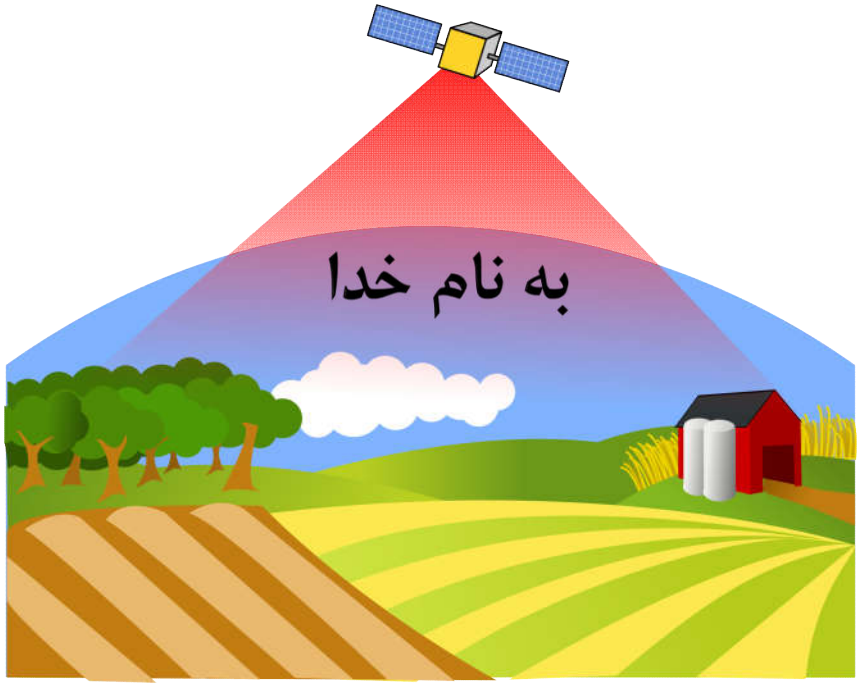


1

جلسه اول

سنجش از دور

2

منابع مورد استفاده

- پاورپوینتها
- کاربرد سنجش از دور در علوم زمین (علوم خاک)، دکتر علوی پناه
- **Remote Sensing and image interpretation**

(Thomas M. Lillesand, Ralph W. Kiefer and Jonathan W. Chipman, 2008)

و...

3

آدرس کانال تلگرام

@Remote_sensing_soil

or

https://t.me/Remote_sensing_soil

4

- فعالیت در کلاس، حضور و غیاب ۲ نمره
- ارائه ۲ نمره
- تمرین و پروژه ۶ نمره
- پایان ترم ۱۱ نمره

5

مقدمه

چشم‌های دانشمندان همیشه از مهم‌ترین سنجنده‌هایی بوده‌اند که برای توصیف مسائل محیطی، تشخیص و شناسایی آن‌ها به کار می‌رفته است، هنگامی که شخصی با کمک حس بینایی خود به مشاهدهٔ محیط می‌پردازد، رنگ و اطلاعات مکانی را در یک لحظه به کمک عملکرد مشترک چشم و مغز دریافت می‌کند. سپس این‌گونه اطلاعات به بخش‌های مختلف مغز ارسال می‌شود. به طوری که انواع رنگ‌ها و اطلاعات مکانی حس شده به‌طور همزمان بر هم منطبق می‌گردند.

6

هرچند سیستم ادراک مغز و چشم نهایت تکامل را حاصل کرده‌اند و در راستای این تکامل شگفت‌انگیز، از پیچیدگی زیاد و اسرارآمیزی هم برخوردار شده‌اند، اما همچنان اطلاعات فراوانی در روی سطح زمین وجود دارد که نه تنها چشم‌های انسان معمولی بلکه دانشمندان و متخصصان هم قادر به مشاهده، درک و یا پردازش آن‌ها نیستند. زیرا ادراک بصری و مغزی انسان از بسیاری جهات نسبی است و نه مطلق. از این رو بشر صرفاً از طریق ادراک بصری و مغزی قادر به استخراج بخشی از اطلاعات پیرامون خود می‌باشد. اما ادراک عقلی انسان قادر به ساخت و استفاده از بسیاری ابزار و وسایل پیشرفته است که می‌تواند علاوه بر نور مرئی خورشید، با استفاده از سایر محدوده‌های طیفی امواج الکترومغناطیسی، اطلاعات مفید بیشتری را از اجسام سطح زمین دریافت کند که بسیاری از این اطلاعات با چشم انسان قابل دریافت نیستند.

7

تاریخچه

1849	Laussedat of French Corps of Engineers, used photography extensively for topographic mapping
1858	First aerial photograph taken from a balloon
1880	First aerial photograph taken from a kite
1900	First aerial photograph taken from a pigeon
1909	First aerial photograph taken from an airplane over Cento celli, Italy Aerial cameras were developed
1915	Techniques developed for photo interpretation (PI)
1920s	Black/white IR, color photography
1930s	Maturation of PI technology
1940s	Extended use of color and color IR photographs,
1950s	development of multi-band photography Optical-mechanical scanners, TVs, satellite
1960s	1960s sensors, sky labs
1960s	Electro-optical remote sensing
1970s	Landsat 1,2 and 3 , Multispectral scanner (MSS), NOAA – Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) Weather and ocean Seasat Synthetic Aperture Radar (SAR) in space
1980s	Landsat Thematic Mapper (TM), SPOT High resolution visible (HVR) Airborne imaging spectrometer (AIS) Airborne Visible and Infrared Imaging Spectrometer (AVIRIS)
1990s	RadarSat, Earth Remote Sensing (ERS), Japanese Earth Resources Satellite (JERS) Digital Aerial photography – ADAR 5000 etc

8

تاریخچه

بدون شک با اختراع دوربین عکاسی توسط داگوار[1] در سال ۱۸۳۹ میلادی، سنجش از دور پا به عرصهٔ سایر علوم گذاشت. بین سال‌های ۱۸۸۲ تا ۱۸۸۹ از کایت به منظور عکس‌برداری هوایی استفاده شد. فردی به نام آرتور باتت[2] با نصب یک آلتی‌متر در داخل دوربین و ثبت ارتفاع در زمان عکس‌برداری، مقیاس عکس را به صورت تقریبی به‌دست آورد.

9

- **First Aerial Photograph from balloon**
- 1858 – Gaspard Tournachon “Nadar” used balloon to photograph
- Bievre, France (80m high)

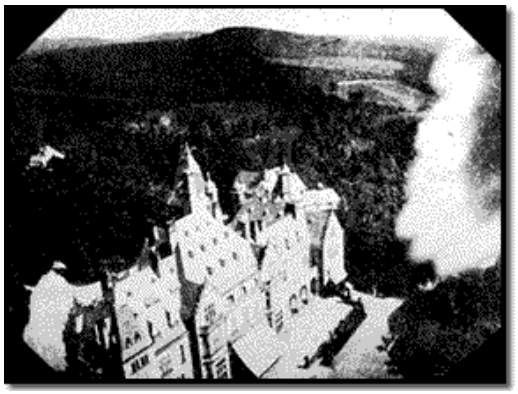
10

در سال ۱۹۰۳، نوبرونر[۳] با بستن دوربین‌هایی به کبوتر، تصویر بخشی از موزهٔ مونیخ آلمان را گرفت (شکل ۱-۱). شکل (۱-۲) نیز عکس هوایی مایل به‌دست آمده از دوربینی که به کبوتر بسته شده بود را نشان می‌دهد. در این عکس می‌توان گوشه‌ای از بال‌های کبوتر را نیز دید.

بستن دوربین به کبوتر برایَ سنجش از راه دور.

11

اگرچه به‌کارگیری کبوتر برای کسب اطلاعات بیشتر از زمین، خود نقطهٔ مهم و آغازینی برای این پیشرفت‌ها بوده است، اما این موضوع را نیز تأیید می‌کند که دورسنجی آغازین، با پرواز اوج گرفت و از همین روست که دورسنجی واقعی، ریشه در پرواز دارد.



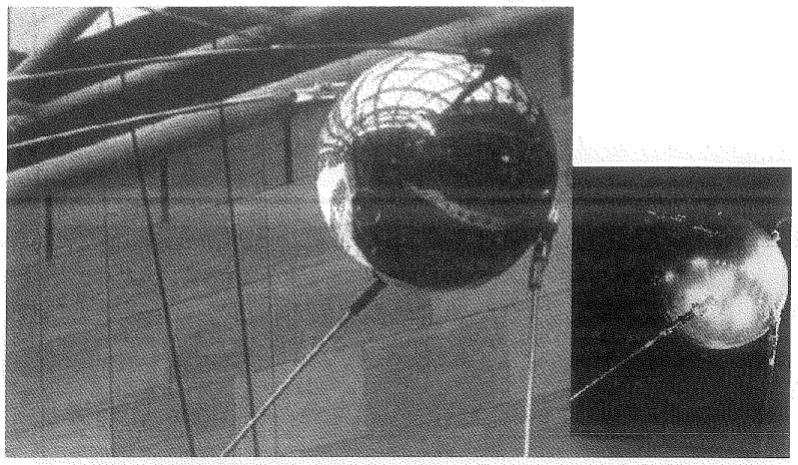
عکس هوایی به‌دست آمده از موزهٔ مونیخ آلمان که به وسیلهٔ دوربینی که به کبوتر بسته شده بود، گرفته شده است.

12

همین تلاش بشر و آرزوهای دیرینه، کار را به جایی رساند که رفته‌رفته به‌جای بال پرنده، خود انسان بالی بر هواپیما ساخت. بنابراین مهمترین تحول در سنجش از دور، در سال ۱۹۰۹ با اختراع هواپیما توسط برادران رایت به‌وجود آمد

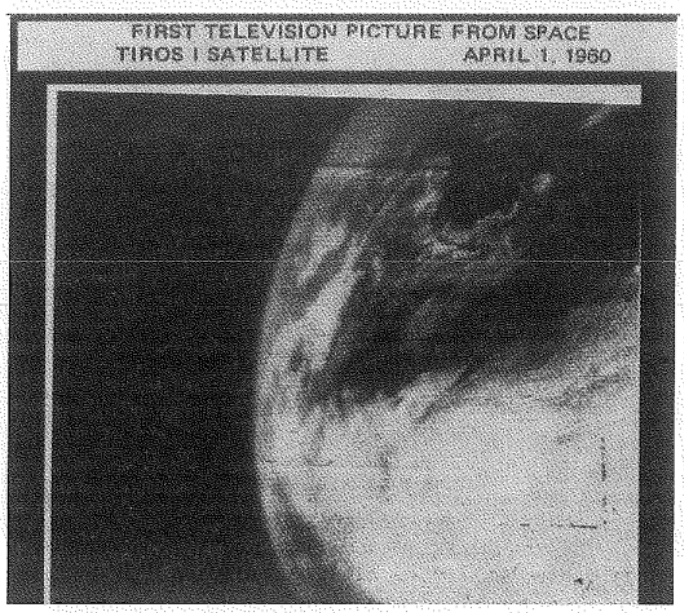
13

پرتاب اولین ماهواره توسط اتحاد جماهیر شوروی سابق، موجب شگفتی تمام دنیا شد (شکل‌های ۱-۸ و ۱-۹).



شکل ۱-۸- در آوریل سال ۱۹۶۰ اولین ماهوارهٔ هواشناسی به نام TIROS به فضا پرتاب شد.

14



شکل ۱-۹- اولین عکس از فضا توسط ماهوارهٔ TIROS در سال ۱۹۶۰.

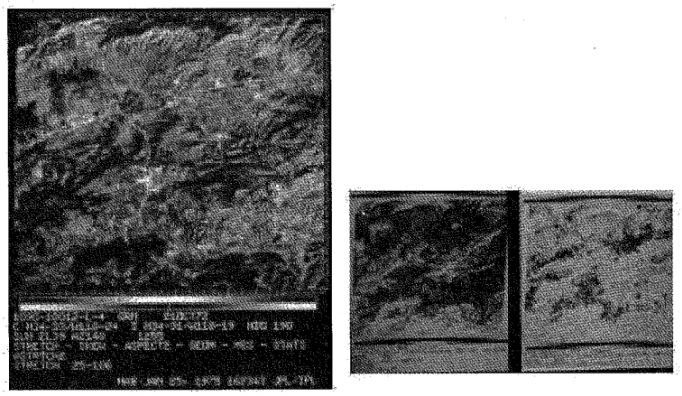
15

با در مـــدار قـرار گرفتـن

ماهوارهٔ مطالعاتی بدون سرنشین TIROS [۱] در اوریل ۱۹۶۰ دور سـنجی فضـایی وارد مرحله تازه‌ای شد. از این سال به بعد، پیشرفت‌های چشمگیری در زمینـهٔ در مدار قرار دادن ماهواره‌های مختلف حاصل شده اسـت. بیـن سـال‌های ۱۹۷۰ تـا ۱۹۷۶ ، شش ماهواره بـه فضـا پرتـاب شـد کـه یکـی از آنـها بنـام NOAA-1 [۳] نامگذاری گردید. داده‌های هواشناسی ماهوارهٔ NOAA ، برای پیـش بینـی وضـع هـوا، آمـوزش هواشناسـی بـه دانشـجویان و مطالعـات زمینـی مـانند بررسـی زمین‌شناسی کاربرد زیادی پیدا کرد.

16

اولین ماهوارهٔ منابع طبیعی در سال ۱۹۷۲ به فضا پرتاب شد. این ماهواره ابتدا به نام ERTS[2] نامیده شد و سپس به لندست[3] تغییر نام یافت (شکل ۱-۱۱). در این سال پیشرفت‌های سریعی در پردازش تصاویر رقومی حاصل شد.



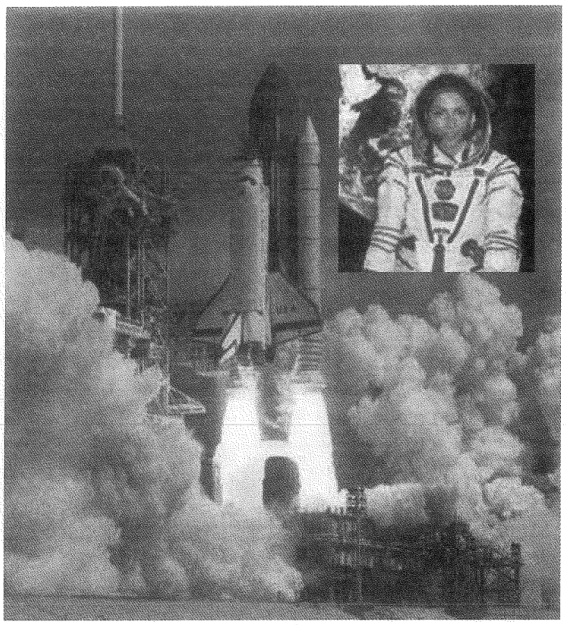
شکل ۱-۱۱- تصویری به‌دست آمده توسط ماهواره لندست در سال ۱۹۷۲.

2 . Earth Resources Technology Satellite
3 . Landsat

اولین ماهوارهٔ هواشناسی اروپایی متئوست[1] با هدف تهیهٔ تصاویر مرئی و مادون قرمز در شب و روز، در سال ۱۹۷۷ به فضا پرتاب شد.

امروزه این ماهواره‌ها لحظه به لحظه، شب و روز این کرهٔ خاکی و حتی برخی از کرات دیگر را نظاره می‌کنند و به قول خیام فیلسوف و شاعر متفکر، انسان از جرم گل سیاه تا اوج زحل را در می‌نوردد و هر روز و از هر طرف اطلاعات و اخبار کرهٔ زمین از اوج فلک به او می‌رسد (شکل ۱-۱۲).

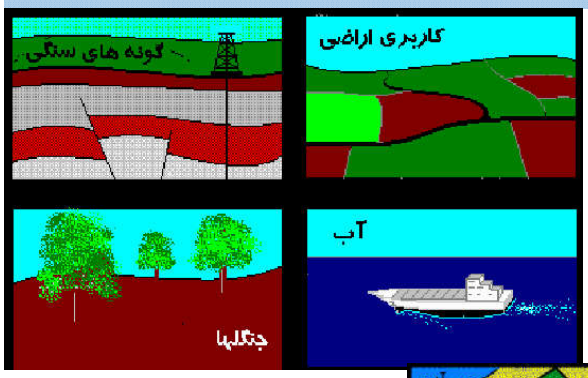
1 . Meteosat

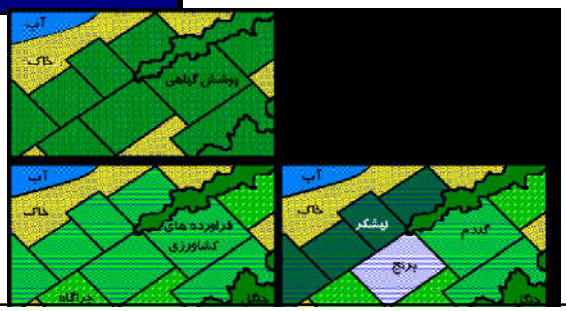


شکل ۱ـ۱۲ـ ماهواره‌ای در حال پرتاب به مدار زمین و ایستگاه فضایی بین‌المللی، عکسی از انوشه انصاری نخستین زن گردشگر فضا

19

RS Application





20

کاربرد در کشاورزی و خاک‌شناسی

شناسایی اراضی کشاورزی
شناسایی نوع محصول
تعیین سطح زیر کشت
شناسایی مناطق مستعد کشت
تخمین عملکرد محصول
شناسایی محدودیت‌های کشت
شناسایی اراضی شور
شناسایی اراضی تحت فرسایش
شناسایی خاک‌های مرطوب
شناسایی باتلاقها
شناسایی آفات و امراض گیاهی
تخمین مواد موجود در خاک
نظارت بر رشد محصول

21

کاربرد در مطالعات جنگل و مرتع

شناسایی مناطق جنگلی
شناسایی گونه‌های جنگلی
شناسایی اراضی مرتعی از نظر تراکم پوشش
شناسایی مناطق از بین رفته جنگلی و مستعد جنگل‌کاری
شناسایی مناطق جنگل‌کاری شده
مطالعه مربوط به آبخیزداری و حفاظت خاک
تشخیص آتش‌سوزی‌های جنگلی
تفکیک اراضی مرتعی از نظر ارتفاع

22

کاربرد در محیط زیست

شناسایی چشمه‌های آب سرد سواحل
شناسایی محل تخلیه زباله‌های اتمی
شناسایی کوه‌های آتشفشانی و تغییرات حاصله در آن‌ها
شناسایی مواد معدنی رادیواکتیو
شناسایی مناطق مناسب برای ایجاد پارک‌های زیست‌محیطی و حیات وحش
مطالعه جزر و مد و جریانات سطحی
هشدار در مورد آتش‌سوزی جنگل‌ها و چاه‌های نفتی
ردیابی آلودگی‌های نفتی در آب‌ها در مقیاس منطقه‌ای و جهانی

23

کاربرد در هواشناسی و اقلیم‌شناسی

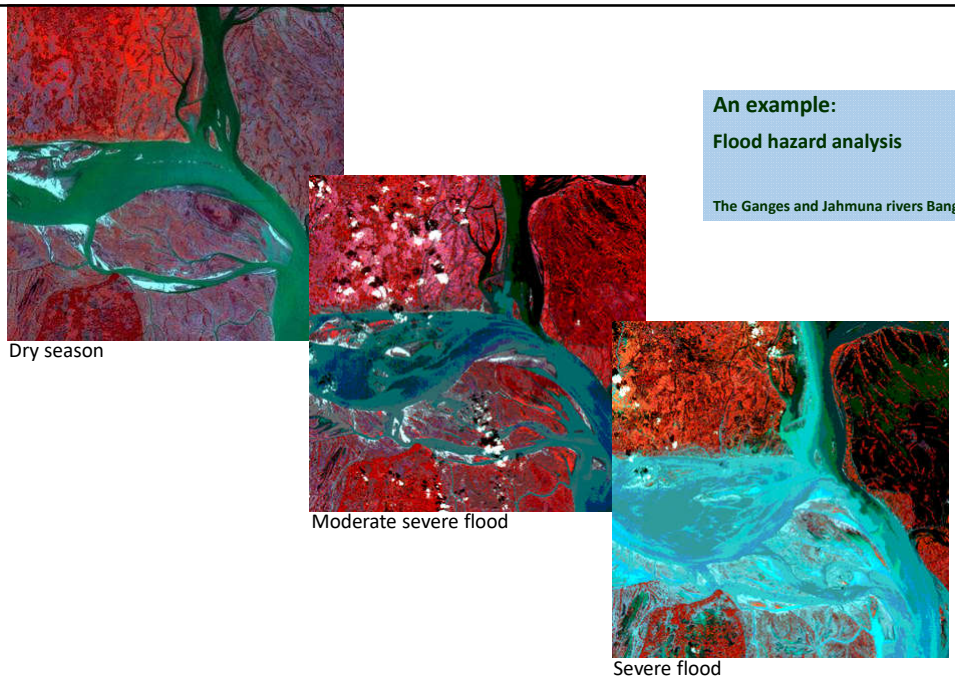
تخمین میزان بارندگی
پیش‌بینی خشک‌سالی
شناخت انواع ابرها و پوشش‌های ابری یا تعیین درصد پوشش
تعیین دمای سطح آب‌ها و خشک‌سالی
تهیه نقشه‌های اقلیمی منطقه‌ای و جهانی
ردیابی توفانهای حاره ای، تورنادو و هشداردهی در مورد آن‌ها
تهیه نقشه پوشش برفی و یخی
بررسی وضعیت اقیانوس‌ها
بررسی اثرات فعالیت‌های جوی بر روی هوا و اقلیم

24

کاربرد در منابع آب، اقیانوس‌شناسی و شیلات

تعیین عمق نسبی آب
شناسایی و تفکیک رنگ آب
تعیین درجه حرارت سطح آب
تعیین میزان گل آلودگی آب
شناسایی محل تجمع کلروفیلها و موجودات دریایی
تعیین شوری آب
شناسایی دریاچه‌های فصلی و باتلاق‌ها
شناسایی اراضی گود
مطالعه دریاچه‌های پشت سدها

25



An example:

Flood hazard analysis

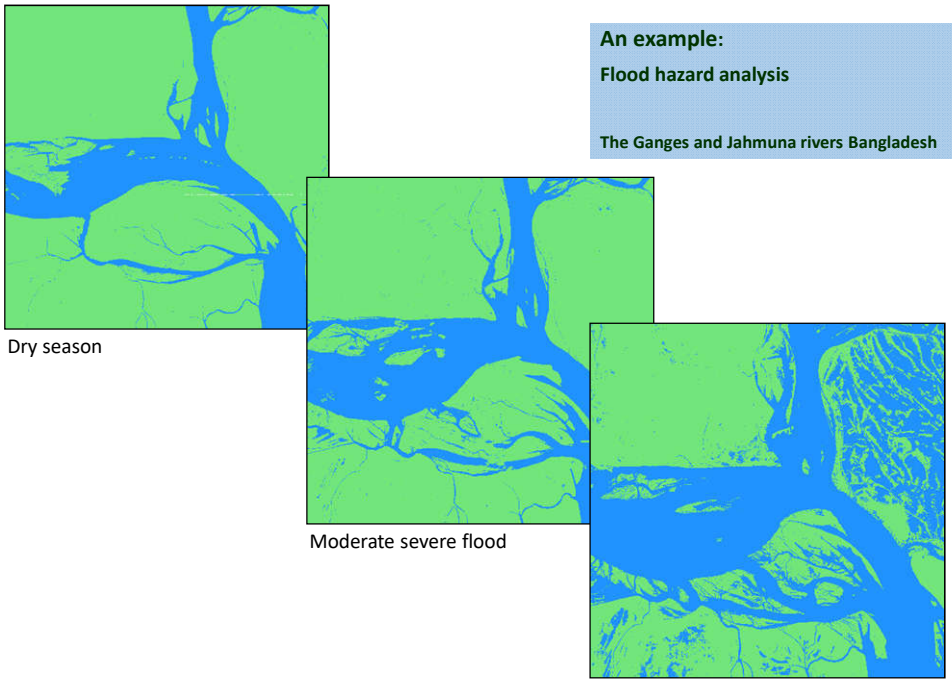
The Ganges and Jahmuna rivers Bangladesh

26

An example:

Flood hazard analysis

The Ganges and Jahmuna rivers Bangladesh



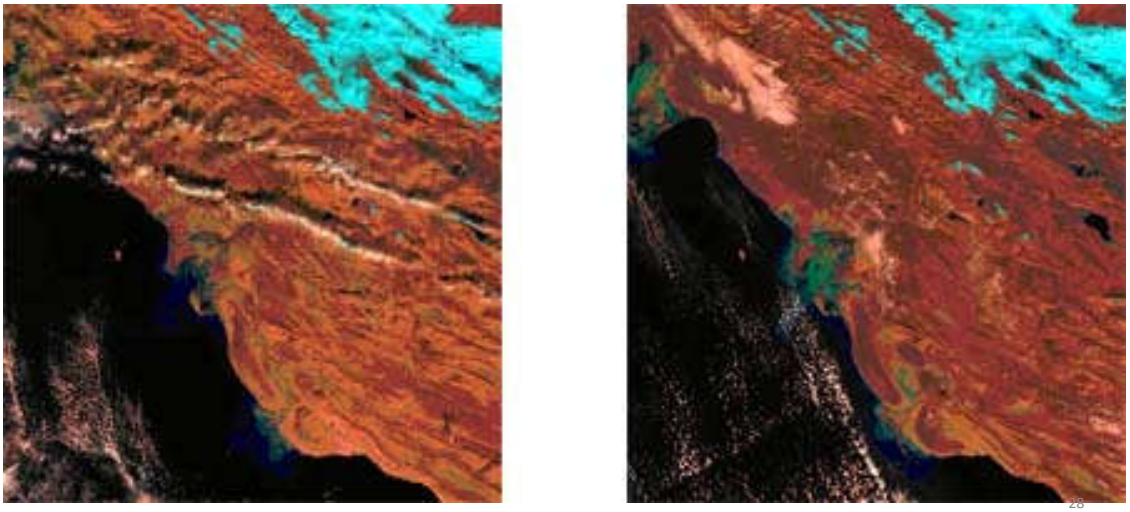
Dry season

Moderate severe flood

Hazard map of Severe flood

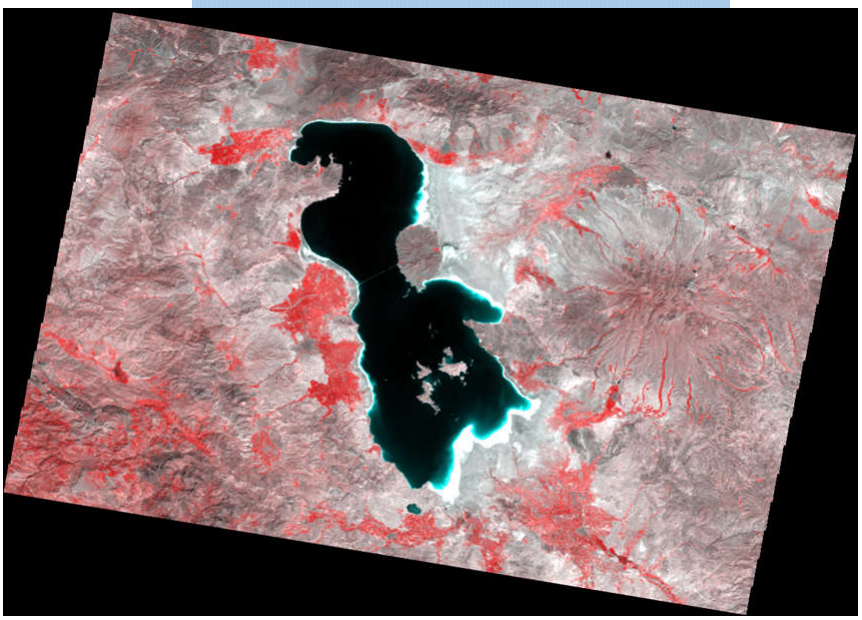
27

تصاویر زیر (ماهواره لندست – سنجنده TM) تفاوت میزان رسوبات وارد شده به آبهای ساحلی را قبل و پس از وقوع سیلاب، درسال ۲۰۰۲ در منطقه خلیج فارس نمایش می دهد. در تصاویر مذکور، رسوبات سبز رنگ بر روی زمینه آبی تیره (آبهای ساحلی) نمایان شده اند.



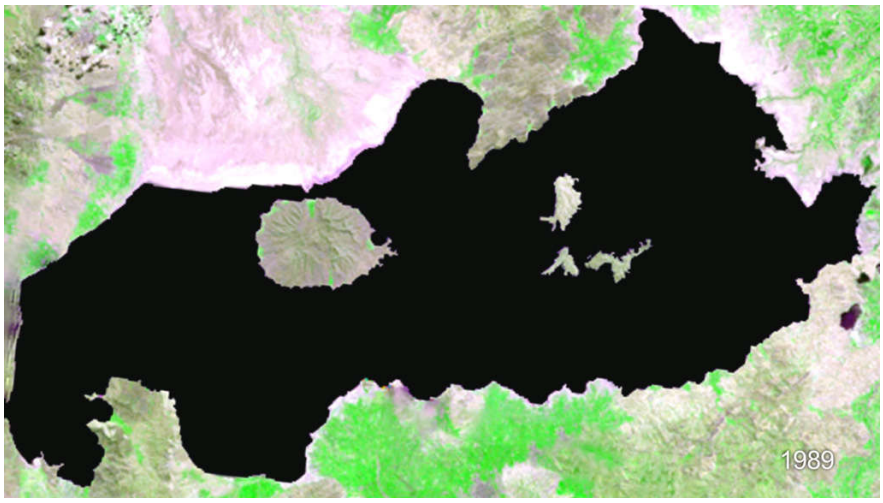
28

Bands: 2-1-1 (Resolution: 250 m)
Uromia Lake, 2001, 9, 2



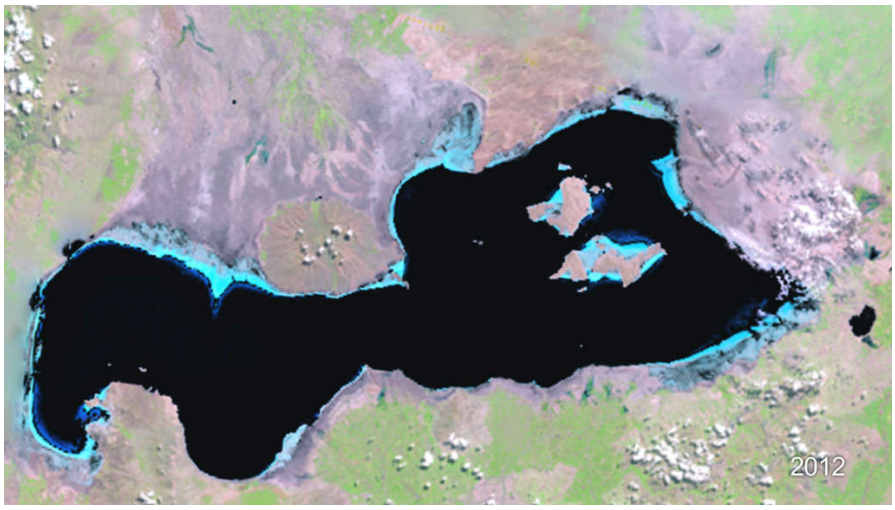
29

Once the sixth largest salt lake in the world, Lake Urmia covered nearly half a million hectares in 1989.



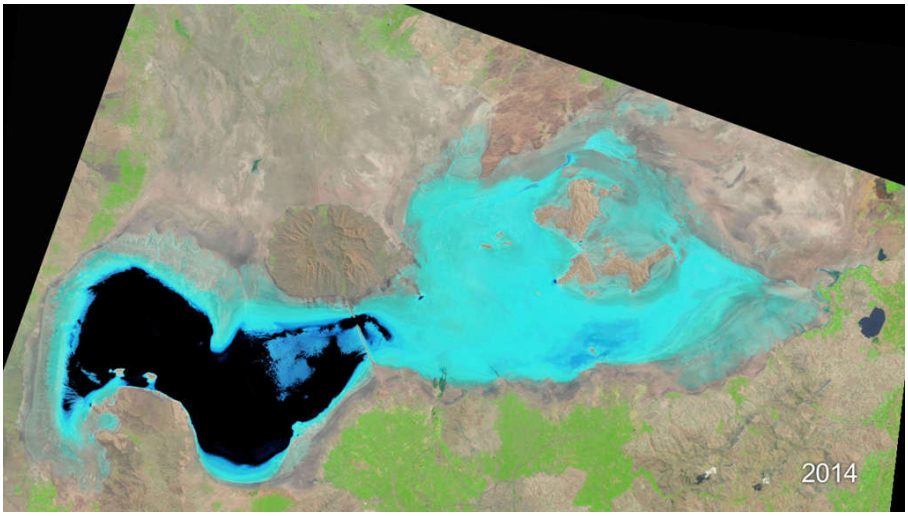
30

By 2012, the lake had lost many of the islands that provided feeding and breeding grounds for migrating birds.



31

The lake covered around 62,000 hectares by 2014—a decrease of nearly 90 percent since the 1970s.

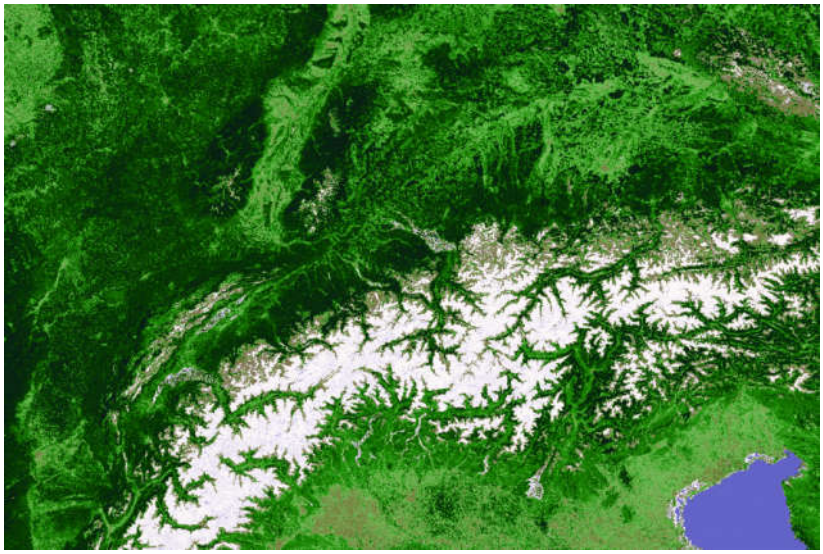


32

پایش آتش‌سوزی در جنگل‌های روسیه (منطقه آمور و یاکوتیا)

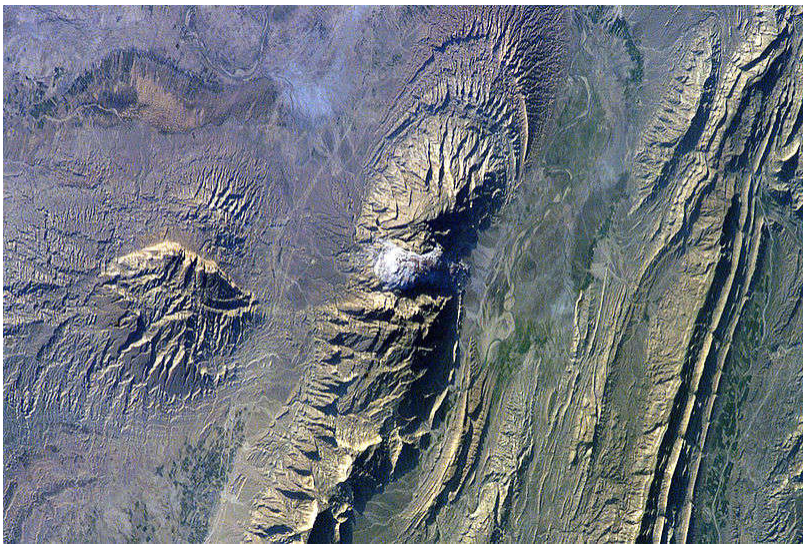
33

مطالعات برف سنجی



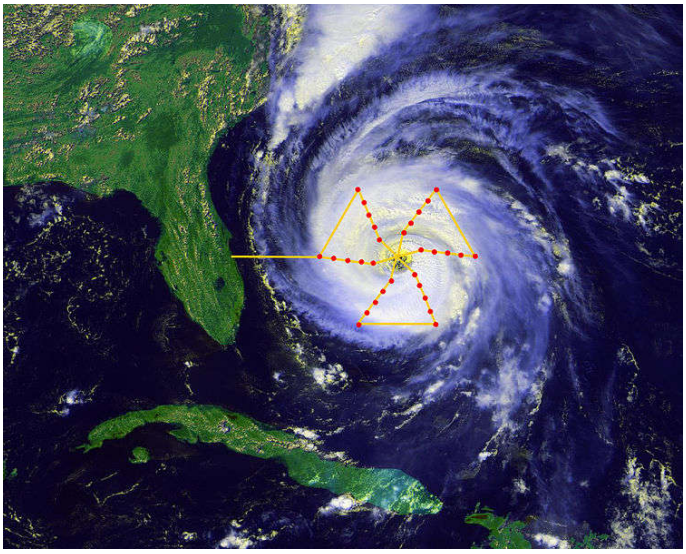
34

تصویر ماهواره‌ای یک گنبد نمکی در زاگرس



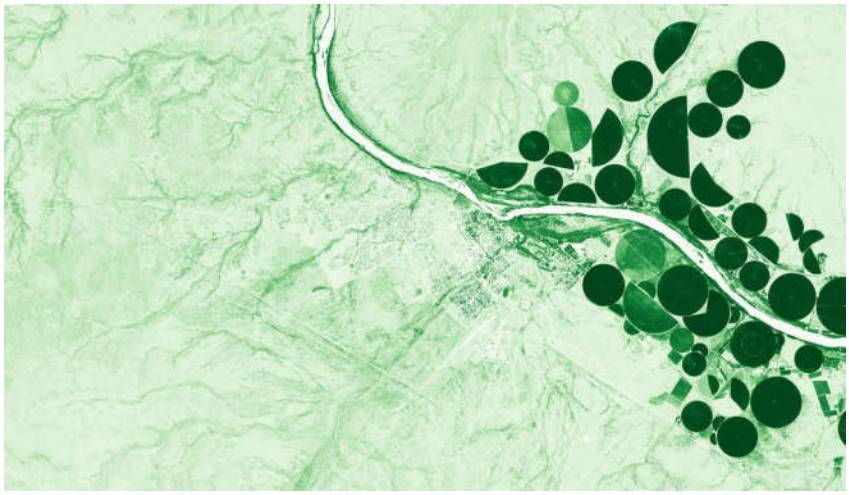
35

تصویر ماهواره‌ای از تشکیل یک توفان



36

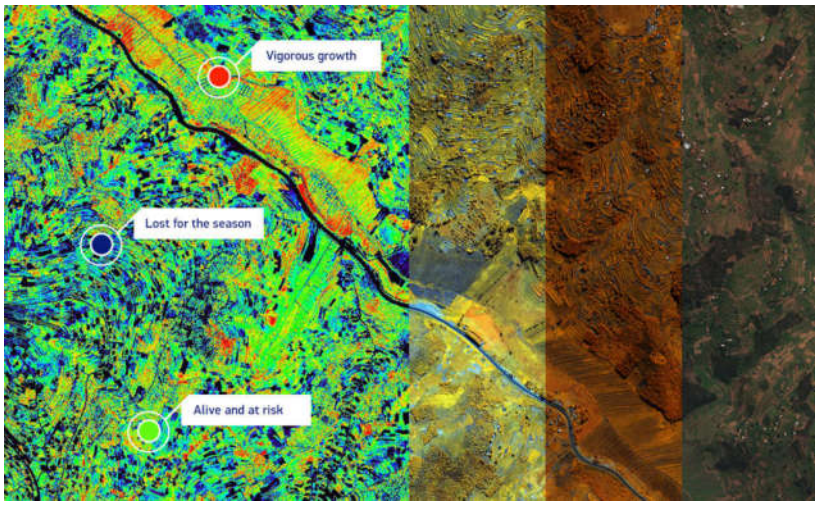
Scheduling irrigation based on weather variables often leads to over-irrigation. Remote sensing tells a farmer how much water a crop is using, which conserves water and cuts costs.



37

Health Monitoring

A farmer finds his corn production ranges from 75 bushels to nearly 200 bushels, often in the same field. Remote sensing identifies localized nutrient deficiencies and enables crop inputs by zone management.



38

دورنمای سنجش از دور

برای مطالعهٔ کره‌ای کـه بـر روی آن زنـدگـی می‌کنیـم، بـه‌کارگـیری تمـامی رشته‌های علمی به درک محیط و عوامل مؤثر بر تغییرات آن کمک می‌کند. بدیهی است لازمهٔ دستیابی به مدیریت و توسعهٔ پایدار، شناخت محیط و عوامل مؤثر بـر آن است. افزایش جمعیت و رشـد فزاینـدهٔ شـهرها، منـاطق مسـکونی و توسـعهٔ صنعتی، اراضی کشاورزی زیادی را به کام خود فرو می‌برد. ایـن مسـئله موجـب بروز مشکلاتی در زمینهٔ تأمین نیازهای آیندهٔ بشـر می‌شـود. بنـابراین لازم اسـت منابع و مناطق جدید شناسایی شده و به عرصهٔ تولیـد اختصـاص یـابد. یکـی از ابزارهای مؤثر در زمینه مطالعات محیط زیست و علوم زمین، استفاده از فنـاوری دورسنجی و بهره‌گیری از داده‌های ماهواره‌ای اسـت. شـناخت بسـیاری از منـابع

39

نظیر خاک، آب، معادن و پوشـش گیـاهی و پـایش پدیده‌هـای زیانبـاری مـانند سیلاب‌ها، بیابان‌زایی، فرسایش آبی و بادی، حرکت تپه‌های ماسه‌ای، شـوری آب و خاک، تخریب جنگل‌ها و مراتع، لازمهٔ دستیابی به توسعهٔ پایدار است. اسـتفاده از فناوری دورسنجی و به‌کارگیری داده‌های مـاهواره‌ای، اغلـب موجـب کـاهش هزینه و افزایش دقت و سرعت می‌گردد و روزبه‌روز بر اهمیت ایـن فنـاوری در راستای توسعهٔ پایدار، افزوده می‌شـود. فنـاوری دورسـنجی، از جملـه ابزارهـای نوینی است که دستیابی و استخراج اطلاعات پایه برای مدیریت منـابع زمیـن را میسر می‌سازد. به کمک ماهواره‌های منابع زمینـی، داده‌هـایی تهیـه می‌شـود کـه به‌دلیل آثار چشمگیر آنها در شناخت بیشتر کرهٔ زمین، شـاهد تـلاش بسـیاری از کشورهای جهان بـرای دسـتیابی هـرچـه بیشـتر بـه ماهواره‌هـای منـابع زمینـی می‌باشیم. در طول ۳۰ سال گذشته، پیشرفت‌های زیـادی در زمینـهٔ بهینـه سـازی

40

قدرت تفکیک مکانی، طیفی و رادیومتری سنجنده‌ها به‌عمل آمده است. با توجه به نسل جدید ماهواره‌ها با قدرت تفکیک بالا و تغییرات اقلیمی و زیست‌محیطی که روی کرهٔ زمین اتفاق می‌افتد، اهمیت این فناوری بیشتر می‌شود. برای مثال ماهوارهٔ ایکونوس[1] با قدرت تفکیک بالا، امکان مشاهدهٔ پدیده‌های کوچک یا اشیایی مانند تک‌درخت‌های صنوبر با برگ‌های رنگی را در پاییز فراهم آورده است. مقایسهٔ تصاویر ماهوارهٔ ایکونوس با قدرت تفکیک مکانی[2] ۸۲ سانتی‌متر و تصاویر MSS ماهوارهٔ لندست با قدرت تفکیک ۷۹ متر را نشان می‌دهد از زمان پرتاب ماهوارهٔ ERTS-1 (۲۳ ژوئیه ۱۹۷۲) تا زمان پرتاب ماهوارهٔ ایکونوس (۲٤ سپتامبر ۱۹۹۹) که حدود ربع قرن است، قدرت تفکیک تصاویر ماهواره‌ای حدود ۱۰۰برابر از لحاظ طولی و ۱۰۰۰۰ برابر (از لحاظ مساحت) افزایش یافته است. این روند پیشرفت موجبات تحول بیشتر در فناوری سنجش از دور را فراهم می‌سازد و ضرورت آموزش و فراگیری و کاربرد آن بیشتر احساس می‌شود.

41

کاربرد داده‌های ماهواره‌های منابع زمینی در توسعهٔ پایدار

برای رسیدن به توسعهٔ پایدار، پنج زیرمجموعهٔ منابع، محیط، جمعیت، اقتصاد و اجتماع نقش دارند. منابع به‌دلیل محدودیت، عامل مهمی به‌شمار می‌روند. محیط بخش مهمی از این سیستم را به خود اختصاص می‌دهد و حفاظت از آن، شرط اصلی توسعهٔ پایدار است. از جمله راه‌های کسب اطلاعات از محیط، به‌کارگیری فناوری سنجش از دور و تلفیق آن با سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی و ژئوماتیک است. ماهواره ها می توانند اطلاعاتی در چند بعد، چند مقیاس و چند طیف تهیه کنند که این ویژگی‌ها به اهمیت و نقش آنها می‌افزاید. امروزه شناسایی و مطالعهٔ اجسام و پدیده‌هایی با وسعت کمتر از یک متر، موجب تحول سنجش از دور شده است.

42

43

جلسه دوم

سنجش از دور

1

کاربرد داده‌های ماهواره‌های منابع زمینی در توسعهٔ پایدار

برای رسیدن به توسعهٔ پایدار، پنج زیرمجموعهٔ منابع، محیط، جمعیت، اقتصاد و اجتماع نقش دارند. منابع به‌دلیل محدودیت، عامل مهمی به‌شمار می‌روند. محیط بخش مهمی از این سیستم را به خود اختصاص می‌دهد و حفاظت از آن، شرط اصلی توسعهٔ پایدار است. از جمله راه‌های کسب اطلاعات از محیط، به‌کارگیری فناوری سنجش از دور و تلفیق آن با سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی و ژئوماتیک است. ماهواره ها می توانند اطلاعاتی در چند بعد، چند مقیاس و چند طیف تهیه کنند که این ویژگی‌ها به اهمیت و نقش آنها می‌افزاید. امروزه شناسایی و مطالعهٔ اجسام و پدیده‌هایی با وسعت کمتر از یک متر، موجب تحول سنجش از دور شده است.

2

با استفاده از فناوری سنجش از دور، می‌توان با هزینه و زمان کمتر، طیف وسیعی از پروژه‌ها را در سطح جهانی، منطقه‌ای، ملی، استانی و محلی به نتیجه رساند. علاوه بر این، قابلیت تکرار اخذ داده‌های ماهواره‌ای به فاصلهٔ زمانی چند ساعت تا چند روز در طول ماه یا سال، امکان مطالعات تغییرات و پایش پدیده‌های زمینی را بخوبی فراهم ساخته است. قابلیت داده‌های ماهواره‌ای، سبب شده تا دانشمندان و محققان این رشته فعالیت‌های خود را گسترش داده و نتایج مطالعات خود را به تغییرات اقلیمی و نوسانات جهانی آن و اندازه‌گیری عوامل زیست‌محیطی بسط دهند. مطالعات پایش‌های بیابان‌زایی، تخریب سیلاب، خشکسالی، تغییرات آب دریاها و دریاچه‌ها، آلودگی‌های آب و خاک و هوا، تغییرات شهرها و مناطق مسکونی، به‌عنوان ابزارهای مدیریت دقیق مطرح است که با اطلاعات ماهواره‌ای، انجام بسیاری از این مطالعات مقدور می‌شود.

3

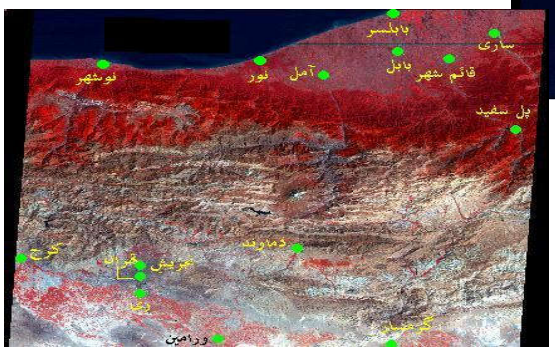
سنجش از دور

تعریف: علم یا هنر کسب، مشاهده و دریافت اطلاعات از راه دور بدون تماس مستقیم

4

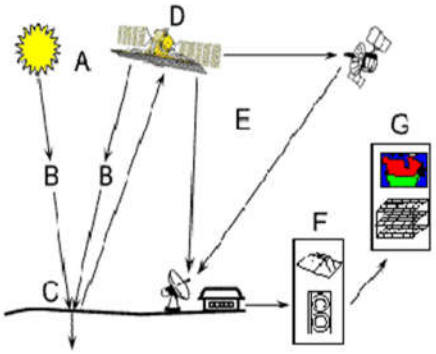
اطلاعات از طریق ۱ امواج
الکترو مغناطیس از روی ۲ سطح
عارضه به ۳ سنسور یا حساسه
منتقل می شود.
محصول نهائی **IMAGE**

5



6

•فرآیند هفت مرحله ای سنجش از دور



منبع انرژی روشنایی (A)

تابش و اتمسفر (B)

برخورد با شئ (C)

ذخیره انرژی بوسیله سنجنده (D)

انتقال، پذیرش و پردازش اولیه تصویر(E)

تفسیر و تحلیل تصویر (F)

استفاده در کاربری موردنظر (G)

7

"امواج الکترومغناطیس و رفتار طیفی اجسام و پدیده‌ها"

۱- مقدمه

پدیده‌ها و اشیای سطح زمین، بسیار متنوع و متغیرند. علاوه بر تنوع و تغییرات طبیعی بسیاری از پدیده‌های زمینی و تأثیر آنها بر یکدیگر سبب تنوع بیشتر در ویژگی‌های آنها می‌شود. این تفاوت‌ها می‌تواند بر میزان بازتاب‌های طیفی[1] اثر گذاشته و دنیای بازتاب‌ها را بسیار پیچیده و متغیر سازد. بنابراین نباید انتظار داشت پدیده‌هایی که بایک نام می‌شناسیم، بازتاب‌های طیفی یکسانی داشته باشند. در واقع، اگر پدیده‌های ظاهراً یکسان دارای بازتاب مشابهی بودند، علم و هنر سنجش از دور نیز بسیار ساده و آسان بود و چه بسا صرفا با کمک سخت‌افزارها و نرم‌افزارهای رایانه‌ای، مطالعات پدیده‌های زمینی بسادگی قابل انجام می‌شد. درحالی‌که علی‌رغم پیشرفت‌های چشمگیر سنجش از دور، می‌توان گفت تحقیقات و کنکاش‌های به‌عمل آمده در زمینهٔ بازتاب‌های طیفی پدیده‌ها و

1 - Spectral reflectance

8

اشیا، هنوز در ابتدای راه است و نیاز به مطالعات گسترده پیرامون اشیا و پدیده‌ها و چگونگی بازتاب‌های طیفی آنها احساس می‌شود. کسانی‌که از علم و فناوری سنجش از دور برای مطالعهٔ اشیا و پدیده‌های جهان واقعی استفاده می‌کنند، علاوه بر شناخت وضعیت بازتاب‌های طیفی و راه و روشهای پردازش آن، لازم است درک عمیقی نسبت به ماهیت فیزیکی پدیدهٔ مورد مطالعه داشته باشند، زیرا با علم و آگاهی از محیط، بهتر می‌توان از فن سنجش از دور استفاده کرد و به موفقیت‌های بیشتری برای مطالعهٔ جهان واقعی نایل شد. در این فصل، علاقه‌مندان تا حدی با چگونگی بازتاب‌های طیفی ناشی از پدیده‌های مختلف و پیچیدگی‌های آنها آشنا می‌شوند تا در فصل‌های بعدی که مربوط به پردازش، طبقه‌بندی و ارزیابی است، بهتر بتوان نتیجه‌گیری کرد.

9

تعریف امواج الکترومغناطیسی

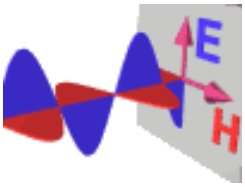
امواج الکترومغناطیسی یک رده از امواج است که دارای مشخصات زیر است:

امواج الکترومغناطیسی دارای ماهیت و سرعت یکسان هستند و فقط از لحاظ فرکانس ، یا طول موج باهم تفاوت دارند

در طیف امواج الکترومغناطیس هیچ شکافی وجود ندارد. یعنی هر فرکانس دلخواه را می‌توانیم تولید کنیم.

برای مقیاسهای بسامد یا طول موج ، هیچ حد بالا یا پائین تعیین شده‌ای وجود ندارد.

از جمله منابع زمینی امواج الکترومغناطیسی می‌توان به امواج دستگاه رله تلفن ، چراغهای روشنایی و نظایر آن اشاره کرد.



این امواج برای انتشار خود نیاز به محیط مادی ندارند.

قسمت عمده این فیزیک امواج دارای منبع فرازمینی هستند.

امواج الکترومغناطیسی جزو امواج عرضی هستند.

10

انرژی و مبانی تابش

امواج رادیویی، گرمایی، ماورای بنفش ، ایکس و نور مرئی، از اشکال مختلف طیف الکترومغناطیس‌اند (شکل ۲-۳). تمام امواج بر مبنای اصول تئوری موج، تابش می‌کنند (شکل ۱-۳). این تئوری، انرژی الکترومغناطیسی[1] را که به‌صورت هارمونیک و سینوسی و با سرعت نور (متر بر ثانیه ۳×۱۰^{۸}) حرکت می‌کند، توصیف می‌نماید. فاصلهٔ بین دو قله (λ) و تعداد قله‌هایی که از یک نقطهٔ ثابت در واحد زمان، در فضا عبور می کنند (υ) ، از معادلهٔ کلی زیر پیروی می کنند:

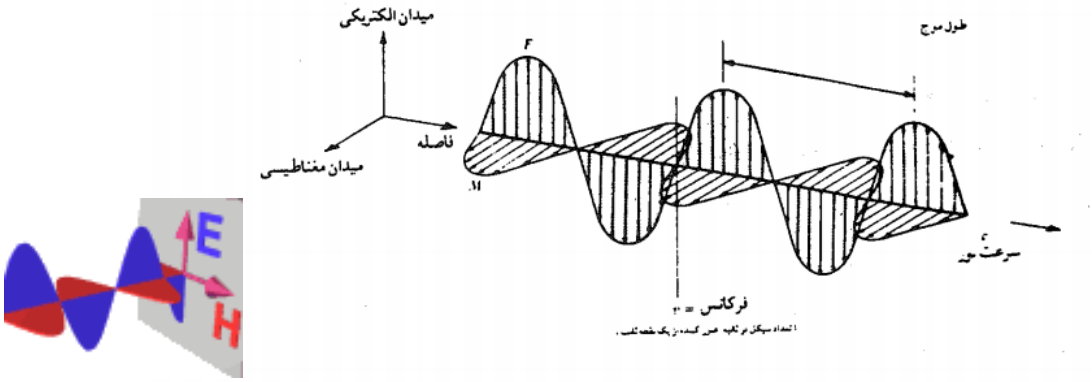
$$C = \upsilon.\lambda$$

λ: طول موج C: سرعت نور

υ: فرکانس

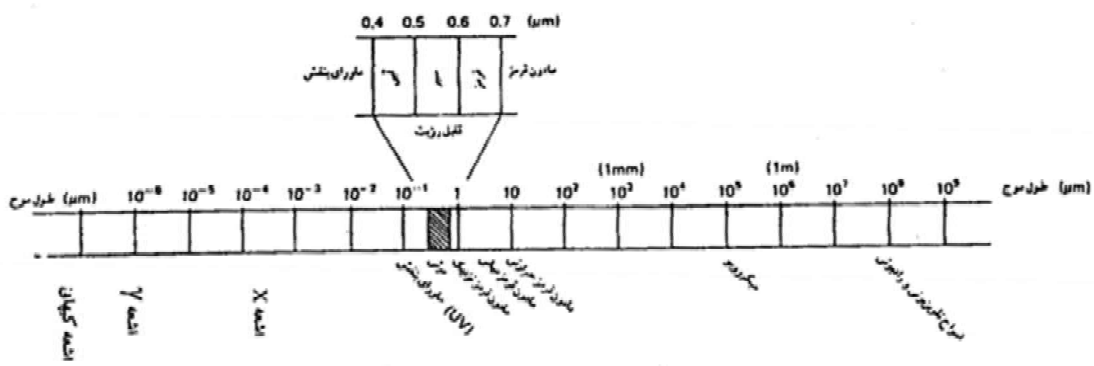
1 - Electromagnetic energy

در سنجش از دور، معمولاً طبقه‌بندی امواج بر اساس طول موج آنها صورت می‌گیرد. طول موج با واحدهای متفاوت بیان می‌شود. واحدهای معمول عبارتند از: آنگستروم ($A^0=۱۰^{-۱۰}$ m)، نانومتر($nm=۱۰^{-۹}m$)، میکرومتر ($\mu m=10^{-6}$ m) و سانتی‌متر ($cm=۱۰^{-۲}m$). امروزه استفاده از واحد میکرومتر (μm) ، برای اندازه گیری طول موج بسیار متداول است.



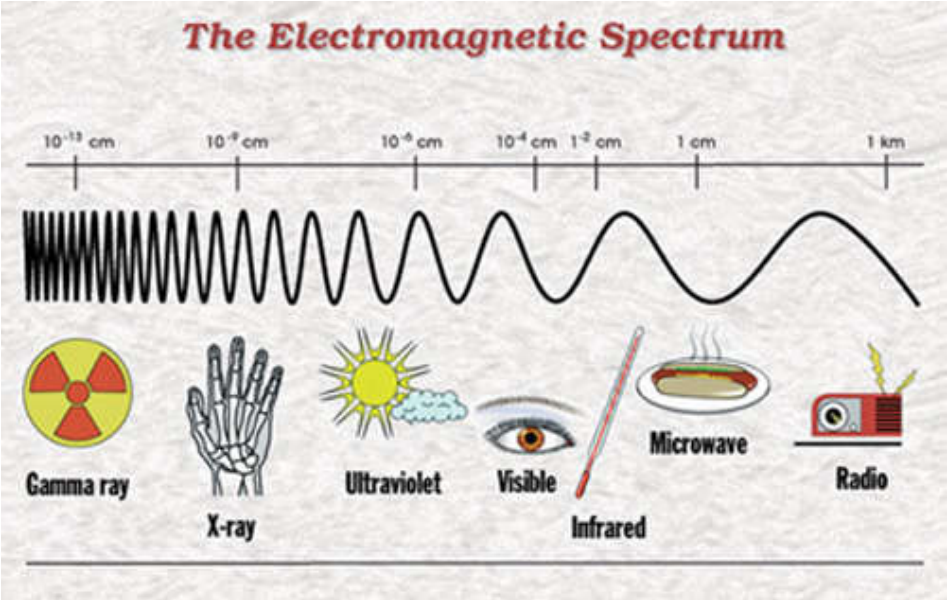
شکل ۱-۳: موج الکترومغناطیسی، مؤلفه‌های امواج الکترومغناطیسی سینوسی (E) و یک موج مشابه (M) با زوایای قائم‌اند.(Lillesand و Kiefer، ۱۹۹٤)

13

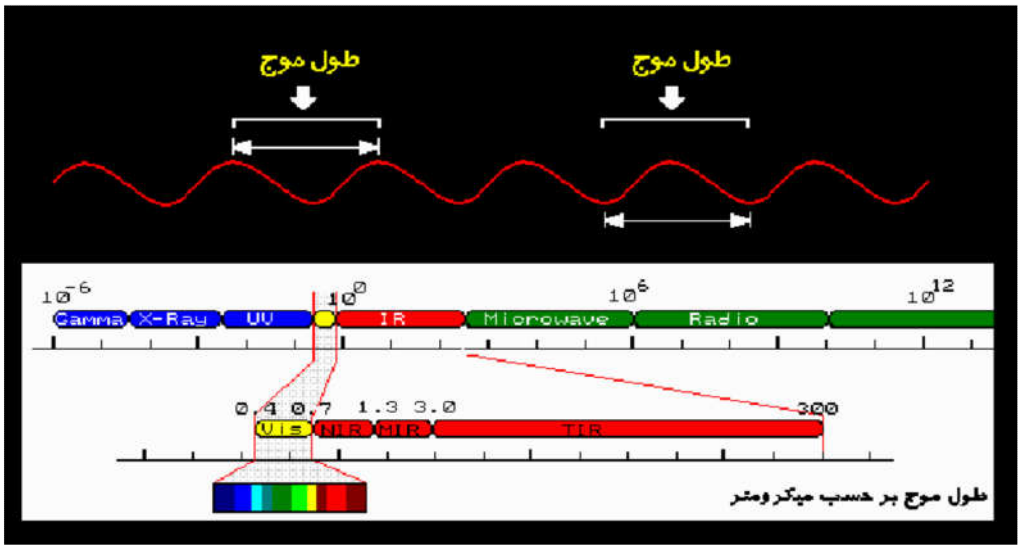


شکل ۲-۳: طیف الکترومغناطیس(Lillesand و Kiefer، ۱۹۹٤)

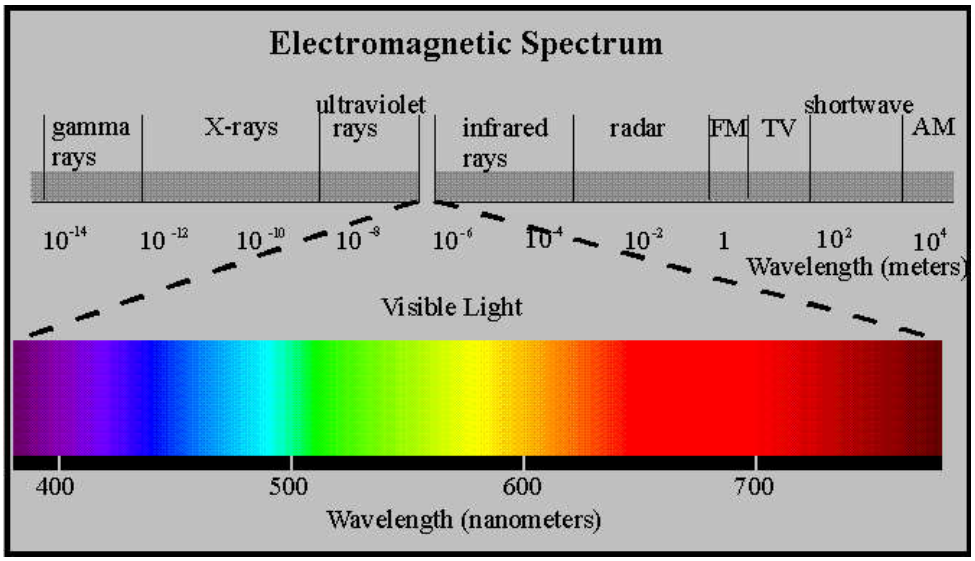
14


The Electromagnetic Spectrum
10⁻¹³ cm
10⁻⁹ cm
10⁻⁶ cm
10⁻⁴ cm
1⁻² cm
1 cm
1 km
Gamma ray
X-ray
Ultraviolet
Visible
Infrared
Microwave
Radio

15


طول موج
طول موج
10⁻⁶
10⁰
10⁶
10¹²
Gamma
X-Ray
UV
IR
Microwave
Radio
0.4 0.7 1.3 3.0
300
VIS
NIR
MIR
TIR
طول موج بر حسب میکرومتر

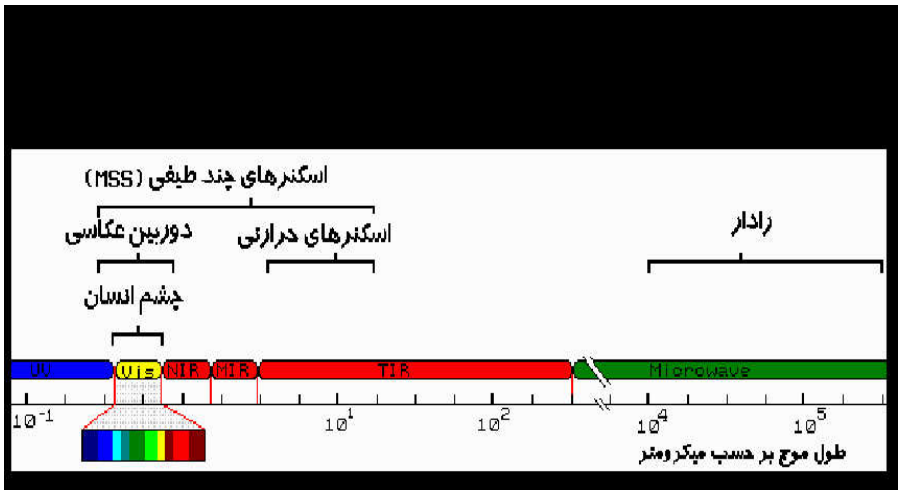
16



17

اساس رده‌بندی انرژی الکترومغناطیسی در نگاه نخست، توجه به منبع تولید این انـرژی اسـت. بـر همین اساس، انرژی الکترومغناطیسی به دو دستهٔ طبیعی و مصنوعی تقسیم می‌شود. منبع اصلی تولید انرژی الکترومغناطیسی طبیعی، تابش خورشید است که خود بر اساس طول موج به بخش‌های گوناگون دسته‌بندی می‌شود. اما در حالی که در تولید انـرژی الکترومغنـاطیس مـصنوعی، ابزارهـا و دسـتگاه‌هـای الکتریکـی و رایانه‌ای سهم عمده‌ای دارند. با توجه به این، بدیهی اسـت کـه گـستره و شـدت انـرژی الکترومغناطیـسی «طبیعی» بسیار فراتر از گونهٔ «مصنوعی» آن باشد و همچنین لازم به ذکـر اسـت کـه گونـهٔ طبیعـی انـرژی الکترومغناطیسی، افزون بر کاربرد فراوان در پژوهش‌های سنجش از دور، در سایر رشته‌های علمی و حتـی در زندگی انسان نقش بسزایی دارد.

18



19

تصویر اسکنر حرارتی در فرودگاه اینچئون در غرب سئول پایتخت کره جنوبی در روز ۲۸ آوریل ۲۰۰۹ برای تشخیص مسافرانی که احتمال ابتلا به آنفلوآنزای خوکی را داشته باشند نصب شده است.

20

به تقریب، همهٔ انرژی الکترومغناطیس طبیعی که به زمین وارد می‌شود از راه خورشید تولید شده و تنها میزان کمی توسط گرمای درونی و کنش و واکنش‌های رادیواکتیو درون زمین تولید می‌شوند و همچنین سهم ناچیزی از آن به وسیله دیگر ستارگان تولید می‌گردد. این انرژی الکترومغناطیس، تمامی انرژی‌های لازم برای اشکال مختلف زندگی در خشکی، اتمسفر و آب سطحی پوستهٔ زمین را فراهم می‌کند. البته، امروزه انواع مختلفی از انرژی الکترومغناطیس نیز به‌طور مصنوعی در روی زمین تولید می‌شود که چندین منبع مهم آن در جدول (۲-۱) ذکر شده است.

21

جدول ۲-۱- برخی منابع عمومی انرژی الکترومغناطیس مصنوعی

منبع	نوع انرژی اولیه
اسکنر (PET) [1]	گاما
پرتو X	منبع پرتو X
اسکنر پرتو X (توموگرافی)	CAT [2]
ماوراء بنفش	لامپ خورشیدی
ماوراء بفنش	لامپ سیاه
مرئی [3]	دوربین (فلش الکترونیک)
مادون قرمز	لامپ گرمایی
مایکرو موج [4]	اجاق مایکروموج
مایکرو موج	رادار هواشناسی
مایکروموج	بخش UHF تلویزیونی
رادیو	بخش VHF تلویزیونی
رادیو	پخش رادیویی FM و AM

22

تابش‌های الکترومغناطیس را که به مواد و پدیده‌ها می‌رسند، تابش ورودی (وارده[1]) گویند. مهمترین منبع انرژی رسیده به سطح زمین، تابش خورشیدی ورودی[2] یا insolation است. دومین منبع این انرژی، ماه در حالت بدر (گردهٔ کامل ماه) است که انرژی تابش رسیده از آن به سطح زمین، یک میلیونیم خورشید است. حال برای این انرژی که به مواد برخورد می‌کند سه حالت بازتاب، گذر و جذب اتفاق می‌افتد که میزان جذب، بازتاب یا گذر بستگی به موارد زیر دارد:

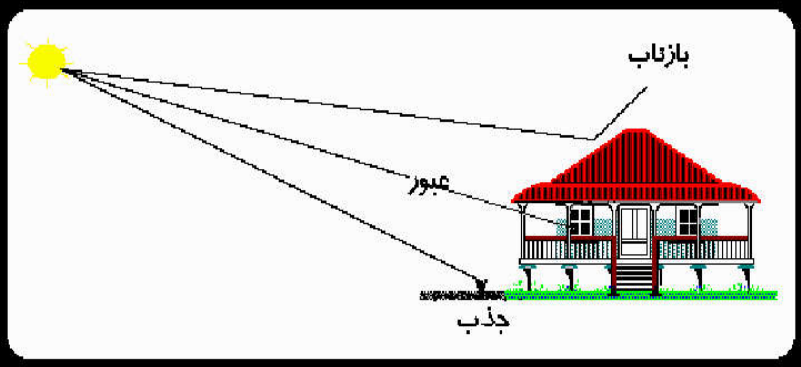
۱ ـ ویژگی‌های فیزیکی و ترکیب مواد (محیط)؛

۲ ـ طول موج یا فرکانس تابش رسیده؛

۳ ـ زاویه‌ای که از تابش رسیده به سطحی که برخورد می‌کند، ایجاد می‌شود.

23

$$E_I = E_r + E_t + E_a$$



24

انرژی الکترومغناطیسی در برخورد با پدیده‌های زمین، دچار سه حالت انعکاس، جذب یا عبور به شرح زیر می‌شوند:

$E_I=E_R(\lambda)+E_A(\lambda)+E_T(\lambda)$

در اینجا $E_I(\lambda)$[1] انرژی تابشی، $E_R(\lambda)$[2] انرژی انعکاسی، $E_A(\lambda)$[3] انرژی جذب شده و $E_T(\lambda)$[4] انرژی جذب نشده یا عبوریافته است. نسبت انرژی منعکس‌شده(E_R) ، جذب شده (E_A) و عبور یافته (E_T) برای پدیده‌های مختلف زمینی در یک طول موج معین، ممکن است متفاوت باشد. این تفاوت در سرنوشت انرژی در سه حالت فوق می‌تواند منجر به شناسایی برخی پدیده‌های زمینی شود، زیرا نسبت انرژی در سه حالت منعکس‌شده، جذب‌شده و عبور یافته برای یک پدیدهٔ معین در طول‌موج‌های گوناگون متفاوت است. بنابراین وقتی نتوان پدیده‌ای را در محدودهٔ طیفی خاصی شناسایی کرد، امکان شناسایی آن پدیده در محدودهٔ دیگر وجود دارد. با توجه به اینکه اصولاً می‌توان چندین محدودهٔ طیفی (برای مثال

25

محدوده‌های طیفی مرئی و مادون قرمز) را در مطالعات پدیده‌های زمینی به‌طور همزمان به‌کارگرفت، این ویژگی کمک می‌کند تا بسیاری از پدیده‌های سطح زمین مانند خاک، پوشش گیاهی و آب مورد شناسایی قرار گیرد. مشخصات کمی انعکاس پدیده‌های سطحی زمین با اندازه‌گیری بخش انرژی منعکس‌شده و به‌صورت معادلهٔ زیر قابل بیان است:

$$\rho_x = \frac{E_R(\lambda)}{E_I(\lambda)} \times 100$$

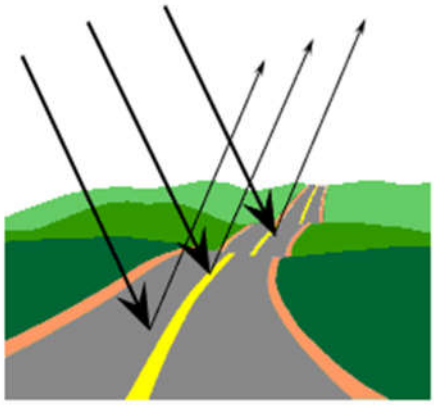
(ρ_x) درصد انعکاس است. پدیده‌های سطحی زمین متنوع بوده و ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آنها نیز بسیار متفاوت است. برخی از این تفاوت‌ها می‌تواند در میزان بازتاب‌های طیفی مؤثر باشد، بنابراین با درصدهای انعکاسی متفاوتی روبه‌رو هستیم. در اینجا به بحث و بررسی پیرامون این تفاوت‌ها پرداخته می‌شود.

26

Reflectors

- When a surface is smooth we get **specular** or mirror-like reflection where all (or almost all) of the energy is directed away from the surface in a single direction
- Diffuse reflection occurs when the surface is rough and the energy is reflected almost uniformly in all directions.

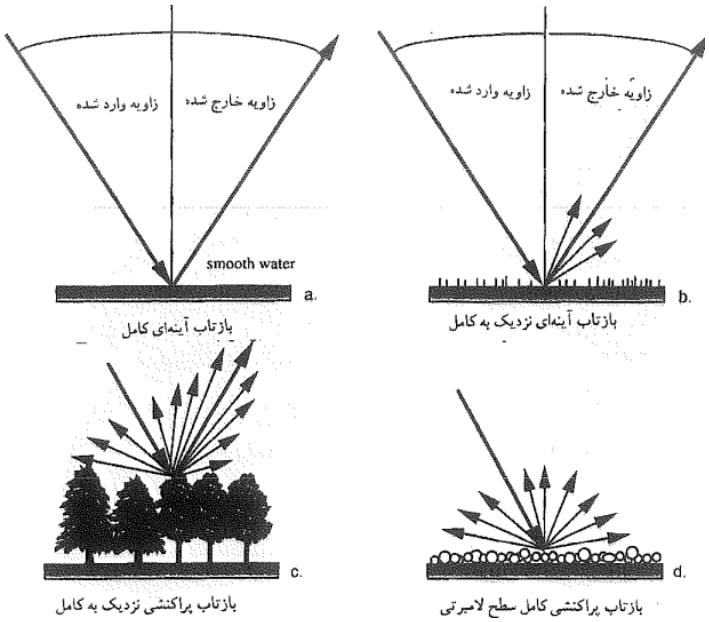
27



Specular Reflectance•

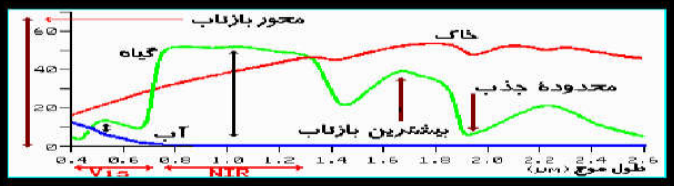
Diffuse Reflectance•

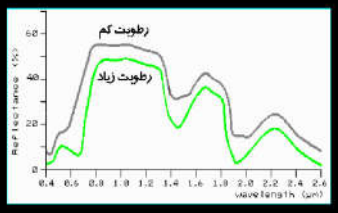
28

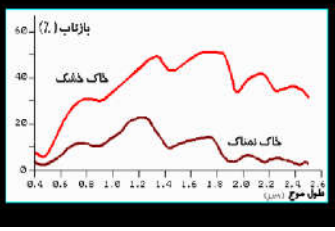


29

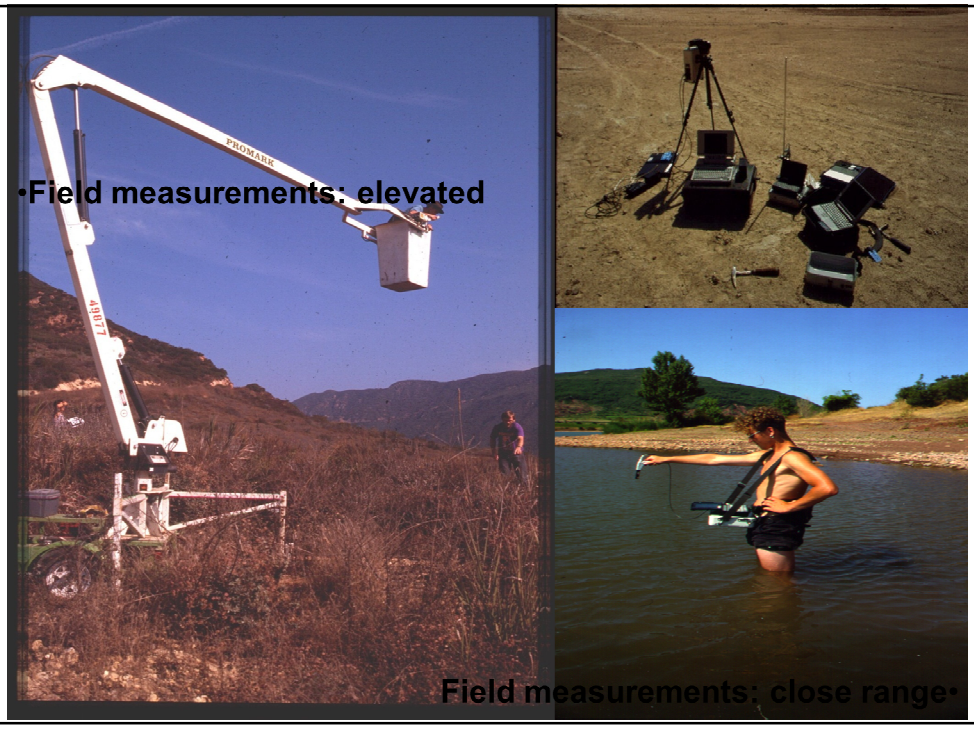
Spectral Reflectance



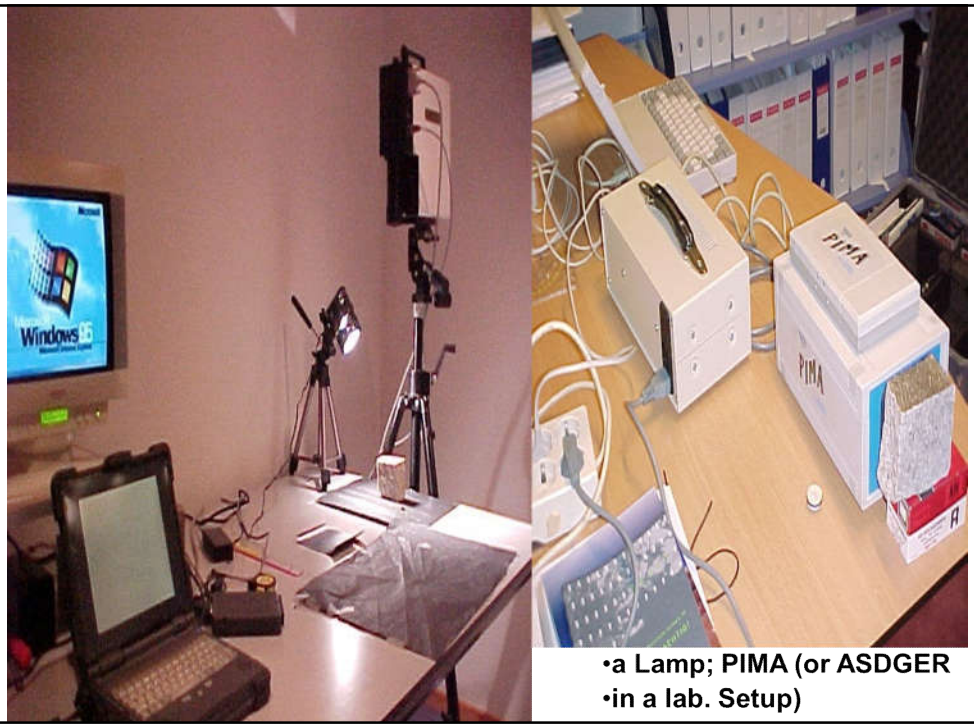




30



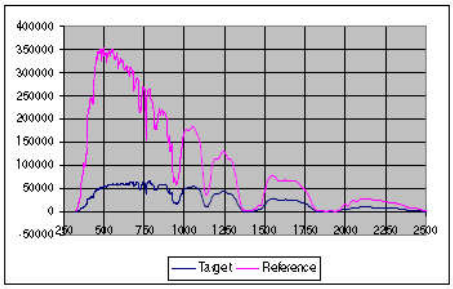
31

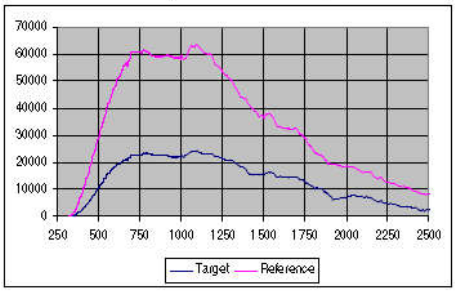


•a Lamp; PIMA (or ASDGER
•in a lab. Setup)

32

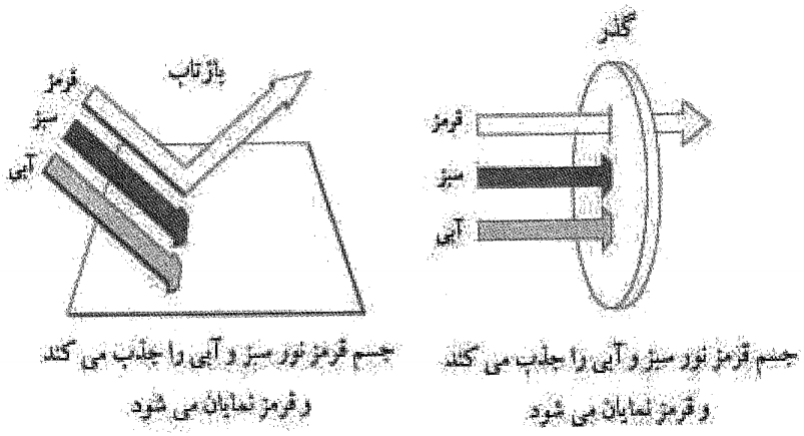
Field and laboratory spectrometry





جدول ۲ـ۳ـ رنگ یک جسم آنگونه که در نور سفید دیده می‌شود.

رنگهای نور جذبی	رنگ آنگونه که در نور سفید دیده می‌شود
سبز و قرمز	آبی
آبی و قرمز	سبز
آبی و سبز	قرمز
آبی	زرد (سبز و قرمز)
سبز	ماژنتا (آبی و قرمز)
قرمز	فیروزه‌ای (آبی و سبز)
آبی، سبز و قرمز	سیاه
هیچکدام	سفید
نسبت‌های مساوی از آبی سبز و قرمز	خاکستری



35

۱– خاک

خاک، پدیده‌ای است که با پیچیدگی‌های زیاد فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی همراه است، به‌همین دلیل انتظار پیچیدگی‌های طیفی خاک نیز منطقی است. تمامی کاربران داده‌های سنجش از دور که با پدیده‌های سطح زمین سر و کار دارند، با پیچیدگی‌های طیفی خاک نیز روبه‌رو می‌شوند. ازاین‌رو می توان گفت شناخت کلی و درک بازتاب‌های طیفی خاک‌های مختلف برای غالب کاربران لازم است و اصولا هیچ کاربری نمی‌تواند ادعا کند که برای مطالعهٔ پدیده‌های زمینی نیازی به شناخت و بازتاب‌های طیفی خاک ندارد. در اینجا به بررسی کلی خاک و پدیده های مربوط به آن می پردازیم.

36

•Soil Reflectance

- Moisture content
- Organic content
- Soil texture
- Soil structure
- Iron oxide content

37

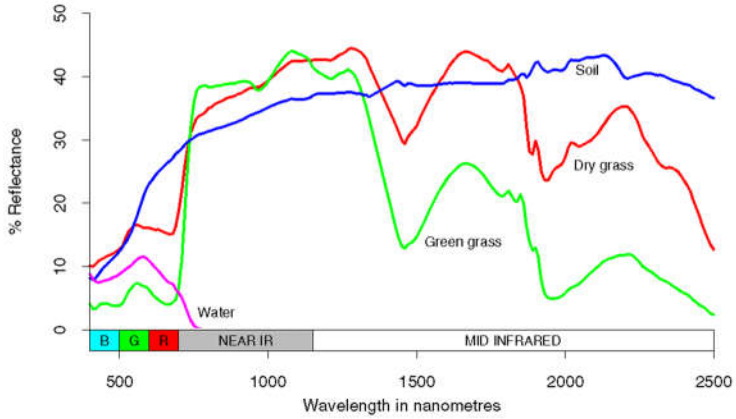
خصوصیات بازتاب‌های طیفی خاک

بازتاب‌های طیفی خاک را می‌توان به سه روش مشاهدات آزمایشگاهی، میدانی و هوایی یا فضایی اندازه‌گیری کرد. اندازه‌گیری بازتاب‌های طیفی خاک در آزمایشگاه تحت شرایط کنترل‌شده انجام می شود. در روش اندازه‌گیری میدانی، مشکلاتی از قبیل تفاوت در زاویهٔ دید[1]، تغییرات روشنایی و صافی و زبری سطح خاک مطرح است. داده‌های بازتاب‌های طیفی به‌دست آمده از مشاهدات هوایی یا فضایی نیز مشکلات خاصی از قبیل تأثیرات جوّی دارد . اندازه‌گیری‌های مربوط به بازتاب‌های طیفی به‌دست آمده در آزمایشگاه، به درک خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک کمک زیادی می‌کند، از این‌رو در مطالعات خاک بیشتر استفاده می‌شود. مطالعات اخیر نشان می‌دهد بازتاب‌های طیفی خاک در طیف‌های مرئی (VIS) و مادون قرمز نزدیک (NIR) ، از ۰/٤ تا ۱/۱ میکرون و

38

مادون قرمز میانی SWIR از ۱/۱ تا ۲/۵ میکرون و همچنین مادون قرمز حرارتی ۳ تا ۵ میکرون و ۸ تا ۱۲ میکرون اطلاعات زیادی در مورد خاک ارائه می‌دهد.[۱]

•مقایسه منحنی بازتاب طیفی گیاهان سبز، آب، گیاهان خشک و خاک در محدوده امواج الکترومغناطیسی



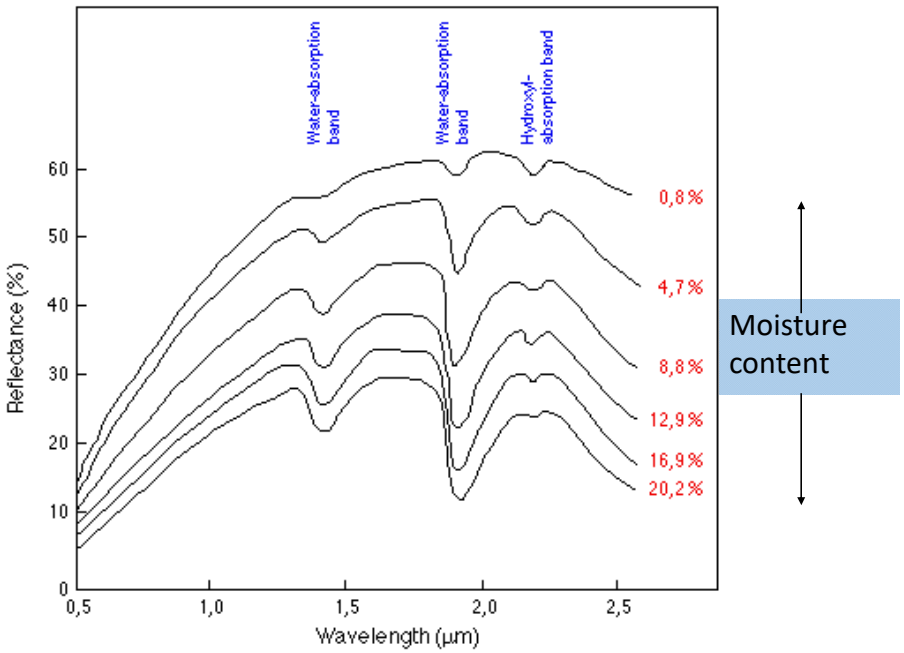
خاک ترکیبی

است از مواد معدنی و آلی پیچیده که خصوصیات متعدد فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی در وضعیت خاک سطحی مؤثر است. از میان ده‌ها عوامل فیزیکی و شیمیایی خاک که ممکن است بر بازتاب‌های طیفی مؤثر باشند، تاکنون تعداد محدودی از این عوامل مورد مطالعه قرار گرفته‌اند و می‌توان گفت راه بسیاری تا روشن شدن اثر وضعیت خاک سطحی بر بازتاب در پیش است. در اینجا سعی می‌شود برخی از عوامل مهم تأثیرگذار خاک بر بازتاب‌های طیفی مورد بررسی قرارگیرد.

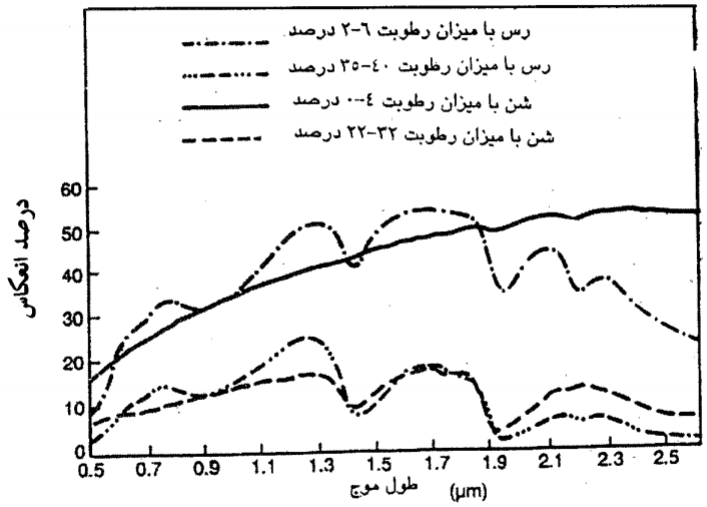
رطوبت، بافت و ساختمان خاک

میزان رطوبت، بافت و ساختمان خاک، بسیار پیچیده و وابسته به یکدیگر است. رطوبت خاک، موجب کاهش بازتاب در بخش مرئی و مادون قرمز می‌شود. در خاک خشک فضای بین ذرات خاک با هوا اشغال می‌شود. با افزایش رطوبت خاک، آب جای هوا را اشغال می‌کند و بازتاب خاک کاهش می‌یابد. بیان رابطهٔ بین بافت، ساختمان و رطوبت خاک، با توجه به مقایسهٔ نوع خاک بهتر قابل انجام است. خاک رسی که مقدار زیادی رطوبت در خود نگه می‌دارد، انعکاس کمتری دارد. زمانی‌که خاک مرطوب باشد، در واقع هر ذره خاک با لایه‌ای از آب احاطه شده است. بنابراین خاک دارای ذرات ریزتر، سطح بیشتری در واحد حجم دارد (زیرا هرچه بافت خاک ریزتر باشد، سطح کل ذرات بیشتر می‌شود)، در نتیجه آب زیادتری در خود نگه‌می‌دارد. از این رو زمانی‌که بازتاب طیفی دو خاک کاملاً خشک و مرطوب را مقایسه کنیم، این اثر آشکار می‌شود.

41



شکل ٤-٣ منحنی بازتاب طیفی خاک مرطوب و خاک خشک سیلتی لوم و خاک مرطوب و خاک خشک رسی را نشان می دهد.



شکل ٤-٣: منحنی بازتاب طیفی انواع خاک لخت[1] با رطوبت های گوناگون (Hoffer و Johannen، ١٩٦٩)

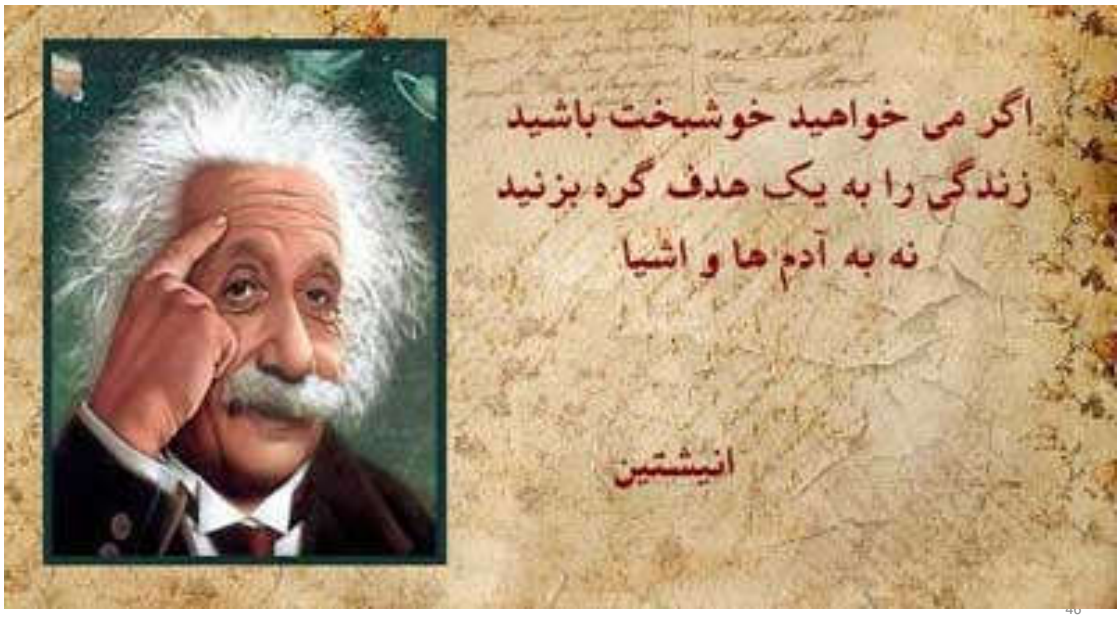
43

بررسی این منحنی‌ها نشان می‌دهد شرایط بافت و ساختمان خاک سطحی اثر زیادی روی بازتاب دارد. ذرات بزرگ شن شرایط خشک‌تری را نسبت به خاک رسی ایجاد می‌کند، بنابراین شنی که در هوای آزاد خشک شده، نسبت به رسی که در هوای آزاد خشک شده، آب کمتری دارد. در این مثال میزان رطوبت صفر الی چهار درصد برای شن با میزان دو الی شش درصد رطوبت برای رس مقایسه شده است. ساختمان خاک نیز نقش مهمی در بازتاب طیفی دارد. دانه‌بندی ریز، حجم خاک را بیشتر پر می‌کند و منجر به سطح صاف خاک می‌شود، در حالی‌که دانه‌بندی درشت با اشکال نامنظم، سطح غیرصاف ایجاد می کند. فضاهای خالی بین دانه‌بندی‌ها، حالت نامنظم به سطح خاک می‌دهد. بنابراین خاک‌های بدون ساختمان، نسبت به خاک‌های دارای ساختمان، بازتاب بیشتری دارند.

44

برخی تحقیقات نشان می‌دهد علی‌رغم عدم وجود رطوبت، خاک درشت‌بافت ممکن است تیره‌تر از خاک ریزبافت ظاهر شود. بنابراین در تفسیر بازتاب‌های طیفی، همواره باید به این مهم توجه داشت که عوامل مؤثر بر بازتاب‌های طیفی پیچیده و متعددند و عوامل دیگری مانند همواری سطح زمین، وجود مواد آلی خاک و اکسید آهن نیز در کاهش بازتاب طیفی در بخش مرئی مؤثرند.

45



46

جلسه سوم

سنجش از دور

1

بررسی این منحنی‌ها نشان می‌دهد شرایط بافت و ساختمان خاک سطحی اثر زیادی روی بازتاب دارد. ذرات بزرگ شن شرایط خشک‌تری را نسبت به خاک رسی ایجاد می‌کند، بنابراین شنی که در هوای آزاد خشک شده، نسبت به رسی که در هوای آزاد خشک شده، آب کمتری دارد. در این مثال میزان رطوبت صفر الی چهار درصد برای شن با میزان دو الی شش درصد رطوبت برای رس مقایسه شده است. ساختمان خاک نیز نقش مهمی در بازتاب طیفی دارد. دانه‌بندی ریز، حجم خاک را بیشتر پر می‌کند و منجر به سطح صاف خاک می‌شود، در حالی‌که دانه‌بندی درشت با اشکال نامنظم، سطح غیرصاف ایجاد می کند. فضاهای خالی بین دانه‌بندی‌ها، حالت نامنظم به سطح خاک می‌دهد. بنابراین خاک‌های بدون ساختمان، نسبت به خاک‌های دارای ساختمان، بازتاب بیشتری دارند.

2

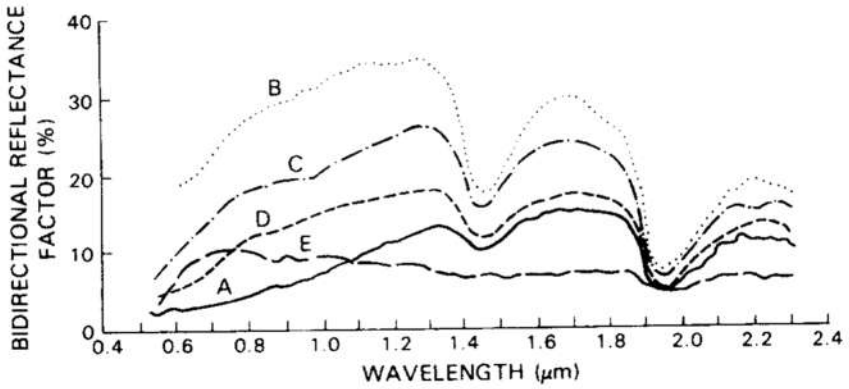
برخی تحقیقات نشان می‌دهد علی‌رغم عدم وجود رطوبت، خاک درشت‌بافت ممکن است تیره‌تر از خاک ریزبافت ظاهر شود. بنابراین در تفسیر بازتاب‌های طیفی، همواره باید به این مهم توجه داشت که عوامل مؤثر بر بازتاب‌های طیفی پیچیده و متعددند و عوامل دیگری مانند همواری سطح زمین، وجود مواد آلی خاک و اکسید آهن نیز در کاهش بازتاب طیفی در بخش مرئی مؤثرند.

3

کانی‌های خاک

خاک‌های مناطق خشک و بیابانی، از مادهٔ آلی و رطوبت پایینی برخوردارند. اگرچه مادهٔ آلی در خاک‌های مناطق خشک کمتر است، ولی در عوض کانی‌هایی مانند کوارتز[۲]، کلسیت[۳]، دولومیت[۴] و اکسیدهای آهن اثر قابل توجهی روی بازتاب‌های خاک دارند. بازتاب‌های سطح خاک را می‌توان یک خاصیت تجمعی ناشی از رفتار طیفی ترکیب غیر یکنواخت خاک (مواد آلی، معدنی و رطوبت) دانست. مطالعات متعدد، سهم برخی پارامترهای خاک مانند اکسید آهن و بعضی کاتیون‌ها در شرایط طبیعی خاک را در بازتاب سطحی نشان می‌دهد. شکل۵-۳ منحنی بازتاب طیفی پنج نوع خاک، حاصل ٤٨٥ آزمایش بازتاب طیفی خاک‌های سطحی در برزیل را نشان می‌دهد. علت تغییرات در بازتاب‌های این خاک‌ها نیز تشریح شده است. برای مثال، پنجمین منحنی (e) مربوط به نمونه‌هایی است که اکسید آهن آنها غالب می‌باشد و در ناحیهٔ زیر ۰/۷۵ میکرومتر، با افزایش طول موج، بازتاب‌های سطحی کاهش می‌یابد.

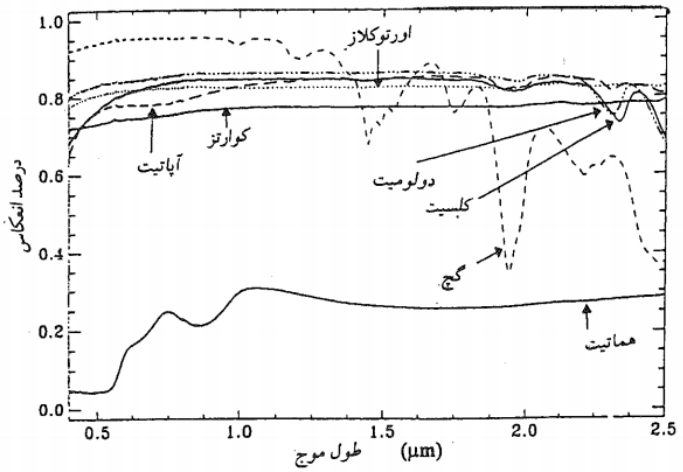
4



شکل ۵-۳: بازتاب‌های طیفی پنج نوع خاک معدنی: a) مادهٔ آلی غالب و بافت متوسط تا ریز، b) مادهٔ آلی کم و اکسید آهن متوسط، c) دارای اکسیدهای آهن با مادهٔ آلی کم و بافت متوسط تا درشت و d) اکسید آهن و بافت ریز e) اکسید آهن غالب (بسیار زیاد) و بافت ریز (Stoner و Baumgardner، ۱۹۸۱).

5

بازتاب‌های طیفی کانی‌های غیر رسی



شکل ۷-۳: بازتاب طیفی کانی‌های غیررسی خاک

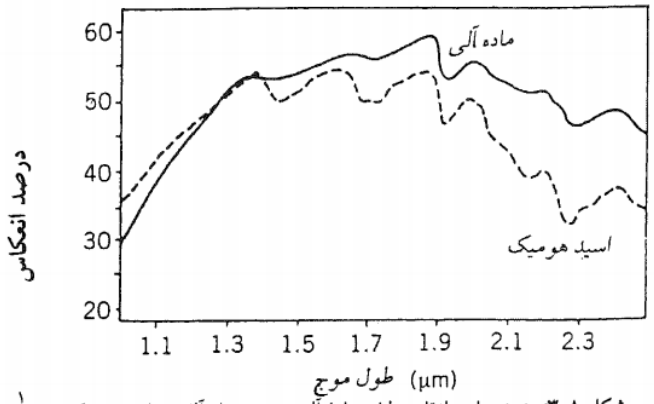
6

ماده آلی

مادهٔ آلی، نقش مهمی در فرایندهای شیمیایی و فیزیکی خاک و در نتیجه اثر زیادی روی ویژگی‌های طیفی خاک دارد. مادهٔ آلی خاک مخلوطی از بافت‌های تجزیه‌شدهٔ گیاهی، جانوری و مواد مترشحه است. عمل تجزیهٔ مادهٔ آلی درخاک، توسط فعالیت موجودات ذره بینی انجام می‌شود که در مراحل ابتدایی، تغییرات اندکی روی شیمی مواد آلی اتفاق می‌افتد. در مراحل نهایی، فعالیت موجود ذره‌بینی ترکیبات کمپلکس ایجاد می‌کند که هوموس نامیده می‌شود. هوموس، نقش مهمی در دانه‌بندی، حاصلخیزی، نگهداری آب، تبدیل آنیونی و رنگ خاک دارد. مادهٔ آلی اثر قابل توجهی روی ناحیهٔ طیفی VNIR [1] و SWIR [2] دارد. تحقیقات نشان می‌دهد وقتی مادهٔ آلی خاک کمتر از ۲ درصد باشد، اثر آن بر روی بازتاب طیفی بسیار کم است (Baumgardner و همکاران،۱۹۸۵). هنگامی‌که میزان مادهٔ آلی به حدود ۹ درصد برسد، معمولاً اثر پارامترهای دیگر خاک روی بازتاب محو و ناپدید می‌شود (Montgomery ، ۱۹۷٦) . شکل ۸ -۳ بازتاب طیفی

1 - Very near infrared
2 - Shortwave infrared

مادهٔ آلی مستخرج از آلفی سل و ترکیبات هوموس حاصل از مواد آلی را نشان می‌دهد. Baumgardner و همکاران (۱۹۸۵) بازتاب‌های طیفی سه نوع مادهٔ آلی خاک با تجزیهٔ مختلف را مطالعه کردند که نتایج آن در شکل ۹-۳ نشان داده شده است.

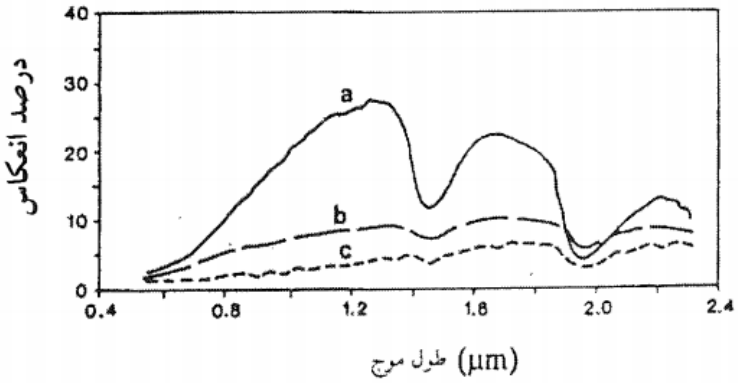


شکل ۸-۳: منحنی‌های بازتاب طیفی مادهٔ آلی مستخرج از آلفی سل و هومیک اسید [1]

fibric materials- مواد الیافی : دارای کمترین تجزیه در بین مواد خاکی آلی می‌باشد، دارای مقادیر زیاد الیاف بوده که بـه خـوبی نگهـداری شده و به آسانی منشاء گیاه‌شناسی آن قابل تشخیص است.

hemic materials- مواد نیمه‌تجزیه‌شده : درجه‌ی تجزیه‌ی مواد آلی در حد متوسط است.

sapric Materials- مواد تجزیه‌شده : دارای بیشترین تجزیه در بین مواد خاکی آلـی مـی‌باشـد، دارای بـالاترین وزن مخصـوص ظـاهری، کمترین مواد الیافی و کمترین میزان آب هنگام اشباع می‌باشد.



شکل ۹-۳: منحنی‌های بازتاب طیفی سه خاک آلی با مراحل مختلف تجزیه: a) فیبریک ، b) هومیک و c) ساپریک

9

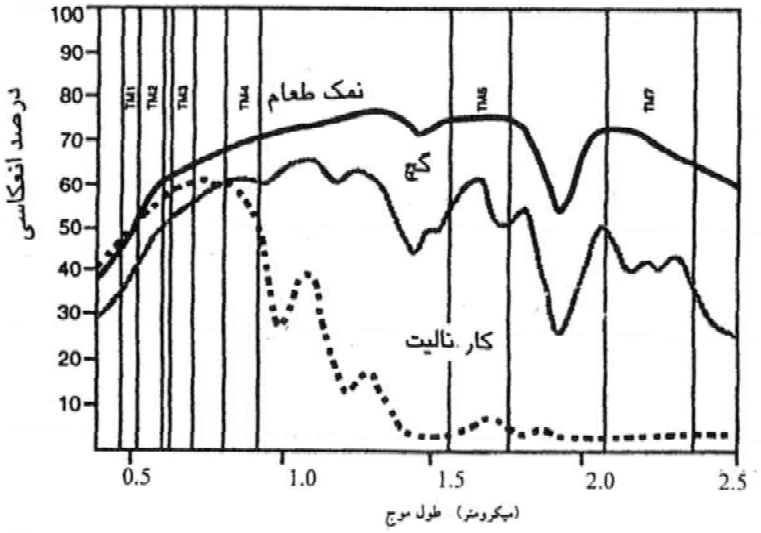
املاح خاک

املاح موجود در خاک، سبب بروز تغییراتی در ساختمان، وضعیت شـیمیایی، کلوئیدی و مرفولوژیکی خاک سطحی می‌گردد. خاک‌هـای شـور، بـه خاک‌هـایی گفته می‌شود که میزان املاح محلول آنها به‌حدی است که رشد و نمو گیاهـان را کاهش می‌دهد. خاک‌های شور و قلیا، هم محتوی املاح محلول‌اند و هـم درصـد سدیم قابل تبادل[1] آنها بالاست.

10

Metternitcht و Zink (۱۹۹٦) عوامل اصلی تأثیرگـذار بـر بازتـاب را، مقـدار و مینرالوژی نمک‌ها، رطوبت خاک، رنگ خاک و ناهمواری زمین می‌دانند. آنها بـه این نتیجه رسیدند که سولفات‌ها، به‌دلیل آب مولکولی تشکیل‌دهندهٔ آنـها، جذبـی قوی در نزدیکی ۱۰/۲μm دارند، بنابراین باند حرارتی می‌توانـد نقـش مـهمی در جداسازی سولفات‌ها داشته باشد. برای تفکیک املاح کلریدها (کلرور سـدیم) از سولفات‌ها، باندهای مادون قرمز میانی مؤثرند. برخی مطالعات دیگر، ناحیهٔ طیفی مرئی ۰/۷۷-۰/۵۵ میکرومتر و مادون قرمز نزدیـک ۱/۳-۰/۹ میکرومـتر را بـرای مطالعات شوری خاک مفید دانسته‌اند. معمـولا خاک‌هـای شـور منـاطق خشـک، به‌ویژه زمانی‌که پوستهٔ نمکی در سطح خاک تشکیل می‌شود (پوستهٔ سـفید رنـگ نمکی)، بازتاب طیفی بالایی را نشان می‌دهند. البته بسـیاری از عوامـل از جملـه ساختمان سطح زمین و صافی و زبری آن می‌توانـد بـر روی بازتـاب طیفـی اثـر بگذارد. سطوح صاف بازتاب بیشتری از سطوح ناصاف و زبـر دارنـد.

11

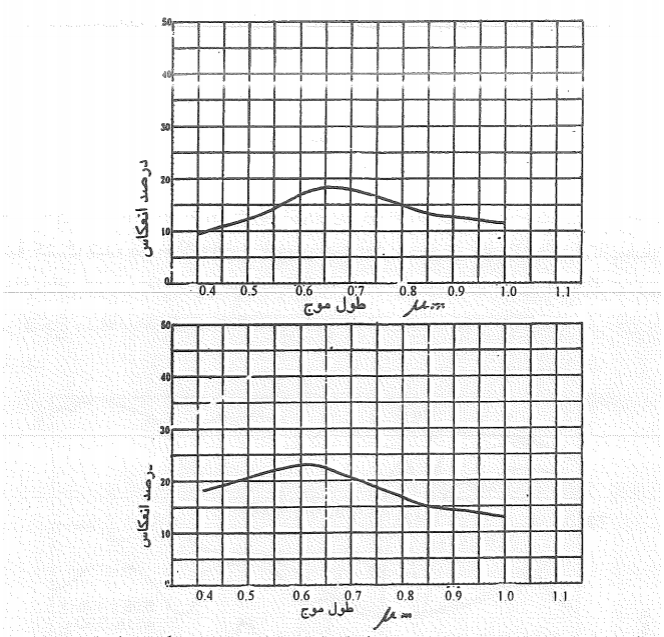


شکل ۱۰-۳: بازتاب‌های طیفی گچ، نمک طعام و کارنالیت در ناحیهٔ (۰/۵ تا ۲/۵ میکرومتر)(Bryant، ۱۹۹۳).

Carnallite

KMgCl3.6H2O

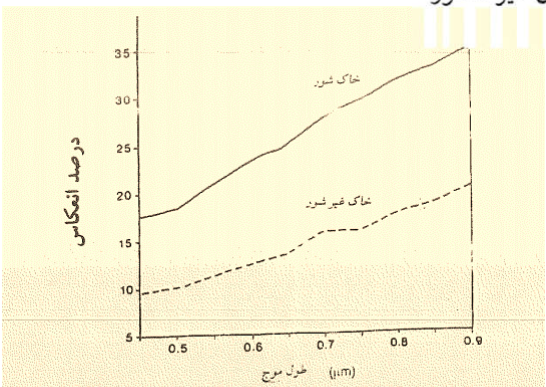
12



شکل ۱۱-۳: بازتاب طیفی دو نوع خاک شور، الف) خاک شور با ۱۲/۱ درصد نمک و ب) خاک شور با ٤٤ درصد نمک (Academics Sinica ،۱۹۸۷)

13

پوشش گیاهی، عامل غیر مستقیمی برای تشخیص املاح خاک توسط اندازه‌گیری بازتاب‌های طیفی است (Wiegand و همکاران، ۱۹۹٤). برای مثال، برگ‌های پنبهٔ کشت‌شده در خاک‌های شور، میزان کلروفیل بیشتری از برگ‌های پنبهٔ کشت شده در خاک‌های با شوری کمتر دارند. در شکل ۱۳-۳، بازتاب‌های خاک‌های شور و غیر شور در ناحیهٔ VNIR نشان داده شده است. همان‌گونه که در شکل مشاهده می‌شود، خاک‌های شور بازتاب بیشتری از خاک‌های غیر شور دارند.



شکل ۱۳-۳: بازتاب‌های طیفی خاک‌های شور و غیر شور (در ناحیهٔ VNIR)

14

البته باید توجه داشت که عکس این عمل هم گزارش شده است؛ یعنی خاک‌های خیلی شور به دلیل خاصیت نگهداری رطوبت و هیگروسکپی[1] املاح، با افزایش میزان آب، بازتاب کمتری نشان می‌دهند.

همان‌گونه‌که قبلاً نیز بیان شد، بازتاب‌های طیفی سطح خاک های شور متأثر از عواملی نظیر میزان و نوع املاح غالب، رطوبت، بافت، ساختمان، صافی و زبری سطح خاک و غیره است. در خاک‌های خیلی شور، علی‌رغم آنکه میزان تجمع املاح در سطح زمین بیشتر است، ولی عوامل دیگری بر میزان بازتاب تأثیر می‌گذارند که عمدتاً به‌شرح زیرند:

الف) نوع نمک: نمک‌های غالب سطح خاک بسیاری از مناطق را کلریدها، سولفات‌ها، مقادیری از کربنات سدیم و کلسیم تشکیل می‌دهند که هر کدام از این املاح می‌توانند تأثیر خاصی بر روی بازتاب طیفی داشته باشند.

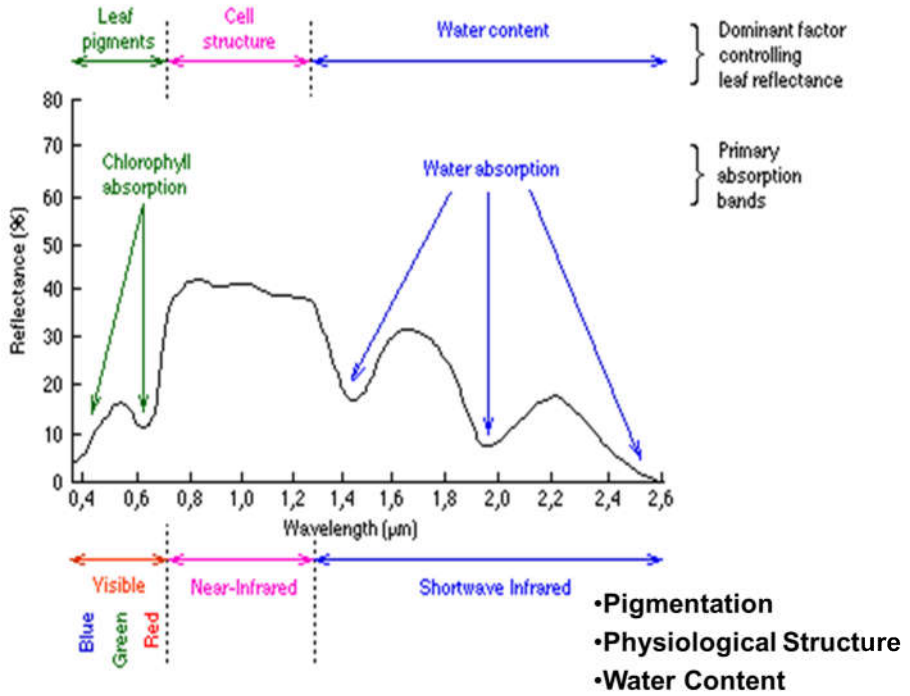
ب) بافت خاک سطح زمین: میزان بالای سیلت و رس روی متغیر نمک تأثیر می‌گذارد.

ج) ساختمان خاک: در اثر دخالت عواملی مانند املاح، بافت و مادهٔ آلی ایجاد می‌شود.

۲– پوشش گیاهی

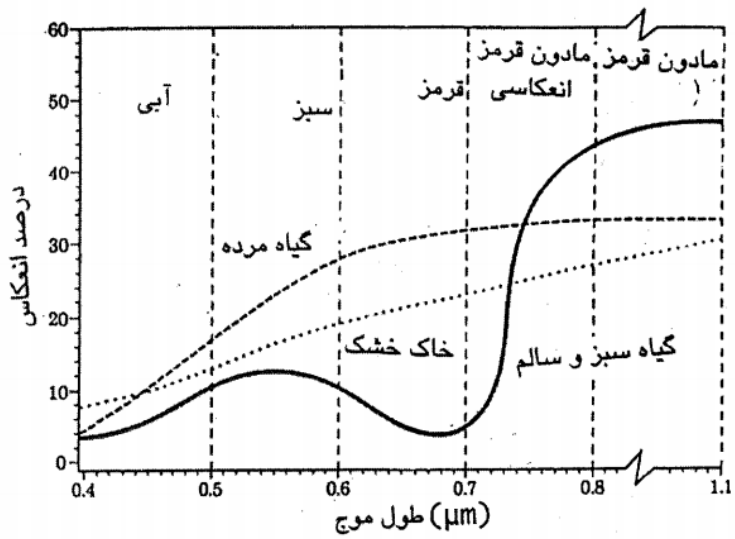
درک صحیح بازتاب‌های طیفی گیاهان و خاک زیر آن، به تفسیر موفقیت‌آمیز وضعیت پوشش گیاهی و خاک کمک می‌کند. علاوه بر این، بازتاب طیفی برگ ممکن است متأثر از انواع تنش‌های خشکی[1]، شوری[2] وکمبود عناصر غذایی باشد، زیرا این‌گونه تنش‌ها و کمبودها موجب تغییر شکل درونی وخارجی برگ می‌شود. نه تنها مشخصات یک نوع گیاه با نوع دیگر متفاوت است، بلکه ساختمان برگ گونه‌های مختلف یک گیاه نیز با یکدیگر فرق می‌کند و این تفاوت‌ها ممکن است اختلاف در بازتاب‌های طیفی را به‌دنبال داشته باشد. این ویژگی‌ها، کلیدی برای تفکیک و طبقه‌بندی گیاهان و مناطق زیر کشت در سنجش از دورمحسوب می‌شود. درشکل۱۵-۳ ، نمونه‌ای از مشخصات بازتاب طیفی گیاه سبز و شاداب نشان داده شده است. گیاه سالم معمولا ٤٠ تا٥٠ درصد انرژی مادون قرمز نزدیک (۰/۷ الی۱/۱ میکرومتر) دریافتی را منعکس می‌کند. این شکلّ بازتاب در ناحیهٔ مرئی و مادون قرمز نزدیک[3](VNIR) و مادون قرمزمیانی (SWIR)[4] توسط گیاه سبز را نشان می‌دهد. انرژی در بخش مرئی طیف الکترومغناطیس عمدتا توسط رنگیزه گیاه جذب می‌شود. در اینجا یک قله

در۰/۵۵ میکرومتر دیده می‌شود که مربوط به رنگ سبز گیاه است. از آنجایی‌که تغییر میزان بازتاب درناحیهٔ مرئی طیف الکترومغناطیس موجب ایجاد رنگ‌های مختلف می‌شود، دراینجا نیز در قلهٔ ۰/۵۵ میکرومتر واقع درناحیهٔ طول موج سبز بازتاب بالایی وجود دارد، به‌همین دلیل گیاه به رنگ سبز دیده می‌شود. ناحیهٔ ۱/۳-۰/۸ میکرومتر با بازتاب بالای گیاه در بخش مادون قرمز نزدیک به فلات مادون قرمز نزدیک[5] موسوم است. تغییرسریع بازتاب طیفی در نقطهٔ نزدیک به ۰/۸ میکرومتر، لبهٔ قرمز نامیده می‌شود. معمولا گیاهان مختلف هم از لحاظ ارتفاع منحنی در ناحیهٔ مادون قرمز نزدیک و هم از لحاظ موقعیت لبهٔ قرمز، تغییر می‌کنند. درتغییر ارتفاع منحنی درناحیهٔ مادون قرمز نزدیک و لبهٔ قرمز، نوع وگونهٔ گیاه، سلامت وشادابی آن، تنش‌ها وکمبودها مؤثر است. زمان و فصل رویش گیاه از دیگرعواملی است که در تغییر وضعیت هرکدام از دو عامل یادشده مؤثر است.



- Pigmentation
- Physiological Structure
- Water Content

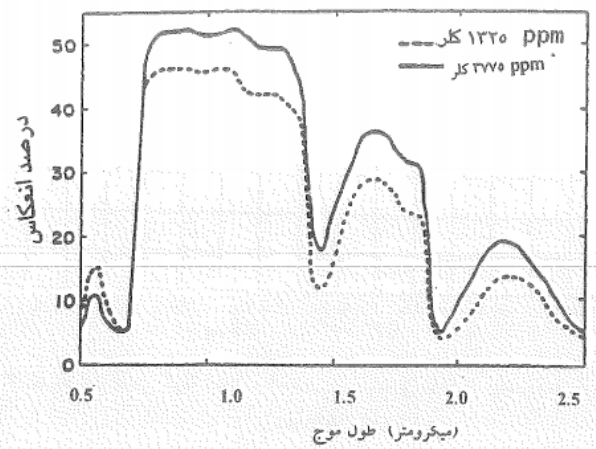
19



شکل۱۶-۳: بازتاب طیفی گیاه خشکیده یا پیر، گیاه سبز و سالم و خاک خشک (Jensen ،۱۹۸۶)

20

گیاهان متأثر از شوری



شکل ۱۷-۳: بازتاب طیفی پنبه تحت شرایط محلول‌های غذایی با میزان ۱۳۲۵ و ۳۷۷۵ p.p.m. کلر (Thomas و همکاران، ۱۹۶۶)

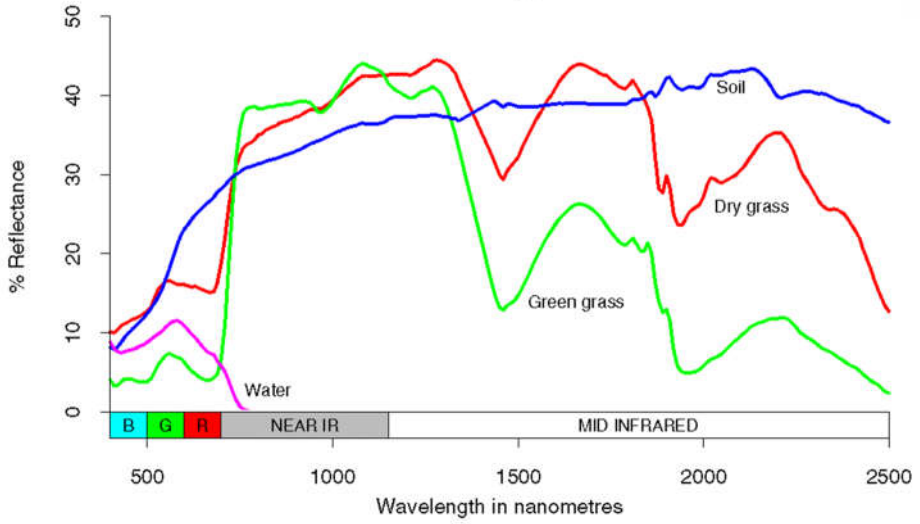
21

شکل ۱۷-۳ بازتاب طیفی برگ‌های گیاه پنبه تحت شرایط شوری را نشان می‌دهد. این منحنی‌ها نشان می‌دهد با افزایش غلظت کلر محلول غذایی، بازتاب در ناحیهٔ مرئی افزایش و در ناحیهٔ مادون قرمز نزدیک کاهش می‌یابد. علاوه بر این، رسوب املاح روی برگ برخی گیاهان شورپسند نظیر گز[1] سبب افزایش بازتاب طیفی می‌گردد. مطالعات سنجش از دور در زمینهٔ کشاورزی که با محصول و خاک سر و کار دارد، فوق‌العاده پیچیده است. این مسئله بدلیل ماهیت پویا و پیچیدگی مواد بیولوژیکی و خاک است.

22

•مقایسه منحنی بازتاب طیفی گیاهان سبز، آب، گیاهان خشک و خاک در محدوده امواج الکترومغناطیسی

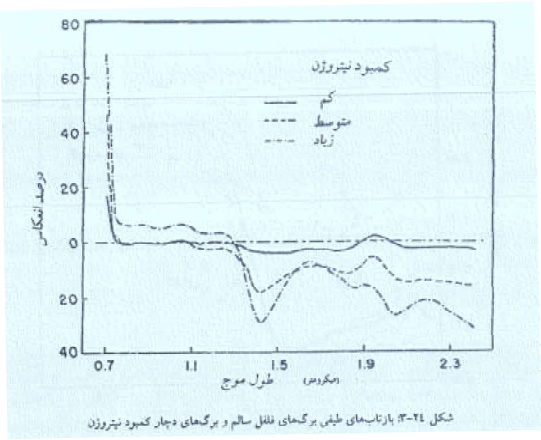
گیاهان خشک



23

گیاهان تحت تاثیر کمبود عناصر غذایی

یکی دیگر از کمبودهای اساسی، مربوط به نیتروژن است. برگ‌های مبتلا به کمبود نیتروژن، کلروفیل کمی دارند و در نتیجه، رنگ آنها سبز کمرنگ است و معمولا دارای برگ‌های کوچکتر و آب کمتر در واحد مادهٔ خشک‌اند. با افزایش نیتروژن، رنگ برگ از سبز روشن به سبز تیره تغییر می‌کند.



شکل ۲۴-۳: بازتاب‌های طیفی برگ‌های فلفل سالم و برگ‌های دچار کمبود نیتروژن

شکل ۲۴-۳

بازتاب‌های طیفی متمایز برگ‌های فلفل دچار کمبود نیتروژن و برگ‌های سالم را نشان می‌دهد. مقایسهٔ این منحنی نشان می‌دهد کمبود نیتروژن به‌شدت هم میزان آب داخل برگ و هم مرفولوژی آن را متأثر می‌سازد.

24

۳– آب

جذب انرژی در طول موج مادون قرمز نزدیک، مهمترین ویژگی آب است. بازتاب آب زلال در طیف نور مرئی، کمتر از ۵ درصد است. در واقع، بخش کمی از انرژی وارده بر سطح آب، منعکس می‌شود و بقیهٔ آن یا جذب شده یا از آن عبور می‌کند. اگر عمق آب زیاد باشد، انرژی قبل از برخورد با کف آب جذب می‌شود. اگر عمق آب زیاد نباشد، بخشی از انرژی که به کف برخورد می‌کند، مجددا به سطح آب می‌رسد. طول‌موج‌های آبی و سبز، بهتر از مادون قرمز قابلیت نفوذ در آب را دارند، ولی با گل‌آلود شدن آب، قابلیت انتقال و انعکاس آن بیشتر می‌شود. برای مثال، آبی که دارای مواد کلوئیدی و رسی باشد، معمولا در محدودهٔ مرئی انعکاس بیشتری نسبت به آب زلال دارد. آبگیرهایی که دارای گیاهان کلروفیل‌دار مانند جلبک باشند، انعکاس کمتری در طول موج آبی و انعکاس بیشتری در طول موج سبز دارند. از این خاصیت برای شناسایی جلبک‌ها یا علف‌های هرز برخی کانال‌های بزرگ آبرسانی و رودخانه‌ها استفاده می‌شود. برخی گزارش‌ها نشان می‌دهد وجود Na^+ و Cl^- اثر قابل توجهی روی بازتاب طیفی آب در برخی طول‌موج‌ها دارد و هر چه غلظت املاح در آب بیشتر می‌شود، تغییر در بازتاب‌ها نیز آشکارتر می‌گردد.

25

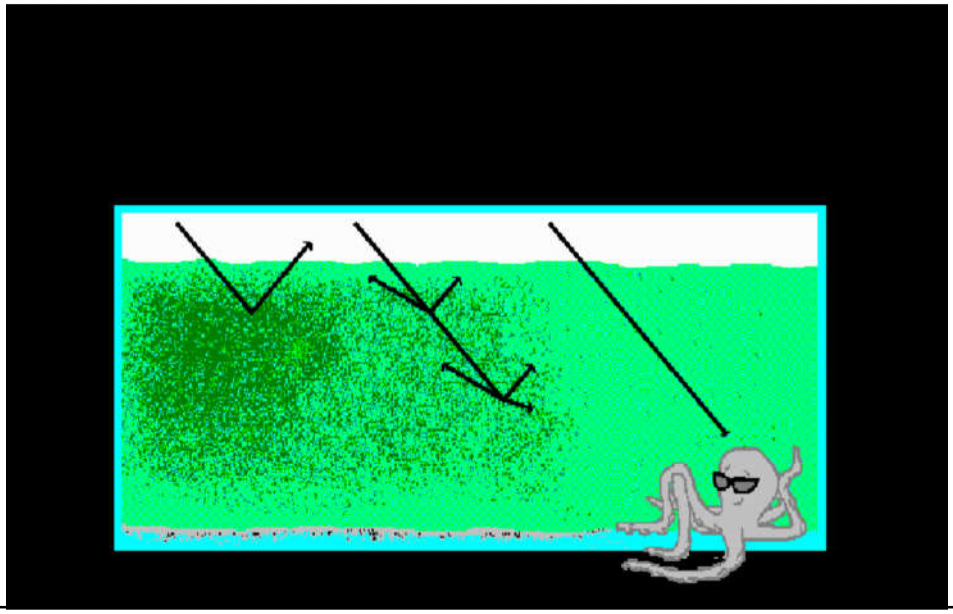
Water Reflectance

The three most important factors are:

- **Depth of water**
- **Materials within the water**
- **Surface roughness of the water**

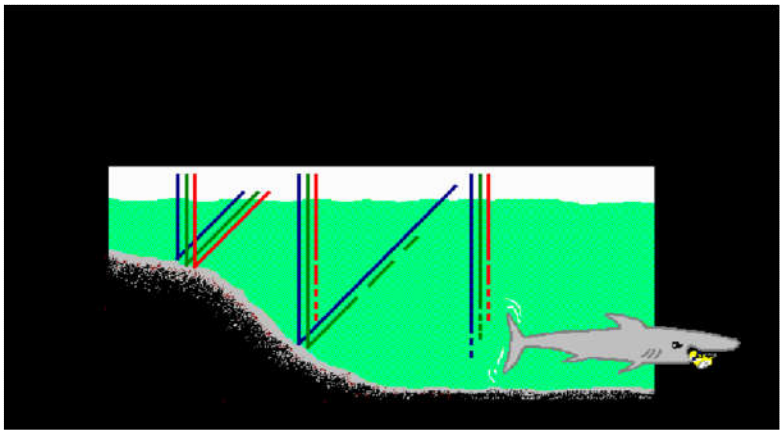
26

ذرات معلق و آلاینده

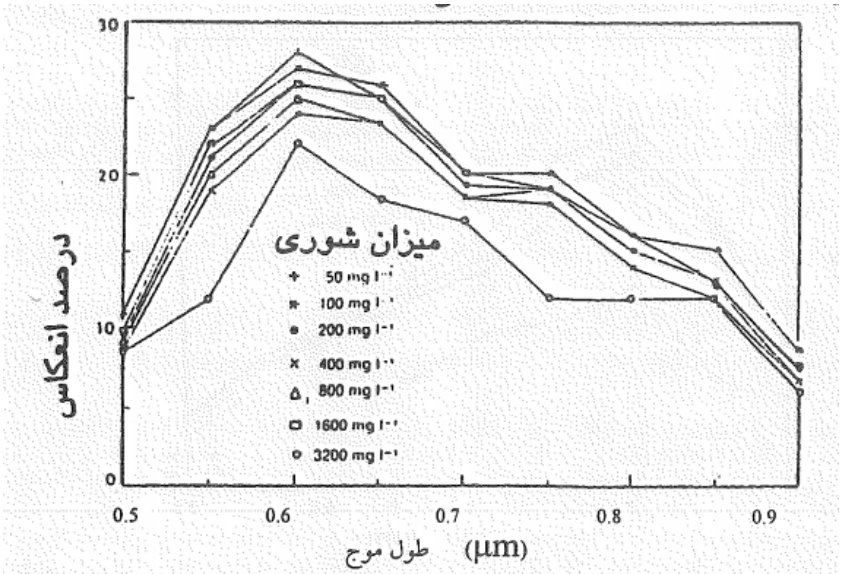


27

عمق آب

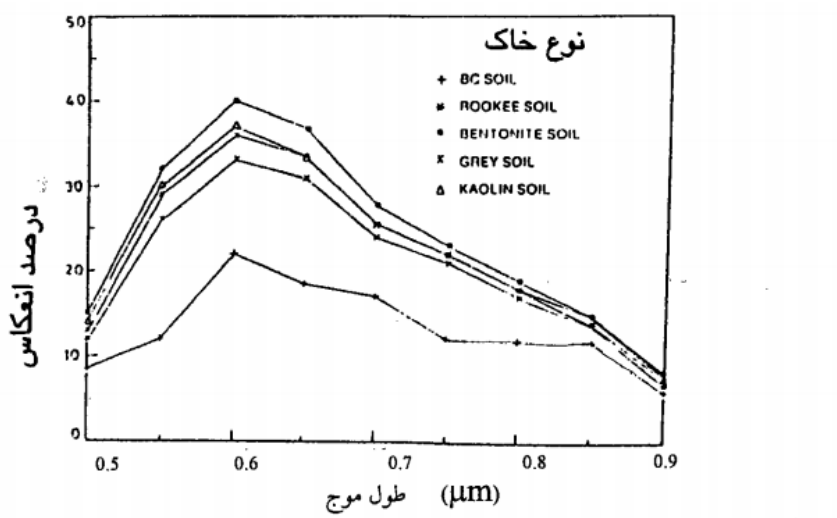


28



شکل ۲۷-۳: تغییرات بازتاب با طول موج برای میزان مختلف شوری

29



شکل ۲۹-۳: تغییرات بازتاب طیفی برای خاک‌های مختلف، ولی غلظت یکسان شوری و رسوب

30

بر اســاس نتـایج برخـی مطالعـات پیرامون آب، با استفاده از فناوری سنجش از دور، می‌توان مطالعات زیر را انجـام داد:

۱ـ نظارت بر پارامترهای کیفیت آب

۲ـ برنامه‌ریزی، تشخیص و ارزیابی نتایج فعالیت‌های مدیریتی مسائل آب

۳ـ تشـخیص کیفیـت آب مرتبـط بـا آثـار محیطـی و کاربری‌هـای اراضـی و اکوسیستم‌های آبی

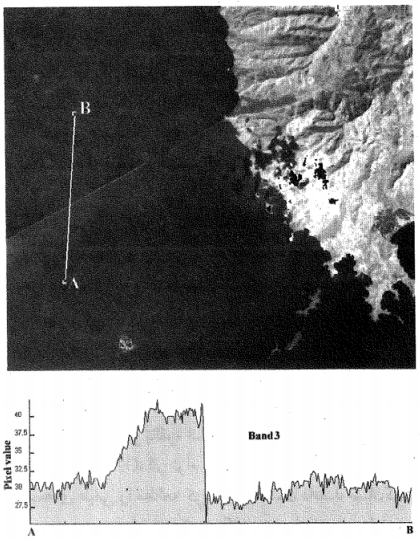
٤ـ درک بهتر اکوسیستم‌های آبی از طریق تشخیص آثار متقابل بین مشخصات بیولوژیکی، شیمیایی و هیدرولوژیکی

۵ـ مطالعهٔ پارامترهای کیفیت آب و اثر مـواد غذایـی بـر تغیـیرات فـیزیکی و بیولوژیکی در آب و بررسی اثر بالقوهٔ انسان روی سیستم‌های آبی

31

32

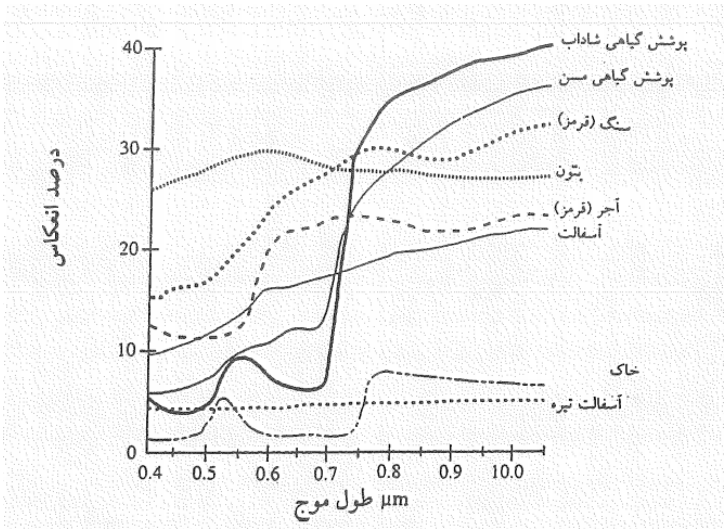
. این شکل اثر رسوب و شوری بر روی اختلاف شدید بازتاب‌ها در محل میان‌گذر را آشکار می‌سازد.



تصویر ۳۰-۳ : اثر غلظت رسوب و شوری آب دریاچهٔ ارومیه در محل میان‌گذر بر روی مقادیر درجه روشنایی TM ۳

۴– مناطق شهری

بازتاب‌های طیفی , مناطق مسکونی , و شهری بسیار پیچیده است. اصولاً تفکیک بازتاب‌های طیفی مواد و پدیده‌های مختلف مناطق شهری مشکل است. زیرا در مناطق شهری، علاوه بر بخش‌های مسکونی مختلف، بخش‌های دیگری نظیر ساختمان‌های تجاری، خدماتی، خیابان‌ها، پارک‌ها، بزرگراه‌ها، پل‌ها و آب نیز وجود دارد. غیر یکنواختی و ترکیب‌های مختلف مواد، بر پیچیدگی بازتاب‌های طیفی می‌افزاید، بنابراین برای مطالعهٔ مناطق شهری، علاوه بر قدرت تفکیک مکانی داده‌های ماهواره‌ای، قدرت تفکیک طیفی آنها نیز بسیار حائز اهمیت است. شکل ۳۱-۳ منحنی‌های بازتاب طیفی برخی مواد در محیط‌های شهری و مسکونی را نشان می‌دهد (Jensen ، ۲۰۰۰).



شکل ۳۱-۳: منحنی درصد بازتاب‌های طیفی برخی مواد در مناطق شهری(Jensen ، ۲۰۰۰)

به آرامی آغاز به مردن مي كنی
اگر سفر نكنی،
اگر كتابی نخوانی،
اگر به اصوات زندگی گوش ندهی،
اگر از خودت قدردانی نكنی.
به آرامی آغاز به مردن مي كنی
زماني كه خودباوري را در خودت بكشی،
وقتي نگذاري ديگران به تو كمك كنند.
به آرامي آغاز به مردن مي كنی
اگر برده‌ی عادات خود شوی،
اگر همیشه از يك راه تكراری بروی ...

اگر روزمرّگی را تغییر ندهی
اگر رنگ های متفاوت به تن نكنی،
يا اگر با افراد ناشناس صحبت نكنی.
تو به آرامی آغاز به مردن مي كنی
اگر از شور و حرارت،
از احساسات سركش،
و از چیزهایی كه چشمانت را به درخشش وامی دارند،
و ضربان قلبت را تندتر مي‌كنند،
دوری كنی . . .

تو به آرامی آغاز به مردن مي كنی
اگر هنگامی كه با شغلت،يا عشقت شاد نيستی، آن را عوض نكنی،
اگر برای مطمئن در نامطمئن خطر نكنی،
اگر ورای رويا‌ها نروی،
اگر به خودت اجازه ندهی
كه حداقل يك بار در تمام زندگي ات
ورای مصلحت انديشی بروی . . .

امروز زندگی را آغاز كن!
امروز مخاطره كن!
امروز كاری كن!
نگذار كه به آرامی بميري

شادی را فراموش نكن

37

جلسه چهارم

سنجش از دور

«سکوها و سنجنده‌ها»

در این بخش خلاصه‌ای در مورد چند سنجندهٔ[1] مهم تعبیه‌شده در سکوها[2] ارائه می‌گردد. سکوها شامل سکوهای زمینی (سه پایه)، سکوهای هوایی (هواپیما و بالگرد) و سکوهای فضایی (ماهواره) هستند. سکوهای فضایی معمولاً در ارتفاع بالای ۲۰۰ کیلومتری زمین (در بالای جوّ) قرار گرفته‌اند و سنجنده‌های مختلف را برای جمع‌آوری اطلاعات منابع زمینی و هواشناسی در خود جای می‌دهند.

1 - Sensor
2 - Platform

سنجنده

- ✓ هر سنجنده دارای بخشی شبیه آیینه است که به سمت شرق و غرب متحرک است و اسکن را انجام می دهد.
- ✓ سنجنده های چند طیفی دارای چند باند هستند که در هر باند عمل اسکن صورت می گیرد.

سکو Platforms

- ✓سکوها سنجنده ها را بر روی خود جا می دهند.
- ✓انواع سکوها عبارتند اززمینی(سه پایه)، هوایی (هواپیما) و فضایی (بالایی جو در ارتفاع بالایی ۲۰۰ کیلو متری اند)

3

Platforms سکو

- The sensor is mounted on a platform
- Space borne : satellites carry sensors

Platform	Altitude(km)
• Geostationary Sat.	36,000 Km
• Earth Observation sat.	500 – 1000
• Space shuttle	240 – 350

- Airborne : Airborne observations are carried out using aircraft with specific modification to carry sensors

Airplane	0.3 – 7.5

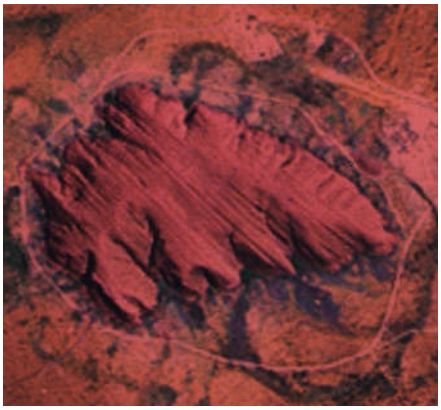
- Under ground (TDR, GPR, ...)

4

- ✓ **عکس هوایی**
- ✓ برجسته بینی (زمانی است که عکسها همپوشانی داشته باشند)
- ✓)هم پوشانی
- ✓ طولی ۵۵-۶۵ درصد
- ✓ عرضی ۱۵-۴۵ درصد
- ✓ به قسمتی از عکس هوایی که در دو عکس متوالی تکرار می شود سطح مبنا گویند
- ✓ خط پرواز خطی است که هواپیما از آن عبور می کند

5

Image



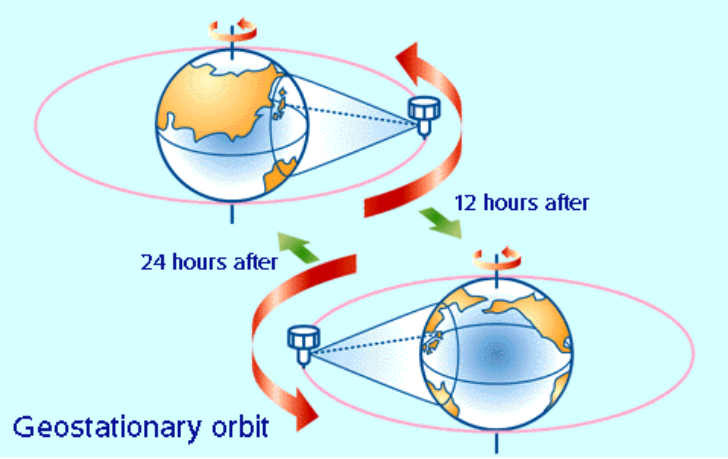
Aerial Photo Scale 1:18,000 Spot Multispectral Image

6

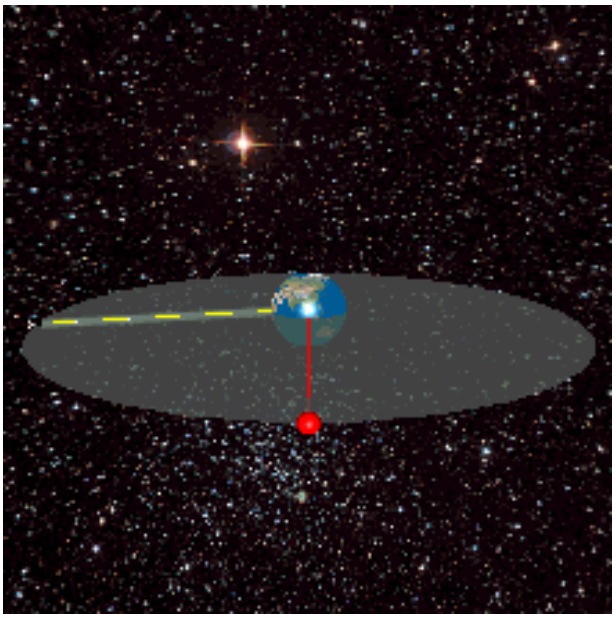
Under ground

GPR (Ground Penetration Radar)

TDR (Time Domain Reflectometry)

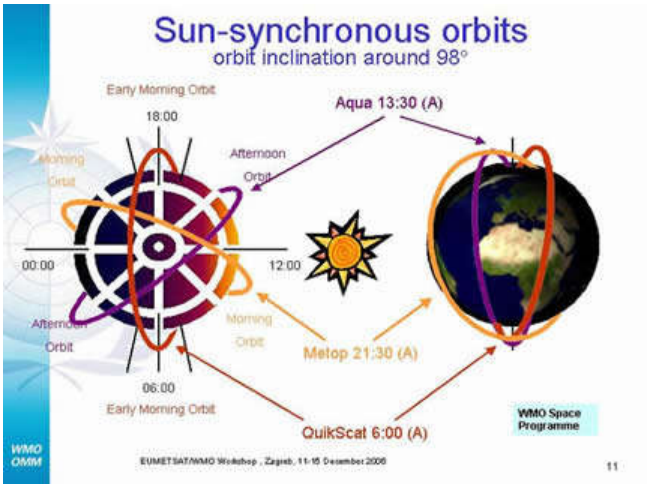


- مدار زمین‌آهنگ به مدارهایی در دور کره زمین گفته می‌شود که سرعت زاویه‌ایِ چرخش ماهواره‌ها بر روی این مدارها با سرعت چرخش زمین برابر است. به عبارتی دیگر: مدارهایی هستند که برای پیمودن مسیر کامل آنها به یک روز نجومی، (در حدود ۲۳ ساعت و ۵۶ دقیقه و ۴ ثانیه) نیاز است.
- تمام ماهواره‌های مخابراتی و تلویزیونی از این نوع هستند



9

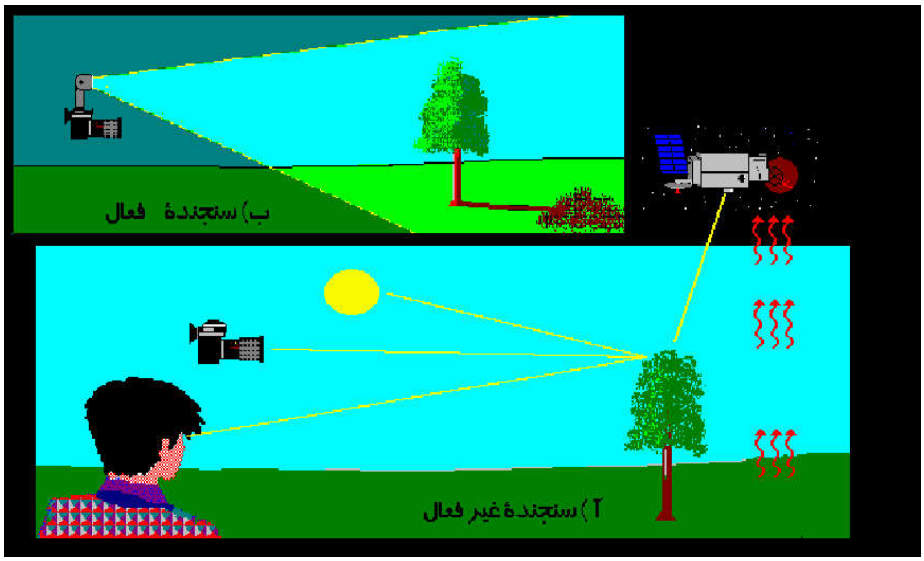
Sun-synchronous orbit



مدار خورشیدآهنگ یک نوع مدار قطبی به مرکزیت زمین (یا سیارات دیگر) است که همواره نسبت به زمین (سیاره میزبان) در یک ساعت خاص قرار دارد. به عبارت دیگر، نقاط زیر ماهواره در نیمی از مدار در هر لحظه در یک ساعت مشخص از شبانه روز هستند (مثلاً ساعت ۱۰:۰۰) و در نیمه دیگر، یا ۱۲ ساعت اختلاف، همچنان در یک ساعت مشخص دیگر از شبانه روز قرار دارند (مثلاً ساعت ۲۲:۰۰). این مدار برای ماهواره‌هایی استفاده می‌شود که برای انجام مأموریتشان نیازمند یک وضعیت نوردهی مشخص هستند یا مطابق ماموریتشان باید از بالای قطب‌های زمین گذر نمایند. ا

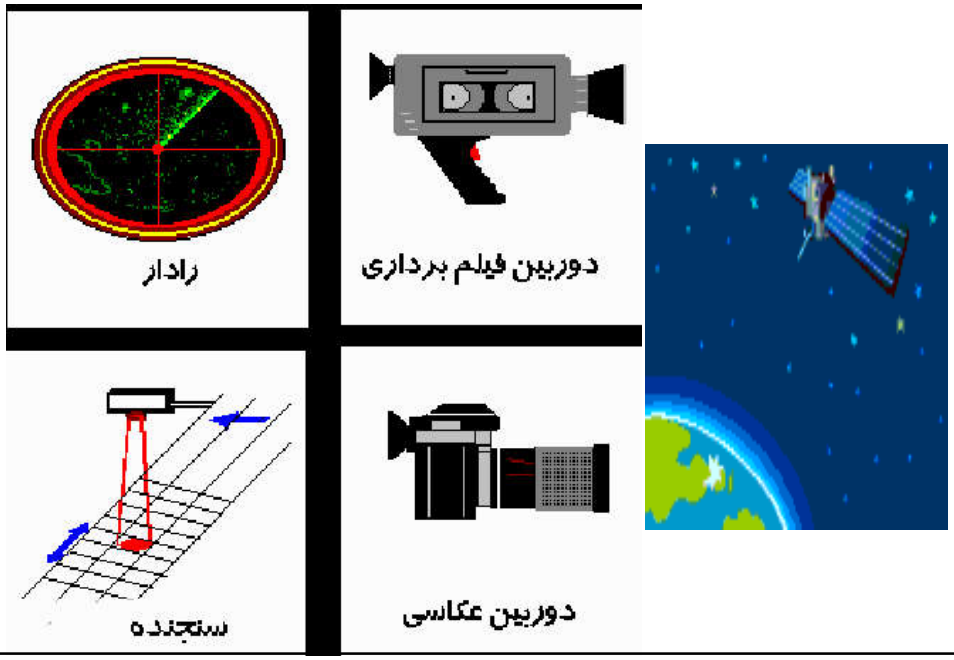
10

انواع سنجنده از نظر منبع انرژی
Active, Passive



11

Sensors سنجنده



12

انواع سنجنده از نظر بازده اطلاعاتی

۱- سنجنده تصویری

الف. سنجنده مصور یا فتواپتیکی(دوربین عکاسی...)

ب. سنجنده عددی یا رقومی(ماهواره های نسل اول و.)

۲- سنجنده غیر تصویری

بصورت جداول و نمودار

اشعه سنج،طیف سنج، نورسنج و.....

13

Resolutions of Remote Sensing

1. ***Spatial*** *(what area and how detailed)*
2. Spectral (what colors – bands)
3. Temporal (time of day/season/year)
4. Radiometric (color depth)

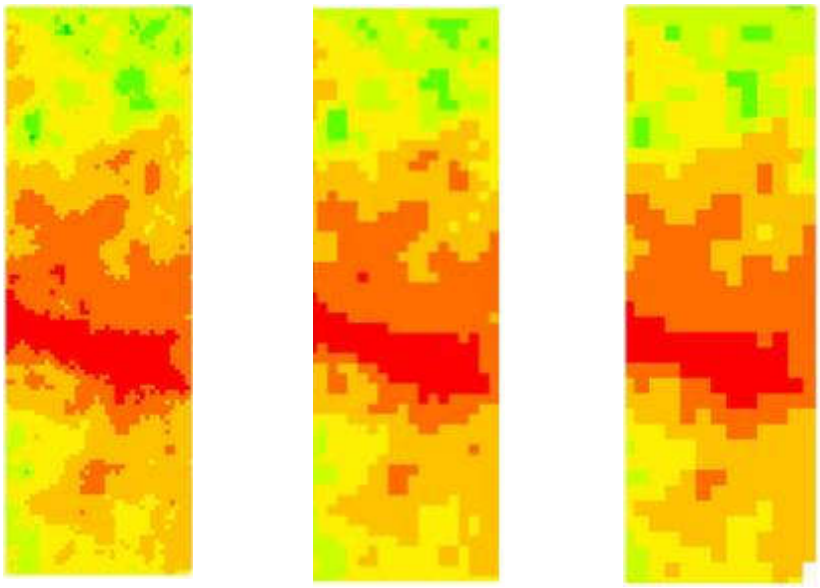
انواع درجه وضوح Resolution

- ✓ Spectral Resolution (طیفی)
- ✓ Radiometric Resolution (رادیومتری)
- ✓ Spatial Resolution (مکانی)
- ✓ Temporal Resolution (زمانی)

قدرت تفکیک مکانی : حداقل مساحتی که از زمین یک سنجنده می تواند شناسایی کند. به طور مثال قدرت تفکیک زمینی ماهواره لندست ۳۰ متر است. یا آیکونس ۱ متر

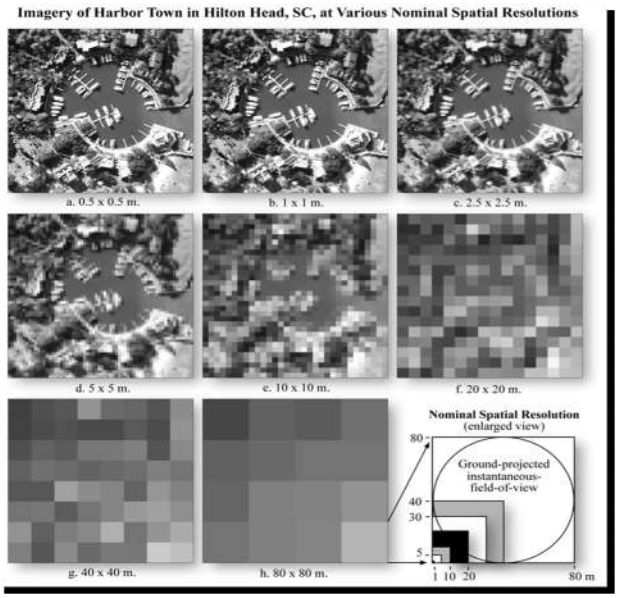
14

Information loss & pixel resolution

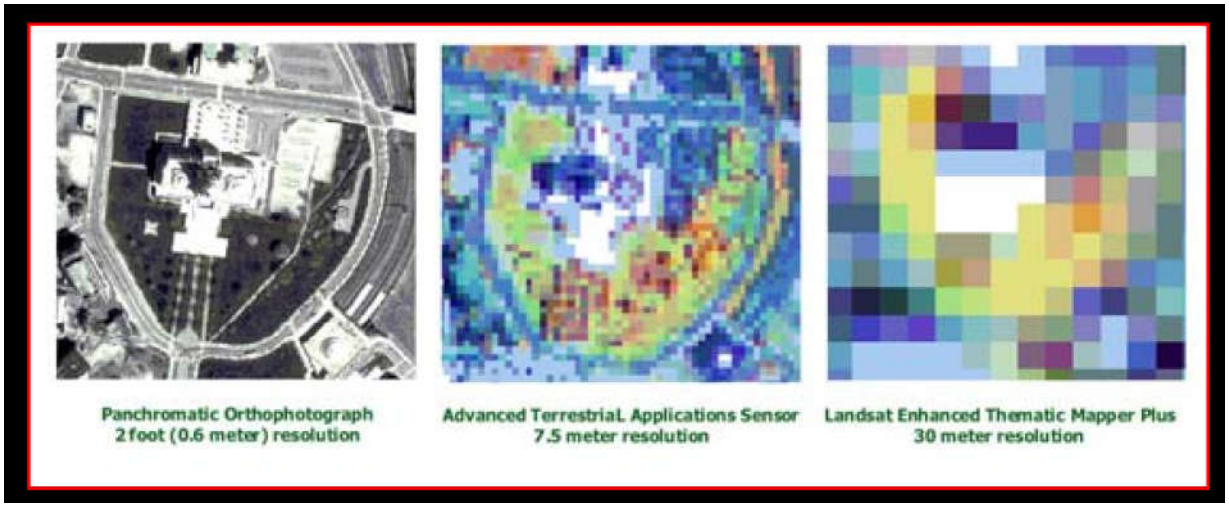


15

Spatial Resolution

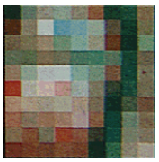


16

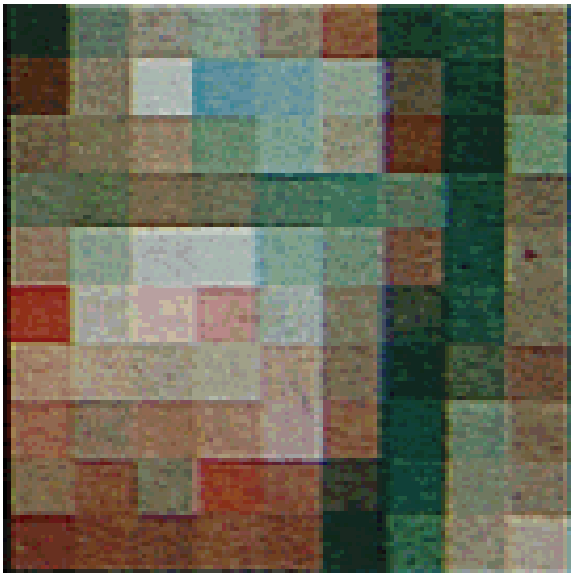


17

مقایسه قدرت تفکیک (RESOLUTION) در تصاویر



80 m



18

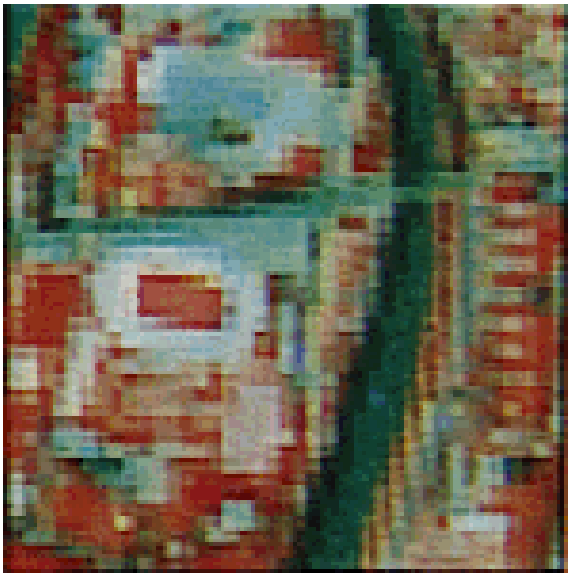
مقایسه قدرت تفکیک (RESOLUTION) در تصاویر

30 m

19

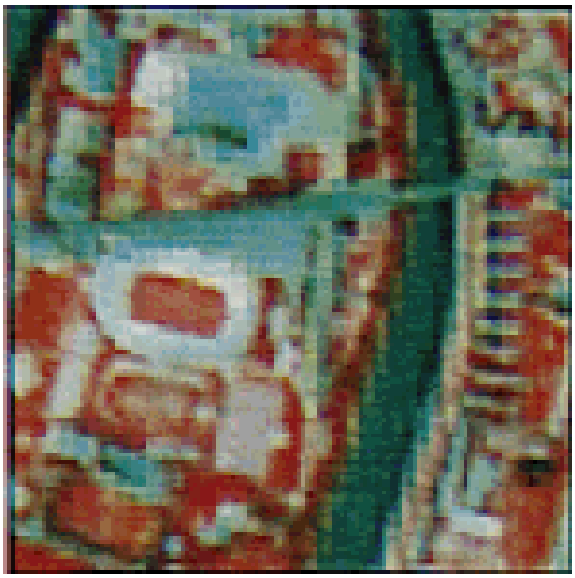
مقایسه قدرت تفکیک (RESOLUTION) در تصاویر

20 m



20

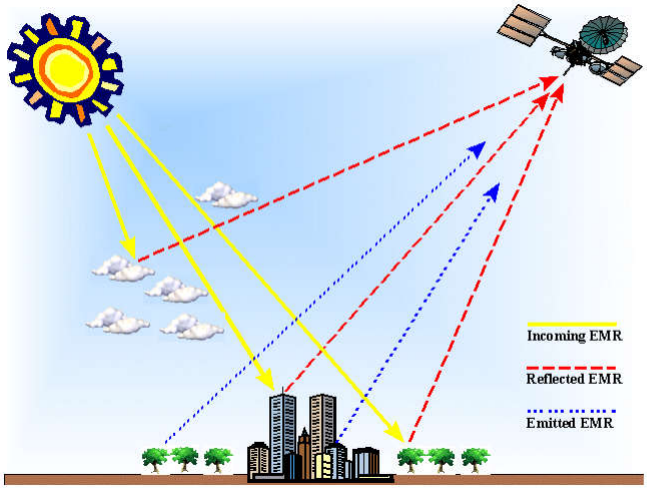
مقایسه قدرت تفکیک (RESOLUTION) در تصاویر



10 m

21

Spectral Resolution

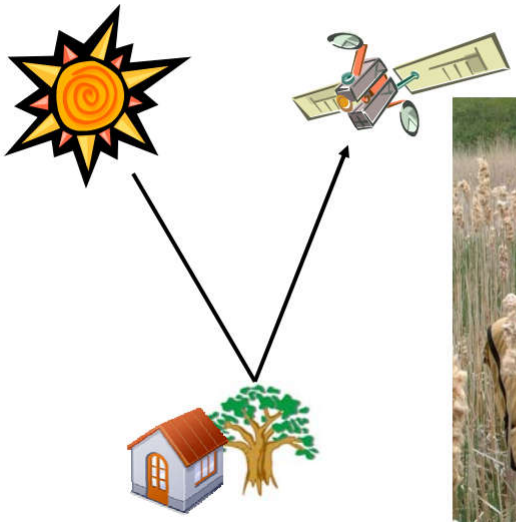


EMR patterns are recorded by sensors with separated spectral bands.

قدرت تفکیک طیفی : تعداد باندها و یا محدوده های طیفی که یک سنجنده می تواند در یک زمان تصویر برداری تهیه کند. برای لندست ۶ باند انعکاسی و یک باند حرارتی وجود دارد.

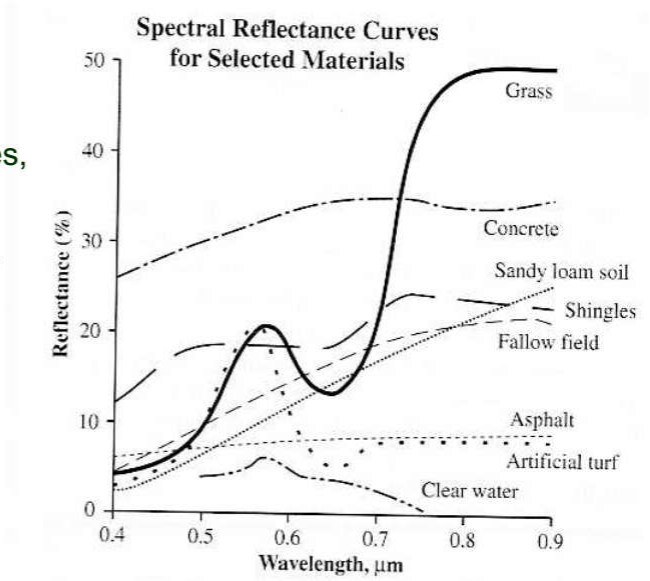
22

Spectral Response Curve



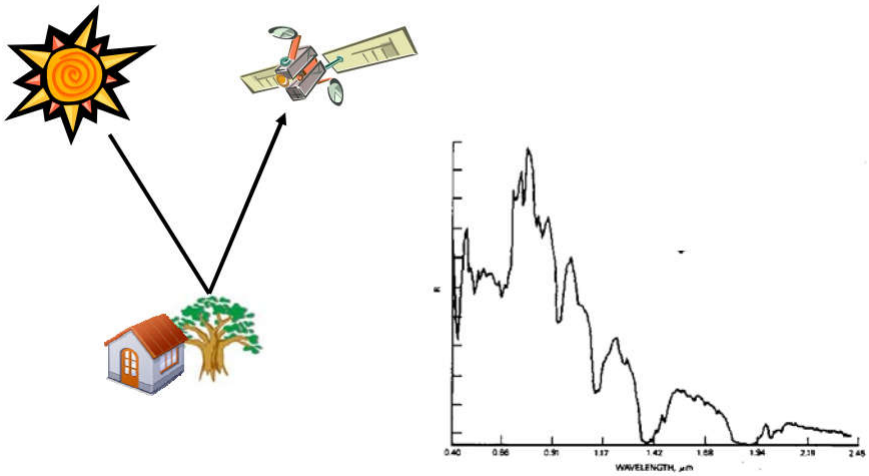
23

The spectral reflectance curves, or spectral signatures, of different types of ground targets provide the knowledge base for information extraction.



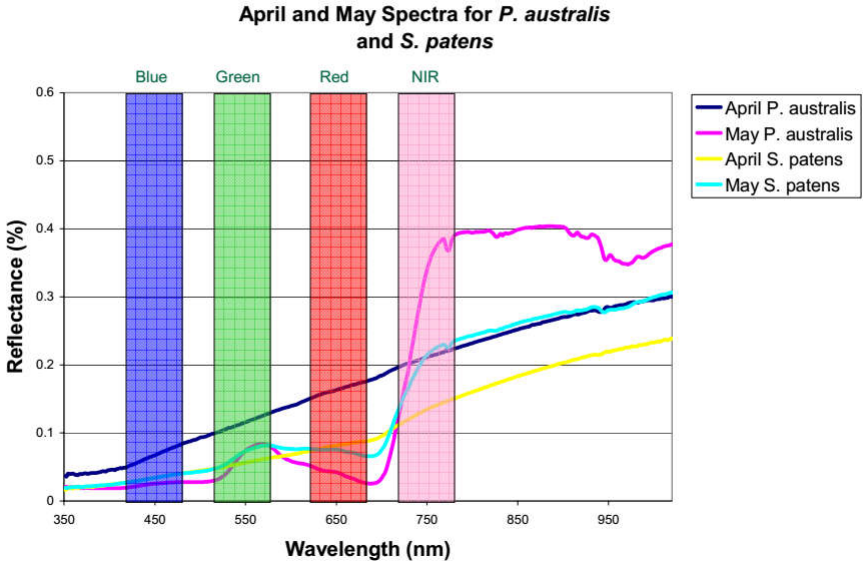
24

Spectral Response Curve



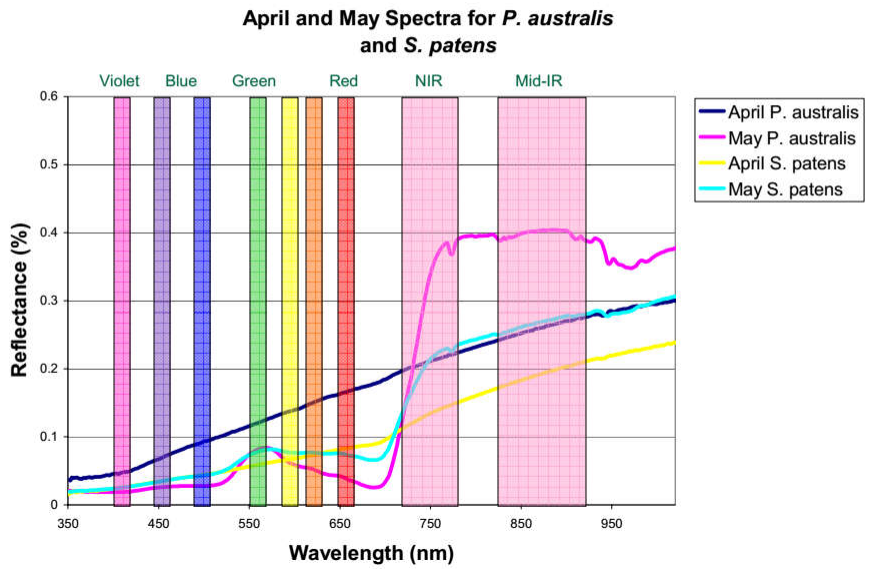
25

Spectral Response Curve



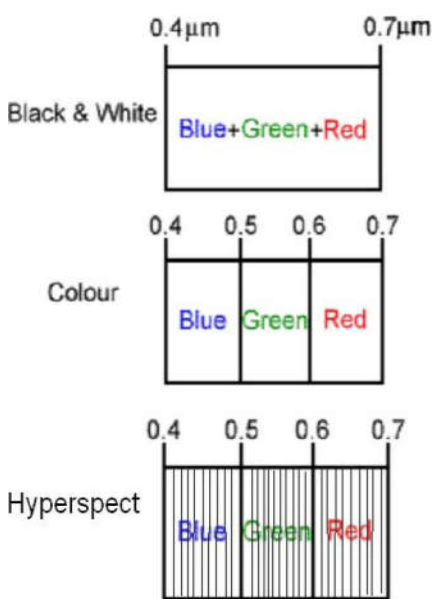
26

Spectral Response Curves



27

Spectral Resolution



- Sensitivity range of the detector defines the spectral differences which may be observed.
- Spectral resolution describes the ability of a sensor to define fine wavelength intervals. The finer the spectral resolution, the narrower the wavelength range for a particular channel or band

28

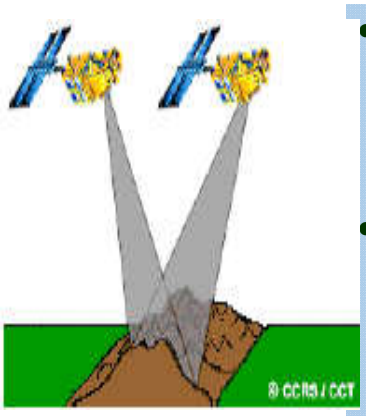
Spectral Resolution

- Number of spectral bands (red, green, blue, NIR, Mid-IR, thermal, etc.)
- Width of each band
- Certain spectral bands (or combinations) are good for identifying specific ground features

- Panchromatic – 1 band (B&W)
- Color – 3 bands (RGB)
- Multispectral – 4+ bands (e.g. RGBNIR)
- Hyperspectral – hundreds of bands

29

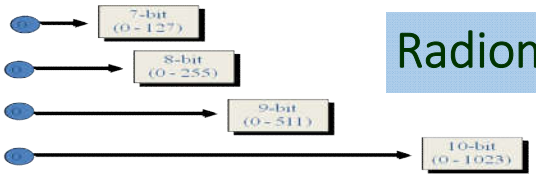
Temporal Resolution



- Temporal Resolution: The smallest period (in time) between two images of the same area.
- This refers to the length of time it takes for a satellite to complete one entire orbit cycle (revisit period).

قدرت تفکیک زمانی : حداقل زمانی که یک سنجنده می تواند یک پوشش تصویری کامل از سطح زمین تهیه کند. بعنوان مثال قدرت تفکیک زمانی برای ماهواره لندست ۱۶ روز یک بار صورت می گیرد.

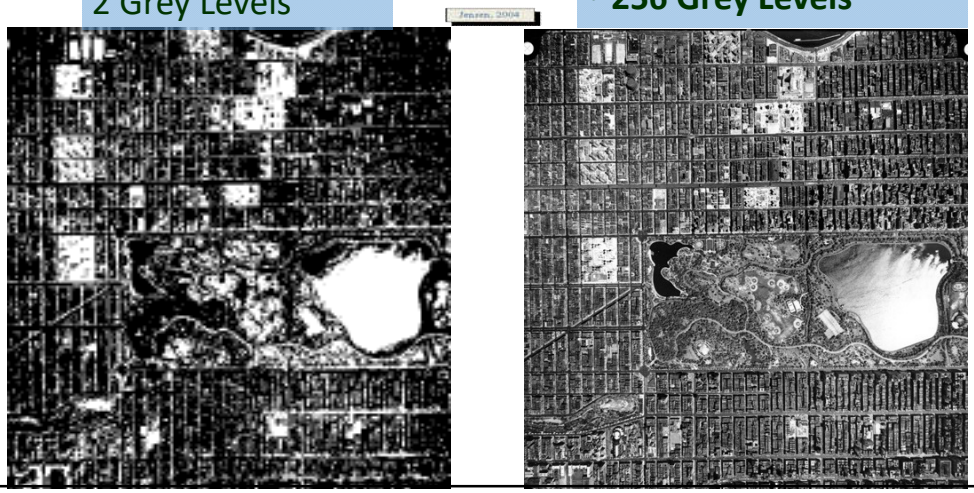
30



Radiometric Resolution

2 Grey Levels

• 256 Grey Levels



31

قدرت تفکیک رادیومتریک : به تعداد تقسیمات میان انعکاس صفر و انعکاس حداکثر در سنجنده های مختلف که بر مبنای عدد ۲ است سنجیده می شوند.

در اینجا قدرت تفکیک رادیومتری بر می گردد به میزان درجه خاکستری که برای لندست از صفر تا ۲۵۶ است یعنی ۲ به توان ۸

The maximum number of brightness levels available depends on the number of bits used in representing the energy recorded. Thus, if a sensor used 8 bits to record the data, there would be 2^8=256 digital values available, ranging from 0 to 255.

8 bits ↓ 11 bits ↓

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Number of bits
2	4	8	16	32	64	128	256	512	1024	2048	Maximum Values

32

تصاویر دیجیتال

- سنجنده های الکتریکی سیگنالهای الکتریکی در اثر جذب امواج ایجاد می کنند که این سیگنالها بر روی نوار مغناطیسی ثبت می شود که این علائم هم از طریق پردازش به تصویر تبدیل می شوند.
- تصویر عبارتست از هر نوع نمایش مصور داده های سنجنده.
- سیگنالهای ورودی سنجنده بر حسب ولتاژ بین ۰-۲ ولت به ارقامی بین ۰-۲۵۵ (DN) تبدیل می شوند که ماحصل آن تصویر می شود.
- تصاویر ماهواره ای بصورت چاپی و رقومی دارای دو جهت افقی (سطر) و جهت عمودی (ستون) می باشند که نشان دهنده یک سلول بنام PIXEL بر روی سطح زمین می باشد ودارای مقدار ارزشی یا Digital Number که تفکیک کننده عوارض از یکدیگر است.

250	255	249	253	255	255	255	255	255	253	251	255
255	246	7	255	254	255	255	242	0	255	248	255
240	183	0	231	247	255	244	255	0	168	255	241
250	12	87	2	255	240	255	0	73	7	253	255
255	0	94	0	254	254	241	0	95	0	255	255
250	69	87	83	2	255	6	107	79	74	249	245
255	156	95	88	0	255	12	58	77	201	239	255
255	255	0	74	106	0	85	84	8	250	255	255
249	255	255	0	78	4	89	49	251	252	255	255
255	252	255	161	57	30	44	150	249	255	255	239
165	12	0	53	105	230	119	66	21	0	148	255
0	174	215	0	201	252	175	6	178	218	0	255
25	213	236	11	232	255	254	7	214	214	14	249
0	225	214	1	255	246	253	0	241	213	0	255
164	5	0	178	255	255	251	167	4	0	183	255
246	255	255	254	253	253	255	255	248	255	252	242

33

۱- تصاویرچند طیفی: سنجنده های چندطیفی معمولا در طول موجهای با عرض نسبتا بالا، اقدام به ثبت انرژی و تصویربرداری می پردازند. این داده ها هم می توانند با دوربین های هوایی و یا با سنجنده های ماهواره ای بدست آیند. برای این نوع داده ها می توان لندست، استر، اسپات و رپیدآی را مثال زد. داده های چندطیفی طول موجهای مرئی، مادون قرمز نزدیک، کوتاه و حرارتی را پوشش می دهند. این داده ها معمولا قیمت بالایی ندارند. در بین تصاویر چند طیفی، داده های لندست به رایگان قابل دریافت می باشد.

۲- تصاویر فراطیفی : سنجنده های فراطیفی (یا ابرطیفی) باندهای نسبتا باریکی دارند (قدرت تفکیک طیفی بالا) و معمولا هوابرد هستند. AVIRIS و HyMap دو نمونه از داده های فراطیفی می باشند. داده های فراطیفی معمولا طول موجهای مرئی، مادون قرمز نزدیک و کوتاه را پوشش می دهند. این داده ها گران بوده و در مواردی تهیه آنها نیز مشکل می باشد.

۳- تصاویر مادون قرمز حرارتی : این تصاویر معمولا با سنجنده های چند طیفی برداشت می شوند و در محدوده طول موج ۸ تا ۱۴ میکرومتر می باشند. در این محدوده از طول موج، سنجنده به ثبت خصوصیات حرارتی و گسیلمندی مواد می پردازد. تعدادی از سنجنده های چند طیفی مانند لندست و استر در محدوده مادون قرمز حرارتی اقدام به ثبت و اخذ داده می کنند، در حالی که تعدادی از سنجنده ها مانند اسپات و رپیدآی در این محدوده از طول موج داده ای ثبت نمی کنند. یکی از مهمترین کاربردهای تصاویر مادون قرمز حرارتی، تهیه دمای سطح زمین و سطح دریا می باشد.

34

۴- تصاویر پانکروماتیک : این تصاویر یک باند با پهنای بالا دارند که معمولا طول موجهای مرئی و مادون قرمز نزدیک را شامل می شود. این داده ها شبیه عکس سیاه و سفید می باشند. قدرت تفکیک مکانی این تصاویر از متوسط تا بسیار زیاد می باشد. لندست یک باند پانکروماتیک با قدرت تفکیک ۱۵ متر دارد و سنجنده quickbird نیز یک باند پانکروماتیک با قدرت تفکیک ۶۰ سانتی متر دارد. باند پانکروماتیک قدرت تفکیک بالاتری از باندهای چند طیفی دارد، زیرا پهنای باند بیشتر است و با افزایش قدرت تفکیک، نسبت سیگنال به نویز کاهش نمی یابد.

۵- تصاویر رادار و مایکروویو: تصاویر رادار معمولا یکی از چند طول موج در محدوده مایکروویو را پوشش می دهند. تصاویر رادار فعال محسوب می شوند یعنی از انرژی خورشید استفاده نمی کنند و خودشان منبع انرژی مستقلی دارند. به همین دلیل در روز و شب و در هوای ابری و بارانی نیز قابلیت تصویربرداری دارند. تصاویر مایکروویو نیز در محدوده طول موجهای مایکروویو تصویر برداری می کنند با این تفاوت که این سنجنده ها غیرفعال می باشند و از انرژی برگشتی خورشید استفاده می کنند. به همین دلیل، قدرت تفکیک مکانی این سنجنده ها پایین می باشد. زیرا در محدوده مایکروویو، میزان انرژی برگشتی از زمین کم می باشد و به همین دلیل نیاز به اندازه پیکسلهای بالایی برای ثبت این انرژی می باشد.

35

Satellite	Temporal Resolution	Ground Swath	Spatial Resolution	Radiometric Resolution	Spectral Bands (micrometers)
Landsat 7 ETM	16 days	185 km	15 x 15 m (ETM 8), 30 x 30 m (TM 1-5,7), 60 x 60 m (TM 6HL)	8 bits (256 levels)	1) 0.45-0.52 2) 0.52-0.60 3) 0.63-0.69 4) 0.76-0.90 5) 1.55-1.75 7) 2.09-2.35 6) 10.4-12.5 p) 0.52-0.90
SPOT-5	26 days	117km	10 x 10m (MLA), 5 x 5m (PLA), 2.5 x 2.5 (PLA)	8 bits (256 levels)	1) 0.5-0.59 2) 0.61-0.68 3) 0.78-0.89 4) 1.58-1.75 p) 0.48-0.71
IKONOS	3 - 11 days	13 km	4 x 4m multi, 1 x 1m pan	11 bits, (2048 levels)	1) 0.45 - 0.52 2) 0.52 - 0.60 3) 0.63 - 0.69 4) 0.76 - 0.90 p) 0.45 - 0.90
Quickbird	1 - 3 days	16.5 km	2.44 x 2.44m multi, 0.61 x 0.61m pan	11 bits, (2048 levels)	1) 0.45 - 0.52 2) 0.52 - 0.60 3) 0.63 - 0.69 4) 0.76 - 0.90 p) 0.45 - 0.90

36

نظر به اینکه در حال حاضر جغرافی‌دانان، زمین‌شناسان و گیاه‌شناسان به‌طور گسترده‌ای از تصاویر ماهواره‌ای لندست استفاده می‌کنند و این تصاویر مربوط به تاریخ‌های گذشته در ایران موجود است، بنابراین به خصوصیت سنجنده‌های MSS، TM و ETM+ ماهوارهٔ لندست توجه بیشتری به‌عمل می‌آید. اما باید توجه داشت که برخی استفاده‌کنندگان مانند هواشناسان و اقیانوس‌شناسان با توجه به جنبه‌های پوشش تکراری و توان تفکیک مکانی و زمانی، داده‌های ماهواره‌هایی مانند نوآ را برای خود مناسب‌تر می‌دانند. در واقع، هرگونه کاربرد اطلاعات سنجش از دور، به توان تفکیک مکانی، طیفی و رادیومتری ویژه‌ای نیاز دارد. در این فصل سعی می‌شود اطلاعات کلی در مورد سکوها، باندهای سنجنده‌ها و کارایی آنها ارائه شود.

37

Landsat

تصور کنید که به ۴۰ سال قبل زمین نگاه میکنید. چه تغییراتی مشاهده می کنید؟

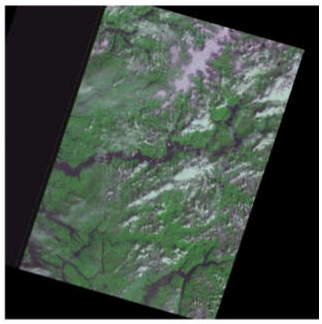
لندست شامل تصاویری از آرشیو زمین است. این برنامه باعث می شود پیوستگی را حفظ کند و به همین خاطر لندست ۸ LDCM (Landsat data continuity mission) نامیده می شود.

تصاویر لندست شاید اکنون ارزش کمی داشته باشند اما در ۱۰۰ سال آینده بسیار پر ارزش خواهند بود. امروزه شما می توانید تصاویر را از سال ۱۹۷۲ دریافت کنید.

تا کنون ۸ ماهواره به فضا پرتاب شد که یکی از آنها در مدار قرار نگرفت. لندست ۹ در سال ۲۰۲۳ پرتاب می شود. این برنامه با پرتاب لندست یک در سال ۱۹۷۲ شروع شد که نام آن از ماهواره تکنولوژی منابع زمین به لندست تغییر کرد. لندست به تدریج تعداد باندها و کیفیت آنها را افزایش داد.

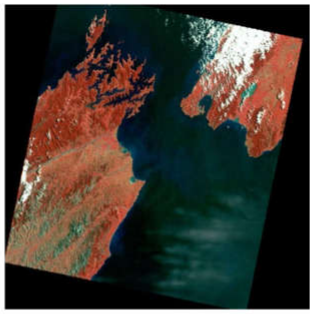
از لندست ۱ تا ۳ باندها شامل ۴ باند مولتی اسپکترال با کیفیت ۶۰ متر بود. اما با گذشت زمان کیفیت و رزولوشن مکانی و طیفی بهتری پیدا کرد. لندست ۸ تصاویر را در ۱۱ باند از ۱۵ متر تا ۱۰۰ متر جمع آوری می کند.

38



لندست ۳

اولین ماهواره ای بود که به باندهای حرارتی مجهز بود و طول عمر کوتاهی داشت



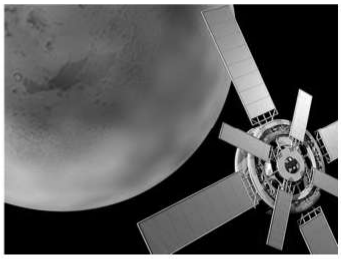
لندست ۲

در سال ۱۹۷۵ دومین ماهواره نیز به فضا پرتاب شد

لندست ۱

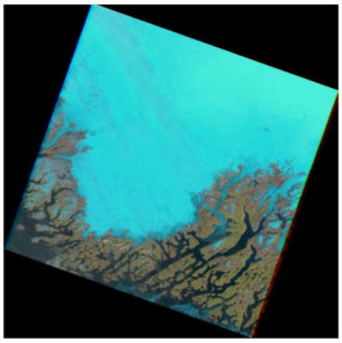
ماموریت لندست یک در سال ۱۹۷۲ شروع شد. طولانیترین برنامه مشاهده زمینی شروع شد

39



لندست ۶

تحت نام ای تی ام بود که در مدار قرار نگرفت. این ماهواره شامل باند پنکروماتیک ۱۵ متر بود



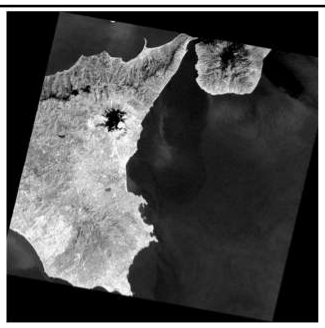
لندست ۵

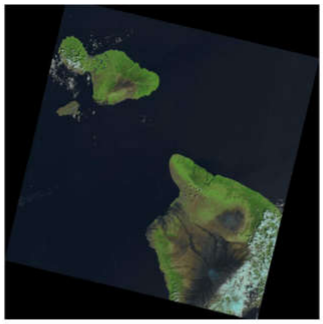
این ماهواره با عمر تقریبی ۳۰ سال به عنوان پرعمرترین ماهواره در تاریخ در کتاب گینس ثبت شد

لندست ۴

لندست تی ام نامیده می شود شامل هفت باند بود

40





لندست ۷

به نام ای تی ام پلاس نیز شناخته می شود که بعد از ماهواره قبلی که پرتابش شکست خورد اولین ماهواره ای بود که از رزولوشن ۱۵ متر پتتیبانی می کرد

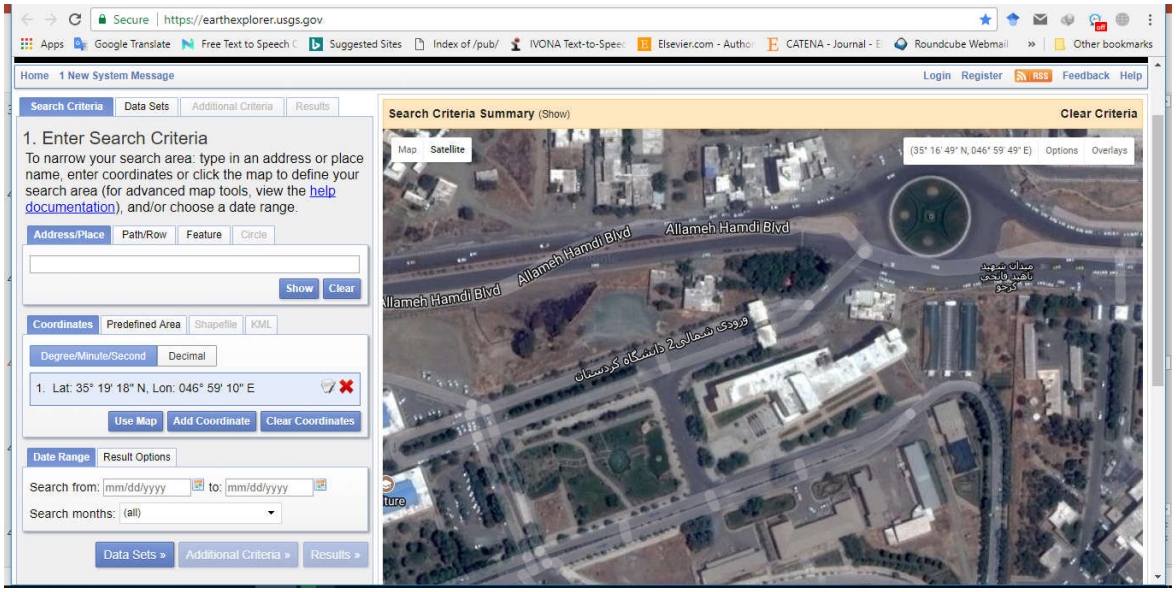
لندست ۸

شامل دو سنسور و در کل شامل ۱۱ باند است که رزولوشن های ۳۰ متری و ۱۵ متری و ۱۰۰ متری را در حالت حرارتی پشتیبانی می کند

لندست ۹

در حال طراحی پرتاب آن برای سال۲۰۲۳ می باشند

از لندست ۱ تا ۸ همکاری بین ناسا (مسئول پرتاب ماهواره ها) و USGS (مسئول دریافت و آرشیو تصاویر) وجود دارد.



لندست ۱و۲و۳

شماره باند	شرح باند	طول موج	رزولوشن
Band 4	Visible green	0.5 to 0.6 µm	60 meter
Band 5	Visible red	0.6 to 0.7 µm	60 meter
Band 6	Near infrared	0.7 to 0.8 µm	60 meter
Band 7	Near infrared	0.8 to 1.1 µm	60 meter

لندست ۴و۵

شماره باند	شرح باند	طول موج	رزولوشن
Band 1	Visible blue	0.45 to 0.52 µm	30 meter
Band 2	Visible green	0.52 to 0.60 µm	30 meter
Band 3	Visible red	0.63 to 0.69 µm	30 meter
Band 4	Near-infrared	0.76 to 0.90 µm	30 meter
Band 5	Short-wave infrared	1.55 to 1.75 µm	30 meter
Band 6	Thermal	10.4 to 12.3 µm	120 meter
Band 7	Short-wave infrared	2.08 to 2.35 µm	30 meter

43

لندست ۷

شماره باند	شرح باند	طول موج	رزولوشن
Band 1	Visible blue	0.45 to 0.52 µm	30 meter
Band 2	Visible green	0.52 to 0.60 µm	30 meter
Band 3	Visible red	0.63 to 0.69 µm	30 meter
Band 4	Near-infrared	0.76 to 0.90 µm	30 meter
Band 5	Near-infrared	1.55 to 1.75 µm	30 meter
Band 6	Thermal	10.4 to 12.3 µm	60 meter
Band 7	Mid-infrared	2.08 to 2.35 µm	30 meter
Band 8	Panchromatic	0.52 to 0.90 µm	15 meter

44

لندست ۸

شماره باند	شرح باند	طول موج	رزولوشن
Band 1	Coastal / Aerosol	0.433 to 0.453 µm	30 meter
Band 2	Visible blue	0.450 to 0.515 µm	30 meter
Band 3	Visible green	0.525 to 0.600 µm	30 meter
Band 4	Visible red	0.630 to 0.680 µm	30 meter
Band 5	Near-infrared	0.845 to 0.885 µm	30 meter
Band 6	Short wavelength infrared	1.56 to 1.66 µm	30 meter
Band 7	Short wavelength infrared	2.10 to 2.30 µm	60 meter
Band 8	Panchromatic	0.50 to 0.68 µm	15 meter
Band 9	Cirrus	1.36 to 1.39 µm	30 meter
Band 10	Long wavelength infrared	10.3 to 11.3 µm	100 meter
Band 11	Long wavelength infrared	11.5 to 12.5 µm	100 meter

45

هفت پند مولانا:

در بخشیدن خطای دیگران مانند شب باش.

در فروتنی مانند زمین باش.

در مهر و دوستی مانند خورشید باش.

هنگام خشم و غضب مانند کوه باش.

در سخاوت و کمک به دیگران مانند رود باش.

در هماهنگی و کنار آمدن با دیگران مانند دریا باش

خودت باش همانگونه که می نمایی.

46

جلسه پنجم

سنجش از دور

1

تحقیق (مقالات فارسی و انگلیسی ۱۰ سال اخیر)

- **کاربرد سنجش از دور در مطالعات و تحقیقات مرتبط با گرایش خود**

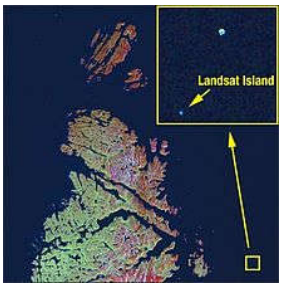
فرصت تحویل و ارائه تا آخر آذر ماه

۲ نمره پایان ترم

2

لندست ۱:

لندست ۱ قرار نبود به چنین نامی فراخوانده شود. اولین نامش Earth resource technology satellite بود. لندست ۱ راه را برای ماهواره مشاهدات زمینی به نام لندست هموار کرد.



زمان پرتاب: ۲۳ جولای ۱۹۷۲

زمان غیرفعال شدن: ۶ ژانویه ۱۹۷۸

جزیره ای در کانادا توسط این ماهواره کشف شد که اسم آن جزیره را لندست گذاشتند.

لندست ۲:

این ماهواره دومین ماموریت سری لندست بود که در ۲۲ ژانویه ۱۹۷۵ پرتاب شد و در آن از دو سنجنده یکی به نام RBV و دیگری مولتی اسپکترال (چند طیفی) استفاده شد. عرض برداشت ۱۸۵ کیلومتر بود که هر ۱۸ روز کل زمین را تصویر برداری میکرد.

زمان پرتاب: ۲۲ ژانویه ۱۹۷۵

زمان غیرفعال شدن: ۲۵ فوریه ۱۹۸۲

3

لندست ۳:

اولین ماهواره از سری لندست بود که به باند حرارتی مجهز شد. گرچه باند حرارتی آن در مدت زمان کمی پس از پرتاب دچار آسیب شد می توانست در امواج سبز و قرمز و دو باند مادون قرمز نزدیک از زمین تصویربرداری کند. این ماهواره در ۱۸ روز کل زمین را تصویربرداری میکرد.

زمان پرتاب: ۵ مارچ ۱۹۷۸

زمان غیرفعال شدن: ۳۱ مارچ ۱۹۸۳

لندست ۴:

این ماهواره سری چهارم از ماموریت ماهواره های لندست بود که به نام TM یا Thematic mapper شناخته شده است. لندست ۴ تصاویر را در ۷ باند جمع آوری کرده که چهار باند جدید نسبت به ۱ و ۲ و۳ به آن اضافه شده اند. همچنین رزولوشن نیز ارتقاء پیدا کرد. باندهی ۱ تا ۵ و ۷ رزولوشن ۳۰ متر دارند و باند ۶ یا همان باند حرارتی دارای کیفیت ۱۲۰ متر بود. این ماهواره کل زمین را در ۱۶ روز با عرض ۱۸۵ کیلومتر تصویربرداری می کند.

زمان پرتاب: ۱۶ جولای ۱۹۸۲

زمان غیرفعال شدن: ۱۴ دسامبر ۱۹۹۳

4

لندست ۵:

این ماهواره در کتاب رکوردهای گینس به عنوان پر عمرترین ماهواره با قدمت ۳۰ سال ثبت شد. در حالیکه این ماهواره برای حدود ۳ سال طراحی شده بود توانست بیش از ربع قرن دوام بیاورد و اطلاعات بسیار حیاتی را ثبت نماید.

زمان پرتاب: ۱ مارچ ۱۹۸۴

زمان غیرفعال شدن: ۵ ژوئن ۲۰۱۳

این ماهواره در باندهای آبی، سبز، قرمز، مادون قرمز دور، مادون قرمز نزدیک با کیفیت ۳۰ متر و باند حرارتی با کیفیت ۱۲۰ متر تصویربرداری می کند.

لندست ۶:

متاسفانه این تنها ماهواره ای از لندست بود که نتوانست در مدار قرار گیرد دلیل آن گسیختگی و پاره گی ای بود که موجب نرسیدن سوخت به موتورهای ماهواره شد. این ماهواره نوع آپدیت شده TM بود (Enhanced thematic mapper) که یک باند پانکروماتیک ۱۵ متری را اضافه کرده بود.

5

لندست ۷:

این ماهواره به نام +ETM شناخته می شود که یک باند با رزولوشن ۱۵ متر به آن اضافه شد و شامل باندهای آبی، سبز، قرمز، مادون قرمز نزدیک، مادون قرمز میانی با کیفیت ۳۰ متر و باند حرارتی با کیفیت ۶۰ متر است.

در سال ۲۰۰۳ یک مشکل مکانیکی و فنی در اصلاح کننده خطوط اسکن (SLC) بوجود آمد و داده ها را از آن تاریخ دارای مشکل کرد که ۲۰ درصد داده ها از بین می روند.

زمان پرتاب: ۱۵ آپریل ۱۹۹۹

زمان غیرفعال شدن: فعال است

لندست ۸:

این ماهواره به نام ماموریت ادامه دهنده داده های لندست (Landsat data continuity mission) یا به طور مختصر LDCM معرفی شده است که در ۱۱ فوریه ۲۰۱۳ به فضا پرتاب شد.

این ماهواره دارای دو سنسور است: یکی به نام OLI (مشاهده زمینی) و دیگری TIRS (حرارتی)

این دو سنسور با هم ۱۱ باند را تشکیل می دهند که ۷ عدد از آنها با +ETM اشتراک دارند. ۸ باند دارای رزولوشن ۳۰ متری، باند پانکروماتیک ۱۵ متری و دو باند حراراتی ۱۰۰ متری است.

6

Satellite	Ground Resolution	Spectral Bands	Swath Width	Repeat Cycle	Archive
LANDSAT MSS	80m multispectral scanner	4 multispectral	185 km	16 days	Since 1973
LANDSAT TM	30m thematic mapper	7 multispectral	185 km	16 days	Since 1984
LANDSAT ETM	30m thematic mapper 15m panchromatic	7 multispectral 1 panchromatic	185 km	16 days	Since 1999
LANDSAT 8	15/30/60	10 multispectral 1 panchromatic	185 km	16 days	Since 2013

ویژگی‌ها و کاربرد هر یک از باندهای سنجنده TM

باند	طول موج و محل اسمی طیف (میکرومتر)	کاربرد
۱	آبی (۰/۴۵-۰/۵۲)	تجزیه و تحلیل کاربری اراضی، خاک و ویژگی‌های پوشش گیاهی، مطالعات آب‌شناسی، طول موج‌های کمتر از ۰/۴۵μm، اساساً تحت تأثیر جذب و پخش اتمسفری قرار می‌گیرند.
۲	سبز (۰/۵۲-۰/۶۰)	این باند ناحیهٔ بین باندهای جذب کلروفیلی آبی و قرمز را شامل می‌شود، بنابراین با بازتاب سبز پوشش گیاهی سالم انطباق دارد. این باند برای مطالعهٔ سرعت رشد گیاهان سالم مفید است.
۳	قرمز (۰/۶۲-۰/۶۹)	یکی از مهمترین باندهای تفکیک پوشش گیاهی است. این باند در جداسازی مرزهای خاک و پدیده‌های زمین شناسی کاربرد دارد و ممکن است کنتراست بیشتری از باندهای ۱و۲ از خود نشان دهد. به‌دلیل آنکه مرز (میکرومتر) ۰/۶۹ نقطهٔ آغاز ناحیهٔ طیفی از (میکرومتر) ۰/۶۸-۰/۷۵جایی‌که بازتاب پوشش گیاهی است و می‌تواند دقت تحقیقات پوشش گیاهی را بکاهد
٤	مادون قرمز انعکاسی (۰/۷۵-۰/۹۰)	بنا به دلایلی که در بالا ذکر شد، حد پایینی برای این باند بالای (میکرومتر)۰/۷۵ قرار داده شده است. این باند ویژه، پاسخگوی میزان بیوماس پوشش گیاهی است و برای تشخیص محصول ، خاک و منابع آب کاربرد دارد. این باند برای متمایز کردن ابر، برف و یخ و تحقیقات هیدرولوژی مفید است.
۵	مادون قرمز میانی (۱/۵۵-۱/۷۵)	این باند به میزان آب گیاه حساس است. و اطلاعات مربوط به این باند برای مطالعات خشکی محصول یا شادابی گیاه و مطالعهٔ خاک مفید است
٦	حرارتی (۱۰/٤۲-۱۲/۵)	این باند میزان تشعشع مادون قرمز ساطع شده را اندازه‌گیری می‌کند و برای فعالیت‌های ژئوترمال، طبقه‌بندی پوشش گیاهی، تحقیقات زمین‌شناسی، رطوبت خاک و تنش‌های پوشش گیاهی مؤثر است
۷	مادون قرمز میانی (۲/۰۸-۲/۳۵)	این باند برای متمایز کردن تشکیلات زمین‌شناسی و در تشخیص فعالیت‌های ژئوترمال و نواحی دارای تغییرات هیدوترمال مفید است

مشخصات ماهوارهٔ لندست ۷ و سنجندهٔ +ETM

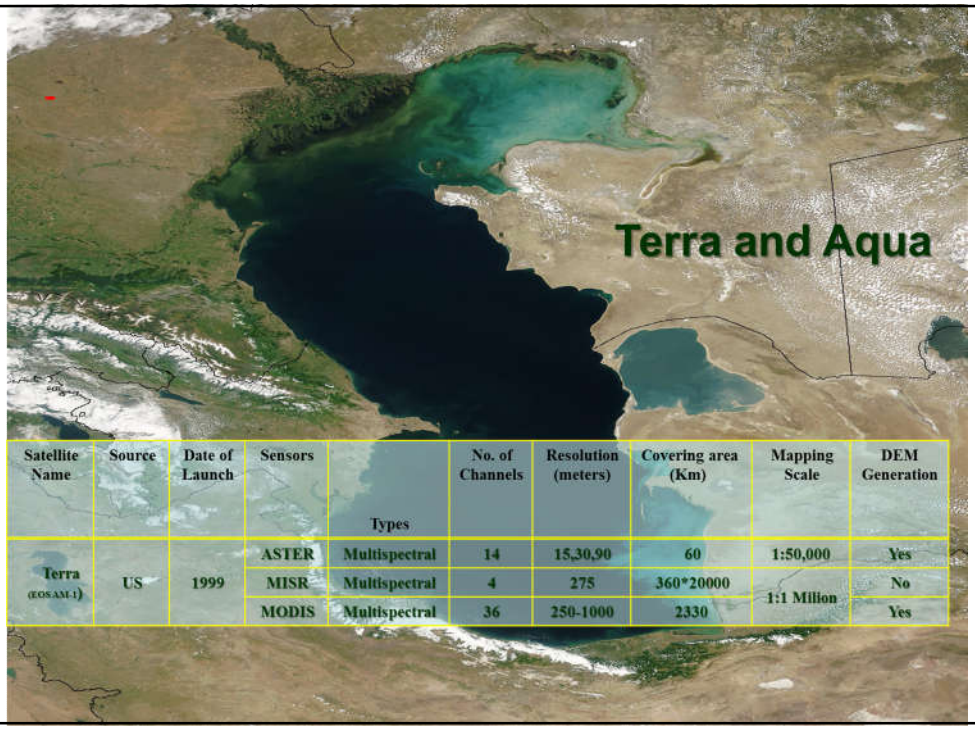
شمارهٔ باند	محدودهٔ طیفی (میکرومتر)	قدرت تفکیک مکانی (متر)
۱	۰/٤٥–۰/٥١٥	۳۰
۲	۰/٥٢٥–۰/٦۰٥	۳۰
۳	۰/٦۳–۰/٦۹	۳۰
٤	۰/۷٥–۰/۹۰	۳۰
٥	۱/٥٥–۱/۷٥	۳۰
٦	۱۰/٤–۱۲/٥	٦۰
۷	۲/۰۹–۲/۳٥	۳۰
پانکروماتیک	۰/٥۲–۰/۹۰	۱٥

9

مقایسهٔ محدوده‌های طیفی باندهای TM و +ETM

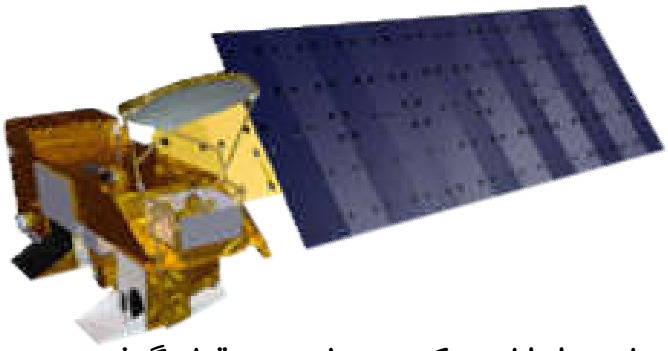
باند سنجنده	باند ۱	باند ۲	باند ۳	باند ٤	باند ٥	باند ٦	باند ۷	باند ۸
TM	۰/٤٥–۰/٥۲	۰/٥۲–۰/٦۰	۰/٦۳–۰/٦۹	۰/۷٦–۰/۹۰	۱/٥٥–۱/۷٥	۱۰/٤–۱۲/٥	۲/۰۸–۲/۳٥	———
+ETM	۰/٤٥–۰/٥۲	۰/٥۳–۰/٦۱	۰/٦۳–۰/٦۹	۰/۷۸–۰/۹۰	۱/٥٥–۱/۷٥	۱۰/٤–۱۲/٥	۲/۰۹–۲/۳٥	۰/٥۲–۰/۹۰

10



Satellite Name	Source	Date of Launch	Sensors	Types	No. of Channels	Resolution (meters)	Covering area (Km)	Mapping Scale	DEM Generation
Terra (EOS AM-1)	US	1999	ASTER	Multispectral	14	15,30,90	60	1:50,000	Yes
			MISR	Multispectral	4	275	360*20000	1:1 Milion	No
			MODIS	Multispectral	36	250-1000	2330		Yes

11



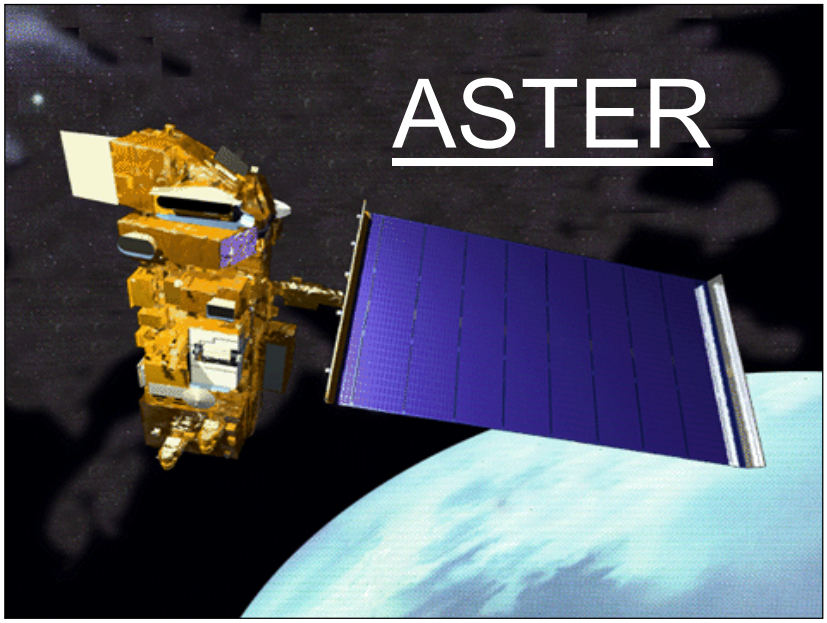
- آکوا (Aqua) ماهواره علمی- پژوهشی چندملیتی ناسا است که در مدار زمین قرار گرفته و به مطالعه بارندگی، تبخیر سطحی و چرخه آب می‌پردازد. آکوا دومین ماهواره از سامانه دیده‌بانی زمین است که پس از ماهواره ترا (پرتاب‌شده در ۱۹۹۹) و پیش از ماهواره آئورا (پرتاب‌شده در ۲۰۰۴)، در سال ۲۰۰۲ از پایگاه نیروی هوایی وندنبرگ توسط راکت دلتا ۲ به فضا پرتاب شد.

12

Terra (satellite)

ماهوارهٔ TERRA که حاصل پروژهٔ مشترک کشورهای آمریکا، کانادا و ژاپن بوده دارای پنج سنجنده است. در حال حاضر مرکز سنجش از دور ایران داده‌های سنجنده MODIS[1] را دریافت می‌کند. تصاویر دریافتی این ماهواره هر دو روز یک‌بار کرهٔ زمین را پوشش می‌دهد.

13



14

ASTER - specifications

Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer

- Width of one scene 60 km.

- 14 image bands:

Visible & Near IR *(VNIR)*

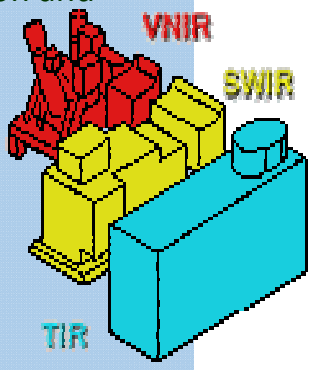
3 bands; resolution: 15 m.

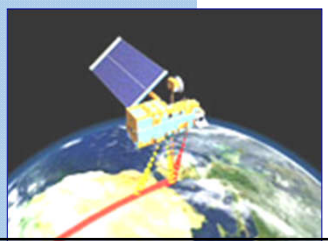
Short Wave Infra-Red *(SWIR)*

6 bands; resolution: 30 m

Thermal IR *(TIR)*

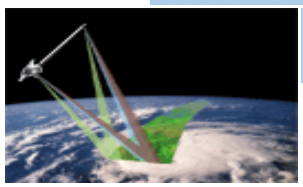
5 bands; resolution: 90 m.



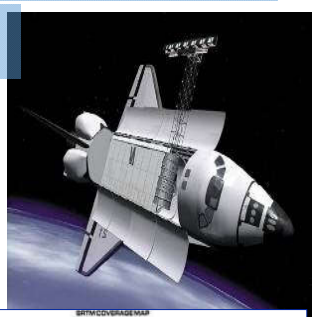


15

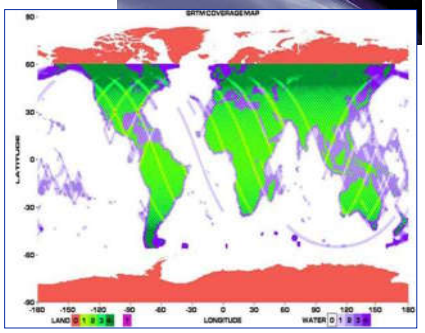
Shuttle Radar Topography Mission



Resolution: cell size of approx. 92 m



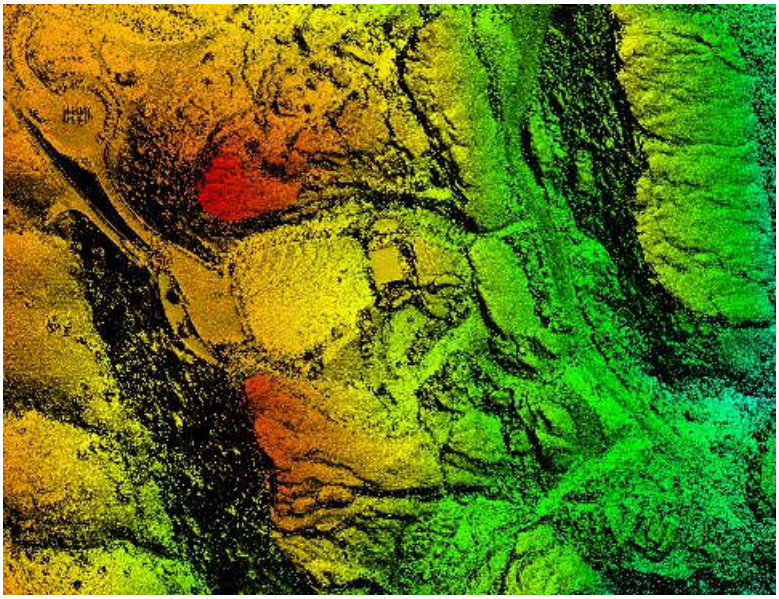
Blocks of 1 x 1 degre



16

- مأموریت مکان‌نگاری شاتل رادار (Shuttle Radar Topography Mission) که به اختصار SRTM نامیده می‌شود، پروژه تحقیقاتی جهانی برای تهیه مدل‌های رقومی ارتفاع است که گستره‌ای تقریباً جهانی بین مدارهای ۵۶ درجه جنوبی و ۶۰ درجه شمالی را برای فراهم کردن کامل‌ترین پایگاه داده مکان‌نگاری با وضوح بالا در بر می‌گیرد.
- وضوح داده‌های خام SRTM یک ثانیه قوسی (۳۰ متر) است ولی دسترسی به داده‌های با این دقت فقط برای دولت فدرال ایالات متحده آمریکا امکان‌پذیر است. در نوامبر ۲۰۱۱ داده‌های با دقت یک ثانیه قوسی برای استرالیا نیز فراهم شد ولی استفاده از داده‌های خام در انحصار دولت است. داده‌های SRTM برای سایر نقاط جهان دارای دقت ۹۰ متر (۳ ثانیه قوسی) است.
- در سپتامبر ۲۰۱۴، کاخ سفید اعلام کرد که بالاترین دقت داده‌های SRTM در پایان سال ۲۰۱۵ برای همه دنیا در دسترس خواهد بود و هم‌اکنون داده‌های جدید با دقت ۱ ثانیه قوسی (۳۰ متر) برای همه نقاط تحت پوشش پروژه قابل دانلود است.

17



18

IRS Indian National RS Agency

www.nrsa.gov.in/•

nrsa

Data Reservoir for Planet Earth

19

ماهواره‌های IRS هندوستان

IRS-1A و IRS-1B به ترتیب در سال‌های ۱۹۸۸ و ۱۹۹۱ به فضا پرتاب شدند که پوشش طیفی و زمینی آنها مشابه سیستم ماهوارهٔ لندست MSS است. (ASPRS ،۱۹۹٦). سنجندهٔ LISS پوشش طیفی در چهار باند با قدرت تفکیک زمینی ۷۲/۵ (IRS-۱A/LISSI) و ۳٦/۲۵ متر (IRS-IB/LISS II) است. IRS-۱C ، اولین ماهوارهٔ نسل دوم ماهواره IRS است که در ۲۸ دسامبر ۱۹۹۵ به فضا پرتاب شد. IRS-۱C دارای باند پانکروماتیک با قدرت تفکیک زمینی ۵/۸ متر و عرض تصویربرداری ۷۰ کیلومتر است. سنجندهٔ چند طیفی LISS III دارای باندهایی معادل باندهای TM۲، TM۳، TM٤ و TM۵ و قدرت تفکیک طیفی زمینی ۲۳/۵ متر برای باندهای نور مرئی و مادون قرمز نزدیک و عرض تصویربرداری تقریبی آنها ۱٤۰ کیلومتر است. (جدول ۸–۵). IRS-ID همانند IRS-۱C است که در ۲۹ سپتامبر ۱۹۹۷ به فضا پرتاب شد. به‌طور کلی ماهواره‌های سری IRS (هندی) توانایی اساسی برای نقشه‌برداری مشابه ماهوارهٔ لندست MSS و TM و با اختلاف زیادی در بهبود قدرت تفکیک زمینی (باند پانکروماتیک IRS-۱C با قدرت تفکیک زمینی ۵/۸ متر) دارند.

20

IRS – 1D

Satellite Name	Source	Dates of Launch	Sensors	Types	No. of Channels	Resolution (meters)	Covering area (Km)	Mapping Scale	DEM Generation
IRS-1D	India	1997	WiFS	Multispectral	2	188	810	1:1 Milion	Yes
			LISS-III	Multispectral	3	23	140	1:100,000	
					1	70		1:250,000	
			Pan	Panchromatic	1	5.8	23,70	1:25,000	

520 - 590 nm
620 - 680 nm
770 - 860 nm
1550 - 1700 nm
WIFS:
620 – 680 nm
770-860

land use
NDVI, LAI, biomass
http://www.euromap.de/doc_004.htm

21

		IRS-1C		
مشخصات ماهواره	نام ماهواره	IRS-1C		
	کشور سازنده	هندوستان		
	تاریخ پرتاب	۲۸ دسامبر ۱۹۹۵		
	سکوی پرتاب	موشک روسی		
	وضعیت فعلی	فعال		
سنجنده	نام سنجنده	WIFS	LISS-III	PAN
	قدرت تفکیک زمینی	۱۸۸ متر	۷۰ متر SWIR	۵/۸ متر
	عرض تصویربرداری	۸۰۰ Km	۱٤۰ Km	۷۰ Km
	تعداد باندها	۳	٤	۱
	محدوده طیفی	۰/٦۲-۰/٦۸μm ۰/۷۷-۰/۸٦ μm	۰/۵۲-۰/۵۹ μm ۰/٦۲-۰/٦۸ μm ۰/۷۷-۰/۸٦ μm ۱/۵۰-۱/۷۰ μm	۰/۵۰-۰/۷۵ μm
اطلاعات مداری	مدار	شبه قطبی		
	ارتفاع	۸۱۷ Km		
	زاویه میل	۹۸/۷		
	بازگشت	۲٤ روز LISS III و ۵ روز PAN & WIFS		

		IRS-1D		
مشخصات ماهواره	نام ماهواره	IRS-1D		
	کشور سازنده	هندوستان		
	تاریخ پرتاب	۱۹۹۷		
	وضعیت فعلی	فعال		
سنجنده	نام سنجنده	WIFS	LISS-III	PAN
	قدرت تفکیک زمینی	۱۸۸ متر	۷۰ متر SWIR	۵/۸ متر
	عرض تصویربرداری	۷۲۸-۸۰۰ Km	۱۲۷-۱٤۱ Km	٦۳-۷۰ Km
	تعداد باندها	۲	٤	۱
	محدوده طیفی	۰/٦۲-۰/٦۸ μm ۰/۷۷-۰/۸٦ μm	۰/۵۲-۰/۵۹ μm ۰/٦۲-۰/٦۸ μm ۰/۷۷-۰/۸٦ μm ۱/۵۰-۱/۷۰ μm	۰/۵۰-۰/۷۵ μm
اطلاعات مداری	مدار	شبه قطبی		
	ارتفاع	۸۱۷ Km		
	زاویهٔ میل	۹۸/۷		
	بازگشت	۲٤ روز LISS III و ۵ روز PAN & WIFS		

مشخصات ماهواره‌های IRS-1C و IRS-1D

22

Serial No.	Satellite	Date of Launch	Launch Vehicle	Status
1	IRS-1A	17 March 1988	Vostok, USSR	Mission Completed
2	IRS-1B	29 August 1991	Vostok, USSR	Mission Completed
3	IRS-P1 (also IE)	20 September 1993	PSLV-D1	Crashed, due to launch failure of PSLV
4	IRS-P2	15 October 1994	PSLV-D2	Mission Completed
5	IRS-1C	28 December 1995	Molniya, Russia	Mission Completed
6	IRS-P3	21 March 1996	PSLV-D3	Mission Completed
7	IRS 1D	29 September 1997	PSLV-C1	Mission Completed
8	IRS-P4 (Oceansat-1)	27 May 1999	PSLV-C2	Mission Completed
9	Technology Experiment Satellite (TES)	22 October 2001	PSLV-C3	Mission Completed
10	IRS P6 (Resourcesat-1)	17 October 2003	PSLV-C5	In Service

23

11	IRS P5 (Cartosat 1)	5 May 2005	PSLV-C6	In Service
12	IRS P7 (Cartosat 2)	10 January 2007	PSLV-C7	In Service
13	Cartosat 2A	28 April 2008	PSLV-C9	In Service
14	IMS 1	28 April 2008	PSLV-C9	In Service
15	Oceansat-2	23 September 2009	PSLV-C14	In Service
16	Cartosat-2B	12 July 2010	PSLV-C15	In Service
17	Resourcesat-2	20 April 2011	PSLV-C16	In Service
18	Megha-Tropiques	12 October 2011	PSLV-C18	In Service
19	RISAT-1	26 April 2012	PSLV-C19	In Service
20	SARAL	25 Feb 2013	PSLV-C20	In Service
21	RESOURCESAT-2A	07 Dec 2016	PSLV-C36	In Service
22	Cartosat-2D	15 Feb 2017	PSLV-C37	In Service
23	Cartosat-2E	23 June 2017	PSLV-C38	In Service

24

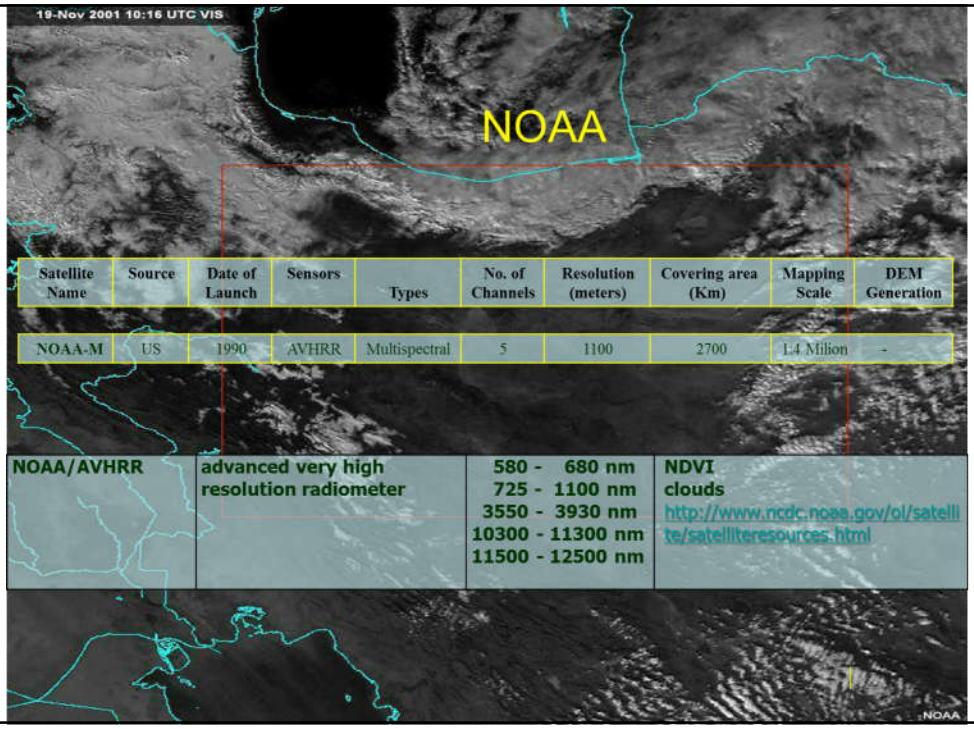
ماهواره‌های هواشناسی NOAA [1]

اولین ماهواره از سری NOAA ، در سال ۱۹۷۰ به فضا پرتاب شد و در ارتفاع ۸۵۰ کیلومتر، شروع به فعالیت کرد. در حال حاضر ماهواره‌های ۱٤ ، ۱۵ ، ۱٦ و ۱۷ در مدار قرار دارند. این ماهواره‌ها دارای سنجنده‌ای به‌نام AVHRR [2] هستند که دارای پنج باند طیفی با قدرت تفکیک زمینی ۱/۱ کیلومتر می‌باشند.

ماهوارهٔ NOAA دارای پوشش روزانه و شبانه است. این ماهواره دارای باند مادون قرمز حرارتی است که از طریق آن می‌توان به تخمین درجهٔ حرارت سطح کرهٔ زمین پرداخت.

1 - Notional Oceanic and Atmospheric Adminstration (NOAA)
2 - Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR)

25



Satellite Name	Source	Date of Launch	Sensors	Types	No. of Channels	Resolution (meters)	Covering area (Km)	Mapping Scale	DEM Generation
NOAA-M	US	1990	AVHRR	Multispectral	5	1100	2700	1:4 Milion	-

26

مشخصات طیفی باندهای سنجنده AVHRR ماهوارهٔ NOAA

باند	NOAA -٦-٨-١٠ (طول موج میکرومتر)	NOAA -٧-٩-١١-١٢-١٣-١٤-١٥ (طول موج میکرومتر)
١	٠/٥٨-٠/٦٨	٠/٥٨-٠/٦٨
٢	٠/٧٢-١/١٠	٠/٧٢٥-١/١٠
٣	٣/٥٥-٣/٩٣	٣/٥٥-٣/٩٣
٤	١٠/٥-١١/٥	١٠/٣-١١/٣
٥		١١/٥-١٢/٥

27

- نوآ-١٩ (NOAA19) با نام NOAA-N پیش از پرتاب، آخرین ماهواره از سری ماهواره‌های هواشناسی POESمتعلق به اداره ملی اقیانوسی و جوی ایالات متحده آمریکا است که قرار بود با نسل بعدی این ماهواره‌ها به‌نام NPOESS جایگزین شود ولی پروژه NPOESS لغو شد. ماهواره نوآ-١٩ در ۶ فوریه ۲۰۰۹ توسط راکت دلتا ۲ از پایگاه نیروی هوایی وندنبرگ به فضا پرتاب شد.

کاربردهای ماهواره ی نوآ

- با استفاده از این ماهواره می توان تغییرات بد آب و هوایی را پیش بینی کرد و از خطرات احتمالی جلوگیری به عمل آورد.
- این ماهواره همچنین دارای دو ابزار جستجو و نجات است که جهت کمک به ردیابی کشتی ها، هواپیما ها و افراد در خطر در سراسر جهان به کار می رود.
- از دیگر موارد می توان به اندازه گیری حرارت سطح آب ها و دینامیک اقیانوس ها،بررسی فوران های آتشفشانی و کشف آتش سوزی اشاره کرد.

28

ماهواره‌های روسی KATE و MKF

ماهواره‌های روسی که اولین سری آن در سال ۱۹۸۰ در مدار قرار گرفت، دارای چهار سیستم سنجنده بودند که سه‌تای آنها به‌صورت اسکنر الکترونیکی در محدودهٔ نور مرئی و مادون قرمز نزدیک و چهارمی یک سیستم عکاسی با فیلم رنگی با قدرت تفکیک بالا بود.

29

مشخصات چند ماهوارهٔ روسی

نام سنجنده	شمارهٔ باند	طول موج (میکرومتر)	عرض باریکه (کیلومتر)	اندازهٔ پیکسل (متر)
KATE-۱٤۰	۱	۰/۵۰ – ۰/٦۰	۲۷۰	٦۰
MKF-٦۰	۱	۰/٤٦ – ۰/۵۳	۲۰۰	۳۰
	۲	۰/۵۲ – ۰/۵٦		
	۳	۰/۵۸ – ۰/٦۲		
	٤	۰/٦٤ – ۰/٦۸		
	۵	۰/۷۰ – ۰/۷٤		
	٦	۰/۷۹ – ۰/۹۰		
KATE-۲۰۰	۱	۰/۵۰ – ۰/٦۰	۱۸۰	۳۰
	۲	۰/٦۰ – ۰/۷۰		
	۳	۰/۷۰ – ۰/۹۰		
MKF-۱۰۰	۱	۰/۵۷ – ۰/۸۰	٦۰	۵–۱۰

30

ماهواره اسپات

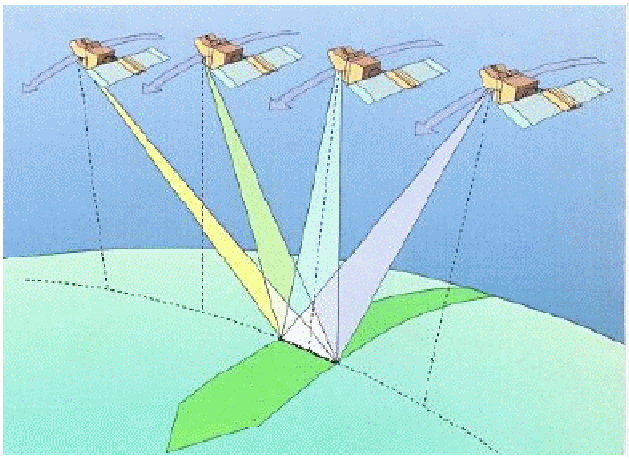
ماهوارهٔ اسپات ۱ در ۲۲ فوریهٔ ۱۹۸٦ با همکاری کشورهای فرانسه، بلژیک و سوئد به فضا پرتاب شد. ماهواره‌های اسپات ۲، ۳ و ٤ به ترتیب در سال‌های ۱۹۹۰، ۱۹۹۳ و ۱۹۹۸ به فضا پرتاب شدند. این ماهواره‌ها دارای دو سنجندهٔ مشابه به‌نام‌های HRV_1[1] و HRV_2 هستند که به‌طور همزمان کار می‌کنند. هر دو سنجنده در دو حالت زمین را اسکن می‌کنند. حالت اول سنجنده، به‌صورت چند طیفی (XS) با سه باند سبز، قرمز و مادون قرمز نزدیک و قدرت تفکیک مکانی ۲۰ متر تصویربرداری می‌کند. در حالت دوم، به‌صورت تک باندی (Pan) با قدرت تفکیک مکانی ۱۰ متر و در دامنهٔ طیفی وسیعی عمل می‌کند.

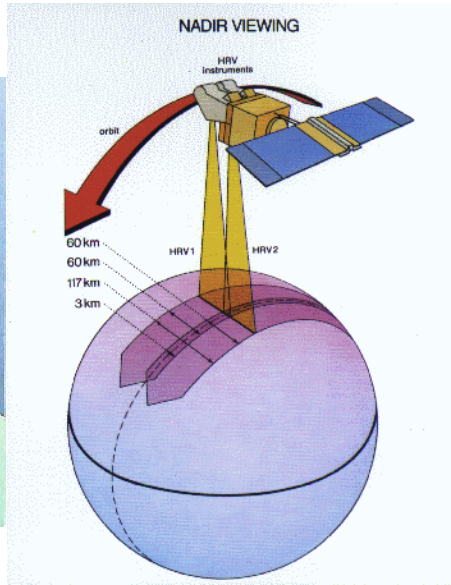
31

محورهای سنجنده‌های این ماهواره می‌تواند از حالت قائم به حالت مایل تبدیل شود. این ویژگی موجب می‌شود امکان تصویربرداری مکرر در فواصل زمانی کوتاه و همچنین تولید تصاویر زوجِ استریو فراهم شود.

تصاویر زوج استریوی[1] اسپات، سبب ارجحیت این تصاویر نسبت به تصاویر لندست گردیده است. هر دو سنجندهٔ HRV در دو حالت دید قائم و مایل، تصویربرداری می‌کنند.

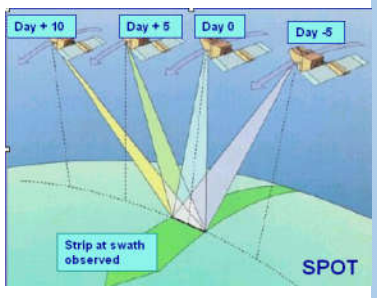
32





33

SPOT 1 – 4 - specifications



Area covered by one scene : 60 * 60

Temporal resolution:

- **vertical look angle: 26 days**
- **oblique look angle: 4 days**

Orbit nearly polar and sun-synchronic (823 km high)

Average spectral resolution:

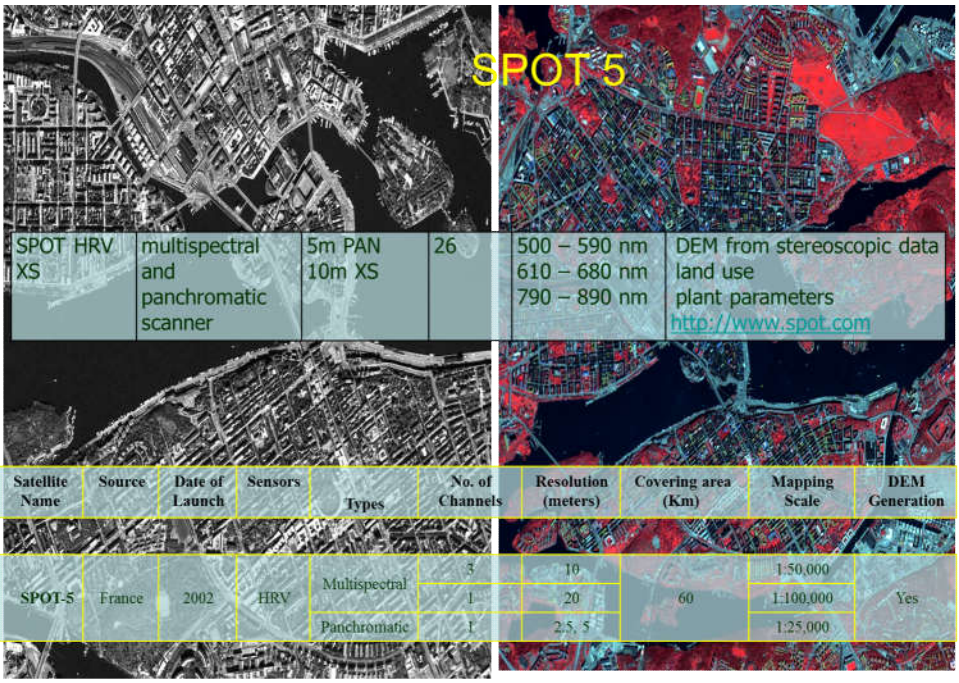
- **3 bands in xs mode (0.50 - 0.89 nm)**
- **1 band in panchromatic mode (0.50 - 0.75 nm)**

Average spatial resolution:

- **Xs mode : 20 m**
- **Panchromatic mode: 10 m**

Stereo capabilities

34



SPOT HRV XS	multispectral and panchromatic scanner	5m PAN 10m XS	26	500 – 590 nm 610 – 680 nm 790 – 890 nm	DEM from stereoscopic data land use plant parameters http://www.spot.com

Satellite Name	Source	Date of Launch	Sensors	Types	No. of Channels	Resolution (meters)	Covering area (Km)	Mapping Scale	DEM Generation
SPOT-5	France	2002	HRV	Multispectral	3	10	60	1:50,000	Yes
					1	20		1:100,000	
				Panchromatic	1	2.5, 5		1:25,000	

35

KOMPSAT (Korea Multi-Purpose Satellite)

- KOMPSAT 1 در دسامبر ۱۹۹۹ به فضا پرتاب شد که یک سنجنده با دوربین الکتریکی-نوری حمل می کند و KOMPSAT-2 در جولای ۲۰۰۶ به فضا پرتاب شد که یک سنجنده با دوربین چند طیفی حمل میکند.

KOMPSAT-2	KOMPSAT-1	ویژگیها
خورشیدآهنگ	خورشیدآهنگ	مدار هندسه
685 km	685 km	ارتفاع مدار
15 km	24 km	پهنای باند
1mسیاه وسفید ۴ متر رنگی	6 m	قدرت تفکیک
500-900 nmسیاه وسفید ۴۵۰-۹۰۰ nm چندطیفی(۴ باند)		پهنای باند طیفی

36

Parameter / Mission	KOMPSAT-1	KOMPSAT-2	KOMPSAT-3	KOMPSAT-5
Launch date	Dec. 20, 1999	July 28, 2006	May 17, 2012	August 22, 2013
Main payload	EOC (Electro Optical Camera)	MSC (Multispectral Camera)	AEISS (Advanced Earth Imaging Sensor System)	COSI (Corea SAR Instrument), X-band
Resolution/swath width	6.6 m (Pan) 17 km	1 m (Pan) / 15 km 4 m (4 x MS) / 15 km	0.7 m (Pan) / 16.8 km 2.8 m (4 x MS) / 16.8 km	1 m / 5 km 3 m /30 km 20 m / 100 km
Orbital altitude	685 km	685 km	685 km	550 km
LTAN	10:50 hours	10:50 hours	13:30 hours	6:00 hours
Spacecraft design life	3 years	3 years	4 years	5 years
Spacecraft mass	470 kg	770 kg	980 kg	1400 kg
Spacecraft power	636 W	1.0 kW	1.3 kW	1.4 kW

37

Satellite mission	Launch date	Mission altitude	Remark
KOMPSAT-1	Dec. 21, 1999	685 km SSO	End of mission on Dec. 30, 2007
KOMPSAT-2	July 28, 2006	685 km SSO	In operation
KOMPSAT-3	May 18, 2012	685 km SSO	In operation
KOMPSAT-5	Aug. 22, 2013	550 km SSO	In operation
KOMPSAT-3A	Mar. 25, 2015	528 km SSO	In operation

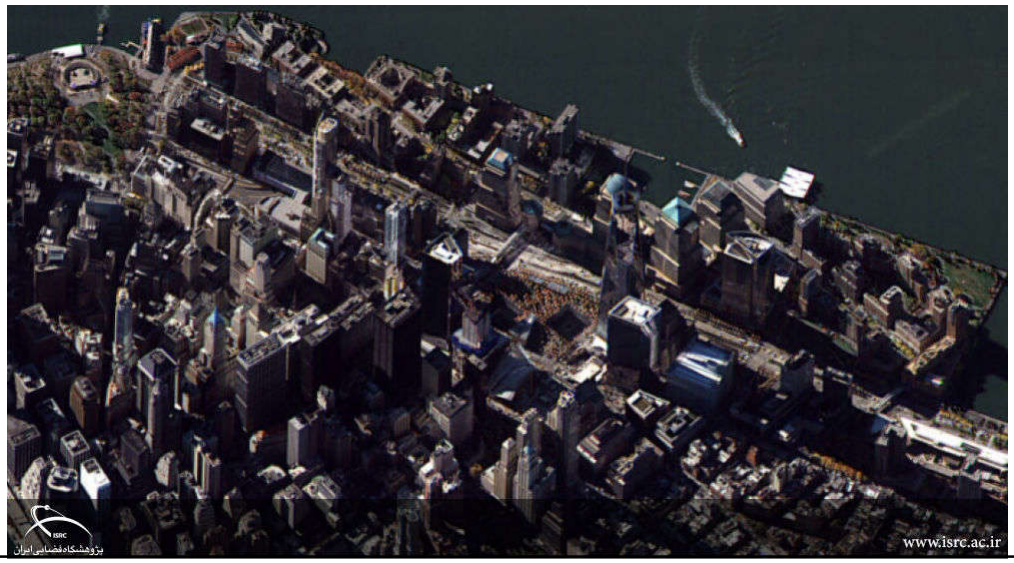
38

KOMPSAT-3A (Korea Multi-Purpose Satellite-3A) / Arirang-3A

- **ماهواره Kompsat-3A از همان ابزار تصویربرداری که در ماهواره Kompsat-3 وجود داشت، استفاده می‌کند. با این تفاوت که Kompsat-3A از فاصله مداری ۵۲۸ کیلومتری و Kompsat-3 از فاصله مداری ۶۷۵ کیلومتر فعالیت می‌کند. بدین ترتیب Kompsat-3A با نزدیکتر شدن به زمین، تصاویری با دقت بهتر یعنی ۵۰ سانتی‌متر را در مقایسه با تصاویر دارای دقت ۷۰ سانتی‌متر Kompsat-3 ارائه می‌دهد. تصاویر دریافت شده از این ماهواره دارای مسیرهایی با پهنای ۱۳ کیلومتر بوده و تصویربرداری رنگی آن نیز دارای دقت ۲/۲ متر است.**

39

تصویری از شهر نیویورک که در تاریخ ۱۳ آبان ۱۳۹۴ با استفاده از ماهواره Kompsat-3A کره جنوبی دریافت شده است. این تصویر نمونه‌ای از محصولات شرکت SIIS کره است که در بازار به فروش می‌رسد.

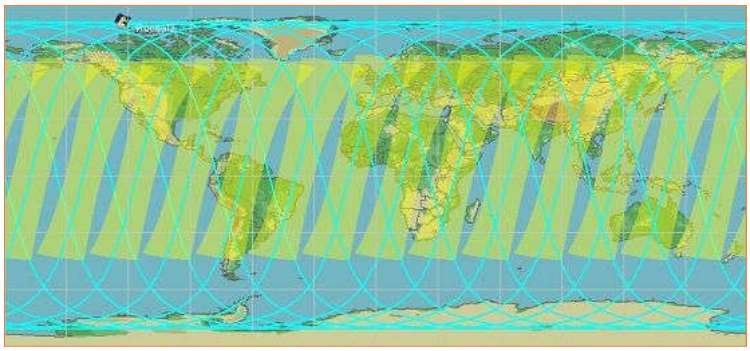


40

تایوان

Formosat-2

Spatial resolution:
- panchromatic: 2 m
- Multi-spectral: 8 m
- Daily revisit capability



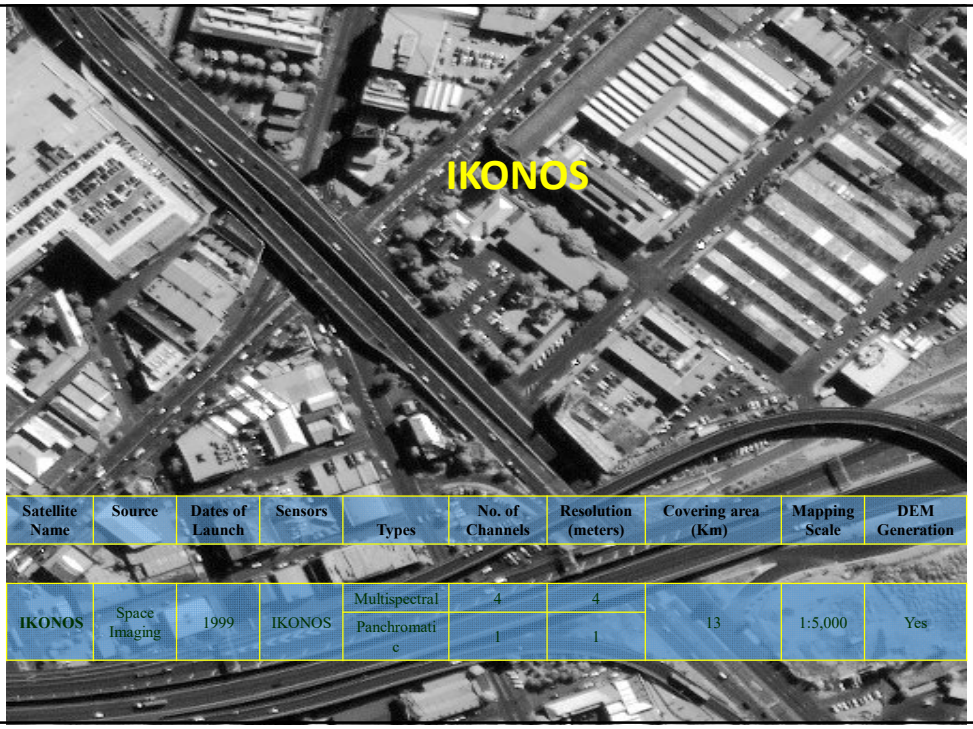
41

- شرکت آمریکایی اسپیس ایکس در سال ۲۰۱۷، ماهواره مشاهده زمین فورموست-۵، ساخت تایوان را توسط حامل فضایی فالکون-۹ از پایگاه هوایی واندنبرگ کالیفرنیا به فضا پرتاب کرد.
- ماهواره خورشید آهنگ فورموست-۵ ساخت سازمان فضایی تایوان که توسط موشک فالکون-۹ در ارتفاع ۷۲۰ کیلومتری زمین قرار گرفت، بمدت حداقل ۵ سال مطالعاتی در مورد زمین انجام خواهد داد. محموله اصلی این ماهواره ابزار اپتیکی سنجش از دور با توان تفکیک ۲ متر برای تصاویر سیاه و سفید(تک باندی) و توان تفکیک ۴ متر برای تصاویر چند طیفی می باشد.

42

Key parameter	FormoSat-5	FormoSat-2
Orbit, SSO (Sun Synchronous Orbit)	720 km	891 km
Revisit time (capability)	Every other day	Daily
LTDN (Local Time of Descending Node)	9:45-10:15 hours	9:30-10:30 hours
Spacecraft design life	5 years	5 years
Reliability	> 0.6 as a design goal at EOL	> 0.6 at EOL
GSD (Ground Sample Distance)	2 m (Pan), 4 m (MS)	2 m (Pan), 8 m (MS)
Swath width	24 km	24 km
Spectral bands	1 Pan + 4 MS	1 Pan + 4 MS
System CTF (Contrast Transfer Function), Pan	≥ 0.1	≥ 0.12
SNR (Signal-to-Noise Ratio), Pan	≥ 92	≥ 92
Duty cycle of RSI (Remote Sensing Imager)	≥ 8% per orbit	≥ 8% per orbit
FOR (Field of Regard)	±45°	±45°
Spacecraft agility	Roll : 24°/60 s Pitch : 24°/60 s Yaw : 7°/60 s	Roll : 60°/60 s Pitch : 50°/60 s Yaw : 35°/60 s
Pointing accuracy	0.1° per axis	0.1° per axis
Geo-accuracy of imagery	With GCP: 2 m W/O GCP: 390 m	With GCP: 2 m W/O GCP: 470 m
On-board storage capacity	80 Gbit	45 Gbit
Downlink availability for image data	≥ 7 orbits/day	≥ 7 orbits/day
Spacecraft mass	~525 kg	764 kg

43



Satellite Name	Source	Dates of Launch	Sensors	Types	No. of Channels	Resolution (meters)	Covering area (Km)	Mapping Scale	DEM Generation
IKONOS	Space Imaging	1999	IKONOS	Multispectral	4	4	13	1:5,000	Yes
				Panchromatic	1	1			

44

ماهوارهٔ IKONOS-۱ ، در ۲۷ آوریل ۱۹۹۹ به فضا پرتاب شد که متأسفانه در مدار قرار نگرفت. به‌همین دلیل IKONOS-۲ قبل از برنامهٔ تعیین شده در ۲٤ سپتامبر ۱۹۹۹ در مدار قرار گرفت و سپس نام آن به IKONOS تغییر یافت. ایکونوس، اولین ماهوارهٔ تصویر برداری تجاری است که قادر به جمع‌آوری تصاویر پانکروماتیک با قدرت تفکیک ۱ متر با عرض تصویر به میزان ۱۱ کیلومتر و همچنین تصاویر چند طیفی با قدرت تفکیک چهار متر در چهار باند آبی، سبز، قرمز و مادون قرمز نزدیک، همانند محدودهٔ باندهای یک تا چهار ماهوارهٔ لندست ٤ و ۵ است. ایکونوس، دارای مدار بیضی‌شکل شبه قطبی، خورشید آهنگ و سیستم تصویربرداری با آرایش خطی و فاصلهٔ کانونی ۱۰ متر است. سنجندهٔ این ماهواره در ارتفاع ٦۸۱ کیلومتری زمین قادر است، تصاویر پانکروماتیک با قدرت تفکیک ۸۲ سانتی‌متر و تصاویر چند طیفی با قدرت تفکیک زمینی چهار متر برداشت کند. سه آنتن GPS[1] موقعیت و وضعیت ماهواره را در هر لحظه ارائه می‌کنند. این ماهواره با سرعت ۷ کیلومتر در ثانیه قادر به تصویر برداری است. جدول ۱۱-۵ ویژگی‌های این ماهواره را نشان می‌دهد.

جدول ۱۱-۵: ویژگی‌های ماهوارهٔ ایکونوس

مشخصات ماهواره	نام ماهواره	IKONOS	
	کشور سازنده	ایالات متحده آمریکا	
	تاریخ پرتاب	۲٤ سپتامبر ۱۹۹۹ – ساعت ۱۱/۲۱ صبح	
	سکوی پرتاب	آتنا ۲	
	وضعیت فعلی	فعال	
سنجنده	نام سنجنده	پانکروماتیک	چند طیفی
	قدرت تفکیک زمینی	۱ متر	٤ متر
	عرض تصویربرداری	۱۱ کیلومتر	۱۱ کیلومتر
	تعداد باندها	۱	٤
	دامنهٔ طیفی (میکرومتر)	۱: ۰/٤۵-۰/۹۰ µm	باند ۱: ۰/٤۵-۰/۵۲ µm باند ۲: ۰/۵۲-۰/٦۰ µm باند ۳: ۰/٦۲-۰/٦۹ µm باند ٤: ۰/۷٦-۰/۹۰ µm
اطلاعات مداری	مدار	شبه قطبی	
	ارتفاع	٦۸۱ کیلومتر	
	زاویهٔ میل	۹۸/۱ درجه	
	سرعت	۷ کیلومتر در ثانیه	
	بازگشت	۲/۹ روز برای قدرت تفکیک ۱ متر ۱/۵ روز برای قدرت تفکیک ٤ متر	

ماهواره QuickBird

- امروزه ماهواره های سنجش از دور متعددی با قدرت تفکیک و محصولات متفاوت، تصاویر ماهواره ای را برای کاربردهای مختلف ارائه می دهند. ماهواره سنجش از دور QuickBird با قدرت تفکیک بالا در بین سایر ماهواره ها، بسیار حائز اهمیت می باشد. تصاویر این ماهواره در ۳ سطح تصاویر پایه، تصاویر استاندارد و تصاویر قائم تصحیح شده با ویژگی ها و کاربردهای متفاوتی عرضه می شوند.
- ماهواره QuickBird2 در تاریخ ۱۸ اکتبر ۲۰۰۱ به فضا پرتاب شده است . این ماهواره دارای قدرت تفکیک 0.61 متر با سنجنده Pan و 2.44 متر با سنجنده MS می باشد و در حال حاضر از لحاظ قدرت تفکیک زمینی جزو پر قدرت ترین ماهواره های تجاری می باشد. ارتفاع این ماهواره از سطح زمین برابر با ۴۵۰ کیلومتر و دارای زاویه میل مداری ۹۸ درجه میباشد و دوره تکرار آن ۲۰ روز است. لازم به ذکر است که QuickBird1 با موفقیت در فضا قرار نگرفته بود.

47

Quickbird - *specifications*

Spatial and Spectral Resolution					
	Panchromatic	Multispectral			
Spectral Characteristics	Black & White	Blue	Green	Red	Near IR
	450 to 900-nm	450 to 520-nm	520 to 600-nm	630 to 690-nm	760 to 900-nm
Pixel Resolution[1]	61-cm to 72-cm (2 to 2.4-ft)	2.44 to 2.88-m (8 to 9.4-ft)			
Scene Dimensions	27,552 x 27,424 pixels	6,888 x 6,856 pixels			
Scene Size[2]	272-km2 (nadir) to 435-km2 (25° off-nadir) (105 to 168-mi2)				
	16.5-km2 (nadir) to 20.8-km2 (25° off-nadir) 10.3 to 12.9-mi2)				

48

ماهواره Geoeye

- ژئوآی-۱ از ماهواره‌های دیدبانی زمین متعلق به شرکت ژئوآی است که تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک بالا تهیه می‌کند. این ماهواره در سپتامبر ۲۰۰۸ به فضا پرتاب شد. در طول تابستان ۲۰۱۳ ارتفاع مدار سنجنده ماهواره GeoEye-1 به ۷۷۰ کیلومتر افزایش پیدا کرد و فاصله نمونه زمینی در نقطه نادیر از ۴۶ سانتیمتر به ۴۱ سانتیمتر تغییر پیدا کرد. این ماهواره تصاویر تک باندی ۴۱ سانتیمتر و تصاویر چند طیفی (مانند: آبی و سبز و قرمز و مادون قرمز) ۴ باندی با قدرت تفکیک ۱.۶۵ متری را جمع آوری می کند.
- ورلدویو-۴ (WorldView-4) با نام پیشین ژئوآی-۲ ((GeoEye-2) نسل سوم ماهواره‌های تجاری دیدبانی زمین است که در ۱۱ نوامبر ۲۰۱۶ به فضا پرتاب شد. مدیریت این ماهواره بر عهده شرکت دیجیتال گلوب است. تصاویر ورلدویو-۴ با تفکیک‌پذیری ۳۱ سانتی‌متری، دارای بیشترین وضوح تصویری در بین ماهواره‌های تجاری در زمان پرتاب خواهد بود.

49

Geoeye 1

50

تصویر ماهواره های مشاهده زمین راداری، بر گرفته شده از بخش مایکروویو طیف الکترومغاطیس می باشد. سنجنده این گونه ماهواره های سنجش از دور بدلیل فعال بودنشان، قادرند در هر گونه شرایط آب و هوایی و هر ساعت از شبانه روز اقدام به تصویر برداری نماید. در حال حاضر، تصاویر ماهواره ای راداری با توان تفکیک مکانی متنوع (۱۰ تا ۲۰ متر) قابل دسترس هستند اما پیش بینی می گردد که در آینده بسیار نزدیک، امکان تصویر برداری راداری با وضوح یک متر نیز به واقعیت بپیوندد. اینگونه سنجنده های راداری در شرایط نامناسب جوی و اقلیمی براحتی اقدام به تصویر برداری از محیط اطراف خود می نمایند. برخی از کاربردهای رایج تصاویر راداری به شرح زیر است :

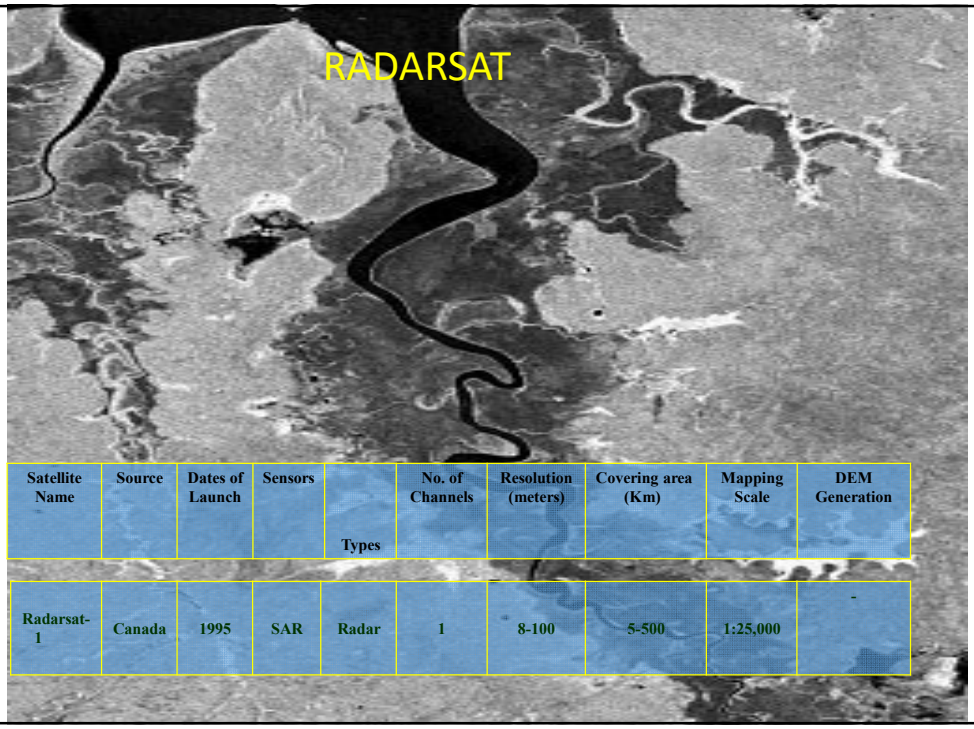
- نقشه سیل و مناطق سیل خیز
- نقشه ژئو مورفولوژی زمین
- پایش زمین لغزش
- ردیابی کشتی ها و پایش دریا و آلودگی اقیانوس ها
- نقشه یخچال ها و پایش نقشه جنگل های استوایی
- تولید مدل ارتفاعی زمین

51

فهرست برخی از تصاویر ماهواره ای راداری با توان تفکیک مکانی مختلف

ماهواره	سنجنده	تعداد پولاریزه	توان تفکیک مکانی (متر)	تاریخ آرشیو
ALOS-2	PALSAR-2	1	1,3,100	2014
RADARSAT-2	SAR	1	3,8,12,18,25,30,40,50,100	2008
TerraSAR-X	SAR	1	1,3,16	2007
ALOS	PALSAR	1	10,20,30,100	2006
EnviSat	ASAR	1	12.5	2002
RADARSAT-1	SAR	1	8,25,30,35,50,100	1996
JERS-1	SAR	1	18	1992
Sentinel-1A/1B	C-SAR	1	80,250,400,25,100	Sentienl 1A ►2014.April.03 Sentienl 1B ►2016.April.22

52



Satellite Name	Source	Dates of Launch	Sensors	Types	No. of Channels	Resolution (meters)	Covering area (Km)	Mapping Scale	DEM Generation
Radarsat-1	Canada	1995	SAR	Radar	1	8-100	5-500	1:25,000	-

53

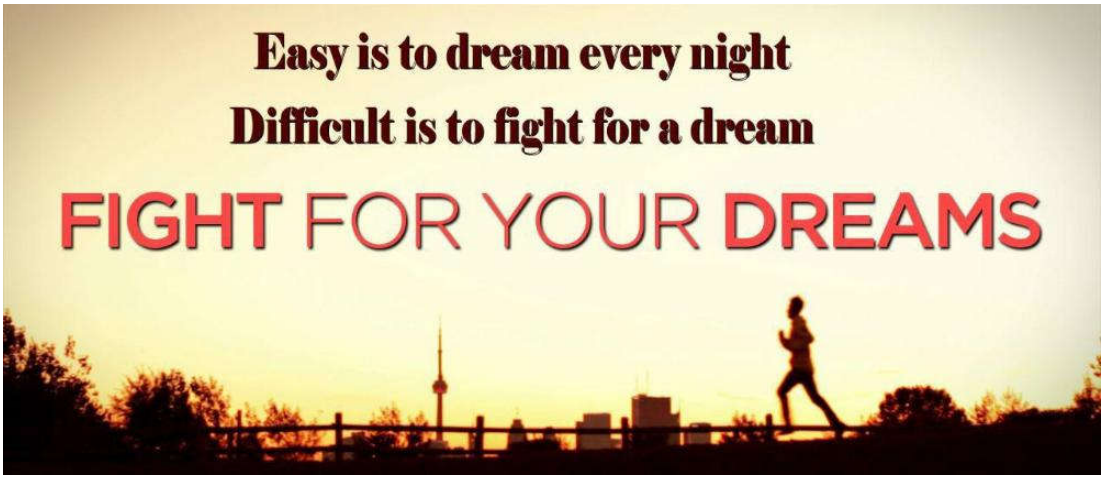
- رادارست-۱ (Radarsat-1) نخستین ماهواره تجاری دیدبانی زمین کانادا است. این ماهواره مجهز به رادار دهانه ترکیبی (SAR) است که می‌تواند تصاویر ماهواره‌ای از سطح زمین به منظور مدیریت منابع طبیعی و پایش تغییرات اقلیمی جهان تهیه نماید. از مارس ۲۰۱۳ فعالیت رادارست-۱ پایان یافت و پس از این تاریخ داده‌ای گردآوری نمی‌کند.

- رادارست-۲ (Radarsat-2) یکی از ماهواره‌های دیدبانی زمین متعلق به آژانس فضایی کانادا است که در ۱۴ دسامبر ۲۰۰۷ از پایگاه فضایی بایکونور با موفقیت به فضا پرتاب شد. ماهواره رادارست-۲ پیش از پرتاب در آزمایشگاه دیوید فلوریدا در نزدیکی اتاوا مونتاژ، یکپارچه‌سازی و آزمایش شده بود.

رادارست-۲ مجهز به رادار دهانه ترکیبی (SAR) بوده و بیشترین وضوح تصاویر آن ۱ متر است. مأموریت رادارست-۲ در ادامه فعالیت ماهواره رادارست-۱ است که فعالیت آن در آوریل ۲۰۱۳ پایان یافت. ارتفاع مداری رادارست-۲ همانند رادارست-۱ (۷۹۸ کیلومتر) و مدار آن خورشیدآهنگ است.

در ژوئیه ۲۰۰۹ وزارت دفاع ملی کانادا برنامه خود برای افزایش استفاده از رادارست-۲ به منظور نظارت بر سواحل کانادا و قطب شمال را اعلام کرد. در این راستا ۲۵ میلیون دلار به شرکت مالک این ماهواره برای افزایش قابلیت‌های آن به منظور تشخیص بهتر کشتی‌ها اهدا شد.

54


Easy is to dream every night
Difficult is to fight for a dream
FIGHT FOR YOUR DREAMS

55

جلسه ششم

سنجش از دور

مقدمه‌ای بر فرایند پردازش رقومی تصویر[1]

سنجش از دور با سایر روش‌های جمع آوری و دریافت اطلاعات تفاوت می‌کند، زیرا سنجنده‌ها از پدیده دور بوده و هیچ‌گونه تماس فیزیکی با آن ندارند. سنجنده‌ها معمولاً امواج الکترومغناطیسی (EMR) را که با سرعت ۳×۱۰^{۸} متر بر ثانیه از سوی منبع گسیل شده‌اند، ثبت می‌کنند. (این امواج که به‌طور مستقیم از جوّ عبور کرده و به سنجنده‌ها می‌رسند بازتابشی[1] یا انعکاسی[2] می‌باشند.) علاوه بر امواج الکترومغناطیسی (EMR)، در مواردی ممکن است از امواج صوتی استفاده شود، اما بیشترین اطلاعاتی که از طریق سنجش از دور جمع‌آوری می‌شوند و کاربرد جغرافیایی دارند، حاصل کار سنجنده‌هایی است که در محدودهٔ نوری و ماکروویو طیف الکترومغناطیسی فعالیت می‌کنند (Jensen ، ۱۹۸۳).

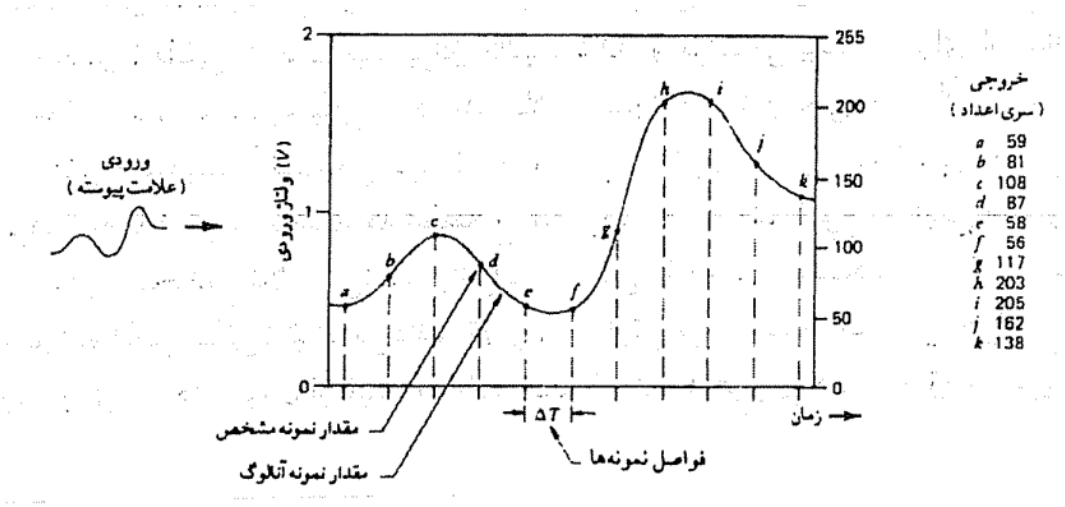
1 - Digital image processing

سنجنده‌های الکترونیکی، سیگنال‌های الکتریکی تولید می‌کنند. این سنجنده‌های الکترونیکی در مقایسه با سیستم عکاسی[۳]، دارای حساسیت وسیع‌تر در محدودهٔ طیفی، قابلیت بهتر برای کالیبره شدن و توانایی بیشتر برای ارسال داده‌ها به‌صورت الکترونیکی را دارند. علائم سنجندهٔ الکترونیکی، معمولاً بر روی نوارهای مغناطیسی[٤] ثبت می‌شود که بعدها این علائم را می‌توان به تصویر تبدیل کرد.

3

در واقع تصاویر به‌دست آمده از سنجنده‌های الکترونیکی، ارقامی هستند که از طریق پردازش، قابلیت تبدیل به تصاویر مختلف را دارند. این مقادیر رقم‌های مثبت‌اند که ناشی از کمی نمودن سیگنال الکترونیکی اولیه از طریق سنجنده به مقادیر رقومی مثبت، با استفاده از فرایندی موسوم به تبدیل علائم آنالوگ به دیجیتال (A to D) است. شکل ۲-٤ فرایند تبدیل آنالوگ به دیجیتال را نشان می‌دهد. سیگنال الکترونیکی اولیه به‌دست آمده از سنجنده، یک سیگنال پیوسته است که در تصویر با خط ممتد نشان داده شده است. این سیگنال پیوسته در فواصل زمانی معین (ΔT) نمونه‌برداری شده و به‌صورت اعدادی در نقاط انتخاب شده (a,b, ... k) ثبت می‌شود. در شکل ۲-٤ ، سیگنال‌های ورودی سنجنده برحسب ولتاژ بین ۰تا ۲ ولت و شکل‌های خروجی اعداد رقومی[۱] (DN) بین ۰ تا ۲۵۵ است. برای مثال ولتاژ ۰/٤٦ ولت در نقطهٔ a عدد رقومی (DN) ۵۹ و نقطهٔ i عدد ۲۰۵ را نشان می‌دهد. DNهای حاصل از سنجنده‌ها در محدوده‌های متفاوتی نمایش داده می‌شوند. برای مثال ۰ تا ٦۳ که مقیاس کدگذاری رایانه‌ای در مبنای ۲، ٦ بیتی یعنی $٦٤=٢^{٦}$ و همچنین ۰ تا ۱۲۷ و ۰ تا ۲۵۵ به‌ترتیب مقیاس کدگذاری‌های $١٢٨=٢^{٧}$ و $٢٥٦=٢^{٨}$ است.

4



شکل ۲-٤: فرایند تبدیل آنالوگ به دیجیتال

5

حال این اعداد در محدودهٔ ذکر شده و در محدوده‌های مختلف طیف الکترومغناطیس، امکان تجزیه و تحلیل پدیده‌های مورد مطالعه را می‌دهد، این مسئله علاوه بر آنکه قابلیت‌های متعددی دارد موجب صرفه‌جویی در وقت و هزینه نیز می‌شود. البته علی‌رغم آنکه تجزیه و تحلیل رقومی محاسن زیادی دارد ولی دارای محدودیت‌هایی است که برخی از این محدودیت‌ها برای تفسیر چشمی وجود ندارد و بر عکس برخی محدودیت چشمی در روش تجزیه و تحلیل رقومی وجود ندارد. برای مثال در تفسیر چشمی، محدودیت‌های توانایی چشم در جداسازی تن‌های مختلف از یکدیگر و همچنین عدم امکان تفسیر و بررسی همزمان انواع تصاویر طیفی وجود دارد.

6

Image Processing
پردازش تصاویر ماهواره ای

۱- پردازش اولیه **Pre processing**

شامل تصحیحات هندسی، اتمسفری و رادیومتری

۲- پردازش تصاویر **Image processing**

شامل :ارتقاء کیفی تصاویر **Image enhancement**

۳- پردازش پیشرفته **Post processing**

شامل : طبقه بندی تصاویر **Image Classification**

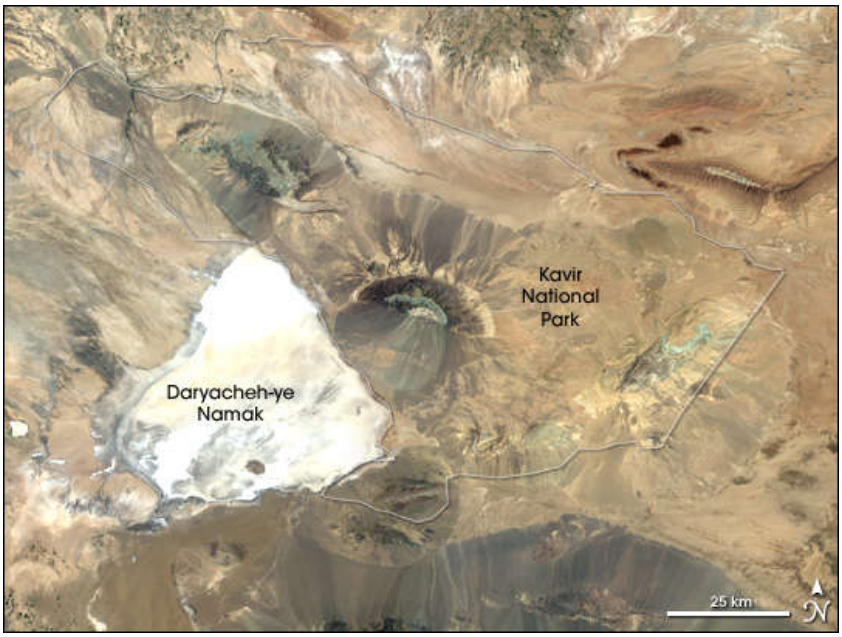
7

کلید های تفسیر تصاویر ماهواره ای

تن (Tone)

روشنایی نسبی یا رنگ عارضه

8



9

«تن» در عکس هوایی یا تصویر ماهواره‌ای، عبارت است از سیاهی و سفیدی نسبی تصویر و نتیجه میزان انرژی بازتابیده و یا منتشر شده به وسیلهٔ پدیده‌هایی که از آنها تصویر تهیه شده است. «تن» اساس تفسیر بصری عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای سیاه و سفید است.

تن عکس به میزان روشنایی در هر نقطهٔ عکس سیاه و سفید مربوط می‌شود. تن عکس، نه تنها به ویژگی‌های پدیده‌های زمینی بستگی دارد، بلکه تابعی از عوامل عکاسی همچون ترکیب فیلم و فیلتر، نوردهی، ظهور و ثبت است. البته تن عکس به عوامل دیگری مانند سطح زمین با توجه به فصل سال، وضعیت هوا، زاویهٔ تابش خورشید و سایهٔ ابر بستگی دارد. چون عوامل گوناگونی بر روی تن عکس تأثیر می‌گذارند، بنابراین مفسر باید به جای اتکای صرف بر مقادیر مطلق تن به مقادیر نسبی تن هم توجه کند. در این بین اثر ویژگی‌های خاک بر روی تن‌های نسبی عکس انکارناپذیر است (علوی‌پناه، ۱۳۸۵).

در گذشته برای تفسیر عکس‌های هوایی و ارزیابی پدیده‌های زمینی، بیشتر از فیلم سیاه و سفید استفاده می‌شد. امروزه فیلم‌های مختلف از جمله فیلم رنگی، اختلافات جزیی در رنگ‌های خاک، سنگ و دیگر پدیده‌ها را آشکار می‌کنند.

10

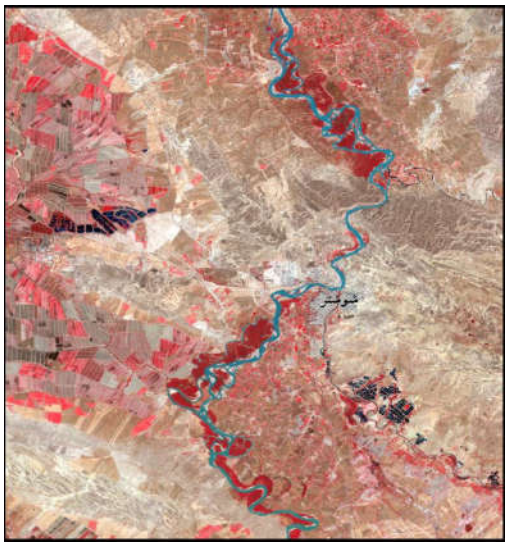
کلید های تفسیر تصاویر ماهواره ای

شکل (Shape)

فرم، ساختار یا طرح کلی عارضه

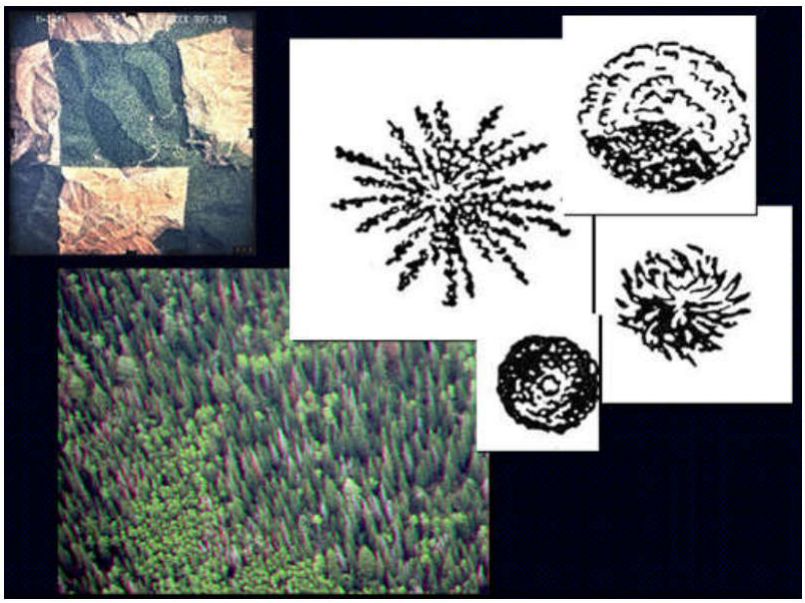
عوارض انسان ساخت منظم (جاده چند ضلعی منظم)

عوارض طبیعی نامنظم (رودخانه چند ضلعی نامنظم)



گاهی تفسیر پدیده‌هایی که در عکس‌های قائم دیده می‌شوند، بسیار سخت است. نمای افقی یک پدیده آن چنان با نمای نیمرخ و یا قائم آن فرق می‌کند که اغلب مفسران نمی‌توانند تصویر ساختمانی را به همان صورتی که در نمای قائم یک عکس هوایی قابل رؤیت است، تشخیص دهند. توانایی تشخیص نمای افقی باید فرا گرفته شود، زیرا این امر ابزاری نیرومند برای تفسیر خواهد بود.

در واقع شکل، پیکربندی یا بخش خارجی یک جسم و یا پدیده را شرح می‌دهد. پدیده‌های انسان ساخت، ریخت‌های هندسی و مرزهای روشنی دارند. در حالی که پدیده‌های طبیعی منجر به ایجاد شکل‌ها و مرزهای نامنظم می‌شوند. از چشم‌انداز عمودی، برخی پدیده‌ها آنقدر آشکارند که تنها با یک سازه به راحتی قابل تشخیص هستند. برای مثال منطقهٔ فرودگاه (شیراز) و باندهای آن به راحتی قابل تشخیص است (شکل٦-١٦). موارد دیگر مانند مراکز خرید، تقاطع اتوبان‌ها و سامانه‌های آبیاری بارانی (شکل ٦-١٦) و محور مرکزی و مکان‌های دانشگاهی و غیره دیده می‌شوند.



- The shape of the tree crowns in the lower-left image is indicative of the type (deciduous/conifer) or even species of tree. The image key graphics (upper right) indicate the importance of crown shape on large scale photos. The shape of the area (rectangle) in the upper left photo is indicative of the land use (harvesting).

13

شکل ٦-١٧- منطقه فرودگاه شیراز و باندهای آن

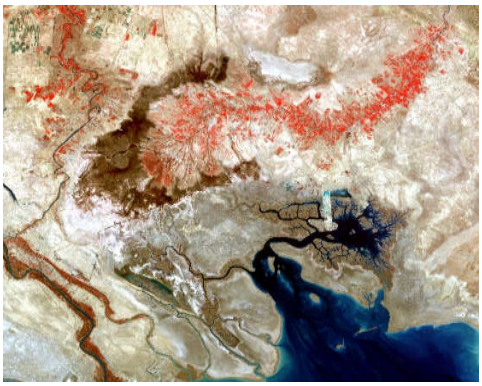
14

کلید های تفسیر تصاویر ماهواره ای

ابعاد(Size)

کوچک بودن و بزرگ بودن اشیاء

آب بند، سد، دریاچه ، دریا



15

اندازه، کلید تفسیری است که به طور معمول مفسر را دچار اشتباه نمی‌کند. گرچه شکل و رنگ دو پدیده مجزا بشمار می‌روند اما مقایسه آنها در مقام واسطه‌های ادراک نیز امکان پذیر است. شکل، امکان تمیز تعداد محدودی از اشیاء و پدیده‌های مختلف را فراهم می‌سازد که نمونه بارز آن قدرت بازشناسی ما در مورد هزاران چهره‌ای است که مبنای تفاوت‌های آنها شکل می‌باشد. یا اینکه انسان قادر به شناسائی اثر انگشت یک فرد از میان میلیونها نفر می‌باشد. اما در مورد رنگ، هر چند انسانها در تمییز تقارن‌های رنگی حساسیت بالایی دارند، اما به طور کلی تمایزگذاری محدودی برای رنگ داریم. زیرا بخاطر سپردن تفاوت درجه بسیار دشوارتر از تفاوت نوع است. مثلا زمانی که بخواهیم یک نوع ارغوانی را از بنفش خاصی متمایز کنیم با سردرگمی روبرو می‌شویم. حال افزودن مجموعه‌ای از رنگ‌ها و تمایز شکلی، قابلیت تفکیک بصری را دو چندان دشوار خواهد کرد. شکل بطور طبیعی ابزار

16

تصویری برای شناسایی است تا رنگ. زیرا هم تفاوتهای کیفی بیشتری در اختیار ما می‌گذارد و هم از جهت ویژگی ممیزه، شکل در برابر دگرگونی‌های محیطی مقاومت بیشتری از خود نشان می‌دهد. بدین ترتیب به این نتیجه می‌رسیم که برای برآورده شدن مقاصد عملی اشکال نسبت به رنگ‌ها ابزارهای بسیار کارآمدی برای تشخیص هستند.

مقایسه و در نظر گرفتن اندازهٔ نسبی می‌تواند کمک مهمی در تفسیر باشد، زیرا یکی از با ارزش‌ترین نشانه‌های تشخیص یک پدیده، اندازهٔ آن است . برای نمونه، اختلاف در اندازهٔ نسبی بین یک خانه و یک آپارتمان و یک خیابان اصلی و کوچهٔ باریک، یک مزرعهٔ معمولی و کشت و صنعت بزرگ وجود دارد. با داشتن مقیاس یک عکس اندازه مشخص می‌شود (شکل ٦-١٩). اندازهٔ نسبی کمک مهمی برای تعیین آبراهه‌های اصلی و فرعی و یک حوضهٔ زهکشی است. مقدار اندازهٔ نسبی می‌تواند از روی عکس‌های بی‌مقیاس به‌دست آید. اما برآورد اندازهٔ مطلق (برای مثال طول، عرض و محیط دایره) تنها زمانی می‌تواند انجام شود که مقیاس عکس‌برداری مشخص شده باشد.

17

Size is usually evaluated by looking at objects that the interpreter may be familiar with and comparing their relative size to less familiar objects. For example: an interpreter might look at the discrete vegetation dots in the red rectangle and interpret those as trees. However, by comparing the relative size of the vehicles and the one-lane road with the vegetation dots, it becomes obvious that the trees are actually shrubs

18

شکل ٦ـ١٩ـ برآورد اندازهٔ زمین زیر کشت با اندازه‌گیری یک پدیده بر روی تصویر هوایی رقومی منطقه لرستان

19

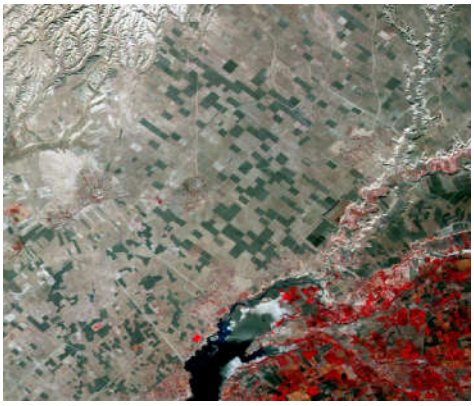
کلید های تفسیر تصاویر ماهواره ای

الگو(Pattern)

مرز مکانی اشیاء

اراضی کشاورزی الگوی منظم

اراضی مرتعی الگوی مکانی نامنظم



20

الگو یا ترتیب مکانی پدیده‌ها نیز به عنوان کلید تفسیر مطرح است. الگوهـای مربـوط بـه اکتـشاف معدن، نشانه‌هایی برای ساختمان زمین، ویژگی‌های خاک و سنگ فراهم می‌کنند. الگوهای منطقه‌ای که پیش از این تنها از راه مشاهدات دشوار و طاقت‌فرسای میدانی قابل بررسی بودند، اکنون با سرعت و دقت بیشتر به کمک عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای قابل مشاهده هستند.

تصاویر، اغلب الگوهای زیاد و جالبی را نشان می‌دهند. فـرد آمـوزش دیـده کـه مـسئول فـرآوری نقشه‌های موضوعی است، اساساً ارزش تصویر ماهواره‌ای را از روی میـزان درک و فهمـی کـه نـسبت بـه تشخیص الگوهای سطح زمین دارد، متوجه می‌شود. بعضی الگوها، فرهنگی و برخی دیگر طبیعـی هـستند. در واقع بخش‌های محدودی از سطح زمین دست نخورده باقی مانده و تاکنون توسط انسان و طبیعت تغییر پیدا نکرده‌اند. بسیاری از الگوهای قابل مشاهده در تصویر ماهواره‌ای، به علت کنش و واکنش‌های سازه‌های طبیعی و فرهنگی ایجاد شده‌انـد (شـکل ٦-١٣ و ٦-١٤). الگوهـایی کـه بـه وسـیلهٔ عملیـات کـشاورزی، شبکه‌های آبیاری و شخم ایجاد شده‌اند، از جمله مهمترین سازه‌ها در تفسیر تـصاویر مـاهواره‌ای بـه شـمار می‌روند. در بسیاری از موارد، «الگوهای منطقه‌ای» مربوط به عناصر یک تصویر، تفسیر تصویر دیگر را آسان می‌کنند.

21

تکرار پدیده‌های خاص، شاخص بسیاری از پدیده‌های فرهنگی و برخی مناظر طبیعی است. بـرای مثال نظم درختان در باغ میوه و یا نظم درختان بیشه زار کمک به تشخیص آنها مـی‌کنـد. الگـوی زهکـشی می‌تواند ناشی از شرایط زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی باشد. برای مثال مواردی مانند الگوی درختی[1] آبراهه (شکل ۶-۱۵-a) و الگوی خطی شیارها و پشته‌های یاردانگ‌های بیابان لـوت در شـکل (۳-۱۵-b) دیـده می‌شود.

22

شکل ۶ـ ۱۵ـ الگوی درختان و ساختمان‌ها در شهر تهران

شکل ۶ـ۱۳ـ تصویر ماهواره‌ای IRS از منطقهٔ لرستان پس از وقوع زلزله را نشان می‌دهد که در آن بافت‌های مختلف ناشی از مناطق ویران شده مناطق مسکونی و کاربری‌های مختلف دیده می‌شود

23

شکل ٦ـ ١٦ـ a) تصویر FCC از (RGB) ٢ و ٣ و ٤ TM منطقه فرسایشی یاردانگ‌های بیابان لوت را نشان می‌دهد. ناحیه A،

24

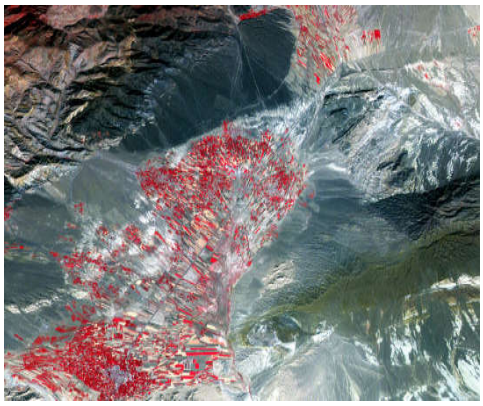
کلید های تفسیر تصاویر ماهواره ای

بافت(Texture)

تغییرات روشنایی تکرار شونده در تصاویر

بافت نرم (تغییرات کم)

بافت خشن (تغییرات زیاد)



25

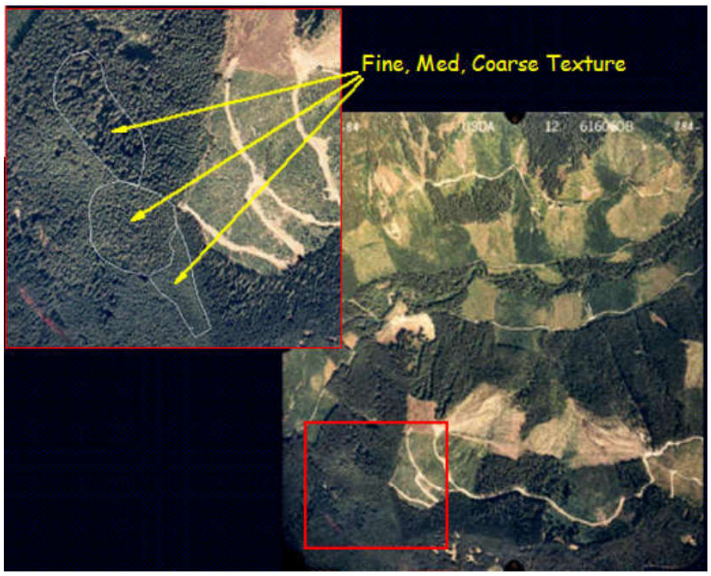
بافت دسته‌ای از پدیده‌های سطح زمین است و به عنوان یک راهنمای قابل اطمینان برای تشخیص پدیده‌ها به خدمت گرفته می‌شود. بافت به عنوان یک عامل مهم در تفسیر محسوب می‌شود.

. برخی از

آبراهه‌های منفرد را نمی‌توان به کمک بعضی از عکس‌های هوایی یا تصویرهای ماهواره‌ای تشخیص داد، اما فرسایش آبی از راه بررسی بافت قابل تشخیص است. الگوی زهکشی، یک «شاخص» مهم از جنس مواد سطح خاک و زیر آن می‌باشد. گاهی ممکن است پدیده‌ها به لحاظ «تن» و «رنگ» شبیه باشند، اما اختلاف قابل توجهی را در بافت نشان دهند.

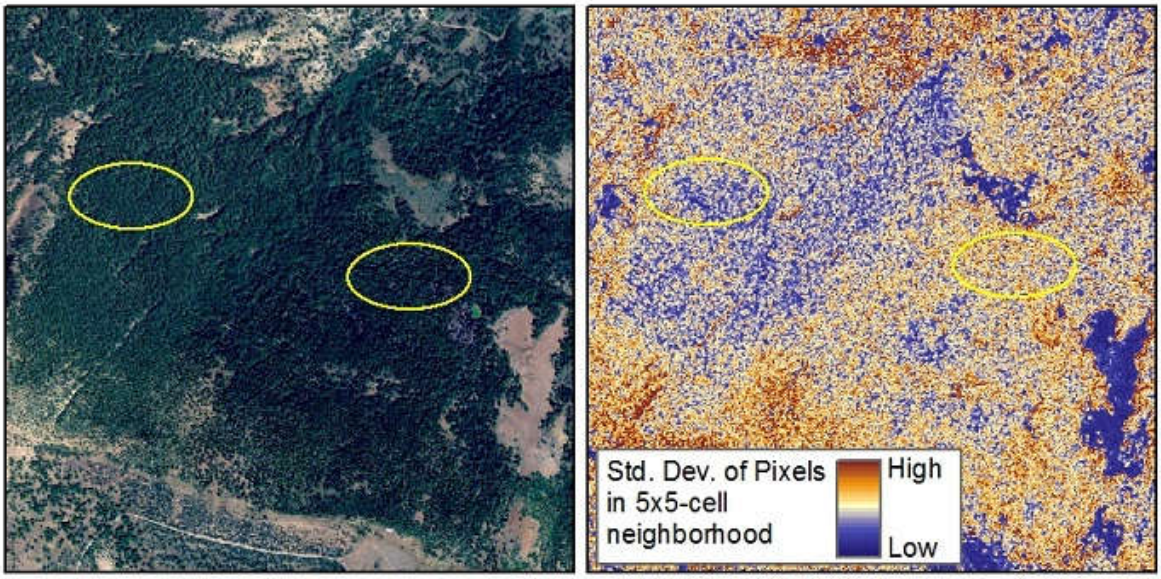
بافت به طور مستقیم با مقیاس عکس رابطه دارد. بنابراین یک تصویر گرفته شده ممکن است بافت زبری در عکس‌های کم ارتفاع (بزرگ مقیاس) و بافت نرمی در عکس‌های با ارتفاع زیاد (کوچک مقیاس)، داشته باشد.

26



- Texture can offer the interpreter clues about the density, age, and type of vegetation present.

27



28

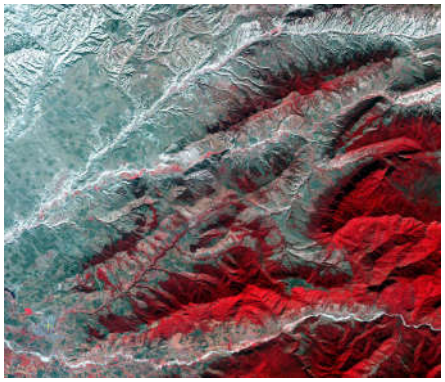
کلید های تفسیر تصاویر ماهواره ای

سایه(Shadow)

سایه اشیاء در تشخیص ارتفاع و شکل توپوگرافی سطح زمین کمک می کند

تشخیص ابر(دارای سایه)

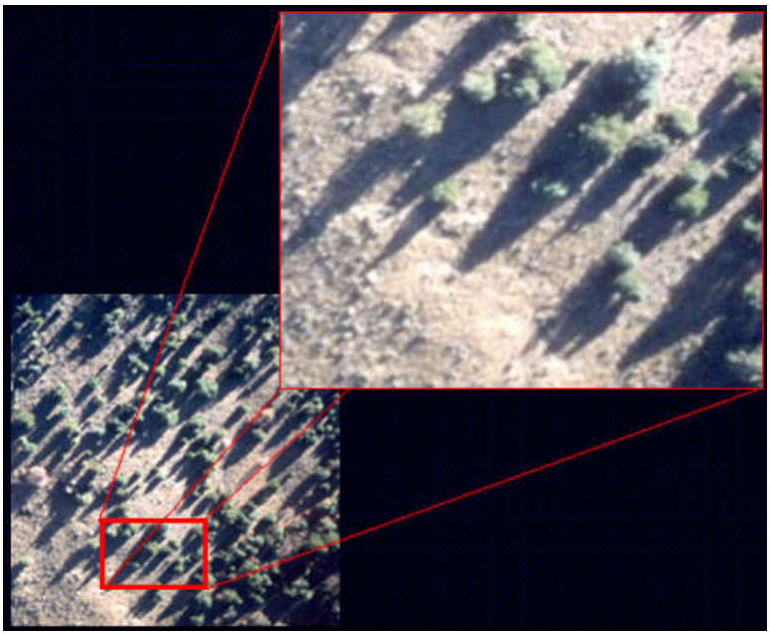
تشخیص برف(بدون سایه)



29

یک خانه با سایه بیرونی خود، عرض خیابان را پشت سر می‌گذارد و به خانه روبرویی خود می‌رسد و یک کوه ممکن است دهکده‌های داخل دره را در سایهٔ تیرهٔ خود فرو برد. سایه بیرونی باید با احتیاط مورد تحلیل قرار گیرد. در ساده ترین موارد، این نوع سایه‌ها به طور مستقیم با شیئی که از آن نشأت گرفته‌اند در ارتباط هستند. مثلاً سایه یک انسان روی زمین با پای او تلاقی پیدا می‌کند، و زمانی که زمین مسطح باشد و پرتو خورشید با زاویه‌ای در حدود چهل و پنج درجه بر او بتابد، سایه، تصویر کاملی از صاحب خود به نمایش می‌گذارد.

30



- Shadows cast by objects in the image can give the interpreter information about the shape and size of certain features in the image

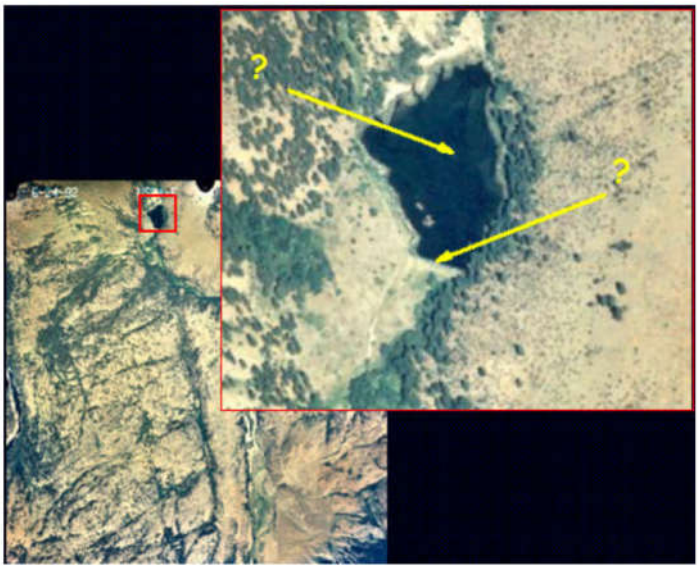
31

کلید های تفسیر تصاویر ماهواره ای

همسایگی(Association)

رابطه مکانی عارضه های مجاور نسبت به هم

32



- By observing objects in the image and the features surrounding them, the interpreter can make inferences about what the objects really are. In this case, the presence of a dam suggests that this waterbody is a reservoir. Without that association, the water body could not have been further classified as a reservoir.

33

Elements of Image Interpretation

Shape
(depends on the object outline)

Size
(relative to one an other)

Tone
(brightness-hue, color)

Site
(location helps recognition)

Texture
(smooth or coarse)

Shadow
(helps to determine height)

Association
(features that are normally found near object)

Pattern

34

۱- پردازش اولیه Pre processing

تصحیحات هندسی

رادیومتری

اتمسفری

35

در مرحلهٔ پیش پردازش، با یک‌سری عملیات روی داده‌های خام (قبل از هر گونه پردازش بصری یا رقومی)، خطاهای رادیومتری ، اتمسفری ، هندسی و غیره مورد توجه قرار می‌گیرند . بنابراین شناسایی و تشخیص خطاهای احتمالی موجود در داده‌های ماهواره‌ای اهمیت زیادی دارد. لازم است پس از دریافت داده‌ها ، بررسی دقیقی در مورد آنها از نظر هندسی و رادیومتری به‌عمل آید. حتی اگر قبلاً تصحیحاتی روی این داده‌ها به‌عمل آمده باشد، باید به‌طور کامل از خطاهای چنین داده‌هایی آگاهی داشت.

36

خطاهای داده‌های ماهواره‌ای

داده‌های خام ماهواره‌ای[1]، دارای خطاهای متعددی است کـه قبـل از اسـتفاده باید خطاها بررسی و برای رفع آنها اقدام کرد. خطاهای داده‌هـای مـاهواره‌ای بـه سه دستهٔ زیر تقسیم می‌شود:

الف : خطای ناشی از سکو (حرکـت مـاهواره): ایـن خطـا از نـوع خطاهـای هندسی به‌شمار می‌رود و شامل تغییر سرعت و شتاب ، تغیـیر ارتفـاع و حرکـت چرخشی ماهواره در مسیر حرکت خود حول سه محور است.

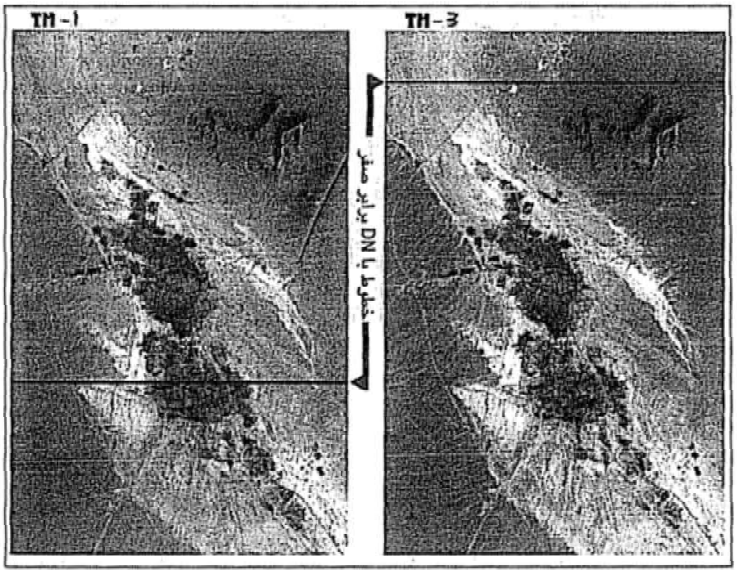
ب : خطای ناشی از سنجنده: این خطا شامل از کارافتادگی حسگرها و برهـم خوردن تنظیم آنهاست. گاهی تعدادی از پیکسل‌های شکل ماهواره‌ای نـیز ارزش طیفی صفر دارند و برروی شکل به‌رنگ سیاه دیده می‌شوند یا برعکـس حداکـثر میزان ارزش طیفی را دارند و گاهی به‌صورت نشانه‌های ناخواسته به‌صورت نقاط یا خطوطی افقی یا عمودی بر روی شکل دیده می‌شوند. خطای راه راه شـدگـی[2] که در برخی محیط‌های همگن نظیر بیابان قابل تشخیص است، به شـکل حـالت راه راه می‌دهد.

37

ج : خطای ناشی از حرکت زمین : این خطا شامل خطـای چرخـش زمیـن و تغییر ارتفاع است. خطای ناشی از چرخش زمین به‌دلیل حرکت زمین بـه هنگـام گذر ماهواره از روی ناحیه‌ای از زمین که شکلبرداری می‌شود، ایجـاد مـی‌گـردد. خطای مربوط به تغییرات ارتفاع سبب می‌گردد ماهواره‌ها در قسـمت‌های مرتفـع به زمین نزدیکتر و در قسمت‌های پست از زمین دورتر شوند، در نتیجـه پوشـش تصاویر در ارتفاعات کمتر و در مناطق پست بیشتر می‌شود.

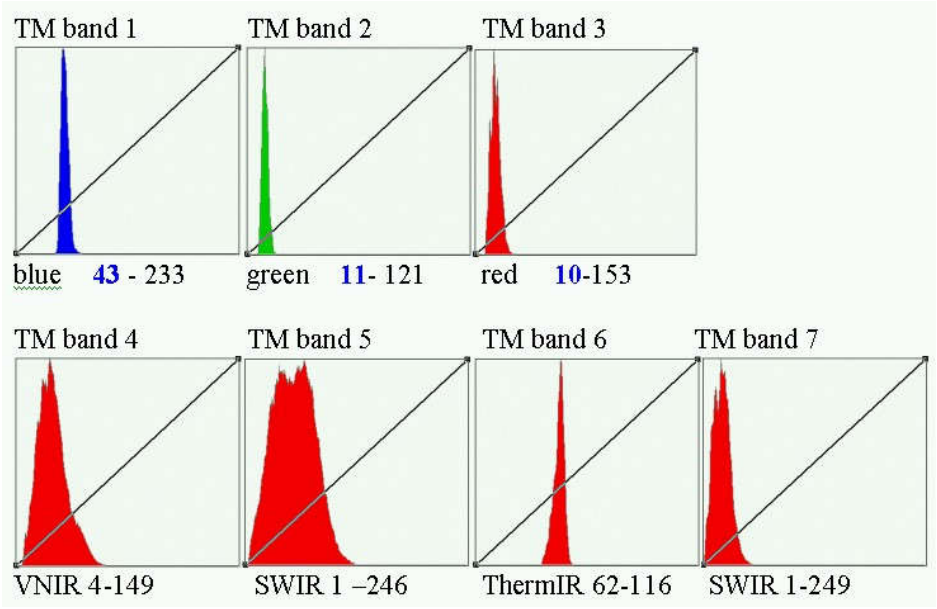
از دست رفتن خط اطلاعات، زمانی پیـش می‌آیـد کـه حسـگرهای سـنجنده بـه دلایلی نقص فنی پیدا می‌کنند و درنتیجه در بین خطوط اسـکن شـده، خطوطـی ایجاد می‌شود که درجهٔ روشنایی آنها صفر است، زیرا حسگر این خطوط را ثبـت نکرده است. شکل ۱-۷ باندهای TM_1 و TM_3 منطقهٔ اردکان یـزد را کـه هرکـدام چهار خط را از دست داده‌اند، نشان می‌دهد. خطوط از دست‌رفتهٔ باندهـای TM_1 و TM_3 به‌ترتیب در ردیف‌های ۱۳۷ و ۹۲٤ شروع می‌شوند.

38



شکل ۱-۷: باندهای ۱ و۳ سنجندهٔ TM منطقهٔ اردکان یزد که هر کدام دارای چهار خط از دست‌رفته‌اند.

39



40

تصحیح هندسی[1]

معمولاً تصاویر رقومی دارای انحراف‌هایی هستند به‌طوری‌که این‌گونه تصاویر نمی‌توانند به‌عنوان نقشه مورد استفاده قرار گیرند. از جملهٔ این انحراف‌ها می‌توان به تغییرات در ارتفاع و سرعت سکوی سنجنده، انحنای زمین و جابجایی پستی و بلندی اشاره کرد.

منظور از تصحیح هندسی، جبران انحراف‌هاست، به‌نحوی‌که شکل تصحیح شده قابلیت انطباق با نقشه را داشته باشد.

1 – Geometric correction

41

Digital correction of image coordinates involves 2 steps

- georeferencing
  - calculation of the appropriate transformation
- geocoding
  - resampling the image so that the pixels are exactly positioned within the map coordinate system

42

اصولا دو نوع تصحیحات هندسی بـرای تصـاویر رقومـی مـاهواره‌ای مطـرح است:

۱) تصحیحات سیستماتیک

۲) تصحیحات غیر سیستماتیک

تصحیحات سیستماتیک به‌دلیل ثابت بودن تغییرات، قبل از آنکـه در دسـترس استفاده‌کنندگان قرار گیرد، انجام می‌شوند. تصحیح هندسـی تصـاویر مـاهواره‌ای طی دو مرحلهٔ زیر انجام می‌پذیرد:

۱- زمین مرجع نمودن تصاویر ماهواره‌ای[1]

۲- نمونه برداری مجدد[2]

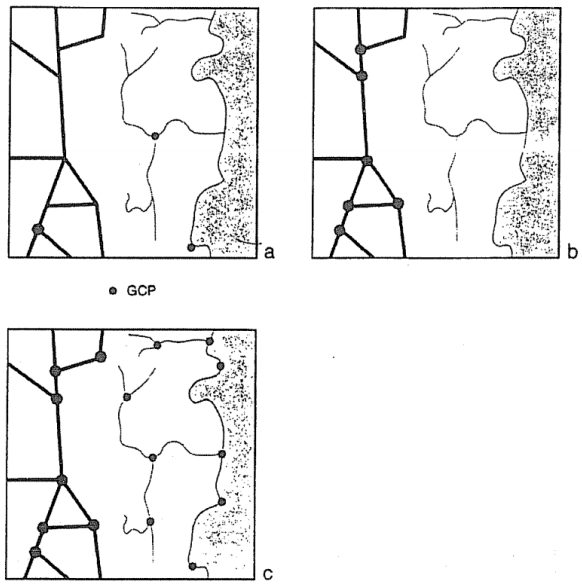
تصاویر ماهواره‌ای دارای فرمت رستر[3] می‌باشند و پیکسـل‌های ایـن تصـاویر سطر و ستون‌هایی می‌سازند که هیچ‌گونه ارتباطی بـا مختصـات زمینـی ندارنـد .

1 - Image referencing
2 - Resampling
3 - Raster

43

بنابراین برای زمین مرجع کردن تصاویر ماهواره‌ای، باید نقاط کنترل به تعداد قابل قبول و با پراکنش مناسب بر روی نقشه و شکل در نظر گرفته شوند. برای انجـام تصحیحات هندسـی بـاید نقـاط مناسـب و مشـخصی از زمیـن کـه مختصـات جغرافیایی آن دقیقا مشخص است، انتخاب گردد. این نقاط می‌تواننـد محل‌هـایی مانند تقاطع بزرگراه‌ها ، باندهای فرودگاه‌ها و میادین باشد. قابل توجه اسـت کـه انتخاب نقاط باید به گونه‌ای باشد که در نهایت تعداد کافی از نقاط کنترل زمینـی با پراکنش مناسب برای تصحیح هندسی استفاده شود. شکل ۳-۷ تعداد و پراکنش نقاط مناسب برای تصحیح هندسی را نشان می‌دهد.

44



شکل ۳-۷: a) تعداد نقاط کنترل زمینی برای تصحیح هندسی دقیق، مناسب نیست، b) پراکنش نقاط کنترل زمینی برای تصحیح هندسی مناسب نیست و c) تعداد و همچنین پراکنش نقاط کنترل زمینی برای تصحیح هندسی دقیق مناسب است.

برای یافتن رابطهٔ مختصاتی بین نقاط کنترل زمینی (GCP)[1] و پیکسل‌های شکل، از معادلات ریاضی با درجات مختلف استفاده می‌شود. برای استفاده از معادلات با درجات مختلف، حداقل معینی از تعداد نقاط کنترل لازم است. برای مثال در محاسبات معادلهٔ درجهٔ یک، حداقل ۳ نقطهٔ کنترل مورد نیاز است . روابط ریاضی چندجمله‌ای برای استفاده از درجات ۱ تا ۳ به‌شرح زیر است :

معادلهٔ درجهٔ یک

$$\begin{cases} X_1 = a_0 + a_1 x + a_2 y \\ Y_1 = b_0 + b_1 x + b_2 y \end{cases}$$

معادلهٔ درجهٔ دو

$$\begin{cases} X_1 = a_0 + a_1 x + a_2 y + a_3 xy + a_4 x^2 + a_5 y^2 \\ Y_1 = b_0 + b_1 x + b_2 y + b_3 xy + b_4 x^2 + b_5 y^2 \end{cases}$$

معادلهٔ درجهٔ سه

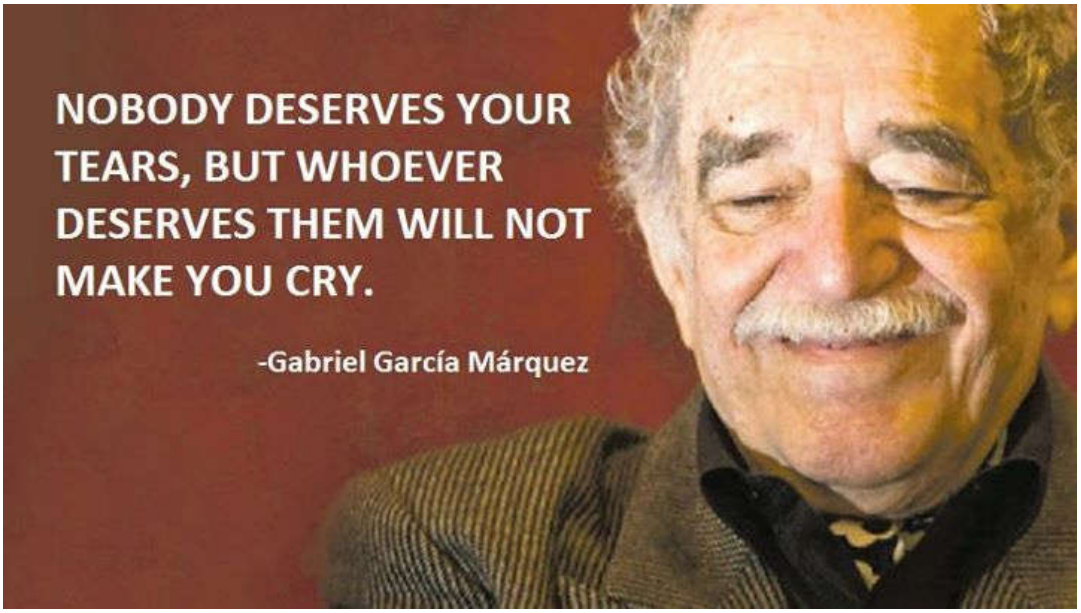
$$\begin{cases} X_1 = a_0 + a_1 x + a_2 y + a_3 xy + a_4 x^2 + a_5 y^2 + a_6 x^2 y + a_7 xy^2 + a_8 x^3 + a_9 y^3 \\ Y_1 = b_0 + b_1 x + b_2 y + b_3 xy + b_4 x^2 + b_5 y^2 + b_6 x^2 y + b_7 xy^2 + b_8 x^3 + b_9 y^3 \end{cases}$$

1 - Ground control points

که در آن X_1 و Y_1 مختصات پیکسل‌ها در شکل تصحیح نشده و x و y مختصات مشابه همان پیکسل‌ها در شکل تصحیح شده‌اند. در روابط فوق، a و b ضرایبی هستند که بسته به میزان چرخش شکل جدید نسبت به شکل خام تعیین می‌شوند و با تغییر درجهٔ چرخش، مقدار ضرایب نیز تغییر می‌کند.

انتخاب معادله (درجهٔ اول، دوم یا سوم)، بستگی به پستی و بلندی منطقهٔ مورد نظر، حداقل تعداد نقاط کنترل مورد نیاز، دقت مورد نظر و نرم افزار مورد استفاده دارد. پس از انتخاب معادله ، مختصات نقاط کنترل زمینی به پیکسل‌هایی از شکل که با آنها مطابقت می‌کند، نسبت داده می‌شود که در نتیجه معادلهٔ مورد نظر حل گردیده و به شکل مرتبط می‌شود . جدول ۱-۷ مثالی از نتایج عملی تصحیح هندسی (زمین مرجع کردن) تصاویر ماهواره‌ای منطقهٔ موک استان فارس را با استفاده از نقاط کنترل نشان می‌دهد.

47

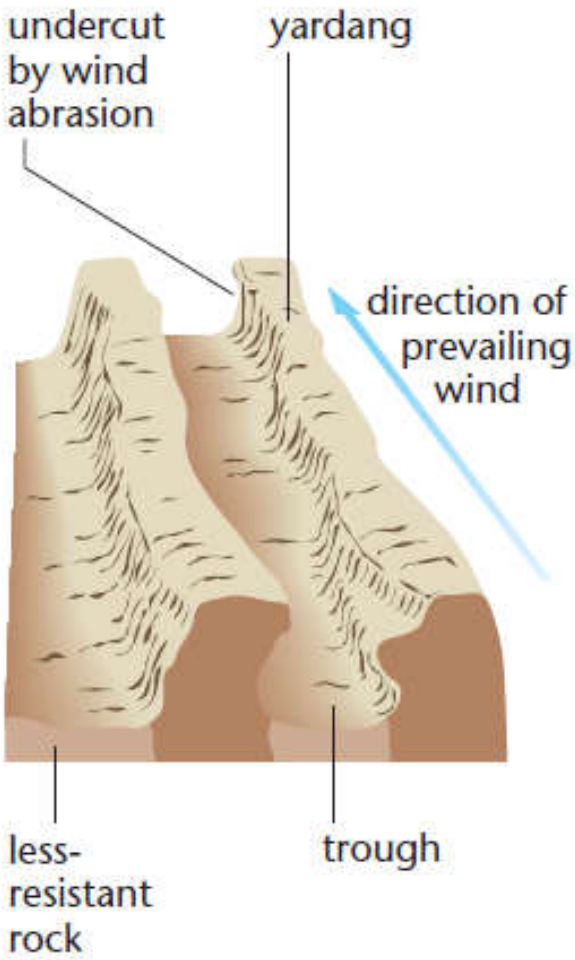


48

جلسه هفتم

سنجش از دور

Yardang


undercut
by wind
abrasion
yardang
direction of
prevailing
wind
less-
resistant
rock
trough

Wind eroded landforms known as yardangs at Edwards Air Force Base in California. Perhaps the only erosional landforms made by wind. TMcG-Oct.04

اصولا دو نوع تصحیحات هندسی بـرای تصـاویر رقومـی مـاهواره‌ای مطـرح است:

۱) تصحیحات سیستماتیک

۲) تصحیحات غیر سیستماتیک

تصحیحات سیستماتیک به‌دلیل ثابت بودن تغییرات، قبل از آنکـه در دسـترس استفاده‌کنندگان قرار گیرد، انجام می‌شوند. تصحیح هندسـی تصـاویر مـاهواره‌ای طی دو مرحلهٔ زیر انجام می‌پذیرد:

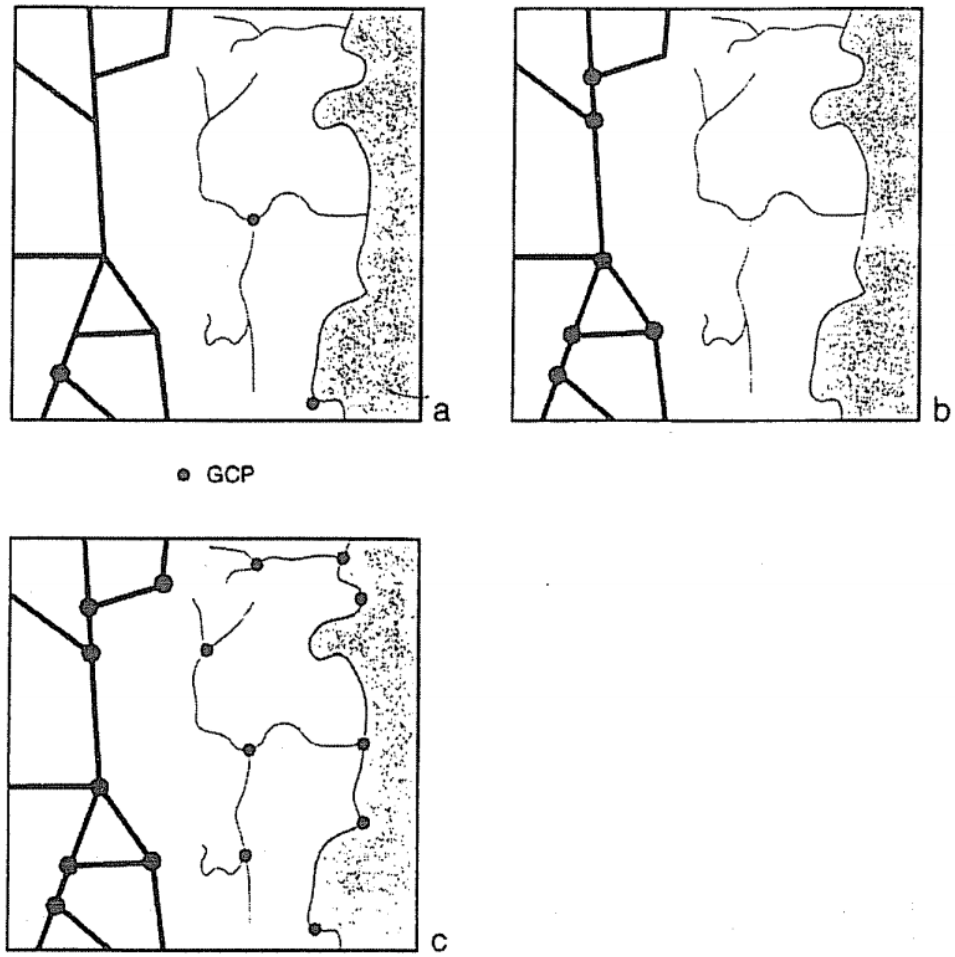
۱- زمین مرجع نمودن تصاویر ماهواره‌ای[1]

۲- نمونه برداری مجدد[2]

تصاویر ماهواره‌ای دارای فرمت رستر[3] می‌باشند و پیکسـل‌های ایـن تصـاویر سطر و ستون‌هایی می‌سازند که هیچ‌گونه ارتباطی بـا مختصـات زمینـی ندارنـد .

1 - Image referencing
2 - Resampling
3 - Raster

بنابراین برای زمین مرجع کردن تصاویر ماهواره‌ای، باید نقاط کنترل به تعداد قابل قبول و با پراکنش مناسب بر روی نقشه و شکل در نظر گرفته شوند. برای انجام تصحیحات هندسی باید نقاط مناسب و مشخصی از زمین که مختصات جغرافیایی آن دقیقا مشخص است، انتخاب گردد. این نقاط می‌توانند محل‌هایی مانند تقاطع بزرگراه‌ها ، باندهای فرودگاه‌ها و میادین باشد. قابل توجه است که انتخاب نقاط باید به گونه‌ای باشد که در نهایت تعداد کافی از نقاط کنترل زمینی با پراکنش مناسب برای تصحیح هندسی استفاده شود. شکل ۳-۷ تعداد و پراکنش نقاط مناسب برای تصحیح هندسی را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۷: a) تعداد نقاط کنترل زمینی برای تصحیح هندسی دقیق، مناسب نیست، b) پراکنش نقاط کنترل زمینی برای تصحیح هندسی مناسب نیست و c) تعداد و همچنین پراکنش نقاط کنترل زمینی برای تصحیح هندسی دقیق مناسب است.

برای یافتن رابطهٔ مختصاتی بین نقاط کنترل زمینی (GCP) [1] و پیکسل‌های شـــکل، از معادلات ریاضی با درجات مختلف استفاده می‌شود. برای استفاده از معـــادلات با درجات مختلف، حداقل معینی از تعداد نقاط کنترل لازم است. بـــرای مثـال در محاسبات معادلهٔ درجهٔ یک، حداقل ۳ نقطهٔ کنترل مورد نیاز است . روابط ریاضی چندجمله‌ای برای استفاده از درجات ۱ تا ۳ به‌شرح زیر است :

معادلهٔ درجهٔ یک

$$\begin{cases} X_1 = a_0 + a_1 x + a_2 y \\ Y_1 = b_0 + b_1 x + b_2 y \end{cases}$$

معادلهٔ درجهٔ دو

$$\begin{cases} X_1 = a_0 + a_1 x + a_2 y + a_3 xy + a_4 x^2 + a_5 y^2 \\ Y_1 = b_0 + b_1 x + b_2 y + b_3 xy + b_4 x^2 + b_5 y^2 \end{cases}$$

معادلهٔ درجهٔ سه

$$\begin{cases} X_1 = a_0 + a_1 x + a_2 y + a_3 xy + a_4 x^2 + a_5 y^2 + a_6 x^2 y + a_7 xy^2 + a_8 x^3 + a_9 y^3 \\ Y_1 = b_0 + b_1 x + b_2 y + b_3 xy + b_4 x^2 + b_5 y^2 + b_6 x^2 y + b_7 xy^2 + b_8 x^3 + b_9 y^3 \end{cases}$$

1 - Ground control points

که در آن X_1 و Y_1 مختصات پیکسل‌ها در شکل تصحیح نشده و x و y مختصات مشابه همان پیکسل‌ها در شکل تصحیح شده‌اند. در روابط فوق، a و b ضرایبی هستند که بسته به میزان چرخش شکل جدید نسبت به شکل خام تعیین می‌شوند و با تغییر درجهٔ چرخش، مقدار ضرایب نیز تغییر می‌کند.

انتخاب معادله (درجهٔ اول، دوم یا سوم)، بستگی به پستی و بلندی منطقهٔ مورد نظر، حداقل تعداد نقاط کنترل مورد نیاز، دقت مورد نظر و نرم افزار مورد استفاده دارد. پس از انتخاب معادله ، مختصات نقاط کنترل زمینی به پیکسل‌هایی از شکل که با آنها مطابقت می‌کند، نسبت داده می‌شود که در نتیجه معادلهٔ مورد نظر حل گردیده و به شکل مرتبط می‌شود . جدول ۱-۷ مثالی از نتایج عملی تصحیح هندسی (زمین مرجع کردن) تصاویر ماهواره‌ای منطقهٔ موک استان فارس را با استفاده از نقاط کنترل نشان می‌دهد.

جدول ۱-۷ نمونه‌ای از ویژگی‌ها و خطای نقاط کنترل زمینی مورد استفاده در تصحیح هندسی

شمارهٔ نقاط کنترل	مختصات زمینی UTM زون ۳۹ شمالی		مختصات در شکل تصحیح نشده		خطا بر حسب پیکسل	
	X	Y	سطر	ستون	سطر	ستون
۱	٦٤٨٤٠٩	٣٢٣٦٧٤٩	٢٠٠	٢٠٠	٠/٣١	-٠/١٣
۲	٦٧٠٩٩٢	٣٢٣٣٥٧٥	٢٠٠	١٠٠٠	٠/١٢	-٠/٠٧
۳	٦٤٥٠٩٩	٣٢١٤٣٢٩	١٠٠٠	٢٠٠	٠/١٢	-٠/٠٨
٤	٦٦٧٦٨٢	٣٢١١١٥٥	١٠٠٠	١٠٠٠	-٠/٠٦	-٠/٠٢
٥	٦٤٨٧٣٨	٣٢٢٥٨٣٣	٥٨٠	٢٦٧	٠/٢٣	-٠/٤٥
٦	٦٥٣٨٩٠	٣٢٣٢٥٨٣	٣١٩	٤١٢	٠/٥٣	٠/٣٣
۷	٦٦٨٥٩٥	٣٢٠٩٨٥١	١٠٤١	١٠٣٩	-٠/١٦	٠/٦١
۸	٦٤٨٢١٤	٣٢٢٦٦٢٧	٥٥٥	٢٤٦	٠/٤٢	٠/٨٠
۹	٦٥٠٥٥٨	٣٢٢٣١١٧	٦٦٦	٣٤٤	٠/١٩	-٠/٥٢
۱۰	٦٥٣٢٤٥	٣٢١٤١٦٢	٩٦٦	٤٨٣	٠/٢٥	-٠/٦٢
۱۱	٦٦٦٥٢١	٣٢٢٩٦٨١	٣٥٨	٨٦٤	٠/٠٣	-٠/٨٦
۱۲	٦٩٥٧٠٢	٣٢٢٤٨٥٠	٥٦٠	٦٥٣	-٠/٣٥	٠/٠٤
۱۳	٦٥٩٢٦٧	٣٢٢٦٩٥٠	٤٨٩	٦٢٧	-٠/٠٦	-٠/١١
١٤	٦٤١٨٦٠	٣٢١٣١٦٥	١٠٥٦	٩٤	-٠/٤٧	٠/٣٦
١٥	٦٤٣٥١٥	٣٢٣٣٩٢٠	٣٢٢	٤٥	-٠/٦٢	٠/٢٢
١٦	٦٦١٣٦٩	٣٢١٥٧٠٧	٨٠٩	٧٤٩	٠/٠٧	٠/٥٨
١٧	٦٤٤٤١١	٣٢٤٠٣٥٥	٩٣	٤٣	-٠/٢٢	٠/٠٨
١٨	٦٧٥٨٩٥	٣٢٣٧١٩٠	٤٩	١١٥٢	-٠/٤٢	٠/٢٩
١٩	٦٤٧٨٠٠	٣٢٠٩٩٤٠	١١٤٠	٣١٦	-٠/١٠	-٠/٢٩
٢٠	٦٧٣٤٩٠	٣٢١٨٢٧٠	٧٢٣	١١٦٥	٠/٢٢	-٠/١٤

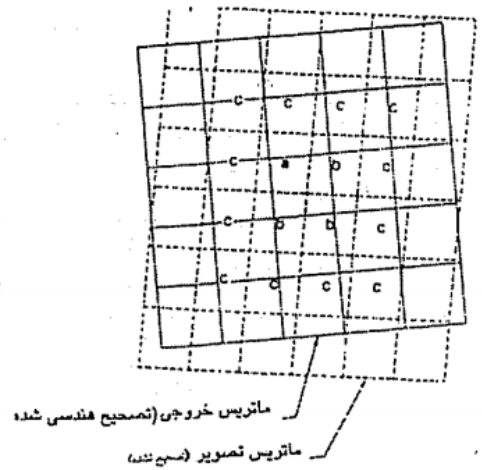
[1] RMSE=٠/٣٩

برای تصحیح خطای هندسی تصاویر ماهواره‌ای منطقهٔ موک فارس ، ابتدا ۲۵ نقطهٔ کنترل زمینی از نقشهٔ توپوگرافی (۵۰/۰۰۰ : ۱) انتخاب شد. این نقاط دارای سیستم مختصات طول و عرض جغرافیایی بودند که به سیستم متریک (UTM) تبدیل شدند. قابل توجه است که در این مثال ۵ نقطه با خطای بیشتر از یک پیکسل حذف گردید و در نهایت ۲۰ نقطهٔ کنترل با خطای کمتر از یک پیکسل مورد استفاده قرار گرفت.

جدول ۱-۷ نمونه‌ای از اطلاعات نقاط کنترل زمینی به‌همراه مختصات قدیم (پیکسل) و جدید (متریک) نقاط و نیز متوسط مربع خطاها را که به اختصار RMSE یا سیگما[1] گویند، نمایش می‌دهد که در واقع شاخص صحت عمل تصحیح هندسی تصاویر است. فرمول محاسبهٔ RMSE به‌شرح زیر است:

$$RMSE = \left[(x_1 - x)^2 + (y_1 - y)^2\right]^{0.5}$$

دراین فرمول، X_1 و Y_1 شمارهٔ سطر و ستون پیکسل از شکل تصحیح‌نشده (خام) است که نقاط کنترل در آن قرار دارد و x و y شمارهٔ سطر و ستون همان نقطهٔ کنترل بر روی ماتریس تصحیح‌شده می‌باشد . معمولا RMSE قابل قبول کمتر از یک و ترجیحا کمتر از ۰/۵ است.



شکل ٤-٧ ماتریس پیکسل‌های خروجی تصحیح شدهٔ هندسی که بر روی ماتریس پیکسل‌های ورودی دارای انحراف اصلی نشان داده شده‌اند

---

1 - Sigma

پس از آنکه معادلهٔ تبدیل ایجاد شد، برای تعیین مقادیر پیکسل شکل خروجی از عملی که نمونه‌برداری مجدد نامیده می‌شود استفاده می‌شود.

برای درک بهتر این مسئلهٔ به شکل ٤-٧ مراجعه کنید. در عملیات نمونه‌برداری مجدد، شکلی جدید در هندسه، متناسب با نقشه‌های مرجع زمینی حاصل می‌شود که در آن اندازهٔ پیکسل‌ها مشخص و همین‌طور جهت آنها نسبت به شمال جغرافیایی تنظیم می‌شود. DN پیکسل‌های شکل جدید با استفاده از یکی از روش‌های درون یابی[1] تعیین می‌شود.

روش‌های درون‌یابی

روش نزدیک‌ترین همسایه[2]

در این روش برای محاسبهٔ درجهٔ روشنایی پیکسل شکل جدید، از درجهٔ روشنایی نزدیکترین پیکسل‌های مجاور استفاده می‌شود و ارزش طیفی پیکسلی که به پیکسل جدید نزدیکتر است (نزدیکترین همسایه)، به آن پیکسل تعلق می‌گیرد. در این روش، محاسبات، ساده‌تر و در نتیجه زمان عملیات کوتاهتر است. مزیت دیگر این روش آن است که درجهٔ روشنایی پیکسل‌های محاسبه‌شده به‌روش نزدیکترین همسایه، تغییر کمتری نسبت به دیگر روش‌ها می‌کند.

2 - Nearest neighborhood

روش درون‌یابی دوتایی[۳]

در این روش، ارزش میانگین وزنی ارزش‌های طیفی چهار پیکسل مجاور یک پیکسل خاص مدنظر قرار دارد. محاسبه، با اختصاص دادن وزن بیشتر به پیکسلی

که مرکز آن به پیکسل مورد نظر نزدیکتر است، صورت می‌گیرد و DN جدید جایگزین مقدار پیکسل قبلی می‌شود.

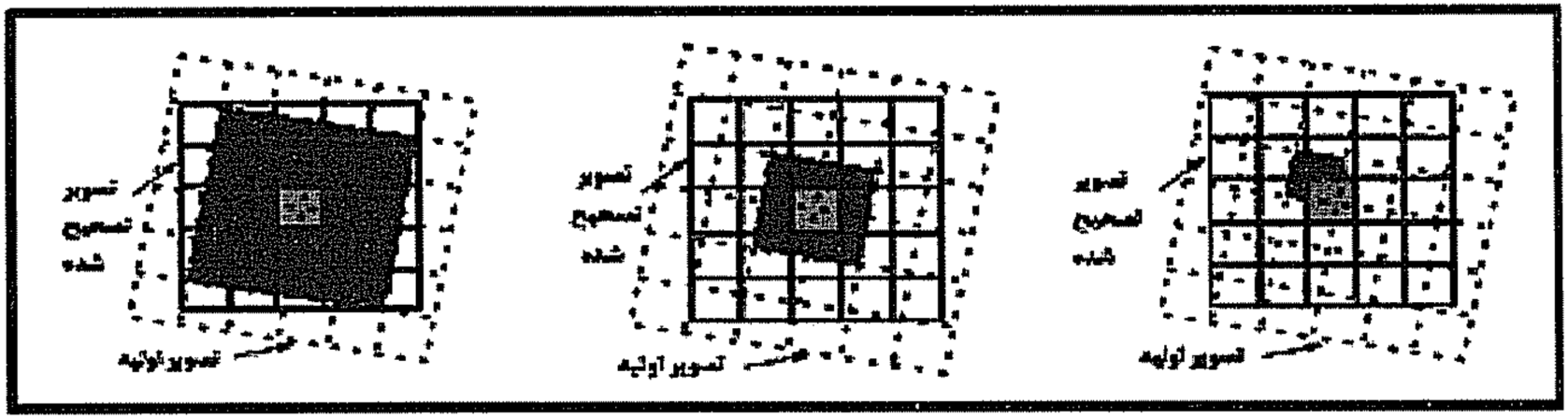
3 - Bilinear interpolation

روش درون‌یابی پیچشی مکعبی[1]

در این روش، متوسط DN ۱۶ پیکسل نزدیک به پیکسل مورد نظر در نقشهٔ اولیه محاسبه و سپس این مقدار به عنوان DN پیکسل جدید منظور می‌شود.

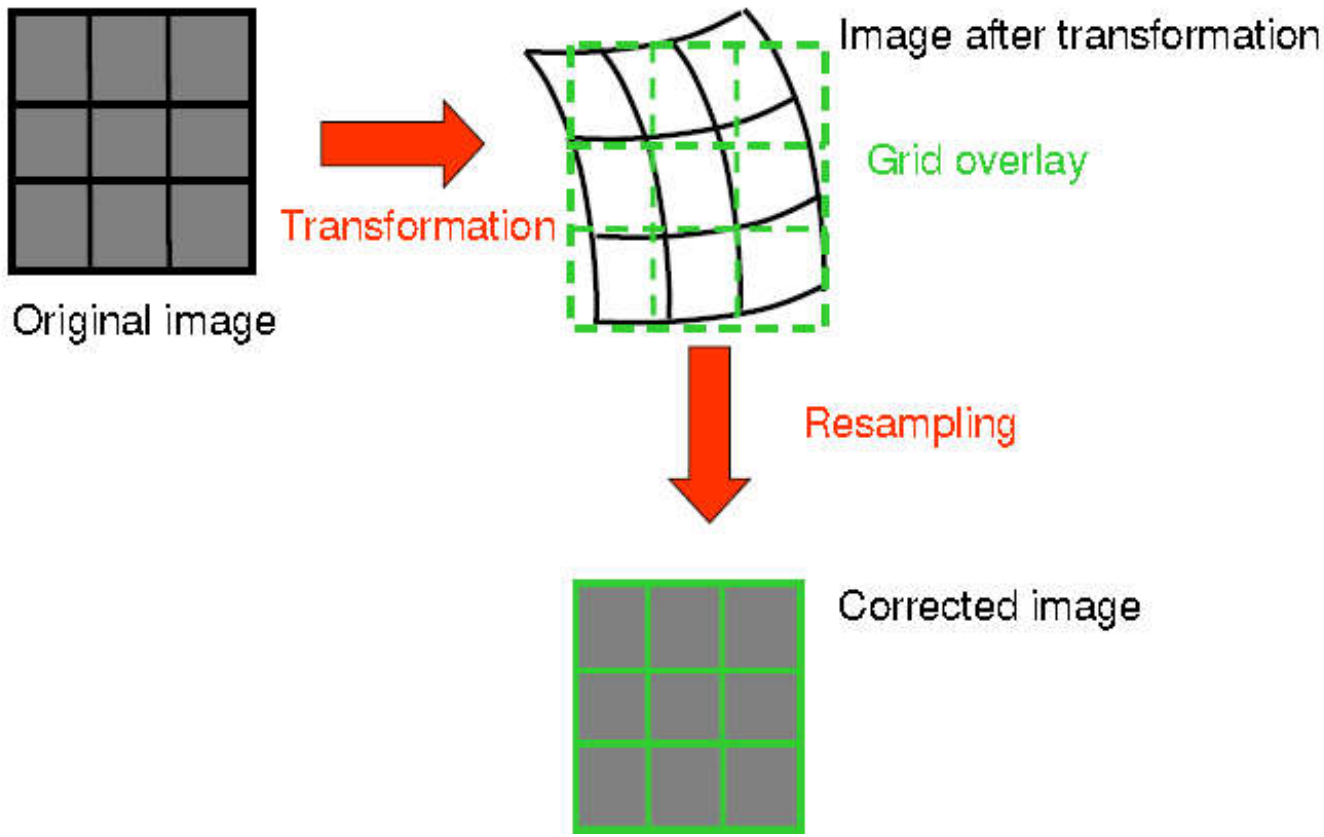
1 - Cubic convolution interpolation

Resampling



شکل ۱۰-۲: الف- نزدیکترین همسایگی ب- درون‌یابی دوخطی ج- کانولوشن مکعبی **(CCRS, 1998)**

Transformation and re-sampling process



Original Image

Georeferenced image

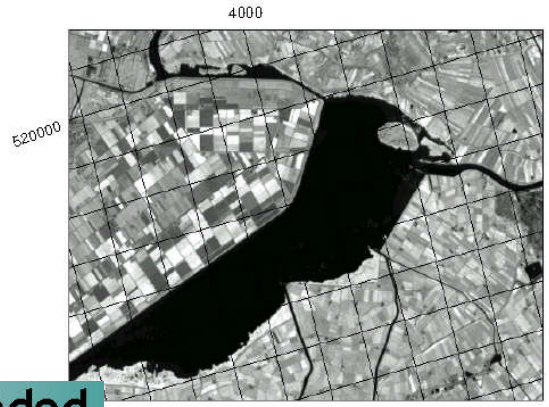
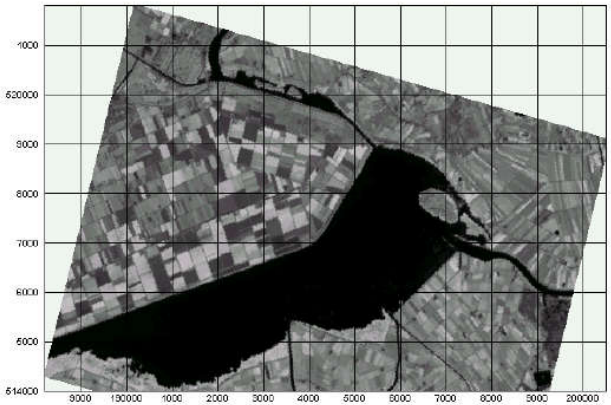


Image resampled and geocoded



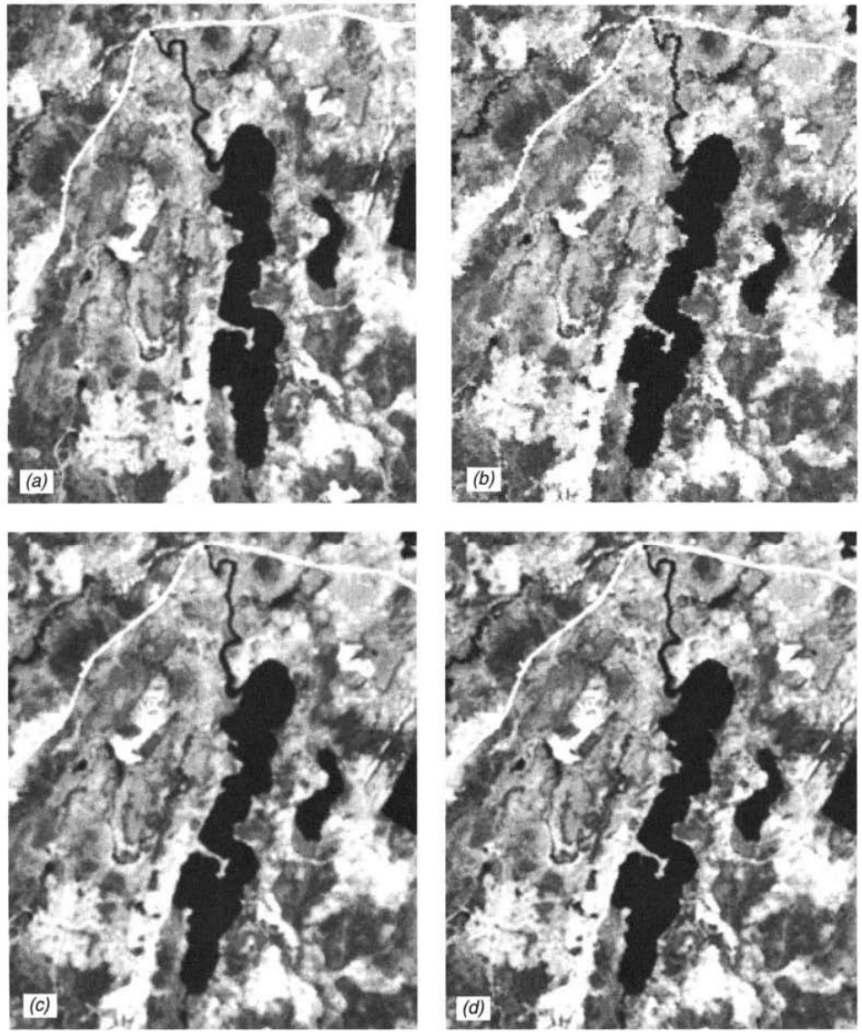


Figure 7.2 Resampling results: (*a*) original Landsat TM data; (*b*) nearest neighbor assignment; (*c*) bilinear interpolation; (*d*) cubic convolution. Scale 1:100,000.

تصحیح پراکنش اتمسفری[1]

اتمسفر بر روی طول موج‌های کوتاهتر از ۰/۵ میکرومتر، بیشترین و طول موج‌های بلندتر، کمترین تأثیر پراکنشی را دارد. پراکنش اتمسفری سبب پایین آمدن تباین در شکل می‌شود؛ به‌عبارتی موجب روشنایی اضافی شکل شده و در نتیجه مشکلاتی برای شناسایی پدیده‌ها ایجاد می‌کند. پراکنش اتمسفری بر هر کدام از باندها اثر متفاوت دارد. برای مثال باند آبی TM_1 بیشتر از دیگر باندها تحت تأثیر قرار می‌گیرد و TM_7 کمترین پراکنش اتمسفری را دارد .

دو روش اصلی برای تصحیح اتمسفری وجود دارد. اولین روش با استفاده از هیستوگرام است که در این روش، هیستوگرام‌های باندها به‌صورت مجزا محاسبه

---

1 – Haze correction

و ترسیم می‌گردد. معمولا مناطقی که از آب صاف یا سایه و بازالت تیره تشکیل شده باشد، دارای انعکاس پایین است. پیکسل‌های این مناطق در طول موج مادون قرمز نزدیک، DN های نزدیک به صفر دارند. چنانچه هیستوگرام دیگر باندها نیز رسم شود، مشاهده خواهد شد که DNهای مناطق تیره در این باندها بیشتر از باند مادون قرمز (برای مثال باند ٤ در لندست‌های ٤و٥) است و هیچ‌گاه از صفر شروع نمی‌شود. حداقل DN در هیستوگرام‌های باند ۱و۳ در مناطق تیره (مقدار افزون بر صفر)، مبین مقدار اثر پراکنش جوی است، بنابراین برای حذف آثار جوی می‌توان این حداقل DN را از DN باندهای دیگر کسر کرد.

تصحیحات رادیومتریک[1]

تصحیحات رادیومتریک در قبال تغییرات منظر، نوردهی، دید هندسی، شرایط جوی و نویز سنجنده باید صورت گیرند. هرکدام از این شرایط به خصوصیات سنجنده‌ها و شرایط هنگام اخذ داده بستگی دارند و شامل تصحیحات و یا روش‌های حذف می باشند که در زیر تشریح شده اند (رسولی، ۱۳۸۷):

۱ – تاثیرات اتمسفری که به وسیله پراکنش و جذب در اتمسفر صورت می‌پذیرد.

۲– تاثیرات توپوگرافیک بوجود آمده در تصویر به دلیل شیب و تفاوت ارتفاع در عوارض موجود بر روی سطح زمین.

۳– خطاهای موجود در آشکارسازهای سامانه سنجش از دوری مانند خطای راه‌راه شدن (که به وسیله آشکارسازهای خارج از تنظیم بوجود می‌آید)

تصحیح رادیومتریک با روش کاهش تیرگی پدیده[1]

تصحیح رادیومتریک زمانی انجام می‌گیرد که از تصاویر چند زمانه[2] یعنی تصاویری که مربوط به فصول یا سال‌های مختلف و یا سنجنده‌های مختلف هستند، استفاده شود. دو نوع تصحیح رادیومتریک وجود دارد، تصحیح رادیومتریک مطلق و تصحیح رادیومتریک نسبی. روش تصحیح رادیومتریک مطلق نیازمند ورود داده‌های مربوط به خصوصیات اتمسفریک و کالیبراسیون سنجنده است. انجام این تصحیح در اغلب موارد و به‌خصوص برای داده‌های قدیمی کار بسیار سختی است (Du et al., 2002). در مقابل تصحیح رادیومتریک نسبی با هدف کاهش متغیرهای اتمسفریک و غیره‌منتظره در میان تصاویر چندزمانه صورت می‌گیرد. یکی از روش‌های تصحیح رادیومتریک نسبی، کاهش تیرگی پدیده[3] است. در حالت ایده‌آل پدیده‌های تیره رنگ دارای تابش صفر در همه طول موج‌ها هستند. در این روش فرض می‌شود که در هر باند از تصویر می‌توان پیکسل‌هایی یافت که مقادیر آنها صفر یا نزدیک به یک می‌باشد (مثل آب). به این

Dark Object Subtraction

ترتیب اثر اتمسفری تابش انحرافی به‌صورت یک مقدار ثابت به پیکسل‌ها در هر باند اضافه می‌گردد. به‌همین دلیل جهت حذف خطای رادیومتریک بایستی ارزش پیکسل‌های هر باند از حداقل DN مربوط به هر باند کم شود. کاهش تیرگی پدیده یک روش ساده است که به‌طور گسترده در بسیاری از موارد به‌کار گرفته می‌شود (Chavez, 1996).

- **البته در اینجا استفاده از اصطلاح تفریق ارزش پیکسل های تیره یا اصطلاح تفریق تیرگی پدیده بهتر است. از آنجا که در این روش از DN هر باند، مقدار مشخصی کسر (تفریق) می گردد، منظور از کاهش تیرگی پدیده (تفریق ارزش پیکسل های تیره) در واقع روشن تر شدن پدیده و افزایش DN آن نیست بلکه منها کردن (کسر کردن) DN ناشی از خطای اتمسفری و رادیومتریک از DN های موجود هر باند می باشد.**

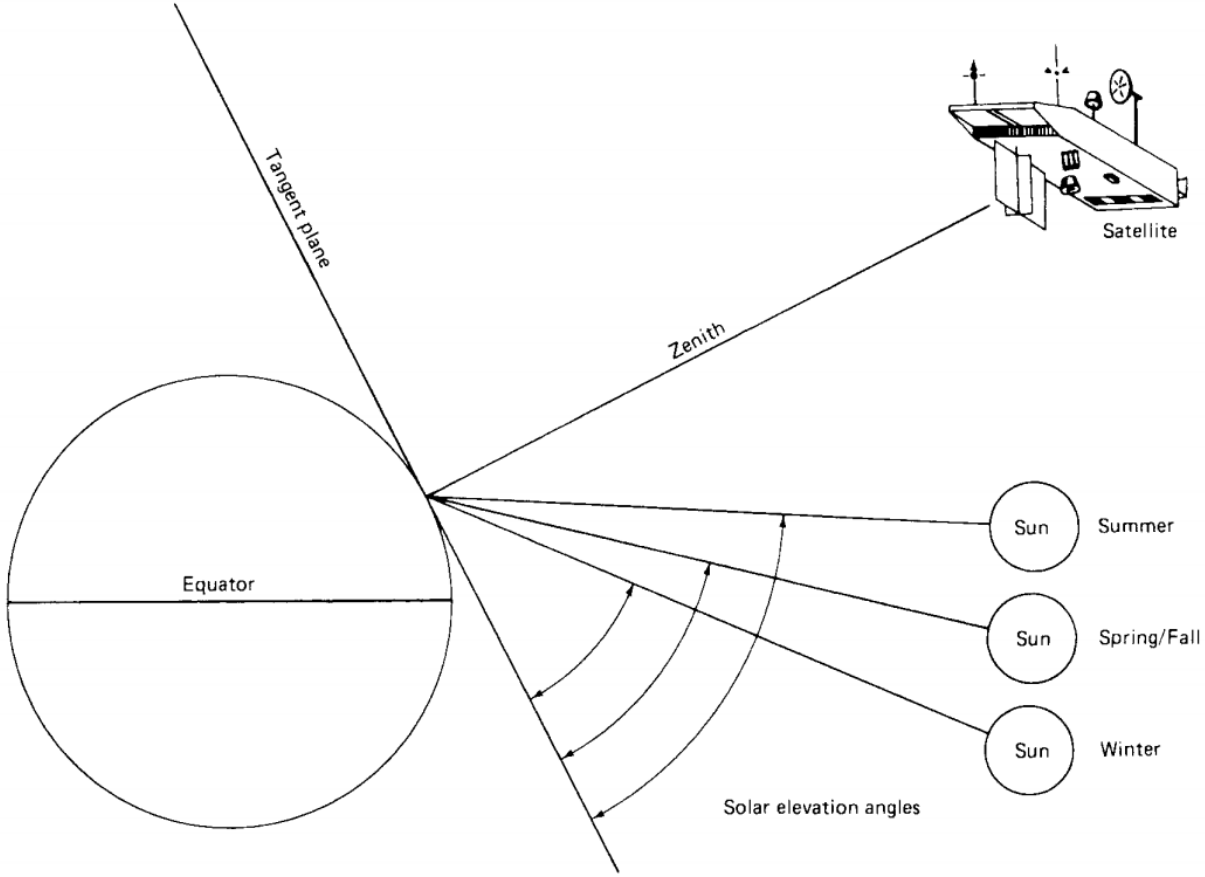


Figure 7.3 Effects of seasonal change on solar elevation angle. (The solar zenith angle is equal to 90° minus the solar elevation angle.)

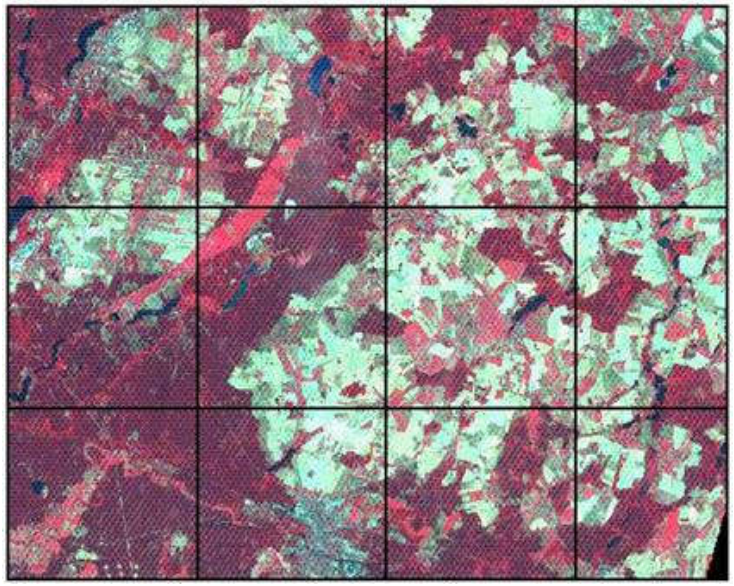
تصحیح خطای نوارنوار شدن تصویر[1]

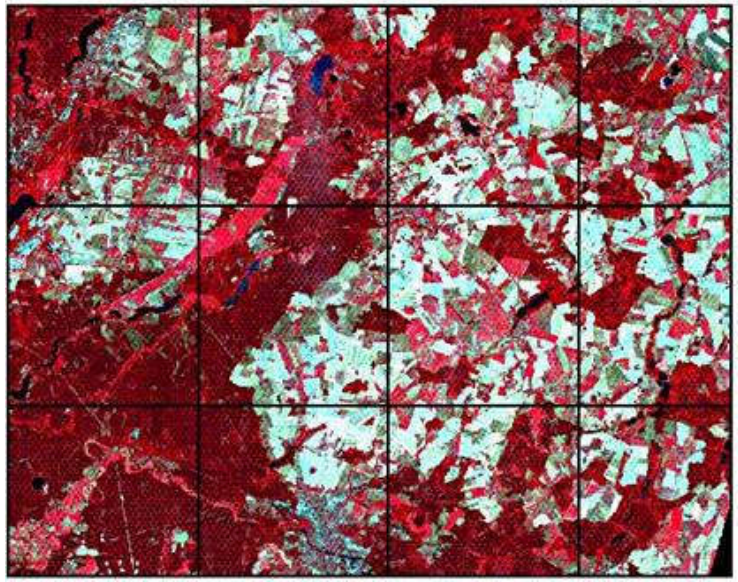
وقتی اتفاق می‌افتد که یک یا چند سنجنده در ثبت مقادیر بازتابشی در یک باند از حالت تعادل خارج شود. به نویزهای تصویر که در اثر خطای سنجنده ایجاد و اغلب به‌صورت نواری شدن ظاهر می‌شود، خطای نوارنوار شدن گفته می‌شود. اگرچه در تصاویر قدیمی‌تر این خطا بیشتر است، اما امکان بروز آن در هر سنجنده‌ای وجود دارد. نواری شدن، نویز سیستماتیک موجود در تصویر است که در اثر تغییر واکنش آشکارسازهای استفاده شده برای هر باند ایجاد می‌گردد. این وضعیت زمانی روی می‌دهد که یک آشکارساز از تنظیم خارج شده و با عث ایجاد قرائت‌هایی می‌گردد که بالاتر و یا پایین‌تر از آشکارسازهای دیگر آن باند است. فرایندی که خطوط اسکن شده سیستماتیک نامناسب را در تصویر تصحیح می‌کند، با عنوان Destriping شناخته می‌شود (Richards, 1995؛ رسولی، ۱۳۸۷).

---

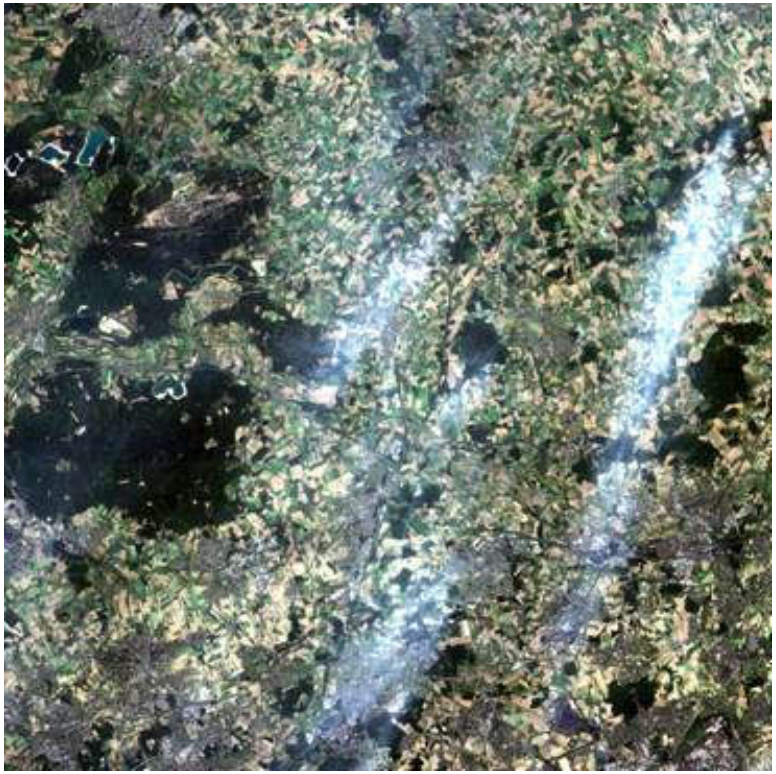
[1]-Striping

- **LANDSAT-TM without and with atmospheric correction**

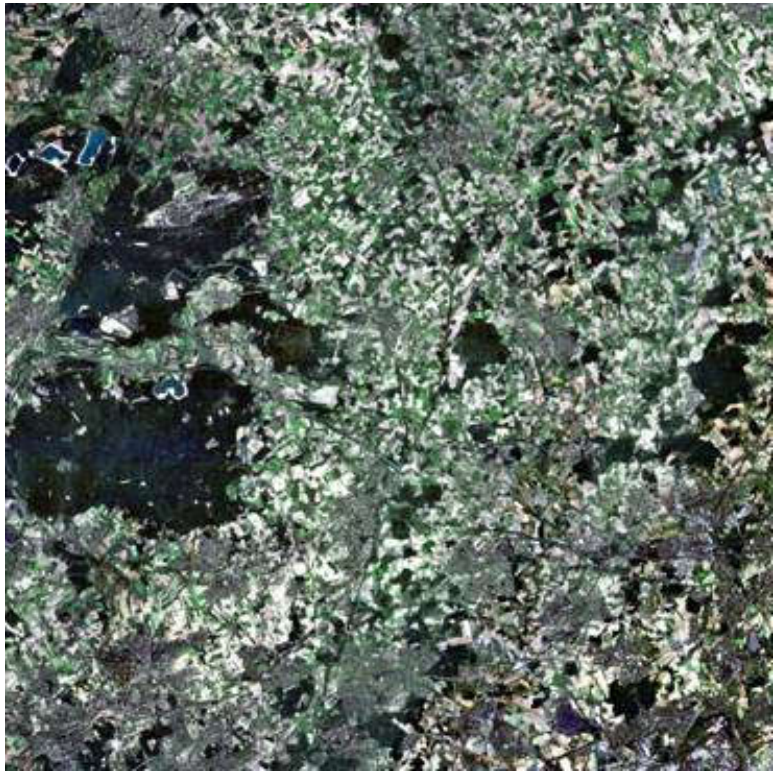




Atmospheric/Radiometric Correction



Before Haze/Cloud Removal



After Haze/Cloud Removal

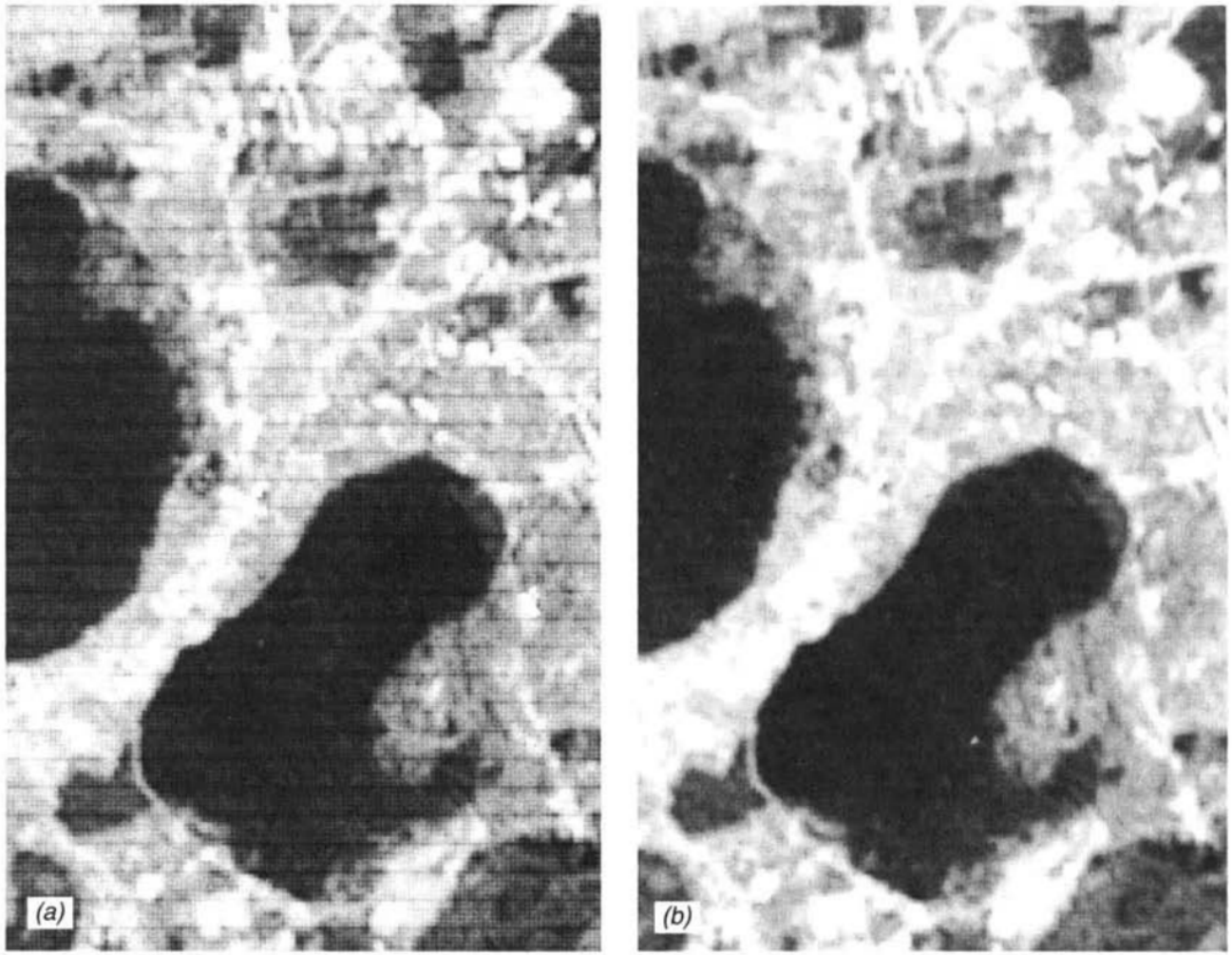


Figure 7.6 Destriping algorithm illustration: (*a*) original image manifesting striping with a six-line frequency; (*b*) restored image resulting from applying histogram algorithm.

Image Enhancement

بارزسازی و ارتقای کیفی تصویر همچون فیوژن، ایجاد ترکیبات رنگی مختلف ، فیلترینگ، حذف اثر سایه وآشکارسازی(استرچ) و....

- Color composite
- Shadow effect & Band ratio
- Stretching
- Filtering
- Fusion
- PCA

and etc….

«بارزسازی تصاویر»

۱- رنگ

شبکیهٔ چشم انسان، تعداد زیادی سلول‌های استوانه‌ای و مخروطی‌شکل حساس به نور دارد. سلول‌های استوانه‌ای، به نور حساسند و امکان دید را به‌وجود می آورند. سه نوع سلول مخروطی وجود دارد که هر یک از آنها به یکی از سه رنگ اصلی، قرمز، سبز و آبی حساسیت دارند. تحقیقات نشان داده است که تعداد سلول‌های مخروطی حساس به نور آبی، کمتر از تعداد سلول‌های مخروطی حساس به نور قرمز و سبز است و این سه نوع سلول مخروطی به بخشی از امواج الکترومغناطیس حساسیت مشترک دارند.

تصاویر رنگی موجب وضوح بهتر پدیده و تفسیر راحت‌تر آنها می‌شود که دلیل آن را می‌توان به‌شرح زیر دانست:

۱- حساسیت چشم انسان به تغییرات رنگ بسیار زیاد است، درحالی‌که چشم انسان حداکثر می‌تواند بین ۲۰ الی ۲۵ تن خاکستری را تمیز دهد.

۲- تصاویر سیاه و سفید فقط یک لایه اطلاعات مانند تن یا روشنایی یا درجهٔ خاکستری را در بر می‌گیرد، ولی مکعب رنگ از سه متغیر ته رنگ، اشباع و شدت تشکیل شده است.

۳- ارائه و نمایش شکل چند باندی به‌صورت رنگی بدین معنی است که سه شکل حاصل از سه باند، همزمان مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به اینکه طیف وسیعی از داده‌های سنجش از دور را می‌توان به‌صورت رنگ‌های کاذب تعریف کرده و نمایش داد، بنابراین رنگ‌های قابل رویت در تصاویر رنگی کاذب، ممکن است هیچ رابطه‌ای با رنگ واقعی اشیای روی زمین نداشته باشد.

۲- بارزسازی تصاویر

بین درجهٔ روشنایی[1] ورودی و شدت روشنایی خروجی روی صفحهٔ نمایش، رابطهٔ یک به یک وجود دارد. برای مثال درجهٔ روشنایی ورودی صفر شدت خیلی تیره (سیاه) روی صفحهٔ نمایش تولید می‌کند، درحالی‌که درجهٔ روشنایی ۲۵۵ شدت خیلی روشن (سفید) ایجاد می‌کند. تمام درجه‌های روشنایی صفر تا ۲۵۵ به‌صورت گام‌های خاکستری از سیاه تا سفید نمایش داده می‌شود. سیستم‌های پردازش رقومی تصاویر که برای کار با تصاویر سنجش از دور طراحی شده اند، توانایی تولید نقشه‌های روشنایی[2] را دارند. کیفیت و قابلیت تفسیر چنین نقشه‌هایی بستگی به ۱) نوع دستگاه خروجی نظیر چاپگر و ۲) نوع

1- Digital number

2 -Brightness map

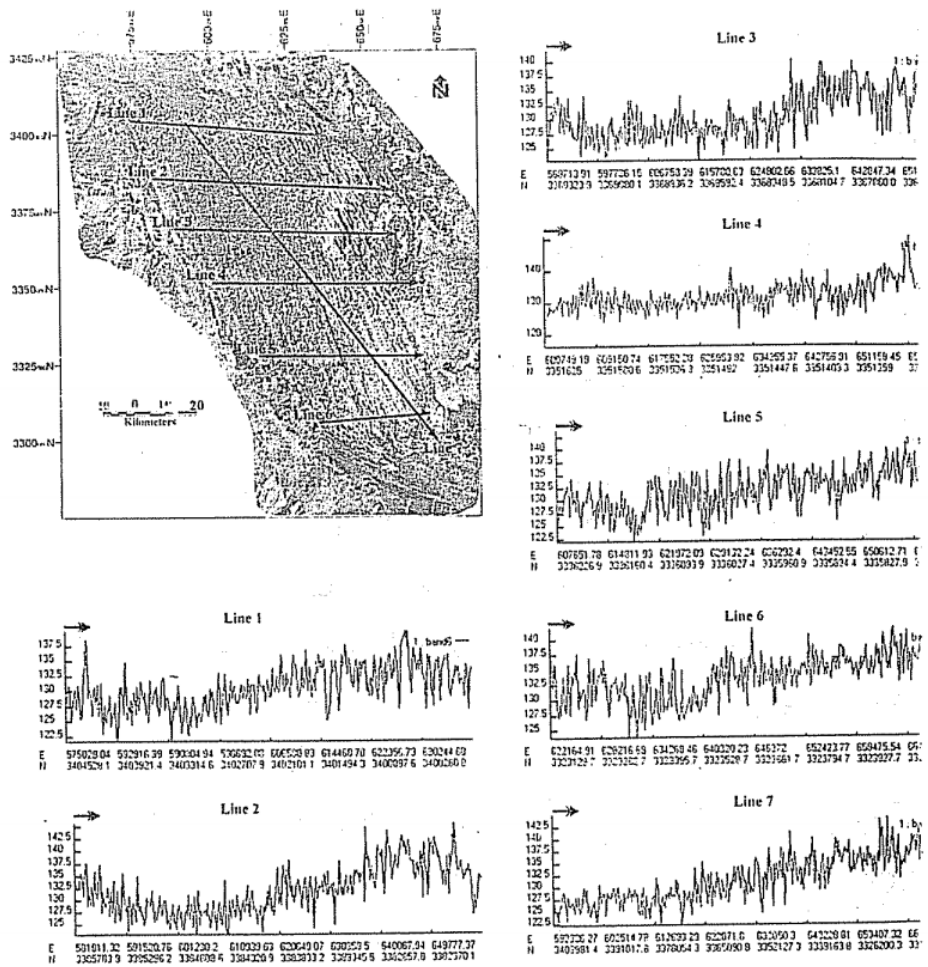
الگوریتم و روش استفاده در تولید نقشه دارد. از الگوریتم‌های بارزسازی، بـــرای بهبود وضعیت ظاهری تصویر جهت تجزیه و تحلیل چشمی یا متعاقب آن تجزیه و تحلیل رایانه‌ای استفاده می‌شـود. بـه‌این نکتـه هـم بـاید توجـه داشـت کـه در بارزسازی تصاویر ممکن است نتوان به شرایط بارزسازی ایـــدآل دسـت یـافت، زیرا در نهایت تمام تصاویر تولیدشده با چشم ارزیـابی می‌شـود و ایـن قضـاوت کیفی است که آیا تصویر حاصل مفید است، خیلی مفیـد اسـت یـا کـم. در ایـن فصل، ارزش تجزیه و تحلیل چشمی داده‌های سنجش از دور و متعاقباً تجزیـــه و تحلیل رایانه‌ای بررسی می‌شود. روشهای بارزسازی به‌شرح زیر است:

۲-۱- بزرگ‌نمایی و کوچک‌نمایی تصویر

اغلب اوقات لازم است کل تصویر را یکجا دید، ولی سیستم‌های پردازش تصاویر فقط تعداد محدودی از پیکسل‌های یک تصویر را همزمان نمایش می‌دهند(مثلا کمتر از ۵۱۲ × ۵۱۲ پیکسل). بنابراین برای نمایش باید از روش‌های خاصی برای کاهش داده‌های تصاویر اصلی که m ستون و n ردیف دارند، استفاده شود. بزرگ‌نمایی تصاویر رقومی[1] یا zooming برای افزایش مقیاس تصویر جهت تفسیر چشم و یا گاهی اوقات برای انطباق و مقایسهٔ تصویر مورد نظر با تصاویر دیگر صورت می‌گیرد .

۲-۲- پروفیل

منظور از پروفیل، استخراج اطلاعات درجهٔ روشنایی در طول یک برش مشخص از نقطهٔ A تا B در یک تصویر است که در بسیاری از زمینه‌های سنجش از دور کاربرد دارد. برای مثال، تصویر ۲-۸ ، ۷ خط پروفیل را نشان می‌دهد که ٦ خط آن مسیر غرب به شرق و یک خط مسیر شمال به جنوب یاردانگ‌های بیابان لوت را نشان می‌دهد. در اینجا نمودار درجهٔ روشنایی باند حرارتی براساس هریک از این ۷ مسیر نشان داده شده است. این روش می‌تواند به انتخاب روش مناسب برای بارزسازی کمک نماید. با دقت در روند تغییرات تشعشعات حرارتی در تمامی ۷ مسیر یاد شده. نتایجی حاصل می‌شود که در فصل سنجش از دور حرارتی توضیح داده می‌شود .



تصویر ۲-۸: مقطع طولی و عرضی تغییرات داده‌های باند حرارتی یاردانگ‌ها در آذرماه

۲-۳- تصاویر رنگی کاذب[1]

از ترکیب ۳ باند مختلف و اختصاص هر رنگ از سه رنگ اصلی قرمز ، سبز و آبی (RGB) به هر باند، تصویر رنگی ساخته می‌شود. در تصویر رنگی کاذب (FCC)، رنگ قرمز به باند مادون قرمز، رنگ سبز به باند قرمز و رنگ آبی به باند سبز نسبت داده می‌شود، در نتیجه پوشش گیاهی که حداکثر بازتاب را در باند مادون قرمز دارد، به رنگ قرمز، آب به رنگ آبی و خاک لخت به رنگ‌های قهوه‌ای ـ خاکستری دیده می‌شود. اگر تصاویر رنگی کاذب به‌طور مناسب و صحیح تهیه شده و هیستوگرام باندهای استفاده شده تشابه ظاهری داشته باشند، تصویر حاصله خوش‌ترکیب و قابلیت تفسیر بالایی خواهد داشت (Gupta، ۱۹۹۱). هدف از انتخاب باندهای مناسب برای ساخت تصاویر رنگی، به حداقل رسانیدن داده‌های کم‌ارزش و استفادهٔ حداکثر از اطلاعات مفید می‌باشد. انتخاب ترکیب باندی به روش‌های مختلف صورت می‌گیرد . یک روش، مقایسهٔ چشمی تصاویر حاصل از ترکیب‌های مختلف است که معمولاً بسیار مشکل و وقت‌گیر است. راه دیگر، مبتنی بر معیارهای آماری تصاویر مورد استفاده در ساخت تصاویر رنگی است. از جمله روش‌های انتخاب ترکیب باندی ، روش‌های فاکتور شاخص مطلوب (OIF)[2] (Chavez و همکاران ، ۱۹۸۲)، تعـــــــ

الف ـ FCC حاصل از ترکیب باندهـای TM۱، TM۵ ، TM۷ کـه بـه ترتیـب رنگ‌های آبی، سبز و قرمز داده شده است، مناطق مرطـوب شـوره‌زار و تپـه‌های ماسه‌ای بیابان لوت را بهتر و واضح‌تر نشان می‌دهد (تصویر ضمیمهٔ ۲–۸).

تصویر ۲-۸: تصویر مرکب رنگی منطقه‌ای از یاردانگ‌های بیابان لوت حاصل از ترکیب باندهای TM۱، TM۵ و TM۷ که به ترتیب به رنگهای آبی، سبز و قرمز داده شده است.

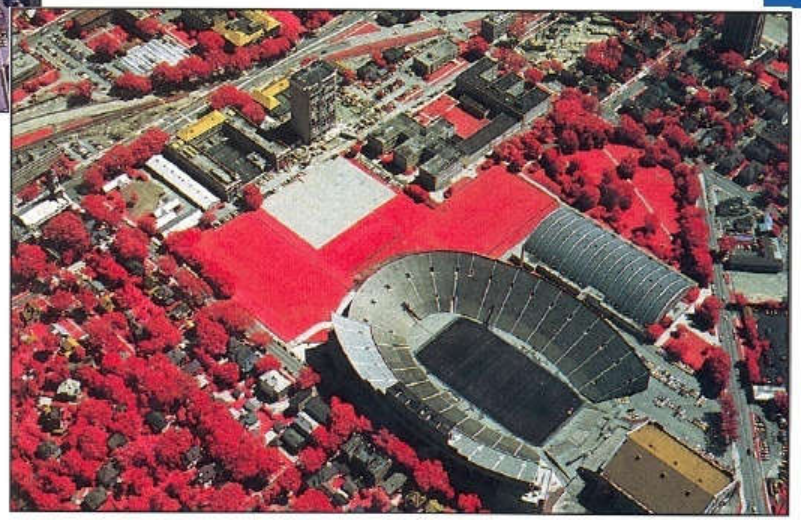
هامادا
کلوت ها
ماسه بادی
(ریگ بلان)

عکس رنگی مجازی (مادون قرمز)

در فیلم رنگی مادون قرمز، لایه‌های امولوسیون به‌جای بازتاب‌های آبی، سبز و قرمز، بازتاب‌های سبز، قرمز و مادون قرمز را ثبت می‌کنند. ظهور و چاپ فیلم‌های رنگی مادون قرمز به‌نحوی است که پدیده‌هایی که دارای بازتابش بیشتر در یکی از محدوده‌های سبز، قرمز یا مادون قرمزند، به‌ترتیب به رنگ آبی، سبز و قرمز نمایان می‌شوند و از آنجایی‌که پوشش‌های گیاهی زنده و فعال به‌دلیل وجود کلروفیل بازتاب بالایی در ناحیهٔ مادون قرمز نزدیک دارند، بنابراین پوشش‌های گیاهی در چنین عکس‌هایی به رنگ قرمز ظاهر می‌شوند.

TRUE COLOUR / FALSE COLOUR IR

True Colour



False Colour Infra-red

۲-٤- روش‌های بسط تصاویر[1]

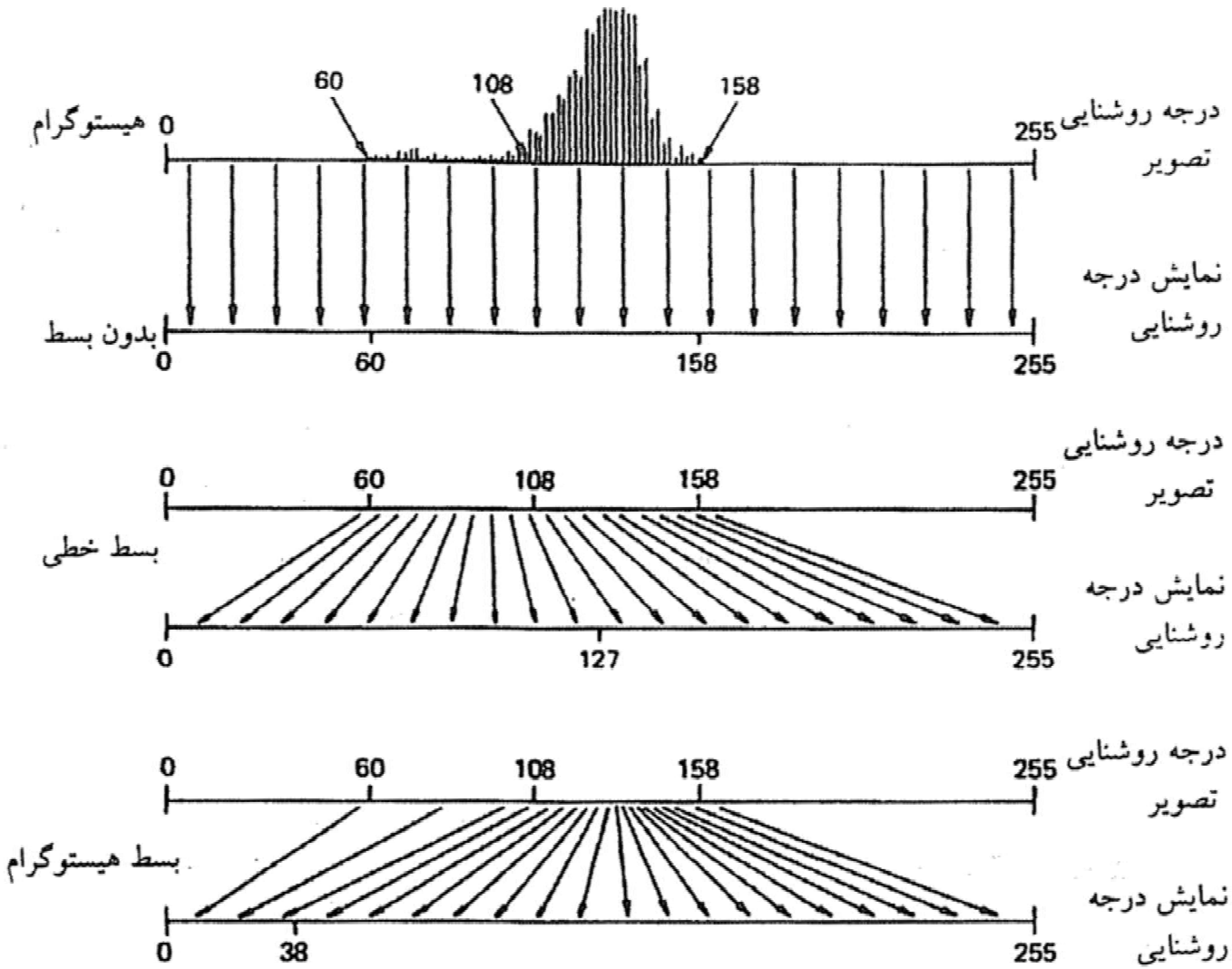
در بسیاری موارد، مواد مختلف موجود در طبیعت یا پدیده‌های گوناگون بازتاب‌های طیفی یا تشعشعات حرارتی مشابهی از خود نشان می‌دهند که در چنین حالتی، تصویری با کنتراست نسبتا کم حاصل می‌شود. اصولا وضعیت ساختمانی روستاها به‌گونه‌ای است که بیشتر از مواد طبیعی نظیر چوب، خاک و سنگ استفاده می‌شود و این وضعیت سبب می‌شود تصاویر مربوط به مناطق روستایی تباین کمتری نسبت به مناطق شهری داشته باشند، زیرا در شهرها طیف متفاوت‌تری از مواد نظیر بتن، آسفالت و مواد فلزی به‌کار برده می‌شود. عامل دیگری که موجب تباین کم در تصاویر ماهواره‌ای می‌شود، حساسیت آشکار سازه‌هاست. سنجنده‌هایی نظیر TM و HRV دارای توان تفکیک رادیومتری ۸ بیتی می‌باشند، یعنی درجهٔ روشنایی پیکسل‌ها می‌تواند در تئوری در دامنهٔ ۲۵۵-۰ قرار

1 - Image stretching

گیرد. اما در بسیاری موارد درجهٔ روشنایی‌ها در عمل در دامنهٔ محدودتـــری مثـلا بین ۵۰ تا ۱۵۰ قرار می‌گیرند که در این‌صورت عمل بارزسازی برای تصویر سبب وضوح بیشتر آن گشته و از این‌طریق می‌توان تفـاوت بیـن پدیده‌هـا را آشـکارتر ساخت. این عمل بارزسازی تصویر موجب افزایش توان فرد برای تفسیر بصـــری می‌شود. بارزسازی تصویر عملی مطلوب بوده و در تمامی دامنهٔ طیفی مورد نظـــر قابل اجراست.

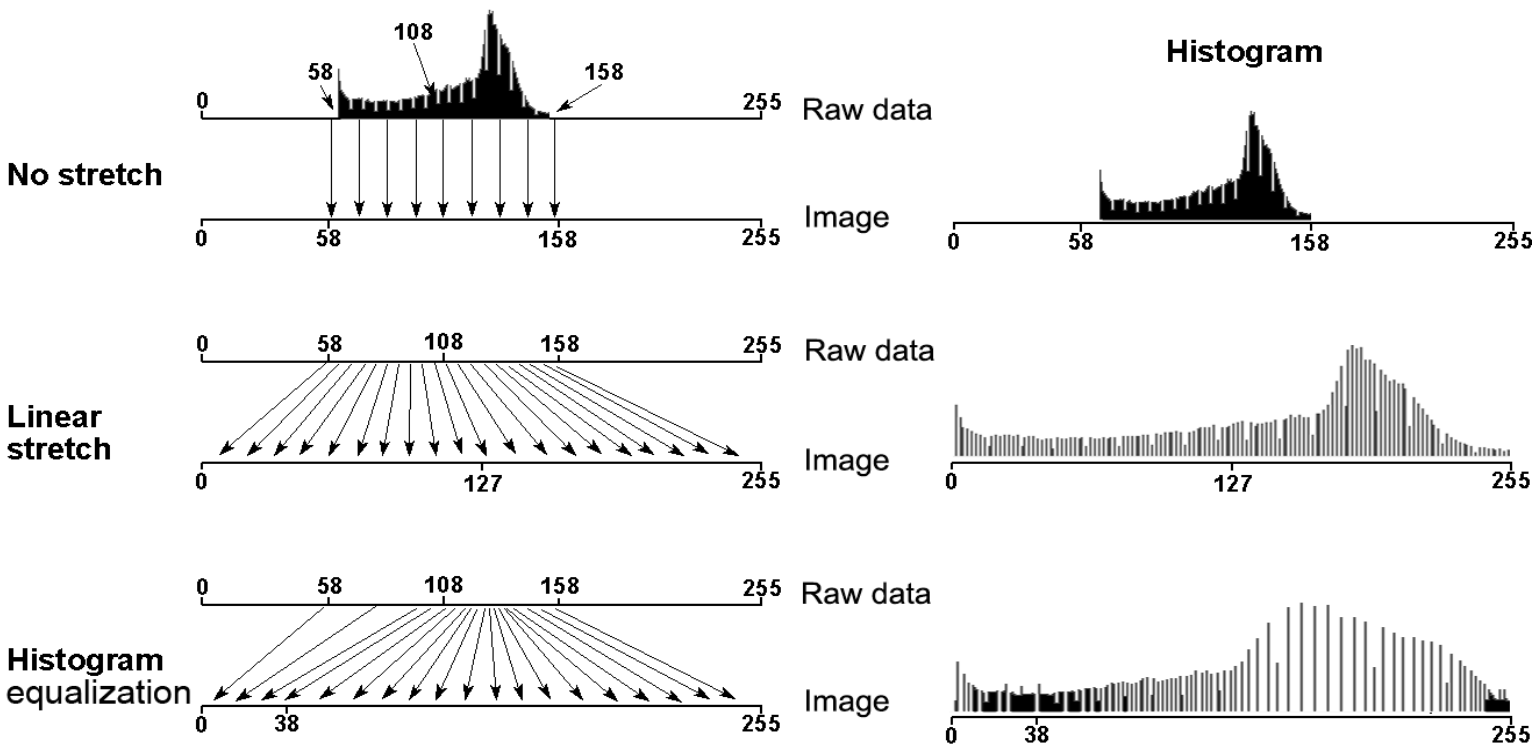
۲-٤-۱- بسط تباین

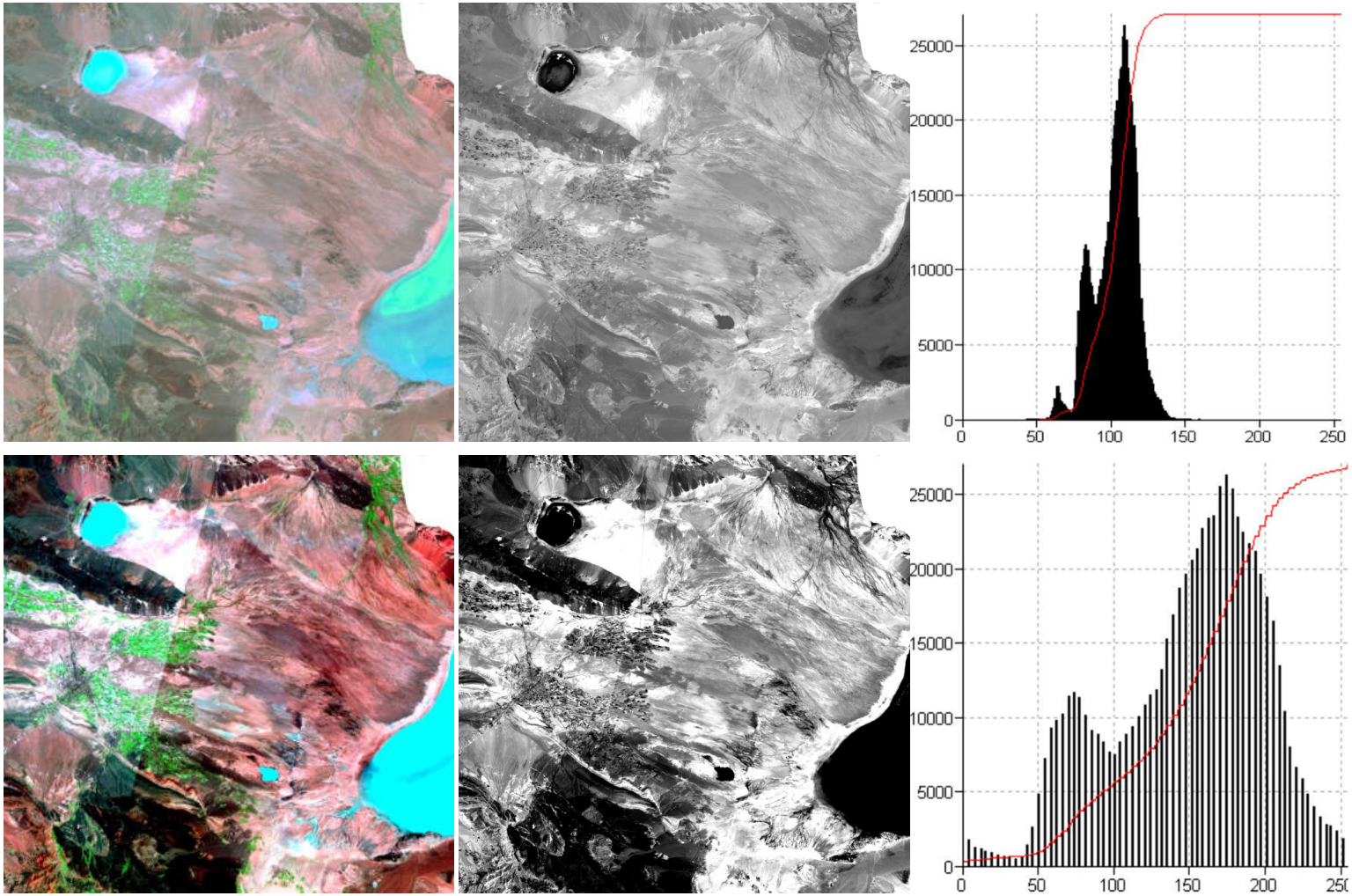
بسط دادن دامنهٔ تصویر به دامنهٔ وسیع‌تری از مقادیر درجهٔ روشنایی را، بســـط تباین گویند که در اثر این بسط به دلیل وضوح بیشتر تصویر، امکان متمایز کردن پدیده‌های بیشتری فراهم می‌گردد. بسط تباین به روش زیر انجام می‌گیرد.


هیستوگرام
60
108
158
0
255
درجه روشنایی
تصویر
نمایش درجه
روشنایی
بدون بسط
0
60
158
255
درجه روشنایی
تصویر
0
60
108
158
255
بسط خطی
نمایش درجه
روشنایی
0
127
255
درجه روشنایی
تصویر
0
60
108
158
255
بسط هیستوگرام
نمایش درجه
روشنایی
0
38
255

Stretching

- *Linear contrast stretch* is a simple grey scale transformation where the lowest input DN of interest becomes zero and the highest DN of interest becomes 255.
- *Histogram equalization* is a non-linear transformation




25000
20000
15000
10000
5000
0
0
50
100
150
200
250
25000
20000
15000
10000
5000
0
0
50
100
150
200
250

۲-۵- فیلتر گذاری

عمل پردازشی که با استفاده از آن برخی درجه‌های روشنایی را برای ایجاد یک تصویر به‌کار می‌بریم، اصطلاحاً فیلتر کردن نام دارد. در واقع فیلتر کردن نوعی تغییر ارزش‌های طیفی است که در آن ارزش هر پیکسل نسبت به پیکسل همسایه‌اش تغییر می‌کند و تصویر جدیدی می‌سازد که می‌تواند تباین آن با تصویر اصلی متفاوت باشد.

۲-۵-۱- انواع فیلترها

فیلترهای مهم و معمول در سنجش از دور شامل موارد زیرند:

۱- فیلترهای پایین‌گذر[1]

۲- فیلترهای بالاگذر[2]

۳- فیلترهای باندگذر[3]

---

1 - Low pass filter
2 - High pass filter
3 - Band pass filter

Filter operations

- Filtering is usually carried out on a single band. Filters can be used for image enhancement, for example, to **reduce noise** ("smooth an image") or to sharpen a blurred image. Filter operations are also used to extract features from images, eg, edges and lines, for automatically recognizing patterns and detecting objects.

Input

	16	12	20			
	13	9	15			
	2	7	12			

Output

		12				

برای اعمال فیلتر بر روی یک تصویر، یک جعبهٔ فیلتر یا پنجرهٔ فیلتر[1] در نظر گرفته می‌شود و برای تعیین درجهٔ روشنایی جدید پیکسل‌ها، این جعبهٔ فیلتر بر روی تمام تصویر حرکت می‌کند و تصویر جدید را به‌وجود می‌آورد. یک پنجرهٔ فیلتر، ماتریسی است که شامل مجموعه‌ای از ضرایب (یا وزن‌ها) است. مقدار هر پیکسل در تصویر خروجی با قرار دادن پنجره روی پیکسل متناظر در تصویر ورودی و ضرب کردن مقادیر تمام پیکسل‌های زیر پنجره در وزن متناسب و حاصل جمع آن به‌دست می‌آید. این پنجرهٔ فیلتر می‌تواند در اندازه‌های ۳×۳ ، ۵× ۵ و ۷×۷ و غیره باشد. برای محاسبهٔ فیلترهای پایین گذر، از میانگین[2]، مد[3] و میانه[4] درجهٔ روشنایی پیکسل به پیکسل و پیکسل‌های همسایه استفاده می‌شود.

---

1 - Window filter
2 -Average
3 -Mode
4 -Median

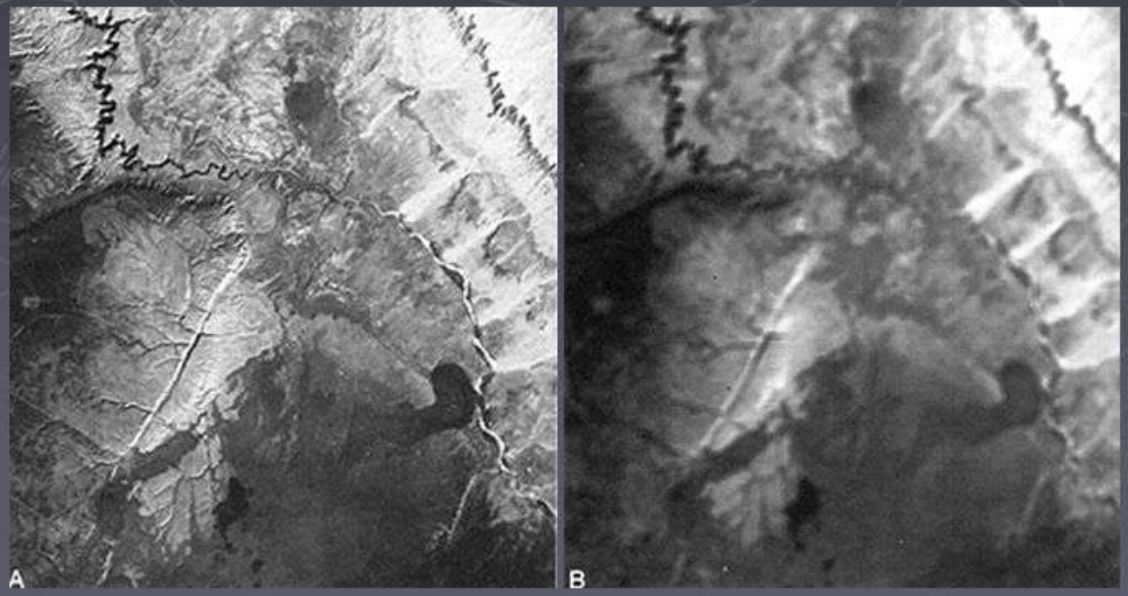
استفاده از فیلتر پایین گذر یا فیلتر هموارکننده، موجب انتقال میزان بیشتری از درجهٔ روشنایی پایین به صفحهٔ نمایش می‌شود. با استفاده از فیلتر پایین گذر، دامنهٔ طیفی شکل کاهش می‌یابد و شکلی با جزییات تقریباً یکنواخت به‌وجود می‌آورد. چنانچه تصویر حاصل از فیلتر پایین گذر را از تصویر اصلی کسر کنیم، تصویر حاصل از فیلتر بالاگذر به‌دست می‌آید. در چنین تصویری پدیده‌های دارای درجهٔ روشنایی بالا، جزییات بیشتر و دقیق‌تری را نشان می‌دهد، به‌ویژه اگر اختلاف بین درجهٔ روشنایی پیکسل‌های همسایه یکباره تغییر کرده باشد، بنابراین می‌توان از چنین خاصیتی در مطالعهٔ عوارض خطی و مرزها استفاده کرد. فیلترهای پایین‌گذر برای حذف نویز در تصویر که سبب به‌وجود آمدن پدیده‌های ساختگی ناخواسته در تصویر می‌شود، مورد استفاده قرار می‌گیرند. ساده‌ترین فیلتر هموارکننده، فیلتر میانگین است که در آن مقدار هر پیکسل توسط میانگین مقادیر پیکسل‌های همسایهٔ خود جایگزین می‌گردد.

فیلتر بالا گذر، موجب انتقال میزان بیشتری از درجه‌های روشنایی بالا می‌شود. فیلترهای بالاگذر برای واضح‌سازی لبه‌ها که بر اساس تفاوت پیکسل مرکزی و پیکسل‌های همسایهٔ آن است استفاده می‌شود. برای مثال در مناطق همگن (که تغییرات درجهٔ روشنایی بسیار اندک است)، نتیجه‌ای برابر با صفر می‌دهند و در حالتی که تفاوت زیادی بین مقدار درجهٔ روشنایی یک پیکسل و پیکسل‌های همسایه وجود داشته باشد، نتیجهٔ مثبت یا منفی بزرگی را ارائه خواهد داد.

یک نوع دیگر فیلتر، فیلتر میان‌گذر (باندگذر) است که معمولا نسبت به فیلترهای پایین‌گذر و بالاگذر استفادهٔ کمتری دارد. اجرای این فیلتر سبب انتقال میزان بیشتری از درجه‌های روشنایی بخصوص می‌شود. البته تعیین محدودهٔ درجهٔ روشنایی بر اساس هدف تحقیق و نوع آن صورت می‌گیرد.

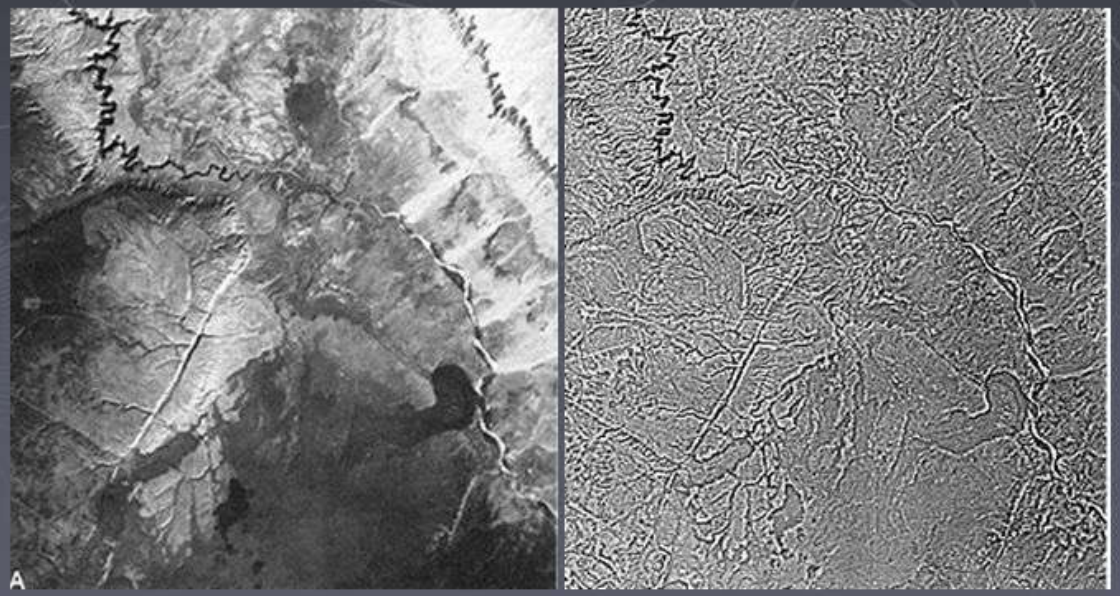
Spatial Filtering

- Low pass filters emphasize low frequency features
- Compute the average values of moving windows



Spatial Filtering ..

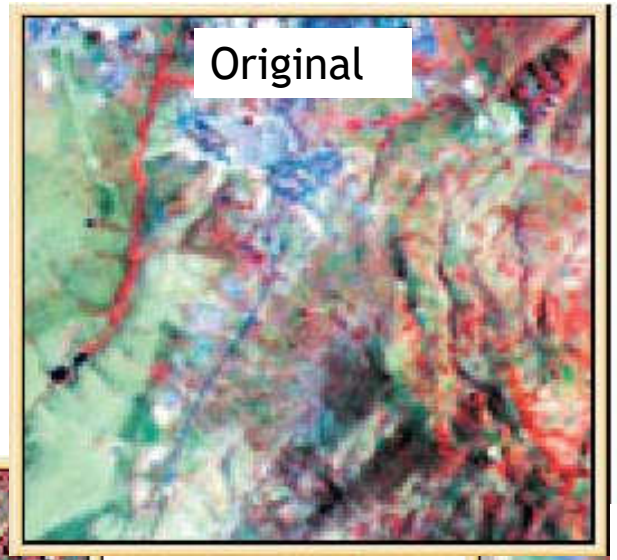
- High pass filters emphasize local details
- It subtracts the low-pass filter from the original image

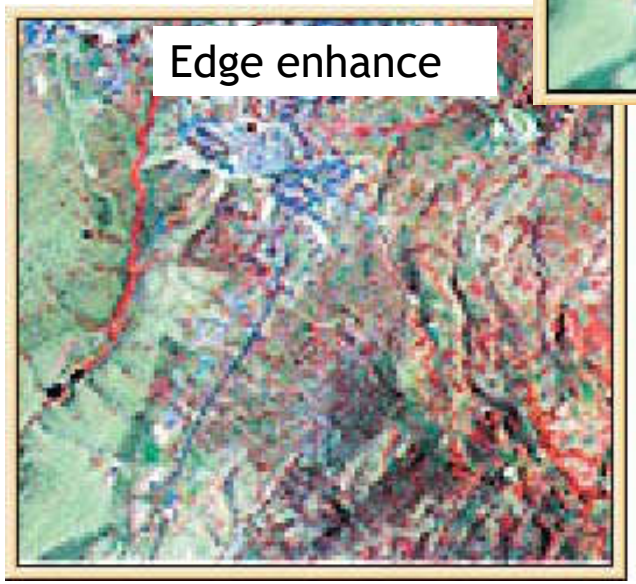


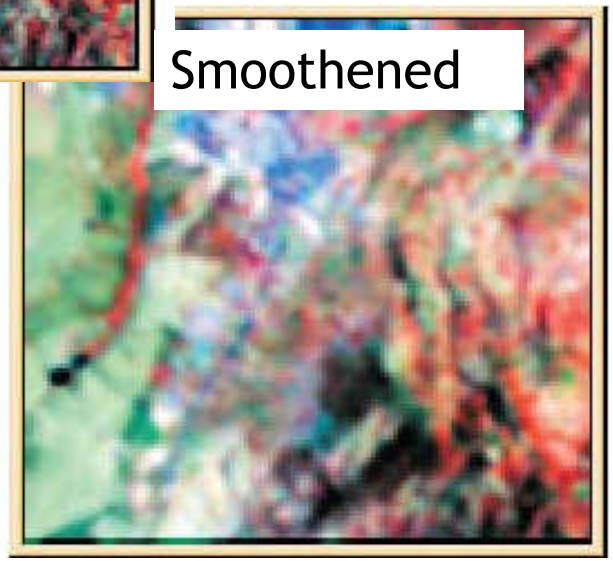
۲-۵-۲- آشکارسازی لبه یا تشخیص مرزها

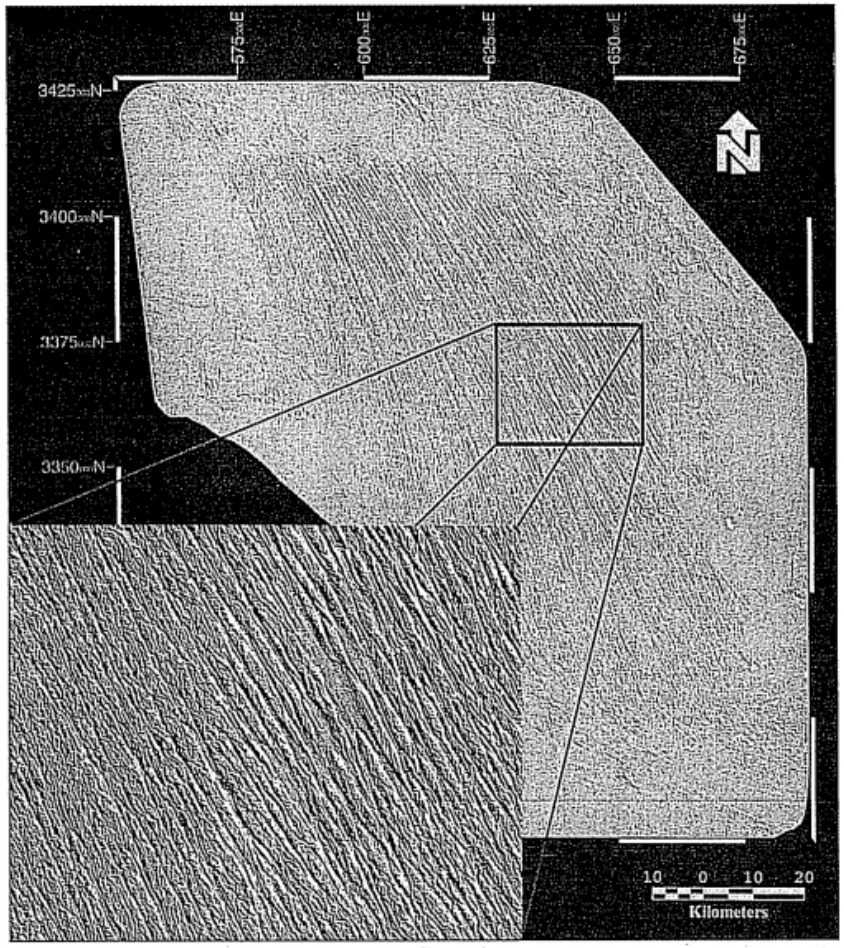
بخش مهمی از اطلاعات ارزشمند تصاویر ماهواره‌ای ممکن است از لبه‌هایی مانند مسیر آبراهه‌ها، خطوط ارتباطی، دره‌ها و گسل‌ها به‌دست آید که موارد مختلف و حالت‌های متعددی را شامل می‌شوند . عملیات آشکارسازی لبه، وضعیت لبه‌ها را مشخص کرده و به موجب آن جزییات بیشتر و واضح‌تری آشکار می‌شود. در واقع، آنچه به‌عنوان لبه‌های پدیده ملاحظه می‌شوند، تغییرات بارز درجهٔ روشنایی بین دو پیکسل مجاور است. آشکارسازی لبه توسط روش خطی یا غیرخطی انجام پذیر است. روش‌های آشکارسازی لبه توسط Davis (۱۹۷۵)، Peli و Malah (۱۹۸۲) بنیانگذاری شده است.

Filtering

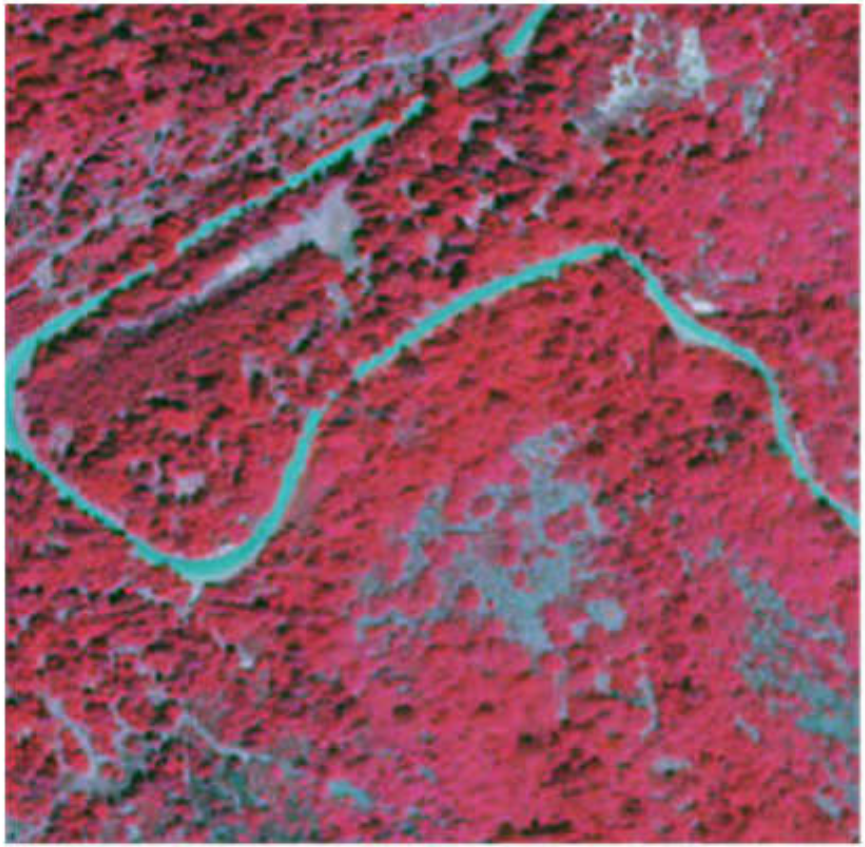








شکل ۵-۸: نتیجهٔ کاربرد فیلتر سوبل NW- SE بر روی ۳ TM ماهوارهٔ لندست یاردانگ‌های بیابان لوت



Original Image

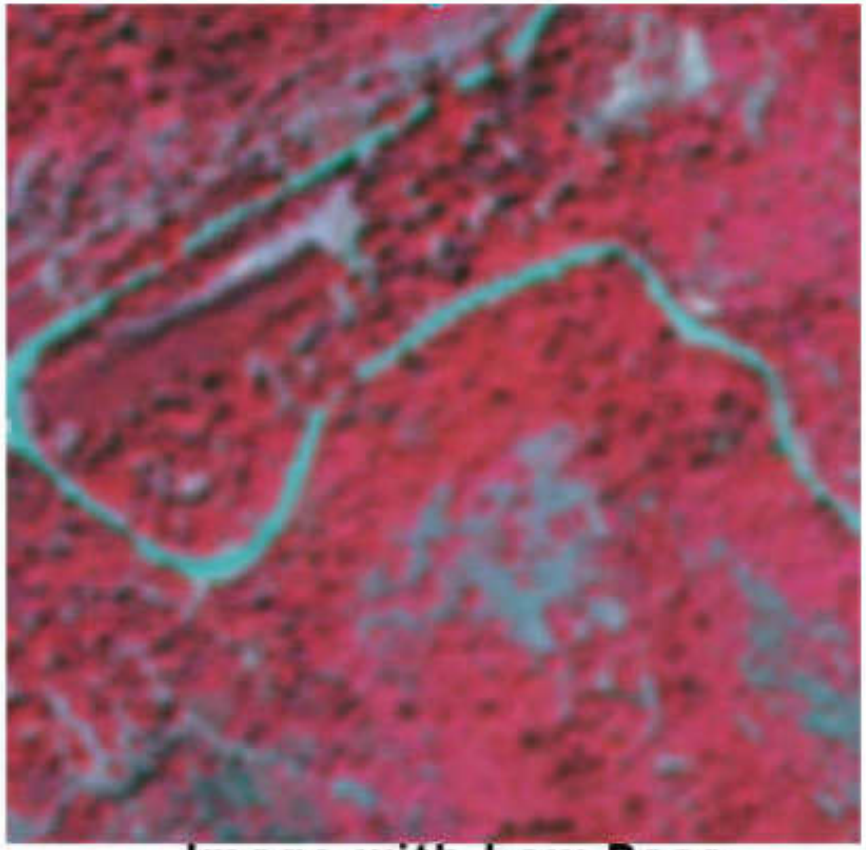
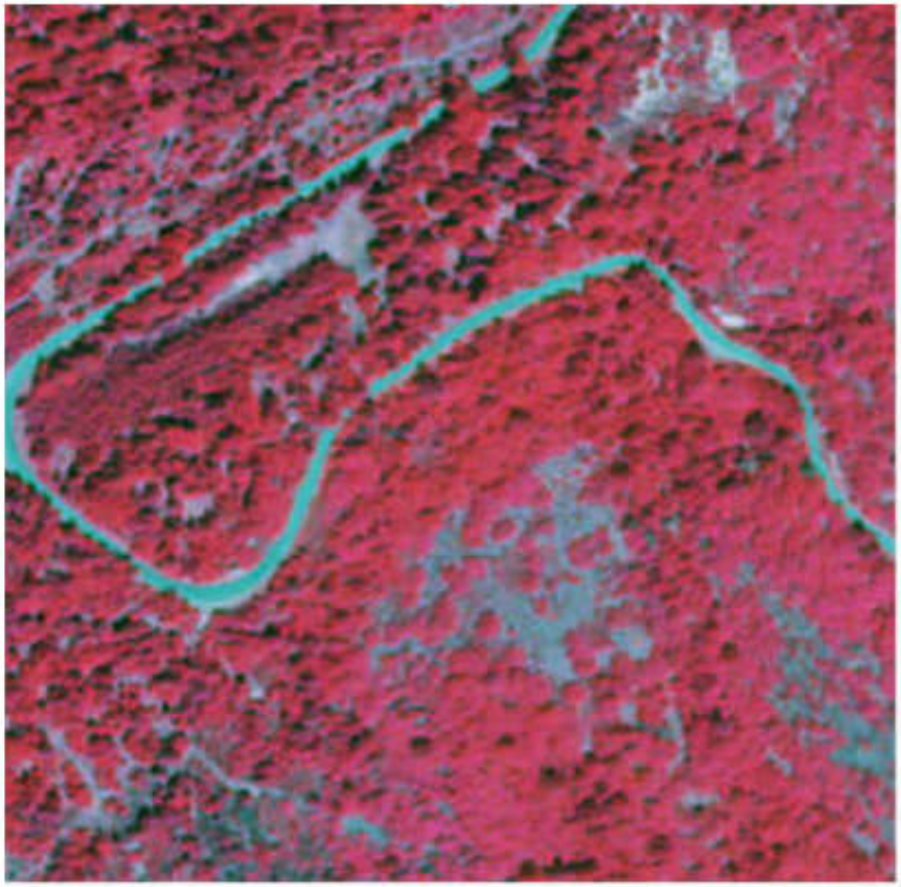


Image with Low Pass Filter Applied



Original Image

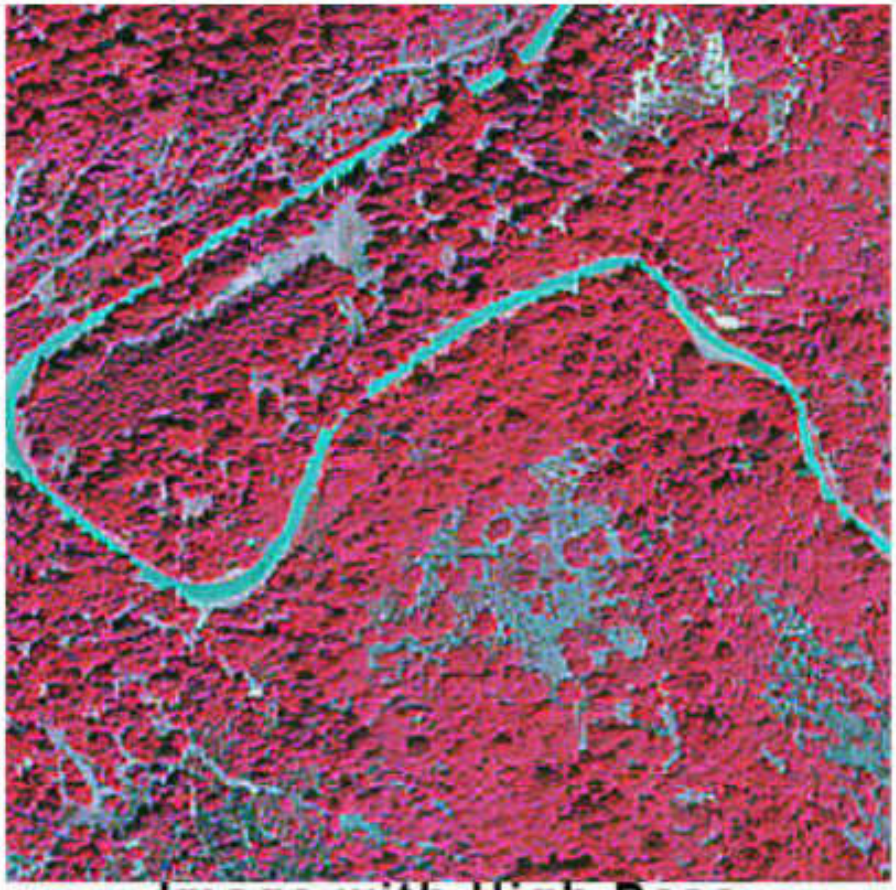


Image with High Pass Filter Appplied

"I have Many Problems in My Life.But My lips don't know that."
-They always Smile:

~ CHARLIE CHAPLIN

جلسه هشتم

سنجش از دور

1

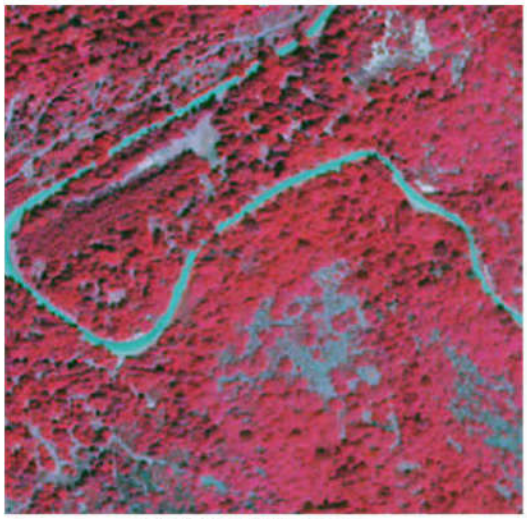
Image Enhancement

بارزسازی و ارتقای کیفی تصویر همچون فیوژن، ایجاد ترکیبات رنگی مختلف ، فیلترینگ، حذف اثر سایه و آشکارسازی(استرچ) و....

- Color composite
- Shadow effect & Band ratio
- Stretching
- Filtering
- Fusion
- PCA

and etc….

2



Original Image

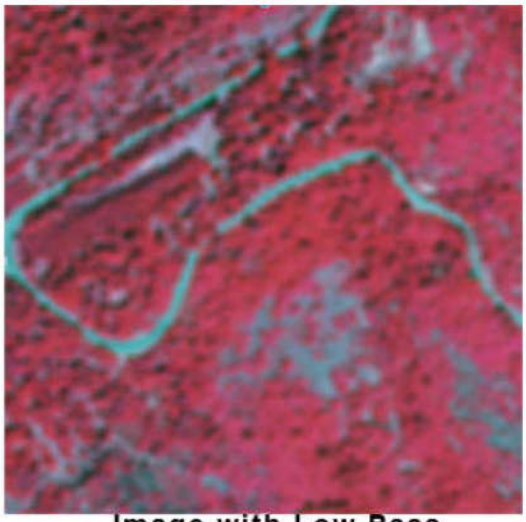
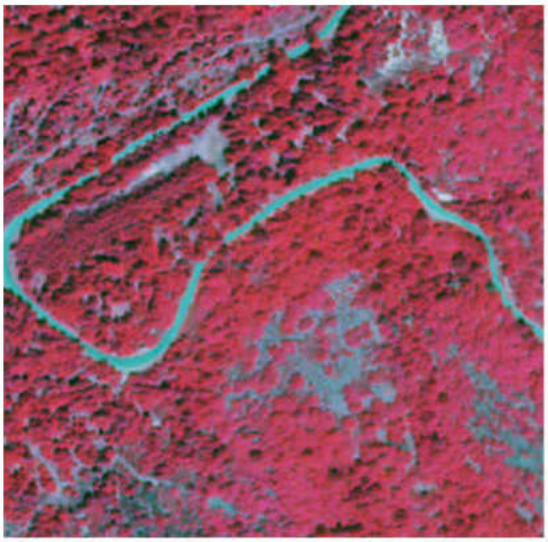


Image with Low Pass Filter Applied

3



Original Image

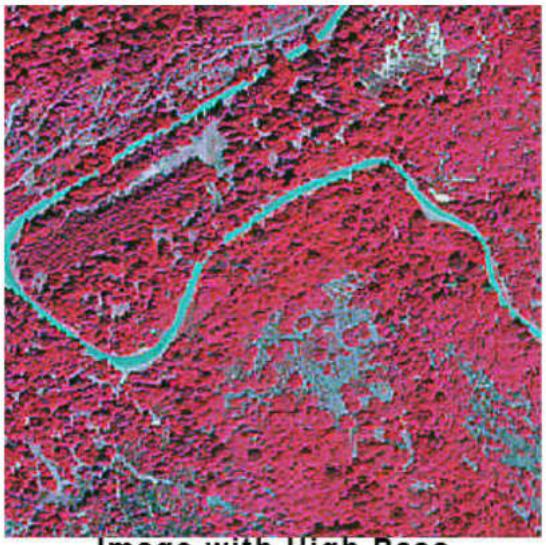


Image with High Pass Filter Appplied

4

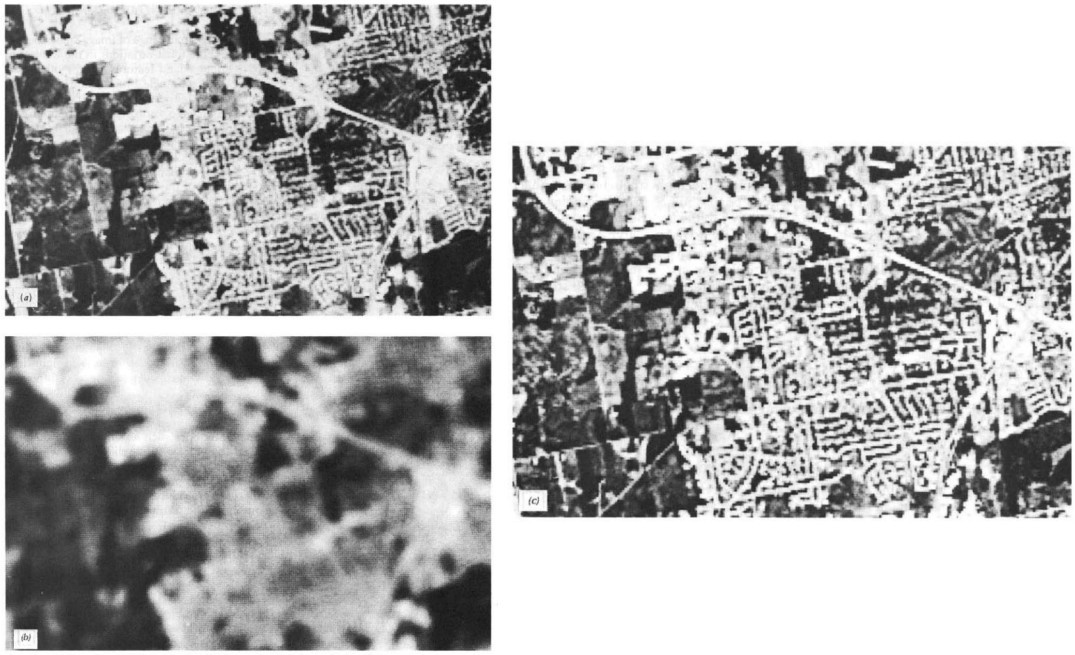


Figure 7.16 Effect of spatial filtering Landsat TM data: (*a*) original image; (*b*) low frequency component image; (*c*) high frequency component image.

5

۲-٦- نسبت‌گیری طیفی [1]

نتیجه تقسیم مقادیر درجهٔ روشنایی یک باند طیفی به باند طیفی قابل انطباق دیگر را، تصاویر نسبت‌گیری طیفی گویند. نسبت‌گیری طیفی برای متمایز ساختن تغییراتی که توسط تغییرات روشنایی [2] در تک باندها ممکن نیست، به‌کار می‌رود. علت اینکه با این عمل بسیاری از پدیده‌هایی را که در حالت تک‌باندی قابل تفکیک نیستند، می‌توان متمایز ساخت این است که نسبت‌گیری، تغییرات شیب منحنی بازتاب‌های طیفی بین دو باند را به تصویر می‌کشد. این شیب‌های منحنی بسته به وضعیت منطقه و باندهای مختلف، متفاوت است. تعداد نسبت‌گیری‌های ممکن از n باند برابر با n(n-1) است. برای مثال در داده‌های سنجندهٔ MSS

1 - Spectral ratioing
2 - Brightness variation

6

ماهوارهٔ لندست با چهار باند، (۱-٤)٤ یعنی ۱۲ ترکیب مختلف و برای ٦ باند (غیر ترمال) TM لندست برابر با (۱-٦)٦ یعنی برابر با ۳۰ است.

روش نسبت‌گیری برای آشکارسازی پدیده‌ها مفید است. این روش برای کاهش اثر زاویهٔ تابش خورشید و پستی و بلندی مؤثر است. با محاس

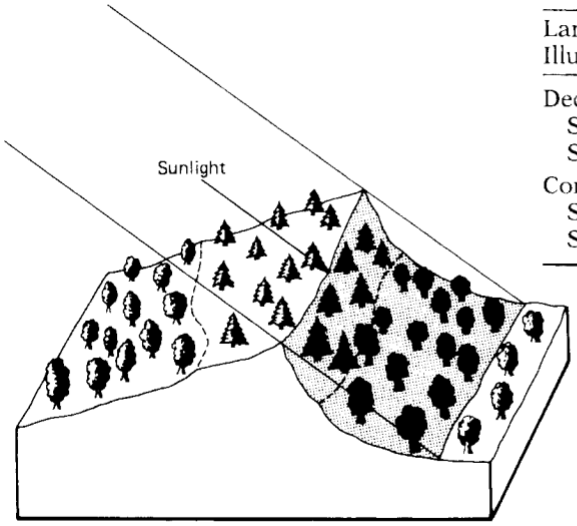
مقادیر درجهٔ روشنایی در دو تصویر، تصاویر جدیدی ساخته می‌شود که مفهوم

Band Ratios

$$R_{mn} = \frac{DN_m(x,y)}{DN_n(x,y)}$$

Why calculate Band ratios?

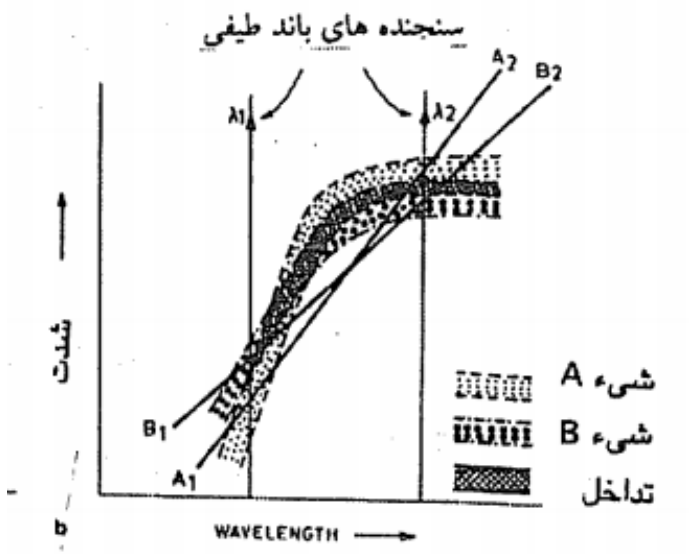
- Enhancement spectral contrast
- Elimination topographic effect



Land Cover/ Illumination	Digital Number Band A	Band B	Ratio (Band A/Band B)
Deciduous			
Sunlit	48	50	0.96
Shadow	18	19	0.95
Coniferous			
Sunlit	31	45	0.69
Shadow	11	16	0.69

Figure 7.25 Reduction of scene illumination effects thorugh spectral ratioing. (Adapted from Sabins, 1997.)

9



شکل ۸-۸: مفهوم نسبت‌گیری

10

شکل (b) منحنی طیفی دو پدیدهٔ A و B را نشان می‌دهد، λ_1وλ_2 دو باند طیفی سنجنده‌اند. پدیده‌های A وB در هر دو باند λ_1 و λ_2 همپوشانی طیفی دارند و هیچ کدام از باندهای منفرد قادر نیستند نتیجهٔ کامل بدهند . با این وصف ، اگر نسبت دو باند گرفته شود، شیب طیفی خطوط A_1-A_2 و B_1-B_2 می‌شود که قادر به جداسازی پدیده‌های A و B هستند.

It should also be noted that ratios can "blow up" mathematically (become equal to infinity) in that divisions by zero are possible. At the same time, ratios less than 1 are common and rounding to integer values will compress much of the ratio data into gray level 0 or 1. Hence, it is important to scale the results of ratio computations somehow and relate them to the display device used. One means of doing this is to employ an algorithm of the form

$$DN' = R \arctan\left(\frac{DN_X}{DN_Y}\right) \tag{7.7}$$

where

DN' = digital number in ratio image
R = scaling factor to place ratio data in appropriate integer range
$\arctan(DN_X/DN_Y)$ = angle (in radians) whose tangent is the ratio of the digital numbers in bands X and Y; if DN_Y equals 0, this angle is set to 90°

In the above equation the angle whose tangent is equal to the ratio of the two bands can range from 0° to 90°, or from 0 to approximately 1.571 rad. Therefore, DN′ can range from 0 to approximately 1.571R. If an 8-bit display is used, R is typically chosen to be 162.3, and DN′ can then range from 0 to 255.

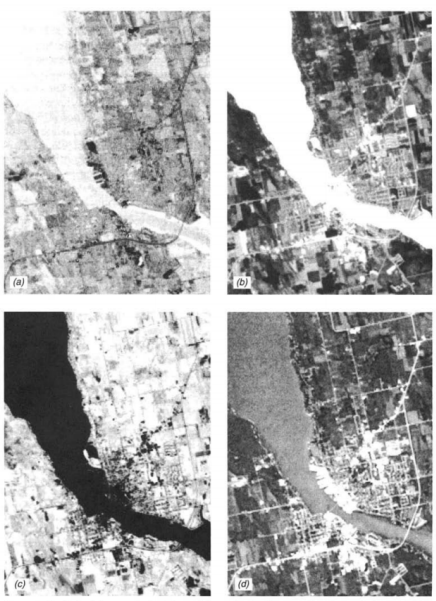


Figure 7.26 Ratioed images derived from midsummer Landsat TM data, near Sturgeon Bay, WI (higher ratio values are displayed in brighter image tones): (a) TM1/TM2; (*b*) TM3/TM4; (*c*) TM5/TM2; (*d*) TM3/TM7.

Figure 7.26 illustrates four representative ratio images generated from TM data. These images depict higher ratio values in brighter tones. Shown in (*a*) is the ratio TM1/TM2. Because these two bands are highly correlated for this scene, the ratio image has low contrast. In (*b*) the ratio TM3/TM4 is depicted so that features such as water and roads, which reflect highly in the red band (TM3) and little in the near-infrared band (TM4), are shown in lighter tones. Features such as vegetation appear in darker tones because of their relatively low reflectance in the red band (TM3) and high reflectance in the near infrared (TM4). In (*c*) the ratio TM5/TM2 is shown. Here, vegetation generally appears in light tones because of its relatively high reflectance in the mid-infrared band (TM5) and its comparatively lower reflectance in the green band (TM2). However, note that certain vegetation types do not follow this trend due to their particular reflectance characteristics. They are depicted in very dark tones in this particular ratio image and can therefore be discriminated from the other vegetation types in the scene. Part (*d*) shows the ratio TM3/TM7. Roads and other cultural features appear in lighter tone in this image due to their relatively high reflectance in the red band (TM3) and low reflectance in the mid-infrared band (TM7). Similarly, differences in water turbidity are readily observable in this ratio image.

۲-۷- شاخص‌های پوشش گیاهی

کسب اطلاعات دربارهٔ وضعیت پوشش گیاهی از قبیل میزان و پراکنش آنها، از اهمیت زیادی برخوردار است. گردآوری اطلاعات در مورد تغییرات پیوستهٔ پوشش گیاهی توسط روش‌های معمولی بسیار مشکل و پرهزینه است. در این حالت، استفاده از داده‌های ماهواره‌ای امکان مطالعهٔ گستردهٔ پوشش گیاهی را فراهم می‌سازد. به‌منظور کاهش اثر عوامل ناخواسته روی اطلاعات پوشش گیاهی و افزایش اطلاعات مربوط به پوشش گیاهی، می‌توان حداقل دو باند را ترکیب کرده و شاخص مرکبی به‌نام شاخص پوشش گیاهی[1] (VI) ایجاد نمود. در واقع، هدف از ایجاد شاخص‌های پوشش گیاهی، آن است که برخی ویژگی‌های پوشش گیاهی نظیر خصوصیات تاج پوشش، بیومس (زیتوده)، تولید، سطح برگ یا درصد پوشش گیاهی پیش بینی و ارزیابی شود. بر اساس مطالعات Lee و

Antrop (۱۹۹٦) و دیگر بررسی‌های به‌عمل آمده، بیش از ۹۰ درصد اطلاعات چند طیفی فقط با دو باند طیفی قابل بیان است. اصولا بازتاب پوشش گیاهی در محدودهٔ طیفی نور مرئی (۰/٦٦ - ۰/٤۳ میکرومتر) کم و در محدودهٔ مادون قرمز نزدیک (۱/۱-۰/۷ میکرومتر) زیاد است. سه ویژگی مهم برگ مانند کلروفیل، ساختار فیزیولوژیکی و میزان آب، اثر مهمی در بازتاب طیفی آن دارد. با توجه به این مهم، ترکیب باندهای طیفی نور مرئی و مادون قرمز نزدیک می‌تواند به متمایز ساختن پوشش گیاهی از سطح خاک و آب کمک کند.

در مناطق خشک و نیمه‌خشک، ترکیب پیچیدهٔ نوع خاک، آثار جوّی و پوشش‌های تنک گیاهی، امکان استخراج اطلاعات قابل اعتماد را کاهش داده و از تشخیص پوشش‌های گیاهی کمتر از ۳۰ درصد ممانعت می‌کند. بنابراین، همواره تلاش شده تا شاخص‌های پوشش گیاهی که قادرند آثار ناخواستهٔ عواملی مانند خاک زمینه را کاهش دهند، ارائه شود. Anderson و همکاران (۱۹۹۲) معتقدند رابطهٔ شاخص‌های گیاهی و

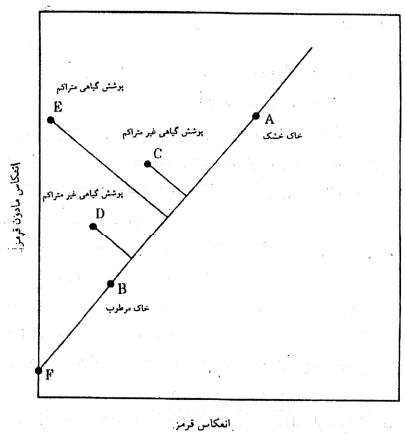
بیوماس به عواملی مانند تغییر زاویهٔ خورشید، آلبیدو، پوشش‌های شبه برگی، آلودگی‌های جوّی، سایه، وضعیت گیاه و میزان تودهٔ خشک سرپا بستگی دارد. به‌دلیل تأثیرات این‌گونه عوامل بر شاخص‌ها و بیوماس، مجموعه‌ای از اندازه‌گیری روی پوشش گیاهی لازم است تا رابطهٔ داده‌های ماهواره‌ای و متغیرهای پوشش گیاهی ارزیابی شود.

17

تداخل بین بازتاب‌های خاک و پوشش گیاهی مشکلاتی را در مطالعات ایجاد می‌کند. برخی مطالعات نشان داده که حساسیت شاخص پوشش گیاهی به خاک زمینه با پوشش گیاهی متوسط (۵۰٪ پوشش سبز) حداکثر است. بنابراین تلاش‌های زیادی به‌عمل آمده تا وابستگی طیفی درخشندگی خاک و پوشش‌های غیرمتراکم را مدل کنند تا شاخص پوشش گیاهی بیانگر وضعیت متفاوت خاک و پوشش گیاهی باشد.

به‌طور کلی، اغلب شاخص‌های پوشش گیاهی مبتنی بر خط فرضی خاک حاصل از نمودار دو بعدی باند Red و NIR هستند (شکل ۹–۸). در اینجا یک محور اصلی تغییرات طیفی خاک از نقطهٔ مبدأ به سمت خارج کشیده می‌شود. اغلب بازتاب طیفی خاک روی خط یا خیلی نزدیک به خط قرار می‌گیرد.

18



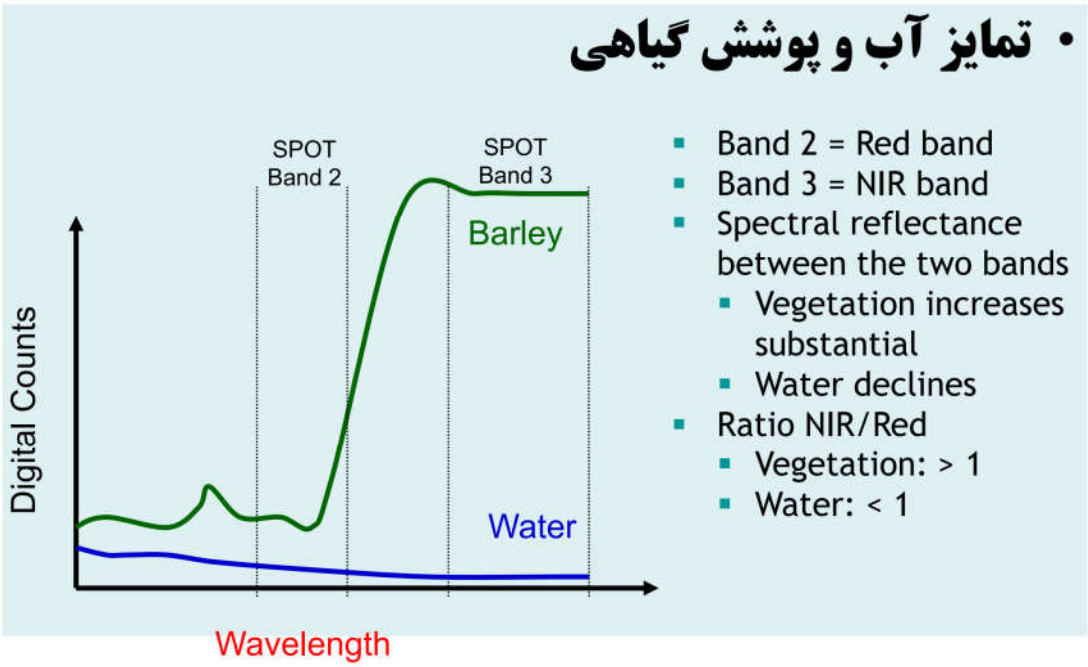
شکل ۹-۸: رابطهٔ پوشش گیاهی با زمینهٔ خاک با استفاده از شاخص PVI

شکل ۹-۸ نشان می‌دهد فاصله عمودی از خط خاک، بیانگر افزایش یا بهبود وضعیت پوشش گیاهی است . عموما فاصلهٔ بیشتر از خاک در ناحیهٔ چپ بیانگر وجود مقادیر زیادتر پوشش گیاهی است (Curran, ۱۹۸۳). دو نقطهٔ A و B روی خط خاک به‌ترتیب نشان دهندهٔ موقعیت خاک خشک و خاک مرطوب است ومناطق C و D مناطق نسبتا پوشیده از گیاهان است که به ترتیب در زیر آنها خاک خشک و خاک مرطوب قرار گرفته است.

$$PVI = \sin(\alpha)NIR - \cos(\alpha)\,\mathrm{Re}\,d$$

که α زاویهٔ بین خط خاک و محور NIR است. خط خاک یک شیب قراردادی دارد و از مرکز عبور کرده و دامنهٔ آن از ۱- تا ۱+ تغییر می‌کند.

19



شاخص NDVI[1]: (Rouse ، ۱۹۷٤)

NDVI= (NIR-Red)/ (NIR + Red)

شاخص RVI[4]: (Pearson و Miller ، ۱۹۷۲)

RVI= NIR/ Red

شاخص SAVI: (Huete , ۱۹۸۸)

$$SAVI = \frac{NIR - \mathrm{Re}d}{(NIR + \mathrm{Re}d + L)(1+L)}$$

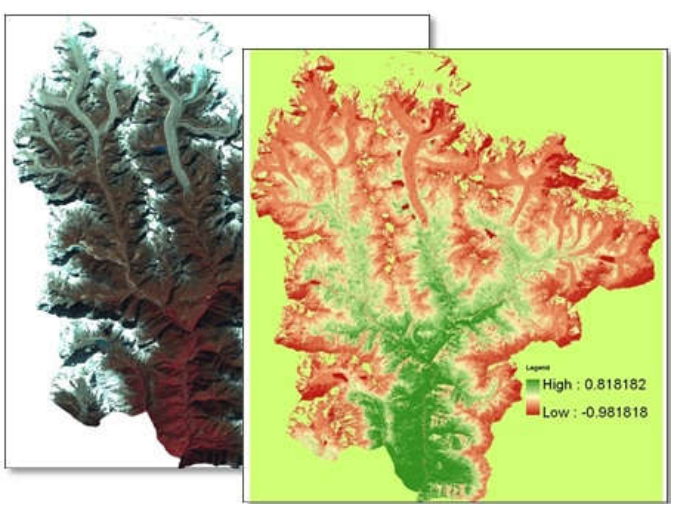
که L فاکتور تصحیح برای دامنهٔ صفر برای پوشش گیاهی خیلی مـتراکم، ۱ بـرای پوشش گیاهی تنک و۰/۵ برای پوشش گیاهی با تراکم متوسط است.

1 - Normalized differece vegetortion index

4 - Ratio vegetation index

21

شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI)



- شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی شاخص گرافیکی ساده‌ای است که در تحلیل‌ها و اندازه‌گیری‌های سنجش از دور و ارزیابی وجود یا عدم وجود پوشش گیاهی یک منطقه کاربرد دارد.
- مطالعه رفتار زمانی پوشش گیاهی، مدل‌سازی آب و هوایی، طبقه‌بندی پوشش گیاهی در سطح جهانی، پایش محصولات کشاورزی، مطالعات بیابان‌زدایی و خشک‌سالی، حفاظت محیط زیست، بررسی تعادل میزان انرژی و آب در سطح جهانی از جمله کاربردهای شاخص NDVIبه‌شمار می‌رود. دامنه تغییرات این شاخص بین ۱+ و ۱- است.

22

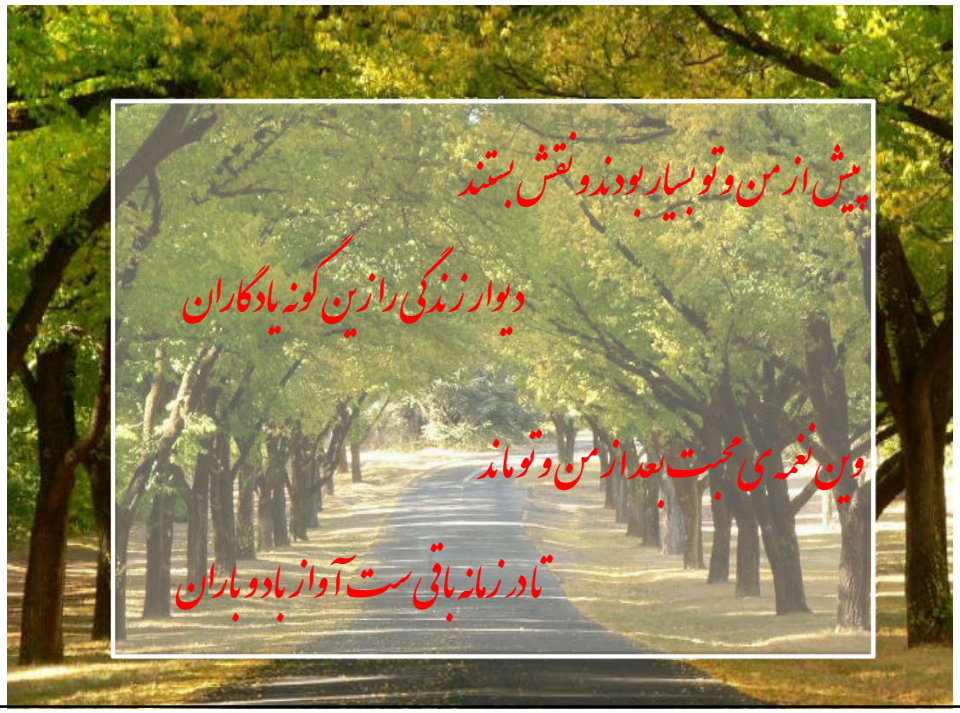
NDVI بـه خـواص خـاک زمینـه و پوشش گیاهی به‌ویژه هنگامی‌که پوشش گیاهی تنـک و پراکنـده اسـت، حسـاس می‌باشد. برای کاهش اثر خاک زمینه، شاخص‌هایی ارائه شده که کمتر تحت تأثیر بازتاب‌های خاک قرار می‌گیرند. از جملهٔ ایـــن شـاخص‌ها کـه آثـار بازتاب‌هـای طیفی خاک را روی گیاه کم می‌کنند، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱ـ WDVI[۲]

۲ـ SAVI[۳]

2 - Weighted difference vegetation index
3 - Soil adjusted vegetation index

23



24

جلسه نهم

سنجش از دور

1

Image Processing
پردازش تصاویر ماهواره ای

۱- پردازش اولیه **Pre processing**

شامل تصحیحات هندسی، اتمسفری و رادیومتری

۲- **Image enhancement**

۳- پردازش پیشرفته **Post processing**

شامل : طبقه بندی تصاویر **Image Classification**

2

Image Enhancement

بارزسازی و ارتقای کیفی تصویر همچون فیوژن، ایجاد ترکیبات رنگی مختلف ، فیلترینگ، حذف اثر سایه و آشکارسازی(استرچ) و....

- Color composite
- Shadow effect & Band ratio
- Stretching
- Filtering
- Fusion
- PCA

and etc....

3

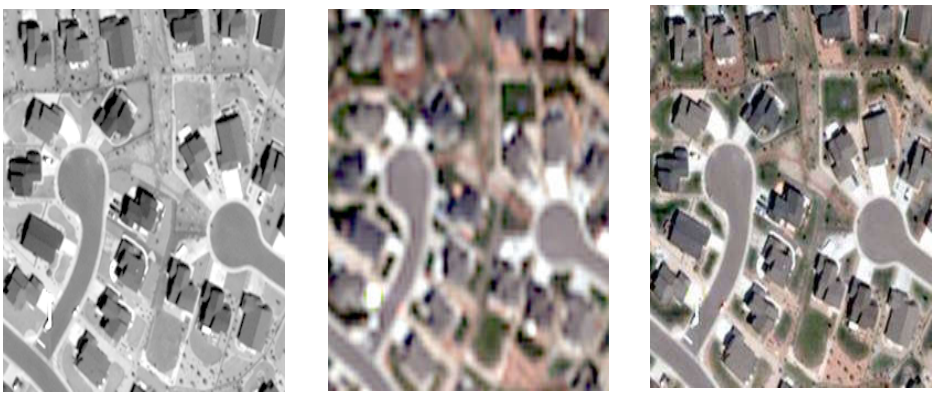
۲-۸- تلفیق تصاویر (Image fusion)

برای بهره برداری بهینه از داده های چند سنجنده ای ، روش هایی تحت عنوان تلفیق داده های رقومی (Digital Data Integration) توسط محققین ارائه شده است که به منظور بهبود کیفیت تصویر برای تفسیر بصری به کار می رود . در تلفیق تصاویر معمولا تصاویر چند طیفی با قدرت مکانی متوسط با یک تصویر با قدرت مکانی بهتر ترکیب شده و ترکیب مناسب برای تفسیر بصری ارائه می دهد.

Pan Sharpening تصویر یک روش تلفیق تصاویر است که در آن تصویر پانکروماتیک با وضوح و قدرت تفکیک مکانی بالاتر با تصویر چند طیفی با وضوح و قدرت تفکیک مکانی کمتر به منظور ایجاد یک تصویر رنگی با وضوح بیشتر ترکیب می‌شود. در نتیجه تصویری که ایجاد می‌شود فقط برای تجزیه و تحلیل بصری به کار می‌رود و برای تجزیه و تحلیل طیفی مناسب نیست (ENVI, 2013).

4

Superior Pan Sharpening



5

۲–۹– تجزیه مولفه های اصلی (PCA)

یک روش یا تکنیک آماری است که چرخشی در جهت محورهای مختصات بوجود می آورد و محورهای جدید در جهتی که بیشترین واریانس ارزشهای طیفی را بخود اختصاص داده، ایجاد می کند.

6

تجزیهٔ مؤلفه‌های اصلی در تفسیر داده‌های رقومی سنجش از دور از اهمیت زیادی برخوردار است. مهمترین فواید PCA ، جمع‌آوری و متراکم ساختن اطلاعات پدیده‌های موجود در باندهای مختلف در تعدادی باند یا مؤلفهٔ کمتر است. به‌عبارتی، PCA برای حذف اطلاعات زائد در داده‌های ماهواره‌ای کاربرد فراوانی دارد. PCA می‌تواند برای متراکم کردن اطلاعات موجود در تعدادی از باندها (مثلا باندهای هفتگانه TM) به ۲ یا ۳ باند تبدیل شده به‌کار رود. این توانایی کاهش ابعاد، یعنی کم کردن داده‌ها و باندهایی که برای تولید نتایج قابل استفاده تجزیه می‌شوند، از نظر صرف وقت و احیاناً هزینه حائز اهمیت است؛ بویژه اگر قابلیت استخراج اطلاعات از مؤلفه‌های جدید بالاتر از قابلیت استخراج اطلاعات از داده‌های اولیه و خام باشد.

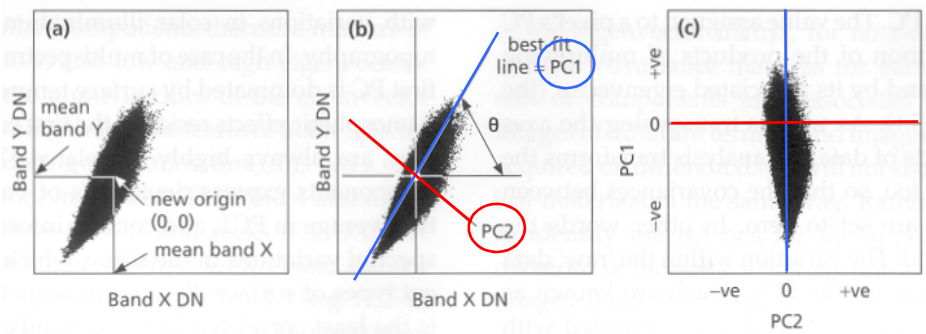
7

مزایا

- بیشترین کمیت اطلاعات طیفی یک تصویر چند باندی، در تعداد محدودی از باندهای PC معرفی می شوند و در نتیجه، می توان از تعداد باندهای طیفی کمتری برای مطالعه تصاویر استفاده کرد که موجب کاهش فضای مورد نیاز کامپیوتری و افزایش سرعت پردازش می شود
- با استفاده از انتخاب سطوح نمونه بر روی یک پدیده خاص، می توان پدیده مورد نظر را تاحد مطلوب بارز کرده و قدرت تفکیک آن را از سایر پدیده ها افزایش داد
- تلفیق برخی از باندهای اصلی از PC با باندهای تصویر خام، تصویر مطلوب برای انجام مطالعه خاص تولید می کند.

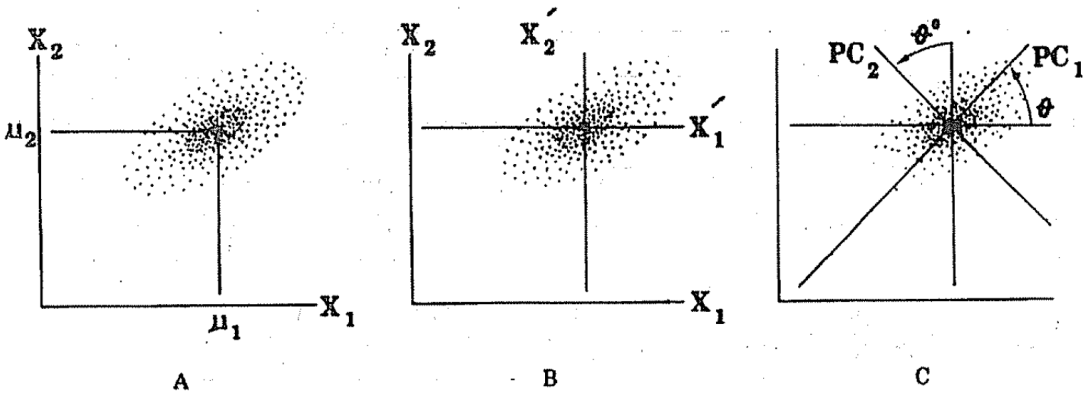
8

PCA



Correlated Bands | Direction of Components | After Rotation to PC

- Principle Components in 2-D
  - Source: Drury, 2001

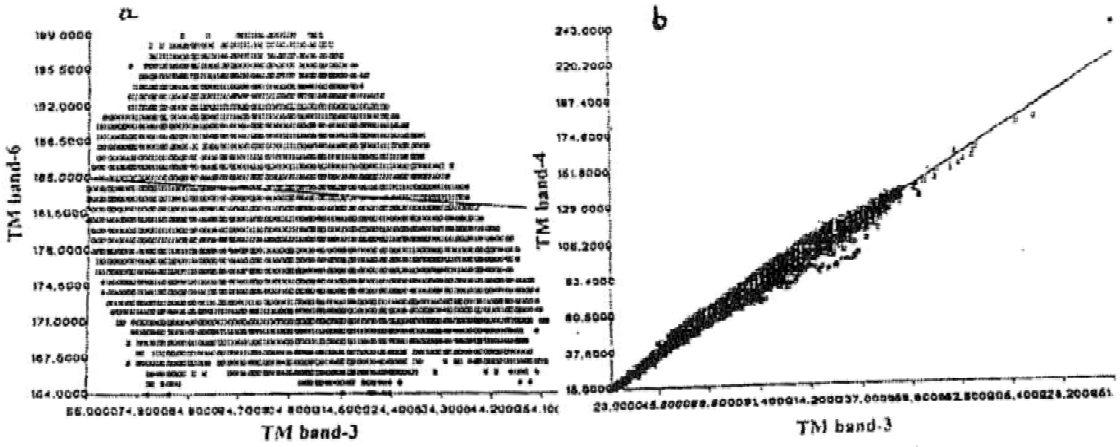


شکل۷-٦: نمایش نموداری رابطهٔ بین دو مولفهٔ اصلی اول: A) پراکنش نقاط حاصل از ۲ باند به‌نام‌های X_1 و X_2 با میانگین پراکنش μ_1 و μ_2، B) سیستم مختصات جدید و C) چرخش محور مختصات

در واقع، اگر بین متغیرهای اولیه (باندهای ماهواره بـا هـر گونه متغیر دیگر) همبستگی وجود نداشته باشـد، کـاربرد روش PCA بـی ارزش خواهد بود. به عبارتی، بهترین نتیجه زمانی حاصل می‌شود کـه متغیرهـای اولیـه همبستگی بسیار بالایی داشته باشند. با توجه به اینکـه غـالب داده‌هـای باندهـای طیفی سنجنده‌ها در مناطق خشـک و بیابـانی همبسـتگی بـالایی دارنـد، بنـابراین کارایی آنها در این‌گونه مناطق بسیار زیاد است. به‌طوری‌که PC۱ در امتـداد نیمـهٔ اصلی محور پراکنش قرار گرفته و واریانس PC۲ جداکثر می‌شـود و PC۱ عمـود بر PC۱ است. برای اینکه داده‌های اولیه روی محورهای X_1 و X_2 بـه محورهـای PC۱ و PC۲ تبدیل[1] شود، به ضرایب تبدیلی[2] نیاز اسـت تـا بتـوان آن را در یـک مدل خطی به‌کار برد. بنابراین، با ایجاد مجموعه داده‌های جدیـد ضرایـب تبدیـل جدید نیز حاصل می‌شود.

1 - Transform
2 - Transformation coefficients

11



12

مثال

جدول ٥-٦: ماتریس همبستگی هفت باند TM (منطقهٔ یاردانگ)

ماتریس همبستگی	TM-١	TM-٢	TM-٣	TM-٤	TM-٥	TM-٦	TM-٧
TM-١	١						
TM-٢	٠/٩٨٢	١					
TM-٣	٠/٩٤٨	٠/٩٨٢	١				
TM-٤	٠/٩١٣	٠/٩٦١	٠/٩١٣	١			
TM-٥	٠/٨٥٢	٠/٩١٧	٠/٩٤٨	٠/٩٦١	١		
TM-٦	٠/٥٦١	٠/٥٧٧	٠/٥٤٨	٠/٥٣١	−٠/٥٦٦	١	
TM-٧	٠/٨٢١	٠/٨٩٢	٠/٩٣١	٠/٩٥١	٠/٩٦١	−٠/٥٣١	١

13

کواریانس اندازه تغییرات هماهنگ دو متغیر تصادفی است. اگر دو متغیر یکی باشند، کواریانس برابر واریانس خواهد شد. چنان‌که دو متغیر تصادفی مستقل باشند، کواریانس آنها صفر خواهد بود.

جدول ٦-٦: ماتریس واریانس – کوواریانس هفت باند TM (منطقهٔ یاردانگ)

	TM-١	TM-٢	TM-٣	TM-٤	TM-٥	TM-٦	TM-٧
TM-١	٣٤٤/٢٦						
TM-٢	٢١٠/٢١	١٣٢/٨١					
TM-٣	٢٨٣/٧	١٨٢/٤٧	٢٥٩/٨٧				
TM-٤	٢٤٠/٦٤	١٥٧/٢٣	٢٢٧/٢٦	٢٠١//٧٥			
TM-٥	٣٤٢/٢٨	٢٢٨/٧٧	٣٣٠/٥٩	٢٩٥/٣٦	٤٦٨/٣٧		
TM-٦	−٧٨/٢٥	−٥٠/٠٤	−٦٦/٤٠	−٥٦/٧٥	−٩٢/١١	٥٦/٥٧	
TM-٧	٢٣١/٤٦	١٥٦/٢٩	٢٢٨/٢٩	٢٠٥/٣١	٣٢٦/٠٢	−٦٠/٧٤	٢٣١/١٢

14

$$\sigma^2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \mu)^2$$

جدول ۷-٦: مقادیر ویژهٔ محاسبه‌شده برای ماتریس همبستگی

مقدار ویژه	۱۵٦۲/۹۷	۸۰/۰٦	۳۸/۵٦	۹/٤۵	۲/۱۸	۰/۸۷	۰/٦٦
درصد واریانس	۹۲/۲۲	٤/۷۲	۲/۲۸	۰/۵٦	۰/۱۳	۰/۰۵	۰/۰٤

جدول ۸-٦: درصد واریانس محاسبه‌شده برای مؤلفه‌ها

مؤلفه متغیر آماری	PC۱	PC۲	PC۳	PC٤	PC۵	PC٦	PC۷
درصد واریانس	۹۲/۲۲	٤/۷۲	۲/۲۸	۰/۵٦	۰/۱۳	۰/۰۵	۰/۰٤
درصد تجمعی واریانس	۹۲/۲۲	۹٦/۹٤	۹۹/۲۲	۹۹/۷۸	۹۹/۹۱	۹۹/۹٦	۱۰۰

15

PC۱ (مقدار ویژه λ_1) از داده‌های پنجرهٔ یاردانگ‌های بیابان لوت (سوم تیر ماه ۱۳٦۸) برابر با ۹۲/۲ ٪ از واریانس کل مجموعه داده‌های طیفی است (جدول ۷-٦). PC۲ ، واریانسی برابر ٤/۷۲ دارد که مجموع هر دو مؤلفه ۹٦/۹۲ ٪ می‌شود و واریانس PC۳ ، ۲/۲۸ درصد است و بقیهٔ PCها (PC٤، PC۵، PC٦، PC۷)، واریانس ناچیزی (۰/۷۲) را به‌خود اختصاص می‌دهند. بنابراین درمی‌یابیم که ۳ تا PC اولیه محل تمرکز اطلاعات اصلی مجموعه داده‌های طیفی می‌باشد.

16

درصد کل واریانس در داده‌های مربوط به هر مؤلفه به‌شرح زیر محاسبه می‌شود :

$$\%\rho = \frac{\text{مقدار ویژه} \quad \lambda\rho}{\sum_{P=1}^{7} \text{مقدار ویژه} \quad \lambda\rho}$$

برای مثال:

$$\sum_{P=1}^{7} \lambda P = ۱۵۶۲/۹۷+۸۰/۰۶+۳۸/۵۶+۹/۴۵+۲/۱۸+۰/۸۷+۰/۶۶=۱۶۹۴/۷۵$$

$$\text{درصد واریانس هر مؤلفه} = \frac{۱۵۶۲/۹۷\times۱۰۰}{۱۶۹۴/۷۵}$$

17

جدول ۹-۶: ضرایب ویژهٔ محاسبه‌شده برای ماتریس

مؤلفه / باند	TM-۱	TM-۲	TM-۳	TM-٤	TM-٥	TM-٦	TM-۷	درصد واریانس
PC۱	۰/٤٤۰	۰/۲۸۵	۰/٤۰۳	۰/۳٥٤	۰/٥۳٤	-۰/۱۱۱	۰/۳٦۹	۹۲/۲۲
PC۲	۰/٦۹۸	-۰/۲۳۸	-۰/۱۲۹	۰/۰۲۳	۰/٤۹۳	۰/۰٤۹	۰/٤۳۷	٤/۷۲
PC۳	۰/۰۲۳	۰/۰۱۸	۰/۱٤۱	۰/۱٤۷	-۰/۰٥٤	۰/۹۷٦	۰/۰۳۳	۲/۲۸
PC٤	۰/٤۳۷	۰/۰۱۹	۰/٤٦۹	۰/٦٤۱	-۰/۳٤۱	-۰/۱٦۷	-۰/۱۷۷	۰/٥٦
PC٥	۰/۰۷۹	۰/۰۰٤	-۰/۰۱٦	-۰/۰٤۱	-۰/٥۹۱	-۰/۰٥۳	۰/۷۹۹	۰/۱۳
PC٦	۰/۲۷۰	۰/۹۱۰	-۰/۳۱۰	۰/۰۰۸	-۰/۰۲٦	۰/۰۳۱	-۰/۰۰۱	۰/۰٥
PC۷	۰/۲۱٥	-۰/۰۱۷۹	-۰/٦۹٤	۰/٦٦۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۱	۰/۰٤

18

حال این مؤلفه‌های جدید چه چیز را نشان می‌دهند؟ برای مثال PC۱ را چه می‌توان نامید؟ با محاسبهٔ ضریب همبستگی داده‌های اولیه هر باند با مؤلفه می‌توان انطباق هر باند با PC ها را معلوم کرد. ضریب همبستگی مذکور از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$R_{KP} = \frac{a_{KP} \times \sqrt{\lambda_P}}{\sqrt{VAR_K}}$$

که a_{KP} : بردار ویژه برای باند K و مؤلفهٔ P

λ_P : P امین بردار ویژه (مؤلفه)

VAR_k: واریانس باند K در ماتریس کوواریانس

19

محاسبه :

$$R_{KP} = \frac{a_{XP} \times \sqrt{\lambda_P}}{\sqrt{VAR_K}}$$

$$R_{۱/۱} = \frac{۰/۴۴ \times \sqrt{۱۵۶۲/۹۷}}{\sqrt{۳۴۴۲۶}} = \frac{۰/۴۴ \times ۳۹/۵۳۴}{\sqrt{۳۴۴۲۶}} = \frac{۱۷/۳۹۵}{۱۸/۵۵۴} = ۰/۹۳$$

20

بعد از آنکه همبستگی هر باند با مؤلفه‌ها معلوم شد، این همبستگی‌ها در یک ماتریس جدید n × n (۷×۷ برای این مثال) مرتب می‌شود. اگر بالاترین همبستگی‌ها برای PC_1 به ترتیب مربوط به باندهای ٤، ٥ و ٦، بود، این بدان معنی است که مؤلفهٔ اول بیانگر بازتاب‌های مادون قرمز نزدیک و میانی است. اگر PC۲ بالاترین همبستگی را با باندهای مرئی ۱، ۲ و ۳ دارد، این مؤلفه را می‌توان مؤلفهٔ طیفی مرئی نامید و بقیهٔ مؤلفه‌ها را نیز به‌همین ترتیب تفسیر کرد. حال که مشخص شد هر مؤلفه حاوی چه اطلاعاتی است، می‌توان پی‌برد که تصاویر هر مؤلفه نیز چگونه به‌نظر می‌آیند. برای اینکه به این مهم نیز پی‌ببریم، نخست باید درجهٔ روشنایی ($DN_{i,j,k}$) مرتبط با هر پیکسل مشخص شود. برای مثال برای داده‌های باندهای TM، این تبدیلات برای تمامی درجهٔ روشنایی ۷ باندTM به‌کار می‌رود و مقادیر جدید درجهٔ روشنایی برای هر مؤلفهٔP ($DN_{i,j,p}$ جدید) به‌شرح زیر به‌دست می‌آید:

جدول ۱۰-٦: درجهٔ همبستگی (R_{KP}) بین هر باند شکل اصلی مؤلفه‌ها

	مؤلفه PC						
Loading	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷
TM-۱	۰/۹۳۹	۰/۳۳٦	۰/۰۰۷	۰/۰۷۲	۰/۰۰٦	۰/۰۱۳	۰/۰۰۹
TM-۲	۰/۹۷۸	۰/۱۸٥	۰/۰۱۰	۰/۰۰٥	۰/۰۰۰	۰/۰۷۳	-۰/۰۱۲
TM-۳	۰/۹۹۰	-۰/۰۷۲	۰/۰٥٤	۰/۰۸۹	-۰/۰۰۱	-۰/۰۱۷	-۰/۰۳٤
TM-٤	۰/۹۸۷	۰/۰۱٤	۰/۰٦٤	۰/۱۳۸	-۰/۰۰٤	۰/۰۰۰	۰/۰۳۷
TM-٥	۰/۹۷٦	۰/۲۰۳	-۰/۰۱٥	-۰/۰٤۸	-۰/۰٤۰	-۰/۰۰۱	۰/۰۰۰
TM-٦	-۰/٥۸٤	۰/۰٥۸	-۰/۸۰٦	-۰/۰٦۸	-۰/۰۱۰	-۰/۰۰۳	۰/۰۰۰
TM-۷	۰/۹٦۲	۰/۲٥۷	-۰/۰۱۳	-۰/۰۳٥	-۰/۰۷۷	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰

$$DN_{i.j.p} = \sum_{K=1}^{n} a_{KP} DN_{i.j.k}$$

که a_{KP} : بردار ویژه

$DN_{i.j.k}$: درجهٔ روشنایی در باند k برای یک پیکسل ردیف i ،ستون j

n : تعداد باندها

بدین ترتیب درجهٔ روشنایی تصاویر جدید (PC های جدید) حاصل می‌شود که گاهی شکل ویژه هم نامیده می‌شود. برای اینکه به ماهیت اطلاعات هر مؤلفه پی ببریم، مقادیر درجهٔ روشنایی ($DN_{i.j.k}$) یک پیکسل فرضی را در ردیف ۱، ستون ۱ و برای هر کدام از ۷ باند در نظر می‌گیریم و با نشان دادن آن به‌صورت بردار X عمل می‌کنیم:

23

حال تبدیل متناسب با این داده‌ها را به‌کار می‌بریم، به‌طوری‌که منطبق با محدودهٔ اولین مؤلفه شود. بدین طریق مقادیر جدید $DN_{i.j.P}$ برای این مؤلفه را مطابق فرمول بالا به‌شرح زیر محاسبه می‌کنیم :

$$\text{جدید} = a_{1.1}(DN_{1.1.1}) + a_{2.1}(DN_{1.1.2}) + a_{3.1}(DN_{1.1.3}) + a_{4.1}(DN_{1.1.4}) + a_{5.1}(DN_{1.1.5}) + a_{6.1}(DN_{1.1.6}) + a_{7.1}(DN_{1.1.7}) = ٠/٤٤\ (٤٠) + ٠/٢٨٥(٦٠) + ٠/٤٠٣(٤٤) + ٠/٣٥٤(١٢٠) + ٠/٥٣٤(١٤٠) + (-)٠/١١١(١٢٤) + ٠/٣٦٩(١٠٠) = ١٩٢/٨٠٦$$

این مقدار DN جدید برای ردیف ۱، ستون ۱، در $PC_۱$ بعد از حذف اعشار به عدد صحیح ۱۹۲ تبدیل می‌شود. این روش برای تمامی داده‌های اصلی روی پیکسل‌ها اعمال می‌شود تا مقادیر جدید $PC_۱$ و به‌همین ترتیب $PC_۲$ و غیره به‌دست آید.

$$X = \begin{vmatrix} DN_{1,1,1} = ۴۰ \\ DN_{1,1,2} = ۶۰ \\ DN_{1,1,3} = ۴۶ \\ DN_{1,1,4} = ۱۲۰ \\ DN_{1,1,5} = ۱۴۰ \\ DN_{1,1,6} = ۱۲۴ \\ DN_{1,1,7} = ۱۰۰ \end{vmatrix}$$

24

شاخص‌های تعیین ترکیب باندی

برای استفادهٔ مطلوب از داده‌های چندطیفی، لازم است تا بهترین ترکیب‌باندی، مشخص شود. انتخاب بهترین ترکیب باندی از طریق مقایسهٔ چشمی تصاویر FCC ، مشکل و وقت‌گیر است. بنابراین می‌توان با روش رقومی از پارامتری به‌نام فاکتور شاخص مطلوب[1] برای دو منظور زیر استفاده کرد:

الف) تعیین مناسب‌ترین ترکیب باندی برای ایجاد FCC

ب) تعیین مناسب‌ترین باندها برای طبقه بندی رقومی

تعداد ترکیب‌های باندی متعددی که حاصل از باندهای طیفی‌اند، باید ساخته شده و مقایسه شوند. براساس رابطهٔ زیر، می‌توان تعداد ترکیب‌های سه‌تایی حاصل از باندهای مورد استفاده را محاسبه کرد.

1 – Optimum Index Factor (OIF)

25

$$\begin{bmatrix} N \\ ۳ \end{bmatrix} = \frac{N!}{۳!(N-۳)!}$$

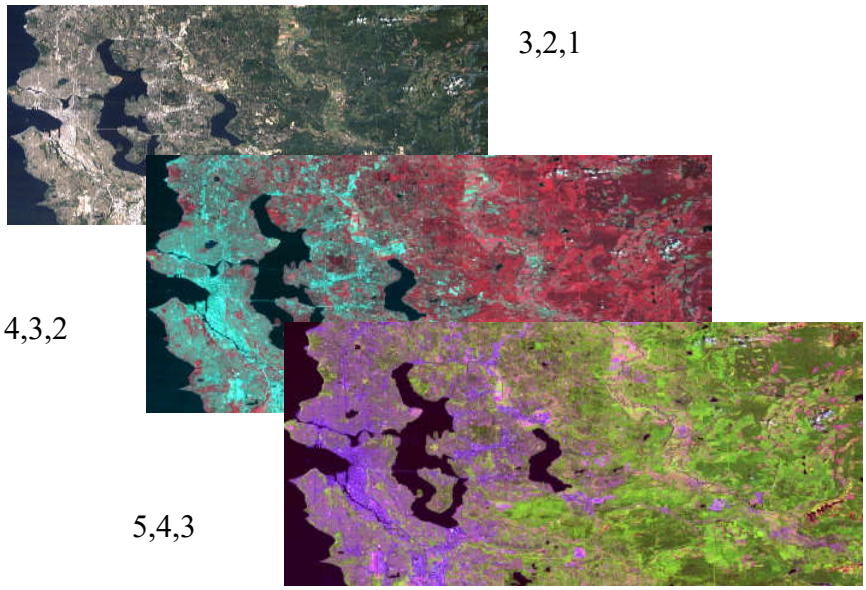
$\begin{bmatrix} N \\ ۳ \end{bmatrix}$ تعداد ترکیب سه‌تایی باندها و N تعداد باندهاست.

برای ۷ باند TM ماهوارهٔ لندست ۳۵ ترکیب سه تایی به شرح زیر قابل استخراج است:

$$\begin{bmatrix} N \\ ۳ \end{bmatrix} = \frac{۷\times۶\times۵\times۴\times۳\times۲\times۱}{۳\times۲\times۱(۴\times۳\times۲\times۱)} = ۳۵$$

26

Band Combinations



روش رقومی دو روش به نام‌های روش فـاکتور I بـرای انتخـاب ترکیـب بـاندی بهینه با استفاده از شاخص‌های آماری، فاکتور I را بـا رابطـهٔ زیـر پیشـنهاد کـرده است:

$$I = \sqrt{۱ + ۲abc - a^۲ - b^۲ - c^۲}$$

کـه a ، b و c ضرایـب همبسـتگی ذوج باندهـا هسـتند؛ یعنـی مثـلا a ضریـب همبسـتگی TM۱ و TM۲، b ضریـب همبسـتگی TM۱ و TM۳ و c ضریـب همبسـتگی TM۲ و TM۳ اسـت. در ایـن رابطـه، از ضریـب همبسـتگی اسـتفاده می‌شود و فاکتور I بین صفر و یک متغیر است. حداکثر مقدار شـاخص I (۱/۰) نشان‌دهندهٔ حداکثر تغییرات طیفی و شاخص صفر بیانگر حداقل تغییرات طیفـی است. جدول ۱٤-٦ ، مقادیر فاکتور I برای ترکیب‌های باندی سه‌تایی هفت بـاند TM ماهوارهٔ لندست برای منطقه یاردانگ بیابان لوت را نشان می‌دهد.

جدول ١٤-٦: مقادیر فاکتور برای ٣٥ ترکیب باندی منطقهٔ یاردانگ های بیابان لوت

شماره	ترکیب باندی	شاخص I	شماره	ترکیب باندی	شاخص I
١	١/٦/٧	٠/٤٧	١٩	١/٣/٥	٠/٠٩
٢	٤/٥/٦	٠/٤٤	٢٠	٢/٤/٧	٠/٠٨
٣	١/٥/٦	٠/٤٣	٢١	٢/٤/٥	٠/٠٨
٤	٢/٦/٧	٠/٣٧	٢٢	١/٥/٧	٠/٠٧
٥	١/٤/٦	٠/٣٤	٢٣	١/٢/٧	٠/٠٦
٦	٢/٥/٦	٠/٣٢	٢٤	٢/٣/٥	٠/٠٦
٧	٣/٦/٧	٠/٣٠	٢٥	٢/٣/٧	٠/٠٦
٨	١/٣/٦	٠/٢٦	٢٦	٢/٥/٧	٠/٠٥
٩	٤/٦/٧	٠/٢٦	٢٧	١/٢/٥	٠/٠٥
١٠	٣/٥/٦	٠/٢٦	٢٨	٣/٤/٧	٠/٠٤
١١	٢/٤/٦	٠/٢٣	٢٩	٣/٥/٧	٠/٠٤
١٢	١/٢/٦	٠/١٥	٣٠	٤/٥/٧	٠/٠٤
١٣	٢/٣/٦	٠/١٥	٣١	١/٢/٤	٠/٠٤
١٤	١/٤/٧	٠/١٢	٣٢	١/٢/٣	٠/٠٣
١٥	٥/٦/٧	٠/١١	٣٣	٣/٤/٥	٠/٠٣
١٦	٣/٤/٦	٠/١١	٣٤	١/٣/٤	/٠٣
١٧	١/٤/٥	٠/١١	٣٥	٢/٣/٤	٠/٠٢
١٨	١/٣/٧	٠/١٠			

29

مقدار OIF بر اساس واریانس و همبستگی بین باندهای مختلف به‌شرح زیر به‌دست می‌آید:

$$OIF = \frac{\sum_{j=1}^{3} SD_i}{\sum_{j=1}^{3} |CC_j|}$$

که $\sum_{j=1}^{3} SD_i$ مجموع انحراف معیارهای سه باند (برای مثال TM۱ ، TM۲ و TM۳) و $\sum_{j=1}^{3} |CC_j|$ مجموع قدر مطلق ضرایب همبستگی بین ۲ باند از ۳ باند است (برای مثال TM۲ – TM۱ و TM۳ –TM ۱ و TM۳ – TM۲).

30

ترکیب سه باندی را که بالاترین OIF را داشته باشد، می‌توان برای ایجاد FCC انتخاب کرد، زیرا بیشترین اطلاعات را در خود جای داده است. البته قابل توجه است که اغلب ترکیب‌های باندی که رتبه‌هایشان بسیار به هم نزدیک است، مشابه یکدیگرند، زیرا اختلاف کمی در میزان کل اطلاعات آنها وجود دارد. نکتهٔ مهمتر آنکه نوع اطلاعات مورد انتظار نیز بسیار مهم است، زیرا گاهی ممکن است کاربر به اطلاعاتی نیاز داشته باشد که علی‌رغم پایین بودن رتبه، ترکیب باندی آن کارایی بیشتری دارد. مقادیر OIF برای ۲۰ ترکیب سه باندی حاصل از ٦ باند انعکاسی (باند حرارتی حذف شده است) برای منطقه‌ای در هیمالیا محاسبه شده و نتیجهٔ آن بر اساس ماتریس همبستگی ٦ باند انعکاسی (جدول ١٤-٦) برای منطقهٔ مذکور (مندزا) در جدول ١٥-٦ نشان داده شده است.

31

جدول ١٤-٦ : ماتریس همبستگی ٦ترکیب باندی

باند	TM-١	TM-٢	TM-٣	TM-٤	TM-٥	TM-٧
TM-١	١/٠٠٠					
TM-٢	٠/٩٨٢	١/٠٠٠				
TM-٣	٠/٢٢٧	٠/٤٢٢	١/٠٠٠			
TM-٤	٠/٩٩٤	٠/٩١٢	٠/٣٥٧	١/٠٠٠		
TM-٥	٠/٨٠١	٠/٧٧١	٠/٤٣٨	٠/٨٠٩	١/٠٠٠	
TM-٧	٠/٩٣	٠/٨٠٩	٠/٣٦٠	٠/٨٥٠	٠/٩١٩	١/٠٠٠
میانگین	٧٣/١٧	٣٥/٥٢	٤٨/٠٩	٤٠/٧١	٧٢/١٠	٤١/٣٧
انحراف معیار	٩/٧٤	٦/٥٧	٨/٦٢	١٠/١٦	١٧/٣٠	١٣/٩٢

32

جدول ۱۵-۶: مقادیر فاکتور شاخص مطلوب برای ۲۰ ترکیب باندی با استفاده از ۶ باند TM انعکاسی

رتبه	ترکیب باندی	$\sum_{j=1}^{3} \lvert CC_j \rvert$	$\sum_{j=1}^{3} SD_j$	OIF
۱	۵-۳-۱	۱/۴۶۶	۳۵/۶۶	۲۴/۳۲
۲	۷-۵-۳	۱/۷۱۷	۳۹/۸۴	۲۳/۲۰
۳	۵-۴-۳	۱/۶۰۴	۳۶/۰۸	۲۲/۴۹
۴	۷-۳-۱	۱/۴۹۰	۳۲/۲۸	۲۱/۶۶
۵	۷-۴-۳	۱/۵۷۶	۳۲/۷۰	۲۰/۸۷
۶	۵-۳-۲	۱/۶۳۱	۳۲/۴۹	۱۹/۹۲
۷	۷-۳-۲	۱/۵۹۱	۲۹/۱۱	۱۸/۲۹
۸	۴-۳-۱	۱/۵۷۸	۲۸/۵۲	۱۸/۰۷
۹	۷-۵-۴	۲/۵۷۸	۴۱/۳۸	۱۶/۰۵
۱۰	۷-۵-۱	۲/۶۲۳	۴۰/۶۹	۱۵/۶۲
۱۱	۳-۲-۱	۱/۶۳۱	۲۴/۹۳	۱۵/۲۹
۱۲	۴-۳-۲	۱/۶۹۱	۲۵/۳۵	۱۴/۹۹
۱۳	۷-۵-۲	۲/۵۷۱	۳۷/۷۹	۱۴/۷۰
۱۴	۵-۴-۱	۲/۶۰۴	۳۷/۲۰	۱۴/۲۹
۱۵	۵-۴-۲	۲/۴۹۲	۳۴/۰۳	۱۳/۶۶
۱۶	۵-۲-۱	۲/۵۵۴	۳۳/۶۱	۱۳/۱۶
۱۷	۷-۴-۱	۲/۷۴۷	۳۳/۸۲	۱۲/۳۱
۱۸	۷-۴-۲	۲/۵۷۱	۳۰/۶۵	۱۱/۹۲
۱۹	۷-۲-۱	۲/۶۹۹	۳۰/۲۳	۱۱/۲۲
۲۰	۴-۲-۱	۲/۸۸۰	۲۶/۴۷	۹/۱۷

33

Image Processing
پردازش تصاویر ماهواره ای

۱- پردازش اولیه **Pre processing**

شامل تصحیحات هندسی، اتمسفری و رادیومتری

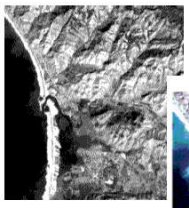
۲- **Image enhancement**

۳- پردازش پیشرفته **Post processing**

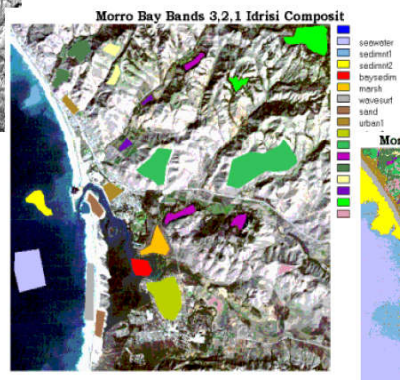
شامل : طبقه بندی تصاویر **Image Classification**

34

Image classification

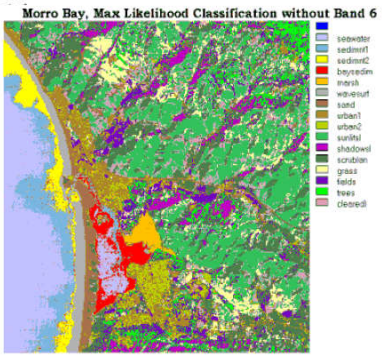


MSS image



Training pixels

Thematic map



35

What is a Classified Image

- Image has been processed to put each pixel into a category
- Result is a vegetation map, land use map, or other map grouping related features
- Categories are defined by the intended use of the map
- Can be few or many categories, depending on the purpose of the map and available resources

36

۳- پردازش پیشرفته Post processing

- طبقه بندی (Image Classification)

شناسائی و تفکیک پدیده های زمینی و قراردادن آنهادر گروهها یا طبقات مشخص

روش ها (تک باند و چند باند)

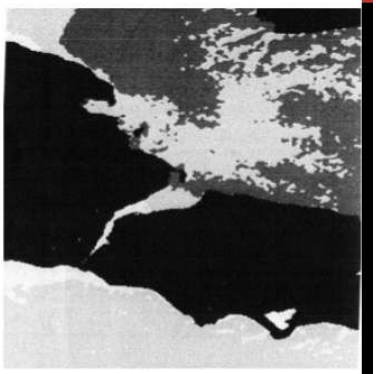
تک باند (Density Slicing)

هرچه میزان اختلاف نشانه های طیفی در یک باند خاص بیشتر باشد، باند مورد نظر برای استفاده درطبقه بندی مناسب تر است.

Density Slicing

DNs along the x axis of an image histogram are divided into a series of analyst-specified intervals or "slices"

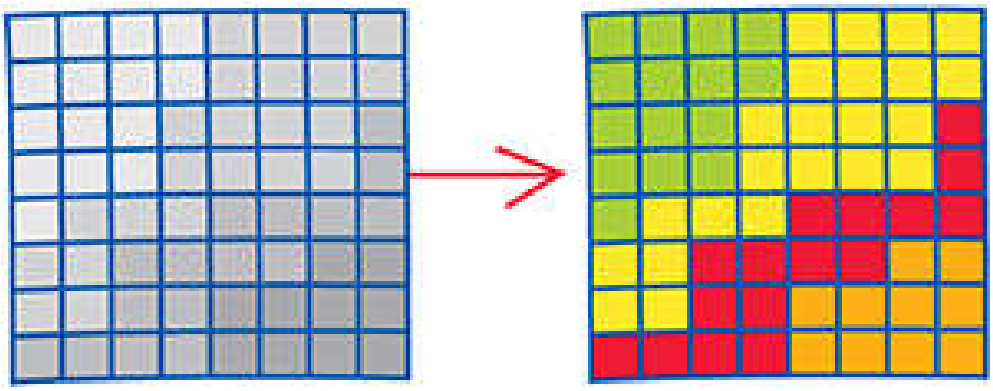
- DNs falling within a given interval in the input image are then displayed at a single DN in the output image.
- If six different slices are established, the output image contains only six different gray levels



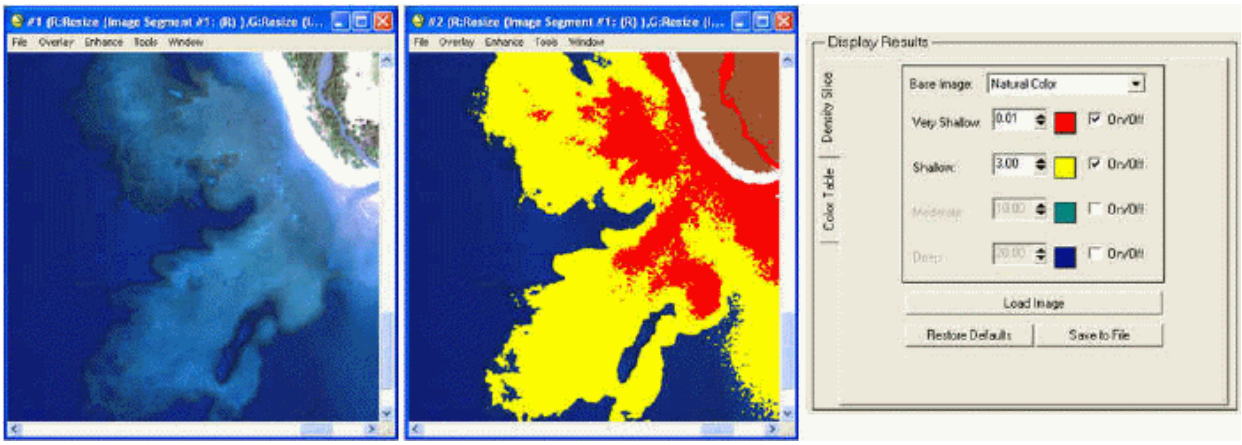
32

38

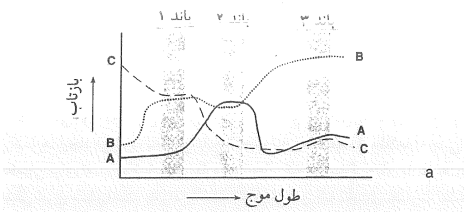
A technique normally applied to a single-band monochrome image for highlighting areas that appear to be uniform in tone, but are not. Grayscale values (0-255) are converted into a series of intervals, or slices, and different colors are assigned to each slice. Density slicing is often used to highlight variations in vegetation.



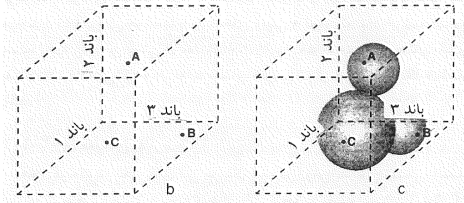
39



40



	باند ۱	باند ۲	باند ۳
A قابل تفکیک از B	بله	خیر	بله
B قابل تفکیک از C	خیر	بله	بله
A قابل تفکیک از C	بله	بله	خیر



شکل ۱-۱۱: نقش باندهای طیفی در جداسازی پدیده‌ها

Classification

- Three types of classification
  - Supervised
    - Requires “training pixels”, pixels where both the spectral values and the class is known.
  - Unsupervised
    - No extraneous data is used: classes are determined purely on difference in spectral values.
  - Hybrid
    - Use unsupervised and supervised classification together

Anyone who has never made a mistake has never tried anything new.
Albert Einstein
www.elts-oefl-tehran.com
کسی که هیچگاه اشتباه نکرده، هرگز چیز جدیدی را امتحان نکرده است.
البرت آینشتاین

43

جلسه دهم

سنجش از دور

1

Image Processing
پردازش تصاویر ماهواره ای

۱- پردازش اولیه **Pre processing**

شامل تصحیحات هندسی، اتمسفری و رادیومتری

۲- پردازش تصاویر **Image processing**

شامل :ارتقاء کیفی تصاویر **Image enhancement**

۳- پردازش پیشرفته **Post processing**

شامل : طبقه بندی تصاویر **Image Classification**

2

چند باند (نظارت شده، نظارت نشده)

- اختلاف ارزشهای طیفی بر اساس نمونه هائی که مفسر بر روی هر پدیده انتخاب کرده، محاسبه می شود **supervised**
- ولی در بدون نظارت گروه بندی بصورت خودکار و بر اساس اختلاف ریاضی ارزشهای طیفی محاسبه می گردند **Unsupervised**

3

۱- طبقه‌بندی نظارت‌نشده

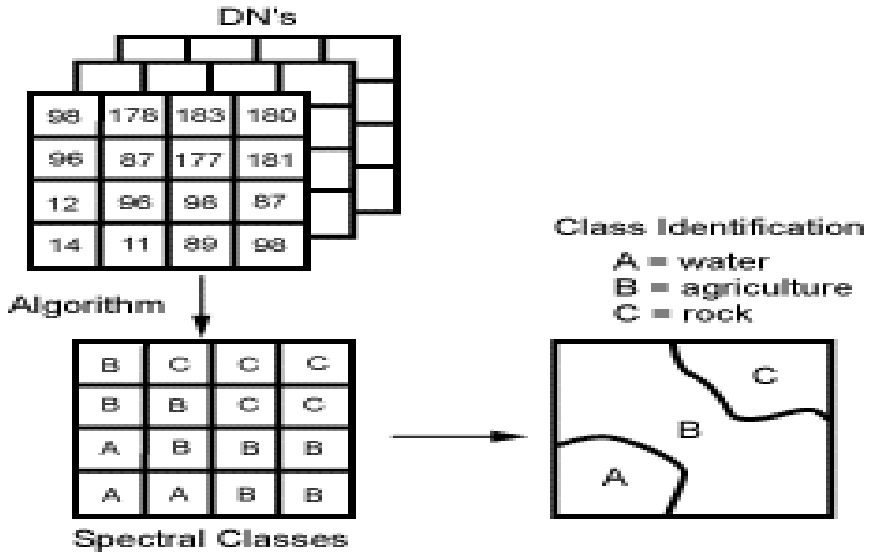
در روش طبقه‌بندی نظارت‌نشده از مناطق آموزشی به‌عنوان مبنای طبقه‌بندی استفاده نمی‌شود، به‌عبارتی در این روش خوشه‌های[۲] حاصل براساس تشابه طیفی پیکسل‌ها ایجاد می‌شود، بنابراین نتایج حاصله نیاز به استفاده از اطلاعات جنبی و تکمیلی برای تفسیر و شناسایی دارد. از آنجایی‌که پیچیدگی‌های بازتاب‌های طیفی امری مسلم است، بنابراین استفاده از روش‌های طبقه‌بندی نظارت نشده باید با احتیاط کامل انجام گیرد. برخی معتقدند روش طبقه‌بندی نظارت‌نشده برای درک بهتر و شناخت اجمالی پدیده‌ها (به‌ویژه قبل از عملیات صحرایی برای طبقه‌بندی نظارت شده) مفید است. در این روش انتخاب تعداد کلاس‌ها برای طبقه‌بندی اهمیت زیادی دارد و بدیهی است که تعیین تعداد کلاس‌های طیفی

4

مطلوب، بستگی به شناخت مفسر از منطقهٔ مورد مطالعــه، وضعیـت بازتاب‌هـای طیفی و تجربهٔ او دارد. البته عمل سعی و خطا و تعیین تعداد خوشه‌های مناســب می‌تواند به‌گونه‌ای صورت گیرد که وضعیت مطلوب و قابل تفسیر به‌دسـت آیـد. هرچند ارتباط برخی خوشه‌ها با پدیده‌های زمینی و تعیین تعـداد خوشـه دشـوار است، بنابراین از این روش در حد شناخت کلی از منطقــه و بازتاب‌هـای طیفـی پدیده‌ها استفاده می‌شود و می‌تواند مبنـای خوبـی بـرای طبقـه‌بندی نظارت‌شـده باشد.

5

Unsupervised Classification

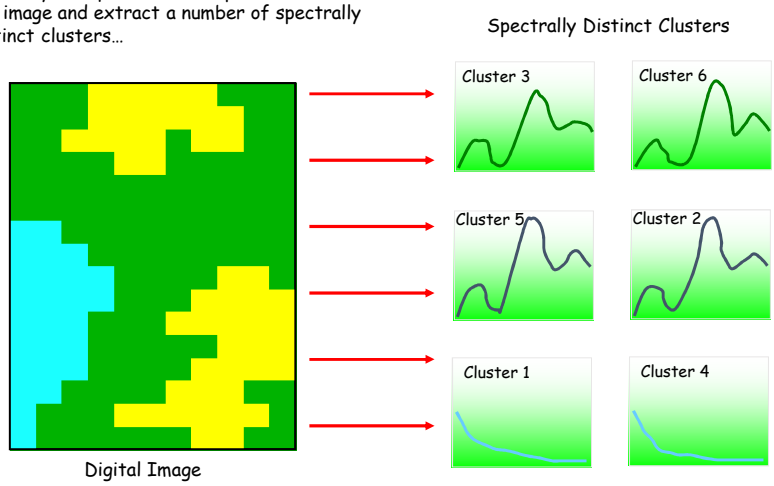


Unsupervised Classification

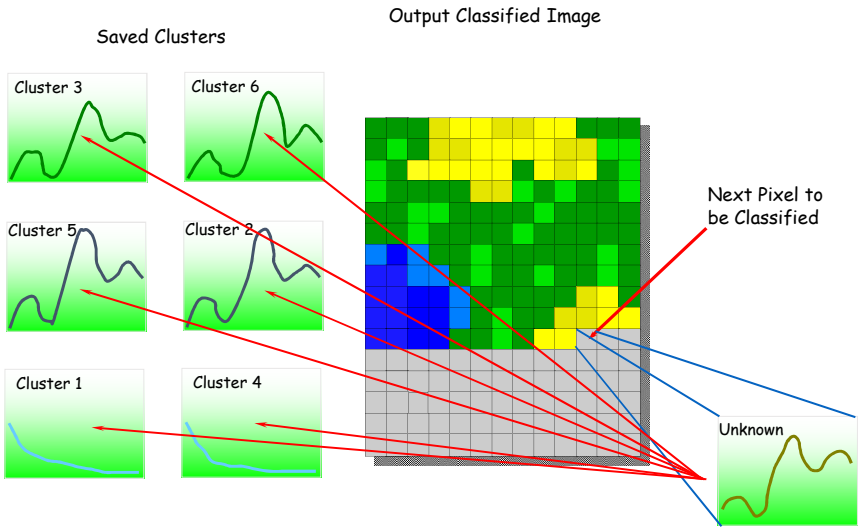
- In unsupervised classification, the spectral data imposes constraints on our interpretation
- How? Rather than defining training sets and carving out pieces of n-dimensional space, we define *no* classes beforehand and instead use statistical approaches to divide the n-dimensional space into clusters with the *best separation*
- After the fact, we assign class names to those clusters

Unsupervised Classification

The analyst requests the computer to examine the image and extract a number of spectrally distinct clusters…



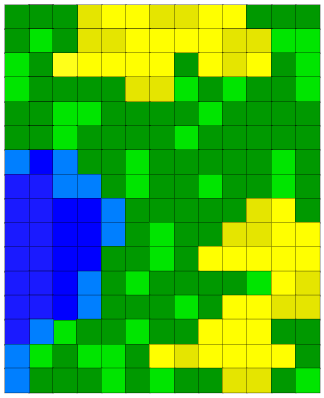
Unsupervised Classification



Unsupervised Classification

The result of the unsupervised classification is not yet information until…

The analyst determines the ground cover for each of the clusters…



??? → **Water**

??? → **Water**

??? → **Conifer**

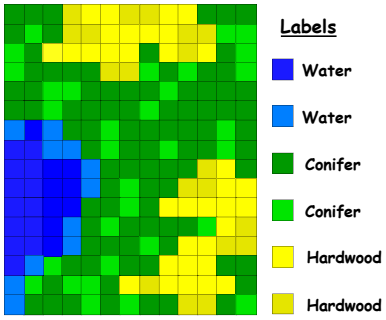
??? → **Conifer**

??? → **Hardwood**

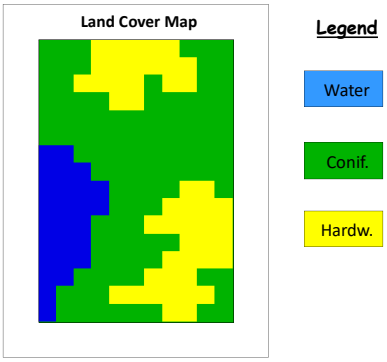
??? → **Hardwood**

Unsupervised Classification

It is a simple process to regroup (recode) the clusters into meaningful information classes (the legend).

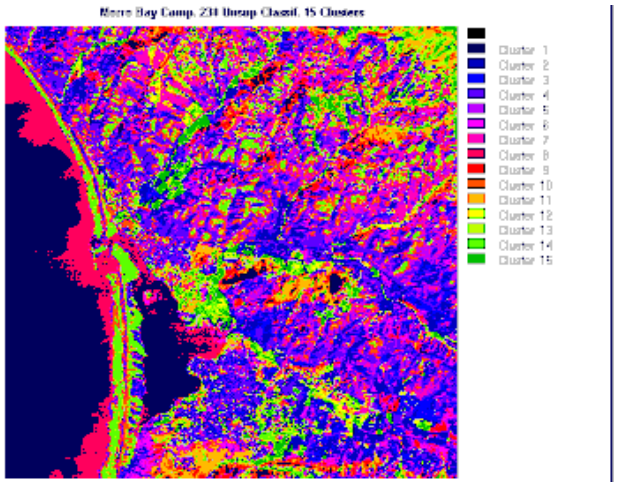


The result is essentially the same as that of the supervised classification:



Unsupervised Classification

Results from Clustering - Spectral Classes



۲- طبقه‌بندی نظارت‌شده

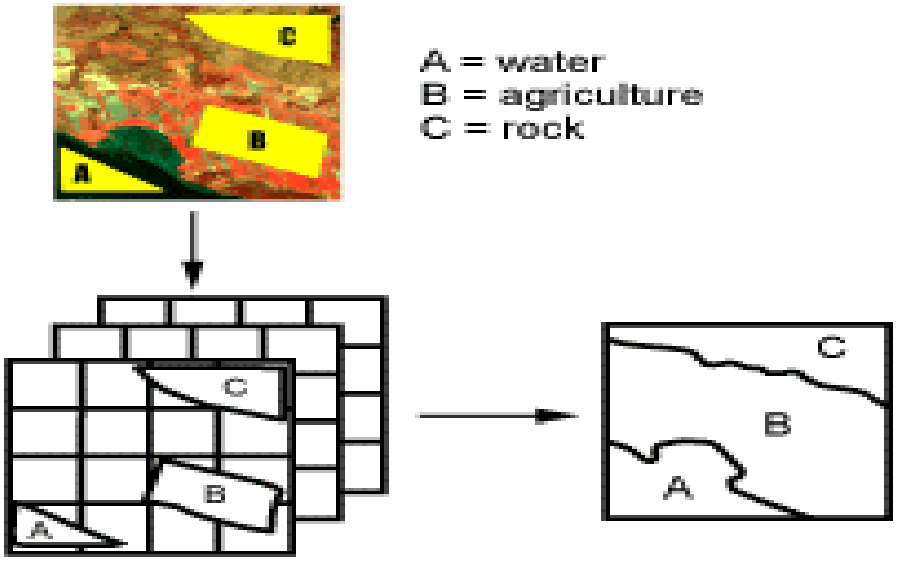
طبقه‌بندی نظارت‌شده نیاز به اطلاعات قبلی و شناخت پدیده‌های مرتبط با داده‌ها دارد. در این روش تعدادی از پیکسل‌ها به‌عنوان معرف و نمونه انتخاب و مشخصات آنها از طریق نرم‌افزار مورد استفاده به رایانه داده می‌شود. بدین‌طریق رایانه بقیهٔ پیکسل‌ها را با توجه به دستورالعمل خاصی که وجود دارد، طبقه‌بندی می‌کند.

13

- There are three distinct stages:
  - Training
  - Classification
  - Output

14

Supervised Classification



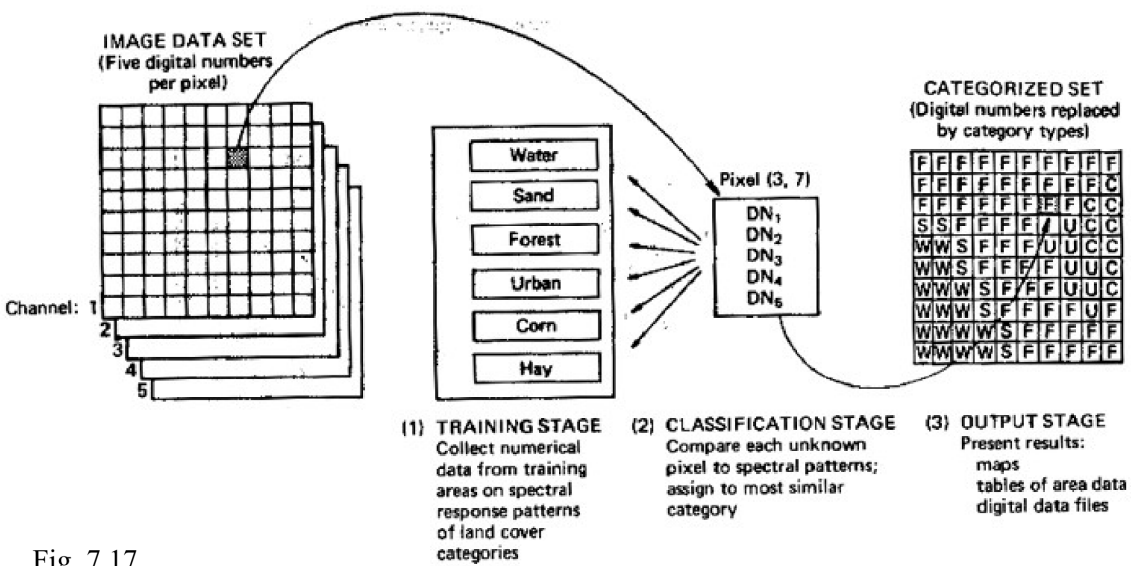


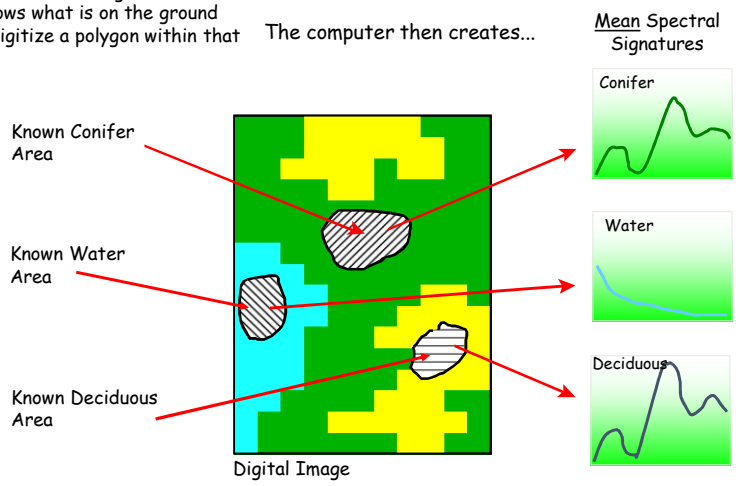
Fig. 7.17

16

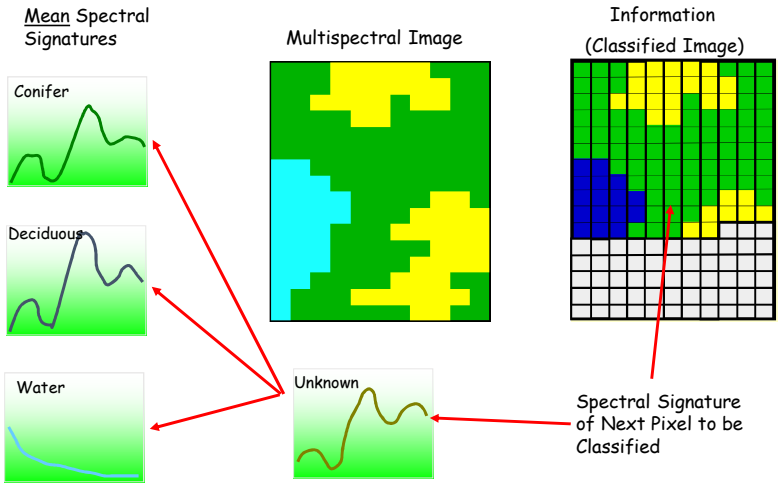
Supervised Classification

Supervised classification requires the analyst to select training areas where he/she knows what is on the ground and then digitize a polygon within that area…

The computer then creates…



Supervised Classification



مراحل طبقه‌بندی نظارت‌شده را می‌توان به‌شرح زیر بیان داشت:

۲-۱- پردازش‌های اولیه

در این مرحله انجام برخی پردازش‌ها نظیر ایجاد تصاویر رنگی مجازی مختلف و انتخاب بهترین تصویر، بررسی‌های لازم در مورد شناخت کیفیت داده‌ها و استخراج آمار و اطلاعات اولیه از تصاویر یا طبقه‌بندی نظارت‌نشده (جهت درک کلی و اجمالی از بازتاب‌های طیفی پدیده‌ها) مفید است.

19

۲-۲- عملیات میدانی و انتخاب مناطق آموزشی نمونه

نمونه‌برداری برای عملیات طبقه‌بندی داده‌های سنجش از دور، بستگی به عملیات میدانی مؤثر و جمع‌آوری اطلاعات دقیق و مفید دارد. عملیات میدانی معمولاً وقت‌گیر و پرهزینه است، بنابراین هرگونه عملیات مقدماتی، پیش‌پردازش و بارزسازی و انتخاب روش‌های مناسب نمونه‌برداری که بتواند عملیات صحرایی را کاهش دهد، بسیار حائز اهمیت است. اگر زمان عملیات صحرایی، منطبق و همزمان با زمان عبور ماهواره و تصویربرداری از منطقهٔ مورد مطالعه باشد، ایدآل است. اما باید به این مهم توجه داشت که غالباً برای برخی مطالعات همزمانی عملیات صحرایی و زمان جمع‌آوری اطلاعات با لحظهٔ عبور ماهواره مقدور نیست و از طرفی گاهی چند ساعت اختلاف ممکن است سبب شود با وقوع یک رگبار یا اتفاقی دیگر بسیاری از شرایط سطح الارض تغییر کند.

20

۲-۳- انتخاب کلاس‌ها و نمونه‌برداری

انتخاب کلاس‌های مورد نظر باید با دقت صورت گیرد و همواره به این مهم توجه داشت بین کلاس‌هایی که مفسر انتخاب می‌کند و کلاس‌های ناشی از داده‌های سنجش از دور (کلاس‌های طیفی)، تفاوت اساسی وجود دارد. این مرحلهٔ بسیار مهمی است که مفسر باید با سعی و خطا، آزمون‌ها و تعریف‌های مناسب از کلاس‌ها، مشکل ناشی از کلاس‌های طیفی و کلاس‌های اطلاعاتی را حل کند. برای مثال برای جدا کردن کلاسی تحت عنوان کلاس خاک‌های بسیار شور، مفسر مجبور به نمونه‌برداری از چندین زیرکلاس خاک‌های خیلی شور است تا در نهایت با ادغام این زیرکلاس‌ها در یکدیگر بتواند به کلاس اطلاعاتی خاک‌های خیلی شور برسد. از این‌رو در می‌یابیم انتخاب کلاس‌ها باید با آگاهی کافی از بازتاب‌های طیفی همهٔ زیرکلاس‌ها و وضعیت منطقهٔ مورد مطالعه صورت گیرد.

21

۲-٤- طراحی نمونه‌برداری

تصمیم‌گیری در مورد نحوه و محل نمونه‌برداری، از اهمیت خاصی برخوردار است، زیرا اعتبار نمونه‌ها و قابلیت تعمیم آن به دیگر نقاط بستگی به نحوهٔ طراحی نمونه‌برداری دارد. روش‌های مختلفی برای نمونه‌برداری پیشنهاد شده است (شکل ۲- ۱۱).

22

Sampling– نمونه گیری

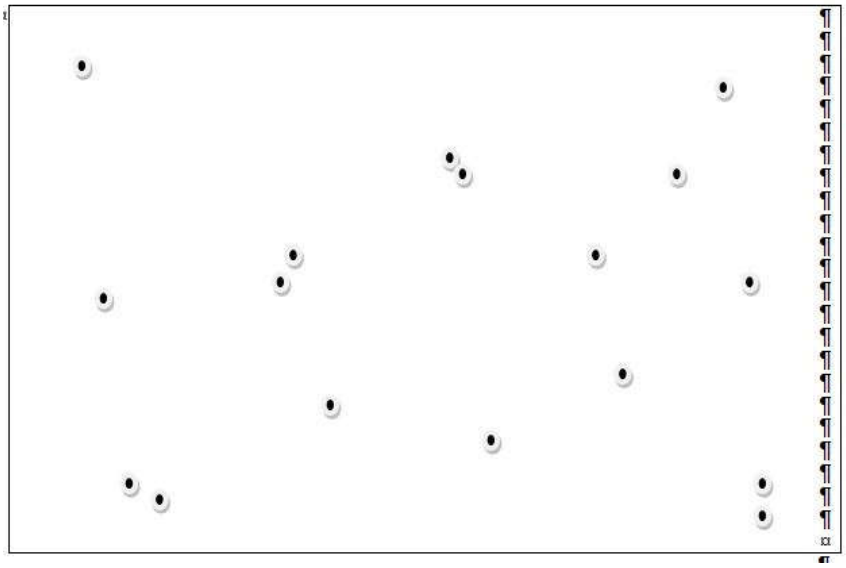
- نمونه برداری عموما به سه شکل:

۱- تصادفی ساده – simple random sampling

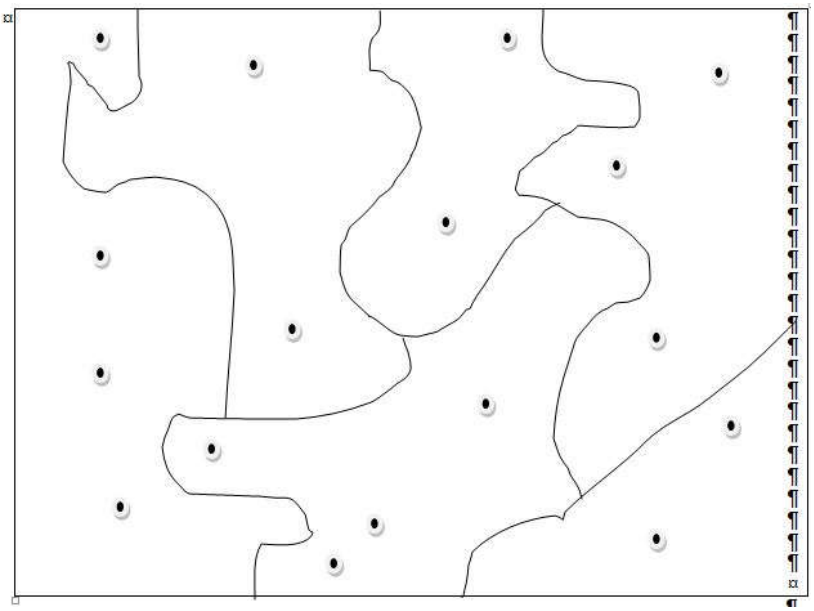
۲- تصادفی طبقه بندی شده – stratified random sampling

۳- سیستماتیک – systematic sampling

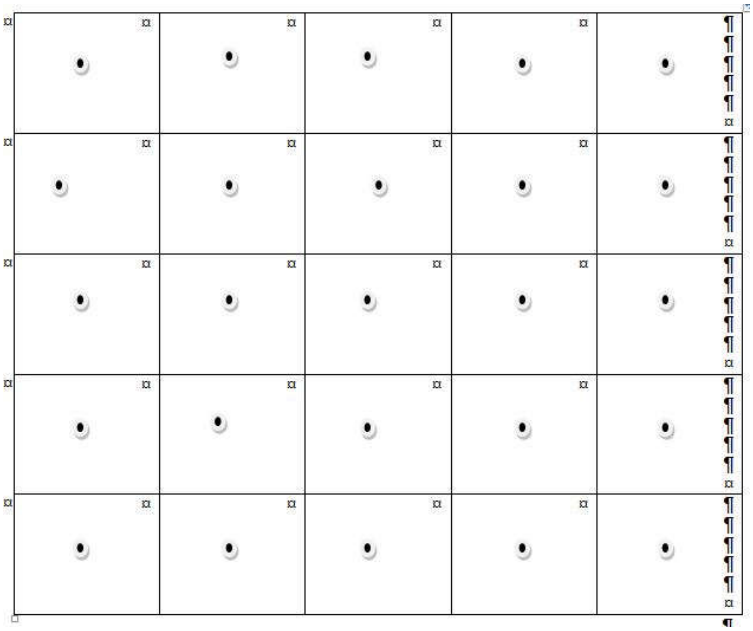
Simple R. S.



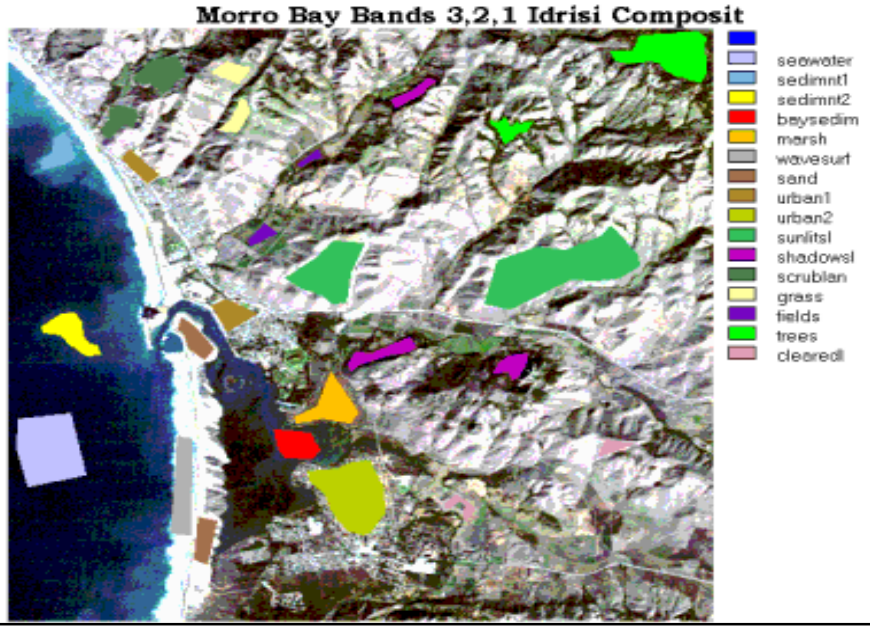
Stratified R. S.



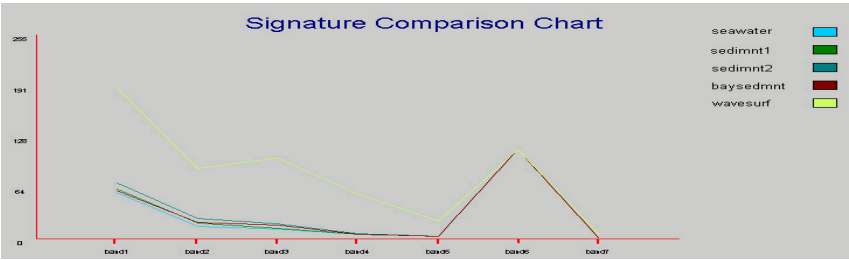
Systematic R. S.



Training Areas



Supervised Classification

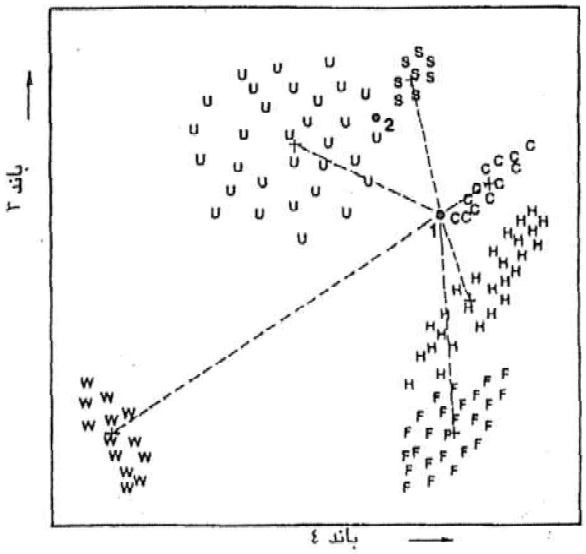


۲-۵- روش‌های طبقه‌بندی

حداقل فاصله تا میانگین Minimum Distance

- پیکسلی که میانگین ارزش طیفی نمونه های انتخابی هر طبقه را به خود اختصاص داده، فاصله هر پیکسل طبقه بندی نشده با پیکسل های میانگین، مقایسه می شود و پیکسل مورد نظر به کلاسی تعلق می گیرد که نزدیک ترین فاصله را با میانگین آن دارد.

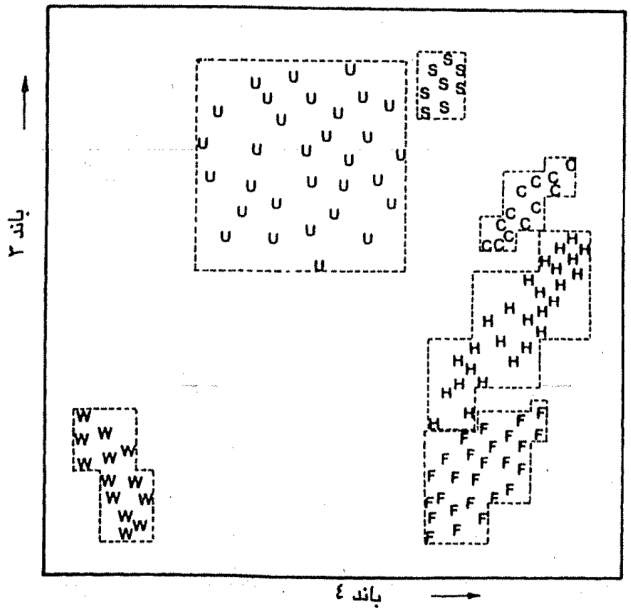
29



30

Box / ParallelePiped روش جعبه‌ای

- بر اساس حداقل و حداکثر ارزش طیفی طبقات نمونه در باندهای مختلف، چهار ضلعی هائی ایجاد می شود

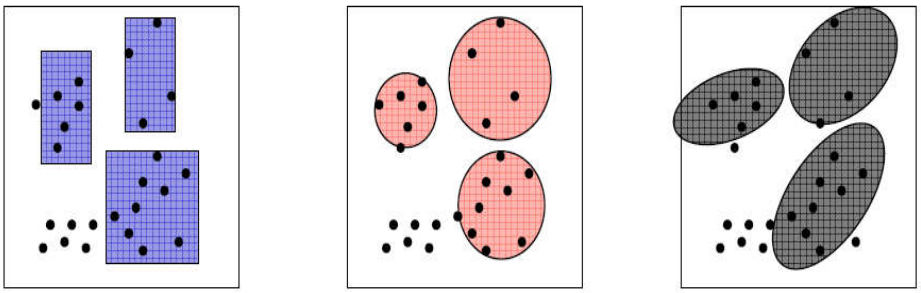


Maximum Likelihood روش حداکثر احتمال

- نحوه توزیع ارزشهای طیفی و احتمال آماری ارتباط یک پیکسل با یکی از گروههای نمونه از ماتریس واریانس و بردار میانگین ارزش های طیفی استفاده می شود.

33

Partitioning of the feature space

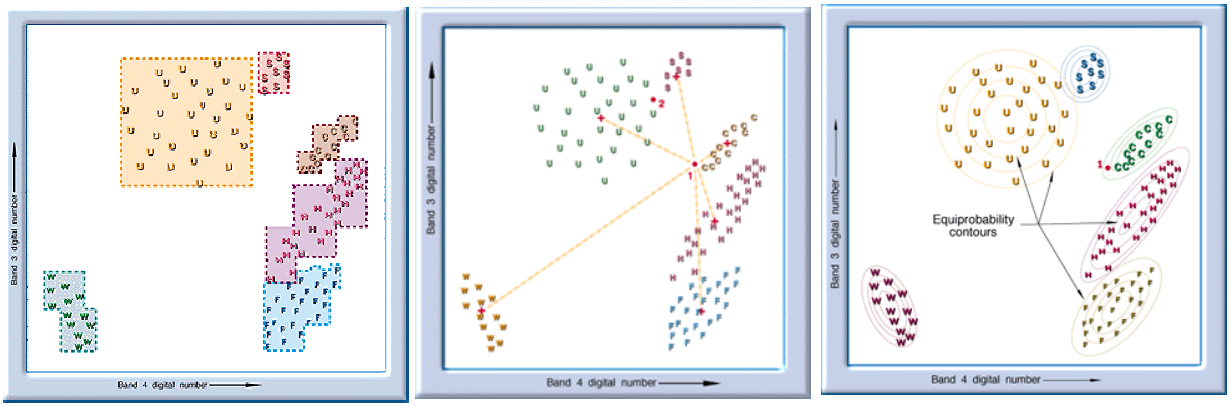


Box or Parellepiped | Minimum Distance to Mean | Maximum Likelihood

34

Decision Rules

in Spectral Feature Space



Parallelpiped

Minimum Distance to Means

Maximum Likelihood (Discriminant Analysis

Comparison of SPOT image classified by Maximum Likelihood, and Minimum Distance to means classifiers

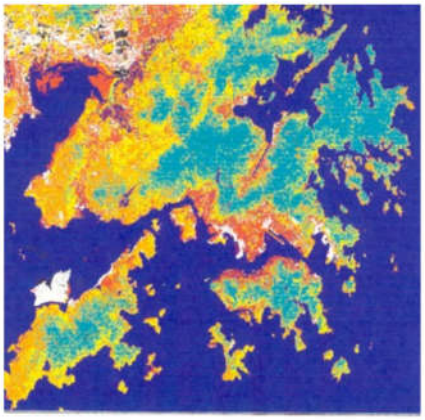


Figure 5. The classification result of SPOT Image of HK by MLC.

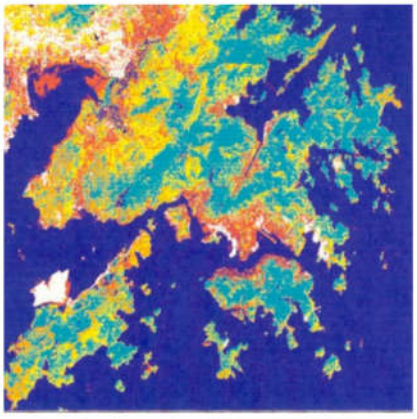


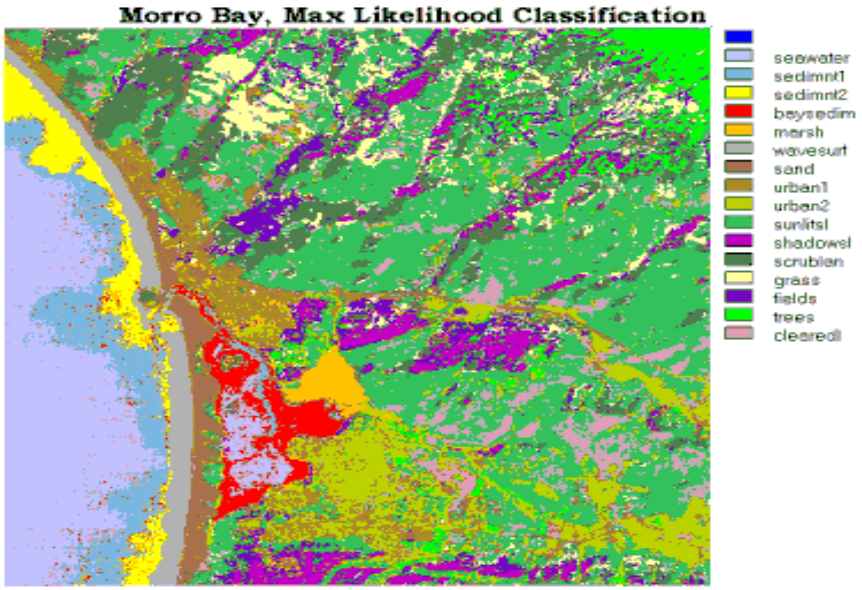
Figure 5.2 Classification result of SPOT Image of HK by MINDIS.

36

- Several different approaches:
  - Minimum-distance-to-means classifier
  - Parallelepiped classifier
  - Gaussian maximum likelihood classifier
  - Neural network

37

Class

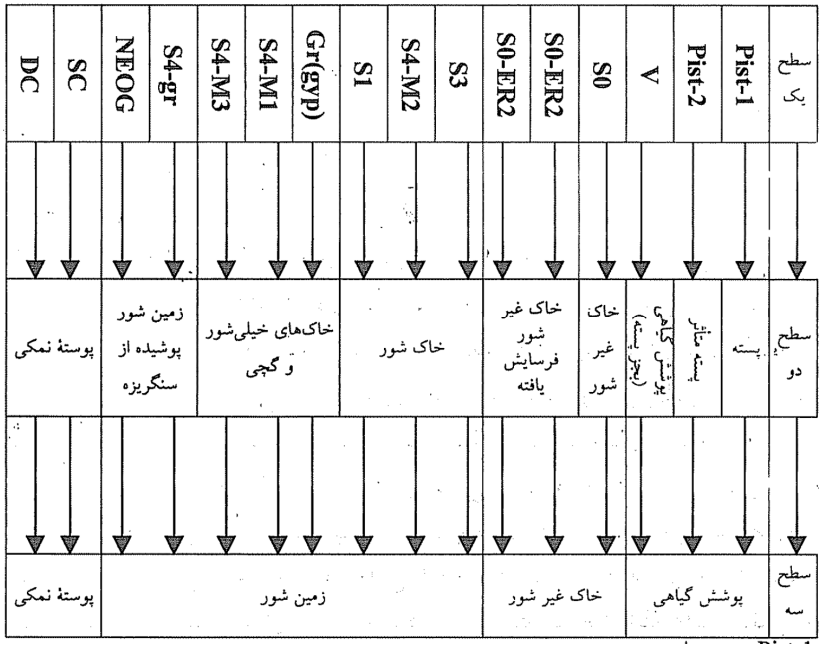


۳- مرحلهٔ پس از طبقه‌بندی

دسته‌بندی (ادغام کلاس‌ها)

با توجه به غیر یکنواختی و ناهمگونی بسیاری از پدیده‌های سطح زمین و عواملی نظیر قدرت تفکیک مکانی و طیفی و رادیومتری داده‌های سنجش از دور، معمولاً مفسر برای طبقه‌بندی مجبور به ادغام تعدادی از کلاس‌های طیفی یا زیرکلاس می‌شود. ممکن است این کلاس‌ها چندان اهمیتی برای کاربران نداشته باشد، ولی مفسر برای رسیدن به کلاس اطلاعاتی مورد نیاز و متناسب با هدفش، چاره‌ای جز نمونه‌برداری از تمامی زیرکلاس‌ها و طبقه‌بندی آنها ندارد. در چنین شرایطی پس از طبقه‌بندی با وجود کلاس‌های متعدد می‌توان در مرحلهٔ پس از

طبقه‌بندی، اقدام به ادغام کلاس‌ها متناسب با هدف کاربر کرد. برای مثال، براساس تحقیقات به‌عمل آمده در دو منطقهٔ کشور ایران، عملیات طبقه‌بندی با تعداد ۲۶ و ۲٤ زیرکلاس (علوی پناه و همکاران ،۲۰۰۱ ؛ علوی پناه و مسعودی، ۱۳۸۰) انجام گرفته است. در مرحلهٔ پس از طبقه‌بندی این تعداد کلاس‌ها به نحوی منطقی و قابل قبول در هم ادغام شده‌اند و در نهایت نقشهٔ پوشش اراضی یا نقشهٔ شوری سطحی با تعداد کلاس‌های اندکی به‌دست آمده است. شکل ۱۰-۱۱ ادغام زیرکلاس‌ها به کلاس‌های پوشش اراضی و کاربری اراضی حاشیهٔ پلایای اردکان یزد با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای را نشان می‌دهد (علوی پناه، ۱۹۹٦).



41

اجرای فیلتر

معمولاً تصویری که ظاهری به‌اصطلاح زبر[1] دارد، کاربرد عملی چندانی ندارد. در چنین حالتی توصیه می‌شود از روش‌های مناسب فیلترگذاری نظیر Smoothing استفاده شود.

42

٤- «ارزیابی طبقه‌بندی»

ارزش و قابلیت استفاده از هر نقشهٔ تولیدی، به میزان صحت آن بستگی دارد. یک روش معمول برای تعیین دقت نقشه‌های حاصل از طبقه‌بندی، استفاده از اطلاعات صحرایی یا مناطق آزمایشی است. مناطق آزمایشی شامل نمونه‌های تصادفی ازکلاس‌های موردنظر است که باید براساس معیارهای آماری و از لحاظ کافی بودن تعداد و مناسب بودن واریانس نمونه‌ها مدنظر قرار گیرد. پس ازآنکه نمونه‌های آزمایشی برای برآورد دقت طبقه‌بندی تعیین شد، از ماتریس خطا[1] استفاده می‌شود. ماتریس خطا یک جدول توافقی از مقایسهٔ اطلاعات منابع زمینی با اطلاعات حاصل ازطبقه‌بندی است که ارزش آن برحسب تعداد پیکسل (واحد نمونه) یا درصد بیان می‌شود. عناصر قطری ماتریس خطا تعداد یا نسبت پیکسل‌های صحیح طبقه‌بندی‌شده و عناصر غیر قطری پیکسل‌های خطا را نشان می‌دهد.

43

Validation = error matrix

- بررسی کیفی و کمی طبقه بندی

Basic data for 4 land cover classes and 163 ground truth samples

Interpretation Result	Classification result				Total
	A	B	C	D	
A	35	14	11	1	61
B	4	11	3	0	18
C	12	9	38	4	63
D	2	5	12	2	21
Total	53	39	64	7	163

Reference (ground truth)

Accuracy for class A= 35/61 (are correctly classified as A

Overall accuracy = total all correctly classified pixels/163

44

Kappa statistic

Interpretation Result	Reference Class				Total
	A	B	C	D	
A	35	14	11	1	61
B	4	11	3	0	18
C	12	9	38	4	63
D	2	5	12	2	21
Total	53	39	64	7	163

$$K = \frac{N\sum_{i=1}^{r} x_{ii} - \sum_{i=1}^{r} x_{i+}x_{+i}}{N^2 - \sum_{i=1}^{r} x_{i+}x_{+i}}$$

where

x_{ii} is the diagonal entries

x_{+i} is the sum of column i

x_{i+} is the sum of row i for the r rows and columns.

zero = no agreement

one = perfect agreement

45

به پایان آمد این دفتر
حکایت همچنان باقی

به صد دفتر نشاید گفت
حسب الحال مشتاقی

"سعدی"

46