
SERİ

B

CİLT

56

SAYI

1

2006

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

ORMAN FAKÜLTESİ

DERGİSİ



F.1

BU SAYININ HAKEM LİSTESİ (REFEREE LIST OF THIS ISSUE)

Prof. Dr. Tahsin AKALP, Prof. Dr. Sedat AYANOĞLU,
Prof. Dr. Yahya AYAŞLIGİL, Prof. Dr. Hüseyin DİRİK, Prof. Dr. Abdi EKİZOĞLU,
Prof. Dr. Kadir ERDİN, Prof. Dr. Nurgün ERDİN, Prof. Dr. Uçkun GERAY,
Prof. Dr. Ahmet HIZAL, Prof. Dr. Ramazan KANTAY, Prof. Dr. Ahmet KURTOĞLU,
Prof. Dr. Tamer ÖYMEN, Prof. Dr. Necdet ÖZYUVACI, Prof. Dr. Erdal SELMİ,
Doç. Dr. Ferhat GÖKBULAK, Doç. Dr. K. Hüseyin KOÇ, Y. Doç. Dr. Tuncer DİLİK

Orman Fakültesi Dergisi Cilt 56, Seri B/1
ISSN 0535-8418 2006 basımı 500 adet basılmıştır.

İstanbul Üniversitesi
Basım ve Yayınevi Müdürlüğü
Tel: (0212) 631 35 04 - 05

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

ORMAN FAKÜLTESİ DERGİSİ

SERİ **B** CİLT **56** SAYI **1** **2006**

İ Ç İ N D E K İ L E R

Prof. Dr. Ramazan KANTAY; Ar. Gör. Coşkun KÖSE : Türkiye’de Kabuk Konusunda Bugüne Kadar Yapılan Çalışmalar ve Değerlendirme	1
Doç. Dr. S. Nami KARTAL; Y. Doç. Dr. Osman ENGÜR; Ar. Gör. Coşkun KÖSE : Emprenye Maddeleri ve Emprenye Edilmiş Ağaç Malzeme ile İlgili Çevre Problemleri	17
Doç. Dr. Ayhan KOÇ; Ar. Gör. H. Oğuz ÇOBAN; Y. Doç. Dr. Hakan YENER; Değişim Belirlemede Görüntü Farkı ve Görüntü Oranlama Yöntemleri	25
Y. Doç. Dr. Hakan YENER; Doç. Dr. Ayhan KOÇ; Ar. Gör. H. Oğuz ÇOBAN: Uzaktan Algılama Verileri ve Teknik Özellikleri	33
Y. Doç. Dr. Sultan BEKİROĞLU : Türkiye’de Çevre Koruma Hizmetini Üstlenen Kurumun Eleştirisi	49
Ar. Gör. Dr. Aysel ULUS; Ar. Gör. Nilüfer SEYİDOĞLU: Bazı Doğal Geofitlerin Doku Kültürü ile Üretimi	71
Ar. Gör. Dr. Ersel YILMAZ; Doç. Dr. K. Hüseyin KOÇ : Karar Problemlerinin Çözümünde Karar Verme, Karar Destek Sistemleri ve Ormancılık	81

Ar. Gör. Derya SEVİM KORKUT; Prof. Dr. Ahmet KURTOĞLU: Doğrama Üretiminde Malzeme Tüketiminin İncelenmesi	93
Ar. Gör. Dr. Ersel YILMAZ : Tek Değişkenli Problemlere Uygulanacak İstatistik Testlerin Seçiminde Soru Ağacı Yöntemi	103
Ar. Gör. Seçil YURDAKUL EROL; Ar. Gör. Bilge AKGÜN : Avrupa Birliği (AB) Ormancılık Politikası	113
Ar. Gör. H. Tezcan YILDIRIM; Ar. Gör. Nimet VELİOĞLU : Sürdürülebilir Orman Yönetiminde Kriter ve Göstergelerin İrdelenmesi	129
Ar. Gör. Zeynel ARSLANGÜNDOĞDU : İstanbul Boğazı Kış Ortası Sukuşu Sayımı.....	141

UZAKTAN ALGILAMA VERİLERİ VE TEKNİK ÖZELLİKLERİ

Y. Doç. Dr. Hakan YENER¹⁾
Doç.Dr. Ayhan KOÇ¹⁾
Ar. Gör. H.Oğuz ÇOBAN¹⁾

Kısa Özet

Ormancılık çalışmaları için gerekli veri ve bilgiler yersel ölçmelerle doğrudan araziden toplanabileceği gibi uzaktan algılama ile hava fotoğrafı, uydu görüntüsü gibi kaynaklardan da toplanabilir. Yersel ölçmeler daha duyarlı olmasına karşın, geniş alanlara yönelik bilgi toplama söz konusu olduğunda olaya zaman, masraf ve emek açısından bakıldığında envanter çalışmalarında yersel ölçmelerin payının mümkün olduğunca en aza indirilmesi doğru yaklaşım olacaktır. Uzaktan algılama ile geniş alanlara yönelik hızlı, güvenilir ve güncel bilgiler elde edilebilmektedir. Bu makalede ormancılık çalışmaları için önemli uzaktan algılama verileri (Hava Fotoğrafları, Uydu Verileri) ve teknik özellikleri tanıtılmış, hava fotoğrafları ile uydu görüntülerinin özellikleri ve değerlendirilmeleri yönünden karşılaştırılması yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Uzaktan algılama, Uydular, Algılayıcılar, Hava fotoğrafları, Çözünürlük, Hiperspektral algılama

REMOTE SENSING DATA AND THEIR TECHNICAL CHARACTERISTICS

Abstract

As necessary data and information for forestry studies can be obtained directly from terrestrial measurements, it can be also collected by using remote sensing methods such as aerial photographs and satellite images. Although terrestrial measurements are much more accurate and precision compared to other techniques, however, working in large areas and using terrestrial methods are time consuming and not feasible in most cases. Therefore, in these types of studies, proportion of terrestrial measurements within entire study period should be minimized in order to save time and money. By using remote sensing methods, necessary updated data can be collected in large areas in a reliable manner within a short term.

The main objective of this paper is to introduce important remote sensing data (aerial photographs and satellites data), explain their technical characteristics, and finally compare characteristics and evaluation of satellites data with those of aerial photographs.

Keywords: Remote Sensing, Satellites, Sensors, Aerial photographs, Resolution, Hyperspectral sensing

¹⁾ İ.Ü. Orman Fakültesi Ölçme Bilgisi ve Kadastro Anabilim Dalı

1. GİRİŞ

Son yıllarda tüm dünyada orman kaynakları hızlı bir şekilde tüketilmektedir. Bu durum orman kaynaklarının düzenli bir şekilde izlenmesi, yönetilmesi ve korunması gereğini ortaya koymaktadır ki bu da her şeyden önce plânlamanın iyi yapılmasını gerektirir. İyi plânlama için ise, toplanan verilerin ve bilgilerin güvenilir olması olmazsa olmaz koşuldur. Ormancılık çalışmalarının planlanması için gerekli olan veri ve bilgiler farklı kaynak ve yöntemler kullanılarak elde edilebilir. Ancak, bu veri ve bilgilere ulaşmada kullanılacak yöntem ve kaynağın ne olması gerektiğine karar verilirken ekonomik, hızlı, güvenilir ve güncel olması dikkate alınmalıdır.

Veri ve bilgiler yersel ölçmelerle doğrudan araziden toplanabileceği gibi uzaktan algılama ile hava fotoğrafı, uydu görüntüsü gibi kaynaklardan da toplanabilir. Yersel ölçmeler daha duyarlı olmasına karşın, geniş alanlara yönelik bilgi toplama söz konusu olduğunda olaya zaman, masraf ve emek açısından bakıldığında envanter çalışmalarında yersel ölçmelerin payının mümkün olduğunca en aza indirilmesi doğru bir yaklaşım olacaktır. Uzaktan algılama ile geniş alanlara yönelik hızlı, güvenilir ve güncel bilgiler elde edilebilmektedir. Ülkemiz ve tüm dünyada ormancılık çalışmalarında ilk uzaktan algılama ürünleri olan hava fotoğraflarının kullanımı oldukça eskidir. Bunun yanında 1970 li yıllardan günümüze uydu platformlarında yer alan algılayıcılar (Pankromatik, MultiSpektral, HyperSpektral) sürekli geliştirilmiş ve son 5-6 yılda faaliyete geçen uydu ve algılayıcı ürünleri uzaktan algılamada bazı konularda hava fotoğraflarının yerine tercih edilir hale gelmiştir.

Ormancılık çalışmaları (meşcere bazında, plan ünitesi bazında veya ulusal bazda orman envanteri, farklı ormancılık disiplinleri ile ilgili araştırmalar v.s) için önemli uzaktan algılama verileri (Hava Fotoğrafları, Uydu Verileri) ve teknik özellikleri incelenmeden önce uzaktan algılama verilerinde çözünürlük (ayırma gücü) kavramının açıklanması yerinde olacaktır.

2. UZAKTAN ALGILAMADA ÇÖZÜNÜRLÜK (AYIRMA GÜCÜ) KAVRAMI

Geniş bir terim olan çözünürlük, görüntü aracında görüntülenen piksel sayısı veya görüntü dosyasındaki pikselin temsil ettiği yeryüzü alanı olarak tanımlanabilir. Ancak bu geniş tanım uzaktan algılanmış veri tasvirinde yetersiz kalmaktadır (ERDAS 1995). Çözünürlük, detayların ayırt edilebilme gücünü belirtir. Bir uydu görüntüsünün çözünürlüğünden bahsedildiği zaman spektral, geometrik (mekânsal), radyometrik ve zamansal olmak üzere dört farklı çözünürlük açısından incelenmelidir.

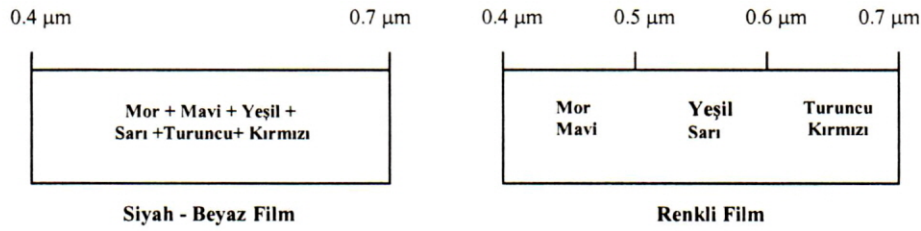
2.1 Spektral Çözünürlük

Spektral çözünürlük, bir algılayıcının elektromanyetik spektrumda kaydedebildiği belirli dalga boyu aralığıdır. Aralık daraldıkça spektral çözünürlük artar ve aralık genişledikçe kaba spektral çözünürlükten bahsedilir.

Bir görüntüdeki ayrıntılar ve farklı obje sınıfları çoğunlukla farklı dalga boyu aralıklarına verdikleri yanıtların (tepkiler) karşılaştırılması ile ayırt edilebilir. Su ve vejetasyon gibi geniş sınıflar genellikle görünen ve yakın kızıl ötesi kesim gibi çok geniş dalga boyu aralığı kullanılarak ayırt edilebilir. Fakat daha spesifik sınıflar (karaçam, sarıçam, göknar, ladin gibi) bu her iki (görünen ve yakın kızıl ötesi kesim) geniş dalga boyu aralığı kullanılarak kolaylıkla ayırt edilemez ve onları ayırt etmek için çok daha dar dalga boyu aralıklarında karşılaştırmak gerekir. Bu nedenle, daha yüksek spektral çözünürlüklü bir algılayıcıya ihtiyaç duyarız. Spektral çözünürlük, bir algılayıcının ince (dar) dalga boyu aralıklarını tanımlama yeteneğini tarif eder.

Daha iyi bir spektral çözünürlük, özel bir kanal veya bant için daha dar dalga boyu aralığı demektir. Yani, bir bant veya kanalın spektral çözünürlüğü ne kadar yüksekse, o bant veya kanalın duyarlı olduğu (alın yaptığı) dalga boyu aralığı o kadar dar demektir.

Siyah-beyaz filmler elektromanyetik spektrumun görünen kesiminin tamamını veya çok uzun dalga boyları aralığını kaydeder. Siyah-beyaz filmlerin spektral çözünürlüğü oldukça kabardır. Bunun nedeni, görünen spektrumun değişik dalga boylarının tek tek ayrılmamış olması ve görünen kesimdeki bütün yansımaların kaydedilmiş olmasıdır. Renkli filmler de elektromanyetik spektrumun görünen kesimi üzerinde yansıtılan enerjiye hassastır. Ancak daha yüksek spektral çözünürlüğe sahiptir (Şekil 1). Bunun nedeni ayrı ayrı elektromanyetik spektrumun mavi, yeşil ve kırmızı dalga boylarında yansıtılan enerjiye duyarlı olmalarıdır. Bu nedenle bu farklı dalga boyu aralıklarının her birindeki yansımalara dayalı olarak objeleri değişik renklerle temsil edebilir (CCRS 2001).



Şekil 1: Siyah - Beyaz (Pankromatik) ve Renkli Filmin Spektral Çözünürlüğü

Birçok uzaktan algılama sistemi, değişik spektral çözünürlüklerde birkaç tane farklı dalga boyu aralığındaki enerjiyi kaydeder. Bunlardan, **multispektral (çok bantlı) algılayıcılar** olarak bahsedilir. Geliştirilmiş multispektral algılayıcılara **hiperspektral algılayıcılar** denilir. Bunlar elektromanyetik spektrumun orta-kızıl ötesi, yakın kızıl ötesi ve görünen kesimlerini yüzlerce çok dar spektral bantlara ayırır. Sahip oldukları çok yüksek spektral çözünürlük bantların her birindeki spektral yanıtlara dayalı olarak farklı objeler arasındaki ince ayrımı (küçük farklılıkları ayırt etmeyi) kolaylaştırır.

2.2 Geometrik (Mekânsal) Çözünürlük

Geometrik çözünürlük, algılayıcı tarafından algılanan bir pikselin yeryüzünde temsil ettiği alanın veya ayırt edilebilen en küçük objenin boyutudur. Çözünürlük arttıkça sayı düşer.

Bazı uzaktan algılama araçları için platform ve görüntülenen hedef arasındaki uzaklık, algılayıcı tarafından görüntülenen toplam alan ve elde edilen bilginin ayrıntılarını belirlemede büyük bir rol oynar. Hedeflerinden uzakta bulunan platformlar üzerindeki algılayıcılar tipik olarak daha büyük bir alan görüntülerler, fakat büyük ayrıntı sağlayamazlar. Bir uzay mekiğinde bulunan bir astronotun dünyaya baktığında ne gördüğü ile bir uçakta bulunduğunuzu düşünün ve siz ne görüyorsunuz kıyaslayın. Astronot bir bakışta ülkenizin veya eyaletinizin tamamını görebilir fakat evleri tek tek ayırt edemez. Sizde bir uçakla bir kent veya kasaba üzerinde uçtuğunuzda arabaları ve binaları tek tek görmeyi başarabilirsiniz ancak, bir astronottan çok daha küçük bir alanı

görebilirsiniz. Hava fotoğrafları ile uydu görüntüleri arasında da benzer bir fark vardır (CCRS 2001).

Bir görüntüdeki ayırt edilebilir ayrıntılar algılayıcının geometrik çözünürlüğüne bağlıdır ve ayırt edilebilmesi mümkün en küçük özelliğin boyutunu temsil eder. Homojen bir özelliğin ayırt edilebilmesi için boyutunun genellikle çözünürlük hücresine eşit veya daha büyük olması gereklidir. Şayet özellik (obje) bundan daha küçükse çözünürlük hücresinde kaydedilecek olan bütün özelliklerin ortalama parlaklıkları olarak ayırt edilemez.

Uzaktan algılama görüntülerinin çoğu bir görüntünün en küçük birimi olan pikseller veya resim elemanları matrisi ile derlenir. Görüntü pikselleri normalde bir karedir ve bir görüntü üzerinde belli bir alanı temsil eder. Bu durum piksel boyutu ve geometrik çözünürlük arasındaki ayrım için önemlidir. Şayet bir algılayıcı 20 metre geometrik çözünürlüğe sahipse ve algılayıcıdaki bir görüntü tam bir çözünürlükle görüntülenirse, yer üzerindeki her bir piksel 20x20 metrelik bir alanı temsil eder. Bu durumda piksel boyutu ve geometrik çözünürlük aynıdır. Fakat, bir görüntüyü geometrik çözünürlükten farklı bir piksel boyutu ile görüntülemek mümkündür. Dünyaya ait birçok uydu görüntüsü posterleri daha büyük alanları temsil etmek için ortalama piksellere sahiptir (Görüntüleme toplanan algılayıcının orijinal geometrik çözünürlüğünün aynı kalmasına rağmen). Sadece büyük özelliklerin (objeler) görülebildiği görüntülerin kaba veya düşük çözünürlüklü olduğu söylenir. İnce veya yüksek çözünürlüklü görüntülerde küçük objeler ayırt edilebilir. Örneğin askeri algılayıcılar mümkün olduğunca çok ayrıntıyı görecektir şekilde tasarlanmıştır ve bu nedenle çok iyi çözünürlüğe sahiptirler. Ticari uydular birkaç metreden birkaç kilometreye kadar değişen geometrik çözünürlüklerde görüntüleme sağlarlar. Genellikle daha iyi çözünürlükle daha az toplam yer alanı görülebileceği söylenebilir (CCRS 2001).

2.3 Radyometrik Çözünürlük

Radyometrik çözünürlük, dinamik yelpaze veya her banttaki olabilir veri dosya değerleri sayısıdır. Diğer bir anlatımla bu, kaydedilen enerjinin bölündüğü "bit" sayısıdır. Örneğin, 8-bit veri'de her pikselin veri dosya değeri 0'dan 255'e kadar uzanırken 7-bit veri'de her pikselin veri dosya değeri sadece 0'dan 127'ye kadardır. Yani 8-bit veri'de kaydedilen enerji 256 (2^8) parlaklık değerine, 7-bit veri'de ise 128 (2^7) parlaklık değerine ayrılır.

Piksellerin düzeni bir görüntünün mekânsal yapısını tanımlarken, radyometrik özellikler bir görüntüdeki aktüel bilgi içeriğini tanımlar. Bir görüntü her zaman algılayıcı tarafından veya bir film üzerinde elde edilir. Bir görüntünün elektromanyetik enerjinin büyüklüğüne hassaslığını, radyometrik çözünürlüğü belirler. Bir görüntüleme sisteminin radyometrik çözünürlüğü, onun çok ince farklılıkları ayırt etme yeteneğini tanımlar. Bir algılayıcının radyometrik çözünürlüğünün iyi olması, yansıyan ya da yayılan enerjideki küçük farklılıkları ayırt etmede daha duyarlı olması demektir (CCRS 2001).

2.4 Zamansal Çözünürlük

Arazi kullanımındaki değişimlerin izlenmesinde çok büyük öneme sahip olan **zamansal çözünürlük**, algılayıcının aynı alandan hangi sıklıkta veri (görüntü) kazandığı ile ilgilidir.

Geometrik, spektral ve radyometrik çözünürlüğe ek olarak zamansal çözünürlük kavramının da bir uzaktan algılama sisteminde dikkate alınması önemlidir. Bir uydu algılayıcının yeniden ziyaret periyodu (uydunun tam bir yörünge dönüşünü tamamlaması için geçen zaman uzunluğunu) genellikle birkaç gündür. Bu nedenle, ikinci kez aynı görünüm açısından tam olarak aynı alanı görüntülemek için bir uzaktan algılama sisteminin mutlak zamansal çözünürlüğü bu

periyoda eşittir. Bununla birlikte çoğu uydular için komşu yörüngeler görüntü süpürmelerindeki bir miktar çakışma ve enlem derecesinin artması ile bu çakışmadaki artış nedeniyle dünya üzerindeki bazı alanlar daha sık bir şekilde yeniden görüntülenmeye meyillidir. Üstelik bazı uydu sistemleri beş günde birlik periyotlara ayrılmış farklı uydu geçişleri arasında aynı alanı görüntülemek için algılayıcılarını bir noktaya yönlendirebilirler. Bu nedenle, bir algılayıcının aktüel zamansal çözünürlüğü, uydu/algılayıcı yetenekleri, süpürmedeki çakışma ve enlem derecesini içeren çeşitli faktörlere bağlıdır.

Farklı zaman periyotlarında yer yüzeyi üzerinde aynı alanın görüntüsünü toplayabilmek uzaktan algılama verilerinin uygulanmasının en önemli unsurlarından biridir. Objelerin spektral özellikleri zamanla değişebilir ve bu değişimler çok zamanlı görüntünün kıyaslanması ve toplanması ile saptanabilir. Örneğin, gelişme mevsimi boyunca çoğu vejetasyon türleri sürekli bir değişim durumundadır ve uzaktan algılamayı kullanarak bu ince değişimleri izleme yeteneğimiz ne zaman ve hangi sıklıkta görüntü topladığımızıza bağlıdır. Farklı zamanlarda devamlı bir şekilde görüntüleme ile yer yüzeyi üzerinde meydana gelen değişimleri izleyebiliriz (her ne kadar doğal olarak meydana gelseler (örneğin: doğal vejetasyon örtüsü veya sel oluşumu gibi) veya insanlar tarafından meydana gelseler (kent gelişimi ve ormansızlaşma gibi) bile). Görüntüleme zaman faktörü şu durumlarda önemlidir (CCRS 2001);

- Sürekli bulutlar yer yüzeyinin sınırlı olarak açık (temiz) görünmesini sağlar (Tropik bölgelerde, sık sık)
- Kısa süren olayları görüntüleme ihtiyacı (taşkınlar, petrol saçılmaları gibi)
- Çok zamanlı kıyaslamalarda ihtiyaç duyulur (ör; yıldan yıla bir orman hastalığının yayılması)
- Zamanla bir objenin görünümünün değişmesiyle yakın benzerlikteki objelerden (buğday/mısır) onu ayırt edebilmek için kullanılabilir.

3. UZAKTAN ALGILAMA VERİLERİ

3.1 Hava Fotoğrafları

Kameralar ve onların hava fotoğrafı alımında kullanımı yer yüzeyinin uzaktan algılanması için kullanılan algılayıcıların en eskisi ve en basitidir. Kameralar, bir alanın yakın enstantane (anlık) fotoğrafını elde eden çerçeveleme sistemidir. Kamera sistemleri pasif optik algılayıcılardır.

Fotoğrafik filmler, mor ötesi (UV-ultraviyole), görünen (V-visible) yakın kızıl ötesi (NIR-near infrared) kesimdeki dalga boylarını kapsayan $0.3 \mu\text{m}$ 'den $0.9 \mu\text{m}$ 'e kadar olan ışığa duyarlıdır. Pankromatik filmler siyah-beyaz görüntüler üretir ve hava fotoğrafı alımı için kullanılan en yaygın film tipidir. Pankromatik filmler mor ötesi (UV- Ultraviyole) fotoğraf alımında da kullanılır ancak görünen enerjinin filme ulaşmasını engellemek ve soğurmak için kamera ile birlikte bir filtre kullanılır. Sonuç olarak sadece objelerden mor ötesi yansıma (UV) kaydedilir. Mor ötesi fotoğraf alımı atmosferik saçılma ve spektrumun bu bölgesinde meydana gelen soğurma nedeniyle yaygın bir şekilde kullanılmaz. Siyah-beyaz kızıl ötesi fotoğraf alımında $0.3 \mu\text{m}$ - $0.9 \mu\text{m}$ dalga boyu aralığına hassas film kullanılır ve onun kızıl ötesi yansımaya duyarlı olması nedeniyle, vejetasyon örtüsündeki farklılıkları ayırt etmek için faydalanılır. Renkli ve yanlış renkli (veya renkli kızıl ötesi- CIR colour infrared) fotoğraf alımı, ışığın farklı aralıklarına duyarlı her bir katman ile üç film tabakasının kullanımı ile ilgilidir. Normal renkli bir fotoğraf için, tabakalar aynı gözlerimizde olduğu gibi mavi, yeşil ve kırmızı ışığa hassastır. Bu fotoğraflar aynen gözlerimizle çevreyi gördüğümüz gibi bize görünür ("normal" olarak bize görünen renklere benzer (Ör: ağaçlar yeşil görünür gibi)). Renkli kızıl ötesi (CIR) fotoğraf alımında üç emülsiyon

tabakası, yeşil, kırmızı ve fotografik yakın kızıl ötesi kesime duyarlıdır (sırasıyla mavi, yeşil ve kırmızı olarak görünmesi için izlenen). Bir yanlış renkli fotoğrafta yüksek yakın kızıl ötesi yansıma ile hedefler kırmızı, yüksek kırmızı yansıma ile yeşil ve yüksek yeşil yansıma ile mavi görünür (ERDİN 1983 ;ERDİN 1986; CCRS 2001; SESÖREN 1998).

Kameralar yer tabanlı iskeleler, helikopterler, uçaklar ve uzay gemilerini içeren çeşitli plântformlar üzerinde kullanılabilir. Uçaklardan alınan çok ayrıntılı fotoğraflar küçük objelere veya ayrıntıların belirlenmesine ihtiyaç duyulan birçok uygulama için faydalıdır. Bir fotoğrafın kapladığı yer, mercekleme odak uzaklığı, plântform yüksekliği, film boyutu ve formatını içeren birkaç faktöre bağlıdır. Odak uzaklığı etkili bir şekilde merceğin açısal görünüm alanını kontrol eder ve kamera tarafından görülen alanı belirler. Tipik olarak kullanılan odak uzaklıkları 90 mm, 210 mm ve en yaygın bir şekilde 152 mm'dir. Daha uzun odak uzaklığı, yer üzerinde daha küçük bir alanı kaplar ancak daha büyük ayrıntı verir (ör: daha büyük ölçek). Kaplanan alan plântform yüksekliğine de bağlıdır. Yüksek irtifalarda bir kamera yer üzerinde daha düşük irtifalarda olandan daha büyük bir alanı görecektir, ancak daha az ayrıntı verecektir (daha küçük ölçek). Hava fotoğrafları yer üzerinde 50 cm'den daha yüksek geometrik çözünürlüklere kadar ince ayrıntı sağlayabilir. Bir fotoğrafın tam geometrik çözünürlüğü, elde edilen her bir veri ile değişen birçok faktörün karmaşık bir fonksiyonu olarak değişir. Hava fotoğrafları çoğunlukla alım esnasında yer'e göre kamera oryantasyonuna bağlı, eğik veya düşey olarak sınıflandırılır. Eğik hava fotoğrafları ön plândan geri plâna doğru ölçekteki bozulmaların kolaylıkla mesafe, alan ve yükseklik ölçmelerine meydan vermemesi nedeniyle haritalama için yaygın bir şekilde kullanılmazlar. Tek mercekli çerçeve kamera ile alınan düşey fotoğraflar uzaktan algılama ve haritalama amaçları için en yaygın biçimde kullanılan hava fotoğrafı alımıdır. Hava fotoğrafları, spektral çözünürlüklerinin genellikle elektronik algılama araçları ile elde edilen verilerle kıyaslandığında daha kaba olması nedeniyle ince geometrik ayrıntı spektral bilgiden daha kritik (hayati) olduğunda çok faydalıdır. Düşey fotoğrafların geometrisi kolay anlaşılır ve birçok farklı uygulama için (jeoloji, ormancılık, haritalama vb. gibi) onlardan çok doğru ölçümler yapmak mümkündür. Fotoğraflar üzerinden ölçümler yapma bilimi fotogrametri olarak isimlendirilir ve hava fotoğrafı alımının başlangıcından beri yaygın bir şekilde gerçekleştirilmektedir. Fotoğraflar manuel olarak bir insan analizci tarafından çok sık yorumlanır (çoğunlukla üç boyutlu görüntüleme). Üstelik fotoğraflar sayısal bir görüntü oluşturmak için taranabilirler ve sonra sayısal olarak bilgisayar ortamında analiz edilebilirler (ERDİN 1986 ; CCRS 2001 ; SESÖREN 1998).

3.2 Uydu Verileri

Dünya'nın çevresinde farklı yüksekliklerde belirli bir yörünge izleyerek yer yüzeyini gözlemleyen, farklı görevleri yerine getirmek için programlanmış pek çok uydu ve algılayıcısı vardır. Bunları kısaca, meteoroloji uydusu ve algılayıcıları, iletişim uyduları ve algılayıcıları, yer gözlem uyduları ve algılayıcıları, okyanus (deniz) gözlem uyduları ve algılayıcıları, mikro dalga kesimi algılayan algılayıcılar şeklinde sıralayabiliriz. İlgili objemiz orman alanları olduğu için burada sadece farklı ormancılık çalışmaları için uygun olabilecek bazı önemli yer gözlem uyduları ve algılayıcılarına yer verilmiştir.

3.2.1 Landsat Uydusu

Yeryüzündeki doğal kaynakların araştırılmasında yoğun bir şekilde kullanılan LANDSAT5_TM (Thematic Mapper) yeryüzünü 705 km yükseklikten ve 185 km süpürme genişliğinde tarar. TM algılayıcı, elektromanyetik spektrumun görünen, yakın kızıl ötesi, kızıl ötesi ve ısı kızıl ötesi kesimlerinde yansıtılan/yayımlanan elektromanyetik enerjiyi kaydeder. 7

bantlı algılama yapan TM'in 6. bantı hariç geometrik çözünürlüğü 30 m dir. Isıl bant olan 6. bant ta ise 120 m dir. Fakat o da diğer bantlar ile eşleşmek için 30 x 30 m olarak yeniden modellenir. Radyometrik çözünürlüğü ise 8-bit'tir. Yani her piksel 0'dan 255'e kadar veri değerine sahip olabilir. Değişiklik izleme (monitoring) çalışmalarında önemli bir faktör olan zamansal çözünürlük ise 16 gündür. Yani LANDSAT uydusu dünya üzerindeki aynı alanı her 16 günde bir görüntüler (ERDAS 1997).

Tablo 1: Landsat7_ETM* Algılayıcısının Bantları (CCRS 2001 ve USGS/EROS Data Center Landsat7 Web Sitesinden derlenmiştir).

Bant	Spektral Aralığı (μm)	Yersel Çöz. (m)	Uygulama
TM-1	0.45 – 0.52 (mavi)	30	Toprak/vegetasyon ayrımı, deniz (su) derinliği ölçme/kıyı haritalama, kültürel/kent özelliği belirleme
TM-2	0.52 - 0.60 (yeşil)	30	Yeşil vegetasyon haritalama/ yansıma pikini ölçme), kültürel / kent özelliği belirleme
TM-3	0.63 – 0.69 (kırmızı)	30	Vejetasyonlu, vejetasyonsuz ve bitki türlerinin ayrımı (bitki-klorofil soğurma), kültürel/kent özelliği belirleme
TM-4	0.76 – 0.90 (yakın kızıl ötesi)	30	Bitki ve vejetasyon tiplerinin, sağlık ve biyokütle içeriğinin belirlenmesi, su yüzeyinin tasviri, toprak nemliliği
TM-5	1.55 – 1.75 (kısa dalga kızıl ötesi)	30	Toprak ve vejetasyon nemine duyarlılık, kar ve bulut kaplı alanların ayrımı
TM-6	10.4 – 12.5 (termal kızıl ötesi)	60	Termal ışımayla ilişkili olarak vejetasyon stresi ve toprak nemi ayrımı, termal (ısı) haritalama (kent, su) yerleşim
TM-7	2.08 – 2.35 (kısa dalga kızıl ötesi)	30	Mineral ve kaya tipi ayrımı, vejetasyon nem içeriğine duyarlılık
TM-8 (PAN)	0.52-0.90 (görünen kesim+yakın kızıl ötesi)	15	Toprak/Vejetasyon ayrımı, kültürel / kent özelliği belirleme v.s

Özellikle yer yüzeyinin izlenmesi için tasarlanan ilk uydu olan Landsat-1 1972 yılında NASA tarafından atıldı. Landsat'ın başarısı şunları içeren birkaç faktör nedeniyledir: Dünyayı gözlemede spektral bantlar ile algılayıcıların kombinasyonu, fonksiyonel geometrik çözünürlük ve iyi alansal örtme (yeniden ziyaret periyodu ve süpürme genişliği). Programın uzun yaşam süresi uzun vadeli izleme, tarihi kayıtlar ve araştırmayı kolaylaştıran bol miktarda dünya kaynak verisi sağlamaktadır. Bütün Landsat uyduları yakın kutup yörüngelerde yer alır ve güneşle senkronize hareket ederler. İlk üç uydu (Landsat 1-2-3) yaklaşık 900 km yüksekliktedir ve yeniden ziyaret periyodu 18 gündür. Daha sonraki uydular 705 km yüksekliktedir ve 16 günlük yeniden ziyaret periyoduna (zamansal çözünürlük) sahiptir. Bütün Landsat uyduları aydınlanma şartlarını optimize etmek için sabahleyin ekvatoru geçiş zamanına sahiptir. Landsat uydu serilerinin üzerinde RBV (Return Beam Vidicon) kamera sistemleri, MSS (MultiSpectral Scanner-çok bantlı tarayıcı) sistemleri ve TM (Thematic Mapper-konusal haritalayıcı) sistemini içeren çok sayıda algılayıcı yer almaktadır. Landsat'ın ilk günlerinde en popüler aracı MSS ve daha sonra da TM olmuştur. Bu algılayıcıların her biri 185x185 km olarak tanımlanan tam bir görüntü alanı ile, 185 km süpürme genişliğinde veri toplar. MSS'in rutin olarak veri

toplamasından Landsat 4 üzerinde başlayan TM'in kullanımı nedeniyle 1992'de vazgeçilmiştir (CCRS 2001).

Landsat uydu serisinin son uydusu olan Landsat7 uydusu ETM⁺ (Enhanced Thematic Mapper Plus) algılayıcısıyla 1999 yılında faaliyete geçmiştir. Bir önceki faal uydusu olan Landsat5_TM' den farklı olarak bir adet 15 m geometrik çözünürlüklü pankromatik bant içermektedir ve ayrıca Landsat5_TM'de 120 m geometrik çözünürlüğe sahip olan ısı kızıls ötesi kesimi algılayan 6.bandın piksel boyutu 60 metreye düşürülerek geometrik çözünürlüğü artırılmıştır. Tablo 1 Landsat7-ETM⁺'in tek tek bantlarının spektral çözünürlüğünü ve her birinin hangi uygulamalar için faydalı olduğunu göstermektedir.

3.2.2 SPOT Uydusu

SPOT uydusu CNES (French Centre National d'Etudes Spatiales) tarafından geliştirilmiş ve 1986'nın ilk aylarında fırlatılmıştır. Algılayıcıları çok bantlı ve pankromatik modda alımlar yapar. Yeryüzünü 832 km yüksekten tarar. Zamansal çözünürlüğü 26 gündür. SPOT uydusu normalde nadir (düşey) görüntü sağlar fakat nadir olmayan görüntü yeteneğine de sahiptir. Nadir olmayan görüntü alımlarında zamansal çözünürlük 3 güne düşmektedir. Nadir olmayan görüntüleme yer kontrol istasyonundan programlanır ve zaman açısından veri kazanmanın çok önemli olduğu doğal veya yapay afet olaylarında tarayıcının yolu üzerinde olmayan veri toplamada oldukça yararlıdır. Tarama genişliği nadir görüntüde 60 km, nadir olmayan görüntüde 80 km arasında değişir (ERDAS 1997). SPOT uydularının pankromatik algılayıcısı (SPOT_5 uydusu hariç) 10 m geometrik ayırım gücüne sahiptir. 0.51-0.73 μm aralığında bir banda sahiptir ve siyah-beyaz bir fotoğrafa benzer. Radyometrik çözünürlüğü 8-bit'tir (JENSEN 1996).

SPOT uydularının her biri çift HRV (High Resolution Visible) görüntüleme sistemine sahiptir. Her bir HRV yüksek geometrik çözünürlükte tek bir kanal **Pankromatik Mod (PLA)** veya daha kaba geometrik çözünürlüklü üç kanal **Multispektral Mod (MLA)** içerir. Herbiri boyuna izli tarama yapan HRV algılayıcı dört doğrusal dedektör dizisi içerir. Biri, **10 metre** geometrik çözünürlükte kaydedilen pankromatik mod için **6000** eleman dizisi ve diğeri **20 metre** geometrik çözünürlükte kaydedilen üç multispektral bandın her biri için **3000** eleman dizisi. Her iki mod (pankromatik ve multispektral) için süpürme genişliği nadir görünümde **60 km**'dir. Tablo 2 iki farklı modun spektral özelliklerini göstermektedir (CCRS 2001).

Tablo 2: HRV Algılayıcının Spektral Aralıkları (CCRS 2001)

Mod/Bant	Dalga boyu Aralığı (μm)
Pankromatik (PLA)	0.51 – 0.73 (yeşil-kırmızı)
Multispektral (MLA)	
Band 1	0.50 – 0.59 (yeşil)
Band 2	0.61 – 0.68 (kırmızı)
Band 3	0.79 – 0.89 (yakın kızıl ötesi)

Algılayıcının görme açısı, uydunun yeniden ziyaret yeteneğini artıran off-nadir görünüme (düşey olmayan) izin veren uydunun düşey (nadir) çizgisinin her iki tarafına bakacak şekilde ayarlanabilir. Bu nadirden 27°'ye kadar algılayıcıya noktalama yeteneği sağlar ve haftada birkaç kez herhangi bir yeri yeniden ziyaret olanağı verir. Algılayıcıların nadirden uzak noktalamaları nedeniyle süpürme genişliğinde **60** dan **80 km**'ye kadar değişme olur. Bu sadece belirli bölgelerin izlenmesi ve bulutsuz görüntü elde etme şansını artırmakla kalmaz, bunun yanında **off-nadir**

görünümle **stereoskopik örtme** için görüntü elde etme yeteneği de sağlar. İki farklı açıdan aynı alanın kaydedilmesiyle, görüntü görsel arazi simülasyonları, haritalama ve arazi yorumlama için büyük bir değerlendirme tekniği olan üç boyutlu model olarak analiz edilebilir ve görüntülenebilir. Bu eğik görüntüleme yeteneği 3 günlük ekvator bölgelerinin yeniden ziyaret sıklığını artırır (26 günlük yörünge dönümü esnasında 7 kez). **45°** enlemindeki alanlar yörünge güzergâhlarının kutuplara doğru olması nedeniyle daha sık olarak görüntülenebilir (26 günde 11 kez). Her iki **HRV** algılayıcısının nadirde komşu yer süpürmelerini kaplayarak noktalama (konumlama) nedeniyle **117 km** lik bir süpürme (iki süpürme arasında **3 km**'lik bir çakışma ile) görüntülenebilir. Bu işlem modunda pankromatik ve multispektral verilerin her ikisi de toplanabilir ancak her ikisinde anlık değildir. **SPOT** diğer uzay araçlarının optik algılayıcılarından çok fazla araca sahiptir. **SPOT** uydusunun geometrik çözünürlüğünün iyi olması ve bir yerin görüntüsünü alabilmek için algılayıcılarını yönlendirebilme yeteneği popüler olmasının asıl nedenleridir. Üç bantlı multispektral veri yanlış renkli görüntüler gibi görüntülenmeye uygundur ve pankromatik bant multispektral verideki geometrik ayrıntıyı keskinleştirmek için kullanılabilir. **SPOT** ince geometrik ayrıntı gerektiren uygulamalara olanak tanır (örneğin: kent haritalaması). **SPOT** verilerinin potansiyel uygulamaları çok sayıdadır. Sık bir şekilde izleme gerektiren uygulamalara (ziraat, ormancılık) **SPOT** algılayıcıları tarafından hizmet verilir. **SPOT**'dan stereoskopik görüntü elde etmek haritalama uygulamaları ve uydu verilerinden topoğrafik bilgi elde etmede (sayısal yükseklik modelleri) önemli bir rol oynamaktadır (CCRS 2001; ERDAS 1997).

Landsat ve Spot uydularının her ikisi de müşterek özelliklere sahiptir. Kuzeyden güneye ve güneyden kuzeye giden dairesel yörüngelere sahiptirler ve güneşle eşzamanlı hareket ederler. Yani dünyanın eksenini üzerinde dönmesiyle aynı oranda dünya etrafında dönerler. Böylece aynı bölgeye ait veri daima aynı bölgesel zamanda toplanır. Her ikisi de elektromanyetik radyasyonu bir veya daha fazla bant'ta kaydeder ve her iki tarayıcı da nadir görünüm sağlar (CCRS 2001).

SPOT uydu serisinin sonucusu olan **SPOT5** uydusu yeni (2002) faaliyete geçmiştir. **HRG-PAN** algılayıcısıyla 2.5-5 m (üç boyutlu değerlendirilme yeteneğinde) çözünürlükte veri elde edebilmektedir. **HRG** algılayıcısı, görünen ve yakın kızıl ötesi kesimde 3 bant (stereo yeteneğinde -10m çözünürlüklü) ve kısa dalga kızıl ötesi kesimi algılayan bir bantta (20 m çözünürlüklü) sahiptir. **SPOT5** uydusu algılayıcı özellikleri Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3: SPOT5 Uydusu Algılayıcı Özellikleri (CNES 1999'dan derlenmiştir)

Algılayıcı	Çözünürlük				Süp. Gen. (km)
	Spektral (S= Stereo)	Geometrik (m)	Radyomet. (bit)	Zamansal (gün)	
HRS-PAN	0.49-0.69 (S)	10	8	1-4 (26)	120
HRG-PAN	0.49-0.69 (S)	2.5-5	8	1-4 (26)	60
HRG	VNIR: 0.49-0.61, 0.61-0.68, 0.78-0.89 (S)	10	8	1-4 (26)	60
HRG	SWIR: 1.58-1.75	20	8	1-4 (26)	60
Vegetation	0.43-0.47, 0.61-0.68, 0.78-0.89, 1.58-1.75	1000	4 / 8	1	2250

3.2.3 IRS Uydusu

Hindistan Uzaktan Algılama (**IRS**) uydu serileri **Landsat MSS/TM** algılayıcıları ve **SPOT HRV** algılayıcısının her ikisinin özelliklerini kombine eder. Bu serideki üçüncü uydu olan **IRS-IC** 1995 Aralık ayında atılmıştır ve üç algılayıcıya sahiptir: Tek kanal pankromatik (**PAN**) yüksek çözünürlüklü kamera, orta çözünürlükte 4 kanal **LISS-III** (Linear Imaging Self-Scanning

Sensor algılayıcı ve kaba çözünürlüklü 2 kanal **WiFS (Wide Field Sensor)** algılayıcı. Tablo 4 her bir algılayıcının spesifik özelliklerini göstermektedir.

Yüksek geometrik çözünürlüğüne ek olarak, pankromatik algılayıcı stereoskopik görüntülemeyi geçerli kılmak ve SPOT'a benzer şekilde yeniden ziyaret yeteneğini artırmak için (beş gün kadar) 26° 'ye kadar enine izle yan yönlendirilebilir. Bu yüksek çözünürlüklü veri, kent plânlama ve haritalama uygulamaları için faydalıdır. Dört adet **LISS-III** multispektral bantları 1 den 4'e kadar olan **Landsat TM** bantlarına benzerdir ve vejetasyon ayırma, arazi örtüsü haritalama ve doğal kaynak plânlaması için mükemmeldir. **WiFS** algılayıcısı **NOAA** uydusu **AVHRR** algılayıcısının bantlarına benzerdir. Geometrik çözünürlüğü ve kapladığı alan bölgesel ölçektir, vejetasyon izlemek için faydalıdır (CCRS 2001).

Tablo 4: IRS Algılayıcıları (CCRS 2001)

Algılayıcı	Dalgaboyu Aralığı (μm)	Geometrik Çözünürlük (m)	Süpürme Genişliği (km)	Yeniden Ziyaret Periyodu (Gün)
PAN	0.5 – 0.75 (S)	5.8	70	24
LISS-III				
Yeşil	0.52 – 0.59	23	142	24
Kırmızı	0.62 – 0.68	23	142	24
Yakın Kızıl ötesi	0.77 – 0.86	23	142	24
Kısa dalga Kızıl ötesi	1.55-1.70	70	148	24
WiFS				
Kırmızı	0.62 – 0.68	188	774	5
Yakın Kızıl ötesi	0.77 – 0.86	188	774	5

3.2.4 Ikonos Uydusu

IKONOS-2 uydusu 1999 yılında görüntü alımına başlamıştır. Üç algılayıcısı mevcuttur (SAR, PAN ve Multispectral). Bunlardan **SAR** elektromanyetik spektrumun Mikrodalga kesiminde, **PAN** görünen (visible) kesimde ve **MULTISPEKTRAL** algılayıcı ise görünen (3 bant) ve yakın kızıl ötesi (1 bant) kesimde alım yapar.

SAR (L-HH) algılayıcısı, 18 m geometrik çözünürlük, 3-bit radyometrik çözünürlüğe sahiptir. 75 km süpürme genişliğinde görüntü alımı yapar ve görüntüleme sıklığı (zamansal çözünürlüğü) 44 gündür.

PAN algılayıcısı, 0.45-0.90 μm spektral aralığa duyarlı tek bantlı alım yapar. 1 m geometrik, 11-bit ($2^{11} = 2048$ renk) radyometrik çözünürlüğe sahiptir. Stereo(üç boyutlu) alım yeteneğine sahiptir. 11 km süpürme genişliğinde görüntü alımı yapar ve görüntüleme sıklığı (zamansal çözünürlüğü) 3.5-5 gündür.

Multispektral algılayıcı 4 bantta sahiptir. İlk üç bant görünen (visible) kesimde, 4.bant ise yakın kızıl ötesi (NIR) kesimde alım yapar (0.45-0.53, 0.52-0.61, 0.64-0.72, 0.77-0.88 μm). 4 m geometrik, 11-bit radyometrik çözünürlüğe sahiptir. 11 km süpürme genişliğinde görüntü alımı yapar ve görüntüleme sıklığı (zamansal çözünürlüğü) 3.5-5 gündür. Stereo(üç boyutlu) alım yeteneğine sahiptir.

3.2.5 Quickbird-2 Uydusu

2001 yılında faaliyete geçmiştir. Pankromatik (1 bant) ve Multispektral modda (4 bant) alım yapan iki algılayıcıya sahiptir. Her iki algılayıcı da stereo alım yapar. PAN algılayıcısı, 0.445-0.900 μm (görünen ve yakın kızıl ötesi kesim) spektral aralığında 1 banda sahiptir. Stereo alım yeteneğine sahiptir. 0.61-0.73 m geometrik ve 11-bit radyometrik çözünürlüğe sahiptir. 16.5 km süpürme genişliğinde görüntü alımı yapar ve görüntüleme sıklığı 3.5 gündür. Quickbird-2 uydusunun Multispektral algılayıcısı 4 banda sahiptir. İlk üç bant görünen (visible) kesimde, 4.bant ise yakın kızıl ötesi (NIR) kesimde alım yapar (0.45-0.52, 0.52-0.60, 0.63-0.69 μm (visible), 0.76-0.89 μm (NIR)). Stereo alım yeteneğine sahiptir. 2.5-2.9 m geometrik ve 11-bit radyometrik çözünürlüğe sahiptir. 16.5 km süpürme genişliğinde görüntü alımı yapar ve görüntüleme sıklığı 3.5 gündür.

3.2.6 Bilsat Uydusu (Tübitak/Bilten)

Ülkemizin ilk yer gözlem uydusudur ve 2003 yılından itibaren alıma başlamıştır. Pankromatik (1 bant) ve Multispektral modda (4 bant) alım yapan iki algılayıcıya sahiptir. Pankromatik mod stereo alım yeteneğine sahiptir. PAN algılayıcısı, 0.538-0.700 μm spektral aralığında bir banda sahiptir. Görünen kesimin yeşil ve kırmızı dalga boyları aralığını algılar. 12 m geometrik ve 8-bit radyometrik çözünürlüğe sahiptir. 25 km süpürme genişliğinde görüntü alımı ve görüntüleme sıklığı 5 (116) gün olacak şekilde planlanmıştır. Bu uydunun Multispektral algılayıcısı 4 banda sahiptir. İlk üç bant görünen (visible) kesimde, 4.bant ise yakın kızıl ötesi (NIR) kesimde alım yapar (0.45-0.52, 0.52-0.60, 0.63-0.69 μm (visible), 0.77-0.90 μm (NIR)). 26 m geometrik ve 8-bit radyometrik çözünürlüğe sahiptir. 55 km süpürme genişliğinde görüntü alımı ve görüntüleme sıklığı 4 (52) gün olacak şekilde planlanmıştır.

3.2.7 Hiperspektral Algılayıcılar

Hiperspektral algılama ile elektromanyetik spektrumun görünen ve yakın kızıl ötesi kesimi (0.4 - 0.9 μm) çok sayıda banda bölünerek (ör; 200 bant) algılanır. Bu sayede spektral çözünürlüğü çok yüksek veri elde edilir. Hiperspektral algılamayla her objenin spektral parmak izleri belirlenebilmekte ve bu verilerle çok ayrıntılı ve doğru bilgi elde edilebilmektedir. Hiperspektral algılayıcılar uçak ve uydu platformunda olabilmektedir (Tablo 5).

Tablo 5: Hiperspektral Algılayıcılar

ALGILAYICI	OPERATÖR	PLATFORM	BANT SAYISI	GEOM. ÇÖZ. (m)
HYPERSPETRAL	ORBIMAGE	UYDU	200	8
HYPERION	NASA	UYDU	220	30
HYDICE	ERIM	UÇAK	210	30
AVIRIS	Jet Propulsion Lab	UÇAK	224	20
CASI 2	ITRES Research Institute	UÇAK	288	0.5-10
DAIS 7915	DLR - German Aerospace Center	UÇAK	79	2-30
HyMAP	HyVISTA Corp	UÇAK	125	5

Uçak platformuna örnek olarak CASI (Compact Airborne Spectrographic Imager) verilebilir. Bu hiperspektral algılayıcı, boyuna izli taramayı kullanarak, görünen ve kızıl ötesi dalga boylarında çok sayıda dar spektral bantlar dizisi ile alım yapar. 288 kanal tarafından kaplanan spektral aralık 0.4 - 0.9 μm arasındadır. Her bir bant 0.018 μm 'lik dalga boyu aralığını kaplar. Geometrik çözünürlük uçağın yüksekliğine bağlı iken, ölçülen spektral bantlar ve kullanılan bant genişlikleri kullanıcı ihtiyaçları ve spesifikasyonlarını karşılamak için programlanabilir. Bu gibi hiperspektral algılayıcılar belirli hedeflerin soğurma ve yansımaya özellikleri hakkında teşhise ait bilgi için önemli kaynak olabilir (CCRS 2001).

Uydu platformundaki hiperspektral algılayıcılara örnek olarak Orbview-4 uydusu verilebilir. Bu uydunun hiperspektral algılayıcısı Amerika Birleşik Devletlerindeki kullanıcılar için 8 m, diğer ülke kullanıcıları için 20 m geometrik çözünürlükte, 0.450-2.50 μm spektral aralıkta 200 kanala sahip, yeryüzünden 470 km yükseklikte bir yörünge izleyecek, 5 km süpürme genişliğinde ve görüntüleme sıklığı 3 günden az olacak şekilde tasarlanmış ancak 21 Eylül 2002 de fırlatılan uydu yörüngeye oturtulamamıştır.

4. UZAKTAN ALGILAMA VERİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Ülkemiz ve tüm dünyada ormancılık çalışmalarında ilk uzaktan algılama ürünleri olan hava fotoğraflarının kullanımı oldukça eskidir. Bunun yanında 1970 li yıllardan günümüze uydu platformlarında yer alan algılayıcılar (Pankromatik, MultiSpektral, HyperSpektral) sürekli geliştirilmiş ve son 5-6 yılda faaliyete geçen uydu ve algılayıcı ürünleri uzaktan algılamada hava fotoğraflarının yerine tercih edilir hale gelmiştir. Bu tercihin nedenlerini şöylece sıralayabiliriz;

- Uydu verilerinin kullanıcıya iletimi çok daha hızlıdır. Uydular dünya üzerindeki herhangi bir alanın görüntüsünü aldıktan sonra sayısal formdaki bu veriyi yer alım istasyonlarına doğrudan iletebileceği gibi eğer yörüngesi yakınlarında yer alım istasyonu yoksa bir iletişim uydusu aracılığıyla ulaştırılabilir veya yer alım istasyonuna iletilmek üzere bordu üzerinde kaydederek saklar. Yer alım istasyonuna iletilen veri üzerinde gerekli düzeltme işlemleri (Radyometrik, geometrik) yapılarak kısa sürede son kullanıcıya sayısal halde (CD veya manyetik bant ortamında) iletilir. Halbuki hava fotoğraflarının son kullanıcıya iletimi bu kadar hızlı gerçekleşmez. Uçak fotoğrafları çektikten sonra önce yere inmesi, filmlerin banyo edilmesi, gerekli filtreleme işlemlerinden geçirilerek tab edilmesi gerekir ki bu da uydu verilerinin kullanıcıya ulaştırılmasına göre çok daha fazla süre gerektirir.
- Ülkemizde hava fotoğrafları herkesin kullanımına açık değildir, çok gizlidir ve bunların çekimleri Harita Genel Komutanlığı ile Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü tarafından gerçekleştirilir. Orman Genel Müdürlüğü, Belediyeler veya diğer kamu kuruluşları hava fotoğrafı çekimi yaptıracaklarsa Harita Genel Komutanlığının bir temsilcisi çekimlere katılır. Halbuki uydu verileri herkesin kullanımına açıktır ve dileyen bedelini ödemek kaydıyla uydu verisi temin edebilir. Örneğin, ülkemizin sınır bölgesinde yer alan ve sınır ötesinde de devam eden bir orman alanının tamamının bir bütün halinde incelenmesini gerektiren bir araştırma yapılacaksa ve buranın hava fotoğraflarının çekilmesi istense araştırmacıların bu fotoğrafları elde etmesi çok zor, hemen hemen imkansızdır. Böyle durumlarda uydu verilerini tercih etmek zorunludur. Uydular ülke sınırlarını ortadan kaldırmıştır. Araştırmacılar uydu verileri sayesinde dünya üzerindeki herhangi bir yer hakkında diledikleri araştırmayı yürütebilirler.
- Uydular yörüngeye oturtulduktan sonra yıllarca dünya etrafında dönerek dünya üzerindeki herhangi bir alana ait sayısal görüntüleri çok kısa aralıklarla (zamansal çözünürlüklerine bağlı olarak) elde ederler. Yörüngeye oturtulduktan sonra yakıt masrafları yoktur. Halbuki

herhangi bir alanın farklı tarihlerdeki hava fotoğraflarını elde etmeye ihtiyaç duyulursa her seferinde uçağın uçuş masraflarının karşılanması gerekir.

- Platform olarak uydular genelde atmosferin en son tabakasında (ekzosfer) yörünge izlediklerinden daha durağan bir yapıya sahiptirler ve bu nedenle elde edilen sonuç görüntülerdeki geometrik bozulmalar atmosferin daha alt tabakalarında hareket eden ve hava şartlarından etkilenen hava platformlarından (balon, zeplin, helikopter, uçak) elde edilen görüntülere nazaran daha azdır.
- Uydu platformlarının yüksekliği, hava platformlarından fazla olduğu için yer üzerinde çok daha büyük alanları görüntüleyebilmekte, uyduya ve algılayıcı özelliklerine, hava fotoğraflarının ölçeğine bağlı olmakla birlikte tek bir uydu görüntüsü yüzlerce ve hatta binlerce hava fotoğrafının kapladığı alanı görüntüleyebilmektedir. Bu durum ise geniş alanlara yönelik bilgilerin çok daha hızlı değerlendirilmesine imkan vermektedir.
- Uzaktan algılama verileri değerlendirilme yöntemleri açısından incelendiğinde, hava fotoğraflarının analog formatta olmaları nedeniyle bir yorumlayıcı tarafından manuel değerlendirildiğini, sayısal formatta olan uydu verilerinin ise sayısal görüntü işleme yöntemleriyle bilgisayar ortamında değerlendirildiğini söylemek mümkündür. Manuel (el yordamıyla) değerlendirme subjektif bir yöntemdir ve farklı yorumlayıcılar farklı sonuçlara ulaşabilir. Piksellerin parlaklık değerlerine dayalı bilgisayar ortamında gerçekleştirilen sayısal değerlendirmelerle daha objektif sonuçlara ulaşılabilir. Ancak, hava fotoğrafları da bir tarayıcı ile taranarak sayısal hale getirilebilmekte ve bilgisayar ortamında piksellerin (en küçük resim elemanı) sayısal değerlerine bağlı olarak bir görüntü işleme sisteminde değerlendirilebilmektedir.
- Bunlara ek olarak uydu verileri taşıdıkları algılayıcılar ile elektromanyetik spektrumun farklı kesimlerinde yer yüzeyi objelerinden yansıyan ışınları ayrı ayrı kanallarda kaydederek ve bu özellikleri sayesinde hava fotoğraflarından birbirinden ayırt edilemeyen objeler uydu verilerinden farklı kanal kombinasyonları kullanılarak kolaylıkla ayırt edilebilmektedir. Bunun yanında günümüzde uçak platformuna yerleştirilmiş çok kanallı sayısal kameralarla da yüksek geometrik ve spektral çözünürlüğe sahip görüntü elde edilebilmekte ve bu görüntüler yüksek ayrıntı gerektiren çalışmalarda oldukça iyi çözüm sağlamaktadır.
- Son 5–6 yıla kadar yüksek ayrıntı gerektiren çalışmalarda, büyük ölçekli hava fotoğrafları, uydu verilerinin geometrik çözünürlüklerinin yeterli düzeyde olmaması nedeniyle kaçınılmaz olarak kullanılmak zorundaydı. Ancak, 1999 yılından itibaren IKONOS–2, QUICKBIRD–2, SPOT5 HRG gibi yüksek geometrik detay sağlayan ve üstelik hava fotoğrafları gibi üç boyutlu değerlendirilebilen uyduların faaliyete geçmesiyle birlikte bu durum değişmiş ve bu gibi çalışmalarda hava fotoğrafları tek kaynak olma özelliğini yitirmiştir. Buradaki ifadelerden artık uzaktan algılamada hava fotoğraflarının kullanım dışı kaldığı veya kalacağı anlaşılmamalı aksine kaynak alternatiflerinin arttığı düşünülmelidir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yukarıda ayrıntılı olarak yer verilen ve yer yüzeyini sürekli olarak gözlemleyen uyduların algılama ürünleri farklı özelliklere sahiptir. Bu nedenle bir çalışma yapılırken öncelikle çalışmadan beklentilerinizi en iyi karşılayacak uzaktan algılama verisini belirlemek hayati önem taşımaktadır. Yapılan çalışmaya bağlı olarak bazen uydu verileri tek başlarına kullanılabilirler gibi, çoğunlukla yersel veriler, harita verileri, topoğrafik veriler, hava fotoğrafları ve hatta farklı tarihlere ait uydu verileri ortaklaşa değerlendirilebilmektedir.

Yapılan çalışmalarda hangi uzaktan algılama verisini kullanmanın uygun olduğuna karar vermede şu ölçütler göz önünde tutulmalıdır;

- **Ekonomik olmalı:**

Örneğin Ulusal Orman Envanteri (UOE) 'nde bütün ülke düzeyinde bir değerlendirme yapılacağı için kullanılacak uzaktan algılama verisi ekonomik olmalıdır. VGIN (Virginia Geographic Information Network) 'in Şubat 2001 de uydu verilerinin satıcılarının web sayfaları ve onlarla yaptıkları telefon görüşmeleri sonucu derlemiş oldukları bilgilere göre 185 km süpürme genişliğinde veri toplayan Landsat7 ETM⁺ en ucuz veri (600-1000 \$) olarak göze çarpmaktadır. Ancak ekonomiklik sadece görüntü verisinin değeri ile ölçülemez. Eğer toplanacak bilgi çok daha ayrıntılı ve büyük ölçek gerektiriyorsa (ör; ağaçların boyları, çapları vs.) ve bu da yersel çalışmaları minimuma indirecekse daha pahalı olan başka bir uydu verisi (IKONOS, QUICKBIRD gibi) daha ekonomik olabilecektir.

- **Seçilecek uzaktan algılama verisinin özellikleri (geometrik, spektral, radyometrik ve zamansal çözünürlüğü, ölçek vs.) beklentilere cevap verebilmeli:**

Eğer uzaktan algılama verilerinden kaba ayrıntı düzeyinde bilgi elde edilecekse örneğin; orman alanları için meşcere tipleri düzeyinde bir sınıflandırma yapılacaksa 1/24 000 ve daha küçük ölçekli veriler (Ör:Landsat7 ETM⁺, SPOT4 HRV, IRS1C) yeterli olacaktır. Ancak daha ayrıntılı bir sınıflandırma yapılacaksa (Ör: ağaç türleri düzeyinde) ve ağaç boyu, çapı, ağaç hacmi gibi bilgiler de uzaktan algılama verilerinden elde edilecekse daha büyük ölçekli verilere (1/15 000'den büyük) gereksinim duyulacaktır. Bu durumda stereo (üç boyutlu) değerlendirme yeteneğinde IKONOS-2, QUICKBIRD-2, SPOT5 HRG gibi uydu verileri veya büyük ölçekli hava fotoğraflarının kullanımı uygun olacaktır. Şayet uzaktan algılama verilerinden yaban hayatı, mineral kaynakları, hastalık, böcek zararı gibi özellikler belirlenecekse bu taktirde verilerin spektral alım yetenekleri (spektral çözünürlükleri) ön plana çıkacaktır. Örneğin, Hiperspektral algılayıcı verileri (uçak veya uydu platformunda), Landsat7 ETM⁺, ASTER, ALI gibi algılayıcı verileri uygun olacaktır.

Uçuşların zamanlaması her zaman analizcinin kontrolü altında olmayabilir ancak bazı projelerde kritik bir faktör olabilir. Örneğin, ormanlık alanlardaki daha alt tabakaların haritalanması sadece baharda çalı ve ot vejetasyonu geliştiklerinde denenebilir (orman örtüsü üstten görünümde daha küçük bitkileri örtmeden önce). Bütün bitkilerin aynı zamanda gelişim göstermemesi nedeniyle baharda fotoğrafik görevlerin dikkatli bir şekilde zamanlanması ile belirli türlerin gelişim dizisi başarılı bir şekilde kaydedilir. Bu nedenle ayrıntıların haritalanmasında tek bir görüntü yeterli ve uygun olmayabilir (CAMPELL 1996). Bu durumda verilerin zamansal çözünürlükleri ön plana çıkacaktır. Örneğin belirli bir alanın geçmişteki ve bugünkü durumu belirlenerek zamansal değişimi incelenecekse bu taktirde uydu verilerinin arşiv yeteneği iyi olmalıdır. Landsat uyduları 33 yıllık görüntü arşivine sahiptir. Böylesi bir çalışma birimizce (ERDİN, K., KOÇ, A., YENER, H. (1998)) 1984 ve 1994 yılları arasında Landsat5_TM verileri kullanılarak yapılmış ve İstanbul'da seçilen 360 km²'lik bir alanda bu 10 yıllık zaman periyodu içersinde meydana gelen değişimler (alsansal, yapısal) ortaya konulmuştur.

- **Hızlı bir şekilde değerlendirilebilmeli, sonuç bilgilere çabuk ulaşılabilmeli:**

Özellikle ülke düzeyinde yapılan orman envanterinde verilerin hızlı bir şekilde değerlendirilmesi ve sonuç bilgilerin çabuk bir şekilde elde edilmesi önemlidir. Bu nedenle uzaktan algılama verileri içersinde sayısal formda olan uydu verileri sayısal görüntü işleme teknikleri ile, analog formattaki hava fotoğraflarından değerlendirme hızı, ekonomiklik, daha büyük alanları değerlendirme imkanı, spektral özellikleri, veri alım sıklığı gibi özellikleri ile üstünlük sağlamaktadır. Hava fotoğraflarının uydu verilerinden üstün olan tarafı sadece yüksek geometrik çözünürlüklerinden gelmektedir. Ancak IKONOS, Quickbird gibi uydu verileri hava

fotoğraflarına yakın geometrik detay verebilmektedir ve bunların da üç boyutlu değerlendirilme imkanı mevcuttur. Analog formdaki hava fotoğrafları da taranarak sayısal olarak değerlendirilebilmekte ise de değerlendirme hızı açısından uydu verileri üstünlük sağlamaktadır.

• **Elde edilecek bilgiler sayısal olmalı ve Coğrafi Bilgi Sistemi ile bütünleştirilebilmeli:**

Uydu görüntüleri, ilave sayısallaştırma zahmetine girilmeksizin bilgisayar tarafından okunabilir formda kullanıma hazırdır ve bu özelliği ile bilgisayar destekli CBS ile bütünleşmesi özellikle iyidir.

• **Topoğrafik yapı dikkate alınmalı:**

Ülkemiz orman alanları özellikle dağlık araziler üzerinde dağılım göstermektedir. Bu nedenle elektromanyetik spektrumun mikrodalga kesimini algılayan uydu verileri gölge etkisi nedeniyle (Ör; SAR- Synthetic Aperture Radar) dağlık bölgelerdeki meşcere tiplerinin ayırt edilmesinde güvenilir değildir.

Bu makalede uzaktan algılama verileri içerisinde özellikle ormancılık çalışmaları için önemli gördüğümüz yer gözlem uyduları ve hava fotoğrafları tanıtılmıştır. Burada bahsedilmeyen benzer özelliklere sahip çok sayıda uydu şu anda faaliyet göstermekte ve geliştirilen yeni algılayıcılar da gelecek için faaliyete geçmek üzere sıralarını beklemektedir. Özellikle elektromanyetik spektrumun görünür ve kızıl ötesi enerji kesimini yüzlerce çok dar spektral aralığa sahip bantlarda kaydedebilme yeteneğinde olan hiperspektral algılayıcı verileri yakın geleceğin en önemli uzaktan algılama verileri olmaya aday görülmektedir.

KAYNAKLAR

- CAMPELL, J. B. 1996: Plant Sciences (Chapter Sixteen). Introduction to Remote Sensing. Second Edition., Virginia Polytechnic Institute and State University-1996, The Guilford Press, New York, London , pp.444-473.
- CCRS 2001: Fundamentals of Remote Sensing Tutorial., CCRS (Canada Center for Remote Sensing) (<http://www.ccrs.nrcan.gc.ca>), Revised: November 6, 2001.
- CNES 1999: SPOT5's High Resolution Image Products, CNES (Centre National Detudes Spatiales) Publication Department, place Maurice Quentin-75039 Paris Cedex 01, (<http://www.cnes.fr>) Designed and Printed by AGP Ramonville-May 1999
- ERDAS 1995: ERDAS Imagine^R Field Guide. 3rd Edition. ERDAS Inc., Atlanta, Georgia, USA. pp. 332.
- ERDAS 1997: ERDAS Imagine^R Field Guide. Fourth Edition. ERDAS Inc., 2801 Buford Highway, NE Atlanta, Georgia 30329-2137 USA, pp.656.
- ERDİN, K. 1983: Ormancılıkta Uzaktan Algılama ve Kızıl ötesi Renkli Filmler ile Gaz Zararlarının Saptanması., İ.Ü.Yayın No: 3139, O.F. Yayın No: 336, Oğul Matbaacılık, İstanbul 1983.
- ERDİN, K. 1986: Fotoyorumlama ve Uzaktan Algılama., İ.Ü. Yayın No: 3404, O.F. Yayın No: 381, Taş Matbaası, İstanbul 1986.
- ERDİN, K., KOÇ, A., YENER, H. 1998: Remote Sensing (Uzaktan Algılama) Verileriyle İstanbul Çevresi Ormanlarının Alansal ve Yapısal Değişikliklerinin Saptanması ve ORBİS

(Orman Bilgi Sistemi)'nin Oluşturulması, İ.Ü Araştırma Fonu Proje No: 636/210994, Proje Kesin Raporu, 109 sayfa.

JENSEN, J.R. 1996: Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective. Englewood Cliffs, New Jersey:Prentice-Hall.

MACDONALD DETTWILLER (1999): Macdonald Dettwiller^R, 13800 Commerce Parkway, Richmond British Columbia, Canada V6V 2J3, Website: <http://www.mda.ca>

SESÖREN, A. 1998: Uzaktan Algılamada Temel Kavramlar., Mart Matbaacılık Sanatları Ltd.Şti., İstanbul 1998.

USGS/EROS Data Center Landsat7 Website: <http://landsat7.usgs.gov/using.html>

VGIN (Virginia Geographic Information Network) 2001 Website:
http://www.vgin.state.va.us/documents/imagery_options/Imagery_Options.PDF

http://www.orbimage.com/corp/orbimage_system/ov4/

http://www.space.hut.fi/misc/sat_table.doc

<http://geo.arc.nasa.gov/sge/landsat/wes.html> Ziyaret Tarihi : 03.09.2005