

Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi
Seri: A, Sayı: 1, Yıl: 2008, ISSN: 1302-7085, Sayfa: 72-84

SINIFLANDIRMA SONRASI KARŞILAŞTIRMA TEKNİĞİ KULLANILARAK HETEROJEN YAPIYA SAHİP ORMANLARDA ZAMANSAL DEĞİŞİMLERİN BELİRLENMESİ

H. Oğuz ÇOBAN^{1*}

Ayhan KOÇ²

¹SDÜ Orman Fakültesi, 32260 ISPARTA

²İÜ Orman Fakültesi, 34473 İSTANBUL

* hoguzc@orman.sdu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, sınıflandırma sonrası karşılaştırma yöntemi kullanılarak, Batı Karadeniz Bölgesi'nde yayılış gösteren ve ağaç türü, gelişim çağı, kapalılık gibi yapısal özellikleri bakımından farklılıklar içeren meşcerelere sahip ormanlarda oluşan zamansal değişimlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. 1987 ve 2000 yılı Landsat uydu görüntülerine en yüksek olabilirlik algoritması ile kontrollü sınıflandırma işlemi uygulanmıştır. Sınıflandırılmış görüntülerin doğrulukları hata matrisleri kullanılarak değerlendirilmiş ve genel kappa istatistikleri sırasıyla 0.8543 ve 0.9038 olarak hesaplanmıştır. Elde edilen değişim matrisinde, farklı ana bilgi sınıfları arasındaki geçişler incelendiğinde, toplam alanın %29.77'sinde değişim belirlenmiştir. Sonuç olarak, Landsat uydu veri setinin kullanıldığı bu çalışmada, sınıflandırma sonrası karşılaştırma yöntemi ile çalışma alanındaki heterojen yapıya sahip ormanlarda oluşan zamansal değişimlerin sınırlı detayda ancak yüksek doğrulukla belirlenebildiği ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Sınıflandırma sonrası karşılaştırma, Değişim analizi, Uzaktan Algılama

DETERMINATION OF TEMPORAL CHANGES ON HETEROGENEOUS STRUCTURED FORESTS BY USING THE POST-CLASSIFICATION COMPARISON TECHNIQUE

ABSTRACT

In this study, it is aimed at determining of temporal changes occurred in forests having different structural characteristics such as tree species, succession age, canopy closure etc. in Western Black Sea region, Turkey. Supervised classification using a maximum likelihood algorithm was applied to the Landsat multirate image set relating to the years of 1987 and 2000. Accuracies of classified images were evaluated by using error matrices and the overall kappa statistics were calculated as 0.8543 and 0.9038, respectively. When the transitions between different main information classes in change matrices were investigated it was determined that 29.77 % of study area had been changed. According to results provided, it was found out that by using Landsat images and post-classification comparison method, the temporal changes in the heterogeneous structured forests of study areas could be determined with high accuracy and limited detail.

Keywords: Post-Classification comparison, Change analysis, Remote sensing

1.GİRİŞ

Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri (CBS), orman gibi geniş alanlarda yayılış gösteren ekosistemlerin izlenmesinde ve değişimlerin belirlenmesinde etkin rol oynamaktadır (Erdin vd., 2002). Ülkemiz orman alanlarında hem topoğrafik koşullar hem de meşcereleri oluşturan ağaç türü, karışım oranı, kapalılık gibi yapısal nitelikler, yöresel ve bölgesel farklılıklar göstermekte, dar alanlarda oldukça heterojen özelliklerle karşılaşmaktadır. Bu durum, uzaktan algılama verileri ve yöntemlerinin kullanıldığı değişim belirleme çalışmalarında, hedef objelerin tanımlanmasını ve ayırt edilmesini güçleştirmekte, belirlenen değişim sonuçlarının doğruluğunu da olumsuz etkilemektedir.

Orman ekosistemlerine yönelik olarak planlanan değişim belirleme çalışmalarında, hangi değişimlerin hangi sıklıkla belirlenmek istendiği önemlidir (Franklin, 2001). Literatürde pek çok değişim belirleme yönteminden söz edilmektedir. Sınıflandırma sonrası karşılaştırma yöntemi, uzaktan algılamada kullanılan değişim belirleme yöntemlerinden biridir. Bu yöntem, gerekli ön işlemler uygulandıktan sonra iki farklı tarihe ait uydu görüntülerinin ayrı ayrı sınıflandırılması ve oluşan konusal görüntülerin piksel piksel karşılaştırılması esasına dayanır (Singh, 1989; Jensen, 1996; Lu vd., 2004; Coppin vd., 2004).

Bu çalışma, sınıflandırma sonrası karşılaştırma yöntemi kullanılarak ağaç türü, gelişme çağı, kapalılık gibi yapısal özellikler açısından homojen bir yapı göstermeyen ormanlardaki zamansal değişimleri belirleyebilmek amacıyla yapılmıştır. Elde edilecek sonuçlar, değişken bir topoğrafik yapı üzerinde bulunan, irili ufaklı pek çok değişik meşcereden oluşan benzer orman ekosistemleri üzerinde ileride planlanacak değişim belirleme çalışmalarına katkı sağlayacaktır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

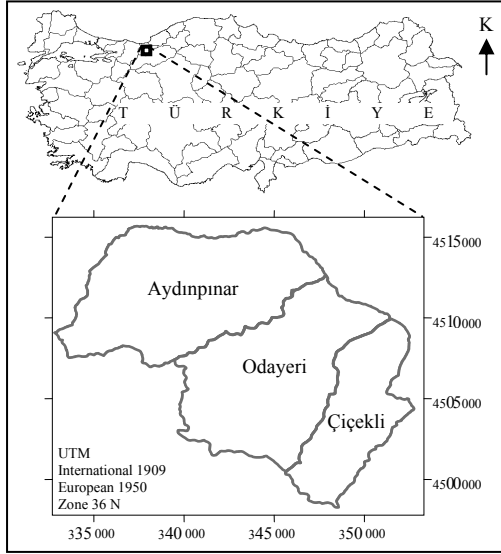
2.1. Çalışma Alanı

Aydınpınar, Odayeri ve Çiçekli amenajman plan ünitelerinden oluşan çalışma alanının coğrafi konumu Şekil 1’de verilmiştir. Bu plan üniteleri yaklaşık 120–1680 m yükseltiler arasında yer almaktadır. Batı Karadeniz Bölgesi’nin iç kesiminde, Bolu-Abant Sıradağları’nın batıya doğru uzanan kolları üzerinde yer alırlar.

Çalışma alanının topoğrafik yapısını incelemek amacıyla, 1/25000 ölçekli sayısal yükseklik paftalarından yararlanılarak sayısal arazi modeli üretilmiştir. Bu model kullanılarak bakı ve eğim analizleri yapılmıştır. Bakı analizinde, toplam alanın %66’sında gölgeli bakılar olarak da adlandırılan kuzeybatı, kuzey, kuzeydoğu ve doğu bakıların egemen olduğu bulunmuştur. Eğim analizinde ise toplam alanın %65’inin “çok eğimli” ve “dik” eğim gruplarında, %16 gibi önemli bir oranın da “sarp” eğim grubunda olduğu görülmektedir.

2.2.Kullanılan Veriler

Çalışmada iki farklı tarihe ait Landsat uydu verisi seti kullanılmıştır (Çizelge 1). Ayrıca, iki farklı döneme ait orman amenajman planları ve haritaları (Çizelge 2) ile Harita Genel Komutanlığı'nca üretilen 1/25000 ölçekli topoğrafik haritalardan yararlanılmıştır. Çalışmada kullanılan 1/25000 ölçekli vektör topoğrafik haritalar, sayısal yükseklik paftalarından oluşmaktadır.



Şekil 1. Çalışma alanı

Çizelge 1. Kullanılan uydu görüntüleri

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

Çizelge2. Kullanılan orman amenajman planları

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

2.3. Bitki Örtüsü

Plan ünitelerine ait amenajman planlarında meşcere tanıtım ve planlama tabloları incelendiğinde, üç bölgede de benzer ağaç türlerinin yer aldığı belirlenmiştir. Bölgedeki meşcerelerde Kayın, Gürgen, Meşe, Dişbudak, Kestane, Ihlamur 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 (Anonim, 1986; Anonim, 2000). Bu bitki türlerinin biyolojik ve fizyolojik özelliklerinin bilinmesi, saf ve karışık birlikteliklerinin yapısal şeklinin tahmin edilmesi, bu alanlara yönelik yapılacak uzaktan algılama çalışmalarının başarısı 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, Ihlamur, 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 vd., 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 vd., 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, Ihlamur 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.

2.3. Kullanılan Yöntemler

2.3.1. Ön işlemler

Ön işleme fonksiyonları normalde bilgi elde etme ve temel veri analizleri öncesinde yapılması gerekli işlemler olarak, genellikle geometrik ve radyometrik düzeltmeleri kapsar (Lillesand ve Kiefer, 1999; CCRS, 2006). Uydu görüntülerinin geometrik olarak düzeltilmesi ERDAS Imagine 8.6 yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Raster topoğrafik haritalar kullanılarak yapılan haritadan görüntüye kayıt işleminde, uydu görüntülerinde hata sınırı olan 0.5 pikselden daha küçük karesel ortalama hata (RMSE) değerlerine ulaşılmıştır (Çizelge 3). Daha sonra, en yakın komşu yöntemi kullanılarak yeniden örneklenmiş görüntüler elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan bütün harita ve uydu görüntüleri, UTM projeksiyonu ve European 1950 datumu kullanılarak koordinatlandırılmıştır.

Çizelge 3. Uydu görüntülerinin RMSE değerleri

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

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, topoğrafik etkileri en az düzeye indirmek üzere, Colby (1991)'de belirtilen Minnaert topoğrafik düzeltme yöntemi uygulanmıştır. Gerekli olan "k" katsayılarının hesaplanması için, çalışma alanına ait $\cos(i)$ ve $\cos(s)$ görüntüleri, yine ERDAS yazılımının "model yapıcı" modülü kullanılarak elde edilmiştir.

Uydu görüntülerinde, objeler arasındaki farklılıkların, insan gözü için daha iyi yorumlanabilir hale getirilmesi için zıtlık artırımı ve konumsal filtreleme zenginleştirmeleri kullanılmıştır.

Uydu görüntülerinin sınıflandırılması aşaması öncesinde, uydu görüntülerinin alım tarihleri ile uyumlu olan ve iki farklı tarihe ait plan haritaları, iki ayrı grup halinde sayısallaştırılarak, çalışma alanına ait meşcere tipi bilgilerini yapısında barındıran coğrafi veri tabanı, "ArcInfo 8.3 Desktop" ve "ArcInfo Workstation 8.0.1" coğrafi bilgi sistemi yazılımları ve CBS yöntemleri kullanılarak üretilmiştir.

2.3.2. Uydu Görüntülerinin Sınıflandırılması

Sınıflandırma aşamasında hangi yer örtü tiplerinin hangi ayrıntıda ayırt edilebileceği, her sınıflandırma aşamasında test edilir. Özellikle meşcere tipi bazında ayrımların yapılabilmesine bağlı olarak, spektral sınıfları oluşturacak eğitim alanları belirlenmektedir (Koç, 1997). Çalışmada, amenajman planlarında yer alan, her iki görüntüde de ayırt edilebilir her meşcere tipinden, meşcere ağaç türü, meşcere kapallığı, ağaç türü karışımı, meşcere gelişim çağı gibi etkenler göz önünde bulundurularak, eğitim alanları seçilmiştir. Sınıflandırma işlemi, en yüksek olabilirlik algoritması kullanılarak kontrollü olarak gerçekleştirilmiş ve konusal görüntüler elde edilmiştir. İlk aşamada belirlenen spektral sınıflar, aynı zamanda birincil bilgi sınıflarını temsil etmektedir. Bu ilk konusal görüntü incelendiğinde, görüntünün yüksek detaya ancak düşük doğruluğa sahip olduğu anlaşılmıştır. Sınıflandırma doğruluğunu arttırmak amacıyla, doğal olarak aralarında spektral komşuluk bulunan, meşcere ağaç türü ve karışımı benzer olan ve sınıflar arası karışım oranı en çok olan sınıflar arasında birleştirmeler yapılmıştır. Yeniden kodlanarak elde edilen sınıflandırılmış görüntüler, uydu görüntüleri ve coğrafi veri tabanı kullanılarak görsel olarak kontrol edilmiştir.

2.3.3. Sınıflandırma Doğruluğunun Değerlendirilmesi

Çalışmada konumsal doğruluk değerlendirilmesi yapılmış ve hata matrisleri kullanılarak sınıflandırma doğrulukları belirlenmiştir. Konuma bağlı olan bu değerlendirmede, referans olarak kullanılan harita veya görüntü ile bu veriler

kullanılarak sınıflandırılan sonuç harita veya görüntüde, aynı yere ait örnekler karşılaştırılır. Hata matrisi ise, belirli sınıflara atanan örnek birimlerin, referans görüntüde ve değerlendirilecek görüntüdeki miktarlarının satır ve sütunlar halinde, karşılıklı olarak yer aldıkları bir sayı dizisidir (Aronof, 1982; Story ve Congalton, 1986; Campbell, 1996; Foody, 2002).

2.3.4. Sınıflandırma Sonrası Karşılaştırma Yöntemi

Planlanan değişim belirleme amaçlarına göre, sınıflandırılan görüntülerin kıyaslanması için bir değişim matrisi oluşturulmuştur. Burada, elde edilen değişim görüntüsünde ulaşılan detay ve doğruluk seviyelerinin, doğal olarak her iki sınıflandırılmış görüntüye bağlı olduğu unutulmamalıdır. Bu yöntemin en büyük avantajı, değişimlerin yönü hakkında bilgi vermesidir. Aynı zamanda, her görüntü bireysel olarak sınıflandırıldığından, çok zamanlı görüntülerdeki atmosferik ve çevresel etkilerden kaynaklanan farklılıkların olumsuz etkileri azalmaktadır. Bununla birlikte, çok sayıda eğitim alanlarının seçiminin oldukça zaman alıcı olması, her görüntünün ayrı ayrı sınıflandırılmasının gerekliliği ve sonuçta elde edilen doğruluğun bağımsız sınıflandırma doğruluklarına bağlı olması dezavantajlarına sahiptir (Jensen, 1996; Lu vd., 2004; Coppin vd., 2004).

3. BULGULAR

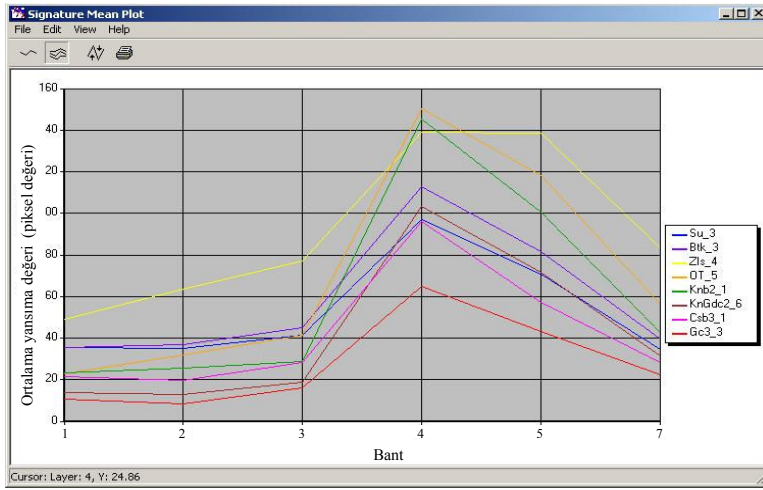
3.1. Sınıflandırılmış Konusal Görüntülerin Elde Edilmesi

Çalışma konusu orman alanlarında 1987 yılı Landsat uydu görüntüsü için 360, 2000 yılı Landsat uydu görüntüsü için ise 248 adet eğitim alanı, ERDAS yazılımının AOI (Area of Interest) aracı ile belirlenmiştir. Seçilen eğitim alanları, “signature editor” ortamına aktarılarak birincil bilgi sınıfları elde edilmiş ve ilgili meşcere tipi haritalarından yararlanılarak her birinin örneklediği meşcere tipi sembolü bilgisi girilmiştir (Şekil 2). Eğitim alanları belirlenirken, aynı meşcere tipi içerisinde görülen renk tonu farklılıkları dikkate alınmıştır. Ayrıca, objelerin tanımlanmasında tekstür, desen ve gölge etkisi gibi görsel öğelerden yararlanılmıştır. Bu farklılıkların nedenini bulmak için amenajman planlarında bulunan ilgili meşcere tipi tanıtım tablolarına bakılmıştır. Bu tablolarda yer alan ağaç türleri, karışım şekilleri, meşcerenin fiziki yapısı ve diğer özellikleri hakkındaki bilgiler birlikte yorumlanarak, aynı meşcere tipi içerisindeki görsel farklılıklar spektral sınıfların tanımlamalarında belirtilmiştir.

Elde edilen spektral sınıfların, sınıflandırma işlemi öncesinde spektral analizi yapılmış ve bu sınıfların birbirleri arasındaki spektral ayırım incelenmiştir (Şekil 3). Aynı bilgi sınıfında yer almasını beklediğimiz spektral sınıflar içerisinde kritik farklılıklar gösterenler belirlenmiş ve hangi spektral sınıflarla karıştığı incelenmiştir. Ayrıca, spektral sınıfların her bantta gösterdiği ortalama yansıma değerleri, farklı sınıflar arasında da kontrol edilerek sınıflar arasındaki geçişler araştırılmıştır.

Class #	Signature Name	Color	Red	Green	Blue	Value	Order	Count	Prob.	P	I	H	A	FS
263	KnGd2_15		0.325	0.434	0.301	283	283	17	1.000	X	X	X	X	
264	KnGd2_16		0.334	0.436	0.282	284	284	16	1.000	X	X	X	X	
265	KnGd2_17g		0.256	0.221	0.349	285	285	20	1.000	X	X	X	X	
266	KnGd2_18		0.282	0.263	0.297	286	286	20	1.000	X	X	X	X	
267	KnGd3_2		0.459	0.481	0.351	287	287	20	1.000	X	X	X	X	
268	KnGd3_3g		0.189	0.181	0.236	288	288	20	1.000	X	X	X	X	
269	KnGd3_4		0.312	0.374	0.314	289	289	20	1.000	X	X	X	X	
270	KnGd3_5		0.248	0.263	0.256	290	290	20	1.000	X	X	X	X	
271	Csb3_1		0.126	0.266	0.425	291	291	16	1.000	X	X	X	X	
272	Csb3_2		0.139	0.313	0.498	292	292	17	1.000	X	X	X	X	
273	Csba3_1		0.141	0.299	0.392	293	293	20	1.000	X	X	X	X	

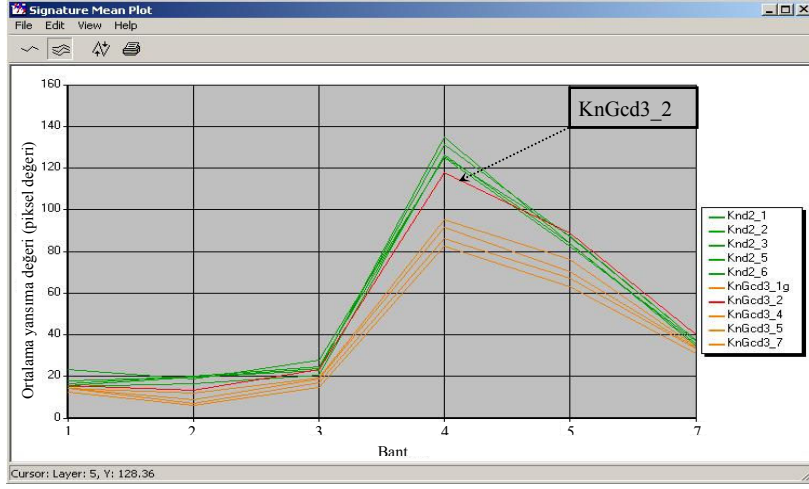
Şekil 2. 1987 yılı Landsat uydu görüntüsü “signature editor” örneği



Şekil 3. Farklı spektral sınıfların her bantta sahip olduğu ortalama yansımaya değeri örneği (1987 yılı)

Şekil 4’teki örnekte, iki farklı grup spektral sınıfın her bantta gösterdiği ortalama yansımaya değerleri görülmektedir. Burada Knb2 sembolü “d” gelişim çağında, “2” kapalı Kayın geniş yapraklı orman meşcere tipini, KnGdc3 sembolü ise “c” ve “d” gelişim çağında, “3” kapalı Kayın-Gökmar, geniş yapraklı - iğne yapraklı karışık orman meşcere tipini simgelemektedir. Şekilde de görüldüğü gibi (özellikle 2, 4 ve 5. bantlarda) KnGdc3_2 spektral sınıf hariç diğer spektral sınıflar, iki farklı alt bilgi sınıfını oluşturacak şekilde, sınıf içi ve sınıflar arasında birbirleri ile uyumludur. İlgili meşcere tipi tanımlama tabloları incelendiğinde, KnGdc3_2 spektral sınıfını oluşturan AOI’nin içerisinde kalan vejetasyonun, yapı ve özellik olarak diğer sınıfa daha çok benzediği belirlenmiştir. KnGdc3_2 spektral sınıfı sınıflandırma işlemi sonrasında uydu görüntüsü üzerinde meşcere tipi haritaları ile de kontrol edilmiş ve Knb2 alt bilgi sınıfı ile yoğun olarak karıştığı gözlemlenmiştir. Bu nedenle bu spektral sınıf Knb2 alt bilgi sınıfı içerisinde değerlendirilmiştir.

SINIFLANDIRMA SONRASI KARŞILAŞTIRMA TEKNİĞİ KULLANILARAK HETEROJEN YAPIYA SAHİP ORMANLARDA ZAMANSAL DEĞİŞİMLERİN BELİRLENMESİ



Şekil 4. İki farklı grup spektral sınıfın ortalama yansımaya değerlerinin karşılaştırılması (1987 yılı)

Sınıflar arasındaki birleştirmeler, her aşamada görsel yorumlama ile kontrol edilmiştir. İlk seviyede oldukça sınırlı bir birleştirme söz konusudur. Bir başka deyişle, henüz birçok alt bilgi sınıfına sahip bir konusal görüntü oluşturulmuştur. Bu seviyede, yüksek detaya sahip bu görüntüler, meşcere tipleri haritaları ile görsel olarak karşılaştırıldığında ve kontrol edildiğinde sınıflandırma doğruluğunun istenilen düzeyde olmadığı görülmüştür. Bu nedenle elde edilen alt bilgi sınıfları birleştirilerek ana bilgi sınıfları oluşturulmuştur (Çizelge 4).

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

Uydu görüntülerinin sınıflandırılmasından sonra, elde edilen konusal görüntülere doğruluk analizi yapılmıştır. Hesaplanan kappa değerleri Çizelge 6’da verilmiştir. Elde edilen genel kappa değerlerine göre, her iki yıla ait sınıflandırma doğruluklarının yeterli olduğu görülmektedir.

3.2. Sınıflandırma Sonrası Karşılaştırma Yönteminin Uygulanması

1987 ve 2000 yılı sınıflandırılmış uydu görüntülerine, Erdas Imagine 8.6 yazılımının “yorumlayıcı” modülündeki CBS analizlerinden biri olan matris işlemi uygulanmıştır. Elde edilen yeni görüntü, kodları Çizelge 4’te belirtilen, 1987 yılındaki bir ana bilgi sınıfından 2000 yılındaki diğer bir ana bilgi sınıfına geçişlerin konumsal olarak incelenebildiği ve bu değişimlerin alansal değerlerinin de sorgulanabildiği konusal bir görüntüdür (Şekil 6). Değişim matrisinde, 1987 ve 2000 yılında aynı kod numarası ile belirtilen ana bilgi sınıflarının birbirleri arasındaki geçişler de bulunmakta olup, bu yerler değişime konu olmayan alanlardır. Sınıflandırma sonucunda elde edilen konusal görüntüler Şekil 5’te verilmiştir.

Çizelge 4. Sınıflandırma sonucu elde edilen bilgi sınıfları

Alt Bilgi Sınıfları	Ana Bilgi Sınıfları (Simgesi/kodu)
Bataklık alanlar Su alanları	Bataklık ve su alanları (Btk_Su / 1)
Ziraat alanları (açık) Ziraat alanları (örtülü) Orman toprağı (açık)	Orman dışı alanlar (Orman_Disi/ 2)
Bozuk kapalı orman alanları Kayın alanları (1 kapalı) Sarıçam ağaçlandırma alanları (kapalılık oluşmamış)	Bozuk kapalı orman alanları (Bozuk_Kapalı / 3)
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 / 4)
Kayın-Gökmar ibreli-geniş yapraklı karışık alanlar (2, 3 kapalı)	Kayın-Gökmar karışık orman alanları (KnG_GKn / 5)
Gökmar-Sarıçam karışık ibreli alanları (2, 3 kapalı) Gökmar alanları (2, 3 kapalı)	Gökmar alanları (G / 6)
Sarıçam ağaçlandırma alanları (kapalılık oluşmuş) Sarıçam alanları (2, 3 kapalı)	Sarıçam alanları (Cs / 7)

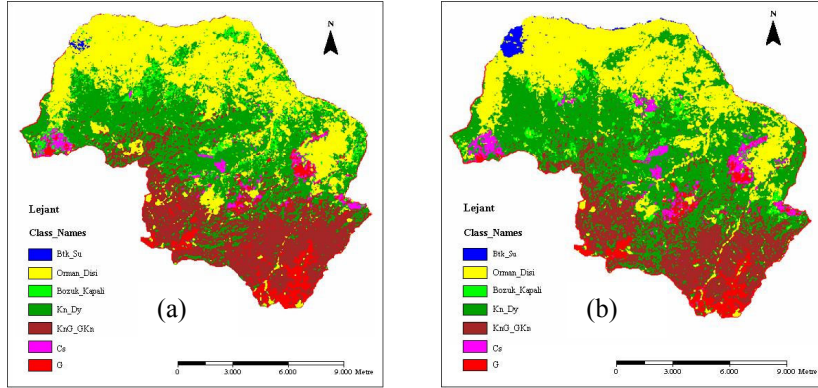
Çizelge 5. Uydu görüntülerinin sınıflandırma sonuçları

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_Kapalı	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

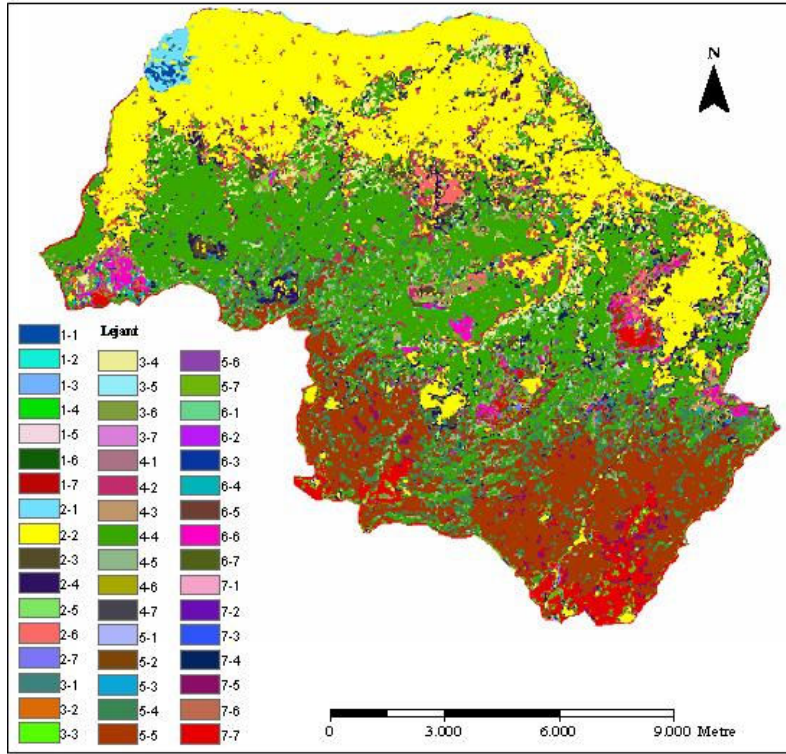
Çizelge 6. Hesaplanan kappa istatistikleri

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

SINIFLANDIRMA SONRASI KARŞILAŞTIRMA TEKNİĞİ KULLANILARAK HETEROJEN YAPIYA SAHİP ORMANLARDA ZAMANSAL DEĞİŞİMLERİN BELİRLENMESİ



Şekil 5. (a) 1987 yılı konusal Landsat uydu görüntüsü, (b) 2000 yılı konusal Landsat uydu görüntüsü



Şekil 6. Sınıflandırma sonrası karşılaştırma yöntemi ile elde edilen değişim sınıfları

Elde edilen değişim görüntüsünün öznitelik tablosu, 1987 ve 2000 yılına ait ana bilgi sınıfı değerlerini doğal olarak yapısında bulundurduğundan, belirlenen değişimlerin yönü, bir başka deyişle nereden nereye değişimlerin olduğu hakkında bilgiler sağlanmıştır. Ulaşılan değişimin detayları Çizelge 7’de verilmiştir (Çoban, 2006) .

Çizelge 7. Sınıflandırma sonrası karşılaştırma yöntemi ile elde edilen değişimin detayları

1987 yılı ana bilgi sınıfı	2000 yılı ana bilgi sınıfı	Toplam alana göre değişmeyen alan		Toplam alana göre değişim alanı	
		(ha)	(%)	(ha)	(%)
1	1	31.32	0.16		
1	2			0.00	0.00
1	3			0.00	0.00
1	4			3.78	0.02
1	5			1.17	0.01
1	6			0.00	0.00
1	7			0.45	0.00
2	1			127.17	0.65
2	2	4777.83	24.54	-	0.00
2	3			256.86	1.32
2	4			742.50	3.81
2	5			41.85	0.21
2	6			135.27	0.69
2	7			27.54	0.14
3	1			9.72	0.05
3	2			153.72	0.79
3	3	70.74	0.36	-	0.00
3	4			642.60	3.30
3	5			28.98	0.15
3	6			88.29	0.45
3	7			16.20	0.08
4	1			0.00	0.00
4	2			531.00	2.73
4	3			238.23	1.22
4	4	5060.61	25.99	-	0.00
4	5			444.87	2.29
4	6			70.74	0.36
4	7			11.34	0.06
5	1			10.35	0.05
5	2			91.35	0.47
5	3			27.36	0.14
5	4			1208.25	6.21
5	5	2901.42	14.90	-	0.00
5	6			59.22	0.30
5	7			249.30	1.28
6	1			1.53	0.01
6	2			22.41	0.12
6	3			8.19	0.04
6	4			80.55	0.41
6	5			27.63	0.14
6	6	202.32	1.04	-	0.00
6	7			69.12	0.36
7	1			0.90	0.00
7	2			11.43	0.06
7	3			1.26	0.01
7	4			76.32	0.39
7	5			207.18	1.06
7	6			71.37	0.37
7	7	628.20	3.23	-	0.00
Toplam		13672.44	70.23	5796.00	29.77
Toplam genel alan		19468.44 ha			

SINIFLANDIRMA SONRASI KARŞILAŞTIRMA TEKNİĞİ KULLANILARAK HETEROJEN YAPIYA SAHİP ORMANLARDA ZAMANSAL DEĞİŞİMLERİN BELİRLENMESİ

Sınıflandırma sonrası karşılaştırma yönteminde oluşturulan değişim matrisinden elde edilen değişimlerin verildiği Çizelge 7 incelendiğinde, toplam genel alanın %70.23'ünün değişime konu olmadığı, %29.77'sinde ise değişim olduğu görülmektedir. Sınıflandırma ile elde edilen ana bilgi sınıfları esas alınarak, 1987 yılından 2000 yılına değişimlerin belirlenmesi amacıyla yapılan değişim analizi sonuçlarına göre, çalışma alanında bu dönemdeki en büyük değişimin, toplam alanın %6.21'i ile "5" kod numaralı ana bilgi sınıfından "4" kod numaralı ana bilgi sınıfına geçiş şeklinde gerçekleştiği belirlenmiştir. Aynı dönemde, bir ana bilgi sınıfından diğer ana bilgi sınıflarının tümüne geçişlerin toplamı irdelendiğinde ise, toplam genel alana göre en büyük değişimin, %8.45 ile 1987 yılı "5" kod numaralı "KnG-GKn" ana bilgi sınıfından diğer ana bilgi sınıflarına geçişler şeklinde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bununla birlikte, 1987 yılı ana bilgi sınıflarının kendi alanlarına göre değişim oranları değerlendirildiğinde ise, "3" kod numaralı "Bozuk_Kapalı" ana bilgi sınıfı alanının yaklaşık %93'nün değişime konu olduğu belirlenmiştir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sınıflandırma sonrası karşılaştırma yönteminin kullanıldığı bu değişim belirleme çalışmasında, her iki yıla ait sınıflandırılmış görüntülerden yararlanılarak elde edilen değişim matrisi, yine her iki yıla ait ana bilgi sınıfları arasındaki geçişlerin yönü ve alansal değerleri hakkında bilgiler içermektedir. Buna göre, 19468.44 ha'lık çalışma alanında, toplam 5796 ha'lık alanın değişime konu olduğu, 13672.44 ha alanda ise değişim olmadığı belirlenmiştir.

1987 ve 2000 yıllarını kapsayan dönemde, ana bilgi sınıflarının alansal durumunu karşılıklı olarak değerlendirdiğimizde, "Orman dışı alanlar", "Bozuk kapalı orman alanları" ve "Kayın-Gökmar karışık orman alanları" ana bilgi sınıflarının alansal olarak azaldığı, buna karşın "Bataklık ve su alanları", "Kayın ve diğer geniş yapraklı karışık orman alanları" ve "Sarıçam alanları" ana bilgi sınıflarının toplam alanlarının arttığı belirlenmiştir. "Gökmar alanları" ana bilgi sınıfı alanının ise hemen hemen değişmediği anlaşılmaktadır. Bu alansal değerlendirmelerin yanında, değişimler mekânsal olarak da incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, Landsat uydu görüntüleri ve sınıflandırma sonrası karşılaştırma yöntemi kullanıldığında, çalışma konusu olan heterojen yapıdaki meşcerelerin oluşturduğu ormanlarda, meşcere tipi bazında detaylı ayrımların yapılamadığı anlaşılmıştır. Ancak, kullanılan uydu verisinin özellikleri, bitki örtüsünün çeşitliliği, topoğrafik yapı, atmosferik koşullar ve çevresel etkenler beraberce değerlendirildiğinde, elde edilen sonuçlar, Landsat uydu verileri kullanılarak çalışmada ele alınan orman alanlarında gerçekleşen zamansal değişimlerin sınırlı detayda ve yüksek doğrulukla belirlenebildiğini ortaya koymuştur.

Bununla birlikte, yine Landsat verileri kullanılarak, vejetasyon çeşitliliğinin daha az olduğu ve vejetasyonun geniş alanlarda daha homojen bir dağılım gösterdiği orman alanlarında ya da yüksek çözünürlüklü uydu verilerinin bu

çalışmada ele alınan alan gibi karmaşık orman yapılarındaki detaylı değişim belirleme çalışmalarında kullanım olanakları araştırılmalıdır.

Teşekkür

Bu çalışmada kullanılan verilerin elde edildiği, T188/06032003 no'lu projeyi destekleyen İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Anonim, 1986. Bolu Orman Bölge Müdürlüğü, Aydınpınar, Odayeri ve Çiçekli Bölgeleri Amenajman Planları, Orman Genel Müd. Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Bşk., Ankara.
- Anonim, 2000. Bolu Orman Bölge Müdürlüğü Aydınpınar, Odayeri ve Çiçekli Bölgeleri Amenajman Planları, Orman Genel Müd. Orman İdaresi ve Planlama Dairesi Bşk., Ankara.
- Aranoff, S., 1982. Classification accuracy: A user approach. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 48(8), pp.1299-1307.
- Campell, J.B., 1996. Introduction to remote sensing (second edition). Virginia Polytechnic Institute and State University, The Guildford Pres, 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 [Erişim tarihi: 27 Nisan 2006].
- Colby, J. D., 1991. Topographic normalization in rugged terrain. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 57(5), pp. 531-537.
- Congalton, R.G., Green, K., 1999. Assessing the accuracy of remotely sensed data principles and practices. Lewis Publishers, USA, 133 p.
- 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.
- Çoban, H.O., 2006. Uydu verileri ile orman alanlarındaki zamansal değişimlerin belirlenmesi (yayınlanmamış doktora tezi). İ.Ü. Fen Bil.Enstitüsü, 139 s.
- Erdin, K., Koç, A., Yener, H., 2002. Remote sensing data in monitoring of relations between forest and settlements areas. 3rd International Symposium Remote Sensing of Urban Areas, Proceedings Volume II, 11-13 June 2002, Yüyap-İstanbul, Turkey, pp 600-608.
- Franklin, 2001. Remote sensing for sustainable forest management. Lewis Publishers, ISBN 1-56670-394-8, USA, 407 p.
- Foody, G.M., 2002. Status of land cover classification accuracy assessment. *Remote Sensing of Environment*, 80, pp. 185-201.
- Jensen, J.R., 1996. Introductory digital image processing. Prentice-Hall Series in Geographic Information Science, USA, 316 p.
- Koç, A., 1997. Belgrad ormanındaki ağaç türü ve karışımlarının uydu verileri ve görüntü işleme teknikleri ile belirlenmesi. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, Cilt 51, Sayı 2, ss. 17-36.
- Lillesand, T. M., Kiefer, R. W., 1999. Remote sensing and image interpretation (fourth edition). John Wiley & Sons, Inc., USA, 724 p.
- Lu D., Mausel, P., Brondizio, E., Moran, E., 2004. Change detection techniques. *Int. J. Remote Sensing*, 25(12), pp. 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. Orm. Fak. Yayını, 1636(160), İstanbul.
- Singh, A., 1989. Digital change detection techniques using remotely-sensed data. *Int. J. Remote Sensing*, 10(6), pp. 989-1003.