

SERİ
SERIES
SERIE
SÉRIE

A

CİLT
VOLUME
BÄND
TOME

56

SAYI
NUMBER
HEFT
FASCICULE

1

2006

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
DE L'UNIVERSITÉ D'ISTANBUL



İSTANBUL'DAKİ HIZLI ŞEHİRLEŞMENİN YOL AÇTIĞI ORMANSIZLAŞMANIN UZAKTAN ALGILAMA VERİLERİYLE BELİRLENMESİ

Doç. Dr. Ayhan KOÇ¹⁾

Kısa Özet

Bu çalışmada İstanbul metropol alanında 1975-2000 yılları arasında kapsayan 25 yıllık süreçte hızlı şehirleşme ve antropojen etkilerle ortaya çıkan ormansızlaşmanın uydu verilerinden yararlanılarak belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla 1975 yılı Landsat MSS ve 2000 yılı Landsat ETM⁺ görüntüleri değerlendirilmiştir.

Değişim analizinde sınıflandırma sonrası karşılaştırma yöntemi kullanılmıştır. Uydu verilerinin sınıflandırılması aşamasında, düşük çözünürlüklü Landsat MSS verilerinden de yüksek doğruluk elde edilebilmesi için CBS işlemlerinden yararlanılmış ve her iki görüntüde de bütün sınıflardaki doğruluk (overall accuracy) %90'ın üzerinde belirlenmiştir. Elde edilen değişim matrisi ile orman alanlarındaki değişim şekilleri, alsansal ve mekansal dağılımı ile birlikte ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Uzaktan Algılama, Ormansızlaşma, Değişim Analizi, Uydu Verileri, Görüntü İşleme, CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi)

1. GİRİŞ

İstanbul metropol alanı Türkiye'nin nüfus yoğunluğu en fazla olan Marmara bölgesinde bulunmaktadır. Bu il, ülkenin nüfus olarak en büyük ve en yoğun ilidir. Aynı zamanda sanayi ve ticaretin en önemli merkezi durumundadır. Bu özellikleri nedeniyle ülkenin az gelişmiş bölgelerinden İstanbul'a her yıl binlerce insan göç etmektedir. Bu göçler plansız bir kentleşmeye neden olurken, aynı zamanda orman alanlarının ve doğal alanların tahribine de neden olmaktadır. 1999 depremi İstanbul'a göçleri birkaç yıllığına yavaşlatmış olmakla birlikte son yıllarda yeniden eski hızına ulaşmıştır.

Çeşitli sebeplerle başta İstanbul ili olmak üzere büyük kentlere yapılan göçler barınma problemini doğurmaktadır. Ekonomik seviyesi düşük olan bu insanlar şehir kenarlarındaki devlete ait alanları bir nevi yağmalamakta ve bu alanları yerleşim alanı olarak seçmektedir. Bu alanların bir kısmı devlete ait orman alanları iken, diğer bir kısmı doğal alan niteliğindeki bakir alanlardır. Bu şekildeki kanunsuz ve plansız şehirleşme sonucu orman alanları ve bakir alanlar zarar görmektedir. Diğer taraftan şehrin yoğunluğundan bunalan ve ekonomik seviyesi yüksek olan insanlar ise bahçeli ve villa tarzında konutlara rağbet etmekte ve bu tür yerleşim için gerekli olan arazilerin bir kısmı da yine kanunsuz olarak orman alanlarından kazanılmaktadır.

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

Orman alanlarına yönelik tahribat önlenemeyince, önce 15.10.1961 tarihine kadar, daha sonra ise 31.12.1981 tarihine kadar açılarak yerleşim alanına veya ziraat alanına dönüşmüş orman alanlarının orman rejiminden çıkarılması için hukuksal düzenlemeler yapılmıştır (AYANOĞLU 1995). Bu ise insanları yeni beklentiler içerisine sokmuş ve orman alanlarının tahribi devam etmiştir.

İstanbul civarındaki orman alanlarının ve aynı şekilde doğal alanların tahribinde, sürekli nüfusu artan ve büyüyen ilin ihtiyaçlarının karşılanması amacıyla yapılan faaliyetler de önemli rol oynamıştır. Bu faaliyetlerin başında inşaat sektörü için gerekli olan taş ve kum ocaklarıyla, ısınma amaçlı kömür elde etmek için yapılan açık maden işletmeciliğinden kaynaklanan orman alanı tahribi gelmektedir. Bu faaliyetlerden biri olan açık maden işletmeciliği, gerek orman alanlarının tahribinde gerekse doğal alanların bozulmasında önemli rol oynamıştır. Düşük kalorili linyit kömürünün çıkarılması amacıyla gerçekleştirilen bu faaliyetler sonucunda, özellikle İstanbul'un Karadeniz bölgesine yakın kısımlarındaki orman ve doğal vejetasyon alanları yok edilmiş, arazi topoğrafyası ciddi ölçüde bozularak degrade olmuş ve aynı zamanda denize yapılan dolgular nedeniyle kıyı zonu da bozulmuştur. Diğer taraftan ihtiyaçlar karşısında yapılan yeni otopanlar ve çevre yolları da doğrudan ve dolaylı olarak orman alanlarının tahribine katkıda bulunmuştur.

İstanbul metropol alanında olduğu gibi geniş alanlarda meydana gelen bu tür değişimlerin hızlı bir şekilde belirlenmesi ve izlenmesinde uydu verileri önemli bir rol oynamaktadır (KOÇ/YENER 2001). Uydu verileri adı altında iki ana grup ayrılabilir. Bunlardan birincisi Landsat gibi mekansal çözünürlüğü ve dolayısıyla yeryüzünde ayrılabilir detay boyutları onlu metrelerle ifade edilebilen uydu verileri, diğeri ise hava fotoğrafları ile birçok benzerlik gösteren ve yüksek çözünürlüklü uydu verileri olarak adlandırılan yeni nesil uydu verileridir (KOUKAL 2001). Yüksek çözünürlüklü ve yeni nesil uydu verilerinden şehir ve bölgesel planlamalar için gerekli olan, arazi kullanımlarındaki detaylı değişimlere yönelik bilgiler elde edilebilmektedir. Bu değişim analizlerinde klasik yöntemler kullanılabilirdiği gibi, değişimin yarı otomatik olarak belirlendiği yöntemler de geliştirilmektedir (REDER 2002). Avrupa'da CORINE adı verilen program çerçevesinde, birçok Avrupa ülkesinin de içerisinde bulunduğu proje ile geniş alanlara yönelik arazi kullanımı ve toprak örtüsüne yönelik verilerin bulunduğu veri tabanı projesi yürütülmektedir. Bu ortak veri tabanı Avrupa'daki toprak örtüsü ve arazi kullanımlarının ve aynı şekilde bunlardaki değişimlerin karşılaştırılmasına izin vermektedir (KEIL ve ark. 2002). Ülkemizde henüz bu anlamda ve bütün ülkeyi kapsayan bir veri tabanı oluşturulmamıştır. Çeşitli kurumlar ve belediyeler kendi gereksinimleri için çeşitli altlıklar ve Bilgi Sistemi oluşturma çabası içerisinde olmakla birlikte, bu konuda standardizasyonu ve birlikteliği sağlayacak bir yapıya ulaşılamamıştır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1 Araştırma Alanı

Araştırma alanı Türkiye'nin nüfus olarak en büyük ve nüfus yoğunluğu en yüksek ili olan İstanbul'un il sınırlarını kapsamakta olup 7785,4375 km²'dir. İl coğrafi olarak 29° doğu boylamı ve 41° kuzey enlemlerinde bulunmaktadır. Coğrafi konum olarak Asya ve Avrupa kıtaları üzerinde bulunan araştırma alanı iklim olarak kuzeyde Karadeniz, güneyde Marmara ve Akdeniz iklimlerinin, batıda ise Trakya iklim koşullarının etkisi altında kalmaktadır. Yörenin doğal bitki örtüsü büyük ölçüde yapraklı ormanlar, maki, pseudomaki, garig ve kıyı kumul bitkilerinden oluşmaktadır. Pseudomakilerin karakteristik bitkileri; Akdeniz bölgesi ikliminin daimi bitkilerini oluşturan yaz-kış yaprak dökmeyen çalı türleri ile kışın yaprak döken daha nemcil olan çalı türleridir (YALTIRIK ve ark. 1997). Araştırma alanındaki doğal orman alanları büyük ölçüde meşe, kayın, gürgen türlerinden oluşmaktadır. Araştırma alanı ağaç türleri ve bunların oluşturduğu çeşitli kombinasyonlar açısından ele alındığında, makro ve mikro iklimsel özelliklere

bağlı olarak, çok değişken bir yapı sergilemektedir. Araştırma alanında tahrip görmemiş alanlarda şu bitkiler görülmektedir; Saplı Meşe (*Quercus robur* ssp. *robur*), Saçlı Meşe (*Quercus cerris*), Ova Akçağacı (*Acer campestre*), Katran Ardıcı (*Juniperus oxycedrus*), Doğu Kayını (*Fagus orientalis*), Adi Gürgen (*Carpinus betulus*), Kestane (*Castanea sativa*), Yabani Fındık (*Corylus avellana*), Kızılcık (*Cornus mas*), Kocayemiş (*Arbutus unedo*), Muşmula (*Mespilus germanica*), Funda (*Erica arborea*, *E. manipuliflora*)'dır.

Kumul alanlarda kumul bitkilerinin yanı sıra orman ağaç ve çalıları da yer almaktadır. Bunlar; Mazı Meşesi (*Quercus infectoria*), Macar Meşesi (*Quercus frainetto*), Karaçalı (*Paliurus spina-christii*), Akçakesme (*Phyllrea latifolia*), Menengiç (*Pistacia terebinthus*) Akdeniz Defnesi (*Laurus nobilis*)'dir (YALTIRIK ve ark. 1997).

İstanbul'un güneyinde, Akdeniz ikliminin etkisini artırdığı bölgelerde maki elemanları daha sıklıkla yer almaktadır. Bunun yanında araştırma alanının en güney kısmında bulunan Adalar bölgesinde yerleşim dışındaki bitki örtüsü incelendiğinde, iğne yapraklı orman (*Kızılcım-Pinus brutia* Ten.) ve maki formasyonundan oluştuğu görülmektedir (UZUN ve ark. 2000; UZUN ve ark. 2003).

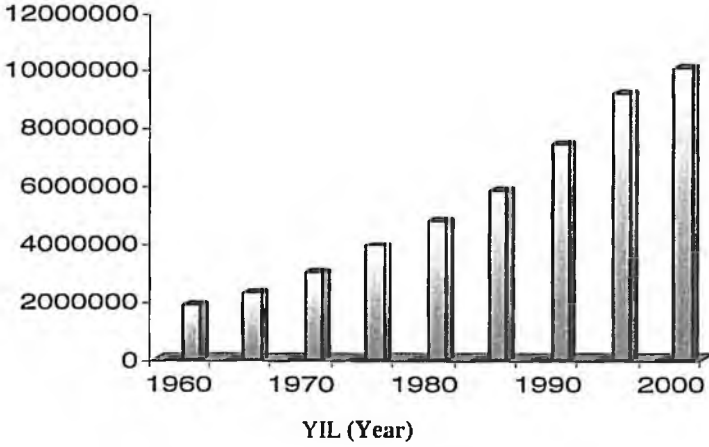
Kızılcımın adalarda doğal olup olmadığı uzun yıllardan beri bilim adamları tarafından tartışılan bir konudur. Oysa ki, adalarda kızılcımın doğal olabileceği konusundaki en önemli kanıt kızılcıma eşlik eden doğal bitki türlerinin genel olarak Akdeniz iklimine özgü bitki türleri olması ve Akdeniz yöresinde de Kızılcım'la birlikte görülmesidir. Öte yandan Ülkemizde Cumhuriyet öncesi ve sonrası ağaçlandırmalar içerisinde Adaların ekim ve dikimle ağaçlandırılmasına ilişkin bir belgeye rastlanılmamıştır (BOYDAK 1984). İstanbul'un diğer bölgelerinde görülen ibrelî ormanlar ise ağaçlandırmalar sonucu oluşmuştur. Bu nedenle İstanbul'un genelindeki, doğal olan ormanlar yapraklı ağaçlardan oluşmaktadır.

İstanbul sosyo-ekonomik açıdan incelendiğinde Türkiye ekonomisinin merkezi konumunda olduğu görülmektedir. Ülkedeki sanayi ve ticaretin merkezi İstanbul'dur. Bu özelliği nedeni ile bu ilimiz sürekli göç almakta ve nüfusu hızla artmaktadır. 1960 yılında 1.862.092 olan İstanbul'un nüfusu 2000 yılında 10.072.447 ye ulaşmıştır. 40 yıllık bu süreçte İstanbul'un nüfusu 5.4 kat artmıştır. Araştırma periyodumuz olan 1975-2000 yılları açısından durum incelendiğinde 1975 yılında 3.904.558 olan nüfusun 2000 yılında 10.072.447 ye ulaştığı ve yaklaşık 2.58 kat arttığı görülmektedir (Tablo 1 ve Şekil 1). Bu hızlı nüfus artışı doğal alanların ve beraberinde orman alanlarının tahribini gündeme getirmiştir.

Tablo 1: 1960-2000 Yılları Arasında İstanbul Nüfusu (YERELNET, 2005)
Table 1: Population of Istanbul Between 1960 and 2000

Yıl (Years)	Nüfus (Population)
1960	1.862.092
1965	2.293.823
1970	3.019.032
1975	3.904.558
1980	4.741.890
1985	5.842.985
1990	7.390.190
1997	9.189.809
2000	10.072.447

NÜFUS (Population)



Şekil 1 : Yıllara göre istanbul'daki nüfus artışı
Figure 1 : Population increase in Istanbul according to years

2.2 Kullanılan Yazılım, Donanım ve Veriler

Bu araştırmada ERDAS Imagine 8.6, Arc/INFO 8.0.1 yazılımları kullanılmıştır. Donanım olarak ise P4 2.7 Mhz işlemcili bir bilgisayar ve HP 1120C yazıcı kullanılmıştır.

Araştırmada kullanılan temel veriler NASA tarafından serbest kullanıma sunulan verilerdir. Bu çalışmada 31 Mayıs 1975 tarihli WRS1-P194R31 ve 3 Mayıs 1975 tarihli P193R31 satır ve sütun numaralı Landsat MSS verileri ile, 2 Temmuz 2000 tarihli WRS2-P180R31 ve P180R32 satır ve sütun numaralı Landsat ETM⁺ uydü verileri kullanılmıştır. Değerlendirmelerde yer gerçeği verilerin elde edilmesi için ilgili yıllara ait orman amenajman plan ve haritaları, 2000 yılına ait pankromatik ve çok bantlı (multi spektral) IKONOS uydü görüntüleri ve İstanbul alanının tamamına ait 1996 yılı hava fotoğraflarından üretilen 1:10000 ölçekli renkli ortofotolar ve yersel gözlemlerden elde edilen veriler altlık olarak kullanılmıştır.

Değerlendirmelerde kullanılan Landsat MSS'in mekansal çözünürlüğü 57 x 79 m'dir. Radyometrik çözünürlük 7-bit olmakla birlikte 8-bit olarak depolanır. Landsat ETM⁺'in mekansal çözünürlüğü pankromatik modda 15 x 15 m, multi spektral bandlar için ise 30 x 30 m'dir. Ancak ısı bant (bant 6) 60 x 60 metredir. Fakat o da diğer bantlar ile eşlemek için, 30 x 30 m olarak yeniden modellenir. Radyometrik çözünürlüğü 8-bit'tir, yani her bir piksel 0'dan 255'e kadar veri değerine sahip olabilir. Yer gerçeği verilerin elde edilmesinde yararlanılan IKONOS uydü verilerinin pankromatik moddaki mekansal (geometrik) çözünürlüğü 1m, çok bantlı modda ise 4m'dir. Bu verilerin radyometrik çözünürlüğü ise 11 bit'tir (ERDAS 1995; YENER 2002).

2.3 Görüntü Ön İşleme

Araştırmada kullanılan uydü verilerinin öncelikle geometrik düzeltme işlemine tabi tutulması gerekmektedir. Geometrik düzeltme ile amaçlanan, algılayıcı sistem tarafından algılanan görüntü elemanlarının, ülke koordinat sistemi içerisinde düzenlenmiş görüntü elemanlarına dönüştürülmesidir. Bu şekilde görüntü elemanları yeryüzü üzerinde konumlandırılmış olmaktadır (KRAUS/SCHNEIDER 1990). Bir verinin bir diğer veri ile

bağlanması için, uydu verisinin örneğin Gauß-Krüger-Koordinat sistemi gibi bir sisteme dönüştürülmesi gereklidir. Arazi kullanımlarındaki değişimlerin belirlenebilmesi için farklı zamanlarda alınmış verilerin karşılaştırılması zorunludur. Bunun için de, bu verilerin yüksek doğrulukta çakıştırılması gerekmektedir (BAUMGART 1991). Bu amaçla öncelikle Landsat ETM⁺ görüntüsüne geometrik düzeltme işlemi uygulanmış ve bu işlem sonunda elde edilen RMS hatası 0.5 pikselin altında bulunmuştur. Geometrik düzeltme işlemine tabi tutulan Landsat ETM⁺ görüntüleri 25 m piksel boyutuna yeniden örneklenmiş ve bu işlemde en yakın komşu yöntemi kullanılmıştır. Landsat MSS görüntülerinin geometrik düzeltme işlemi için Landsat ETM⁺ görüntüsü referans görüntü olarak alınmış ve görüntüden görüntüye düzeltme işlemi uygulanmıştır. Landsat MSS görüntülerinin orijinal geometrik çözünürlüğü daha düşük olmakla birlikte (57mx79m), sınıflandırma sonrası piksellerin birebir çakışmasının sağlanabilmesi için bu görüntüler de 25 m'ye yeniden örneklenmiştir. Böylece değerlendirilen görüntüler aynı koordinat sistemine ve de aynı piksel boyutuna sahip hale getirilmiştir.

Araştırma alanı hem Landsat MSS verilerinde, hem de Landsat ETM⁺ verilerinde tek bir görüntüye sığmamaktadır. Bu problemin aşılması için ETM⁺ ve MSS görüntülerinde farklı yöntemler izlenmiştir. ETM⁺ verileri WRS2 sisteminde numaralanmış görüntüler olup, P180R31 ve P180R32 satır ve sütun numaralıdır. Bu görüntülerde araştırma alanının çok büyük bir bölümü P180R31 no'lu görüntüde, güneyde kalan dar bir şerit halindeki kısım ise P180R32 no'lu görüntüde kalmaktadır. Bu her iki görüntü 2 Temmuz 2000 tarihli ve birkaç dakika fark ile alınmış görüntülerdir. Bu görüntüler görsel olarak incelendiğinde aralarında atmosferik etkilerden kaynaklanan farklılıklar gözlenmemiş olup tek bir görüntü gibi değerlendirilmiş ve her iki görüntü mozaiklenmiştir. Elde edilen bu yeni görüntü araştırma alanının sınırlarını belirleyen AOI dosyası ile kesilmiş ve sadece araştırma alanını kapsayan yeni görüntü elde edilmiştir.

1975 tarihli Landsat MSS görüntüleri ise WRS1 sisteminde numaralanmış olup, araştırma alanının çok büyük bir kısmı 31 Mayıs 1975 tarihli P194R31 no'lu görüntüde kalırken, araştırma alanının doğu ucu 3 Mayıs 1975 tarihli P193R31 no'lu görüntüde kalmaktadır. Bu iki görüntü arasında atmosferik etkilerden kaynaklanan farklılıklar görsel olarak izlenebilmektedir. Bu nedenle bu görüntüler arasında atmosferik düzeltme işlemi uygulandıktan sonra ETM⁺ görüntüleri için yukarıda belirtilen işlemlerin aynısı MSS görüntüleri için de yapılmıştır.

Uzaktan algılanmış veri üzerindeki atmosferin etkisi hata olarak düşünülmemelidir. Çünkü onlar, algılayıcı cihaz tarafından algılanan sinyalin bir parçasıdır. Bununla beraber, özellikle değişim izleme analizi ve görünüm eşleme çalışmalarında genellikle atmosferik etkilerin kaldırılması önemlidir (ERDAS 1995). Değişim analizinde, bu çalışmada olduğu gibi sınıflandırma sonrası karşılaştırma yönteminin kullanıldığı çalışmalarda atmosferik etkinin kaldırılması çok büyük bir önem taşımamakla birlikte, sınıflandırılan görüntünün iki parçadan oluşması nedeni ile atmosferik etkinin uzaklaştırılması işlemi önem kazanmaktadır.

2.4 Görüntü Zenginleştirme

İstanbul'daki orman alanlarında meydana gelen azalmanın ortaya konması için yapılan değişim izleme analizinde kullanılacak görüntülere, görüntü zenginleştirme işlemi olarak vejetasyon indekslerinin oluşturulması işlemi uygulanmıştır. Vejetasyon indeksleri oluşturma işlemi de bir nevi görüntü zenginleştirme işlemidir. Eğer vejetasyon tipleri ve vejetasyon zararları sınıflandırılacaksa, yakın kızılötesi ve kırmızı bantların çeşitli formüller yardımıyla oranlanmasından (veya farklarının alınmasından) oluşan vejetasyon indeksleri kullanılır. Bu şekilde veri miktarında önemli ölçüde azalma ortaya çıkmasına karşın en önemli bilgiler korunur. En yaygın olarak kullanılan indeks, normalize vejetasyon indeksi (NDVI) dir (KRAUS 1992; MYNENI/ASRAR 1994).

Tablo 2 : Vejetasyon İndeksleri
Table 2 : Vegetation Indices

Vejetasyon İndeksi (Vegetation Indice)	Landsat MSS	Landsat ETM+
Normalize Vejetasyon İndeksi (NDVI)	Band4-band2/band4+band2	Band4-band3/band4+band3
Radyans Oranı (RO)	Band4 / band2	Band4 / band3
SQRT (IR/R)	SQRT (Band4 / band2)	SQRT (Band4 / band3)
Transformed NDVI (TNDVI)	SQRT ((Band4-band2 / band4 + band2) +0.5)	SQRT ((Band4-band3 / band4 + band3) +0.5)
Vejetasyon İndeksi (Veg.Index)	Band4-band2	Band4-band3

MSS ve ETM⁺ görüntüleri için ERDAS yazılımı içerisinde bulunan ve Tablo 2'de belirtilen formüllerle 5'er tane vejetasyon indeksi görüntüsü elde edilmiş ve elde edilen bu bantlar orijinal bantlarla birleştirilerek MSS için 9 bantlı, ETM⁺ için 12 bantlı yeni görüntüler oluşturulmuştur.

2.5 Monitoring ve Değişim İzleme Yöntemleri

Uzaktan algılama ve CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) içerisinde Monitoring (Sürekli gözlem ve Yönlendirme Sistemi) ve değişim izleme çalışmaları önemli bir yer tutmaktadır. Geniş alanlara yönelik bu tür çalışmalarda uzaktan algılama verileri ve özellikle uydu verileri ön plana çıkmaktadır. Literatürde pek çok değişim belirleme yönteminin geliştirilmiş olduğu görülmektedir. Değişim belirleme yöntemleri tek başına ya da kombine bir şekilde kullanılabilirliklerinden farklı yazarlarca değişik kategorilere ayrılmışlardır. Sınıflandırma sonrası karşılaştırma, görüntü farkı, görüntü oranlama, temel bileşen analizi ve CBS ile entegre değişim belirleme yöntemleri bunlardan sıklıkla kullanılanlardır. SINGH (1989) değişim belirleme yöntemlerini iki ana gruba ayırmıştır. Bunlardan ilki farklı zamanlara ait görüntülerin bağımsız olarak sınıflandırılması ve bu sınıflandırma sonuçlarının analizi, diğeri de çok zamanlı görüntülere uygulanan anlık analizlerdir. LU ve ark. (2004)'de ise 7 değişik kategori görülmektedir. Bunlar; 1) Görüntülere uygulanan cebirsel işlemler (fark, oran, değişim vektör analizleri gibi), 2) Dönüşümler (temel bileşen analizi, tasseled cap gibi), 3) Sınıflandırmalar (sınıflandırma sonrası karşılaştırma, kontrolsüz değişim belirleme gibi), 4) Gelişmiş modeller (spektral karışım modeli, Li-Strahler yansıtma modeli gibi), 5) GIS uygulamaları, 6) Görsel analizler, 7) Diğer yaklaşımlar olarak belirtilmektedir.

Bu çalışmada kullanılan yöntem esas olarak, sınıflandırma sonrası karşılaştırma ve CBS ile entegre edilmiş değişim belirleme yöntemidir.

2.6 Görüntülerin Sınıflandırılması

Çalışma alanı İstanbul ilinin idari sınırlarını kapsamaktadır. Bu nedenle oldukça geniş bir alana yayılmaktadır. Çalışmanın ana amacı, 1975-2000 yılları arasında İstanbul'daki hızlı şehirleşmenin yarattığı ormansızlaşmanın uydu verileri ile belirlenmesidir. Bu amaca uygun olarak 1975 ve 2000 yıllarına ait uydu görüntüleri (LANDSAT MSS ve LANDSAT ETM⁺) ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Görüntülerin sınıflandırılması çalışmalarında kontrollü (Supervised) sınıflandırma ve en yüksek olasılık algoritması (Maksimum Likelihood) kullanılmıştır. Çalışmanın amacına uygun olarak 1975 ve 2000 yıllarına ait uydu görüntülerinin sınıflandırılması için gerekli olan eğitim alanları görsel yorumlama ile birlikte, ilgili yıllara ait amenajman plan ve haritaları, 2000 yılına ait pankromatik ve Multi spektral IKONOS uydu görüntüleri ve İstanbul

alanının tamamına ait 1996 yılı hava fotoğraflarından üretilen 1:10000 ölçekli renkli ortofotolar ve yersel gözlemlerden elde edilen verilerden yararlanılarak belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan eski tarihli amenajman planları da, yapım tekniği itibarı ile büyük ölçüde yersel ve kısmen fotoyorumlama çalışmaları ile üretilmiş planlardır. 1975 yılı Landsat MSS görüntüsünün sınıflandırılması için 452, 2000 yılı uydu görüntüsü için ise 374 adet eğitim alanı kullanılmıştır.

Çalışma alanı içerisinde spektral yansıma değerleri ile farklılık gösteren birçok vejetasyon tipi bulunmaktadır. Aynı şekilde çok farklı arazi kullanım sınıfı ortaya çıkabilmektedir. İstanbul çevresi ormanları, gerek sahip olduğu makro ve mikro iklim özellikleri, gerekse yetiştirme ortamı özellikleri ve çeşitli insan müdahaleleri ile değiştirilmiş çok çeşitli meşcere tipleri ile karşımıza çıkmaktadır. Bu meşcere tipleri, bünyesinde bulundurduğu ağaç türü ve ağaç türü karışımları, bunların karışım oranları, farklı gelişim çağları ile farklı kapalılık dereceleri gibi nedenlerden ötürü büyük ölçüde farklı yansıma değerlerine sahiptirler (KOÇ/YENER 2001). Diğer taraftan amenajman planlarında özellikle Bozuk Baltalık ve Çok Bozuk Baltalık rumuzu ile gösterilen alanlar gerek vejetasyonun yoğunluğu açısından, gerekse içerdiği vejetasyon tipleri açısından da büyük çeşitlilik göstermektedir. Bu alanlar yer yer maki ve pseudomaki elemanlarının çeşitli yoğunlukta bulunduğu alanlar olabilmektedir. Diğer taraftan araştırma alanında çeşitli yoğunlukta yerleşim alanları, açık maden sahaları, taş ocakları gibi çok büyük çeşitlilik bulunmaktadır. Bu karışık tablo içerisinde, İstanbul çevresi orman alanlarıyla, diğer arazi kullanımlarının duyarlı bir şekilde belirlenebilmesi için öncelikle doğru bir şekilde arazi kullanım sınıflarını belirlemek gerekmektedir.

2.7 Arazi Kullanım Sınıflarının Belirlenmesi

Hızlı şehirleşmenin yarattığı ormansızlaşmanın ortaya konulabilmesi için öncelikle incelenen yıllara ait arazi kullanımlarının yeterli doğrulukta belirlenmesi gerekmektedir. Yukarıda belirtilen büyük çeşitlilik içerisinde sağlıklı bir sonuca ulaşmak için öncelikle araştırma alanındaki ana arazi kullanım sınıflarının belirlenmesi işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu ana arazi kullanımı sınıfları 1975 ve 2000 yıllarına ait görüntülerin sınıflandırılmasına temel teşkil edeceği gibi, yirmibeş yıllık zaman periyodu içindeki değişim de bu çerçevede ortaya konacaktır. Bu amaçla 5 ana arazi kullanım sınıfı belirlenmiştir. Bu ana sınıflar aşağıdaki gibidir;

- Su Alanları
- Yerleşim
- Orman Dışı Alanlar
- Yapraklı Ormanlar
- İbrelili Ormanlar

Belirlenen bu ana sınıflar birçok alt sınıf içermektedir. Çok sayıda olan bu alt sınıflar aynı zamanda spektral sınıflara da karşılık gelmektedir. Örneğin, İstanbul'un değişik yerlerine yayılan yerleşim alanları çeşitli yoğunlukta olabilmekte ve dolayısıyla çok sayıda farklı yansıma özellikleri gösteren spektral sınıf ile temsil edilebilmektedir. Aynı şekilde orman alanları yapraklı ve ibrelili ana sınıflarına ayrılırken, özellikle yapraklı orman alanları çok sayıda alt sınıf ile ve dolayısıyla çok sayıda spektral sınıf ile temsil edilmesi zorunluluk olarak ortaya çıkmaktadır. Bu durum, en homojen yapı sergilemesi gereken su alanlarında dahi kendini göstermektedir. Bu nedenle, araştırma alanındaki sınıflandırma çalışmalarında sağlıklı bir sınıflandırma sonucuna ulaşabilmek için çok sayıda eğitim alanı belirlenmiştir. Yer gerçeği verilere dayalı olarak belirlenen bu alanlar görsel yorumlama destekli ve yukarıda belirtilen kaynaklardan elde edilmiştir.

Başlangıçta her biri ayrı bir alt sınıf olarak ele alınan eğitim alanları Signature analizine tabi tutulmuşlardır. Bu incelemede, özellikle farklı ana sınıflara (bilgi sınıfı) ait spektral sınıfların birbirinden ayrılabilir olmasına dikkat edilmiştir. Seçilen eğitim alanlarının yansıma değerlerinin bantlara göre değişimini gösteren tablo ve grafiklerin de incelenmesi sonucunda, sınıflandırma için en uygun bant kombinasyonları belirlenmiştir.

Yapılan inceleme sonucunda sınıflandırmada 1975 yılı Landsat MSS görüntüsü için ilk 4 bant + NDVI bandı, 2000 yılı Landsat ETM⁺ için 3,4,5,7+NDVI bantlarından oluşan kombinasyon kullanılmıştır. Belirlenen bu bant kombinasyonları ve alt sınıflar ile görüntülerin sınıflandırılması işlemleri gerçekleştirilmiştir. Sınıflandırmalarda kontrollü sınıflandırma (supervised classification) ve bu tür çalışmalarda en çok kullanılan sınıflandırma yöntemlerinden biri olan "En Yüksek Olabilirlik (Maximum Likelihood)" yöntemi kullanılmıştır.

Alt sınıflar ile yapılan sınıflandırma işlemini takiben, çalışmanın amacına uygun olarak daha önce belirlenen ana sınıflara göre yeniden kodlama (Recode) işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu kodlama işleminde her ana arazi kullanım sınıfına verilen kod değeri Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3 : Ana Arazi Kullanım Sınıfları ve Kodları

Table 3 : Major Land Use Classes and Codes

Kod (Code)	Arazi Kullanım Sınıfı (Land Use Class)
10	Su Alanları (Water bodies)
20	Yerleşim (Residential Areas)
30	Orman Dışı Alanlar (Non-Forest Areas)
40	Yapraklı Orman (Deciduous Forest)
50	İbrelili Orman (Coniferous Forest)

3. BULGULAR

3.1 Sınıflandırma Sonuçları ve Doğruluk Kontrolü

Yukarıda belirtildiği gibi araştırma alanına ait 1975 ve 2000 yıllarına ait görüntüler sınıflandırma işlemine tabi tutulmuştur. Elde edilen sınıflandırılmış görüntüde bulunan alt sınıflar, belirlenen ana arazi kullanım sınıflarını temsil eden ana sınıflara göre yeniden kodlanmıştır. Yapılan sınıflandırmanın bir değer taşıyabilmesi için, bu sınıflandırmanın doğru olup olmadığını kontrol edilmesi gerekir. Bu amaçla doğruluk analizi yapmadan önce 1975 ve 2000 yıllarına ilişkin sınıflandırma sonuçlarının doğrulukları çakıştırma (overlay) yöntemi ile kontrol edilmiştir. Bu yöntemde orijinal veri üzerinde sınıflandırılmış veri gösterilir ve sınıflandırma denetlenir. Bu amaçla 1975 yılı orijinal görüntüsü ile aynı yıla ait sınıflandırılmış görüntü ve aynı şekilde 2000 yılı orijinal görüntüsü ile aynı yılın sınıflandırılmış görüntüleri üst üste çakıştırılarak görsel olarak sınıflandırmanın doğruluğu kontrol edilmiştir. Bu işlem sonucunda her iki yıl için elde edilen sınıflandırma sonuçlarının yeterli doğrulukta olduğu görülmüş olmakla birlikte, sınıflandırma doğruluğunu artırmak amacıyla uygulanan CBS işlemlerinden sonra elde edilen görüntülere doğruluk analizi uygulanmıştır.

Sınıflandırma doğruluğunun artırılması için uygulanan işlemler iki ana gruba ayrılabilir. Bunlardan birincisi, sınıflandırılmış görüntülerin vektör formata aktarılarak deniz alanlarında meydana gelen sınıflandırma hatalarının CBS işlemleri ile düzeltilmesi, diğeri ise, oluşturulan

değişim matrisinden yararlanılarak mümkün görülmeyen değişimlerin belirlenmesi ve bu alanlara doğru kabul edilen değerlerin atanmasıdır. Bu düzeltme işlemleri esas itibariyle daha düşük geometrik ve radyometrik çözünürlülüğe sahip Landsat MSS sınıflandırılmış görüntüsüne uygulanmıştır. Bu işleme örnek olarak 2000 yılında orman alanı olan bir yerin 1975 yılında yerleşim alanı olması verilebilir. Bu tür değişimlerin mümkün görülmemesi nedeniyle, bu değişim sonuçları sınıflandırma hatası olarak kabul edilmiştir. Değişim matrisinden yararlanılarak yapılan bu kontrol ve düzeltmelerde 2000 yılına ait Landsat ETM⁺ görüntüsünün veri kalitesi açısından daha yüksek niteliklere sahip olması nedeniyle bu görüntüden elde edilen sınıflandırma sonuçları referans veri olarak kullanılmıştır. Böylece özellikle Landsat MSS görüntüsünden elde edilen sınıflandırma doğruluğunun artırılmasına çalışılmıştır.

Yapılan kontrol ve düzeltme işlemlerinden sonra elde edilen sonuç görüntüleri doğruluk analizine tabi tutulmuştur. Doğruluk analizi (Accuracy Assesment), doğru olduğu farz edilen coğrafi veri ile sınıflandırmayı kıyaslamada kullanılan genel bir terimdir (ERDAS 1991). 1975 ve 2000 yılları için gerçekleştirilen sınıflandırmaların doğruluk analizini gerçekleştirmek amacıyla her iki sonuç sınıflandırılmış görüntüde ayrı ayrı olmak üzere tesadüfî seçilmiş 250'şer adet yer kontrol noktası kullanılmıştır. Yer kontrol noktalarının ana sınıflara dağılımının eşit olmasına dikkat edilmiş ve böylece her ana sınıf için 50 yer kontrol noktası belirlenmiştir. Yer gerçeği verilerinin elde edilmesinde yukarıda belirtilen verilerden ve görsel yorumlamadan yararlanılmıştır. 1975 ve 2000 yılına ait görüntülerin sınıflandırılması sonucu ulaşılan doğruluk seviyesini gösteren doğruluk analizi sonuçları Tablo 4 ve 5'te verilmiştir. Uzaktan algılamada elde edilebilecek tahmin doğruluğu % 80 ve bu oranın üzerinde ise, sınıflandırma doğru ve güvenilir kabul edilmektedir (SWAIN/DAVIS 1978). Bu çalışmada her iki yıl için yapılan sınıflandırmaların doğrulukları da bu oranın üzerindedir. Bu sonuçların güvenilirliği, daha önce de belirtildiği gibi orijinal görüntü verileri ile sınıflandırılmış görüntü verilerinin karşılaştırılması ile de kontrol edilmiştir.

Elde edilen sınıflandırma sonuçları doğruluk açısından incelendiğinde, Landsat MSS verilerinden elde edilen sınıflandırma doğruluğu sonuçlarının Landsat ETM⁺ verilerinden elde edilen sonuçlara yaklaştığı gözlenmiştir. Ancak bu yüksek doğrulukta, yukarıda anlatılan CBS işlemleri ile doğruluğu artırıcı işlemlerin de katkısı olmuştur.

Sonuç sınıflandırılmış görüntülerden 1975 ve 2000 yılları için elde edilen alansal değerler Tablo 6'da verilmiştir. Bu tabloda ana arazi kullanım sınıflarının ilgili yıllardaki miktarlarından başka, aynı zamanda bu ana sınıfların alanının toplam araştırma alanı içindeki payları da görülmektedir.

Tablo 4: 1975 Yılı Landsat MSS Görüntüsü Sınıflandırma Doğruluğu Sonuçları
 Table 4: Results of Classification Accuracy (Landsat MSS -1975)

Sınıf İsmi (Class Name)	Referans Toplamı (Totals for Reference)	Sınıflandırılan Toplam (Classified Totals)	Doğru Sayısı (Number of Corrects)	Üretici Doğruluğu (Accuracy of Producers) (%)	Kullanıcı Doğruluğu (Accuracy of Users) (%)
Su Alanları (Water Bodies)	50	50	50	100	100
Yerleşim (Residential Areas)	51	50	47	92.16	94.00
Orman Dışı Alanlar (Non Forest Areas)	51	50	43	84.31	86.00
Yapraklı Orman (Deciduous Forest)	48	50	44	91.67	88.00
İbrelî Orman (Coniferous Forest)	50	50	47	94.00	94.00
Toplam (Totals)	250	250	231		

Toplam Sınıflandırma Doğruluğu (Overall Classification Accuracy) = 92.40 %
 Toplam Kapa İstatistiği (Overall Kappa Statistics) : 0.9050

Tablo 5: 2000 Yılı Landsat ETM⁺ Görüntüsü Sınıflandırma Doğruluğu Sonuçları
 Table-5 : Results of Classification Accuracy (Landsat ETM⁺ 2000)

Sınıf İsmi (Class Name)	Referans Toplamı (Totals for Reference)	Sınıflandırılmış Toplam (Classified Totals)	Doğru Sayısı (Number of Correct)	Üretici Doğruluğu (Accuracy of Producers) (%)	Kullanıcı Doğruluğu (Accuracy of Users) (%)
Su Alanları (Water Bodies)	50	50	50	100.00	100.00
Yerleşim (Residential Areas)	47	50	44	93.62	88.00
Orman Dışı Alanlar (Non Forest Areas)	52	50	46	88.46	92.00
Yapraklı Orman (Deciduous Forest)	53	50	48	90.57	96.00
İbrelî Orman (Coniferous Forest)	48	50	46	95.83	92.00
Toplam (Totals)	250	250	234		

Toplam Sınıflandırma Doğruluğu (Overall Classification Accuracy) = 93.60 %
 Toplam Kapa İstatistiği (Overall Kappa Statistics): 0.9200

Tablo 6 : 1975 MSS ve 2000 ETM⁺ Görüntülerinden Elde Edilen Sınıflandırma Sonuçları

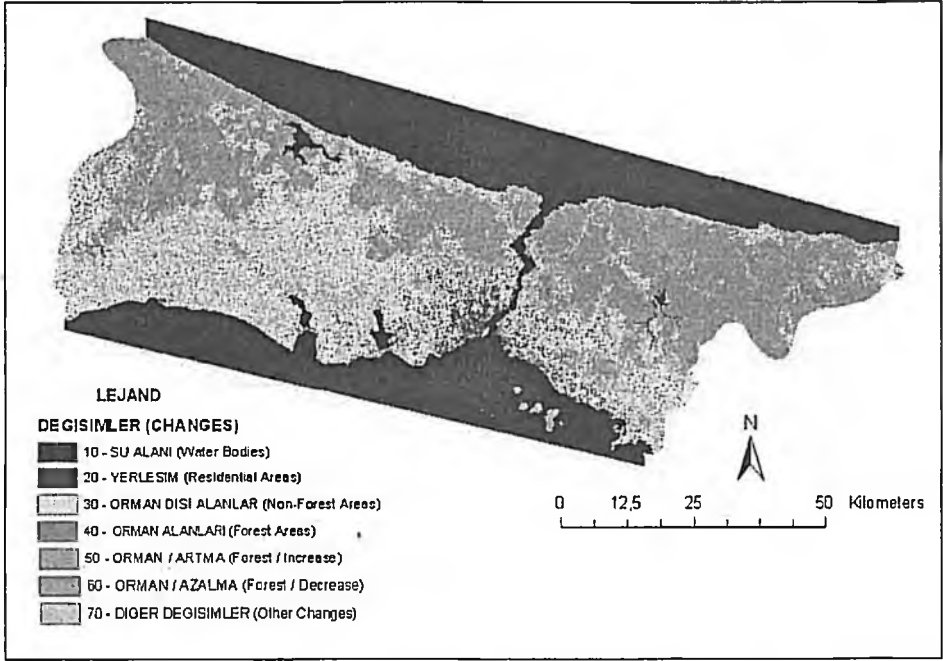
Table 6 : Classification Results of MSS (1975) and ETM⁺ (2000) Images

Arazi Kullanım Sınıfı (Land Use Class)	MSS 1975		ETM ⁺ 2000	
	Alan (Area) (Ha)	%	Alan (Area) (Ha)	%
Su Alanları (Water Bodies)	260177,8750	33,42	262244,3125	33,68
Yerleşim (Residential Areas)	17026,1250	2,19	72705,1250	9,34
Orman Dışı Alanlar (Non Forest Areas)	254401,5625	32,68	232422,1875	29,85
Yapraklı Orman (Deciduous Forest)	234445,3125	30,11	166866,0000	21,43
İbrelî Orman (Coniferous Forest)	12492,8750	1,60	44306,1250	5,69
Toplam (Totals)	778543,7500	100,00	778543,7500	100,00

3.2 Sınıflandırma Sonuçlarının Değerlendirilmesi ve Değişim Matrisinin Oluşturulması

Sınıflandırma sonuçlarının değerlendirilmesi iki ana şekilde gerçekleştirilmiştir. Birinci değerlendirme, mekansal incelemeden bağımsız olarak sadece alansal miktarlara dayalı incelemedir. Bu incelemede, 1975 ve 2000 yılı uydu görüntülerinin sınıflandırılması sonucu bulunan yapraklı ve ibrelî orman sınıflarına ait alanlar ile bu sınıfların toplamına ait alanının karşılaştırılması yapılmıştır. Böylece her iki sınıf ile toplamlarındaki değişimler bulunmuştur. Basit inceleme olarak adlandırabileceğimiz bu inceleme için Tablo 7 oluşturulmuştur. Tablo 7 incelendiğinde araştırmamızın asıl konusu olan orman alanlarındaki azalmanın genel olarak belirlenmesi için, 1975 ve 2000 yıllarındaki ibrelî ve yapraklı orman alanı toplamalarının karşılaştırılmasının yeterli olduğu görülür. Ancak bu şekilde yapılacak bir inceleme bize değişimin yönleri hakkında bir bilgi vermediği için, orman alanlarındaki azalma veya artma konusunda detaylı bilgi edinilemez.

Değişim analizlerinde arazi kullanım sınıflarındaki detaylı değişimin ortaya konabilmesi için nereden nereye (from - to) değişim olduğuna yönelik bilginin de ortaya konması gerekmektedir. Bu inceleme bize değişim şekilleri hakkında detaylı bilgi vereceği gibi, bu bilgidен yararlanılarak değişim nedenleri hakkında sağlıklı yorumlamalar yapılabilir. Bu amaçla, belirlenen ana sınıflarla değişim matrisi oluşturulmuştur. Değişim matrisi, ana sınıflara göre yeniden kodlanmış görüntüler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bütün sınıflar arasındaki değişimi içeren bu matris içerisinde orman alanları ile ilgili ayrıntılı değişim bilgileri alınmış ve Tablo 8 oluşturulmuştur. Bu tablo incelendiğinde orman alanları ile ilgili olarak olası görülen bütün değişim bilgilerinin tabloda bulunduğu görülecektir. Bu değerlerden hareket edildiğinde artık oldukça sağlıklı yorumların yapılması da mümkündür. Şekil 2 ise orman alanlarında artma ve azalma olan yerleri mekansal olarak göstermektedir.



Şekil 2 : Orman alanlarında meydana gelen değişimler (artma ve azalma)

Figure 2 : Changes occurred in Forest areas (increase and decrease)

Tablo 7 : 1975-2000 Yılları Arasında Orman Alanlarındaki Genel Değişim

Table 7 : Overall Change in Forest Areas from 1975 to 2000

Arazi Kullanım Sınıfı (Land Use Class)	MSS 1975 Alan (Area) (Ha)	ETM* 2000 Alan (Area) (Ha)	Değişim (Change) (Ha)	Değişim (Change) (%)
Yapraklı Orman (Deciduous Forest)	234445,3125	166866,0000	-67579,3125	-28,83
İbrelî Orman (Coniferous Forest)	12492,8750	44306,1250	31813,2500	254,65
Toplam Orman Alanı (Total Forest Area)	246938,1875	211172,125	-35766,0625	-14,48

Tablo 8 : 1975 - 2000 Yılları Arasında Orman Alanları ile İlgili Değişim Detayları
Table 8 : Changes Observed in Forest Areas from 1975 to 2000

1975 Yılı Arazi Kullanım Sınıfı (Land-use Class in 1975)	2000 Yılı Arazi Kullanım Sınıfı (Land-use Class in 2000)	Değişen Alan (Area Changed) (Ha)	Orijinal Sınıfına Göre Değişim (Change According to Original Class) %	Toplam Alana Göre Değişim (Change According to Total Area) %
Su Alanları (Water Bodies)	Yapraklı Orman (Deciduous Forest)	280,5000	0,11	0,04
Su Alanları (Water Bodies)	İbrelî Orman (Coniferous Forest)	1483,1875	0,57	0,19
Orman Dışı Alanlar (Non Forest Areas)	Yapraklı Orman (Deciduous Forest)	26660,5000	10,48	3,42
Orman Dışı Alanlar (Non Forest Areas)	İbrelî Orman (Coniferous Forest)	10664,1875	4,19	1,37
Yapraklı Orman (Deciduous Forest)	Su Alanları (Water Bodies)	1998,2500	0,85	0,26
Yapraklı Orman (Deciduous Forest)	Yerleşim (Residential Areas)	7895,0000	3,37	1,01
Yapraklı Orman (Deciduous Forest)	Orman Dışı Alanlar (Non Forest Areas)	58725,8750	25,05	7,54
Yapraklı Orman (Deciduous Forest)	Yapraklı Orman (Deciduous Forest)	139925,0000	59,68	17,97
Yapraklı Orman (Deciduous Forest)	İbrelî Orman (Coniferous Forest)	25901,1875	11,05	3,33
İbrelî Orman (Coniferous Forest)	Su Alanları (Water Bodies)	688,6875	5,51	0,09
İbrelî Orman (Coniferous Forest)	Yerleşim (Residential Areas)	687,8750	5,51	0,09
İbrelî Orman (Coniferous Forest)	Orman Dışı Alanlar (Non Forest Areas)	4858,7500	38,89	0,62
İbrelî Orman (Coniferous Forest)	İbrelî Orman (Coniferous Forest)	6257,5625	50,09	0,80
Toplam (Totals)		286026,562		36,73

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

İstanbul metropol alanında 1975 yılında 3.904.558 olan nüfusun, 2000 yılında 10.072.447 ye ulaştığı ve yaklaşık 2.58 kat arttığı görülmektedir. Bu hızlı nüfus artışının özellikle orman alanlarında yarattığı baskı ve olumsuz gelişmelerin ortaya konması amacıyla yapılan bu çalışmada uyu verileri, görüntü işleme ve CBS tekniklerinden yararlanılmıştır. Bu çalışmada değişimlerin belirlenmesi için uygulanan yöntem, sınıflandırma sonrası karşılaştırma ve GIS ile entegre edilmiş değişim belirleme yöntemidir. Bu yöntemin seçilmesinde etkili olan faktörlerden birincisi çalışmada kullanılan uyu verilerinin geometrik ve radyometrik çözünürlüklerinin farklı olması, diğeri ise nereden nereye (from-to) değişim olduğuna yönelik bilginin de belirlenmek istenmesidir. Bu yöntemde sınıflandırma işleminin doğruluğu, değişim analizi sonuçlarının güvenilirliğini etkileyen en önemli faktördür.

İstanbul metropol alanında 1975 ve 2000 yılları arasında ortaya çıkan ormansızlaşmanın anlamlı bir şekilde belirlenebilmesi için öncelikle ilgili yıllardaki orman alanları ile diğer arazi kullanım sınıflarının da yeterli doğrulukta sınıflandırılması gerekmektedir. Kontrollü

sınıflandırma ve En yüksek olabilirlik algoritmasının kullanılmasıyla yapılan sınıflandırmada, bilgi sınıfı olan 5 ana arazi kullanım sınıfı ve birçok alt sınıf bulunmaktadır. Bu ana sınıflara göre yapılan doğruluk analizi sonucunda bütün sınıflardaki sınıflandırma doğrulukları 1975 yılı Landsat MSS görüntüsünde % 92.40 ve 2000 yılı Landsat ETM⁺ görüntüsünde % 93.60 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar sınıflandırma işleminin yeterli doğrulukta gerçekleştirildiğini göstermektedir. Landsat MSS görüntüsünün sınıflandırma sonuçlarının ETM⁺ görüntüsü sınıflandırma doğruluğuna yaklaşmasında, bu görüntüye uygulanan CBS işlemleri de rol oynamıştır.

Sınıflandırma sonuçlarına göre 1975 yılında İstanbul'daki ibrelili ve yapraklı orman alanı toplamı 246938.1875 hektar iken, 2000 yılında 211172.125 hektara düştüğü ve % 14 oranında azaldığı görülmektedir. Bu değişim ve azalmanın anlamlı olarak yorumlanabilmesi için Tablo 7'nin yanında Tablo 8 ve Şekil 2'nin de birlikte incelenmesi gerekmektedir. Tablolar incelendiğinde, 1975 den 2000 yılına gelindiğinde İstanbul'daki asli doğal orman yapısı olan yapraklı orman alanında %28.83 oranında (67579.3125 ha) azalma olduğu görülmektedir. İbrelili orman alanında 31813.25 ha artış görülmekte ise de bu artış yapraklı ormanlardaki azalmayı karşılamamaktadır. Tablo 8'in incelenmesi bize orman alanlarındaki değişimin nereden nereye olduğunu vermesi bakımından önemlidir. Aynı zamanda Şekil 2' de bu değişimlerin mekansal dağılımı görülmektedir. Bu şekil ve tablonun incelenmesi sonucunda; 1-Su alanları ile ibrelili ve yapraklı orman sınıfları arasındaki değişimlerin, baraj havzalarındaki su seviyesindeki değişimler ve açık maden işletmeciliği sonucu oluşan göletlerden kaynaklandığı, 2-orman dışı alanlardan özellikle ibrelili orman sınıfına geçen alanların esas olarak su havzaları civarında yapılan ağaçlandırma çalışmaları ile diğer ağaçlandırma çalışmalarından kaynaklandığı 3- orman alanlarındaki azalmaya neden olan temel değişim şeklinin özellikle yapraklı orman sınıfından yerleşim alanlarına ve orman dışı alanlara dönüşüm şeklinde görüldüğü ve bu alanların yerleşim alanı kenarlarında ve açık maden işletmeciliği yapılan alanlarda yoğun olarak görüldüğü, 4-yapraklı ve ibrelili orman sınıfları arasında görülen değişim şekilleri ile ormanken orman dışı alanlara dönüşümlerin bir kısmının ormancılık faaliyetlerinden kaynaklandığı görülmüştür.

DETERMINATION OF DEFORESTATION IN ISTANBUL CAUSED BY RAPID URBANIZATION WITH REMOTE SENSING DATA

Doç. Dr. Ayhan KOÇ

Abstract

The main objective of this paper is to use satellite images to determine deforestation occurred in Istanbul as a result of rapid urbanization and anthropologic impacts between 1975 and 2000. For this reason, Landsat MSS images of 1975 and Landsat ETM⁺ images of 2000 were evaluated.

The method for comparison of postclassification was conducted for determining the change detection. In the classification stage of satellite data, Landsat MSS images with low resolution and GIS process were used for high accuracy and was reached overall 90 % accuracy for all classes for both images. By using change matrices, changes in forest areas put forth together with spatial and area distribution.

Key words: Remote sensing, Deforestation, Change detection, Satellite data, Image processing

SUMMARY

The research area is 7785.4375 km² within the boundary of Istanbul which is located between 29° E latitude and 41° N longitude. Since Istanbul is the most important center for the industry and commerce with highest population density in Turkey, it receives the highest immigration rate from less developing regions of the Country. The population of the city was 3.904.558 in 1975. That amount doubled in 25 years and the population reached 10.072.447 in 2000 (Table 1). These rapid population increase and uncontrolled immigration caused an unorganized urbanization and caused destruction of natural and forest areas. To determine the destruction occurred in forest areas, Landsat MSS in 1975 and Landsat ETM⁺ in 2000 were evaluated in this study.

The methods used for change detection were comparison of postclassification and change detection method that integrated to GIS. In this method, the accuracy of classification is the most important factor that affects the accuracy of change detection results. For classification of satellite images, supervised classification and maximum likelihood algorithm were used together. In this classification, 5 main land use class and their sub-classes were used as information classes. For representation of sub-classes, 452 training areas for MSS images and 374 training areas for ETM⁺ images were selected. For classification purposes, 4 original bands and NDVI bands were used for MSS images; and 3,4,5,7 and NDVI band were used for ETM⁺ images. At the end of the accuracy analyses based on main classes, accuracy for all classes was found to be 92.40% (Table 4) Landsat MSS image of 1975 and 93.60 % (Table 5) Landsat ETM⁺ of 2000. Classification results were shown in Table 6. Based on classification results, the sum of forest areas were presented in Table 7. The change matrix was gathered from classification results to bring up detailed changes

in forest areas and its results were given in Table 8. Figure 2 was formed to show spatial distribution of changes occurred in forest areas.

According to classification results, the total area of coniferous and deciduous forests was 246938.1875 ha in 1975 and the amount decreased to 211172.125 ha with a percent of 14. For expressive interpretation of these changes and decreases, the tables and figures need to be examined together. By examining the tables, from 1975 to 2000, 28.83 % (67579.3125 ha) decrease was observed in the deciduous forest areas of Istanbul that is the main forest structures for the city. The small amount of increase were found in coniferous forest areas but wasn't enough for the decrease of deciduous forests. The examination of Table 8 is important for understanding the boundary of changes in forest areas. The spatial distribution of these changes was also shown in Figure 2.

As a result of the evaluation of figures and tables, the following information was taken:

- 1) The changes between water bodies and deciduous and coniferous forests were as a result of water ponds changes in the water level in the reservoirs and open mining.
- 2) The non-forest areas turned to coniferous forest areas by afforestation works applied in the watersheds.
- 3) The basic change caused the decreases in the forest areas was changes in the land use types from the deciduous forests into settlements and mostly was seen in close to settlement areas and open mining areas.
- 4) Some portion of the changes that seen between the deciduous and coniferous forests and change of forest areas into non-forest areas were due to forestry activities.

KAYNAKLAR

AYANOĞLU, S., 1995: Orman ve Çevre Üzerinde Olumsuz Etki Yaratan Yasal Düzenlemeler. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt 45, Sayı 1-2, S. 53-59

BAUMGART, J., 1991: Digitale Bildverarbeitung, Anwendung in Photogrammetrie, Kartographie und Fernerkundung / Hans-Peter Bähr; Thomas Vögtle (Hrsg.).-, 2., völlig neuarbeitete Auflage- ISBN 3-87907-224-8 Wichman Verlag, Karlsruhe s. 170-207

BOYDAK, M., 1984: İstanbul Adalarının Ağaçlandırılmasında Amaç, Tür Seçimi ve Ağaçlandırma Tekniği Yönleriyle Planlama esasları. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt 34, Sayı 4, S. 24-45

ERDAS 1991: VGA ERDAS Ver. 7.5 Field Guide. 2nd Edition. ERDAS Inc., ATLANTA, Georgia, USA. pp. 394.

ERDAS 1995: ERDAS Imagine Field Guide. 3.rd Edition. ERDAS Inc., Atlanta, Georgia, USA. pp. 332

KEIL, M.; MOHAUPT-JAHR, B.; KIEFL, R.; STRUNZ, G., 2002: Das Projekt CORINE Land Cover in Deutschland 2000. S. Dech et.al (Hrsg): Tagungsband 19. DFD-Nutzerseminar, 15.-16. Oktober 2002, S. 95-104.

KOÇ, A.; YENER, H., 2001: Uzaktan Algılama Verileriyle İstanbul Çevresi Ormanlarının Alan ve Yapısal Değişikliklerinin Saptanması. İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, Cilt 51, Sayı 2, S.17-36

KOUKAL, T., 2001: Landschaftserfassung mit Luftbildern und Satellitenbildern. Tagung für die die Jägerschaft, 13. und 14. Februar 2001, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, A-8952 Irdning.

KRAUS, K.; SCHNEIDER, W., 1990: Fernerkundung, Bant 1, Physikalische Grundlagen und Aufnahmetechniken, ISBN 3-427-78661-7, Dümmler Verlag, Bonn.

KRAUS, K., 1992: Fernerkundung, Bant 2., Auswertung Photographischer und Digitaler Bilder, Mit Beiträgen von J. Jansa und W. Schneider, ISBN 3-427-78671-4, Dümmler Verlag, Bonn

LU, D.; MAUSEL, P.; BRONDIZIO, E.; MORAN, E., 2004: Change Detection Techniques, Int.J.Remote Sensing, 25:12, pp. 2365-2407.

MYNENI, R.B.; ASRAR, G., 1994: Atmospheric Effects and Spectral Vegetation Indices, Remote Sensing Environment, Volume: 47, pp. 390-402, New York.

REDER, J., 2002: Automatische Detektion neuer Siedlungsflächen durch Vergleich hochauflösender Satellitenbilddaten. In: Blaschke, T. (Hrsg.): Fernerkundung und GIS: Neue Sensoren-innovative Methoden. H.Wichman Verlag, Heidelberg, s. 169-178.

SINGH, A., 1989: Digital Change Detection Techniques Using Remotely-Sensed Data, Int.J.Remote Sensing, 10: 6, pp, 989-1003.

SWAIN, P.H.; DAVIS, S.M., 1978: Remote Sensing; The Quantitative Approach, McGraw-Hill Inc.(Çeviri: MAKTAV, D.; SUNAR, F., 1991)

UZUN, A.; YEŞİL, A.; KOÇ, A., 2000: İstanbul Büyükada'daki Yerleşimin Vejetasyona etkisinin CBS yardımıyla Saptanması. 9.Ulusal Bölge Bilimi/Bölge Planlama Kongresi, KTÜ, Mimarlık Bölümü, Şehircilik Anabilim Dalı, Trabzon.

UZUN, A.; YEŞİL, A.; KOÇ, A., 2003: Determining the Effects of the Settlements on Vegetation cover in Princes Islands by satellite Images. Silva Balcanica, Issue No. 3 (1).

YALTIRIK, F.; EFE, A.; UZUN, A., 1997: Tarih Boyunca İstanbul'un Park Bahçe ve Koruları, Egzotik Ağaç ve Çalıları. İSFALT, Yayın No: 4, ISBN 975-8183-00-1

YENER, H., 2002: Ulusal Orman Envanterinde Uzaktan Algılama Verilerinden Yararlanma Olanakları, Türkiye Ulusal Orman Envanteri Sempozyumu 24-28 Eylül 2002, İstanbul.

<http://www.yerelnct.tr> (Z.Tarihi : 25.08.2005)