

LANDSAT VERİLERİ İLE KARMAŞIK ORMAN YAPILARINDA DEĞİŞİM ANALİZİ: BATI KARADENİZ BÖLGESİ'NDE ÖRNEK BİR ÇALIŞMA

H. O. Çoban^a, A. Koç^b

^a SDÜ Orman Fakültesi, 32260 Isparta – hoguzc@orman.sdu.edu.tr

^b İÜ Orman Fakültesi, 34473 İstanbul – kocay@istanbul.edu.tr

ANAHTAR KELİMELEER: Değişim Analizi, Orman, Landsat, Uzaktan algılama, Coğrafi bilgi sistemi

ÖZET:

Bu çalışmada, karmaşık yapıdaki ormanlarda 1987 ve 2000 yılları arasındaki dönemde oluşan değişimler, çok zamanlı Landsat verileri kullanılarak belirlenmiştir. Ayrıca, kullanılan değişim belirleme yöntemleri ormancılık çalışmalarının gereksinimleri açısından irdelenmiştir. Çalışma alanı, karmaşık bir orman yapısına sahip ve yaklaşık 19500 hektardır. Çalışmada, Landsat uydu verilerinin yanında sayısal topoğrafik haritalardan ve sayısallaştırılmış orman amenajman (orman etüt ve planlama) haritalarından yararlanılmıştır. Coğrafi bilgi sistemi (CBS) veri tabanı oluşturulmuştur. Ön işlemlerden geçirilerek hazırlanan 1987 ve 2000 yılı Landsat uydu görüntüsü veri setine kontrollü sınıflandırma işlemi uygulanmıştır. Sınıflandırılmış görüntülerin doğrulukları hata matrisleri kullanılarak değerlendirilmiş ve genel kappa istatistikleri sırasıyla 0.8543 ve 0.9038 olarak hesaplanmıştır. Çalışmada sınıflandırma sonrası karşılaştırma, görüntü farkı, görüntü oranlama ve NDVI farkı değişim belirleme yöntemleri kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, Landsat uydu verileri kullanılarak, çalışmada ele alınan orman alanlarında gerçekleşen zamansal değişimlerin sınırlı detayda ve yüksek doğrulukla belirlenebildiği ortaya konulmuştur. Ayrıca sınıflandırma sonrası karşılaştırma yönteminin, ormancılık çalışmalarının gereksinimlerini daha iyi karşılayacak bir yöntem olduğu kanaatine varılmıştır.

CHANGE ANALYSIS IN THE STRUCTURE OF MIXED FOREST USING LANDSAT DATA: A CASE STUDY IN WESTERN BLACK SEA REGION

KEY WORDS: Change Analysis, Forest, Landsat, Remote Sensing, Geographic Information System

ABSTRACT:

In this study, long term changes between the years of 1987-2000 in the structure of mixed forest were determined by using multitemporal Landsat data. Furthermore, change detection techniques used in the study were investigated from the point of view the necessities of forestry activities of Western Black Sea region in Turkey. The research area is approximately 19500 ha and has generally complex forest structure. Beside Landsat satellite data, digital topographic maps and digitized maps of forest management plans were used in the study. The geographical database of the study area was produced by means of geographic information system (GIS) techniques. Supervised classification was applied to the Landsat multitemporal image set relating to the years of 1987 and 2000, after using the image preprocessing techniques. Accuracies of classified images were evaluated by using error matrices and the overall kappa statistics were calculated as 0.8543 and 0.9038, respectively. The change detection methods used were post-classification comparison, image differencing, image rationing and NDVI differencing. According to results obtained, it was found that by using Landsat images, the temporal changes in the forest of study areas could be determined with high accuracy and limited detail. In addition, post-classification comparison technique was found out more applicable than the other change detection methods used for meeting the needs of forestry activities.

1. GİRİŞ

Uydu platformlarından elde edilen uzaktan algılama verileri ve coğrafi bilgi sistemlerinin kullanılması, geçmişten günümüze yeryüzü doğal kaynakları hakkında karşılaştırılabilir ve güncellenebilir bilgiler edinmemizi kolaylaştırmıştır. Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemlerinde yaşanan bu gelişmeler, dünyanın önemli doğal kaynak alanları arasında yer alan orman alanları ile ilgili çalışmalara da yansımış ve bu doğrultuda, ormanların planlanması ve işletilmesi çalışmaları yeni teknolojiler kullanılarak yapılmaya başlanmıştır.

Ormancılık faaliyetlerinde yeni teknolojilerin kullanımı, yapılan çalışmaların başarıya ulaşmasında büyük katkılar sağlamaktadır. Günümüzde, uzaktan algılama ve coğrafi bilgi

sistemlerinin, gelişmiş ülkelerin ormancılık çalışmalarında etkin olarak kullanıldığı anlaşılmaktadır. Bu nedenle, ülkemizde ormancılığın gereksinimlerini karşılayacak ve sorunların çözümünde yeni olanaklar ortaya koyabilecek, coğrafi bilgi sistemi temeline dayanan bir orman bilgi sisteminin oluşturulması, ormancılık faaliyetlerine yeni bir bakış açısı ve yeni bir boyut kazandıracaktır (Koç, 1995).

Ormanlardan faydalanmaların başarıyla planlanıp gerçekleştirilmesi, öncelikle ülkemiz orman varlığının yatay (alansal) ve dikey (envanter) yönde belirlenmesine bağlıdır. Alansal verilerin sağlıklı olmayışı, bu verilere dayalı envanter verilerinin de kuşku ile karşılanmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, öncelikle alansal verilerin duyarlı bir biçimde saptanması gereklidir. Sağlıklı alansal verilere ise öncelikle

“temel altlık” olarak tanımlanan ve tüm ormancılık çalışmalarında baz olarak kullanılacak bir haritanın üretimi sayesinde, kalıcı orman sınırlarının belirlenmesiyle ulaşılabilir. (Erdin, 1988; Erdin ve diğ., 1994). Elbette, ülkemizde sosyal ve politik nedenlerle orman sınırlamasının henüz bitirilemediği düşünülürse, kalıcı orman sınırlarının belirlenmesinin yalnızca teknik boyutunun olmadığı görülecektir.

Ülkemiz ormanlarını oluşturan meşcerelerin (en küçük orman birimlerinin), ağaç türü, karışım oranları, yaş ve çap sınıfları gibi pek çok yapısal niteliği, yöresel ve bölgesel olarak farklılıklar göstermektedir. Kısa mesafelerde bulunan hatta birbirine komşu olan meşcerelerin heterojen yapısı ve çevresel etkenlerin etkileri birlikte düşünüldüğünde, yapılacak uzaktan algılama çalışmalarını doğrudan etkileyen ve zorlaştıran koşulların varlığı ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, değişim belirleme amacı ile yapılan bu çalışma, ülkemiz ormanlarında uzaktan algılama verilerinin ve yöntemlerinin kullanılabilirliğinin irdelenmesi açısından önem kazanmaktadır.

2. ZAMAN VE ÇEVRE ETKENLERİ

Değişim belirleme, farklı zamanlarda gözlemlenen olay ya da objelerin durumlarındaki farklılıkların tanımlanması işlemidir (Singh, 1989). Değişim belirleme çalışmalarının başarıya ulaşabilmesi için kullanılacak verilerin elde edildiği zaman önemlidir. Çok kısa zaman aralıklarında yapılacak değişim belirleme çalışmalarında, uydu görüntülerinin zamansal çözünürlükleri ön plana çıkabilir. Uzun dönem zamansal analizlerde ise, uydu görüntüsü setinin yıldönümü görüntülerinden oluşması ve hatta görüntülerin günün aynı saatinde alınmış olması idealdir (Jensen, 1996). Ancak, Landsat gibi arşiv görüntüleri oldukça eskiye dayanan uydu verilerinin kullanımında dahi, istenilen verilere ulaşmak olanaksız olabilmektedir.

Uydu görüntülerinde, iki önemli çevresel etken karşımıza çıkmaktadır. Bunlardan birincisi atmosfer, ikincisi de topoğrafyadır. Atmosferik koşullar anlık değişimler içinde bulunduğu için, farklı zamanlara ait görüntülerin, aynı atmosferik özellikler altında alınmış olması, çok zor bir olasılıktır. Atmosferin içerisindeki parçacıklar, güneşten yeryüzüne ulaşan ve buradan da algılayıcıya gelen ışınımı etkilemektedir. Özellikle değişim belirleme çalışmalarında, görüntülerdeki atmosferik etkilerin giderilmesi gerekli olabilmektedir (Jensen, 1996; Song ve diğ., 2001).

Diğer bir çevresel etken ise topoğrafyadır. Ülkemiz ormanları, çok eğimli ve engebeli bir topoğrafik yapı üzerinde bulunmaktadır. Bu inişli çıkışlı yapı, farklı bakıların dolayısıyla da yer örtüsünde farklı güneşlenme oranlarının oluşmasını sağlamaktadır. Bu durum, objeleri temsil eden yansıma değerlerini etkilemektedir. Aynı obje, güneşe bakan tarafta gelen ışını daha fazla yansıtmakta, gölgeli alanlarda ise daha az yansıtmaya eğilimlidir. Böylece bir görüntüdeki benzer objeler, sınıflandırma aşamasında farklı sınıflar olarak değerlendirilebilmekte ve dolayısıyla yapılan sınıflandırmanın doğruluğu olumsuz etkilenebilmektedir. Ülkemiz ormanlık alanlarındaki topoğrafik yapı düşünüldüğünde, pek çok yerde uydu görüntülerindeki topoğrafik etkilerin giderilmesi, özellikle değişim belirleme çalışmalarında gerekli görülmektedir.

Çok zamanlı uydu görüntülerinin kullanıldığı çalışmalarda önemli olan unsurlardan birisi de bitki fenolojisidir. Fenoloji, iklimsel etkenlerin mevsimlik değişimine bağlı olarak meydana gelen biyolojik değişimi, kısaca biyofizyolojik aktiviteyi

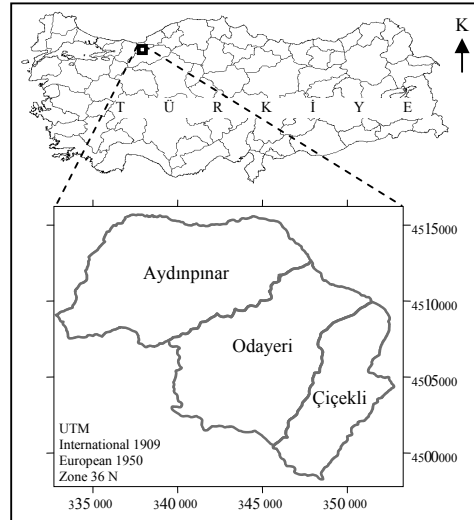
inceleyen bir bilim olarak tanımlanır. Örneğin; tomurcuk patlaması, yaprak büyümesi ve buna benzer etkinliklerin belirli bir zaman içerisinde birbiri ardına tekrarlanan değişim evreleri hakkındaki bilgiler, fenolojik gözlemlerle belirlenir (Çepel, 1990). İklimle bağlı olarak aynı bitkinin gelişme evrelerinin zamanı ve süresi bölgelere göre farklılıklar gösterir.

Orman örtüsündeki değişimlerin belirlenmesi çalışmalarında, yorumlayıcının ilgili objelerin biyofiziksel özellikleri hakkında bilgi sahibi olması gereklidir (Jensen, 1996). Ormanda ağaç türleri, tepe yapısı, dal ve yaprak yapısı, kapalılık, vejetasyon periyodu gibi farklılıklar, doğal olarak uydu algılayıcısı tarafından kaydedilen yansıma değerlerini etkiler. Bununla birlikte, alım anındaki iklim koşulları, yağmur ve kar yağışları, topraktaki nem durumu yer örtüsünün yansıma değerlerini etkileyen ve dikkat edilmesi gereken diğer etkenlerdir (Lillesand ve Kiefer, 1999; Coppin ve diğ., 2004). Diğer taraftan, alım anına kadar olan iklimsel özellikler de hem objenin biyofiziksel özelliklerini hem de topraktaki nem durumu gibi fiziksel özellikleri etkiler. Bu etkilenme de piksellerin yansıma değerleri üzerinde etkili olur.

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1 Çalışma Alanının Özellikleri

3.1.1 Coğrafi Konum ve Topoğrafik Özellikler



Şekil 1. Çalışma alanının coğrafi konumu

Araştırma alanının coğrafi konumu Şekil 1'de verilmiştir. Aydınpınar plan ünitesi 120–1600 m, Odayeri plan ünitesi 200–1670 m ve Çiçekli plan ünitesi de 220–1680 m yükseltiler arasında yer almaktadır. Plan üniteleri, Batı Karadeniz Bölgesi'nin iç kesiminde bulunmaktadır. Bolu-Abant Sıradagları'nın batıya doğru uzanan kolları üzerinde yer alırlar. Araştırma alanının topoğrafik yapısını incelemek amacıyla, alanın sayısal arazi modeli üretilerek, bakı ve eğim analizleri yapılmıştır. Bakı haritası incelendiğinde, toplam alanın %66'sında gölgeli bakılar olarak da adlandırılan kuzeybatı, kuzey, kuzeydoğu ve doğu bakıların egemen olduğu görülmektedir. Toplam alanın %3'ü ise düz alan olarak bulunmuştur. Eğim grupları incelendiğinde de, toplam alanın %65'inin çok eğimli ve dik eğimli grupta, %16 gibi önemli bir oranın da sarp eğim grubunda olduğu görülmektedir.

3.1.2 Bitki Örtüsü

Plan ünitelerine ait amenajman planlarında meşcere tanıtm ve planlama tabloları incelendiğinde, üç bölgede de benzer ağaç türlerinin yer aldığı belirlenmiştir. Bölgedeki meşcerelerde Kayın, Gürgen, Meşe, Dişbudak, Kestane, İhlamur gibi geniş yapraklı ağaç türlerinin yanı sıra Gökmar, Sarıçam ve Karaçam gibi iğne yapraklı ağaç türleri bulunmaktadır. Ayrıca fındık, porsuk, ormangülü, karayemiş gibi ağaççık ve çalılar ile değişik otsu bitkiler vardır (Anon., 1986; Anon., 2000). Bu bitki türlerinin biyolojik ve fizyolojik özelliklerinin bilinmesi, saf ve karışık birlikteliklerinin yapısal şeklinin tahmin edilmesi, bu alanlara yönelik yapılacak uzaktan algılama çalışmaları açısından oldukça önemlidir.

Plan ünitelerinde Kayın ağaç türünün baskın olduğu görülmektedir. Gölgeye dayanıklı bir ağaç türü olan Kayın, ara ve alt tabaka halinde uzun zaman hayatta kalabilmektedir. Kayın'ın saf meşcereleri yanında genelde Gürgen, İhlamur, Kestane, Meşe, Dişbudak gibi geniş yapraklı ağaç türleri veya Gökmar ve Sarıçam iğne yapraklı ağaç türleri ile grup ya da münferit karışımlar yaptığını görmekteyiz (Mayer ve Aksoy, 1998; Odabaşı ve diğ., 2004). Gökmar türleri de gölgeye dayanıklı ağaç türlerindedir. Genellikle karışık meşcereler oluştururlar. Meşcere üst tabakasında yer almadıklarında, ara ve alt tabakalarda uzun zaman yaşamlarını sürdürürler ve ışık miktarı arttıkça da üst tabakaya doğru ilerleme gösterirler (Odabaşı ve diğ., 2004). Sarıçam, meşcerelerin çoğunda plantasyonla oluşturulmuştur. Işık isteği yüksek olan Sarıçam ve Karaçam, karışık meşcerelerde üst tabakada yer alırlar (Saatçioğlu, 1971). Çalışma alanında, Meşe ağaç türünün Kayın, Gürgen, İhlamur gibi türler ile yaptığı karışık meşcere yapıları da bulunmaktadır. Bu karışık meşcerelerde, genellikle meşe üst tabakayı oluştururken diğer ağaç türleri toprak koruma ve dolgu ağacı görevini üstlenerek ara ve alt tabakalarda yer almaktadır (Saatçioğlu, 1971). Çalışma alanındaki bu tip meşcereler incelendiğinde, meşenin genellikle gruplar halinde yer aldığı, zaman zaman da tam sahaya yayıldığı görülmektedir.

3.2 Kullanılan Veriler

3.2.1 Uydu Verileri

Çalışma konusu orman alanlarındaki zamansal değişimlerin belirlenmesi amacıyla, iki farklı tarihe ait uydu verisi seti kullanılmıştır (Tablo 1).

Uydu görüntüsü	Elde Ediliş Tarihi	Uydu yolu / Satır No	Format
Landsat 7 ETM ⁺	04 Temmuz 2000	178/32	GeoTiff
Landsat 5 TM	11 Eylül 1987	178/32	GeoTiff

Tablo 1. Kullanılan uydu görüntüleri

3.2.2 Orman Amenajman Planları ve Topoğrafik Haritalar

Çalışmada, iki farklı döneme ait orman amenajman planları kullanılmıştır (Tablo 2). Ayrıca, 1/25000 ölçekli topoğrafik haritalardan yararlanılmıştır. Harita Genel Komutanlığı'na UTM projeksiyonu ve ED-50 Datumu kullanılarak üretilen bu haritalar, raster ve vektör formatta alınmıştır. Çalışmada kullanılan 1/25000 ölçekli vektör topoğrafik haritalar, sayısal yükseklik paftalarından oluşmaktadır.

Dönemi	Arazi Çalışmaları	Orman İşletme Şefliği	Orman İşletme Müdürlüğü	Orman Bölge Müdürlüğü
1986-1995	1986	Aydınınmar	Düzce	Bolu
1986-1995	1986	Odayeri	Düzce	Bolu
1986-1995	1986	Çiçekli	Düzce	Bolu
2000-2009	2000	Aydınınmar	Gölyaka	Bolu
2000-2009	1999	Odayeri	Düzce	Bolu
2000-2009	1999	Çiçekli	Düzce	Bolu

Tablo 2. Kullanılan orman amenajman planları

3.3 Kullanılan Yöntemler

3.3.1 Görüntü İşlemede Kullanılan Yöntemler

Uydu görüntüleri kullanılarak yapılan bilimsel çalışmalarda, görüntü analizlerinde kullanılan görüntü işleme fonksiyonları, genelde aşağıdaki 4 kategori içerisinde toplanmaktadır (CCRS, 2006):

- Ön İşleme
- Görüntü Zenginleştirme
- Görüntü Dönüşümleri
- Görüntülerin Sınıflandırılması ve Analizi

Ön işleme fonksiyonları normalde bilgi elde etme ve temel veri analizleri öncesinde yapılması gerekli işlemler olarak, genellikle geometrik ve radyometrik düzeltmeleri kapsar. Uydu görüntülerinin geometrik olarak düzeltilmesi ERDAS yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Raster topoğrafik haritalar kullanılarak yapılan haritadan görüntüye kayıt işleminde, uydu görüntülerinde hata sınırı olan 0.5 pikselden daha küçük RMSE değerlerine ulaşılmıştır (Tablo 3). Yeterli doğruluk sağlandıktan sonra, en yakın komşu yöntemi kullanılarak yeniden örneklenmiş görüntüler elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan harita ve uydu görüntüleri, UTM projeksiyonu ve ED-50 Datumu kullanılarak koordinatlandırılmıştır.

Uydu görüntüsü	Yer kontrol noktası sayısı	RMSE değerleri		
		X (m)	Y (m)	Toplam (m)
Landsat 7 ETM ⁺	18	8.1780	7.7158	11.2434
Landsat 5 TM	16	7.0978	7.4487	10.2889

Tablo 3. Uydu görüntülerinin RMSE değerleri

Çalışmada, çevresel etkenlerin neden olduğu bozulmaları en az düzeye indirgeyerek, görüntülerin radyometrik olarak iyileştirilmesi amacıyla, histogram düzeltme ile tek görüntü normalizasyonu yaklaşımı her iki görüntüye de ayrı ayrı uygulandıktan sonra, çok zamanlı deneysel radyometrik normalizasyon tekniği kullanılmıştır. (Jensen, 1996). Ayrıca, Colby (1991)'de belirtilen Minnaert topoğrafik düzeltme yöntemi uygulanmıştır. Gerekli olan "k" katsayılarının hesaplanması için, çalışma alanına ait $\cos(i)$ ve $\cos(s)$ görüntüleri, ERDAS yazılımının model yapıcısı modülü kullanılarak elde edilmiştir.

Görüntü zenginleştirme, belirli bir uygulama için, görüntüdeki objeler arasındaki farklılıkların, insan gözü için daha iyi yorumlanabilir hale getirilmesi işlemidir (Lillesand ve Kiefer, 1999). Çalışmada, görüntülerde zıtlık artırımı, sınır değerlerine göre seviye dilimleme, konumsal filtreleme zenginleştirmeleri uygulanmıştır.

Görüntülerin sınıflandırılması, piksellerin, veri dosya değerlerine bağlı olarak sınırlı sayıda bireysel sınıflara

ayrılması işlemidir. Orijinal veriden çıkarmak istediğiniz bilgi türüne bağlı olarak sınıflar, yeryüzündeki bilinen özelliklerle iliştilerilebilir veya bilgisayarda “farklı görünen” alanları temsil edebilir (ERDAS, 2002). Çalışmada kontrollü sınıflandırma (supervised classification) tekniği kullanılmıştır. Bu yöntem eğitim (alıştırma) aşaması, sınıflandırma aşaması ve sonuç aşamasından oluşmaktadır (Lillesand ve Kiefer, 1999). Eğitim aşamasında, çeşitli yer örtü tipleri eğitim alanları olarak belirlenmiştir. Her eğitim alanı, spektral bir sınıf olarak nitelenmektedir. Bu spektral sınıflar, önceden belirlenmiş olan bir sınıflandırma şemasına uygun olarak seçilmiştir. Elde edilen spektral sınıflar, ERDAS yazılımının sınıflandırma modülündeki “signature editor” bölümüne aktarılarak, her spektral sınıfın tanımlama bilgisi girilmiştir. Sınıflandırma işlemi, en yüksek olasılık algoritması (Maximum likelihood) kullanılarak gerçekleştirilmiş ve konusal yeni görüntüler elde edilmiştir.

Uzaktan algılama verileri ile elde edilen bilgiler, karar verme süreçlerinde kullanılacaksa, bu bilgilerin kalitesinin bilinmesi oldukça önemlidir. Literatürde, bir sınıflandırmanın doğruluğunun belirlenmesinde, genellikle hata matrisine dayalı konumsal doğruluk yaklaşımı kullanılmaktadır (Aronof, 1982; Story ve Congalton, 1986; Campbell, 1996; Congalton ve Green, 1999; Foody, 2002). Çalışmada da, konumsal doğruluk değerlendirilmesi yapılmış ve hata matrisleri kullanılarak sınıflandırma doğrulukları belirlenmiştir.

3.3.2 Değişim Belirlemede Kullanılan Yöntemler

Çalışmada, değişimlerin belirlenmesi amacıyla, sınıflandırma sonrası karşılaştırma, görüntü farkı, görüntü oranlama ve NDVI farkı yöntemleri kullanılmıştır.

Sınıflandırma sonrası karşılaştırma yönteminde, doğruluk değerlendirilmesi yapılan bağımsız sınıflandırılmış görüntüler, değişim belirleme matrisi oluşturularak piksel piksel karşılaştırılmıştır. Fark görüntülerinin elde edilmesi amacıyla, ön işlemlerden geçirilerek geometrik ve radyometrik olarak düzeltilen, 2000 yılı uydu görüntülerinin bantlarındaki (6. bant hariç) piksel değerlerinden, 1987 yılı uydu görüntülerinde karşılık gelen bantların piksel değerleri çıkarılmıştır. Oran görüntüleri, 2000 yılı uydu görüntülerinin bantlarındaki (6. bant hariç) piksel değerlerinin, 1987 yılı uydu görüntülerinde karşılık gelen bantlardaki piksel değerlerine oranlanması ile bulunmuştur. Ayrıca literatürde olumlu sonuçlar alındığı vurgulandığından 4. bantın diğer bantlara oranları da değerlendirilmiştir. NDVI fark görüntüsü de, 2000 yılı NDVI bantındaki piksellerin değerlerinden 1987 yılı NDVI bantındaki karşılık gelen piksellerin değerleri çıkarılarak elde edilmiştir. Bu işlemler, ERDAS yazılımının çeşitli modülleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemlerin birbirlerine göre olumlu ve olumsuz yönleri ve uygulama alanları açısından literatürde pek çok örneği yer almaktadır (Singh, 1989; Jensen, 1996; Coppin ve diğ., 2004; Lu ve diğ., 2004).

4. BULGULAR

4.1 Uydu Görüntülerinin Sınıflandırılması

Çalışma konusu orman alanlarında 13 yıllık dönemde oluşan değişimlerin belirlenmesi için her iki yıla ait uydu görüntüsü ayrı ayrı ele alınarak sınıflandırma işlemine tabi tutulmuştur. Kontrollü sınıflandırma yönteminin uygulandığı çalışmada, eğitim alanlarının belirlenmesi ve tanımlanması için orman amenajman planı haritalarından meşcere tipleri haritaları

kullanılmıştır. Çalışma konusu orman alanlarında 1987 yılı Landsat uydu görüntüsü için 360, 2000 yılı Landsat uydu görüntüsü için ise 248 adet eğitim alanı belirlenmiştir. Elde edilen bu spektral sınıfların seçiminde, yukarıda da belirtildiği gibi amenajman planlarındaki meşcere tipi bilgilerinden yararlanılmıştır. Signature editor ortamına aktarılan spektral sınıflar, aynı zamanda alt bilgi sınıflarını temsil etmektedir. Elde edilen spektral sınıfların, sınıflandırma işlemi öncesinde spektral analizi yapılmış ve doğal olarak aralarında spektral komşuluk bulunan, meşcere ağaç türü ve karışımı benzer olan ve sınıflar arası karışım oranı en çok olan sınıflar birleştirilmiştir (Tablo 4). Yeniden kodlanarak elde edilen yeni sınıflandırılmış görüntüler, uydu görüntüleri ve meşcere tipi haritaları kullanılarak görsel olarak kontrol edilmiştir.

Alt Bilgi Sınıfları	Ana Bilgi Sınıfları (Simgesi)
Bataklık alanlar Su alanları	Bataklık ve su alanları (Btk_Su)
Ziraat alanları (açık) Ziraat alanları (örtülü) Orman toprağı (açık)	Orman dışı alanlar (Orman_Disi)
Bozuk kapalı orman alanları Kayın alanları (1 kapalı) Sarıçam ağaçlandırma alanları (kapalılık oluşmamış)	Bozuk kapalı orman alanları (Bozuk_Kapali)
Kayın alanları (2, 3 kapalı) Meşe alanları (2, 3 kapalı) Kayın-Diğer geniş yapraklı karışık alanlar (2, 3 kapalı) Karışık baltalık orman alanları (Normal kapalı)	Kayın ve diğer geniş yapraklı karışık orman alanları (Kn_Dy)
Kayın-Gökmar ibreli-geniş yapraklı karışık alanlar (2, 3 kapalı)	Kayın-Gökmar karışık orman alanları (KnG_GKn)
Gökmar-Sarıçam karışık ibreli alanları (2, 3 kapalı) Gökmar alanları (2, 3 kapalı)	Gökmar alanları (G)
Sarıçam ağaçlandırma alanları (kapalılık oluşmuş)	Sarıçam alanları (Cs)

Tablo 4. Sınıflandırma sonucu elde edilen bilgi sınıfları

Sınıflandırılmış görüntülerden 1987 ve 2000 yılları için elde edilen alansal değerler, Tablo 5’de verilmiştir. Bu tabloda sınıflandırma sonucunda elde edilen ana bilgi sınıflarının, ilgili yıllardaki miktarlarının yanında, bu sınıfların toplam alan içindeki payları da görülmektedir.

Sınıf kodu	Simgesi	1987 yılı		2000 yılı	
		Alan (ha)	%	Alan (ha)	%
1	Btk_Su	36.72	0.19	180.99	0.93
2	Orman_Disi	6109.02	31.38	5587.74	28.70
3	Bozuk_Kapali	1010.25	5.19	602.64	3.10
4	Kn_Dy	6356.79	32.65	7814.61	40.14
5	KnG_GKn	4547.25	23.36	3653.1	18.76
6	Cs	411.75	2.11	627.21	3.22
7	G	996.66	5.12	1002.15	5.15
	Toplam	19468.44	100.00	19468.44	100.00

Tablo 5. Uydu görüntülerinin sınıflandırma sonuçları

Uydu görüntülerinin sınıflandırılmasından sonra, elde edilen konusal görüntülere doğruluk analizi yapılmıştır. Hesaplanan kappa değerleri Tablo 6'da verilmiştir.

Yılı	Sınıfı	Kappa değeri	Yılı	Sınıfı	Kappa değeri
1987	Btk_Su	0.9259	2000	Btk_Su	0.9356
	Orman_Dışı	0.9288		Orman_Dışı	0.9500
	Bozuk_Kapalı	0.8759		Bozuk_Kapalı	0.9372
	Kn_Dy	0.7496		Kn_Dy	0.8456
	KnG_GKn	0.8476		KnG_GKn	0.7970
	Çs	0.9037		Çs	0.9362
	G	0.7761		G	0.9673
	Genel	0.8543		Genel	0.9038

Tablo 6. Hesaplanan kappa istatistikleri

4.2 Sınıflandırma Sonrası Karşılaştırma Sonuçları

1987 ve 2000 yılı sınıflandırılmış uydu görüntülerinden yararlanılarak, sınıflandırma sonrası karşılaştırma yöntemi ile değişimlerin belirlenmesi amacıyla, iki sınıflandırılmış görüntüye ERDAS yazılımı kullanılarak matris işlemi uygulanmıştır. Elde edilen matris görüntüsünün öznelik tablosu, 1987 ve 2000 yılına ait sınıf değerlerini doğal olarak yapısında bulundurmaktadır. Böylece, değişim matrisindeki ana bilgi sınıfları arasındaki geçişlerin yönü, bir başka deyişle nereden nereye değişimlerin olduğu ve bunların alansal değerleri hakkında bilgiler sağlanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre 19468.44 ha'lık çalışma alanında, toplam 5796 ha'lık alanın değişime konu olduğu, 13672.44 ha alanda ise değişim olmadığı belirlenmiştir.

4.3 Görüntü Farkı, Görüntü Ornlama ve NDVI Farkı Sonuçlarının Karşılaştırılması

Uygulanan yöntemler sonucunda elde edilen değişim görüntülerinin değerlendirilmesi amacıyla, sınıflandırma sonrası karşılaştırma yöntemi ile elde edilen değişim matrisinden yararlanılmıştır. Bu nedenle, bu değişim matrisi, değişen ve değişmeyen alanlar olarak yeniden kodlanarak yeni bir değişim matrisi elde edilmiş ve diğer değişim belirleme yöntemleri ile elde edilen değişim görüntüleri karşılaştırılmıştır. Bu noktada, her değişim görüntüsü için sınıflandırma sonrası karşılaştırma yöntemine göre elde edilen matristeki değişen ve değişmeyen alanlarla en yüksek uyumu sağlayan farklı eşik değerleri kabul edilmiştir. Kullanılan değişim belirleme yöntemlerinin sonuçlarını bu açıdan değerlendirdiğimizde, en yüksek uyum %74.95 ile 4/3 bant oranından elde edilen değişim görüntüsünde belirlenmiştir (Tablo 7).

5. SONUÇ

Sınıflandırma sonrası karşılaştırma yöntemi ile elde edilen değişim matrisindeki sınıflar arası değişimlerin, diğer değişim belirleme yöntemleriyle belirlenmesinde ulaşılan doğruluk seviyeleri açısından farklılıklar belirlenmiştir. Ayrıca, bazı sınıflardaki değişimlerin belirlenmesinde oldukça düşük doğruluk seviyeleri elde edilmiştir. Bunun temel nedeni, görüntülerin sınıflandırma aşamasında, spektral sınıflardan alt bilgi sınıflarının oluşturulmasında ve bu alt bilgi sınıflarından ana bilgi sınıflarının elde edilmesinde uygulanan birleştirme

Diğer değişim belirleme yöntemi ile elde edilen değişim görüntüsü	Sınıflandırma sonrası karşılaştırma yöntemi ile elde edilen değişim matrisi	3. bant farkı		3/3 bant oranı		4/3 bant oranı		NDVI fark görüntüsü	
		ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Değişim yok	Değişim yok	12903.57	66.28	12708.63	65.64	12062.25	62.31	12506.76	64.24
Değişim var	Değişim var	1653.3	8.49	1462.23	7.55	2447.37	12.64	2064.96	10.61
Değişim var	Değişim yok	768.87	3.95	916.02	4.73	1562.4	8.07	1165.68	5.99
Değişim yok	Değişim var	4142.52	21.28	4272.93	22.07	3287.7	16.98	3730.86	19.16
TOPLAM		19468.26	100.00	19359.81	100.00	19359.72	100.00	19468.26	100.00

Tablo 7. Görüntü farkı, görüntü ornlama ve NDVI farkı yöntemleri ile belirlenen değişimlerin detayları (Her yöntemin kendi içinde en iyi uyum gösteren değişim görüntülerinin sonuçları sunulmuştur.)

aşamalarında yapılan yorumlamalardır. Yüksek detayda elde edilen alt bilgi sınıflarının birleştirilerek ana bilgi sınıflarının oluşturulması işlemleri, meşcere tipi haritaları bazında gerçekleştirilmiştir. Bağdaşık bir yapı sergilemeyen orman yapısı, bilgi sınıflarının birleştirilmeleri aşamalarında çalışmaları güçleştirmiştir. Ayrıca, görüntülerdeki geometrik ve radyometrik düzeltme işlemlerinin titizlikle yapılmış olmasına rağmen, özellikle atmosferik ve topoğrafik etkilerin tam olarak giderilememesi, değişim sonuçları üzerinde olumsuz etki yapan diğer unsurlardır.

Sınıflandırma sonrası karşılaştırma yöntemi ile elde edilen değişim matrisine göre, 19468.44 ha'lık çalışma alanının %70.23'ünün değişime konu alanlardan olmadığı, %29.77'sinin ise değişime konu olduğu belirlenmiştir. Diğer yöntemlerle belirlenen değişim görüntülerinde, değişen ve değişmeyen alanların, değişim matrisindeki değişen ve değişmeyen alanlarla uyumu dikkate alındığında, en fazla uyum %74.95 ile 4/3 bant

oranından elde edilen değişim görüntüsünde belirlenmiştir. Daha sonra sırasıyla %74.85 ile NDVI fark görüntüsü ve %74.77 ile 3. bant farkı görüntüsünden elde edilen değişim görüntüsü gelmektedir. Bu sonuçlar, tam alanda yapılan kontroller ile elde edilmiştir. Bu açıdan bakıldığında, öznel değerlendirmeleri içinde barındıran sınıflandırma işlemi ve sınıflandırılmış görüntülerin piksel piksel karşılaştırılması ile belirlenen değişen ve değişmeyen alanların, %74.95'i gibi yüksek bir seviyede 4/3 bant oranından elde edilen aynı değişen ve değişmeyen alanlarla örtüşmesi önemli bir sonuçtur. Çalışma alanındaki bitki örtüsü zenginliği ve fiziki koşullar göz önüne alındığında, bu sonucun yeterli ve iyi bir uyum içerdiği kabul edilmiştir.

Kullanılan uydu verisinin özellikleri, bitki örtüsünün çeşitliliği, topoğrafik yapı, atmosferik koşullar ve diğer çevresel etkenler beraberce değerlendirildiğinde, sınıflandırma sonrası karşılaştırma yönteminin, ormancılık çalışmalarının gereksinimlerini daha iyi karşılayacak bir yöntem olduğu kanaatine varılmıştır. Bu yöntem ile ormanların alansal ve yapısal değişimleri belirlenebildiği gibi, gerçekleşen değişimlerin yönü hakkında da doğrudan bilgi edinilmektedir. Bununla birlikte, diğer değişim belirleme yöntemleri hızla, herhangi bir sınıflandırma uğraşına gerek kalmaksızın, anlık değişim belirlemeleri için idealdir. Bu yöntemlerle, vejetasyon bulunmayan alanın sonraki dönemde vejetasyonla kaplanması gibi keskin değişimler kolaylıkla belirlenebilmektedir. Ormancılık çalışmalarında bu tür anlık analizler de kullanılabilir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, Landsat uydu verileri kullanılarak çalışmada ele alınan orman alanlarında gerçekleşen zamansal değişimlerin sınırlı detayda ve yüksek doğrulukla belirlenebildiğini ortaya koymuştur.

6. KAYNAKLAR

Anonim, 1986. Bolu Orman Bölge Müdürlüğü, Aydınpinar, Odayeri ve Çiçekli Bölgeleri Amenajman Planları, Orman Genel Müd. Orman İdaresi ve Planlama Daire Başk., Ankara.

Anonim, 2000. Bolu Orman Bölge Müdürlüğü Aydınpinar, Odayeri ve Çiçekli Bölgeleri Amenajman Planları, Orman Genel Müd. Orman İdaresi ve Planlama Daire Başk., Ankara.

Aranoff, S., 1982. Classification Accuracy: A User Approach. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 48(8), 1299-1307.

Campell, J.B., 1996. Introduction to Remote Sensing (Second Edition). Virginia Polytechnic Institute and State University, The Guildford Pres, New York-London.

CCRS, 2006. Fundamentals of Remote Sensing (online tutorial), Canada Centre for Remote Sensing, Canada. http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/resource/index_e.php#tutor [Ziyaret Tarihi: 27 Nisan 2006].

Colby, J.D., 1991. Topographic normalization in rugged terrain. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 57(5), 531-537.

Congalton, R.G., Green, K., 1999. Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data Principles and Practices. Lewis Publishers, USA.

Coppin, P., Jonckheere, I., Nackaerts, K., Muys, B., Lambin, E., 2004. Digital change detection methods in ecosystem monitoring: a review. Int. J. Remote Sensing, 25(9), 1565-1596.

Çepel, N., 1990. Ekoloji Terimleri Sözlüğü, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, 3048(324), İstanbul.

ERDAS, 2002, Field Guide (Sixth Edition), USA.

Erdin, K., 1988. Türkiye ormancılığında temel altlık harita sorunu ve bilgisayar destekli orman bilgi sisteminin (ORBİS) oluşturulması. İ.Ü. Orman Fakültesi dergisi, B/38 (3), 64-71.

Erdin, K., Şentürk, N., Yeşil, A., Koç, A., Selik, C., Yener, H., Yılmaz, Y., Atıcı, E., 1994. Nasıl bir Orman Bilgi Sistemi (ORBİS)? CBS'94 1.Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu-Bildiriler, Ekim 1994, KTÜ Trabzon, 136-141.

Foody, G.M., 2002., Status of land cover classification accuracy assessment. Remote Sensing of Environment, 80, 185-201.

Jensen, J.R., 1996. Introductory digital image processing. Prentice-Hall Series in Geographic Information Science, USA.

Koç, A., 1995. Konusal orman haritalarının üretilmesi ve güncelleştirilmesinde orman bilgi sisteminin sunduğu olanaklar. Türkiye İkinci ARC/INFO ve ERDAS Kullanıcıları Grubu Toplantısı, 19-20 Haziran 1995, Ankara.

Lillesand, T. M., Kiefer, R. W., 1999. Remote Sensing and Image Interpretation (Fourth edition), John Wiley & Sons, Inc., USA.

Lu D., Mausel, P., Brondizio, E., Moran, E., 2004. Change detection techniques. Int. J. Remote Sensing, 25(12), 2365-2407.

Mayer, H., Aksoy, H., 1998. Türkiye Ormanları. T.C. Orman Bakanlığı Batı Karadeniz Araştırma Ens. Müd., 038(2), Bolu.

Odabaşı, T., Çalışkan, A., Bozkuş, H.F., 2004. Orman Bakımı. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, 4458(474), İstanbul.

Saatçioğlu, F., 1971. Orman Bakımı. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, 1636(160), İstanbul.

Singh, A., 1989. Digital change detection techniques using remotely-sensed data. In. J. Remote Sensing, 10(6), 989-1003.

Song, C., Woodcock, C. E., Seto, K.C., Lenney, M. P., Macomber, S. A., 2001. Classification and change detection using Landsat TM data: When and how to correct atmospheric effects? Remote Sensing of Environment, 75(2), 230-244.

Story, M., Congalton, R. G., 1986. Accuracy assessment: a user's perspective. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 52, 397-399.

7. TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı T188/06032003 no'lu proje ile destekleyen İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne teşekkür ederiz.