

SERİ		CİLT		SAYI		
SERIES		VOLUME	56	NUMBER	2	2006
SERIE	À	BAND		HEFT		
SÉRIE		TOME		FASCICULE		

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
ORMAN FAKÜLTESİ
D E R G İ S İ

REVIEW OF THE FACULTY OF FORESTRY,
UNIVERSITY OF ISTANBUL

ZEITSCHRIFT DER FORSTLICHEN FAKULTÄT
DER UNIVERSITÄT ISTANBUL

REVUE DE LA FACULTÉ FORESTIÈRE
DEL 'UNIVERSITÉ D'ISTANBUL



**UYDU GÖRÜNTÜLERİ YARDIMIYLA
MEŞCERE PARAMETRELERİNİN KESTİRİLMESİ VE
ORMAN AMENAJMANINDA KULLANILMASI OLANAKLARI¹⁾**

Ar.Gör. Ulaş Yunus ÖZKAN²⁾

Kısa Özet

Bu çalışmada, 10x10 m mekânsal çözünürlüğe sahip SPOT-5 uydu verileri kullanılarak meşcere tiplerinin ayırt edilemeyeceği ve uydu verilerine ait yansıtma değerleri ile meşcere parametrelerinin kestirilmesi olanakları araştırılmıştır.

Yapılan değerlendirmeler sonucunda; SPOT-5 uydu verisiyle amenajman planı düzenlemek amacıyla meşcere tipleri ayrımının yapılamayacağı, bununla birlikte yapılan sınıflandırmanın ulusal veya bölgesel bazda yapılacak orman envanterinde kullanılmasının olanaklı olacağı belirlenmiştir. Sahilçamı meşcerelerinde SPOT-5 uydu verisinin 4. kanalının (1.58-1.75 µm), ağaç serveti ve göğüs yüzeyine duyarlı olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Orman amenajmanı, Meşcere parametreleri, Uydu görüntüleri

1. GİRİŞ

Orman ekosisteminin içinde kendiliğinden oluşan ve toplum taleplerine göre ortaya çıkan ürün ve hizmetlerin tamamına “Orman Kaynakları” denilmektedir. Orman ekosisteminin bizzat kendi varlığı ve bu ekosistem içinde kendiliğinden oluşan ürün ve hizmetler ile bunların oluşumu üzerinde etkili olan faktörlere yönelik olarak yapılan ölçme, gözlem, sayım ve değerlendirme işlemlerini kapsayan sistemli, teknik ve istatistik işlerin tamamı da “Orman Kaynakları Envanteri” olarak adlandırılmaktadır (ASAN 1995; ASAN 2001).

Orman Kaynakları Envanterinde bilgi toplamak amacıyla, en yaygın olarak yersel ölçmelerden yararlanılmaktadır. Yersel ölçme ve gözlemler doğru ve ayrıntılı bilgi toplanmasına olanak sağlamakla birlikte, çok zaman alıcı ve pahalıdır. Yersel çalışmaları azaltmak amacıyla geniş ölçüde uzaktan algılama verileri kullanılmaktadır (ELER 2001). Ülkemizde de 1953 yılından bu yana meşcere tiplerini ve diğer nitelikli alanları ayırmak ve haritalamak amacıyla hava fotoğrafları kullanılmaktadır. 1963-1972 yılları arasında yapılan ilk amenajman planlarında

¹⁾ İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Amenajmanı Programında aynı ad altında hazırlanmış Yüksek Lisans Tezi çalışmasının özetidir.

²⁾ İ.Ü. Orman Fakültesi, Orman Amenajmanı Anabilim Dalı

meşcere tipleri ayrımı hava fotoğrafları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Hava fotoğrafları ile bir yandan alan envanteri yapılırken, diğer yandan ağaç serveti tahmin edilebilmektedir. Bu amaçla, Stereogram, Tek Ağaç Hacim Tablosu, Meşcere Hacim Tablosu ve Meşcere Profilleri Yöntemlerinden yararlanılmaktadır (ERASLAN ve ark. 1993; ELER 2001; AKÇA ve ark. 1996).

Son yıllarda uydu teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak, çok kanallı uydu verilerinin, ormancılık çalışmalarında geniş bir uygulama alanı bulduğu görülmektedir. Yüksek çözünürlüklere ulaştıkça uydu verilerinin giderek hava fotoğraflarının yerine kullanılabilir alternatif bir bilgi kaynağı olacağı görülmektedir. Nitekim günümüzde, uydu verilerinin mekânsal çözünürlüğü bir metrenin altına düşmüştür. Pankromatik algılama biçiminde SPOT-5 2.5x2.5 metre, IKONOS-2 1x1 metre ve QUICKBIRD-2 0.61x0.61 metre mekânsal çözünürlüğe sahip görüntü üretmektedirler (ASAN ve ark. 2001; ANONİM 2003). Uydu görüntüleri, orman kaynaklarının planlanmasında gerekli olan konumsal bilgileri büyük alanlarda ve kısa zaman aralıkları ile vermektedir. Orman alanlarında oluşabilecek değişimler kısa aralıklarla saptanmakta ve gerekli önlemlerin alınmasına olanak sağlanmaktadır (ASAN 1999; KÖSE ve ark. 2002)

Fraklin ve Ark. (1993) SPOT ve Landsat TM uydu verileri ile yaptıkları çalışmada; Landsat TM in meşcere parametreleriyle ilişkisinin önemli, buna karşılık SPOT verisinin ırsal bantları ile meşcere parametreleri arasındaki ilişkinin zayıf olduğunu belirlemişlerdir (FRAKLIN ve ark. 1993). Dees ve Ark. (1998) Almanya'nın güney batısında 16 işletme şefliğinden oluşan bir alanda gerçekleştirdikleri çalışmada, meşcere hacmi ile Landsat TM'in 6 bandı arasında regresyon modeli kurmuşlar ve R^2 değerini 0.40 olarak hesaplamışlardır (DEES ve ark. 1998). Finlandiya'da Hyypä ve Ark. (2000) hava ve uzay araçları ile algılanan farklı uzaktan algılama verileri ile ağaç serveti ve göğüs yüzeyini kestirmek istemişlerdir. Araştırma sonucunda SPOT XS uydu verisinin ($R^2=0.44$), Landsat TM'e ($R^2=0.31$) göre daha kuvvetli bir ilişki gösterdiği bulunmuştur (HYYPÄ ve ark. 2000).

Ülkemizde yapılan çalışmalarda; Koç (1997) Landsat TM uydu verisi ile ağaç türü ve karışımlarının belirlenmesi amacıyla yaptığı çalışmada; Mb3, Mc2 + Md3, Kncd3, Çkb3, Gndycd3, KnGndc3, Md1/Gndyc3, MGncb3, MGnab3, MKndc3, KsGnab3, ÇkDicb3 meşcere tiplerini %88,69 doğrulukla ayırlabildiğini belirtmiştir (Koç 1997). Yeşil ve Ark. (1999) tarafından İstanbul-Gaziosmapaşa Orman İşletme Şefliğine bağlı Tayakadın ve Şamlar yöresinde gerçekleştirilen çalışmada; Çmc3, Çmbc3, Mbt6, Mbt11, Kbt, Bkbt, ÇkMb3, BMbt, arazi kullanım sınıfları %88 doğrulukla ayırt edilmiştir. Aynı çalışmada ağaç serveti ile Landsat TM uydu verisinin 2,3,4 ve 5. kanallarının yansıtma değerleri arasındaki ilişki çoklu regresyon analizi ile irdelenmiş, yapılan değerlendirme sonucunda belirtme katsayısı tüm test alanı için 0.59 olarak hesaplanmıştır (YEŞİL ve ark. 1997). Musaoğlu (1999) Landsat MSS, Landsat TM, ERS-2 ve JERS-1 uydu verileri ile yaptığı çalışmada; Landsat TM 4. ve 5. bant kullanılarak Çm, Çk, MDy, Gndy, Ksdy, Kbt, kıyı, deniz, iskân arazi kullanım sınıfları %90 doğrulukla ayırt edilmiştir. Landsat TM 4. kanal, JERS-1 ve ERS-2 görüntülerinden elde edilen veri grubunun sınıflandırma doğruluğu %73 olarak belirlenmiştir (MUSAOĞLU 1999). Özdemir (2003) Landsat TM, ERS-2 ve JERS-1 uydu verileri ile ağaç servetinin kestirilmesi amacıyla yaptığı çalışmada; en yüksek ilişki, Landsat uydu verisinin 4. kanalı ve NDVI kullanılarak elde edilmiştir ($R^2=0.31$). JERS-1 ve ERS-2 uydu verisi ile hacim arasındaki ilişki ise sırasıyla $R^2=0.16$ ve $R^2=0.03$ olarak hesaplanmıştır. Landsat uydu verisinin hacim tahmininde karışık ağaç türlerinden oluşan meşcerelerde kullanılmasının uygun olmadığı vurgulanmıştır. ERS-2 ve JERS-1 SAR uydu verilerinin ise, ülkemiz gibi dağlık bölgelerde ağaç servetini tahmin etmede kullanılamayacağı belirtilmiştir (ÖZDEMİR 2003).

Bu güne kadar, uydu verileri kullanılarak, biomas ve ağaç servetini belirlemek için yapılan çalışmalarda genellikle 30x30 m. çözünürlüklü Landsat-5 TM ve Landsat-7 ETM ve

20x20 m. çözünürlüklü SPOT-4 uydu verileri kullanılmıştır. Mekânsal çözünürlüğü yüksek, yeni satışa sunulan uydu verileri kullanılarak da meşcere parametrelerinin tahmin edilmesi ile ilgili araştırmaların yapılması önem taşımaktadır.

Çalışmanın amacı, 10x10 m. mekânsal çözünürlüğe sahip SPOT-5 uydu verileri kullanılarak meşcere tiplerinin ayırt edilemeyeceği ve uydu verilerine ait yansıtma değerleri ile ağaç sayısı, orta çap, orta boy, göğüs yüzeyi ve ağaç servetinin kestirilmesi olanaklarının belirlenmesidir.

2.GENEL BİLGİLER

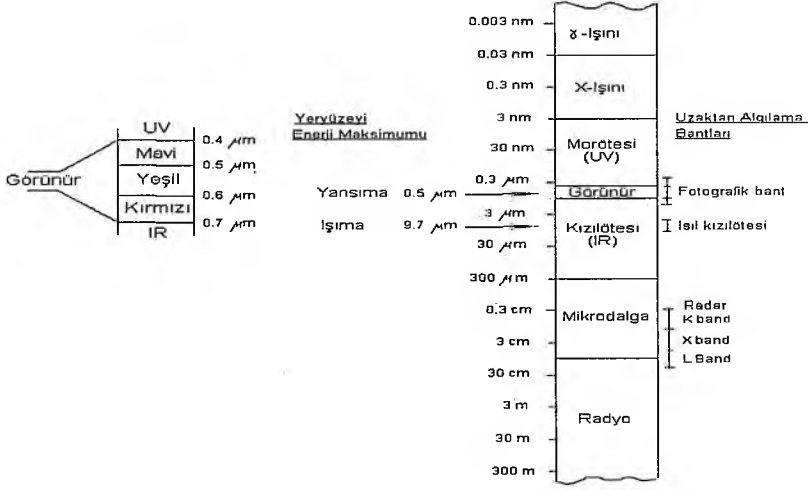
Uydu verisi ile ilgili yapılan işlemlerin, daha kolay anlaşılmasını sağlamak amacıyla, öncelikle uzaktan algılamanın temel konularının kısaca açıklanması yararlı ve gerekli görülmüştür.

2.1. Uzaktan Algılama ve Elektromanyetik Spektrum

Uzaktan algılama, arada mekanik bir temas olmaksızın bir cisimden yayılan ışının nitelik ve nicelik yönünden değerlendirilmesi ile cismin özelliklerinin uzaktan ortaya konması ve ölçülmesi şeklinde tanımlanmaktadır (ÖRMECİ 1987; SESÖREN 1999). Uzaktan algılamanın esasını, çeşitli kaynaklardan oluşan elektromanyetik ışınının, ışınım kaynağı, ışınının yayıldığı ortam ve onu yansıtan yüzeyin niteliklerine bağlı olarak ortaya konması oluşturmaktadır (ERDİN 1986).

2.1.1. Elektromanyetik Spektrum

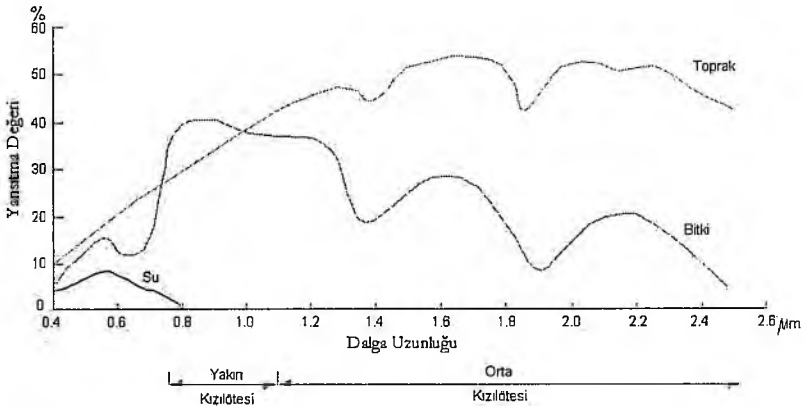
Elektromanyetik Spektrum; çeşitli dalga boylarındaki radyant enerjiyi içeren ve bu radyant enerjinin, içinde elektromanyetik dalgalar halinde serbestçe hareket ettiği bir enerji ortamı olarak tanımlanmaktadır (Şekil 1). Elektromanyetik spektrum çalışmalarda kolaylık sağlaması için değişik bölümlere ayrılmıştır. Ancak bu bölümler arasında kesin bir sınır söz konusu değildir. Elektromanyetik spektrumun bölümleri değişik şekillerde adlandırılmaktadır. 0,4-0,7 μm arası "görünür spektrum" (0,4-0,5 μm mavi, 0,5-0,6 μm yeşil, 0,6-0,7 μm kırmızı renge ait dalga uzunlukları), kızılötesi (infrared) ve aşağısı genellikle "dalgaboyu" ve 15 μm dalga boyundan ötesi dalga boyu yerine çoğunlukla "frekans" larla adlandırılır. Elektromanyetik spektrumun farklı aralıkları farklı yeryüzü özelliklerinin belirlenmesine olanak sağlamaktadır. Yeryüzündeki tüm özelliklerin belirlenebilmesi için elektromanyetik spektrumun farklı aralıklarında algılama yapabilen algılayıcılar gerekmektedir (ÖRMECİ 1987; SESÖREN 1999).



Şekil 1: Elektromanyetik spektrum (ÖRMECİ 1987)
Figure 1: Electromagnetic spectrum

2.1.2. Objelerin Işınal Yansıtması

Bir cisme ulaşan enerji yansılır, yutulur ve geçirilir. Bu yansıtma, yutulma ve geçirilme özellikleri cisimlerin karakteristiklerine ve gelen ışınının dalga uzunluğuna bağlı olmaktadır. Örneğin; orman alanları gelen elektromanyetik ışınının %7 sini yansıtırlarken, kum ile örtülü bir alanda, bu oran %30 dur. Yeryüzündeki cisimler, ışınal yansıtımlarındaki farklılıklardan ayırt edilebilmektedir. Farklı cisimler elektromanyetik spektrumun farklı bölgelerinde farklı yansıtım gösterirler (Şekil 2) (ERDİN 1986; ÖRMECİ 1987; RICHARDS 1999).



Şekil 2: Bazı yeryüzü objelerinin ışınal yansıtım karakteristikleri (RICHARDS 1999).

Figure 2: Reflection characteristics of some earth's surface objects

2.1.2.1. Zeminlerin Işınsal Yansıtması

Zeminlerin ışınsal yansıtmasında, sadece yansıtma ve yutma söz konusudur. Yansıtma özellikleri bakımından zeminin üst tabakalarının bileşimi önemli rol oynamaktadır. Zeminlerin yansıtma özellikleri; zeminin su içeriği, zemini oluşturan minerallerin cins ve miktarları, doku ve yüzey pürüzlülüğü, organik madde miktarı faktörlerine bağlıdır. Örneğin; zeminlerde su içeriği arttıkça, yansıtım azalır ve zemin koyu renkte görünürler (ÖRMECİ 1987).

2.1.2.2. Suyun Işınsal Yansıtması

Suyun yansıtma özelliği, su yüzeyinin durumu, suda bulunan askıda maddeler, suyun içinde yer aldığı ortamın tabanı, sudaki organik madde ve klorofil miktarı faktörlerine bağlı olarak değişmektedir. Örneğin; suyun bulanıklığı geçirgenliğin azalmasına, buna karşılık yansıtmanın artmasına neden olmaktadır. Kızılötesi bölgede, gelen ışınımın büyük bir kısmı yutulduğundan su koyu renkte görünür ve diğer objelerden belirgin bir şekilde ayrıt edilir (ÖRMECİ 1987).

2.1.2.3. Bitki Örtüsünün Işınsal Yansıtması

Bitki örtüsünün ışınsal yansıtım karakteristiklerinin bilinmesi, sınıflandırmada kullanılacak bant kombinasyonlarının seçimi için önem taşımaktadır (MUSAOĞLU 1999).

Bitkilerin ışınsal yansıtım özellikleri üzerinde, klorofil, karatone, ksantofil, antosyonins gibi yaprak pigmentleri, hücre yapısı (kalınlık, genişlik), yaprağın su içeriği, yaprakların yüzeylerinin pürüzlülüğü, iklimatik ve çevresel etmenler gibi değişik faktörler etkili olmaktadır. Görünür bölgede yaprak pigmentleri ışınımı yutarak yansımayı azaltmaktadır. Klorofil mavi (0.4-0.5 μm) ve kırmızı (0.6-0.7 μm) ışığı yuttuğu ve yeşil ışığı (0.5-0.6 μm) geçirdiği için görünür bölgede yaprak tarafından yansıtılan ışınım, yeşil olarak algılanır ve bitkiler yeşil görülür. Yakın kızıl ötesi bölgede (0.7-1.3 μm) yaprak pigmentleri tamamen geçirimli olup, bu bölgede sadece yapraktaki su içeriği nedeniyle çok az bir yutulma olmaktadır. Dalga boyu 1.3 μm ve daha büyük olan ışınların yapraklardaki yansıma oranı, yaprak içindeki su miktarına bağlı olarak değişmektedir. Yansıtma ile yapraktaki su muhtevası ters orantılıdır (TOKMANOĞLU 1975; ÖRMECİ 1987).

Bitkilerin ışınsal yansıtım özellikleri incelenirken, yaprakların ışınsal yansıtma özellikleri yanında bitkilerin meydana getirdikleri toplulukların özellikleri de, birer etken olarak dikkate alınmalıdır. Bitki topluluğunu meydana getiren ağaçların yaş ve tür farklılığı, ağaç tepelerinin zemini örtme oranı (kapalılık), gövde sıklığı, topraktan yansıyan ışınımın miktarı, meşcerelerin en üsteki ve iç kısmındaki tabakaların özellikleri, tepe çatılarının meydana getirdiği tabakanın birşey kesitinin özellikleri, güneşte ve gölgede bulunan bitki kısımlarının yansıttıkları ışınların birbirine oranı yansıyan toplam ışınım miktarı üzerinde etkili olmaktadır (TOKMANOĞLU 1975).

3. MALZEME VE YÖNTEM

Çalışmada, 1/25000 ölçekli topografik harita, meşcere tipleri haritası, sayısal arazi modeli, SPOT-5 uydu verisi ve örnek alan karneleri kullanılmıştır. Topografik harita Orman Harita ve Fotogrametri Müdürlüğünden alınmıştır. Meşcere parametreleri ile ilgili veriler ise yersel çalışmalarla ölçülen örnek alanlardan elde edilmiştir. Sayısal arazi modeli de, topografik haritalardaki eşyüksekti eğrilerinin sayısallaştırılması ile oluşturulmuştur.

3.1. Çalışma Alanının Genel Özellikleri

Çalışma alanının genel özelliklerine ait bilgiler, 1/25.000 topografik haritalardan ve İstanbul Orman Bölge Müdürlüğü, İstanbul Orman İşletme Müdürlüğü, İstanbul İşletme Şefliği Amenajman Planından alınarak aşağıda açıklanmıştır.

3.1.1. Coğrafi Konumu

Çalışma alanı ormanları, İstanbul Orman Bölge Müdürlüğü, Bahçeköy Orman İşletme Müdürlüğü, Sarıyer İşletme Şefliği sınırları içinde yer almaktadır. Çalışma alanı; Greenwich'e göre 28° 59' 59" - 29° 06' 58" doğu boylamları ile; 41° 09' 22" - 41° 15' 27" kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Çalışma alanının büyüklüğü 8388 ha dır.

3.1.2. Bitki Örtüsü

Çalışma alanının doğal bitki türlerinin başında saplı meşe (*Quercus robur* L.), sapsız meşe (*Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl), macar meşesi (*Quercus frainetto* Ten.) vb. çeşitli meşe türleri ile, adi gürgen (*Carpinus betulus* L.), doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky), anadolu kestanesi (*Castanea sativa* Miller), akcağaç (*Acer spp.*) ve dişbudak (*Fraxinus spp.*) gibi ağaç türleri gelmektedir. Ancak, başta karaçam (*Pinus nigra* Ten.) ve kızılçam (*Pinus brutia* Ten) olmak üzere sahilçamı (*Pinus pinaster* Miller), fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.) ve diğer iğne yapraklı ağaç türleri de çeşitli tarihlere yapılan ağaçlandırmalar yoluyla, yöredeki ağaç türleri içine sokulmuşlardır.

Çalışma alanındaki yalancı maki ve ağaçcık türleri ise akçakesme (*Phyllyrea latifolia* L.), kocayemiş (*Arbutus unedo* L.), funda (*Erica arborea* L.) olmak üzere, rutubetli yerlerde yabani fındık (*Coryllus avellana* L.), kızılçık (*Cornus mas* L.), muşmula (*Mespilus germanica* L.), ılgın (*Tamarix symirnenis* Bange.) ve orman gülü (*Rhododendron ponticum* L.), nisbeten kurak yerlerde ise, katır tırnağı (*Spartium junceum* L.), defne (*Laurus nobilis* L.) ve ardıç (*Juniperus oxycedrus*) tır. Bunların dışında diken ucu (*Similax excelsa* L.), böğürtlen (*Rubus canescens* DC.), ayıüzümü (*Vaccinium orctostaphylos* L.) ve orman sarmaşığı (*Hedera helix* L.) gibi diğer florada çalışma alanında oldukça fazladır (ANONİM 1992).

3.2. Çalışmada Kullanılan Veriler

3.2.1. Haritalar

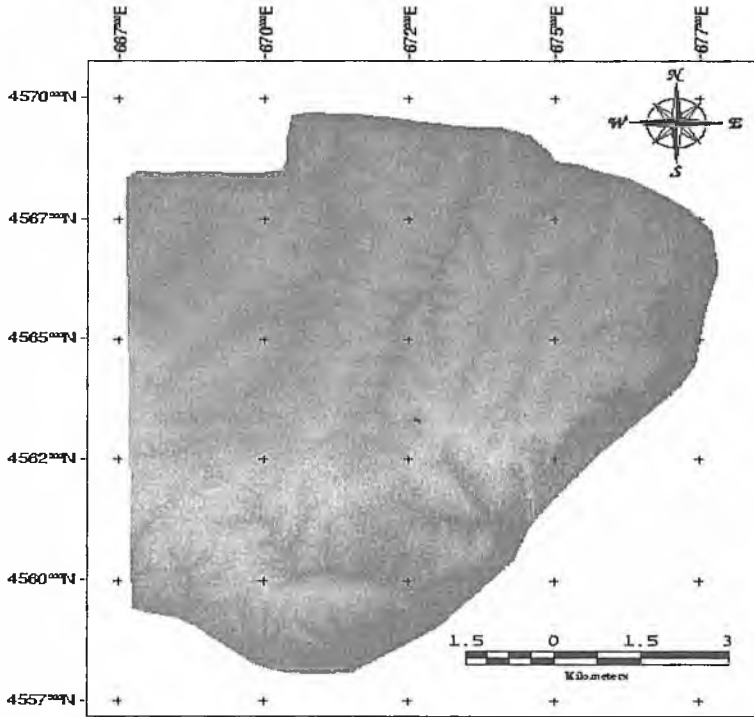
Çalışmada altlık harita olarak İstanbul-F22-d1 pafta numaralı, 1/25.000 ölçekli topografik harita kullanılmıştır. Bu harita A₀ tarayıcı ile taranıp sayısal olarak bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Harita, üzerindeki grid çizgilerinin çakıştığı noktalardaki koordinat değerleri girilerek, UTM (Universal Transverse Mercator) koordinat sisteminde yeniden tanımlanmıştır.

Çalışma alanına ait meşcere tipleri haritası da, A₀ tarayıcı ile taranıp sayısallaştırılmıştır. Daha sonra, UTM koordinat sisteminde tanımlı topografik haritalardaki kıyı çizgisi, yollar, sırtlar ve derelerin kesiştiği yerler gibi hem topografik haritada hem de meşcere tipleri haritasında kolaylıkla bulunabilen noktalar belirlenmiştir. Bu noktaların topografik haritalardaki koordinat değerleri, meşcere tipleri haritasının geometrik düzeltilmesi için de kullanılarak, her iki haritanın da aynı koordinat sistemine oturtulması sağlanmıştır.

3.2.2. Sayısal Arazi Modeli

Sayısal arazi modelleri hem uydu verilerinin geometrik (ortorektifikasyon) ve radyometrik (topografik normalizasyon) düzeltilmesinde kullanılmakta, hem de üzerinde eğim, bakı, yükseklik analizleri yapılarak uydu verisinin topografyaya göre katmanlara ayrılmasına olanak sağlamaktadır (DEES ve ark. 1998; McCORMICK 1999).

Çalışmada, 1/25.000 ölçekli topografik haritadaki eşyüksekti eğrileri 10 metrede bir sayısallaştırılarak elde edilen vektörlere bir yükseklik değeri verilmiştir. Bu vektör değerlerinden grid yöntemi kullanılarak sayısal arazi modeli oluşturulmuştur (Şekil 3). Oluşturulan bu yeni raster görüntüdeki her bir piksel değeri, o yerin deniz seviyesinden yüksekliğini vermektedir.



Şekil 3: Çalışma alanının sayısal arazi modeli
Figure 3: Digital elevation model of the study area

3.2.3. Uydü Görüntüsü

Çalışmada, 14.07.2002 tarihli 10x10 m. mekânsal çözünürlüğe sahip SPOT-5 uydü görüntüsü kullanılmıştır.

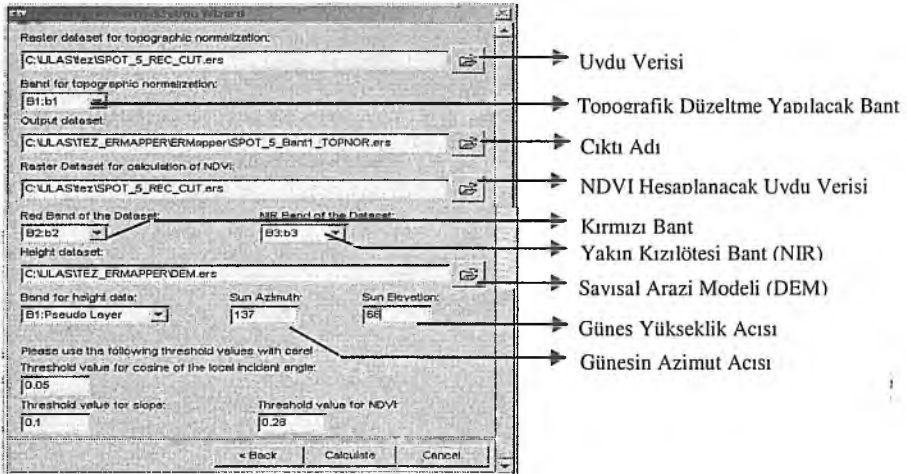
3.3. Sayısal Görüntü İşleme Yöntemleri

3.3.1. Radyometrik Düzeltme

Radyometrik düzeltme, yeryüzünün farklı aydınlanma koşullarından veya atmosferik etkilerden kaynaklanan hatalı piksel değerlerinin düzeltilmesi amacıyla uygulanan matematiksel yöntemlerdir (JENSEN 1996). Bu çalışmada yeryüzünün farklı aydınlanma koşullarından kaynaklanan gölge etkisinin giderilmesi amacıyla, yansıtım değerlerini topografyaya göre yeniden düzenleyen bir yöntem olan Topografik Normalizasyon yöntemi kullanılmıştır. Ülkemiz ormanlarının büyük bir bölümünün dağlık arazilerde bulunması nedeniyle, topografik normalizasyon uydü verilerinin değerlendirilmesinde önemli bir ön işlemdir (DEES ve ark. 2001).

Bu çalışmada, ER Mapper programının Topografik Normalizasyon Modülü kullanılmıştır. Bu modülde yansıtma değerleri Minnaert yöntemine göre normalize edilmektedir. Bu işlem için topografik normalizasyon modülüne sırasıyla, uydü verisi, topografik düzeltme yapılacak bant, çıktı adı, NDVI hesaplanacak uydü sistemine ait veriler, kırmızı bant, yakın kızılötesi bant (NIR), çalışma alanı için önceden hazırlanmış sayısal arazi modeli (DEM), güneş açıları (azimut ve elevation) girilmiştir (Şekil 4).

Yukarıda açıklanan şekilde SPOT-5 uydü görüntüsünün 4 bandına ayrı ayrı topografik normalizasyon işlemi uygulanmıştır. Daha sonra bu 4 bandın birleştirilmesiyle topografik düzeltilmiş yeni veri grubu elde edilmiştir. Elde edilen yeni veri grubu kontrollü olarak sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırılma sonuçları ile topografik normalizasyon yapılmamış görüntüden elde edilen sınıflandırılma sonuçları karşılaştırılmıştır. Böylece topografik normalizasyon işleminin sınıflandırılma başarısı üzerine olan etkisi belirlenmiştir.



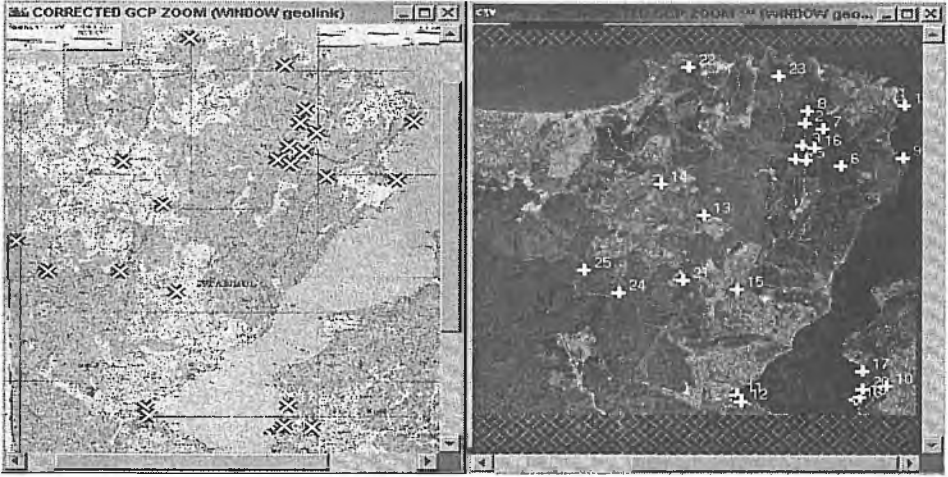
Şekil 4: ER Mapper topografik normalizasyon penceresi

Figure 4: ER Mapper topographic normalization wizard

3.3.2. Geometrik Düzeltme

Uzaktan algılama verilerinin diğer veri gruplarıyla bütünleşmesini sağlamak için, geometrik olarak düzeltilmesi gerekmektedir. Orijinal uydu görüntüleri, sistematik ve sistematik olmayan geometrik hatalar içerdiği için harita olarak kullanılamamaktadırlar (SUNAR ve ark. 1997).

Uydu görüntüsünün geometrik dönüşümü için, önceden UTM koordinat sistemine oturtulmuş topografik harita kullanılmıştır. Kıyı çizgisi, yollar ve derelerin keşiştiği yerler, binalar gibi hem görüntü hem de harita üzerinde açıkça ayırt edilebilen noktalar belirlenmiştir (Şekil 5). Bu noktaların topografik haritalardaki koordinat değerleri, kullanılarak, uydu görüntüsü UTM koordinat sistemine referanslandırılmıştır. Geometrik dönüşüm hatası 1.15 pikseldir.



Şekil 5: Geometrik dönüşüm için seçilen yer kontrol noktalarının 1:25000 lik altlık harita ve uydu görüntüsü üzerindeki konumları

Figure 5: Position of control points selected for geometric rectification on 1:25.000 map and satellite image

3.3.3. Görüntü Zenginleştirme

Sayısal görüntülerdeki özellikler arasındaki ayırt edilebilirliği, çeşitli algoritmalarla artırarak görsel yorumlamayı kolaylaştırmak amacıyla uygulanan tekniklere görüntü zenginleştirme teknikleri denilmektedir. Uydu görüntüsü üzerindeki çıplak gözle ayırt edilemeyen belirsiz ve ince detaylarda gizli birtakım özellikler bu teknikler kullanılarak gözlemlenebilir hale dönüştürülebilmektedir (LILLESAND ve ark. 2001). Bu çalışmada kullanılan görüntü zenginleştirme teknikleri; kontrast artımı, filtreleme, anabileşenler dönüşümü ve bant oranı olmuştur.

3.3.3.1. Kontrast Artımı

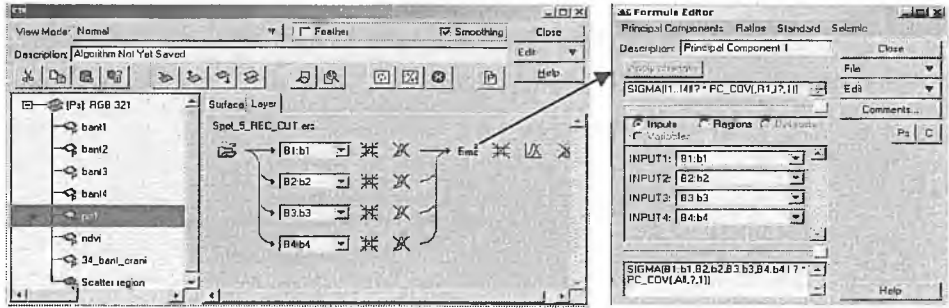
Orijinal görüntüde dar bir aralıkta yığılmış parlaklık değerlerini daha geniş bir aralığa yayarak gri renk tonu değerleri arasındaki farklılığı artırma işlemi Kontrast Artırma olarak tanımlanmaktadır. Çalışmada kullanılan kontrast artırma yöntemleri; Doğrusal Kontrast Artırımı, Histogram Kontrast Artırımı, Logaritmik ve Ekspansiyal Kontrast Artırımıdır.

3.3.3.2. Filtreleme

Filtreleme ile orijinal uydü görüntülerinin parlaklık değerleri değiştirilir. Çalışmada sınıflandırılmış görüntüye, 3 * 3 median filtresi uygulanmıştır. Median filtresinin görüntüye etkisi Şekil 18'de gösterilmiştir.

3.3.3.3. Ana Bileşenler Dönüşümü İle Elde Edilen Görüntü

Çalışmada SPOT-5 uydü görüntüsünün 4 ışınal bandı için Ana Bileşenler Dönüşümü uygulanmıştır (Şekil 6). Dönüşümde birinci ana bileşen eksenini en büyük varyansa sahip ve en fazla bilgiyi içermektedir (JENSEN 1996; LILLESAND ve ark. 2001). Bundan dolayı, çalışmada birinci ana bileşen dönüşümü sınıflandırma işlemi için kullanılmıştır.

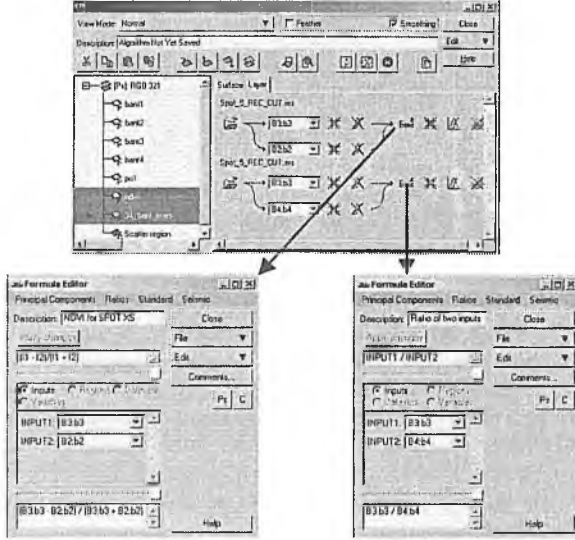


Şekil 6: Ana bileşenler dönüşümü (formül editörü)

Figure 6: Principal Components Analysis (formula editor)

3.3.3.4 Bant Oranları İle Elde Edilen Görüntüler

Çalışmada, NDVI (normalize edilmiş bitki indeksi) ve 3/4 oran görüntüsü oluşturulmuştur (Şekil 7). Elde edilen farklı görüntülere Histogram Kontrast Artırımı uygulanmıştır. Oluşturulan bu oran görüntüleri sınıflandırma işlemi sırasında kullanılmıştır.



Şekil 7: Bant oranları (formül editörü)
Figure 7: Bant ratios (formula editor)

3.4. Yersel Çalışmalar

Arazi çalışmaları;

- 1) Uydü görüntülerinin sınıflandırılması yani meşcere tiplerinin belirlenmesi,
- 2) Ağaç serveti ve diğer meşcere parametreleri ile yansıtma değerleri arasındaki ilişkileri araştırmak için örnek alanların ölçülmesi,

olarak iki amaçla yapılmıştır. Meşcere tiplerinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen yersel çalışmalar sonraki bölümlerde ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Bu başlık altında sadece örnek alanların ölçülmesi amacıyla yapılan çalışmalar anlatılmıştır.

Elektro optik uydü verileri ile meşcere parametrelerinin tahmin edilmesinde saf türlerle yapılan çalışmalarda genellikle daha iyi sonuçlar elde edilmiştir (PUHR ve ark. 2000). Bu nedenle, sadece iğne yapraklı ağaçlandırmalar için meşcere parametrelerinin belirlenme olanakları araştırılmıştır.

Çalışma alanında iğne yapraklı türlerden, sahil çamı (*Pinus pinaster* Mill.) ve karaçam (*Pinus nigra* Ten.) ağaçlandırmaları geniş yayılış göstermektedir. Öncelikle bu türlerin, değişik gelişim çağlarında ve kapallık sınıflarında yeterli sayıda meşcerele olup olmadığı araştırılmıştır. Yapılan incelemeler sonucunda, karaçam meşcerelelerindeki bireylerin çoğunun sağlıklı, hatta bazılarının ölmek üzere olduğu ve kuruluşlarının bozulduğu görülmüştür. Karaçam meşcerelelerindeki bu durum, sağlıklı fertlerin böğürtlen ve orman sarmaşıkları gibi sarılıcı

bitkilerle kaplanmasına yol açmıştır. Bu nedenle, karaçam meşcerelerinde yansıtma değerleri ile meşcere parametreleri arasında sağlıklı bir ilişki kurmanın mümkün olmayacağı anlaşılmıştır. Çünkü yansıtma değerleri, karaçam meşceresinin gelişim çağı ve kapalılığından çok, bu yoğun diri örtüden etkilenmektedir. Sahil çamı için yapılan gözlemler sonucunda, farklı gelişim çağlarında ve kapalılık sınıflarında istatistiksel ilişkileri kurmak için yeterli sayıda meşcerelerin bulunduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle istatistik değerlendirmeler sadece sahil çamı ağaçlandırmaları için gerçekleştirilmiştir.

Örnek alanlar, meşcere tipleri haritası üzerine 100 x 100 m aralık ve mesafe ile tüm çalışma alanına sistematik olarak dağıtılmıştır. Bu örnek alanlardan sahil çamı (*Pinus pinaster* Mill.) meşcereleri üzerine isabet edenlerin 45 adedi basit rasgele olarak seçilmiştir. Örnek alanların arazideki yerleri pusula ve 25 m'lik ip yardımıyla belirlenmiştir. Bu amaçla önce örnek noktaya en yakın arazide kolaylıkla bulunabilecek sabit noktalar (röper noktaları) harita üzerinde bulunduktan sonra, sabit noktaların, örnek alanlara olan aç ve mesafeleri harita üzerinde belirlenmiştir. Daha sonra arazide sabit noktalar bulunmuş, bu noktalardan hareketle pusula ve ip yardımıyla belirlenen açı ve mesafe ile örnek noktaların arazide merkezleri bulunmuştur. Çalışmada 300 ve 400 m² büyüklüğünde daire biçiminde örnek alanlar alınmıştır. Her bir örnek alanda bütün ağaçların çapları ölçülerek envanter karnesine geçirilmiştir. Ayrıca meşcerenin gelişim çağı dikkate alınarak, bu çağ içinden seçilen 3-4 ağaçta boy ölçülerek envanter karnesindeki ilgili yerlere kaydedilmiştir.

3.5. Çalışmada Kullanılan Uygun Kanal Kombinasyonunun Seçimi

Sınıflandırma için kullanılacak bantların seçimi, bantlar arasındaki korelasyon matrisine ve ışınal profil eğrilerine bakılarak yapılmaktadır. İki kanal arasındaki korelasyon katsayıları matrisi, kanallar arasındaki kovaryans matrisinden elde edilmektedir (MUSAOĞLU 1999).

Çalışmada, uygun bant kombinasyonunun belirlenmesinde, uydu verisine ait ışınal profil eğrileri ve korelasyon matrislerinden yararlanılmıştır. Bitki örtüsünün ve diğer alanların ışınal yansıtımlarını incelemek amacıyla, her arazi kullanım sınıfı için, yersel çalışmalarla belirlenen kontrol alanlarına karşılık gelen piksellerin ortalamaları alınarak ışınal eğriler çizilmiştir. Yine uygun bant kombinasyonunun belirlenmesinde kullanılmak amacıyla uydu verisine ait korelasyon matrisleri hesaplanmıştır (Tablo 1). Tablo 1 incelendiğinde, aralarında en fazla korelasyon bulunan kanallar 1 ve 2 olduğu görülecektir. Bu nedenle SPOT-5 uydu verisinin sınıflandırılması için bu iki kanaldan birisi ve 3., 4., NDVI, 3/4 bant oranı ve PC1 kanallarının kullanılmasının uygun olacağı anlaşılmaktadır.

Tablo 1: SPOT-5 Uydu Görüntüsüne Ait Korelasyon Matrisleri

Table 1: Correlation Matrix of SPOT-5 Satellite Image

Korelasyon Matrisi (Correlation Matrix)	Bant 1	Bant 2	Bant 3	Bant 4	NDVI	3/4-O	PC1
Bant 1	1.000	0.972	-0.096	0.693	-0.603	-0.736	0.585
Bant 2	0.972	1.000	-0.104	0.620	-0.605	-0.682	0.546
Bant 3	-0.096	-0.104	1.000	0.493	0.839	0.448	0.679
Bant 4	0.693	0.620	0.493	1.000	0.017	-0.514	0.931
NDVI	-0.603	-0.605	0.839	0.017	1.000	0.760	0.222
3/4-O	-0.736	-0.682	0.448	-0.514	0.760	1.000	-0.254
PC1	0.585	0.546	0.679	0.931	0.222	-0.254	1.000

3.6. Uydü Görüntüsünün Sınıflandırılması

Sınıflandırmada amaç; sayısal görüntülerde, doğal ışınsal yansıtma ve yayma özelliklerine bağı olarak farklı sayısal değerler içeren nesnelere, aynı ışınsal özellikler taşıyanları gruplandırmaktır. Uydü görüntülerinin sınıflandırılması, değişik bant kombinasyonları kullanarak benzer ışınsal yansıtıma sahip yeryüzü özelliklerinin, özellik kümesinde gruplandırılması biçiminde yapılmaktadır. Sınıflandırma işleminin gerçekleştirilmesi için, çalışmada kullanılacak uygun dalga boyunun seçilmesi, yeterli doğruluk ve sayıda kontrol alanının belirlenmesi, amaca uygun sınıflandırma algoritmasının seçilmesi ve sınıflandırılmış görüntünün doğruluk analizinin yapılması gerekmektedir (MUSAOĞLU 1999; JENSEN 1996).

Sınıflandırma işlemi kontrolsüz ve kontrollü olmak üzere iki şekilde yapılmıştır

3.6.1. Kontrolsüz Sınıflandırma

Kontrolsüz sınıflandırma matematik istatistik yöntemlere göre yapılarak oluşan sınıfların gerçekte hangi bölgelere ait olduğu araştırılır (ERDİN 1986). Bu sınıflandırma yöntemi, çalışma alanında yeterli bilginin olmadığı veya bölgenin genel yapısı hakkında ön bilgiye gereksinim duyulan çalışmalarda kullanılmaktadır (MUSAOĞLU 1999).

Çalışmada, ISODATA kontrolsüz sınıflandırma yöntemi kullanılmıştır. İterasyon sayısı 100 ve sınıf sayısı 30 olarak verilerek, piksellerin otomatik olarak kümelenmesi sağlanmıştır. Oluşturulan bu sınıflar, meşcere tipleri haritası ve yersel çalışmalar sonucu elde edilen veriler ile karşılaştırılarak benzer sınıflar birleştirilmiştir. Daha sonra her sınıfa ayrı bir renk verilerek kontrolsüz sınıflandırma işlemi tamamlanmıştır. Elde edilen bu sınıflar meşcere tipleri haritası ve yersel çalışmalarla karşılaştırılarak, uydü görüntüsünün istenilen amacı sağlayıp sağlamayacağı hakkında bir ön bilgi elde edilmiştir. Ayrıca bazı sınıflardan da, kontrollü sınıflandırmada kontrol alanı olarak yararlanılmıştır.

3.6.2. Kontrollü Sınıflandırma

Kontrollü sınıflandırmada yer kontrolleri önemli rol oynamaktadır. Öncelikle yer verilerine dayalı sınıflar seçilir. Verilerin ait olduğu bölgelerde karakteristik kontrol alanları (ibrelî,yapraklı veya ibrelî-yapraklı karışık meşcerelerin yer aldığı alanlar, açık alanlar, iskân alanları, sulu alanlar vb.) alınarak, sınıflandırma yeryüzü özelliklerini temsil eden bu kontrol alanlarına dayalı olarak gerçekleştirilir (MUSAOĞLU 1999).

Çalışmada, En Yüksek Olabilirlik algoritmasına göre kontrollü sınıflandırma yapılmıştır. İlk aşamada, araziye gidilerek her bir sınıf için yeteri kadar kontrol alanı seçilmiştir. Bu sayı her bir sınıf için $n=30.p$ veya daha fazla olmalıdır. Burada n seçilecek piksel sayısını, p ışınsal bant sayısını göstermektedir (MATHER 1987). Formüle göre; sınıflandırmada kullanılan bant sayısı üç ($p=3$) olduğundan, kontrol alanları her bir sınıf için en az 90 piksel olacak şekilde seçilmiştir.

Sınıflandırma işleminde ayrılacak sınıflar için, amenajman planındaki meşcere tipleri baz alınmıştır. Bundan dolayı ayrılan kontrol alanları amenajman planlarında verilen kapalılık, ağaç türü ve gelişim çağına göre seçilmiştir. Ayrıca kontrol alanları her bir sınıfın arazide, homojen olarak geniş alanlarda yayılmış gösterdiği yerlerden seçilmiştir. Bu alanlar 1/25.000 ölçekli topografik haritalar ve meşcere tipleri haritası üzerine işaretlenmiştir.

Kontrol alanları, uydu verisi ile aynı koordinat sisteminde tanımlı olan meşcere tipleri haritası üzerine vektör olarak çizilmiştir. Çizilen bu vektörler sınıflandırılacak uydu görüntüsü üzerine kontrol alanı (region) olarak atanmıştır. Kontrol alanları, özellik kümesinde elipsoidal olarak gösterilerek, belirlenen sınıfların birbirlerinden ne kadar ayrılabilirdiği denetlenmiştir. Kontrol alanları öncelikle aralarındaki korelasyonun en az olduğu bantlarda birbirinden ayrılmıştır. Bu amaçla ışınal profil eğrilerinden ve korelasyon matrislerinden yararlanılmıştır. Sınıflandırmaya sokulacak diğer bantlar için de gerekli düzeltmeler yapılarak elipslerin mümkün olduğunca birbiri içerisine girmesi engellenmiştir. Birbirine yakın yansıtıma sahip bazı sınıflar birleştirilirken, bazı sınıflar da bölünmüştür. Yapılan düzeltmelere rağmen, bazı sınıflar birbirinden tam olarak ayırlamamıştır.

3.7. Doğruluk Değerlendirilmesi

Doğruluk değerlendirilmesi, çalışma alanına ait doğruluğu kesin olarak bilinen referans verilerle (tematik haritalar, GPS ölçmeleri) sınıflandırılmış uydu görüntüsünün karşılaştırılması biçiminde yapılmaktadır. Bu amaçla sınıflandırılmış uydu verisi üzerinden seçilen piksellerle bunlara karşılık gelen referans veriler karşılaştırılarak bir hata matrisi elde edilmektedir. Hata matrisinin sütunları referans verileri, satırları ise sınıflandırılmış görüntüyü temsil etmektedir. Bu hata matrisi Kappa katsayısı ile istatistiksel olarak analiz edilir. Kappa katsayısı, hata matrisinin satır ve sütun toplamları ve köşegeni üzerindeki elemanlar kullanılarak hesaplanır ve 0 ile 1 arasında değer alır (JENSEN 1996).

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

Burada; K ; Kappa Katsayısı x_{+i} ; i nci sütunun toplam değeri

r ; Matrisin satır sayısı x_{i+} ; i nci satırın toplam değeri

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

N ; Toplam örnek sayısını göstermektedir.

Bu çalışmada, meşcere tipleri haritası ve sınıflandırılmış uydu görüntüsü üzerine 100 x 100 m ile sistematik olarak grid atılmıştır. Bu dağıtılan gridlerden 400 adedi basit rasgele seçilerek doğruluk analizi yapılmıştır.

3.8. SPOT-5 Uydu Verisi İle Ağaç Sayısı, Orta Çap, Orta Boy, Göğüs Yüzeyi, Ağaç Servetinin Kestirilmesi

Orman envanterinde regresyon tahmini ile ağaç servetinin belirlenmesinde kolay ölçülebilen yardımcı değişken ile yersel ölçmelerle elde edilen bağlı değişken arasında istatistiksel olarak önemli bir doğrusal ilişki olması gerekmektedir (KÖHL 1993; AKÇA 2000). Bu nedenle çalışmada meşcere parametreleri ile yansıtma değerleri arasındaki doğrusal ilişkiler araştırılmıştır. Kullanılan denklem formu aşağıda verilmiştir.

$$y = a+bx$$

Denklemden x; değişik bantlara göre uydu görüntülerinden okunan yansıtma değerlerini, y; meşcere parametrelerini (ağaç sayısı, hacim, göğüs yüzeyi, orta çap, orta boy), a ve b ise denklem katsayısını göstermektedir (YEŞİL ve ark. 1992).

4. BULGULAR

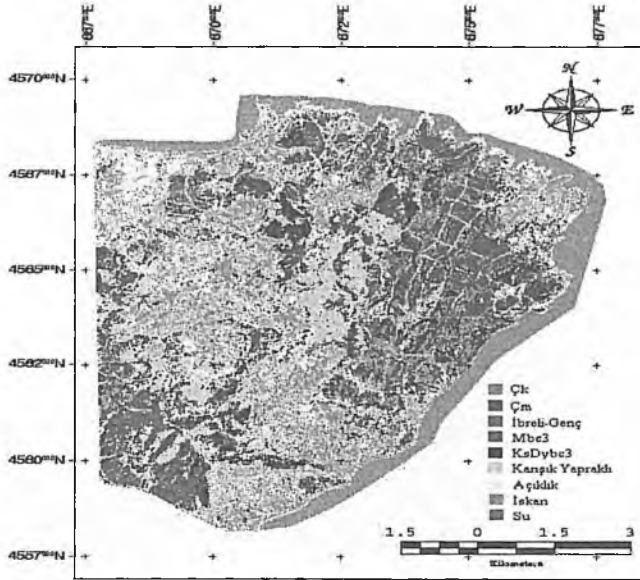
4.1. SPOT-5 Uydu Görüntüsü Yardımıyla Meşcere Tiplerinin Ayrılması ile İlgili Bulgular

4.1.1. Uydu Görüntüsünün Sınıflandırılması

Malzeme ve yöntem bölümünde açıklandığı gibi, iterasyon sayısı 100 ve sınıf sayısı 30 olarak verilerek yapılan kontrolsüz sınıflandırma işlemi sonucu, sınıf sayısı 30'dan 9'a (Çk, Çm, ibreli-geç, Mbc3, KsDybc3, karışık yapraklı, açıklık, iskân, su) düşürülmüştür. Daha sonra her sınıfa ayrı bir renk verilerek kontrolsüz sınıflandırma işlemi tamamlanmıştır (Şekil 8).

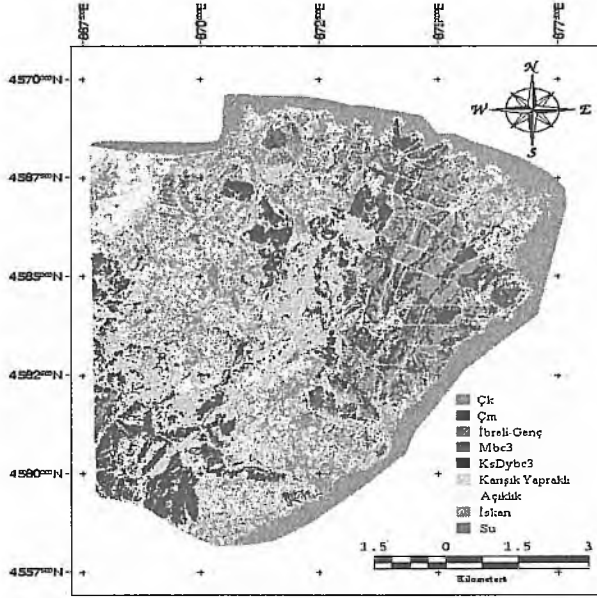
Kontrolsüz sınıflandırmadan sonra ikinci olarak 16 adet sınıf ile kontrollü sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Sınıflandırma sonucunda aynı sınıfa ait alt sınıflar birleştirilerek, bunlara aynı renk verilmiştir. Böylece, Çk, Çm, ibreli-geç, Mbc3, KsDybc3, karışık yapraklı, açıklık, iskân ve su olarak toplam 9 adet sınıf ayrılmıştır (Şekil 9).

Topografik düzeltme uygulanmış 1., 2. ve 3. bantlar kullanılarak gerçekleştirilen sınıflandırılmış görüntü Şekil 10'da verilmiştir.



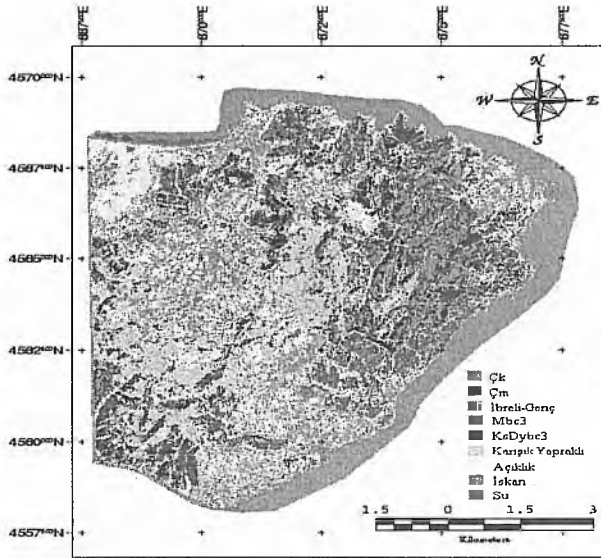
Şekil 8: SPOT-5 Uydu verisi ile çalışma alanının kontrolsüz sınıflandırması

Figure 8: Unsupervised classification of study area with SPOT-5 satellite data



Şekil 9: NDVI, 1. ve 4. bantlar kullanılarak sınıflandırılmış görüntü

Şekil 9: Classified image by using NDVI, 1. and 4. bants

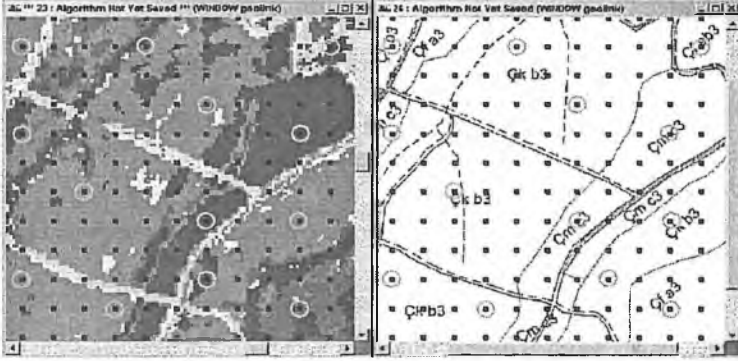


Şekil 10: Topografik düzeltilmiş 1., 3. ve 4. bantlar kullanılarak sınıflandırılmış görüntü

Figure 10: Classified image by using topographic normalized 1., 2., and 4. bants

4.1.2. Sınıflandırma Sonuçlarının Doğruluk Değerlendirilmesi

Çalışmada, sınıflandırılmış uydu görüntüsü üzerine 100 x 100 m ile karelej ağı oluşturulmuştur (Şekil 11). Karelej ağının keşiştiği yerlerdeki piksellerden 400 adedi basit rasgele olarak seçilmiştir. Buna göre seçilen test pikselleri ile bunlara karşılık gelen meşcere tipleri haritası karşılaştırılarak hata matrisi elde edilmiştir. Hata matrisinin sütunları referans verileri, satırları ise sınıflandırılmış görüntüyü temsil etmektedir. Hata matrisinin köşegenleri toplamının test pikseli sayısına bölünmesiyle toplam doğruluk (%), yöntem bölümünde verilen formül'e göre de Kappa katsayıları hesaplanmıştır (Tablo 2).



Şekil 11: Sınıflandırılmış uydu verisi ve referans veri üzerindeki test pikselleri

Figure 11: Test pixels on the classified satellite data and reference data

Tablo 2: Sınıflandırılmış Görüntünün Doğruluk Analizi

Table 2: Accuracy Assesment of Classified Image

SPOT-5 XS (NDVI, 1-4. Bant) SINIFLANDIRMA (CLASSIFICATION)	REFERANS VERİ (REFERENCE DATA)									
	Çk	Çm	Mbc	KsDy	İbrel- Genç	Karışık Yap.	İskân	Açıklık	Su	Toplam
Çk (crimean pine)	39	6	-	-	4	-	-	-	-	49
Çm (maritime pine)	4	35	-	-	2	-	-	-	-	41
Mbc3 (oak)	-	-	37	4	-	6	-	-	-	47
KsDybc3 (chesnut and others)	-	-	2	26	-	9	-	-	-	37
İbrel-Genç (young conifer)	5	3	2	2	32	2	-	4	-	50
Karışık Yap. (mixed broadleaved)	-	-	-	6	-	34	-	-	-	40
İskân (settlng)	-	-	-	-	-	2	39	5	-	46
Açıklık (open area)	-	-	-	-	7	3	10	40	-	60
Su (water)	-	-	-	-	-	-	-	-	30	30
Toplam (total)	48	44	41	38	45	56	49	49	30	400
Toplam Doğruluk (total accuracy)(%)= 78 Kappa Katsayısı (kappa coefficient) (%)=75.2										

Çk:karaçam Çm:sahil çamı M:meşe KsDy:kestane ve diğer yapraklılar

Tablo 2’de görüldüğü gibi, toplam doğruluk %78, Kappa katsayısı da %75 olarak hesaplanmıştır. Sınıflandırma doğruluğunu düşüren başlıca etmenler **ibrelî-geç** sınıfının diğer sınıflarla ve **açıklık** sınıfının da **iskân**’la karışmasıdır. **Mbc** ve **KsDy**’nin de **karışık-yapraklı** sınıfıyla karışması da sınıflandırma doğruluğunu etkilemiştir.

Topografik düzeltme yapılan 1., 3. ve 4. bantlar kullanılarak sınıflandırılmış görüntü içinde doğruluk değerlendirmesi yapılmış ve Kappa değeri hesaplanmıştır (Tablo 3).

Tablo 3: Topografik Düzeltmiş Bantlarla Sınıflandırılan Görüntünün Doğruluk Analizi
Table 3: Accuracy Assesment of Image which is classified by Topographic Normalized Bants

SPOT-5 XS (NDVI, 1-4. Bant) SINIFLANDIRMA (CLASSIFICATION)	REFERANS VERİ (REFERENCE DATA)									
	Çk	Çm	Mbc	KsDy	İbrelî- Genç	Karışık Yap.	İskân	Açıklık	Su	Topla m
Çk (crimean pine)	36	10			4					50
Çm (maritime pine)	7	35			5					47
Mbc3 (oak)			32	7		10				49
KsDybc3 (chesnut and others)			2	22		12				36
İbrelî-Genç (young conifer)	7	6	2	2	25	2		6		50
Karışık Yap. (mixed broadleaved)			4	5		33				42
İskân (settlng)							31	8		39
Açıklık (open area)					7	1	6	44		57
Su (water)									30	30
Toplam (total)	48	44	41	38	45	56	49	49	30	400
Toplam Doğruluk (total accuracy)(%)= 78 Kappa Katsayısı (kappa coefficient) (%)=75.2										

Çk:karıçam Çm:sahil çamı M:meşe KsDy:kestane ve diğer yapraklılar

Daha önceki bölümlerde açıklanan Topografik Normalizasyon işleminin sınıflandırma başarısına olan etkisini belirlemek amacıyla gerçekleştirilen doğruluk analizi sonuçları daha düşük hesaplanmıştır (K=68,4). Sınıflandırılmış görüntüde ibrelî ağaçlandırmaların birbiriyle büyük ölçüde karışması; ibrelî-geç sınıfının çoğunlukla yanlış sınıflandırılması ve yapraklı türlerden oluşan sınıfların birbirinden ayrılamaması doğruluğu düşürmüştür.

4.2. SPOT-5 Uydu Verisi İle Ağaç Sayısı, Orta Çap, Orta Boy, Göğüs Yüzeyi, Ağaç Servetinin Kestirilmesi İle İlgili Bulgular

4.2.1. Ağaç Sayısı

Örnek alanlara karşılık gelen yansıtma değerleri ile ağaç sayısı arasındaki ilişki regresyon analizi ile belirlenmiştir. Regresyon analizinde, ağaç sayısı bağımlı değişken, yansıtma değerleri bağımsız değişken olarak alınmıştır. Hesaplanan belirtme ve denklem katsayıları Tablo 4 'te verilmiştir.

Tablo 4: Yansıtma Değerleri ile Ağaç Sayısı Arasındaki İlişkiye Ait Belirtme Ve Denklem Katsayıları

Table 4: Determination and Equation Coefficients Between Reflection Value and Tree Number

Bantlar	Belirtme Katsayıları (Determination Coefficients) (r^2)	Korelasyon Katsayıları (Corelation Coefficients) (r)	Denklem Katsayıları (Equation Coefficients)	
			a	b
Bant1	0.001	0.03	770.44	-2.1033
Bant2	0.03	0.17	-296.56	21.472
Bant3	0.23	0.48	-259.68	11.345
Bant4	0.07	0.27	280.22	6.3962
NDVI	0.26	0.51	-130.77	6.8858
3/4-O	0.02	0.14	518.04	1.0277
PCI	0.11	0.33	470.99	4.6155

İstatistik yönden bağlı ve bağımsız değişkenler arasında anlamlı ve güvenilir bir ilişkiden bahsedebilmek için, ilişkinin derecesini gösteren korelasyon katsayısının R'nin 0.70 den, yani belirtme katsayısı R²'nin 0.50 den büyük olması gerekmektedir (KALIPSIZ 1999; ASAN 1984).

Tablo 4 incelendiğinde tüm bantta R² değeri 0.50'den düşük çıkmıştır. Bu durum, ağaç sayısı ile yansıtma değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir ilişki bulunmadığını göstermektedir. Özellikle Bant 1'de ağaç sayısı ile yansıtma değerleri arasında herhangi bir ilişki bulunamamıştır (R² = 0.001). En yüksek ilişki NDVI görüntüsü kullanılarak elde edilmiştir (R²=0.26).

4.2.2. Ağaç Serveti

Ağaç serveti ile yansıtma değerleri arasındaki ilişkiyi belirleyebilmek amacıyla örnek alanlara karşılık gelen yansıtma değerleri ile ağaç servetleri arasında doğrusal regresyon denklemleri kurulmuştur. Regresyon analizi sırasında hacim bağımlı değişken, yansıtma değerleri bağımsız değişken olarak alınmıştır. Hesaplanan belirtme ve denklem katsayıları Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5: Yansıtma Değerleri ile Ağaç Serveti Arasındaki İlişkiye Ait Belirtme Ve Denklem Katsayıları

Table 5: Determination and Equation Coefficients Between Reflection Value and Growing Stock

Bantlar	Belirtme Katsayıları (Determination Coefficients) (r^2)	Korelasyon Katsayıları (Corelation Coefficients) (r)	Denklem Katsayıları (Equation Coefficients)	
			a	b
Bant 1	0.29	0.54	618.68	-13.734
Bant 2	0.50	0.71	1211.4	-22.564
Bant 3	0.51	0.71	532.59	-4.3613
Bant 4	0.55	0.74	471.44	-4.6859
NDVI	0.30	0.55	391.2	-1.8867
3/4-O	0.10	0.32	43.456	0.6747
PCI	0.53	0.73	290.75	-2.559

Yapılan analiz sonucu; 2, 3, 4. bantlarda ve PC1 de belirtme katsayısı istatistiksel olarak önemli çıkmıştır. Bunlar içinde en yüksek ilişki 4. bantta görülmüştür ($R^2=0.55$). Bu durum 4. banttan okunan yansıtma değerleri ile ağaç serveti arasında kuvvetli bir ilişki bulunduğunu, ağaç servetinde ortaya çıkan değişimin 0.55 inin yansıtma farklılığından, kalan 0.45 inin ise başkaca nedenlerden kaynaklandığını göstermektedir. 1. bant, NDVI ve 3/4 bant oranında belirtme katsayıları 0.50 den az hesaplanmıştır. Buradan, 1. bant, NDVI ve 3/4 bant oranında ilişkinin istatistiksel olarak yetersiz olduğu anlaşılmaktadır.

4.2.3. Göğüs Yüzeyi

Göğüs yüzeyi ile yansıtma değerleri arasındaki ilişkiyi incelemek için örnek alanlara karşılık gelen yansıtma değerleri ile göğüs yüzeyleri arasında doğrusal regresyon denklemleri kurulmuştur. Regresyon analizi sırasında göğüs yüzeyi bağımlı değişken, yansıtma değerleri bağımsız değişken olarak alınmıştır. Hesaplanan belirtme ve denklem katsayıları Tablo 6'da, verilmiştir.

Tablo 6: Yansıtma Değerleri İle Göğüs Yüzeyi Arasındaki İlişkiye Ait Belirtme Ve Denklem Katsayıları

Table 6: Determination and Equation Coefficients Between Reflection Value and Basal Area

Bantlar	Belirtme Katsayıları (Determination Coefficients) (r^2)	Korelasyon Katsayıları (Corelation Coefficients) (r)	Denklem Katsayıları (Equation Coefficients)	
			a	b
Bant1	0.39	0.62	84.458	-1.7817
Bant2	0.60	0.78	-2.7134	151.42
Bant3	0.53	0.73	66.646	-0.4873
Bant4	0.63	0.79	61.738	-0.5528
NDVI	0.28	0.53	49.415	-0.1989
3/4-O	0.14	0.37	9.7617	0.0879
PC1	0.57	0.76	39.998	-0.2934

Tablo 6 incelendiğinde, Bant 2, 3, 4 ve PC1'de yansıtma değeri ile göğüs yüzeyi arasında istatistiksel olarak önemli bir ilişkinin olduğu, buna karşılık Bant 1, NDVI ve 3/4 bant oranında ilişkinin istatistiksel olarak yetersiz olduğu anlaşılmaktadır. En yüksek ilişki 4. bantta görülmüştür ($R^2=0.63$). Göğüs yüzeyinde ortaya çıkan değişimin 0.63 ü yansıtma farklılığından, kalan 0.37 ise başkaca nedenlerden kaynaklanmaktadır.

4.2.4. Orta Çap

Çap ile yansıtma değerleri arasındaki ilişkinin belirlenebilmesi için örnek alanların ortalama çapı belirlenmiştir. Hacmi en iyi temsil ettiği kabul edilen çap değeri, göğüs yüzeyi orta ağacının çapıdır (YEŞİL ve ark. 1992). Bu çalışmada da, orta çap olarak göğüs yüzeyi orta ağacının çapı alınmıştır. Regresyon analizi sırasında orta çaplar bağımlı değişken, yansıtma değerleri bağımsız değişken olarak alınmıştır. Hesaplanan belirtme ve denklem katsayıları Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7: Yansıtma Değerleri İle Orta Çap Arasındaki İlişkiye Ait Belirtme Ve Denklem Katsayıları

Table 7: Determination and Equation Coefficients Between Reflection Value and Mean Diameter

Bantlar	Belirtme Katsayıları (Determination Coefficients) (r^2)	Korelasyon Katsayıları (Corelation Coefficients) (r)	Denklem Katsayıları (Equation Coefficients)	
			a	b
Bant1	0.24	0.49	55.449	-0.999
Bant2	0.41	0.64	97.944	-1.628
Bant3	0.50	0.71	51.413	-0.3435
Bant4	0.47	0.69	45.01	-0.3449
NDVI	0.32	0.57	41.071	-0.1552
3/4-O	0.05	0.22	15.399	0.039
PC1	0.47	0.69	31.969	-0.1936

Yapılan analiz sonucu yansıtma değeri ile orta çap arasında sadece 3. bantta önemli bir ilişki olduğu saptanmıştır ($R^2=0.50$). Buradan, orta çapta ortaya çıkan değişimin 0.50 si yansıtma farklılığından, 0.50 side başkaca nedenlerden kaynaklandığı anlaşılmaktadır. Diğer bantlarda, belirtme katsayıları 0.50 nin altında olduğundan, istatistiksel açıdan yetersizdir.

4.2.5. Orta Boy

Regresyon analizi sırasında orta boylar bağımlı değişken, yansıtma değerleri bağımsız değişken olarak alınmıştır. Hesaplanan belirtme ve denklem katsayıları Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8: Yansıtma Değerleri İle Orta Boy Arasındaki İlişkiye Ait Belirtme Ve Denklem Katsayıları

Table 8: Determination and Equation Coefficients Between Reflection Value and Mean Height

Bantlar	Belirtme Katsayıları (Determination Coefficients) (r^2)	Korelasyon Katsayıları (Corelation Coefficients) (r)	Denklem Katsayıları (Equation Coefficients)	
			a	b
Bant1	0.27	0.52	33.855	-0.6413
Bant2	0.37	0.61	55.466	-0.923
Bant3	0.45	0.67	29.089	-19.48
Bant4	0.46	0.68	26.074	-0.205
NDVI	0.31	0.56	23.564	-0.0908
3/4-O	0.08	0.28	7.5662	0.0283
PC1	0.45	0.67	18.239	-0.1134

1, 2, 3, 4. bant, NDVI, PC1 ve 3/4 bant oranında belirtme katsayıları 0.50 den az çıkmıştır. Bu durum, yansıtma değerleri ile orta boy arasında önemli bir ilişkinin olmadığını göstermektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, SPOT-5 uydu görüntüsü kullanılarak standart amenajman planlarındaki meşcere tiplerinin ayrılabilme ve bu uydu verisinin farklı kanallarına ait yansıtma değerleri ile ağaç sayısı, orta çap, orta boy, göğüs yüzeyi ve ağaç serveti gibi bazı meşcere parametrelerinin kestirilmesi olanakları araştırılmıştır. Çalışma alanı İstanbul Orman Bölge Müdürlüğü, Bahçeköy Orman İşletme Müdürlüğüne bağlı Sarıyer Orman İşletme Şefliğinin sınırları içinde kalmakta ve çoğunluğu geniş yapraklı karışık meşcereler ile karaçam, sahil çamı ve fıstıkçamı ağaçlandırma alanlarından oluşmaktadır.

Çalışmanın birinci aşamasında meşcere tiplerinin ayırt edilmesi amacıyla sayısal görüntü zenginleştirme ve sınıflandırma algoritmaları kullanılmıştır. Görüntü zenginleştirme algoritmaları sonucunda elde edilen yeni veri grupları ve orijinal bantlar bir görüntü dosyasında birleştirilmiştir. Bundan sonra, sınıflandırmada kullanılacak bant kombinasyonları ışınal profil analizi ve korelasyon matrislerinden yararlanılarak belirlenmiştir. Buna göre; meşcere tiplerinin belirlenmesinde en yüksek ayırt edilebilirliğin, NDVI, 1. ve 4. bantlarda elde edildiği tespit edilmiştir. NDVI, 1. ve 4. bantlar kullanılarak gerçekleştirilen sınıflandırma sonuçları değerlendirildiğinde, meşe'nin kayın, gürgen ve diğer yapraklılarla yaptığı karışık meşcereler ile normal baltalık ve bozuk baltalık alanların birbirlerinden amenajman planlarındaki meşcere standartlarına göre tam olarak ayırlamadıkları görülmüştür. Buna karşılık saf meşe meşcereleri ile kestanenin diğer yapraklılarla yaptığı karışık meşcereler bazı bölgelerde diğer arazi kullanım sınıflarından açık olarak ayırt edilebilmiştir.

İğne yapraklı türlerde ise; sahilçamı ve karaçam meşcereleri birbirlerinden açık olarak ayırt edilebilmiştir. Ancak Çkb3, Çkb3 ve Çkc3 meşcerelerini birbirlerinden ayırt etmek mümkün olmamıştır. Yine Çmb3 ve Çmc3 meşcereleri de birbirinden ayırlanamamıştır. Sahil çamı, karaçam ve fıstıkçamı türlerine ait a ve ab çağındaki genç meşcerelerin diğer arazi kullanım sınıflarından ayrılabilirdiği, fakat yerleşim yerleri, kayalık, sahil, orman içi boşluk ve yolların oluşturduğu açık alanlarla yer yer karıştığı belirlenmiştir.

Sınıflandırılmış görüntü ile meşcere tipleri haritası ve yersel verilerin karşılaştırılması şeklinde yapılan doğruluk değerlendirmesi sonucu, sınıflandırma doğruluğu $K = \%78$ olarak bulunmuştur. Yerleşim yerleri ile açık alanların yer yer birbirleri ile karışması, yine genç ibreli meşcerelerinin bazı yerlerde Çk, Çm ve açık alanlar ile benzer yansıtım göstermesi sınıflandırma doğruluğunu azaltmıştır.

Uydu verisinin radyometrik düzeltilmesi amacıyla uygulanan ER Mapper Topografik Normalizasyon işlemi, doğruluğu artırıcı yönde bir sonuç göstermemiştir. Topografik düzeltme uygulanan kanallara göre yapılan sınıflandırılmış görüntüde doğruluk değeri daha düşük hesaplanmıştır ($K = \%72$).

Çalışmanın ikinci aşamasında sahilçamı ağaçlandırmalarında SPOT uydu verisi ile meşcere parametreleri (ağaç sayısı, ağaç serveti, göğüs yüzeyi, orta çap ve orta boy) arasındaki ilişkiler regresyon analizleriyle belirlenmiştir. Buna göre; yansıtma değerleri ile ağaç sayısı arasında istatistiksel olarak önemli bir ilişkinin olmadığı tespit edilmiştir. En yüksek ilişki NDVI görüntüsü kullanılarak hesaplanmıştır ($R^2=0.26$). Fakat, istatistik olarak bağlı ve bağımsız değişkenler arasında anlamlı ve güvenilir bir ilişkiden söz edebilmek için, ilişkinin derecesini gösteren belirtme katsayısı R^2 'nin 0.50 den ve korelasyon katsayısı R 'nin ise 0.70 den büyük olması gerekmektedir. Görüldüğü gibi hesaplanan değer verilen sınırın çok altındadır.

Yansıtma değerleri ile ağaç serveti arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla yapılan analiz sonucu, 2, 3, 4. ve PCI bantlarında belirtme katsayısı 0.50'den fazla (sırasıyla $R^2=0.50, 0.51,$

0.55, 0.57) çıkmıştır. Bu bantlar içinde en yüksek ilişki 4. bantta görülmüştür ($R^2=0.55$). Bu durum 4. bantın yansıtma değerleri ile ağaç serveti arasında önemli bir ilişki bulunduğunu, ağaç servetinde ortaya çıkan değişimin 0.55 inin yansıtma değerlerindeki farklılıktan, kalan 0.45 inin ise başkaca nedenlerden kaynaklandığını göstermektedir. Diğer yandan, 1. bant, NDVI ve 3/4 bant oranı ile ağaç serveti arasındaki ilişkinin belirtme katsayıları 0.50 den düşük (sırasıyla $R^2=0.29, 0.30, 0.10$) hesaplanmıştır.

Yansıtma değerleri ile göğüs yüzeyi arasında en yüksek ilişki 4. bantta görülmüştür ($R^2=0.63$). Göğüs yüzeyinde ortaya çıkan değişimin 0.63 ü yansıtma değerlerindeki farklılıklardan, kalan 0.37 ise başkaca nedenlerden kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte 2., 3. ve PC1 bantlarında da yansıtma değerleri ile göğüs yüzeyi arasında istatistiksel olarak önemli bir ilişki olduğu (sırasıyla $R^2=0.60, 0.53, 0.57$), buna karşılık 1. bant, NDVI ve 3/4 bant oranında ilişkinin istatistiksel olarak yetersiz olduğu (sırasıyla $R^2=0.39, 0.28, 0.14$) görülmüştür.

Yapılan değerlendirmeler sonucunda, yansıtma değeri ile orta çap arasında sadece 3. bantta önemli bir ilişki olduğu belirlenmiştir ($R^2=0.50$). Diğer bantlarda ise belirtme katsayıları 0.50 nin altında hesaplanmıştır.

Yansıtma değerleri ile orta boy arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla yapılan analizler sonucunda, istatistiksel olarak önemli bir ilişkinin olmadığı tespit edilmiştir. En yüksek ilişki 4. banda ait yansıtma değerleri yardımıyla hesaplanmıştır ($R^2=0.46$).

Elde edilen sonuçlar topluca değerlendirildiğinde; SPOT-5 uydu verisiyle amenajman planı düzenlemek amacıyla meşcere tipleri ayrımının yapılamayacağı, bununla birlikte yapılan sınıflandırmanın ulusal veya bölgesel bazda yapılacak orman envanterinde kullanılmasının olanaklı olacağı belirlenmiştir. Fakat meşcere tipi ayrımının, yapraklardaki renk farklılıklarının daha belirginleştiği ilkbahar ve sonbahar mevsimlerine ait SPOT-5 uydu verisiyle de yapılması ve sonuçların karşılaştırılması önem taşımaktadır.

Sahilçamı meşcerelerinde SPOT-5 uydu verisinin 4. kanalı (1.58-1.75 μm), ağaç serveti ve göğüs yüzeyine duyarlı olduğu tespit edilmiştir. Bu olgu, sahilçamı ağaçlandırmalarında, Regresyon Tahmini ile Çok Fazlı Örnekleme (Multi Phase Sampling with Regression Estimator) yöntemiyle ağaç serveti tahmininin yapılabileceğini göstermektedir. Elde edilen sonuçlar, Yeşil ve Ark. (1999) tarafından İstanbul-Gaziosmapaşa Orman İşletme Şefliği sınırları içinde kalan sahil çamı alanlarında Landsat TM uydu verisi kullanılarak yapılan çalışmada bulunan sonuçlarla örtüşmektedir.

Açıklanan nedenlerden dolayı karaçam meşcerelerinde uygulanamayan bu çalışma, karaçamın normal yayılış alanlarında yinelenmesi ile tatminkar sonuç alınacağı beklenmelidir.

İlgili literatür ve bu çalışma sonuçları, ulusal veya bölgesel orman envanterinde, tek ağaç türünden oluşmuş iğne yapraklı ormanlarda elektro-optik uydu verileriyle ağaç servetinin kestirilmesinin mümkün olduğunu göstermektedir. Özellikle ülkemizde, geniş alanlarda yayılış gösteren kızılçam ve karaçam gibi ağaç türlerimiz için de, farklı uydu verileriyle benzer çalışmaların yapılması önem taşımaktadır.

DETERMINATION OF STAND PARAMETERS WITH SATELLITE IMAGES AND POSSIBILITIES FOR USING THEM IN FOREST MANAGEMENT

Ar. Gör. Ulaş Yunus ÖZKAN

Abstract

In this study, opportunities for estimating stand parameters with reflectance values from satellite data and if stand types can be separated by using data from SPOT-5 satellite having 10x10 m. spatial resolution were investigated.

It seemed that stand types for forest management plans can not be separated by using SPOT-5 satellite data, however, it can be possible with using stratified data in forest inventory that will be carried out either in local or regional scale. It was found that data from fourth channel of SPOT-5 satellite were sensible for growing stock and basal area in cluster pine (*Pinus pinaster*) stands. This case showed that in cluster pine plantations, growing stock can be estimated with multiphase sampling method and regression analysis.

Keywords: Forest management, Stand parameters, Satellite images

SUMMARY

Terrestrial measurements are commonly used as an information source in forest resources inventory. Although more detailed and reliable information is attained by Terrestrial measurements, it is very expensive and time-consuming. To reduce ground works, remote sensing data are widely used. For these reasons, to separate stand types and other qualified areas and map them, aerial photos have been used in Turkey since 1953. Due to recent developments in satellite technology, multi spectral satellite data are used in a wide range of forestry studies.

Forest ecosystems are under pressure by both human activities and natural destructive factors. Hence, forest areas have been changed continuously. Monitoring these changes with short intervals is very important for the future of forest ecosystems. Satellite images provide opportunities for monitoring forest ecosystems in large areas with short intervals. Changes which can occur in forest lands are determined with short intervals and help of these method provisioning becomes possible.

While it is possible to obtain areal information belonging to stand types by satellite data, also some researches had shown that some stand parameters like growing stock and basal area can be estimated by using these data.

So far, data from 30x30 m resolution Landsat-5 TM and Landsat-7 ETM and 20x20 m resolution SPOT-4 satellite images have been used in studies to estimate biomass and growing

stock. It is important to conduct studies related to estimation of stand parameters by using data from satellite images with high spatial resolution that have been recently offered for sale.

In this study, opportunities for estimating stand parameters with reflectance values from satellite data and if stand types can be separated by using data from SPOT-5 satellite having spatial resolution were investigated.

It seemed that stand types for forest management plans can not be separated by using SPOT-5 satellite data, however, it can be possible with using stratified data in forest inventory that will be carried out either in local or regional scale. It was found that fourth channel of SPOT-5 satellite data were sensible for growing stock and basal area in cluster pine (*Pinus pinaster*) stands. This case showed that in cluster pine plantations, growing stock can be estimated with multiphase sampling method and regresion analysis.

KAYNAKLAR

AKÇA, A.; BEISCH, T.H.; EILERMANN, F., 1996: Two-Phased Sampling Method, Using Regression Estimators and Small-Scale Aerial IR-Photographs in Volume and Increment Estimation, (Proceedings of the Meeting of IUFRO S4.11-00 held at IUFRO XX World Congress, 6-12 August 1995, Tampere, Finland), Caring for the Forest: Research in Changing World, Statistics, Mathematics and Computers, s. 203-209, Switzerland.

AKÇA, A. 2000: Forest Inventory, Institute of Forest Management and Yield Sciences, University of Göttingen, s.115-119, Göttingen

ANONİM, 1992: İstanbul Orman Bölge Müdürlüğü, İstanbul Orman İşletme Müdürlüğü, İstanbul İşletme Şefliği Amenajman Planı, İstanbul

ASAN, Ü., 1995: Orman Kaynaklarının Rasyonel Kullanımı ve Ülkemizdeki Durum, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt 45, Sayı 3-4, s. 15-27, İstanbul

ASAN, Ü., 1999: Using Possibilities Of Satellite Images In Forestry And The Applications In Turkey, International Symposium On Remote Sensing and Integrated Technologies, October 20,21,22, s. 113-126, İstanbul.

ASAN, Ü., 2001: Ulusal Orman Envanterinin Türkiye İçin Önemi, Orman ve Av Dergisi, Sayı 2001-6, s. 4-12, ISSN 1303-040X

ASAN, Ü.; BAŞKENT, E.Z.; ÖZÇELİK, R., 2001: Gelişmiş Ülkelerdeki Ulusal Orman Envanteri Sistemleri ve Türkiye İçin Öneriler, 1. Ulusal Ormanlık Kongresi Bildirileri, s. 30-51, ISBN 975-93478-0-6, Ankara.

ASAN, Ü.; ÖZDEMİR, İ., 2002: İstanbul Korularında Konumsal Fonksiyonların Belirlenmesi ve Haritalanması, Orman Amenajmanı'nda Kavramsal Açılımlar ve Yeni Hedefler Sempozyumu, s. 67-76, İstanbul.

DEES, M., PELZ D.R., KOCH B. 1998: Integrating Satellite Based Forest Mapping With Landsat TM in a Concept of a Large Scale Forest Information System, Photogrametrie . Fernerkundung . Geoinformation s. 209-220.

DEES, M.; ASAN, Ü.; YEŞİL, 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, Palermo-Sicily, Italy.

ELER, Ü., 2001: Orman Amenajmanı, Süleyman Demirel Üniversitesi Yayını No:17 (1. Baskı), Isparta.

ERASLAN, İ.;ŞAD, H.C., 1993: Orman Amenajmanı, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayını No: 3742/123, İstanbul.

ERDİN, K., 1986: Fotoyorumlama ve Uzaktan Algılama, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayını No: 3404/381, İstanbul.

FRAKLIN, S.E.; 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), s.2553-2557.

HYYPPÄ, J.; HYYPPÄ, H.; INKINEN, M.; ENGDAHL, M.; LINKO, S.; ZHU, Y., 2000: Accuracy comparison of various remote sensing data sources in the retrieval of forest stand attributes, Forest Ecology and Management, 128, s.109-120.

JENSEN, R.J., 1996: Introductory Digital Image Processing, A Remote Sensing Perspective, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey 07458, ISBN 0-13-205840-5, USA.

KALIPSIZ, A., 1999: Dendrometri, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayını No: 3194/354, İstanbul.

KOÇ, A., 1997: Belgrad Ormanındaki Ağaç Türü ve Karışımlarının Uydu Verileri ve Görüntü İşleme Teknikleri ile Belirlenmesi, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, Cilt 47, Sayı 1, s. 89-108, İstanbul.

KÖHL, M., 1993: Forest Inventory, Pancel, L. (ed), Tropical Forestry Handbook, Springer Verlag, 243332, s. 273-276, Heidelberg.

KÖSE, S.; ÇAKIR, G.; SİVRİKAYA, F., 2002: Ormancılığımızda Uzaktan Algılamanın Önemi, 1. Ulusal Ormancılık Kongresi Bildirileri, s.96-104, ISBN 975-93478-0-6, Ankara.

LILLESAND T.M.; KIEFER R.W., 2001: Remote Sensing and image interpretation, Fourt Edition, John Wiley&Sons, Inc., ISBN 0 471 255515-7, USA.

MATHER, P.M., 1987: Computer Processing of Remotely-Sensed Images, ISBN 0-471-90648-4, s. 125-126.

McCORMICK, N., 1999: Satellite-Based Forest Mapping Using The Silvics Software, User Manuel, Space Applications Institute, EGEO, Commission of the European Communities, Joint Research Centre, I-21020 Ispra (VA), s. 13-28, Italy.

MUSAOĞLU, N., 1999: Elektro-Optik ve Aktif Mikrodalga Algılayıcılarından Elde Edilen Uydu Verilerinden Orman Alanlarında Meşcere Tiplerinin ve Yetiştirme Ortamı Birimlerinin Belirlenme Olanakları, İ.T.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yapılan Doktora Tezi., İstanbul.

NİK İNŞAAT TİC. LTD.ŞTİ., 2003: Uydu Görüntüleri

Available: <http://www.nik.com.tr7new/duyurular/spot5gel.htm>, 04.02.2003

ÖRMECİ, C., 1987: Uzaktan Algılama (Temel Esaslar ve Algılama sistemleri), İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Cilt 1, Sayı 1345, İstanbul.

- ÖZDEMİR, İ., 2003: Üç Aşamalı Örnekleme Metodu ve Bölgesel (Doğu Marmara Bölgesi) Orman Envanterinde Uygulanması, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yapılan Doktora Tezi, İstanbul.
- PUHR, C.B.; DONOGHUE, D.N.M., 2000: Remote Sensing of Upland Conifer Plantations Using Landsat TM Data: A Case Study from Galloway, South-West Scotland, *International Journal of Remote Sensing*, Volume 21, Number 4, s. 633-646.
- RICHARDS, A.J.; JIA X., 1999: *Remote Sensing Digital Image Analysis*, Third Edition, Springer, ISBN 3-540-64860-7, Australia.
- SESÖREN, A. 1999: *Uzaktan Algılamada Temel Kavramlar*, Mart Matbaacılık Sanatları, İstanbul.
- SUNAR, F.; KAYA; Ş., 1997: An Assessment of the Geometric Accuracy of Remotely Sensed Images", *International Journal of Remote Sensing*, 18-14, s. 3069-3074.
- TOKMANOĞLU, T., 1975: Bitkilerin Enerji Dalgalarını Yansıtma Özellikleri, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt 25, Sayı 2, s. 193-215, İstanbul. (Çeviri HILDEBRANDT, G., 1976)
- YEŞİL, A.; ATİK, C.,1992: Hasılat Araştırmalarında Bazı Meşcere Karakteristikleri ve Bu Karakteristiklerin Kestirilmesi, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt 42, Sayı 3-4, s. 93-112, İstanbul.
- YEŞİL, A., ASAN, Ü., COŞKUN, G., ÖRMECİ, C., KAYA, Ş. 1999: Statical Modelling and Stand Type Forest Mapping Selected Area Around Istanbul Using Landsat-TM and SPOT Data, *Proceedings of the Internatinal Symposium on Remote Sensing & Integrated Technologies*, s.151-162. İstanbul.