

ORMAN ENVANTERİNDE UYDU VERİLERİNDEN YARARLANMA OLANAKLARI

İbrahim ÖZDEMİR

SDÜ Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 32260, ISPARTA
ibrahim@orman.sdu.edu.tr

ÖZET

Son yıllarda, uydu teknolojisindeki gelişmelerin sonucu çeşitli özellikteki uydu verileri kullanıcılara sunulmuştur. Orman envanteri konusunda, uydu verilerinin kullanılabilirliği ile ilgili, değişik ülkelerde birçok uygulama ve araştırma yapılmıştır. Uydu verilerinin çözünürlüklerinin artmasıyla da yeni araştırmalar halen devam etmektedir. Bu makalede, dünyada ve ülkemizde yapılan güncel uygulama ve araştırmaların ışığı altında, orman envanterinde uydu verilerinin kullanılması olanakları ve uydu verilerinin seçiminde gözözetilmesi gereken başlıca faktörler aktif ve pasif algılayıcı sistemler karşılaştırılarak açıklanmıştır. Yapılan çalışmalar, ülkemiz koşullarında yüksek çözünürlüklü elektro-optik uydu verilerinin, ulusal orman envanteri amacıyla kullanılabilirliğini göstermektedir. Amenajman planı yapmak amacıyla da, çok yüksek çözünürlüklü uydu verilerinin kullanım olanaklarının araştırılması, kaynak ve zaman tasarrufu sağlanması açısından büyük önem taşımaktadır.

Anahtar kelimeler: Orman envanteri, Uydu verileri

POSSIBILITIES OF USING SATELLITE DATA IN FOREST INVENTORY

ABSTRACT

In the last decade, as a result of developments in the satellite technology, satellite data having different facilities have been presented to user. Many applications and researches relating to using possibilities of satellite data in forest inventory are realized in different countries. With the increase in resolution of satellite data, new researches are still in progress. In this paper, referring some recent applications and researches accomplished in this scope either in world or our country, using possibilities of satellite data in forest inventory and the main factors, which are important in the selection of satellite data, was criticized comparing active and passive sensors. Recent research shows that high-resolution electro-optical satellite data could be used for national forest inventory in Turkey. Using possibilities of very-high-resolution satellite data for operational forest management plans should also be investigated.

Keywords: Forest inventory, Satellite data

1. GİRİŞ

Belirli bir alandaki orman ekosisteminin hem bizzat kendi varlığını, ve hem de bu ekosistem içinde kendiliğinden oluşan ürün ve hizmetler ile bunlar üzerinde etken olan çevresel faktörleri sayısal olarak saptamak amacıyla yapılan bir dizi ölçme, sayım, gözlem, hesap ve değerlendirme işlerinin bütünü; Orman Envanteri olarak tanımlanmaktadır. Orman envanteri, söz konusu kaynağın büyüklüğüne ve amaca bağlı olarak; meşcere, bölge (plan ünitesi) ve ulusal olarak üç değişik bazda yapılmaktadır (Asan, 2003).

Meşcere ve plan ünitesi bazındaki orman envanteri genellikle sahibi, sınırları ve amaçları belli olan ormanlarda işletme ve amenajman planlarını düzenleme amacı ile yapılır. Ulusal orman envanteri ise; orman kaynaklarından yararlanmayı ulusal düzeyde planlamak ve bu amaçla uzun vadeli stratejiler geliştirmek amaçları ile gerçekleştirilir (Asan, 2000).

Bu bağlamda, uydu verilerinin hem amenajman planı düzenlemek (operasyonel planlama) ve hem de ulusal orman envanteri (stratejik planlama) amacıyla kullanılabilme olanaklarının ayrı ayrı değerlendirilmesi gereklidir.

Orman envanterinde giderlerin önemli bir bölümünü oluşturan, son derece zaman alıcı ve külfetli olan yersel ölçmeleri en aza indirmek için geniş ölçüde hava fotoğraflarından yararlanılmaktadır. Hava fotoğrafları, ağaçla kaplı olan ve olmayan yerlerin ayrımı, ağaçla kaplı alanların ağaç türleri, gelişim çağı ve kapalılık gibi faktörlere göre katmanlara ayrılmasında (stratifikasyon) kullanılmaktadır. Böylece, ağaç serveti ve artımının hesaplanmasında, meşcere tiplerinden alınacak örnek alanların sayısını ve alınacağı yerlerin belirlenmesine yardımcı olmaktadır (Eler, 2002).

Son yıllarda uydu teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak uydu verilerinin çözünürlüklerinin artmasıyla, bu kaynağın hava fotoğraflarının yerine kullanıp kullanılmayacağı konusu tartışılmaya başlanmıştır. Çünkü, uydu verileri daha büyük alanları kapsamakta, elde edilmesi ve değerlendirilmesi daha kolay olmaktadır. Dünyada ve ülkemizde bu konuda çok sayıda araştırma ve pilot proje yürütülmektedir (Guyot et al., 1989; Franklin and Mcdermid, 1993; Dees et al., 1998; Kilpeläinen and Tokola, 1999; Musaoğlu, 1999; Yeşil vd., 1999; Danson, 2000; François et al., 2002; Özdemir, 2003; Özkan 2003). Yapılan çalışmalar hali hazır uydu verilerinin orman amenajman planlarının düzenlenmesi amacıyla kullanılmayacağını göstermektedir. Uydu verileri daha çok ulusal orman envanterinde kullanım yeri bulmaktadır. Nitekim, Finlandiya ve Kanada

gibi gelişmiş ülkeler ulusal orman envanterinde uydu verilerini kullanmaktadır (Asan, 1999; Tomppo et al., 1999; Anonim, 2002).

Bu makalede, bugüne kadar yapılmış çalışmalar topluca değerlendirilerek, aktif (radar) ve pasif (elektro-optik) algılayıcılardan elde edilen uydu verilerinin, hem normal amenajman planları ve hem de ulusal orman envanteri için kullanılabilme olanakları açıklanmıştır. Ayrıca, uydu verilerinin seçiminde göz önünde bulundurulması gereken bazı faktörler belirtilmiştir.

2. UYDU VERİLERİ

Uzaktan algılama sistemleri özelliklerine göre, fotografik ve fotografik olmayan sistemler olarak ikiye ayrılmaktadır. Fotografik sistemlerde, cismin optik olarak resim düzlemine izdüşürülen görüntüsü fotoğraf filmi üzerine kaydedilmektedir. Bu filme uygulanan fiziksel ve kimyasal işlemlerden sonra, cisimlerin görüntüsü elde edilmektedir. Bu sistemle algılama yapan hava fotoğrafları ormancılık çalışmalarında önemli bir yere sahiptir. Fotografik olmayan algılama sistemlerinde ise, cismin yüzeyinden herhangi bir şekilde ortaya çıkan elektromanyetik ışınım, elektron akımına veya saptanabilir elektriksel işaretlere dönüştürülmektedir. Bu sistemler yapım ve çalışma şekillerine göre elektro-optik sistemler ve mikrodalga algılayıcıları olarak iki ana gruba ayrılmaktadır (Örmeci, 1987).

Elektro-optik sistemler görünür, kızılötesi ve $1\mu\text{m} < \lambda < 3\mu\text{m}$ arasındaki dalga uzunluklarının olduğu bölgelerde kullanılmaktadır. Elektro-optik sistemlerde ana elemanlar ışınım detektörleri ve görüntü tüpleridir. Detektörler vasıtasıyla algılanan ışınım saptanabilir elektriksel işaretlere dönüştürülür (Örmeci, 1987). LANDSAT, SPOT, Ikonos, ve Quickbird bu gruba giren bazı uydulardır.

Mikrodalga bölgesinde algılama yapan RADAR (**R**adio **D**etecting **A**nd **R**anging) telsizle saptama ve uzaklık ölçme anlamına gelmektedir. Radar sisteminde, anten yardımı ile hedef cisme enerji dalgaları gönderilir ve cisimlere çarpıp geri dönen bu enerji tekrar anten tarafından algılanılarak kaydedilmektedir (Örmeci, 1987). Gönderilen ışınım cisme çarptığında, gözlem parametreleri (frekans, polarizasyon ve yayılan dalganın geliş açısı) ile yüzeyin fiziksel (pürüzlülük, geometrik şekil) ve dielektrik özelliklerine bağlı olarak geri yansımaktadır. Radar görüntüsünü oluşturan her bir piksel değeri, hedeften yansıtılan radar sinyalinin gücüne bağlı olarak belirlenmektedir (Musaoğlu, 1999). ERS, JERS ve RADARSAT gibi uydular aktif algılama sistemine göre görüntü sağlamaktadır.

2.1. Orman envanteri çalışmalarında uydu verilerinin seçiminde gözetilmesi gereken bazı faktörler

Orman envanteri uygulamalarında uydu verilerinin bilgi kaynağı olarak kullanılması söz konusu olduğunda, en az masrafla amacı sağlayacak uydu verisini seçmek gerekmektedir. Örneğin, 183 x 183 km² lik bir alanı kapsayan ve 30 x 30 m uzaysal çözünürlüğe sahip LANDSAT uydu görüntüsü, ulusal orman envanteri çalışmalarında orman ve orman olmayan yerlerin ayrılmasında yeterli doğruluğu sağlayabilmektedir (Dees et al., 2001). Bunun yerine, bir çerçevesi 11 x 11 km² ve uzaysal çözünürlüğü 4 x 4 m olan Ikonos görüntüsünü yukarıdaki amaçla kullanmak gereksiz olmaktadır. Çünkü, orman olan yerlerin ayrımı için Ikonos görüntüsü gereğinden fazla ayrıntı sağlamakta ve maliyet çok yükselmektedir.

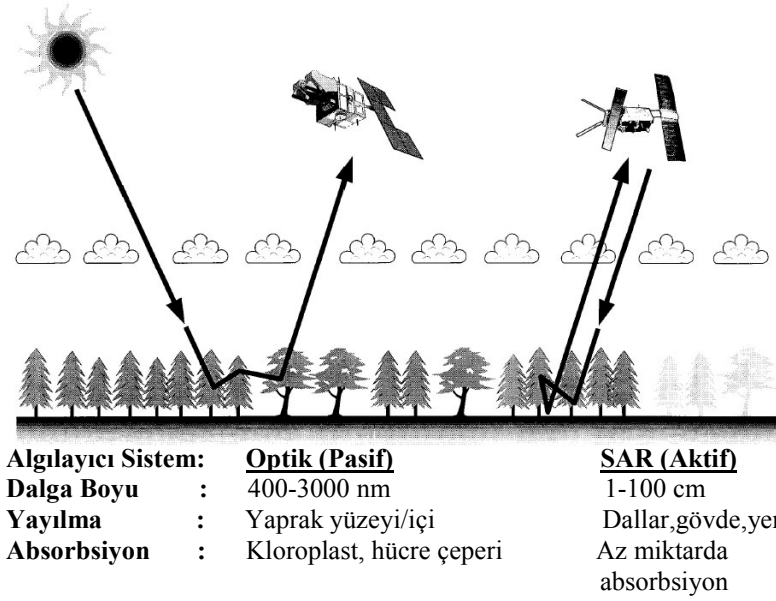
Orman amenajmanında, yapılacak envanterin amacına uygun uydu verisini seçerken, bazı faktörler göz önünde bulundurulmalıdır. Yukarıda örneği açıklanan çözünürlük yanında, penetrasyon yeteneği, arazi eğimi ve algılama zamanı, yapılacak envanterin amacına bağlı olarak dikkate alınması gereken faktörlerdir. Bunlara ait açıklamalar aşağıda verilmiştir.

2.1.1. Penetrasyon (sızma) yeteneği

Penetrasyon, gelen ışınımın meşcere tepe çatısı içinden geçerek meşcere içine ulaşması ve buradan yansması olarak tanımlanabilmektedir. Penetrasyon yeteneği gelen ışınımın dalga boyuna göre değişmektedir. Elektro-optik algılayıcılar düşük penetrasyon yeteneklerinden dolayı orman örtüsünün ancak üst kısmından yani çoğunlukla yapraklardan yansıyan ışınımı kaydetmektedir (Danson, 2000). Bundan dolayı LANDSAT ve SPOT gibi elektro-optik uydu verileri, bitki türlerinin birbirinden ayrılmasında ve hastalıkların izlenmesinde başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Fakat, meşcere tipi ayrımı söz konusu olduğunda, düşük penetrasyon yeteneklerinden dolayı pasif algılayıcı sistemlerden elde edilen uydu verileri, aynı türün tam ve girift kapalı meşcerelerde gelişim çağı farklılıklarından çok az etkilenmektedirler. Bu elektro-optik algılayıcı sistemlerin önemli bir dezavantajıdır (Guyot et al., 1989). Ayrıca, orman amenajmanında meşcere tipleri tamamen homojen olmayıp, içlerindeki % 10'u geçmeyen büyüklükteki boşluklar veya diğer meşcere tiplerine ait alanlar göz ardı edilmektedir (Eler, 2001). Ancak bunlar, uydu verilerinin sınıflandırılması sonucu elde edilen görüntüde ise, ayrı bir sınıf olarak gösterilebilmektedir.

ORMAN ENVANTERİNDE UYDU VERİLERİNDEN YARARLANMA OLANAKLARI

Orman envanterinde ağaç servetini belirlemeye dönük çalışmalarda ise, aktif algılayıcı sistemlerdeki ışınımın dalga boyunun uzun olması ve böylelikle penetrasyon yeteneğinin yüksek oluşu nedeniyle, radar verileri daha iyi sonuçlar göstermektedir (Harrell et al., 1995; Castel et al., 2002). Radar ışınları yapraklardan etkilenmeden meşcere içine girmekte, dallardan ve gövdeden yansıyor, ağaç serveti hakkında daha doğru bilgi verebilmektedirler (Şekil 1).



Şekil 1. Algılayıcı sistemler ve orman örtüsünün pasif ve aktif algılama sistemlerine göre yansıtım karakteristikleri (Danson, 2000).

2.1.2. Arazi eğimi

Uydu verilerinin değerlendirilmesindeki doğruluğu etkileyen önemli bir faktör de arazi eğimidir. Arazi eğimine bağlı olarak gelen ışınımın yansıması etkilenmekte ve uydu verilerinin değerlendirilmesinde istenmeyen gölge etkisi oluşmaktadır. Pasif algılayıcı sistemlerden elde edilen çok kanallı uydu verilerinde kanalların birbirine oranlanmasıyla farklı aydınlanma koşullarının oluşturduğu gölge etkisi azaltılabilmektedir (Jensen, 1996; Lillesand and Kiefer, 2001). Bunun yanında, elektro-optik uydu verilerinde gölge etkisini gidermek için çeşitli topografik düzeltme yöntemleri (Cosine, Minnaert, İstatistiksel ve C-Faktör) geliştirilmiştir. Topografik düzeltme yönteminin uygulanabilmesi için sayısal arazi modeli (DEM=Digital Elevation Model) gerekmektedir (McCormick, 1999).

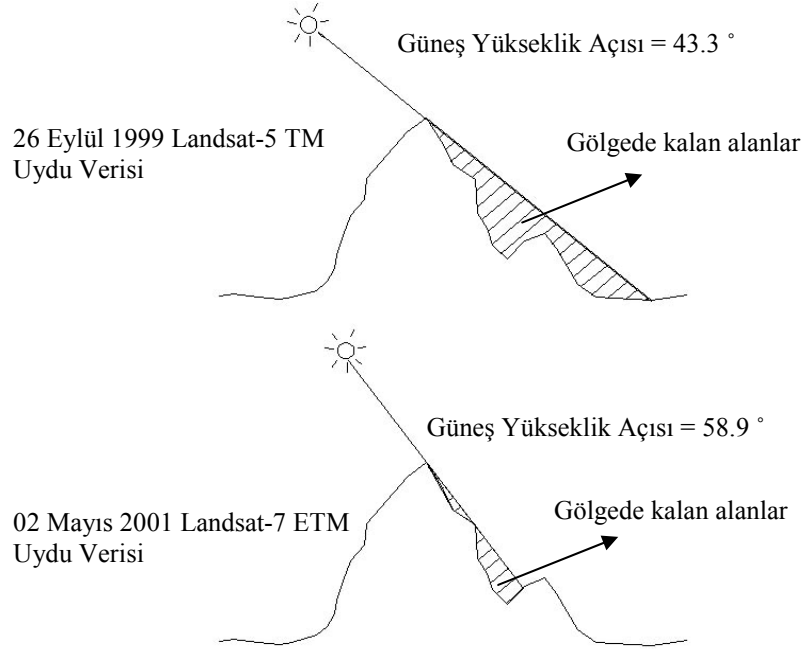
Monokrom radar görüntülerinde gölge etkisini gidermek güç olduğundan, yapılan bazı çalışmalarda görüntünün gölge kısımları değerlendirme dışı bırakılmıştır (Musaoğlu, 1999). Bu yönüyle, orman alanlarının çoğunlukla sarp ve dağlık yörelerde bulunduğu ülkemiz koşullarında, monokrom radar görüntülerinden orman envanteri amacıyla yeterli doğrulukta yararlanmak olanaklı görülmemektedir. Bunlardan, özellikle bulutlu gün sayısının çok olduğu yörelerde, optik sistemlerden elde edilen görüntüleri tamamlayıcı veri kaynağı olarak yararlanmak mümkün olabilmektedir (Sunar vd., 1997).

2.1.3. Algılama zamanı

Orman envanteri amacıyla uydu verilerinin değerlendirilmesinde diğer bir faktör de algılama zamanıdır. Bu faktörü hem mevsim ve hem de gün içinde uydunun algılama saati olarak iki bölümde ele almak gerekir. Mevsim olarak bakıldığında, yapraklardaki renk değişimlerinin en çok olduğu ilkbahar ve sonbahar ayları tercih edilmelidir. Fakat burada, güneşin yükseklik açısı (sun elevation) her zaman göz önünde bulundurulmalıdır. Şöyle ki, hem ilkbahar ve hem de sonbahardan kışa yaklaşıldıkça bu açı düşmektedir. Tam tersi, gündüzleri en uzun olduğu Haziran'a doğru da yükselmektedir. Güneş yükseklik açısının düşmesi, gölge etkisinin artması demektir (Şekil 2).

Diğer önemli bir nokta, uydunun günün hangi saatinde algılama yaptığıdır. İdeal olan güneşin en dik konumda olduğu öğle saatleridir. Ancak bunu belirlemek kullanıcının elinde değildir. Bu uydunun programlamasıyla ilgilidir. Ormancılık amacıyla en yaygın olarak kullanılan LANDSAT ve SPOT uyduları ülkemizden sabah saatlerinde algılama yapmaktadır. Bu bizim için bir dezavantajdır. Bunu en aza indirmek için en azından algılama tarihini mümkün olduğunca haziran ayına yaklaştırmak gerekmektedir. Sonuç olarak hem renk farklılıklarının belirgin ve hem de güneş yükseklik açısının yüksek olması biçiminde birbiriyle çelişen bu iki istek arasında, çalışılan yöreye uygun olarak iyi bir denge kurulmalıdır. Söz konusu bu tarihlerde bulutsuz gün sayısı, yönünden Karadeniz yöresi hariç olmak üzere, ülkemizde önemli bir sorun yaşanmamaktadır. İstenilen tarihlerde 1-2 haftalık bir sapmayla Landsat ve SPOT görüntüsü almak mümkündür. Karadeniz yöresi için de, bulutlardan etkilenmeyen radar verilerini kullanmak düşünülse bile, dağlık ve sarp bir arazi yapısına sahip olan bu bölge için radar verilerinin kullanılmasının yüksek doğruluk sağlamayacağı gözden kaçırılmamalıdır.

ORMAN ENVANTERİNDE UYDU VERİLERİNDEN YARARLANMA OLANAKLARI

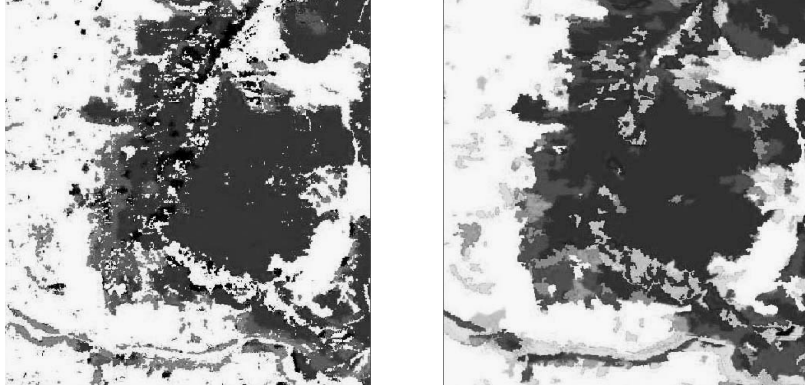


Şekil 2. Güneş yükseklik açısına bağlı olarak gölge etkisinin değişimi (Doğu Marmara yöresine ait LANDSAT uydu verisi).

2.1.4. Çözünürlük

Uydu verisinin dört adet çözünürlüğü de, orman amenajmanı uygulamaları açısından önemlidir. Bunlar; uzaysal (konumsal), Zamansal, Radyometrik (Işımsal) ve Spektral çözünürlüktür (Köse vd., 2002). Uzaysal çözünürlük; uydu görüntüsündeki her bir pikselin temsil ettiği arazi parçasının büyüklüğüdür. Örneğin bu büyüklük LANDSAT-7 uydusu için multispektral modda 30 x 30 m ve pankromatik modda 15 x 15 m, SPOT-5 için sırasıyla 10 x10 m ve 2.5 x 2.5 m'dir. Uydu verilerinin uzaysal çözünürlüğü arttıkça amenajman planı düzenlemek amacıyla meşcere tipi ayrımının yapılabileceği görüşü hakimdir. Ancak, çözünürlük arttıkça görüntüdeki gürültü/benek etkisi de artmaktadır. Özellikle meşceredeki ağaçların tepeleri arasındaki boşluklar gölge etkisinden dolayı koyu gözükmetedir. Bu da, yüksek çözünürlüklü uydu verilerinin sınıflandırılmasında kullanılan piksel bazlı gerçekleştirilen geleneksel yöntemleri (Maksimum Olabilirlik, Minimum Uzaklık) yetersiz kılmaktadır. Bu amaçla, segmentasyona dayalı algoritmalar kullanılarak yapılan segment bazlı sınıflandırma yöntemleri geliştirilmiştir (Burger and Steinwendner, 1992; Ryherd and Woodcock, 1996; McCormick, 1999; Schiewe et al., 2001). Bu konuda yeni çıkan

eCognition yazılımı, yüksek uzaysal çözünürlüğe sahip Ikonos, Quickbird gibi uydu verilerinin sınıflandırılmasında başarılı olarak kullanılmaktadır (Şekil 3) (Andersen, 1998; Koch, 2002).



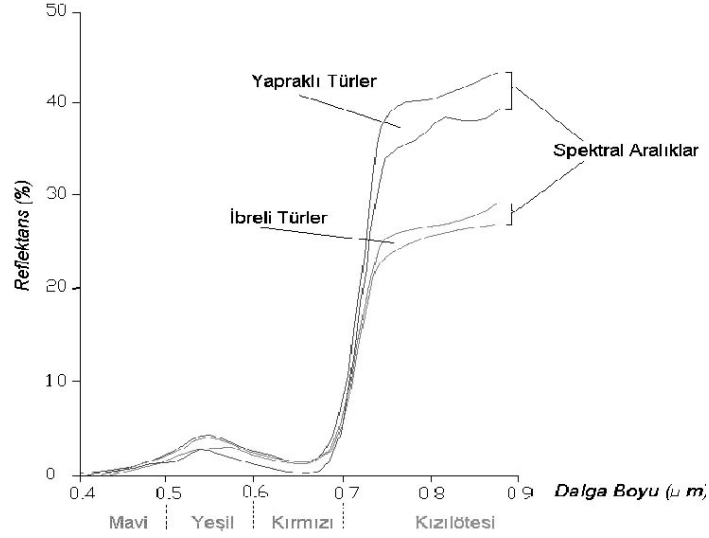
Şekil 3. a) Piksel bazlı, b) Segment bazlı sınıflandırılmış görüntü (Koch, 2002).

Zamansal çözünürlük ise; uydunun aynı arazi parçasını üst üste iki defa algılama yapması arasında geçen süredir. Orman amenajmanı amaçlı bir envanter için 10 yılda bir algıma yapılması yeterli iken, yangın ve hastalıkların izlenmesi için bu sürenin bir gün olması uygun olmaktadır (Köse vd., 2002). Örneğin LANDSAT-5 için bu süre 16 gün olmasına karşın, SPOT-4 için 2.3 güne kadar düşebilmektedir (Sesören, 1999).

Bir görüntü gri renk tonu değerlerini temsil eden piksellerden oluşmaktadır. Gri renk tonu değerlerinin yayıldığı aralık Radyometrik çözünürlük olarak adlandırılmaktadır (Anonim, 2003). Örneğin LANDSAT ve SPOT uydu verileri için bu değer 2^8 bit olup, bu 0 ile 255 arasında değişen 256 gri renk tonu değerlerini göstermektedir. Aktif algılama sistemlerinden birisi olan ERS SAR uydusu ise 2^{16} bit olarak kaydedilmektedir. Orman amenajmanı çalışmaları için, radyometrik çözünürlüğün yüksek olması, meşcere tiplerinin ayırımı için gerekli ayrıntıyı açığa çıkarması bakımından önemlidir.

Spektal çözünürlük; algılayıcıların elektromanyetik spektrumun değişik bölgelerinde dalga boyu ölçme kapasiteleri olarak tanımlanabilir (Anonim, 2003). Algılayıcı ne kadar çok aralıkta algılama yaparsa meşcere tiplerini ayırmak o ölçüde kolaylaşmaktadır. Böylece, spektrumun belirli bir aralığında fark edilemeyen bir özellik, diğer bölgelerde algılama yapan bantlarda öne çıkabilmektedir. Ayırt edilebilirliğin yüksek olduğu (aralarındaki varyansın büyük olduğu) bantların özellik uzayında gruplandırılması ile meşcere tipleri veya diğer nitelikli alanların sınıflandırılması sağlanmaktadır. Özellikle spektrumun

yakın kızılötesi (0,7-3,0 μm) bölgesi bitki örtüsünün sınıflandırılması için önemlidir (Lillesand and Kiefer, 2001).



Şekil 4. Yapraklı ve iğne yapraklı türlerin genel spektral yansıtım karakteristikleri (Lillesand and Kiefer, 2001).

Şekil 4’de görüldüğü gibi, spektrumun görünür bölgesinde yapraklı ve iğne yapraklı türlerin spektral yansıtım eğrileri birbirine çok yakındır. Ancak, yakın kızılötesi bölgede iğne yapraklı ve yapraklı türler arasında ve yine bu türlerin kendi içinde spektral aralık artmaktadır. LANDSAT TM ve ETM uydu verilerinin 4. bandı (0,76 – 0,90 μm), SPOT uydu verisinin ise 3. bandı (0,78 – 0,89 μm) yakın kızılötesi bölgede algılama yapmaktadır. Bunun için, LANDSAT ve SPOT uydu verileri ormancılık çalışmalarında daha fazla uygulama alanı bulmaktadır.

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Orman envanterinde yersel çalışmaları azaltmak amacıyla uzun yıllardır uzaktan algılama verilerine başvurulmaktadır. Bu amaçla yaygın olarak hava fotoğrafları kullanılmaktadır. Uydu teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak, uydu verilerinin çözünürlüğü 1 metrenin altına düşmesiyle (pankromatik modda Ikonos 1 x 1m, Quickbird 0,61 x 0,61 m), bu kaynağın hava fotoğraflarına bir alternatif olabileceği düşünülmeye başlanmıştır. Fakat yapılan çalışmalar, hava fotoğraflarının uzaysal çözünürlüğünün yüksek olması ve fiyatlarının henüz daha ucuz olması nedenleriyle, amenajman planı hazırlamak amacıyla meşçere

tiplerinin ayrılmasında, avantajlarını koruduklarını göstermektedir. Fakat ulusal bazda yapılacak orman envanterinde, uydu verileri, hem geniş alan kapladıkları ve hem de sürekli bilgi akışı sağladıkları için hava fotoğraflarına göre daha avantajlıdır. Bu nedenle, normal amenajman planlarında olduğu gibi ayrıntılı bir meşcere tipleri ayrımı gerekmediğinden, ulusal orman envanterinde uydu verileri daha yaygın olarak kullanılmaktadır.

Ulusal orman envanterinde uydu verilerinden iki amaçla yararlanılabilmektedir. Bunlardan birisi alan, diğeri ise ağaç serveti envanteridir. Uydu verileri alan envanterinde, öncelikle orman olan ve olmayan yerlerin belirlenmesinde, bunun yanında orman alanlarının da kendi içinde verimli ve bozuk gibi alt katmanlara ayrılmasında kullanılmaktadır. Böylece, alınacak deneme alanı kümelerinin (trakt) yoğunluğunun bozuk alanlarda azaltılması ve gerekirse bunların verimli orman alanlarına kaydırılıp, daha güvenilir ve doğru bilgilere ulaşılması mümkün olmaktadır. Trakt'ların yerlerinin bulunması, ulusal orman envanterinde çok fazla zaman ve emek harcanmasına neden olmaktadır. Orman alanlarının uydu verileri ile belirlenmesi, envanter heyetlerinin orman olmayan yerlerde, traktların bulunması için gereksiz zaman harcamalarını engellemektedir (Dees et al., 2001).

Sonuç olarak, orman envanterinde ağaçla kaplı olan ve olmayan yerlerin belirlenmesi ve ağaçla kaplı alanların kendi içinde daha homojen katmanlara ayrılmasında elektro-optik uydu verileri daha başarılı olarak kullanılmaktadır. Radar verilerinden ise, daha çok arazi eğiminin az olduğu alanlarda ağaç servetini kestirmek amacıyla yapılan çalışmalarda yararlanılmaktadır. Bu nedenle, radar verilerinin ülkemiz ormancılığında en önemli kullanım yeri, düz arazilerde yetiştirilen kavak plantasyonlarında ağaç servetinin kestirilmesi olarak gözükmektedir. Bu konuyla ilgili araştırmaların yapılması, ülkemizin odun hammaddesi ihtiyacının 1/3'nü karşılayan bu kaynağa ait ağaç servetinin ucuz ve hızlı bir şekilde belirlenmesine ışık tutacaktır. Bunun yanında, optik uydu verilerinden de, tek ağaç türünden oluşan geniş alanlarda ağaç servetini belirlemek için faydalanmak mümkündür. Nitekim Finlandiya ulusal orman envanterinde LANDSAT uydu verileri ve yersel ölçmeler kombine edilerek ağaç serveti tahmin edilmektedir. Ülkemizde geniş alanlarda saf meşcereler kuran Kızılcım ve Karaçam gibi önemli ağaç türlerimiz için optik uydu verileri ile ağaç servetini belirlemeye yönelik çalışmaların yapılması, ülkemizde yakın gelecekte gerçekleştirilmesi düşünülen ulusal orman envanteri için büyük önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

- Andersen G.L., 1998. Classification and Estimation of Forest and Vegetation Variables in Optical High Resolution Satellites: A Review of Methodologies. IIASA Interim Report IR-98-085, Austria, 20 pp.
- Anonim, 2003. Uydu Görüntüleri Rehber Kitapçığı. <http://www.nik.com.tr/new/yazilimlar/pdf/pdf.htm>, Güncelleme: 11.12.2003, Erişim: 20.12.2003, Nik İnşaat Ticaret Ltd. Şti., İstanbul.
- Anonymous, 2002. A Plot-Based National Forest Inventory Design for Canada: An Interagency Partnership Project. <http://www.pfc.forestry.ca/monitoring/>, Güncelleme: 15.01.2003, Erişim: 25.03.2003, Canadian Forest Service Canada, s. 1-13.
- Asan, Ü., 1999. Using possibilities of satellite images in forestry and the applications in Turkey. International Symposium on Remote Sensing and Integrated Technologies, 20-22 October 1999, İstanbul, pp. 113-126.
- Asan, Ü., 2000. Türkiye İçin Uygun Ulusal Orman Envanteri Modelinin Belirlenmesi. Orman Bakanlığı Bülteni, No 2, Ankara, s. 18-28.
- Asan, Ü., 2003. Orman Amenajmanı. İ.Ü. Orman Fakültesi, Orman Amenajmanı Anabilim Dalı, İstanbul (yayınlanmamış ders notları).
- Burger, H., and Steinwendner, J., 1992. Study of forest mask generation from satellite images using image segmentation algorithms. Proceedings of the FIRS-Workshop, Vienna, Austria.
- Castel, T., Guerra, F., Caraglio, Y., and Houllier, F., 2002. Retrieval biomass of a large venezuelan pine plantation using JERS-1 SAR data, analysis of forest structure impact on radar signature. Remote Sensing of Environment 79: 30-41.
- Danson M.F., 2000. Temperate forest resource assessment by remote sensing. Encyclopedia of Analytical Chemistry, R.A.Meyers (Ed.), UK, pp. 8814-8827.
- Dees, M., Pelz D.R., and Koch B., 1998. Integrating satellite based forest mapping with LANDSAT TM in a concept of a large scale forest information system. Photogrametrie Fernerkundung Geoinformation, 4/1998, pp. 209-220. Stuttgart, Germany.
- Dees, M., Asan, Ü., and Yeşil, A., 2001. Ideas and options for a national forest inventory in Turkey. Collecting and Analyzing Information for Management and Biodiversity Monitoring with Special Reference to Mediterranean Ecosystems, 4-7 December 2001, 11 p., Palermo-Sicily, Italy.
- Eler, Ü., 2001. Orman Amenajmanı. Süleyman Demirel Üniversitesi, Yayın No: 17, 1. Baskı, Isparta, 41 s.

- Fraklin, S.E., and Mcdermid, G.J., 1993. Empirical relation between digital SPOT HRV and CASI spectral response and lodgepole pine (*Pinus contorta*) forest stand parameters. *International Journal of Remote Sensing*, 14(12): 2331-2348.
- François K., Christine F., and Pierre D., 2002. IKONOS-2 İmagery potential for forest stands mapping. *ForestSAT Symposium Heriot Watt University*, 5-9 August 2002, Edinburgh, 11 pp.
- Guyot, G., Guyon, D., and Riom, J., 1989. Factors affecting the spectral response of forest canopies: a review. *Geocarto International*, 3: 3-18.
- Harrell, P.A., Bourgeau-Chavez, L. L., Kasischke, E.S., French, N.H.F., and Christensen, N.L.Jr., 1995. Sensitivity of ERS-1 and JERS-1 radar data to biomass and stand structure in Alaskan forest. *Remote Sensing of Environment*, 54: 247-260.
- Jensen, R.J., 1996. *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 318 pp.
- Kilpeläinen, P., and Tokola, T., 1999. Gain to be achieved from stand delineation in LANDSAT TM image-based estimates of stand volume. *Forest Ecology and Management*, 124: 105-111.
- Koch B., 2002. What Can remote sensing provide for biodiversity assessment? bioassess a project example. *ForestSAT Symposium Heriot Watt University*, 5-9 August 2002, Edinburgh, 12 pp.
- Köse, S., Çakir, G., Sönmez, T., ve Sivrikaya, F., 2002. Uzaktan algılamanın orman amenajman planlamasında ve bilgi sistemleri kurulmasındaki önemi. *Orman Amenajmanı'nda Kavramsal Açılımlar ve Yeni Hedefler Sempozyumu*, 18-19 Nisan 2002, İstanbul, *Bildiriler Kitabı*, s. 148-157.
- Lillesand T.M., and Kiefer R.W., 2001. *Remote Sensing and Image Interpretation*. Fourth Edition, John Wiley & Sons Inc., New York, 750 pp.
- McCormick, N., 1999. *Satellite-based forest mapping using the silvics software, user manual*. Space Applications Institute, EGEO, Commission of the European Communities, Joint Research Centre, I-21020 Ispra (VA), Italy, 13-28 pp.
- Musaoğlu, N., 1999. *Elektro-Optik ve Aktif Mikrodalga Algılayıcılarından Elde Edilen Uydu Verilerinden Orman Alanlarında Meşçere Tiplerinin ve Yetiştirme Ortamı Birimlerinin Belirlenme Olanakları*. İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 108 s. (Basılmamış Doktora Tezi).
- Örmeci, C., 1987. *Uzaktan Algılama (Temel Esaslar ve Algılama Sistemleri)*. İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Cilt 1, Sayı 1345, İstanbul, 112 s.
- Özdemir, İ., 2003. *Üç Aşamalı Örnekleme Metodu ve Bölgesel (Doğu Marmara Bölgesi) Orman Envanterinde Uygulanması*. İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 128 s (Basılmamış Doktora Tezi).

ORMAN ENVANTERİNDE UYDU VERİLERİNDEN YARARLANMA OLANAKLARI

- Özkan, U.Y., 2003. Uydu Görüntüleri Yardımıyla Meşcere Parametrelerinin Kestirilmesi ve Orman Amenajmanında Kullanılması Olanakları. İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 70 s. (Basılmamıştır Yüksek Lisans Tezi).
- Ryherd, S., and Woodcock, C., 1996. Combining spectral and textural data in the segmentation of remotely sensed images. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 17(5): 957-981.
- Schiewe, J., Tufte, L., and Ehlers, M., 2001. Potential and problems of multi-scale segmentation methods in remote sensing. *GIS-Geographische Informations Systeme*, 6: 34-39.
- Sesören, A., 1999. Uzaktan Algılamada Temel Kavramlar. Mart Matbaacılık Sanatları, İstanbul, 124 s.
- Sunar, F., Maktav, D., Musaoğlu, N., ve Kaya, Ş., 1997. ERS 1-2 Radar uydu verileri ile arazi kullanımı analizi. Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği, III. Uzaktan Algılama ve Türkiye'deki Uygulamaları Semineri, 16-18 Mayıs 1997, Bursa, Bildiriler Kitabı, s. VI33-VI40.
- Tomppo, E., Goulding, C., and Katila, M., 1999. Adapting Finnish multi-source forest inventory techniques to the New Zealand preharvest inventory. *Scand. J. For. Res.* 14: 182-192.
- Yeşil, A., Asan, Ü., Coşkun, G., Örmeci, C., and Kaya, Ş., 1999. Statical modelling and stand type forest mapping selected area around Istanbul using LANDSAT-TM and SPOT data. *Proceedings of the International Symposium on Remote Sensing & Integrated Technologies*, 20-22 October 1999, Istanbul, pp. 151-162.