

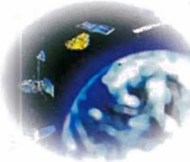
# Uydu Görüntüleri ve Jeolojideki Kullanımına Genel Bir Bakış

**U**ydü görüntüleri, insanlara pek çok amaç için yardımcı olan çok güçlü bir araçtır. Jeoloji, meteoroloji, oşinografi, ziraat, şehircilik, haritacılık, çevre ve askeri amaçlar ilk akla gelen kullanım alanları olarak sayılabilir. Uydu görüntülerinin sağladığı olanaklardan her geçen gün daha fazla yararlanılmaktadır.

Uydu görüntülerinin jeolojide nasıl kullanıldığını incelemeye başlamadan önce, uzaktan algılama kavramını, uydu görüntülerinin ne olduklarını ve nasıl elde edildiklerini genel olarak özetlemekte yarar var.

## Uzaktan Algılama?

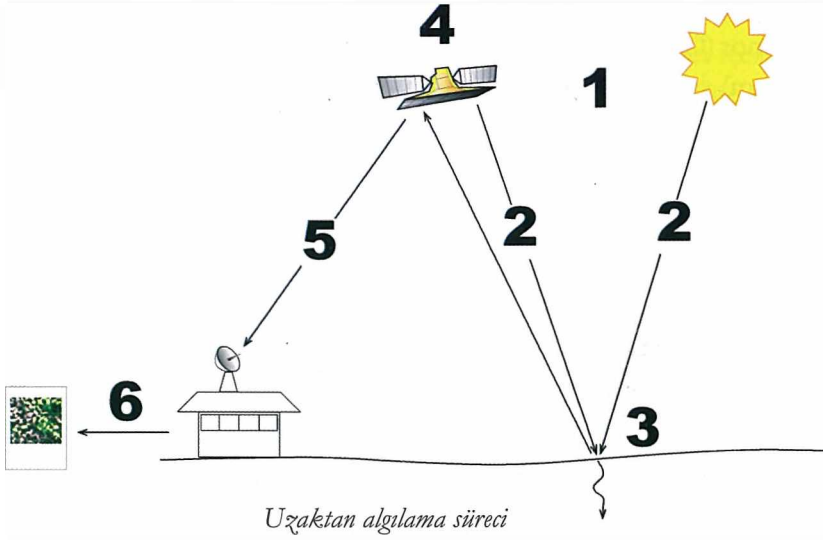
“Uzaktan Algılama” cisimlerle fiziksel bir temasa girmeksizin onlar hakkında bilgi toplanması ve bu bilginin yorumlanmasıdır. Uzaktan algılama, yerde, atmosferde ya da uzayda konumlanmış bir platform üzerinde yer alan algılayıcılar aracılığı ile gerçekleştirilir. Bu platform uçak, balon, uzay aracı ya da uydu üzerinde kurulu olabilir. Uzaktan algılama için uydular sıklıkla kullanılır. Başlıcaları LANDSAT, SPOT, IRS, TERRA, ERS, JERS, IKONOS, QUICKBIRD ve RADARSAT'dır. Birbirlerine benzer ya da birbirlerinden farklı algılayıcılara sahip bu uydulardan, yerbilim çalışmalarında özellikle LANDSAT ve TERRA (ASTER) uyduları kullanılmaktadır.



**Korhan Esat**

Ankara Üniversitesi  
Mühendislik Fakültesi  
Jeoloji Mühendisliği Bölümü  
Tektonik Araştırma Grubu  
Ankara

esat@eng.ankara.edu.tr



Uzaktan algılama süreci genel olarak şu şekilde işler:

1. Uzaktan algılama için öncelikli olarak elektromanyetik enerji yayan bir kaynak gereklidir. Bu enerji kaynağı doğal (Güneş) ya da yapay (Uydunun yaydığı enerji) olabilir. Doğal enerji kullanan algılayıcılar "pasif", kendi enerjisini yayarak algılama yapan algılayıcılar ise "aktif" olarak tanımlanır.
2. Yayılan enerji yer yüzeyine ulaşmadan önce atmosferle etkileşime girer ve bu sırada enerjinin bir kısmı atmosferde saçılır.
3. Atmosferden geçerek yüzeye temas eden enerji, yüzeyin ve ışınımın (radyasyonun) özelliklerine bağlı olarak yüzeye etkileşime girer.
4. Hedeften yayılan, yansıyan ya da saçılan enerji, bir algılayıcı (uydu üzerindeki algılayıcı) tarafından toplanır ve kaydedilir.
5. Algılayıcı tarafından kaydedilen enerji, bu enerjiyi işleyecek ve değerlendirecek olan istasyona elektronik olarak aktarılır.
6. Elde edilen enerji verisi işleminden geçirilerek görselleştirilir. Uzaktan algılama görüntüleri amaca uygun olarak çeşitli şekillerde işlenerek kullanılır.

### Uydu Görüntüleri

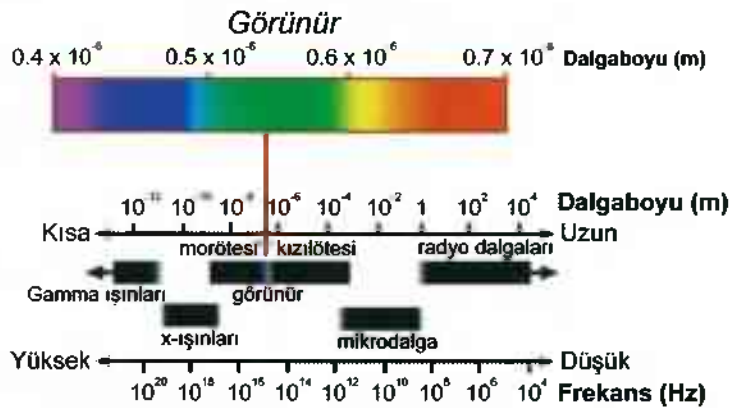
Hava fotoğrafları ve uydu görüntüleri uzaktan algılama sürecinin ürünleridir.

Bununla birlikte hava fotoğrafları ve uydu görüntüleri farklı araçlar kullanılarak elde edilir. Fotoğraf bilindiği gibi ışığın (enerjinin), fotoğraf makinesi aracılığı ile ışığa duyarlı bir film üzerine düşürülmesiyle elde edilir. Uydu görüntüsü ise yansıyan ya da yayılan elektromanyetik enerjinin özel algılayıcılar tarafından toplanmasıyla oluşturulur. Uydu görüntüsü sayısal olarak elde edilir ve yalnızca görüntü olması dışında -fotoğraftan farklı olarak-

cisimlerin gözle görülmeyen ya da ayırt edilemeyen özellikleri hakkında bilgi de içerir. Görünür olmayan dalga boylarına ait bu bilgiler, görünürde benzer özellikler gösteren cisimleri birbirinden ayırt etmede çok işe yarar.

Algılayıcılar çeşitli dalgaboylarına sahip enerji verilerini toplarlar. Elektromanyetik tayf (spektrum) kısa dalgaboyundan uzun dalgaboyuna bir aralıkta yayılmıştır. Elektromanyetik tayfin çeşitli kısımları uzaktan algılama için kullanışlıdır. Enerjinin morötesi, görünür, kızılötesi ve mikrodalga bölümleri algılayıcılar tarafından toplanır.

Morötesi kısım uzaktan algılamada kullanılan en kısa dalgaboyuna sahiptir. Özellikle bazı kayaç ve mineraller morötesi ışınımına maruz kaldıklarında floresan özellik gösterir.



*Elektromanyetik enerji tayfi*

Işığın görünür kısmını gözümüzle ayırt edebiliriz. Görünür kısımda en kısa dalgaboyuna mor (0.4 µm) ve en uzun dalgaboyuna kırmızı (0.7 µm) sahiptir. Diğer renkler bu aralıkta sıralanır. Mavi, yeşil ve kırmızı birincil ya da ana renkler ya da dalgaboylarıdır. Bu üç renkten herhangi biri diğer iki renk tarafından oluşturulamaz oysa ana renkler dışındaki diğer renkler bu üç rengin değişik oranlarda karışmasıyla oluşur.

Kızılötesi kısım (0.7-100 µm), yansıyan ve termal olarak iki kategoriye ayrılabilir. Yansıyan kızılötesi kısım (0.7-3.0 µm), görünür kısımdaki ışınla benzer özellikler taşımasıyla uzaktan algılama amacına yönelik olarak kullanılır. Termal kızılötesi kısım (3.0-100 µm), yansıyan kızılötesi ve görünür kısımdan oldukça farklıdır. Yeryüzeyinden yayılan ısı enerjisini ifade eder.

Mikrodalga kısım (1 mm-1 m) uzaktan algılamada en uzun dalgaboyuna sahiptir. Bu kısım uzaktan algılamada çok yeni kullanılmaktadır.

Bu enerji dalgaboyu aralıkları uydu görüntülerinde "bant" olarak ifade edilir. Uydu üzerindeki algılayıcının özel-

liklerine bağlı olarak görüntü de farklı sayıda banda sahip olmaktadır. Örneğin; bir Landsat 7-ETM+ görüntüsü 8 bant, Terra-Aster görüntüsü ise 14 bant içermektedir.

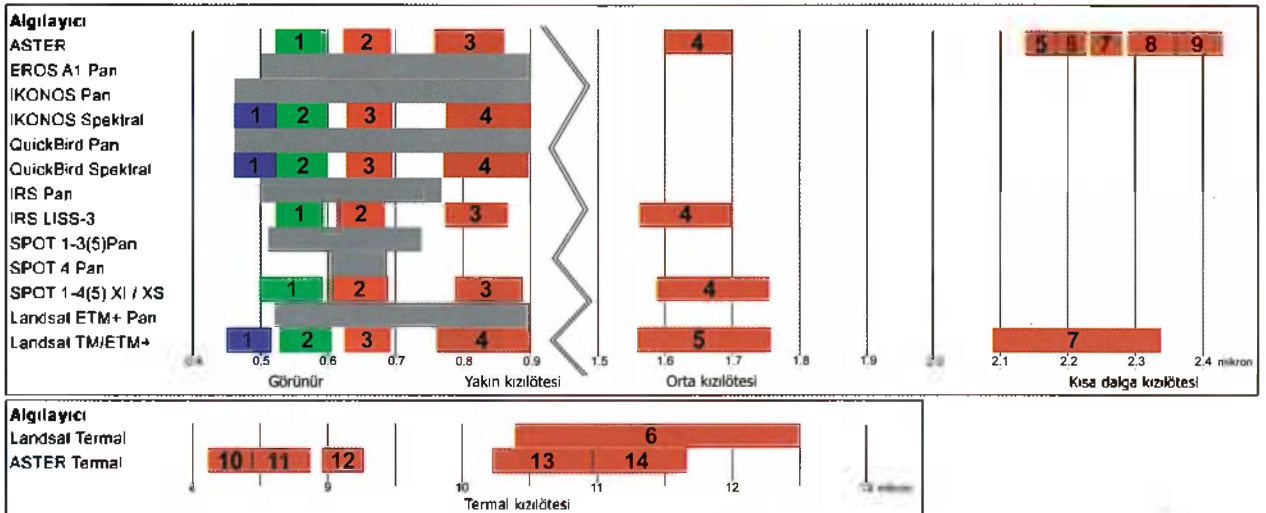
Bant sayısı arttıkça cisimler hakkında edinilen bilginin miktarı da artar.

Uydu görüntüleri terminolojisinde, tayfsal çözünürlük (spectral resolution), mekansal çözünürlük (spatial resolution), radyometrik çözünürlük (radiometric resolution), şerit genişliği (swath width) ve görüntülenme sıklığı (temporal resolution) önemli kavramlardır.

Bant	LANDSAT 7 ETM+	TERRA ASTER
1	.45-.52 µm	0.52 - 0.60 µm
2	.53-.61 µm	0.63 - 0.69 µm
3	.63-.69 µm	0.76 - 0.86 µm
4	.75-.9 µm NIR (Yakın kızılötesi)	1.60 - 1.70 µm SWIR (Kısa dalgaboyu kızılötesi)
5	1.55-1.75 µm SWIR (Kısa dalgaboyu kızılötesi)	2.145 - 2.185 µm SWIR (Kısa dalgaboyu kızılötesi)
6	10.4-12.5 µm TIR (Termal kızılötesi)	2.185 - 2.225 µm SWIR (Kısa dalgaboyu kızılötesi)
7	2.1-2.35 µm SWIR (Kısa dalgaboyu kızılötesi)	2.235 - 2.285 µm SWIR (Kısa dalgaboyu kızılötesi)
8	.52-.9 µm pankromatik (Siyah-beyaz)	2.295 - 2.365 µm SWIR (Kısa dalgaboyu kızılötesi)
9		2.360 - 2.430 µm SWIR (Kısa dalgaboyu kızılötesi)
10		8.125 - 8.475 µm TIR (Termal kızılötesi)
11		8.475 - 8.825 µm TIR (Termal kızılötesi)
12		8.925 - 9.275 µm TIR (Termal kızılötesi)
13		10.25 - 10.95 µm TIR (Termal kızılötesi)
14		10.95 - 11.65 µm TIR (Termal kızılötesi)

\* ETM+ ve ASTER, LANDSAT ve TERRA uyduları üzerindeki algılayıcıların isimleridir.

#### ALGILAYICILAR VE TAYFSAL BANTLAR

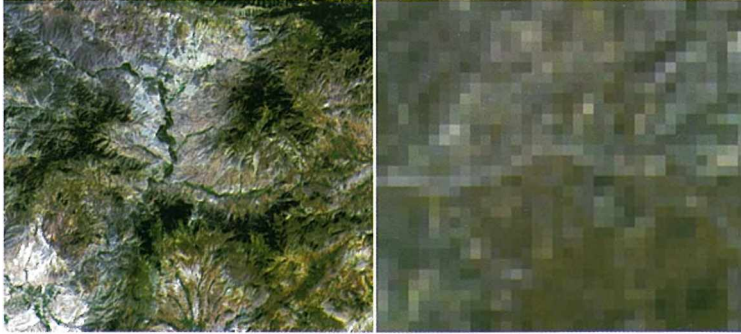


Çeşitli uzaktan algılama sistemlerinin sahip oldukları bantların karşılaştırılması



**Tayfsal çözünürlük**, algılayıcının, farklı frekanslara sahip elektromanyetik ışınları ayrıştırma-çözme becerisidir. Bir bandın dalga boyu aralığı daraldıkça tayfsal çözünürlüğü artar. Uzaktan algılama sistemleri, enerjiyi, çeşitli tayfsal çözünürlüklerdeki dalgaboyu aralıklarında (bantlarda) kaydeder.

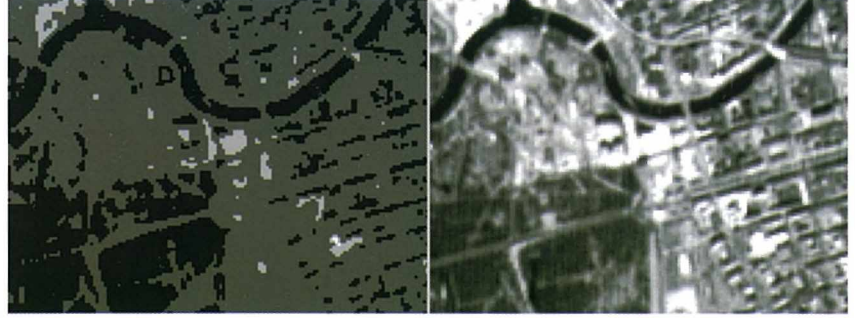
**Mekansal çözünürlük**, bir uydu görüntüsü üzerindeki tanımlanabilen en küçük nesnenin büyüklüğünü ifade eder. Uydu görüntüleri en küçük görüntü birimi olan kare şeklindeki piksellerden oluşur. Bir uydu görüntüsü için 30 m mekansal çözünürlüğe sahip dediğimizde bu, görüntüyü oluşturan her pikselin 30 m x 30 m'lik bir alanı temsil ettiğini gösterir. Bir pikselin temsil ettiği alan ne kadar küçülürse, mekansal çözünürlük de o oranda artar. Landsat ETM+ görüntüsünde mekansal çözünürlük 30 m iken, QuickBird görüntüsünde 0.62 m'dir. Yani QuickBird görüntüsünde elde edilen detay, Landsat ETM+'dan çok daha fazladır.



*Solda gerçek renk Landsat TM görüntüsü ve sağda da bu görüntüyü oluşturan ve görüntünün büyütülmesiyle görünür hale gelen pikseller*

**Radyometrik çözünürlük**, görüntünün içerdiği bilginin ifadesidir. Her banttaki olası veri değerlerinin sayısıdır. Yüksek radyometrik çözünürlük, farklı özelliklerdeki cisimlerin birbirinden daha kolay ayırt edilmesini sağlar. Algılayıcılar, sahip oldukları radyometrik çözünürlüğe göre yansıma değerlerini kaydeder. Bu değerler binary (1 ve 0) veri biçimindedir ve "bit" olarak ifade edilir. 1 bit, 2'nin 1. kuvvetine eşittir ve iki sayısal değer içerir (yani 1

bit =  $2^1 = 2$ ). 8 bit görüntü  $2^8$ 'e eşittir ve 256 sayısal değer içerir. Bu sayısal değer 0-255 aralığındadır ve bant görüntülerinde (genellikle gri ton aralığında kaydedilir) 0 siyaha karşılık gelirken, 255 beyazın karşılığıdır. 4 bit görüntü de aynı şekilde  $2^4$ 'e eşittir ve 16 sayısal değer içerir. Burada da 0 siyahın, 15 ise beyazın karşılığıdır ve gri tonları bu aralıkta sıralanır. Görüldüğü üzere bit yani radyometrik



**Düşük radyometrik çözünürlük**

**Yüksek radyometrik çözünürlük**

*Düşük ve yüksek radyometrik çözünürlüklü görüntülerin karşılaştırılması*

çözünürlük ne kadar artarsa sayısal değer aralığı ve dolayısıyla görüntülenen renk sayısı artmaktadır.

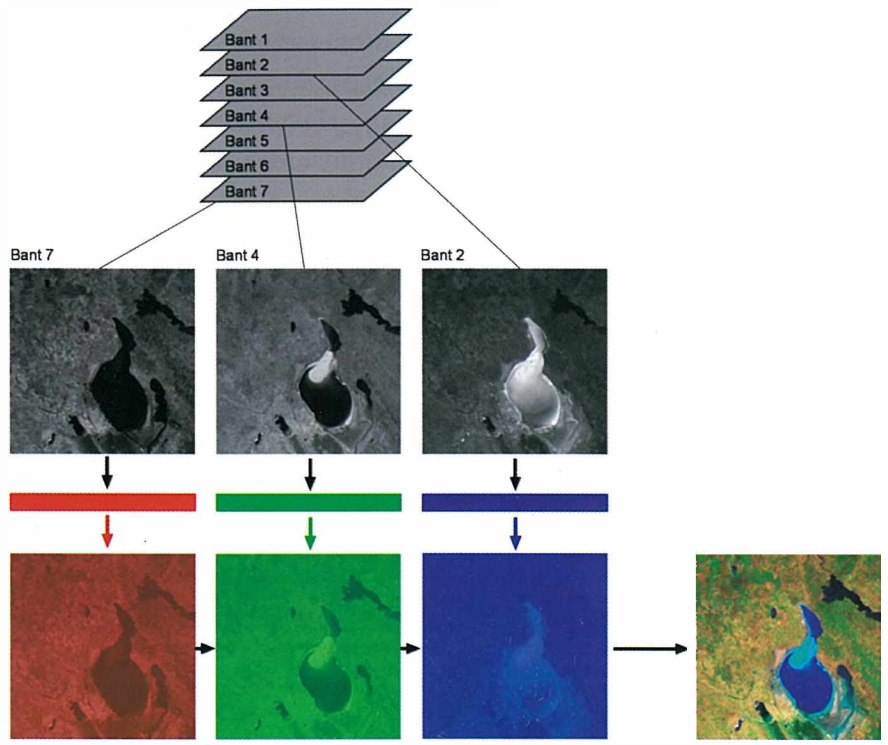
**Şerit genişliği**, Yer üzerinde dönen uydu algılayıcısının gördüğü-taradığı alanın genişliğidir. Şerit genişliği bir kaç km'den yüzlerce km'ye değişebilir. Şerit genişliği çözünürlüğü etkileyen bir faktördür.

**Görüntülenme sıklığı**, uydunun aynı bölgeyi hangi sıklıkta ziyaret ettiğini gösterir. Landsat 7 uydusu için bu süre 16 gün, Terra-Aster için 48 gün ve QuickBird için 3.5 gündür. Görüntülenme sıklığı özellikle kısa süreli değişimleri takip etmek açısından önemlidir.

### **Görüntünün İşlenmesi**

Bantlara göre kaydedilen görüntülerin ihtiyaca göre değerlendirilmesi ve yorumlanması için işlem den geçirilmesi gerekir. Bu sürece görüntü işleme ve yorumlama denilir. Görüntü işlemek için özel olarak geliştirilmiş yazılımlar kullanılır (ER Mapper®, TNT Mips® gibi özel uzaktan algılama yazılımları kullanılabileceği gibi, PhotoShop® ya da Paint Shop Pro® gibi görüntü işleme yazılımlarıyla da temel işlemler yapılabilir).

Siyah-beyaz bant görüntüleri bu yazılımlar aracılığıyla üç ana renk olan kırmızı-yeşil-mavi kanallarına yerleştirilerek renkli hale getirilir. Doğal renklerde (gerçek renk-true color) görüntü oluşturmak için kırmızı dalga boyunda kaydedilmiş görüntünün kırmızı kanala, yeşil renkteki bandın yeşil kanala ve mavi bandın da mavi kanala atanması gerekir. Doğal renk kombinasyonu 3, 2, 1 (K, Y, M) olarak bilinir. Yani 3.bant kırmızıda, 2.bant yeşilde ve 1.bant da mavide. Farklı bantları kırmızı-yeşil-mavi kanallara atayarak dilediğimiz kombinasyonda görüntüler de oluşturabiliriz. Örneğin; Landsat görüntüsünde 7, 4, 2



*Bant kombinasyonlarıyla renkli görüntü elde edilir*

kombinasyonu kayaç türlerini ayırmada kullanışlıdır. Burada da 7.bant (kısa dalgaboyu kızılötesi) kırmızı renk kanalına, 4.bant (yakın kızılötesi) yeşil renk kanalına ve 2.bant (görünür yeşil) mavi renk kanalına atanır. Böylece doğal olmayan renge (sahte renk-false color) sahip bir görüntü elde edilir. Bu görüntü aracılığıyla görünür dalga boylarında ayırt edilemeyen-görülemeyen farklılıklar ve ayrıntılar görünür hale gelir. İhtiyaca ve nesnelerin (bitkiler, kayaçlar, yerleşim yerleri vs) özelliklerine göre değişik bant kombinasyonları kullanılabilir (4, 3, 2 - 4, 5, 3 - 7, 5, 3 gibi). Bunun dışında yine yazılımlar aracılığıyla görüntü zenginleştirme ve filtreleme yöntemleri kullanılarak amaca yönelik görüntüler oluşturulabilir. Sınıflandırma yöntemleriyle, aynı ya da benzer özellik gösteren kısımlar ortaya çıkartılabilir.

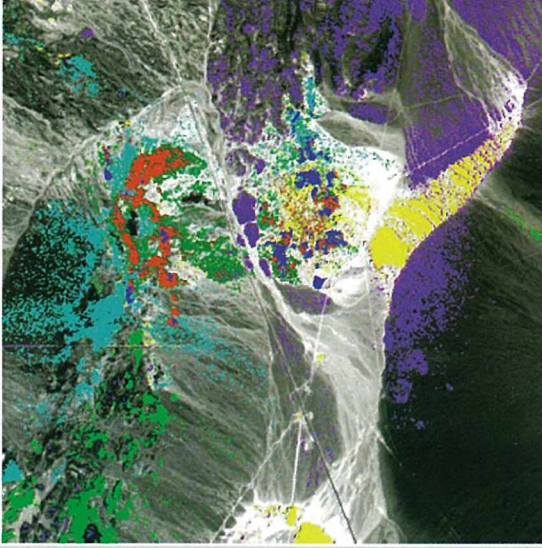


*Landsat ETM+ görüntüsü. Solda 3, 2, 1 gerçek renk kombinasyonu ve sağda da 7, 4, 2 sahte renk kombinasyonu*



## Uydu Görüntülerinin Jeoloji Uygulamaları

Günümüzde uydu görüntüleri jeoloji çalışmalarının önemli ve güçlü araçlarından biridir. Daha araziye çıkmadan, arazi hakkında detaylı bilgi sahibi olmak görüntüler sayesinde mümkündür. Bu, arazi çalışmalarının kolaylaşmasını ve doğruluğunun artmasını sağlamaktadır. Uydu görüntüleri ve arazi çalışmaları birbiriyle uyumlu şekilde kullanılarak başarılı sonuçlar elde edilmektedir. Bu doğrultuda izlenen yöntem öncelikle uydu görüntülerinin analiz edilmesi ve yorumlanması daha sonra da buna göre arazi çalışmalarının yürütülmesidir.



*Aster görüntüsü ile yapılan mineral sınıflaması*

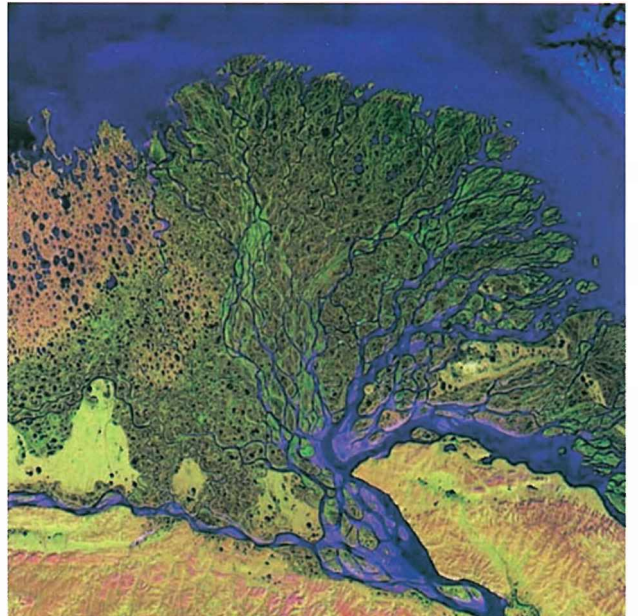


*Sayısal yükseklik modeli ile birleştirilmiş Landsat 7 görüntüsü.  
Grand Canyon, ABD*

Jeoloji amaçlı çalışmalarda çoğunlukla Landsat ve Terra-Aster görüntüleri kullanılır. Görüntülerinin geniş alanları kapsamaları dolayısıyla daha ekonomik olması ve bu görüntülerle özellikle büyük çaplı jeolojik yapıların görülmesi en büyük avantajlarıdır. Ayrıca sahip oldukları çözünürlük değerleri jeolojik çalışmaların gereklerini çoğunlukla karşılamaktadır. Bunun dışında aktif algılayıcılardan sağlanan radar görüntüleri de (ERS 1-2, RADARSAT ve JERS uydularının taşıdığı SAR algılayıcısıyla sağlanan görüntüler gibi) sayısal arazi modellemesi, tektonik ve deprem içerikli çalışmalarda yoğun olarak kullanılmaktadır.



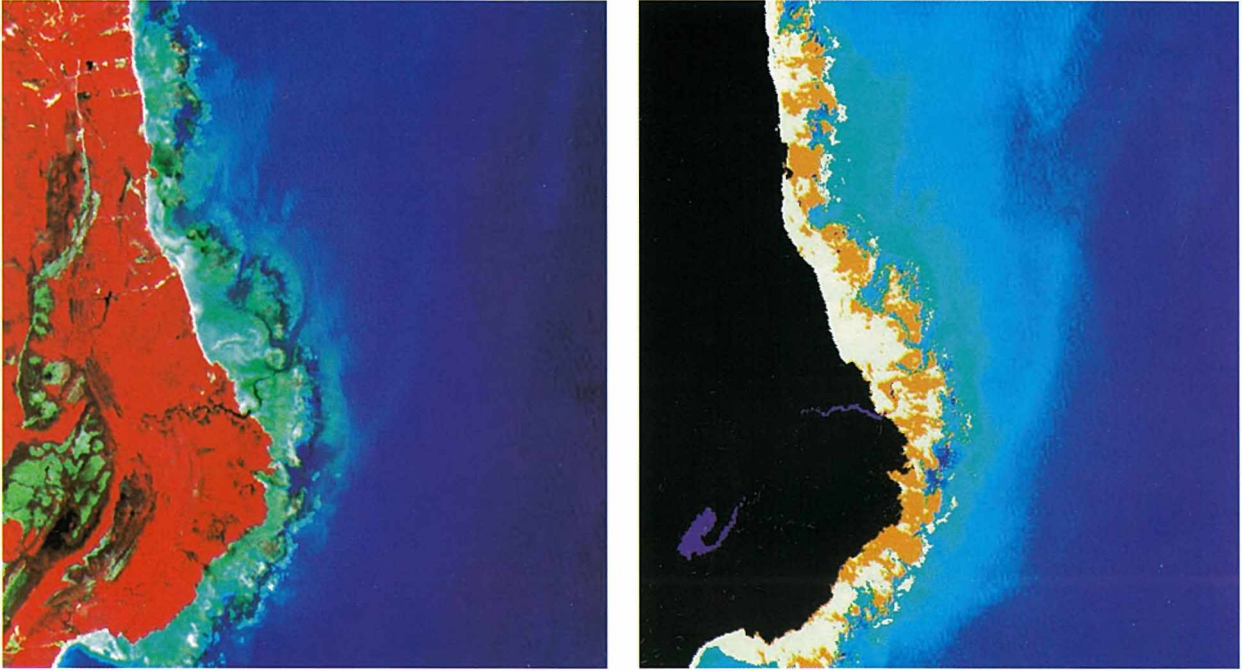
*Landsat 7 görüntüsü. Zagros dağları, Batı İran*



*Landsat 7 görüntüsü. Lena deltası, Rusya*



Görüntüler, jeolojide özellikle kaya türlerinin tanımlanmasında, ana jeolojik birimlerin haritalanmasında, jeolojik haritaların revize edilmesinde, magmatik sokulumların haritalanmasında, güncel volkanik yüzey depolarının haritalanmasında, yeryüzü şekillerinin haritalanmasında, maden-mineral aramalarında, bölgesel yapıların belirlenmesinde, çizgiselliklerin haritalanmasında, kıyı çizgisi değişimlerinin haritalanmasında, kumsalların ve sığ alanların belirlenmesinde sıklıkla kullanılır.



*Aster görüntüsü. Sağda, görüntü ile yapılmış mercan resifi sınıflaması görülmekte. Bahia, Brezilya*

Uydu görüntülerinin günden güne ağırlığını daha fazla hissettirdiği yerbilim çalışmalarında, bu hızlı gelişen ve değişen teknolojinin etkin kullanımı, yerbilimcilere büyük kolaylıklar sağlaması yanında ortaya çıkan işlerin doğruluğunu ve güvenilirliğini de arttırmaktadır. Görüntülerin çalışmalarda etkin kullanımı da, uydu görüntüleri hakkında daha fazla bilgi edinilmesi ve bu bilginin hayata geçirilmesi ile mümkündür.

- <http://rst.gsfc.nasa.gov/Front/tofc.html>
- [http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/learn/learn\\_e.html](http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/learn/learn_e.html)
- <http://www.infoterra-global.com/landsat.htm>
- <http://earth.nasa.gov/history/landsat/>
- <http://landsat.usgs.gov/>
- <http://www.uni-kiel.de/castle/ch3/s3index.htm>
- <http://cbc.rs-gis.amnh.org/index.html>
- [http://asterweb.jpl.nasa.gov/content/03\\_data/04\\_Documents/aster\\_user\\_guide\\_v2.pdf](http://asterweb.jpl.nasa.gov/content/03_data/04_Documents/aster_user_guide_v2.pdf)
- <http://www.satimagingcorp.com/gallery-aster.html>