

UZAKTAN ALGILAMA



Doç. Dr.Füsün Balık Şanlı

2017-2018

■ Yıliçi başarı notu:

- $(2 \text{ Yıliçi sınavı}) / 2 \pm (\text{Ödev 5 puan})$

veya

- $(21 \text{ Yıliçi sınavı} + 1 \text{ Ödev}) / 2$

■ Yıl sonu başarı

- **Ön koşul:** %70 Devam
- Yıliçi başarı notu % 60 + Yıl sonu sınavı notu % 40 ve çan eğrisi

UAKTAN ALGILAMA

TEMEL KAVRAMLAR ve UYGULAMALAR

□ Uzaktan Algılama (UA)

Tanım

Uzaktan Algılama Bileşenleri

□ Veri Elde Etme

Aktif ve Pasif Uzaktan Algılama

Algılayıcı Sistemleri

Uydu Yörüngeleri ve Tarama Alanı

□ Veri İşleme ve Görsel Yorumlama

Elektromanyetik Enerji

Elektromanyetik Spektrum

Enerji Kaynağı ve Hedefle Etkileşim

Spektral İmza

Dijital/ Sayısal Görüntü

Dijital / Sayısal Görüntünün Özellikleri

Görüntü Elde Etme

TEMEL KAVRAMLAR

□ Önışleme: Düzeltmeler

Radyometrik Düzeltme

Geometrik Düzeltme

□ Görüntü İşleme

Görüntü Zenginleştirme

Görüntü Dönüşümleri

Sınıflandırma

Veri Entegrasyonu

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)

UA ve CBS Entegrasyonu

UAKTAN ALGILAMA

TEMEL KAVRAMLAR

- Uzaktan algılama, doğrudan temas olmaksızın nesnelerin fiziksel özellikleri hakkında bilgi elde etme sanatı veya bilimidir.
- Doğa ve doğa olayları hakkında bilgi edinmemizi sağlar

TANIM: Uzaktan Algılama, bir temas olmaksızın, algılayıcı sistemleri kullanarak yeryüzü hakkında bilgi edinme bilimidir. Uzaktan Algılama teknolojileri yer yüzeyinden yansıyan ve yayılan enerjinin algılanması, kaydedilmesi, elde edilen materyalin bilgi çıkarmak üzere işlenmesi ve analiz edilmesinde kullanılır.

UAKTAN ALGILAMA

KULLANIM ALANLARI

□ **Jeoloji, Jeomorfoloji ve jeofizik**

- Doğal kaynakların saptanması (petrol, altın, doğalgaz, bor vb.)
- Zemin etüdüleri için gerekli kayaç dayanıklılıklarının belirlenmesi
- Buzul hareketleri ve volkanik olayların incelenmesi
- Çığ hareketlerinin incelenmesi
- Fay hatlarının belirlenmesi

□ **Hidroloji ve Hidrojeloji**

- Yer altı ve yerüstü su kaynaklarının saptanması
- Baraj ve göllerdeki su seviyesinin kontrolü
- Batimetri, kar ve buzul haritalarının üretilmesi vb...

UAKTAN ALGILAMA

UYGULAMA ALANLARI

□ **Ormancılık**

- Ormanların envanterinin çıkarılması
- Ormanların hacim hesaplarının yapılması
- Ormanların sınıflandırılması
- Orman yangınlarının kontrolü ve zararlarının belirlenmesi ve önlenmesi
- Ağaçlardaki hastalıkların saptanması ve önlenmesi vb.

□ **Tarım**

- Toprak sınıflandırılması
- Toprağın içerdiği organik ve inorganik maddelerin belirlenmesi
- Bitki sınıflandırması
- Sulama işlerinin en uygun şekilde düzenlenmesi
- Rüzgar, su ve toprak erozyonunun saptanması
- Tahıl rekoltesinin hesaplanması

UAKTAN ALGILAMA

KULLANIM ALANLARI

☐ **Meteoroloji**

- Hava durumu ve iklimsel verilerin elde edilmesi

☐ **Oşinografi**

- Okyanuslardaki fiziksel, kimyasal, biyolojik ve jeolojik verilerin elde edilmesi vb.

☐ **Mühendislik Uygulamaları**

- Baraj ve rezervuarlarının etüdü
- Kara yollarında yol güzergahlarının seçimi
- Trafik etüdüleri vb.

UAKTAN ALGILAMA

KULLANIM ALANLARI

□ Haritacılık uygulamaları

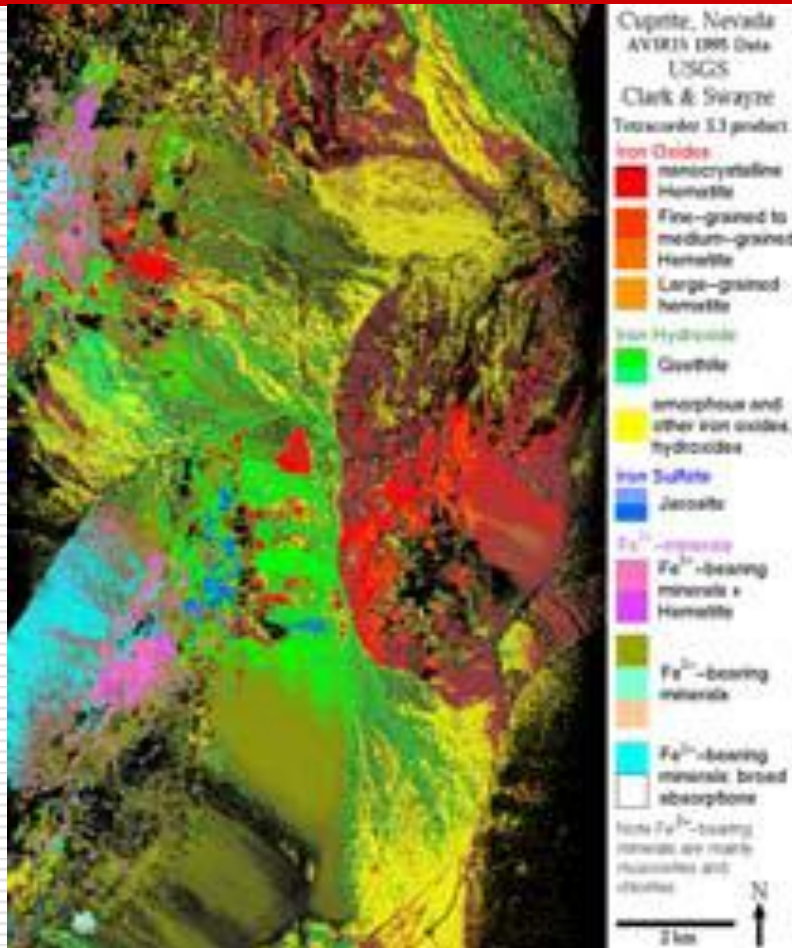
- Küçük ve orta ölçekli harita üretimi
- Uzaktan algılama verileriyle CBS'nin bütünleştirilmesiyle karar-destek sistemlerinin oluşturulması

□ Şehir ve Bölge Planlama Uygulamaları

- Uzaktan algılamanın kullanım alanlarında sıralanan bütün veriler planlama çalışmalarının altlığını oluşturmaktadır.
- Sürdürülebilir kalkınma için vazgeçilmez bir teknolojik yöntemdir.

KULLANIM ALANLARI

Jeoloji: Yersel



<http://speclab.cr.usgs.gov/PAPER/tetracorder/>

□ AVIRIS hiperspectral uydu görüntüsü kullanılarak elde edilmiş Nevada Yüzey Materyalleri Haritası

□ Analizler "Tetracorder" yazılımı ile yapılmıştır

UAKTAN ALGILAMA

KULLANIM ALANLARI

Meteoroloji: Atmosfer



KULLANIM ALANLARI

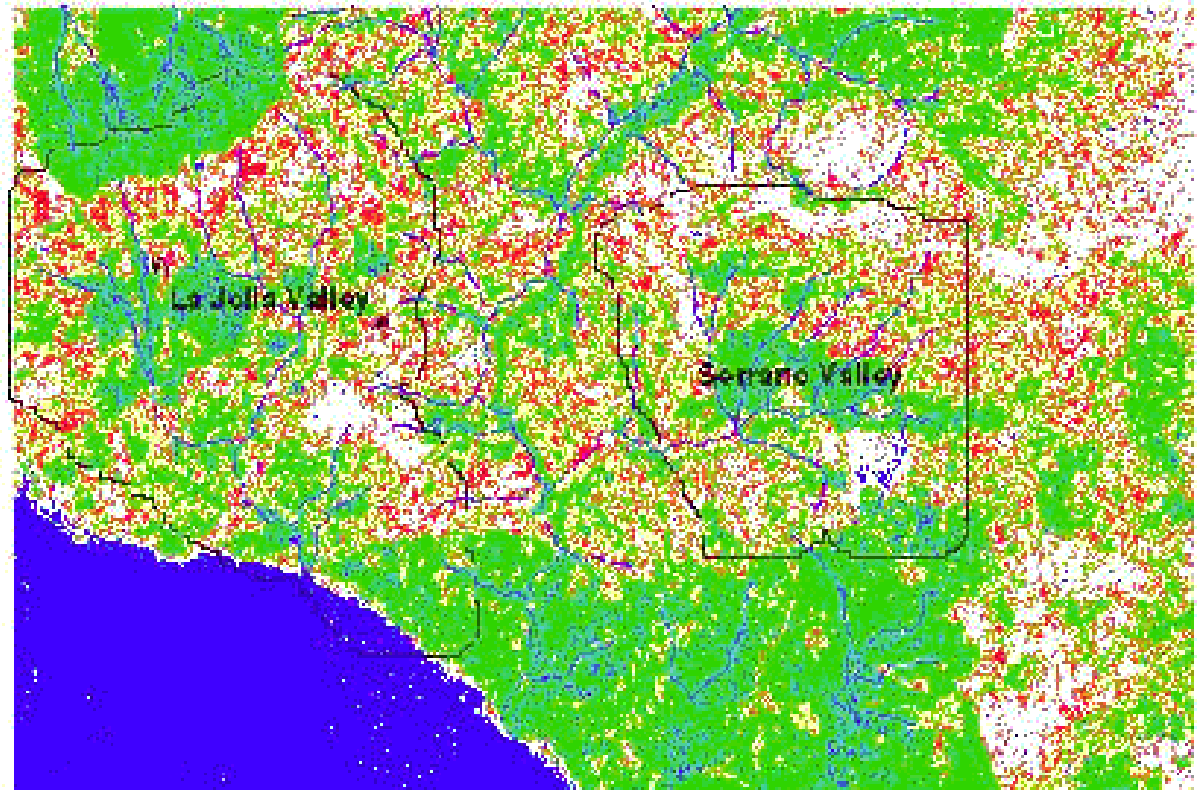
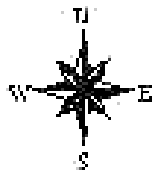
Tarım: Toprak

Serrano and La Jolla Valleys: HFBA First Level Classification

Legend

-  Streams
-  Valley Boundaries
- Soil Classification
 -  Values >50
 -  Vegetation
 -  Serrano Soils
 -  La Jolla Soils
 -  Intermediate Soils

Scale 1:50000



UAKTAN ALGILAMA

KULLANIM ALANLARI

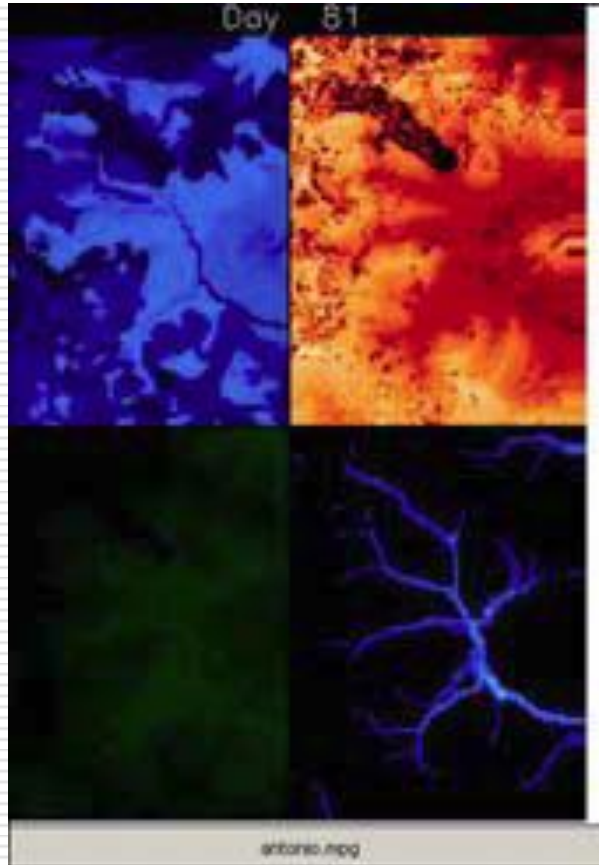
Hidroloji

Yeraltı su
kaynakları

Kar
kalınlığı

Günlük yüzey
su değişimi

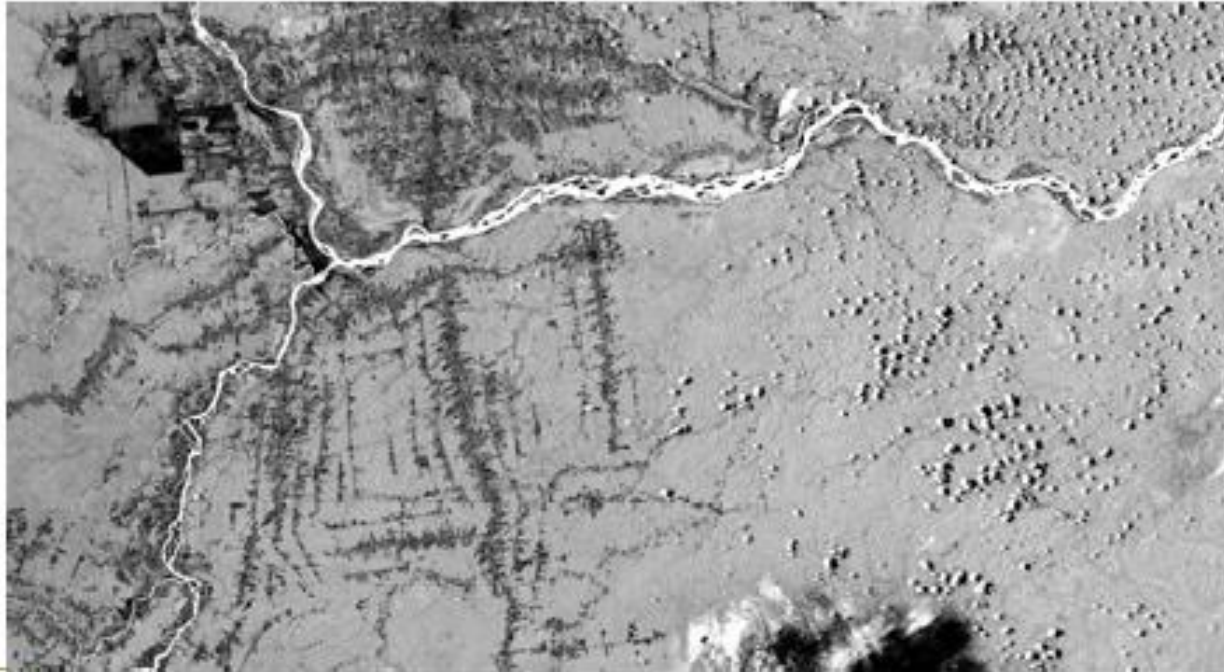
Yüzey suları



UAKTAN ALGILAMA

KULLANIM ALANLARI

Değişimlerin İzlenmesi



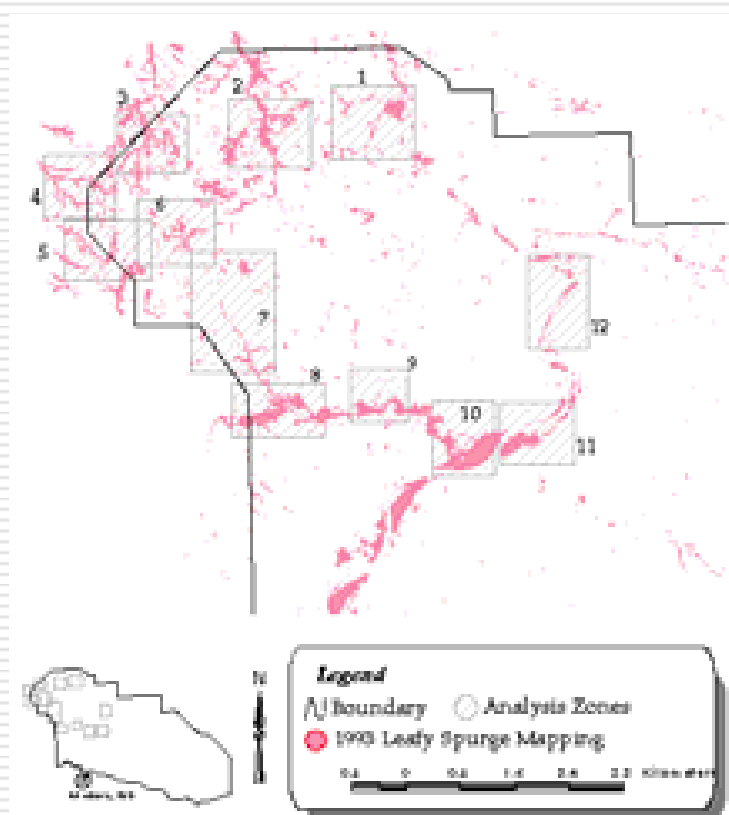
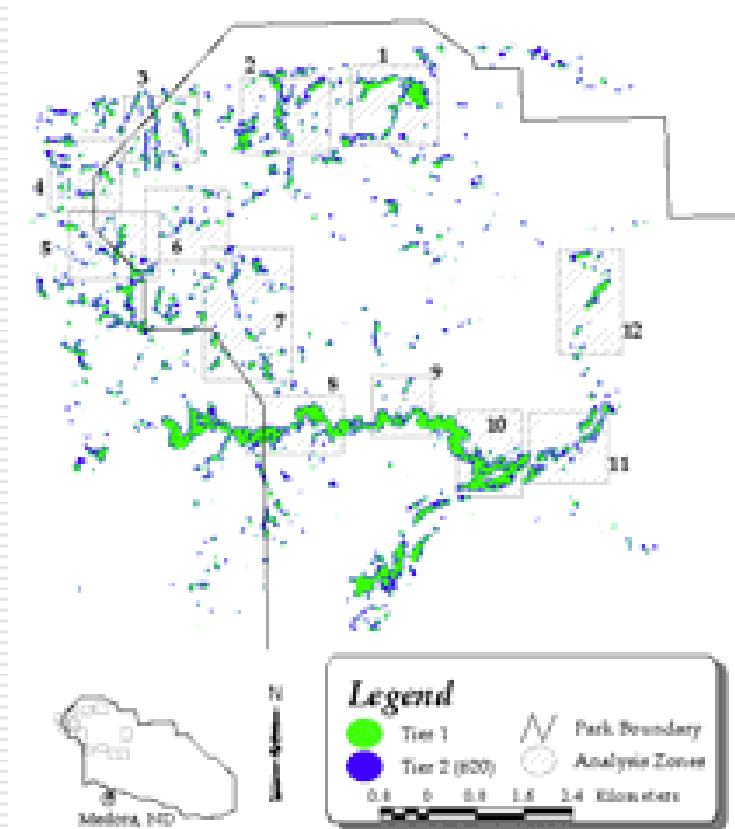
Yasuni National Park, Ecuador, LANDSAT

1996

UAKTAN ALGILAMA

KULLANIM ALANLARI

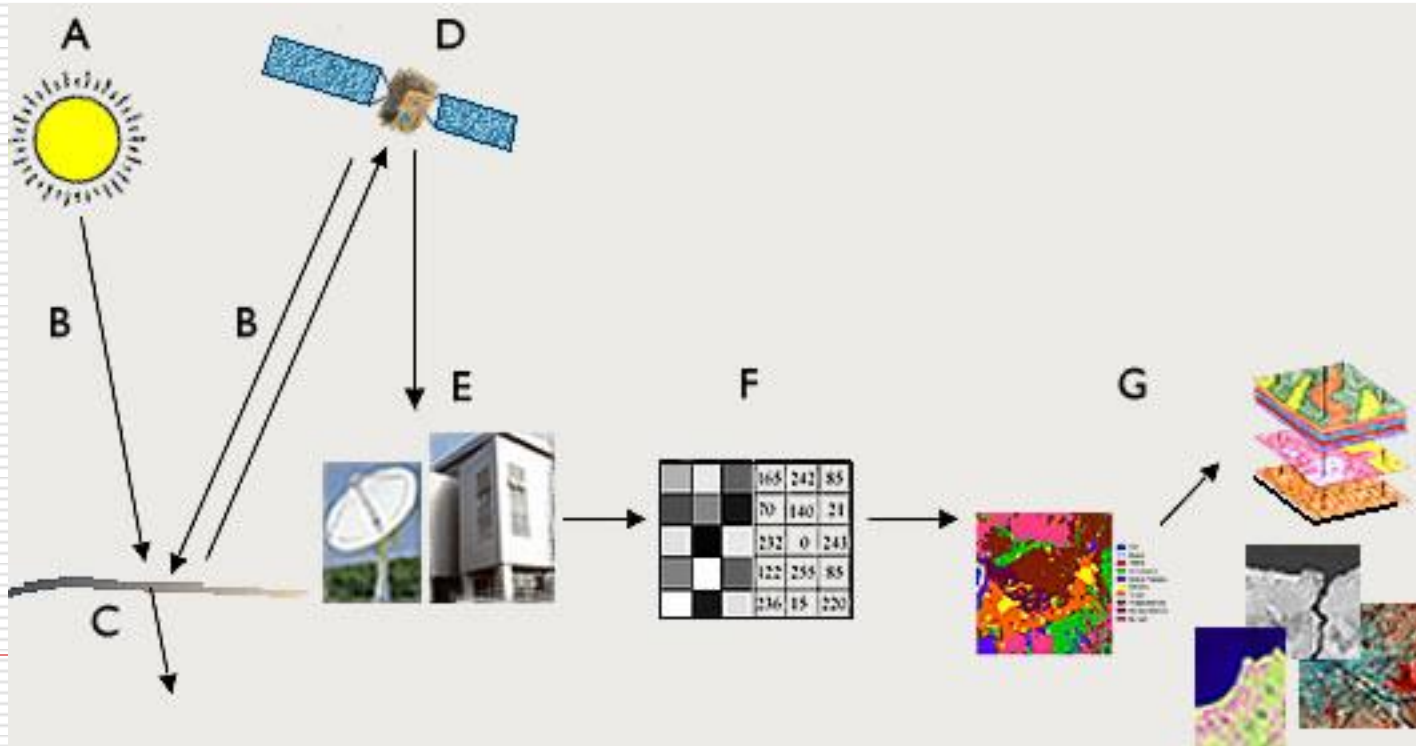
Ekoloji



UAKTAN ALGILAMA

BİLEŞENLERİ

- Uzaktan Algılama prosesi iki temel aşamadan oluşur. Bunlar;
 - "Veri Elde Etme" ve "Veri İşleme" aşamalarıdır.



UAKTAN ALGILAMA

VERİNİN ELDE EDİLMESİ

- **A. Enerji Kaynağı:** Hedefe bir kaynak tarafından enerji gönderilmesi gerekmektedir. Bu kaynak hedefi aydınlatır veya hedefe elektromanyetik enerji gönderir. Optik uydular için enerji kaynağı güneştir, ancak radar uyduları kendi enerji kaynaklarını üzerlerinde taşır ve elektromanyetik enerji üreterek hedefe yollarlar.
- **B. Işınım ve Atmosfer:** Enerji, kaynağından çıkarak hedefe yol alırken atmosfer ortamından geçer ve bu yol boyunca bazı etkileşimlere maruz kalır.
- **C. Hedef ile Etkileşim:** Atmosfer ortamından geçen elektromanyetik dalga, hedefe ulaştığında hem ışınlam hem de hedef özelliklerine bağlı olarak farklı etkileşimler oluşur.
- **D. Enerjinin Algılayıcı Tarafından Kayıt Edilmesi:** Algılayıcı hedef tarafından yayılan ve saçılan enerjiyi algılar, ve buna ilişkin veri kayıt edilir.
- **E. Verinin İletimi, Alınması, ve İşlenmesi:** Hedeften toplanan enerji miktarına ait veri algılayıcı tarafından kayıt edildikten sonra, görüntüye dönüştürülmek ve işlenmek üzere bir uydu yer istasyonuna gönderilir.

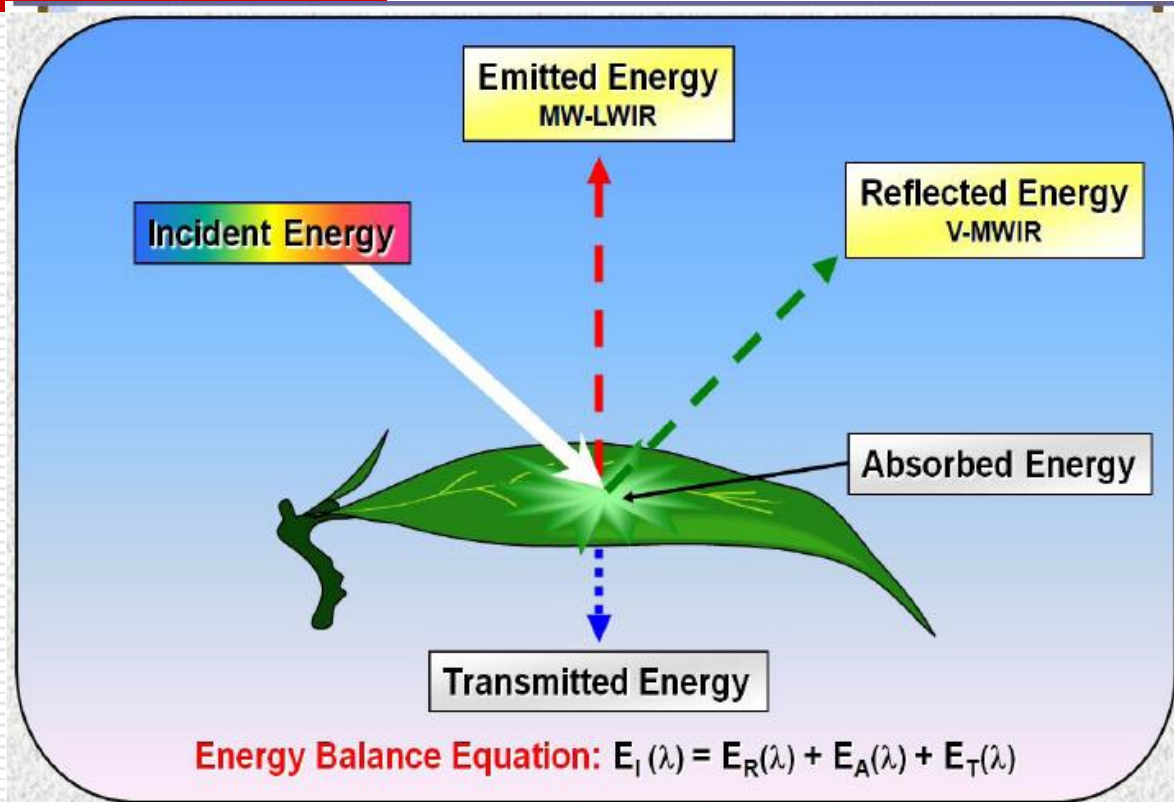
VERİNİN İŞLENMESİ

- **A. Yorumlama ve Analiz:** Görüntü görsel, sayısal (dijital) ve elektronik işleme teknikleri ile zenginleştirilir, analiz edilir ve nicel sonuçlar elde edilecek veriye sahip olunur.
- **B. Uygulama:** İşlenmiş veriden bilgi çıkarılır, bazı sonuçlara ulaşılır. Ayrıca elde edilen sonuçlar, başka veri kaynakları ile birleştirilerek kullanılabilir.

UAKTAN ALGILAMA

VERİNİN ELDE EDİLMESİ

- Görüntü oluşumu elektromanyetik enerji kavramına dayanmaktadır.



UAKTAN ALGILAMA

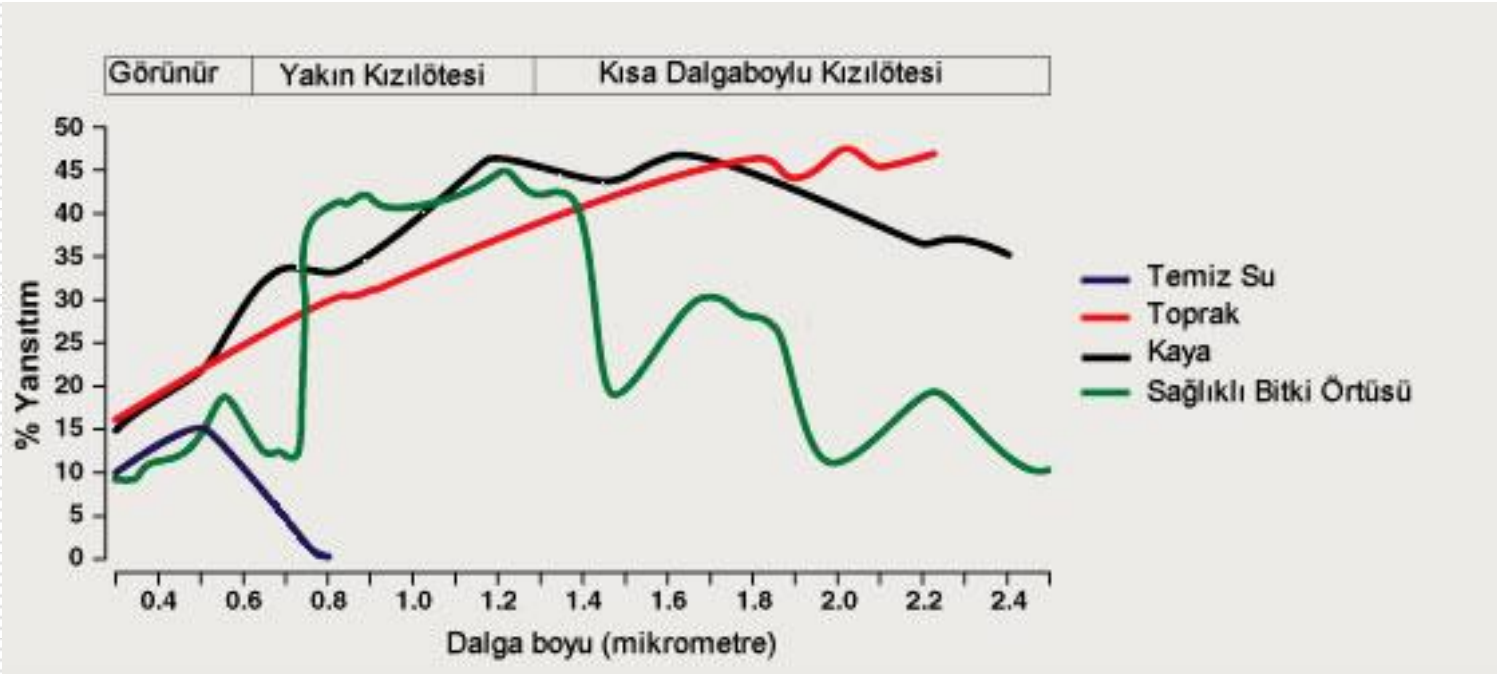
YANSIMA

- Her cisim üzerine gelen ışınımı farklı oranlarda yansıtır, yutar ya da geçirir. Yeryüzündeki cisimlerin tanımlanabilmelerinin en önemli nedeni, spektral özelliklerinin değişiklik göstermesidir.
- Algılayıcıların tasarımı da bu değişiklikleri fark edecek ve istenilen ayrımları yapabilecek şekilde yapılır.
- Her spektral bant (kanal) elektromanyetik spektrumun bir bölümünde duyarlıdır.

UAKTAN ALGILAMA

YANSIMA

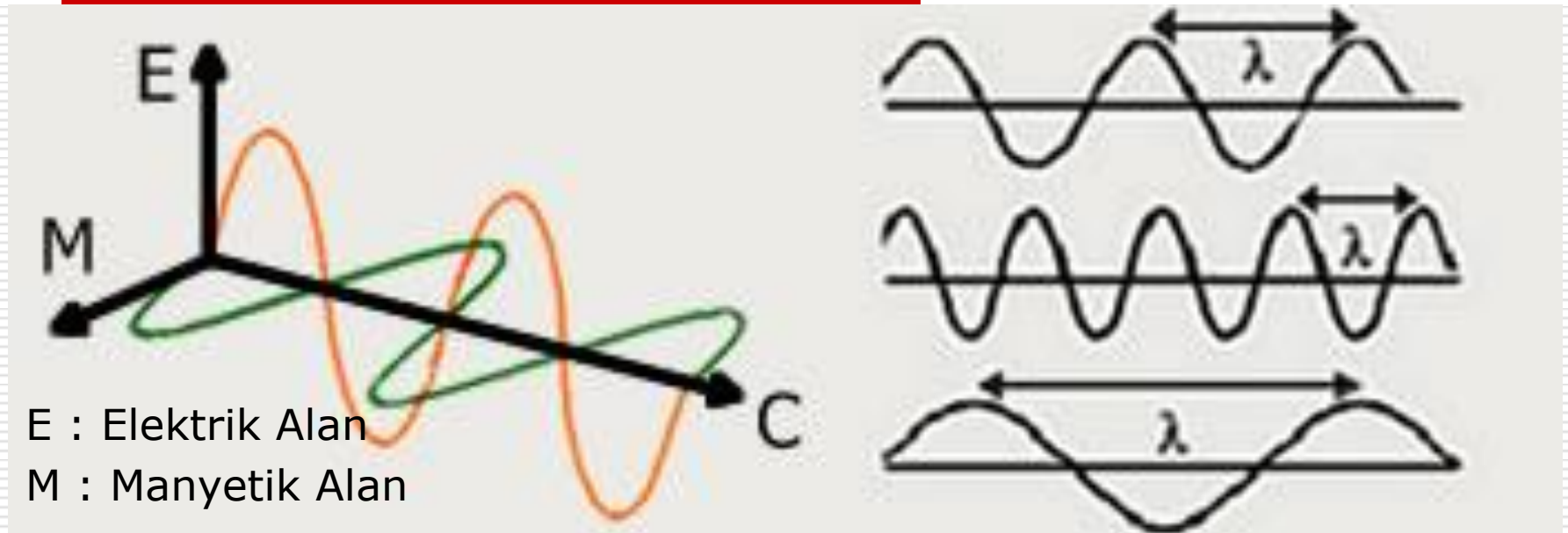
- Dogada her nesne farklı yansima özelliklerine sahiptir



UZAKTAN ALGILAMA

- Görüntü oluşumu elektromanyetik enerji kavramına dayanmaktadır.
- Elektromanyetik enerji; c ışık hızında sinüzoidal ve harmonik dalgalar şeklinde hareket eden bir enerji olarak tanımlanmaktadır

Elektromanyetik Enerji



E : Elektrik Alan
M : Manyetik Alan

- ❑ Elektromanyetik dalgalar, elektromanyetik alanın uzayda yayılması sonucu oluşur.
- ❑ Hem birbirlerine hem de yayılma doğrultusuna dik Elektrik ve Manyetik alanlardan oluşmaktadır.
- ❑ Dalga karakterini ifade eden parametreler : boyu (λ), frekans (f) ve genlik (A) parametreleridir.

Enerji – Nesne İlişkisi

- ❑ Elektromanyetik enerji, uzaktan algılama sisteminin bileşenleri arasındaki bağlantıyı oluşturur. Enerji, iş yapabilme kabiliyeti olup bir noktadan diğer bir noktaya konveksiyon, kondüksiyon ve ışımayla taşınır.
- ❑ Uzaktan algılamada, enerjinin ışımayla taşınması (elektromanyetik ışıma - EMR) önemlidir.
- ❑ Elektromanyetik dalgalar, elektromanyetik alanın uzayda yayılması sonucu oluşur.

Enerji – Nesne İlişkisi

- ❑ Elektromanyetik enerjinin parçacık karakteri Planck tarafından açıklanmıştır.
- ❑ Parçacık anlamında enerji sürekli dalgalarla aynı doğrultuda ve hızda yayılan küçük parçacıklar (kuantum) olarak düşünülür.
- ❑ Her bir ışıma parçacığının sahip olduğu enerji **foton** olarak adlandırılır. Elektromanyetik dalganın hızı ışık hızı (c) olup, frekansıya dalga boyunun çarpımına eşittir:

$$c = f * \lambda$$

- ❑ Tek bir foton için dalga formunun taşıdığı enerji ise;

$$E = h * f$$

Enerji – Nesne İlişkisi

$$E = h * f, \quad f = \frac{c}{\lambda} \text{ olduğundan,}$$

$$E = h * \frac{c}{\lambda}$$

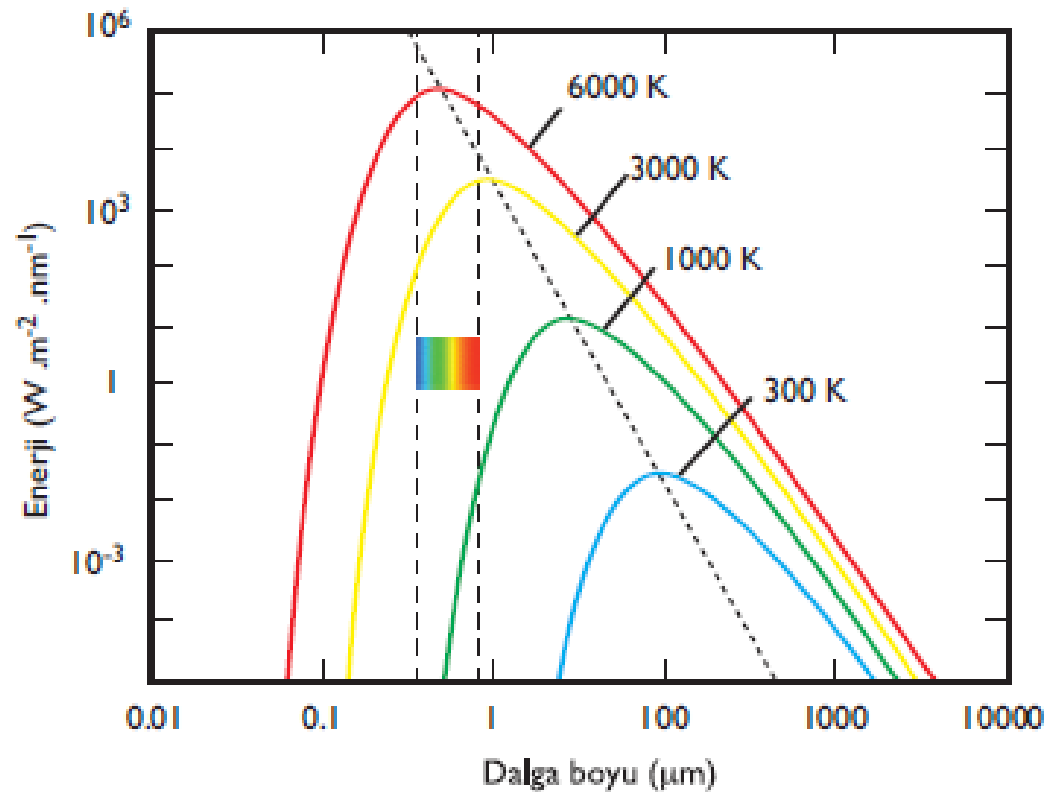
E = Foton/Kuantum enerjisi (joule)

h = Planck sabiti ($6,626 \times 10^{-34}$ joule/s)

c = Işık hızı (3×10^8 m/s)

λ = Işın dalga boyu (m)

Enerji-Dalga boyu ilişkisi



Enerji ile dalga boyu arasındaki ilişki.

Enerji – Nesne İlişkisi (Bakınız Slayt 37)

Yukardaki formülden;

- ☐ Güneş enerjisi alan bütün nesneler aynı zamanda ısınırlar
- ☐ Dalga boyu arttıkça (büyüdükçe) E kuantum enerjisi azalır.
- ☐ Kuantum enerjisi azalınca nesnelerin ışını yansıtma yetenekleri azalır.

Toplam enerji miktarı azalmayacağına (ya da kaybolmayacağına) göre;

- ☐ $E_{\text{Gelen}}(\lambda) = E_{\text{Saçılan/yansıyan}}(\lambda) + E_{\text{Yutulan}}(\lambda) + E_{\text{yayılan}}(\lambda)$
- ☐ Nesneler bulundukları ortamdan sıcak iseler enerji yayarlar.
- ☐ Yutma (soğurma) ve yayma belli bir sürede dengeye girer
- ☐ Enerjiyi yutma ve yayma özelliği ideal olan nesneler SİYAH CİSİMLERDİR.
- ☐ Siyah cisim kötü bir yansıtıcıdır.

Elektromanyetik Enerji-Atmosfer Etkileşimi:

SAÇILMA

- ❑ Doğal ışın kaynağından çıkan ışınların bir kısmı daha yeryüzüne ulaşmadan atmosferde dağılmaktadır (saçılmakta) veya gelen ışığın bir kısmı zayıflayarak yeryüzüne ulaşabilmektedir.
- ❑ Atmosferde; sis bulutlarından oluşan sis ve bulutlar, buz parçacıkları, gaz molekülleri gibi aerosol maddeler bulunmaktadır. Bu maddeler ışığın yeryüzüne gelmeden atmosferde saçılmasına neden olurlar.
- ❑ Atmosferdeki bu maddelerin boyutları görünen ışığın dalga boyundan büyük ya da küçük oluşuna göre değişik saçılmalar olur
- ❑ Elektromanyetik Enerjinin atmosfer ile etkisi 3 türlü olur
 - Rayleigh saçılımı
 - Mie saçılımı
 - Seçmesiz saçılım

Elektromanyetik Enerji-Atmosfer Etkileşimi:

SAÇILMA

- ❑ **Rayleigh Saçılımı:** Atmosferin üst tabakalarında oluşan bu saçılma türü parçacıkların (örn. nitrojen ve oksijen molekülleri, ufak tanecikler, vb.), ışınının dalga boyuna göre çok küçük olması durumunda gerçekleşir.
- ❑ Enerjinin kısa dalga boylarındaki saçılımı, uzun dalga boylarına göre daha fazla olduğundan gökyüzünün mavi renkte görülmesinin sebebi de budur. Diğer bir deyişle mavi renk görünür bölgenin en kısa dalga boyu olduğundan saçılma bu bölgede görünür bölgenin diğer kısımlarına göre daha fazladır.
- ❑ Gün doğumu ve gün batımında ise Güneş ışınları atmosferden geçerken, gün ortasına göre daha fazla yol aldığından görünür bölgede uzun dalga boylarındaki saçılım daha fazla olmakta ve bu durum gökyüzünün kırmızı renkte görülmesineneden olmaktadır.

Elektromanyetik Enerji-Atmosfer Etkileşimi:

SAÇILMA

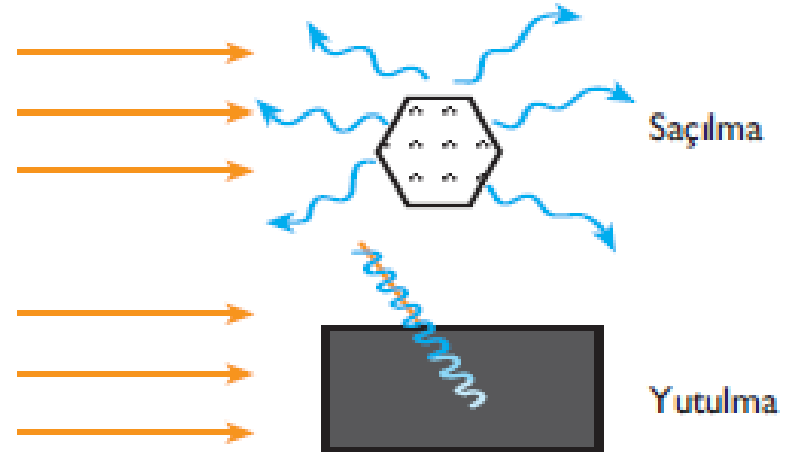
- ❑ **Mie Saçılımı:** Bu saçılma türü ışığın dalga boyu ile aynı büyüklükteki parçacıkların (örn. toz, duman ve su buharı, vb.) etkileşmesinden meydana gelmektedir.
- ❑ Havanın kapalı olduğu zamanlarda ya da atmosferdeki parçacıkların biraz daha büyük olması durumunda Mie saçılımı gözlenmektedir.
- ❑ **Seçmesiz Saçılma:** Atmosferin daha alt tabakalarında oluşan bu saçılma türü parçacıkların (örn. büyük toz parçacıkları, su damlacıkları, vb.) ışının dalga boyundan çok daha büyük olması durumunda gerçekleşir. Seçmesiz saçılma olarak adlandırılmasının nedeni bütün dalga boylarında gelen ışığın eşit olarak saçılmasıdır. Bu saçılımın gerçekleşmesi durumunda sis ve bulutlar beyaz (mavi + yeşil + kırmızı renklerin eşit saçılımı) renkte gözükecektir.

Elektromanyetik Enerji-Atmosfer Etkileşimi:

YUTULMA

- **Yutulma** ise, saçılmanın tersine atmosfer içindeki moleküllerin farklı dalgaboylarındaki enerjiyi yutma olayıdır. Yutulmaya neden olan temel bileşenler ozon, karbondioksit ve su buharıdır. Bu bileşenler spektrumun birçok bölgesinde aktif olmalarına karşın asıl etkili oldukları bölgeler aşağıda verilmiştir:
 - **Ozon:** Daha çok canlılar için zararlı olan ultraviyole ışınlarının yutulmasına neden olur.
 - **Karbondioksit:** Spektrumun kızıl ötesi bölgesinde etkilidir. Sera gibi bir etkisi olduğundan “Greenhouse” gazı olarak da bilinir.
 - **Su buharı:** Spektrumun ısıl kızıl ötesi ve yakın mikrodalga ışınımalarını yutar.

*Elektromanyetik
ışınımın atmosfer
ile olan etkileşimi.*

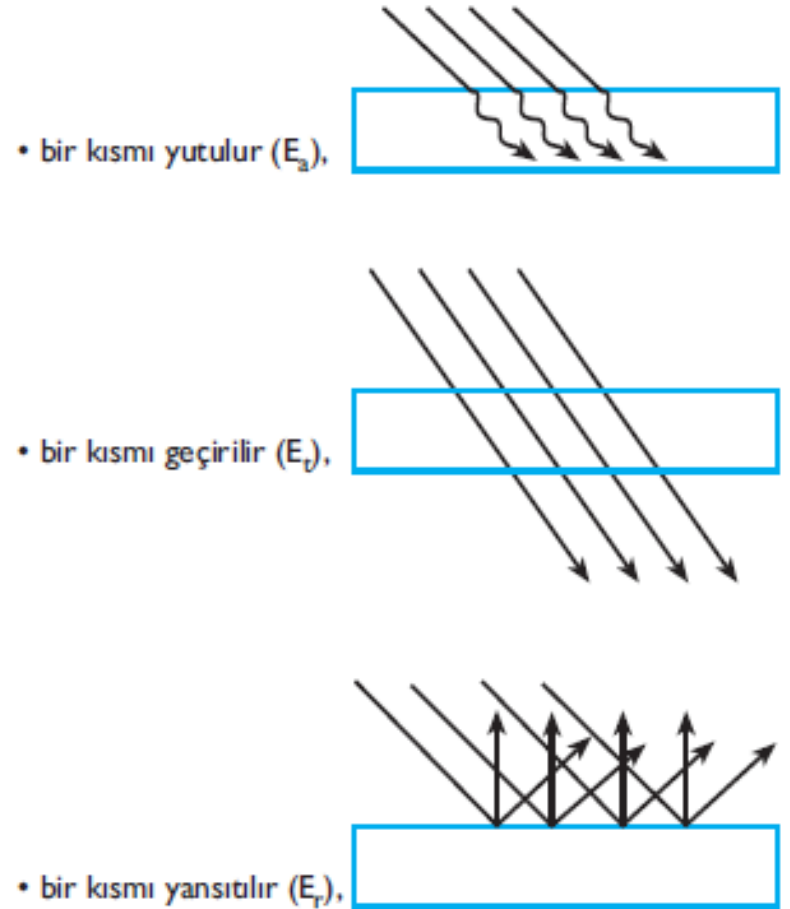


-
- Işınının atmosferden oldukça az bir zayıflama ile geçtiği bölgelere **atmosferik pencere** denir.
 - Uzaktan algılama için uygun moleküler yutulma bantlarıyla belirlenen atmosferik pencereler tabloda verilmektedir.
 - Atmosferin geçirimsizliği, bakış açısı ve buna bağlı olarak atmosferde enerjinin kat ettiği yol uzunluğu ile değişmektedir.

Atmosferik pencere	Spektral bölge (µm)
1	0.3-1.3
2	1.5-1.8
3	2.0-2.6
4	3.0-3.6
5	4.2-5.0
6	7.0-15.0

Elektromanyetik Enerji-Yeryüzü Cisimleri Etkileşimi:

- Atmosferde yutulmadan ve/veya saçılmadan yeryüzüne ulaşan toplam elektromanyetik ışınım yeryüzüne ulaştığında cisimlerle üç farklı şekilde etkileşimde bulunur:
 - yutulur
 - geçirilir
 - yansıtılır
- Materyaldeki elektron veya moleküler reaksiyonlar yoluyla yüzey cisimleri tarafından yutulan Güneş ışınımının bir kısmı cisim tarafından uzun dalga boylarında tekrar yayılır.



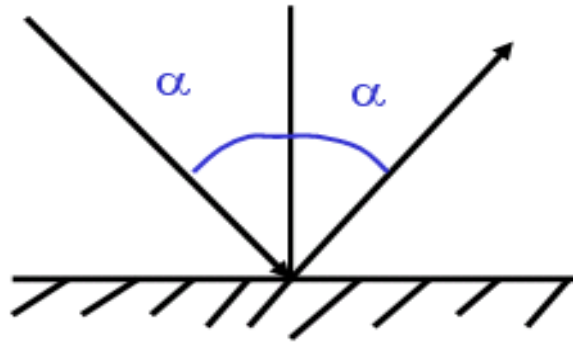
Elektromanyetik Enerji-Yeryüzü Cisimleri Etkileşimi: YANSIMA

- Yeryüzündeki nesnelerin fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı olarak gelen ışın yansıtılır ve yansıyan ışın platformdaki algılayıcılar tarafından yakalanır. Nesnelerin **fiziksel özelliği** olarak yüzeyi düz olan nesnelerdeki yansımada pürüzlü yüzeylerdeki yansımadan daha yüksektir (Tam yansımada, dağınık/dağıtık yansımada) .
- Yeryüzündeki nesnelerin **kimyasal özelliği** olarak patates ve domatesin farklı yansımada değerleri vardır.
- Söz konusu nesnelerden algılayıcıya geri dönen değişik dalga boylarındaki enerji miktarı (yansımada değeri), kuramsal olarak insan parmak izinde olduğu gibi benzersiz bir "**Spektral iz**"e sahiptir. Ölçüm işlemleri bu dalga boyunun bir bir fonksiyonu olarak gerçekleştirilir ve (**R_λ spektral yansımada eğrisi**) olarak adlandırılır ve R_λ yüzde cinsinden açıklanır:

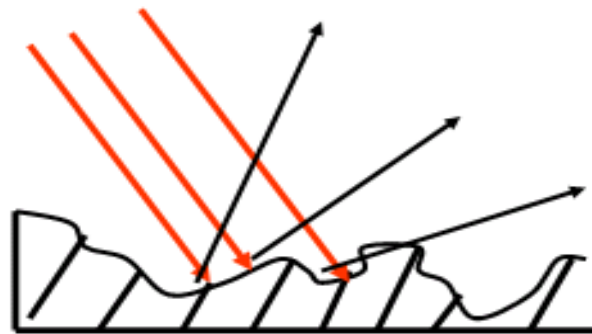
$$\square \quad R_\lambda = \frac{E_Y (\lambda)}{E_G (\lambda)} = \frac{\text{Nesneden yansıyan } \lambda \text{ dalga boyundaki enerji}}{\text{Nesneye gelen } \lambda \text{ dalga boyundaki enerji}} \times 100$$

YANSIMA

Tam yansima

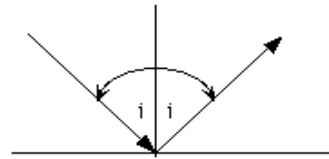


Dağıtık yansima



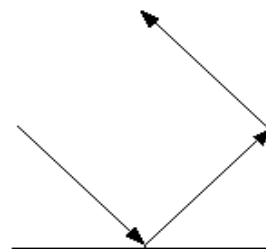
YANSIMA

Scattering Mechanisms

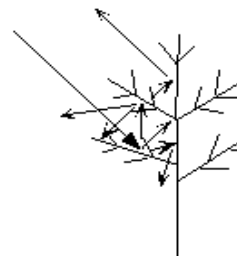


Reflection off a smooth surface

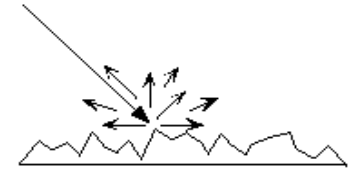
The angle of incidence, i , equals the angle of reflection.



Double Bounce (Corner Reflector)

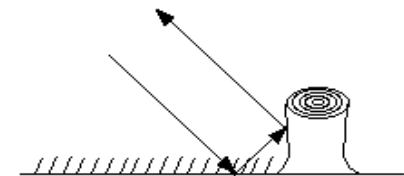


Volumetric Scattering Example scattering in a tree



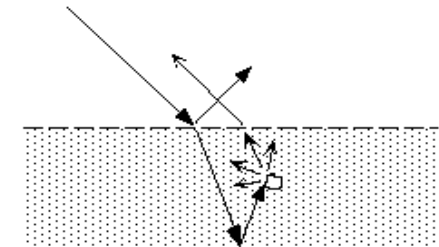
Scattering off a rough surface

The variation in surface height is on the order of the incoming signal's wavelength.



Double Bounce

One possible natural occurrence - reflecting off two smooth surfaces, grass and a freshly-cut tree's stump

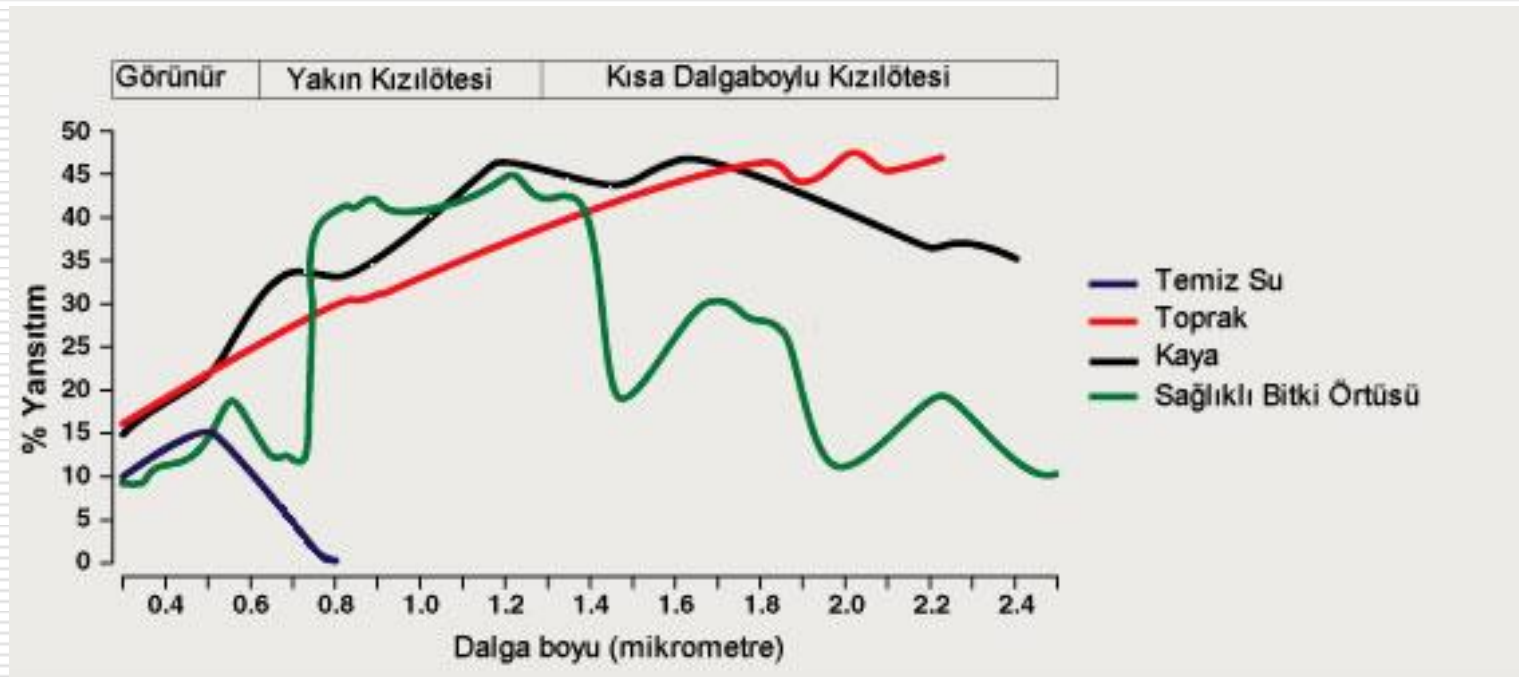


Volumetric Scattering

In this example the incident radiation is both reflected and refracted/transmitted through a layer of dry snow. The refracted radiation then reflects off underlying ice, scatters off a chunk of ice in the snow, and finally refracts back toward the receiver.

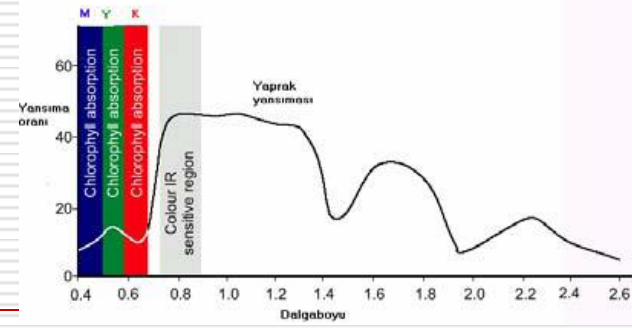
YANSIMA

- Doğada her nesne farklı yansırma özelliklerine sahiptir



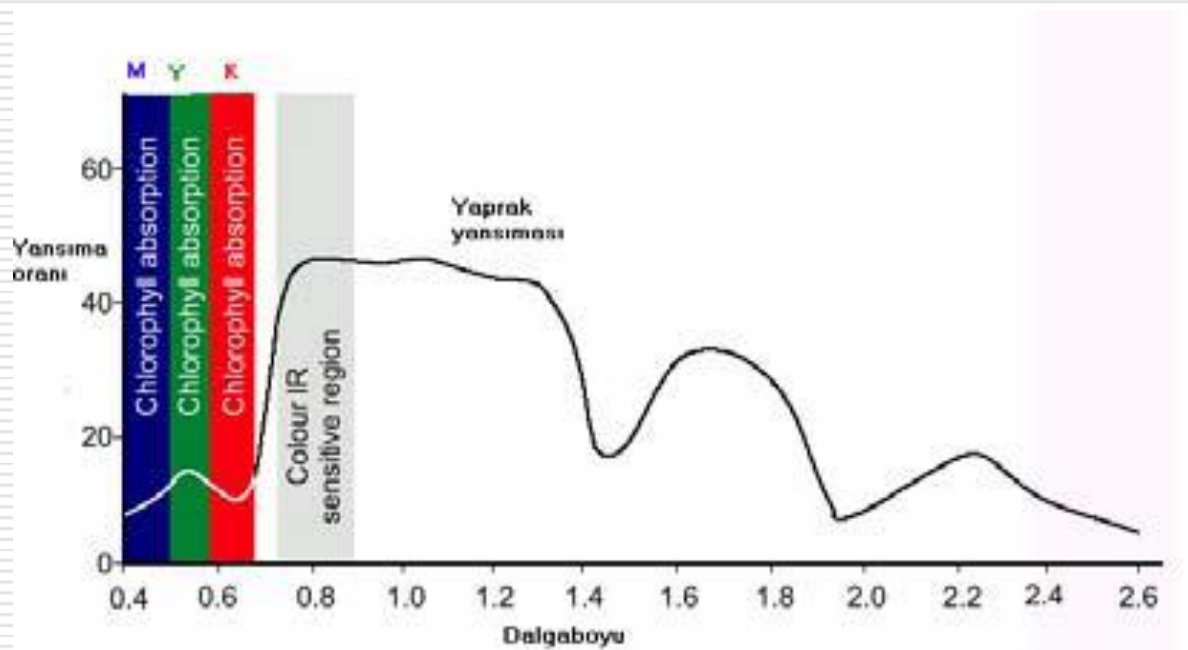
YANSIMA

Bitki Örtüsü



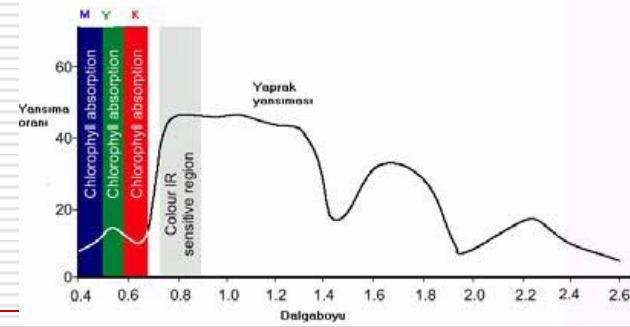
- ❑ Kanopinin spektral yansıtımı dalga bayuna bağlı olarak değişiklik gösterir
- ❑ Bitkilerin içerdği pigmentler (klorofil a-b, beta karoten, ksantofil vb.)fotosentez için gelen enerjiyi yutarlar
- ❑ Yutulma yeşil bölgede az olur, sağlıklı yapraklar yeşil renkte görünür
- ❑ Yakın kızıl ötesi bölgede yaprağın fizyolojik yapısı yansıtımı etkileyen faktördür. Yaprak pigmentlerinin ve fizyolojik yapının ortak etkisi bütün sağlıklı yapraklara karakteristik yansıtım özelliği verir
- ❑ Su miktarı arttıkça yansıtım azalmakta ve yutulma artmaktadır

Sağlıklı bitki örtüsünün idealleştirilmiş spektral yansıtma eğrisi



UAKTAN ALGILAMA

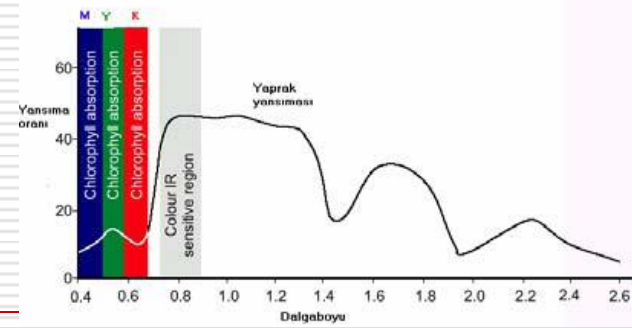
YANSIMA



- ❑ Eğri, spektrumun görünür bölgesindeki kırmızı ve mavi bölgelerinde nispeten düşük değerleri göstermektedir.
- ❑ Bu özellikler mavi ve kırmızı ışığın klorofil ve diğer pigmentler tarafından yutulmasından kaynaklanmaktadır. Tipik olarak, kırmızı ve mavi ışığın % 70- 90'ı fotosentez için enerji sağlamak amacıyla yutulmaktadır.
- ❑ Yeşil bölgede az bir yansıtma zirvesi bulunmaktadır. Bunun nedeni büyüyen bitki örtüsünün yeşil görünmesidir.
- ❑ Yansıtma 0.75 μm bölgesinde belirgin olarak artmaktadır ve yansıtma 0.75 – 1.35 μm arasındaki yakın kızılötesi bölgede yüksek kalır.
- ❑ Bu yüksek yansıtma katsayısı, iç yaprak yapısından dolayıdır. 1.35 – 2.5 μm arasında iç yaprak yapısı, bazı etkilere sahiptir.
- ❑ Fakat yansıtma büyük oranda, yaprak dokusunun su muhtevası tarafından kontrol edilir. Su muhtevası, 1.45 μm ve 1.9 μm yakınında minimum kayba sebep olmaktadır.

YANSIMA

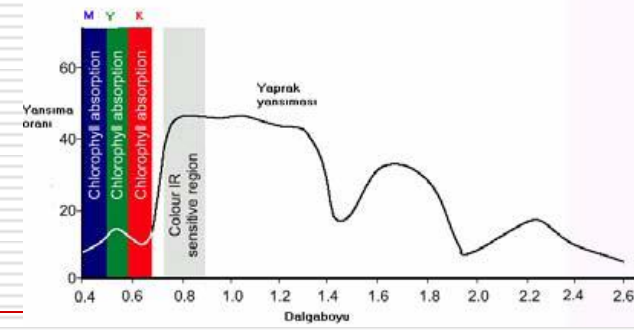
Toprak



- ❑ Yansıtım artan dalga boyuna bağlı olarak artış gösterir
- ❑ Toprağın yansıtma özelliği
 - Su içeriğine
 - Minarellerin cins ve miktarına
 - Doku ve yüzey pürüzlülüğüne
 - Organik madde içeriğine
- ❑ Su içeriği arttıkça yansıtma özelliği azalmaktadır
- ❑ Yakın kızıl ötesinde toprak yansıtımı içerdiği su miktarı ile ters orantılıdır
 - Su ve hidrojen yutulma bantlarından dolayı yansıtma hızla düşer
- ❑ Topraktaki organik madde koyu renkli olup yansıtımı azaltır

YANSIMA

Su



- Bitki örtüsüne topraktan farklı olarak suya gelen ışınımın büyük çoğunluğu yutulur ve iletilir
 - Görünür bölgede enerjinin $\sim 5\%$ 'i yansıtılır, büyük bir kısmı geçirilir
 - Yakın kızılötesi ve orta kızıl ötesinde güçlü yutulmaya sahiptir
- Su kütesinin yansıtımını etkileyen faktörler su derinliği, içerisindeki materyaller, suyun yüzey pürüzlülüğü
- Sığ su kütlelerinde yansıtım su taban yapısının yansıtım özelliklerinden de etkilenir
- Organik olmayan maddeler saçılmayı ve yansıtmayı artırıcı özelliğe sahiptir

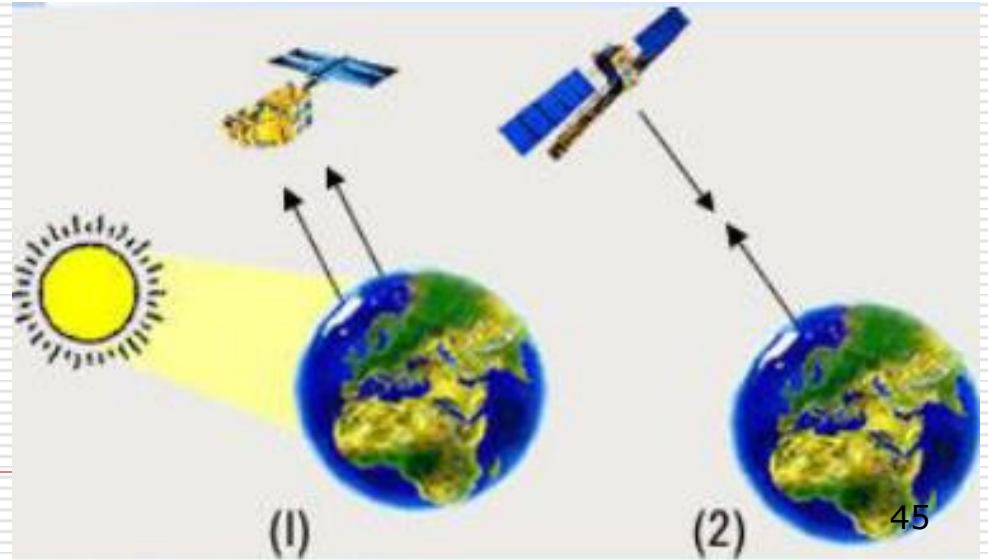
UAKTAN ALGILAMA

VERİNİN ELDE EDİLMESİ

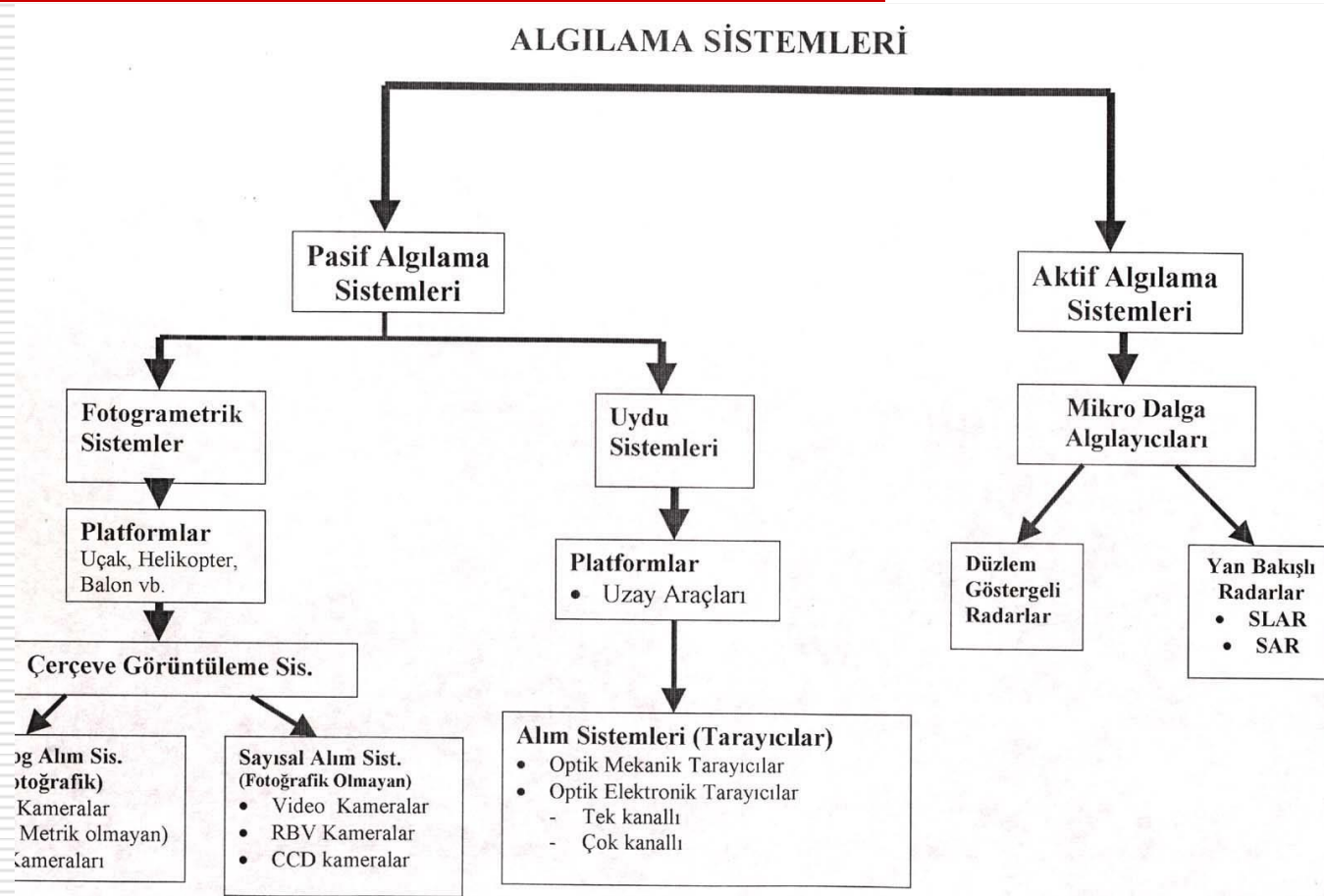
□ AKTİF VE PASİF UZAKTAN ALGILAMA

Görüntüleme sistemleri pasif veya aktif sistemler olabilir.

- (1) **Pasif Sistemler:** Pasif sistemler yeryüzünün doğal yayılım enerjisi veya güneş enerjisinin yansıtımını algılayan optik, ısı ve mikrodalga algılayıcılardır.
- (2) **Aktif Sistemler:** Aktif Sistemler kendi enerji kaynaklarını kullanırlar. Hedefe ürettikleri elektromanyetik dalga sinyallerini yollar ve hedeften saçılan enerjiyi algırlar.



ALGILAMA SİSTEMLERİ



PASİF SİSTEMLER

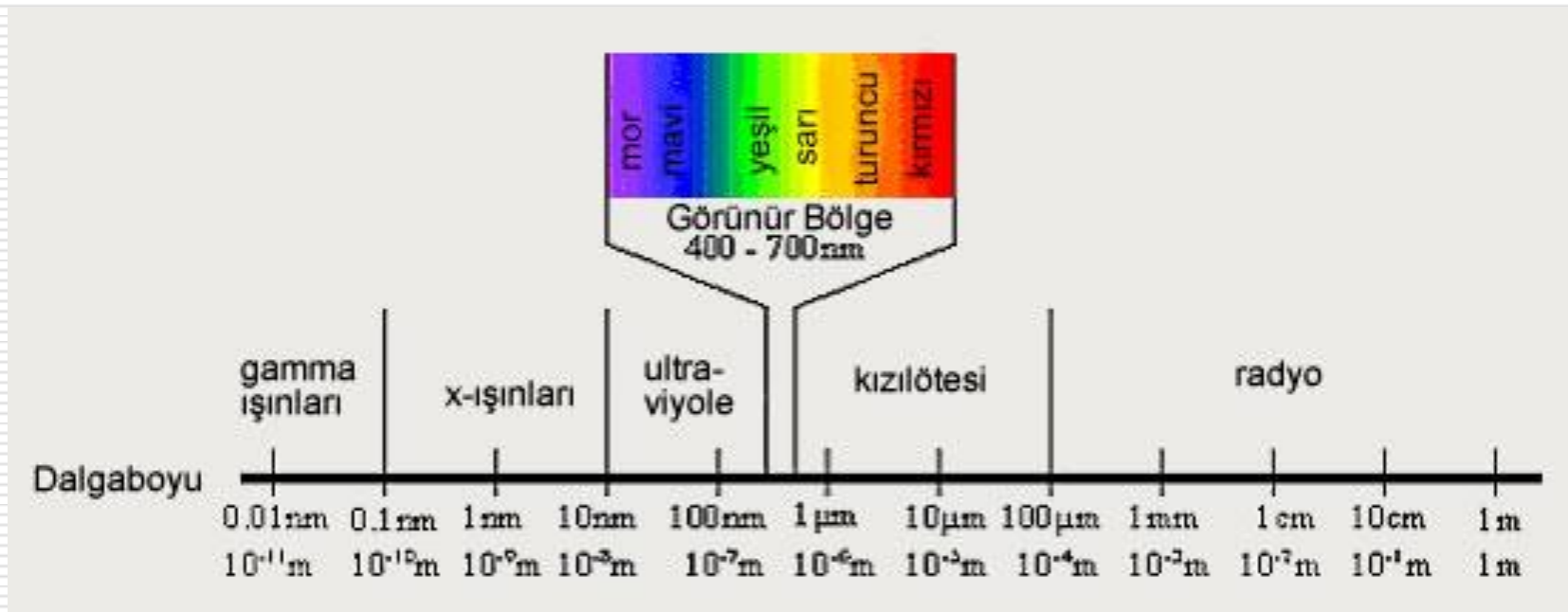
- ❑ Enerji kaynağı: Güneş
- ❑ Işık atmosferden geçerek yeryüzündeki bir obje veya yüzeye ulaştıktan sonra, o yüzey veya objenin cinsine göre ışığın belli bir dalga boyundaki spektrumu yansıtılır.
- ❑ Koordinatları ve yeryüzü özelliği belli bir alandan yansıtılan enerjinin ölçülmesiyle o yüzey özelliği veya objeye ait spektral aralığını belirlemiş oluruz. Bu bilgi bize, benzer nitelikteki yeryüzü veya objelerin yerlerini, alanlarını ve niteliklerini elde etmemizi sağlar.
- ❑ Farklı spektrumlar orman, su yüzeyi, karla kaplı alan, çıplak arazi gibi farklı yeryüzü şekillerini temsil ettiğinden, uydu görüntülerinin işlenmesiyle onlar arasında ayırım yapabiliriz.

AKTİF SİSTEMLER

□ RADARLAR

- Yapay ışın yardımıyla (mikrodalga alanında yapay ışık oluşturarak nesnelere gönderen ve bunlardan yansıyanları yakalayan sistemler) nesneler hakkında bilgi edinilmesini sağlarlar.
- RADAR (Radio Detecting and Ranging/ Işınları Yakalama ve Uzaklık Ölçme)
- Radar sistemleri antenleri aracılığıyla mikro dalga üretir (yapay ışın kaynağı) ve yeryüzüne gönderir. Yeryüzünden yansıyıp geri dönen ışınları aynı anten tekrar yakalar. Böylece mikro dalga ışının gidiş-dönüş zamanını ve gücünü ölçer.

ELEKTROMANYETİK SPEKTRUM



ELEKTROMANYETİK SPEKTRUM

	Işın Çeşidi	Dalga Boyu λ	Frekans ν	Kullanım Alanları	Yayıldığı Ortam
$Khz = 10^3 Hz$					
$Mhz=10^6 Hz$	Radyo Dalgaları				
$Ghz=10^9 Hz$	Uzun d.	1-10 Km	30-300 Khz	Radyo	Yeryüzü
	Orta d.	182-1 Km	300-165 Khz	Radyo	Yerel
	Kısa d	10-100 m	3-30 Mhz	Radyo	Tüm Yeryüzü
$Thz = 10^{12} Hz$	Ultra K.d.	1-10 m	30-300 Mhz	Radyo ve TV	Görüş alanı içinde
	Mikrodalga	1mm-1m	300Mhz-300Ghz	Aktif Uzakt.Algıl. (Radar Sistemi)	Atmosferden Geçer (Gece ve Gündüz)
	Kızıl Ötesi Işınlr Termal	8 μ m-1mm	3.10 ¹¹ - 3,7.10 ¹³ Hz	Pasif Uzakt. Algıl.	Atmosferden Geçer (Gece ve Gündüz)
	Orta Yakın	1 μ m-8 μ m 780nm-1 μ m	3,7.10 ¹³ Hz - 3.10 ¹⁴ Hz 3.10 ¹⁴ Hz - 3,8.10 ¹⁴ Hz	Pasif Uzakt. Algıl. Pasif Uzakt. Algıl.	
	Görünen ışık	380-780 nm	3,8.10 ¹⁴ Hz - 7,9.10 ¹⁴ Hz	Pasif Uzakt. Algıl.	Atmosferden geçer mor,mavi,yeşil,sarı oranj, kırmızı
	Mor Ötesi Işınlr	10-380 nm	7,9.10 ¹⁴ Hz - 3.10 ¹⁶ Hz		Atmosferden kısmen geçer
	Röntgen Işınları	0,4-10 nm	3.10 ¹⁶ Hz - 8.10 ¹⁷ Hz	Yakın Alan	Yakın alanlarda
	γ Işınları	10 ⁻⁴ – 0,4 nm	8.10 ¹⁷ Hz - 4,7.10 ²¹ Hz	Radyoaktif	Atmosferden geçişi sınırlı
	Kozmik Işınlr	10 ⁻¹³ – 10 ⁻¹⁶	4,7.10 ²¹ Hz - 3.10 ²⁴ Hz		Uzay

UAKTAN ALGILAMA

ALGILAYICI SİSTEMLERİ

Bir yüzeyden yayılan yada yansıtılan enerjiyi hassas bir şekilde toplamak ve kaydetmek için algılayıcının kararlı bir platformda taşınması gerekmektedir.

Uzaktan Algılamada yer, hava, uzay aracı veya uydu platformlarına monte edilen algılayıcılar kullanılır.



UYDU SİSTEMLERİ

☐ **YAPAY UYDULAR**

- ☐ Platform ve
- ☐ Tarayıcılardan oluşurlar

☐ **İnsanlı uydular** (Mercury, Gemini, Apollo, Uay mekiği (space shuttle), MIR uzay aracı

☐ **İnsansız Uydular**

Haberleşme uyduları

Konum belirleme (GPS) uyduları

Yeryüzünü inceleme uyduları (casus, meteoroloji, ölçme)

Gözlem Uydu Teknolojilerindeki Gelişmeler

- ❑ Mevcut Uydu Sistemleri
- ❑ 2013-2022 Tahminleri
- ❑ Yer Gözlem Uyduları

Teknolojik Gelişmeler

Analog Hava

SAR

Hiperspektr

Uydu Görün

GPS

Fotogramet

LIDAR

Yük.Çöz. U

Sayısal Hava



Dr.Müh.Yb.Mustafa ERDOĞAN MSB Harita Genel Komutanlığı TUFUAB 2015



Mevcut Uydu Sistemleri

	A	B	C	
1	Name of Satellite, Alternate Names	Country of Operator/Owner	Operator/Owner	Users
2	AAUSat-3	Denmark	Aalborg University	Civil
3	ABS-1 (LMI-1, Lockheed Martin-Intersputnik-1)	International	Asia Broadcast Satellite	Commercial
4	ABS-1A (Koreasat 2, Mugunghwa 2, ABS-1A)	International	Asia Broadcast Satellite	Commercial
5	ABS-7 (Koreasat 3, Mugunghwa 3)	International	Asia Broadcast Satellite	Commercial
6	AcrimSat (Active Cavity Radiometer Irradiance Monitor)	USA	NASA Goddard Space Flight Center, Jet Propulsion Laboratory	Government
7	Advanced Orion 2 (NROL 6, USA 139)	USA	National Reconnaissance Office (NRO)	Military
8	Advanced Orion 3 (NROL 19, USA 171)	USA	National Reconnaissance Office (NRO)	Military
9	Advanced Orion 4 (NRO L-26, USA 202)	USA	National Reconnaissance Office (NRO)	Military
10	Advanced Orion 5 (NRO L-32, USA 223)	USA	National Reconnaissance Office (NRO)	Military
11	Advanced Orion 6 (NRO L-15, USA 237)	USA	National Reconnaissance Office (NRO)	Military
12	AEHF-1 (Advanced Extremely High Frequency satellite-1, USA 214)	USA	US Air Force	Military
13	AEHF-2 (Advanced Extremely High Frequency satellite-2, USA 235)	USA	US Air Force	Military
14	Aeneas	USA	Department of Homeland Security	Government
15	Aerocube 4	USA	Aerospace Corporation	Commercial
16	Aerocube 4.5A	USA	Aerospace Corporation	Commercial
17	Aerocube 4.5B	USA	Aerospace Corporation	Commercial
18	Africasat-1 (Measat 1, Malaysia East Asia Sat 1)	Malaysia	MEASAT Satellite Systems Sdn. Bhd.	Commercial
19	Afristar	USA	1Worldspace	Commercial
20	Agila 2/ABS-5 (Agila 2, Mabuhay 1)	International	Asia Broadcast Satellite	Commercial
21	AGILE (Astro-rivelatore Gamma a Immagini Leggero)	Italy	Italian Space Agency	Government
22	AIM (Aeronomy of Ice in Mesosphere)	USA	Center for Atmospheric Sciences, Hampton University/NASA	Government
23	AISat-1 (Automatic Identification System Satellite-1)	Norway	Kongsberg Satellite Services (KSAT)	Government
24	AIST-2	Russia	Samara State Aerospace University, SGAU	Civil
25	Akebono (EXOS-D)	Japan	Institute of Space and Aeronautical Science, University of Tokyo	Civil

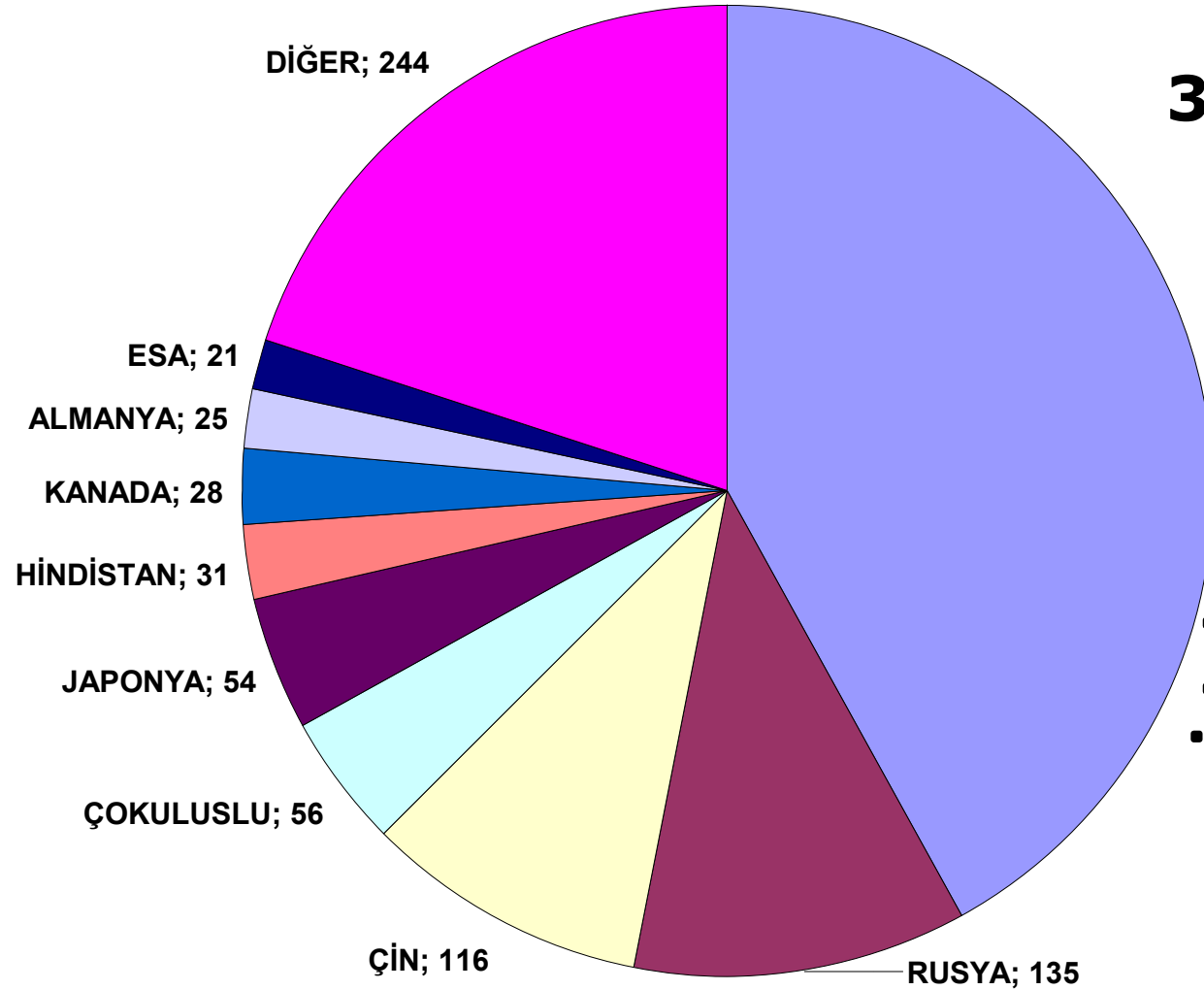
31 Ağustos 2013 : 1084 Uydu

31 Temmuz 2014 : 1235 Uydu

31 Ocak 2015 : 1265 Uydu

Kaynak: UCS (Union of Concerned Scientists) Satellite Database

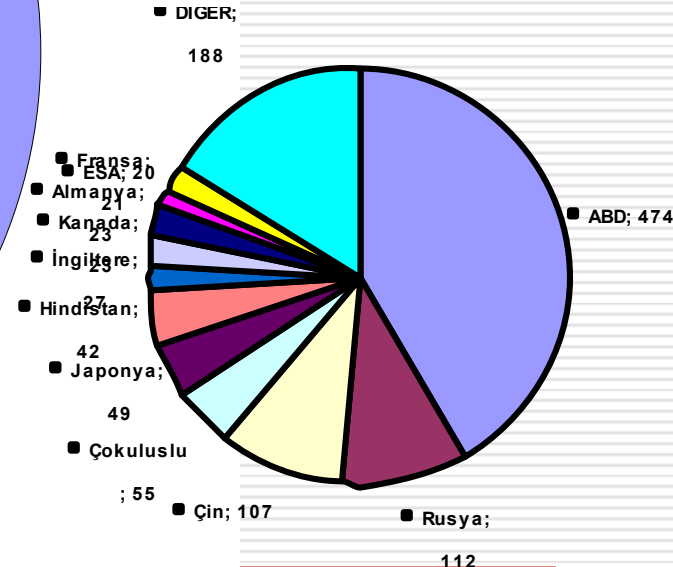
Mevcut Uydu Sistemleri - Ülkelere Göre Uydu Sayısı



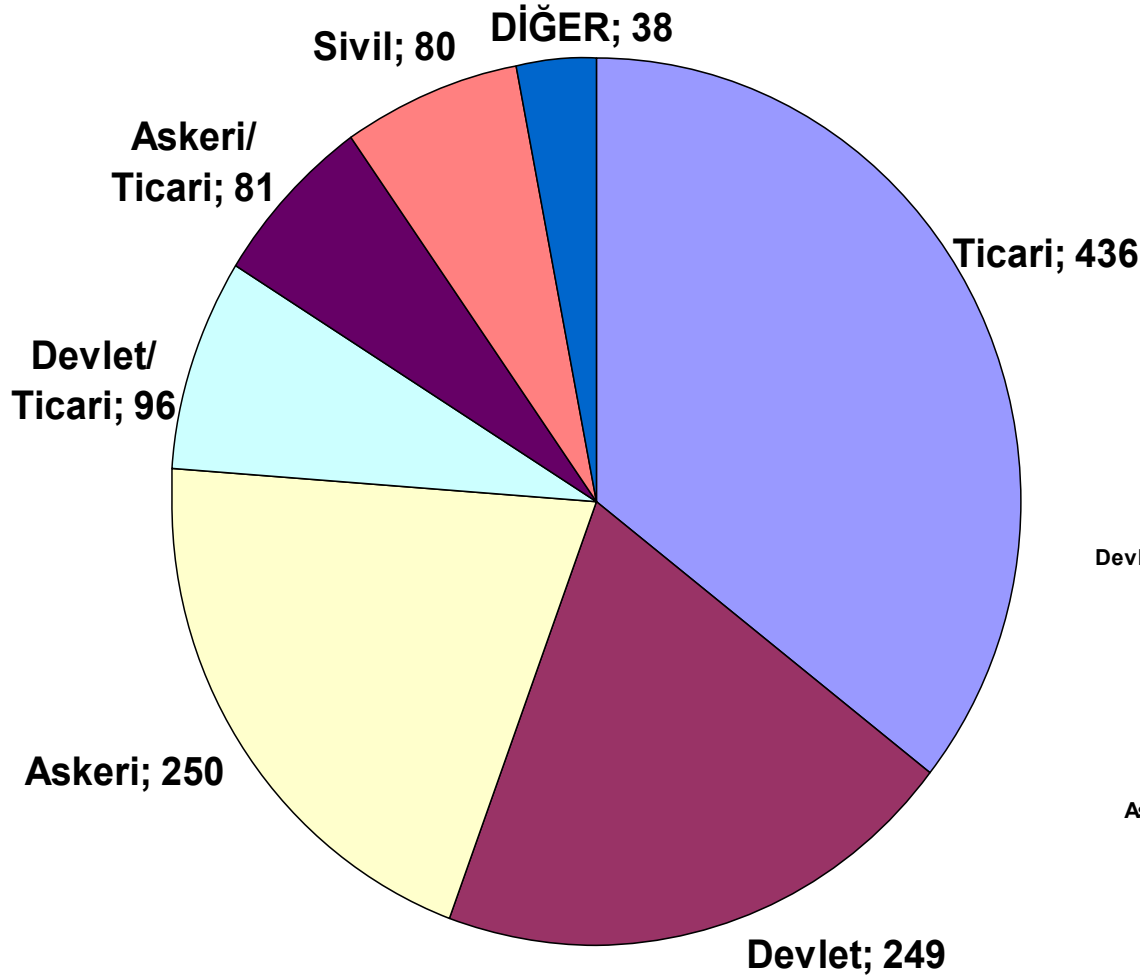
31 Temmuz 2014

31 Ağustos 2013

ABD; 512

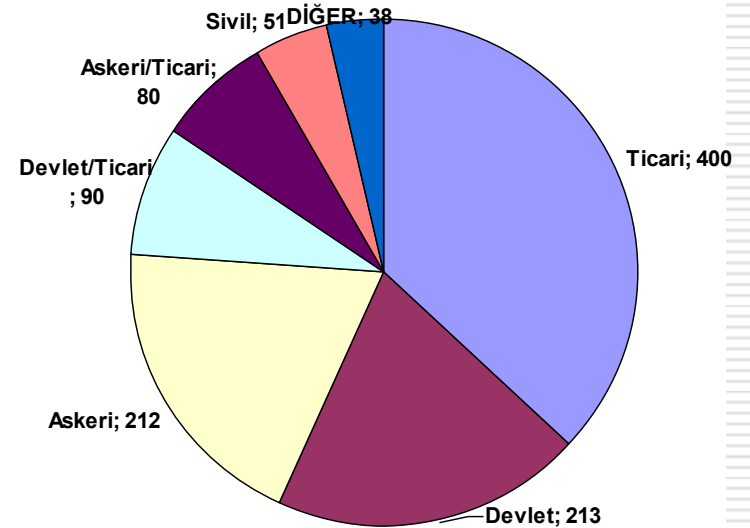


Mevcut Uydu Sistemleri - Kullanıcılarına Göre Uydu Sayısı

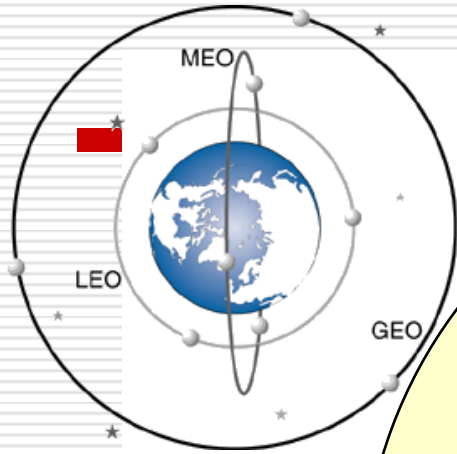


31 Temmuz 2014

31 Ağustos 2013



Mevcut Uydu Sistemleri - Yörüngelerine Göre Uydu Sayısı



MEO; 85 Eliptik; 37

	Mesafe (km)	Periyot
LEO	600 - 2000	~2 saat
MEO	10000 - 20000	~6 saat
GEO	36000	24 saat

LEO; 655

GEO; 458

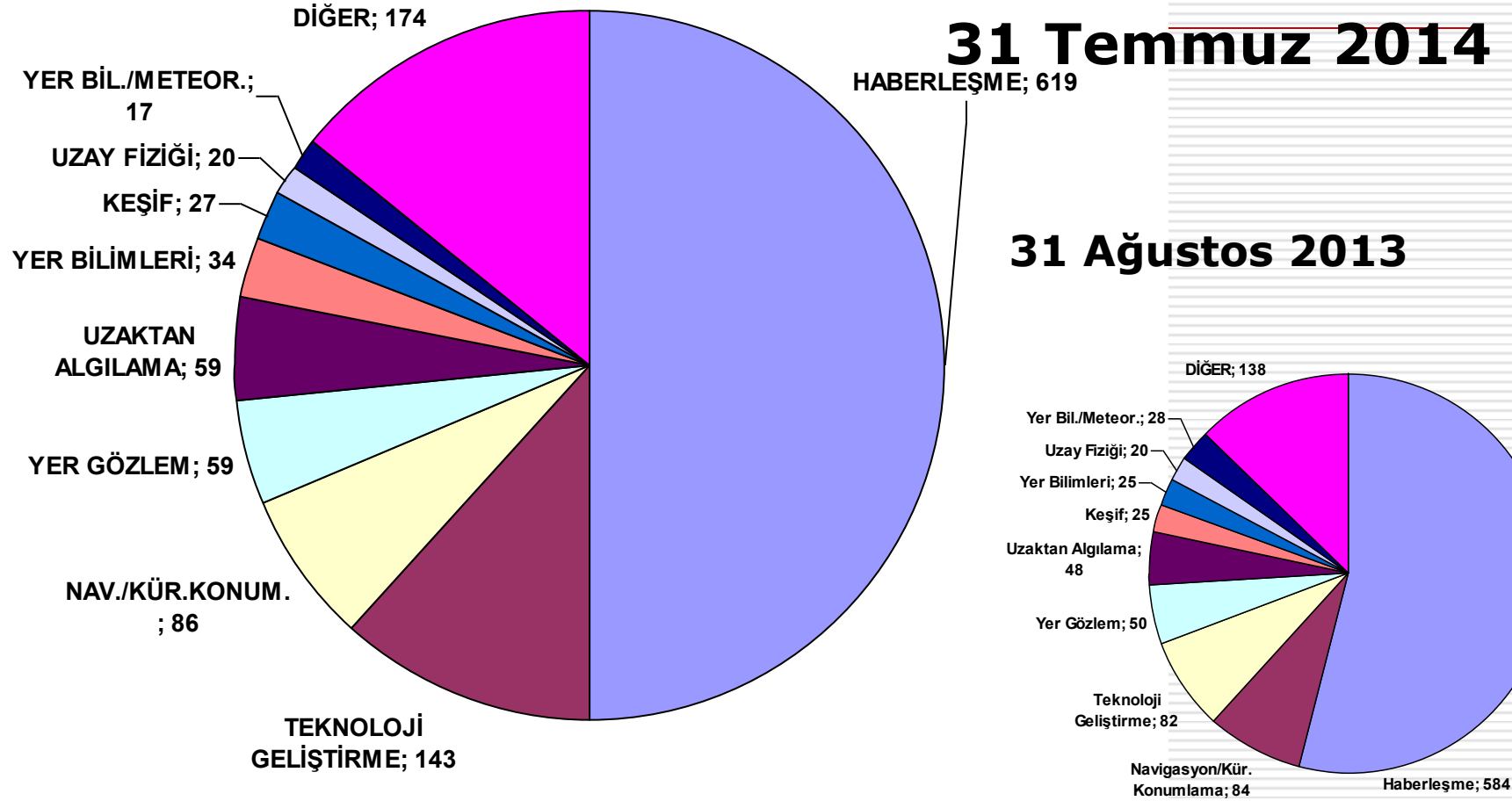
MEO; 79 Eliptik; 38

GEO; 437

LEO; 530

[Low Earth orbit](#) (LEO)
[Medium Earth orbit](#) (MEO)
[Geostationary orbit](#) (GEO)

Mevcut Uydu Sistemleri - Amaçlarına Göre Uydu Sayısı

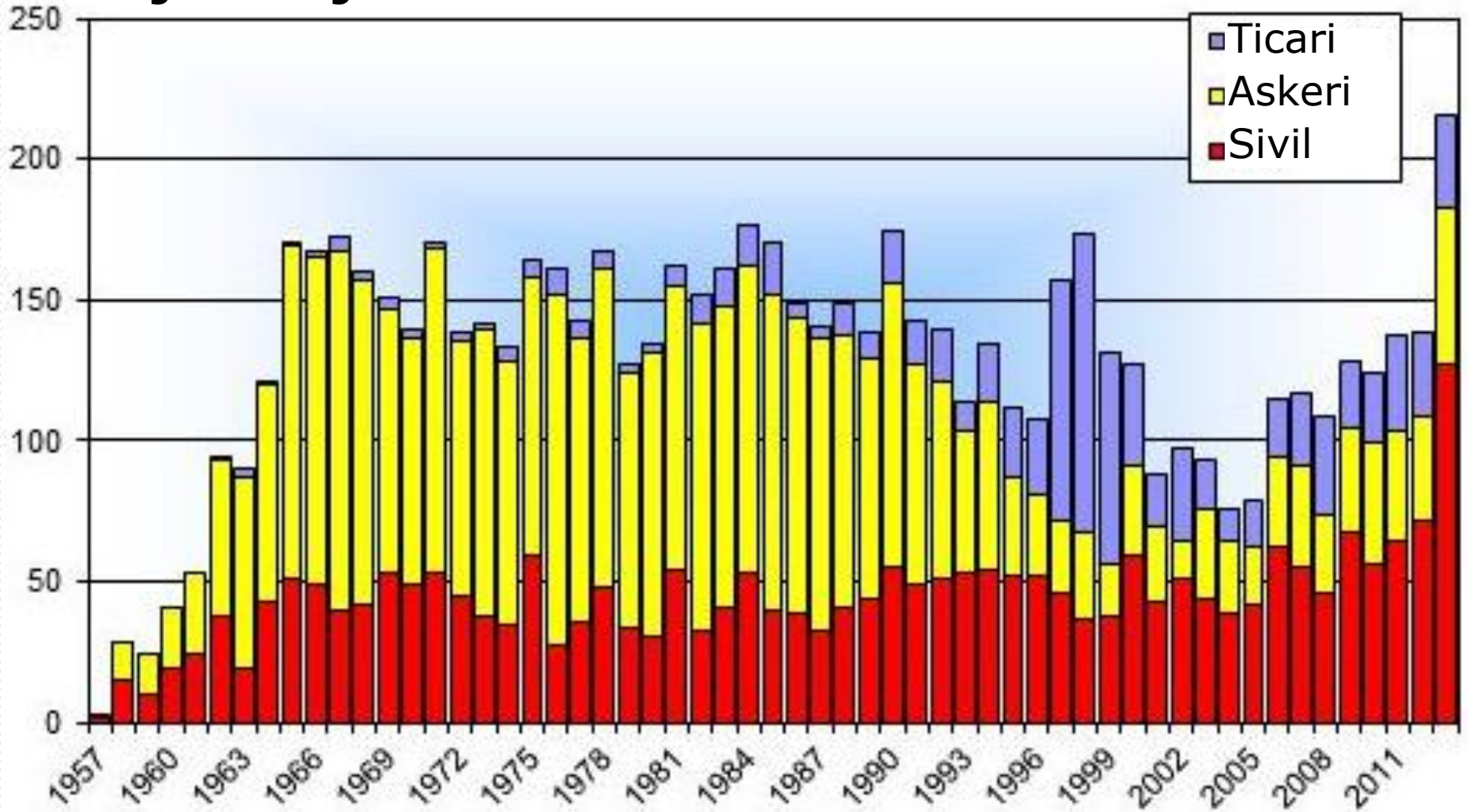


2013-2022 Tahminleri

- 2013-2022: 115 uydu/yıl
 - 2015-2017 : 140 uydu/yıl
 - 2018- : 100 uydu/yıl
- 1150 uydu ~ 236 milyar \$ (2003-2012: 810 uydu ~ 297 milyar \$, %26↑).
 - Küçük uydular: Daha kısa geliştirme zamanı ve daha düşük fırlatma maliyeti.
- Devletler: 1150 uydunun 2/3'ü ve 236 milyar doların 3/4'ü.
 - Kurulu uzay sanayi olan 15 ülke : 90%.
 - Uzay sanayi gelişen 30 ülke : >1 milyar \$/yıl.

*Kaynak: 2013 BROCHURE, **SATELLITES TO BE BUILT & LAUNCHED BY 2022 WORLD MARKET SURVEY**, www.euroconsult-ec.com*

2013-2022 Tahminleri - 2013 Gerçekleşen

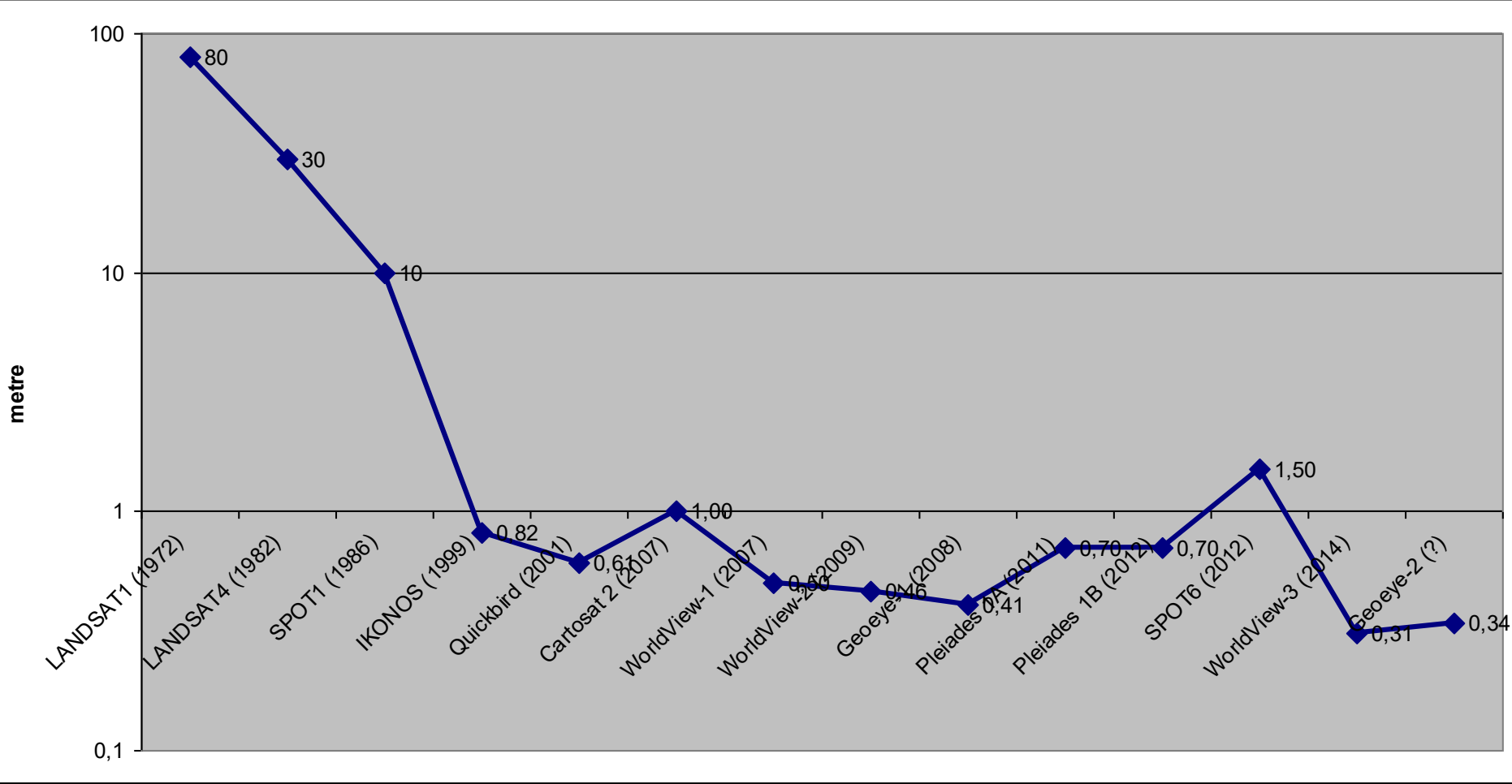


Kaynak: David Todd, Analysis and Data: 2013 was a record year for number of satellites launched but only because of the tiddlers, 6 Ocak 2014 <http://www.flightglobal.com/blogs/hyperbola/2014/01/analysis-data-2013-record-year-satellites-launched-tiddlers/#sthash.wjPt2eIV.dpuf>

Yer Gözlem Uyduları - Tarihi Gelişim

	Gör.Kapas. (km2/gün)	Çözünürlük (m)	Kaplama (km)	Doğruluk (m)	Radyometrik (bit)
LANDSAT1 (1972)		80	185	500	6
LANDSAT4 (1982)		30	185	500	8
SPOT1 (1986)		10	60	500	8
IKONOS (1999)	150000	0,82	11,30	9,00	11,00
Quickbird (2001)	135000	0,61	16,50	23,00	11,00
Cartosat 2 (2007)	528000	1,00	9,60	100,00	10,00
WorldView-1 (2007)	750000	0,50	17,60	4,50	11,00
WorldView-2 (2009)	975000	0,46	16,40	4,50	11,00
Geoeye-1 (2008)	700000	0,41	15,20	2,50	11,00
Pleiades 1A (2011)	1000000	0,70		3,00	11,00
Pleiades 1B (2012)	1000000	0,70		3,00	11,00
SPOT6 (2012)	6000000	1,50	60,00	10,00	11,00
WorldView-3 (2014)	680000	0,31	13,10	3,50	11,00
Geoeye-2 (?)		0,34		3,00	11,00
SPOT7 (2014)	6000000	1,50	60,00	10,00	11,00

Yer Gözlem Uyduları - Yersel Çözünürlük



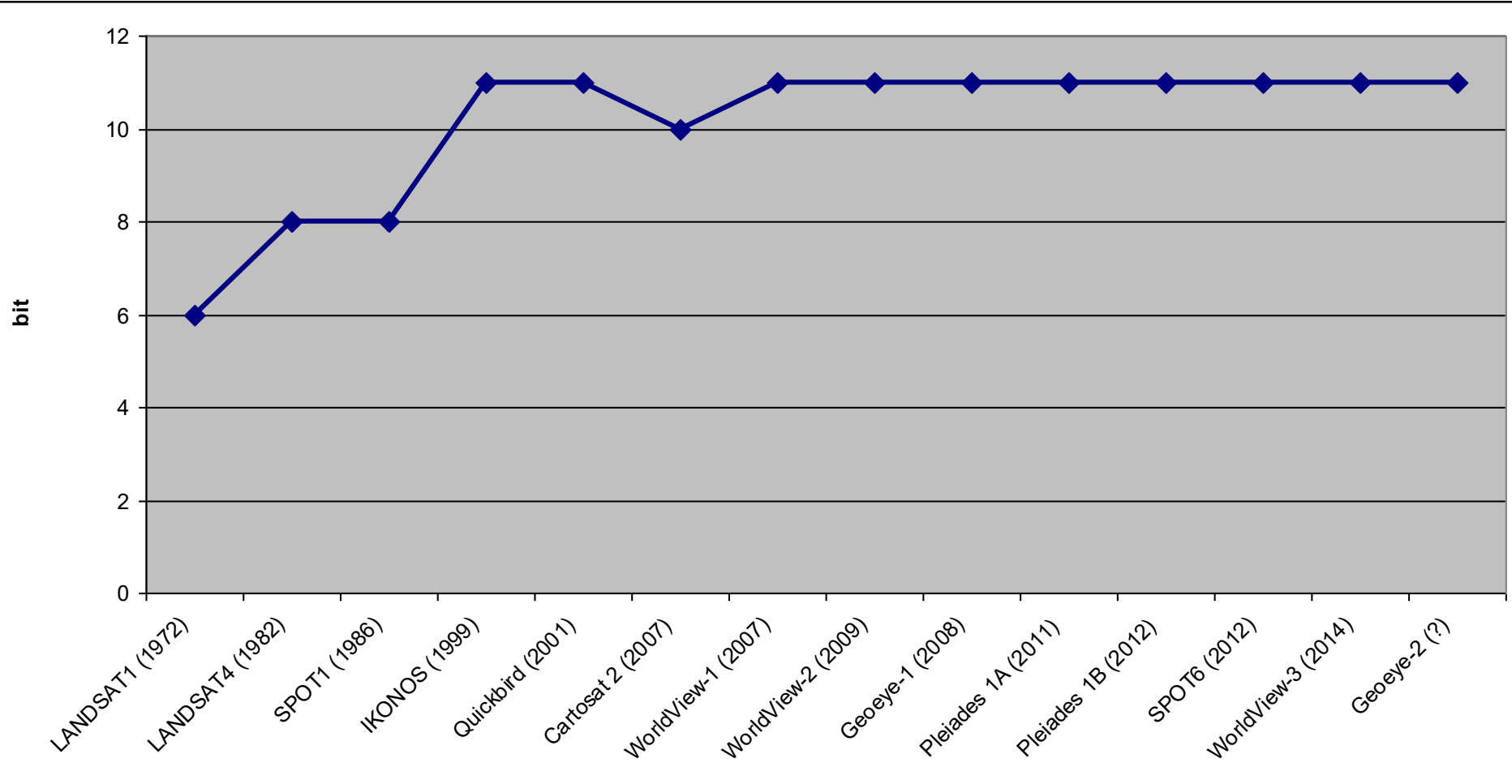
Yer Gözlem Uyduları - Spektral Çözünürlük



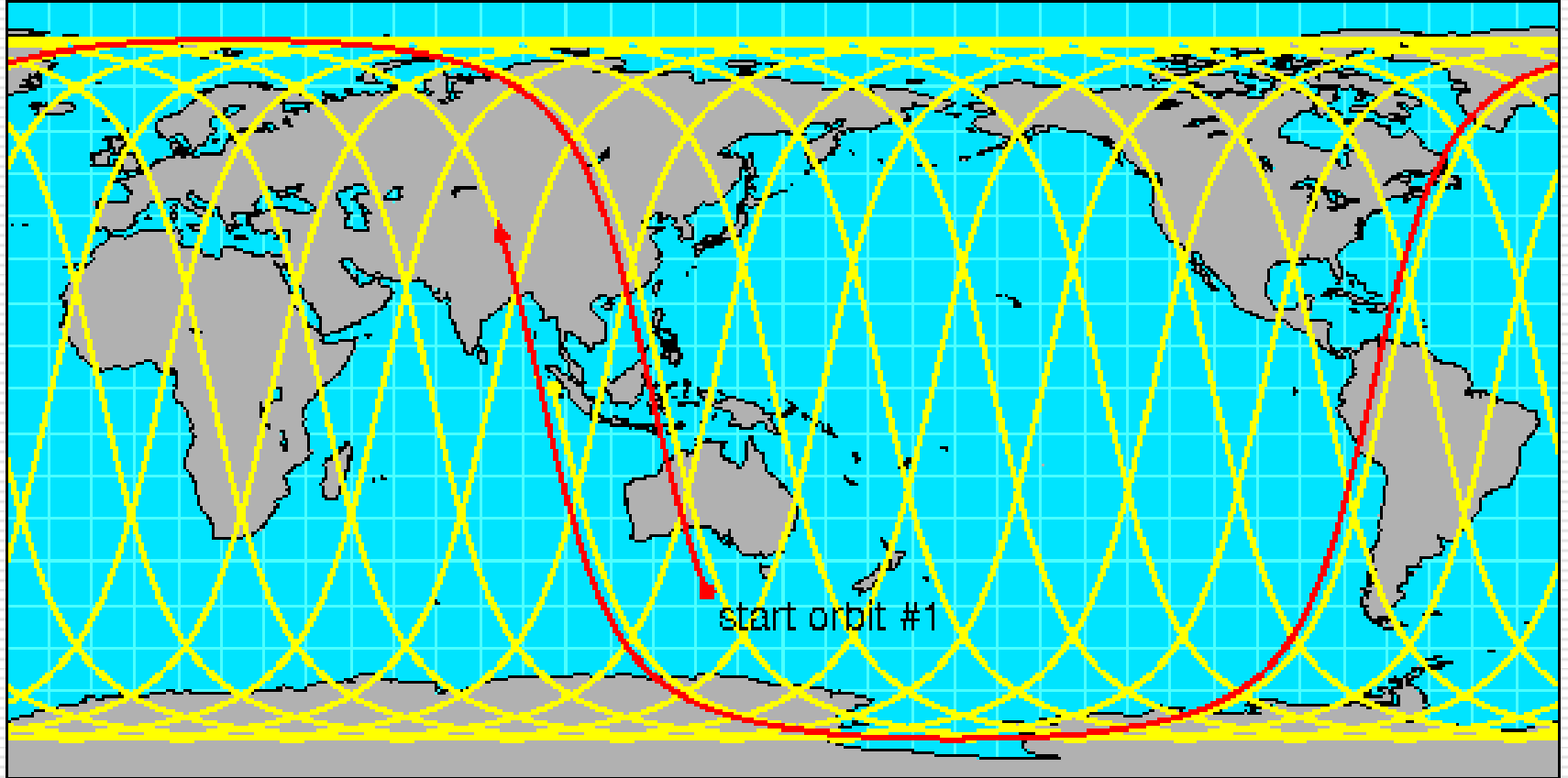
Yer Gözlem Uyduları - Spektral Çözünürlük

Pankromatik (0.31 m.): 450 - 800 nm	
8 Multispektral Bant (1.24 m.):	
Coastal: 400 - 450 nm	Red: 630 - 690 nm
Blue: 450 - 510 nm	Red Edge: 705 - 745 nm
Green: 510 - 580 nm	Near-IR1: 770 - 895 nm
Yellow: 585 - 625 nm	Near-IR2: 860 - 1040 nm
8 SWIR Bant (3.70 m.):	
SWIR-1: 1195 - 1225 nm	SWIR-5: 2145 - 2185 nm
SWIR-2: 1550 - 1590 nm	SWIR-6: 2185 - 2225 nm
SWIR-3: 1640 - 1680 nm	SWIR-7: 2235 - 2285 nm
SWIR-4: 1710 - 1750 nm	SWIR-8: 2295 - 2365 nm
12 CAVIS Bant (30 m.):	
Desert Clouds: 405 - 420 nm	Water-3: 930 - 965 nm
Aerosol-1: 459 - 509 nm	NDVI-SWIR: 1220 - 1252 nm
Green: 525 - 585 nm	Cirrus: 1365 - 1405 nm
Aerosol-2: 635 - 685 nm	Snow: 1620 - 1680 nm
Water-1: 845 - 885 nm	Aerosol-1: 2105 - 2245 nm
Water-2: 897 - 927 nm	Aerosol-2: 2105 - 2245 nm

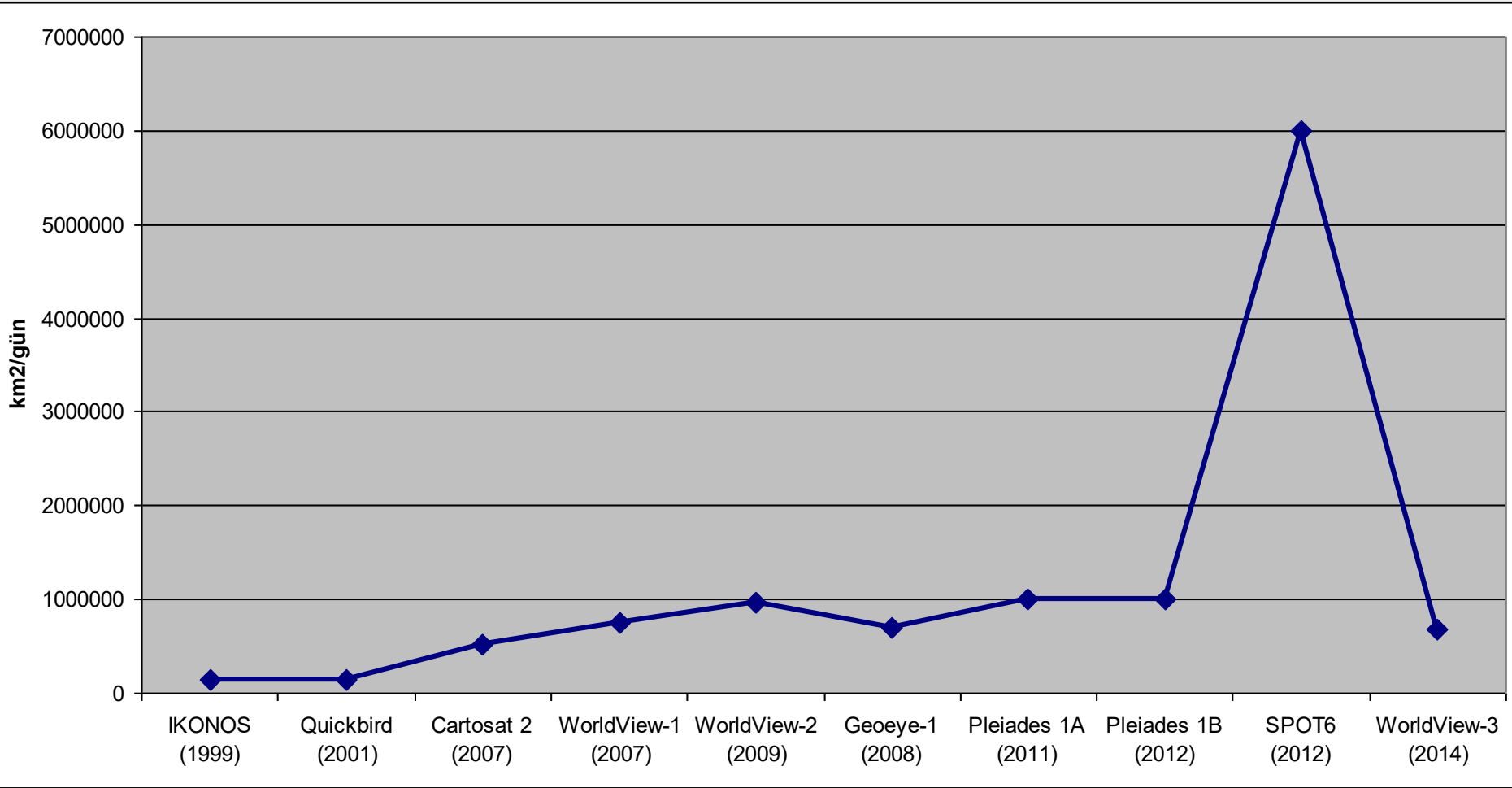
Yer Gözlem Uyduları - Radyometrik Çözünürlük



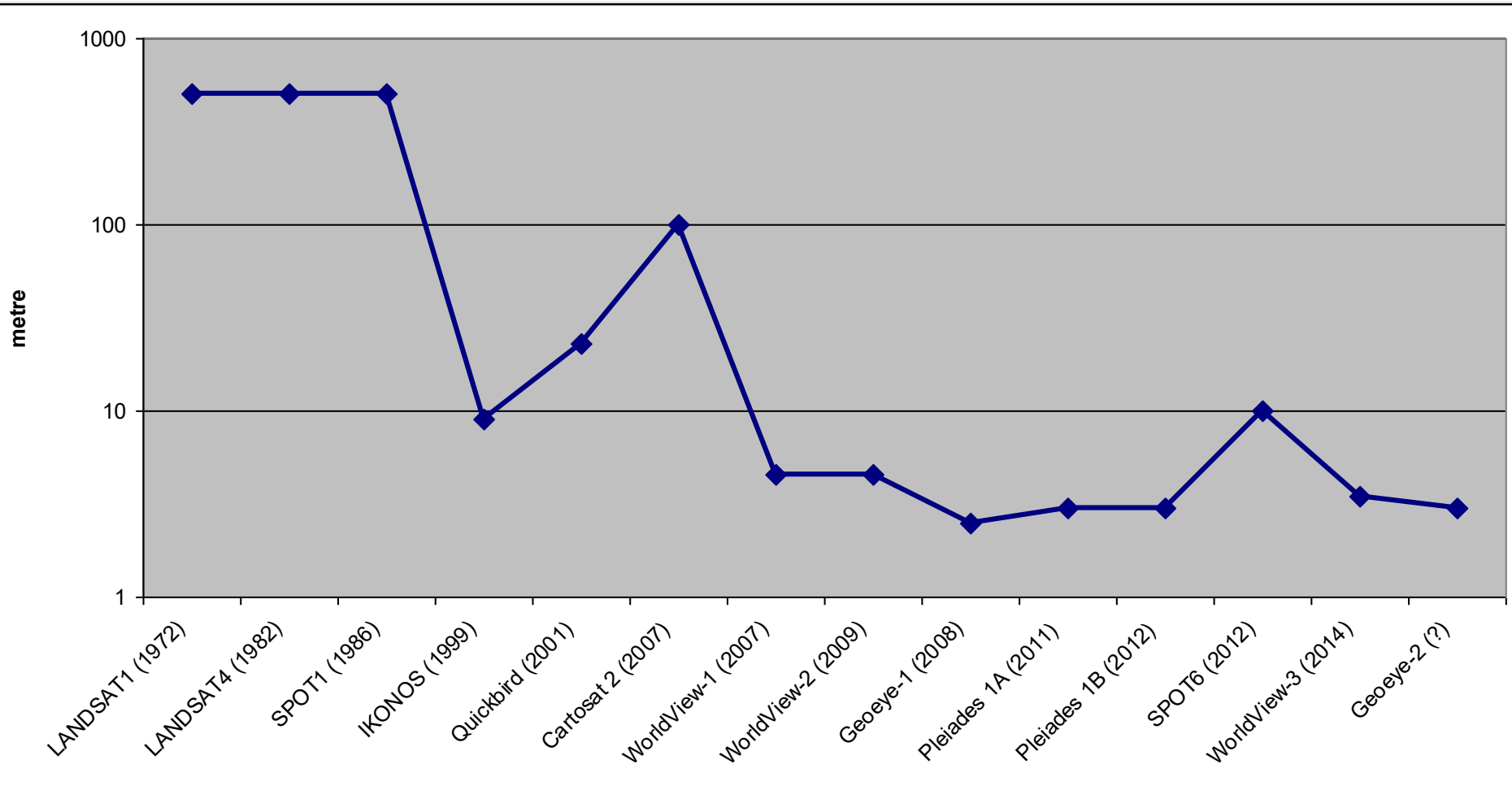
Yer Gözlem Uyduları - Zamansal Çözünürlük



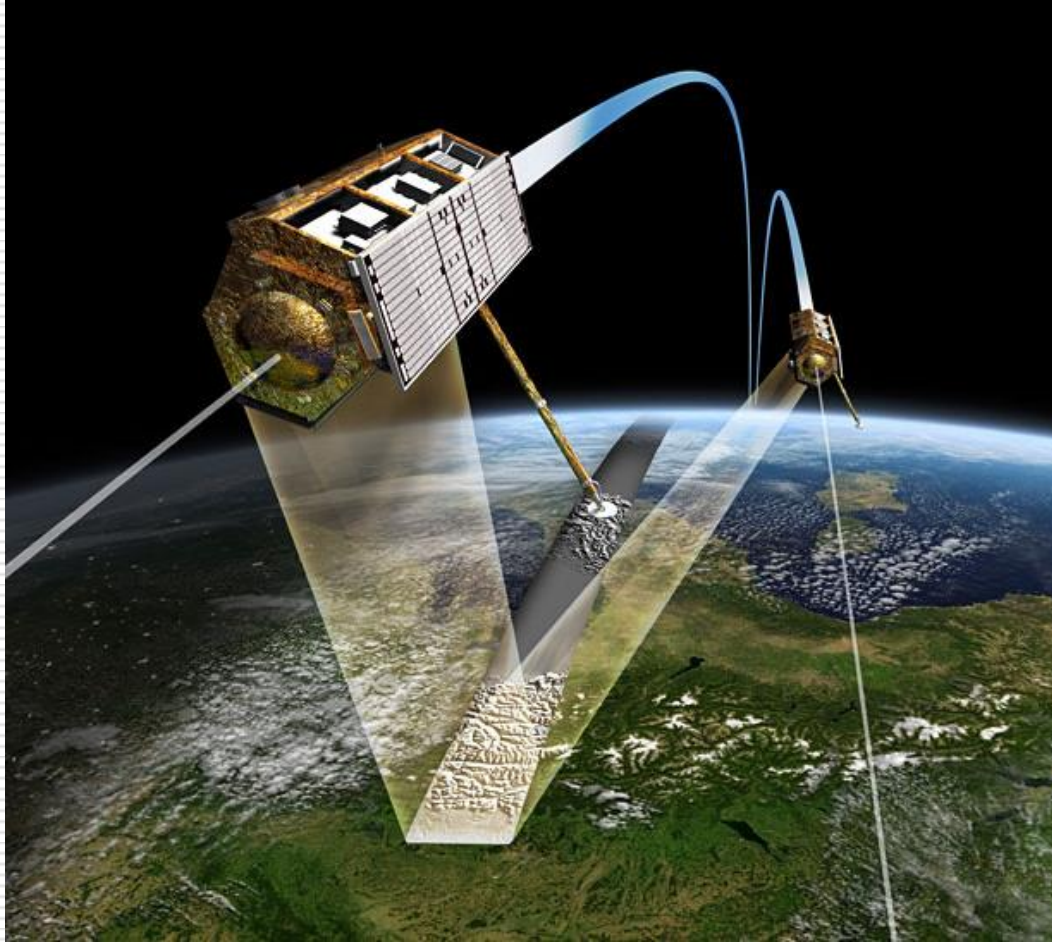
Yer Gözlem Uyduları - Günlük Görüntüleme Kapas.



Yer Gözlem Uyduları - Doğruluk

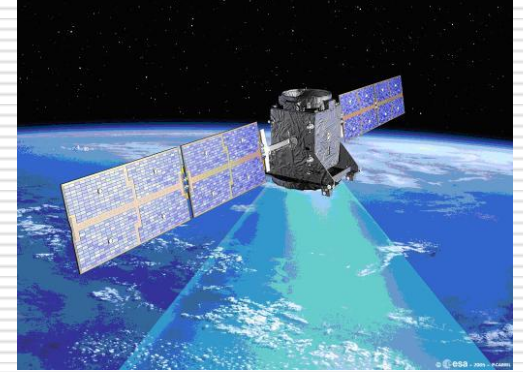
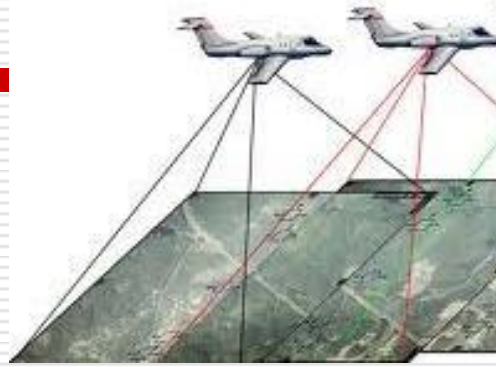


Yer Gözlem Uyduları - Radar



- Gece-gündüz görüntü alma,
- Hava koşullarından az etkilenme,
- SYM,
- Yüksek doğruluklu koordinat.

Yer Gözlem Uyduları - Hava Fotoğrafları ve Uydu Görüntüleri



- ❑ Çözünürlük,
- ❑ Doğruluk,
- ❑ Uydu görüntüsü maliyetleri,
- ❑ Hava kameraları-LIDAR vb entegrasyonu,
- ❑ Uçaklar bulutsuz hava için bekleyebilir.

Gözlem Uydu Teknolojilerindeki Gelişmeler

Sonuç

- ❑ Sürekli ve hızlı gelişim,
 - Çok sayıda <1 m çözünürlüklü algılayıcı,
 - SAR sistemleri
 - Teknoloji sahibi ülkelerde artış
 - Ülke güvenliği ve çevre ana destek
- ❑ Daha ucuz uydular,
 - Teknolojinin ucuzlaması,
 - Mikro uydular
- ❑ Uydu serileri,
 - LANDSAT, SPOT vb.

Gözlem Uydu Teknolojilerindeki Gelişmeler

Sonuç

- Daha iyi çözünürlük,
 - Zamansal,
 - Spektral,
 - Yersel,
 - Radyometrik,
- Yüksek geometrik doğruluk,
- Yüksek görüntüleme kapasitesi.

9 Haziran 2008: Uzaydan görülen büyük köpek.



<http://www.dailymail.co.uk/news/article-1025176/Meet-Boris-bull-mastiff-large-SPACE.html>

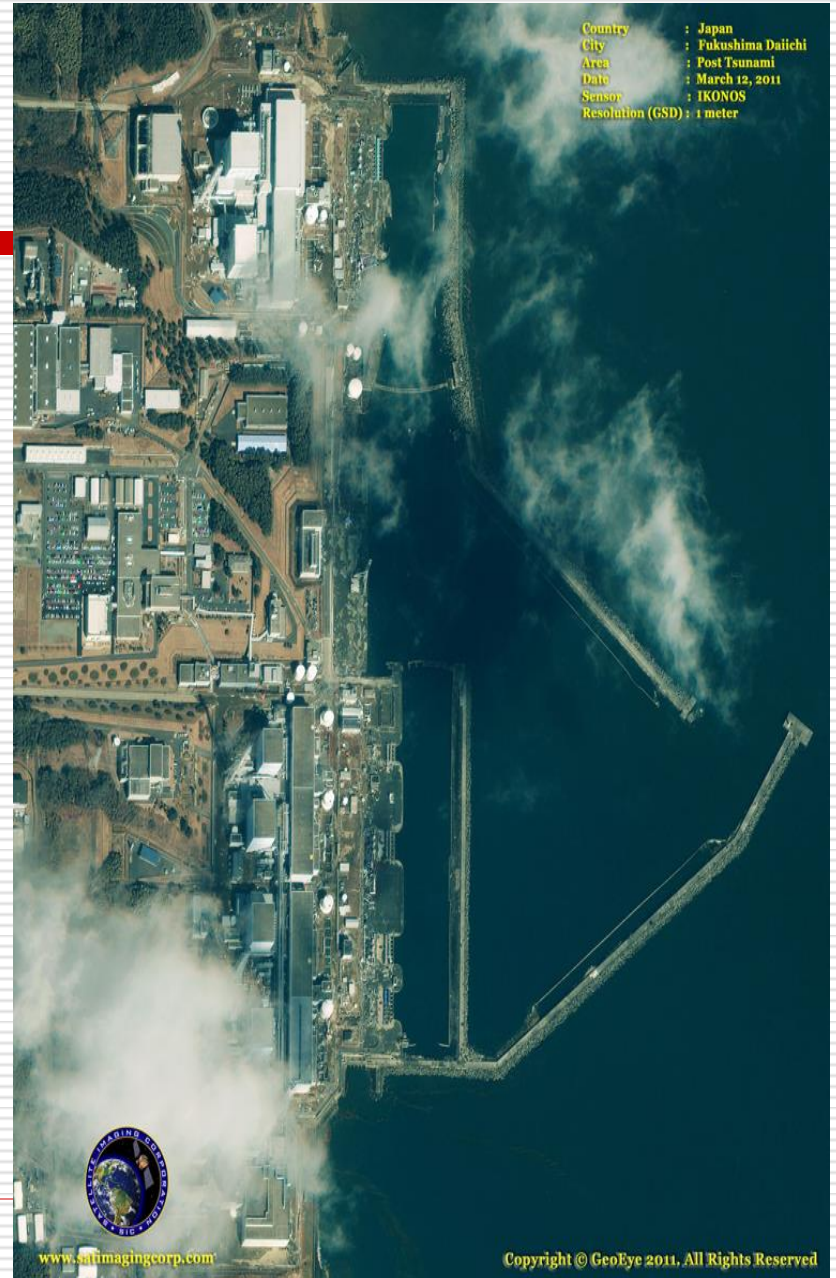
UYDU SİSTEMLERİ



<http://claudelafleur.qc.ca/Scfam-remotesensing.html>

UYDU SİSTEMLERİ 1999

IKONOS
Satellite
Sensor
(0.82m)



UYDU SİSTEMLERİ

IKONOS

-
- ❑ Launch Date: 24 September 1999 at Vandenberg Air Force Base, California, USA
 - ❑ Operational Life :Over 7 years
 - ❑ Orbit :98.1 degree, sun synchronous
 - ❑ Speed on Orbit :7.5 kilometers per second
 - ❑ Speed Over the Ground :6.8 kilometers per second
 - ❑ Revolutions Around the Earth :14.7, every 24 hours
 - ❑ Altitude :681 kilometers
 - ❑ Resolution at Nadir: 0.82 meters panchromatic; 3.2 meters multispectral
 - ❑ Resolution 26° Off-Nadir:1.0 meter panchromatic; 4.0 meters multispectral
 - ❑ Image Swath :11.3 kilometers at nadir; 13.8 kilometers at 26° off-nadir
 - ❑ Equator Crossing Time :Nominally 10:30 AM solar time
 - ❑ Revisit Time :Approximately 3 days at 40° latitude
 - ❑ Dynamic Range :11-bits per pixel
 - ❑ Image Bands Panchromatic, blue, green, red, near IR
-

UYDU SİSTEMLERİ

2001

Orbview-4 / Warfighter-1 (20th American)

QuickBird (21st American)

BIRD (9th European)

Badr B (1st Pakistaniese)

UYDU SİSTEMLERİ

2001

QUICKBIRD-2

- ☐ Spatial Resolution : 0.61 meter GSD at Nadir, 2.4 meter GSD at Nadir
 - ☐ Spectral Range :
 - ☐ 445-900 nm
 - ☐ 450-520 nm (blue)
 - ☐ 520-600 nm (green)
 - ☐ 630-690 nm (red)
 - ☐ 760-900 nm (near IR)
 - ☐ Swath Width : 16.4 km at nadir
 - ☐ Off-Nadir Imaging : 0-30 degrees off-nadir
 - ☐ Higher angles selectively available
 - ☐ Dynamic Range : 11-bits per pixel
 - ☐ Mission Life : 8+ years
 - ☐ Revisit Time : Approximately 3.5 days (depends on Latitude)
 - ☐ Orbital Altitude : 450 km
 - ☐ Nodal Crossing : 10:30 am
-

QUICKBIRD-2



UYDU SİSTEMLERİ

2002

SPOT 5	(10th European)
Aqua / EOS PM-1	(22nd American)
HY-1 / Hai Yang 1	(1st Chinese)
ALSAT-1 / DMC	(1st Algerian)
ADEOS-2 / Midori 2	(3rd Japanese)
WEOS	(2nd Chinese)

UYDU SİSTEMLERİ

2001

SPOT 5

-
- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none">❑ Launch Date : May 3, 2002❑ Launch Vehicle : Ariane 4❑ Launch Location : Guiana Space Centre, Kourou, French Guyana❑ Orbital Altitude : 822 kilometers❑ Orbital Inclination : 98.7°, sun-synchronous❑ Speed : 7.4 Km/second (26,640 Km/hour)❑ Equator Crossing Time: 10:30 AM (descending node)❑ Orbit Time : 101.4 minutes❑ Revisit Time : 2-3 days, depending on latitude❑ Swath Width : 60 Km x 60 Km to 80 km at nadir | <ul style="list-style-type: none">• Metric Accuracy<ul style="list-style-type: none">• <50m horizontal position accuracy (CE90%)• Digitization 8 bits• Resolution<ul style="list-style-type: none">• Pan: 2.5m from 2 x 5m scenes• Pan: 5m (nadir)• MS: 10m (nadir)• SWI: 20m (nadir)• Image Bands<ul style="list-style-type: none">• Pan: 480-710 nm• Green: 500-590 nm• Red: 610-680 nm• Near IR: 780-890 nm• Shortwave IR: 1,580-1,750 nm |
|--|---|
-

UYDU SİSTEMLERİ

2003

Orbview-3	(23rd American)
NigeriaSat-1	(1st Nigerian)
UK-DMC / BNSCSat	(11th European)
BILSAT-1	(1st Turkish)
IRS-P6 / ResourceSat	(14th Indian)
ZY-1 2 (CBERS 2)	(2nd Chinese-Brazilian)

UYDU SİSTEMLERİ

2001

ORBVVIEW-3

Orbview-3 Specifications

- ☐ Imaging Mode : Panchromatic Multispectral
 - ☐ Spatial Resolution : 1 meter 4 meter
 - ☐ Imaging Channels : 1 channel 4 channels
 - ☐ Spectral Range :
 - ☐ 450-900 nm
 - ☐ 450-520 nm (blue)
 - ☐ 520-600 nm (green)
 - ☐ 625-695 nm (red)
 - ☐ 760-900 nm (NIR)
-

UYDU SİSTEMLERİ

2003

BILSAT-1

UYDU SİSTEMLERİ

2003

IRS-P6 / ResourceSat

Resourcesat-1 Specifications			
	LISS IV	LISS III	AWiFS
Resolution (m)	5.8	23.5	56
Swath (km)	23.9 km (Mx)	141km	740 km
Spectral Bands (µm)	B2: 0.52-0.59	B2: 0.52-0.59	B2: 0.52-0.59
	B3: 0.62-0.68	B3: 0.62-0.68	B3: 0.62-0.68
	B4: 0.77-0.86	B4: 0.77-0.86	B4: 0.77-0.86
		B5: 1.55-1.70	B5: 1.55-1.70
Quantization (bits)	7	7	10
Integration Time (msec)	0.877714	3.32	9.96
No. of gains	Single gain	Four for B2,3,4	Single gain
Sensor	Pushbroom	Pushbroom	Pushbroom
CCD Arrays	1 * 12288	1 * 6000	2 * 6000
CCD Size (µm)	7 µm x 7 µm	10 µm x 7 µm	10 µm x 7 µm
Focal Length (mm)	982	347.5	139.5
Cross-track FOV for pixel (radian)	0.0000071	0.0000288	0.0000717
Power (W)	216	70	114
Weight (kg)	169.5	106.1	103.6
Data Rate (MBPS)	105	52.5	52.5
Repeat Cycle (days)	5	24	5

UYDU SİSTEMLERİ

2004

Shiyan 1 / Tansui 1	(3rd Chinese)
ROCSAT-2	(1st Taiwanese)
SaudiSat-2	(1st Arab)
Shiyan 2 / Tansuo 2	(4th Chinese)
Sich-1M	(1st Ukrainian)
MK-1TS Mikron	(88th Russian)

UYDU SİSTEMLERİ

2005

Cartosat	(15th Indian)
Monitor-E	(89th Russian)
TopSat	(12th European)
Sihah 1	(1st Iranian)

UYDU SİSTEMLERİ

2005

CARTOSAT-1

Resolution	:2.5m	
Launch Date	:May 5, 2005	
Launch Location	:Sriharikota, India	
Nominal Altitude	:617.99 km	
Orbits Per Day	:15	
Orbital Repeat Cycle	:116 days	
Nominal Wait Time to Acquire Adj.Path	:11 days	
Max. Wait Time for Revisit	:5 days	
Node for P/L Operations	:Descending Node	
Local Time for Equatorial Crossing	:10:30 AM	
Orbital Parameters		
☐ Semi-major axis	:6996.128 km	
☐ Eccentricity	:0.001	
☐ Inclination	:97.87 degrees	

UYDU SİSTEMLERİ

2006

ALOS / Daichi (4th Japanese) 24 Jan 06 Japan(JAXA)

Eros-B / Eros-B1 (2nd Israelian) 25 Apr 06 ImageSat

Yaogan 1 / RSS 1 (5th Chinese) 26 Apr 06

Resurs-DK1 (90th Russian) 15 Jun 06

BelKA (1st Belarus) 26 Jul 06

KOMPSAT-2/Arirang-2 (3rd SouthgKorean) 25 Jul 06

UYDU SİSTEMLERİ

2007

CARTOSAT-2	(16th Indian) 10 Jan 07 India (ISRO)
LAPAN-TUBSat	(1st Indonesian) 10 Jan 07 LAPAN & YUB
Haiyang 1B / HY-1B	(6th Chinese) 11 Apr 07 China
EgyptSat 1 / Misr 1 (Mirsat 1)	(1st Egyptian) 17 Apr 07 Egypt (NARSSS)
Saudisat 3	(2nd Arab) 17 Apr 07 Saudi Arabia (KACST)
COSMO-Skymed 1 / COSMO-1	(13th European) 8 Jun 07 Italy (ASI)
TerraSAR-X	(14th European) 15 Jun 07 Germany
CBERS-2B	(3rd China-Brazilian) 19 Sep 07 China-Brazi
COSMO SkyMed-2	(15th European) 9 Dec 07 Italy (ASI)
Radarsat 2	(2nd Canadian) 14 Dec 07 Canadian Space Agency

UYDU SİSTEMLERİ

WorldView-1

Satellite Sensor(0.46m)

- ❑ Orbit Altitude 496 Km
- ❑ Orbit Inclination sun-synchronous
- ❑ Spacecraft Size, Mass & Power
- ❑ 3.6 meters (12 feet) tall x 2.5 meters (8 feet) across,
- ❑ 7.1 meters (23 feet) across the deployed solar arrays
- ❑ 2500 kilograms (5500 pounds)
- ❑ 3.2 kW solar array, 100 Ahr battery
- ❑ Equator Crossing Time
- ❑ 10:30 AM (descending node)
- ❑ Revisit Time
- ❑ 1.7 days at 1 meter GSD or less
- ❑ 5.9 days at 20° off-nadir or less (0.51 meter GSD)

Swath Width :17.6 Km at nadir

Full Scene

17.6 Km x 14 Km or 246.4 Km² at nadir

Orbit Time:94.6 minutes

Dynamic Range :11 bits per pixel

Resolution

0.50 meters GSD at nadir

0.55 meters GSD at 20° off-nadir

(note that imagery must be re-sampled to 0.5 meters for non-US Government customers)

Sensor Bands Panchromatic

Metric Accuracy

Accuracy: <500 meters at image start and stop

Knowledge: Supports geolocation accuracy below

Geolocation Accuracy (CE 90%)

Demonstrated <4.0 m CE90 without ground control

Retargeting Ability

Acceleration: 2.5 deg/s/s

Rate: 4.5 deg/s

Time to slew 300 kilometers: 9 seconds

Attitude Determination and Control

3-axis stabilized

Actuators: Control Moment Gyros (CMGs)

Sensors: Star trackers, solid state IRU, GPS

Onboard Storage

2199 gigabits solid state with EDAC

Communications

Image and Ancillary Data: 800 Mbps X-band

Housekeeping: 4, 16 or 32 kbps real-time, 524 kbps stored, X-band

Command: 2 or 64 kbps S-band

Max Viewing Angle /

Accessible Ground Swath

60 x 110 km mono

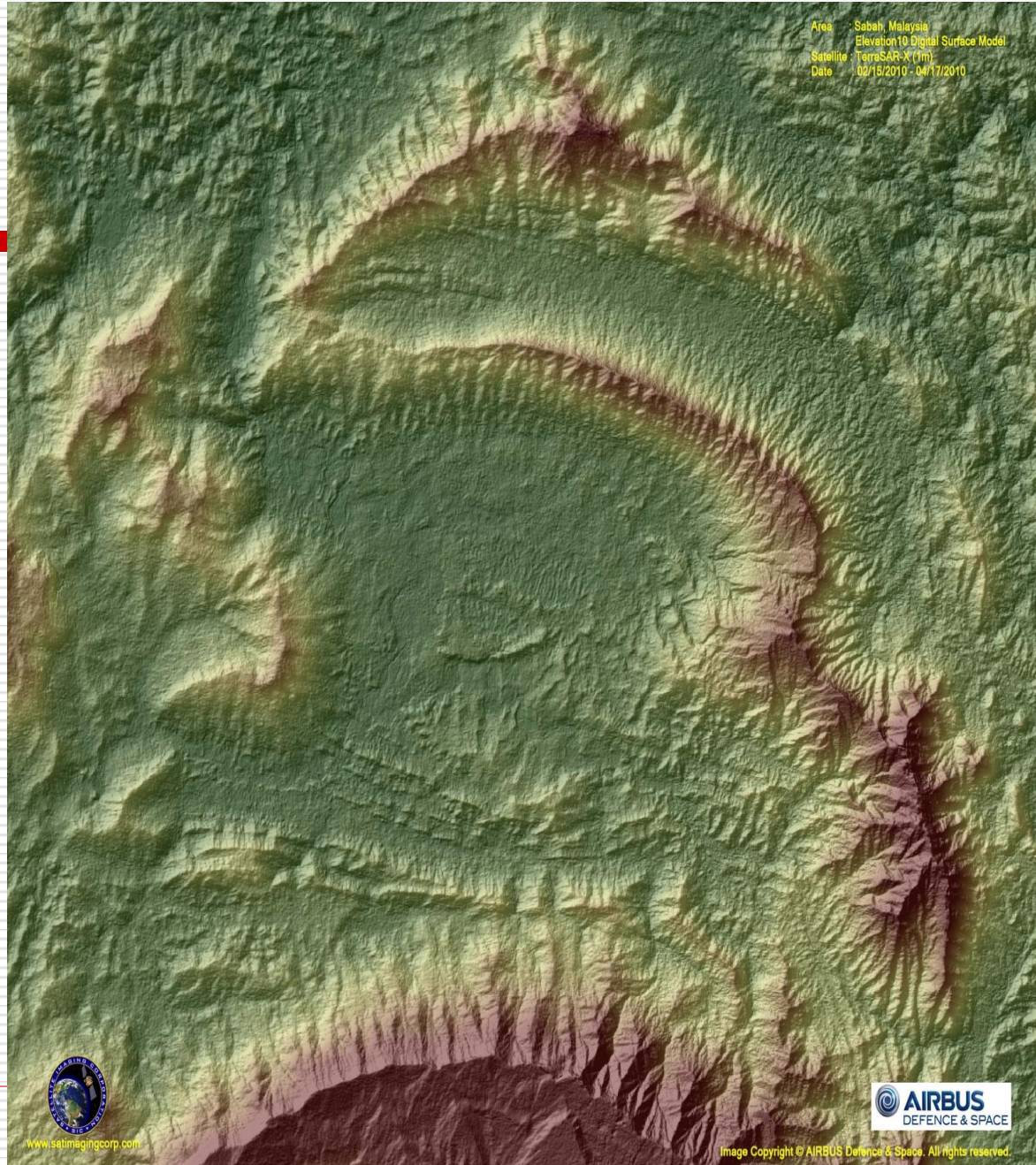
30 x 110 km stereo

UYDU SİSTEMLERİ

TerraSAR-X Radar

- ❑ Operational life : 5 years, for both satellites (TerraSAR-X and TanDEM-X), an extended lifetime of that least another 5 years (beyond 2018) is expected by the operator DLR (Status: April 2014).
- ❑ Orbit : Sun-synchronous repeat orbit
- ❑ Repeat period : 11 days
- ❑ Equatorial crossing time (GMT): 18:00 hrs ascending pass ($\pm 0.25h$) 06:00 hrs descending pass ($\pm 0.25h$)
- ❑ Inclination : 97.44°
- ❑ Altitude at the equator: 514 km (319.8 miles)
- ❑ Antenna type : Active Phases Array Antenna, electronically separable
- ❑ Antenna size : 4.78 m x 0.7 m (15.7 feet x 2.3 feet)
- ❑ Centre Frequency : 9.65 GHz (X band)
- ❑ Chirp bandwidth : 150 MHz / 300 MHz
- ❑ Nominal acquisition direction Right side
- ❑ Polarization : Single, dual - depending on imaging mode quadruple is available as
advanced polarisation mode for dedicated acquisition campaigns

TerraSAR-X Radar



UYDU SİSTEMLERİ

2008

CARTOSAT-2A	17th Indian 28 Apr 08 India (ISRO)
IMS-1 / Indian Mini Satellite	18th Indian 28 Apr 08 India (ISRO)
HJ-1A / Huan Jing-1A	7th Chinese 6 Sep 08
HJ-1B / Huan Jing-1B	8th Chinese 6 Sep 08
THEOS	1st Thai 1 Oct 08
COSMO-Skymed 3 / COSMO-3	16th European 25 Oct 08 Italy (ASI & Defense)

GeoEye-1 Satellite Sensor (0.46m)



Launch Date September 6, 2008

Camera Modes Simultaneous panchromatic and multispectral (pan-sharpened)

Panchromatic only

Multispectral only

Resolution 0.46 m / 1.51 ft* panchromatic (nominal at Nadir)

1.84 m / 6.04 ft* multispectral (nominal at Nadir)

Spectral Range Panchromatic: 450 - 800 nm

Blue: 450 - 510 nm

Green: 510 - 580 nm

Red: 655 - 690 nm

Near Infra Red: 780 - 920 nm

Metric Accuracy/Geolocation 5 m
CE90 3 m CE90 (measured)

Swath Widths & Representative Area Sizes

Nominal swath width - 15.2 km / 9.44 mi at Nadir

Single-point scene - 225 sq km (15x15 km)

Contiguous large area - 15,000 sq km (300x50 km)

Contiguous 1° cell size areas - 10,000 sq km (100x100 km)

Contiguous stereo area - 6,270 sq km (224x28 km)

(Area assumes pan mode at highest line rate)

Imaging Angle Capable of imaging in any direction

Revisit Frequency at 770 km Altitude (40° Latitude Target)

Max Pan GSD (m) Off Nadir Look Angle (deg)
Average Revisit (days)

0.42 10 8.3

GeoEye-2 (WorldView-4)

Satellite Sensor (0.34m)

Imagery

Panchromatic

Multispectral

Spatial Resolution

.34 meter

1.36 meters

Positional Accuracy 5
meter CE90

(specification)

3-4 meter CE90

(expected)

Collection Capacity

600,000 sq km/day
(Pan + MSI)

Satellite

Swath Width 14.5 km

Off-Nadir Imaging Up
to 60 degrees

Dynamic Range 11 bits
per pixel

Mission Life Expected >
10 years

Revisit Time
Approximately 3
days

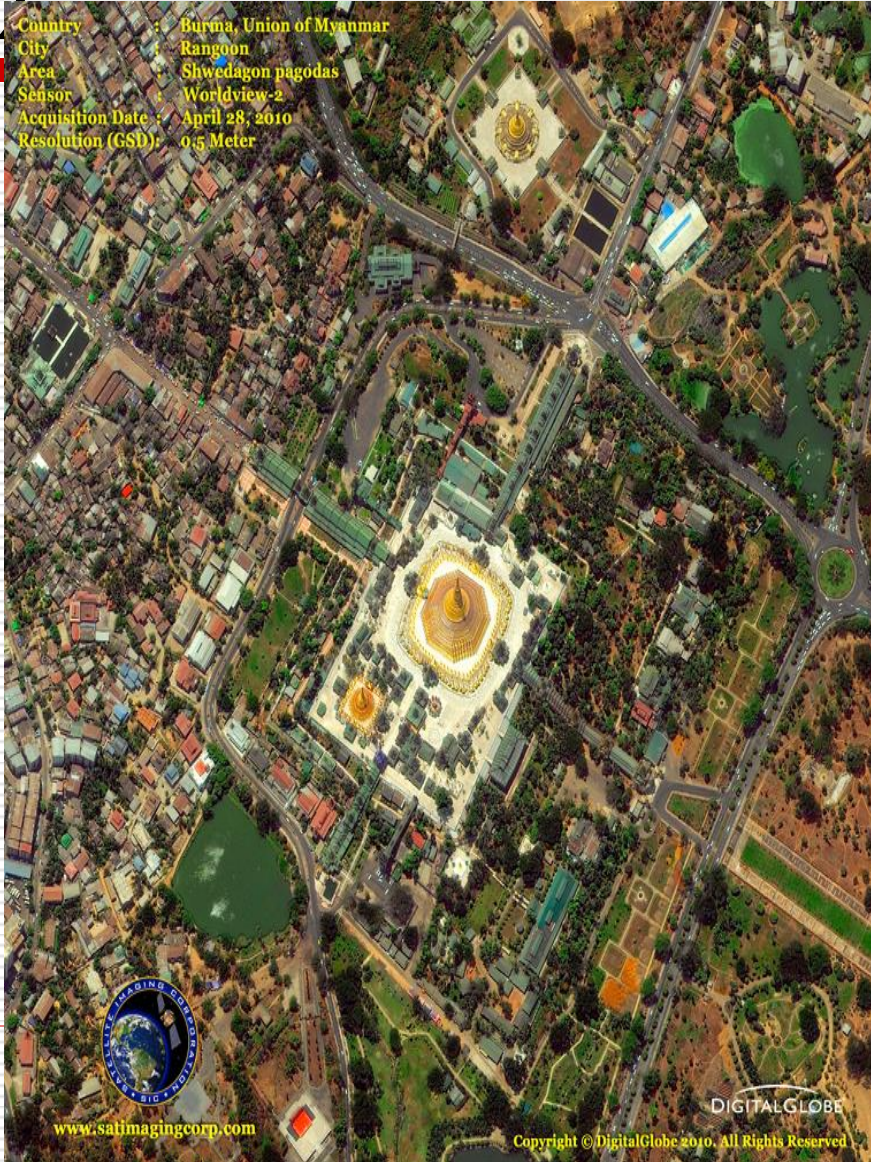
Orbital Altitude 681 km

2009

PRISM Tokyo	23 Jan 09	University of
Razaksat	14 Jul 09	Malaysia
Deimos 1 Space)	29 Jul 09	Spain (Deimos
Dubaisat-1	29 Jul 09	Dubai
DMC-2 / UK-DMC 2 United Kingdom	29 Jul 09	
Sumbandila / SumbandilaSat South Africa		17 Sep 09
Oceansat-2	23 Sep 09	India (ISRO)

WorldView-2 Satellite Sensor (0.46m)

Country : Burma, Union of Myanmar
City : Rangoon
Area : Shwedagon pagodas
Sensor : Worldview-2
Acquisition Date : April 28, 2010
Resolution (GSD): 0.5 Meter



Orbit Altitude	770 kilometers	Time to slew 300 kilometers: 9 seconds
Orbit Type	Sun synchronous, 10:30 am (LT) descending Node	Onboard Storage 2199 gigabits solid state with EDAC Communications
Orbit Period	100 minutes; 7.25 year mission life, including all consumables and degradables (e.g., propellant)	Image and Ancillary Data: 800 Mbps X-band
Spacecraft Size, Mass, & Power	4.3 meters (14 feet) tall x 2.5 meters (8 feet) across, 7.1 meters (23 feet) across the deployed solar arrays; 2800 kilograms (6200 pounds); 3.2 kW solar array, 100 Ahr battery	Housekeeping 4, 16 or 32 kbps real-time, 524 kbps stored, X-band
Sensor Bands	Panchromatic	Command 2 or 64 kbps S-band
8 Multispectral (4 standard colors: red, blue, green, near-IR), 4 new colors: red edge, coastal, yellow, near-IR2		Max Viewing Angle Accessible Ground Swath Nominally +/-40° off-nadir = 1355 km wide swath
Sensor Resolution GSD	Ground Sample Distance Panchromatic: 0.46 meters GSD at Nadir, 0.52 meters GSD at 20° Off-Nadir	Higher angles selectively available
Multispectral: 1.84 meters GSD at Nadir, 2.4 meters GSD at 20° Off-Nadir		Per Orbit Collection: 524 gigabits
Dynamic Range	11-bits per pixel	Max Contiguous Area Collected in a Single Pass: 96 x 110 km mono, 48 x 110 km stereo
Time Delay Integration (TDI)	Panchromatic - 6 selectable levels from 8 to 64	Revisit Frequency 1.1 days at 1 meter GSD or less 3.7 days at 20° off-nadir or less (0.52 meter GSD)
Multispectral	- 7 selectable levels from 3 to 24	Geolocation Accuracy Demonstrated <3.5 m CE90 without ground control
Swath Width	16.4 kilometers at nadir	
Attitude Determination and Control	3-axis stabilized	
Actuators	Control Moment Gyros (CMGs)	
Sensors	Star trackers, solid state IRU	
GPS Position Accuracy & Knowledge	< 500 meters at image start and stop	
Knowledge: Supports geolocation accuracy below Retargeting		
Agility Acceleration	1.5 deg/s/s	
Rate:	3.5 deg/s	

2010

Tandem-X German' 21 Jun 10

Cartosat 2B Indian 12 Jul 10

Alsat 2A Algerisn 12 Jul 10

Tianhui 1 Chinese 24 Aug 10

COSMO-SkyMed 4 Italian 6 Nov 10

2011

Resourcesat-2 India's ISRO 20 Apr
11

Haiyang 2 China 15 Aug 11

NigeriaSat 2 Nigeria 17 Aug 11

Rasat Turkey 17 Aug 11

RASAT

TECHNICAL SPECIFICATIONS

IMAGING	Mass 94 kg	Mission Duration 3 years	
Altitude 700 km		Spectral Resolution (nm)	420
Attitude Control 3-axis stabilized control		- 730 (PAN)	
Orbit SSO-LTDN 10:30		-550 (Blue)	1. Band:420
Orbital Period 98.8 minutes			
Spatial Resolution	PAN 7.5	550 - 580 (Green)	2. Band:
m			
	RGB: 15	580 - 730(Red)	3. Band:
m			
Swath Width 30 km		Temporal Resolution 4 days	



<http://rasat.uzay.tubitak.gov.tr>

2012

Navid Iran 3 Feb 12

RISAT-1 India 26 Apr 12

TH 1-02 / Tianhui 1-02 China 6 May 12

GCOM W1 / Shizuku Japan 17 May 12

Kompsat 3 / Arirang-3 South Korea 17 May 12

Kanopus-V 1 / Kanopus-Vulkan-1 Russia 21 Jul 12

BelKA-2 / BKA 2 Belorussia 21 Jul 12

MKA-PN 1 Russia 22 Jul 12

SPOT 6 France 9 Sep 12

VRSS 1 / Miranda Venezuela 29 Sep 12

HJ-1C / Huan Jing 1C China 18 Nov 12

Pleiades 1B France 2 Dec 12

Location
Sensor

1 Doha, Qatar
1 SPOT-6



www.satimagingcorp.com

SPOT 6

Launch Date September 9,
2012

Launch Vehicle PSLV

Launch Location Satish
Dhawan Space Center (India)

Multispectral Imagery (4 bands)

Blue (0.455 μm – 0.525 μm)

Green (0.530 μm – 0.590 μm)

Red (0.625 μm – 0.695 μm)

Near-Infrared (0.760 μm – 0.890
 μm)

Resolution (GSD) Panchromatic - 1.5m

Multispectral - 6.0m (B,G,R,NIR)

Imaging Swath 60 Km at Nadir

Automatic ortho image with location
accuracy of 10m CE90 using
Reference3D

120 Km x 120 Km bi-strip or 60 Km x
180 Km tri-strip mapping in a single
pass and delivery of mosaic

Stereo and tri-stereo acquisition of 60
Km x 60 Km scenes for production of
DEM

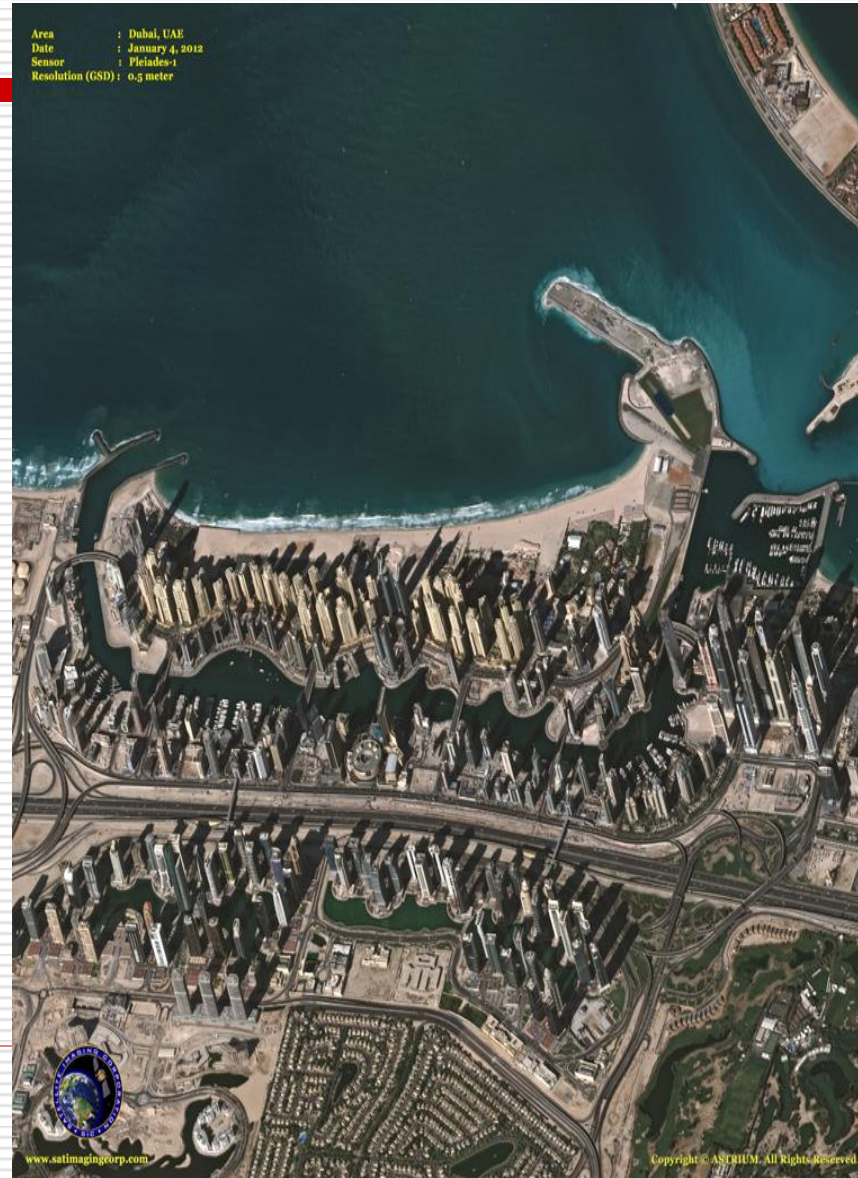
6 tasking plans per day

Several weather forecasts per day to
optimize tasking

Each tasking plan covers 24 hours

Up to 750 scenes per day per satellite

Pleiades-1B Satellite Sensor (0.5m)



Imagery Products	50-cm black and white	Stereo imaging: 20 km x 280 km
	50-cm color	Max. spots over 100 km x 200 km: 30 (crisis mode)
	2-meter multispectral	Imaging Swath 20 km at nadir
		Revisit Interval Daily

Bundle: 50-cm B&W and 2-meter multispectral

Spectral Bands P: 480-830 nm

Blue: 430-550 nm

Green: 490-610 nm

Red: 600-720 nm

Near Infrared: 750-950 nm

Preprocessing Levels Sensor

Ortho

Image Location Accuracy With ground control points: 1m

Without ground control points: 3m (CE90)

Imaging Capacity Daily constellation capacity: 1,000,000

KOMPSAT-3 Satellite Sensor (0.7m)



Spectral bands

450-900 nm Pan (Panchromatic)
450-520 nm MS1 (Multispectral), blue
520-600 nm MS2, green
630-690 nm MS3, red
760-900 nm MS4, NIR (Near Infrared)

Optics

- Korsch-type telescope design on a CFRP optical bench
- 80 cm diameter of primary mirror aperture (the mirror is lightweighted)
- All mirrors (5) are of Zerodur design
- Focal length = 8.6 m
- F number = f/12

GSD (Ground Sample Distance)

- 0.7 m for Pan band at nadir
- 2.8 m for MS bands at nadir

Swath width 15 km (at nadir)

Tilt angle Roll: $\pm 45^\circ$, pitch: $\pm 30^\circ$

Location accuracy < 48.5 m CE90

Pan CCD detector module

- Line array of 24,000 pixels consisting of 2 stacks of 12 k pixels each

- TDI (Time Delay Integration), up to 64 TDI in 4 stages

- Pixel pitch = $8.75 \mu\text{m}$

- Source data rate = $16 \times 15 \text{ Mpixel/s}$ (or 3.84 Gbit/s)

MS CCD detector module

- Line array of 6,000 pixels, provision of 8 stacks, TDI capability

- Pixel pitch = $2 \times 17.5 \mu\text{m}$

- Binning of MS pixels (MS pixels are 4 times longer than Pan pixels)

- Source data rate = $4 \times 240 \text{ Mbit/s}$

GÖKTÜRK-2

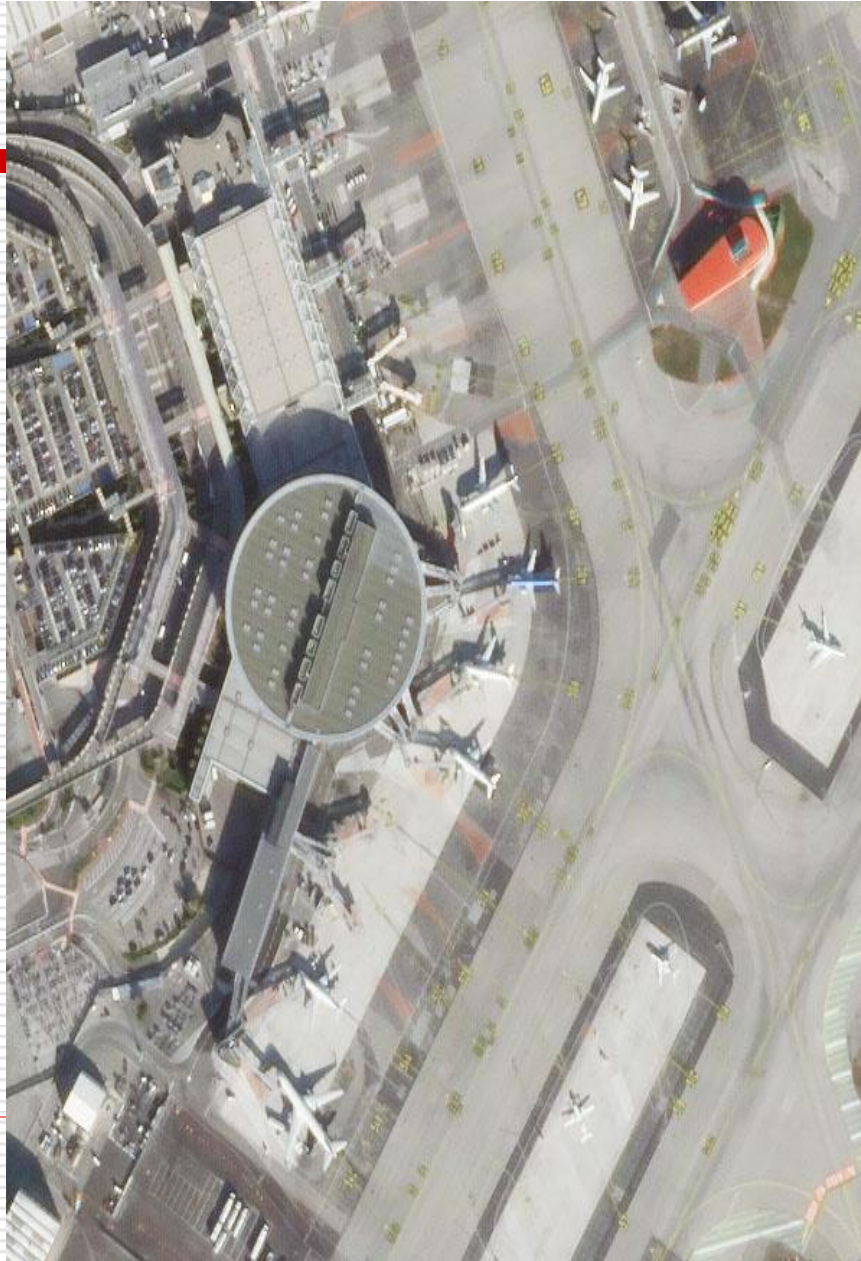
Yörünge : Güneş Eş zamanlı Yörünge
Yörünge Yüksekliği : ~ 700 km
Dünya Çevresindeki Tur Süresi : ~ 98 dakika
Günlük yer istasyonu Temas Süresi : ~ 40 dakika
(gündüz+gece)
Global Gözlem Alanı Kabiliyeti : Bütün Dünya
Tekrar Ziyaret Zamanı : Ortalama 2,5 gün
Uydu Kütlesi : < 409 kg.
Görüntü Depolama Kapasitesi : 8 GB + 32 GB
Siyah - Beyaz Çözünürlük : 2,5 m
Renkli Çözünürlük: 5 m
Görev Ömrü : 5 yıl



2013

Landsat 8 / LDCM	NASA	11 Feb 13
GF-1 / Gaofen 1	China	26 Apr 13
Proba-V	ESA	7 May 13
VNREDSAT-1	Vietnam	7 May 13
Resurs P1	Russia	25 Jun 13
Arirang-5 / Kompsat 5	South Korea	22 Aug 13
KZ-1 / Kuaizhou 1	China	25 Sep 13
STSat-3	South Korea	21 Nov 13
SkySat-1	Skybox Imaging	21 Nov 13
Dubaisat-2	United Arab Emirates	21 Nov 13
WNISAT-1	Weathernews and Axelspace (Japan)	21 Nov 13
ZY-1 3 / Ziyuan-1 3 / CBERS 3	China-Braxzil	9 Dec 13

SkySat-1 Satellite Sensor (0.9m)



Orbit height 450 km
State Standby
Satellite Info Images are delivered with panchromatic, multispectral and pansharpened data.
Videos are full motion black and white 30 frames per second,
duration up to 90 seconds, field of view 2 km by 1.1 km, resolution 1.1 m.
Multispectral
Data Type Optical
Sensor Type Multispectral
Resolution (m) 2.0
No. of Bands 4
Scene Width 8
Programmable Yes
Stereo No
Spectral Bands Band Width [m] Band width to [m] Maximal resolution [m]
Blue 0.450 0.515 2.0
Green 0.515 0.595 2.0
Red 0.605 0.695 2.0
Near Infra-Red 0.740 0.900 2.0
Panchromatic

Data Type	Optical
Sensor Type	Panchromatic
Resolution (m)	0.9
No. of Bands	1
Scene Width	8
Programmable	Yes
Stereo	No
Spectral Bands	Band Width [m]
Band width to [m]	Maximal resolution [m]
PAN	0.4 0.9 0.9
Video	
Data Type	Optical
Sensor Type	Panchromatic
Resolution (m)	1.1
No. of Bands	1
Scene Width	2
Programmable	Yes
Stereo	No
Spectral Bands	Code Maximal
resolution [m]	
Video	PAN 1.1

LANDSAT 8 Satellite Sensor (15m)



Landsat Thematic Mapper (TM) and Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM) + Bands

Band	Name	Band Width (λ , μm)	Spatial Resolution
1	Blue	0.45-0.515	30 m
2	Green	0.525-0.605	30 m
3	Red	0.63-0.69	30 m
4	Near Infrared	0.75-0.90	30 m
5	Shortwave IR-1	1.55-1.75	30 m
6	Thermal IR	10.4-12.5	60 m / 120 m*
7	Shortwave IR-2	2.09-2.35	30 m
8*	Panchromatic	0.52-0.9	15 m

2014

WorldView-3 Satellite Sensor (0.31m)



Spacecraft Size, Mass and Power

Size: 5.7 m (18.7 feet) tall x 2.5 m (8 feet) across, 7.1 m (23 feet) across the deployed solar arrays

Mass: 2800 kilograms (6200 pounds)

Power: 3.1 kW solar array, 100 Ahr battery

~~Sensor Bands Panchromatic: 450-800 nm~~

8 Multispectral: (red, red edge, coastal, blue, green, yellow, near-IR1 and near-IR2) 400 nm - 1040 nm

8 SWIR: 1195 nm - 2365 nm

12 CAVIS Bands: (desert clouds, aerosol-1, aerosol-2, aerosol-3, green, water-1, water- 2, water-3, NDVI-SWIR, cirrus, snow) 405 nm - 2245 nm

Sensor Resolution (or GSD, Ground Sample Distance; off-nadir is geometric mean)

Panchromatic Nadir: 0.31 m GSD at Nadir
0.34 m at 20° Off-Nadir

Multispectral Nadir: 1.24 m at Nadir, 1.38 m at 20° Off-Nadir

SWIR Nadir: 3.70 m at Nadir, 4.10 m at 20° Off-Nadir

CAVIS Nadir: 30.00 m

Dynamic Range 11-bits per pixel Pan and MS; 14-bits per pixel SWIR

Swath Width At nadir: 13.1 km

Attitude Determination and Control
Type: 3-axis stabilized

Actuators: Control Moment Gyros (CMGs)

Sensors: Star trackers, precision, IRU, GPS

~~Pointing Accuracy and Knowledge~~
Accuracy: <500 m at image start and stop

Knowledge: Supports geolocation accuracy below

Retargeting Agility Time to slew 200 km: 12 seconds

Onboard Storage 2199 Gb solid state with EDAC

Communications Image & Ancillary: 800 & 1200 Mbps X-band

Housekeeping: 4, 16, 32 or 64 kbps real-time, 524 kbps stored, X-band

Command: 2 Or 64 kbps S-band

Max Contiguous Area Collected in a Single Pass (30° off-nadir angle) Mono: 66.5 km x 112 km (5 strips)

Stereo: 26.6 km x 112 km (2 pairs)

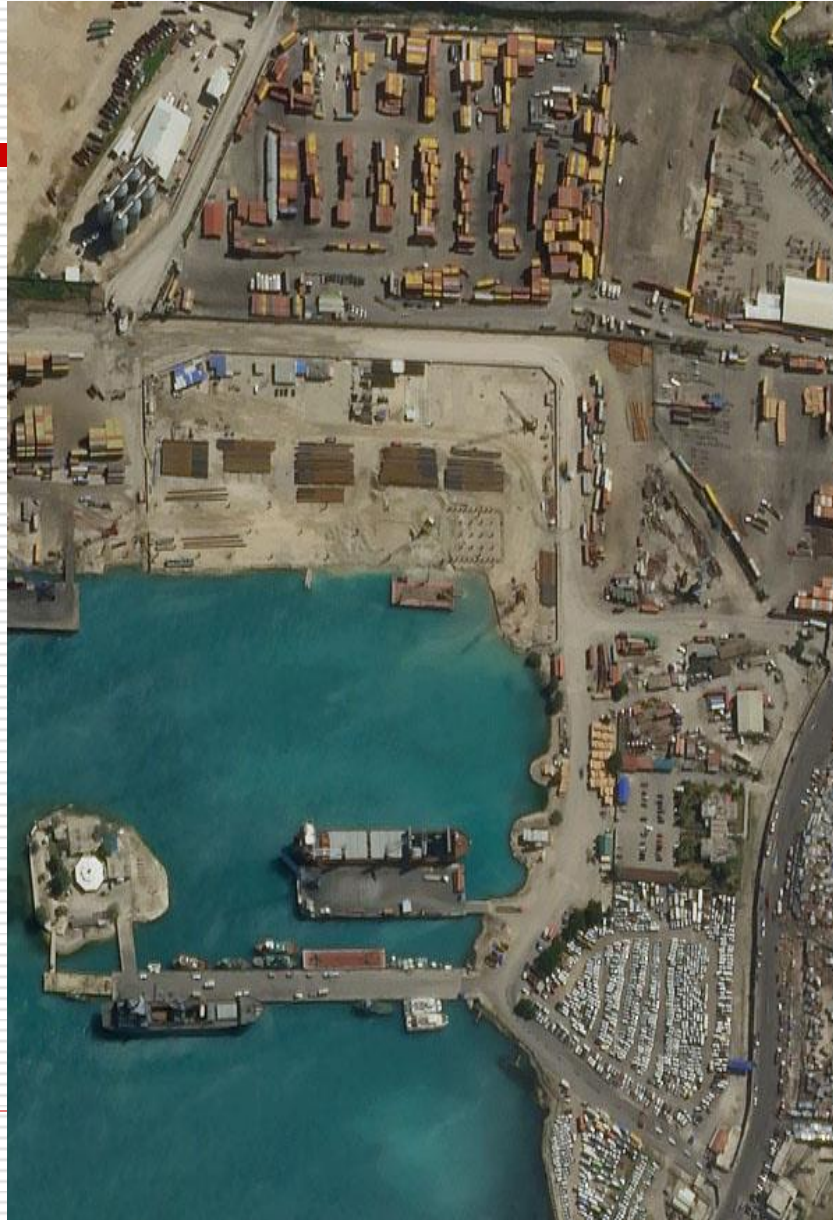
Revisit Frequency(at 40°N Latitude) 1 m GSD: <1.0 day

4.5 days at 20° off-nadir or less

Geolocation Accuracy(CE90) Predicted Performance: <3.5 m CE90 without ground control

Capacity 680,000 km² per day

SkySat-2 Satellite Sensor (0.9m)



Orbit height	450 km	Spectral Bands	Band Width [?m]
State	Standby	Band width to [?m]	Maximal resolution [m]
Satellite Info		Blue	0.450 0.515 2.0
Images are delivered with panchromatic, multispectral and pansharpened data.		Green	0.515 0.595 2.0
Videos are full motion black and white 30 frames per second,		Red	0.605 0.695 2.0
duration up to 90 seconds, field of view		Near Infra-Red	0.740 0.900 2.0
2 km by 1.1 km, resolution 1.1 m.		Data Type	Optical
		Sensor Type	Panchromatic
Multispectral		Resolution (m)	1.1
		No. of Bands	1
Data Type	Optical	Scene Width	2
Sensor Type	Multispectral	Programmable	Yes
Resolution (m)	2.0	Stereo	No
No. of Bands	4	Spectral Bands	Code Maximal
Scene Width	8	resolution [m]	
Programmable	Yes	Video	PAN 1.1
Stereo	No		

2015

KOMPSAT-3A Satellite Sensor

(0.55m)

KOMPSAT-3A Satellite Sensor Specifications

Spectral bands	GSD (Ground Sample Distance)
PAN: 450-900 μm	
MS1 (Blue): 450-520 μm	
MS2 (Green): 520-600 μm	PAN: 0.55m at nadir
MS3 (Red): 630-690 μm	MS: 2.2m at nadir
MS4 (NIR): 760-900 μm	IR: 5.5 m at nadir
MWIR: 3.3 - 5.2 μm	

Optics

- Korsch-type telescope design on a CFRP optical bench
- 80 cm diameter of primary mirror aperture (the mirrors are lightweighted)
- All mirrors (5) are of Zerodur design
- Focal length = 8.6 m
- F number = f/11.5

Swath width

12 km (at nadir)

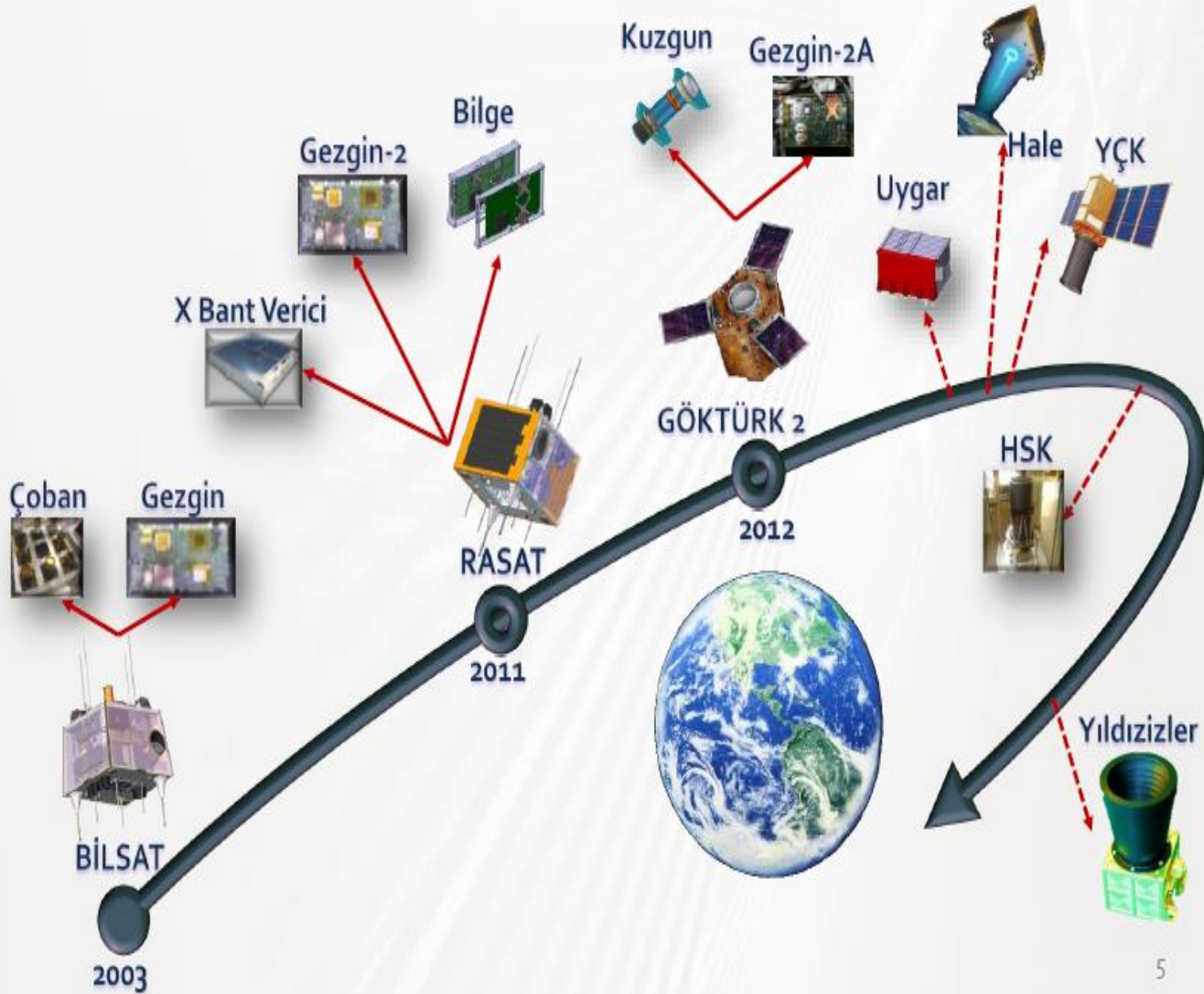
Pan CCD detector module

- Line array of 24,000 pixels consisting of 2 stacks of 12 k pixels each
- TDI (Time Delay Integration), up to 64 TDI in 4 stages
- Pixel pitch = 8.75 μm
- Source data rate = 16 x 15 Mpixel/s (or 3.84 Gbit/s)

MS CCD detector module

- Line array of 6,000 pixels, provision of 8 stacks, TDI capability
- Pixel pitch = 2 x 17.5 μm
- Binning of MS pixels (MS pixels are 4 times longer than Pan pixels)
- Source data rate = 4 x 240 Mbit/s

TARİHÇE



UYDU SİSTEMLERİ

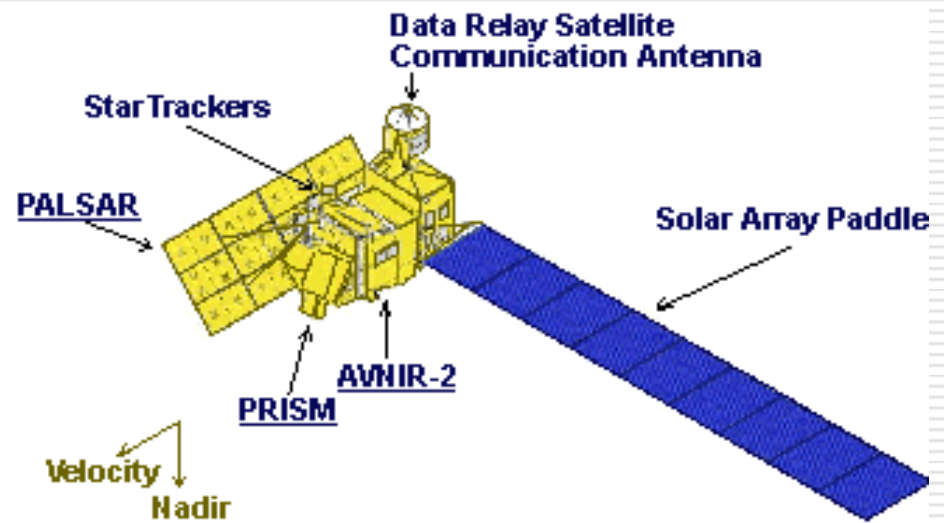
ALOS (Advanced Land Observing Satellite)

- ❑ **ALOS (Advanced Land Observing Satellite)** JAXA (Japon Uzay Ajansı) tarafından geliştirilen ALOS (Daichi) uydusu, J-ERS ve ADEOS uydularından sonra bu teknolojilerin daha da geliştirilerek uygulandığı bir uydudur. Bu uydunun üzerinde üç farklı sensör bulunmaktadır.
- ❑ **PALSAR** (Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar) Palsar, L-Band SAR (Yapay Açıklıklı Radar) sensörü , gece veya gündüz her türlü hava koşulunda, 10 ila 100m mekansal çözünürlüklü görüntüler sağlayabilmektedir.
- ❑ **PRSM** (Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping)
Prism, üç adet (öne, nadir ve arkaya yönlendirmeli) 2.5 m mekansal çözünürlüğe sahip pankromatik teleskoptan oluşan, stereoskopik görüntüleme sistemidir.
- ❑ **AVNIR-2** (Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type 2)
AVNIR-2, sensörü 10m mekansal çözünürlüğe ve dört spektral kanala (görünür ve yakınkızıl ötesi dalga boylarında) sahip olup, kara ve kıyı alanlarını gözlemlemek için dizayn edilmiş radyometredir.

UYDU SİSTEMLERİ

ALOS (Advanced Land Observing Satellite)

- Satellite) • Sahibi:** JAXA (Japon Uzay Ajansı)
- Yörüngeye Atılış tarihi:** 24 Ocak 2006
- Testlerin Bitişi:** 23 Ekim 2006
- Dizayn Ömrü:** 3-5 yıl
Ağırlık: Yaklaşık 4 ton
- Yörünge:** Güneş-uyumlu(Sun-synchronous sub-recurrent)
- Uçuş Yüksekliği:** 691.65 Km (ekvator'da)
- Eğim:** 98.16o
- Veri Transfer Hızı:** 240 Mbbs (Data Relay Technology Satellite yolu ile) 120 Mbbs (Doğrudan Transfer ile)
- Yörünge Tekrarı:** 46 Gün
- Kayıt Kapasitesi:** 90Gbytes



UYDU SİSTEMLERİ

Görüntülerin Özellikleri

□ Spektral Ayırma Gücü-

Nesnelerin ve arazi türlerinin uzaktan algılama yolu ile ayırt edilebilmelerinin en önemli nedeni spektral özelliklerinin değişiklik göstermesidir.

- Algılayıcılar bu değişimleri fark edecek şekilde tasarlanır
- Her spektral aralık elektromanyetik spektrumun bir bölgesine duyarlıdır

UYDU SİSTEMLERİ-Görüntülerin Özellikleri

Radyometrik Ayırma Gücü

- Bir piksele ait yayın şiddeti (amplitude)
- Ayırma gücü sayısal olarak bit cinsinden ifade edilir 2^8 , 2^{11} , 2^{16}

$$2^8 = 256 [0-255]$$

$$2^{11} = 2048 [0-2047]$$

$$2^{16} = 65536 [0-65535]$$

UYDU SİSTEMLERİ-Görüntülerin Özellikleri

□ Zamansal Ayırma Gücü

- Uydunun aynı bölgeden arka arkaya geçişi arasındaki süre
- Bazı uygulamalar için görüntülerin alınma aralığı önem taşır

Tarım alanlarının izlenmesinde : Gün

Kent alanlarının bümesinin izlenmesinde : Yıl

UYDU SİSTEMLERİ-Görüntülerin Özellikleri

□ Yersel Ayırma Gücü

- Piksel büyüklüğü

- $2\sqrt{2} \sim 3$ piksel

- LANDSAT 30 x30

- SPOT 20m x 20m / pan 10m x 10m

- IKONOS 4m x 4m / pan 1m x 1m

- QUICKBIRD 60 cm x 60cm

Bir Landsat görüntüsünde 450 hektar alan kaç piksel ile örtülür?

□ Landsat 30mx 30 m

- $450 \times 10000 = 4500000 \text{ m}^2$
- $30 \times 30 = 900 \text{ m}^2$
- $4500000 / 900 = 5000 \text{ piksel}$

$\sim 71 \times 71$

Bir SPOT görüntüsünde 450 hektar alan kaç piksel ile örtülür?

□ SPOT 20 m x 20 m

■ $450 \times 10000 = 4500000 \text{ m}^2$

■ $20 \times 20 = 400 \text{ m}^2$

■ $4500000 / 400 = 11250$ piksel

□ SPOT pankromatik 10 m x 10 m

■ $10 \times 10 = 100 \text{ m}^2$

■ $4500000 / 100 = 45000$ piksel

Bir IKONOS görüntüsünde 450 hektar alan kaç piksel ile örtülür?

☐ IKONOS 4m x 4m

- $450 \times 10000 = 4500000 \text{m}^2$
- $4 \times 4 = 16 \text{m}^2$
- $4500000 / 16 = 281250 \text{ pikse}$

☐ IKONOS pankromatik 1m x 1m

- $1 \times 1 = 1 \text{m}^2$
- $4500000 / 1 = 4500000 \text{ piksel}$

Bir QUICKBIRD görüntüsünde 450 hektar alan kaç piksel ile örtülür?

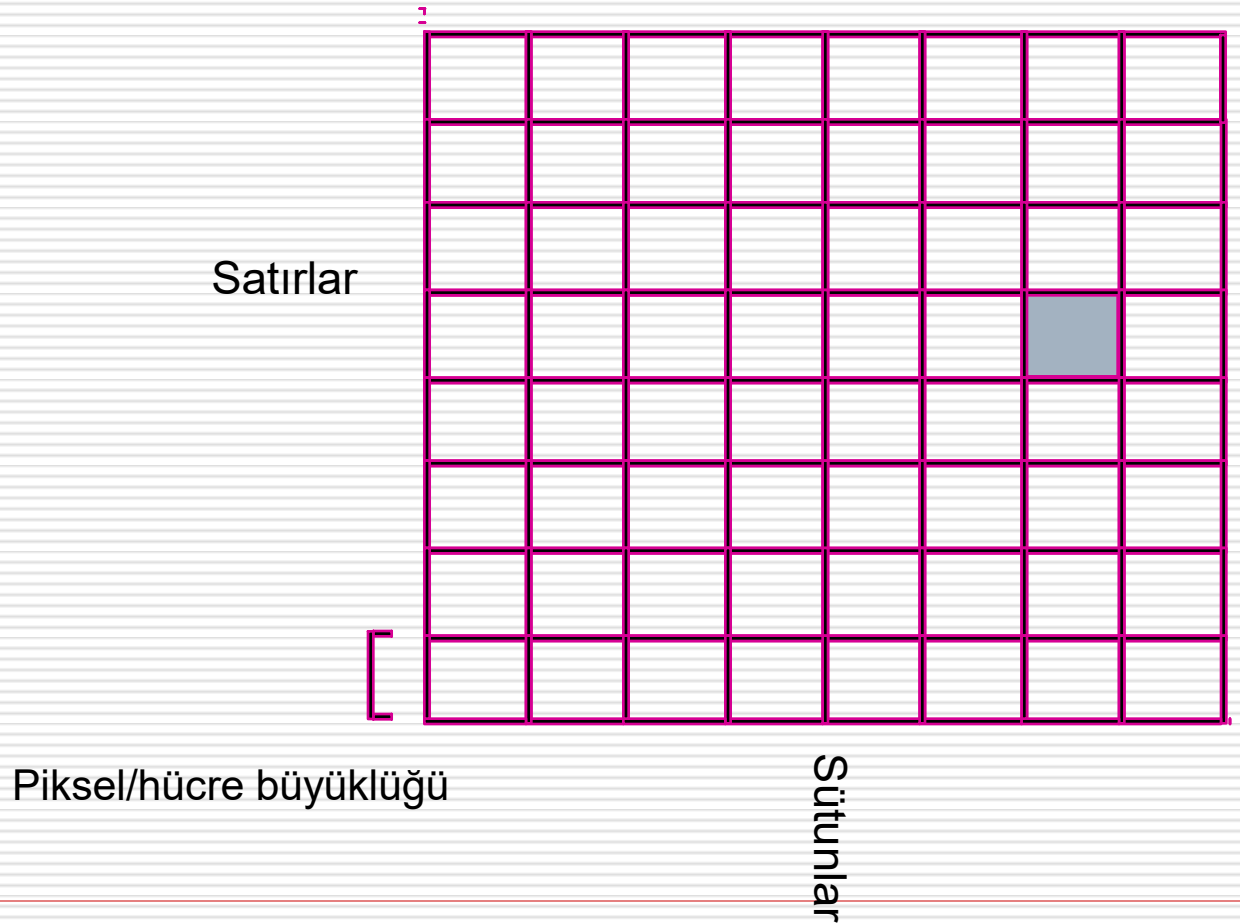
□ QUICKBIRD 60cm x 60cm

■ $450 \times 10000 = 4500000 \text{ m}^2$

■ $60 \times 60 = 3600 \text{ cm}^2 = 0.36 \text{ m}^2$

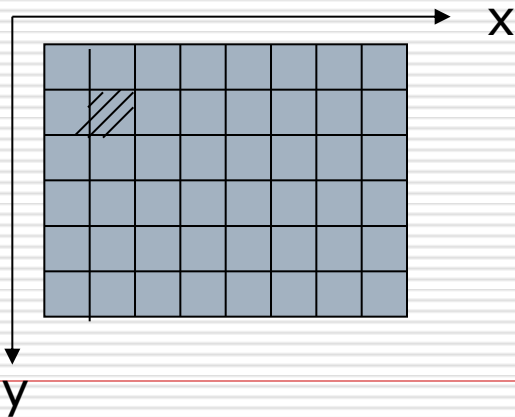
■ $4500000 / 0.36 = 12500000 \text{ piksel}$

Piksel ?



Piksel ?

- ❑ görüntüyü oluşturan en küçük anlamlı eleman
- ❑ koordinatı ve her bir piksel alanına karşılık gelen gri değeri vardır
- ❑ matris olarak ifade edilir



$$0 \leq g_{ij} \leq 255$$

GÖRÜNTÜ İŞLEME

- Radyometrik Düzeltme
 - Tarayıcının geometrisine bağlı olmaksızın verilerdeki sistematik hataların giderilmesi
- Geometrik Düzeltme
 - Görüntüyü bir harita veya bir bilgi tabanı ile birleştirme

GÖRÜNTÜ İŞLEME

☐ Görüntü Zenginleştirme

- Görüntüyü gözle yoruma daha uygun hale getirme-
 - Kontrast arttırma
 - Filtreleme

☐ Sınıflandırma

Bir dizi karar verme işlemidir. Görüntü herbiri belirli bir bilgiyi taşıyan özel ve birbirinden farklı sınıflara ayrılır.

- Kontrollü sınıflandırma
- Kontrolsüz sınıflandırma

☐ CBS ile entegrasyonu

GÖRÜNTÜ İŞLEME

ÖN İŞLEME

- Bir görüntü elde edilirken geometrisinde ve piksel gri değerlerinde bazı sistematik karakterli geometrik ve/veya radyometrik hatalar oluşabilir.
 - Algılayıcı, uydu platformu ve yeryüzü karakteristiklerine bağlı olarak oluşan hatalar ***geometrik hatalardır.***
 - Algılayıcı, ışımanın dalga boyu, atmosfer ve topoğrafik etkiler sonucu gri değerlerinde oluşan hatalar ***radyometrik hatalar*** olarak adlandırılır. Sayısal görüntünün yorumlanmasında veya bilgisayarla analizinde istenen seviyede doğru sonuçlar elde edebilmek için geometrik ve radyometrik hataların olabildiğince düzeltilmeleri gerekir.
- Ön işleme olarak adlandırılan bu aşamada görüntü verisinden sözü edilen sistematik hatalar uygun fiziksel ve matematiksel yaklaşımlarla giderilmeye çalışılır ve iki aşamada gerçekleştirilir:
 1. Radyometrik düzeltme: Ölçülen sinyalin kalibrasyonu.
 2. Geometrik düzeltme: Görüntünün ait olduğu gerçek yüzey konumundan dolayı oluşan hataların düzeltilmesi.

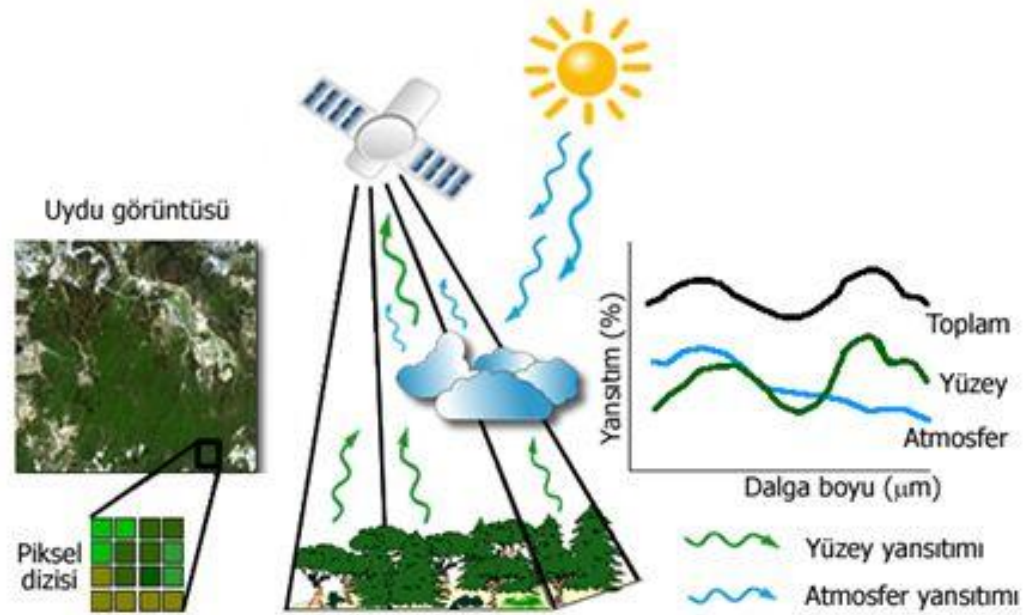
ÖN İŞLEME-Radyometrik Düzeltme

- ❑ Kısmen atmosferik olayların ve atmosferin fiziksel ve kimyasal yapısının etkisinden
ve
- ❑ çoğunluk olarak da arazi yüzeyinden, dünyanın yuvarlak şeklinden kaynaklanan *aydınlattma ve yansıtma* anormallikleri sonucu oluşan

hatalı piksel değerlerinin düzeltilmesi amacıyla uygulanan matematiksel yöntemlerdir.

ÖN İŞLEME-Radyometrik Düzeltme

- ❑ Elektromanyetik ışınım atmosferden geçerken etkileşimde bulunur ve saçılır.
- ❑ Saçılma sonucu güneşten gelen toplam ışınım miktarında azalma olur, benzer şekilde hedeften algılayıcıya gelen yansıtım da atmosferden geçerken saçılır ve yansıtım miktarında değişim gözlenir.
- ❑ Atmosferin uzaktan algılanmış verilere olan bu etkisini gidermek için atmosferin etkisinin giderilmesi/minimuma indirilmesi gereklidir



ÖN İŞLEME-Radyometrik Düzeltme

Radyometrik düzeltme işlemi neden yapılır;

- ❑ görüntüde aydınlanma ve bakış geometrisindeki farklılıklar
- ❑ atmosferik etkiler ve algılayıcı kaynaklı gürültü gibi hatalarının giderilmesi için yapılır.

bu etkenler;

- ❑ seçilen algılayıcı türü
- ❑ platform ile veri alımı boyunca atmosferin durumuna göre değişmektedir.

ÖN İŞLEME-Radyometrik Düzeltme

Radyometrik düzeltme işlemi neden yapılır;

- ❑ Radyometrik düzeltme aynı zamanda farklı algılayıcı ve farklı tarihlerde algılanmış verilerin karşılaştırılmasına yönelik, bu verilerin bilinen mutlak ışınlam veya yansıtma birimlerine dönüştürülmesi için de gerekli bir işlem adımıdır.
- ❑ Optik algılayıcılarda aydınlanma ve bakış geometrisindeki farklılıklar, görüntülenen yeryüzü, güneş ve algılayıcı arasındaki geometrik ilişkileri ve uzaklığı göz önüne alan farklı modeller ile düzeltilmektedir. Özellikle farklı algılayıcılardan farklı tarihlerde veya mevsimlerde alınmış uydu görüntülerini karşılaştırmak veya bölgenin mozaığının oluşturulmasına yönelik aynı algılayıcıdan alınan birçok görüntü arasında homojen aydınlanma sağlamak amacıyla bu işlem yapılmalıdır.

ÖN İŞLEME-Radyometrik Düzeltme

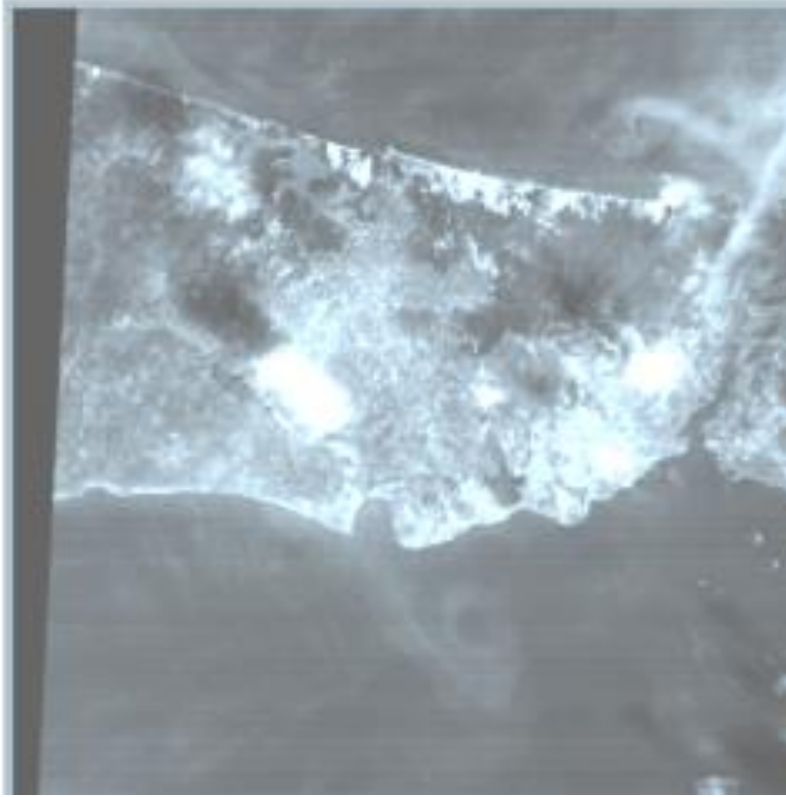
- ❑ Herhangi bir algılayıcı sistem tarafından ölçülen *ışınırılık*,
 - ❑ aydınlanma geometrisindeki,
 - ❑ atmosferik koşullardaki,
 - ❑ bakış geometrisindeki ve
 - ❑ algılayıcı karakteristiklerindekideğişimlerden etkilenir
 - ❑ Genellikle bu etkilerin düzeltilmesi algılayıcı sisteme ve uygulama çeşidine bağlı olarak farklılık gösterir.
 - Örneğin bakış geometrisi gibi etkiler uçak-bazlı sistemlerde uydu sistemlerine göre çok daha önemli bir etkiye sahiptir.
-

ÖN İŞLEME-Radyometrik Düzeltme

- Spektrumun görünür ve kızıl ötesi bölgelerinde kullanılan pasif algılama sistemlerinde belirgin radyometrik düzeltme aşamaları dört adımda incelenebilir;
 1. Algılayıcı kalibrasyonu,
 2. Atmosferik düzeltme,
 3. Topoğrafik düzeltme ve
 4. Güneş'in açısal yüksekliği ve yeryüzüne olan uzaklığına bağlı düzeltme olarak
-

ÖN İŞLEME-Radyometrik Düzeltme

*Atmosferin farklı tarihlerdeki görüntüye etkisi.
(a) Landsat TM, Band 1 - 10 Şubat 1983. (b) Landsat TM, Band 1 - 12 Haziran 1984.*



ÖN İŞLEME-Radyometrik Düzeltme

1 Algılayıcı Kalibrasyonu

- ❑ Uydu görüntüsündeki piksel yansıtım değerleri algılayıcıya gelen ışınlılık değerlerine dönüştürülür. Bu dönüşüm özellikle farklı zamanlarda farklı algılayıcılar tarafından ölçülen objelerin yansıtımlarındaki değişimlerin analizinde ve parlaklık değerlerinin yeryüzünde yapılan sayısal ölçümlerle ilişkilendirilmesi (örneğin su kalitesi ile ilgili ölçümler) için gerekli olan matematiksel modellerin geliştirilmesinde kullanılır.
- ❑ Algılayıcılardaki her bir bant için gelen ışınlılık değerini piksel parlaklık/gri değerine dönüştüren farklı bir çıkış fonksiyonu (***kalibrasyon parametreleri***) vardır. Bu fonksiyonların özellikleri, algılayıcı platformundaki kalibrasyon lambalarıyla veya Güneş'e yapılan periyodik gözlemlerle sürekli kontrol edilir. Bu şekilde platform üzerindeki ölçmelerle sürekli kontrol edilen ve güncellenen kalibrasyon verileri kullanıcılara işletmeci firma tarafından sağlanır.

ÖN İŞLEME-Radyometrik Düzeltme

1 Algılayıcı Kalibrasyonu

- Genellikle algılayıcılar gelen enerjiye lineer bir tepki verecek şekilde tasarlanırlar.
- Algılayıcıya gelen ışınlılıkla piksellere atanan gri değerleri (DN) arasındaki ilişki, platformdaki iç kalibrasyon standartlarının spektral ışınlılık değerlerinden lineer regresyon analiziyle bulunur, örn.;

- Landsat TM için; $R_{ölçülen} = A_i * DN + B_i$

- SPOT HRV için; $R_{ölçülen} = DN / A_i$

$R_{ölçülen}$ = ölçülen ışınlılık

A_i = i bantı için kalibrasyon kazancı

B_i = i bantı için kalibrasyon ötelemesi

A ve B değerleri literatürden veya görüntü destek dosyalarından bulunabilir.

ÖN İŞLEME-Radyometrik Düzeltme

2 Atmosferik Düzeltme

- Atmosfer, Güneş ışınırılığı ve algılayıcının ölçtüğü ışınırılık arasında karmaşık bir ilişki oluşturur.
 - Temel olarak atmosfer gelen enerjiyi yutar ve/veya saçar.
 - Optik bölgede uzaktan algılama sistemleri ile elde edilen enerji, yeryüzünden yansıyan ve/veya yayılan enerjiyle atmosferin yaydığı ve/veya saçtığı enerjinin karışımıdır
 - Diğer bir ifade ile algılayıcının birim zamanda birim alandan algıladığı enerji (ışınırılık); birim zamanda birim alana gelen enerjinin (birim ışınırılık), hedef yansıtımının, atmosferin saçtığı enerjinin ve atmosferik yutulmanın bir fonksiyonudur.
-

ÖN İŞLEME-Radyometrik Düzeltme

2 Atmosferik Düzeltme

- Görüntüdeki her bir piksel değerinin fonksiyonu olan algılayıcı ışınlılığı matematiksel olarak;

$$R_{\text{ölçülen}} = \frac{\rho \cdot E \cdot T}{\pi} + L_p$$

Burada;

$R_{\text{ölçülen}}$ = algılayıcının ölçtüğü toplam spektral ışınlılık,

ρ = algılanan yer yüzeyinin yansıtımı,

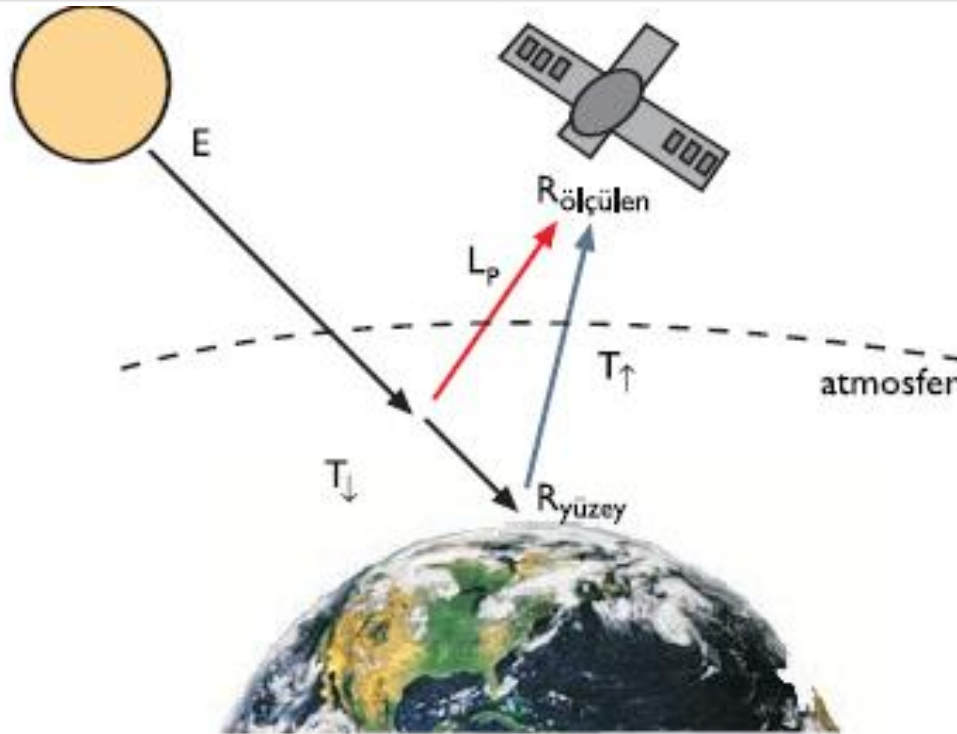
E = birim zamanda yer yüzeyinin birim alanına gelen enerji (birim ışınlılık),

T = atmosferin geçirimi (gelen enerji miktarının atmosfer olmaması durumunda yeryüzüne gelecek olan enerji miktarına oranı),

L_p = atmosferik yol ışınlılığı matematiksel olarak

Ön İşleme-Radyometrik Düzeltme

2 Atmosferik Düzeltme



Atmosferin ölçülen ışıma rlığı etkisi.

$$R_{ölçülen} = \frac{\rho \cdot E \cdot T}{\pi} + L_p$$

ÖN İŞLEME-Radyometrik Düzeltme

2 Atmosferik Düzeltme

- Atmosferik etkilerin giderilmesinde kullanılan radyometrik düzeltme üç farklı şekilde yapılmaktadır:
 1. Uydu algılayıcısı, atmosfer ve hedef arasındaki ilişkiyi ve etkileşimleri modelleyen fiziksel metotlar kullanılır. Atmosferik düzeltmelerin fiziksel olarak modellendiği bu yaklaşım en sağlam ve tutarlı ancak en zor yaklaşımdır.
 - En yaygın kullanılan modeller 5S, 6S, LOWTRAN, MODTRAN, FLAASH, ATCOR2 ve ATCOR3 modelleridir.
 - Bu simülasyonlar meteorolojik, mevsimsel ve coğrafik değişkenleri girdi olarak alırlar. Pratikte bu değişkenler için yeterli zamansal ve mekânsal çözünürlükte değerler elde edilemez ve özellikle atmosferik aerosollerin dağılımının tahmini zordur. Bu yaklaşımlarda Güneş birim ışınlılığı, Güneş ile Dünya arasındaki uzaklığın değişimine bağlı olarak normalize edilir.
 2. Atmosferik düzeltmeler, yansıtımı bilinen doğal veya yapay yeryüzü hedeflerine dayalı olarak yapılır. Yansıtım özellikleri çok iyi bilinen, yeterli çözünürlüğe sahip ve görüntü alanına iyi dağılmış hedef objeleri atmosferik koşulların konumdan konuma olan değişimlerinin belirlenmesinde etkin olarak kullanılabilir.
-

ÖN İŞLEME-Radyometrik Düzeltme

Atmosferik Düzeltme

3. En kolay ve en yaygın kullanılan atmosferik düzeltme yöntemi **“koyu piksel çıkartımı”** yöntemidir.
- Bu yöntemde herhangi bir spektral bant için bir minimum parlaklık değeri (DN) belirlenir ve bu değere göre görüntü histogramı ötelenir. Yani belirlenen değer görüntüdeki bütün piksellerin yansıtım değerlerinden çıkartılır.
 - Bu yöntemde ilgili spektral bant için bazı piksellerin sıfır yansıtım değerine sahip olması gerekliliği kabul edilir.
 - Böylece bu pikseller için ölçülen ışınlılığın (L_p) atmosferik saçılma sonucu oluştuğu ve konumdan konuma değişmediği kabulü yapılır. Genellikle optik veriler için gölge alanlar ve kızıl ötesi bantlar için temiz derin su kütleleri hedef olarak seçilir.
 - Ancak bu yöntem oldukça kaba bir yaklaşımdır ve daha çok pratik amaçlar için kolay ve uygulanabilir bir yöntemdir.

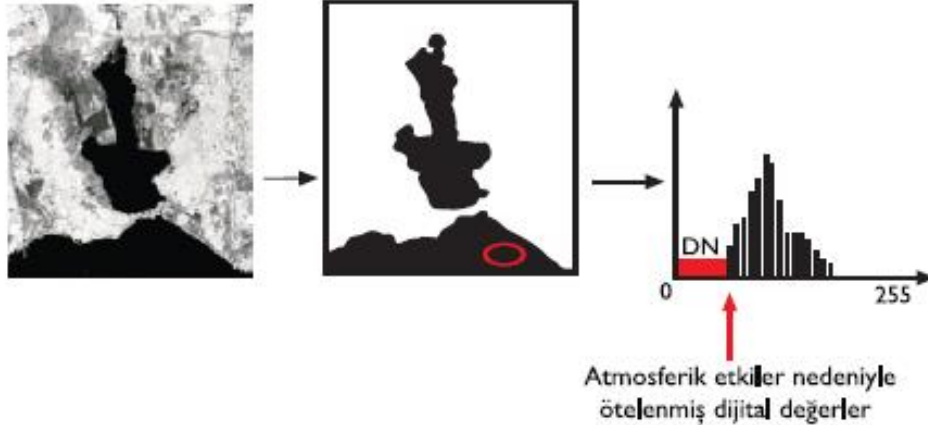
ÖN İŞLEME-Radyometrik Düzeltme

2 Atmosferik Düzeltme

Genellikle optik veriler için gölge alanlar ve kızıl ötesi bantlar için temiz derin su kütleleri hedef olarak seçilir.

Şekilde İstanbul, Büyükçekmece bölgesine ait Landsat TM uydu verisinde kızıl ötesi bantta su cismi hedef olarak seçilerek görüntü histogramı incelenmiş ve ***su cismine ait piksellerin sıfır yansıtım değerine*** sahip olması gerekliliğinden yola çıkılarak atmosferin etkisi belirlenmiştir. Ancak bu yöntem oldukça kaba bir yaklaşımdır ve daha çok pratik amaçlar için kolay ve uygulanabilir bir yöntemdir

*Koyu piksel
çıkartımı yöntemi.*



ÖN İŞLEME-Radyometrik Düzeltme

₃ Topoğrafik Düzeltme

- Topoğrafik düzeltme adımı, topoğrafik değişimlere bağlı olarak oluşan sinyal farklılıkları normalize edilir. Bu amaçla en yaygın kullanılan yöntem **“bant oranlaması”** dır.
 - Örneğin, Landsat TM için 5. bandın 4. banda oranı gibi.
 - Yansıtım, topoğrafyaya bağlı olarak aynı cisim için farklılık gösterse de iki bandın birbirine olan oranı aynı olacaktır. Oldukça basit olan bu yöntem topoğrafik etkiyi kısmen gidermektedir.
-

ÖN İŞLEME-Radyometrik Düzeltme

3 Topoğrafik Düzeltme

- ***Diğer bir yaklaşım, yüzeyin Lambert yüzeyi olduğu kabulüyle***, dalga boyunun sabit olduğu ve atmosferik etkileşimlerin olmadığı kabul edilerek, yansıtımdaki değişimin lokal geliş açısından kaynaklanması durumudur. Bu durumda algılayıcıya gelen ışınlılık aşağıdaki eşitlik ile normalize edilir:

$$R_{\theta} = \frac{R_{\text{ölçülen}}}{\cos \theta_i}$$

$R_{\text{ölçülen}}$ algılayıcıya gelen ışınlılık
 R_{θ} topoğrafik farklılıklar için normalize edilmiş ışınlılık değeridir.
 θ_i *lokal geliş açısı, Güneş ışınlılık yolu ile lokal yüzey normali arasındaki açıdır.*

- Yüzeyin Lambert olmaması durumunda düzeltme işlemi oldukça karmaşılaşır
- Yapılan uygulamalara göre, eğer yüzey eğim açısı 25° den küçükse ve etkin aydınlanma açısı yaklaşık 45° ise, yüzeyin Lambert yüzeyi olarak kabul edilmesi daha uygun bir yaklaşım olacaktır.

ÖN İŞLEME-Radyometrik Düzeltme

4 Güneş'in Açısal Yüksekliğine ve Yeryüzüne Olan Uzaklığına Bağlı Düzeltme

- Bazı durumlarda farklı optik görüntülerin karşılaştırılabilirmeleri için aydınlanma geometrilerindeki farklılıkların standartlaştırılması (normalize edilmesi) gerekir.
- Yüzeyin Lambert yüzeyi, dalga boyunun sabit olduğu ve atmosferik etkileşimlerin olmadığı kabul edilerek yansıtımdaki değişimin Güneş'in açısal yüksekliğine bağlı olduğu durumda algılayıcıya gelen ışınırılık aşağıdaki eşitlik ile normalize edilir:

$$R_0 = \frac{R_{\text{ölçülen}}}{\sin \alpha}$$

- $R_{\text{ölçülen}}$ algılayıcıya gelen ışınırılık
- R_0 aydınlanma geometrilerindeki farklılıklar için normalize edilmiş ışınırılık değeridir.
- α Güneş'in açısal yüksekliği olup görüntünün karşılık geldiği coğrafi konuma, mevsime ve zamana bağlıdır.

ÖN İŞLEME-Radyometrik Düzeltme

4 Güneş'in Açısal Yüksekliğine ve Yeryüzüne Olan Uzaklığına Bağlı Düzeltme

- Diğer bir deyişle, bu açı Güneş ışınlarının atmosferde kat ettiği uzaklık ile ilişkilidir,
 - örn., dik Güneş açısı daha kısa atmosferik yolu belirtir. Bu bağlamda, yukarıda belirtilen basit normalize işleminde Güneş ışınlarının yeryüzüne olan farklı uzaklıkları da dikkate alınarak ortak bir düzeltme yapılır.
- Güneş'in birim ışınırılığı, Dünya – Güneş uzaklığının karesiyle ters orantılı olarak azalır. Bu mesafe genellikle "astronomik birimle" ifade edilir.
- ***Astronomik birim, Dünya'nın Güneş etrafındaki eliptik yörüngesinin*** büyük ekseninin yarısı olan 1.496×10^{11} metredir. Yüzeyin bir Lambert yüzeyi olduğu kabul edilirse yüzeydeki algılayıcıya doğru olan ışınırılık değeri aşağıdaki eşitlikle ifade edilebilir:

ÖN İŞLEME-Radyometrik Düzeltme

4 Güneş'in Açısal Yüksekliğine ve Yeryüzüne Olan Uzaklığına Bağlı Düzeltme

$$R = \frac{E_0 \rho}{\pi d^2} \cos \theta$$

E_0

1 astronomik birim uzaklığındaki
Güneş'in atmosfer dışındaki birim ışınlılığı.

θ

Güneş ile algılanan cisim arasındaki gerçek
astronomik uzaklık

ρ

yer yüzeyinin etkin yansıtımı

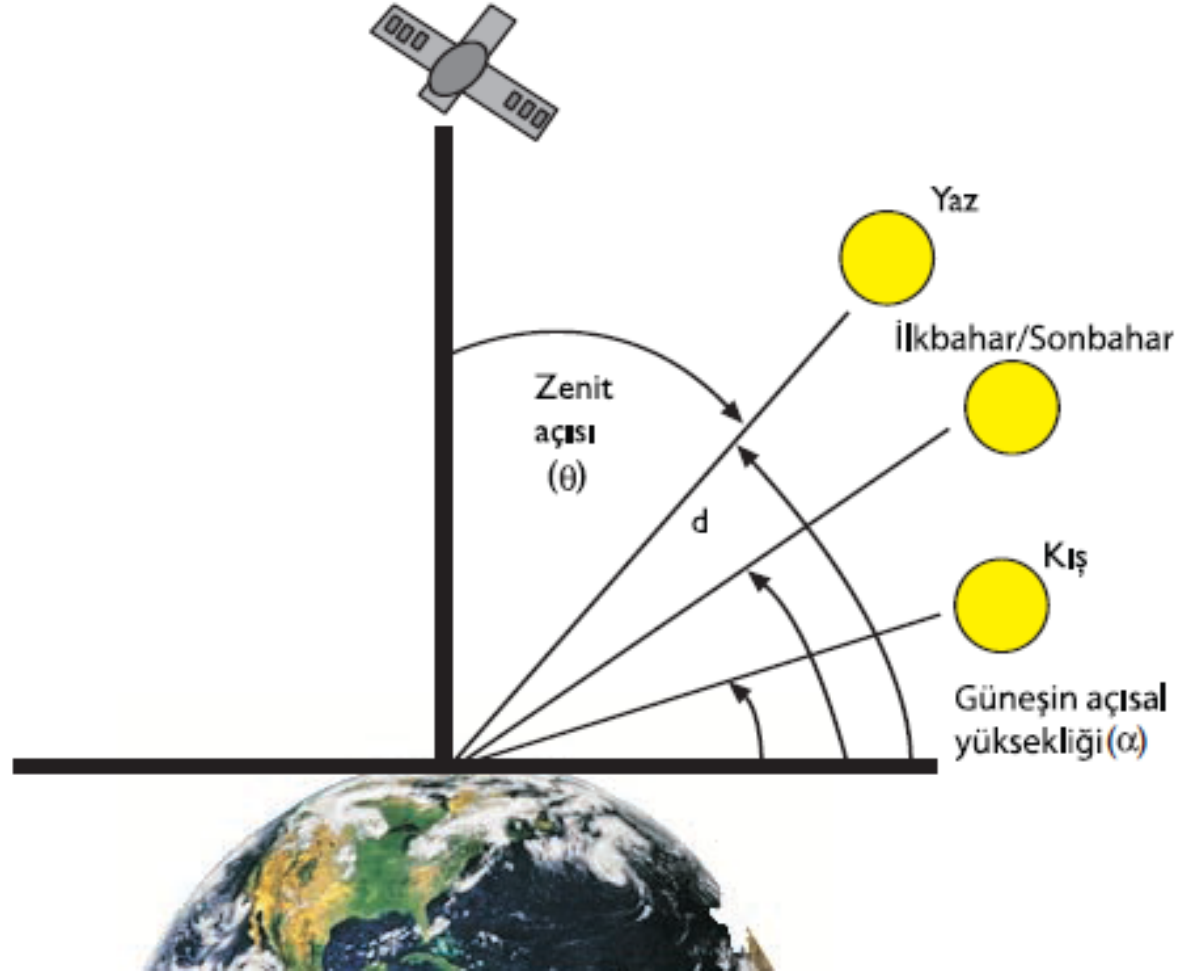
Bu düzeltme işleminde, algılayıcının nadir doğrultusunun görüntülenen yatay yüzeyin normal doğrultusuyla çakışık olduğu ve Güneş'in bu yüzeyi " d " mesafeden θ zenit açısıyla aydınlattığı kabul edilir. Buna göre farklı aydınlanma koşulları altında elde edilen görüntü verisi Güneş'in zenitte olduğu varsayımıyla normalize edilir.

Aslında daha gerçekçi bir yaklaşım, ölçülen ışınlılığın Güneş'in lokal geliş açısıyla (Güneş'in lokal zenit açısı) normalize edildiği durumdur.

Ön İşleme-Radyometrik Düzeltme

Güneş'in Açısal Yüksekliğine ve Yeryüzüne Olan Uzaklığına Bağlı Düzeltme

Güneş'in açısal yüksekliğine ve yeryüzüne olan uzaklığına bağlı aydınlanma geometrisi.



Lambert yüzeyi, gelen enerjiyi her doğrultuda uniform yansıtan bir yüzeydir.

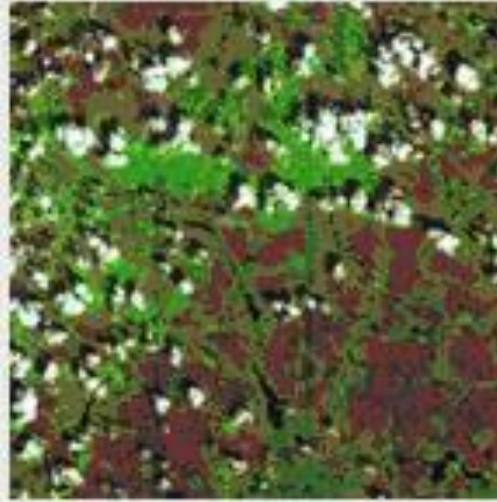
Daha teknik bir ifade ile;

yüzeyden olan ışınırılık difüz yansıtıma bağlı olarak izotropik (eş yönlü) tir. Örneğin, cilasız bir ahşap yüzey yaklaşık Lambert yüzeyi iken cilalandıktan sonra değişik noktalarda oluşan speküler yansımaya bağlı olarak Lambert yüzeyi değildir. Tüm kaba dokulu yüzeyler ideal Lambert yüzeyi olmamasına rağmen bu kabul, yüzey özelliklerinin bilinmediği durumlar için geçerli bir yaklaşımdır.

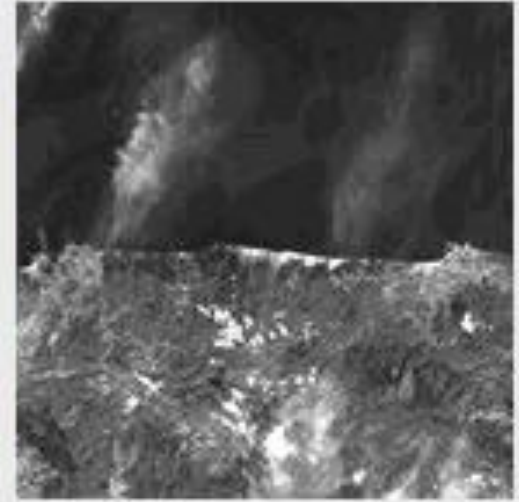
RADYOMETRİK DÜZELTME



(1)



(2)

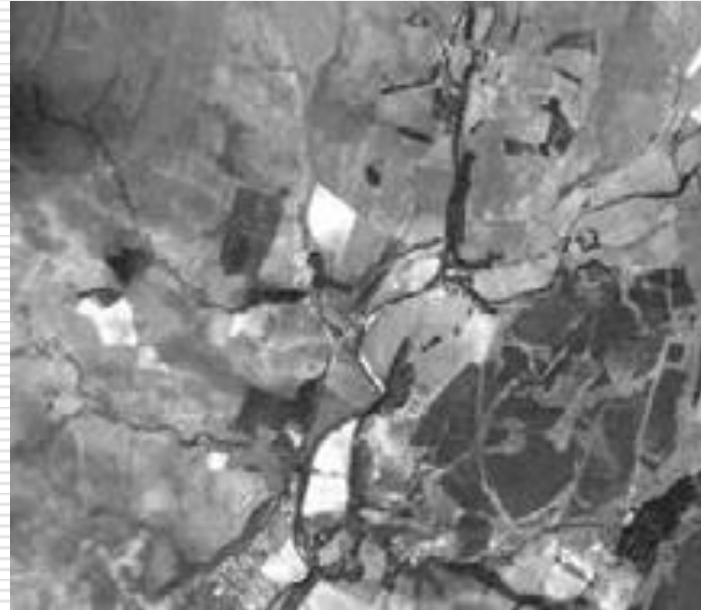


(3)

- (1) Algılayıcı kaynaklı radyometrik hata
- (2) Bulut etkisi
- (3) Sis etkisi görülmektedir.



Atmosferik Düzeltme Öncesi



Atmosferik Düzeltme Sonrası







GEOMETRİK DÖNÜŞÜM-Rektifikasyon

- Haritalar, belirli matematiksel kartografik ve jeodezik projeksiyon kurallarına göre düzlem bir altlık üzerine izdüşürülen ve her noktasında uniform ölçeğe sahip olan yeryüzünün gösterimidirler.
 - Dijital görüntüler, değişik sebeplerden kaynaklanan geometrik distorsiyonlardan dolayı doğrudan harita gibi kullanılamazlar.
-

GEOMETRİK DÖNÜŞÜM-Rektifikasyon

- ❑ Diğer bir ifade ile görüntüyü oluşturan piksellerin temsil ettikleri coğrafi alanların arasındaki uzaklıklar, görüntüde uniform olmayan bir şekilde hatalı olarak gösterilir.
 - ❑ Bunun sonucu cisimlerin ***şekil, büyüklük ve konum*** gibi özellikleri görüntü düzleminde bozulur. Uydu görüntü verilerinin bu distorsiyonlar için düzeltilerek bir harita projeksiyon sistemiyle tutarlı hale getirilmesi işlemine **“rektifikasyon” adı verilir.**
-

GEOMETRİK DÖNÜŞÜM

- Geometrik olarak düzeltme getirilmemiş uzaktan algılama verilerinin üzerinde yeryüzü koordinatları bulunmaz.
- Bu nedenle yer yüzeyinde konuma dayalı üretilen bilgilerle veri entegrasyonunun sağlanması için bu verilerin yeryüzünü tanımlayan bir projeksiyon sisteminde koordinatlandırılması gereklidir.

GEOMETRİK DÖNÜŞÜM

Hangi amaçlar için geometrik doğruluk önemlidir?

- Uzaktan algılama verilerinin harita amaçlı kullanımında
- Raster-vektör verilerinin entegrasyonunda
- Farklı uydu verilerinin birleştirilmesinde
- Coğrafi konumun önem taşıdığı çalışmalarda
- Coğrafi Bilgi Sistemleri için veri tabanı hazırlanacak ise
- Doğru uzunluk ve alan ölçmelerinin belirlenmesinde
- Sınıflandırmada harita koordinatlarına göre test alanlarının belirlenmesinde vs. (Kaya, vd. 2002).

GEOMETRİK DÖNÜŞÜM

- ❑ Orijinal uydu görüntüleri, genelde geometrik distorsiyonları içerdiğinden ve bir projeksiyon düzleminde kaydedilemediğinden dolayı harita amaçlı kullanılamazlar.
- ❑ Amaç, haritanın geometrik özelliklerine sahip uydu verilerini bir projeksiyon sisteminde elde etmektir [Sunar ve Kaya,1996].

GEOMETRİK DÖNÜŞÜM

- ❑ Orijinal uydu görüntüleri, genelde geometrik distorsiyonları (sistemik veya sistematik olmayan) içerdiğinden harita amaçlı kullanılmazlar.
Bu distorsiyonlar
 - ❑ yükseklikteki, konumdaki ve algılayıcı platformun hızındaki değişimlerden,
 - ❑ yeryüzü eğriliği
 - ❑ atmosferik kırılma gibi birçok etmenden kaynaklanmaktadır.
- ❑ Geometrik düzeltmenin amacı, bu faktörlerle oluşan distorsiyonları gidererek, düzeltilmiş dijital görüntünün haritanın geometrik entegrasyonuna sahip olmasını sağlamaktır.

Geometrik Dönüşüm-Rektifikasyon

- Rektifikasyon işlemi sonrasında piksellerin geometrik konumlarının yanı sıra radyometrik (parlaklık) değerleri de değişmektedir. Geometrik distorsiyonlar genel olarak aşağıda belirtilen faktörlerden kaynaklanmaktadır:
 - Bazı algılayıcıların geniş bakış alanı
 - Görüntü elde edilirken Dünya'nın dönüşü
 - Yeryüzü eğriselliği
 - Uydu platformunun konum, durum ve hızındaki değişimler
 - Görüntüleme geometrisiyle ilişkili panoramik etkiler
 - Topoğrafik rölyef etkisi
-

Geometrik Dönüşüm-Rektifikasyon

- Geometrik distorsiyonların görüntünün bütününde aynı anda giderilmesinde kullanılan genel olarak iki yaklaşım söz konusudur:
- *1. yaklaşım:* Görüntünün piksel piksel topoğrafik distorsiyonları düzeltilerek, harita gibi ortografik izdüşüm özelliğine sahip bir duruma getirilmesi işlemi olan **ortorektifikasyon** dur
 - sistematik bir yaklaşım
 - distorsiyon düzeltmeleri distorsiyonun türü ve büyüklüğünün modellenmesiyle hesaplanır. Bu yaklaşım distorsiyonun tipi (örn. uydu konumu, durumu, tarama açısı, Dünya'nın dönüşü, bakış oranı, panoramik etki, vb.) iyi karakterize edilebildiğinde çok etkili olmaktadır.
 - Topoğrafik rölyefe bağlı geometrik distorsiyonların düzeltilmesi için yeryüzünün **"Dijital Yükseklik Modeli"** gereklidir.

Geometrik Dönüşüm-Rektifikasyon

- *2. yaklaşım:* İkinci yaklaşımda distorsiyonlu görüntüdeki piksellerin koordinatları ile bunların karşılık geldiği arazideki koordinatları arasında (harita yardımıyla) matematiksel bağlantı kurulur.
 - distorsiyonun tipi ve kaynağı hakkında herhangi bir bilgiye gerek olmaksızın görüntü geometrisi düzeltilir.
 - platformdan bağımsız ve ilk etapta en çok tercih edilen bir yaklaşımdır.
 - Bu matematiksel ilişkilendirme yaklaşımı distorsiyonların fiziksel modellendiği birinci yaklaşımla birlikte hibrit (melez) olarak da kullanılabilir. Birinci yaklaşımla algılayıcı, uydu platformu ve yeryüzü kaynaklı distorsiyonlar düzeltildikten sonra geriye kalan artık distorsiyonlar ikinci yaklaşımla düzeltilebilir.
-

Geometrik Dönüşüm-Rektifikasyon

- Hangi yaklaşım kullanılırsa kullanılsın görüntülerin geometrik düzeltilmesinde genel olarak 3 aşamalı bir süreç uygulanır:
 1. Uygun matematiksel hata düzeltme modelinin seçimi
 2. Koordinat dönüşümü veya belirlenen modelin kullanımı
 3. Parlaklık değerlerinin yeniden örneklenmesi

- Distorsiyon tipinin modellenmediği ikinci yaklaşımda, koordinat dönüşüm modelleri iki eksen için ayrı ayrı elde edilir:

$$u = f(x, y)$$

$$v = g(x, y)$$

Geometrik Dönüşüm-Rektifikasyon

- En çok kullanılan dönüşüm modelleri polinom fonksiyonlardır.

- 1. dereceden tek değişkenli polinom:

$$f(x) = a_0 + a_1x$$

- 2. dereceden tek değişkenli polinom:

$$f(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2$$

- Görüntü iki boyutlu olduğu için dönüşüm modelleri de iki boyutlu olmak zorundadır. Dönüşüm modeli olarak kullanılacak iki değişkenli polinomun genel matematiksel eşitliğidir, burada;

$$u = \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^{N-i} a_{ij} x^i y^j \quad v = \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^{N-i} b_{ij} x^i y^j$$

N; polinomun derecesi

a ve b katsayıları; model parametreleri

Geometrik Dönüşüm-Rektifikasyon

- Hangi polinom derecesinin kullanılacağına dair fiziksel bir gerekçe yoktur.
 - Uçak platformlarına kıyasla daha stabil bir platformdan alınan uydu görüntüleri için bakışı alanının büyük ve topoğrafik rölyef etkisinin küçük olması durumunda genellikle 1. veya 2. dereceden polinomların kullanımı yeterlidir.
 - Özellikle sistem parametrelerine göre sistematik modellerle düzeltilmiş görüntülerin rektifikasyonunda 1. dereceden polinomlar uygundur.
-

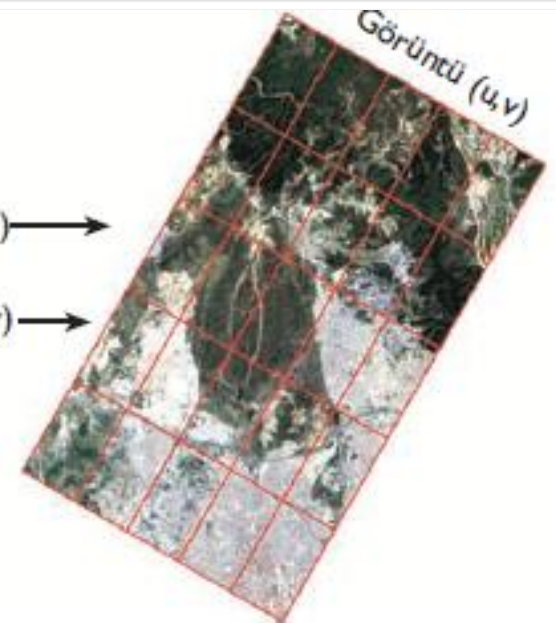
Geometrik Dönüşüm-Rektifikasyon

*Distorsiyonlu
görüntü
koordinatları ile
harita
koordinatları
arasındaki ilişki.*



$$u = f(x, y)$$

$$v = g(x, y)$$



GEOMETRİK DÖNÜŞÜM

Yer Kontrol Noktası (YKN/GCP)

- Görüntünün geometrik düzeltme işlemleri (geometric registration process) için görüntü üzerine iyi dağılmış yer kontrol noktaları belirlenir.
- Homojen dağılmış, konumu belirgin yer kontrol noktaları (GCP.ler) ile bu noktaların harita karşılıkları arasındaki matematiksel bağıntı kurularak giderilir [Richards,1993].
 - yol kesişimleri
 - farklı kıyı çizgisel özellikleri
 - keskin görünen detaylar

Geometrik Dönüşüm-Rektifikasyon

□ Polinomun derecesi ölçülmesi gereken en az YKN sayısını belirler.

- 1. dereceden polinom toplam 6 bilinmeyen ($a_0, a_1, a_2, b_0, b_1, b_2$)
- 2. dereceden dönüşüm için toplam 12 bilinmeyen model parametresi vardır.

Bunlara göre her bir YKN'nin u ve v görüntü koordinatları için iki ayrı eşitlik yazılabildiğinden 1. derece dö az 3 tane ve 2. derece dönüşüm için en az 6 tane YKN ölçülmelidir.

- Eğer bilinmeyen(model parametresi) sayısından daha fazla sayıda ölçü (YKN) varsa "En Küçük Kareler" yöntemi kullanılarak bilinmeyenlerin en olasılıklı değerleri hesaplanmalıdır. Dönüşümün doğruluğu;

- YKN sayısına,
- YKN dağılımına,
- Dönüştürülecek noktaların ağırlık merkezine olan uzaklıklarına bağlıdır.

GEOMETRİK DÖNÜŞÜM

- Yer koordinat sistemleri ile görüntü koordinat sistemleri arasındaki bağıntıyı sağlayan 1.derece lineer transformasyon eşitliklerinin matematiksel gösterimi

$$x = f1 (X,Y) \quad (1)$$

$$y = f2 (X,Y) \quad (2) \quad \text{ile ifade edilir.}$$

- $f1, f2$: Transformasyon fonksiyonları,
- x, y : Görüntü koordinatları (satır,sütun),
- X, Y : Yer koordinatları (Referans sisteminde)

Genel gösterimiyle t. dereceden bir polinom şöyle ifade edilir;

$$X = a_0 + a_1x + a_2y + a_3x^2 + a_4xy + \dots + a_n y^t \quad (3)$$

$$Y = b_0 + b_1x + b_2y + b_3x^2 + b_4xy + \dots + b_n y^t \quad (4)$$

GEOMETRİK DÖNÜŞÜM

KOH

- Dönüştürülen görüntü koordinatları ve buna karşılık gelen referans koordinatları arasındaki dönüşümün doğruluğunu test etmek için aynı noktanın konumları arasındaki uzaklık hesaplanır [Erdas Field Guide,1991]. Bu uzaklık Karesel Ortalama Hata (KOH) olarak adlandırılır.

GEOMETRİK DÖNÜŞÜM

KOH

$$R_X = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X^2} R_i$$
$$R_Y = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y^2} R_i$$
$$RMSE = \sqrt{R^2_x + R^2_y}$$

R_X, R_Y : x ve y yönlerindeki KOH.

RMSE: Karesel ortalama hata.

X_{Ri}, Y_{Ri} : i. yer kontrol noktasının düzeltme değeri.

n: yer kontrol noktası sayısı.

GEOMETRİK DÖNÜŞÜM

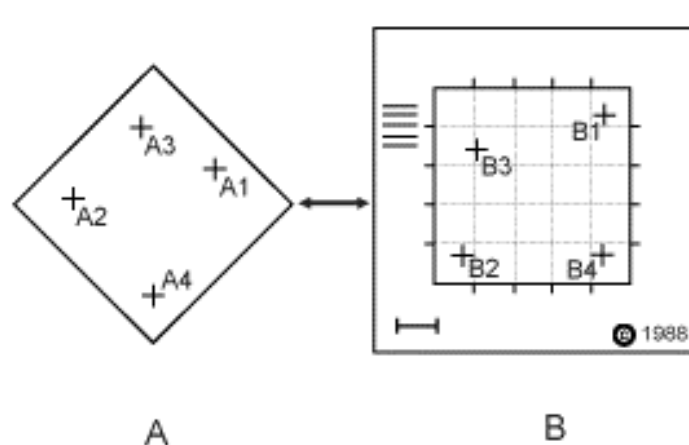
- Uzaktan algılama verilerinin geometrik dönüşümünde maksimum hata piksel boyutunun yarısı olarak alınır [Welch ve Ustery,1984].
 - Landsat 5 TM için bu değer ± 15 m.(0.5 piksel)
 - Spot P için ± 5 m.(0.5 piksel)
 - IRS 1C P ± 2.5 m.(0.5 piksel)

Geometrik Dönüşüm-Rektifikasyon

- YKN (GCP)ler iyi tanımlanmış, mekânsal olarak küçük, olabildiğince aynı yükseklikte, zamanla değişmeyen yapay veya doğal yeryüzü noktalarıdır.
 - Yol kesişimleri, tarımsal alanların köşeleri, dalgakıran ve limanlar örnek olarak verilebilir. Polinomun derecesi ölçülmesi gereken en az YKN sayısını belirler.
-

GEOMETRİK DÖNÜŞÜM

- ❑ Geometrik düzeltme işlemi geometrik registrarion process)
 - ❑ Görüntüden haritaya (image-to-map registration)
 - ❑ Görüntüden görüntüye (image-to-image registration)



Geometrik Dönüşüm

Yeniden Örnekleme

Dönüşümün YKN'ler aracılığıyla belirlenmesinden sonra, geometrik hataları düzeltilmiş distorsiyonsuz gridi oluşturan piksellere ait parlaklık değerlerinin belirlenmesi gerekir. Bu durumda orijinal distorsiyonlu görüntüden hangi parlaklık değerlerinin alınacağına karar verilmesi işlemi, diğer bir ifade ile “**parlaklık enterpolasyonu**” adımı uygulanır.

GEOMETRİK DÖNÜŞÜM

Yeniden Örnekleme

- ❑ Distorsiyonlu görüntünün geometrik düzeltmesi sırasında oluşan yeni piksellerin sayısal değerlerini belirleme işlemidir
- ❑ Yeniden örnekleme metodu, distorsiyonlu görüntüdeki orijinal dijital piksel değerlerinden yeni piksel değerlerini hesaplar.

GEOMETRİK DÖNÜŞÜM

Yeniden örnekleme

- Yeniden örneklemede üç ortak metot vardır. Bunlar;
 - en yakın komşuluk (nearest neighbour)
 - bilineer enterpolasyon (bilineer interpolation)
 - kübik eğridir (cubic convolution)

Rektifikasyon Yeniden Örnekleme

Genel olarak 3 farklı yaklaşım kullanılmaktadır: tam piksel konum değerleriyle çakışmazlar.

1. En Yakın Komşuluk Örneklemesi

Basit bir yöntem olup dönüşüm koordinatlarının en yakın olduğu pikselin parlaklık değeri distorsiyonsuz grid pikseline atanır.

2. Bilineer Enterpolasyon

Bu yöntem, pikseli çevreleyen 4 komşu pikselin kullanıldığı iki boyutlu lineer bir enterpolasyondur. Şekil 'de görüldüğü gibi siyah dolgulu hedef gride atanacak parlaklık değeri, orijinal distorsiyonlu görüntüdeki (mavi çizgili) en yakın 4 pikselin iki boyutlu lineer enterpolasyonu ile belirlenir.

Geometrik Dönüşüm

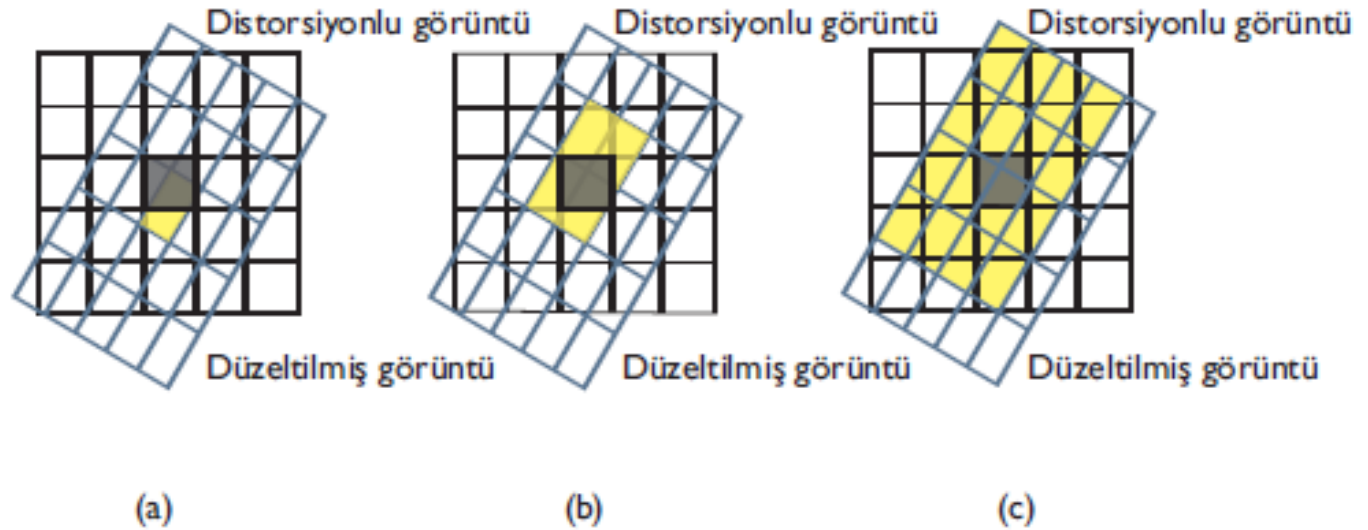
Yeniden Örnekleme

3. Kübik Enterpolasyon: İki boyutlu 3. dereceden polinom enterpolasyonu olup pikseli çevreleyen 16 piksel (4×4 piksel komşuluk) kullanılır. Şekilde görüldüğü gibi siyah dolgulu hedef gride atanacak parlaklık değeri, orijinal distorsiyonlu görüntüdeki (mavi çizgili) en yakın 16 pikselin iki boyutlu kübik enterpolasyonu ile belirlenir.

Geometrik Dönüşüm

Yeniden Örnekleme

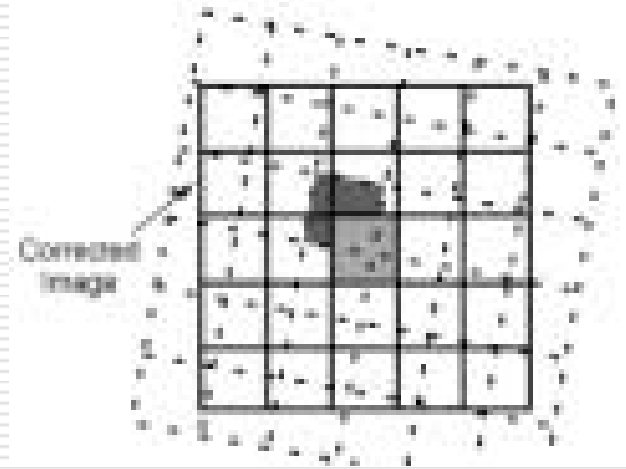
Yeniden
örneklemede
kullanılan
yöntemler:
(a) En yakın
komşuluk,
(b) Bilineer
enterpolasyon,
(c) Kübik
enterpolasyon.



Yeniden örnekleme

En yakın komşuluk yöntemi

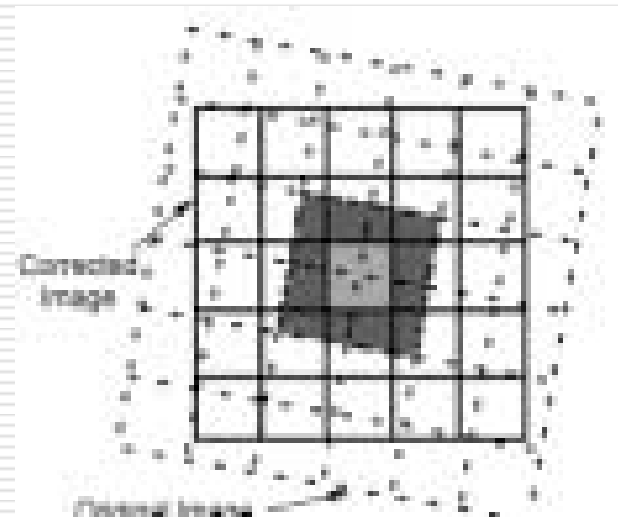
- Bu yöntemde, orjinal görüntüde yeni piksel konumuna en yakın dijital piksel değerlerinden faydalanılarak düzeltilmiş piksel değerleri hesaplanır. Basit bir metottur ve orijinal değerler değişmez. Fakat bazı pikseller kaybolurken bazılarının çifti oluşabilir.



Yeniden örnekleme

Bilineer enterpolasyon yöntemi

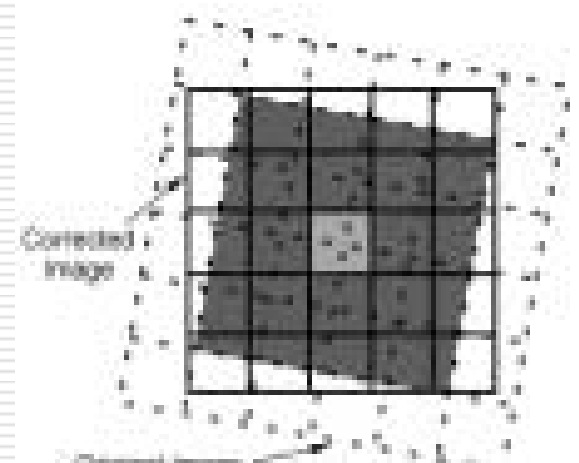
- ❑ Orijinal görüntüde yeni piksel konumuna en yakın dört pikselin ortalama ağırlığı kullanılarak yeni piksel değerleri hesaplanır.
- ❑ Orijinal pikseldeğerleri değişir ve görüntü harici yeni piksel değerleri oluşur. Spektral sınıflandırma gibi daha ileri işlem ve analizler istenmiyorsa bu işlem yapılabilir.



Yeniden örnekleme

Kübik eğri yöntemi

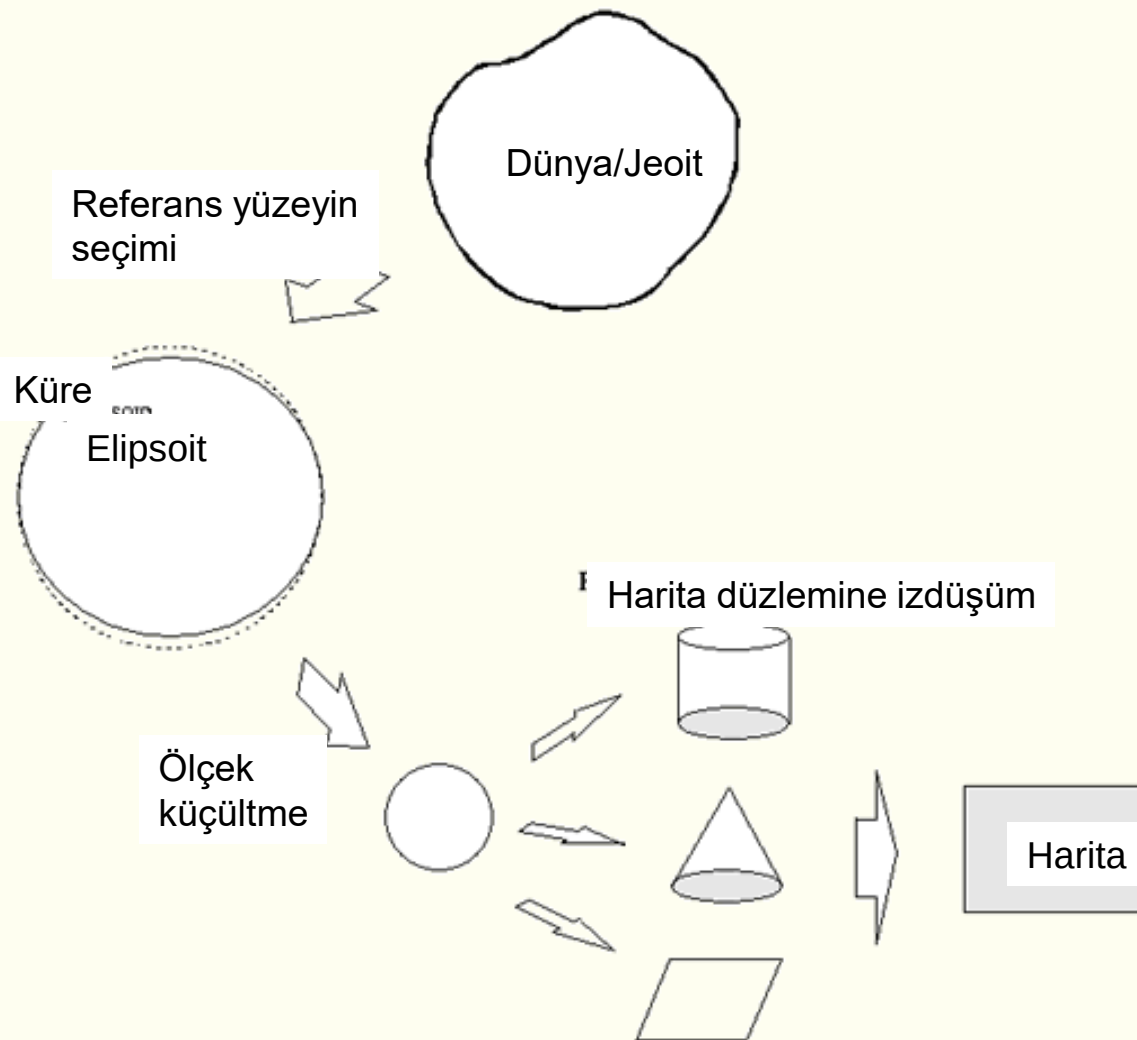
- ❑ Orijinal görüntüde, yeni piksel konumunu çevreleyen 16 pikselli bir bloğun ağırlıklı ortalaması kullanılarak yeni piksel değeri hesaplanır.
- ❑ Bilineer enterpolasyonda olduğu gibi bu metotta tamamen yeni piksel değerleriyle sonuçlanır.



GEOMETRİK DÖNÜŞÜM

- ❑ **Geometrik Düzeltme Bilgileri**
Projeksiyon sistemi: UTM
- ❑ Zone numarası: 35
- ❑ Transformasyonun tipi: 1.derece
polinomial Afin/Benzerlik/Projectif
- ❑ Yeniden örnekleme yöntemi: En yakın
komşuluk, Bilineer, Kubik
convolusyon
- ❑ Karesel Ort. Hata: 0.5 piksel

Harita yapımında geometrik süreç



- Fiziksel yer yüzünün belli bir şekli yok, jeoit ile yakınsabilir
- Elipsoit dünyanın şekline en yakın matematiksel (geometrik) yüzey
- Dünyanın haritasını yapmak için düzleme indirgemek gerekir → dünya küre kabul
 - Projeksiyon sistemleri kullanılarak düzleme indirgenir

-
- ☐ Dönel Elipsoit
 - ☐ Datum
 - ☐ Koordinat Sistemi

 - ☐ Parametreler
 - ☐ Dönüşümler

Selected Reference Ellipsoids

Ellipse	Semi-Major Axis (meters)	1/Flattening
Airy 1830	6377563.396	299.3249646
Bessel 1841	6377397.155	299.1528128
Clarke 1866	6378206.4	294.9786982
Clarke 1880	6378249.145	293.465
Everest 1830	6377276.345	300.8017
Fischer 1960 (Mercury)	6378166.0	298.3
Fischer 1968	6378150.0	298.3
G R S 1967	6378160.0	298.247167427
G R S 1975	6378140.0	298.257
G R S 1980	6378137.0	298.257222101
Hough 1956	6378270.0	297.0
International	6378388.0	297.0
Krassovsky 1940	6378245.0	298.3
South American 1969	6378160.0	298.25
WGS 60	6378165.0	298.3
WGS 66	6378145.0	298.25
WGS 72	6378135.0	298.26
WGS 84	6378137.0	298.257223563

Peter H. Dana 9/1/94

Datum ve elipsoidleri

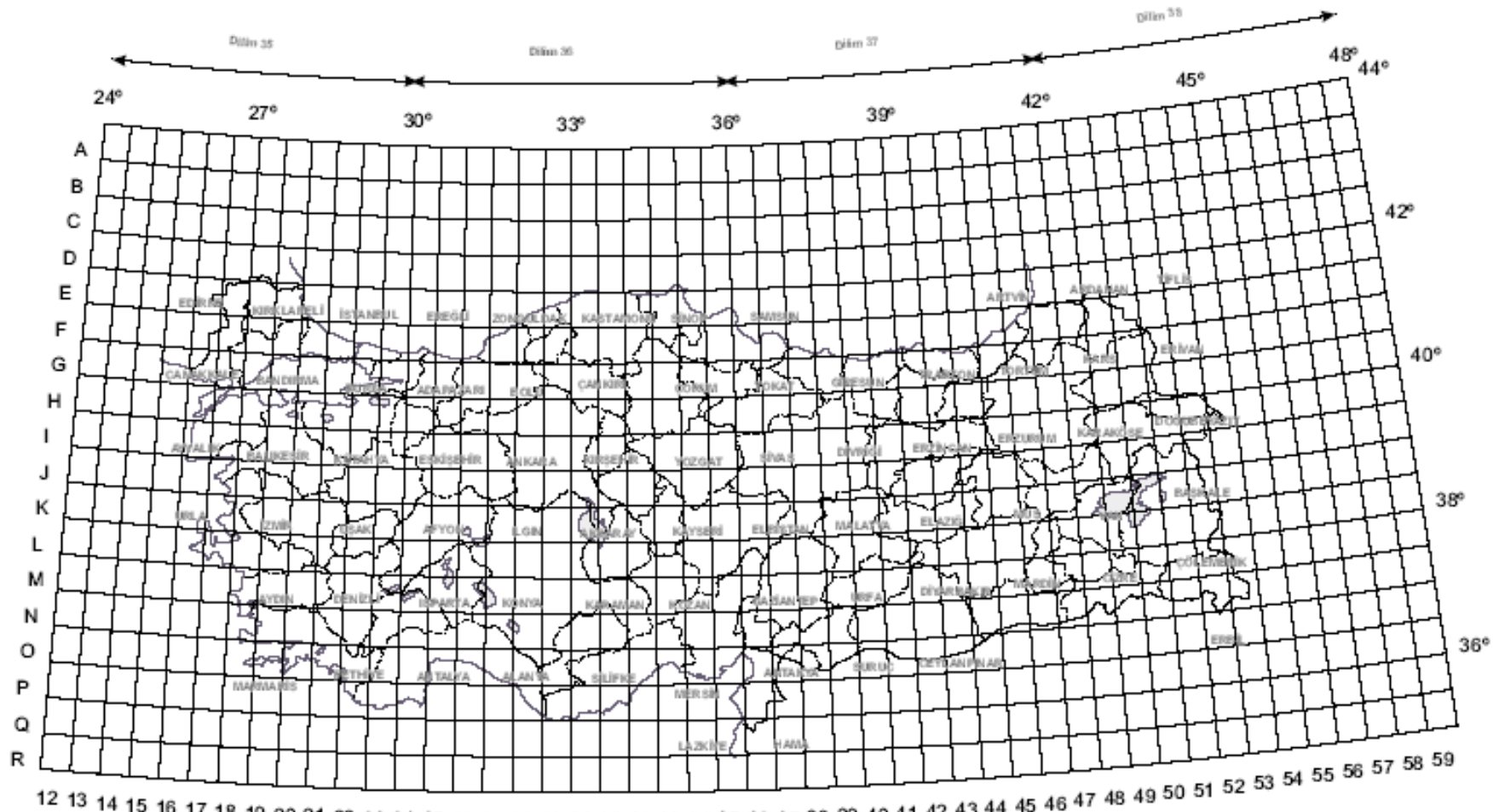
Datum	Alan	Başlangıç Noktası	Baş. N. Koor.	Elipsoidi
NAD 27	Kuzey Amerika	Kansas, Meades Ranch	39 13 26.686N 98 32 30.506W	Clarke 1866
ED 50	Avrupa, Orta Doğu, Kuzey Afrika	Postdam, Helmert Tower	52 22 51.4456N 13 03 58.9283E	International
WGS 84	Global	Yerin Kütle Merkezi		WGS 84
ITRF	Global	Yerin Kütle Merkezi		GRS 80

Türkiye Ulusal Nirengi Ağının özet teknik verileri aşağıdaki gibidir.

Datum	: ED50
Elipsoit	: Uluslararası Hayford
Dengeleme	: 1954
Avrupa Ağıyla Ortak Nokta	: 8
I. Derece Poligon Sayısı	: 27
Astronomik Nokta	: 99
I. ve II. Derece Nokta	: 904 + 3320
I. ve II. Der. Nok. Sıklığı	: 185 km ² ≈(13 km/nok.)
III. Derece Nokta	: ≈ 55000
I., II. ve III. Der. N. Sık.	: 13 km ² ≈(3-4 km/nok.)

Datum	: ITRF96
Elipsoit	: GRS80
Toplam nokta sayısı	: 594
Ülke Ağı ile çakışık	: 91
Jeodinamik çalışmalarla ortak	: 53
Nivelman yüksekliği olan	: 181
SLR nokta sayısı	: 5
Noktalar arası uzaklıklar	: 25 ile 70 km
Ortalama	: 1315 km ² /nokta

TÜRKİYE 1:100 000 ÖLÇEKLİ PAFTA İNDEKSİ



© 2000 Blackwell Science Ltd
 IT © Blackwell Science Asia Inc. Data

-
- Elipsoit+Datum+Coğrafi Koordinat Sistemi
 - Elipsoit+Datum+Projeksiyon Koordinat Sistemi
 - UTM 35, 36, 37, 38. Dilimler
 - UTM 3°
 - 27, 30, 33, 36, 39, 42, 45 Derece Dilim Orta Meridyenleri
 - UTM 6°
 - 27, 33, 39, 45 Derece Dilim Orta Meridyenleri
 - Lambert Konform Konik
 - Depolama Sınırları?

Rektifikasyon/Rödresman/Doğrultma

□ Hava fotoğrafları

- Projectif Dönüşüm (en az 4 nokta dengelemeli çözüm için en az 5 nokta)

□ Uygdu görüntülerinde

- Afin Dönüşüm (en az 3 nokta dengelemeli çözüm için en az 4 nokta)

Rektifikasyon/Rödresman/Doğrultma

□ Hava fotoğrafları

- Projectif Dönüşüm (en az 4 nokta dengelemeli çözüm için en az 5 nokta)

□ Uygdu görüntülerinde

- Afin Dönüşüm (en az 3 nokta dengelemeli çözüm için en az 4 nokta)

SINIFLANDIRMA

- Yer yüzeyindeki cisimlerin elektromanyetik spektrumun değişik bölgelerinde yansıtıkları veya yaydıkları ışınım farklılık göstermektedir.
- Bu farklılıklardan yararlanarak yer yüzeyindeki cisimler sınıflandırılabilir.
- Sınıflandırma, piksellerin yansıtma değerleri dikkate alınarak gruplandırılmaları işlemidir.
 - Amaç uydu görüntüsündeki her bir pikseli spektral özelliklerine göre farklı gruplara ayırmak ve pikseli yansıtma değerine göre yer yüzünde karşılık geldiği kümeye atmaktır.

SINIFLANDIRMA

- Sınıflandırma işleminde dikkat edilecek konular
 - Algılayıcı, algılama zamanı ve spektral bantların amaca uygun olarak seçimi,
 - Yeryüzü özelliklerini ortaya koyabilecek kontrol alanlarının seçimi,
 - Amaca yönelik sınıflandırma algoritmalarının seçimi,
 - Belirlenen bu özelliklerin tüm görüntüye uygulanması ve sonuç görüntülerinde doğruluk analizlerinin yapılması.

SINIFLANDIRMA

- ❑ Piksellerin yansıtma değerleri bulundukları görüntünün çeşidine ve ait olduğu ögeye bağlı olarak değişmektedir.
- ❑ Sınıflandırma yöntemi kriterlerine bağlı olarak piksel kümeleri oluşturulur, ancak bazı piksellerin değerleri, gruplar için belirtilen sayısal aralıkların çok dışında ise tanımlanamayanlar (null ya da unknown) grubuna yerleştirilir.
- ❑ Sınıflandırma yöntemleri, kullanıcının sınıflandırmaya müdahale edip etmemesine bağlı olarak, kontrollü (supervised) ve kontrolsüz (unsupervised) olmak üzere iki başlık altında incelenir (Shrestha, 1998).

SINIFLANDIRMA

piksel /nesne tabanali

- ❑ En yaygın kullanılan ***piksel tabanlı sınıflandırma*** yöntemlerinin yanı sıra görüntü verisine, uygulama türüne ve yardımcı verilere bağlı olarak *alt piksel sınıflandırması* ve *alan tabanlı sınıflandırma* teknikleri de geliştirilmiştir.
- ❑ Günümüzde yüksek mekânsal çözünürlüklü uydu verilerinin kullanımının hızla artmasıyla piksel tabanlı sınıflandırma yöntemlerine alternatif olarak ***nesne tabanlı sınıflandırma*** yöntemleri de kullanılmaya başlanmıştır.

SINIFLANDIRMA

- ❑ **Piksel Tabanlı Sınıflandırma:** Genel olarak tematik haritalar, görüntü piksellerinin karşılık geldiği yeryüzü alanı sadece tek bir kategoriye ait olacak şekilde üretilir. Sınıflandırma algoritmaları herhangi bir kategori değerinin bir piksele atanması için belirli bir benzerlik fonksiyonu üretir. Piksel tabanlı sınıflandırmada, bilinmeyen piksele bu pikselin en büyük benzerlik değerine sahip olduğu sınıf etiketi atanır. Böyle bir sınıflandırma için özellik uzayı karar sınırları rijit ve tek anlamlıdır. Mekânsal çözünürlüğe bağlı olarak piksel alanı içerisinde sıklıkla farklı yüzey örtü tipleri bulunduğundan bu yaklaşım, kolay uygulanabilir olmasına rağmen, gerçek çevre şartlarına ve uzaktan algılama verisinin dijital karakterine uygun değildir. Diğer bir ifade ile yeryüzünde bir alana karşılık gelen pikselin homojen olmadığı durumda o piksele atanan parlaklık değeri de gerçekte bir karışımı temsil edecektir

SINIFLANDIRMA

- ❑ **Alt Piksel Sınıflandırması:** Pikseller, araziye izdüşürülmüş yayılım fonksiyonu üzerinde mekânsal bir ortalamaaya sahip olduğu için piksellerin içinde birden çok spektral kategorinin olması kaçınılmazdır. Bu gerçek Landsat MSS görüntü verilerinin analizinde ortaya çıkmıştır. Sınıf karışım oranları, pikselden piksele değişir. Karışım bileşenlerinin belirlenmesi için hiperspektral algılayıcılar ile yeni teknikler önerilmiştir.
- ❑ Bütün doğal ve bazı suni yüzeyler değişik mekânsal çözünürlük seviyelerinde düzenli olmadığından, uydu görüntüsünün mekânsal çözünürlüğü artsa bile sınıf karışımı hâlâ mevcut olmaktadır. Bununla beraber, çoğu yüzey materyalinin doğal bir ölçeği olduğundan mekânsal çözünürlüğün artması belirli sınıflar için karışık piksellerin yüzdesini azaltabilmektedir. Fakat cisimlerin büyüklüğü ve algılayıcı sistemlerin mekânsal çözünürlüğü göz önüne alınmaksızın cisimler arasındaki sınırlarda karışık pikseller hâlâ mevcut olmaktadır. Bunun nedeni ise, bütün gerçek yeryüzü cisimlerinin pikselin yeryüzünde karşılık geldiği alan değerinden daha küçük boyutlu mekânsal detaya sahip olmasıdır.

SINIFLANDIRMA

- ❑ Alt piksel sınıflandırmasında her bir pikselin birden fazla sınıfa olan benzerlik değerleri elde edilebilir. Pikseller bu benzerlik değerlerine göre belirli üyelik oranlarıyla birden fazla sınıfa atanır. Böyle bir sınıflandırma için özellik uzayı karar sınırları bulanık yapıdadır. Benzerlik değerleri, örüntülere (piksel özellik vektörü) atanan her bir kategorinin ilgili örüntü içindeki rölatif bulunma oranlarını gösterir.
- ❑ Eğer ayırım derecesi yüksekse hatasız sınıflandırma işlemini yapabilecek birçok potansiyel karar sınırı kuralı vardır. Eğer sınıflar arası bindirme varsa hatasız kolay bir karar sınırı oluşturmak imkânsızdır.

SINIFLANDIRMA

- ❑ **Alan Tabanlı Sınıflandırma:** Piksel tabanlı sınıflandırmaya diğer bir alternatif de alan tabanlı sınıflandırmadır. Bu yöntemde pikseller yerine alanlar sınıflandırılır. Bu yöntem görüntüdeki alansal objelerin biçimsel sınırları hakkında öncül bilgiler gerektirir (örneğin tarım alanları gibi). Eğer bu objelerin sınırları sayısallaştırılır ve görüntüye kayıt edilirse veya segmentasyon algoritmalarıyla çıkartılırsa veya kenar çıkartım algoritmaları kullanılarak elde edilirse, bu sınırlar içinde kalan piksellerin özellikleri kullanılarak bu alanlar karakterize edilebilir.
- ❑ Örneğin bir alandaki spektral özellikleri temsil etmek için bantların ortalama ve standart sapma değerleri kullanılabilir. Alan tabanlı sınıflandırma yöntemi, daha çok SAR görüntü verileri için kullanılmaktadır. Bunun nedeni, bu görüntülerin bireysel piksellerin sınıflandırma performansını olumsuz etkileyen benek gürültüsüne sahip olmasıdır.

SINIFLANDIRMA

- ❑ **Nesne Tabanlı Sınıflandırma:** Nesne tabanlı sınıflandırma, sadece görüntüdeki spektral bilgiyi (bant yansıtım değerleri) değil piksellerin komşuluk özelliklerini yansıtan doku ve bağlam bilgilerini de kullanan bir yöntemdir.
- ❑ Sınıflandırılan temel eleman piksel değil, komşuluk ilişkisine sahip piksel gruplarından oluşan objeler (nesneler)dir. Bireysel piksellerde görülemeyen semantik (anlamsal) bilgiler nesnelerde ve nesnelerin karşılıklı ilişkilerinde tespit edilebilir. Özellikle çok yüksek mekânsal çözünürlüklü uydu görüntülerinde yollar, binalar, park alanları veya piknik alanları, otlaklar, vb. birçok cisim benzer spektral özellikler gösterirler.

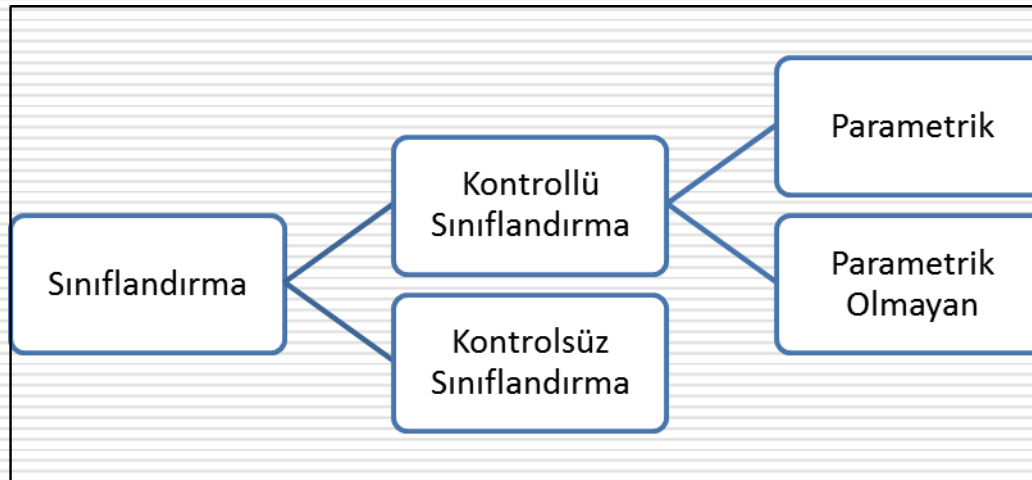
SINIFLANDIRMA

- ❑ Buna bağlı olarak piksel tabanlı yaklaşım hem düşük doğruluklu hem de sınıf dağılımı düzensiz ve anlamlı olmayan sonuçlar üretebilir. Nesneler genellikle otomatik segmentasyon algoritmalarıyla oluşturulur. ***Segmentasyon, ölçek, renk ve şekil gibi belirli homojenlik ölçütlerine göre piksellerin gruplanmasıdır.***
- ❑ Nesneler oluşturulduktan sonra, bu nesnelere ait istenen **spektral** (renk tonu), **mekânsal** (alan, çevre), **doku** (entropi, varyans) ve **bağlamsal özellikler** (komşuluk) çıkartılır.
- ❑ Nesne tabanlı sınıflandırmanın piksel tabanlı sınıflandırmadan olan diğer bir önemli farkı, çoğunlukla bulanık (fuzzy) mantığa dayalı alt piksel sınıflandırma yaklaşımının kullanılmasıdır. Bulanık mantık yöntemi belirsiz olan birçok özelliğin sınıflandırma işlemine etkin olarak dahil edilmesini sağlar.

SINIFLANDIRMA

Kontrollü/Kontrolsüz Sınıflandırma

- Sınıflandırma işlemi için hangi algoritma kullanılırsa kullanılsın **kontrollü** ve **kontrolsüz** olmak üzere iki temel yaklaşım vardır.



SINIFLANDIRMA

Kontrolsüz Sınıflandırma

- ❑ Kullanıcının veya araştırmacının sınırlı olarak yönlendirmesi ve belirli benzerlik uzaklıkları dikkate alınarak sadece bilgisayar tarafından spektral gruplar oluşturulur.
- ❑ Bu tip sınıflandırma, ilgili alan veya çalışma alanı hakkında daha önceden herhangi bir bilgi yoksa uygulanır.

SINIFLANDIRMA

Kontrolsüz Sınıflandırma

- Analitik işlem, algoritmalar kullanılarak ve bunlardan oluşturulan gruplara göre yapılır.
 - Gruplama uygulaması, yansıma verilerinin sınıflandırılması sonucunda oluşur ve sonra bu spektral sınıflardan birine ait olarak ilgili bütün pikseller etiketlenir. Her bir sınıfın bilgisi sadece semboliktir ve yeryüzünü örtme çeşitleriyle ilgili değildir.
- Diğer taraftan kontrolsüz sınıflandırma, arazide araştırmacıların çalışmasından önce belirlenen çalışma alanındaki ayrılabilir sınıfların spektral olarak sayılarının belirlenmesine yardımcı olabilir.

SINIFLANDIRMA

Kontrolsüz Sınıflandırma

- Kontrollü sınıflandırmada çalışma alanı hakkındaki bilgiler kullanılmasına karşın, kontrolsüz sınıflandırmada araştırmacının çalışma alanına ait herhangi bir geçmiş bilgisi olmadan piksellerin gri değerlerinin gruplara bölünmesiyle yapılır.
- Kullanıcının bilgisi sadece bu grupların isimlendirilmesinde ve sınıf adedi belirtilmesinde kullanılır (Richards, 1986).

SINIFLANDIRMA

Kontrolsüz Sınıflandırma

- Kontrolsüz sınıflandırma yöntemleri içerisinde en yaygın olarak kullanılan *ISODATA yöntemi*dir.
 - *ISODATA*
 - *Iterative Self Organizing Data Analyses Technique*
 - *Tekrarlı veri Analizi Yöntemi* .
- Bu yöntem, tekrarlı olarak tüm sınıflandırmayı gerçekleştirme ve uygulanan her iterasyon sonrasında yeniden istatistik hesaplamasını temel alır. Self Organizing ise, minimum girdi ile kümelerin oluşturulmasıdır.

SINIFLANDIRMA

Kontrollü Sınıflandırma

- ❑ Sınıflandırmayı yapan kişinin çalışma alanı arazi örtüsü ile ilgili bilgi sahibi olması gereklidir.
 - ❑ Çalışma ve karar verme şeklinde iki aşamaya ayrılır:
 - Çalışma aşamasında, sınıflandırmayı yapan kişi, görüntü üzerinde her bir sınıf için piksel sayısal aralıklarını poligonlar oluşturarak tanıtır.
 - ❑ kullanıcıya poligonlar çizdirme (draw poligon),
 - ❑ artan bölge (region growing)
 - ❑ önceden belirlenen poligon (existing poligon)
- yöntemlerinden bir tanesi seçilerek yapılır.

SINIFLANDIRMA

Kontrollü Sınıflandırma

- Bu işlemi karar verme aşaması izler ve bilgisayar piksellerin benzer özelliklerde olup olmadıklarını saptayarak görüntüdeki bütün pikselleri sınıflara atama işlemini gerçekleştirir

SINIFLANDIRMA

Kontrollü Sınıflandırma

- Kontrollü sınıflandırma yöntemleri, aşağıdaki aşamaları içerir;
 - Yeryüzünü kaplayan sınıfların sayısı ve bunların hangi görüntüde sınıflandırılacağına karar verilmesi.
 - Çalışma alanındaki daha önceki bilgiler kullanılarak, belirlenmiş sınıflardan örnek piksel seçilmesi.
Belirlenen her bir eğitim (training) örneği en az 30 piksel içermelidir.

SINIFLANDIRMA

Kontrollü Sınıflandırma

- Belirli sınıfların parametrelerini hesaplamada algoritma kullanılarak eğitim örneğine uygulanır.
 - Bu parametreler olasılık modeli özelliklerinde kullanılabilir veya çoklu-spektral alanda tanımlanan bölümlerin denklemlerinde olabilir. Verilen bir sınıf için bu parametreler dizini sınıfa ait "signature" olarak isimlendirilir.
- Görüntüdeki her piksel algoritmalar sınıflamasından bir tanesi kullanılarak istenilen sınıflardan biri içerisine yerleştirilir. Sonuçta sınıflandırılmış görüntü elde edilir.
- Tematik haritalar veya istatistik özellikli çizelgeler üretilir.

SINIFLANDIRMA

Kontrollü Sınıflandırma

- Kontrollü sınıflandırma yöntemleri, eğitim verisinin istatistiksel dağılımını kabul durumuna göre **parametrik ve parametrik** olmayan yöntemler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.
 - Parametrik sınıflandırma yöntemlerinin eğitim verisinin istatistiksel dağılımı üzerine bir kabulü vardır ve bu istatistiksel dağılım genellikle Normal (Gauss) dağılımdır.
 - Parametrik olmayan yöntemlerde ise verinin dağılımına ait herhangi bir kabul yapılmaz.

SINIFLANDIRMA

Kontrollü Sınıflandırma

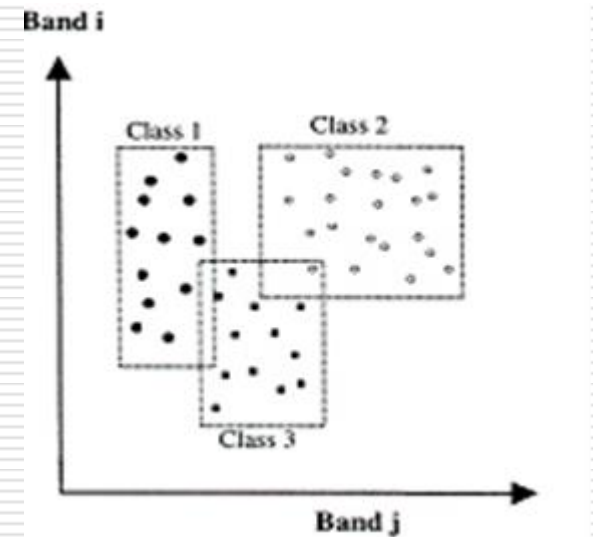
- Parametrik sınıflandırma yöntemlerine örnek
 - En Kısa Uzaklık (EKU)
 - En Çok Benzerlik (EÇB) yöntemleri
- Parametrik olmayan yöntemlere ise
 - Karar Ağaçları (KA)
 - Destek Vektör Makinaları (DVM)
 - Yapay Sinir Ağları (YSA)
 - Rastgele Orman (RO=Random Forest) algoritmaları örnek olarak verilebilir.
- Literatüre bakıldığında en çok kullanılan sınıflandırma teknikleri arasında En Çok Benzerlik (EÇB) , Yapay Sinir Ağları (YSA) ve Karar Ağaçları (KA) yöntemlerinin kullanıldığı görülmektedir. En yaygın şekilde kullanılan teknik ise kolay uygulanabilmesi ve birçok ticari ve akademik yazılımlarda bulunabilmesi nedeniyle tercih edilen, parametrik bir yöntem olan En Çok Benzerlik yöntemidir

SINIFLANDIRMA

Kontrollü Sınıflandırma Parallelepiped

Parallelepiped Veya Kutu (Box) Sınıflandırma Yöntemi

- Uygun tanıtılan verinin her bir spektral ögesinin histogramları denetlenerek belirli bir standarda getirilir
- İki boyutlu alanda, dikdörtgenler her bir sınıf için tanıtım verileri etrafında oluşturulur. Üst ve alt alanlar tanıtılır ve bu sınıfın her bir ögesinin karakterleri için alan değeri kullanılmak üzere tanımlanır.
- Bununla birlikte, bu alanda ki bütün ögeler çok boyutlu kutu veya paralelepiped olarak tanımlanır.

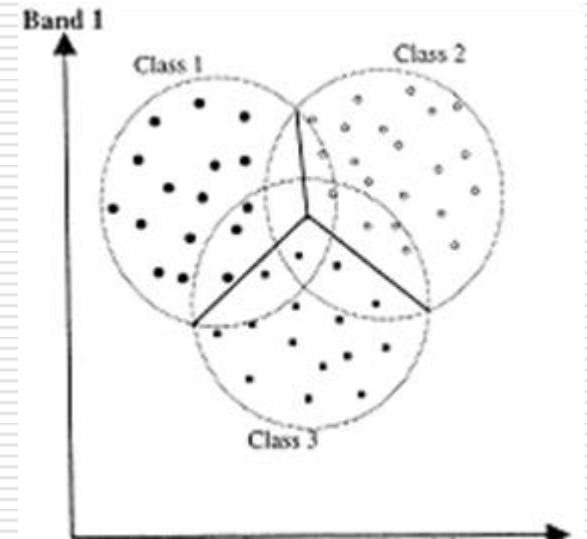


SINIFLANDIRMA

Kontrollü Sınıflandırma Minimum Distance

En Yakın Uzaklık (Minimum Distance)
Sınıflandırma Yöntemi

- Her bir tanımlama dosyasının ortalama vektörü hesaplanır. Pikselin her bir sınıf ortalamasından uzaklığı Öklid'e göre hesaplanır.
 - Öklid Uzaklığı" ise "Pisagor Teoremi" temel alınarak bir pikselin diğer piksele olan uzaklığının ölçüm yöntemidir (Image Analyst User Guide, 1997)
- Pikseller, en yakın ortalama vektörün sınıf bilgisine atanarak bölümlere ayrılır



SINIFLANDIRMA

Kontrollü Sınıflandırma Minimum Distance

- Hesaplama alanı için, sadece ortalama vektörleri hesaplanmış alanlar içerisindeki pikseller ve sınıflandırma için tanımlanamayan sınıfa ait piksellerin başlangıç eşik değerleri (threshold) dikkate alınır.
- Eğer herhangi bir piksel, belirlenen başlangıç eşik değerlerinden uzakta yer alıyorsa sınıflandırılmamış olarak tanımlanır.

SINIFLANDIRMA

Kontrollü Sınıflandırma Minimum Distance

- ❑ Çok basit ve en kolay sınıflandırma yöntemidir, ancak birden fazla sınıfın sınırları içerisinde yer alan pikseller genellikle en küçük sınıfın içerisinde değerlendirilmeye alınır.
- ❑ Ayrıca bu sınıflandırma yöntemi üst sınıfa hizmet eder. Çünkü verilen spektral bant içinde en düşük ve en yüksek sınırlar ile sınıf sınırları tanımlanır.
- ❑ Eğer hala bütün sınıflar dışında pikseller varsa bu pikseller tanımlanamamış sınıf içerisinde atanırlar

SINIFLANDIRMA

Kontrollü Sınıflandırma Maximum Likelihood

En Çok Benzerlik (Maximum Likelihood) Sınıflandırma Yöntemi

- Bu algoritma, veri tabanındaki spektral farklılıklardan yararlanarak işlem yapar.
- Spektral farklılıklar sadece objenin farklı yansımından değil, ayrıca uydu görüntüsünün çözünürlüğünün düşük olması, topoğrafik etkiler, atmosferdeki su moleküllerinden kaynaklanan sis ve gürültü gibi etmenlerden de kaynaklanabilir.

SINIFLANDIRMA DOĞRULUK DEĞERLENDİRMESİ

- Uydu görüntülerinden elde edilen sınıflandırma sonuçlarının doğruluklarının belirlenmesi, uzaktan algılama verilerinden elde edilen haritaların kalitesinin ve kullanılabilirliğinin değerlendirilmesini sağlar.
- Sınıflandırılmış uydu görüntülerinin, çalışma alanına ait doğruluğu kesin olarak bilinen referans verilerle karşılaştırılmasıyla, sınıflandırmada elde edilen doğruluk oranı belirlenir.

SINIFLANDIRMA DOĞRULUK DEĞERLENDİRMESİ

- ❑ Farklı tarihli uydu görüntülerinin sınıflandırılmasından elde edilen sonuç görüntüler üzerinde hangi sınıfın ne kadar güvenilirlikle değerlendirilebileceğini belirlemek amacıyla sınıflandırma doğruluğu analizi gerçekleştirilir.
- ❑ Sınıflandırılmış görüntü üzerinden seçilen rastgele piksellerle referans verilerin karşılaştırılması sonucu, sınıflandırılmış piksellerin ait olduğu sınıflara atanma doğrulukları, sınıflandırma hata matrisinden elde edilir.

SINIFLANDIRMA DOĞRULUK DEĞERLENDİRMESİ

- ❑ Piksellerin yer alması gerekenden farklı bir sınıfa atanması
(error of comission)
- ❑ Piksellerin uygun bir sınıfa atanamamasıdır
(error of omission)

SINIFLANDIRMA DOĞRULUK DEĞERLENDİRMESİ

HATA MATRİSİ (ERROR MATRIX)

TABLE 7.3 Error Matrix Resulting from Classifying Training Set Pixels

Training Set Data (Known Cover Types) ^a							
	W	S	F	U	C	H	Row Total
Classification data							
W	480	0	5	0	0	0	485
S	0	52	0	20	0	0	72
F	0	0	313	40	0	0	353
U	0	16	0	126	0	0	142
C	0	0	0	38	342	79	459
H	0	0	38	24	60	359	481
Column total	480	68	356	248	402	438	1992
Producer's Accuracy				User's Accuracy			
W = 480/480 = 100%				W = 480/485 = 99%			
S = 052/068 = 76%				S = 052/072 = 72%			
F = 313/356 = 88%				F = 313/353 = 87%			
U = 126/248 = 51%				U = 126/142 = 89%			
C = 342/402 = 85%				C = 342/459 = 74%			
H = 359/438 = 82%				H = 359/481 = 75%			
Overall accuracy = (480 + 52 + 313 + 126 + 342 + 359)/1992 = 84%							

^aW, water; S, sand; F, forest; U, urban; C, corn; H, hay.

SINIFLANDIRMA DOĞRULUK DEĞERLENDİRMESİ

HATA MATRİSİ (ERROR MATRIX)

- Hata matrislerinden çeşitli sınıflandırma doğruluk kriterleri türetilir.
 - Toplam doğruluk (overall accuracy)
 - Üretici doğruluğu (producer's accuracy)
 - Kullanıcı doğruluğu (user's accuracy)

INIFLANDIRMA DOĞRULUK DEĞERLENDİRMESİ

HATA MATRİSİ (ERROR MATRIX)

□ **Toplam doğruluk(overallaccuracy):**

doğru olarak sınıflandırılmış piksellerin toplam sayısının (köşegen toplamı) referans piksellerin toplam sayısına bölünmesiyle elde edilir.

- Matrisin köşegeni üzerinde bulunmayan elemanları **“ihmal hatası”** nı (omission error)’ temsil eder.

İNİFLANDIRMA DOĞRULUK DEĞERLENDİRMESİ

HATA MATRİSİ (ERROR MATRIX)

❑ Üretici doğruluğu(producer's accuracy):

Her sınıf içinde doğru olarak sınıflandırılmış piksellerin sayısını, bu sınıf için kullanılan örnekleme veri seti pikselleri sayısına bölerek bulunur ve verilen bir arazi örtü türünün örnekleme seti piksellerinin ne kadar iyi sınıflandırılabildiğini gösterir.

SINIFLANDIRMA DOĞRULUK DEĞERLENDİRMESİ

HATA MATRİSİ (ERROR MATRIX)

❑ **Kullanıcı doğruluğu (user's accuracy):**

her sınıf içinde doğru sınıflandırılmış piksel sayısını, bu kategori içinde sınıflandırılan piksellerin toplam sayısına bölünmesiyle bulunur ve "**dahil etme hatasını**" gösteren bir ölçüdür.

❑ Bu doğruluk değeri, herhangi bir sınıfa atanan bir pikselin bu sınıfı gerçekte temsil etme olasılığını gösterir.

□ Base error matrix

Classification	Residential	Commercial	Wetland	Forest	Water	Row total
Residential	70	5	0	13	0	88
Commercial	3	55	0	0	0	58
Wetland	0	0	99	0	0	99
Forest	0	0	4	37	0	41
Water	0	0	0	0	121	121
Column total	73	60	103	50	121	407

Agreement/accuracy: $70/73=96\%$ $55/60$ $99/103$ $37/50$ $121/121$

Omission error: $3/73=4\%$ $5/60$

Commission error: $(5+13)/88=20\%$

Overall accuracy: $(70+55+99+37+121)/(73+60+103+50+121)=94\%$

SINIFLANDIRMA DOĞRULUK DEĞERLENDİRMESİ

Kappa Katsayısı

- ❑ Cohen(1960) tarafından bulunan KAPPA, uzaktan algılama görüntülerinden yararlanılarak tespit edilen, yüzey örtüsü ve yüzey kullanımı bilgilerinin doğruluk değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Bu ölçümde, matris içerisindeki yalnız diagonal elemanlar değil, tüm elemanlar kullanılmaktadır.

SINIFLANDIRMA DOĞRULUK DEĞERLENDİRMESİ

Kappa Katsayısı

- Bu hata matrisinin sütunları referans verileri, satırları ise sınıflandırılmış görüntüyü temsil etmektedir. Hata matrisi Kappa katsayısı ile istatistik olarak analiz edilmektedir. 0 ile 1 arasında değişen bu katsayı, hata matrisinin satır ve sütun toplamaları ile köşegeni üzerindeki elemanlar kullanılarak hesaplanmaktadır Test piksellerinin sayısının her bir sınıf için en az 50 adet olması önerilmektedir.

SINIFLANDIRMA DOĞRULUK DEĞERLENDİRMESİ

Kappa Katsayısı

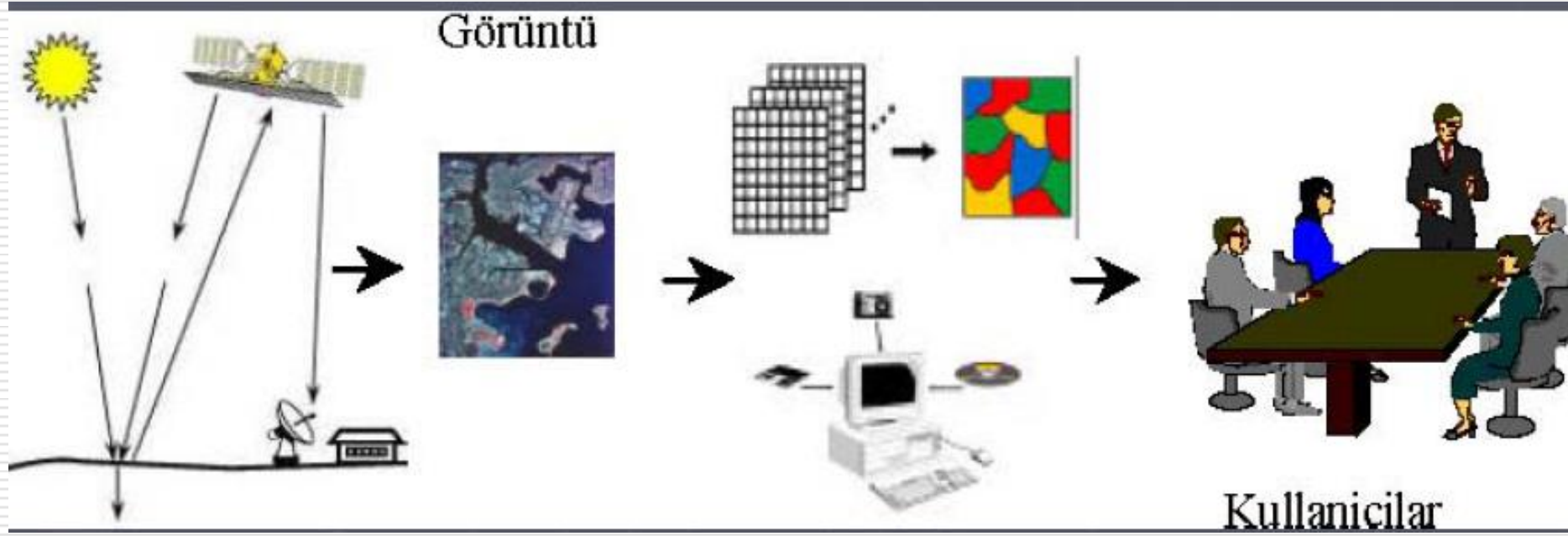
$$\hat{K} = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r [(x_{i+}) \times (x_{+i})]}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+}) \times (x_{+i})}$$

K : Kappa Katsayısı

r : Matrisin satır sayısı

x_{ii} : i nci satır ve i nci sütundaki köşegen değeri

x_{i+} : i nci sütunun toplam değeri



Uzaktan Algılama teknolojisi

- yüksek çözünürlükte
- çok geniş alanlara ait bilgi üretmesi
- ve CBS ile entegrasyonu
- kaynakların çok daha verimli yönetilmesine olanak vermektedir.



UYDU SİSTEMLERİ

AQUA



- Aqua uydusu 4 Mayıs 2002 de NASA (ABD uzay Ajansı) tarafından uzaya gönderilmiştir. Aqua uydusu üzerinde taşıdığı 6 farklı ölçüm cihazı ile atmosfer, okyanuslar ve arazi yüzeyleri birbirleri ile iletişimli sistemleri gözlemlemek üzere uzaya gönderilmiştir. Bu cihazlar hakkında bilgiler kısaca aşağıda verilmiştir. Ancak MODIS sensörünün görüntüleri küçük yer istasyonları kullanılarak ücretsiz olarak isteyen kurum veya kuruluşlarca indirilebilir veya gerçek-yakın zamanlı olarak sipariş edilebilmektedir. Bu uydu ile detay bilgilere <http://aqua.nasa.gov/> adresinden ulaşabilirsiniz.

UYDU SİSTEMLERİ

AQUA

□ SENSÖRLER:

AIRS: (Atmospheric Infrared Sounder)

2370 infrared ve 4 görünür/yakın-kızılötesi kanallı geliştirilmiş atmosfer sondası. Bu sonda, atmosferin yüksek doğruluklu sıcaklık profillerini oluşturabilmek için dizayn edilmiştir.

AMSU-A: (Advanced Microwave Sounding Unit)

Atmosferin üst tabakalarında (özellikle stratosfer) sıcaklık profillerinin çıkarılması için kullanılan bu sondanın 15 mikrodalga kanalı mevcuttur.

HSB : (Humidity Sounder for Brazil)

Dört kanallı mikrodalga sondası, Brezilya tarafından atmosfer içindeki nem profillerinin ölçülmesi için kullanılmaktadır.

AMSR-E: (Advanced Microwave Scanning Radiometer EOS)

Dual Polarizasyonlu, 12 kanal ve 6 frekanslı, pasif mikrodalga radyometresi.

CERES : (Clouds and the Earth's Radiant Energy System)

3 kanallı radyometre olup, yansıyan güneş ışınımını 0.3-5 μm dalga boyunda ölçer.

MODIS : (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer)

36 spektral bantlı spektoradyometre olan MODIS, okyanusların, atmosferin ve bitki örtüsünün gözlemlenmesi için kullanılmaktadır. Çözünürlüğü, okyanuslardaki klorofilin, atmosferdeki aerosol değişimlerinin izlenmesi ve kar/buz gözlemlerine uygundur.

UYDU SİSTEMLERİ

BİLSAT



- **ARAŞTIRMA UYDUSU (BİLSAT) PROJESİ** küçük uydu teknolojilerini öğrenerek ülkemize kazandırmak için başlatılmış bir teknoloji transferi projesidir. Proje, Surrey Üniversitesi'nin (İngiltere) bir kuruluşu olan SSTL şirketi ile birlikte gerçekleştirilmektedir. Proje kapsamında;
 - Küçük uydu tasarımı ve üretimi için gerekli altyapı (temiz odalar, prototip laboratuvarları, test laboratuvarları ve tasarım ofisi) kurulmuştur.
 - Bir teknoloji transfer ekibi İngiltere'de eğitim almış ve uydunun yapım sürecine fiilen katılmıştır. Ayrıca uydunun mühendislik modelini üreterek test ve entegre etmiştir.
 - Uydunun iki görev yükü (UZAY) elemanları tarafından Türkiye'de tasarlanarak üretilmiştir. Yükler uyduya entegre edilerek UZAYa fırlatılmıştır.
 - BİLSAT uydusu üretilmiş ve sigortalanarak yörüngeye yerleştirilmiştir. Uydunun işletimi için UZAY'da bir adet sabit yer istasyonu kurulmuştur
- **BİLSAT uydusu, Ağustos 2006 tarihi itibarı ile görevini tamamlamıştır**

BİLSAT uydusu, pil hücrelerinden iki tanesinin ömrünü tamamlaması ile, Ağustos 2006 tarihi itibarı ile enerji depolayamaz duruma gelmiş ve bu nedenle operasyonlar sona ermiştir.

UYDU SİSTEMLERİ

BİLSAT

□ SENSÖRLERİ:

ÇOBAN

- Çok bandlı orta çözünürlükte kamera - 120m. yer çözünürlüğü

GEZGİN

- Gerçek zamanlı görüntü işleme kartı
- Her 5 saniyede 2048 x 2048 piksel boyutunda 4 band spektral görüntülerin gerçek zamanlı işlenmesi
- JPEG2000 algoritmasının uygulamaya özel donanım ve DSP üzerinde paralel gerçekleştirilmesi
- Diğer görüntü işleme görevleri (Yörüngede programlanabilir)
- Değişik tip görüntüleme uydularının tamamına yakınında kullanılabilir.
- Görüntüleme ile görüntü aktarımı arasındaki zamanın kısıtlı olduğu veya veri depolama kapasitesinin kısıtlı olduğu uydular için uygun
- Yörüngede tekrar konfigüre edilebilir donanım blokları ve yazılım yükleme imkanı
- Elektronik devrelerde oluşabilecek radyasyon kaynaklı hatalara karşı donanım yedekleme ve arıza durumunda daha düşük performansla çalışma imkanı
- COTS DSP IC, SDRAM FPGA gibi yüksek performanslı ve düşük maliyetli ancak uzayda denenmemiş teknolojilerin denenmesi ve kanıtlanması
- Taban band iletişim işlemcisi veya veri depolama aygıtı olarak kullanım imkanı

UYDU SİSTEMLERİ

CARTOSAT



- CARTOSAT-1 ISRO tarafından kartografik uygulama amaçlı yapılan bir uzaktan algılama uydusudur.. Hint Uzaktan Algılama (IRS) uydu serisinin on birincisidir. Kalkış ağırlığı 1560 kg, 618 kilometrelik Sun Synchronous Orbit (SSO) yörüngesindedir.

CARTOSAT-1 elektromanyetik spektrumun görünür bölgesinden siyah beyaz stereoscopic resimler alan iki adet Panchromatic (PAN) kamera taşır. Yüksek çözünürlüklü PAN kamera görüntülerinin çerçeve genişliği 30 km ve yersel çözünürlüğü 2.5 metredir. Bu kameralar aynı alan üzerinde mümkün olan iki farklı açıdan eş zamanlı görüntü alacak şekilde uyduya yerleştirilmiştir. Uydunun bu özelliği, 3 boyutlu eksiksiz haritalar oluşturma kolaylığı sağlar. Kameraların uydunun hareket yönü doğrultusunda hareket ettirilebilmesi, bölgeden sıklıkla görüntü alabilme imkanı sağlar. CARTOSAT-1 kameralarının çektiği görüntüler sıkıştırılır, şifrelenir, formatlanır ve yer istasyonlarına aktarılır. Görüntüler yer istasyonlarında yeniden yapılandırılır. CARTOSAT-1 in çektiği görüntüleri saklamak için ayrıca 120 Giga Bitlik bir belleği vardır. Kayıtlı görüntüler uydu yer istasyonlarının menziline girdiğinde istasyonlara aktarılabilir.

UYDU SİSTEMLERİ

ENVISAT



- **ENVISAT**
Avrupa'nın en kuvvetli yer gözlem uydusudur. ESA (*European Space Agency*) tarafından yönetilmektedir. Mart 2002 yılında fırlatılan Envisat, atmosfer, okyanus, arazi ve buz ölçümleri için kullanılan kutupsal yörüngeli gelişmiş bir gözlem uydusudur. Envisat verisi, yer bilimleri araştırmalarına ve iklimsel ve çevresel değişimlerin izlenmesine olanak sağlar.
- **UYDUNUN ÜZERİNDEKİ SENSÖRLER:**

MERIS , ASAR , AATSR , RA-2 , MWR , DORIS , GOMOS , MIPAS , LRR SCIAMACHY

MERIS (Medium Resolution Imaging Spectrometer Instrument):

Meris sensörünün esas amacı, okyanus ve kıyıs alandaki denizin rengini ölçmektir. Deniz rengi bilgisi, klorofil pigment konsantrasyonu ve asılı haldeki sedimant (*çökelme*) konsantrasyonuna rahatlıkla dönüştürülebilir. Okyanus karbon dönüşümü, Üst okyanus termal rejimi, Balıkçılığın düzenlenmesi, Kıyıs alonların düzenlenmesi gibi sebeplerden dolayı deniz rengi ölçölür.

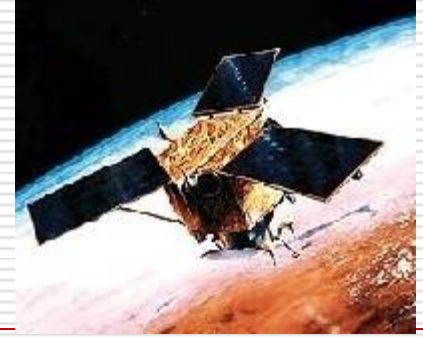
Meris sensörünün ayrıca bulut üst yüksekliğini, su buharı total sütünü ve kara üstündeki duman miktarını ölçebilme kabiliyeti de vardır.

ASAR (Advanced Synthetic Aperture Radar):

C-Bantta işlem gören ASAR, SAR görüntü modu ve ERS-1/2 AMI dalga modunun devamlılığını temin ediyor. Gelişmiş kapasitede kapsama alanı, insidans açısı menzili, polarizasyonu ve farklı işlem modları gibi özellikleri bulunur. Sensörün gelişmiş kapasitesi dizaynındaki belirgin özelliklerden kaynaklanmaktadır. Sahil ve okyanus ile kara topoğrafik uygulamalarında, ayrıca kar ve buz uygulamalarında

UYDU SİSTEMLERİ

IKONOS



24 Eylül 1999'da Kaliforniya Vandenberg hava sahası ABD'den fırlatılan IKONOS uydusu Geoeye tarafından çalıştırılan yüksek çözünürlüklü bir uydudur. Nadir'de 3.2 metre yersel çözünürlüklü Multispektral (renkli), 0,82 metre yersel çözünürlüklü pankromatik (siyah-beyaz) görüntü elde edebilir. Doğal kaynakların kent ve kırsal kesimler için haritalanması, doğal afet yönetimi, tarım ve orman uygulamaları, madencilik, mühendislik ve inşaat gibi birçok uygulama alanına sahiptir.

Kullanım süresi : 7 yılın üzerinde **Yörünge**: 98.1 derece, sun synchronous **Yörünge**deki hızı : 7.5 kilometre / saniye

Yersel Hız : 6.8 kilometre / saniye **Dünya etrafındaki devri**: her 24 saatte 14.7 kere

Yükseklik: 681 kilometre

Nadir de çözünürlük : 0.82 metre pan (siyah-beyaz); 3.2 metre ms (renkli) **26°**

Off-Nadir de çözünürlük : 1.0 metre pan (siyah-beyaz); 4.0 metre ms (renkli)

Görüntü genişliği : nadirde 11.3 kilometre; 26° off-nadir de 13.8 kilometre

Aynı noktadan tekrar geçiş zamanı : 40° enleminde yaklaşık olarak 3 gün

UYDU SİSTEMLERİ

SPOT 5

- **SPOT 5**
Spot 5 zenginleştirilmiş görüntü kalitesi ve geliştirilmiş servisi ile Spot serisinin beşincisidir.

Spot 5 deki iki yeni HRG cihazı Spot 4 deki HRVIR cihazlarından türetilmiştir ve 2,5,-5 m pankromatik (siyah-beyaz) ve 10 metre de multi spektral (renkli) yersel çözünürlüklü görüntü imkanı sağlar. Spot5 2.5 metre çözünürlüklü ürünlerini 2 farklı sensörünün aynı anda çektiği 5metre çözünürlüklü görüntüleri "supermode" denilen bir örnekleme işlemi ile elde eder.

Operatör: SPOTIMAGE

Ülke: FRANSA

Distribütör Link: <http://www.spotimage.fr>

Tasarım ömrü: 5 Yıl

Fırlatılış Tarihi: 4 Mayıs 2002

Ağırlığı: 3030kg

Yörünge Tipi: Polar Sun Synchronous

Yörünge Yüksekliği: 832km

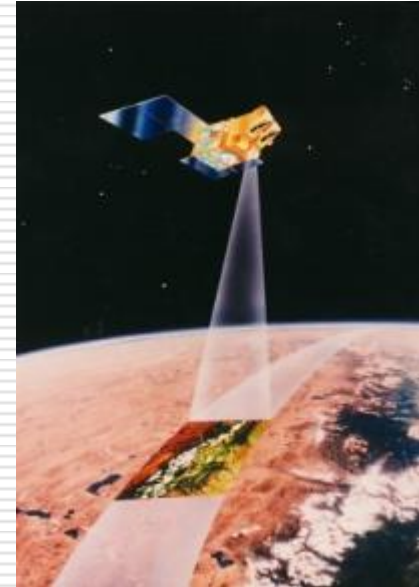
Yörünge eğimi: 98.7°

Yörüngedeki tek tur zamanı: 101.4 dakika

Görüntüleme Sıklığı: 26 gün

Sabit depolama diski: 90 GB

Sensör Sayısı: 4



UYDU SİSTEMLERİ

LANDSAT

- ❑ **LANDSAT** İlk LANDSAT uydusunun 1972 yılında uzaya gönderilmesinden sonra 4 adet LANDSAT uydusu daha yörüngeye oturtulmuştur. İlk kuşak 3 uydudan oluşmaktadır. Bu uydular iki sensör taşımaktadır: Return Beam Vidicon (RBV) kamera ve Multispectral Scanner (MSS). RBV kamera ile yaşanan teknik sorunlar, MSS'in spektral ve radiometrik üstünlüğü nedeniyle RBV data nadiren kullanılır. İkinci kuşak LANDSAT uyduları, 1982'de LANDSAT 4 ile başlayarak , RBV yerine Thematic Mapper (TM) adında yeni bir cihazla donatılmışlardır. 1993 yılında, LANDSAT 6 şansız bir şekilde düştükten sonra LANDSAT 7, geliştirilmiş Thematic Mapper ve yüksek çözünürlüklü scanner ile donatılarak Mart 1999 da fırlatılmıştır.
- ❑ **Yörünge Karakteristikleri**
LANDSAT uydusu tekrarlı, dairesel, güneşe senkronize, kutuplara-yakın (near-polar) yörüngeye sahiptir. Bu özellikleri sayesinde 81 °N and 81°S arasında görüntüleme yapar.
- ❑ LANDSAT 1 - 3 uyduları için revisit-cycle (tekrar süresi) 18 gündür, LANDSAT 4 & 5 için 16 gündür. LANDSAT 5 için takvimler Eurimage' in web sayfasından elde edilebilir.
- ❑ Ekvatorda yol ayrımı (ground track separation) 172 km'dir ki bunlar komşu trackler arasında %7.6 lık bindirme oluşur. Bu bindirme kutuplara doğru yaklaştıkça daha da artmaktadır. Öyle ki 60° boylamda %54 olmaktadır.

UYDU SİSTEMLERİ

LANDSAT

□ Coğrafik Kapsama Alanı

- LANDSAT'ların 16 günlük yörünge tekrarları LANDSAT'ların Dünya Referance Sistemi'nin (Worldwide Reference System) parçasıdır. WRS Dünya haritası LANDSAT Uydularının geçiş yollarına göre sıra ve sütunlara ayrılmış path haritasıdır. LANDSAT 1, 2 ve 3 (WRS 1) 'ün koordinat sistemi LANDSAT 4 ve 5 (WRS 2) 'inkinden farklıdır.
- Afrika üzerinde 1994 ve 1995 'te LANDSAT 5 TM verilerini almak için Nairobi, Kenya ve Libreville, Gabon 'da portatif alıcı istasyonu kullanılmıştır.
- TM ve MSS verileri için veri dizisi 8-bit'ten oluşmaktadır (Yani sinyal 256 farklı değere eşleştirilmektedir).
- Multi-Spectral Scanner (MSS) MSS alıcısı görünür ve yakın-infrared bölgede 4 adet band'a sahiptir. (0.5 ; 10 ; 1.1 μ m) ve 80 metre çözünürlüktedir. Thematic Mapper adlı cihazın spektral ve geometrik çözünürlük üstünlüğü nedeniyle MSS' in talebi hızla azalmıştır. Aşağıdaki karakteristikler TM veriye aittir.

□ Thematic Mapper

LANDSAT 5 teki Thematic Mapper (TM) LANDSAT 4 'teki ile aynıdır. 1984 yılından beri kullanılan TM görünür NIR ve SWIR bölgede 30m çözünürlüklü 6 adet band ve 120m çözünürlüğe sahip Termal Band'a sahiptir.(önceki verilerle uyumluluğu sağlamak amacıyla bu band Band 6 olarak kullanılmaktadır).

UYDU SİSTEMLERİ

LANDSAT



□ LANDSAT 7'nin Cihazları

- LANDSAT 7 Geliştirilmiş Thematic Mapper Tarayıcısı taşımaktadır. Standart 7 Band'a ek olarak 15m çözünürlüğe sahip pankromatik band (0.50- 0.90 μ m) eklenmiştir. Bunlara ek olarak Termal Band'ın çözünürlüğü de 60m'ye indirilmiştir. Aynı zamanda MSS yerine HRMSI taşıyacaktır. Bu cihaz 10m çözünürlüğe sahiptir. İlk 1-4 bantları TM ile aynı spektral aralığa sahip olup stereo görüntüleme özelliğine sahip 5-metrelik pankromatik tarayıcıya da sahiptir. HRMSI 60km görüntüleme alanı (swath width) içerisinde yandaki iki path'i de görüntüleyebilmektedir.
- Üzerinde bulunan kayıt ünitesi sayesinde alıcı istasyonun olmadığı bölgelerde de görüntü çekebilmektedir.
- Landsat 5-7 Path Row haritası için tıklayınız..

UYDU SİTEMLERİ-LANDSAT

UYDU	Tarayıcı	Kanal	Spektral alan	Geometrik Çözünürlük	Tarama Genişliği
Landsat 1,2	RBV	1	0.48-0.58 μm	79 m	185 km
		2	0.58-0.68 μm	79 m	185 km
		3	0.68-0.83 μm	79 m	185 km
	MSS	4 (görün.) 5 (görün.) 6 (yak.kı.ö) 7 (")	0.5-0.6 μm 0.6-0.7 μm 0.7-0.8 μm 0.5-1.1 μm	79 m	185 km
Landsat 3	RBV	1	0.51-0.75 μm	40 m	98 km
	MSS	4 – 7	Landsat 1,2'deki gibi	79 m	185 km
	MSS	8 (termal)	10.4-12.6 μm	240 m	
Landsat 4,5	MSS	4 – 7 8 (termal)	Aynı(1,2,3 deki gibi) 10.4-12.4 μm	79 m 240 m	185 km
	TM	1(görünen) 2(") 3(") 4(yak.kı.öt) 5(") 6 (termal)	0.45-0.52 μm 0.52-0.63 μm 0.63-0.69 μm 0.76-0.9 μm 1.55-1.75 μm 10.4-12.6 μm	30 m " " " " 120 m	185 km

-
- ❑ Landsat 4, 5 ve 7 : Landsat 4 ve 5 günde 14,5625 tur yaparlar.
 - ❑ Yörünge yükseklikleri 713 km dir. 16 günde 233 tur yaparak ilk yörünge iziyle çakışırılar. Ekvator uzunluğu 40076 km ise,
 $40076 / 14,5625 = 2752 \text{ km}$ (ekvatorda iki ardışık yörünge arasındaki uzaklık)
 - İ = $98^{\circ}24'$, Ekvatordan geçtiği yerel saat 9:45
 - ❑ TM (Tematic Mapper) tarayıcısındaki bir satırındaki 6120 piksel 59 ms de taranmaktadır.
 - ❑ Landsat 4, 5 uydularında manyetik band yoktur. Buna karşılık uzayda 2-3 adet TDRS (Tracking and Data Relay Satellite) Haberleşme sabit uydularıyla algıladıkları yansıma değerlerini dünyadaki yer istasyonlarına gönderirler.

TM Tarayıcısı ile alınmış $185 \times 185 \text{ km}^2$ lik bir alan yaklaşık 7800 DM
TM " " " $98 \times 98 \text{ km}^2$ lik " " " 3500 DM dir.

- ❑ Landsat 6 uydusu 1993 de fırlatılmış ancak çalışmamıştır.
- ❑ Landsat 7 uydusu 1998 de fırlatılmış ve veriler elde edilmeye başlamıştır.

UYDU SİTEMLERİ-SPOT

UYDU	SPOT 1, 2, 3	SPOT 4	SPOT 5
	YÖRÜNGEYE GİRME		
Yıllar	1986, 1990, 1993	1998	2002 (planlandı)
Roket	Ariane V16 ve V34	Ariane V16 ve V34	
ÜS	Kourou/Fransa	Kourou/Fransa	
	YÖRÜNGE PARAMETRELERİ		
Yükseklik	832 km	832 km	
Türü	Kutupsal, yer ve güneş uyum.	Kutupsal, yer ve güneş uyum	
Eğim	98,7°	98,7°	
Ardışık			
Geçiş	26 Gün (369 tur)	26 Gün (369 tur)	
Örtü	Tüm yeryüzü	Tüm yeryüzü	
Ekvator			
Geçiş	10:30	10:30	
Peryot	101.4 Dakika (14 tur/gün)	101.4 Dakika (14 tur/gün)	
Yönlendirme	üç eksen yönünde	Üç eksen yönünde	
	BOYUTLARI		
Ağırlık	1750 kg	1750 kg	
Boyut	2m x 2m x 2.5m	2m x 2m x 2.5m	
	TASARLANAN YAŞAM SÜRESİ		
YIL	2 yıl	5 yıl	5 yıl
	ALGILAYICI SİSTEMİ		
	HRV (ikişer adet)	HRVIR (High Resulation Visible InfraRed)	

UYDU SİTEMLERİ-SPOT

UYDU	Tarayıcı	Kanal	Spektral alan	Geometrik Çözünürlük	Tarama Genişliği
SPOT 1,2,3	HRV	P	0.50 -0.73 μm	10 m	60 km
		XS	1 0.50- 0.59 μm	20 m	60 km
			2 0.61-0.68 μm	20 m	60 km
			3 0.79-0.89 μm	20 m	60 km
SPOT 4	HRV	P	0.50-0.75 μm	1 0 m	60 km
		XS	1 0.50- 0.59 μm	20 m	60 km
			2 0.61-0.68 μm	20 m	60 km
			3 0.79-0.89 μm	20 m	60 km
		SWIR	1.50 – 1.73 μm	20 m	60 km

DİĞER UYDU SİSTEMLERİ

UYDU	Ülke	Fırlatma Yılı	Tarayıcı	Kanal sayısı	Geometrik çözünürlük (metre)	Tarama genişliği (metre)	Aynı yerden geçiş süresi
Resur-F	Rusya	1979	Kate 200	3	10-20	80	
			KFA 1000	1	5-10	80	
			MK 4	4	12-14	144	
Resur-0		1984	MSUE MSUSM	6	15-20 170	80	
Kosmos		1987	KVR 1000	1	2	200	
Spin-2		1987	TK-350	1	10	40	
Resurs-013		1994	MSU-SK	4	170-680	600	21 gün
			MSU-E	4	45	600	
Resurs-014		1998	MSU-SK MSU-E	4 2	130-165 330-525	700 700	21 gün
MOS 1	Japon	1987	MESSR VTIR	4 3	50 900	100 1500	17 gün
MOS 1B		1990	MESSR VTIR	4 3	50 900	100 1500	17 gün
JERS 1		1992	OPS	7	24	75	44 gün
ADEOS		1996	AVNIR AVNIR.p OCTS	5 1 12	16 8 700	80 80 1400	41 gün 41gün 41 gün
ALOS		2003	AVNIR-2	5	2,5-10	35	45 gün

IRS -1 A	Hint	1988	LISS-I LISS IIA,B	4 4	72,5 36,5	148 145	22 gün 22 gün
		1991	LISS -I LISS- II	4 4	73 36,5	148 74	22 gün
IRS-1 B		1995	PAN LISS-III WIFS	1 4 2	5,8 23,6-70,8 188	70 142-148 774	5 gün 24 gün 5 gün
		1997	WIFS	2	188	774	5 gün
CBERS 1	Çin- Brezil	1995	CCD IR-MSS IR-MSS	5 3 1	19,5 78 156	120 120 120	3 gün 26 26
		1996	"	"	"	"	"
CBERS 2							

RADAR SİSTEMLİ ALGILAYICILARI TAŞIYAN UYDULAR

UYDU	Ülke	Fırlatma Yılı	Organizasyon	Kanal Adı	Geometrik Çözünürlük	Tarama Genişliği
ERS-1 ERS- 2	Avrupa	1991 1994	ESA "	C "	30 "	100 "
Almaz- 1	Rusya	1991	Glaskosmos	S	15	40
JERS-1 ALOS	Japonya	1992 2003	MITI/ NASDA "	L L	18 10-100	75 70
SIR-C/XSAR	ABD/D/İ	1994/ 1996	NASA/DLR/ASI	X,C,L	30	15-50
RADARSAT	Kanada	1995	CSA/USA	C	30	50-500
ENVISAT	Avrupa	2000	ESA	C	30-150	60-405