

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SPEKTRAL İNDEKSLERİN ARAZİ ÖRTÜSÜ/KULLANIMI
SINIFLANDIRMASINA ETKİSİ: İSTANBUL, BEYLİKDÜZÜ İLÇESİ,
ARAZİ KULLANIMI DEĞİŞİMİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Özge KAYMAN

Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı

Geomatik Mühendisliği Programı

OCAK 2015

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SPEKTRAL İNDEKSLERİN ARAZİ ÖRTÜSÜ/KULLANIMI
SINIFLANDIRMASINA ETKİSİ: İSTANBUL, BEYLİKDÜZÜ İLÇESİ,
ARAZİ KULLANIMI DEĞİŞİMİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Özge KAYMAN
(501121621)**

Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı

Geomatik Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Filiz SUNAR

OCAK 2015

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501121621 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Özge KAYMAN**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **“SPEKTRAL İNDEKSLERİN ARAZİ ÖRTÜSÜ/KULLANIMI SINIFLANDIRMASINA ETKİSİ: İSTANBUL, BEYLİKDÜZÜ İLÇESİ, ARAZİ KULLANIMI DEĞİŞİMİ”** başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Filiz SUNAR**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Derya MAKTAV**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Füsun BALIK ŞANLI
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : 15 Aralık 2014
Savunma Tarihi : 21 Ocak 2015

Çok değerli aileme...

ÖNSÖZ

Uzaktan algılama bilimini bana sevdiren, bilgi ve deneyimlerini paylaşarak tezimin her aşamasında yardımcı olan ve her konudaki yol göstericiliği ile her zaman yanımda olan sevgili hocam Prof. Dr. Filiz SUNAR'a çok teşekkür ederim.

Ayrıca çalışmalarım esnasında desteklerini esirgemeyen Güzide Miray PERİHANOĞLU'na, Mehmet BAK'a ve Meltem SERİN'e teşekkür ederim.

Son olarak, yalnız tez çalışması süresince değil tüm yaşamım boyunca bana her zaman güvenen ve destekleyen çok değerli annem ve babam Neriman ve Erhan KAYMAN'a ve ablam Çağla KAYMAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ocak 2015

Özge KAYMAN
(Geomatik Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
SEMBOL LİSTESİ.....	xix
ÖZET.....	xxi
SUMMARY....	xxiii
1. GİRİŞ.....	1
2. UZAKTAN ALGILAMANIN TEMELLERİ.....	3
2.1 Uzaktan Algılamanın Temel Bileşenleri.....	3
2.2 Elektromanyetik Enerji ve Elektromanyetik Spektrum	4
2.3 Atmosfer ile Elektromanyetik Enerji Etkileşimi.....	8
2.4 Elektromanyetik Enerjinin Yeryüzü Cisimleri ile Etkileşimi	10
2.4.1 Bitki örtüsünün spektral özellikleri.....	11
2.4.2 Suyun spektral özellikleri.....	13
2.4.3 Toprağın spektral özellikleri	14
2.4.4 Yerleşim alanlarının spektral özellikleri	15
3. KENTLEŞME	17
3.1 Tanım	17
3.2 Kentleşmenin Sebepleri	17
3.3 Kentleşmenin Olumlu ve Olumsuz Etkileri	18
3.4 Uzaktan Algılama'nın Kentsel Gelişimin Belirlenmesindeki Rolü.....	20
3.5 Literatür İncelemesi	21
3.6 Modelleme.....	22
4. DİJİTAL GÖRÜNTÜ İŞLEME	25
4.1 Dijital Uydu Görüntüsü.....	25
4.2 Çözünürlük.....	26
4.2.1 Mekansal çözünürlük	26
4.2.2 Spektral çözünürlük	28
4.2.3 Radyometrik çözünürlük.....	29
4.2.4 Zamansal çözünürlük	31
4.3 Ön işleme	32
4.3.1 Radyometrik düzeltme	32
4.3.2 Geometrik düzeltme	34
4.4 Görüntü Zenginleştirme	37
4.4.1 Mekansal dönüşüm	37
4.4.2 Spektral dönüşüm.....	37
4.4.2.1 Ana bileşen dönüşümü	37
4.4.2.2 Kontrast zenginleştirme	38
4.4.2.3 Aritmetik bant işlemleri	38
4.4.2.4 Spektral indeksler.....	40

4.5 Sınıflandırma.....	43
4.5.1 Kontrollü sınıflandırma	44
4.5.2 Kontrolsüz sınıflandırma.....	48
4.5.3 Doğruluk analizi.....	48
4.6 Değişim Saptama.....	50
5. UYGULAMA.....	53
5.1 Çalışma Alanı ve Kullanılan Veriler	53
5.2 Kontrollü Sınıflandırma	57
5.3 Doğruluk Analizi.....	59
5.4 Farklı Spektral İndeks Görüntüleri.....	61
5.5 Korelasyon Analizi.....	65
5.6 Kontrollü Sınıflandırma	76
5.7 Doğruluk Analizi.....	79
5.8 Değişim Analizi.....	84
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	89
KAYNAKLAR.....	91
ÖZGEÇMİŞ.....	95

KISALTMALAR

ADNKS	: Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi
BCI	: Biyofiziksel Karışım İndeksi
BRBA	: Yerleşim Alanları için Bant Oranı
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
DN	: Parlaklık Değeri (Digital Number)
ETM	: Gelişmiş Tematik Haritalayıcı
LANDSAT	: Land Satellite
MIR	: Orta Kızılötesi bölge
MSS	: Çok Spektrumlu Tarayıcı
NDBI	: Normalize Edilmiş Yerleşim Alanı İndeksi
NDISI	: Normalize Edilmiş Geçirimsiz Yüzey İndeksi
NDVI	: Normalize Edilmiş Bitki Örtüsü İndeksi
NIR	: Kızılötesi bölge
PCA	: Ana Bileşen Dönüşümü
SVI	: Toprak ve Bitki Örtüsü İndeksi
SWIR	: Kısa dalga kızılötesi bölge
TC	: Tasseled Cap
TIR	: Isıl Kızılötesi bölge
TM	: Tematik Haritalayıcı
V-I-S	: Bitki örtüsü-Geçirimsiz Yüzey-Toprak

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 4.1 : Yüksek ve düşük mekansal çözünürlüklü görüntülerin özellikleri.	27
Çizelge 4.2 : Değişim saptama yöntemleri	51
Çizelge 5.1 : LANDSAT-5 uydusunun teknik özellikleri	56
Çizelge 5.2 : TM algılayıcısının görüntüleme özellikleri	56
Çizelge 5.3 : Sınıflandırılmış 1984 LANDSAT-TM görüntüsüne ait hata matrisi ...	60
Çizelge 5.4 : Sınıflandırılmış 2011 LANDSAT-TM görüntüsüne ait hata matrisi. ..	60
Çizelge 5.5 : LANDSAT-TM görüntüsünün doğruluk analizi	61
Çizelge 5.6 : Farklı spektral indeksler	62
Çizelge 5.7 : 2011 yılına ait uydu görüntüsü ile spektral indeksler arasındaki korelasyon katsayısı.	66
Çizelge 5.8 : 1984 yılına ait uydu görüntüsü ile spektral indeksler arasındaki korelasyon katsayısı.	67
Çizelge 5.9 : 1984 yılına ait uydu görüntüsü ile spektral indeksler arasındaki korelasyon katsayısı.	68
Çizelge 5.10 : 2011 yılına ait uydu görüntüsü ile spektral indeksler arasındaki korelasyon katsayısı	69
Çizelge 5.11 : 1984 yılına ait uydu görüntüsü ile spektral indeksler arasındaki korelasyon katsayısı.	71
Çizelge 5.12: 2011 yılına ait uydu görüntüsü ile spektral indeksler arasındaki korelasyon katsayısı.	72
Çizelge 5.13 : 1984 yılına ait uydu görüntüsü ile spektral indeksler arasındaki korelasyon katsayısı.	73
Çizelge 5.14 : 2011 yılına ait uydu görüntüsü ile spektral indeksler arasındaki korelasyon katsayısı.	74
Çizelge 5.15 : Sınıflandırılmış 1984 LANDSAT-TM + NDVI veri setine ait hata matrisi.	80
Çizelge 5.16: Sınıflandırılmış 2011 LANDSAT-TM + NDVI veri setine ait hata matrisi.	80
Çizelge 5.17 : Sınıflandırılmış 1984 LANDSAT-TM + NDBI veri setine ait hata matrisi.	81
Çizelge 5.18 : Sınıflandırılmış 2011 LANDSAT-TM + NDBI veri setine ait hata matrisi.	81
Çizelge 5.19 : Sınıflandırılmış 1984 LANDSAT-TM + NDVI + NDBI veri setine ait hata matrisi.	82
Çizelge 5.20 : Sınıflandırılmış 2011 LANDSAT-TM + NDVI + NDBI veri setine ait hata matrisi.	82
Çizelge 5.21 : LANDSAT-TM + NDVI veri setine ait doğruluk analizi.	83
Çizelge 5.22 : LANDSAT-TM + NDBI veri setine ait doğruluk analizi.	83
Çizelge 5.23 : LANDSAT-TM + NDVI + NDBI veri setine ait doğruluk analizi. ...	84
Çizelge 5.24 : 1984 ve 2011 yılları arasında arazi örtüsü kullanımı sınıflarındaki alansal değişim	86

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Pasif Algılama.	3
Şekil 2.2 : Aktif Algılama.....	3
Şekil 2.3 : Uzaktan algılamanın temel bileşenleri	4
Şekil 2.4 : Elektromanyetik enerjinin dalga modeli	5
Şekil 2.5 : Siyah cisim ışımasının dalga boyuna göre farklı sıcaklıklardaki şiddeti ...	6
Şekil 2.6 : Elektromanyetik spektrum	7
Şekil 2.7 : Rayleigh saçılımı.....	8
Şekil 2.8 : Mie saçılımı.....	9
Şekil 2.9 : Seçmesiz saçılım	9
Şekil 2.10 : Atmosferik pencereler	10
Şekil 2.11 : Yansıma türleri.	10
Şekil 2.12 : Yüksek ve düşük albedo değerleri.....	11
Şekil 2.13 : Farklı yeryüzü cisimlerinin albedo değerleri.....	11
Şekil 2.14 : Bitki örtüsünün spektral yansıtım eğrisi.....	12
Şekil 2.15 : Yapraklardaki klorofil miktarının yansıtıma etkisi.	12
Şekil 2.16 : Suyun spektral yansıtım eğrisi.	13
Şekil 2.17 : Suyun derinliğinin yansıtıma etkisi.....	13
Şekil 2.18 : Toprağın spektral yansıtım eğrisi.	14
Şekil 2.19 : Farklı yüzeylerin spektral yansıtım eğrileri.....	15
Şekil 3.1 : Gecekonduşma.	19
Şekil 3.2 : Dünya nüfusunun tarihsel gelişimi.....	23
Şekil 4.1 : Dijital görüntünün en küçük elemanı (piksel).	25
Şekil 4.2 : Dijital uydu görüntüsü (İstanbul, Beylikdüzü-LANDSAT-TM, 2011). ..	25
Şekil 4.3 : Dijital görüntü çeşitleri.....	26
Şekil 4.4 : Farklı mekansal çözünürlüğe sahip uydu görüntüleri.	27
Şekil 4.5 : Yeryüzü cisimleri ile mekansal çözünürlük arasındaki ilişki.....	28
Şekil 4.6 : Hiperspektral ve Multi-spektral algılayıcıların karşılaştırılması.....	29
Şekil 4.7 : Radyometrik çözünürlük	30
Şekil 4.8 : Farklı radyometrik çözünürlükteki görüntüler (a) 4 bit, (b) 3 bit, (c) 2 bit, (d) 1 bit.....	30
Şekil 4.9 : Farklı tarihlerde alınan LANDSAT-TM görüntüleri (a) 27 Nisan, (b) 30 Haziran, (c) 20 Ekim.	31
Şekil 4.10 : Farklı tarihlerde alınan LANDSAT-TM görüntüleri (a)1985,(b)1999. .	31
Şekil 4.11 : Mozaik görüntü	32
Şekil 4.12 : Koyu piksel çıkartımı yöntemi.	33
Şekil 4.13 : LANDSAT-MSS algılayıcısındaki şerit hataları.	34
Şekil 4.14 : Yer kontrol noktalarının seçimi.....	35
Şekil 4.15 : Yeniden örnekleme yöntemleri (a) En Yakın Komşuluk, (b) Bilineer Enterpolasyon, (c) Kübik Enterpolasyon	36
Şekil 4.16 : Görüntüden haritaya geometrik kayıt işlemi (a) Orijinal görüntü, (b) Geometrik kaydı yapılmış görüntü.....	36

Şekil 4.17 : Bant çıkarma işlemi ile değişim analizi (a) 1988, (b) 1992.	38
Şekil 4.18 : Görüntü modülasyonu için çarpma işlemi (a) Renkli sınıflandırma görüntüsü, (b) Yoğunluk ile modüle edilmiş sınıflandırma görüntüsü. .	39
Şekil 4.19 : Normalize edilmiş bitki örtüsü indeksi.....	40
Şekil 4.20 : Arazi kullanım sınıflarının DN değerleri (Fuzhou-LANDSAT ETM, 2003).....	41
Şekil 4.21 : V-I-S üçgen modeli.	43
Şekil 4.22 : Kontrollü sınıflandırmada kullanılan yardımcı veriler.....	45
Şekil 4.23 : Kontrollü sınıflandırma (İstanbul, Avcılar-LANDSAT-TM).	45
Şekil 4.24 : Paralelkenar yöntemi.	46
Şekil 4.25 : En Kısa Uzaklık yöntemi.....	47
Şekil 4.26 : Kontrolsüz sınıflandırma.	48
Şekil 4.27 : Hata matrisi.	49
Şekil 5.1 : Çalışma alanı.	53
Şekil 5.2 : Beylikdüzü ilçesinin 1985-2011 yılları arasındaki nüfus değişimi.	54
Şekil 5.3 : LANDSAT uydularının çalışma süreleri.....	55
Şekil 5.4 : 1984 yılına ait doğal renkli görüntü (a) Orijinal görüntü, (b) Beylikdüzü ilçesi.	57
Şekil 5.5 : 2011 yılına ait doğal renkli görüntü (a) Orijinal görüntü, (b) Beylikdüzü ilçesi.	57
Şekil 5.6 : 1984 yılı uydu görüntüsü için seçilen kontrol bölgeleri.....	58
Şekil 5.7 : 2011 yılı uydu görüntüsü için seçilen kontrol bölgeleri.....	58
Şekil 5.8 : Kontrollü sınıflandırma sonucu (a) 1984 yılına ait uydu görüntüsü, (b) 2011 yılına ait uydu görüntüsü.....	59
Şekil 5.9 : 1984 yılına ait LANDSAT-TM uydu görüntüsüne uygulanan farklı spektral indeksler (a) NDVI, (b) NDBI, (c) NDISI, (d) SVI, (e) BRBA, (f) Toprak indeksi, (g) BCI.	62
Şekil 5.10 : 2011 yılına ait LANDSAT-TM uydu görüntüsüne uygulanan farklı spektral indeksler (a) NDVI, (b) NDBI, (c) NDISI, (d) SVI, (e) BRBA, (f) Toprak indeksi, (g) BCI.....	64
Şekil 5.11 : Google Earth'den yerleşim alanlarına ait seçilen örnek noktalar (a) 1984, (b) 2011	66
Şekil 5.12 : Sınıflandırılan görüntülerinde yerleşim sınıflarına ait seçilen 100 tane rastgele nokta (a) 1984, (b) 2011.....	68
Şekil 5.13 : Sınıflandırılan görüntülerde yerleşim sınıflarındaki piksellerin tamamı (a) 1984, (b) 2011.....	70
Şekil 5.14 : Orijinal görüntülerde yerleşim alanlarına ait örnek bölgeler (a) 1984, (b) 2011.....	73
Şekil 5.15 : 1984 yılına ait 4 farklı yöntemle elde edilen korelasyon katsayılarının karşılaştırması (a) NDVI, (b) NDBI.....	75
Şekil 5.16 : 2011 yılına ait 4 farklı yöntemle elde edilen korelasyon katsayılarının karşılaştırması (a) NDVI, (b) NDBI.....	76
Şekil 5.17 : LANDSAT-TM + NDVI veri seti ile yapılan kontrollü sınıflandırma sonuçları.	77
Şekil 5.18 : LANDSAT-TM + NDBI veri seti ile yapılan kontrollü sınıflandırma sonuçları.	78
Şekil 5.19 : LANDSAT-TM + NDVI + NDBI veri seti ile yapılan kontrollü sınıflandırma sonuçları.	79

- Şekil 5.20 :** 1984 ile 2011 görüntüleri ile oluşturulan değişim haritası (a) LANDSAT-TM sınıflandırılmış görüntüler, (b) LANDSAT-TM+NDVI veri seti ile sınıflandırılmış görüntüler, (c) LANDSAT-TM+NDBI veri seti ile sınıflandırılmış görüntüler, (d) LANDSAT-TM+NDVI+NDBI veri seti ile sınıflandırılmış görüntüler. 85
- Şekil 5.21 :** LANDSAT-TM görüntülerinden elde edilen değişim görüntüsü baz alınarak LANDSAT-TM+NDBI veri seti ile yapılan değişim haritası.. 87

SEMBOL LİSTESİ

λ	: Dalga boyu
σ	: Stefan-Boltzman sabiti ($5,6697 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$)
A	: Wien yer değıştirme sabiti ($0,298978 \text{ cmK}$)
c	: Işıık hızı
D	: Uzaklık ağırlıklı olasılık değeri
E	: Enerji
h	: Planck sabiti ($6,6260 \times 10^{-34} \text{ jul/saniye}$)
N	: Tüm kategorilerdeki örnek sınıf toplamı
T	: Kinetik sıcaklık
v	: Frekans
Σx_{ij}	: Doğru sınıflandırılmış örnek sayısı

SPEKTRAL İNDEKSLERİN ARAZİ ÖRTÜSÜ/KULLANIMI SINIFLANDIRMASINA ETKİSİ: İSTANBUL, BEYLİKDÜZÜ İLÇESİ ARAZİ KULLANIMI DEĞİŞİMİ

ÖZET

Günümüzde uzaktan algılama ile yeryüzünün büyük bir kısmı eş zamanlı ve farklı spektral bölgelerde gözlenmektedir ve elde edilen veriler birçok uygulama alanında kullanılmaktadır. En yaygın kullanılan uygulama alanlarından biri de kentsel gelişimin izlenmesidir. Çok zamanlı uydu görüntü verileriyle zaman içerisinde kentsel değişimin izlenebilmesi, kentsel gelişme sonucu arazi örtüsü/kullanımındaki değişimin belirlenmesi mümkün olabilmektedir.

Beylikdüzü, 1990'lı yılların sonundan itibaren hızlı bir kentsel gelişim göstermiş, kentin önemli merkezlerinden biri haline gelmiştir. Bu çalışmada, Beylikdüzü ilçesi yerleşim alanlarının ve çevresindeki arazi kullanımlarının uzaktan algılama yöntemi kullanılarak yıllara göre değişimi incelenmiştir. Kullanılan veriler, 12 Haziran 1984 ve 23 Haziran 2011 tarihli LANDSAT 5 TM uydu görüntüleridir. Kullanılan yöntem değişim saptama analizi tekniklerinden görüntü sınıflandırma ile spektral indekslerin birlikte kullanımını içermektedir.

Çalışmanın giriş bölümünde uzaktan algılama tanımı ile birlikte çalışma konusu hakkında genel bilgiler verilmiştir. İkinci bölümde ise uzaktan algılamanın temel kavramları olan elektromanyetik enerji, elektromanyetik spektrum, atmosfer ile elektromanyetik enerji arasındaki etkileşim ve son olarak da başlıca yeryüzü cisimlerinin spektral özelliklerine yer verilmiştir. Üçüncü bölümde, kentleşme hakkında genel bilgiler verilmiş, kentsel gelişimin belirlenmesinde uzaktan algılamanın sağladığı kolaylıklar anlatılarak literatürdeki kentsel gelişim ile ilgili çalışmalardan örnekler gösterilmiştir. Dördüncü bölümde ise dijital uydu görüntüsü kavramı açıklanarak, uzaktan algılamada kullanılan dijital görüntü işleme teknikleri (önişleme, görüntü zenginleştirme, sınıflandırma ve değişim saptama yöntemleri) anlatılmıştır. Uygulama bölümünde öncelikle çalışmanın uygulama alanı ve kullanılan veriler hakkında bilgiler verilmiştir. Ardından farklı tarihli LANDSAT-TM uydu görüntülerine kontrollü sınıflandırma işlemi uygulanmıştır ve yapılan kontrollü sınıflandırmaların doğruluğu analiz edilmiştir. Daha sonra 1984 ve 2011 yıllarına ait LANDSAT-TM uydu görüntülerine yerleşim alanlarının belirlenmesine katkı sağlayan 7 farklı spektral indeks uygulanmıştır. Spektral indeks görüntüleri ve orijinal görüntüler arasında korelasyon analizi yapılarak en uygun indeks görüntüleri (NDVI ve NDBI) orijinal görüntülere dahil edilerek tekrar kontrollü sınıflandırma işlemi yapılmış ve kontrollü sınıflandırmalara ait doğruluk analizleri tekrar irdelenmiştir. Son olarak değişim analizi yapılarak göz önüne alınan tarihler arasında Beylikdüzü ilçesindeki kentsel gelişim nicel ve nitel olarak belirlenmiştir.

Sonuç kısmında, uygulama bölümündeki sonuçlar karşılaştırılarak, uydu görüntülerinin kentsel gelişimde kullanılabilirliği değerlendirilmiştir.

**EFFECT OF SPECTRAL INDICES OVER LAND USE/COVER
CLASSIFICATION: ISTANBUL, BEYLIKDUZU DISTRICT, LAND USE
CHANGE**

SUMMARY

Today, with remote sensing, a large part of the Earth surface is being monitored in different spectral regions synchronously. Data, obtained by using remote sensing satellites, is used in several applications. One of the most commonly used applications is the monitoring of the urban development. With using multi-date satellite images, monitoring urban development and determination land cover/land use changes after urban expansion are possible. The district of Beylikdüzü shows a rapid urban development from the end of the 1990s and has become one of the most important district of the city. In this study, the changes in the residential areas and surrounding land cover of the district of Beylikdüzü in 27 years are analyzed using remote sensing methods. In the analysis, multi-temporal data collected from LANDSAT 5-TM satellite (June 12, 1984 and June 23, 2011) are used. As an image processing method, image classification, which is the one of the technique used in change detection analysis, together with several spectral indices is performed.

In the introduction part of the study, definition of remote sensing and a brief summary of the topic are given. In the second chapter, electromagnetic energy, electromagnetic spectrum, energy interaction with the atmosphere and lastly main earth surface spectral features are explained as the fundamentals of remote sensing. In the third chapter, general information about urbanization is given and the feasibility of remote sensing techniques in urban studies is explained providing some examples cited in the literature. In the fourth chapter, digital image is defined and digital image processing methods used (preprocessing, image enhancement, classification and change detection techniques) in remote sensing are explained. Preprocessing operations could include radiometric processing to adjust digital values for effects of a hazy atmosphere and/or geometric processing to bring an image into registration with a map or another image. Preprocessing forms a preparatory phase that, improves image quality as the basis for later analyses that will extract information from the image. It should be emphasized that, although certain preprocessing procedures are frequently used, there can be no definitive list of standard preprocessing steps, because each project requires individual attention and some preprocessing decisions may be a matter of personal preference. Furthermore, the quality of image data varies greatly, so some data may not require the preprocessing that would be necessary in other instances.

Image enhancement techniques improve the quality of an image as perceived by a human. These techniques are most useful because many satellite images when examined on a color display give inadequate information for image interpretation. There is no conscious effort to improve the fidelity of the image with regard to some ideal form of the image. There exists a wide variety of techniques for improving image quality. The contrast stretch, principal component analysis, spatial filtering, arithmetic band operations and spectral indices are the most commonly used

techniques. In this study, seven different spectral indices are examined. One of them is the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). This index is a numerical indicator that uses the visible and near-infrared bands of the electromagnetic spectrum and is adopted to analyze remote sensing measurements and assess whether the target being observed contains live green vegetation or not. Generally, healthy vegetation will absorb most of the visible light that falls on it, and reflects a large portion of the near-infrared light. Unhealthy or sparse vegetation reflects more visible light and less near-infrared light. Bare soils on the other hand reflect moderately in both the red and infrared portion of the electromagnetic spectrum. To ensure the authenticity of the urban boundary, another spectral index, the Normalized Difference Built-up Index (NDBI) was used to extract the urban boundary. NDBI takes advantage of the unique spectral response of built-up areas and the other land covers. Another spectral index used in urban analyses is the Normalized Difference Impervious Surface Index (NDISI). The visible bands and middle infrared bands together with the near infrared band, can form a weak-reflectance group of impervious surface (related to urbanization feature classes), and the ratio of thermal band to this group should be effective to enhance impervious surface and suppress soil, sand and water noise. This index is designed to maximize the radiation that is emitted from impervious surface in the form of heat by using thermal wavelengths, minimize the low reflectance of near infrared, middle infrared and visible bands by impervious surface and take advantage of the high reflectance of middle infrared by sand and soil. Another one, the Soil and Vegetation Index (SVI) is a spectral index based on spectral response in the shortwave infrared domain and has demonstrated good performances in discriminating impervious from non-impervious surfaces. Band Ratio for Built-up Area (BRBA) and Soil index were also developed to extract built up areas and bare soil respectively. Lastly, in order to effectively represent major biophysical compositions in an urban environment, the BCI (Biophysical Composition Index) was designed to follow the mechanism of V-I-S (Vegetation-Impervious surface -Soil) triangle model. With the BCI, impervious surfaces are expected to have positive and relatively high values; vegetation is expected to be differentiated from other land covers through its negative and low values; and bare soil is expected to have a value of near zero, and can be separable from impervious surfaces. To reach this objective, a reexamination of Tasseled Cap (TC) transformation is conducted and evaluated whether the BCI can be derived using TC components.

Image classification refers to the computer-assisted interpretation of remotely sensed images. There are two general approaches to image classification: supervised and unsupervised. They differ in how the classification is performed. In the case of supervised classification, the software system delineates specific land cover types based on statistical characterization data drawn from known examples in the image (known as training sites). With unsupervised classification, however, clustering software is used to uncover the commonly occurring land cover types, with the analyst providing interpretations of those cover types at a later stage. A vital step in the classification process, whether supervised or unsupervised, is the assessment of the accuracy of the final images produced. This involves identifying a set of sample locations that are visited in the field. The land cover found in the field is then compared to that which was mapped in the image for the same location. Statistical assessments of accuracy may then be derived for the entire study area, as well as for individual classes.

Change detection is a technology ascertaining the changes of specific features within a certain time interval. It provides the spatial distribution of features and qualitative and quantitative information of features changes. The quantitative analysis and identifying the characteristics and processes of surface changes are carried through from the multi-temporal of remote sensing data. There are many types of change detection methods of multi-spectral image data. Some of these are band rationing, regression analyses, post classification, spectral indices, principal component analyses etc.

In the application chapter, firstly study area and satellite data used are defined. After, supervised classification is applied to two LANDSAT-TM images taken in the years 1984 and 2011. Then, the accuracy assessments of the classifications are done. As a next step, seven different spectral indices that are used in urban analysis are performed to the LANDSAT-TM images. As a next step, the correlation analysis is done between the original images and spectral indices. According to the evaluation, the NDVI and NDBI are taken into consideration as the best spectral indices. Afterwards, these two indices are added as a new band to the original LANDSAT images and reclassified. Regarding to these new classifications, the accuracy assessment are redone and compared with the previous ones. Finally, the change detection analysis is performed and the urban development of Beylikdüzü in 27 years is evaluated both qualitatively and quantitatively.

In the final chapter, the results obtained in the application stage are discussed and the usage and the efficiency of the satellite images for urban analysis are outlined.

1. GİRİŞ

Toplumun ihtiyaçlarını karşılamak için kullanılan ancak sınırlı olan doğal kaynakların ve içinde yaşadığımız çevrenin araştırılmasında, etkin yöntemler kullanmak, teknolojinin doğru kullanılmasıyla bilgiye ve sonuca yüksek hız ve kısa zamanda ulaşmak son derece önemlidir. Doğal kaynakların mevcut varlıklarının ve potansiyellerinin belirlenmesi, zamansal değişimlerinin izlenmesi, güncelleştirilmesi amacıyla yapılacak çalışmalarda, uzaktan algılama biliminden yararlanılması doğru, hızlı ve düşük maliyetli bilgi elde edilmesini sağlayacaktır. Cisimlerle direkt temas etmeden fiziksel özellikleri hakkında bilgi elde etme bilimi olarak tanımlanan uzaktan algılama tekniği ile yeryüzünün farklı mekansal, spektral, radyometrik ve zamansal çözünürlüklerde görüntülenmesi ve izlenmesi mümkün olabilmektedir. Zamansal çözünürlük özellikle arazi örtüsü/kullanımında meydana gelen değişimlerin tespit edilmesi ve sürdürülebilir çevre çalışmaları açısından önem kazanmaktadır. Uzaktan algılama sistemleri kullanıcılara strateji belirleme ve zamanında karar verme olanağı sağlamaktadır. Uydu görüntüleri farklı amaçlarla kullanılabilmekte ve aynı bölgede farklı ölçeklerde çalışmaların aynı zamanda yapılabilmesine olanak sağlamaktadır. Yeryüzünün düzenli olarak izlenmesi, kontrolü ve ulaşımı zor coğrafi bölgelerde çalışabilme imkânı uzaktan algılama teknolojisinin diğer önemli avantajları olarak sıralanabilir.

Uzaktan algılama teknolojilerinin kullanıldığı en önemli uygulama alanlarından birisi uydu görüntüleri yardımıyla kentsel gelişimin izlenmesidir. Kentsel arazi kullanımının detaylı olarak belirlenmesi karar vericiler, araştırmacılar açısından önemlidir. Sanayileşme ve hızlı kentleşme temel ekosistem, küresel çeşitlilik ve bölgesel iklim değişiklikleri gibi birçok çevresel değeri olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle günümüzde uzaktan algılama tekniği kentlerin zamansal değişiminin hızlı ve etkili bir şekilde tespit edilebilmesinde önemli bir araç olarak kullanılmaktadır.

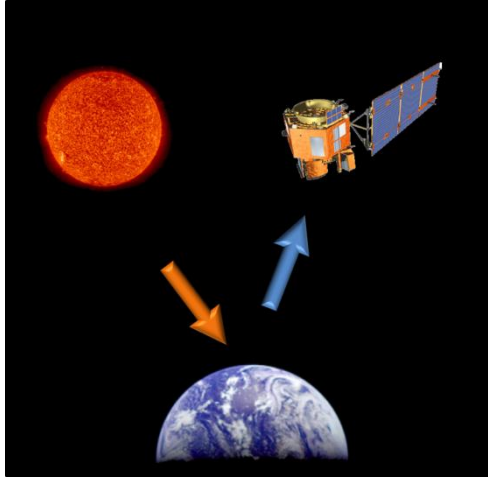
Bu çalışmada İstanbul ilinin Beylikdüzü ilçesinin 1984 ve 2011 yılları arasındaki kentsel gelişimi incelenmiştir. Bu bağlamda bölgeye ait 12 Haziran 1984 tarihli ve 23 Haziran 2011 tarihli LANDSAT-TM görüntüleri kullanılmıştır. Kullanılan

görüntülere farklı dijital görüntü işleme teknikleri (kontrollü sınıflandırma, aritmetik bant işlemleri vb.) uygulanarak değişim analizi yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

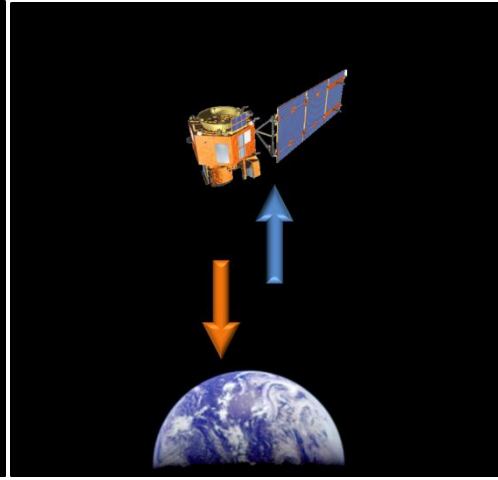
2. UZAKTAN ALGILAMANIN TEMELLERİ

Uzaktan algılama, fiziksel bir temas olmaksızın, bir cisimden yayılan veya yansıtılan elektromanyetik ışınının nitelik ve nicelik yönünden değerlendirilmesi ile cisimlerin özelliklerinin ortaya konması ve ölçülmesidir.

Uzaktan algılamada pasif ve aktif olmak üzere iki farklı algılama sistemi vardır. Pasif sistemler yeryüzünün doğal yayılım enerjisi veya güneş enerjisinin yansıtımını algılayan optik, yakın kızılötesi, ısı ve mikrodalga algılayıcılardır (Şekil 2.1). Aktif sistemler ise kendi enerjisini ileterek hedeften geri yansıtılan enerjiyi ölçerler. Bu tür algılayıcılar Güneş enerjisine ihtiyaç duymazlar. Mevsim veya günün zamanına bakılmaksızın kendi ışınlarını gönderir ve yansıtılan enerjiyi geri almak suretiyle görüntü elde ederler (Şekil 2.2) [1].



Şekil 2.1 : Pasif Algılama.



Şekil 2.2 : Aktif Algılama.

2.1 Uzaktan Algılamanın Temel Bileşenleri

- 1. Enerji kaynağı:** Uzaktan algılamanın ilk gereksinimi, hedefe elektromanyetik enerji sağlayacak bir enerji kaynağına sahip olmaktır.
- 2. Işınım ve atmosfer:** Enerji kaynaktan yeryüzüne ve yeryüzünden algılayıcıya giderken atmosfer ile etkileşim içindedir.

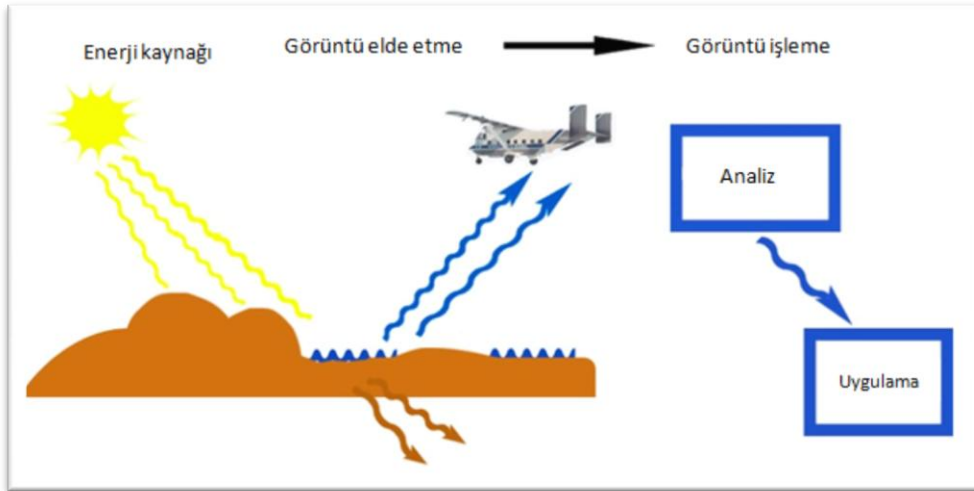
3. Hedef ile etkileşim: Atmosferden geçen elektromanyetik enerji, hem ısıtım hem de hedefin özelliklerine bağlı olarak hedef ile etkileşime uğrar.

4. Algılayıcı tarafından enerjinin kayıt edilmesi: Elektromanyetik ışıının toplanması ve kayıt edilmesi için bir algılayıcıya gereksinim duyulmaktadır.

5. Aktarma, bilgi alma ve işleme: Algılayıcı tarafından kaydedilen enerji, görüntüler üzerinde işlem yapmak amacıyla, alıcı ve işleme istasyonlarına iletilir.

6. Yorum ve analiz: Hedef hakkında bilgi çıkarımı yapabilmek için görüntüler yorumlanır ve analiz edilir.

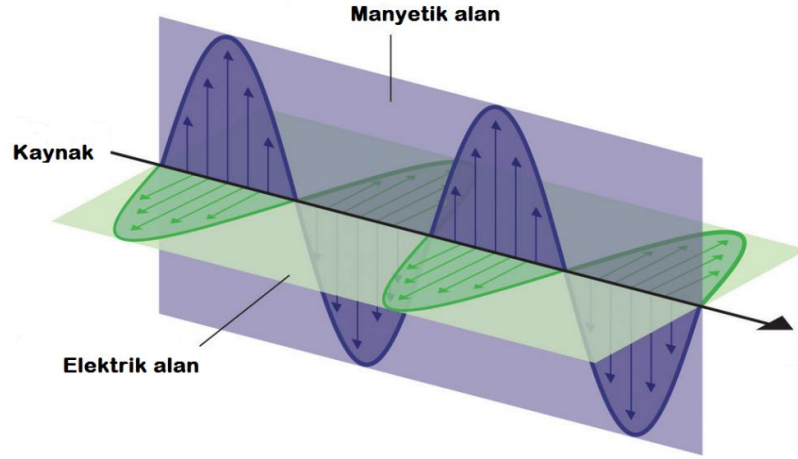
7. Uygulama: Görüntülerden elde edilen bilgilerin özel problemlerin çözümüne yardım edecek hale getirilmesi ve yeni bilgilerin ortaya çıkarılması için yapılan işlemlerdir (Şekil 2.3) [2].



Şekil 2.3 : Uzaktan algılamanın temel bileşenleri.

2.2 Elektromanyetik Enerji ve Elektromanyetik Spektrum

Enerji iş yapabilme yeteneğidir ve bir cisimden ya da bir yerden diğerine konveksiyon, kondüksiyon ve ışımayla taşınır. Uzaktan algılama ışıma türüyle enerji iletimini sağlamaktadır. Elektromanyetik ışıının, dalga modeli ve parçacık modelinin karakteristiklerine sahiptir. Dalga modeline göre, yüklü bir parçacığın etrafındaki elektromanyetik alandaki hızlı varyasyonlar olarak tanımlanmaktadır. Varyasyonlar ise parçacığın vibrasyonundan kaynaklanmaktadır. Buradan hareketle bir elektromanyetik dalga birbirlerine ve yayılma doğrultusuna dik olan manyetik ve elektrik alandan oluşmaktadır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4 : Elektromanyetik enerjinin dalga modeli.

Elektromanyetik enerjinin dalga karakteri frekans, dalga boyu ve ışık hızı 1.1 eşitliği ile ifade edilir. Burada, λ ; dalga boyu, c ; ışık hızı (3×10^8 m/sn) ve ν ; frekanstır [3].

$$\lambda = c / \nu \quad (1.1)$$

Elektromanyetik enerjinin parçacık modeli Kuantum teorisine göre 1.2 eşitliği ile matematiksel olarak ifade edilir. Elektromanyetik enerji sürekli dalgalarla aynı doğrultuda ve hızda yayılan küçük parçacıklar (kuantum) olarak düşünülür. Her bir ışınım parçacığı, foton olarak adlandırılan enerjiye sahiptir. Enerji, dalga boyuyla ters orantılı olduğundan artan dalga boyuyla enerjide azalma gözlenmektedir.

$$E = h \cdot \nu \quad (1.2)$$

Burada E ; enerji, h ; Planck sabiti ($6,6260 \times 10^{-34}$ jul/saniye), ν ; frekanstır.

Elektromanyetik ışıının sahip olduğu karakteristiklerin yanı sıra cisimlerin yaydığı elektromanyetik enerji ise Stefan-Boltzman kanunu ile açıklanır. Bu kanuna göre, bir cismin birim yüzeyinden yayılan toplam ışıının yüzey ısısına bağlıdır.

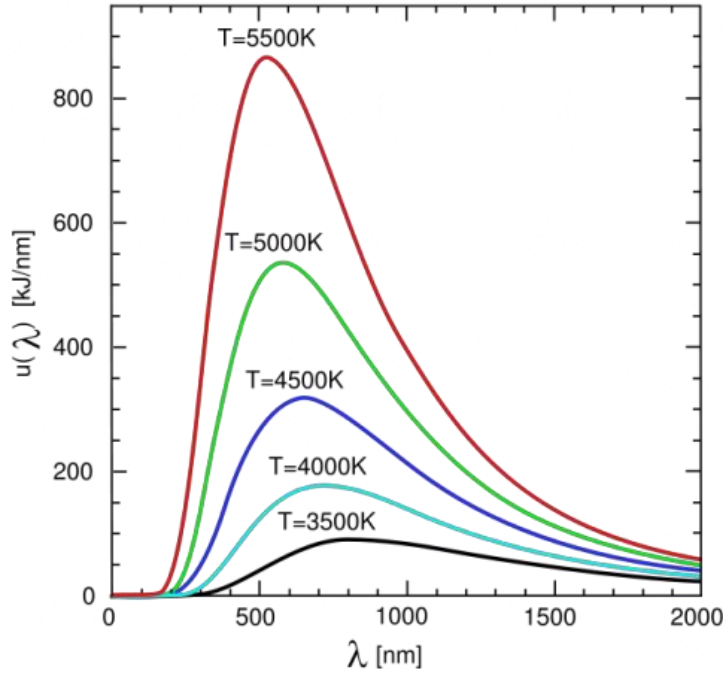
$$E = \sigma \cdot T^4 \quad (1.3)$$

Bu eşitlikte, σ ; Stefan-Boltzman sabiti ($5,6697 \times 10^{-8}$ Wm⁻²K⁻⁴), T ; Kinetik sıcaklık (K), E ; cismin yüzeyinden yayılan toplam enerji Watts (W)m⁻²

Bu kanun, kendisine ulaşan bütün enerjiyi yutan ve sonra tekrar yayan ideal siyah cisim için çıkarılmıştır. Siyah cisim ışımasının maksimum olduğu dalga boyu Wien Yer Değiştirme kanunu ile açıklanır. Bu kanuna göre; bir cisim tarafından yayılan ışıının şiddeti bütün dalga boylarında aynı değildir ve spektrumun belirli bir noktasında maksimum olur. Bu noktanın yeri cismin sıcaklığına bağlıdır (Şekil 2.5).

$$\lambda_{\text{maksimum}} = A / T \quad (1.4)$$

Bu eşitlikte A; Wien yer değiştirme sabitidir (0,298978 cmK), T; Işıyan sıcaklık [1].



Şekil 2.5 : Siyah cisim ışımasının dalga boyuna göre farklı sıcaklıklardaki şiddeti.

Elektromanyetik spektrum, x-ışınları ve gamma ışınları gibi kısa dalga boyu uzunluğundan, mikrodalga ve radyo dalgaları gibi uzun dalga boylarına kadar bölgeyi içeren aralıktır. Bu spektrum, uzaktan algılamada önem taşıyan bölgelere ayrılmıştır (Şekil 2.6) [2].

Gamma-ışınları, elektromanyetik spektrumun en kısa dalga boyuna sahip ve en fazla enerjiye sahip olduğu bölgeye karşılık gelmektedir. Bu dalgalar, radyoaktif atomlar veya nükleer patlamalar sonucu oluşmaktadır. Gamma-ışınları, canlı hücreleri öldürebilir. Bu özelliği tıpta, kanserli hücreleri öldürmek için tedavi amaçlı kullanılmaktadır.

X-ışınları, yüksek frekanslı dalgalardır ve oldukça fazla enerji taşırlar. Tıp alanında röntgen çekimlerinde kullanılmaktadır [4].

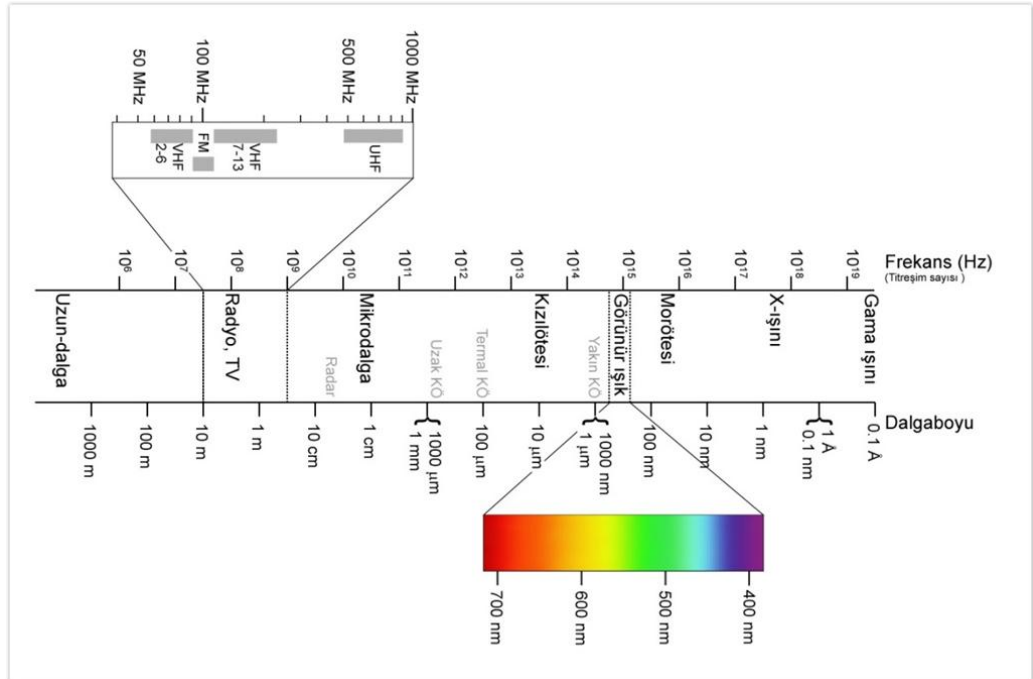
Mor ötesi ışınlar (Ultraviyole), elektromanyetik spektrumdaki uzaktan algılama için kullanılan en küçük dalga boylarından oluşmaktadır. Bazı yüzey materyalleri, özellikle bazı taş ve mineraller, Ultraviyole dalga boyundaki dalgalarla aydınlatıldığında görünür ışık yaymaktadırlar.

Görünür ışınlar, elektromanyetik spektrumda insan gözünün algılayabildiği bölgedir. Görünür dalga boylarının aralığı yaklaşık olarak 0.4–0.7 μm olarak belirtilmektedir. En uzun görünebilir dalga boyu kırmızı (0.620-0.700 μm), en kısası ise viole (0.4-0.446 μm) olarak bilinmektedir.

Kızılötesi ışınlar, elektromanyetik spektrumun mikrodalga spektrumu ile görünür bölge spektrumları arasında kalan bölgede yer almaktadır. Bu bölge 0.7 μm ile 100 μm dalga boyları arasında yer alır. Yakın kızılötesi ve ısı kızılötesi olarak iki kısımda incelenmektedir. Yakın kızılötesi bölgedeki ışıyım özellikleri görünür bölgedeki ile benzeşmekte ve dalga boyu 0.7 μm ile 3 μm aralığında bulunmaktadır. Isıl kızılötesinde ise görünür ve yakın kızılötisinden farklı olarak yayılan ışıyım, yeryüzü objelerinin yaydıkları enerjidir. Bu enerji ısı enerjisi formundadır. Bu bölgenin dalga boyu aralığı 3.0 μm –100 μm 'dir.

Mikrodalga, dalga boyu aralığı 1 mm ile 1 m arasında olan bölgededir. Bu bölge uzaktan algılamada kullanılan en uzun dalga boylarının bulunduğu bölgedir. Daha kısa dalga boyları ısı kızılötesi bölgeye benzerlik gösterirken daha uzun dalga boyları ise radyo dalgaları için kullanılmaktadır [2].

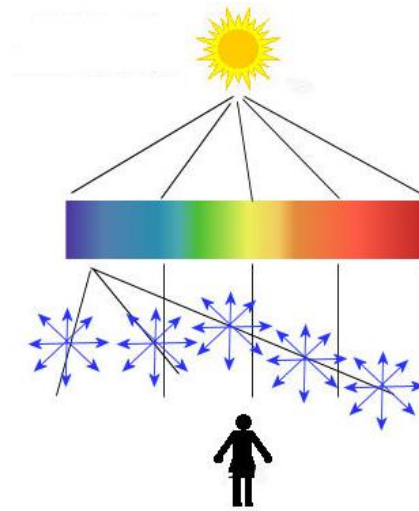
Radyo dalgaları, elektromanyetik spektrumun sahip olduğu en uzun dalga boyuna sahiptir. Televizyon, radyo ve cep telefonu sinyallerini taşımaktadırlar [4].



Şekil 2.6 : Elektromanyetik spektrum.

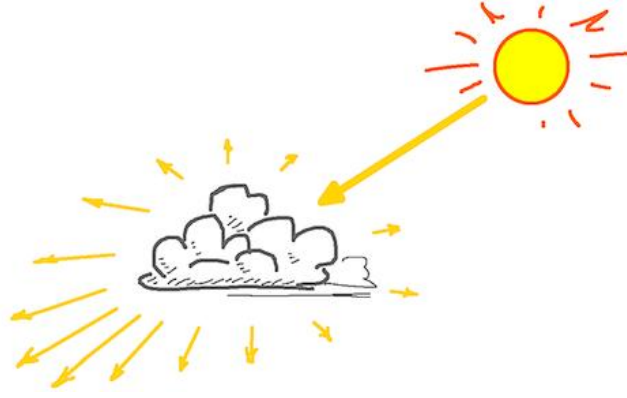
2.3 Atmosfer ile Elektromanyetik Enerji Etkileşimi

Elektromanyetik ışınlam, güneşten hedefe gelirken ve hedeften algılayıcıya ulaşana kadar atmosfer içinde belirli bir yol kat etmektedir. Işınlam atmosferde ilerlerken çeşitli parçacıklarla etkileşime girer. Bu etkileşim saçılma, yutulma veya tekrar uzaya geri yansıma şeklinde olmaktadır. Saçılma, enerji dalgasının bir ortamda, enerjinin geliş açısı, polarizasyonu veya frekansı değişerek veya malzeme ile atomik veya moleküler seviyede etkileşerek eski durumunu muhafaza etmeden gelen enerjinin farklı doğrultulara yönelmesidir [5]. Saçılım miktarı, ışınlamın atmosferde aldığı yol miktarına, ışınlamın dalga boyuna ve bulunan gaz parçacıklarının yoğunluğuna bağlıdır [1]. Işınlamın dalga boyu ve tanecik çapının büyüklüğüne bağlı olarak değişiklik gösteren üç farklı saçılma gerçekleşmektedir. Bunlar Rayleigh, Mie ve Seçmesiz saçılım olarak adlandırılmaktadır. Rayleigh saçılımında, tanecik çapının büyüklüğü ışınlamın dalga boyundan çok daha küçük olması durumunda gerçekleşir. Bu saçılım türü, elektromanyetik spektrumun kısa dalga boyundaki ışınlamı etkilediğinden, görünür bölgedeki mavi dalga boyunda etkisini daha fazla göstermektedir. Diğer bir deyişle, mavi renk görünür bölgede saçılma görünür bölgenin diğer kısımlarına göre daha fazla etkisini gösterir (Şekil 2.7) [5].



Şekil 2.7 : Rayleigh saçılımı.

Mie saçılımı, ışınlamın dalga boyu ile aynı büyüklüğe sahip taneciklerin etkileşmesinden meydana gelmektedir. Bu saçılım türü, havanın kapalı olduğu durumlarda ya da atmosferdeki parçacıkların biraz daha büyük olması durumunda gözlenmektedir (Şekil 2.8).



Şekil 2.8 : Mie saçılımı.

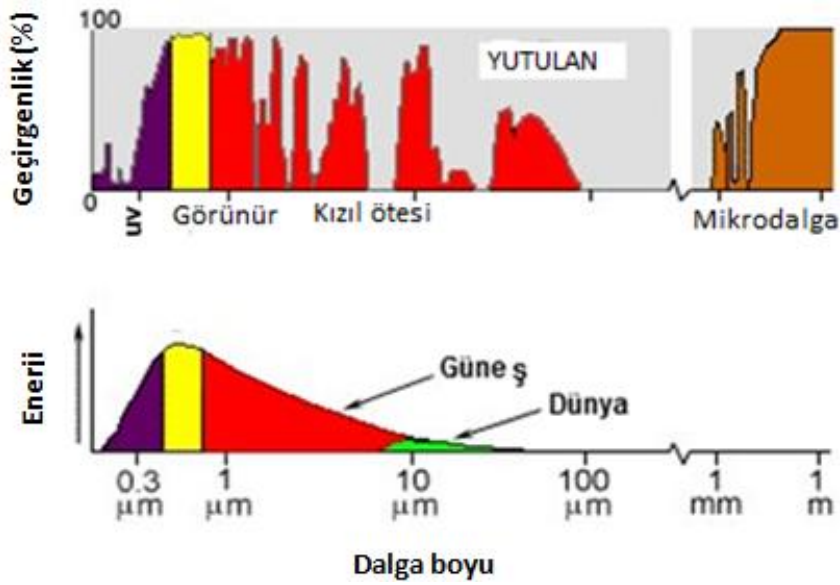
Seçmesiz saçılım, tanecik çapının büyüklüğü ışınının dalga boyundan çok daha büyük olması durumunda gerçekleşir. Bu saçılma türünde, gelen ışık bütün dalga boylarında eşit olarak saçılmaktadır. Bu saçılımın gerçekleşmesi durumunda sis ve bulutlar beyaz renkte gözükecektir (Şekil 2.9) [1].



Şekil 2.9 : Seçmesiz saçılım.

Atmosferik etkilerin diğer bir nedeni ise yutulmadır. Atmosferik yutulma, su buharı, karbondioksit ve ozon gazları sebebiyle enerjide etkili bir kayba yol açmaktadır [5]. Su buharı, elektromanyetik spektrumun ısı kızıltötesi ve yakın mikrodalga ışınlarını yutar. Karbondioksit, spektrumun kızılötesi bölgesinde etkilidir. Ozon gazları, canlılar için zararlı olan ultraviyole ışınlarının yutulmasına neden olur [1].

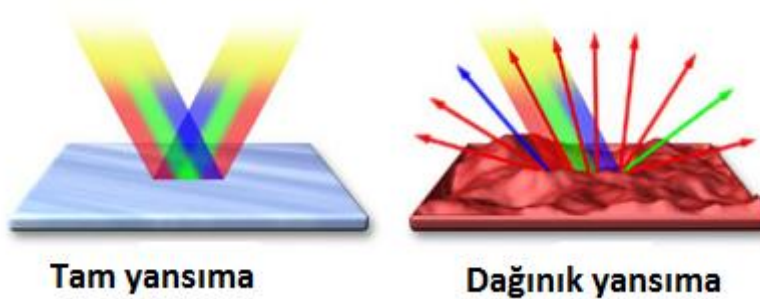
Elektromanyetik ışınım bazı bölgelerde saçılım ve yutulmaya maruz kalmadan geçebilmektedir. Bu bölgelere **atmosferik pencere** denir. Atmosferik pencerelerde uzaydan yeryüzünün gözlemlenebilmesi mümkündür. Şekil 2.10'da farklı dalga boylarının elektromanyetik ışınımı ne kadar geçirdiği görülmektedir. Bu grafikte eğrinin altında kalan alanlar atmosferik pencereleri göstermektedir [6].



Şekil 2.10 : Atmosferik pencereler.

2.4 Elektromanyetik Enerjinin Yeryüzü Cisimleri ile Etkileşimi

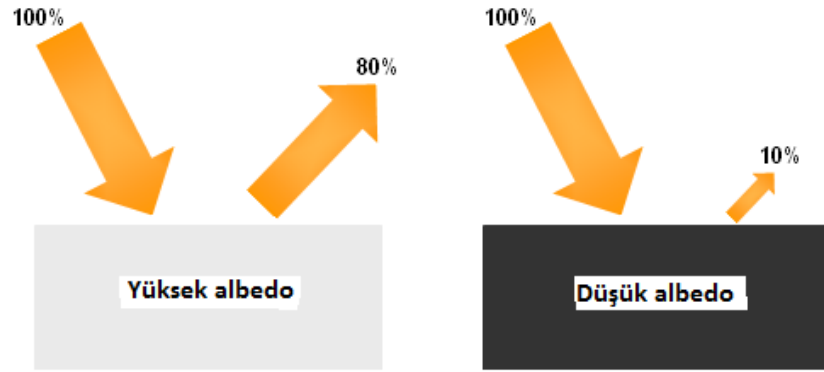
Atmosferde yutulamayan ve saçılmayan elektromanyetik enerji yeryüzüne ulaştığında cisimlerle etkileşime girer. Bunlar geçirilme, yutulma ve yansıtım enerjileridir. Gelen enerjinin bir kısmı yüzey tarafından geçirilir. Gelen enerjinin bir kısmı ise ortamdaki elektron veya moleküler reaksiyonlar yolu ile yüzeydeki madde tarafından yutulur. Bu enerji cismin ısınmasını sağlar. Yutulan enerjinin bir kısmı ise madde tarafından tekrar geri yayımlanır. Gelen enerjinin çoğunlukla %100'e yakın bir kısmı geri yansıtılır. Madde yüzeyinin pürüzlülüğü ve enerjinin hangi açıyla geldiği yansıtım biçimini etkilemektedir. Eğer yüzey düz ise gelen enerji geldiği açıyla geri yansır. Eğer yüzey pürüzlü ise, gelen enerji birçok farklı açıda geri yansımaktadır (Şekil 2.11) [6].



Şekil 2.11 : Yansıtım türleri.

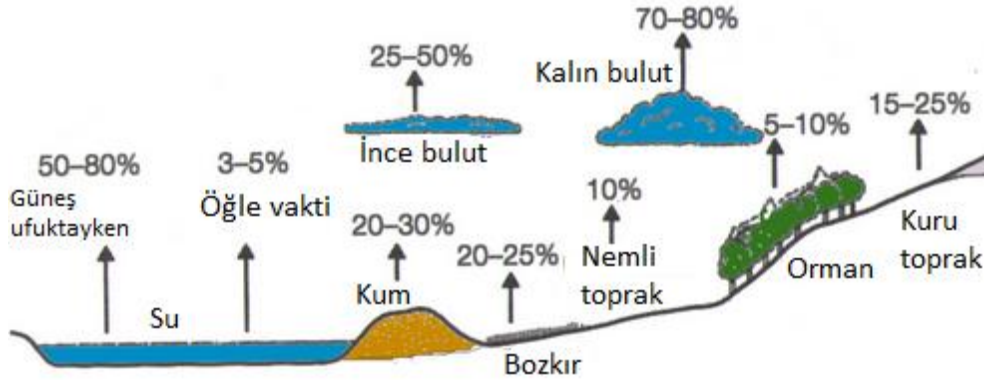
Cisimlerden yansıtılan enerji miktarı uzaktan algılama için önemlidir. Cisimden yansıtılan ışınım miktarının gelen ışınımına oranı “**albedo**” olarak tanımlanır. Eğer

cisim gelen ışının büyük kısmını yansıtıyorsa yüksek bir albedo değerine sahip olur (Şekil 2.12).



Şekil 2.12 : Yüksek ve düşük albedo değerleri.

Albedo, cismin yüzey dokusuna, özelliklerine ve alanına bağlı olarak değişir. Diğer bir deyişle, her bir cismin farklı bir albedo değeri vardır ve bu durum cisimlerin ayırt edilmesinde büyük önem taşımaktadır (Şekil 2.13) [1].

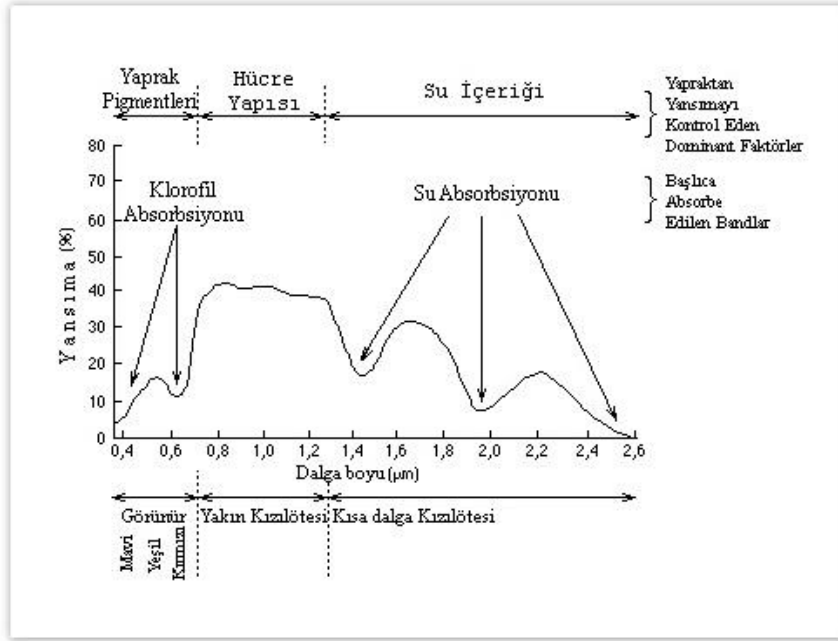


Şekil 2.13 : Farklı yeryüzü cisimlerinin albedo değerleri.

2.4.1 Bitki örtüsünün spektral özellikleri

Bitkilerin yansıtımında, bitkinin yaşı, su durumu, mineral muhtevası, yaprak karakteristiği, sağlık durumu gibi faktörler etkilidir. Bitkilerin türleri farklı olsa da, aynı yansıtıma sahip olabilirler. Bu nedenle bitki türlerine bakmaksızın yaprakların yansıtımları üç spektral bölgede incelenebilir. Bunlar görünür bölgede yaprak pigmentleri, yakın kızılötesi bölgede hücre yapısı ve kısa dalga kızılötesi bölgede su muhtevası şeklinde sıralanmaktadır [5]. Görünür bölgede yansıtımı klorofil, ksantofil, karotene ve antosyanins gibi pigmentler etki etmektedir. Bu bölgede yaprak pigmentleri gelen enerjiyi yutarlar. Şekil 2.14'teki spektral yansıtım eğrisinde yeşil bölgede yutulma daha az olduğunda sağlıklı yapraklar gözümüze yeşil renkte

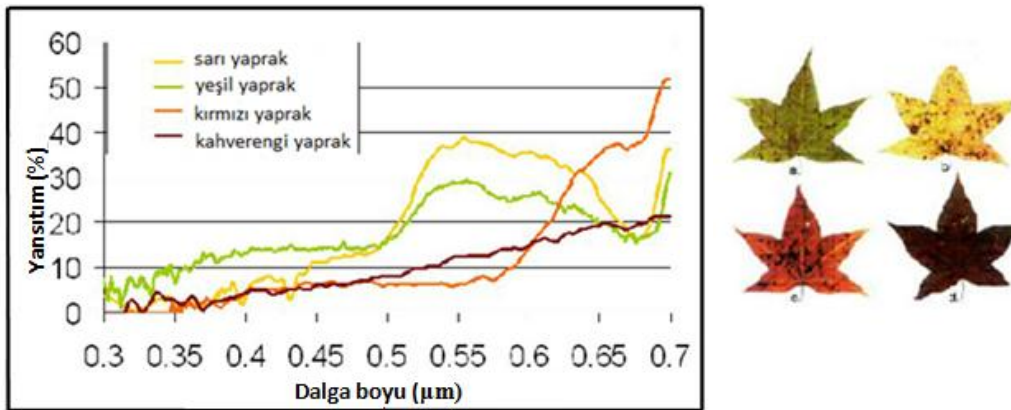
görünür. Mavi ve kırmızı bölgede ise klorofil yutulmasına bağlı olarak daha düşük değerlere sahiptir.



Şekil 2.14 : Bitki örtüsünün spektral yansıtım eğrisi.

Eğer bitki stres altında ise, klorofil üretimi azalmıştır ve bu durumda elektromanyetik spektrumun kırmızı bölgesinde daha fazla yansıtıma sahip olurlar. Bu nedenle bu tür bitkiler sarımsı renkte görülmektedir (Şekil 2.15).

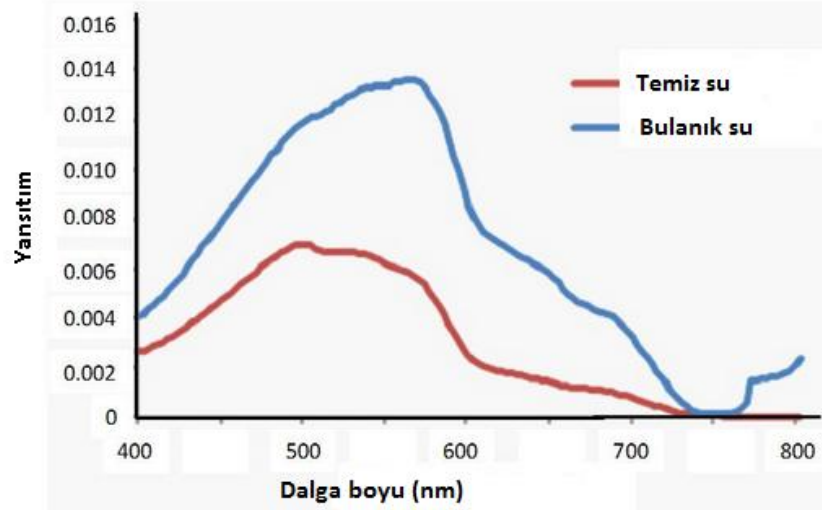
Kızılötesi bölgede, yaprağın hücre yapısı önemli olan faktördür. Bu bölgede 0.98 µm ve 1.20 µm dalga boyları arasında yapraklardaki su içeriğinden dolayı az miktarda yutulma olur. Bu dalga boyları dışında hemen hemen hiç yutulma olmaz. Kısa dalga kızılötesi bölgede su muhtevası etkilidir. Bu bölgede, 1.6 ve 2.2 µm'de yaprakların yansıtımı yüksek olduğundan yaprağın içerisindeki su miktarı azdır. 1.4, 1.9 ve 2.7 µm dalga boylarında ise su miktarı yüksek, yansıtım az ve yutulma fazladır [7].



Şekil 2.15 : Yapraklardaki klorofil miktarının yansıtıma etkisi.

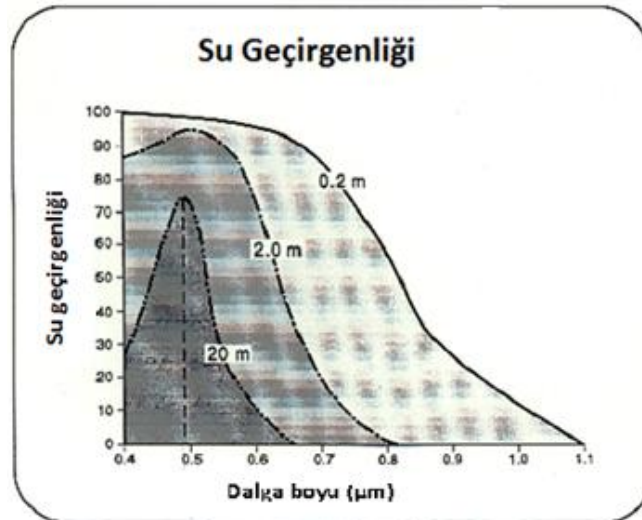
2.4.2 Suyun spektral özellikleri

Su, elektromanyetik enerjiyi yansıtabildiği gibi yutma özelliğine de sahip olması nedeniyle uzaktan algılama teknolojisinde uygulanabilmektedir. Su, görünür bölgede mavi dalga boylarında en yüksek yansıtıma sahipken, yakın ve kısa dalga kıızılötesi bölgelerde ise güçlü yutulmaya sahiptir (Şekil 2.16).



Şekil 2.16 : Suyun spektral yansıtım eğrisi.

Su derinliği, suyun yüzey pürüzlülüğü ve su içerisindeki materyaller suyun yansıtımını etkileyen önemli faktörlerdir [1]. Suyun derinliği arttıkça iletimin tepe noktasının dalga boyu azalmaktadır (Şekil 2.17) [8].



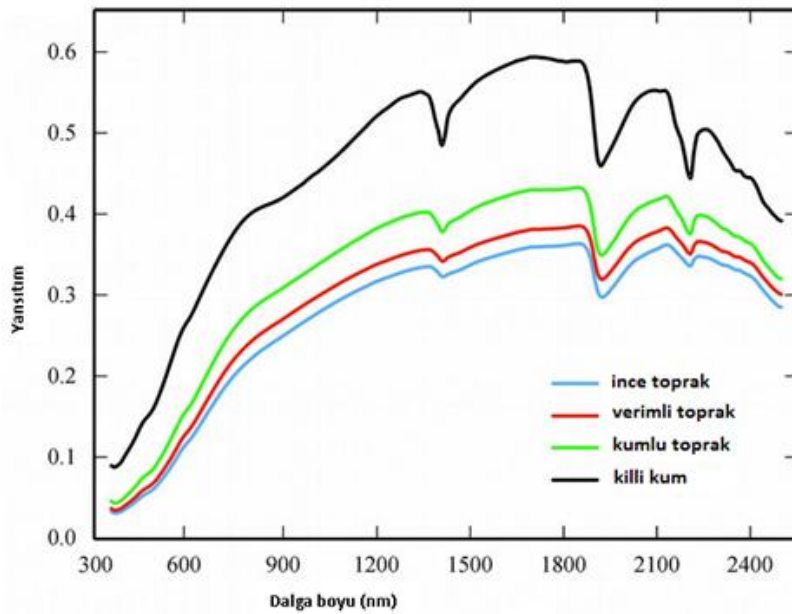
Şekil 2.17 : Suyun derinliğinin yansıtıma etkisi.

Su içerisindeki materyaller fazla ise yansıtım oranı temiz suya göre görünür bölgede artış göstermektedir. Suyun düzensiz hareketleri, yutulan ve yansıtılan enerji

miktarını etkilemektedir. Bununla beraber, sudaki klorofil miktarı da suyun yansıtım özelliklerini etkilemektedir. Klorofil miktarındaki artış mavi dalga boyundaki yansıtımın azalmasına, yeşil dalga boyundaki yansıtımın ise artmasına neden olmaktadır. Uzaktan algılama, suyun içerisindeki alg varlığının ve yoğunluğunun izlenmesi için de kullanılabilir. Gün boyunca meydana gelen sıcaklık değişimleri de suyun yayılım özelliğini etkileyen faktörler arasındadır [9].

2.4.3 Toprağın spektral özellikleri

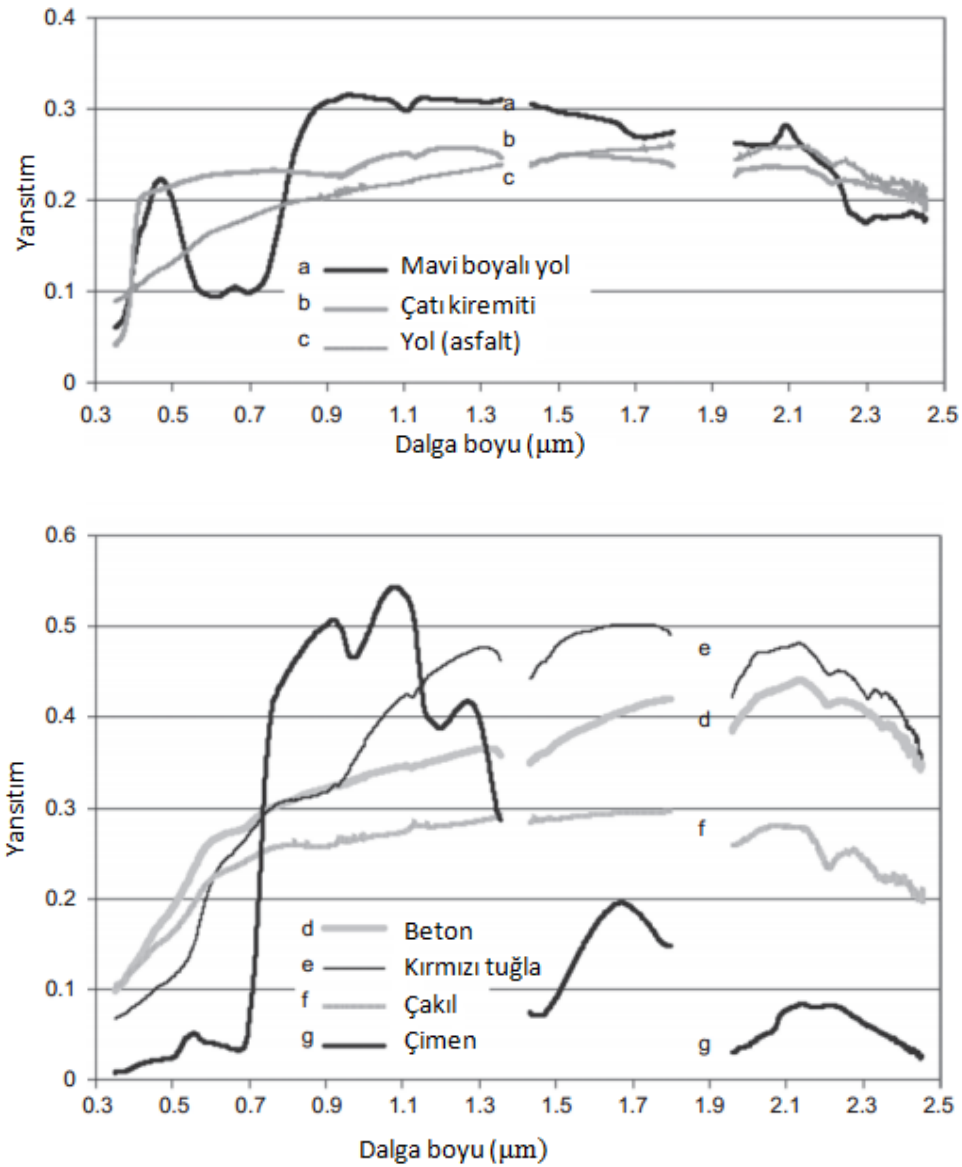
Toprağın yansıtımında etkili olan faktörler: topraktaki minerallerin cins ve miktarı, toprağın nemliliği, organik madde içeriği ve yüzey pürüzlülüğüne bağlıdır. Topraktaki nem miktarı az olduğunda yansıtımı maksimum olup, tüm spektrumu aynı derecede etkilediğinden paralel eğrilerin oluşmasına sebep olmaktadır (Şekil 2.18). Aynı zamanda toprağın nemlilik derecesi arttıkça mikrodalga gibi uzun dalga boylarının toprağa nüfus etme oranı azalmaktadır. Ancak kırmızı ve kızılötesi bantlardaki toprak yansıtımı nem değişkeninden bağımsızdır. Toprağın organik madde içeriği, toprak yapısı ve su tutma kapasitesi ile ilişkili olduğundan dolayı olarak toprağın yansıtıcılığını etkilemektedir. Bununla beraber toprak yüzeyinin pürüzlülüğü, iri taneler arasında ışığın tutulmasından dolayı toprağın yansıtımını etkilemektedir. Işığın dağılımındaki değişimler ve gölge alanlardaki yüzey dokusu toprağın yansıtımında değişimlere sebep olmaktadır. Bu değişken, spektrumun ısıl ve mikrodalga bölgelerinde daha fazla önem taşımaktadır [9].



Şekil 2.18 : Toprağın spektral yansıtım eğrisi.

2.4.4 Yerleşim alanlarının spektral özellikleri

Yerleşim alanlarının yansıtımı, incelenen alanın o anki parlaklık değerine, atmosferik etkilere, bölgenin fiziksel özelliklerine ve enerji ile algılayıcının tarama açısı arasındaki geometrik bağıntılara bağlıdır. Ayrıca, atmosferik koşullar, yapıların konum, yön ve materyallerine bağlı olarak değişmektedir [7]. Yerleşim alanları farklı materyallerden oluştuğundan spektral karakteristiğini belirlemek oldukça zordur. Şekil 2.19’da görüldüğü gibi mavi boyalı yol mavi bölgede yüksek yansıtım değerine sahipken görünür bölgenin diğer dalga boylarında düşük yansıtıma sahiptir. Kırmızı tuğla ve çakıl kırmızı bölgede yüksek yansıtım değerine sahip olup yakın kızılötesi bölgede bu değer artmaktadır [10].



Şekil 2.19 : Farklı yüzeylerin spektral yansıtım eğrileri [10].

3. KENTLEŞME

3.1 Tanım

Kentleşme, çeşitli nedenlerle kırsal kesimlere yönelen göç sonucunda, bir taraftan mevcut kentlerin nüfus ve alan itibarıyla büyümesi, diğer taraftan da köy, kasaba, vb. yerleşim birimlerinin giderek büyümesi sonunda kente dönüşüp, mevcut kent sayısının atması olarak tanımlanmaktadır. Kentleşmenin tam olarak gerçekleşmesi için demografik, ekonomik ve sosyal açıdan değişimlerin gerçekleşmesi gerekir. Bu değişimlerden herhangi birisi olmadan kentleşmeden söz edilemez. Demografik açıdan kentleşme, nüfusun kırsal alanlardan kentlere göç etmesi olarak tanımlanabilir. İnsanların kentlere göç etmesinin temel sebebi teknolojik gelişmeler ve sanayileşmedir. Bu gelişmeler neticesinde göç eden nüfus kent içerisinde yerleşinceye kadar bir yer değiştirme süreci geçirmektedir. Bu süreç, geleneksel topluluklardan çağdaş kent topluluğuna geçiş sürecini ifade eder. Diğer bir deyişle bu durum kentleşmenin sosyal açıdan değişimini göstermektedir. Ekonomik anlamda kentleşme ise, tarım ve hayvancılıkla uğraşan nüfusun tarım dışı faaliyetlerle ilgilenmesidir. Sanayinin gelişmesiyle birlikte var olan sanayi dalları eskiden kurulmuş olan kentlerin dışında hammaddenin, enerji kaynaklarının, ulaşım araçlarının, insanın ucuz ve kolay olduğu yerlerde kurulmuştur. Böylece sanayileşme, kentleşmenin ayrılmaz bir bütünü haline gelmiştir [11].

3.2 Kentleşmenin Sebepleri

Kentleşme, on sekizinci yüzyılın ikinci yarısından itibaren kendisini hissettirmiş, on dokuzuncu ve yirminci yüzyılda büyük bir gelişme göstermiştir. Kentleşmenin hızla gelişmesinin sebepleri; çalışma olanakları, ulaşım tekniklerinin gelişmesi, tarım tekniklerinin gelişmesi, coğrafi nedenler, göç etme eğilimi, hukuki ve siyasi nedenler olarak sıralanabilir.

- **Çalışma olanakları:** Kentlerdeki farklı çalışma olanakları kentleşmeyi büyük ölçüde etkiler. Örneğin; Ankara kamu kesiminde çalışma açısından;

Zonguldak, Karabük, İzmit gibi kentler sanayi kuruluşları açısından kentleşmeye etki eder.

- **Ulaşım tekniklerinin gelişmesi:** Ulaşım tekniklerinin gelişmesiyle hammadde temini ve pazarlama olanakları kolaylaşmıştır. Bu sayede, küçük sanayi kuruluşları ve yerel ticaret alanları ulaşımdaki ilerlemeler sayesinde büyük üretim ve ticaret merkezi olmuşlardır. Bu durum sanayi kuruluşlarının bulunduğu yerleşim alanlarını büyük ölçüde etkilemiştir.
- **Tarım tekniklerinin gelişmesi:** Tarım ekonomisinin yaygın olduğu dönemlerde, çiftçiler zaman ve insan gücüne ihtiyaç duymaktaydı. Ancak, tarım tekniklerindeki ilerlemeler çiftçilerin hem boş zamanlarını arttırmış hem de başka iş alanlarına yönelmesine sebep olmuştur. Böylece tarım alanlarındaki insanlar sanayi kentlerine göç etmeye başlamıştır.
- **Coğrafi nedenler:** Kentlerin coğrafi konumu yerleşim alanlarının gelişmesini etkiler. Kömür ve cevher yatakları çevresinde yerleşim alanları gelişmesi buna örnek gösterilebilir.
- **Göç etme eğilimi:** Kentler ekonomik, sosyal ve kültürel açıdan insanları cezbeden özellikler taşıyabilir. Bu sebeplerle insanlar kentlere göç etme eğilimi kazanır ve kentleşme hızlanır. Ancak bu eğilimin kentleşmeyi etkileyebilmesi için göçün “sürekli olarak yerleşme” şeklinde kararlılık kazanması gerekmektedir.
- **Hukuki ve siyasi nedenler:** Kentleşmeyi, her ülkenin hukuki ve siyasi sistemleri etkiler. Özellikle toprak mülkiyetini düzenleyen kanunlar, hukuki açıdan kentleşmeye yön verirler [12].

3.3 Kentleşmenin Olumlu ve Olumsuz Etkileri

Kentleşmenin olumlu etkileri şöyle sıralanabilir:

- **Enerji tasarrufu sağlaması:** Kentleşme, farklı çözümlerle enerji etkinliğini arttırabilir. Örneğin müstakil bir ev ile apartmanın ısınmasında harcanan enerji karşılaştırıldığında, müstakil evde daha fazla enerji harcandığı görülür. Bunun sebebi apartmanın dairelerinin uygun büyüklükte olmasıdır.

- **Daha fazla yaşam alanı sağlaması:** Kentleşme nüfus artışını beraberinde getirmesine rağmen insanlara daha fazla yaşam alanı sağlar. Kentlerdeki yüksek katlı binalar buna örnek verilebilir.
- **Etkili katı atık yönetim sistemleri:** Kentlerde bulunan geri dönüşüm merkezleri, çöpleri geri kazanma yollarını araştırarak ulusal kaynak israfını önlemektedir.
- **Daha iyi sosyal imkanlar:** Kentleşme, bireylere daha iyi iş imkanı, sağlık hizmeti ve sosyal yaşam sağlar. Bunun yanı sıra, kentlerde eğitim seviyesi daha yüksek olduğundan, aile planlaması eğitimleri etkili olup doğum oranları daha düşüktür.

Kentleşme olumlu etkilerinin yanında birtakım sorunları da beraberinde getirmektedir. Bu sorunlar şöyle sıralanabilir:

- **Maliyet:** Kentleşmeyle birlikte nüfus miktarı arttığı için maliyet de artmaktadır. Kira fiyatlarındaki aşırı artış bunlardan birisidir. Ayrıca kent içi ulaşım insan yoğunluğuna bağlı olarak hem zaman kaybına hem de akaryakıt israfına yol açmaktadır. Bu durum aynı zamanda verimliliğin düşmesine ve üretimin azalmasına sebep olmaktadır.
- **Gecekondulaşma:** Kentleşmenin plansız yapılmasıyla ortaya çıkan önemli bir sorun gecekondulaşmadır. Bu sorun kentin estetik görünümünde bozulmalara yol açar ve kentin turistik önemini yitirmesine neden olur. Türkiye'de kentlerde yaşayan nüfusun yaklaşık %30'unun gecekondu mahallelerinde oturduğu tahmin edilmektedir. Örneğin; Ankara'nın sadece %35'i planlı, geri kalan %65'i plansız yerleşim yerlerinden oluşmaktadır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 : Gecekondulaşma.

- **Çevresel sorunlar:** Plansız kentleşme ile tarım arazileri yerleşim alanlarına dönüşmekte ve az olan tarım arazileri yok edilmektedir. Ayrıca, hayvanlara ait yaşam alanları da engellenmektedir. Kentleşme ve nüfusun artmasıyla, doğal kaynaklar hızla tüketilmektedir. Kentleşmenin çevreye olumsuz etkileri bu nedenlerle sınırlı kalmayıp hava, su ve toprak kirliliğine de sebep olmaktadır. Şehirlerdeki endüstriyel gazlar, araçlar ve enerji üretimi hava kirliliğine yol açmaktadır. Kentleşme sonucunda ortaya çıkan diğer bir problem de su kaynaklarında meydana gelen kirlenme ve azalmadır. Özellikle büyük şehirlerde yaşanan aşırı su tüketimi su kaynaklarını tehdit eder boyutlara ulaşmıştır. Kentsel yapılanmalar, toprak yüzeyinin çimento, asfalt ve binalarla kaplanmasına sebep olmuştur [13].

3.4 Uzaktan Algılama'nın Kentsel Gelişimin Belirlenmesindeki Rolü

Yeryüzünü sürekli aralıklarla gözleyebilme olanağı nedeniyle, yeryüzündeki değişimleri saptayabilen uzaktan algılama, kentsel gelişimin belirlenmesine olanak sağlar. Uzaktan algılama geleneksel yöntemlere kıyasla kentleşmenin mekansal ve zamansal yönünün daha iyi anlaşılmasını ve görüntülenmesini sağlar. Kentsel gelişimin izlenmesi, uzaktan algılama platformlarının artmasıyla daha düşük maliyetle ve daha kapsamlı görüntü işleme ve analiz teknikleriyle yapılabilmektedir. Ayrıca, büyük alanlar hakkında hızlı veri elde etme, zamansal veri setleri sağlayabilme ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile entegrasyon sağlayabilme gibi yararlar sağlamaktadır. Son yıllarda uzaktan algılama verileri ve CBS teknikleri, kentsel gelişimin haritalanması, kentsel gelişim sürecinin görüntülenmesi, analizi ve modellenmesi amacıyla kullanılmaktadır [14]. Nüfus, sosyo-ekonomik ve çevresel koşullar, arazi örtüsündeki değişimin nedenleri ve etkileri CBS ortamına aktararak doğru ve güncel bilgi elde edilebilmektedir.

Uzaktan algılama ile kentsel gelişimin izlenmesinde kullanılan bazı yöntemler şunlardır:

- Değişim saptama analizi
- Değişim vektörü analizi
- Spektral karışım analizi
- Sınıflandırma karşılaştırılması [1].

3.5 Literatür İncelemesi

Değişim saptamada en sık kullanılan yöntemlerden biri sınıflandırma sonrası karşılaştırmadır. Connecticut çalışmasında, Salmon nehri havzasındaki arazi kullanım değişimini sınıflandırma tekniği ile incelemiştir. Kullanılan veriler 1973, 1976, 1981, 1983 LANDSAT MSS, 1985, 1988, 1993 ve 1995 LANDSAT TM görüntüleridir. Ancak çalışmada LANDSAT MSS görüntülerinin mekansal çözünürlükleri çok düşük olduğundan görüntülerin görsel analizinde ve yorumlanmasında zorlanılmıştır [15]. Maktav ve Sunar (2005) yaptıkları çalışmada, Büyükçekmece ilçesindeki 1984 ve 1998 yılları arasındaki kentleşme ve arazi kullanımındaki değişimleri tespit etmek amacıyla çok zamanlı görüntülerin görsel analizi, oran ve fark görüntüleri ve sınıflandırma sonrası karşılaştırılması yöntemlerini kullanmıştır. Çalışmada kullanılan veriler, Temmuz 1998 SPOT-P, Haziran 1984-Nisan 1998 LANDSAT-TM ve Şubat 2002 IKONOS XS+P görüntüleridir. Çalışmanın sonucunda tarım alanlarının yerini yerleşim alanlarının aldığı belirtilmiştir [16]. Diğer yandan başka bir çalışmada, çok zamanlı LANDSAT TM verisi kullanılarak kentsel değişim tespiti için yapay sinir ağları (Artificial Neural Network) yöntemi kullanılmış ve bu yöntemin sınıflandırma sonrası karşılaştırmalara kıyasla %20–30 daha fazla doğrulukta sonuç ürettiği belirtilmiştir [17]. Arazi örtüsü değişim tespiti için İstanbul’da örnek bölge olarak seçilen İkitelli bölgesinde yapılan bir çalışmada, görüntü çakıştırma, görüntü çıkarma, ana bileşen dönüşümü (Principal Component Analysis) ve sınıflandırma sonrası karşılaştırma yöntemleri karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda, PCA ve sınıflandırma sonrası karşılaştırma yöntemlerinin değişime ait farklılıkları vurguladığı tespit edilmiştir [18]. Diğer bir çalışmada ise, alan kullanımı değişim analizinde çok zamanlı uydu görüntüsü oranlamasının, ana bileşen dönüşümünden (PCA) daha doğru sonuç verdiği gösterilmiştir. Bant oranlaması kullanılarak yapılan diğer bir çalışmada, LANDSAT MSS-SPOT yüksek çözünürlüklü (HRV) (XS) çok zamanlı görüntülere ait kırmızı ve yakın kızılötesi bantların oranlanmasının LANDSAT MSS-LANDSAT TM çok zamanlı görüntülere ait aynı bantlara oranla %10 daha doğru değişim analizi sonuçları verdiği gösterilmiştir [19].

Uzaktan algılama ve CBS entegrasyonu değişim saptamada kullanılan verimli yöntemlerden biridir. Nijerya’nın Enugu kentindeki kentsel gelişimi tespit etmek için obje tabanlı sınıflandırma yöntemi uygulanmıştır. Çalışmada 2012 yılına ait

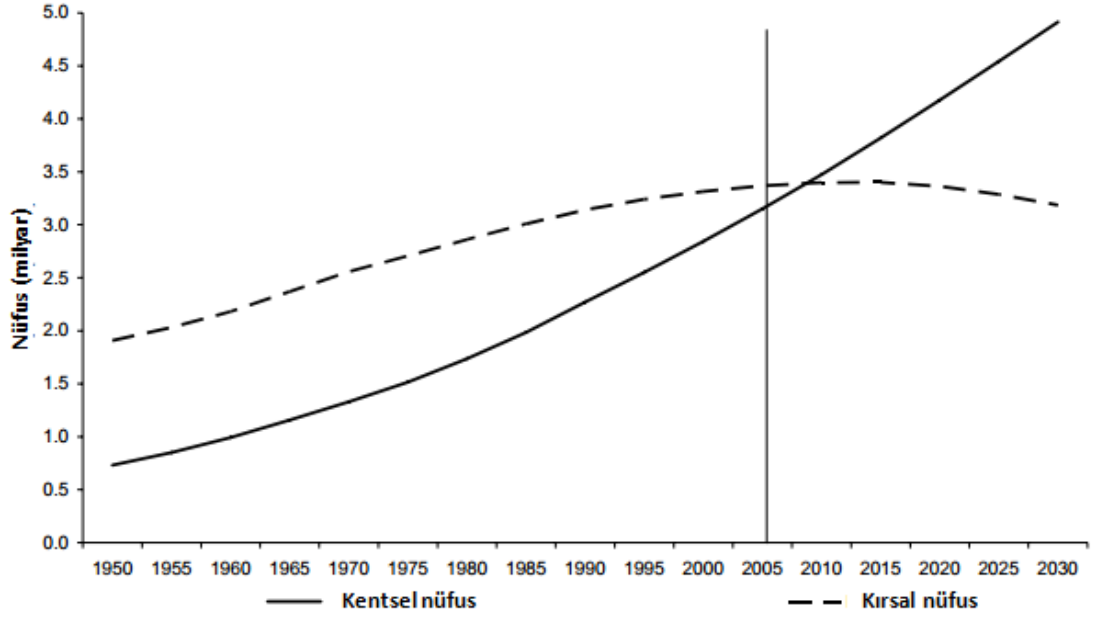
QuickBird uydu görüntüsü kullanılmıştır. Erdas imagine programı yardımıyla sınıflandırma yapılmış, ArcGIS programı ile analiz gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar mekansal, istatistiksel ve grafik olarak sunulmuştur [20].

Değişim saptama yöntemlerinden bir diğeri de değişim vektör analizidir. Bu yöntemin tek engeli değişimin yönünün ve şiddetinin eşik değerini belirleyebilmektir. Bu amaçla geliştirilmiş değişim vektör analiz yöntemi geliştirilmiştir. Çin'in Pekin kentindeki Haidian bölgesinde arazi kullanımı/arazi örtüsü değişimlerini saptamak için geliştirilmiş değişim vektör analizi uygulanmıştır. Bu yöntem iki aşamadan oluşmaktadır: Double-Window-Flexible Pace Search (DFPS) değişimin şiddetinin eşik değerini ve değişim vektörünün yönünü belirlemeyi amaçlar. Bunun için tek bir tarihteki görüntü sınıflandırması ile minimum uzaklık yöntemini birleştirir. Bu çalışmanın sonucunda geliştirilmiş değişim vektör analizinin arazi örtüsü/arazi kullanımı değişim analizinde oldukça etkili olduğu vurgulanmıştır [21].

3.6 Modelleme

Dünya nüfusunun 1900'lü yıllarda %13'ü kentlerde yaşamakta iken, 1950'li yıllara gelindiğinde bu oran %29'a çıkmıştır. 2005 yılında ise bu oran %49'a ulaşmıştır. Birleşmiş Milletlerin yapmış olduğu tahminlere göre bu oran 2030 yılında %60'lara ulaşacaktır. Kentlerde yaşayan nüfusun 2030 yılında 4,9 milyara ulaşması beklenmektedir (Şekil 3.2) [22].

Kent yönetimini daha sağlıklı yürütebilmek için kentin gelişme sürecinin önceden tahmin edilmesi gerekmektedir. Kentleşmenin takibi ve iyi bir kentsel büyüme yönetimi için kentsel gelişim modelleri ve süreçlerinin bilimsel bir anlayış içerisinde değerlendirilmesi gerekir. Fiziksel, çevresel ve sosyo-ekonomik nedenlerle birlikte gelişen kentsel büyüme süreci karmaşık bir yapıya sahip olduğu için karmaşık sistem teknikleri ile modellenenmektedir [23]. Kentsel gelişim modelleri, arazi kullanımının mekânsal olarak nasıl dağıldığını gösterir. En yaygın olarak kullanılan kentsel gelişim modellerinin başında, eş merkezli bölgeleme teorisi, merkezi alan teorisi, sektör teorisi, tek merkezli kent modeli, çekirdek teorisi gibi teoriler gelmektedir. Ancak tüm bu modeller, kentlerin karmaşık yapıları nedeniyle modelleme çalışmalarında yetersiz kalmışlardır.



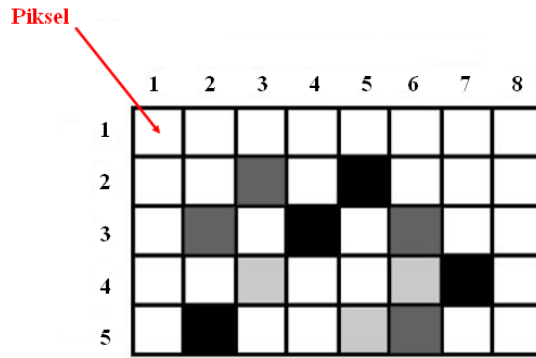
Şekil 3.2 : Dünya nüfusunun tarihsel gelişimi [22].

Bunun sonucunda karmaşık kentsel gelişim modelleri geliştirilmiştir. Karmaşık coğrafi olayların belirli bir sistem dâhilinde uygulanan bu modellerin sistem öğeleri arasında doğrusal olmayan etkileşimler vardır. Bu etkileşimler ile birlikte sistem öğelerinin yeni özelliklerinin ortaya çıkarılması da mümkün olmaktadır. Günümüzde bilgisayar teknolojilerindeki gelişmeler kentsel karmaşıklığın modellenmesinde çözümü, güç simülasyonların bilgisayar ortamında çalıştırılabilmesini sağlamıştır. Bu simülasyonlar kullandıkları yöntemlere göre; hücresel otomata, çoklu ajan, mekânsal istatistik, yapay sinir ağları, fraktal, kaotik ve afet tabanlı olmak üzere sınıflandırılabilir [24].

4. DİJİTAL GÖRÜNTÜ İŞLEME

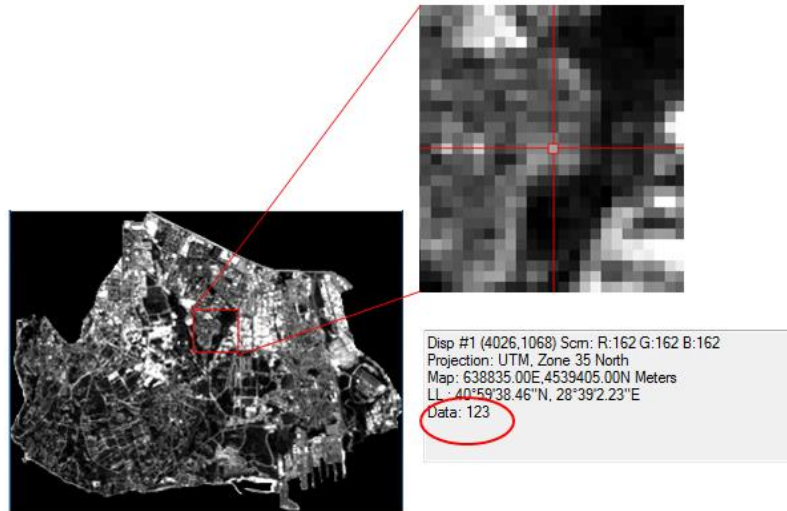
4.1 Dijital Uydu Görüntüsü

Dijital görüntü, $f(i,j)$ parlaklık değerlerini içeren bir matris olarak tanımlanır. Matristeki her bir $f(i,j)$ değeri piksel olarak adlandırılan bir resim elemanına karşılık gelmektedir (Şekil 4.1).



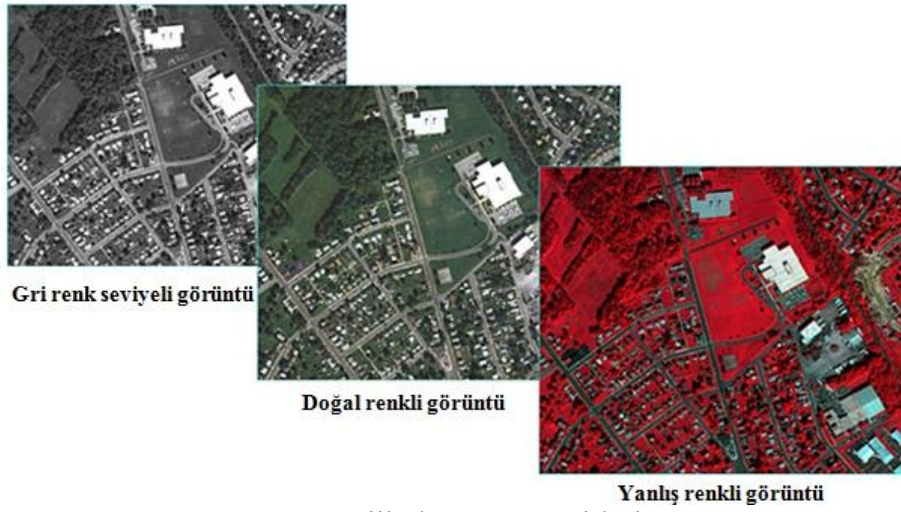
Şekil 4.1 : Dijital görüntünün en küçük elemanı (piksel).

Matrisin indisleri i ve j her bir pikselin görüntü içindeki konumunu, $f(i,j)$ ise o piksele karşılık gelen yeryüzü bölgesinin belli bir spektral bantta ölçülen parlaklık değerini verir. Bu değer genel olarak pikselin sayısal değeri olan DN (Digital Number) ile ifade edilir (Şekil 4.2). DN değerleri, görüntünün radyometrik çözünürlüğüne bağlı olarak değişir ve 0 ile 2^{n-1} arasında değer alır [6].



Şekil 4.2 : Dijital uydu görüntüsü (İstanbul, Beylikdüzü-LANDSAT-TM, 2011).

Dijital görüntüler, binari, gri renk seviyeli, renkli ve çok spektrumlu görüntülerden oluşmaktadır. En basit görüntü çeşidi olan binari görüntü; 0 değerine karşılık siyah, 1 değerine karşılık beyaz rengi alır. Gri renk seviyeli görüntü ise sadece parlaklık bilgisi içermektedir. Renkli görüntülerde renk, farklı cisimlerin farklı parlaklık değerlerine sahip olması ile ilgilidir. Bunlardan en çok kullanılan doğal renkli görüntüdür. Çok spektrumlu görüntüler, görünür spektrumun dışında kalan bölgelerden (kızılötesi, mor ötesi vb.) alınan görüntülerdir. Başka bir deyişle, bu görüntüler yanlış renkli görüntü olarak da adlandırılmaktadır (Şekil 4.3) [1].



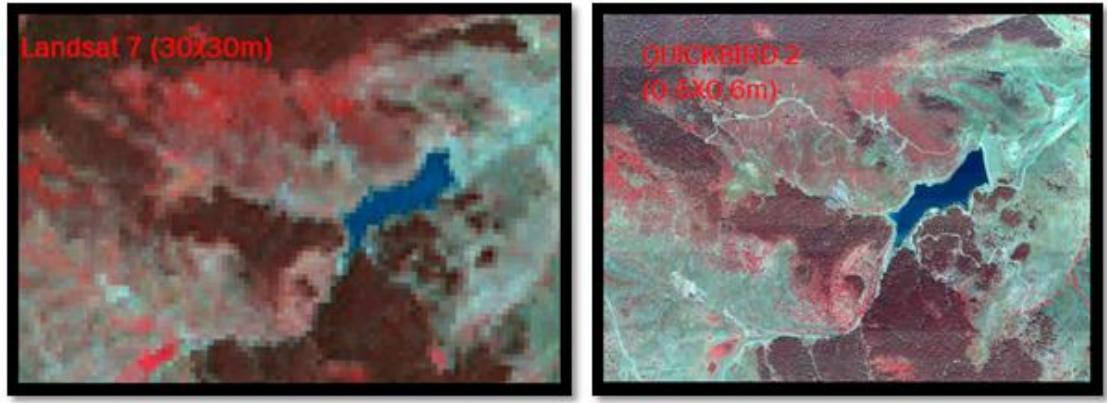
Şekil 4.3 : Dijital görüntü çeşitleri [25].

4.2 Çözünürlük

Çözünürlük, bilgisayar ekranında görüntülenen piksel sayısı olarak tanımlanırken uzaktan algılamada görüntüdeki bir pikselin yeryüzündeki karşılığını ifade etmektedir. Diğer bir ifade ile çözünürlük, detayların ayırt edilebilme gücünü göstermektedir. Uzaktan algılamada mekansal, spektral, radyometrik ve zamansal çözünürlük olmak üzere dört farklı çözünürlük vardır [26].

4.2.1 Mekansal çözünürlük

Mekansal çözünürlük, görüntüdeki detayların ayırt edilebilirliğini gösteren bir özellik olup, görüntüdeki bir pikselin yeryüzünde kapladığı alana karşılık gelmektedir. Mekansal çözünürlüğü iyi olan bir görüntü, küçük sayısal değer ile gösterilir. Örneğin, LANDSAT ETM algılayıcısından elde edilen 30 m mekansal çözünürlük, QuickBird 2 uydusunun 0.6 m mekansal çözünürlüğüne göre daha kaba bir çözünürlüktür (Şekil 4.4).



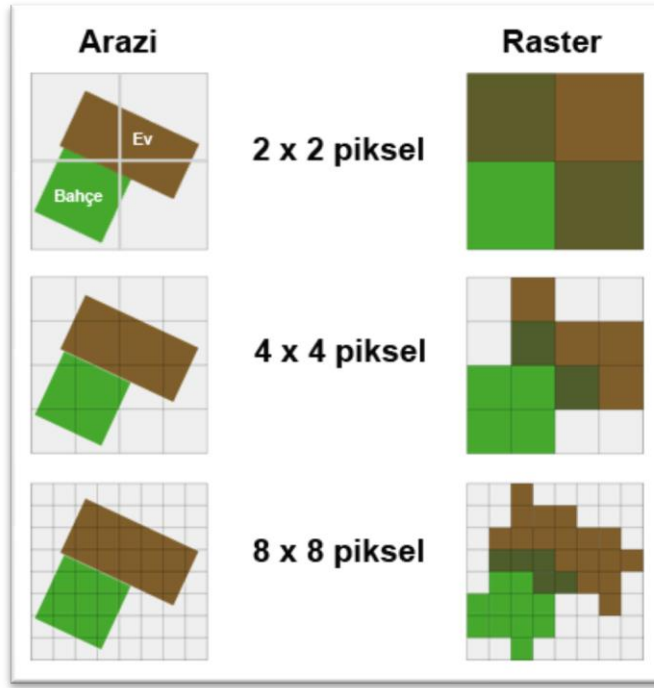
Şekil 4.4 : Farklı mekansal çözünürlüğe sahip uydu görüntüleri.

Dijital görüntülerin yüksek ve düşük mekansal çözünürlüğe bağlı olarak sahip olduğu avantaj ve dezavantajlar Çizelge 4.1’de yer almaktadır.

Çizelge 4.1 : Yüksek ve düşük mekansal çözünürlüklü görüntülerin özellikleri [1].

	Yüksek mekansal çözünürlük	Düşük mekansal çözünürlük
Piksel boyutu	Küçük	Büyük
Mekansal doğruluk	Yüksek	Düşük
Görüntünün dosya boyutu	Büyük	Küçük
Görüntüleme hızı	Yavaş	Hızlı
Görüntü işleme hızı	Yavaş	Hızlı
Uydudan veri iletimi	Yavaş	Hızlı

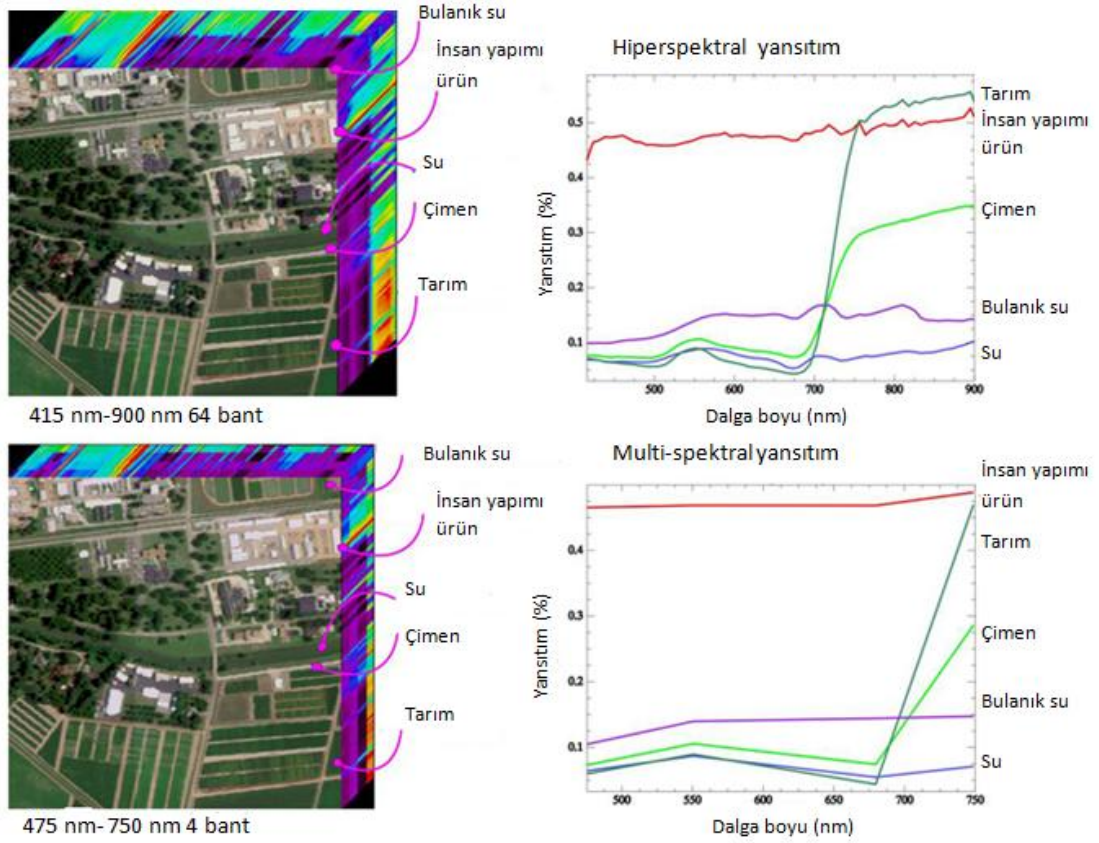
Uzaktan algılama uygulamalarında kullanılan görüntünün mekansal çözünürlüğü düşükse, piksel büyüklüğü görüntüdeki cisimlerden büyük olacağından alt-piksel görüntü işleme tekniklerine ihtiyaç duyulmaktadır. Eğer orta çözünürlüğe sahip görüntü kullanılıyorsa, piksel tabanlı görüntü işleme tekniklerinin kullanılması uygundur. Yüksek mekansal çözünürlüklü bir görüntüde ise piksel büyüklüğü cisimlerden küçük olacağından piksellerin farklı piksel gruplarına atanması için nesne tabanlı görüntü işleme tekniklerinin kullanılması gerekmektedir (Şekil 4.5) [1].



Şekil 4.5 : Yeryüzü cisimleri ile mekansal çözünürlük arasındaki ilişki.

4.2.2 Spektral çözünürlük

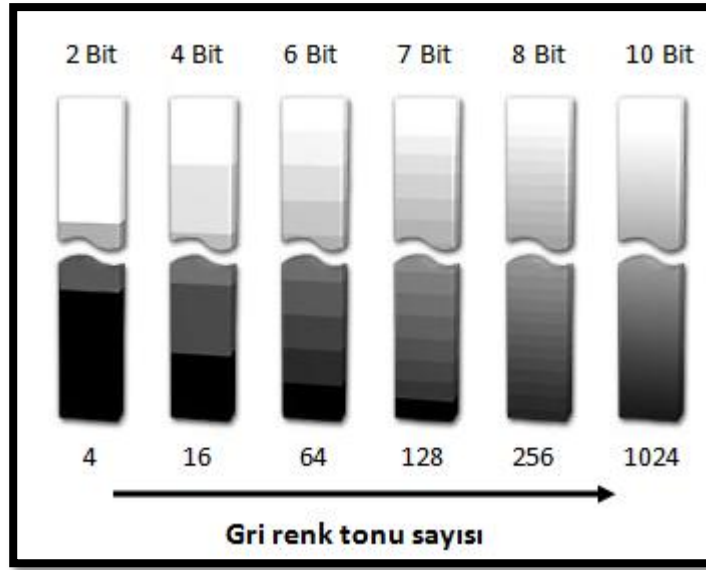
Spektral çözünürlük, yeryüzündeki cisimlerin uzaktan algılama ile tanımlanabilmesi için gerekli olan en önemli özelliktir. Çünkü her cisim yansıma, yayılma, geçirgenlik ve yutulma olarak ifade edilebilen spektral özelliğe sahiptir. Uzaktan algılama algılayıcıları da bu spektral özelliklerdeki değişiklikleri kaydedecek ve istenen ayrımları yapabilecek şekilde tasarlanmıştır. Spektral çözünürlük genel tanımıyla, algılayıcının kaydedebileceği elektromanyetik spektrumun dalga aralıklarını ve sayısını ifade etmektedir. Başka bir deyişle, algılayıcının elektromanyetik spektrumda kaydedebildiği dalga boyu genişliğini ve kullanılan bant sayısını ifade eder [27]. Bant genişliği daraldıkça spektral çözünürlük artmaktadır. Örneğin; 0.05 μm spektral aralıklarla ölçüm yapabilen bir algılayıcı iyi bir spektral çözünürlüğe sahiptir. Elektromanyetik spektrumun geniş bir bölgesinde algılama yapan algılayıcıların spektral çözünürlüğü düşük olmaktadır. Algılama yapılan bant sayısı arttıkça spektral çözünürlük artar. Örneğin, 7 bant ile algılama yapan LANDSAT-TM algılayıcısı, 36 bant ile algılama yapan MODIS algılayıcısından daha düşük spektral çözünürlüğe sahiptir [5]. Günümüzde oldukça gelişmiş, çok fazla bantlı algılayıcı sistemler hiperspektral algılayıcı olarak adlandırılmaktadır (Şekil 4.6) [6].



Şekil 4.6 : Hiperspektral ve Multi-spektral algılayıcıların karşılaştırılması.

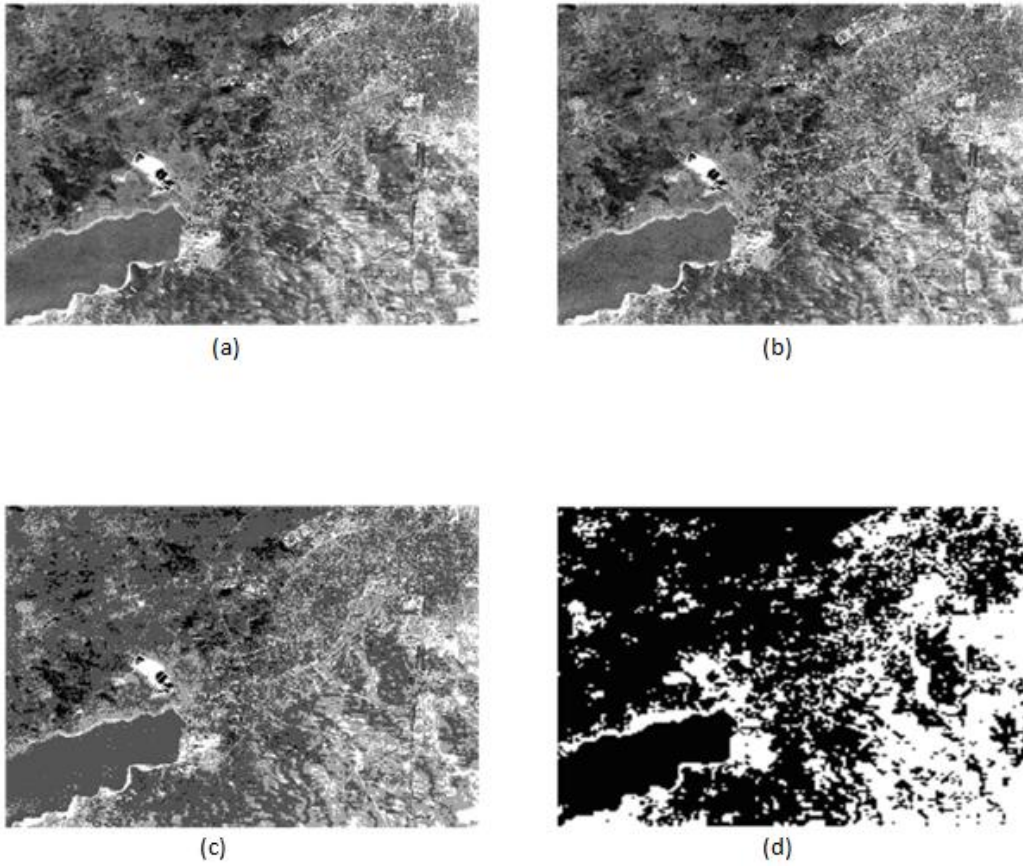
4.2.3 Radyometrik çözünürlük

Uzaktan algılamada dijital görüntünün elektromanyetik enerji miktarına duyarlılığı radyometrik çözünürlük ile ifade edilmektedir. Algılayıcılar, yeryüzündeki her bir piksele karşılık gelen alanlardan yansıyan ışığın şiddetine göre her cismi değişik derecelerde kaydeder. Buna o algılayıcının radyometrik çözünürlüğü adı verilmektedir. Kısaca radyometrik çözünürlük, objeleri tanımlamada ve ayırt etmede kullanılan toplam renk tonu sayısıdır. Bir uzaktan algılama sisteminde radyometrik çözünürlük, siyah ve beyaz renkleri arasında ölçülen gri derecelerinin sayısını ölçmektedir. Radyometrik çözünürlükte ölçme değeri bit olarak adlandırılır. Bir bitlik sistem sadece iki gri düzeyini ölçebilmektedir ($2^1=2$). 8-bitlik bir sistemde 256 gri derecesi kaydedilmektedir. Böyle bir sistemde siyah renk dijital değer olarak sıfıra, beyaz renk ise 255 değerine atanmaktadır (Şekil 4.7) [27].



Şekil 4.7 : Radyometrik çözünürlük.

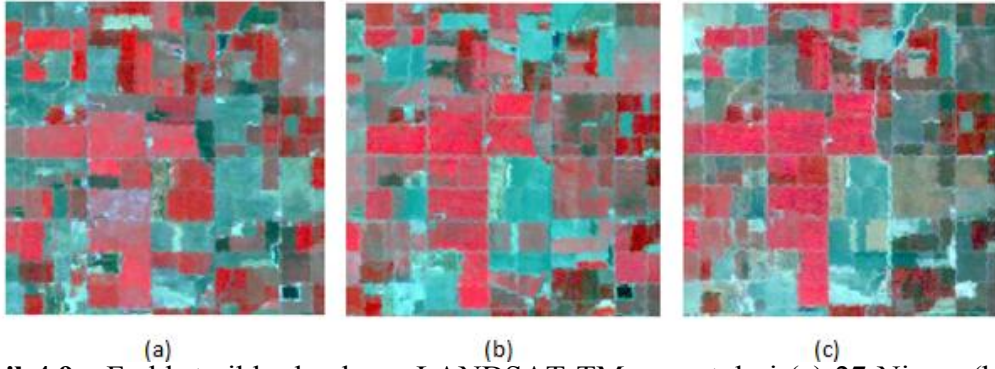
Şekil 4.8’de gösterildiği gibi algılayıcıların radyometrik çözünürlüğü (bit sayısı) azaldıkça detayların ayırt edilebilirliği azalmaktadır [6].



Şekil 4.8 : Farklı radyometrik çözünürlükteki görüntüler (a) 4 bit, (b) 3 bit, (c) 2 bit, (d) 1 bit.

4.2.4 Zamansal çözünürlük

Zamansal çözünürlük, bir uydu algılayıcısının aynı alandan hangi sıklıkta görüntü kaydettiğini belirtmektedir. Uzaktan algılamada farklı zaman periyotlarında aynı bölgeye ait görüntü elde edilebilmesi değişim saptama uygulamaları için oldukça önemlidir. Çünkü yeryüzündeki objelerin spektral özellikleri zamanla değişebilir ve çok zamanlı görüntüler ile bu değişimler analiz edilebilmektedir [26]. Örneğin, California’da bir bitki örtüsü türünün gelişme mevsimi süresince alınan 27 Nisan, 30 Haziran ve 20 Ekim tarihindeki LANDSAT-TM görüntüleri, Şekil 4.9’da gösterilmiştir. 4-3-2 bant kombinasyonu ile oluşturulan görüntülerde bitki örtüsü kırmızı renkte, çıplak arazi ise mavi-yeşil renkte görülmektedir. Bazı alanlarda Nisan’dan Haziran’a doğru ürün kanopisi artarken, bazı alanlar Ekim’de hasat edilmiştir.



Şekil 4.9 : Farklı tarihlerde alınan LANDSAT-TM görüntüleri (a) 27 Nisan, (b) 30 Haziran, (c) 20 Ekim.

Farklı zaman periyotlarında elde edilen görüntüler ile ormansızlaşma, sel oluşumu ve kent gelişimi gibi değişimler izlenebilmektedir. Örneğin, California kentine ait LANDSAT-TM uydu görüntüleri ile incelenen kentsel gelişim, Şekil 4.10’da gösterilmiştir [28].



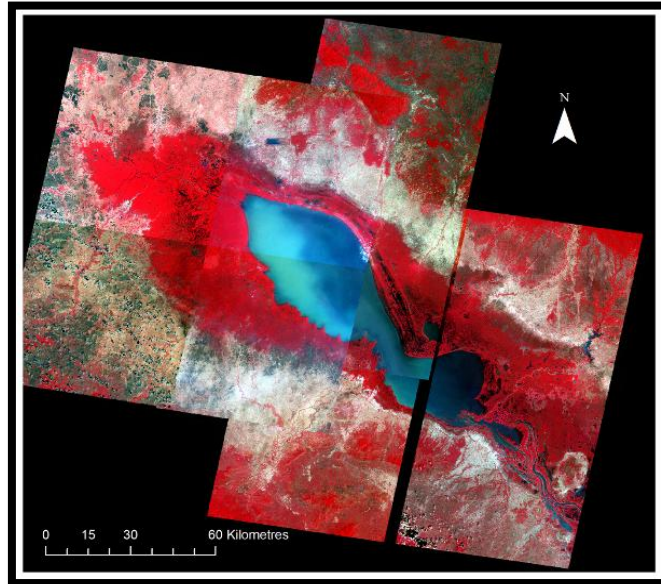
Şekil 4.10 : Farklı tarihlerde alınan LANDSAT-TM görüntüleri (a) 1985, (b) 1999.

4.3 Önışleme

Dijital görüntünün doğru bir şekilde yorumlanabilmesi ve analizinin yapılabilmesi için görüntüdeki radyometrik ve geometrik hataların düzeltilmesi gerekmektedir. Önışleme aşamasında görüntüdeki bu hatalar giderilmeye çalışılmaktadır.

4.3.1 Radyometrik düzeltme

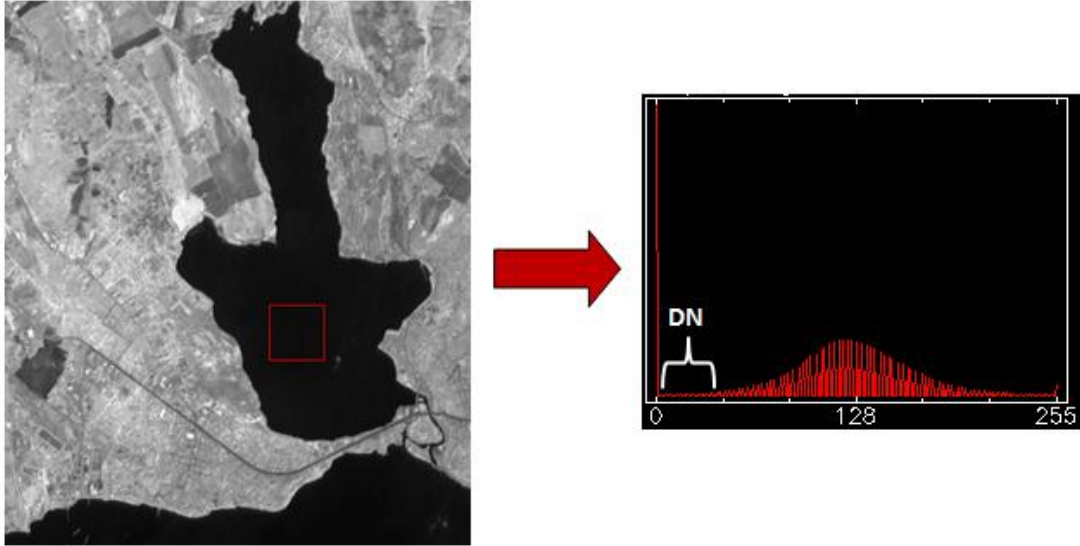
Radyometrik düzeltme, aydınlanma geometrisindeki, atmosferik koşullardaki, bakış geometrisindeki değışimler ve algılayıcıdaki gürültüler (noise) nedeniyle gerçekleştirilmektedir. Bu sorunların her biri, algılayıcı ve platformun özelliklerine ve algılama esnasındaki şartlara bağlıdır. Veriler arasında kolayca karşılaştırma yapabilmek için mutlak ışıınım (absolute radiation) ve yansıtım birimleri olarak bilinen verinin değıştirilmesine veya kalibre edilmesine gereksinim duyulmaktadır. Optik algılayıcılar ile elde edilen görüntüler arasındaki aydınlanma ve bakış geometrisindeki farklılıklar algılayıcı, güneş ve görüntülenen yeryüzü arasındaki mesafe ve geometrik ilişkiler ile modellenerek düzeltilebilmektedir. Bu amaçla, farklı tarihlerde farklı algılayıcılar tarafından algılanan görüntülerin karşılaştırılmasına veya tek bir algılayıcıdan aynı aydınlanma şartlarını içeren çoklu görüntülere (mozaik görüntü) ihtiyaç duyulmaktadır (Şekil 4.11).



Şekil 4.11 : Mozaik görüntü [28].

Elektromanyetik ışıının saçılımı atmosferden geçerken ve atmosfer ile etkileşim halindeyken gerçekleşmektedir. Bu saçılım ile yüzeyin enerjisi azalmaktadır. Ayrıca,

atmosfer yüzeyden yayılan enerjinin algılayıcıya da ulaşmasını engellemektedir. Atmosferik düzeltmeler, atmosferik koşulların modellenmesi ya da yalnızca görüntü bazlı basit hesaplamalarla yapılmaktadır [2]. En yaygın kullanılan atmosferik düzeltme yöntemlerinden biri “koyu piksel çıkartımı” dır. Bu yöntemde herhangi bir spektral bant için bir minimum parlaklık değeri (DN) belirlenir ve bu değeri her bir banttaki piksel değerlerinden çıkarılır. Yani görüntü histogramı bu değere göre ötelenir. Bu yöntem için gerekli olan varsayım, ilgili spektral bant için bazı piksellerin sıfır yansıtım değerine sahip olmasıdır. Böylece bu pikseller için ölçülen ışınlılık atmosferik saçılma sonucu oluşmuş ve konumdan konuma değişmemiştir Şekil 4.12’de İstanbul, Küçükçekmece ilçesine ait SPOT uydu görüntüsünde suya ait piksellerin sıfır yansıtım değerine sahip olması gerektiğinden atmosfer etkisi belirlenmiştir [1].



Şekil 4.12 : Koyu piksel çıkartımı yöntemi.

Görüntüler üzerindeki gürültüler, algılayıcıdaki yansıma hataları veya veri kaydı ve iletimindeki hatalar nedeniyle oluşmaktadır. Bu gürültüler, şerit veya çizgi şeklinde olur. Bu etkilerin görüntü zenginleştirme ve sınıflandırmadan önce giderilmesi gerekmektedir. Bu şeritler, alt ve üst hatların veya ikisinin ortalaması alınarak bulunan piksel değerlerinin girilmesi ile yok edilebilmektedir. Örneğin, LANDSAT-MSS algılayıcısının ilk görüntülerinde şerit halindeki hatalara rastlanmaktadır. Bu sorun, yörüngedeki değişiklikler ve algılayıcının 6 dedektöründen her birinin benzer yansıtımı farklı göstermesinden kaynaklanmaktadır (Şekil 4.13) [2].



Şekil 4.13 : LANDSAT-MSS algılayıcısındaki şerit hataları [30].

4.3.2 Geometrik düzeltme

Uydu görüntüleri sistematik ve sistematik olmayan geometrik distorsiyonlar içerir. Atmosferik kırılma, algılayıcı platformun hızındaki, konumundaki ve yüksekliğindeki değişimler ve yeryüzü eğriliği gibi birçok faktör geometrik distorsiyonları oluşturmaktadır. Geometrik düzeltme ile bu distorsiyonlar giderilerek uydu görüntüsünün haritanın geometrik entegrasyonuna sahip olması sağlanmaktadır. Geometrik düzeltme işlemi için iki yaklaşım söz konusudur. Birinci yaklaşımda, sistematik distorsiyonların hata kaynakları matematiksel modellerden türetilen formüllerin uygulanmasıyla giderilebilmektedir [31]. Bu yaklaşımda düzeltilen sistematik distorsiyonlar: Dünya'nın dönüşü, panoramik etki, bakış oranı, uydu konumu, durumu ve tarama açısıdır. İkinci yaklaşımda ise, distorsiyonlu görüntüdeki piksellerin koordinatları ile bu piksellerin arazideki koordinatları arasında matematiksel bağlantı kurulur. Böylece distorsiyon türüne bakılmaksızın görüntü geometrisi düzeltilir. Ayrıca, birinci yaklaşımla algılayıcı, uydu platformu ve yeryüzü kaynaklı distorsiyonlar düzeltildikten sonra geriye kalan bilinmeyen distorsiyonlar da ikinci yaklaşımla düzeltilebilir [1]. İkinci yaklaşım için görüntüde homojen dağılan, konumu belirgin yer kontrol noktaları seçilir. Yer kontrol noktaları yol kesişimleri, bina köşeleri gibi belirgin alanlardan seçilmelidir (Şekil 4.14).



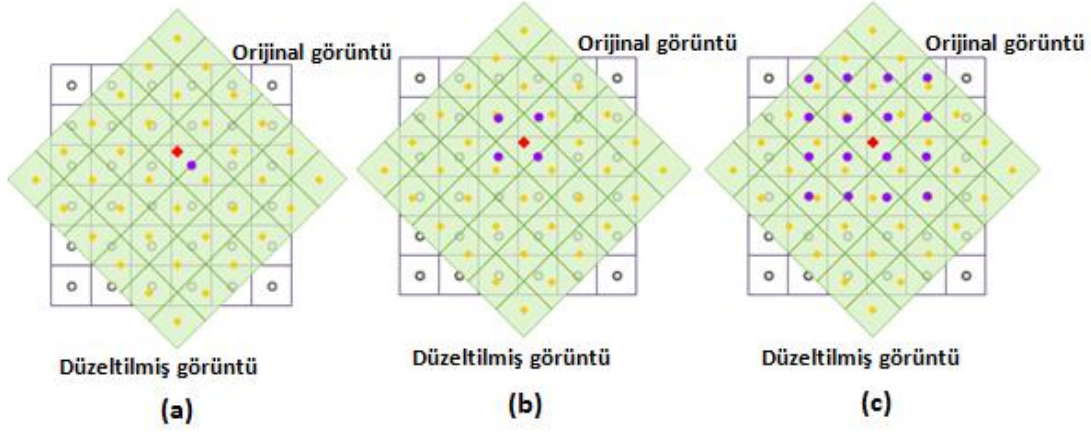
Şekil 4.14 : Yer kontrol noktalarının seçimi.

Bu noktaların görüntü koordinatları ile haritadaki karşılıkları arasındaki bağıntıyı sağlayan transformasyon eşitlikleri kurulur. Bu eşitlikler için gereken katsayıların saptanması için, yer kontrol noktalarının her iki sistemdeki mevcut koordinat değerlerine En Küçük Kareler yönteminin uygulanmasıyla gerçekleştirilir [31]. Son olarak yeniden örnekleme işlemi, düzeltilmiş görüntüde yeni piksellerin sayısal değerlerini belirlemek amacıyla gerçekleştirilir. Yeniden örnekleme işleminde 3 yöntem mevcuttur. Bunlar: En Yakın Komşuluk (Nearest Neighbour), Bilineer Enterpolasyon (Bilineer Interpolation) ve Kübik Enterpolasyondur (Cubic Interpolation).

En Yakın Komşuluk yöntemi: Düzeltilmiş piksel değerleri, orijinal görüntüde yeni piksel konumuna en yakın piksel değerlerinden faydalanılarak hesaplanır. Basit bir metottur ve orijinal değerler değişmez. Fakat bazı pikseller kaybolurken bazılarının çifti oluşabilir.

Bilineer Enterpolasyon yöntemi: Orijinal görüntüde yeni piksel konumuna en yakın dört pikselin ağırlıklı ortalaması alınarak yeni piksel değerleri hesaplanır. Orijinal piksel değerleri değişir ve görüntü harici yeni piksel değerleri oluşur.

Kübik Enterpolasyon yöntemi: Orijinal görüntüde, yeni piksel konumunu çevreleyen sekiz pikseli bir bloğun ağırlıklı ortalaması alınarak yeni piksel değeri hesaplanır. Bilineer enterpolasyonda olduğu gibi bu metotta tamamen yeni piksel değerleriyle sonuçlanır (Şekil 4.15) [32].

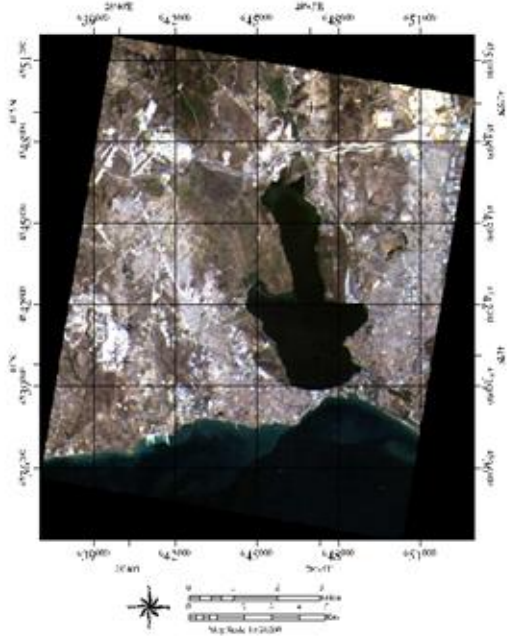


Şekil 4.15 : Yeniden örnekleme yöntemleri (a) En Yakın Komşuluk, (b) Bilineer Enterpolasyon, (c) Kübik Enterpolasyon [28].

Geometrik düzeltme işlemi, görüntünün harita ile entegrasyonunu sağlamak (image-to-map registration) amacıyla geometrik kayıt şeklinde yapılabilmektedir. Şekil 4.16’da İstanbul ilinin Küçükçekmece ilçesine ait LANDSAT-TM uydu görüntüsüne geometrik düzeltme işlemi uygulanarak coğrafi koordinatlara uygun kayıt edilmiştir. Ayrıca, geometrik kayıt coğrafi koordinatların yerine bir görüntünün diğer bir görüntüye kaydı için de tercih edilir. Bu işlem, görüntüden görüntüye kayıt (image-to-image registration) olarak adlandırılır [32].



(a)



(b)

Şekil 4.16 : Görüntüden haritaya geometrik kayıt işlemi (a) Orijinal görüntü, (b) Geometrik kaydı yapılmış görüntü.

4.4 Görüntü Zenginleştirme

Görüntü zenginleştirmede amaç, dijital görüntü özelliklerinin birbirinden ayırt edilebilirlik derecesi ile orijinal görüntüden görsel olarak elde edilebilecek bilginin miktarını arttırmaktır. Bu amaca yönelik olarak mekansal ve spektral dönüşümler kullanılmaktadır [31].

4.4.1 Mekansal dönüşüm

Mekansal dönüşümlerin kullanılmasındaki amaç, dijital görüntülerdeki bilgiyi çıkartmak veya değiştirmektir. En çok kullanılan mekansal dönüşüm uygulaması mekansal filtrelemedir [1]. Mekansal filtreleme yöntemleri, görüntüde yer alan farklı fiziksel özellikler arasındaki ayrımı belirginleştirerek görüntünün görsel olarak yorumlanabilirliğini arttırmak amacıyla kullanılmaktadır. Bu bağlamda çeşitli sayısal filtreleme matrisleri kullanılır. Görüntüdeki farkların vurgulanması, kenar çizgilerinin vurgulanması veya yok edilmesi için farklı sayı matrisleri kullanılmaktadır [33].

4.4.2 Spektral dönüşüm

Spektral dönüşümler, görüntünün spektral bilgi içeriğini değiştirirler. Spektral dönüşüm ile görüntüye yeni bir bilgi eklenmeyip sadece var olan bilginin daha yararlı olacak şekilde farklı bir yapıda sunulması sağlanmaktadır. Bu bağlamda spektral dönüşümler; ana bileşen dönüşümü, kontrast zenginleştirme, aritmetik bant işlemleri ve spektral indeksler şeklinde kategorize edilebilir [1].

4.4.2.1 Ana bileşen dönüşümü

Ana bileşen dönüşümü (Principal Component Analysis), çok bantlı veri gruplarında benzer spektral özelliklere sahip bantları bastırmak ve daha çok bilgi veren yeni bir veri grubu oluşturmak için uygulanan bir görüntü zenginleştirme yöntemidir. Ana bileşen dönüşümü ile minimum korelasyonlu bilgiler sıkıştırılarak veri grubu hakkında maksimum bilginin çıkarılması sağlanmaktadır. Bu amaçla, çok bantlı verilere görsel yorumlama veya sınıflandırma öncesi uygulandığında, verilerden bilgi çıkarılması kolaylaşmaktadır [34].

4.4.2.2 Kontrast zenginleştirme

Kontrast zenginleştirme, görüntü histogramının değiştirilmesi işlemidir. Bu yaklaşımla görüntünün mevcut yansıtım değer aralığı olası bütün dinamik aralığa yayılır. Kontrast zenginleştirme yöntemleri, görüntüdeki değişik özellikler arasındaki parlaklık değerlerine dayalı ayırt edilebilirliği arttırmak için kullanılır. Bu yöntemlerden en çok kullanılanlar: lineer kontrast artırımı, histogram eşitleme ve Normal (Gauss) yaymadır [1].

4.4.2.3 Aritmetik bant işlemleri

Tek veya farklı algılayıcılardan elde edilen görüntü bantlarının, çeşitli matematiksel yöntemlerle yeni bir özellik uzayına dönüştürülmesi işlemidir. Toplama, çıkarma, çarpma ve bölme işlemleri, en yaygın kullanılan basit aritmetik işlemlerdir. İki ya da daha fazla bant için toplama işlemi Eşitlik 4.1’de gösterilmiştir.

$$Y = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^n w_i X_i \quad (4.1)$$

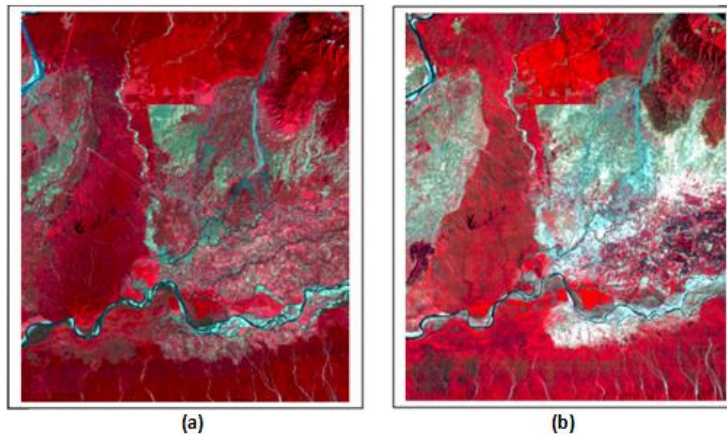
$i=1,2,\dots,n$ $w_{i,j}$: Ağırlık, $X_{i,j}$: Parlaklık değeri

$i=1$ ve $k=n$ için $w_i=1$ ’dir ve sonuç bant ortalamasını tanımlar.

Çok bantlı görüntülerde toplama işleminin kullanılmasında, bazı bantlarda yer alan gürültülerin ve bulutların giderilebilmesi en önemli etkidir [35].

Bantlar arasında gerçekleştirilen çıkarma işlemi ise değişim özelliklerinin vurgulanması için sık kullanılan bir yöntemdir (Şekil 4.17).

$$Y = \frac{1}{k} (w_i X_i - w_j X_j) \quad (4.2)$$



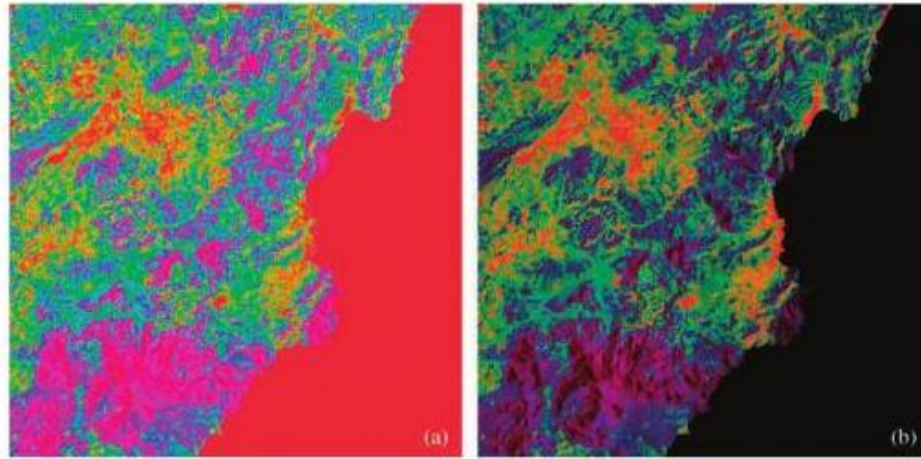
Şekil 4.17 : Bant çıkarma işlemi ile değişim analizi (a) 1988, (b) 1992.

Çarpma işlemi ise Eşitlik 4.3'te tanımlanmıştır.

$$Y = X_i \cdot X_j \quad (4.3)$$

X_i : i bandındaki piksel değerleri, X_j : j bandındaki piksel değerleri

Çarpma işleminin uygulamalarından bir tanesi maskeleyedir. Örneğin, X_i ; 0 ve 1 DN değerlerinden oluşan mask görüntüsü olursa, X_j bandındaki pikseller X_i 'de 0 değerine karşılık geliyorsa 0 olacaktır. Bu işlem ile verilen şartlardaki mantıksal işlemlerin uygulanması daha etkili olacaktır. Diğer bir uygulama ise görüntü değişimidir (image modulation). Örneğin, topografik özellikler, pankromatik bandın kullanımıyla (yoğunluk bileşeni olarak) renkli sınıflandırma görüntüsüne eklenebilir. Buradaki amaç, sınıflandırma görüntüsünün 3 bileşenini (kırmızı, yeşil, mavi) modüle etmektir. Bu bağlamda, renkli sınıflandırılmış görüntüden kırmızı, yeşil ve mavi bileşenli görüntüler üretilir. R x I, G x I ve B x I işlemleriyle kırmızı yeşil ve mavi bant modüle edilir (Şekil 4.18) [35].



Şekil 4.18 : Görüntü modülasyonu için çarpma işlemi (a) Renkli sınıflandırma görüntüsü, (b) Yoğunluk ile modüle edilmiş sınıflandırma görüntüsü [34].

Diğer bir yöntem bant oranlamadır. Temel olarak bant oranlama işlemi Eşitlik 4.4'te gösterilmiştir [35].

$$Y = \frac{X_i}{X_j} \quad (4.4)$$

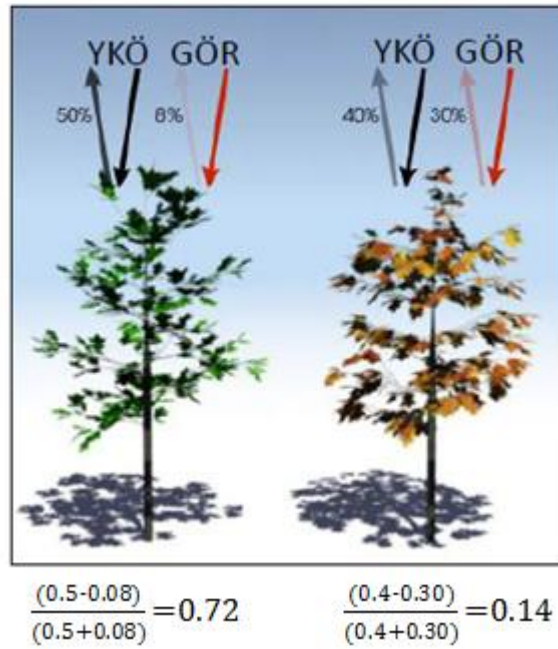
Bant oranlama ile spektral yansıtım eğrisinin eğimlerindeki değişkenlik vurgulanır. Bu değişimler normalde bantlar bağımsız olarak ele alındığında görülmezler. Ayrıca oranlama yaklaşımı ile, topografik etkenlere bağlı olarak oluşan aydınlanma farklılıkları azalır [1].

4.4.2.4 Spektral indeksler

- **Normalize edilmiş bitki örtüsü indeksi (NDVI):** Yakın kızılötesi (NIR) ve kırmızı bantlar arasındaki zıtlığı artırmak ve iki banttaki bilgiyi tek banda toplayarak, bitki varlığını incelemek üzere normalize edilmiş bitki örtüsü indeksi (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) kullanılmaktadır.

$$NDVI = \frac{NIR - Kırmızı}{NIR + Kırmızı} \quad (4.5)$$

Normalize edilmiş bitki örtüsü indeksi değerleri ile elde edilen sonuçlar, yeşil bitki örtüsüyle ilgili bilgiyi verdiği gibi bitkinin zayıf olduğu veya bitkisiz alanları da belirlemektedir. NDVI değerleri [-1,+1] aralığındadır. NDVI değeri 1 değerine yakın olması sağlıklı bitkinin mevcut olduğunu, 0 değerine yaklaştıkça bitki örtüsünün yok olduğunu, negatif olduğunda ise alanların kesinlikle bitkisiz olduğunu göstermektedir. Nehir, göl gibi su yüzeylerinde bitki indeksi değerlerinin çok düşüktür. Aynı durum, yerleşim ve sanayi alanları ve yol gibi insan eliyle yaratılmış yapay alanlar içinde geçerlidir (Şekil 4.19) [36].



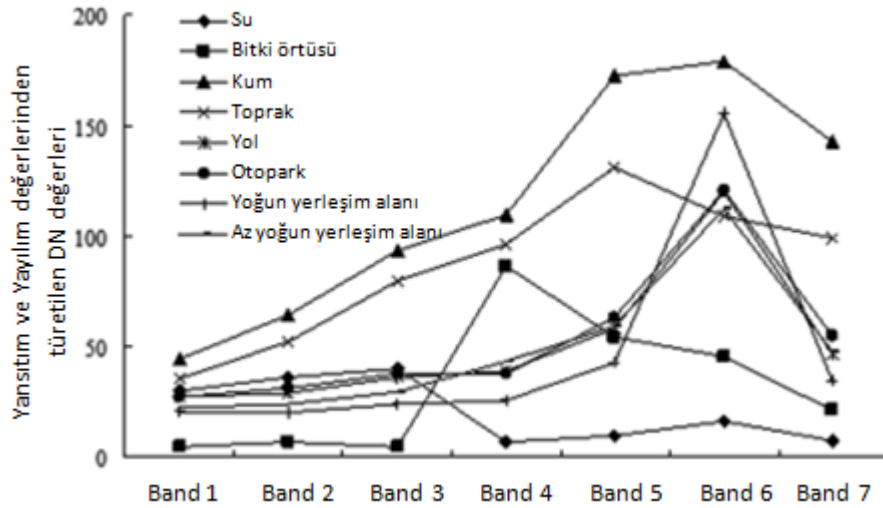
Şekil 4.19 : Normalize edilmiş bitki örtüsü indeksi (NDVI).

- **Normalize edilmiş yerleşim alanı indeksi (NDBI):** Orta kızılötesi (MIR) ve yakın kızılötesi (NIR) bantlarının spektral yansıtım değerleri ile yerleşim alanlarını tespit etmek amacıyla normalize edilmiş yerleşim alanı indeksi (Normalized Difference Built-up Index, NDBI) oluşturulmuştur.

$$NDBI = \frac{MIR - NIR}{MIR + NIR} \quad (4.6)$$

Normalize edilmiş yerleşim alanı indeks görüntüsünde açık renkteki alanlar pozitif değerlere sahiptir ve yerleşim alanlarının olduğunu, koyu renkteki alanlar ise negatif değerlere sahiptir ve genellikle ormanlık alanların mevcut olduğunu göstermektedir [37].

- **Normalize edilmiş geçirimsiz yüzey indeksi (NDISI):** Geçirimsiz yüzeyler, ısı bandta (TIR) yüksek yayım gücüne sahip ve yakın kızılötesi (NIR) bölgede düşük yansıtıma sahiptir. Çünkü beton, asfalt gibi geçirimsiz yüzeyler güçlü ısı yayma kapasitesine sahiptir ama bitki örtüsü için bu durum tam tersidir. Bu nedenle, ısıl bandın kızılötesi banda oranı geçirimsiz yüzeylerin daha kolay tespit edilmesini sağlamaktadır. Ancak toprak, kum ve su da benzer spektral yansıtıma sahip olduğundan ısıl bandın yakın kızılötesi banda oranı etkili bir sonuç vermemektedir. Ayrıca geçirimsiz yüzeyler ısıl ve yakın kızılötesi bantlarda benzer spektral yansıtıma sahip olmasına rağmen, toprak, kum ve su geçirimsiz yüzeylerden daha yüksek yansıtıma sahiptir. Toprak ve kum orta kızılötesi bölgede (MIR) geçirimsiz yüzeylerden daha yüksek yansıtıma sahiptir. Buna göre, görünür ve orta kızılötesi bantlarla birlikte yakın kızılötesi bant ve ısıl bandın kullanımı, geçirimsiz yüzeyleri belirginleştirirken toprak, kum ve suyun bastırılmasını sağlar (Şekil 4.20) [38].



Şekil 4.20 : Arazi kullanım sınıflarının DN değerleri (Fuzhou-LANDSAT ETM, 2003) [38].

Normalize edilmiş geçirimsiz yüzey indeksi (NDISI) Eşitlik 4.7’de formülize edilmiştir.

$$NDISI = \frac{(TIR - (MNDWI + NIR - MIR)/3)}{(TIR + (MNDWI + NIR - MIR)/3)} \quad (4.7)$$

$$MDNWI = \frac{\text{Yeşil} - MIR}{\text{Yeşil} + MIR}$$

- **Toprak ve bitki örtüsü indeksi (SVI):** Kısa dalga kızılötesi (SWIR) bölgede geçirimsiz yüzeyler ve geçirimsiz olmayan yüzeylerin ayrımı kolaylıkla yapılabilmektedir.

$$SVI = \frac{SWIR - \text{Mavi}}{SWIR + \text{Mavi}} \quad (4.8)$$

Toprak ve bitki örtüsü indeksi (Soil and Vegetation Index, SVI) görüntüsünde koyu renk tonları geçirimsiz yüzeylerin mevcut olduğunu ve 1'den küçük değerlere sahip olduğunu göstermektedir. Yerleşim alanlarının olmadığı geçirimli yüzeylerde ise açık renk tonları görülür ve 1'den büyük değerler alır [39].

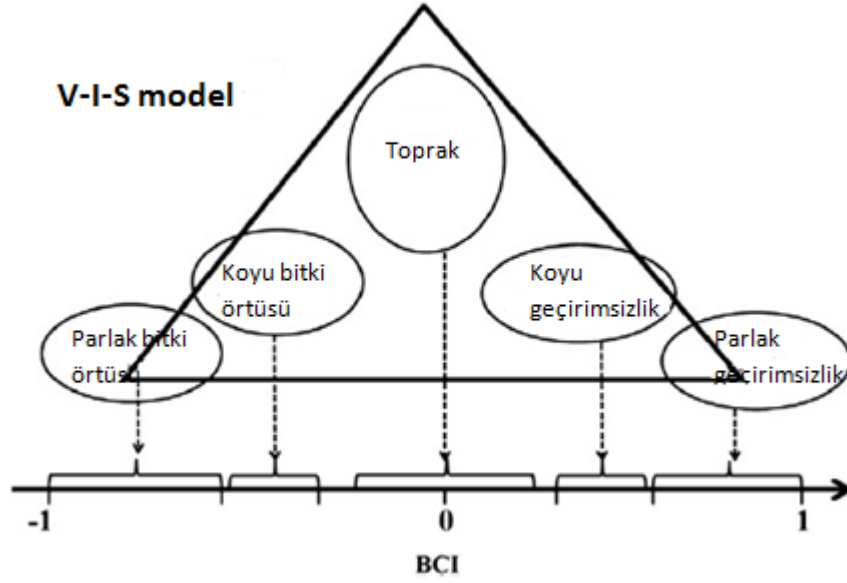
- **Yerleşim alanları için bant oranı (BRBA):** Kırmızı ve orta kızılötesi (MIR) bantlarının spektral yansıtım değerleri ile yerleşim alanlarını tespit etmek amacıyla yerleşim alanları için bant oranı (Band Ratio for Built-up Area, BRBA) geliştirilmiştir [40].

$$BRBA = \frac{\text{Kırmızı}}{MIR} \quad (4.9)$$

- **Toprak indeksi (Soil index):** Isıl kızılötesi (TIR) ve orta kızılötesi (MIR) bantları ile toprak alanlarını tespit etmek amacıyla toprak indeksi (Soil Index) geliştirilmiştir [40].

$$\text{Toprak indeksi} = \frac{TIR + MIR}{TIR - MIR} \quad (4.10)$$

- **Biyofiziksel karışım indeksi (BCI):** Kentsel alanlarda biyofiziksel karışımları açıklayabilmek için V-I-S (Vegetation-Impervious-Soil) modeli oluşturulmuştur. Şekil 4.21'de geçirimsiz yüzeyler pozitif ya da yüksek değerlere, bitki örtüsü negatif ya da düşük değerlere ve toprak yaklaşık olarak 0'a karşılık gelmektedir.



Şekil 4.21 : V-I-S üçgen modeli [41].

BCI indeksini oluşturabilmek için ilk olarak Tasseled Cap (TC) dönüşümü gerçekleştirilir. Dönüşüm sonucunda TC1, TC2 ve TC3 olmak üzere üç bileşen elde edilir. TC1; yüksek albedo değeri, TC2; bitki örtüsü ve TC3; düşük albedo değerine sahiptir. Her bir bileşen normalize edilir.

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{TC1 - TC1_{\min}}{TC1_{\max} - TC1_{\min}} \\
 V &= \frac{TC2 - TC2_{\min}}{TC2_{\max} - TC2_{\min}} \\
 L &= \frac{TC3 - TC3_{\min}}{TC3_{\max} - TC3_{\min}}
 \end{aligned} \tag{4.11}$$

Normalize edilen bileşenler ile biyofiziksel karışım indeksi (BCI) oluşturulur [41].

$$BCI = \frac{(H + L)/2 - V}{(H + L)/2 + V} \tag{4.12}$$

4.5 Sınıflandırma

Uzaktan algılamada sınıflandırma, cisimlerin farklı spektral yansıtım değerleri esasına dayanarak orijinal görüntüdeki her görüntü elemanını ait olduğu özellik grubuna ayırma işlemidir. Her pikselin ayırt edilmesi ya da tanınması, algılama yapılan spektral bantlara göre farklılık gösteren sayısal değerler kümesinden yararlanılarak yapılmaktadır. Sınıflandırmada amaç, yeryüzünde aynı spektral

özellikleri taşıyan nesnelerin gruplandırılmasıdır. Sınıflandırmanın yapılabilmesi için çok spektrumlu veri kullanılır. Her bir piksele ait spektral özellik verisi sınıflandırma için sayısal değerleri oluşturur. Her obje, spektral yansıtım ve yutulmaya bağlı olarak farklı sayılarla ifade edilir. Sınıflandırma, tematik bilgi çıkarmak için kullanılan en önemli yöntemdir. Sınıflandırma sonucu elde edilen görüntü tematik harita olarak adlandırılmaktadır. Elde edilen tematik harita, bir harita projeksiyonuna kayıt edildiğinde Coğrafi Bilgi Sistemlerinde kullanılabilir. Sınıflandırma işlemi, genel olarak aşağıdaki adımları içerir:

1. Yeryüzü özelliklerini ortaya koyabilecek sınıfların belirlenmesi ve kontrol alanlarının seçimi. Çalışma bölgesine ait bilgilerin toplanılması için arazi çalışmasının yapılması, sınıflandırmada kullanılmak üzere mevcut verilerin ve haritaların temini.
2. Çalışma amacına göre görüntülerin ve çalışılacak spektral bantların seçimi.
3. Tespit edilen sınıflara ait kontrol alanlarından yararlanarak sınıflandırılmada kullanılmak üzere eğitim ve test verilerinin oluşturulması.
4. Çalışma amacına yönelik olarak uygun bir sınıflandırma algoritmasının seçimi ve uygulanması.
5. Sınıflandırılmış görüntü için doğruluk analizi ve elde edilen tematik haritaların yorumlanması.

Sınıflandırma işleminde, sınıfların oluşturulması, yapılacak çalışmanın amacına ve ölçeğine bağlıdır. Ayrıca, çalışmada kullanılacak spektral aralığın belirlenmesi, yeterli doğrulukta ve sayıda kontrol alanlarının seçimi ve sınıflandırılmış görüntülerde doğruluk değerlendirilmesinin yapılması, bu işlemin gerçekleştirilmesinde büyük önem taşımaktadır.

Sınıflandırma işleminde genel olarak kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma olarak adlandırılan iki yaklaşım vardır [42].

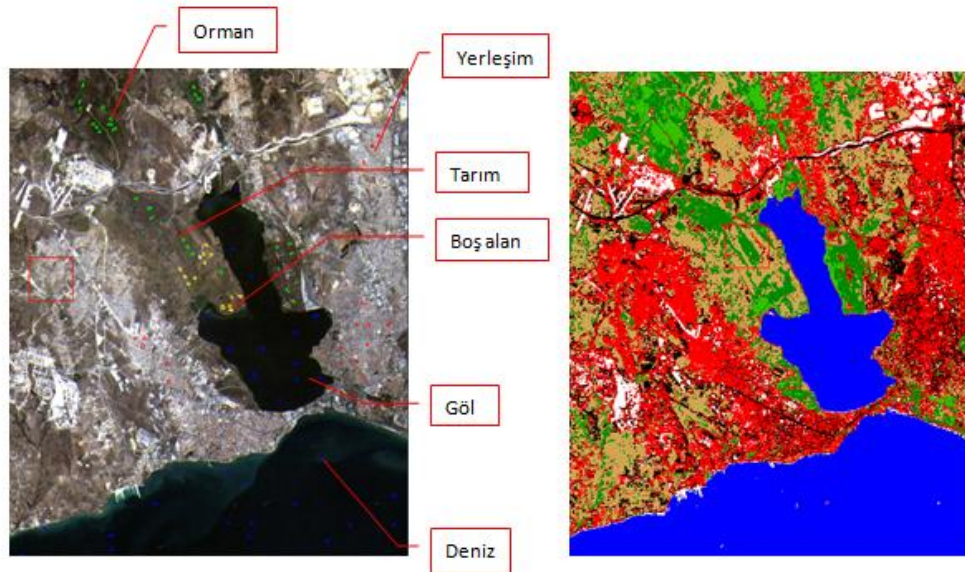
4.5.1 Kontrollü sınıflandırma

Kontrollü sınıflandırma, arazi çalışmaları yapılarak, hava fotoğraflarının analiz edilmesiyle ve mevcut haritalar yardımıyla görüntü üzerindeki objeler hakkında elde edilen verilere bağlı olarak gerçekleştirilir (Şekil 4.22). Kontrollü sınıflandırmada, görüntüdeki sınıf sayısı ve hangi sınıfların olması gerektiği önceden belirlenir.



Şekil 4.22 : Kontrollü sınıflandırmada kullanılan yardımcı veriler.

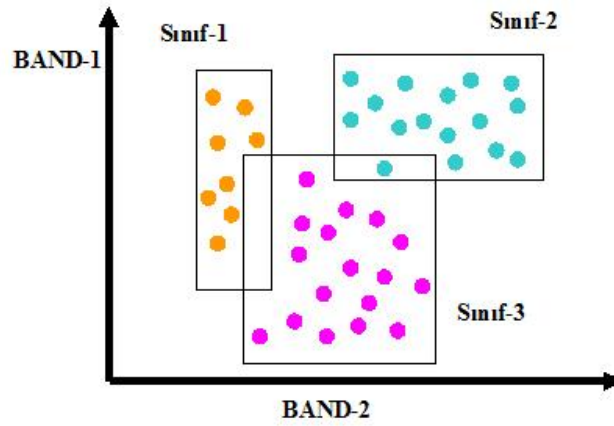
Kontrollü sınıflandırmanın ilk adımı, kontrol bölgelerinin seçimidir. Kontrol bölgelerinin uygulayıcı tarafından doğru olarak belirlenmesi sınıflandırma doğruluğunu büyük oranda etkilemektedir. Her bir sınıfa ait uygun kontrol bölgelerinin tanımlanması, uygulayıcının çalışılan bölge hakkında bilgi sahibi ve yeterli yardımcı veriye sahip olmasına bağlıdır. İkinci adım, sınıflandırma adımıdır. Sınıflandırma adımı, görüntü verisindeki her bir piksel en çok benzer olduğu arazi örtüsü kategorisine dahil edilir. Görüntü elemanı örnekleme bölgeleriyle uyum sağlamıyorsa bilinmeyen olarak etiketlenir. Bilinmeyen piksel değerinin hangi arazi örtüsü grubuna dahil olacağı daha sonra belirlenir. Bu işlemler tüm görüntü matrisi için tamamlandıktan sonra, arazi örtüsü sınıflarının oluşturduğu sonuç görüntü matrisi oluşturulur. Sonuçlar tematik haritalar, istatistiksel tablolar veya Coğrafi Bilgi Sistemlerine dahil edilebilecek nitelikteki sayısal veri olarak kullanılabilir (Şekil 4.23) [42].



Şekil 4.23 : Kontrollü sınıflandırma (İstanbul, Avcılar-LANDSAT-TM).

Kontrollü sınıflandırma yönteminde kullanılan algoritmalar, Paralelkenar yöntemi, En Kısa Uzaklık yöntemi ve Maksimum Olabilirlik yöntemidir.

- **Paralelkenar yöntemi:** Bu yöntemde her bir sınıfın özellik uzayındaki minimum ve maksimum değerleri belirlenerek, dikdörtgen ya da paralelkenarlar oluşturulur. Sınıflandırılmak istenen piksel, içerisinde bulunduğu dikdörtgen ya da paralelkenarın ait olduğu sınıfa atanır (Şekil 4.24). Paralelkenar yöntemi parametrik olmayan bir yöntemdir. Hesaplama hızı yüksek olup, matematiksel ifadesi basittir. Bu yöntemin sonucunda sınıflandırılmayan piksel sayısı fazladır. Sınıflar arasında çakışan alanlar olması durumunda sınıflandırma işlemi zorlaşmaktadır. Bu durumda aday piksellerin çakışan sınıflardan birine rastgele atanması ile problem çözülür [42].



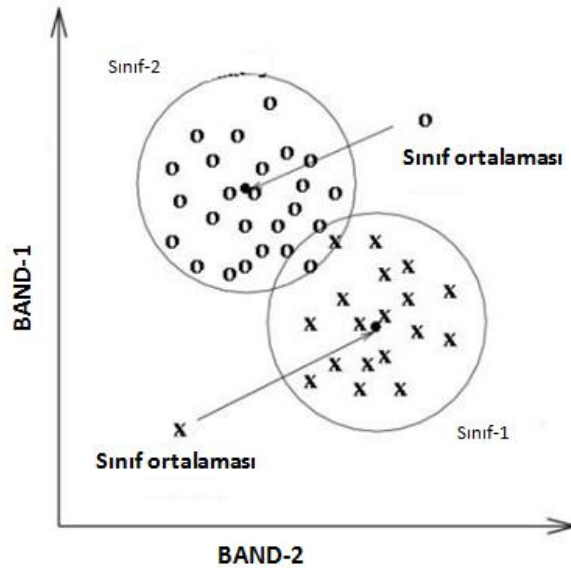
Şekil 4.24 : Paralelkenar yöntemi [43].

- **En Kısa Uzaklık yöntemi:** Bu yöntem özellikle veri sayısının az olduğu durumlar için uygundur. İlk olarak, her bir sınıf için ortalama değerler hesaplanır. Daha sonra, bilinmeyen her bir pikselin bütün sınıf merkezlerine olan uzaklıkları hesaplanır. Bilinmeyen pikseller bu uzaklıklara göre en yakın oldukları sınıflara atanır (Şekil 4.25).

Uzaklık ölçütlerinden en yaygın kullanılan Öklid uzaklığıdır.

p boyutlu özellik uzayı için A ve B noktaları arasındaki Öklid uzaklığı Eşitlik 4.13'te gösterilmiştir [1].

$$D_{AB} = \sqrt{\sum_{i=1}^p (A_i - B_i)^2} \quad (4.13)$$



Şekil 4.25 : En Kısa Uzaklık yöntemi.

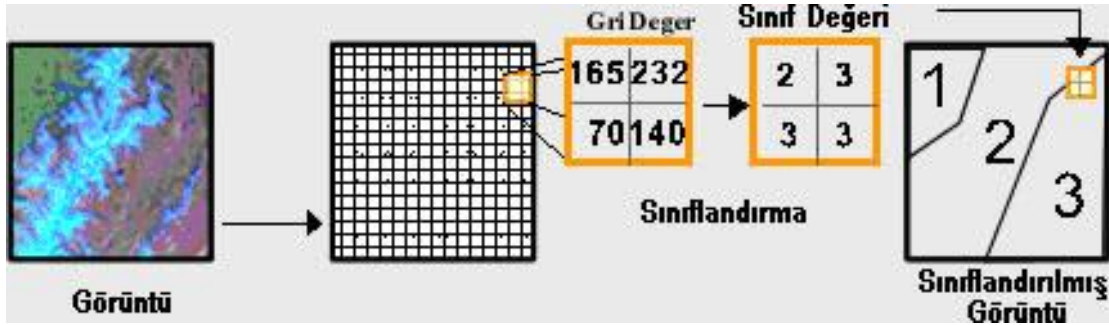
- **Maksimum Olabilirlik yöntemi:** Bu yöntem en yaygın kullanılan kontrollü sınıflandırma algoritmasıdır. Maksimum olabilirlik yönteminde; ortalama değer, varyans ve kovaryans gibi istatistiki değerlerin tamamı dikkate alınır. Kontrol alanlarını oluşturan her bir sınıf için olasılık fonksiyonları hesaplanır ve buna göre her bir pikselin hangi sınıfa daha yakın olduğuna karar verilir. Bir pikselin hangi sınıfa ait olduğu, her bir sınıfa ait olma olasılıklarının hesabından sonra en yüksek olasılıklı gruba atama şeklinde yapılır. Bu yöntemde, sınıf kontrol verilerini oluşturan noktalar kümesindeki dağılımın, normal dağılım olduğu kabul edilir. Sınıfların ilk olasılıkları hakkında bilgi mevcut değilse, hepsi eşit olasılıklı olarak kabul edilir. Yöntem, pikselleri sadece parlaklık değerlerine göre değil, her sınıf için ayırım oluşturacak varyans-kovaryans matris değerine göre oluşturur. Böylece örnek piksellerin özellik uzayındaki dağılımları da dikkate alınmış olur. Maksimum olabilirlik yönteminde kullanılan formül aşağıdaki şekildedir:

$$D = \ln(a_c) - [0.5 \times \ln(|Kov_c|)] - [0.5 \times (X - M_c)^T \times (Kov_c^{-1}) \times (X - M_c)] \quad (4.14)$$

Bu eşitlikte; D, uzaklık ağırlıklı olasılık değerini; c; örnek bir sınıfı; X, aday pikselin ölçüm vektörünü; M_c , c örnek sınıfının ortalama vektörünü; a_c , aday pikselin c sınıfına ait olma yüzdesini, Kov_c , c sınıfındaki piksellerin varyans-kovaryans matrisini göstermektedir [42].

4.5.2 Kontrolsüz sınıflandırma

Kontrolsüz sınıflandırma yönteminde, kontrol bölgelerinin yerine görüntüde belirsiz olan görüntü elemanlarını inceleyen ve görüntü DN değerlerinde var olan gruplaşmalara veya kümelere dayalı olarak bu elemanları çeşitli sınıflar altında birleştiren algoritmalar kullanılmaktadır (Şekil 4.26).



Şekil 4.26 : Kontrolsüz sınıflandırma [43].

Kümeleme adı verilen algoritmalar, görüntü verisindeki mevcut olan doğal spektral gruplaşmaları belirlemede kullanılır. Kümeleme yöntemi tam otomatik bir yöntem olup, bu yöntemde sınıflar hakkında herhangi bir ön bilgi bulunmamaktadır. Bu yöntemde noktalar arasındaki uzaklığın belirlenmesi için Öklid uzaklığı, Mahalanobis uzaklığı gibi uzaklık ölçütleri kullanılır. Kümeleme kriteri olarak genellikle küme içindeki noktalar arasındaki uzaklığın minimum, küme merkezleri arasındaki uzaklığın ise maksimum olması esastır.

Kontrolsüz sınıflandırma sonucu oluşan sınıflar, spektral sınıflardır. Çünkü bu sınıflar görüntü DN değerlerindeki doğal gruplaşmalara bağlı olup, bu spektral sınıfların ne olduğu önceden bilinmemektedir. Oluşturulan sınıfların doğal özellikleri ancak daha sonra, o bölgeye ait harita veya yersel bilgilerle karşılaştırılarak belirlenir [6].

4.5.3 Doğruluk analizi

Doğruluk analizi, sınıflandırma sonucu ile doğru olduğu kabul edilen coğrafi verinin karşılaştırılmasıdır. Genel olarak doğru olduğu kabul edilen bu coğrafi veriler, yer doğruluklu verilerdir. Ancak üzerinde çalışılan bölge uzak ya da yasak bir bölgeyse, yer doğruluklu veri elde etmek mümkün değildir. Bu durumda bir grup referans pikseli seçilebilir. Referans pikselleri, kullanıcı veya bilgisayar tarafından seçilir ve sınıflandırılmış görüntüdeki bilinen gerçek verileri temsil etmektedir [7].

Sınıflandırma doğruluklarının belirlenmesinde kullanılan en yaygın yaklaşım hata matrisidir. Hata matrisi oluşturulurken her sınıfa ait referans verileri kullanılır. İlk olarak görüntüdeki tüm pikseller sınıflandırılır ve referans verilerine karşılık gelen piksellerin kaç tanesinin hangi sınıfa atandığı belirlenir. Son olarak referans verilerine ait bu sayılar sütunlar halinde yan yana yerleştirilerek bir hata matrisi oluşturulur (Şekil 4.27) [1].

		Kolon toplamı			
		j= Sütunlar (Referans)			
		1	2	k	n _{i+}
i= Satırlar (Sınıflandırma)	1	n ₁₁	n ₁₂	n _{1k}	n ₁₊
	2	n ₂₁	n ₂₂	n _{2k}	n ₂₊
	k	n _{k1}	n _{k2}	n _{kk}	n _{k+}
	n _{+j}	n ₊₁	n ₊₂	n _{+k}	n
Sütun toplamı					

Şekil 4.27 : Hata matrisi [7].

Şekil 4.27’de n, toplam referans veri örüntü sayısıdır. n_{ij}, referans veride j kategorisindeyken (j=1,2,...,k) sınıflandırılmış veri içinde i sınıfına (i=1,2,...,k) atanan örüntülerin sayısını gösterir. i kategorisine atanan sınıflandırma verisindeki örüntü sayısı:

$$n_{i+} = \sum_{j=1}^k n_{ij} \quad (4.15)$$

j kategorisi için referans verideki örüntü sayısı:

$$n_{+j} = \sum_{i=1}^k n_{ij} \quad (4.16)$$

Sınıflandırmada en sık kullanılan doğruluk ölçütü genel doğruluktur.

$$\text{Genel doğruluk} = \frac{\sum_{i=1}^k n_{ii}}{\sum_{j=1}^k n_{+j}} = \frac{\sum_{i=1}^k n_{ii}}{n} \quad (4.17)$$

Genel doğruluk, her bir sınıf için sınıflandırma doğruluğu hakkında bilgi vermez. Bir sınıf için yüksek olan doğruluk, diğer sınıfların düşük doğruluğunu örtebilir. Bu durumda her bir sınıf için üretici ve kullanıcı doğruluğu hesaplanır [1]. Üretici doğruluğu, doğru sınıflandırılmış örnek sayısının o kategori için olan sütun sayısına bölünmesi ile hesaplanır. Kullanıcı doğruluğu ise, doğru sınıflandırılmış örnek sayısının o kategori için olan satır sayısına bölünmesi ile hesaplanmaktadır.

Doğruluk analizlerinde kullanılan bir diğer yöntem, Kappa analizidir. Kappa doğruluk analizi, hata matrisindeki genel doğrulukla olasılıklı doğruluk arasındaki farka dayanır. Sınıflar arası doğrulukları da içerdiğinden genel doğruluk ölçütünden daha iyi bir ölçüdür.

Genel sınıflandırma için Kappa formülü aşağıda verilmiştir [6].

$$\text{Kappa} = \frac{N \sum x_{ij} - \sum (x_{i+} x_{+j}) / N^2}{N - \sum (x_{i+} x_{+j})} \quad (4.18)$$

N = Tüm kategorilerdeki örnek sınıf toplamı

$\sum x_{ij}$ = Doğru sınıflandırılmış örnek sayısı

$\sum (x_{i+} x_{+j})$ = Her kategorideki hata matrisinin satır ve sütun toplamı

4.6 Değişim Saptama

Değişim saptama, aynı coğrafi alanın, farklı zamanlarda elde edilmiş iki veya daha fazla görüntüsü arasındaki çevresel değişimlerin algılanmasıdır. Uydu görüntüleri ile değişim saptama analizinde farklı yöntemler mevcuttur ve özellikle kentsel alanların izlenmesi, tarımsal gelişim, orman yönetimi gibi birçok uygulama alanında başarıyla kullanılmaktadır. En çok kullanılan değişim saptama yöntemleri Çizelge 4.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2 : Değişim saptama yöntemleri [44].

Karmaşık gruplar	Teknikler
Lineer yöntemler	Fark görüntüleri
	Oran görüntüleri
Sınıflandırma yöntemleri	Sınıflandırma sonrası değişim saptama
	Spektral değişim patern analizi
	Mantıksal patern değişim saptama
	Radyans vektör ötelemesi
Dönüştürülmüş veri setleri	Albedo fark görüntüleri
	Ana bileşen dönüşümü
	Bitki örtüsü indeksi
Diğerleri	Regresyon analizi
	Bilgi-tabanlı expert sistemleri

5. UYGULAMA

5.1 Çalışma Alanı ve Kullanılan Veriler

Beylikdüzü, Marmara Bölgesine bağlı İstanbul ilinin bir ilçesidir. İlçe; $41^{\circ} 00'33.57''$ - $40^{\circ} 57'37.69''$ kuzey enlemleri, $28^{\circ} 35'42.47''$ - $28^{\circ} 41'58.03''$ doğu boylamları arasında yer almaktadır (Şekil 5.1).



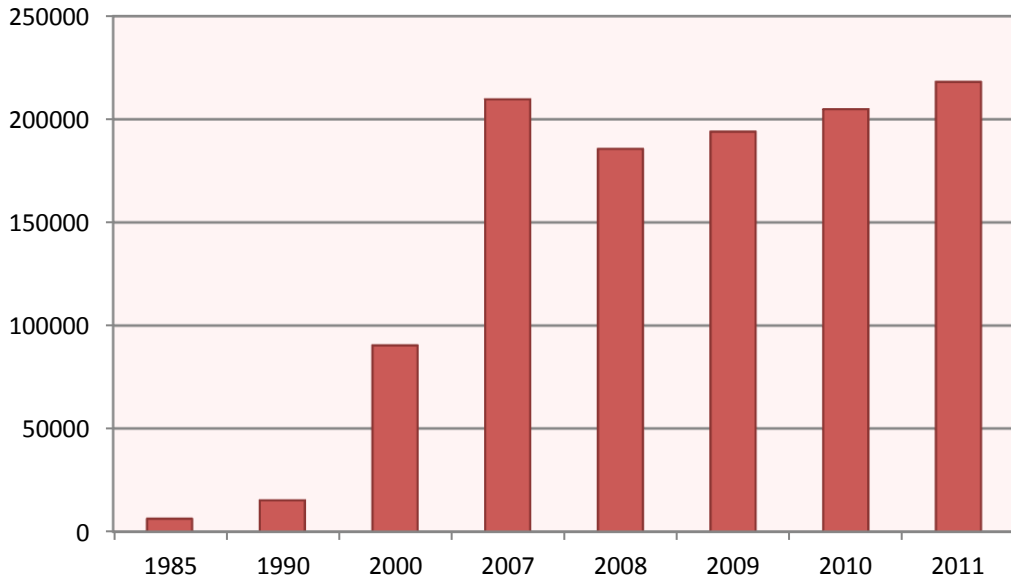
Şekil 5.1 : Çalışma alanı [45].

Beylikdüzü, güneyde 12.4 km kıyı uzunluğu ile Marmara Denizine, doğuda Avcılar, kuzeyde Esenyurt, batıda ise Büyükçekmece ilçelerine komşudur. Yaklaşık 37.38 km^2 alana sahiptir.

Beylikdüzü ilçesinin köyden ilçeye dönüşümündeki tarihsel gelişimi aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- ✓ Cumhuriyet öncesi dönemdeki adı bahçe anlamına gelen "Garden"dır.
- ✓ Cumhuriyet döneminde ise köyün doğal iklimine çok kolay ayak uyduran kavak ağaçlarının yoğunluğu nedeniyle "Kavaklı" adı verilmiştir ve bu ad 9 Ocak 2003 tarihine dek kullanılmıştır.
- ✓ 01.12.1993 tarihinde Kavaklı, Büyükçekmece'ye bağlı bir belde belediyesi olmuştur.
- ✓ 22 Mart 2008 tarihinde ise ilçeye dönüşmüştür [45].

Beylikdüzü ilçesinde 1984'te nüfus sayımı yapılmadığından 1985 yılında yapılan genel nüfus sayımına göre ilçe nüfusu 6.269 kişiyken, bu rakam 2011 yılında 218.120 kişiye ulaşmıştır. 2008 yılında nüfusun azalması, Beylikdüzü ilçesi kurulurken mahalle sınırlarının değişmesi ve Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemine (ADNKS) geçiş sürecinde yaşanan sıkıntılardan kaynaklanmaktadır (Şekil 5.2) [46].



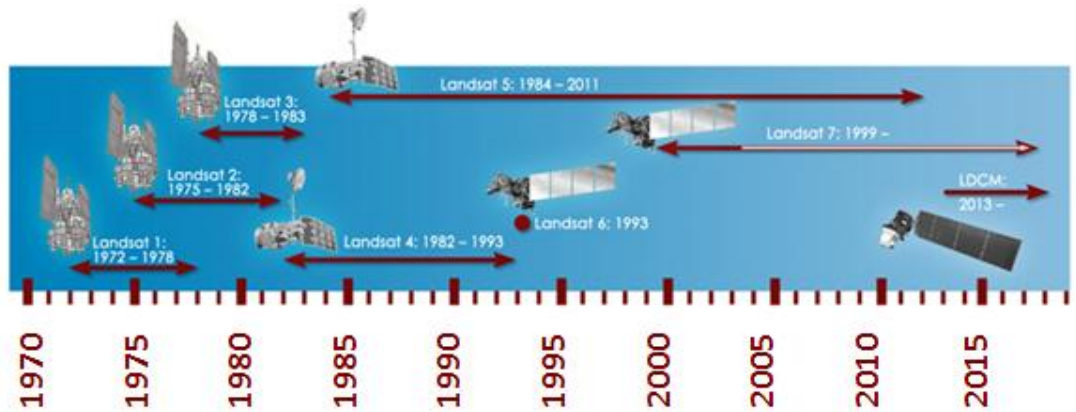
Şekil 5.2 : Beylikdüzü ilçesinin 1985-2011 yılları arasındaki nüfus değişimi [46].

Beylikdüzü ilçe nüfusunun 1990'dan itibaren bu denli hızlı artmasının nedenleri şöyle sıralanabilir:

- ✓ İstanbul'a olan yoğun göçler
- ✓ İstanbul merkezinde yapılaşma ve nüfusun çok artması
- ✓ İstanbul merkezindeki konut fiyatlarının çok yükselmesi

- ✓ Beylikdüzü'ne ulaşım koşullarının kolaylaştırılması
- ✓ Beylikdüzü'nde modern bir yerleşim planının olması
- ✓ Beylikdüzü'nün havasının temiz olması
- ✓ Trafik sorununun olmaması
- ✓ Depreme dayanıklı binaların çokluğu (1999 İzmit depreminde Avcılar'ın ağır hasar görmesiyle, Avcılar'da oturan birçok insanın Beylikdüzü'ne göç etmesi)
- ✓ Önemli ticaret yolları üzerinde olması
- ✓ İthalat ve ihracat limanına sahip oluşu
- ✓ Ticaretin gelişmesi
- ✓ Yüksek yapılardan oluşan konutların yoğunluğu

Beylikdüzü'nde hızlı nüfus artışına paralel olarak yaşanan kentsel gelişimi tespit etmek amacıyla LANDSAT-TM uydu görüntüleri kullanılmıştır. İlk uzaktan algılama uydusu olan ve önceleri ERTS (Earth Resources Technology Satellite) olarak bilinen LANDSAT-1, 23 Temmuz 1972 yılında uzaya fırlatılmıştır. 22 Ocak 1975'te LANDSAT-2, 5 Mart 1978'de LANDSAT-3, 16 Temmuz 1982'de LANDSAT-4 yörüngeye yerleştirilmiştir (Şekil 5.3). Bu uydular artık aktif değildir. LANDSAT-1,2,3 uyduları üzerinde RBV (Return Beam Vidicon) kamera sistemi ve MSS (Multi Spectral Scanner) algılayıcıları bulunmaktadır. LANDSAT-4 uydusunda ise MSS ve TM (Thematic Mapper) algılayıcıları bulunmaktadır. 1 Mart 1984'te LANDSAT-5 uydusu yörüngeye yerleştirilmiştir. LANDSAT-5 uydusu MSS ve TM algılayıcılarına sahiptir. LANDSAT-5 uydusunun teknik özellikleri Çizelge 5.1'de, TM algılayıcısının görüntüleme özellikleri Çizelge 5.2'de yer almaktadır. Bu uydulardan sonra fırlatılan LANDSAT-6 ise düşmüştür [47].



Şekil 5.3 : LANDSAT uydularının çalışma süreleri [47].

Çizelge 5.1 : LANDSAT-5 uydusunun teknik özellikleri [47].

İşletmeci	NASA
Fırlatılma tarihi	1 Mart 1984
Ağırlığı	2200 kg
Yörünge yüksekliği	705 km
Yörünge periyodu	16 gün
Yörünge özellikleri	Güneşe eşzamanlı
Şerit genişliği	185 km
Ekvator geçişi yerel zamanı	09:45

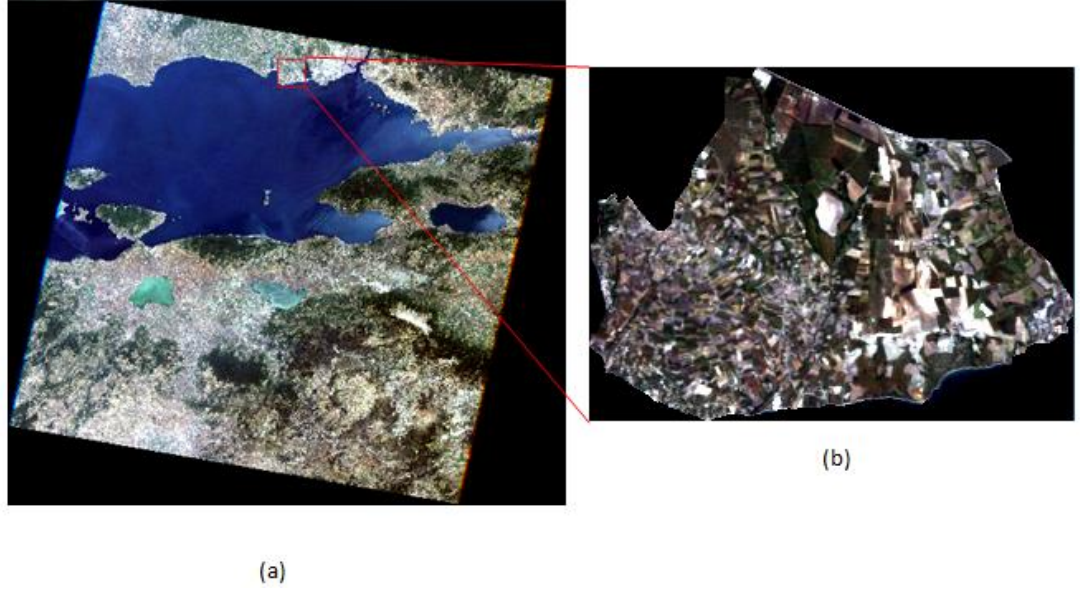
Çizelge 5.2 : TM algılayıcısının görüntüleme özellikleri [47].

Elektromanyetik Spektrum (µm)	Mekansal çözünürlük (m)	Radyometrik çözünürlük (bit)	Spektral çözünürlük Bant numarası	Spektral bölge	Zamansal çözünürlük (gün)
0.45-0.52	30	8	1	Mavi	16
0.52-0.60	30	8	2	Yeşil	16
0.63-0.69	30	8	3	Kırmızı	16
0.76-0.90	30	8	4	Yakın kızılötesi	16
1.55-1.75	30	8	5	Orta kızılötesi	16
10.40-12.50	120	8	6	Isıl kızılötesi	16
2.08-2.35	30	8	7	Orta kızılötesi	16

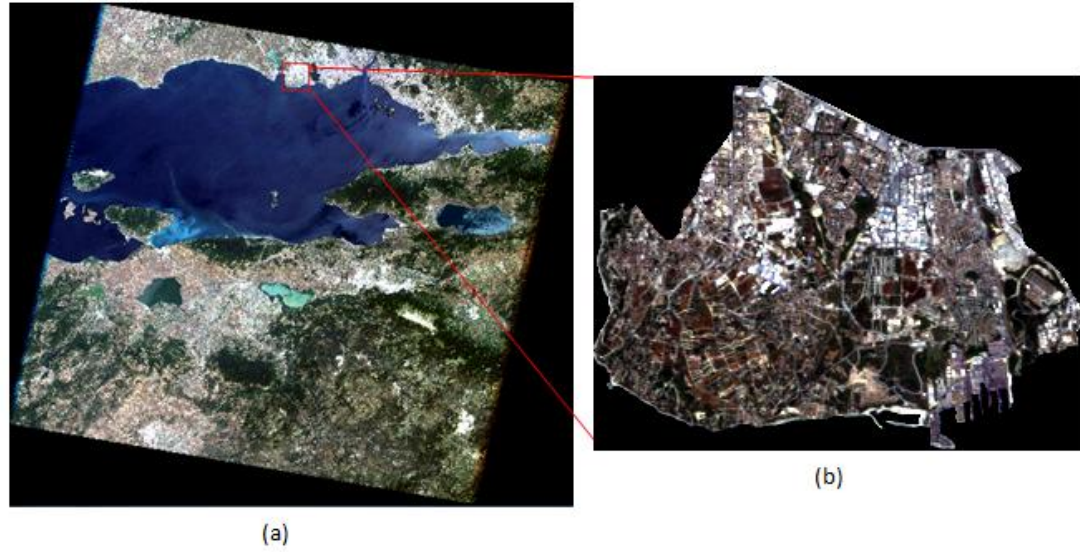
15 Nisan 1999’da LANDSAT-7 yörüngeye yerleştirilmiştir ve halen yörüngede bulunmaktadır. LANDSAT-7 uydusu ETM (Enhanced Thematic Mapper) algılayıcısı bulundurmaktadır. 11 Şubat 2013’de son LANDSAT uydusu olan LANDSAT-8, LANDSAT-7’nin yörüngesine katılmıştır. LANDSAT-8 uydusunda OLI (Operational Land Imager) ve TIRS (Thermal Infrared Sensor) algılayıcıları bulunmaktadır [47].

Bu çalışmada Beylikdüzü ilçesine ait 12 Haziran 1984 ve 23 Haziran 2011 tarihli LANDSAT-TM uydu görüntüleri ve ENVI 4.7 yazılımı kullanılarak

değerlendirilmiştir. Uydu görüntüleri İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından temin edilen ilçe vektör dosyası ile kesilmiştir (Şekil 5.4 ve Şekil 5.5).



Şekil 5.4 : 1984 yılına ait doğal renkli görüntü (a) Orijinal görüntü, (b) Beylikdüzü ilçesi.

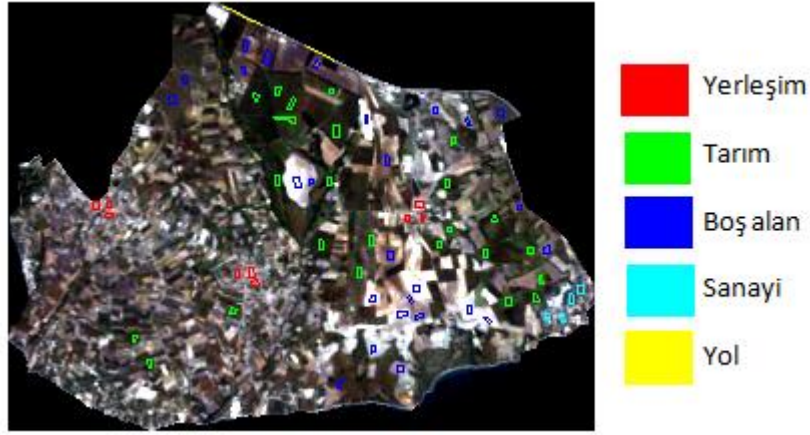


Şekil 5.5 : 2011 yılına ait doğal renkli görüntü (a) Orijinal görüntü, (b) Beylikdüzü ilçesi.

5.2 Kontrollü Sınıflandırma

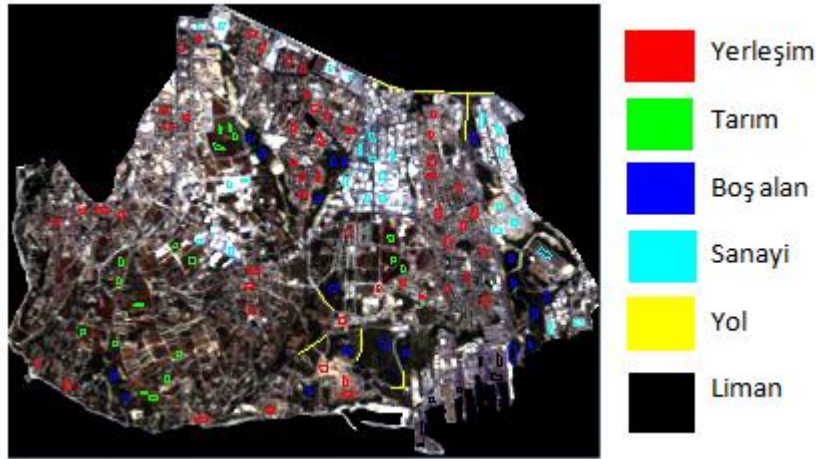
Çalışmada 1984 ve 2011 yıllarına ait LANDSAT-TM uydu görüntülerine kontrollü sınıflandırma yöntemi uygulanmıştır. 1984 yılına ait uydu görüntüsü için 5 adet sınıf seçilmiştir. Bunlar: yerleşim, tarım, boş alan, sanayi ve yol sınıflarıdır. Hava

fotoğraflarından yararlanılarak kontrol bölgeleri belirlenmiş ve 5 sınıf için 590 piksel seçilmiştir (Şekil 5.6).



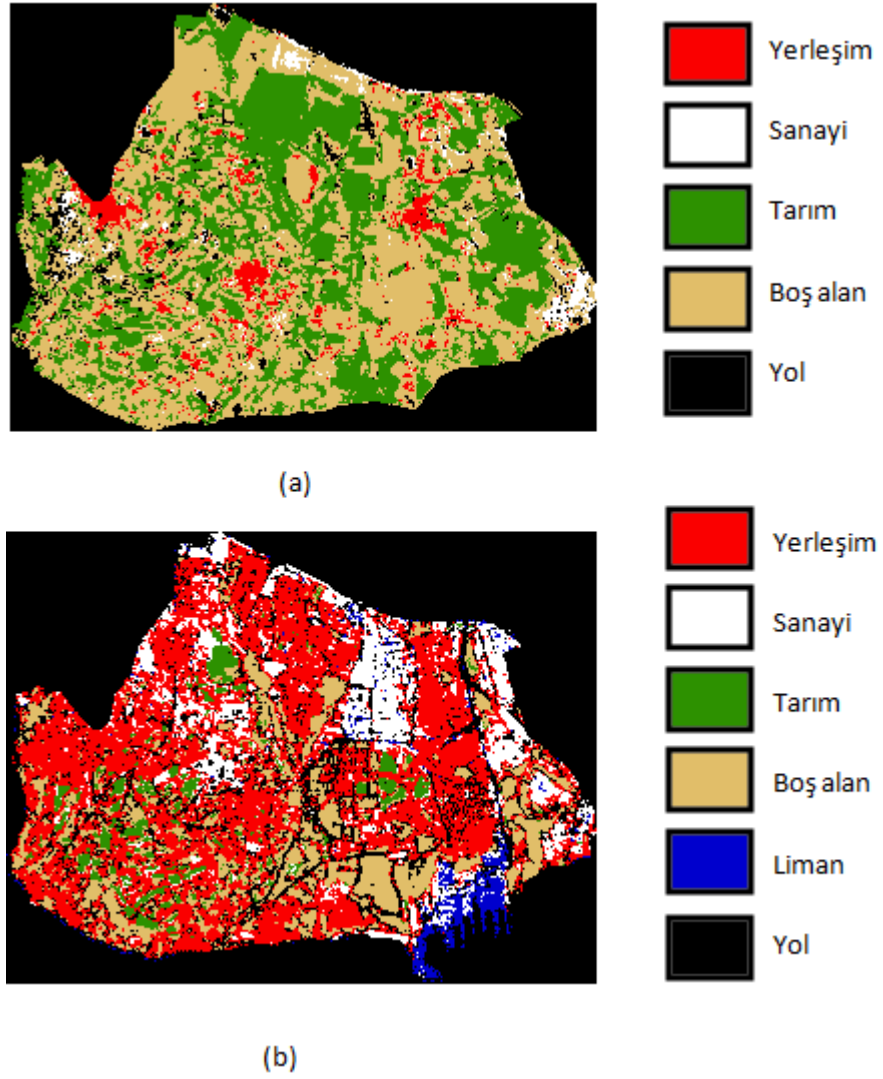
Şekil 5.6 : 1984 yılı uydu görüntüsü için seçilen kontrol bölgeleri.

2011 yılına ait uydu görüntüsü için 6 adet sınıf seçilmiştir. Bunlar: yerleşim, tarım, boş alan, sanayi, yol ve liman sınıflarıdır. Hava fotoğraflarından ve Google Earth'den yararlanılarak kontrol bölgeleri belirlenmiş ve 6 sınıf için 1074 piksel seçilmiştir (Şekil 5.7).



Şekil 5.7 : 2011 yılı uydu görüntüsü için seçilen kontrol bölgeleri.

Sınıflandırma algoritması olarak Maksimum Olabilirlik yöntemi seçilmiştir, Bütün pikseller için olasılık alt değeri 0.9 olarak belirlenmiştir. LANDSAT-TM uydu görüntüsünün bütün bantları sınıflandırmada kullanılmıştır (Şekil 5.8).



Şekil 5.8 : Kontrollü sınıflandırma sonucu (a) 1984 yılına ait uydu görüntüsü, (b) 2011 yılına ait uydu görüntüsü.

5.3 Doğruluk Analizi

Yapılan kontrollü sınıflandırma işleminin doğruluğunu analiz etmek için, her bir sınıfa ait referans pikselleri seçilmiştir. 1984 yılına ait LANDSAT-TM görüntüsü için 479 piksel, 2011 yılına ait LANDSAT-TM görüntüsü için 431 piksel seçilmiştir. Sınıflandırılmış ve referans verileri ile hata matrisi oluşturulmuştur (Çizelge 5.3 ve Çizelge 5.4).

Çizelge 5.3 : Sınıflandırılmış 1984 LANDSAT-TM görüntüsüne ait hata matrisi.

SINIFLANDIRILMIŞ VERİ	REFERANS VERİSİ						
	Sınıf	Yerleşim	Tarım	Boş alan	Yol	Sanayi	Toplam
	Yerleşim	49	0	3	1	1	54
	Tarım	0	178	7	0	0	185
	Boş alan	3	5	148	2	10	168
	Yol	0	0	0	28	2	30
	Sanayi	0	0	5	9	25	39
	Toplam	52	183	163	40	38	476

Çizelge 5.4 : Sınıflandırılmış 2011 LANDSAT-TM görüntüsüne ait hata matrisi.

SINIFLANDIRILMIŞ VERİ	REFERANS VERİSİ							
	Sınıf	Yerleşim	Sanayi	Tarım	Boş alan	Liman	Yol	Toplam
	Yerleşim	110	2	0	0	0	2	114
	Sanayi	4	59	0	0	7	3	73
	Tarım	1	0	59	0	0	0	60
	Boş alan	0	0	5	89	0	0	94
	Liman	0	0	0	0	35	3	38
	Yol	8	0	0	0	2	29	39
	Toplam	123	61	64	89	44	37	418

Sonuç olarak, genel doğruluk, üretici, kullanıcı doğruluğu ve Kappa istatistiği elde edilmiştir (Çizelge 5.5). 1984 yılı uydu görüntüsü için genel doğruluk %89.35, Kappa istatistiği 0.85; 2011 yılı uydu görüntüsü için genel doğruluk %88.40, Kappa istatistiği 0.86 olarak elde edilmiştir.

Çizelge 5.5 : LANDSAT-TM görüntüsünün doğruluk analizi.

	1984		2011	
Sınıf	Üretici Doğruluğu (%)	Kullanıcı Doğruluğu (%)	Üretici Doğruluğu (%)	Kullanıcı Doğruluğu (%)
Yerleşim	94.23	90.74	88.71	96.49
Tarım	97.27	96.22	92.19	98.33
Boş alan	90.80	88.10	100.00	94.68
Yol	66.67	93.33	78.38	74.36
Sanayi	64.10	64.10	84.29	80.82
Liman	-	-	74.47	92.11
Genel Doğruluk	89.35		88.40	
Kappa İstatistiği	0.85		0.86	

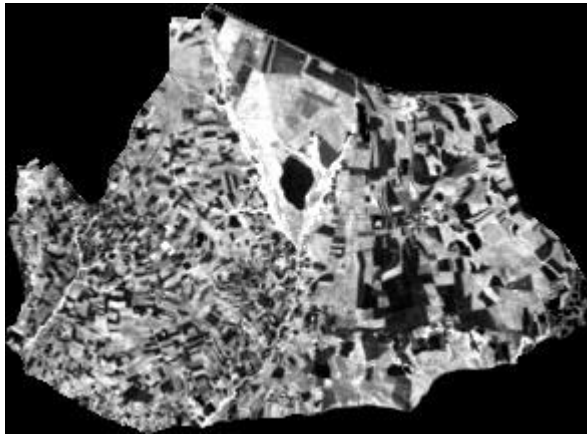
5.4 Farklı Spektral İndeks Görüntüleri

Deng ve Wu (2012), yaptıkları çalışmada BCI, NDVI, NDBI ve NDISI spektral indekslerinin yerleşim alanlarını tespit etmede oldukça iyi sonuçlar verdiğini belirtmiştir. Diğer yandan, Villa (2012) yaptığı çalışmada SVI indeksinin kentsel gelişimin incelenmesinde iyi bir yöntem olduğunu gözlemlemiştir. Waqar ve ark. (2012), yaptıkları çalışmada BRBA spektral indeksinin yerleşim alanlarının belirlenmesinde etkili olduğunu ve Toprak indeksinin toprak alanlarını tespit etmede başarılı sonuçlar verdiğini göstermiştir. Bu çalışmada, incelenen bu makaleler doğrultusunda kentsel gelişimin incelenmesinde iyi sonuçlar veren bu spektral indeksler kullanılmıştır.

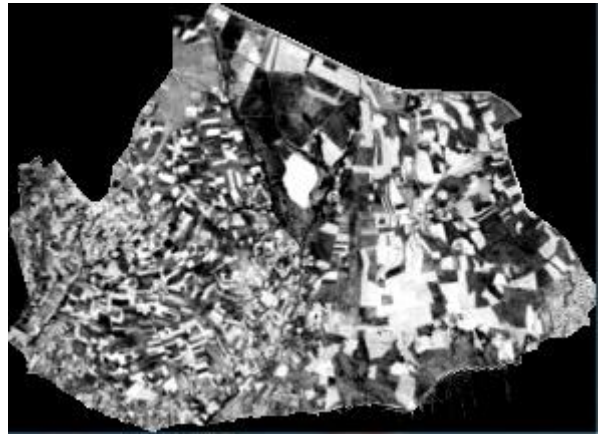
1984 ve 2011 yıllarına ait LANDSAT-TM uydu görüntülerine aşağıdaki Çizelge 5.6'da belirtilen spektral indeksler uygulanmış ve sonuç görüntüleri Şekil 5.9 ve Şekil 5.10'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.6 : Farklı spektral indeksler.

Spektral İndeks	Eşitlik	Referans
NDVI	$NDVI = \frac{NIR - Kırmızı}{NIR + Kırmızı}$	Duran, 2007
NDBI	$NDBI = \frac{MIR - NIR}{MIR + NIR}$	Herbei, Dragomir ve Oncia, 2012
NDISI	$NDISI = \frac{(TIR - (MNDWI + NIR - MIR)/3)}{(TIR + (MNDWI + NIR - MIR)/3)}$	Xu, 2010
SVI	$SVI = \frac{SWIR - Mavi}{SWIR + Mavi}$	Villa, 2012
BRBA	$BRBA = \frac{Kırmızı}{MIR}$	Waqar, Mirza, Mumtaz ve Hussain, 2012
Toprak indeksi	$Toprak\ indeksi = \frac{TIR + MIR}{TIR - MIR}$	Waqar, Mirza, Mumtaz ve Hussain, 2012
BCI	$BCI = \frac{(H + L)/2 - V}{(H + L)/2 + V}$	Deng ve Wu, 2012

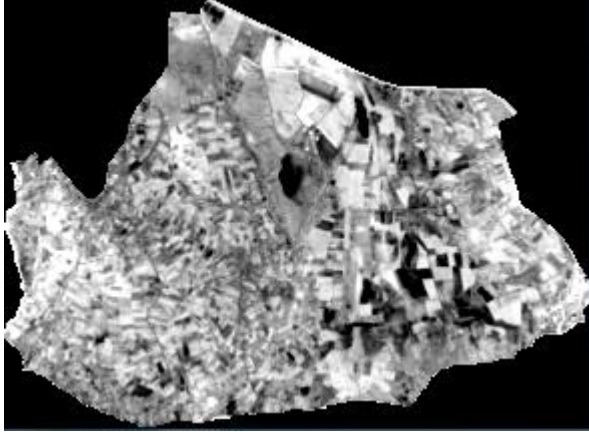


(a)

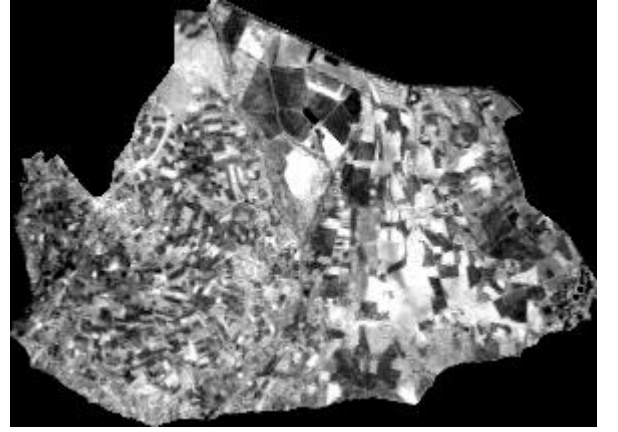


(b)

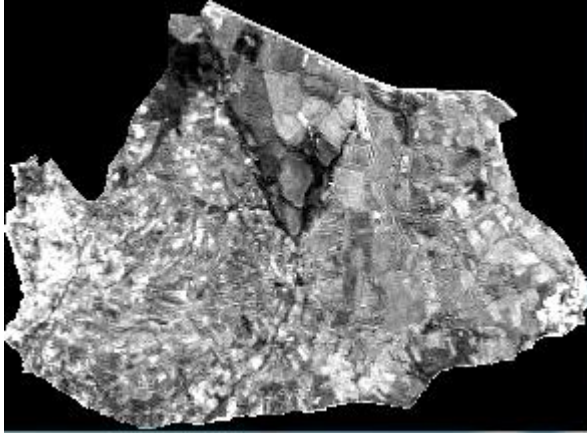
Şekil 5.9 : 1984 yılına ait LANDSAT-TM uydu görüntüsüne uygulanan farklı spektral indeksler (a) NDVI, (b) NDBI, (c) NDISI, (d) SVI, (e) BRBA, (f) Toprak indeksi, (g) BCI.



(c)



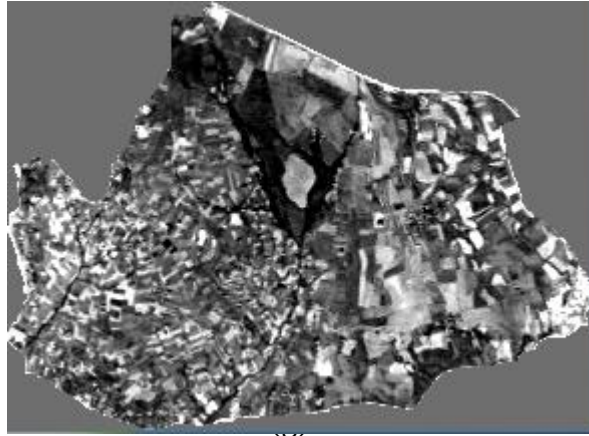
(d)



(e)



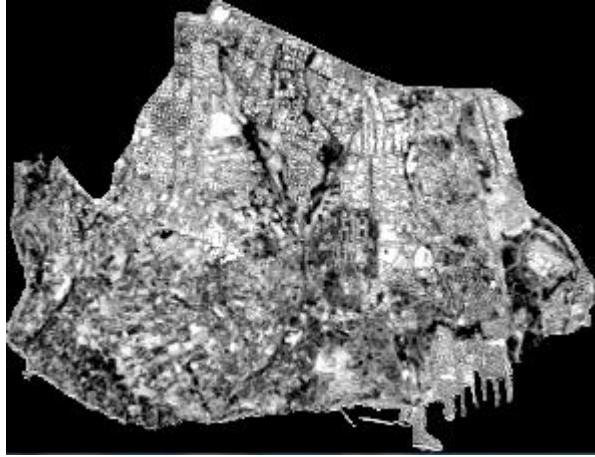
(f)



Şekil 5.9 (devam): 1984 yılına ait LANDSAT-TM uydu görüntüsüne uygulanan farklı spektral indeksler (a) NDVI, (b) NDBI, (c) NDISI, (d) SVI, (e) BRBA, (f) Toprak indeksi, (g) BCI.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Şekil 5.10 : 2011 yılına ait LANDSAT-TM uydu görüntüsüne uygulanan farklı spektral indeksler (a) NDVI, (b) NDBI, (c) NDISI, (d) SVI, (e) BRBA, (f) Toprak indeksi, (g) BCI.



(g)

Şekil 5.10 (devam): 1984 yılına ait LANDSAT-TM uydu görüntüsüne uygulanan farklı spektral indeksler (a) NDVI, (b) NDBI, (c) NDISI, (d) SVI, (e) BRBA, (f) Toprak indeksi, (g) BCI.

Farklı tarihlerdeki LANDSAT-TM uydu görüntüsüne uygulanan farklı spektral indeksler incelendiğinde, 1984 yılına ait NDVI ve NDBI sonuç görüntülerinde tarım alanları ve boş alanlar çok iyi ayırt edilebilmektedir. 2011 yılına ait SVI ve BRBA sonuç görüntülerinde yollar iyi ayırt edilirken, NDVI ve BCI görüntülerinde ise sanayi alanları oldukça iyi ayırt edilebilmektedir.

5.5 Korelasyon Analizi

Her bir farklı spektral indeks görüntüsünün orijinal görüntünün spektral bantlarıyla olan korelasyonunu irdelemek için korelasyon analizi gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla 4 yöntem uygulanarak, yöntemlerin karşılaştırılması yapılmıştır. İlk olarak Google Earth'den 2011 tarihli uydu görüntüsünden yerleşim alanlarına ait 125 tane nokta seçilmiştir (Şekil 5.11). Daha sonra bu noktalar 2011 yılına ait LANDSAT-TM uydu görüntüsü üzerine vektör dosyası olarak atılmıştır. Bu noktaların her biri için bant değerleri elde edilmiştir. Benzer şekilde 125 tane noktanın her bir spektral indeks değeri okunarak orijinal görüntü ile indeks görüntüleri arasındaki korelasyon değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 5.7).



Şekil 5.11 : Google Earth’den yerleşim alanlarına ait seçilen örnek noktalar (a) 1984, (b) 2011.

Çizelge 5.7 : 2011 yılına ait uydu görüntüsü ile spektral indeksler arasındaki korelasyon katsayısı.

	NDVI	NDBI	NDISI	SVI	BRBA	Toprak indeksi	BCI
Bant 1	-0.79	0.40	-0.33	-0.33	0.72	0.56	0.75
Bant 2	-0.75	0.41	-0.46	-0.17	0.66	0.65	0.67
Bant 3	-0.75	0.45	-0.53	-0.08	0.64	0.71	0.62
Bant 4	0.38	-0.32	-0.87	0.55	-0.22	0.40	-0.50
Bant 5	-0.24	0.55	-0.91	0.66	-0.15	0.90	-0.04
Bant 6	-	-	0.08	-	-	0.27	-
Bant 7	-0.46	0.69	-0.75	0.49	0.03	0.96	0.19

Çizelge 5.7’de görüldüğü gibi, NDVI değerleri bitki örtüsü varlığını gösterdiğinden bant 4 hariç diğer tüm bantlarda negatif korelasyon söz konusudur. Çünkü bant 4 bitki örtüsüne karşı duyarlıyken yerleşim alanlarında düşük değerler içerir. NDBI ise yerleşim alanlarının varlığını gösterdiğinden bant 4 haricinde pozitif korelasyon göstermiştir. Çünkü bant 4’te yerleşim alanları düşük değerlere sahip olduğundan NDBI ile negatif korelasyon söz konusudur. NDISI değerleri yerleşim alanları ile pozitif korelasyon göstermesi gerekirken negatif korelasyon göstermiştir. Bunun nedeni, ısı bant sıcaklık parametresi içerdiğinden yüzey cisimlerinin yayılım özellikleri farklılık göstermektedir. SVI ile görünür bölge bantları negatif korelasyon göstermektedir. Bunun nedeni, görünür bölgede yerleşim alanları düşük değerler içermektedir. Bant 4,5,7 kızılötesi bantlar olduğundan ve bitki örtüsüne ve toprağa duyarlılıklarından dolayı SVI ile pozitif korelasyon göstermektedir. BRBA ile bant 4,5 arasında negatif korelasyon görülmektedir çünkü bu bantlarda bitki örtüsü

değerleri maksimum olduğundan yerleşim alanları düşük değerler alır ve negatif korelasyon gösterir. Toprak indeksi ile tüm bantlar arasında negatif korelasyon görülmesi gerekirken pozitif korelasyon görülmektedir. Bu durumun NDISI indeksine benzer şekilde sıcaklık parametresinden kaynaklandığı düşünülmektedir. BCI ile bant 4,5 arasında negatif korelasyon görülmektedir. Bunun nedeni, bu bantlarda bitki örtüsü değerlerinin maksimum olması nedeniyle yerleşim alanlarının düşük değerler almasıdır.

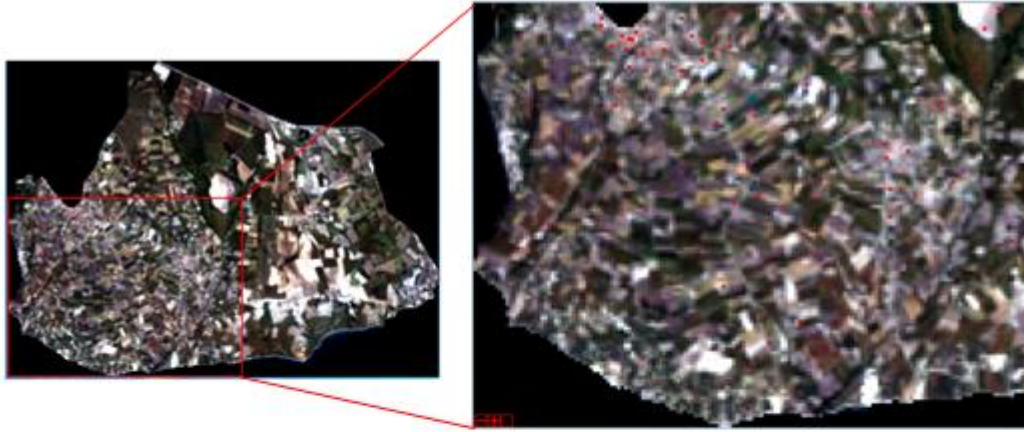
1984 yılına ait yeterli yersel veri olmadığından, 2011 yılına ait olan noktalar 1984 yılına ait her bir spektral indeks görüntüsünün üzerine atılarak bant değerleri bulunmuştur. Bu değerler ile 2011 yılına ait olan spektral indeks değerleri karşılaştırılmış ve 20 nokta için NDVI ve NDBI spektral indekslerinin çok benzer olduğu görülmüştür (Çizelge 5.8).

Çizelge 5.8 : 1984 yılına ait uydu görüntüsü ile spektral indeksler arasındaki korelasyon katsayısı.

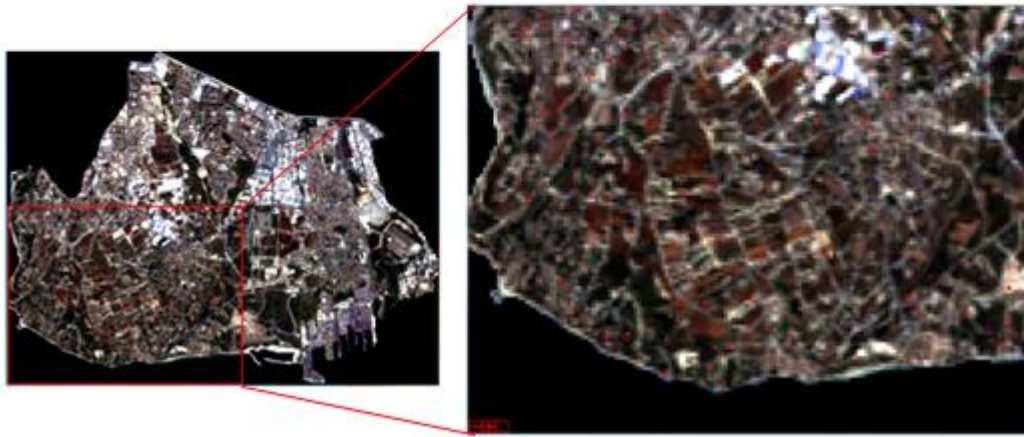
	NDVI	NDBI
Bant 1	-0.48	0.19
Bant 2	-0.39	0.16
Bant 3	-0.50	0.31
Bant 4	0.41	-0.26
Bant 5	-0.01	0.42
Bant 6	-	-
Bant 7	-0.26	0.51

2011 yılına ait korelasyon analizi sonuçlarıyla benzer olarak NDVI ile bant 4 arasında pozitif korelasyon görülürken diğer bantlarda negatif korelasyon söz konusudur. NDBI ile bant 4 arasında negatif korelasyon görülürken diğer bantlarla pozitif korelasyon göstermiştir.

İkinci yöntem olarak, sınıflandırılan görüntülerinde yerleşim sınıflarına ait 100 tane rastgele nokta seçilmiştir (Şekil 5.12). Bu noktaların hem orijinal görüntüdeki hem de spektral indekslerdeki bant değerleri bulunarak korelasyon katsayıları hesaplanmıştır (Çizelge 5.9 ve Çizelge 5.10).



(a)



(b)

Şekil 5.12 : Sınıflandırılan görüntülerinde yerleşim sınıflarına ait seçilen 100 tane rastgele nokta (a) 1984, (b) 2011.

Çizelge 5.9 : 1984 yılına ait uydu görüntüsü ile spektral indeksler arasındaki korelasyon katsayısı.

	NDVI	NDBI	NDISI	SVI	BRBA	Toprak indeksi	BCI
Bant 1	-0.64	0.52	-0.58	0.20	0.30	0.67	0.49
Bant 2	-0.54	0.44	-0.73	0.34	0.25	0.72	0.32
Bant 3	-0.68	0.60	-0.74	0.48	0.22	0.85	0.37
Bant 4	0.59	-0.53	-0.66	0.26	-0.17	0.16	-0.72
Bant 5	-0.50	0.68	-0.89	0.84	-0.33	0.91	0.02
Bant 6	-	-	-0.24	-	-	0.29	-
Bant 7	-0.62	0.71	-0.78	0.74	-0.14	0.98	0.17

1984 yılına ait uydu görüntüsü ile spektral indeksler arasındaki korelasyon katsayıları incelendiğinde, NDVI ve NDBI indeksleri diğer yöntemlerle benzer sonuçlar göstermiştir. NDISI değerleri yerleşim alanları ile pozitif korelasyon göstermesi gerekirken sıcaklık parametresi nedeniyle negatif korelasyon göstermiştir. SVI ile görünür bölge bantları negatif korelasyon göstermesi gerekirken pozitif korelasyon göstermiştir. Bant 4,5,7 ile SVI arasında pozitif korelasyon vardır. BRBA ile bant 4,5,7 arasında (bant 4,5,7’de bitki örtüsü değerleri maksimum, yerleşim alanları minimum) negatif korelasyon görülmektedir. Toprak indeksi ile tüm bantlar arasında negatif korelasyon görülmesi gerekirken sıcaklık parametresinden dolayı pozitif korelasyon görülmektedir. BCI ile bant 4 arasında negatif korelasyon görülmektedir. Bunun nedeni, bu bantta bitki örtüsü değerlerinin maksimum olması nedeniyle yerleşim alanlarının düşük değerler almasıdır.

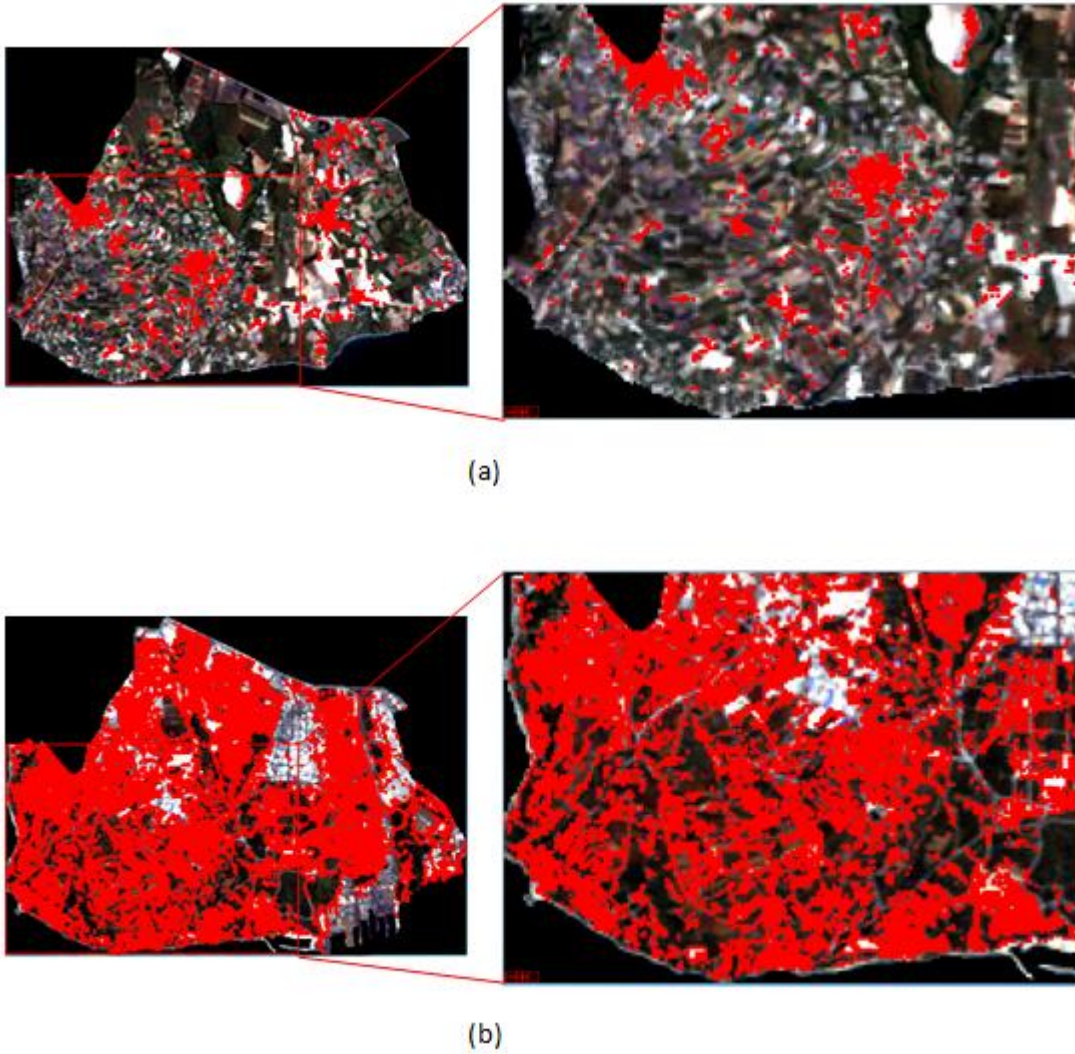
Çizelge 5.10 : 2011 yılına ait uydu görüntüsü ile spektral indeksler arasındaki korelasyon katsayısı.

	NDVI	NDBI	NDISI	SVI	BRBA	Toprak indeksi	BCI
Bant 1	-0.81	0.46	-0.22	-0.48	0.79	0.54	0.81
Bant 2	-0.80	0.51	-0.37	-0.29	0.72	0.63	0.73
Bant 3	-0.83	0.61	-0.43	-0.17	0.68	0.72	0.71
Bant 4	0.51	-0.42	-0.80	0.49	-0.39	0.19	-0.61
Bant 5	-0.30	0.61	-0.88	0.60	-0.11	0.16	0.03
Bant 6	-	-	0.19	-	-	0.16	-
Bant 7	-0.58	0.76	-0.60	0.29	0.18	0.94	0.38

2011 yılına ait uydu görüntüsü ile spektral indeksler arasındaki korelasyon katsayıları incelendiğinde, NDVI ve NDBI indeksleri diğer yöntemlerle benzer sonuçlar göstermiştir. NDISI değerleri yerleşim alanları ile pozitif korelasyon göstermesi gerekirken sıcaklık parametresi nedeniyle negatif korelasyon göstermiştir. SVI ile görünür bölge bantları negatif korelasyon göstermektedir. Çünkü görünür bölgede yerleşim alanları düşük değerler içermektedir. Bant 4,5,7 ile SVI arasında pozitif korelasyon vardır. BRBA ile bant 4,5 arasında (bant 4,5’te bitki örtüsü değerleri maksimum, yerleşim alanları minimum) negatif korelasyon görülmektedir. Toprak indeksi ile tüm bantlar arasında negatif korelasyon görülmesi gerekirken sıcaklık parametresinden dolayı pozitif korelasyon görülmektedir. BCI ile bant 4

arasında negatif korelasyon görülmektedir. Bunun nedeni, bu bantta bitki örtüsü değerlerinin maksimum olması nedeniyle yerleşim alanlarının düşük değerler almasıdır.

Üçüncü yöntem olarak, sınıflandırılan görüntülerde yerleşim sınıflarındaki piksellerin tamamının hem orijinal görüntüdeki hem de spektral indekslerdeki bant değerleri bulunmuştur (Şekil 5.13). 1984 yılı uydu görüntüsünde 2185 piksel yerleşim alanlarına aitken, 2011 yılı uydu görüntüsünde ise 18544 piksel yerleşim alanlarına aittir. Bu noktaların korelasyon katsayıları Çizelge 5.11 ve Çizelge 5.12’de gösterilmiştir.



Şekil 5.13 : Sınıflandırılan görüntülerde yerleşim sınıflarındaki piksellerin tamamı (a) 1984, (b) 2011.

Çizelge 5.11 : 1984 yılına ait uydu görüntüsü ile spektral indeksler arasındaki korelasyon katsayısı.

	NDVI	NDBI	NDISI	SVI	BRBA	Toprak indeksi	BCI
Bant 1	-0.63	0.50	-0.56	0.18	0.33	0.62	0.50
Bant 2	-0.55	0.43	-0.70	0.32	0.30	0.68	0.35
Bant 3	-0.67	0.57	-0.72	0.46	0.27	0.79	0.39
Bant 4	0.63	-0.60	-0.65	0.20	-0.10	0.11	-0.75
Bant 5	-0.51	0.66	-0.86	0.83	-0.29	0.87	0.07
Bant 6	-	-	-0.26	-	-	0.27	-
Bant 7	-0.59	0.67	-0.75	0.73	-0.13	0.97	0.19

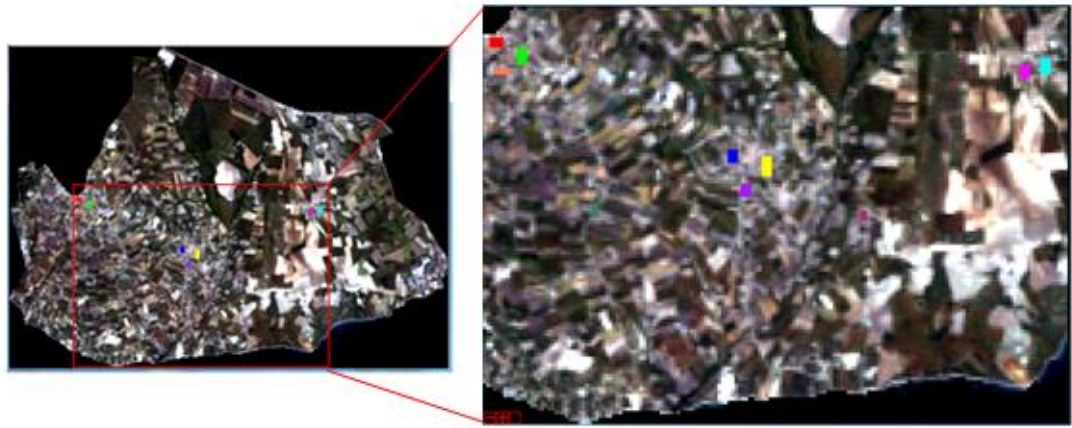
1984 yılına ait uydu görüntüsü ile spektral indeksler arasındaki korelasyon katsayıları incelendiğinde, NDVI ve NDBI indeksleri diğer yöntemlerle benzer sonuçlar göstermiştir. NDISI değerleri yerleşim alanları ile pozitif korelasyon göstermesi gerekirken sıcaklık parametresi nedeniyle negatif korelasyon göstermiştir. SVI ile görünür bölge bantları negatif korelasyon göstermesi gerekirken pozitif korelasyon göstermiştir. Bant 4,5,7 ile SVI arasında pozitif korelasyon vardır. BRBA ile bant 4,5,7 arasında (bant 4,5,7’de bitki örtüsü değerleri maksimum, yerleşim alanları minimum) negatif korelasyon görülmektedir. Toprak indeksi ile tüm bantlar arasında negatif korelasyon görülmesi gerekirken sıcaklık parametresinden dolayı pozitif korelasyon görülmektedir. BCI ile bant 4 arasında negatif korelasyon görülmektedir. Bunun nedeni, bu bantta bitki örtüsü değerlerinin maksimum olması nedeniyle yerleşim alanlarının düşük değerler almasıdır.

Çizelge 5.12 : 2011 yılına ait uydu görüntüsü ile spektral indeksler arasındaki korelasyon katsayısı.

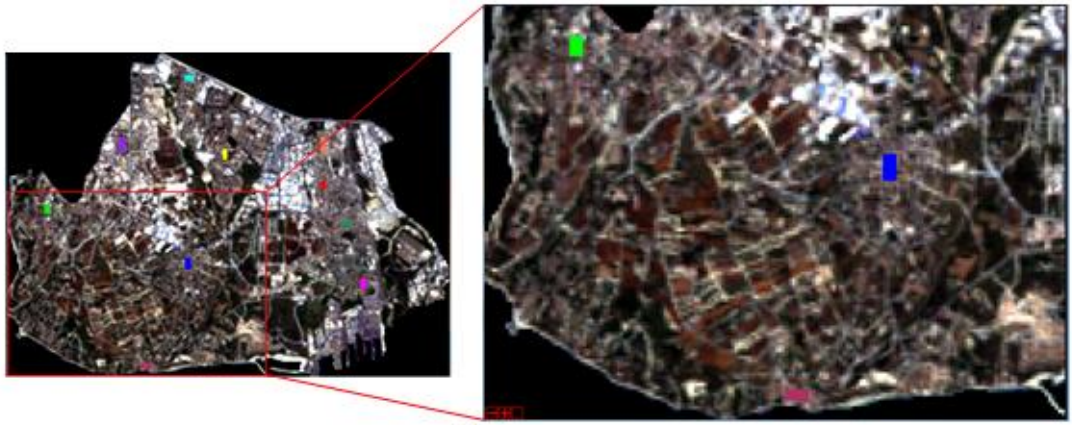
	NDVI	NDBI	NDISI	SVI	BRBA	Toprak indeksi	BCI
Bant 1	-0.78	0.41	-0.32	-0.38	0.73	0.54	0.77
Bant 2	-0.74	0.43	-0.46	-0.21	0.66	0.59	0.68
Bant 3	-0.81	0.55	-0.49	-0.11	0.64	0.69	0.69
Bant 4	0.46	-0.39	-0.79	0.42	-0.30	0.15	-0.55
Bant 5	-0.33	0.64	-0.89	0.64	-0.15	0.82	0.03
Bant 6	-	-	0.15	-	-	0.12	-
Bant 7	-0.59	0.76	-0.62	0.35	0.12	0.97	0.36

2011 yılına ait korelasyon katsayıları incelendiğinde, NDVI ve NDBI indeksleri diğer yöntemler ile benzer sonuçlar göstermiştir. NDISI değerleri yerleşim alanları ile pozitif korelasyon göstermesi gerekirken sıcaklık parametresi nedeniyle negatif korelasyon göstermiştir. SVI ile görünür bölge bantları negatif korelasyon göstermektedir. Bunun nedeni, görünür bölgede yerleşim alanlarının düşük değerler içermesidir. Bant 4,5,7 ile SVI arasında pozitif korelasyon vardır. BRBA ile bant 4,5 arasında (bant 4,5'te bitki örtüsü değerleri maksimum, yerleşim alanları minimum) negatif korelasyon görülmektedir. Toprak indeksi ile tüm bantlar arasında negatif korelasyon görülmesi gerekirken sıcaklık parametresinden dolayı pozitif korelasyon görülmektedir. BCI ile bant 4 arasında negatif korelasyon görülmektedir. Bunun nedeni, bu bantta bitki örtüsü değerlerinin maksimum olması nedeniyle yerleşim alanlarının düşük değerler almasıdır.

Son olarak, orijinal görüntülerde yerleşim alanlarına ait örnek bölgeler seçilmiş ve seçilen alanlardaki piksellerin hem orijinal görüntüde hem de spektral indeks görüntülerinde bant değerleri bulunmuştur. Daha sonra bu noktaların korelasyon katsayıları hesaplanmıştır (Çizelge 5.13 ve Çizelge 5.14).



(a)



(b)

Şekil 5.14 : Orijinal görüntülerde yerleşim alanlarına ait örnek bölgeler (a) 1984, (b) 2011.

Çizelge 5.13 : 1984 yılına ait uydu görüntüsü ile spektral indeksler arasındaki korelasyon katsayısı.

	NDVI	NDBI	NDISI	SVI	BRBA	Toprak indeksi	BCI
Bant 1	-0.78	0.66	-0.24	-0.13	0.54	0.52	0.71
Bant 2	-0.67	0.54	-0.47	0.06	0.51	0.67	0.53
Bant 3	-0.75	0.62	-0.48	0.17	0.53	0.78	0.55
Bant 4	0.76	-0.74	-0.67	0.40	-0.36	0.07	-0.84
Bant 5	-0.44	0.61	-0.79	0.71	-0.13	0.88	0.11
Bant 6	-	-	0.00	-	-	0.02	-
Bant 7	-0.49	0.57	-0.72	0.62	0.04	0.97	0.17

1984 yılına ait korelasyon katsayıları incelendiğinde, NDVI ve NDBI indeksleri diğer yöntemlerle benzer sonuçlar göstermiştir. NDISI değerleri yerleşim alanları ile pozitif korelasyon göstermesi gerekirken sıcaklık parametresi nedeniyle negatif korelasyon göstermiştir. SVI ile görünür bölge bantları negatif korelasyon göstermesi gerekirken sadece bant 1 ile negatif korelasyon göstermiştir. Bant 4,5,7 ile SVI arasında pozitif korelasyon vardır. BRBA ile bant 4,5 arasında (bant 4,5'te bitki örtüsü değerleri maksimum, yerleşim alanları minimum) negatif korelasyon görülmektedir. Toprak indeksi ile tüm bantlar arasında negatif korelasyon görülmesi gerekirken sıcaklık parametresinden dolayı pozitif korelasyon görülmektedir. BCI ile bant 4 arasında negatif korelasyon görülmektedir. Bunun nedeni, bu bantta bitki örtüsü değerlerinin maksimum olması nedeniyle yerleşim alanlarının düşük değerler almasıdır.

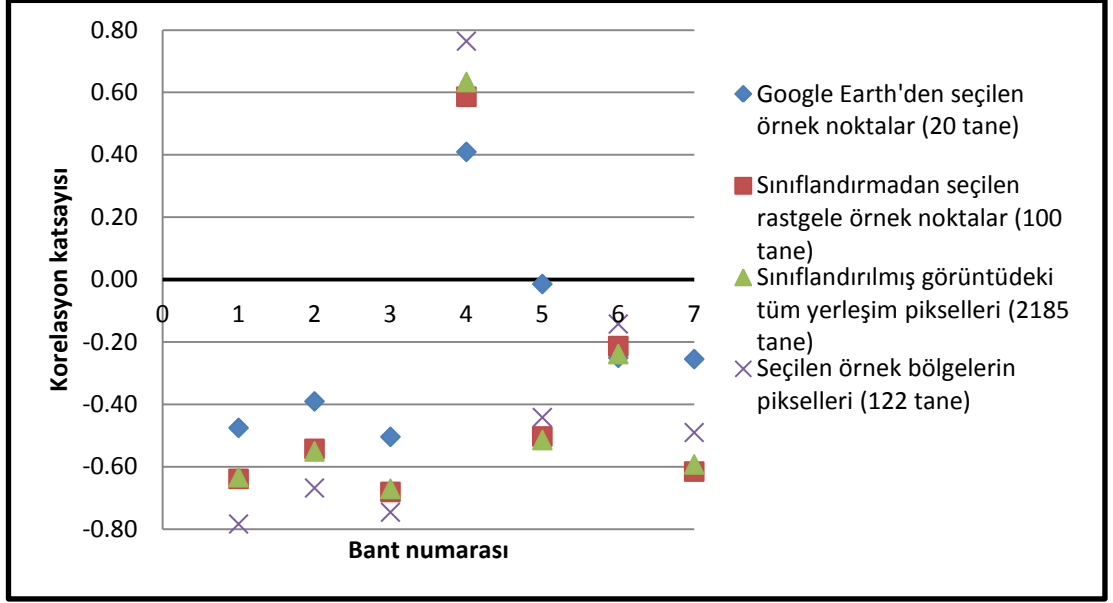
Çizelge 5.14 : 2011 yılına ait uydu görüntüsü ile spektral indeksler arasındaki korelasyon katsayısı.

	NDVI	NDBI	NDISI	SVI	BRBA	Toprak indeksi	BCI
Bant 1	-0.73	0.28	-0.19	-0.46	0.70	0.33	0.74
Bant 2	-0.68	0.31	-0.37	-0.24	0.61	0.43	0.62
Bant 3	-0.74	0.41	-0.43	-0.13	0.60	0.54	0.61
Bant 4	0.52	-0.45	-0.82	0.42	-0.27	0.12	-0.60
Bant 5	-0.17	0.57	-0.87	0.70	-0.32	0.84	-0.12
Bant 6	-	-	0.31	-	0.14	-	-
Bant 7	-0.45	0.77	-0.57	0.51	-0.15	0.98	0.17

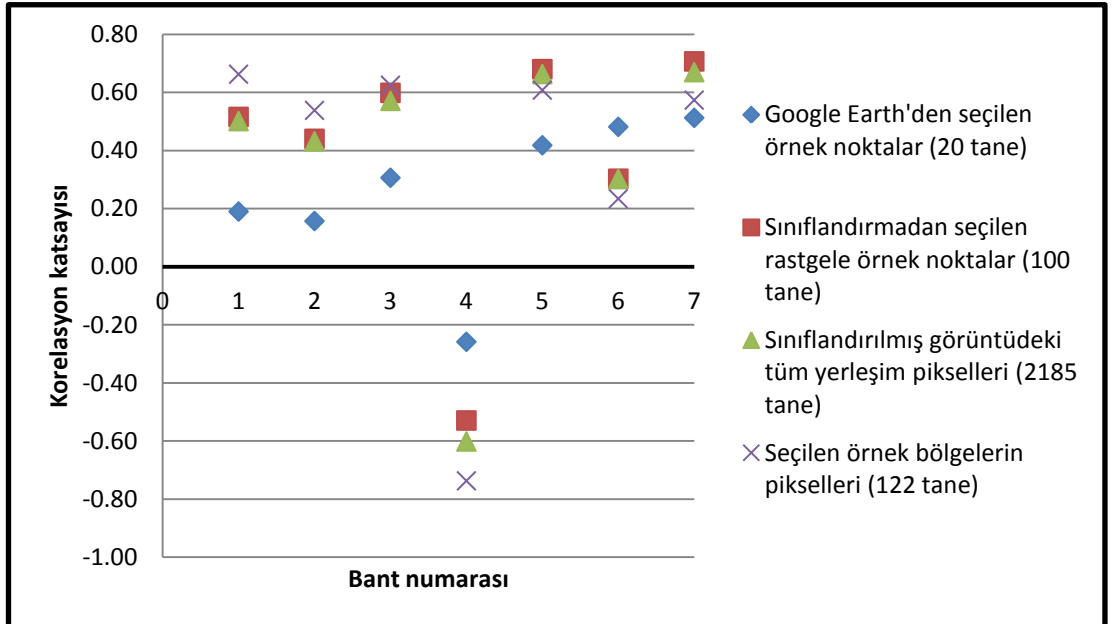
2011 yılına ait korelasyon katsayıları incelendiğinde, NDVI ve NDBI indeksleri diğer yöntemlerle benzer sonuçlar göstermiştir. NDISI değerleri yerleşim alanları ile pozitif korelasyon göstermesi gerekirken sıcaklık parametresi nedeniyle negatif korelasyon göstermiştir. SVI ile görünür bölge bantları negatif korelasyon göstermektedir. Bant 4,5,7 ile SVI arasında pozitif korelasyon vardır. BRBA ile bant 4,5,7 arasında (bant 4,5,7'de bitki örtüsü değerleri maksimum, yerleşim alanları minimum) negatif korelasyon görülmektedir. Toprak indeksi ile tüm bantlar arasında negatif korelasyon görülmesi gerekirken sıcaklık parametresinden dolayı pozitif korelasyon görülmektedir. BCI ile bant 4,5 arasında negatif korelasyon

görülmektedir. Bunun nedeni, bu bantlarda bitki örtüsü değerlerinin maksimum olması nedeniyle yerleşim alanlarının düşük değerler almasıdır.

Sonuç olarak, yapılan 4 farklı korelasyon analizinde NDVI ve NDBI spektral indeksleri ile orijinal görüntü arasında yüksek korelasyon gözlenmiştir. Her iki spektral indeks için 4 farklı yöntemin karşılaştırılması Şekil 5.15 ve Şekil 5.16'da gösterilmiştir.

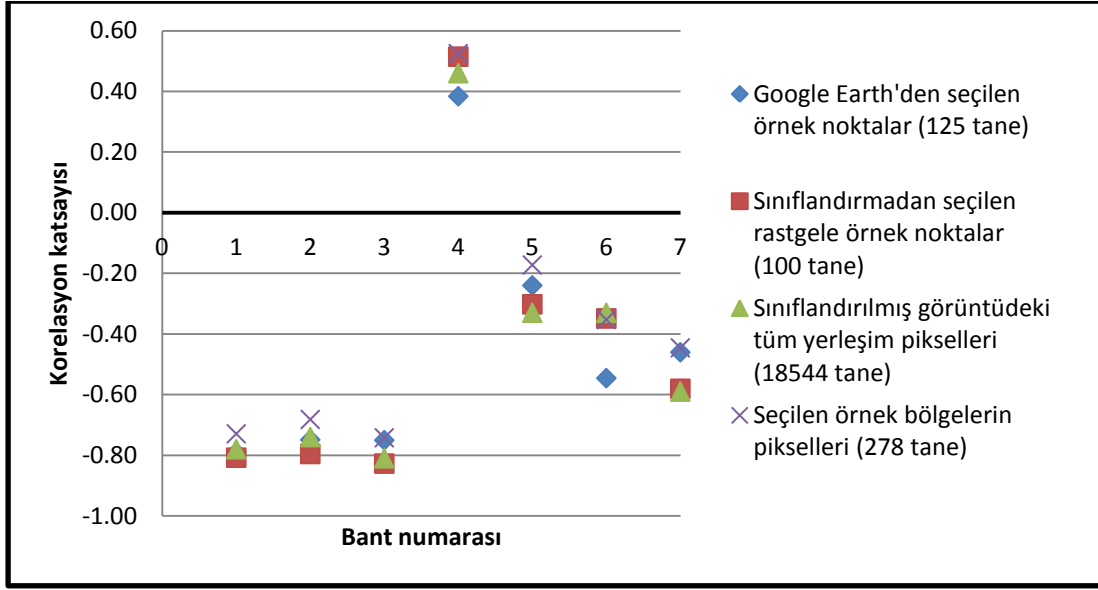


(a)

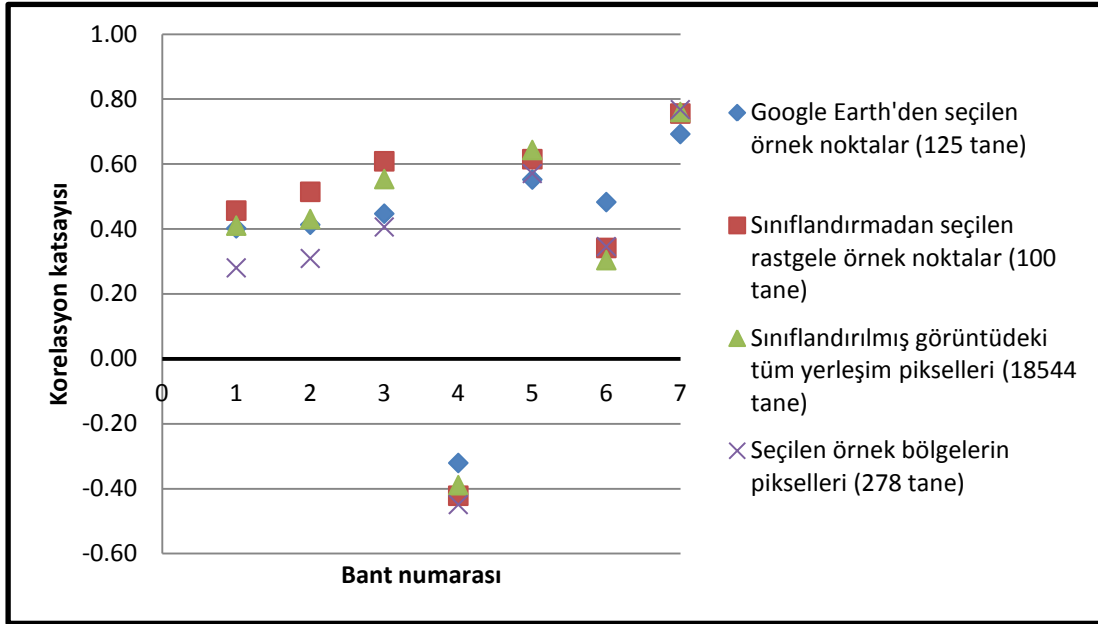


(b)

Şekil 5.15 : 1984 yılına ait 4 farklı yöntemle elde edilen korelasyon katsayılarının karşılaştırması (a) NDVI, (b) NDBI.



(a)



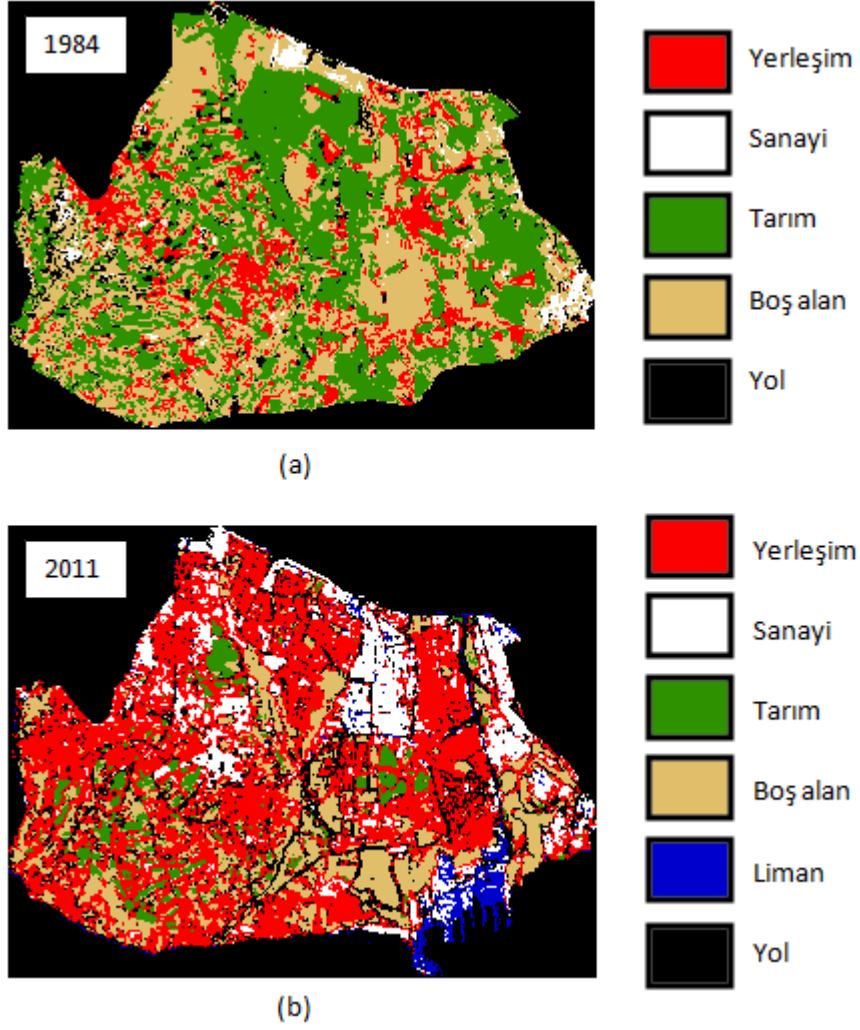
(b)

Şekil 5.16 : 2011 yılına ait 4 farklı yöntemle elde edilen korelasyon katsayılarının karşılaştırması (a) NDVI, (b) NDBI.

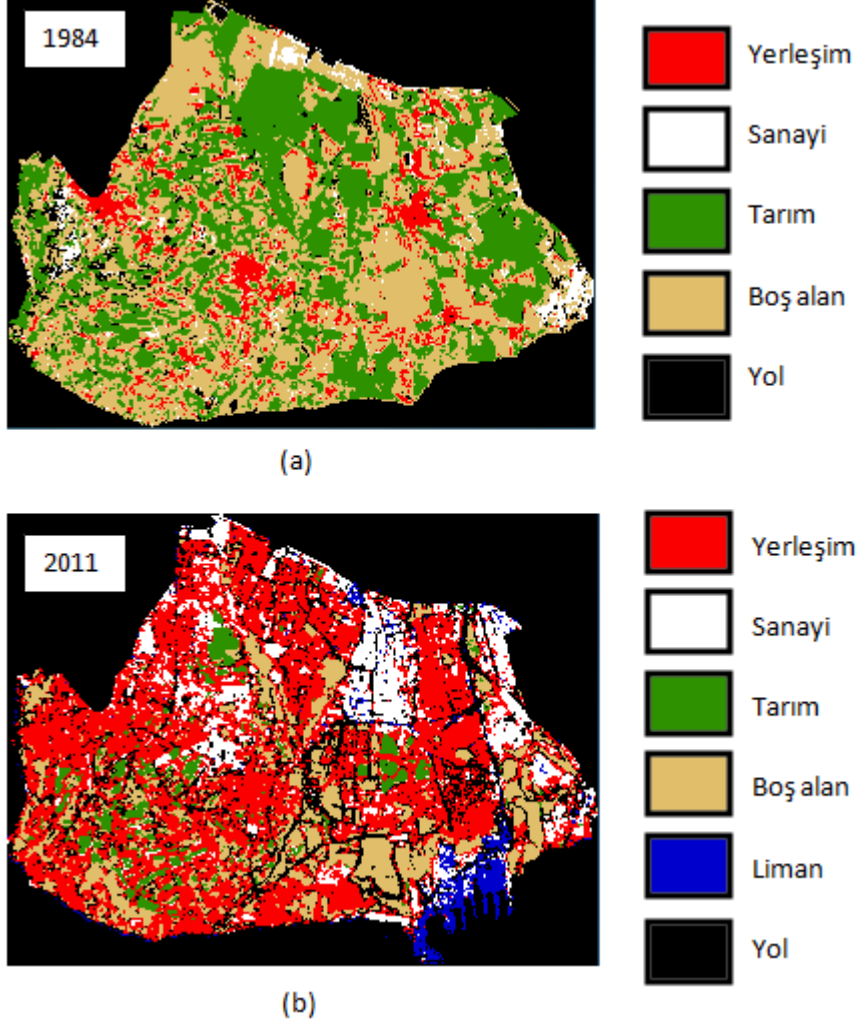
5.6 Kontrollü Sınıflandırma

Spektral indekslerden en yüksek korelasyona sahip olan NDVI ve NDBI görüntüleri, LANDSAT-TM 7 bantlı uydu görüntüsüne eklenerek tekrar kontrollü sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Her iki tarih için de daha önce kullanılan kontrol bölgeleri kullanılmıştır. Sınıflandırma algoritması olarak yine Maksimum Olabilirlik yöntemi

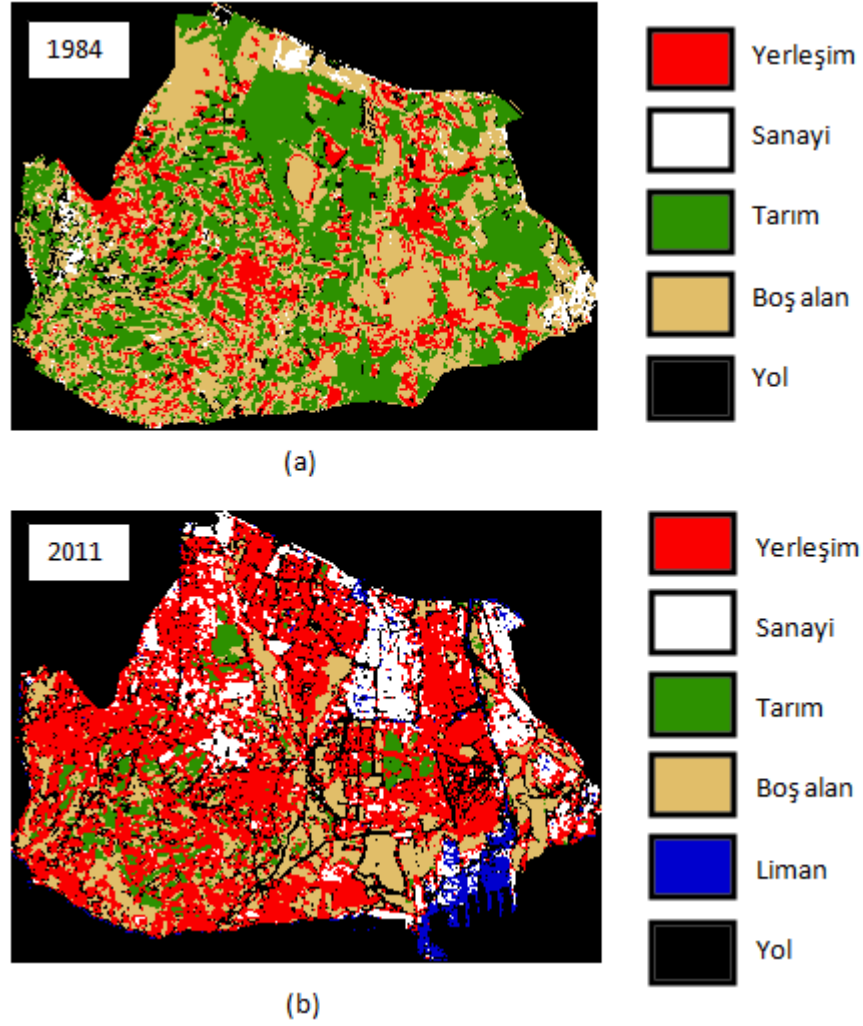
seçilmiştir ve bütün pikseller için olasılık alt değeri 0.9 olarak belirlenmiştir (Şekil 5.17, Şekil 5.18, Şekil 5.19).



Şekil 5.17 : LANDSAT-TM + NDVI veri seti ile yapılan kontrollü sınıflandırma sonuçları.



Şekil 5.18 : LANDSAT-TM + NDBI veri seti ile yapılan kontrollü sınıflandırma sonuçları.



Şekil 5.19 : LANDSAT-TM + NDVI + NDBI veri seti ile yapılan kontrollü sınıflandırma sonuçları.

5.7 Doğruluk Analizi

Yapılan kontrollü sınıflandırma işleminin doğruluğunu analiz etmek için hata matrisi oluşturulmuştur. Hata matrisinde referans verisi olarak daha önce seçilen referans pikselleri kullanılmıştır. Yapılan üç farklı kontrollü sınıflandırma için hata matrisi oluşturulmuştur (Çizelge 5.15, Çizelge 5.16, Çizelge 5.17, Çizelge 5.18, Çizelge 5.19 ve Çizelge 5.20).

Çizelge 5.15 : Sınıflandırılmış 1984 LANDSAT-TM + NDVI veri setine ait hata matrisi.

	REFERANS VERİSİ						
SINIFLANDIRILMIŞ VERİ	Sınıf	Yerleşim	Tarım	Boş alan	Yol	Sanayi	Toplam
	Yerleşim	48	0	6	0	0	54
	Tarım	0	179	5	0	0	184
	Boş alan	4	4	146	5	12	171
	Yol	0	0	0	29	3	32
	Sanayi	0	0	6	8	24	38
	Toplam	52	183	163	42	39	479

Çizelge 5.16 : Sınıflandırılmış 2011 LANDSAT-TM + NDVI veri setine ait hata matrisi.

	REFERANS VERİSİ							
SINIFLANDIRILMIŞ VERİ	Sınıf	Yerleşim	Sanayi	Tarım	Boş alan	Liman	Yol	Toplam
	Yerleşim	113	3	0	0	0	2	118
	Sanayi	1	62	0	0	7	4	74
	Tarım	1	0	62	0	0	0	63
	Boş alan	0	0	2	89	0	0	91
	Liman	0	0	0	0	34	5	39
	Yol	8	0	0	0	3	26	37
	Toplam	123	65	64	89	44	37	422

Çizelge 5.17 : Sınıflandırılmış 1984 LANDSAT-TM + NDBI veri setine ait hata matrisi.

	REFERANS VERİSİ						
SINIFLANDIRILMIŞ VERİ	Sınıf	Yerleşim	Tarım	Boş alan	Yol	Sanayi	Toplam
	Yerleşim	50	0	5	2	0	57
	Tarım	0	176	7	0	0	183
	Boş alan	2	7	145	3	10	167
	Yol	0	0	1	32	3	36
	Sanayi	0	0	5	5	26	36
	Toplam	52	183	163	42	39	479

Çizelge 5.18 : Sınıflandırılmış 2011 LANDSAT-TM + NDBI veri setine ait hata matrisi.

	REFERANS VERİSİ							
SINIFLANDIRILMIŞ VERİ	Sınıf	Yerleşim	Sanayi	Tarım	Boş alan	Liman	Yol	Toplam
	Yerleşim	114	1	0	0	0	2	117
	Sanayi	1	62	0	0	5	0	68
	Tarım	1	0	62	0	0	0	63
	Boş alan	0	0	2	89	0	0	91
	Liman	0	0	0	0	38	1	39
	Yol	7	0	0	0	2	34	43
	Toplam	123	63	64	89	45	37	421

Çizelge 5.19 : Sınıflandırılmış 1984 LANDSAT-TM + NDVI + NDBI veri setine ait hata matrisi.

SINIFLANDIRILMIŞ VERİ	REFERANS VERİSİ						
	Sınıf	Yerleşim	Tarım	Boş alan	Yol	Sanayi	Toplam
	Yerleşim	46	0	7	0	0	53
	Tarım	0	176	10	0	0	186
	Boş alan	6	7	139	5	11	168
	Yol	0	0	0	29	3	32
	Sanayi	0	0	7	8	25	40
	Toplam	52	183	163	42	39	479

Çizelge 5.20 : Sınıflandırılmış 2011 LANDSAT-TM + NDVI + NDBI veri setine ait hata matrisi.

SINIFLANDIRILMIŞ VERİ	REFERANS VERİSİ							
	Sınıf	Yerleşim	Sanayi	Tarım	Boş alan	Liman	Yol	Toplam
	Yerleşim	111	3	0	0	0	2	116
	Sanayi	1	63	0	0	5	0	69
	Tarım	1	0	61	0	0	0	62
	Boş alan	0	0	3	89	0	0	92
	Liman	0	0	0	0	35	3	38
	Toplam	123	66	64	89	44	37	423

Hata matrislerinden genel doğruluk, üretici doğruluğu, kullanıcı doğruluğu ve Kappa istatistiği elde edilmiştir (Çizelge 5.21, Çizelge 5.22 ve Çizelge 5.23). Çizelgelerden görüleceği gibi, 1984 yılı LANDSAT-TM + NDVI veri seti için genel doğruluk %88.93, Kappa istatistiği 0.84; 2011 yılı LANDSAT-TM + NDVI veri seti için genel doğruluk %89.56, Kappa istatistiği 0.87 olarak elde edilmiştir. 1984 yılı LANDSAT-TM + NDBI veri seti için genel doğruluk %89.56, Kappa istatistiği 0.85; 2011 yılı LANDSAT-TM + NDBI veri seti için genel doğruluk %92.57, Kappa istatistiği 0.91 olarak elde edilmiştir. 1984 yılı LANDSAT-TM + NDVI + NDBI veri seti için genel

doğruluk %86.64, Kappa istatistiği 0.81; 2011 yılı LANDSAT-TM + NDVI + NDBI görüntüleri için genel doğruluk %90.72, Kappa istatistiği 0.89 olarak elde edilmiştir.

Çizelge 5.21 : LANDSAT-TM + NDVI veri setine ait doğruluk analizi.

	1984		2011	
Sınıf	Üretici Doğruluğu (%)	Kullanıcı Doğruluğu (%)	Üretici Doğruluğu (%)	Kullanıcı Doğruluğu (%)
Yerleşim	92.31	88.89	91.13	95.76
Tarım	97.81	97.28	96.88	98.41
Boş alan	89.57	85.38	100.00	97.80
Yol	69.05	90.63	70.27	70.27
Sanayi	61.54	63.16	88.57	83.78
Liman	-	-	72.34	87.18
Genel Doğruluk	88.93		89.56	
Kappa İstatistiği	0.84		0.87	

Çizelge 5.22 : LANDSAT-TM + NDBI veri setine ait doğruluk analizi.

	1984		2011	
Sınıf	Üretici Doğruluğu (%)	Kullanıcı Doğruluğu (%)	Üretici Doğruluğu (%)	Kullanıcı Doğruluğu (%)
Yerleşim	96.15	87.72	91.94	97.44
Tarım	96.17	96.17	96.88	98.41
Boş alan	88.96	86.83	100.00	97.80
Yol	76.19	88.89	91.89	79.07
Sanayi	66.67	72.22	88.57	91.18
Liman	-	-	80.85	97.44
Genel Doğruluk	89.56		92.57	
Kappa İstatistiği	0.85		0.91	

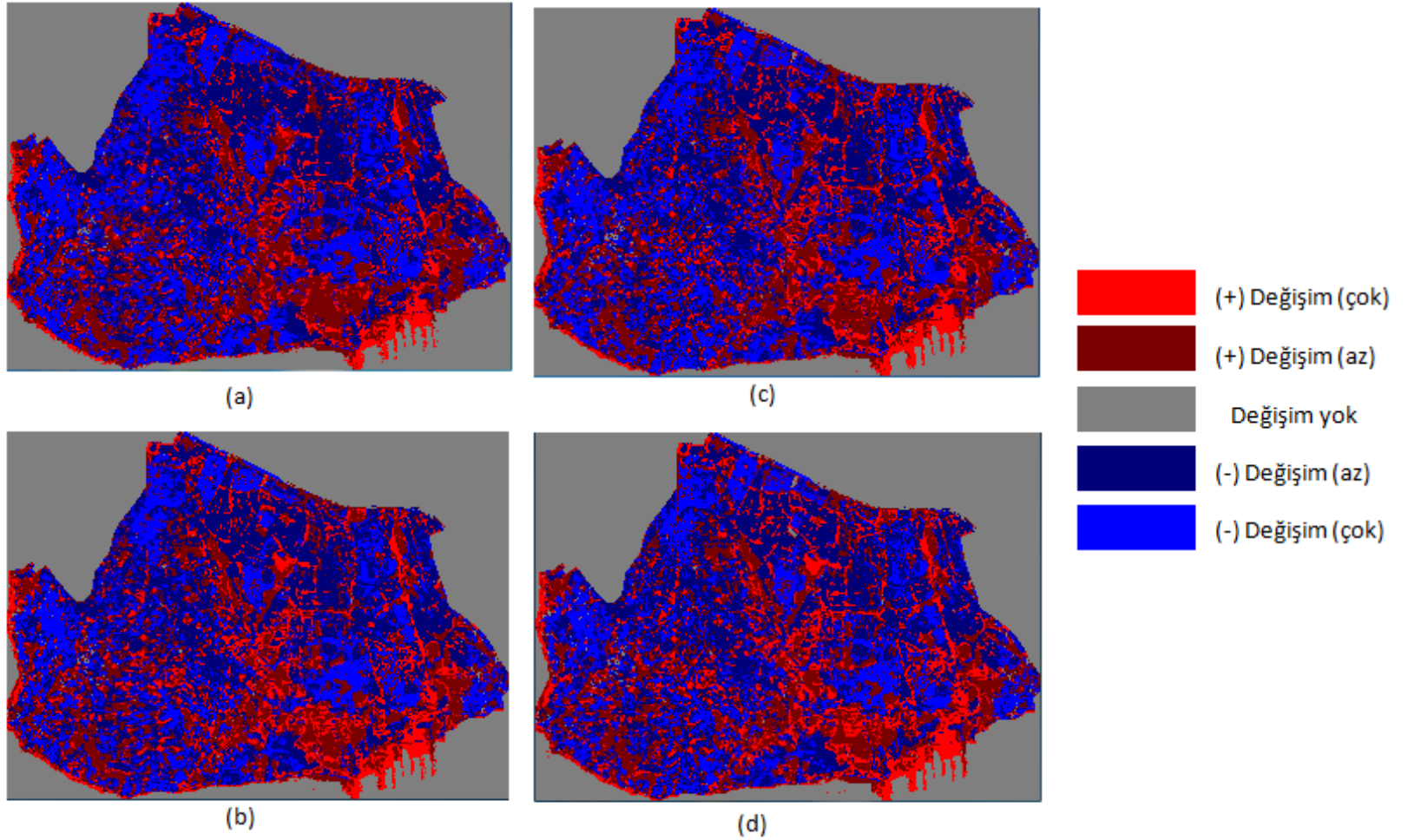
Çizelge 5.23 : LANDSAT-TM + NDVI + NDBI veri setine ait doğruluk analizi.

	1984		2011	
Sınıf	Üretici Doğruluğu (%)	Kullanıcı Doğruluğu (%)	Üretici Doğruluğu (%)	Kullanıcı Doğruluğu (%)
Yerleşim	88.46	86.79	89.52	95.69
Tarım	96.17	94.62	95.31	98.39
Boş alan	85.28	82.74	100.00	96.74
Yol	69.05	90.63	86.49	69.57
Sanayi	64.10	62.50	90.00	91.30
Liman	-	-	74.47	92.11
Genel Doğruluk	86.64		90.72	
Kappa İstatistiği	0.81		0.89	

En iyi doğruluk, LANDSAT-TM + NDBI veri seti ile elde edilmiştir. Bu ise NDBI indeksinin bant 4 haricinde yüksek korelasyon göstermesinden kaynaklandığı şeklinde yorumlanmıştır.

5.8 Değişim Analizi

Bu çalışmada, değişim saptama yöntemleri ile, yapılan sınıflandırma sonuçları karşılaştırılarak özellikle yerleşim sınıflarından 1984-2011 tarihleri arasındaki değişimin belirlenmesi amaçlanmıştır. 1984 ve 2011 yıllarına ait görüntülerin değişim haritaları Şekil 5.20’de gösterilmiştir.



Şekil 5.20 : 1984 ile 2011 görüntüleri ile oluşturulan değişim haritası (a) LANDSAT-TM sınıflandırılmış görüntüler, (b) LANDSAT-TM+NDVI veri seti ile sınıflandırılmış görüntüler, (c) LANDSAT-TM+NDBI veri seti ile sınıflandırılmış görüntüler, (d) LANDSAT-TM+NDVI+NDBI veri seti ile sınıflandırılmış görüntüler.

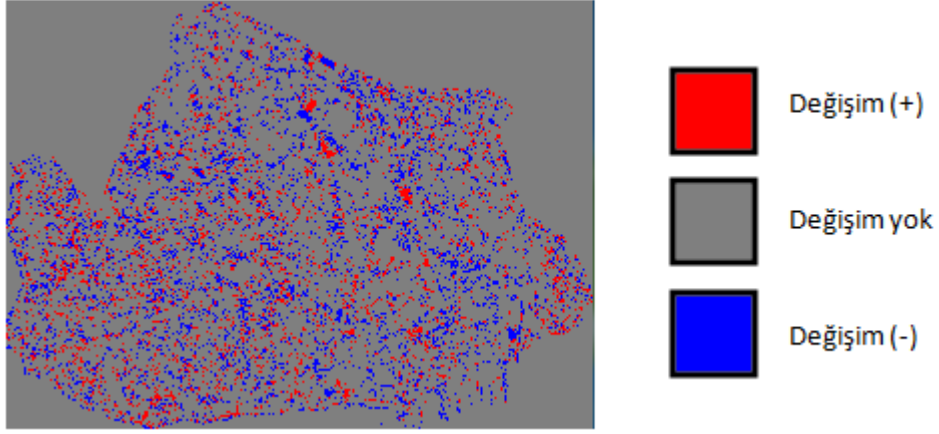
1984 ile 2011 yıllarına ait uydu görüntüleri ile oluşturulan değişim haritaları incelendiğinde, Cumhuriyet, Büyükşehir ve Barış mahallerinde (Şekil 5.1) yerleşim alanlarının arttığı görülmektedir. Bunun en büyük sebebi, yerleşim alanlarının ana yola yakın olması ve metrobüs yapımıyla birlikte ulaşımın kolay olmasıdır. Ayrıca Ambarlı limanının yapımıyla Marmara mahallesinde de yerleşim bölgelerinde artış gözlenmiştir.

Uzaktan algılamada kullanılan yerleşim indekslerinin arazi kullanımı/örtüsü sınıflandırma sonrası değişim analizi sonuçlarına etkisini irdelemek amacıyla LANDSAT-TM görüntülerinden elde edilen değişim görüntüsü baz olarak alınmış ve diğer veri setleri ile (LANDSAT-TM+NDVI, LANDSAT-TM+NDBI, LANDSAT-TM+NDVI+NDBI) yapılan değişim haritaları karşılaştırılarak sonuçlar Çizelge 5.24'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.24 : 1984 ve 2011 yılları arasında arazi örtüsü kullanımı sınıflarındaki alansal değişim.

	Alansal Değişim (km ²)									
	Yerleşim	Fark	Tarım	Fark	Boş alan	Fark	Sanayi	Fark	Yol	Fark
LANDSAT-TM	14.72	-	-11.19	-	-13.03	-	4.79	-	5.39	-
LANDSAT-TM + NDVI	12.06	-2.66	-12.26	-1.07	-8.33	4.7	4.48	-0.31	5.22	-0.17
LANDSAT-TM + NDBI	13.51	-1.21	-11.43	-0.24	-11.46	1.57	4.01	-0.78	5.98	0.59
LANDSAT-TM + NDVI + NDBI	11.32	-3.4	-11.96	-0.77	-8.06	4.97	4.04	-0.75	5.63	0.24

En doğruluklu sınıflandırma sonucu LANDSAT-TM+NDBI görüntüsü ile elde edildiğinden Çizelge 5.24'ün görsel irdelemesi sadece LANDSAT-TM görüntüsü ile LANDSAT-TM+NDBI görüntüsü arasında yapılmıştır (Şekil 5.21).



Şekil 5.21: LANDSAT-TM görüntülerinden elde edilen değişim görüntüsü baz alınarak LANDSAT-TM+NDBI veri seti ile yapılan değişim haritası.

Şekil 5.21'deki değişim haritası görsel olarak analiz edildiğinde, pozitif yönde değişimin olduğu kırmızı alanlar sanayi ve yerleşim sınıflarında görülmekteyken, negatif yönde değişimin olduğu mavi alanlar liman, yerleşim ve sanayi sınıflarında görülmektedir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Günümüzde dünya nüfusunun %45 i kentlerde yaşamaktadır ve gelecekte bu oran daha da artacaktır. Kentsel gelişimin iyi izlenmesi ve tespit edilmesi sürdürülebilir bir kent yönetimi ve planlaması açısından son derece önemlidir. Bu açıdan kent gelişimi dinamiklerinin anlaşılmasında uzaktan algılama verileri önemli yer tutar.

Bu çalışmada iki farklı tarihte alınan LANDSAT-TM uydu görüntüleri kullanılarak, Beylikdüzü ilçesinin zamansal olarak kentsel gelişimi incelenmiştir. Öncelikle 1984 ve 2011 yıllarına ait uydu görüntülerine kontrollü sınıflandırma işlemi uygulanarak doğruluk analizi gerçekleştirilmiştir. Sonrasında 7 farklı spektral indeks iki farklı tarihli görüntüye uygulanmış ve orijinal görüntü ile aralarında 4 farklı yöntem ile korelasyon analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analizde literatürde en yaygın olarak kullanılan 2 indeks göz önüne alınmıştır. Bunlardan ilki NDVI (Normalize edilmiş bitki örtüsü indeksi), sağlıklı bitki örtüsü alanlarını göstermekte, diğeri ise NDBI (Normalize edilmiş yerleşim alanı indeksi) yerleşim alanlarını göstermektedir. Yapılan korelasyon analizleri sonucunda NDVI ve NDBI spektral indekslerinin en uygun indeksler olduğu görülmüştür. Bu iki spektral indeks görüntüleri ayrı ayrı ve birlikte orijinal görüntüye eklenerek tekrar kontrollü sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Sınıflandırma sonrası yapılan doğruluk analizleri karşılaştırıldığında, orijinal görüntüye eklenen NDBI spektral indeksiyle gerçekleştirilen sınıflandırmanın genel doğruluğunun en yüksek (1984 yılı için %89.56, 2011 yılı için %92.57) olduğu, diğeri bir ifade ile yerleşim alanlarının tespitinde NDBI spektral indeksinin sınıflandırma doğruluğunu arttırdığı gözlenmiştir.

1984 ve 2011 LANDSAT-TM sınıflandırılmış görüntüleri ile yapılan değişim analizinde, yerleşim alanlarında 14.72 km^2 alansal değişim, en iyi sınıflandırma sonucunu veren LANDSAT-TM+NDBI görüntüleri ile yapılan değişim analizinde ise yerleşim alanlarında 13.51 km^2 alansal değişim görülmüştür. Her iki yöntemin doğruluğunun yersel çalışmalarla ve referans olarak kabul edilen alansal değerlerle

karşılaştırılması gerekmektedir. Ancak 1984 yılında Beylikdüzü ilçe olmadığından bu irdeleme yapılamamıştır.

Uygulamada karşılaşılan en büyük sorunlardan biri, şehir bölgelerinin heterojen ve kompleks yapıda olmasıdır. İnsan yapımı özelliklere ait (örneğin, yol, çatı vb.) çok farklı spektral yansıtım özellikleri olduğundan yerleşim alanlarını belirlemek oldukça zordur. Diğer yandan, bitki örtüsü, gerek farklı tür gerekse farklı toprak ve nem koşullarına sahip olduğundan spektral yansıtımda farklılıklar göstermektedir. Diğer bir sorun ise kullanılan uydu görüntüsünün mekansal çözünürlüğü 30 m olduğundan karışık piksel sorununun ortaya çıkmasıdır. Ayrıca, 1984 yılına ait yersel veri olmadığından kontrol bölgelerinin seçiminde zorluklar yaşanılmıştır.

Sonuç olarak, şehir planlama, arazi kullanımı, kentsel büyüme çalışmaları, kentsel gelişimin izlenmesi vb. uygulamalarda, bu çalışmada kullanılan orta çözünürlüklü uydu görüntüleri kullanıldığında bazı sınırlamalarla karşılaşılabileceği ve buna yönelik olarak daha yüksek mekansal çözünürlüklü uydu görüntülerinin ve nesne tabanlı sınıflandırma tekniklerinin kullanımı ile daha kapsamlı ve yüksek doğruluklu sonuçların elde edilebileceği öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] **Sunar, F.** (2011). *Uzaktan algılama*, Anadolu Üniversitesi Yayınları, ISBN: 978-975-06-0995-4.
- [2] **CCRS** (Kanada Uzaktan Algılama Merkezi), (2007). Tutorial: Fundamentals of remote sensing, alındığı tarih : 15.09.2014, adres: http://ccrs.nrcan.gc.ca/resource/tutor/fundam/index_e.php
- [3] **Barrett, E.C. ve Curtis, L.F.** (1999). *Introduction to environmental remote sensing (Fourth Edition)*, Stanley Thorners., United Kingdom.
- [4] **URL-1** <http://gozlemevi.omu.edu.tr/depo/elektromanyetik_spektrum.pdf>, alındığı tarih: 24.09.2014.
- [5] **Akkartal, F. A.** (2007). *Denizlerdeki yağ tabakasının izlenmesinde radar uydu görüntülerinin kullanımı*, (Yüksek Lisans Tezi), İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [6] **Özküralp, İ.** (2006). *Trakya Meriç havzasındaki çeltik ekili alanlarda ürün gelişiminin çok zamanlı radar uydu görüntü verileri yardımıyla izlenmesi*, (Yüksek Lisans Tezi), İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [7] **Aksoy, H. T.** (2001). *Çok zamanlı uydu görüntü verileriyle kentsel gelişim analizi: Bursa Osmangazi Belediyesi*, (Yüksek Lisans Tezi), İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [8] **URL-2** <<http://web.pdx.edu/~emch/rs/vh5.html>>, alındığı tarih: 28.09.2014.
- [9] **Calgary**, (2003). An overview of remote sensing, Department of Geography, alındığı tarih: 26.09.2014, adres: <http://www.ucalgary.ca/UofC/faculties/SS/GEOG/Virtual/remotaintro.html>
- [10] **van Leeuwen, W. J.** (2009). Visible, near-IR and shortwave IR spectral characteristics of terrestrial surfaces. *The SAGE Handbook of Remote Sensing*, 33.
- [11] **Kaya, E.** (t.y.). Kentleşme ve Kentlileşme, alındığı tarih: 05.10.2014, adres: <http://erolkaya.com/wp-content/uploads/kitaplar/kentlesme-ve-kentlilesme.pdf>
- [12] **İsbir, E.G. ve Açma, B.** (2005). *Kentleşme ve çevre sorunları*, Anadolu Üniversitesi Yayınları, ISBN: 975-06-0357-5.
- [13] **Ulusoy, A ve Vural, T.** (2001). Kentleşmenin sosyo-ekonomik etkileri, *Belediye Dergisi*, Cilt 7(12), Haziran.
- [14] **Bhatta, B.** (2010). *Analysis of urban growth and sprawl from remote sensing data*, Springer Science & Business Media.
- [15] **Civco, D.L., Hurd, J.D., Arnold, C.L. ve Prisloe, S.** (2000). Characterization of suburban sprawl and forest fragmentation through remote sensing applications. In *Proceedings of the American Society of Photogrammetry and Remote Sensing*.

- [16] **Maktav, D. ve Sunar, F.** (2005). Analysis of urban growth using multi-temporal satellite data in Istanbul, Turkey, *International Journal of Remote Sensing*, **26**(4), 797-810.
- [17] **Liu, X., ve Lathrop, Jr, R. G.** (2002). Urban change detection based on an artificial neural network, *International Journal of Remote Sensing*, **23**(12), 2513–2518.
- [18] **Sunar, F.** (1998). An analysis of changes in a multi-date data set: a case study in the Ikitelli area, Istanbul, Turkey, *International Journal of Remote Sensing*, **19**(2), 225–235.
- [19] **Stow, D. A., Collins, D. ve Mckinsey, D.** (1990). Land use change detection based on multi-date imagery from different satellite sensor systems, *Geocarto International*, **5**(3), 3–12.
- [20] **Chukwuemeka, V., Uchechukwu, G. ve Okwor, J.** (2013). Assessment of urban development planning using supervised classification of remotely sensed imageries and GIS, a case study of independence layout (Part of), Enugu, Nigeria. FIG Working Week.
- [21] **Chen, J., Gong, P., He, C., Pu, R. ve Shi, P.** (2003). Land-use/land-cover change detection using improved change-vector analysis. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, **69**(4), 369-379.
- [22] Department of Economic and Social Affairs. Population Division. United Nations. (2006). World urbanization prospects: the 2005 revision.
- [23] **Clarke, K., Hoppen, S., ve Gaydos, L.** (1997). *A self modifying cellular automaton model of historical urbanization in the San Francisco Bay area*. Environment and Planning, **24**, 247-261.
- [24] **Allen, P. M.** (1997). Cities and regions as evolutionary, complex systems. *Geographical Systems*, **4**, 103-130.
- [25] **URL-3** <<https://www.e-education.psu.edu/geog480/node/444>>, alındığı tarih: 03.11.2014.
- [26] **Yener, H., Koç, A. ve Çoban, O.** (2005). Uzaktan algılama verileri ve teknik özellikleri, *Harita Dergisi*, 34–38.
- [27] **Gibson, P.** (2000). *Introductory remote sensing principles and concepts*. Routledge.
- [28] **Smith, R.B.** (2012). *Introduction to Remote Sensing of Environment*, alındığı tarih: 04.11.2014, adres: <http://www.microimages.com/documentation/Tutorials/introrse.pdf>
- [29] **Benger, S. N.** (2009). *Remote sensing of the ecology and functioning of the Mekong River Basin with special reference to the Tonle Sap*, INTECH Open Access Publisher.
- [30] **URL-4** <<http://www.esri.com/software/LANDSAT-imagery/enhancements>>, alındığı tarih: 05.11.2014.
- [31] **Lillesand, T. M. ve Kiefer, R. W.** (1987). *Remote sensing and image interpretation*, John Wiley & Sons Ltd.

- [32] Altuntaş, C., Çorumluoğlu, Ö. (2002). Uzaktan algılama görüntülerinde digital görüntü işleme ve RSImage yazılımı, *Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Öğretiminde 30. Yıl Sempozyumu*, 16-18 Ekim, Konya, İstanbul.
- [33] Altuntaş, C., Çorumluoğlu, Ö. (2011). Filtreleme yöntemi ile digital görüntü zenginleştirme ve örnek bir yazılım, *Selçuk Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Teknik Online Dergi*, Cilt. 10(1), 101-103.
- [34] Oruç, M., *Uydu görüntülerinin sınıflandırılması ve doğruluk değerlendirmesi*, Lisans Ders Notları, Bülent Ecevit Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Zonguldak.
- [35] Liu, J. G. ve Mason, P. (2009). *Essential image processing and GIS for remote sensing*, John Wiley & Sons.
- [36] Duran, C. (2007). Uzaktan algılama teknikleri ile bitki örtüsü analizi, *Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü DOA Dergisi*, Sayı 3, 45-67.
- [37] Herbei, M. V., Dragomir, L. O. ve Oncia, S. (2012). *Using satellite images LANDSAT TM for calculating normalized difference indexes for the landscape of Parang Mountains*, University of Alba Iulia.
- [38] Xu, H. (2010). Analysis of impervious surface and its impact on urban heat environment using the normalized difference impervious surface index (NDISI), *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Cilt 76(5), 557-565.
- [39] Villa, P. (2012). Mapping urban growth using Soil and Vegetation Index and LANDSAT data: The Milan (Italy) city area case study, *Landscape and Urban Planning*, 107, 245-254.
- [40] Waqar, M., Mirza, J. F., Mumtaz, R. ve Hussain, E. (2012). *Development of New Indices for Extraction of Built-up Area & Bare Soil from LANDSAT Data*, Open Access Scientific Reports, Cilt 1.
- [41] Deng, C. ve Wu, C. (2012). BCI: A biophysical composition index for remote sensing of urban environments. *Remote Sensing of Environment*, 127, 247-259.
- [42] Çölkesen, İ. (2009). *Uzaktan Algılamada İleri Sınıflandırma Tekniklerinin Analizi*, (Yüksek Lisans Tezi), GYTE Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.
- [43] URL-6 <<http://www.yildiz.edu.tr/~bayram/sgi/saygi.htm>>, alındığı tarih: 16.11.2014.
- [44] Sunar, F., *Değişim Saptama*, Lisans Ders Notları, İstanbul Teknik Üniversitesi Geomatik Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- [45] URL-7 <<http://www.beylikduzu.bel.tr>>, alındığı tarihi: 16.11.2014.
- [46] URL-8 <http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1059>, alındığı tarih: 18.11.2014.
- [47] URL-9 <http://www.nasa.gov/mission_pages/LANDSAT/news/LANDSAT-history.html>, alındığı tarih: 19.11.2014.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Özge KAYMAN

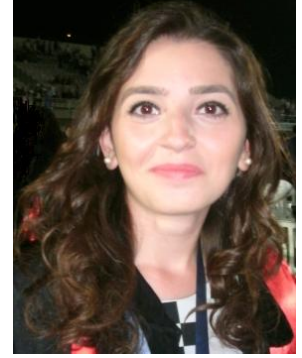
Doğum tarihi: 03.02.1990

Doğum yeri: İstanbul

Adres: Cihangir Mahallesi Avcılar/İstanbul

E-posta: ozgekayman@gmail.com

Lisans: 2007-2012 İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği



BİTİRME TEZİNDEN TÜRETİLEN YAYINLAR/SUNUMLAR

- Kayman, Ö., Sunar, F. ve Maktav, D. (2012). Farklı uydu veri karşılaştırma tekniklerinin analizi. *UZAL-CBS 2012*, Zonguldak, Türkiye.