

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

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
ORMAN FAKÜLTESİ
D E R G İ S İ

REVIEW OF THE FACULTY OF FORESTRY,
UNIVERSITY OF ISTANBUL

ZEITSCHRIFT DER FORSTLICHEN FAKULTÄT
DER UNIVERSITÄT ISTANBUL

REVUE DE LA FACULTÉ FORESTIÈRE
DEL 'UNIVERSITÉ D'ISTANBUL



1975-2000 YILLARI ARASINDA İSTANBUL'DAKİ ARAZİ KULLANIM DEĞİŞİMLERİNİN LANDSAT MSS VE LANDSAT ETM⁺ VERİLERİ İLE BELİRLENMESİ

Doç. Dr. Ayhan KOÇ¹⁾

Kısa Özet

Bu çalışmada, 1975-2000 yılları arasını kapsayan 25 yıllık süreçte İstanbul'da meydana gelen arazi kullanım sınıflarındaki değişimlerin belirlenmesinde Landsat MSS ve Landsat ETM⁺ görüntüleri kullanılmıştır. Değişim analizinde CBS destekli olarak sınıflandırma sonrası karşılaştırma yöntemi kullanılmıştır.

Uydu verileriyle yapılan sınıflandırma sonucu her iki görüntüde de bütün sınıflardaki doğruluk (overall accuracy) %90'ın üzerinde belirlenmiştir. Belirlenen ana sınıflara göre elde edilen değişim matrisi ile, İstanbul şehir ve kırsal alanında 1975-2000 yılları arasında meydana gelen değişim şekilleri, alansal ve mekansal dağılımları ile birlikte ortaya konmuştur. Elde edilen sonuçlar tablo, grafik ve haritalar ile sunulmuştur.

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

1.GİRİŞ

İstanbul tarih içerisinde sürekli ilgi görmüştür. Uzun yıllar Osmanlı İmparatorluğu'nun başkenti olan il, Türkiye Cumhuriyeti'nin kurulmasından sonra başkent ünvanını kaybetmiştir. Ancak bu dönemde de ülkenin ekonomi, sanayi ve ticaret merkezi olmuştur. Türkiye'nin nüfus yoğunluğu en fazla olan Marmara bölgesinde bulunan bu metropol alanı, ülkenin nüfus olarak en büyük ve en yoğun ilidir. Bu özellikleri nedeniyle ülkenin az gelişmiş bölgelerinden İstanbul'a her yıl binlerce insan göç etmiş ve etmektedir. Bu göçler plansız bir kentleşmeye neden olurken, aynı zamanda doğal alanların tahribine ve arazi kullanım şekillerinde hızlı bir değişime neden olmaktadır.

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 iki ana gruba 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

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

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 kullanılabildiği gibi, değişimin yarı otomatik olarak belirlendiği yöntemler de geliştirilmektedir (REDER 2002).

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^o doğu boylamı ve 41^o 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 dökken daha nemcil olan çalı türleridir. 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 (*Phillyrea 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 (*Kızılcıam-Pinus brutia* Ten.) ve maki formasyonundan oluştuğu görülmektedir (UZUN *ve ark.* 2000; UZUN *ve ark.* 2003). İstanbul'un diğer bölgelerinde görülen ibrelî ormanlar ise ağaçlandırmalar sonucu oluşmuştur. Bu nedenle İstanbul'un genelindeki doğal 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 nüfus, 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 (YERELNET 2005).

2.2. Kullanılan Yazılım, Donanım ve Veriler

Bu çalışmada 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⁺ uydu verileri kullanılmıştır. Değerlendirmelerde yer gerçeği verilerinin elde edilmesi için ilgili yıllara ait orman amenajman plan ve haritaları, 2000 yılına ait pankromatik ve çok bantlı (multi spektral) IKONOS uydu görüntüleri ve çalışma 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 bantlar 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 verilerinin elde edilmesinde yararlanılan IKONOS uydu 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 uydu 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 (57m x 79m), sınıflandırma sonrası piksellerin birebir çakışmasının sağlanabilmesi için bu görüntüler de 25m'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 (Area of Interest) 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 görüntü 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 arazi kullanım sınıflarında meydana gelen değişimlerin belirlenmesi amacıyla 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 oranlanması (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 fark vejetasyon indeksi (NDVI) dir (KRAUS 1992; MYNENI/ASRAR 1994).

Araştırmada kullanılan MSS ve ETM⁺ görüntüleri için ERDAS yazılımı içerisinde bulunan formüllerle, normalize fark vejetasyon indeksi (NDVI), Radyans oranı (RO), SQRT (IR/R), Transformed NDVI (TNDVI), Vejetasyon indeksi (Veg.Index) olmak üzere 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 görüntü 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 kullanılanlarıdır. 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

Çalışmanın ana amacı, 1975–2000 yılları arasında İstanbul'daki arazi kullanım sınıflarında meydana gelen değişimlerin belirlenmesidir. Bu amaca uygun olarak 1975 ve 2000 yıllarına ait uydu görüntüleri (LANDSAT MSS ve LANDSAT ETM⁺) ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Görüntülerin sınıflandırılması çalışmalarında kontrollü sınıflandırma (Supervised classification) ve en yüksek olabilirlik algoritması (Maximum likelihood) kullanılmıştır. Çalışmanın amacına uygun olarak 1975 ve 2000 yıllarına ait uydu görüntülerinin sınıflandırılması için gerekli olan eğitim alanları görsel yorumlama ile birlikte, yukarıda belirtilen veriler ve yersel gözlemlerden elde edilen verilerden yararlanılarak belirlenmiştir. 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 örtü tipi ortaya çıkabilmektedir. İstanbul çevresi ormanları, gerek sahip olduğu makro ve mikro iklim özellikleri, gerekse yetişme 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 ve çevresindeki arazi kullanım tipleri ve bunlarda meydana gelen değişimlerin duyarlı bir şekilde belirlenebilmesi için öncelikle doğru bir şekilde arazi kullanım sınıflarını belirlemek gerekmektedir.

2.7. Arazi Kullanım Sınıflarının Belirlenmesi

İstanbul ve çevresinde arazi kullanım sınıflarında meydana gelen değişimlerin 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 kullanım 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 alanlarının çok sayıda alt sınıf ile ve dolayısıyla çok sayıda spektral sınıf ile temsil edilmesi zorunluluk olarak ortaya çıkmaktadır. Bu durum bütün ana sınıflar için geçerli olup, 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.

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 ve bu tür çalışmalarda en çok kullanılan sınıflandırma yöntemlerinden biri olan "En Yüksek Olabilirlik" yöntemi kullanılmıştır.

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 (Recode). 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. Bunun için 1975 ve 2000 yıllarına ait orijinal görüntü verileri ile aynı yıllara ait sınıflandırılmış görüntüler üst üste çakıştırılmış ve görsel olarak sınıflandırmaların 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. CBS işlemleri ile gerçekleştirilen düzeltme işlemleri esas itibarıyla daha düşük geometrik ve radyometrik çözünürlüğe sahip Landsat MSS görüntülerinden elde edilen sınıflandırılmış görüntüye uygulanmıştır.

Tablo 1: 1975 ve 2000 Yılı Görüntülerinin Sınıflandırma Doğruluğu Sonuçları

Table 1: Results of Classification Accuracies for the 1975 MSS and 2000 ETM+ Images

Sınıf Kodu (Class Code)	Arazi Kullanım Sınıfı (Land-Use Class)	MSS 1975		ETM+ 2000	
		Üretici Doğruluğu (Accuracy of Producers) (%)	Kullanıcı Doğruluğu (Accuracy of Users) (%)	Üretici Doğruluğu (Accuracy of Producers) (%)	Kullanıcı Doğruluğu (Accuracy of Users) (%)
10	Su Alanları (Water bodies)	100	100	100.00	100.00
20	Yerleşim (Residential Areas)	92.16	94.00	93.62	88.00
30	Orman Dışı Alanlar (Non Forest Areas)	84.31	86.00	88.46	92.00
40	Yapraklı Orman (Deciduous Forest)	91.67	88.00	90.57	96.00
50	İbrelî Orman (Coniferous Forest)	94.00	94.00	95.83	92.00
	Toplam Sınıflandırma doğruluğu (Overall Classification accuracy)	92.40 %		93.60 %	

Toplam Kapa İstatistiği (Overall Kappa Statistics)

: 0.9050

0.9200

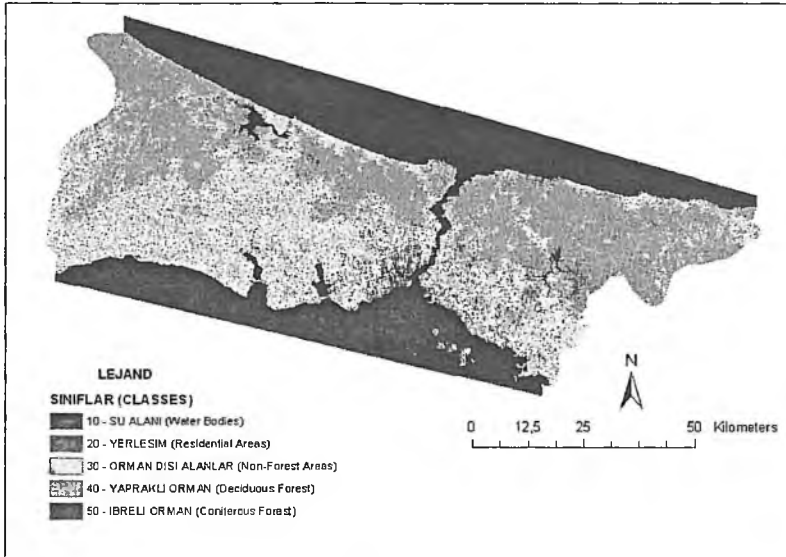
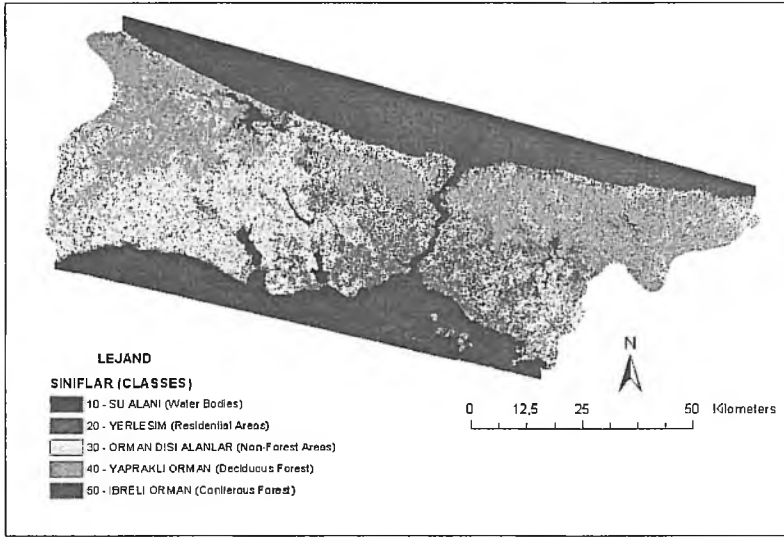
**Şekil 1: 1975 Yılı Sınıflandırılmış MSS Görüntüsü**

Figure 1: Classified Image of 1975 MSS

Yapılan kontrol ve düzeltme işlemlerinden sonra elde edilen sonuç görüntüleri doğruluk analizine tabi tutulmuştur. Doğruluk analizi (Accuracy Assessment), 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 tesadüfi 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. 1975 ve 2000 yılına ait görüntülerin sınıflandırılması sonucu ulaşılan doğruluk seviyesini gösteren doğruluk analizi sonuçları Tablo 1'de verilmiştir. Bu tabloda ayrıca, yeniden kodlama işleminde her ana arazi kullanım sınıfına verilen kod değeri de görülmektedir. 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.

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.



Şekil 2: 2000 Yılı Sınıflandırılmış ETM⁺ Görüntüsü
Figure 2: Classified Image of 2000 ETM⁺

Sonuç sınıflandırılmış görüntülerden 1975 ve 2000 yılları için elde edilen alansal değerler Tablo 2'de verilmiştir. Bu tabloda ana arazi kullanım sınıflarının ilgili yıllardaki miktarlarından başka, aynı zamanda bu ana sınıfların alanlarının toplam araştırma alanı içerisinde, ilgili yıllardaki payları da görülmektedir. Şekil 1'de verilen 1975 yılı ve Şekil 2'de verilen 2000 yılına ait sınıflandırılmış görüntülerin üzerinde ilgili yıllara ait arazi kullanım sınıflarının mekansal dağılımı görülmektedir.

Tablo 2: 1975 MSS ve 2000 ETM⁺ Görüntülerinden Elde Edilen Sınıflandırma Sonuçları
 Table 2: Classification results of MSS (1975) and ETM⁺ (2000) Images

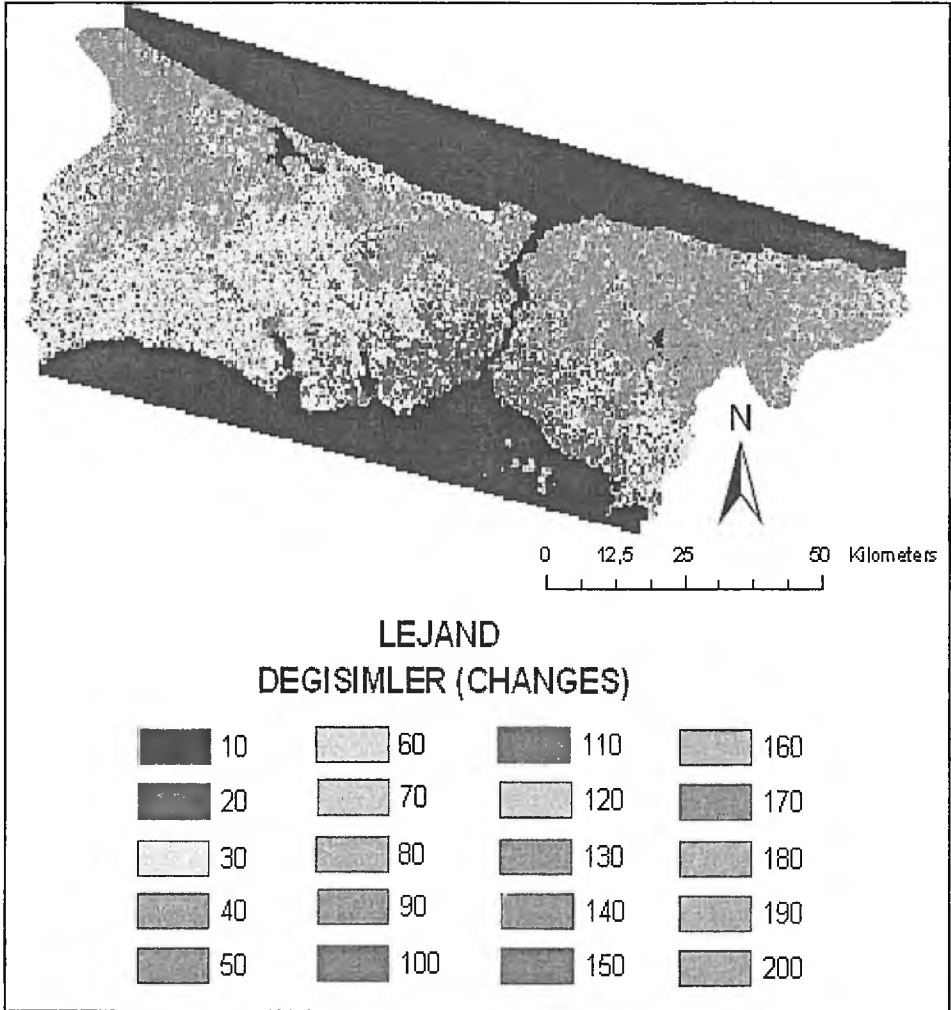
Arazi Kullanım Sınıfı (Land Use Class)	MSS 1975		ETM ⁺ 2000	
	Alan (Area) (Ha)	%	Alan (Area) (Ha)	%
Su Alanları (Water bodies)	260177,8750	33,42	262244,3125	33,68
Yerleşim (Residential Areas)	17026,1250	2,19	72705,1250	9,34
Orman Dışı Alanlar (Non Forest Areas)	254401,5625	32,68	232422,1875	29,85
Yapraklı 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 arazi kullanım sınıflarına ait alanların karşılaştırılması yapılmıştır. Böylece her iki farklı yıla ait arazi kullanım sınıfları alansal olarak karşılaştırılmıştır. Basit inceleme olarak adlandırabileceğimiz bu inceleme için Tablo 3 oluşturulmuştur. Ancak bu şekilde yapılacak bir inceleme bize arazi kullanım sınıflarındaki değişimlerin yönleri ve konumları hakkında bir bilgi vermemektedir.

Tablo 3: 1975-2000 Yılları Arasında Arazi Kullanım Sınıflarındaki Genel Alansal Değişim
 Table 3: Overall Areal Changes in Land-use Classes 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) (%)
Su Alanları (Water bodies)	260177,8750	262244,3125	2066,4375	0,79
Yerleşim (Residential Areas)	17026,1250	72705,1250	55679,0000	327,02
Orman Dışı Alanlar (Non Forest Areas)	254401,5625	232422,1875	-21979,3750	-8,64
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 (Totals)	778543,7500	778543,7500		



Şekil 3: 1975–2000 Yılları Arasında Arazi Kullanım Sınıflarında Meydana Gelen Değişimler (Değişim kodları Tablo 4’te sunulmuştur)

Figure 3: Changes Occurred in Land-use Classes from 1975 to 2000 (Change codes were presented in Table 4)

Tablo 4: 1975 - 2000 Yılları Arasında Arazi Kullanım Sınıflarındaki Değişim Detayları
Table 4: The Details of Changes Observed in Land-use Classes from 1975 to 2000

Kod (Code)	1975 Yılı Arazi Kullanım Sınıfı (Land use class in 1975)	2000 Yılı Arazi Kullanım Sınıfı (Land use class in 2000)	Alan (Area) (Ha)	Orijinal Sınıfına Göre Değişim (Change according to original class) %	Toplam Alana Göre Değişim (Change according to total area) %
10	Su Alanları (Water bodies)	Su Alanları (Water bodies)	255866,00	98,34	32,86
20	Yerleşim (Residential Areas)	Yerleşim (Residential Areas)	17026,125	100,00	2,19
30	Orman Dışı Alanlar (Non Forest Areas)	Orman Dışı Alanlar (Non Forest Areas)	167539,00	65,86	21,52
40	Yapraklı Orman (Deciduous Forest)	Yapraklı Orman (Deciduous Forest)	139925,00	59,68	17,97
50	İbrelî Orman (Coniferous Forest)	İbrelî Orman (Coniferous Forest)	6257,5625	50,09	0,80
60	Su Alanları (Water bodies)	Yerleşim (Residential Areas)	1249,6250	0,48	0,16
70	Su Alanları (Water bodies)	Orman Dışı Alanlar (Non Forest Areas)	1298,5625	0,50	0,17
80	Su Alanları (Water bodies)	Yapraklı Orman (Deciduous Forest)	280,5000	0,11	0,04
90	Su Alanları (Water bodies)	İbrelî Orman (Coniferous Forest)	1483,1875	0,57	0,19
100	Orman Dışı Alanlar (Non Forest Areas)	Su Alanları (Water bodies)	3691,3750	1,45	0,47
110	Orman Dışı Alanlar (Non Forest Areas)	Yerleşim (Residential Areas)	45846,500	18,02	5,89
120	Orman Dışı Alanlar (Non Forest Areas)	Yapraklı Orman (Deciduous Forest)	26660,500	10,48	3,42
130	Orman Dışı Alanlar (Non Forest Areas)	İbrelî Orman (Coniferous Forest)	10664,187	4,19	1,37
140	Yapraklı Orman (Deciduous Forest)	Su Alanları (Water bodies)	1998,2500	0,85	0,26
150	Yapraklı Orman (Deciduous Forest)	Yerleşim (Residential Areas)	7895,0000	3,37	1,01
160	Yapraklı Orman (Deciduous Forest)	Orman Dışı Alanlar (Non Forest Areas)	58725,875	25,05	7,54
170	Yapraklı Orman (Deciduous Forest)	İbrelî Orman (Coniferous Forest)	25901,187	11,05	3,33
180	İbrelî Orman (Coniferous Forest)	Su Alanları (Water bodies)	688,6875	5,51	0,09
190	İbrelî Orman (Coniferous Forest)	Yerleşim (Residential Areas)	687,8750	5,51	0,09
200	İbrelî Orman (Coniferous Forest)	Orman Dışı Alanlar (Non Forest Areas)	4858,7500	38,89	0,62
	Toplam (Totals)		286026,56		36,73

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 ve yönleri hakkında detaylı bilgi vereceği gibi, bu bilgiden yararlanılarak değişim nedenleri hakkında sağlıklı yorumlamalar da yapabilmek olanağı sunar. Bu amaçla, belirlenen ana sınıflarla değişim matrisi oluşturulmuştur. Değişim matrisi, ana sınıflara göre yeniden kodlanmış ve yukarıda belirtildiği şekilde CBS işlemleri ile doğruluğu artırılmış görüntüler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bütün arazi kullanım sınıfları arasındaki ayrıntılı değişim bilgilerini içeren bu matristen elde edilen sonuçlar Tablo 4'te sunulmuştur. Bu tablodaki değerlerden hareket edilerek istenilen herhangi bir arazi kullanım sınıfındaki değişim şekilleri tüm detayları ile ortaya konabilir. Ayrıca bu değerlerden yararlanılarak oldukça sağlıklı yorumların yapılması da mümkündür. Şekil 3 ise, Tablo 4'te verilen arazi kullanım sınıflarındaki detaylı değişimlerin dağılımını mekansal olarak göstermektedir.

3.3. Arazi Kullanım Sınıflarındaki Değişimlerin İncelenmesi

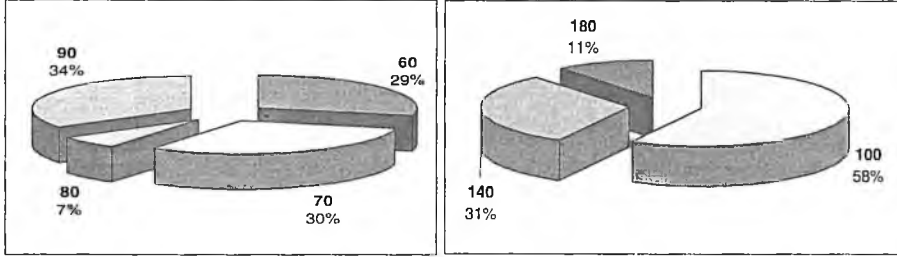
Arazi kullanım sınıflarındaki değişimlerin ayrıntılı ve anlamlı olarak incelenebilmesi için, her arazi kullanım sınıfındaki değişimin çift yönlü olarak ortaya konması gerekir. Bir başka deyişle 1975 yılındaki herhangi bir arazi kullanım sınıfının 2000 yılına geldiğinde hangi yönlerde değiştiği, aynı şekilde 2000 yılındaki bir arazi kullanım sınıfının 1975 yılındaki arazi kullanım sınıflarının hangilerinden oluştuğunun belirlenmesi gerekir. Bu amaçla 5 ana arazi kullanım sınıfının incelenmesi gerçekleştirilmiştir.

3.3.1 Su Alanlarındaki Değişimin İncelenmesi

Araştırma alanında uzun yıllar açık maden işletmeciliği yapılmıştır. Bu faaliyetlerden kaynaklanan arazi topoğrafyası ve kıyı zonu değişimi su alanlarının miktarını etkilemiştir. Açık maden işletmeciliğinde, madene ulaşmak için arazi üst katmanlarından elde edilen molozlar uzun yıllar denize dökülmüş ve bunun sonucu kıyı zonunda ciddi değişimler oluşmuştur. Yine bu faaliyetler sonucu arazi topoğrafyası da önemli ölçüde değişmiş ve çok sayıda gölet ortaya çıkmıştır. Bütün bu faaliyetlerin yanında İstanbul'un ulaşım gereksinimlerini karşılamak için yapılan sahil yolları da önemli ölçüde denize yapılan dolgu üzerine inşa edilmiştir. Diğer taraftan nüfusu sürekli artan kentin içme ve kullanma suyu gereksinimlerini karşılamak için yapılan barajlar da, araştırma alanında bulunan su yüzeylerini etkilemiştir.

Araştırma alanındaki su alanı sınıfı'ndaki değişimler Tablo 4, Şekil 4-A ve B birlikte incelendiğinde daha anlamlı sonuçlara ulaşılabilir. Şekil 4-A; 1975 yılında Su alanı olup, 2000 yılında arazi kullanım sınıfı değişen alanları, değişimin şeklini gösteren kod değeri ve bu şekilde sınıf değişikliğine uğrayan toplam alan içindeki yüzdelik oranlar ile göstermektedir. Bu değişim kodlarının anlamları ve değişen alan miktarları hektar olarak Tablo 4'ten izlenebilmektedir. Şekil 4-A daki değişimler incelendiğinde, değişimin %29'unun, 60 değişim kodu ile gösterilen ve su alanından yerleşim sınıfına geçen alanlardan oluştuğu görülmektedir. Yapılan sınıflandırmalarda asfalt ve beton yolların yerleşim alanı sınıfında değerlendirildiği göz önüne alınırsa, sonucun anlamlı olduğu görülecektir. Diğer taraftan 70 değişim kodu ile gösterilen ve su alanı sınıfından orman dışı alanlar sınıfına geçen alanın oranı %30'dur. Bu alan daha önce belirtildiği gibi açık maden işletmeciliği faaliyetlerinden kaynaklanan ve özellikle Karadeniz'in doldurulması ile kazanılan ve üzerinde henüz orman oluşmamış yerlerdir. 90 değişim kodu ile gösterilen ve 1975 yılında su alanı olup da 2000 yılında ibrelili orman sınıfına geçen yerler ise genelde yukarıda belirtildiği gibi kazanılan eski yerlerden ağaçlandırılan ve orman durumuna gelen yerlerdir. Aynı

şekilde toplam içerisinde %7 ile temsil edilen ve diğer değişim şekillerine göre çok daha az olan değişim şekli ise yapraklı orman sınıfına geçişte görülmektedir. Ülkemizde ağaçlandırma çalışmalarında genelde ibrelü türlerin kullanılması sonucu bu alanlar büyük olasılıkla kendiliğinden ormanlaşmış veya orman örtüsüne yakın maki ve benzeri örtü ile kaplanmış yerlerdir.



A

B

Şekil 4: Su Alanlarındaki Değişim

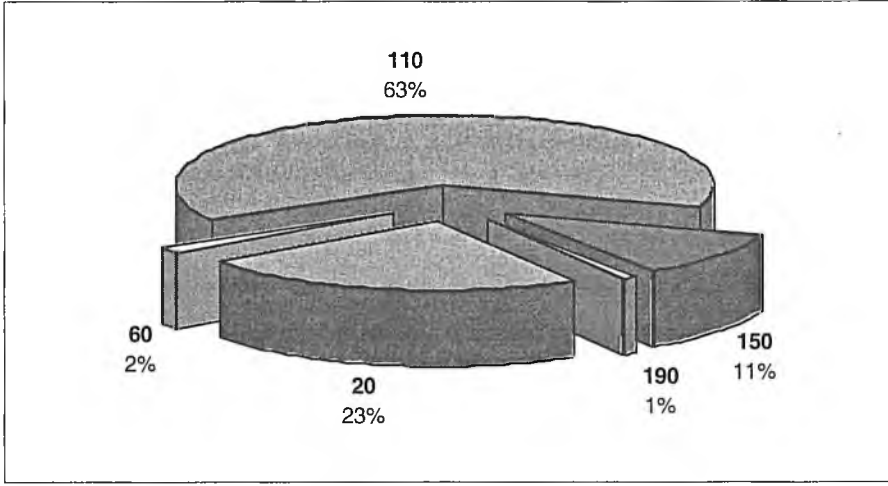
Figure 4: Change in Water bodies

Şekil 4-B ise, 1975 yılından 2000 yılına kadar büyük ölçüde açık maden işletmeciliği ve yeni barajlarla oluşan su alanlarının önceki arazi kullanım sınıflarını ve bunun oransal dağılımını göstermektedir. Bu şekilde görülen değişim kodlarının anlamları ve alansal miktarları yine Tablo 4'te görülmektedir.

3.3.2 Yerleşim Alanlarındaki Değişimin İncelenmesi

Araştırma alanı daha önce de belirtildiği gibi uzun yıllar göç almış, nüfusu hızla artmış olan ve Türkiye'nin en kalabalık ilidir. Bu hızlı nüfus artışı, doğal olarak beraberinde yerleşim alanlarının da genişlemesine neden olmuştur. 1975 yılında yerleşim alanı olan yerlerin 2000 yılında başka bir arazi kullanım sınıfında olması mümkün olmadığından, bu arazi kullanım sınıfı tek yönlü olarak incelenmiştir. Buna göre Şekil 5, 2000 yılında yerleşim alanı arazi kullanım sınıfında olan yerlerin, 1975 yılındaki arazi kullanım sınıfları bilgisini de içeren değişim kodları ve oransal dağılımını göstermektedir.

Şekil 5 incelendiğinde 2000 yılında yerleşim alanı olan yerlerin sadece % 23'nün 1975 yılında da yerleşim alanı olduğu ve diğer alanların ise başka arazi kullanım sınıflarından yerleşim alanına dönüştüğü görülmektedir. Yerleşim alanına dönüşen arazi kullanım sınıfları içerisinde en önemli yeri orman dışı alanlar oluşturmakla beraber, özellikle 1975 yılında yapraklı orman arazi kullanım sınıfında olan çok önemli miktardaki bir alanın yerleşim alanına dönüştüğü görülmektedir. 1975 ve 2000 yılları arasındaki 25 yıllık süreçte yerleşim alanına dönüşen ibrelü ve yapraklı orman alanı toplamı, 1975 yılında var olan yerleşim alanı miktarının yaklaşık olarak yarısı kadar bir alana ulaşmaktadır. Bu ise yerleşimler nedeni ile orman alanlarının nasıl tahrip edildiğini göstermektedir.

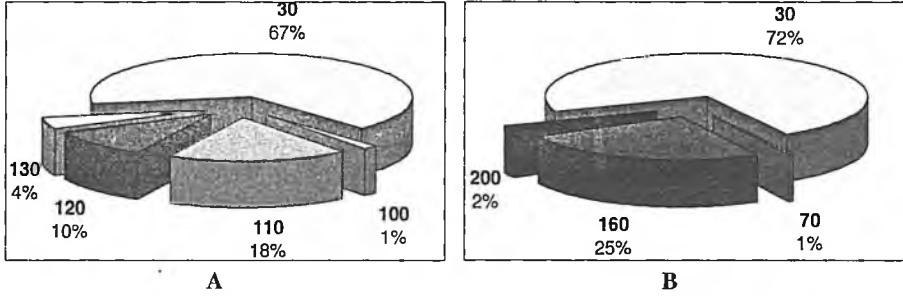


Şekil 5: Yerleşim Alanlarındaki Değişim

Figure 5: Change in Residential Areas

3.3.3 Orman Dışı Alanlarındaki Değişimin İncelenmesi

Orman dışı alanlar sınıfında yapılan inceleme çift yönlü olarak yapılan bir incelemedir. Şekil 6-A, 1975 yılında orman dışı alanlar sınıfında olan yerlerin, 2000 yılında hangi arazi kullanım sınıflarına dönüştüğünü gösteren değişim kodu ve alanını oransal olarak göstermektedir. Bu şekil incelendiğinde, 1975 yılında orman dışı alanlar sınıfında olan yerlerin % 67'sinin 2000 yılında da orman dışı alanlar sınıfında olduğu görülmektedir. Diğer taraftan bu sınıfın 1975 yılındaki alanının % 18'i 2000 yılında yerleşim alanına, % 10'u ise yapraklı ormana dönüşmüştür. Aynı şekilde bu alanın % 4'ü ağaçlandırmalar sonucu ibrelî ormana, % 1'i ise açık maden işletmeciliği ve barajlar nedeni ile su alanına dönüşmüştür. Burada yapraklı orman sınıfına dönüşen alanların mekansal dağılımı incelendiğinde, bu alanların orman alanları içinde ve yakınında olduğu görülmektedir. İstanbul alanındaki ormanların içerisinde baltalık niteliğindeki alanların çokluğu ve bu alanlarda 1975 yılı ve öncesinde gerçekleştirilen kesimler, gençleştirme çalışmaları ve benzeri faaliyetlerden kaynaklanan nedenlerle, bu alanlar 1975 yılı uyu görüntüsünün sınıflandırılmasında orman dışı alanlar sınıfında görülmektedir. Aynı şekilde 1975 yılında çok bozuk ve yeterli kapalılığın oluşmadığı alanların bir kısmı uyu görüntüsünde orman dışı alanlar sınıfında yer alırken, 2000 yılına kadar gerçekleştirilen koruma ve diğer ormancılık faaliyetleri sonucunda kapalılık oluşmuş ve orman alanına dönüşmüştür.

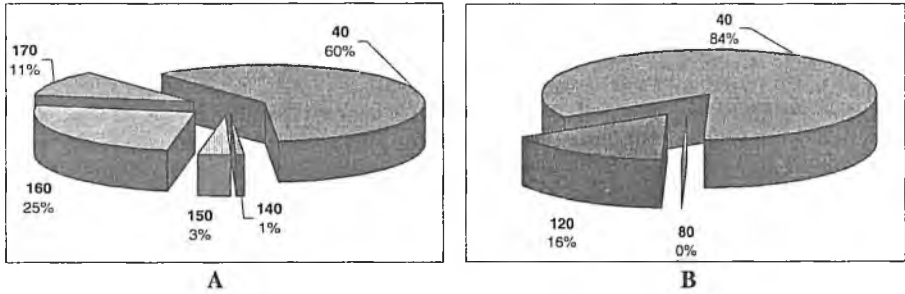


Şekil 6: Orman Dışı Alanlardaki Değişim
Figure 6: Change in Non-forest Areas

Şekil 6-B, 2000 yılındaki orman dışı alanların, 1975 yılındaki arazi kullanım sınıflarının hangilerinden oluştuğunu göstermesi bakımından anlamlıdır. Bu şekil incelendiğinde, 2000 yılındaki orman dışı alanların % 72'sinin daha önce de aynı sınıfta yer alan alanlardan oluştuğu, kalanının ise diğer sınıflardan orman dışı alanlar sınıfına dönüşen yerler olduğunu göstermektedir. 2000 yılındaki orman dışı alanlar sınıfının % 25'i ise yapraklı orman sınıfından orman dışı alanlar sınıfına geçiş şeklinde gerçekleştiği ve esas dönüşümün bu sınıfta gerçekleştiği görülmektedir. Bu dönüşümün bir kısmı ormancılık faaliyetlerinden ve açık maden işletmeciliğinden kaynaklanırken, bir kısmı ise arazi kazanmak amacıyla insan eliyle ormansızlaştırılan yerlerden oluşmaktadır. Değişimlerin mekansal dağılımını gösteren Şekil 3 incelendiğinde, özellikle yerleşim alanlarına yakın olan ve 25 yıllık süreçte bu tür değişim gösteren yerlerin genellikle arazi kazanmak amacıyla ormansızlaştırılan yerler olduğu söylenebilir.

3.3.4. Yapraklı Orman Alanlarındaki Değişimin İncelenmesi

Araştırma alanındaki orman alanları, yapraklı ve ibrelili ormanlar olarak iki ana grupta incelenmiştir. Yapraklı orman sınıfındaki değişim iki yönlü olarak ele alınmış ve Şekil 7'de gösterilmiştir. Şekil 7-A incelendiğinde, 1975 yılında yapraklı orman olan alanların 2000 yılına gelindiğinde hangi oranda ve hangi arazi kullanım sınıflarına dönüştüğü görülmektedir. Buna göre 1975 yılındaki yapraklı orman alanının % 60'ı 2000 yılında da yapraklı orman sınıfında yer almaktadır. İkinci önemli değişim şekli ise % 25'lik bir oranla yapraklı orman sınıfından orman dışı alanlar sınıfına geçiş şeklinde kendini göstermektedir. Bu değişim şekli ise yukarıda da belirtildiği gibi kısmen açık maden işletmeciliği ve ormancılık faaliyetlerini kapsarken, bir kısım alanlarda arazi kazanmak amacıyla açılan yerlerden oluşmaktadır. Üçüncü önemli dönüşüm ise % 11'lik oranla ibrelili orman sınıfına geçiş şeklinde kendini göstermekte ve özellikle bozuk yapılı yapraklı ormanlarda ibrelili türlerle yapılan ağaçlandırma çalışmalarından kaynaklanmaktadır. 1975 yılında yapraklı orman olan alanların %3'ü ise yerleşim alanına dönüşmüştür. Su alanlarına dönüşüm % 1 olup genel olarak açık maden işletmeciliği ve barajlardan kaynaklanmaktadır.



Şekil 7: Yapraklı Orman Alanlarındaki Değişim

Figure 7: Change in Deciduous Forest Areas

Şekil 7-B ise, 2000 yılında yapraklı orman olan yerlerin 1975 yılındaki arazi kullanım sınıfını vurgulamaktadır. Buna göre 2000 yılında yapraklı orman olan alanların % 84'ü, 1975 yılında da yapraklı orman sınıfında bulunan ve sınıf değişikliği olmayan alanlardır. Buradaki temel dönüşüm % 16'lık oranla, orman dışı alanlar sınıfından yapraklı orman sınıfına dönüşüm şeklinde görülmektedir. Bununla ilgili açıklamalar yukarıda yapılmıştır. 2000 yılındaki yapraklı ormanlar içerisindeki payı % 1'in altında olması nedeniyle şekil üzerinde % 0 olarak görülen dönüşüm şekli ise, öncesi itibariyle su alanı sınıfında olan yerlerden yapraklı orman sınıfına dönüşüm şeklinde gerçekleşmiştir.

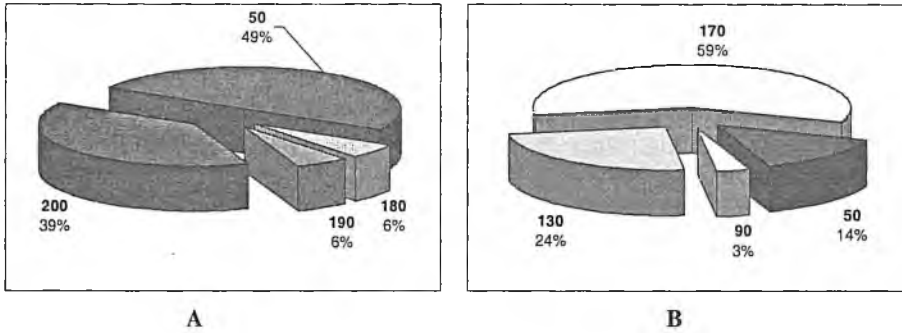
3.3.5. İbrelî Orman Alanlarındaki Değişimin İncelenmesi

İbrelî orman alanlarındaki değişimler de çift yönlü olarak incelenmiş ve Şekil 8'de gösterilmiştir. Şekil 8-A, 1975 yılında ibrelî orman olan alanların 2000 yılında hangi arazi kullanım sınıflarına geçtiğini göstermektedir. Buna göre 1975 yılında ibrelî orman olan alanların % 49'u, 2000 yılında da ibrelî orman olarak arazi kullanım sınıfı değişmeden varlığını sürdürmektedir. Değişim esas olarak %39 oranla ibrelî orman sınıfından orman dışı alanlar sınıfına dönüşüm şeklinde görülmektedir. Bu değişimin nedenleri de büyük ölçüde yapraklı ormanlarda aynı yönde gerçekleşen değişime benzemektedir. Bu sınıftaki değişimlerde dikkate alınması gereken diğer bir nokta, bu değişimlerin alansal miktarlarıdır. Araştırma alanının doğal orman örtüsü esas olarak yapraklı ormanlardan oluştuğu için, 1975 yılında ibrelî orman alanı, alansal olarak çok değildir. Bu nedenle yapraklı orman alanına göre çok daha küçük alanlardaki değişimler oransal olarak yüksek görülebilir.

1975 yılında ibrelî orman olan yerlerdeki diğer iki değişim şekli, % 6'şarlık oranla su alanı sınıfına ve yerleşim alanı sınıfına değişim şeklinde görülmekte olup, yapraklı orman alanlarındaki aynı yöndeki değişimlerin nedenleri burada da geçerlidir.

Şekil 8-B ise, 2000 yılında ibrelî orman olan yerlerin 1975 yılındaki arazi kullanım sınıflarına yönelik bilgilerini de içeren değişim kodları ve bu sınıflardan dönüşen alanların 2000 yılındaki toplam ibrelî orman alanı içerisindeki oranlarını göstermektedir. Bu şekil incelendiğinde 2000 yılında ibrelî orman olan yerlerin sadece % 14'ünün 1975 yılında da ibrelî orman alanı olduğu görülmektedir. Bu sınıfta %59'luk oranla en büyük miktardaki değişim, yapraklı orman

sınıfından ibrelî orman sınıfına değişim şeklinde gerçekleşmiştir. İstanbul'da uzun yıllar, özellikle bozuk ormanlardaki koruya tahvil çalışmaları sonucu hızlı gelişen ibrelî türlerle yapılan ağaçlandırma çalışmaları bu sonucu ortaya çıkarmıştır.



Şekil 8: İbrelî Orman Alanlarındaki Değişim
Figure 8: Change in Coniferous Forest Areas

Şekil 8-B'de görüldüğü gibi, 2000 yılında ibrelî orman alanı olan yerlerin % 24'ü, 1975 yılında orman dışı alanlar sınıfında olan yerlerdir. Değişim şekillerinin mekansal dağılımının gösterildiği Şekil 3 incelendiğinde, bu alanların büyük oranda baraj havzalarında olduğu görülecektir. Baraj havzalarında yapılan ağaçlandırma çalışmaları araştırma alanındaki ibrelî orman alanı miktarında önemli artışlara neden olmuştur. Diğer taraftan 1975 yılında bozuk ve çok bozuk orman alanı içerisindeki boşluklar uydu görüntüsünde açık alan olarak değerlendirildiğinden, bu bölgelerde yapılan ibrelî orman plantasyonları sonucu 2000 yılı uydu görüntülerinde tam kapalı hale geldiğinden, ibrelî orman alanı olarak değerlendirilmektedir. Bu şekildeki değişimler de, değişim analizinde orman dışı alanlardan ibrelî orman sınıfına değişim şeklinde ortaya çıkmaktadır. Aynı şekil üzerinde %3 oranla su alanlarından ibrelî orman sınıfına değişim olduğu görülmektedir. Bu alanlar ise büyük oranda açık maden işletmeciliği nedeniyle dolgu sonucu oluşan alanların ilerleyen yıllarda ağaçlandırılmasından kaynaklanmaktadır.

4. TARTIşMA VE SONUÇ

İstanbul nüfusunun sürekli olarak ve hızla artması, arazi kullanım sınıflarında da hızlı bir değişime neden olmaktadır. 1975 ve 2000 yılları arasındaki dönemde, arazi kullanım sınıflarında ortaya çıkan değişimlerin belirlenmesi ana amacıyla gerçekleştirilen bu çalışmada, çok zamanlı (multi temporal) uydu verileri, görüntü işleme ve CBS tekniklerinden yararlanılmıştır. Değişim belirleme çalışmalarında aynı nitelikte uydu verilerinin kullanılması ideal olan durumdur. Bu çalışmada kullanılan uydu verileri ise farklı geometrik ve radyometrik çözümlemeye sahiptir. Bu nedenle çalışmada değişim belirleme yöntemi olarak sınıflandırma sonrası karşılaştırma yöntemi tercih edilmiştir. Ayrıca elde edilen veriler değişik aşamalarda CBS ile bütünleştirilmiş (entegre edilmiş) ve detaylı değişim analizleri yapma olanağı ortaya çıkmıştır. Diğer taraftan sınıflandırma aşamasında da CBS kullanılarak düşük çözünürlüklü uydu verilerinden de yüksek sınıflandırma

doğruluğu elde edilmesinde katkı sağlanmıştır. Değişimlerin belirlenmesi için uygulanan sınıflandırma sonrası karşılaştırma ve CBS ile entegre edilmiş değişim belirleme yöntemi, nereden nereye değişim olduğuna yönelik bilginin de belirlenmesini sağlamaktadır. Bu yöntemde her iki görüntüdeki sınıflandırma işleminin doğruluğu, değişim analizi sonuçlarının güvenilirliğini etkileyen en önemli faktördür.

İstanbul'da 1975 ve 2000 yılları arasında ortaya çıkan arazi kullanım sınıflarındaki değişimin anlamlı bir şekilde belirlenebilmesi için, öncelikle ilgili yıllardaki arazi kullanım sınıflarının yeterli doğrulukta belirlenmesi 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.

Yapılan çalışmada İstanbul'daki hızlı nüfus artışının arazi kullanım sınıflarında da hızlı bir değişime neden olduğunu ortaya koymuştur. Elde edilen sonuçlar tablo ve grafik olarak sunulmuştur. Değişim belirlemede esas alınan 5 ana arazi kullanım sınıfı açısından çarpıcı olan sonuçlar ise şöyledir;

Hızla artan nüfusun içme ve kullanma suyu gereksinimlerini karşılamak amacıyla yapılan barajlar ve açık maden işletmeciliği sonucu oluşan göletler su alanlarının artışına neden olmuştur.

İstanbul'un nüfusu 25 yıllık süreçte 2.58 kat artarken, yerleşim alanı miktarı 4,27 kat artmıştır. 2000 yılındaki toplam yerleşim alanının %63'ü 1975-2000 yılları arasında orman dışı alanlardan yerleşime dönüşen, %13'ü ise aynı periyotta orman alanlarından yerleşime dönüşen alanlardan oluşmuştur.

Orman dışı alanlar sınıfında bulunan açık alanlar, ziraat alanları ve yarı yabanıl alanlar da ise azalmalar ortaya çıkmıştır. Bu azalmada yerleşim alanlarındaki artış en önemli rolü oynamıştır.

1975 yılında araştırma alanının % 30,11'i yapraklı ormanlardan oluşurken, 2000 yılında bu oran % 21,43'e düşmüştür. Yapraklı ormanlardaki azalma nedenleri ise yerleşim alanına dönüşme, arazi kazanmak için açma ve ibreli ormana dönüşme temel nedenler olarak ortaya çıkmıştır.

1975 yılında araştırma alanının % 1,6'sını ibreli ormanlar oluştururken, 2000 yılında % 5,69'unu oluşturmaktadır. İbreli ormanlardaki artışın temel nedenlerini, su havzalarındaki ağaçlandırma çalışmaları ve bozuk baltalık ormanlardaki ibreli plantasyon çalışmaları oluşturmıştır.

DETERMINATION OF LAND-USE CHANGES IN ISTANBUL BETWEEN 1975 AND 2000 YEARS WITH LANDSAT MSS AND LANDSAT ETM⁺ DATA

Doç. Dr. Ayhan KOÇ

Abstract

In this study, changes occurred in land-use classes in Istanbul for 25 years from 1975 to 2000 were determined by using Landsat MSS and Landsat ETM⁺ images. The integrated GIS and classification comparison change detection technique was used in change analysis.

At the end of the classification stage of satellite data, overall accuracies were over 90% for all classes for both images. The nature of change observed in urban and rural areas of Istanbul and its spatial and areal distributions were detected by using change matrices according to main classes between 1975 and 2000. The results were presented by tables, figures and maps.

Key words: Remote sensing, change analysis, satellite data, image processing, GIS (Geographic Information System)

SUMMARY

In this study it was aimed to determine changes occurred in land-use classes in Istanbul for the 25 years from 1975 to 2000. The research area is 7785.4375 km² within the boundary of Istanbul which is located between 29 ° E longitude and 41° N latitude. Istanbul receives the highest immigration rate from less developing regions of the country. These rapid population increase and uncontrolled immigration caused changes in land-use rapidly and continually. To determine the destruction occurred in land-use classes, Landsat MSS in 1975 and Landsat ETM⁺ in 2000 were evaluated in this study.

Ideally, the remotely sensed data used to perform change detection should have same quality. In this study, satellite data used have different geometric and radiometric resolutions. So, the integrated GIS and post-classification comparison change detection technique was preferred and used in change analysis. In this method, the classification accuracy of each image is the most important factor that affects the accuracy of change detection final results. For classification of satellite images, supervised classification and maximum likelihood algorithm were used. In this classification, 5 main land-use classes and their sub-classes were used as an information classes. For representation of the 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 band 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, overall accuracy for all classes was found to be 92.40% in Landsat MSS image of 1975 and 93.60 % in Landsat ETM⁺ of 2000 (Table 1). The classification results were shown in Table 2. In the table, percentages of main land-use classes for study area with related years were also presented. Thematic maps derived from classified images

of 1975 and 2000 were shown in Figure 1, 2. In Table 3, general areal changes according to classification results were presented. The change matrix derived from classification results to bring up detailed changes in land-use and its results were given in Table 4. Figure 3 was formed to show spatial distribution of changes occurred in land-use classes.

Changes occurred in main land-use classes were investigated as bidirectional except for the residential areas. Detailed changes of water bodies, residential areas, non-forest areas, deciduous forest areas and coniferous forest areas were shown together with change codes and percent distributions in Figure 4, Figure 5, Figure 6, Figure 7, and Figure 8, respectively.

According to the results, the faster increase of population in Istanbul would provide rapid changes in land-use classes. The results were shown in tables and graphics. As a result of the evaluation of changes occurred in 5 main land-use classes, the following information was determined:

Water bodies have been enlarging due to pools formed by open mining and dams built to meet water demand of population.

As the population of Istanbul increased 2.58 times, the amount of residential areas increased 4.27 times during 25 years. 63% of total residential area in 2000 was comprised of transforming from non-forest area to residential area between 1975 and 2000 and 13% of the total area was comprised of transforming from forest areas to residential area in the same period.

Open areas exist in non-forest areas class, agricultural areas and wildland areas has been decreasing. Increase in the size of residential areas played an important role in this decrease.

While 30.11 % of study area had consisted of deciduous forest in 1975, this percentage dropped to 21.43 % in 2000. The reasons of this decrease were conversion of deciduous forests to residential area and coniferous forest and deforestation.

Whereas 1.6% of study area had consisted of coniferous forest in 1975, this percentage increased 5.69% in 2000. The reasons of this increase were afforestations in watersheds and plantations with coniferous species in unproductive coppice areas.

KAYNAKLAR

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

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

KOÇ, A.; YENER, H., 2001: Uzaktan algılama Verileriyle İstanbul Çevresi Ormanlarının A'lınsal 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 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 Büyükşehir'deki 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 No3(1).

YALTIRIK, F.; EFE, A.; UZUN, A., 1997: Tarih Boyunca İstanbul'un Park Bahçe ve Koruları, Egzotik Ağaç ve Çalıkları. 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.

YERELNET, 2005: <http://www.yerelnet.tr> (Z.Tarihi : 25.08.2005)