسل را بر روی تصویر مشخص نماید به کار می رود. مثلا:

✓ تفسیر بصری

✓ انتخاب GCP (نقاط کنترل زمینی)

✓ تعیین پیکسلهای معلوم برای طبقه بندی



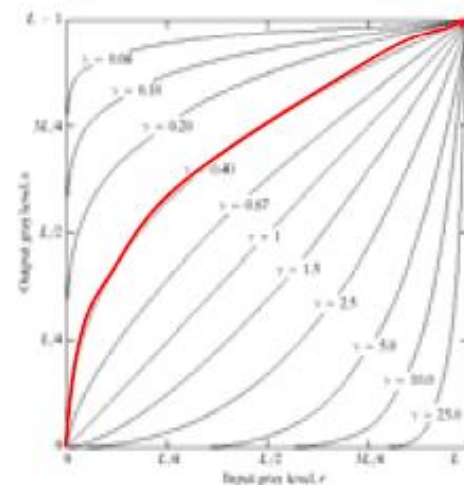


تبدیل گاما:

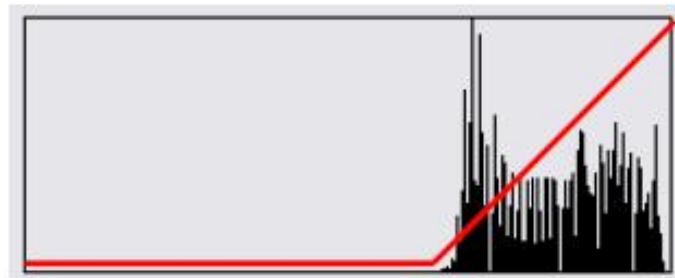
$$q = c \cdot p^\gamma$$

$$0 < p < 1$$

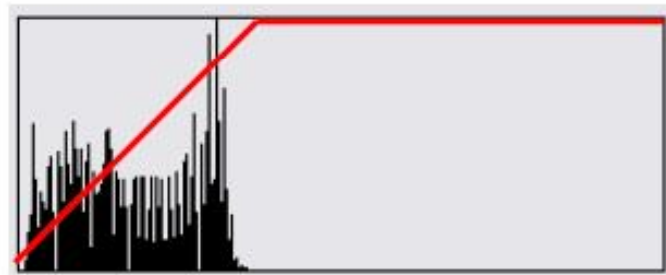
$$\gamma = 0.4 \quad c = 1$$



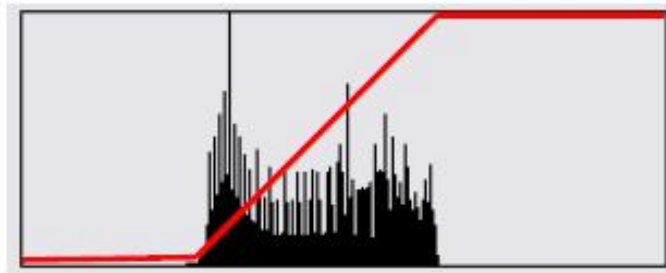
## Histogram stretching: usual cases



تصویر روشن



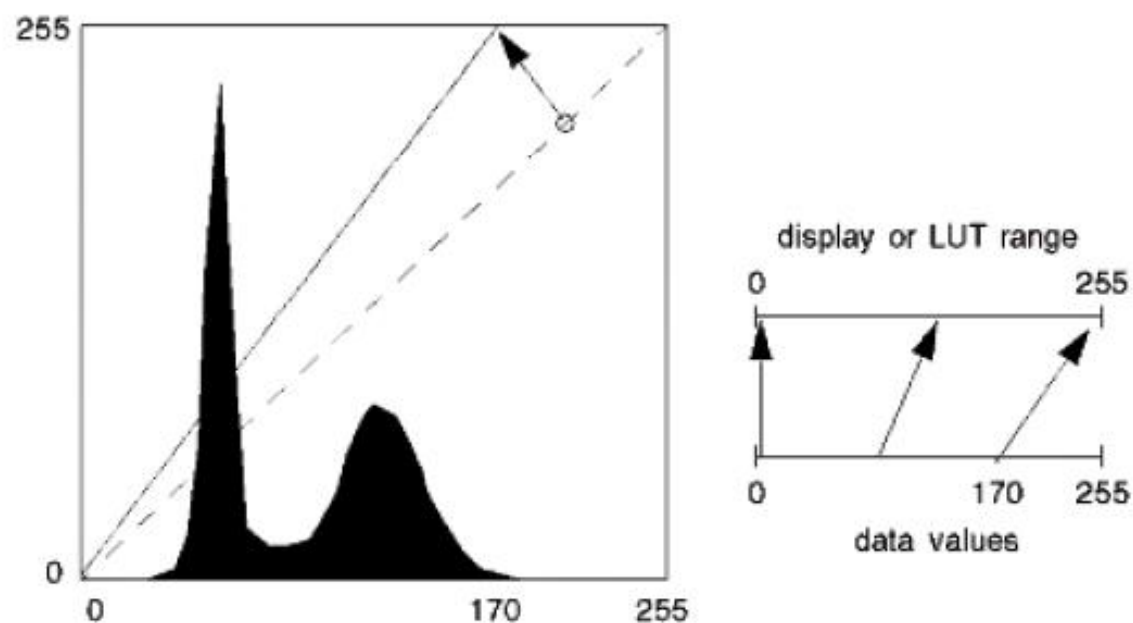
تصویر تاریک



تصویر با  
کنتراست کم



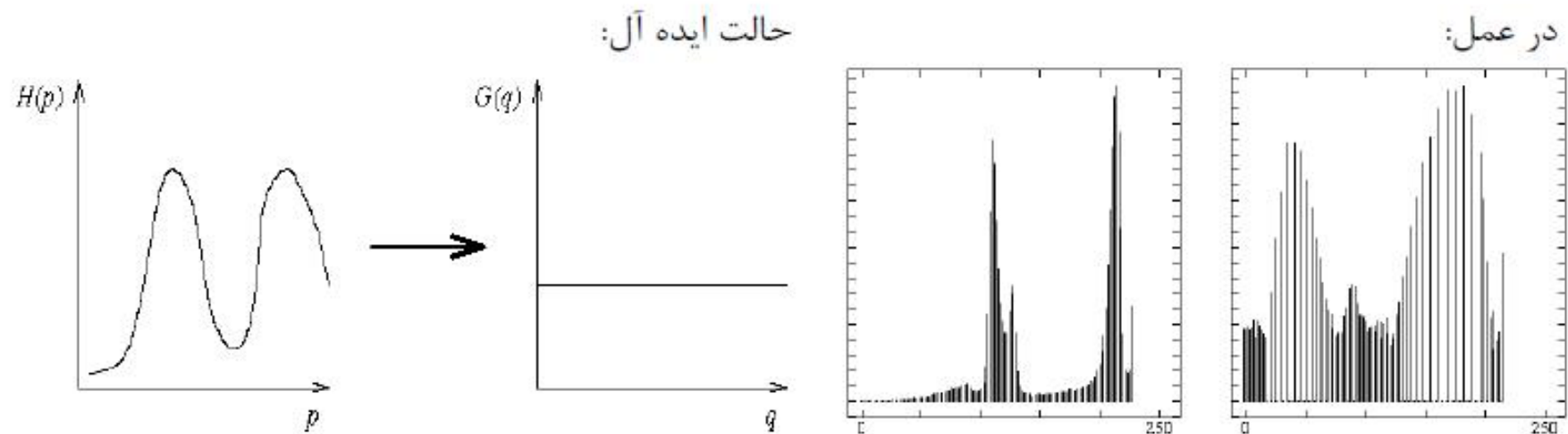
معمولا نرم افزارهای پردازش تصویر ابزار های گرافیکی برای اعمال تبدیل های درجه خاکستری بصورت دستی دارند.



## برابرسازی هیستوگرام (Histogram equalization):

معمولترین تبدیل درجه خاکستری است. هدف از این تبدیل بدست آوردن تصویری است که در آن درجات خاکستری به طور برابری در تصویر توزیع شده باشند.

حسن این روش این است که بصورت کاملاً خودکار می توان آنرا اعمال کرد.



## Histogram Equalization

- ✓ این نوع تبدیل تابع تبدیل را بر اساس هیستوگرام تجمعی شکل می دهد.
- ✓ این تبدیل تلاش می کند تا هیستوگرام تصویر خروجی شکلی یکنواخت داشته باشد و در طول کل دامنه موجود اعداد همه میله ها به تعداد مساوی پیکسل داشته باشند.
- ✓ در حقیقت این نوع تبدیل شکل و دامنه هیستوگرام را در نظر می گیرد.

### \* الگوریتم

- ✓ مرحله اول: تعیین تعداد پیکسلها در هر مقدار درجه خاکستری

$$n_t = \frac{N}{256}$$

N تعداد کل پیکسلهای تصویر

پس هر مقدار درجه خاکستری بایستی  $n_t$  پیکسل در تصویر داشته باشد.

- ✓ مرحله دوم: محاسبه هیستوگرام تجمعی تصویر. برای هر درجه خاکستری (j)،  $c_j$  بدست آید.

- ✓ مرحله سوم: محاسبه مقدار خروجی

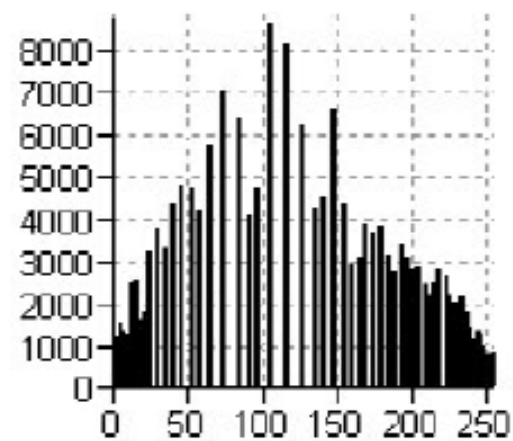
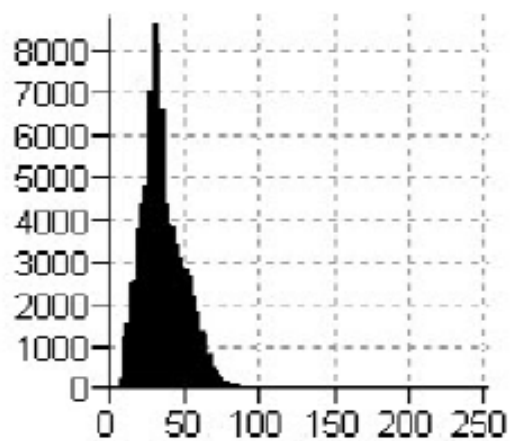
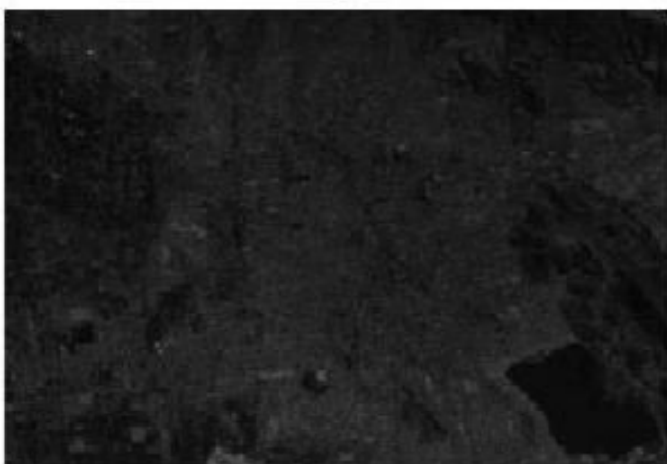
$$n_j = \frac{C_j}{n_t}$$

هر  $n_j$  به نزدیکترین عدد صحیح گرد می شود.



# Histogram Equalization

---

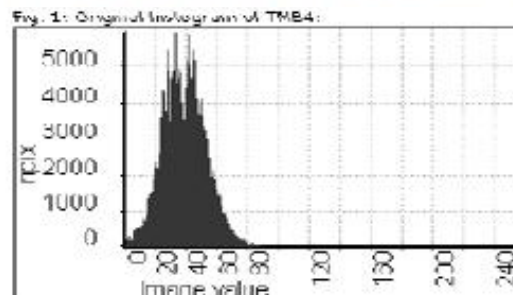




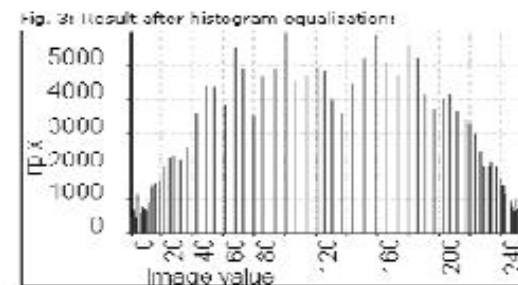
# Histogram Equalization

- ✓ این روش مقادیری که تعداد بیشتری پیکسل دارند را بیشتر تحت تاثیر قرار می دهد. کلاسه های با تعداد پیکسل کم با یکدیگر جمع شده در صورتی که کلاسه های با تعداد پیکسل زیاد در سطح هیستوگرام پخش می شوند.
- بنابراین درجات خاکستری میانی دارای بهبود کنتراست می شوند در صورتی که درجات خاکستری کناری ( با تعداد پیکسل کم) کنتراست خود را از دست می دهند.
- ✓ در حالتی که یک درجه خاکستری ، مثلا ، ۰ ، در تصویر زیاد است ( مانند مناطق آبی) آنگاه می توان با استفاده از یک حد آستانه ابتدا این بخش هیستوگرام را جدا نمود و بعد فرایند بهبود کنتراست را بر باقیمانده اعمال کرد.

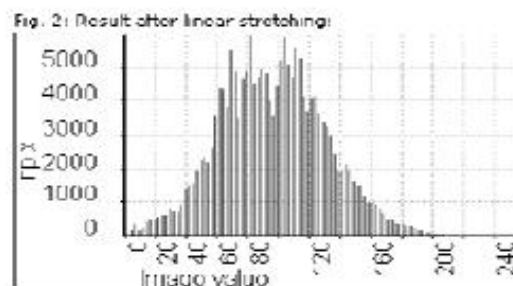
Original Histogram



Histogram  
Equalization



Linear Stretching





**Original Image**



**Linear Stretching**



**Histogram  
Equalization**

---

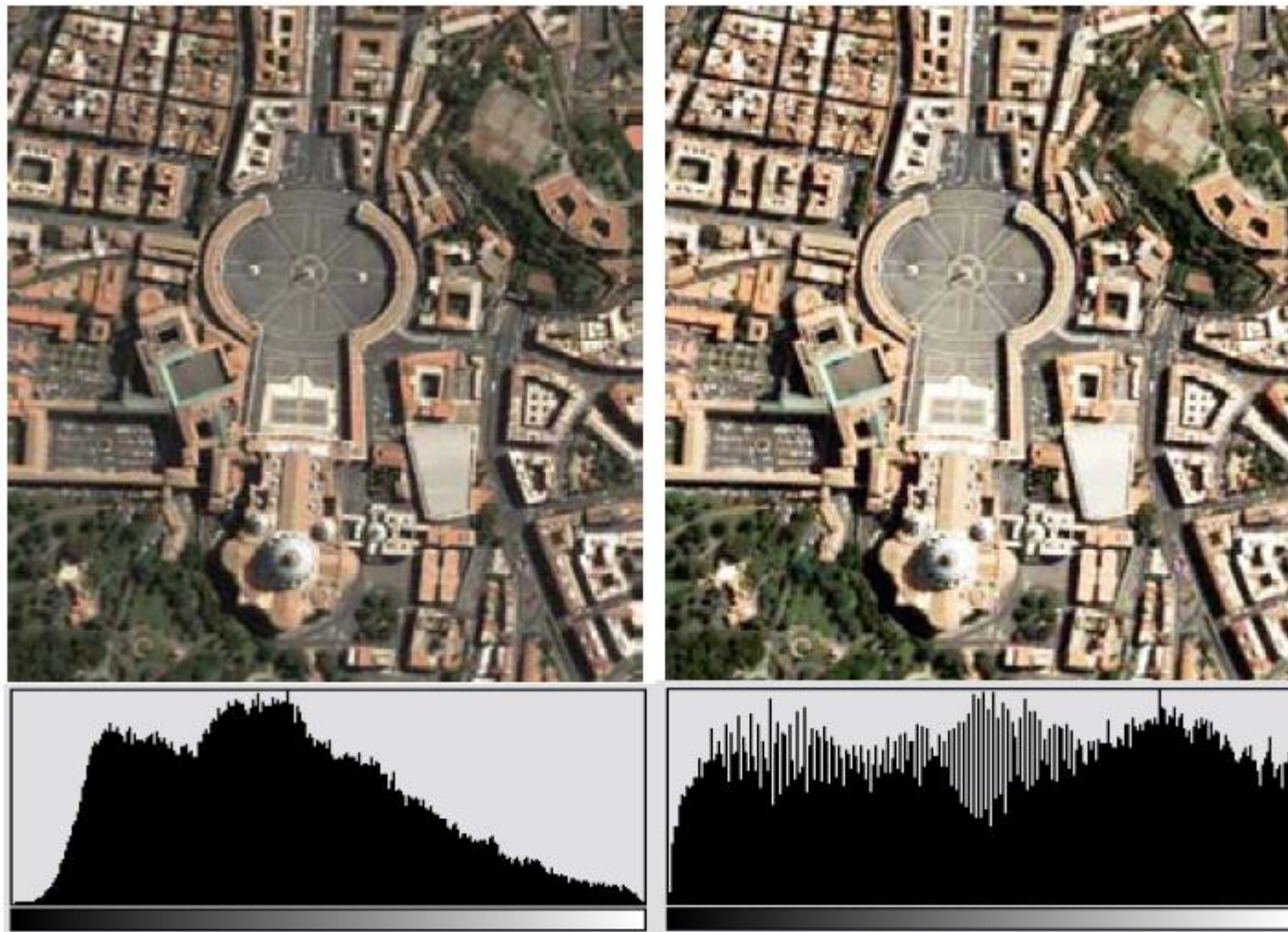
در برابر سازی هیستوگرام (Histogram Equalization) :

## نکته:

برای تصاویر رنگی و چند طیفی می توان تبدیلات درجه خاکستری را به هر باند جداگانه اعمال کرد البته بایستی توجه داشت که در مورد عکس رنگی و ترکیبات باند های طیفی که رنگ طبیعی ایجاد می کنند، اینکار ممکن است تعادل رنگی تصویر را به هم بزند و رنگها گرمتر یا سردتر شوند یا اینکه یک رنگ در تصویر بیشتر مسلط شود.



مثال:



## تطبیق هیستوگرام (Histogram matching):

در برخی کاربردها نیاز داریم که هیستوگرام تصویر را به فرمی که از قبل مشخص است تبدیل کنیم. مثلاً در تهیه موزاییک از تصاویر ماهواره ای که توسط سنجنده های متفاوت تهیه شده اند مطلوبست که هیستوگرام تصاویر به هم منطبق شوند تا تفاوت رادیومتریکی تصاویر مجاور به حداقل برسد.





مثال:





مثال:

قبل از histogram matching

بعد از histogram matching



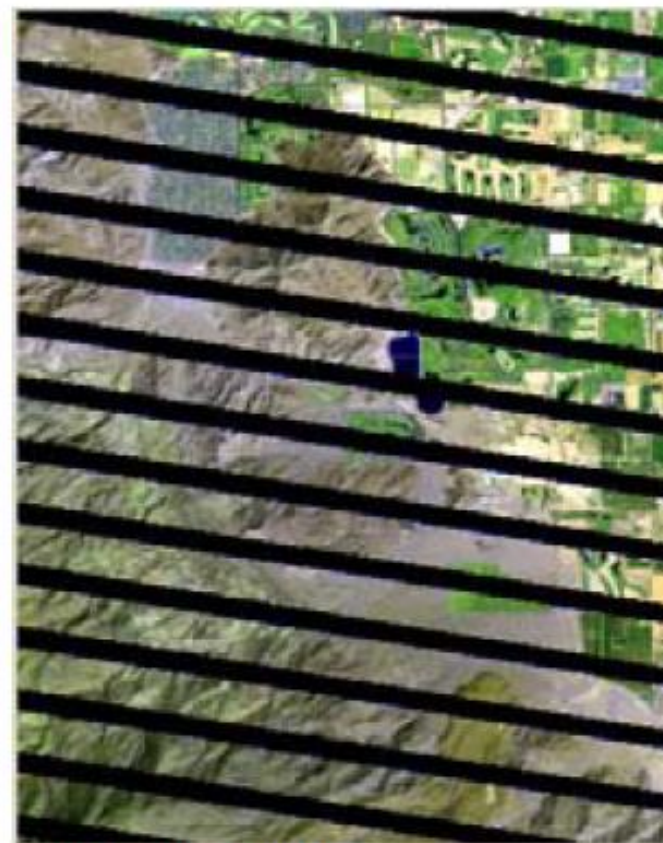


## Example:

Anything  
wrong with  
this image?



gaps filled by histogram-matched  
data acquired Sept. 14, 2002



Landsat 7, ETM+  
path 39, row 37,  
acquired Sept. 17, 2003

داده های ETM+ به خاطر ایراد سیستم SLC ماهواره دارای گپ هستند. تصویر سمت راست از تصویر سمت  
چپ تهیه شده است که در آن گپ ها توسط داده های 14 sept. 2002 پر شده اند. از تکنیک histogram  
matching برای انطباق هیستوگرام تصویر گپ با تصویر اصلی استفاده شده است.

---

## پایان جلسه



مبانی سنجش از دور

## تصحیحات در تصاویر ماهواره ای

فرید اسماعیلی

[Farid\\_63@yahoo.com](mailto:Farid_63@yahoo.com)

[www.faridesm.ir](http://www.faridesm.ir)

تماس با استاد از طریق پست الکترونیکی  
مشاهده اطلاعیه ها، نمرات، دریافت فایل ها در وب سایت

\* از لحاظ نوع خطا دو دسته اصلی تصحیحات بر روی تصاویر اعمال می شوند:

+ رادیومتریکی      تصحیح خطا در مقادیر ثبت شده برای پیکسل ها در اثر خطاهای اتمسفری و دستگاہی  
+ هندسی      تصحیح خطا در هندسه تصویر

\* از لحاظ نوع عملکرد سه دسته اصلی تصحیحات بر روی تصاویر اعمال می شوند:

- تصحیحات حذفی (Removal): در صدد حذف خطا از تصویر می باشند. مانند تصحیح خطای نوار نوار  
شدگی تصویر

- تصحیحات جایگزینی (Replacement): با جایگزینی مقادیر جدید برای پیکسل های دارای خطا  
سعی در تصحیح خطا دارند. مانند تصحیح خطوط جا افتاده

- تصحیحات کاهش (Reducing): با علم به اینکه خطای مورد نظر را نمی توان به طور کامل از بین برد،  
در صدد کاهش خطای تصویر هستند. مانند تصحیحات هندسی تصویر

## تصحیح رادیومترکی (Radiometric Correction)

\* تصحیحات رادیومترکی تبدیلاتی هستند که بر روی داده ها اعمال شده تا برخی خطاهائی که از لحاظ هندسی مستقل هستند را تصحیح نمایند.

\* این خطاها به دو دسته بر اساس منبعشان تقسیم می شوند.

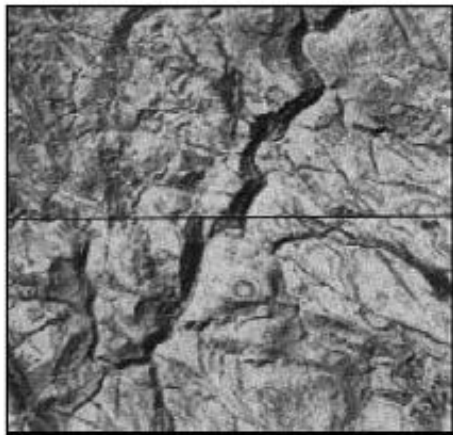
+ خطاهای دستگاهی

+ خطاهای اتمسفریک

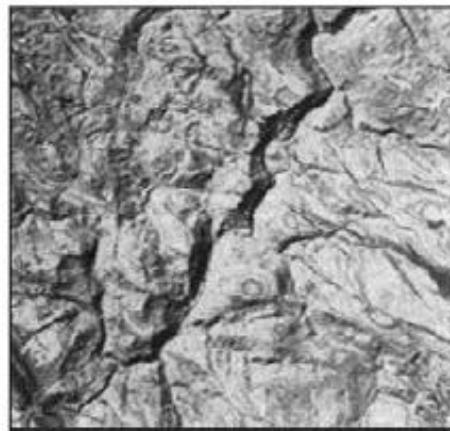
\* دو نوع خطای دستگاهی عمده وجود دارد:

۱- خطوط جا افتاده (Bad lines / Missing scan lines / Dropped lines)

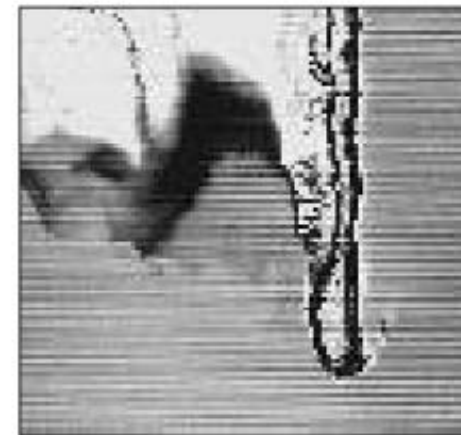
۲- نوار نوار شدن (Stripping)



خطوط جا افتاده



اصلاح خطوط جا افتاده



نوار نوار شدن

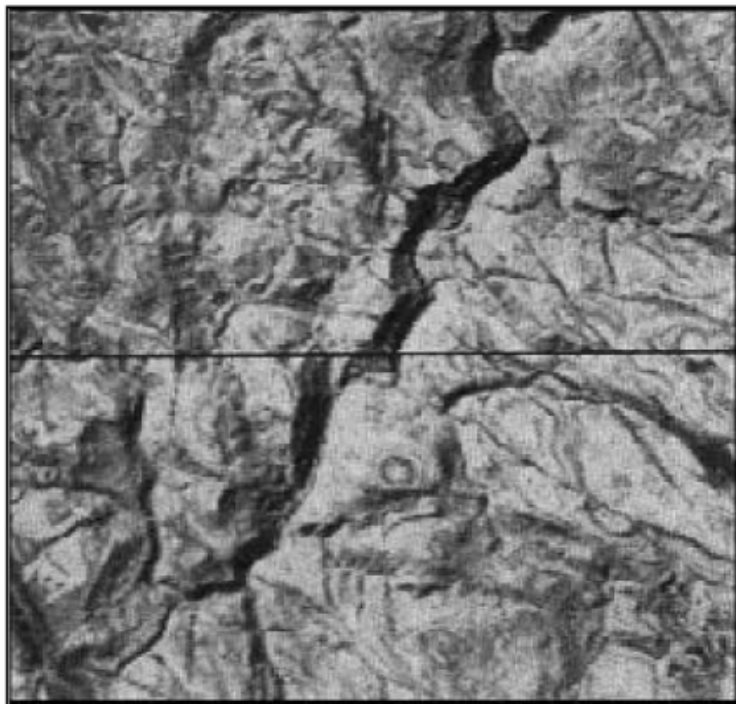


### تصحیح خطوط جا افتاده

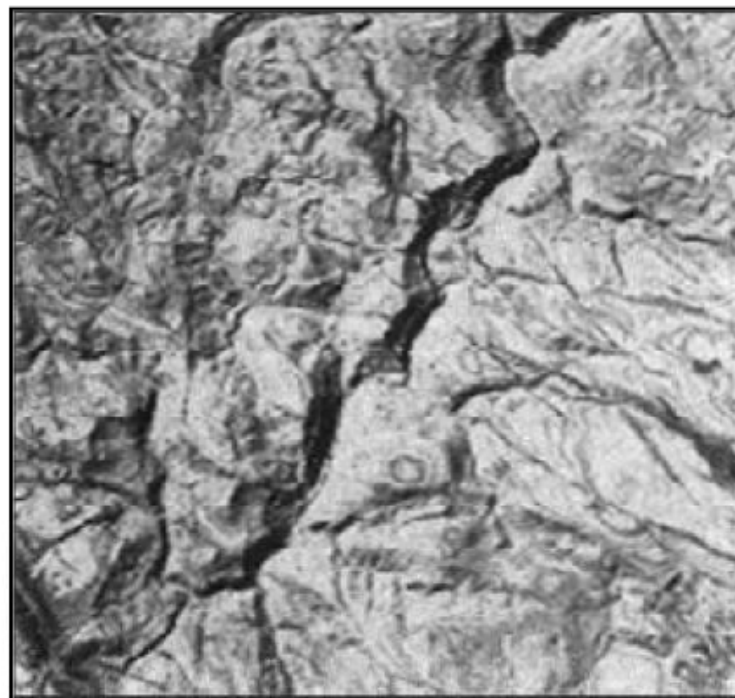
- بروز اشکال در سیستم برداشت، ارسال و یا دریافت داده ها و یا در هنگام ثبت و تکثیر داده ها
- دارای مقادیر ثابتی هستند و بصورت خطوط سیاه و سفید مطلق بر روی تصویر ظاهر می شوند.
- تصحیح خطوط جا افتاده از نوع روشهای جایگزینی

### اصل اساسی در روش های تصحیح خطوط جا افتاده

- مقادیر پیکسلهای همسایه که از لحاظ مکانی در کنار یکدیگر قرار دارند با توجه به پیوستگی و بزرگی عوارض، به یکدیگر شبیه می باشند.
- روش اول جایگزینی مقادیر پیکسل های همسایه در خط های قبلی یا بعدی با پیکسل های جاافتاده می باشد.
- روش دوم جایگزینی مقادیر از دست رفته با میانگین مقادیر پیکسلهای خط های قبلی و بعدی پیکسل
- روش سوم بر اساس همبستگی مقادیر باندها به یکدیگر توسعه پیدا کرده و بنابراین در مورد تصاویر چند باندهای کاربرد دارد.



خطوط جا افتاده

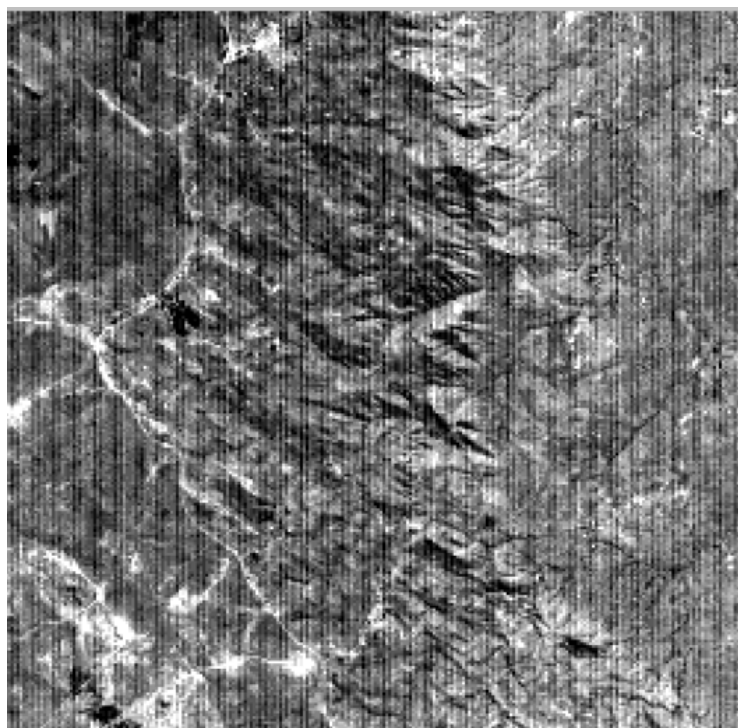


اصلاح خطوط جا افتاده

### خطای نوار نوار شدن (Striping)

در اثر عدم عملکرد یکسان آشکارسازهای یک سنجنده

سنجنده **MSS** دارای ۶ آشکارساز، سنجنده **TM** دارای ۱۶ آشکارساز، سنجنده **HRV** دارای ۶۰۰۰ آشکارساز همگی این آشکارسازها نسبت به مقدار انرژی دریافتی و ایجاد سیگنال خروجی، رفتار خاص خود را دارند. این عدم همگونی میان آشکارسازها باعث ایجاد پدیده ای به نام نوارنوار شدن روی تصویر می شود. برای سنجنده های الکترواپتیکال نوارهایی افقی به عرضی معادل تعداد آشکارسازها روی تصویر مشاهده می شوند.

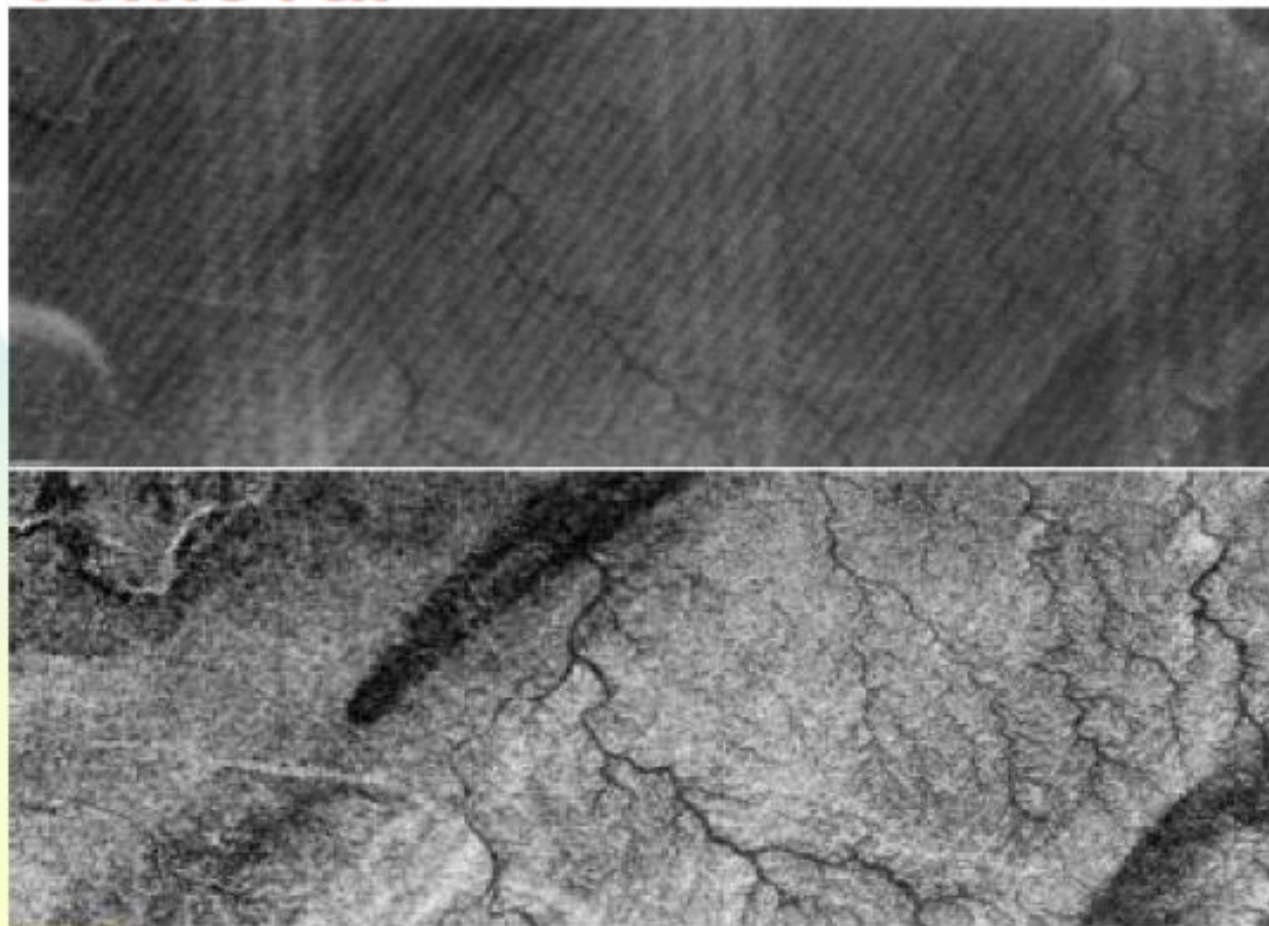




## Radiometric Correction

### Noise removal

SIR-B radar  
image before  
and after noise  
removal.



- علت این خطا جذب و پراکنش اتمسفری
- باعث محو جزئیات تصویر می شود و از قدرت تفکیک مکانی سنجنده می کاهد.
- بیشترین اثر اتمسفر مربوط به پراکنش است که وابستگی زیادی به طول موج دارد.
- زاویه دید سنجنده عامل دیگری ایجاد خطای اتمسفری است. بطوریکه در کناره های تصویر خطاهای اتمسفری از وسط تصویر بیشتر است.
- و این به علت مسیر طولانی است که امواج الکترومغناطیس برای پیکسل های کناری باید در اتمسفر طی کنند.
- در کارهای معمولی که مقدار خطای اتمسفری بالا نباشد بطوریکه مانعی برای استخراج اطلاعات محسوب شود، اعمال نمی شود.
- در کارهای دقیق مخصوصا در مواردی که به مقادیر واقعی انرژی ساطع شده از اشیاء نیاز است، اعمال می شود.
- در مواردی که شدت سیگنال ارسالی از طرف اشیاء از اثرات اتمسفری کمتر باشد نیز لازم می شود.
- در مطالعات اقیانوس شناسی بعلا اینکه آب جذب کننده انرژی است بنابراین مقدار انرژی ساطع شده از سطح آب پایین و اثر اتمسفری در این مناطق قابل توجه است.
- <sup>۱</sup> در هنگام کشف تغییرات و مقایسه دو تصویر در دو زمان مختلف

### روشهای تصحیح اتمسفری

- روش مدل کردن (Detailed Correction)
- تصحیح کلی (Bulk Correction)

### روش مدل نمودن

- با اندازه گیری پارامترهای موثر بر انرژی الکترومغناطیس مثل دما، رطوبت، فشار و... و مدل نمودن اثرشان بر روی انرژی ارسالی از سطح اشیاء
- نیازمند دانستن پارامترهای زیادی است که گاه مقدار دقیق آنها مشخص نبوده و برآورد آنها نیز مشکل است.
- در بسیاری از کاربردها به چنین تصحیح دقیقی نیاز نیست.

### تصحیح کلی...

- به یک روشی سعی در تصحیح نسبی و کاهش اثر اتمسفری
- در این روشها پارامترهای زیادی مورد نیاز نیست.
- تصحیح اتمسفری به طور تقریبی برتصاویر اعمال می شود.



## خطاهای اتمسفریک

✱ اثر Haze:

به صورت خطای جمع شده ظاهر می شود و باعث روشنی بیش از حد تصویر شده که وضوح تصویر را کاهش می دهد.



تصویر با خطای Haze



تصویر تصحیح شده

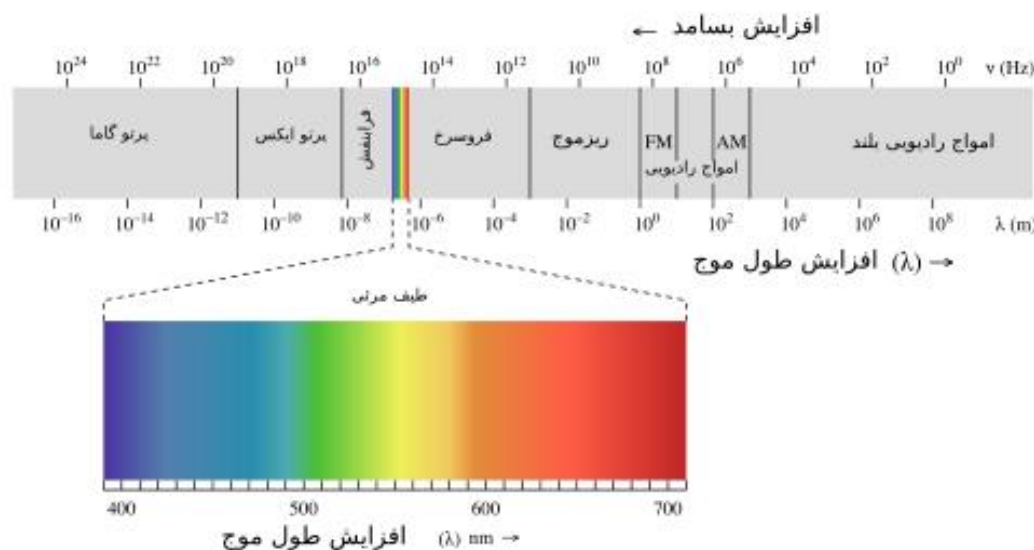
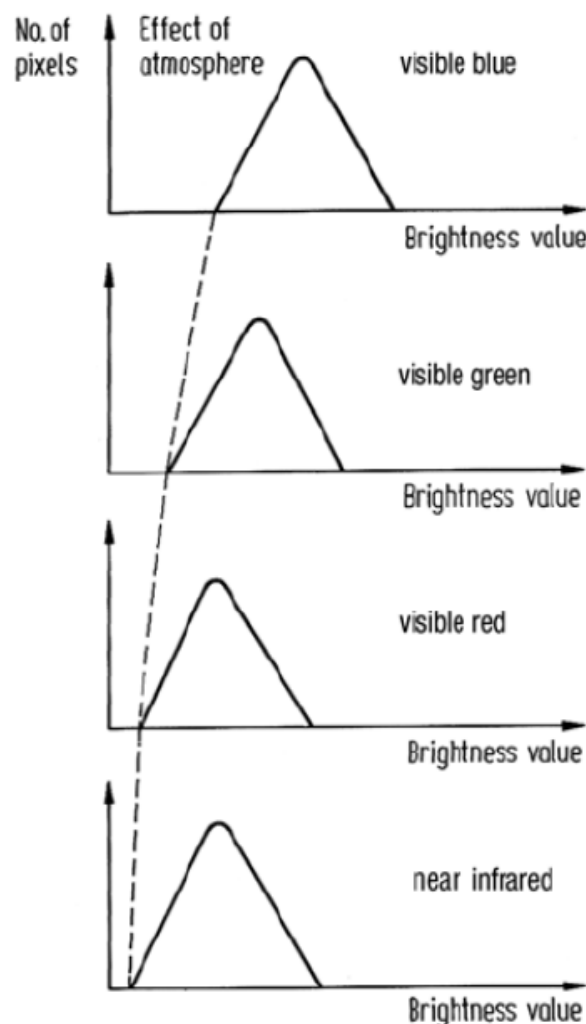
## دو راه برای جبران خطای Haze وجود دارد:

۱- با پیدا کردن پیکسلهائی در تصویر که مطمئن هستیم مقادیر برابر صفر در آن باند به خصوص دارند (مثلا آب در باند مادون قرمز نزدیک) و کم کردن مقدار میانگین آنها از کل باند.

$$V_o = V_i - H$$

۲- استفاده از هیستوگرام تصویر

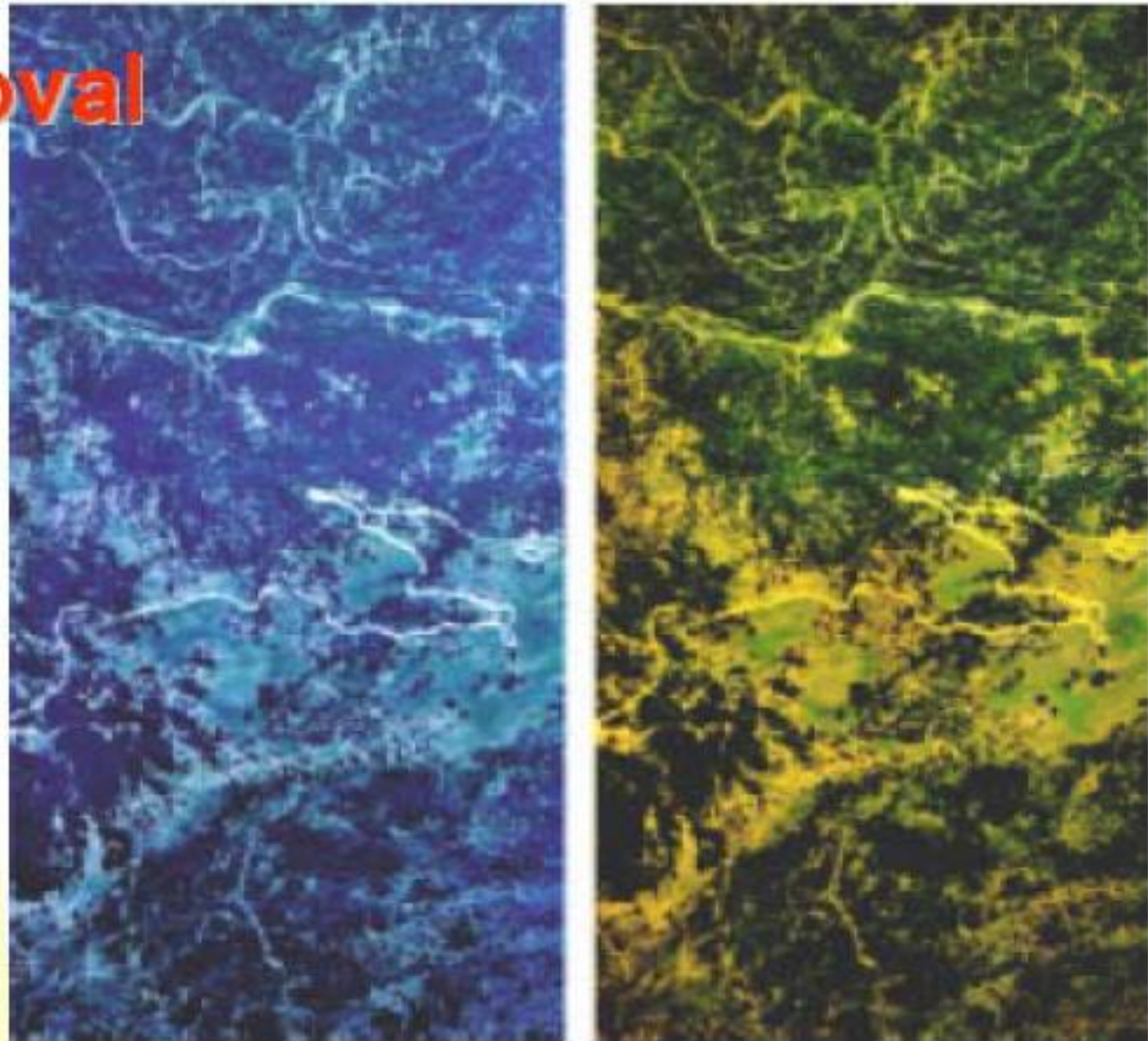
مقدار پراکنش اتمسفری با توجه به افزایش طول موج، کاهش می یابد. بنابر این مقدار شیفت هیستوگرام در باند ها با طول موج های بلند تر، کمتر از باند هایی است که در طول موج های کوتاهتر قرار گرفته اند. تصحیح در این روش با تعیین مقدار شیفت هیستوگرام و کم کردن آن از مقدار پیکسل ها در هر باند انجام می پذیرد.



## Radiometric Correction

### Haze removal

High-altitude normal colour airphoto of redwood stands and open grass areas in Redwood Creek Basin, California, with (left) and without (right) Atmospheric haze.





---

## تصحیح هندسی (Geometric Correction)

---

### منابع خطاهای هندسی

\* خطاهای هندسی مجموعه خطاهائی هستند که باعث تغییر شکل، جابجائی و تغییر مختصات اشیاء بر روی تصویر می گردند.

\* منابع عمده آنها عبارتند از:

- ✓ دوران زمین حین تصویر برداری
- ✓ انحنای زمین
- ✓ تغییر در وضعیت سکو ( ماهواره )
- ✓ زاویه دید بزرگ سنجنده
- ✓ اثر پانورامیک مربوط به هندسه تصویر برداری
- ✓ عدم کامل بودن سنجنده

# خطاهای هندسی

## Internal Distortion



radial



tangential



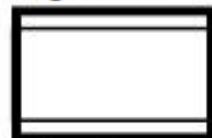
scale



projection



skew



track

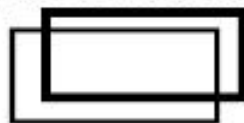


step-wise



scan-line

## External Distortion



shift error



scale



V / H



skew



skew-scan



projection



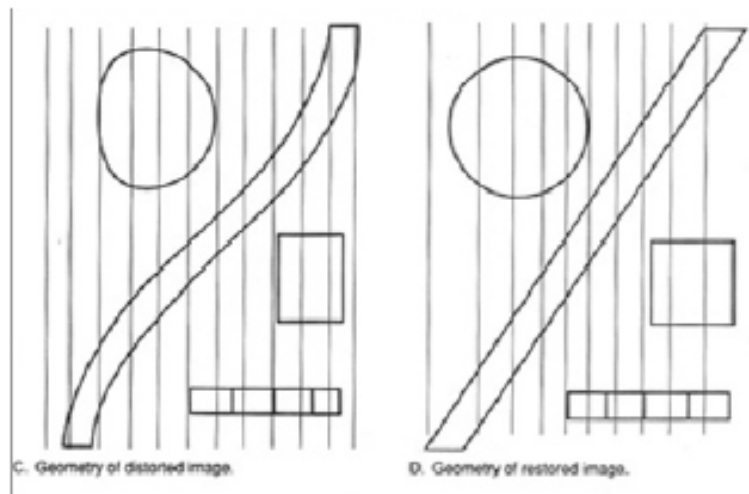
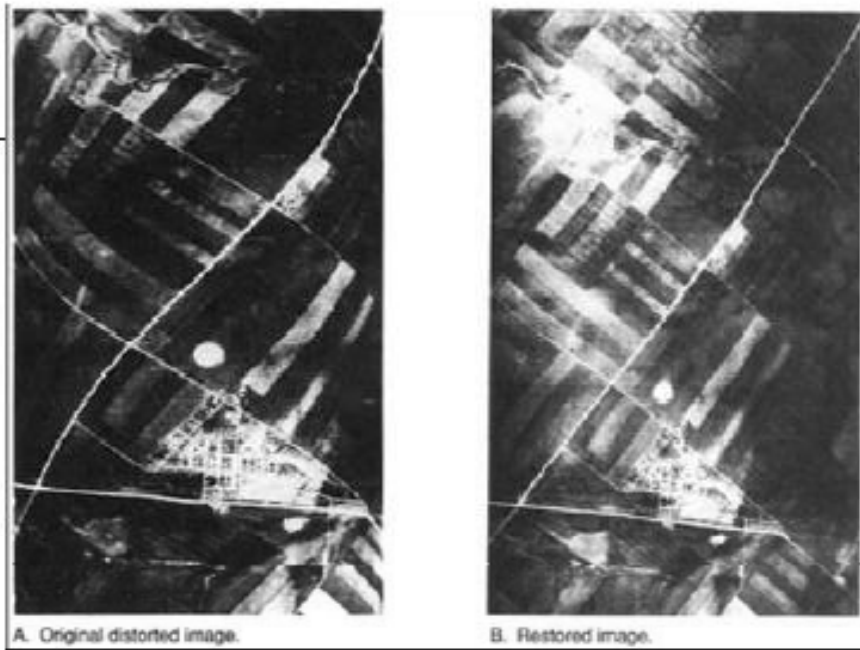
earth curvature



relief displacement

## خطاهای هندسی

تصویر تصحیح  
شده





## کاربردهای تصحیح هندسی

✓ برای تبدیل یک تصویر به گونه ای که بر یک سیستم تصویر منطبق باشد.

✓ برای تعیین نقاط مورد نظر بر روی نقشه و تصویر

✓ برای ایجاد موزائیک تصویری

✓ برای ایجاد آنالیز تصاویر چند زمانه

✓ برای همپوشانی تصاویر و نقشه ها در محیط GIS

✓ برای تصحیح خصوصیات هندسی تصویر

به طور کلی تصحیح هندسی علاوه بر حذف و کاهش خطاهای هندسی، یک سیستم مختصات مشخص را نیز به تصویر اعمال کرده و تا حدی خصوصیات یک نقشه را از نقطه نظر هندسی به تصویر می دهد.

## روشهای تصحیح هندسی

به دو روش کلی تقسیم می شوند:

۱- روش جزء به جزء (Detailed Correction)

✓ بایستی مدل خطا معلوم باشد.

✓ روش دقیقی است.

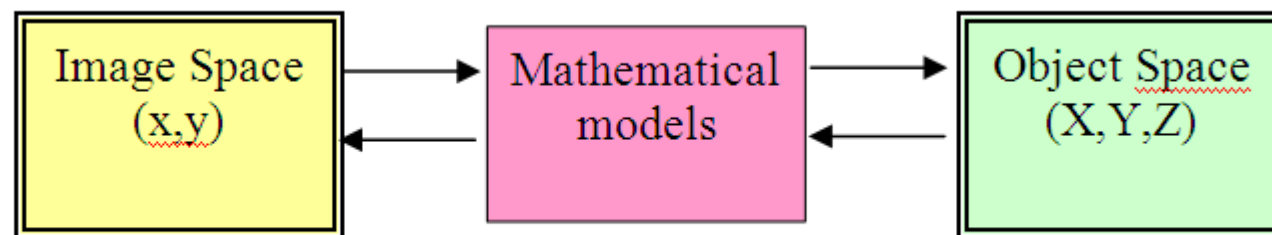
✓ وابسته به سنجنده است ( برای هر سنجنده متفاوت است).

۲- روش کلی (Bulk Correction)

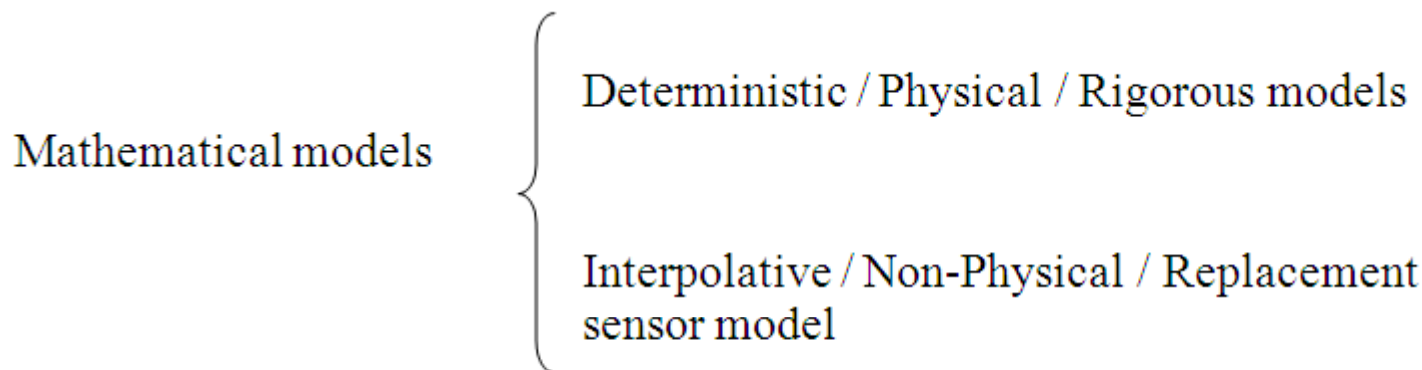
✓ نیاز به دانستن منبع و نوع خطا نیست.

✓ نیاز به دانستن چندین نقطه مختصات دار زمینی (GCP) است.

✓ وابسته به سنجنده نیست.



مدلهای ریاضی را به دو دسته می توان طبقه بندی نمود:



در روشهای **Deterministic** یا فیزیکی، جهت ایجاد ارتباط بین فضای تصویر و زمین، فیزیک و هندسه تشکیل تصویر به طور دقیق و کامل مورد مطالعه قرار می گیرد، و بر پایه این شرایط و خصوصیات فیزیکی و هندسی تشکیل تصویر، مدل ریاضی بین دو فضا را برقرار می کنیم. در این روش بدیهی است که تصاویر با هندسه های مختلف، مدل های مختلفی را نیز تشکیل می دهند.

با توجه به عدم لحاظ نمودن فیزیک و هندسه تشکیل تصویر، روشهای **Interpolative** نیازی با اطلاعات اولیه از هندسه داخلی و خارجی سنجنده ندارد. این حسن بزرگی است. چون فرض در اختیار داشتن اطلاعات هندسی داخلی سنجنده در بسیاری از موارد فرض دست و پا گیری است. مستلزم داشتن یک دوربین متریک است که علاوه بر آن باید کارخانه سازنده در قالب پروسه کالیبراسیون این اطلاعات را بدست آورده و در اختیار ما قرار دهد. از طرفی ممکن است تصاویر ما کالیبراسیون دقیقی نداشته باشند و اگر هم کالیبره باشند، کمپانی های تولید کننده تصویر جهت ارائه هندسه داخلی سنجنده مشکل داشته و امکان انتشار آن را نداشته باشند. با توجه به عدم لحاظ هندسه تصویر در زمان تصویر برداری، این مدلها قابلیت پیاده سازی بر روی انواع تصاویر با فرمت های مختلف را دارند. چون فیزیک تصویر برایشان مهم نیست. یک ساختار مدل می تواند برای انواع تصویر مورد استفاده قرار گیرد (مثل چند جمله ای ها)

## تصحیح کلی (Bulk Correction)

در این روش عملاً تصحیح هندسی به صورت تبدیل یک تصویر انجام می شود.  
به گونه ای که نهایتاً تصویر مقیاس و خصوصیات سیستم مختصاتی یک نقشه را دارا باشد.  
بنابراین تصحیح هندسی از دو بخش اصلی تشکیل می شود:

۱- ایجاد یک رابطه ریاضی (مدل) بین سیستم مختصات تصویر و یک سیستم مختصات زمینی (Geo referencing)

۲- تشکیل تصویر جدید بر اساس سیستم مختصات زمینی و مقادیر درجات خاکستری تصویر (Resampling)

**\* فرضیات اساسی در این روش:**

- ۱- بیشتر خطاهای در تصویر با مدلهای ریاضی می توانند مدل شوند.
- ۲- همیشه یک نقشه از منطقه مورد نظر وجود دارد (و یا نقاط کنترلی قابل برداشت وجود دارند).
- ۳- نقشه مرجع (یا نقاط کنترل) مورد استفاده صحیح فرض می شود.

معرفی چند مدل ریاضی Interpolative معروف برای ایجاد ارتباط بین فضای تصویر و فضای زمینی بر اساس نقاط کنترل (دو بعدی)

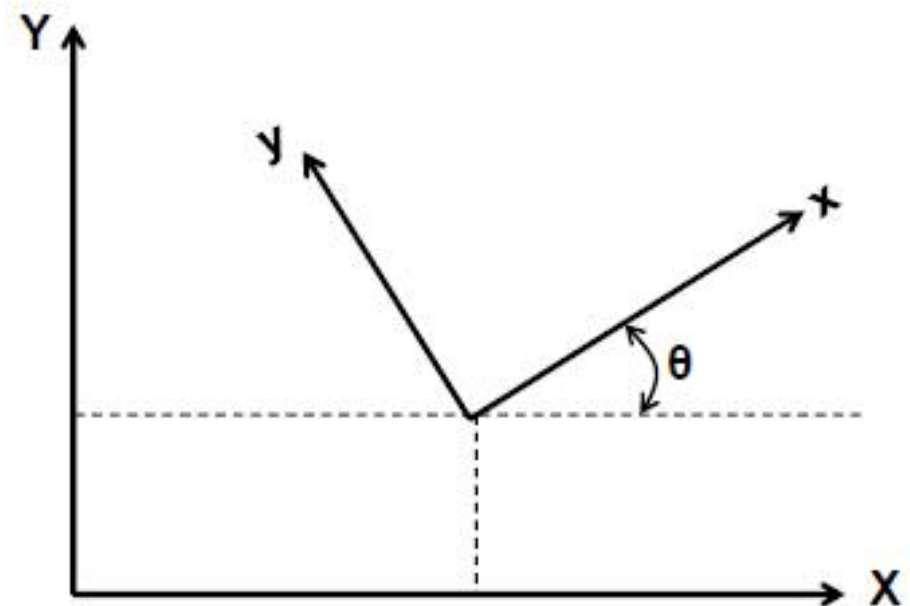
\* تبدیل Conformal

تبدیل مشابه چهار پارامتری

$(S, \theta, T_x, T_y)$

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} = S R_{\theta} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} T_x \\ T_y \end{bmatrix}$$

$$R_{\theta} = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix}$$

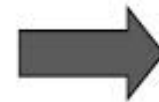




## تبدیل Conformal

$$S R_{\theta} = \begin{bmatrix} a & -b \\ b & a \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} a &= S \cos \theta \\ b &= S \sin \theta \end{aligned}$$



$$\begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ax - by + Tx \\ bx + ay + Ty \end{bmatrix}$$

این تبدیل هیچگونه خطائی را مدل نکرده و تنها باعث تبدیل مختصات از یک سیستم به سیستم دیگر می شود.  
با داشتن ۲ نقطه معلوم در دو سیستم مختصات می توان چهار پارامتر مجهول را بدست آورد:

$$a, b, Tx, Ty \Rightarrow s, \theta$$

## \* تبدیل Affine

این تبدیل دو مقیاس در جهت  $X, Y$  فرض کرده و یک زاویه دوران و یک زاویه  
مربوط به عدم عمود بودن محورها. ۶ پارامتر  $(S_x, S_y, \alpha, \theta, T_x, T_y)$

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} ax + by + e \\ cx + dy + f \end{bmatrix}$$

۶ مجهول حل می شود  $\longrightarrow$  ۶ معادله  $\longrightarrow$  ۳ نقطه معلوم

$$L = AX$$

$$X = (A^t A)^{-1} A^t l$$

## تبدیل چند جمله ای ها Polynomials

$$X=a_0+$$

$$a_1x+a_2y+$$

(1st order)

$$a_3xy+a_4x^2+a_5y^2+$$

(2nd order)

$$a_6x^3+a_7y^3+a_8xy^2+a_9x^2y+$$

(3rd order)

...

$$Y=b_0+$$

$$b_1x+b_2y+$$

$$b_3xy+b_4x^2+b_5y^2+$$

...

✓ تعداد جمله ها بستگی به نوع و میزان خطا در تصویر دارد.

✓ متداولترین نوع مدل مورد استفاده در تصحیح هندسی است.

✓ مدلهای با درجات بالاتر گاه خطا را زیاد می کنند ( خطای غیر واقعی )

مفهوم Over parameterization مشکل رایجی در استفاده از پلی نومیال هاست. اگرچه با افزایش تعداد ترمها رویه مورد نظر بهتر به نقاط فیت میشود ولی این کار از دقت درونیابی کم میکند. یعنی درست است که با افزایش تعداد ترم ها، میزان rmse نقاط کنترل کاهش می یابد، ولی این مدل رفتار کلی نقاط را نشان نمی دهد و rmse نقاط چک بعد از یک ترم خاصی افزایش می یابد.

## الگوریتم کلی تصحیح (معمولا) با تبدیل چند جمله ای ها

---

۱- انتخاب یک سری نقاط کنترل بر روی نقشه و تعیین آنها بر روی تصویر

۲- تعیین مختصات در دو سیستم تصویری و زمینی

۳- تعیین مدل تبدیل

۴- انجام محاسبات و یافتن پارامترهای مجهول مدل

۵- ایجاد یک شبکه جدید از پیکسلها

۶- انجام نمونه برداری مجدد

(به این مراحل زمین مرجع نمودن نیز می گویند).

نقاط کنترل زمینی (Ground Control points)

نقاطی هستند که مختصات آنها در دو سیستم مختصات (تصویر و نقشه) مشخص است و برای یافتن پارامترهای مجهول تبدیل به کار می روند.

نکات مهم :

\* تعداد نقاط کنترل : عوامل چندی بر روی این مسئله اثر می گذارند:

۱- نوع مدل ، که حداقل تعداد را مشخص می کند

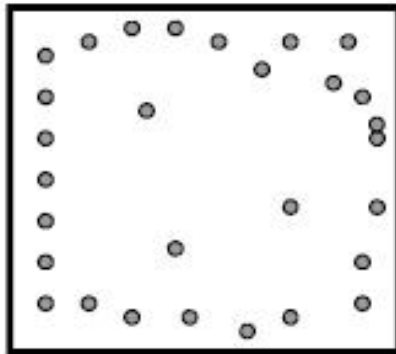
۲- نوع منطقه ( توپوگرافی و ....)

۳- نوع سنجنده ( وسعت منطقه تحت پوشش و ... )

حداقل تعداد ۱۰ تا ۱۵ عدد ولی تا ۳۰ عدد برای اطمینان



\* توزیع مکانی نقاط



- ۱- نقاط بایستی در کل تصویر پراکنده باشند.
- ۲- در بعضی مناطق گرفتن نقطه مشکل است.  
مثلا در میان دریا، برف و یا مناطق بدون عارضه ( بیابانها )
- ۳- در کناره ها نقاط کنترل بیشتری انتخاب می کنیم.

\* دقت نقاط کنترل :

- ۱- در دقت نهائی بسیار مهم است.
- ۲- در روی نقشه و تعیین آنها بر روی تصویر بسیار مهم است.
- ۳- استفاده از GPS دقت بالاتری را بدست میدهد.

\* منبع نقاط کنترل :

- ۱- نقشه های موجود: ممکن است دقت پائینی بدست دهند.
- ۲- GPS : هزینه ، زمان و ملزومات زیادی را می طلبد.
- ۳- استفاده از تصاویرهای تصحیح شده.

### انتخاب نقاط کنترل :

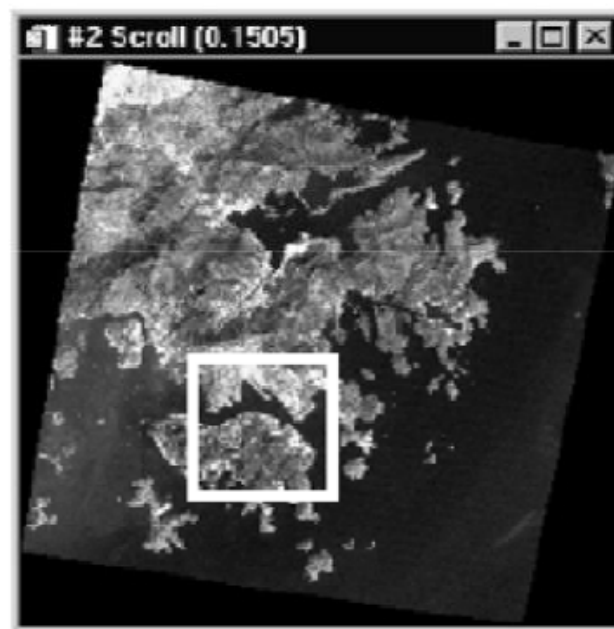
- ۱- انتخاب نقاط کنترل بر روی مناطقی که در حال تغییر سریع هستند نظیر خطوط ساحلی ،  
بستر رودخانه ها و نظائر آن مناسب نیست.
- ۲- نقاط بهتر است بر روی مناطقی که تعیین آنها ساده است، تغییر کمی داشته و برداشت مختصات  
آنها بدون درد سر است انتخاب شوند. مثلا: تقاطع جاده ها ، لبه سدها ، ساختمانهای شاخص و  
عوارض ثابت
- ۳- فاصله زمانی میان اخذ تصویر و زمان تصحیح هندسی و انتخاب نقاط بایستی در نظر گرفته شود.



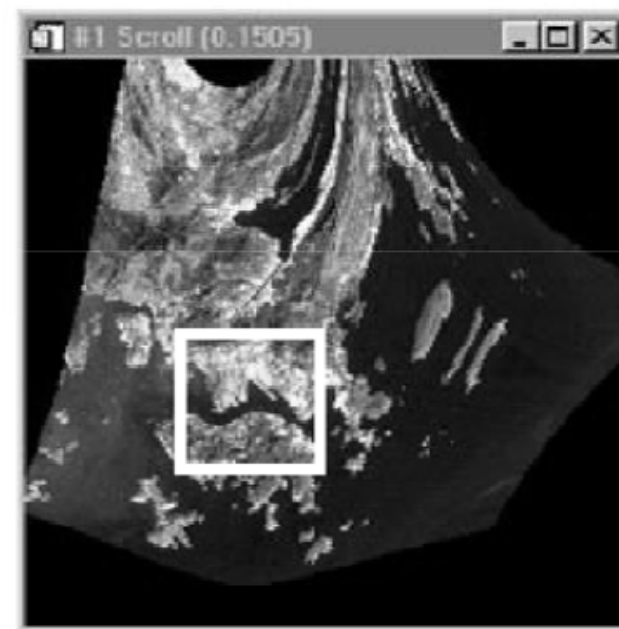
## اثر انتخاب مدل نادرست



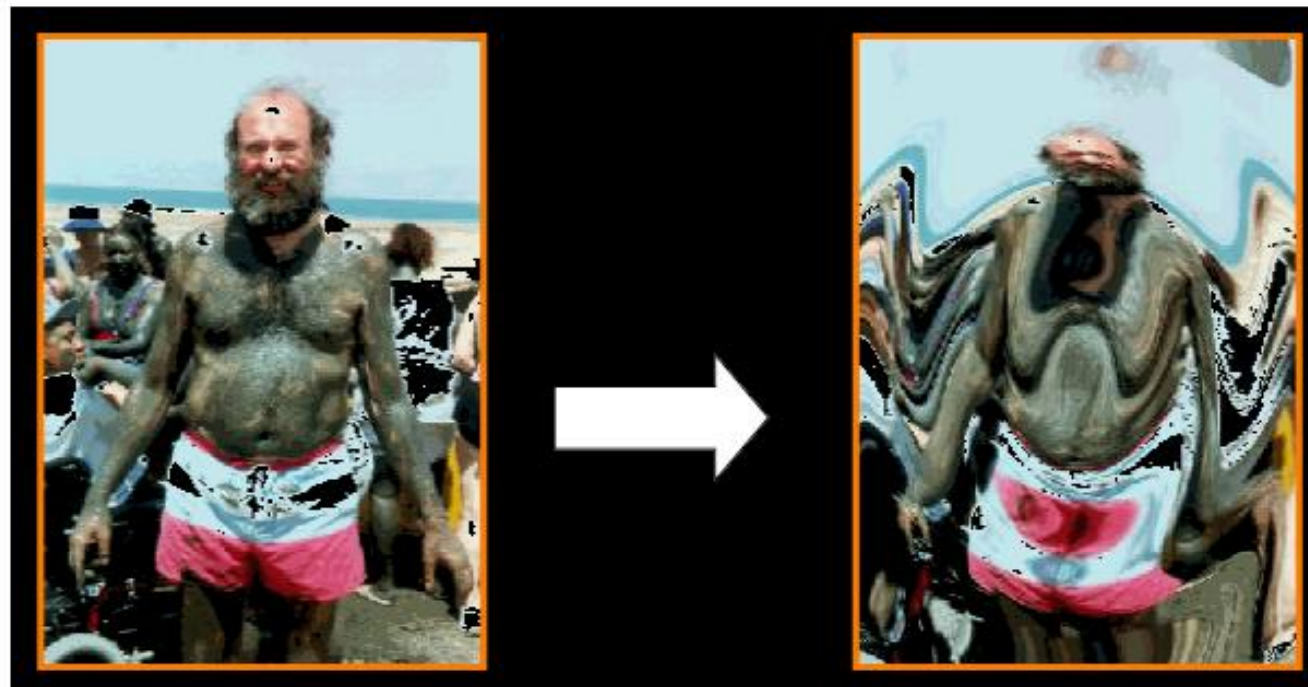
**a) Map showing the distribution of GCP's.**



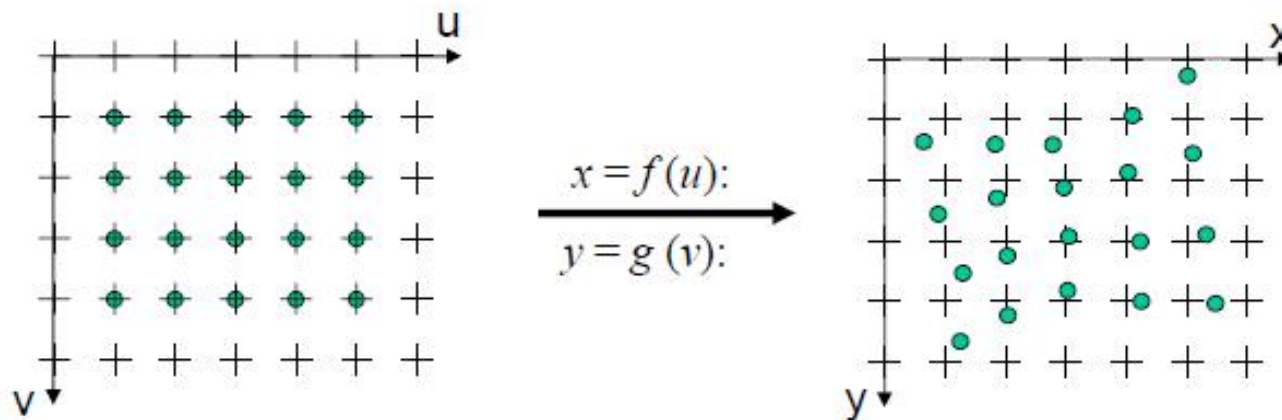
**b) Transformed image using the GCP's and linear equation.**



**c) Transformed image using the GCP's and high-order equation.**



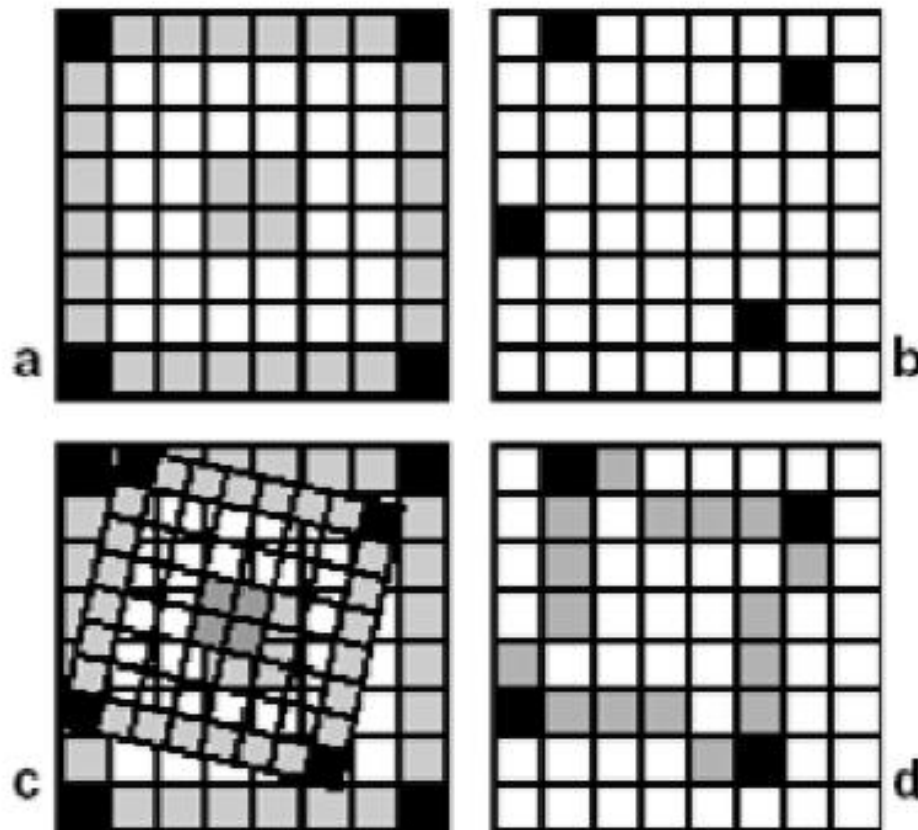
تبدیل  
هندسی  
تصویر





## نمونه برداری مجدد (Resampling)

پس از محاسبه پارامترهای تبدیل مرحله بعد یافتن گوشه های نقشه جدید ( تصحیح شده) است.  
و نمونه برداری مجدد انجام می شود



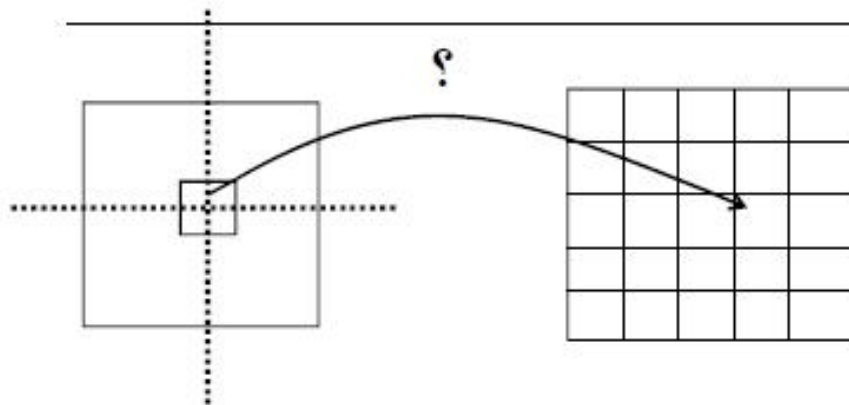
ورودیهای نمونه برداری مجدد:

اندازه پیکسل خروجی

مقدار پس زمینه

روش نمونه برداری مجدد

## نمونه برداری مجدد (Resampling)



\* اندازه پیکسل خروجی وابسته است به :

✓ تصویر ( خصوصیات سنجنده )

✓ هدف مورد نظر ( تلفیق تصاویر )

\* مقدار پس زمینه

معمولا معادل صفر در نظر گرفته می شود.

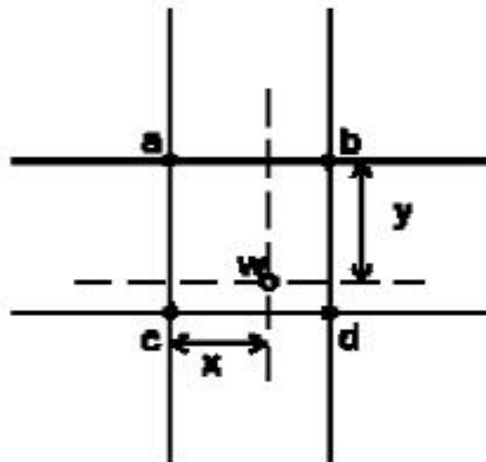
\* روش نمونه برداری

سه روش مطرح وجود دارد

- روش Nearest Neighbor

- روش Bilinear

- روش BiCubic



Nearest neighbour resampling

## ❖ Nearest neighbour

این روش نمونه برداری مقداری را به پیکسل نسبت می دهد که مرکز آن به محل نقطه نزدیکترین باشد.  
مزایا:

### ❖ Very fast calculations

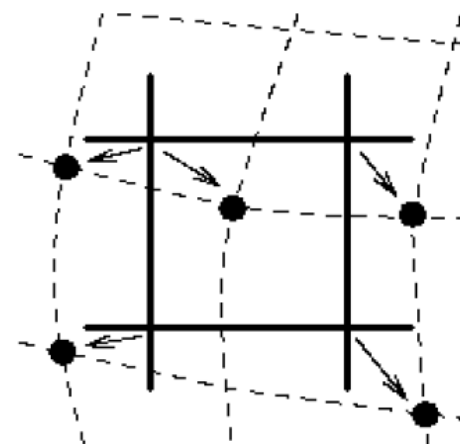
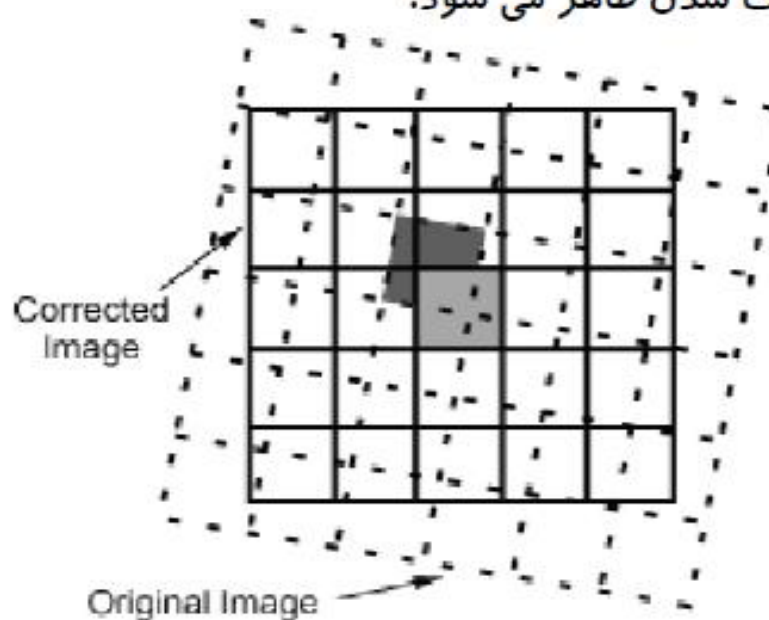
- سریع

- مقادیر حقیقی را حفظ می کند ( بدون میانگین گیری)

### ❖ Not any calculation

معایب:

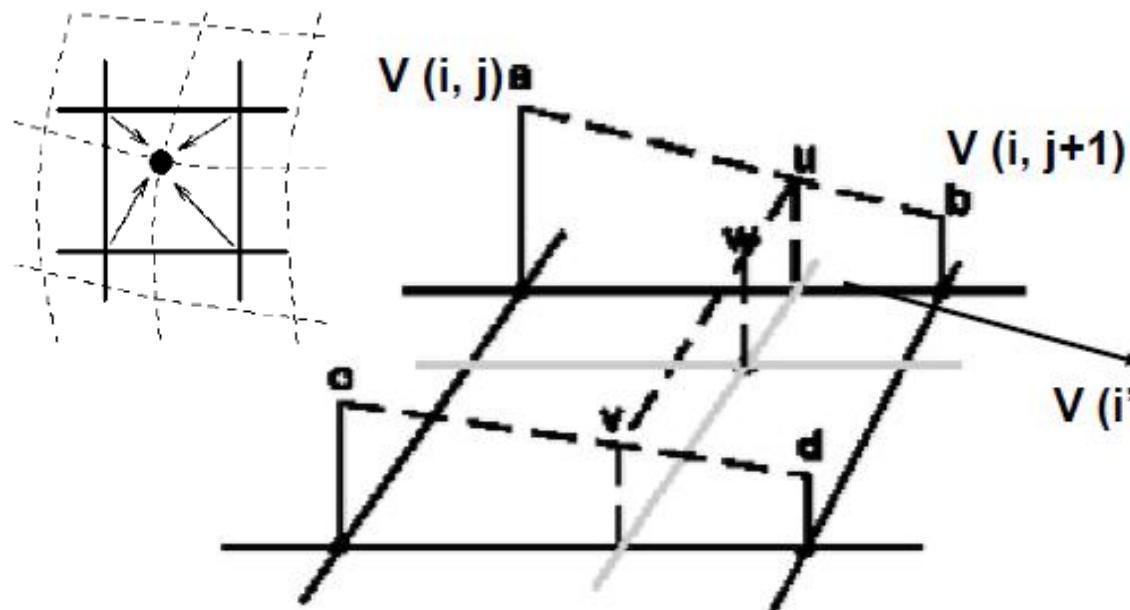
بعضی از مقادیر تکرار شده و اثر بلوک بلوک شدن ظاهر می شود.



## روش Bilinear

- سه درون یابی خطی بر روی ۴ پیکسل همسایه انجام می دهد که نقطه مورد نظر را احاطه کرده اند.

### Bilinear Interpolation



- فرض می کند که یک سطح صفحه ای به مقادیر برازش داده می شود. چهار پیکسل در چهار گوشه صفحه قرار می گیرند.

### خصوصیات:

- یک تصویر smooth تر ایجاد می کند (با میانگین گیری، بنابر این لبه های شارپ ممکن است در تصویر جدید مبهم شوند)

The point  $w$  is determined using weighted averages.

- زمان بیشتری برای انجام محاسبات نیاز دارد.

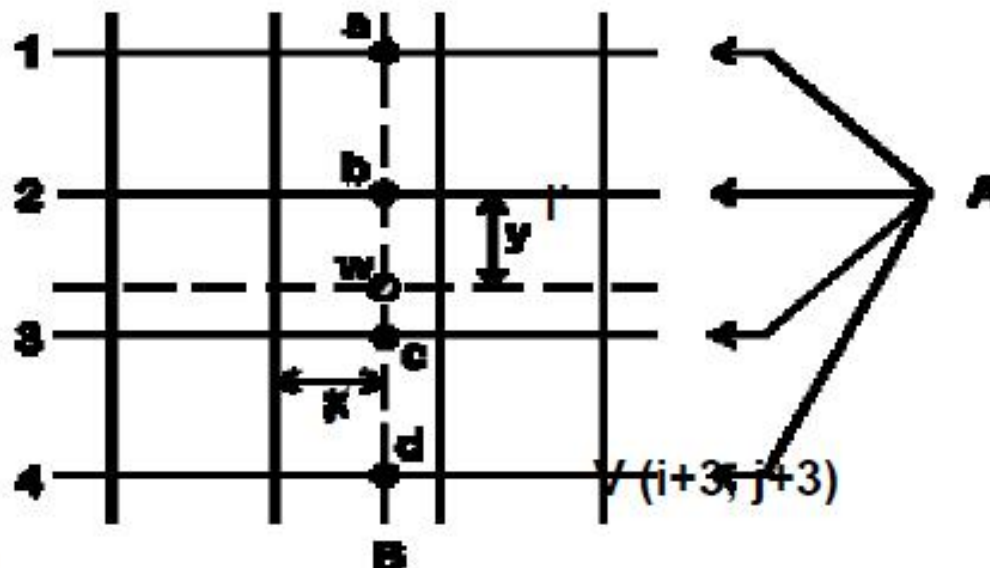
## روش BiCubic

\* این روش از ۱۶ پیکسل همسایه نقطه استفاده می کند.

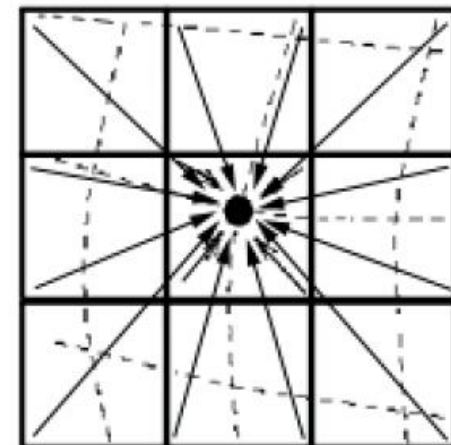
✓ چهار چند جمله ای درجه ۳ به هر چهار نقطه که در چهار ردیف قرار دارند برازش داده می شوند.

✓ یک چند جمله ای دیگر ( درجه ۳ ) نیز در محل نقطه مورد نظر به چهار نقطه ای که در این محل از چهار چند جمله ای بدست می آیند برازش داده شده و درجه خاکستری نقطه مورد نظر محاسبه می شود.

*Cubic Convolution*



چهار چند جمله ای  
درون یابی شده





## روش BiCubic

### خصوصیات

- ✓ یک تصویر با نمای طبیعی بیشتری ایجاد می کند. بدون اثر بلوک بلوک شدن و یا نرم شدگی زیاد
- ✓ برای تفسیر بصری مناسب تر است.
- ✓ زمان بسیار زیادی برای محاسبات نیاز دارد.
- ✓ اطلاعات و جزئیات را محو و یا گاه از بین می برد.

### عوامل موثر در انتخاب بهترین روش نمونه برداری

۱- کاربرد تصویر

+ طبقه بندی (Nearest Neighbor)

+ تفسیر بصری (BiCubic)

۲- امکانات کامپیوتری (سرعت)

---

## پایان جلسه



مبانی سنجش از دور

## طبقه بندی تصاویر ماهواره ای

فرید اسماعیلی

با تشکر از دوست و استاد بزرگوارم، جناب آقای دکتر سید باقر فاطمی

[Farid\\_63@yahoo.com](mailto:Farid_63@yahoo.com)

[www.faridesm.ir](http://www.faridesm.ir)

تماس با استاد از طریق پست الکترونیکی

مشاهده اطلاعات، نمرات، دریافت فایل ها در وب سایت

# پیش زمینه



## فصل اول : پیش زمینه‌ها

### روش‌های تفسیر تصاویر سنجش از دور

- تفسیر بصری (Visual Interpretation)

- تفسیر تصاویر به کمک کامپیوتر

تفسیر بصری	آنالیز کمی به کمک کامپیوتر
(1) استفاده از اطلاعات جانبی بسیار آسان و معمول می‌باشد.	(1) راه حل‌های محدودی برای استفاده از داده‌های جانبی وجود دارد
(2) استفاده از خصوصیات مختلف اشیا مانند شکل، اندازه، بافت و رنگ آسان می‌باشد.	(2) استفاده از مواردی نظیر شکل، اندازه و بافت نیاز به برنامه‌های پیچیده و الگوریتم‌های پیشرفته دارد
(3) آنالیز معمولاً در مقیاس و سطح عوارض انجام می‌شود.	(3) آنالیز معمولاً در سطح پیکسل انجام می‌شود
(4) استفاده از تعداد باند های زیاد به آسانی میسر نیست	(4) به راحتی با فضای چند طیفی عمل می‌کند
(5) تشخیص تمایز درجات خاکستری محدود است	(5) آنالیز کمی مقادیر خاکستری را به خوبی انجام می‌دهد





## فصل اول : پیش زمینه‌ها

### تفسیر بصری (Visual Interpretation)

- |  |   |          |
|--|---|----------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• نمایش تصاویر</li><li>• بارز سازی تصویر و عوارض</li><li>• بهبود کنتراست</li><li>• ایجاد ترکیب‌های رنگی مختلف</li><li>• پردازش‌های متفرقه</li></ul>  | } | کامپیوتر |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• اندازه (Size)</li><li>• شکل (Shape)</li><li>• الگو (Pattern)</li><li>• بافت (Texture)</li><li>• رنگ (Color)</li><li>• سایه‌ها (Shadows)</li><li>• موقعیت (Position)</li><li>• عوارض همسایه (Neighboring)</li><li>• عوارض وابسته (Related Features)</li><li>• ...</li></ul> | } | انسان    |



## فصل اول : پیش زمینه‌ها

### تفسیر تصاویر به کمک کامپیوتر

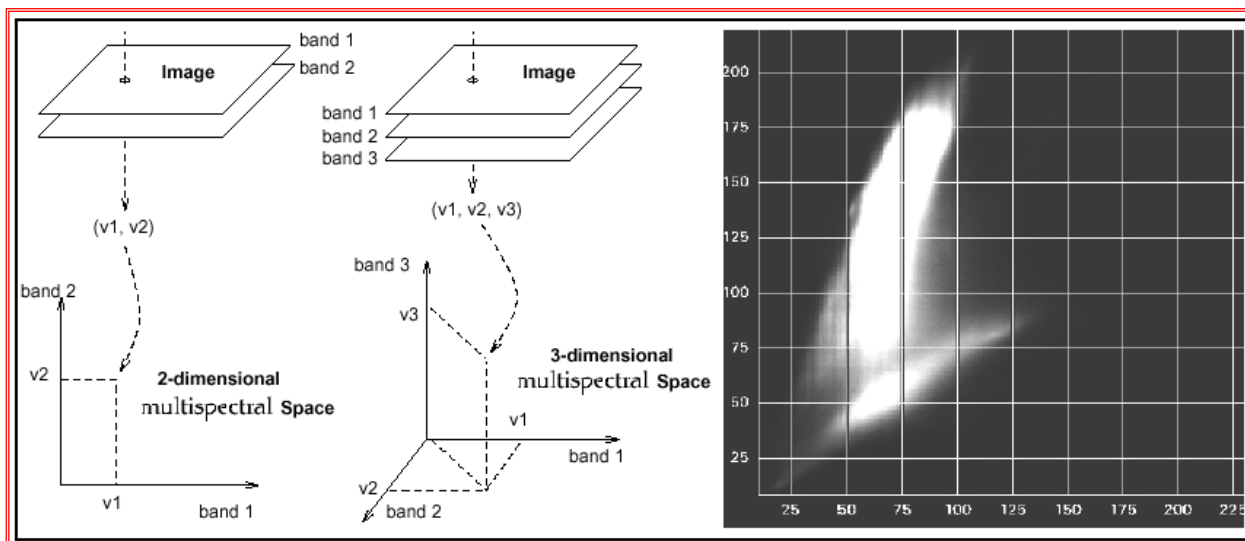
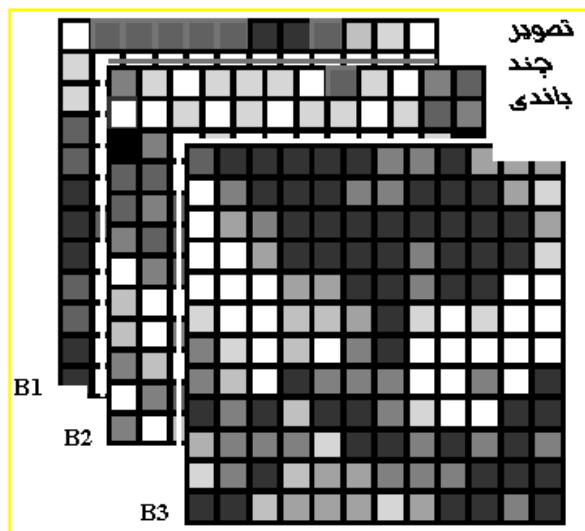
- استفاده از چند باند
  - استفاده از چند منبع داده
  - سرعت بالاتر
  - راحتی کار
  - کار با حجم وسیعی از داده‌ها
  - استفاده از داده‌های ورودی بصورت رقومی
- مزایا



## فصل اول : پیش زمینه‌ها

### فضای چند طیفی (Multispectral Space)

- فضای چند طیفی از چند باند تشکیل می‌شود
  - مقادیر حد اکثر و حداقل وابسته به قدرت تفکیک رادیومتریکی می‌باشند
  - مبنای تصمیم‌گیری و محاسبات، در روش‌های معمول طبقه‌بندی است
- خصوصیات





## فصل اول : پیش زمینه‌ها

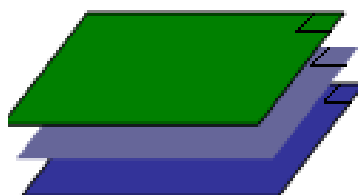
### بردار مقادیر طیفی (Pixel Vector)

✕ در تصاویر چند باندهای برای هر پیکسل می‌توان یک بردار در نظر گرفت که هر عضو آن معادل مقدار درجه روشنایی پیکسل در یک باند بخصوص می‌باشد.

$$x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}$$

$n$  تعداد باندهای تصویر

$x_i$  مقدار درجه روشنایی پیکسل در باند  $i$   
ام



11
130
80

تصویر

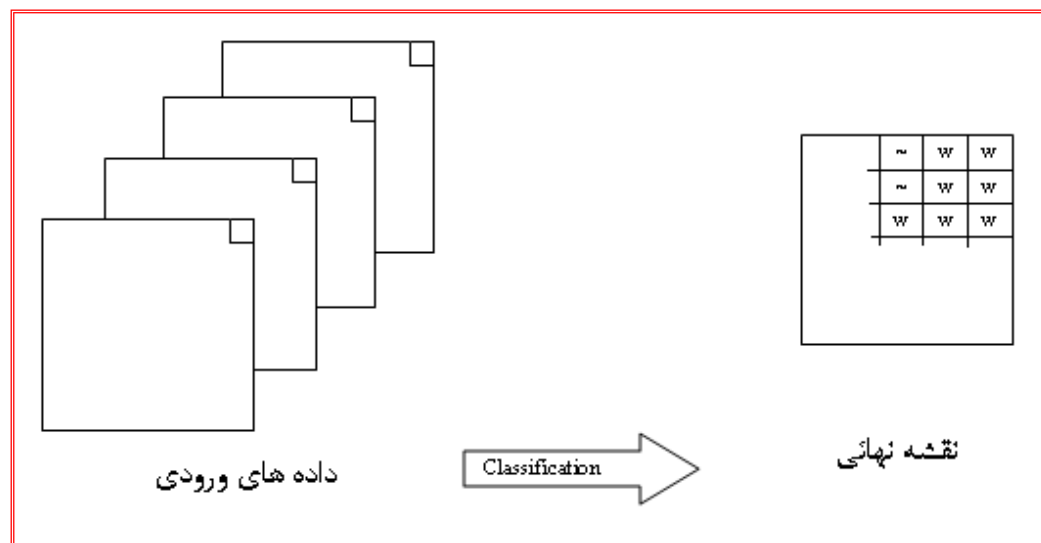
بردار مقادیر طیفی پیکسل



## فصل اول : پیش زمینه‌ها

### برچسب دهی (Labeling)

✗ فرآیند برچسب دهی عبارت است از نگاشت یک پیکسل از فضای چند طیفی به فضای برچسب‌های معنی دار برای کاربر.







## فصل اول : پیش زمینه‌ها

### دیاگرام پراکنش (Feature Space)

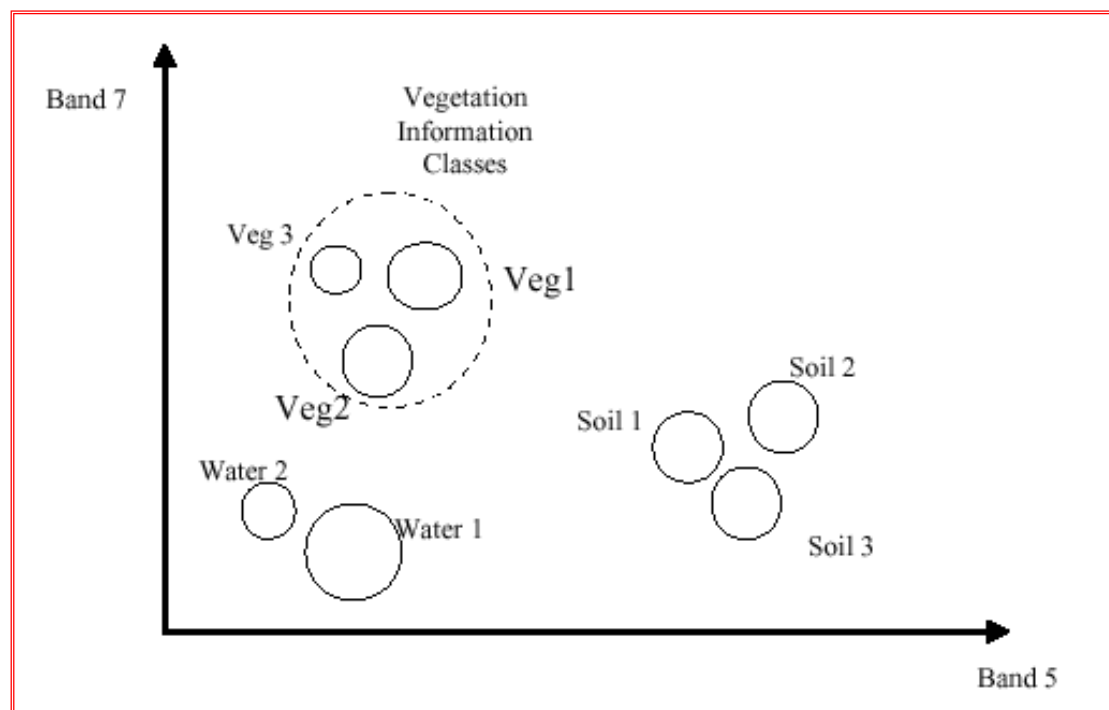
✕ ترسیم پیکسل‌ها بر اساس بردار مقادیر طیفی آنها در فضای چند طیفی، دیاگرام پراکنش را ایجاد می‌کند. در این دیاگرام انتظار می‌رود تا پیکسل‌های هم‌جنس در کنار یکدیگر گرفته و گروه‌ها و خوشه‌های مختلفی را ایجاد کنند.

✕ شکل و اندازه این گروه‌ها به عوامل مختلفی بستگی دارد :

- نوع پوشش
- خطاهای وارده در سیستم جمع‌آوری داده‌ها
- اثرات توپوگرافی منطقه
- شباهت طیفی پوشش‌های مختلف
- باندهای مورد استفاده
- رفتار طیفی عوارض منطقه



## فصل اول : پیش زمینه‌ها



× به هر یک از گروه‌ها یک کلاس موضوعی (Information Class) گویند. زیر کلاس‌های هر کلاس موضوعی، کلاس‌های نامیده می‌شوند. معمولاً در طبقه‌بندی این کلاس‌های طیفی هستند که بکار می‌آیند.

## فصل اول : پیش زمینه‌ها

### پیش پردازش و پس پردازش‌های طبقه بندی

- تصحیح هندسی
- تصحیح رادیو متریکی
- تصحیح اتمسفری
- تبدیل مولفه‌های اصلی
- محاسبه وابستگی باندها
- اعمال فیلترها
- انجام محاسبات باندی (NDVI)
- ...

#### اعمال پیش پردازش (Preprocessing)

- اعمال فیلترها
- ترکیب کلاس‌ها
- زمین مرجع نمودن
- مجموعه عملیات کارتوگرافی
- ...

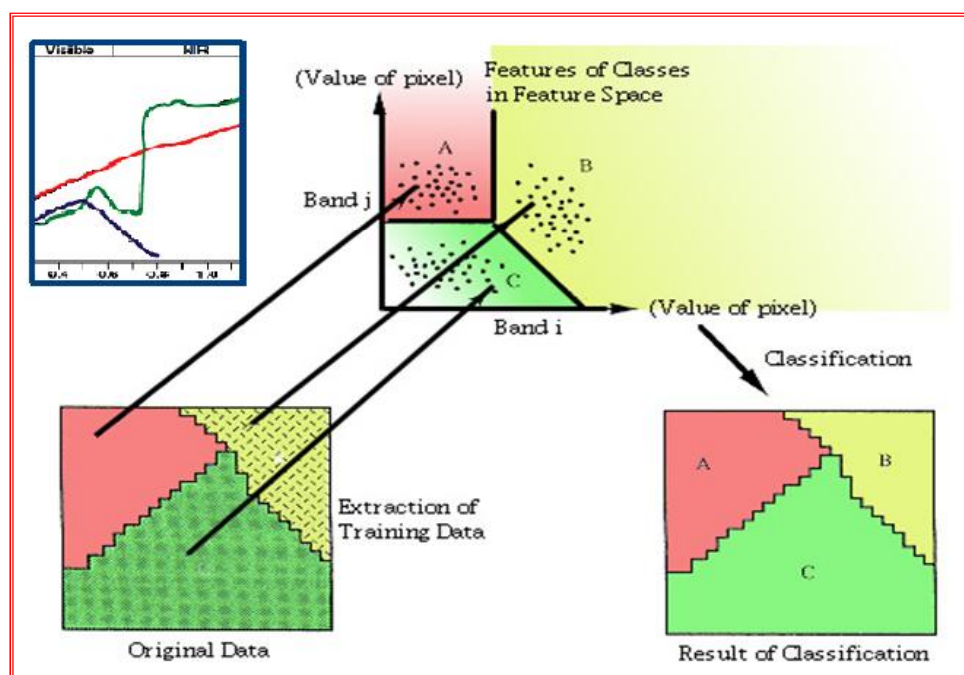
#### اعمال پس پردازش (Post Processing)

# کلیات طبقه بندی

## کلیات طبقه بندی

### تعریف طبقه بندی

✕ تشخیص کلاس مربوط به یک پیکسل بر اساس خواص طیفی (و غیر طیفی) آنرا طبقه بندی گویند .





- تعریف کلاس ها
- انتخاب داده ها
- پیش پردازش داده ها
- اعمال الگوریتم طبقه بندی
- انجام پس پردازش های مورد نیاز
- ارزیابی دقت طبقه بندی

## کلیات طبقه بندی

---

### تعریف کلاس ها

- خواست کاربر
- وضعیت منطقه
- شباهت طیفی عوارض
- اطلاعات و داده های موجود
- میزان اهمیت کلاس
- سطح تحت پوشش
- روش طبقه بندی
- ...

### منابع تعیین کلاس ها

- نقشه های موجود
- اطلاعات جانبی
- تفسیر بصری تصاویر
- باز دید زمینی

## انتخاب داده ها

- عوامل موثر بر انتخاب داده ها
  - تعریف کلاس های مورد نظر
  - موجودیت داده ها
  - تعریف پروژه
  - خصوصیات سنجنده های در دسترس
  - روش طبقه بندی

- داده های مورد استفاده در طبقه بندی
  - طیفی (تصاویر)
  - غیر طیفی
- مرز عوارض
- مدل ارتفاعی رقومی (DEM)
- اطلاعات آماری
- وضعیت اقلیمی و شرایط آب و هوایی
- زمین شناسی منطقه
- ...

- تصحیح رادیو متریکی (Radiometric Correction)

- § خطوط جا افتاده (Missing Scan Lines)

- § نوار نوار شدن (Striping)

- § خطاهای اتمسفری (Atmospheric Effects)

- § خطاهای دستگاهی (Instrumentation Errors)

- تصحیح هندسی (Geometric Correction)

- § دوران زمین (Earth Rotation)

- § کرویت زمین (Earth Curvature)

- § خطای پانورامیک (Panoramic Effect)

- § خطای اسکن کردن (Scan Time Skew)

- **تقلیل باندها (Feature Reduction)**

§ آنالیز مولفه‌های اصلی (Principal Component Analysis)

- **انجام محاسبات تصویری**

§ **تفاضل باندها (Band Differencing)**

§ **نسبت باندها (Band Rationing)**

§ **روابط چند باندی**

- **اعمال فیلتر**

§ **رفع نویز**

§ **جنرالیزاسیون**

• ...

# کلیات طبقه بندی

---

## اعمال الگوریتم طبقه بندی

- روش و الگوریتم طبقه بندی
- ورود داده‌ها و ترتیب آنها
- مقدمات طبقه بندی
- محاسبه پارامترهای مختلف
- تصمیم گیری و انتساب مقدار به خروجی
- ایجاد خروجی
- زمان اجرا



## کلیات طبقه بندی

---

پس پردازش‌های مورد نیاز

• تکمیل داده‌ها

- § تفسیر بصری
- § روش‌های کامپیوتری (فیلتر نمودن)

• ترکیب کلاس‌ها

- § نظر کاربر
- § استاندارد تولید نقشه

• تصحیح هندسی (GeoCoding)

• عملیات کارتوگرافی

# کلیات طبقه بندی

## ارزیابی دقت طبقه بندی

- به منظور
  - § بر آورد دقت و سطح اطمینان نتایج
  - § مقایسه روش های مختلف طبقه بندی با یکدیگر
- روش ارزیابی دقت
  - § نوع نتایج طبقه بندی
  - § اطلاعات جانبی موجود
- منبع ارزیابی دقت
  - § داده های معلوم زمینی (Ground Truth)
  - § نتایج طبقه بندی (احتمالات)
- پارامترهای ارزیابی دقت

## کلیات طبقه بندی

روش‌های طبقه بندی نظارت نشده (Unsupervised) و نظارت شده (Supervised)

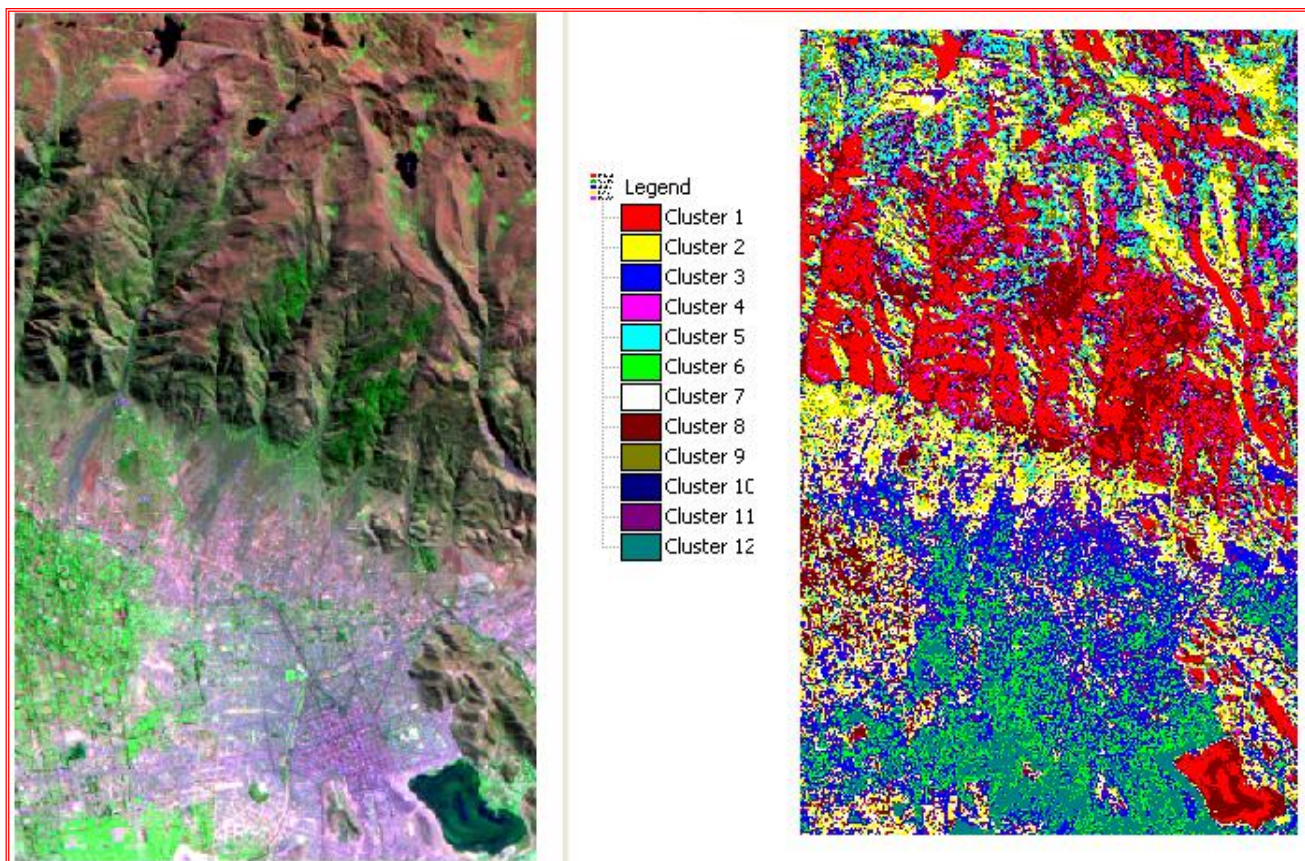
### ۷ روش‌های طبقه بندی نظارت نشده

تعریف: روش‌های طبقه بندی را که تنها متکی بر اطلاعات داخل تصویر بوده و از کمترین اطلاعات جانبی در آنها استفاده می‌شود، روش‌های طبقه بندی نظارت نشده می‌گویند.

- |   |   |          |
|---|---|----------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• تقریباً تمام اتوماتیک</li><li>• نیاز به تفسیر پس از طبقه بندی</li><li>• به تنهایی کامل نیست</li><li>• دارای محاسبات تکراری زیاد</li></ul>               | } | خصوصیات  |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• وقتی اطلاعات و داده‌های کمی در منطقه وجود دارد</li><li>• به منظور برآورد اولیه از منطقه و کلاس‌های موجود</li><li>• در روش‌های ترکیبی (Hybrid)</li></ul> | } | کاربردها |

## کلیات طبقه بندی

### ۷ روش‌های طبقه بندی نظارت نشده



روش‌های طبقه بندی نظارت نشده

### ۷ روش‌های طبقه بندی نظارت شده

تعریف: روش‌های طبقه بندی که نیاز به اطلاعات خارجی در مورد منطقه و کلاس‌های مورد نظر دارند را روش‌های طبقه بندی نظارت شده می‌گویند. این اطلاعات جانبی مجموعه اطلاعات و داده‌هایی هستند که علاوه بر اطلاعات تصویری، به طبقه بندی وارد شده و طبقه کننده با استفاده از مجموع آنها تصویر را طبقه بندی می‌کند.

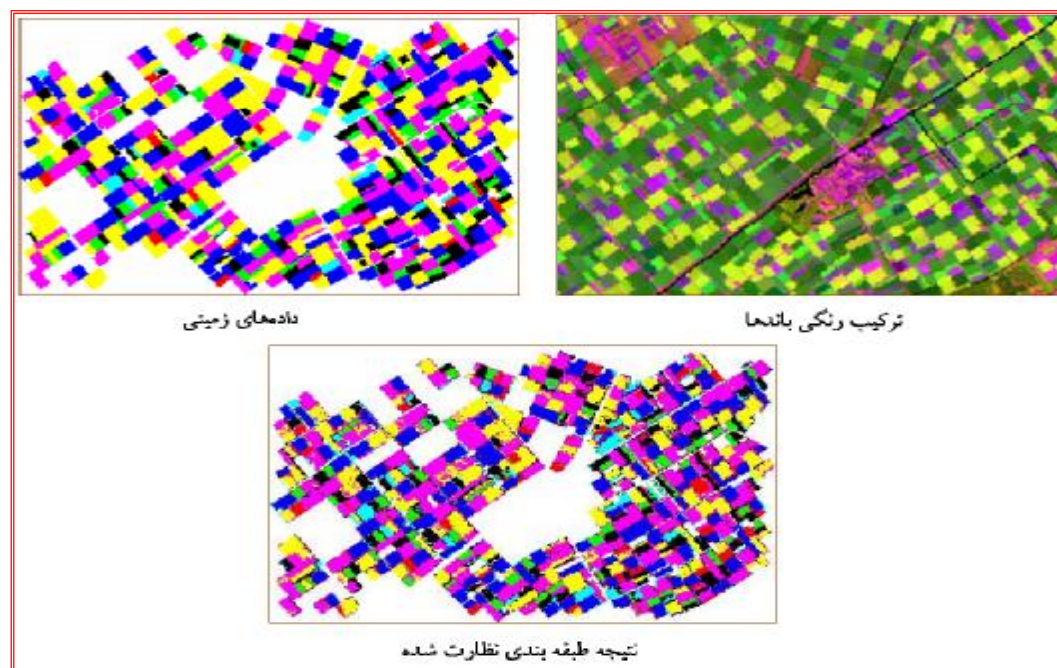
- مربوط به یک کلاس خاص
  - مورد استفاده در برآورد مقدار تشابه
  - تعیین بصورت تعاملی توسط عامل
- پیکسل‌های معلوم (Training Data)

- نیاز به اطلاعات جانبی
  - نیاز به دخالت مستقیم عامل انسانی
  - الگوریتم‌های قوی و مستقل
  - تصمیم گیری مستقیم (معمولا غیر تکراری)
- خصوصیات طبقه کننده‌های نظارت شده

## کلیات طبقه بندی

### ۷ روش‌های طبقه بندی نظارت شده

- در صورت وجود داده‌ها و اطلاعات جانبی
  - تولید نقشه‌های پوششی و کاربری
  - استخراج اطلاعات خاص غیر از نقشه‌های پوششی
- کاربردها

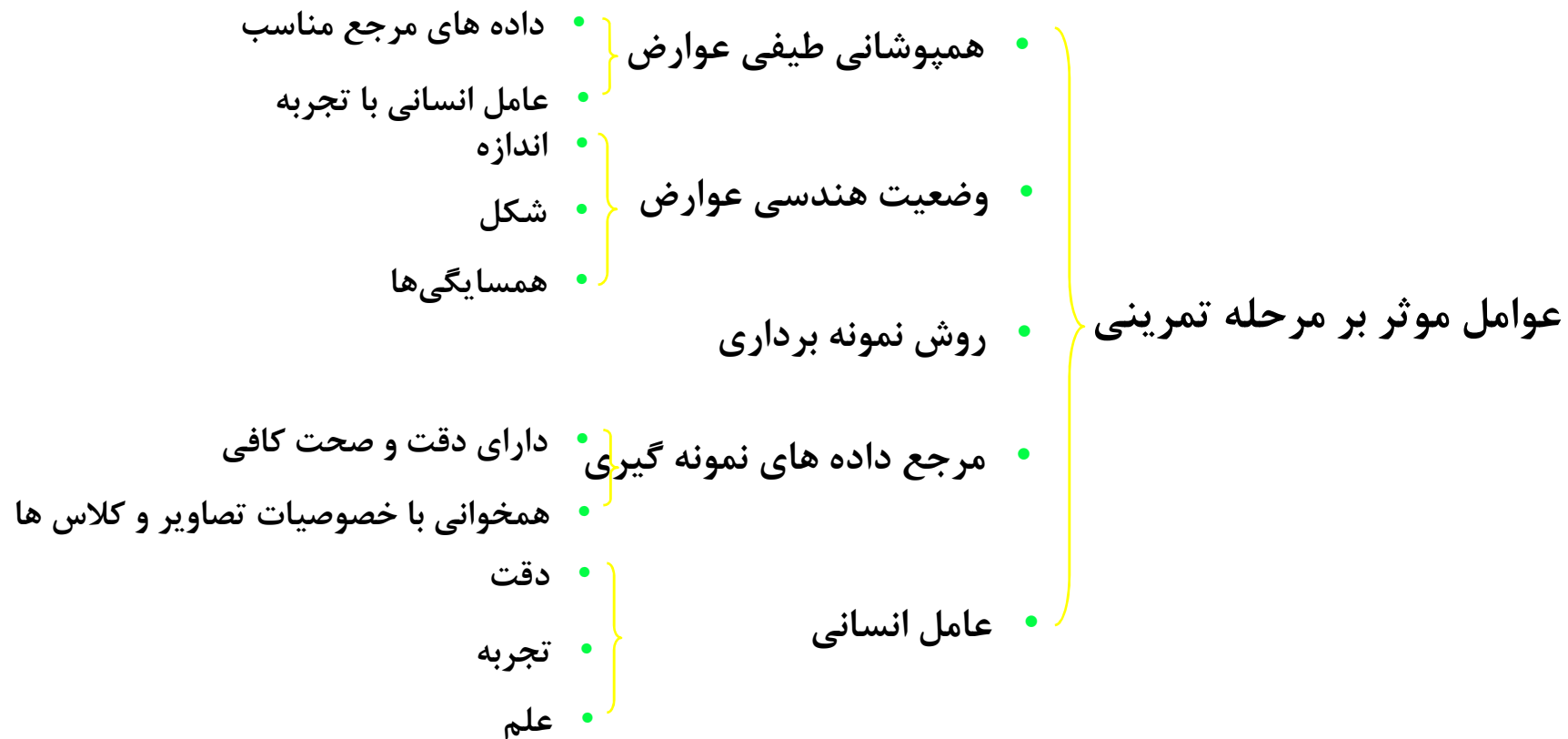


روش‌های طبقه بندی نظارت شده



### مرحله تمرینی (Training)

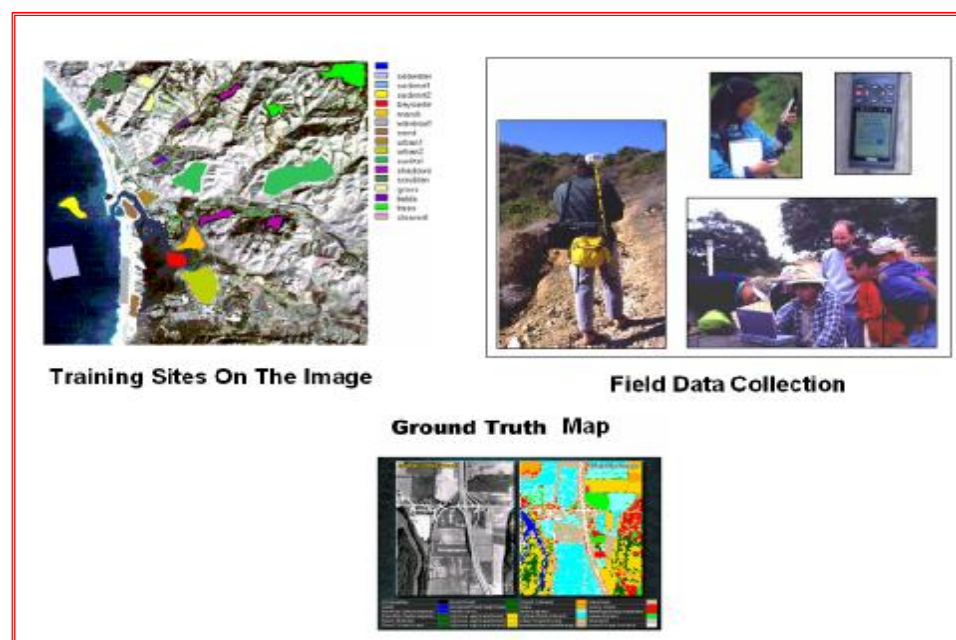
تعریف : مرحله تمرینی مرحله ایست که در آن برای هر کلاس مورد نظر تعدادی پیکسل بعنوان عضو آن کلاس مشخص می شود. از این پیکسل های معلوم برای محاسبه پارامترهای آماری و نهایتاً تشخیص کلاس برای پیکسل های دیگر استفاده می شود.



# کلیات طبقه بندی

داده های مرجع برای نمونه برداری

- نقشه های موجود
  - تفسیر تصاویر موجود
  - باز دید زمینی
- § فیلد های مناسب
- § زمان نمونه برداری



مرحله تمرینی (Training)

---

# روش های طبقه بندی متداول

# روش های طبقه بندی متداول

روش های طبقه بندی نظارت شده (Supervised Classifiers)

✓ طبقه بندی جعبه ای ( Box Classification )

الف ( الگوریتم

✗ تعیین کمترین (Minimum) و بیشترین (Maximum) مقدار هر کلاس در هر باند در فضای چند طیفی

$$Min_{i,j} , Max_{i,j} \quad i = 1, \dots, N \quad ; \quad j = 1, \dots, f$$

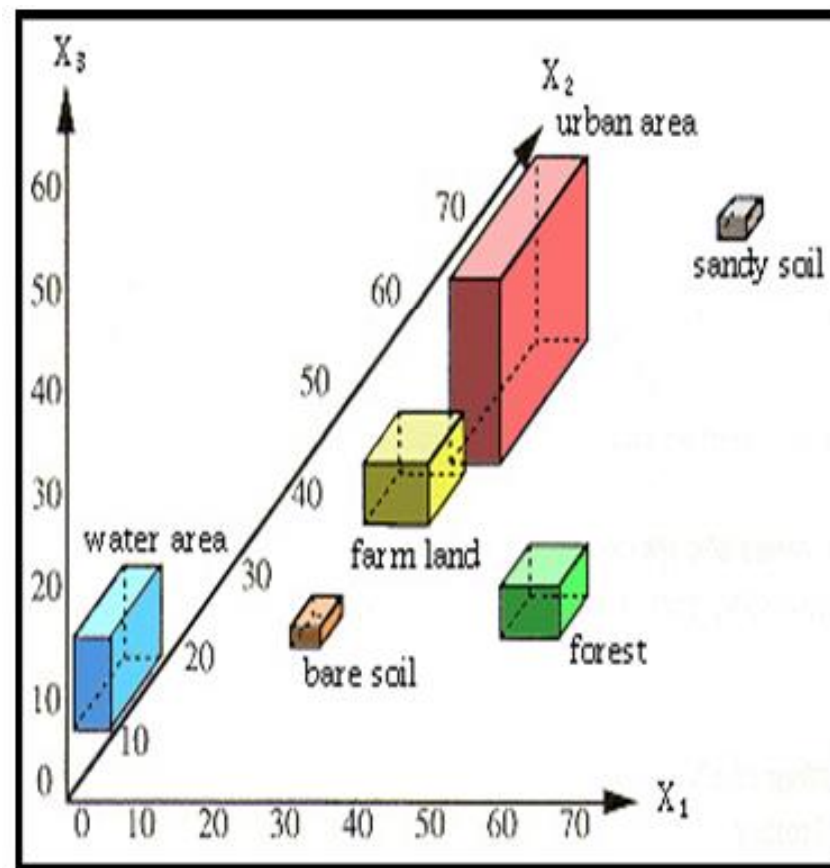
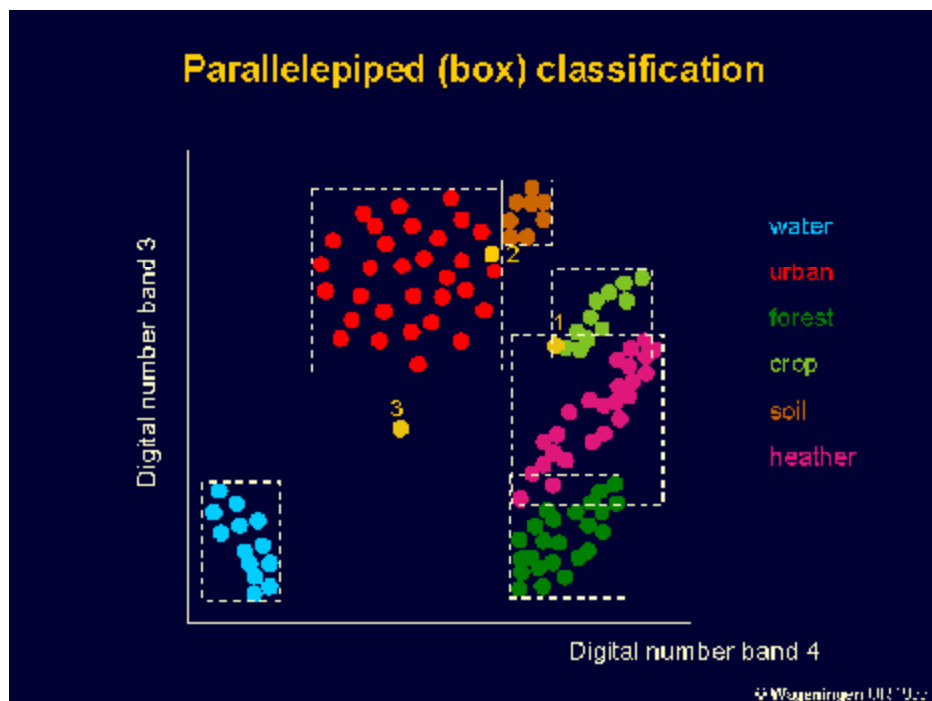
$N$  تعداد کلاس ها       $f$  تعداد باندها

ب ( تعیین کلاس پیکسل

- این روش طبقه بندی کلاسی را به پیکسل نسبت می دهد که پیکسل درون جعبه داده های آن قرار داشته باشد.
- پیکسل هایی که درون هیچ جعبه ای قرار نمی گیرند بر چسب نامعلوم (Unknown) خواهند گرفت.
- پیکسل های واقع در مناطق مشترک نیز بصورت مجهول بر چسب خواهند گرفت.

## روش های طبقه بندی متداول

### طبقه بندی جعبه ای



## روش های طبقه بندی متداول

✓ طبقه بندی حداقل فاصله ( Minimum Distance )

الف ( الگوریتم

1- محاسبه بردار میانگین هر کلاس با استفاده از داده های تمرینی

$$M_i \quad i = 1, \dots, N$$

$N$   
تعداد کلاس ها

$$M_i = \begin{bmatrix} m_1 \\ m_2 \\ \mathbf{M} \\ m_f \end{bmatrix}$$

$f$   
تعداد باندها

$$m_j = \frac{\sum_k^{n_i} x_k}{n_i}$$

$n_i$  تعداد پیکسل های  
معلوم کلاس  $i$



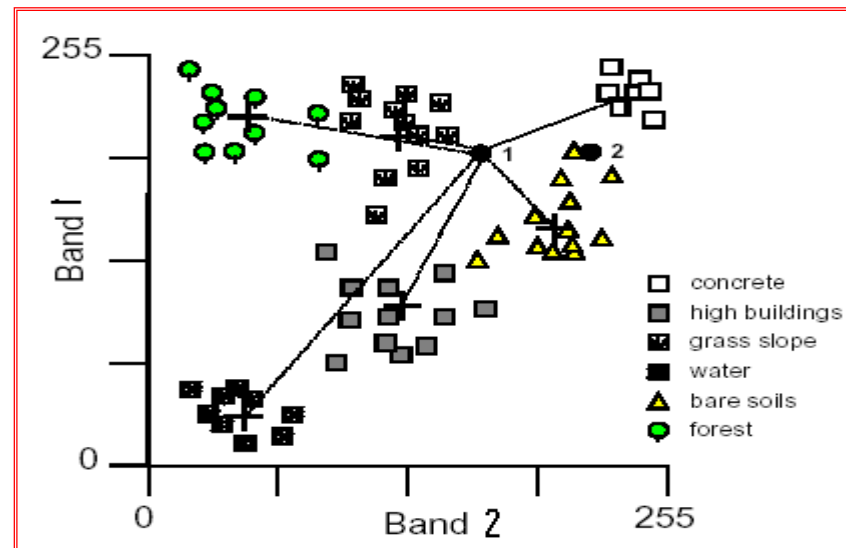
## روش های طبقه بندی متداول

### 2- محاسبه فاصله پیکسل مجهول تا میانگین کلاس ها

✕ برای هر پیکسل مجهول به تعداد کلاس ها فاصله محاسبه می شود. فرمول متداول محاسبه فاصله همان فرمول فاصله اقلیدسی است :

$$d_i(x, M_i)^2 = (x - M_i)^t (x - M_i)$$

$x$  بردار مقادیر (Pixel Vector)  
 $d_i$  فاصله پیکسل تا کلاس  $i$   
ام

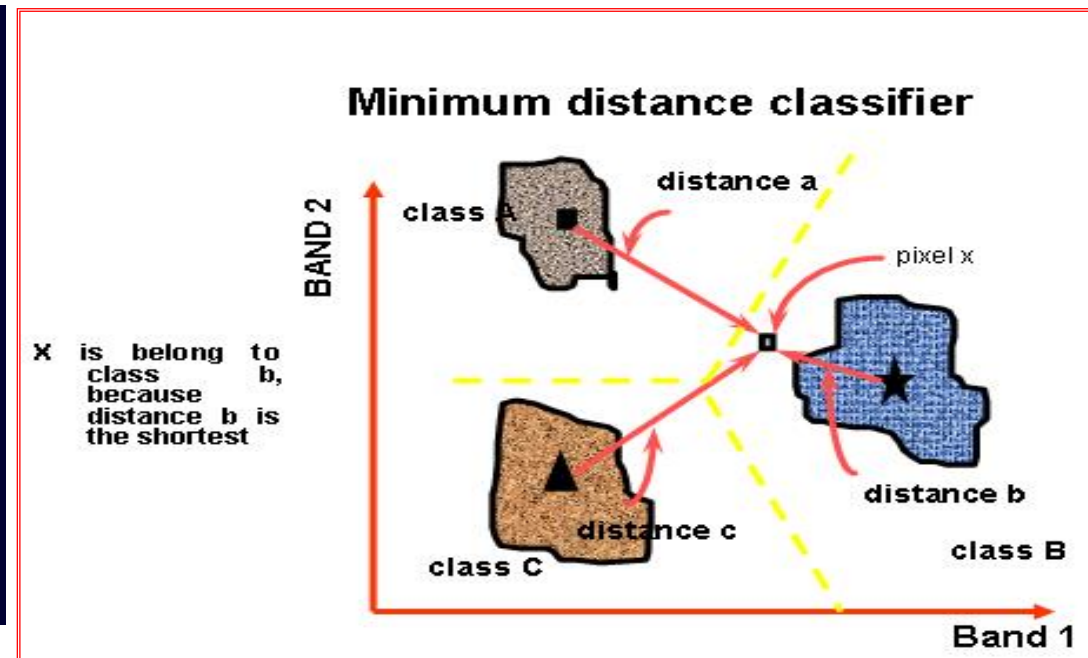
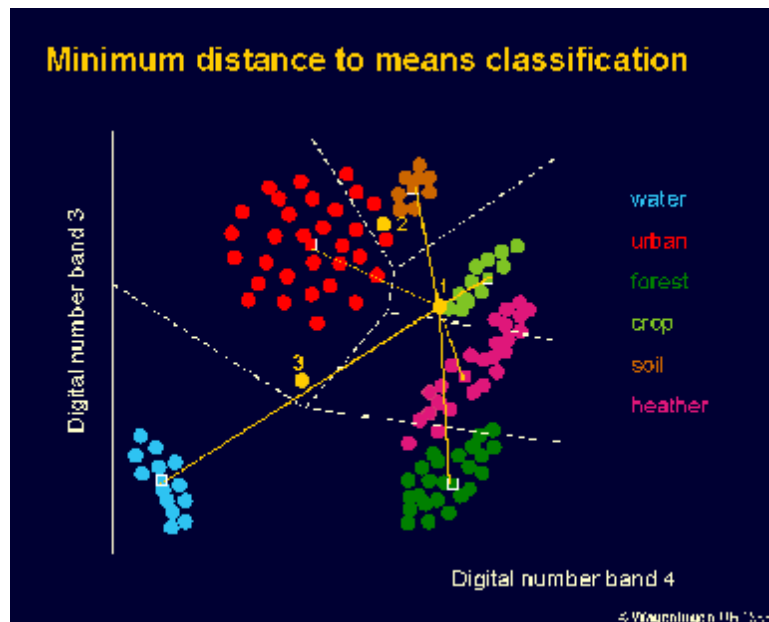


## روش های طبقه بندی متداول

3- انتخاب کلاس نزدیکترین میانگین به پیکسل بعنوان بر چسب پیکسل

✗ در طبقه بندی به روش حداقل فاصله بر چسب دهی بر اساس حداقل فاصله انجام می شود. به این معنی که کلاسی به پیکسل نسبت داده خواهد شد که بردار میانگین آن کمترین فاصله را با بردار مقادیر پیکسل مجهول داشته باشد :

$$x \in w_i \text{ if } d(x, M_i)^2 < d(x, M_j)^2 \text{ for all } j \neq i$$



× موفقیت روش های طبقه بندی نظارت شده بستگی دارد به :

- تعریف دقیق کلاس ها

- صحت مرحله تمرینی

- صحت فرضیات الگوریتم

## روش های طبقه بندی متداول

### ✓ روش (IsoData Clustering)

✗ این روش که به روش Migrating Means نیز مشهور است بر اساس تصحیح تکراری انتساب بر چسب ها عمل می کند. این روش ابتدا پیکسل ها را در تعدادی Cluster مشخص دسته بندی می کند سپس پیکسل ها را از یک Cluster به Cluster دیگر جابجا می کند تا جاییکه جابجایی ها دیگر تغییر محسوسی را در Cluster ها ایجاد نکند.

الف) الگوریتم

1- فرض Cluster های اولیه

✗ الگوریتم ابتدا تعداد کلاس ها را از کاربر دریافت کرده (مثلا c) و به تعداد کلاس ها، c نقطه در فضای چند طیفی بعنوان مراکز Cluster ها در نظر می گیرد :

$$\hat{m}_i, i = 1, \dots, c$$

2- انتساب دیگر پیکسل ها

✗ در این مرحله دیگر پیکسل های تصویر بر اساس یکی از معیارهای شباهت به یکی از Cluster ها انتساب می یابند. محاسبه مرکز جدید دسته ها

✗ پس از پایان دسته بندی تمامی پیکسل های تصویر، میانگین پیکسل ها برای هر دسته محاسبه شده و بعنوان مرکز Cluster در نظر گرفته می شود.

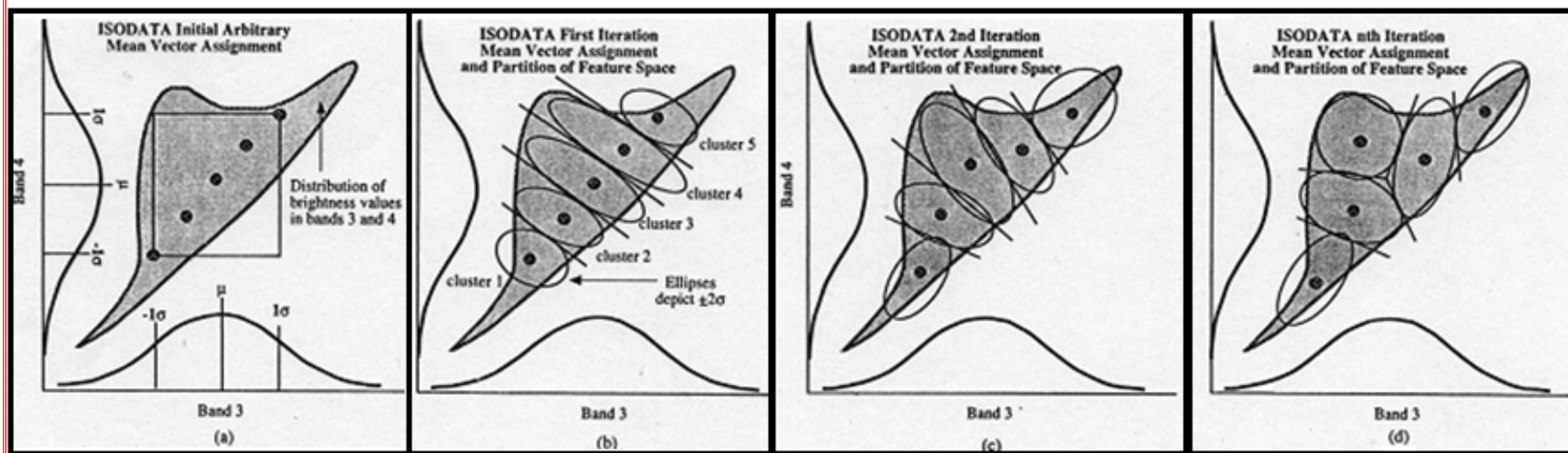
$$m_i, i = 1, \dots, c$$

## فصل چهارم : روش های طبقه بندی متداول

### 4- کنترل و تصمیم گیری

✗ حال اگر شرط  $m_i = \hat{m}_i$  برای تمام کلاس ها برقرار باشد فرآیند دسته بندی خاتمه می یابد در غیر اینصورت الگوریتم از مرحله 2 ادامه پیدا می کند.

## ISODATA clustering



## فصل چهارم : روش های طبقه بندی متداول

---

ب ) پس پردازش

- ادغام دسته ها ( دسته های بسیار نزدیک به هم در فضای چند طیفی )

- حذف دسته ها ( دسته هایی با تعداد پیکسل بسیار کم )

- تقسیم دسته ها ( دسته هایی با پراکندگی زیاد )



---

پایان جلسه

---

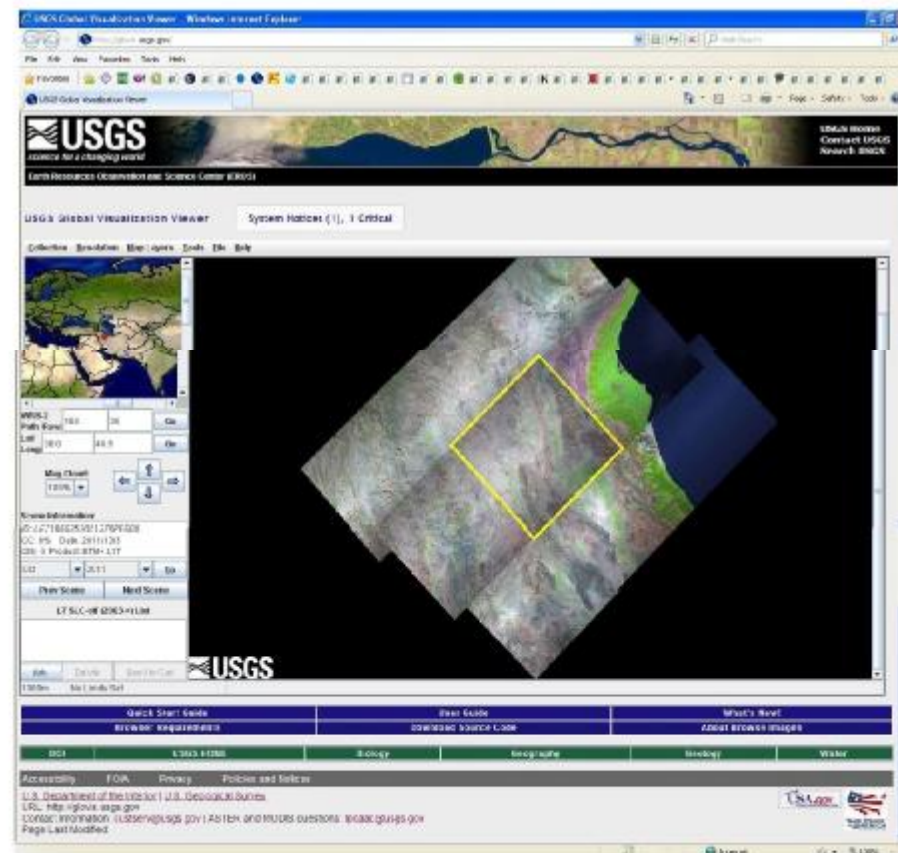
## ضمائم

نحوه سفارش و دریافت تصاویر ماهواره ای از وب سایت USGS

قبل از ورود به این سایت باید نرم افزار Java بر روی کامپیوتر شما نصب باشد:

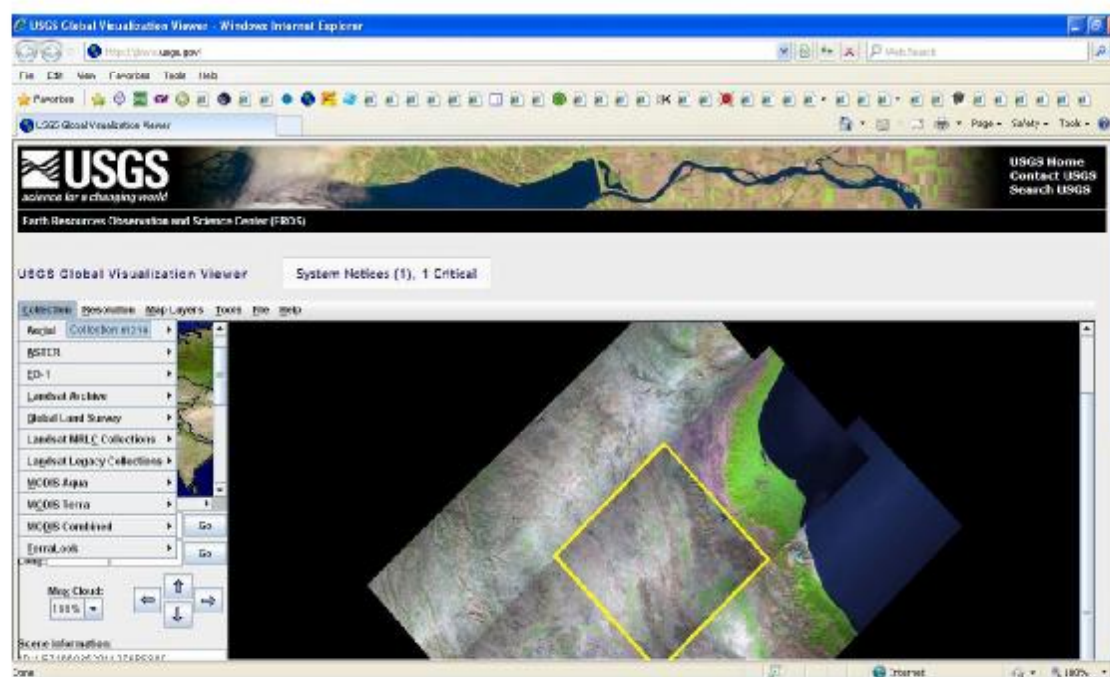
<http://faridesm.ir/farid/Java.exe>

وارد وب سایت <http://glovis.usgs.gov> شوید.



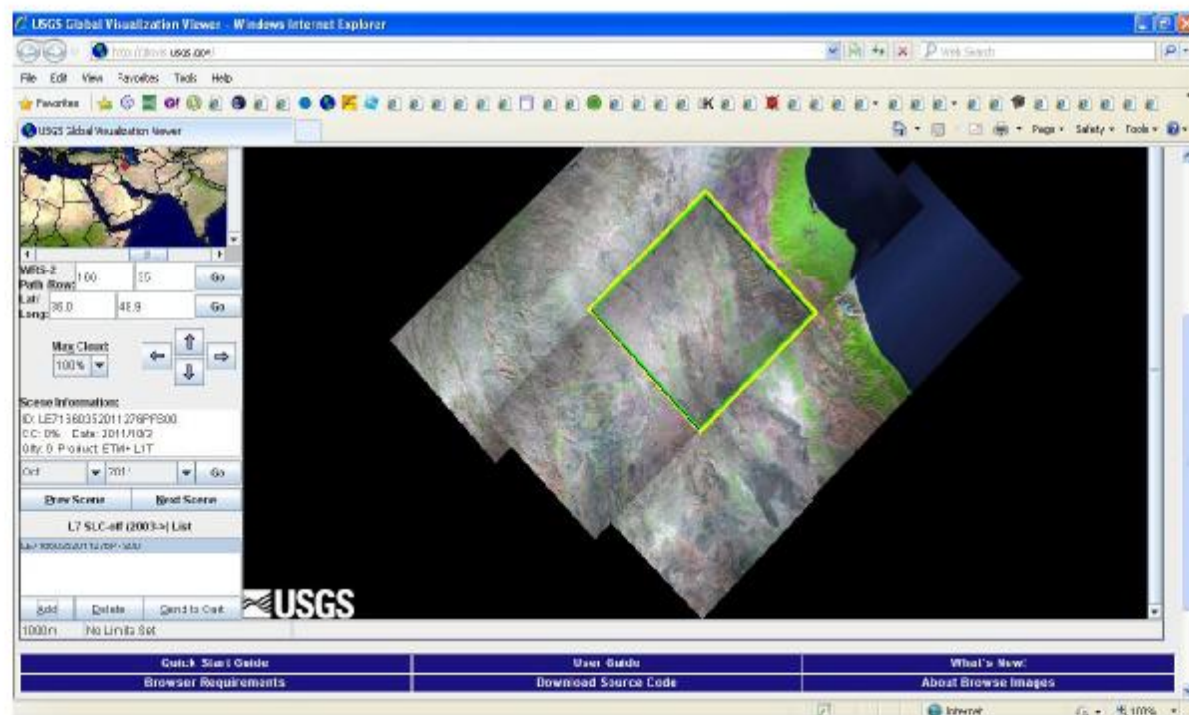
در سمت چپ طول و عرض جغرافیایی منطقه مورد نظر خود را وارد کنید.

همچنین تاریخ تصویر مورد نظر خود را وارد کنید.



ماهواره سنجش از دور مورد نظر خود را مطابق شکل بالا از زبانه Collection انتخاب کنید.

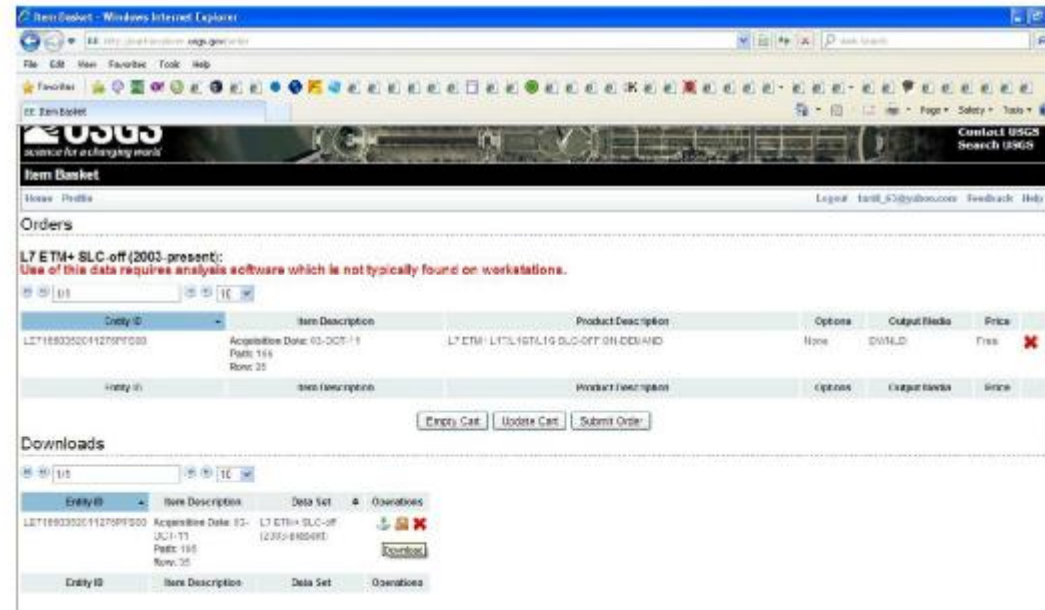
بر روی تصویر مورد نظر در صفحه پیش نمایش تصاویر کلیک کرده و گزینه Add را انتخاب کنید. دقت کنید که با توجه به حجم بالای سایت و تصاویر فرایند ها در این وب سایت کمی زمانبر می باشند.



سپس دکمه Send to cart را انتخاب کنید.

اگر قبلاً در سایت ثبت نام نکرده اید، ثبت نام کرده و از طریق ایمیل فعال سازی اکانتتان را فعال کنید.

پس از ساخت اکانت تصویر انتخاب شده مطابق شکل زیر به کنترل پنل شما اضافه خواهد شد:



با کلیک بر روی گزینه دانلود صفحه زیر باز می شود.



شما در این مرحله قادر خواهید بود یک تصویر پیش نمایش از سفارشی که داشته اید را دانلود کنید. تصاویر پیش نمایش قابل دانلود در پنجره مربوطه به شما نمایش داده می شوند. مثلاً تصویر 18.2 Mb JPEG) را انتخاب کرده و دانلود کنید.





اما تیک تصویر اصلی:

### Level 1 Product - Processing Required (submit order for data processing)

خاموش است. سفارش شما تحت بررسی قرار می گیرد و در صورت مجاز بودن تصویر مورد نظر از آرشیو استخراج شده و عموماً بعد از دو روز آدرس دانلود آن به ایمیل شما ارسال میگردد. آدرس دانلود عملاً شما را به همین صفحه باز میگرداند که در آن زمان تیک مربوط به تصویر اصلی در همین پنجره فعال بوده و شما می توانید تصویر اصلی را دانلود کنید.