

**ZONGULDAK BÖLGESİNDEKİ DOĞAL OLMAYAN ÇEVRESEL
DEĞİŞİMLERİN UYDU GÖRÜNTÜ VERİLERİ İLE ANALİZİ**

128532

Murat ORUÇ

**TC. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

Zonguldak Karaelmas Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalında

Yüksek Mühendislik Tezi

Olarak Hazırlanmıştır

ZONGULDAK

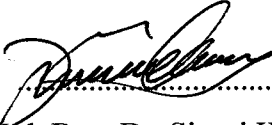
Eylül 2002

128532

**TC. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

KABUL:

Murat ORUÇ tarafından hazırlanan “ZONGULDAK BÖLGESİNDEKİ DOĞAL OLMAYAN ÇEVRESEL DEĞİŞİMLERİN UYDU GÖRÜNTÜ VERİLERİ İLE ANALİZİ” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Mühendislik tezi olarak kabul edilmiştir. **16/09/2002**

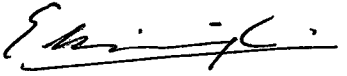
Başkan: 
Yrd. Doç. Dr. Şinasi KAYA (İTÜ)

Üye : 
Yrd. Doç. Dr. Gürcan BÜYÜKSALİH (ZKÜ)
(Tez Danışmanı)

Üye : 
Yrd. Doç. Dr. Ş. Hakan KUTOĞLU (ZKÜ)

ONAY:

Yukarıda imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.


...../...../2002

Prof. Dr. Etem KİŞİOĞLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ZONGULDAK BÖLGESİNDEKİ DOĞAL OLMAYAN ÇEVRESEL DEĞİŞİMLERİN UYDU GÖRÜNTÜ VERİLERİ İLE ANALİZİ

Murat ORUÇ

Zonguldak Karaelmas Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı : Yrd.Doç.Dr. Gürcan BÜYÜKSALİH

Eylül 2002, 105 sayfa.

Günümüzde uydulardan elde edilen uzaktan algılama verilerinin, bilgisayar teknolojisine ve görüntü işleme tekniklerine bağlı olarak değerlendirme olanağının ortaya çıkması, spektral yansıtmaya bağlı olarak sınıflandırılabilmesi mevcut arazi kullanımının saptanmasına ve çevre değişimlerinin zamansal olarak belirlenmesine olanak vermiştir. Bu çalışmada uzaktan algılama verisi ve topoğrafik veriler kullanılarak, Zonguldak bölgesindeki doğal olmayan çevresel değişimlerin analizi yapılmıştır. Bu amaçla, bölgeye ait 1/25000 ölçekli topoğrafik haritalar, ortofoto haritalar, hava fotoğrafları ile 19.05.1992 tarihli Landsat 5 TM uydu verisi kullanılmıştır. Topoğrafik haritalar kullanılarak uzaktan algılama verisi UTM projeksiyon sistemine dönüştürülerek arazi ile entegrasyonu sağlanmıştır. Uydu verisi sınıflandırılarak bölgenin arazi bilgilerine ulaşılmış ve yersel verilerle karşılaştırılmıştır. Bu çalışma ile üretilen verilerle, bölgede değişik veri grupları belirlenerek incelemeler yapılmış ve bunlarla ilgili bilgiler elde

ÖZET (devam ediyor)

edilmiştir. Bu bilgiler sonucu, Zonguldak Taşkömürü İşletmeleri maden sahalarının ve Çatalağzı Elektrik Santrali'nin atıklarının yapmış olduğu çevresel etkiler görülmüş, boyutları görsel ve sayısal olarak ortaya konulmuştur. Ayrıca Filyos Çayı'nın yapmış olduğu denizdeki kirlenme de görsel ve sayısal olarak verilmiştir. Uydu verisi üzerinde bu etkiler göz önüne alınarak analizler yapılmış, ortaya çıkan sonuçlar doğrultusunda bölgede meydana gelen doğal olmayan çevresel değişimlerin boyutu ve önemine dikkat çekilmiş ve bu konuda öneriler ele alınmıştır. Bu çalışma ile Uzaktan Algılama'nın gücü, kolaylığı, etkinliği ve hızı ortaya konulmuştur.

Anahtar Sözcükler : Uzaktan Algılama, Dijital Görüntü İşleme, Görüntü Sınıflandırma

Bilim Kodu : 616.04.01

ABSTRACT

MSc. Thesis

ANALYSIS OF NON-NATURAL ENVIRONMENTAL CHANGES USING REMOTELY SENSED DATA IN ZONGULDAK REGION

Murat ORUÇ

Zonguldak Karaelmas University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Geodesy and Photogrammetry Engineering

Thesis Advisor: Assist. Prof. Dr. Gürcan BÜYÜKSALİH

September 2002, 105 pages.

With the emergence of processing capability using computer and digital image processing techniques, and spectral reflectance classification, remotely sensed data can be used for determining land usage and tracing temporal changes on environment.

In this study non-natural environmental change analysis has been made using remote sensing and topography data. For this task topographic maps at the 1:25000 scale, orthophotos, aerial images, and Landsat TM data are utilized. Geocoding of the remotely sensed data is accomplished by ground control points chosen in the scene. Data have been processed for classification and the results are compared with the ground truth. The results are also interpreted in order to extract information about the land usage in the test field: Environmental effects of the Zonguldak Hardcoal Corporation, Çatalağzı Electrical Power Plant, and the pollution caused by Filyos River have been visualised and quantified. Taking

ABSTRACT (continued)

these effects into account many analyses are made on the satellite data. In view of the results gained attention is attracted about the non-environmental change in the region. The study concludes with showing the power of remote sensing, its simplicity about dealing with the complex real world, and its effectivity.

Key Words : Remote Sensing, Digital Image Processing, Image Classification

Science Code: 616.04.01



TEŞEKKÜR

ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Jeodezi ve Fotogrametri Anabilim Dalı'nda gerçekleştirilen Yüksek Lisans çalışmam sırasında desteğini esirgemeyen, bilgi ve deneyimi ile çalışmamı yönlendiren danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Gürcan BÜYÜKSALİH'e (ZKÜ) çok teşekkür ederim. Tez çalışmamın uygulama aşaması için gerekli olan çalışma bölgesine ait ham uydu görüntüsünü ve konuyla ilgili kaynakları sağlayan, bana zaman ayırarak bilgi ve birikimlerini benimle paylaşan değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Şinasi KAYA'ya (İTÜ) sonsuz minnettarım. Bu çalışmamda kaynaklarını, bilgi ve deneyimlerini benden hiçbir zaman esirgemeyen değerli hocam Doç. Dr. Nebiye MUSAOĞLU'na (İTÜ) çok teşekkür ederim.

Uygulamanın çeşitli kısımlarında, yaptığı dönüşüm programlarını kullanmamı sağlayan, bilgileri ve desteği ile bana yardımcı olan Öğr. Gör. Orhan KURT'a (ZKÜ) teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca çalışmam sırasında bana yardımcı olan çalışma arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bugünlere gelmemi sağlayan, eğitimim boyunca maddi manevi her zaman bana destek olan ORUÇ ailesine, sevgisiyle bana güç veren, tezimin hazırlanması aşamalarında ilgi ve anlayışıyla beni her zaman destekleyen eşim Sevda ORUÇ'a sonsuz teşekkür ve sevgilerimi sunarım.

Eylül 2002

Murat ORUÇ

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xvi

BÖLÜM 1 GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
----------------------------	---

BÖLÜM 2 UZAKTAN ALGILAMANIN FİZİKSEL ESASLARI.....	3
--	---

2.1 ELEKTROMANYETİK SPEKTRUM.....	5
2.2 CİSİMLERİN SPEKTRAL YANSITMASI.....	7
2.2.1 Bitki Örtüsünün Spektral Yansıtması.....	8
2.2.2 Zeminlerin Spektral Yansıtması.....	10
2.2.3 Suyun Spektral Yansıtması.....	10
2.3 YÜZEY CİSİMLERİNİN YANSITMASI.....	10

BÖLÜM 3 UZAKTAN ALGILAMA VERİLERİ.....	11
--	----

3.1 LANDSAT UYDU SİSTEMİ VE ÖZELLİKLERİ.....	11
3.1.1 Yörünge Karakteristikleri.....	14
3.1.2 Veri Devamlılığı.....	14
3.1.3 Coğrafi Kapsama Alanı.....	15
3.1.4 Radyometrik Karakteristikler.....	15

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

Sayfa

3.1.5 Spektral Özellikler.....	15
--------------------------------	----

BÖLÜM 4 DİJİTAL GÖRÜNTÜ İŞLEME YÖNTEMLERİ.....17

4.1 DİJİTAL GÖRÜNTÜ VE ÖZELLİKLERİ.....	17
4.2 ÇÖZÜNÜRLÜK.....	19
4.2.1 Geometrik Çözünürlük.....	19
4.2.2 Spektral Çözünürlük.....	21
4.2.3 Radyometrik Çözünürlük.....	22
4.2.4 Zamansal Çözünürlük.....	22
4.3 DİJİTAL UYDU GÖRÜNTÜLERİ İÇİN VERİ FORMATLARI.....	23
4.3.1 Bant Sıralı Format.....	23
4.3.2 Satır Sıralı Format.....	24
4.3.3 Piksel Sıralı Format.....	24
4.3.4 Özel Kodlama Formatı.....	24
4.4 GÖRÜNTÜLERDEKİ HATA KAYNAKLARI VE DÜZELTİLMESİ.....	25
4.4.1 Radyometrik Hatalar ve Düzeltilmesi.....	26
4.4.2 Geometrik Hatalar ve Düzeltilmesi.....	26
4.4.2.1 Geometrik Hata Kaynakları.....	26
4.4.2.2 Geometrik Düzeltme Esasları.....	33
4.4.3 Görüntü Yataylama.....	36
4.4.3.1 Koordinat Dönüşümleri Kullanılarak Konumsal Enterpolasyon.....	37
4.4.3.2 Yeniden Örnekleme.....	38
4.5 GÖRÜNTÜ ZENGİNLEŞTİRME.....	40
4.5.1 Kontrast Manipülasyonu.....	42

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
4.5.1.1 Gri-Düzeyi Eşikleme.....	42
4.5.1.2 Düzey Dilimleme.....	42
4.5.1.3 Kontrast Genişletme.....	42
4.5.2 uzaysal Özellik Manipülasyonu.....	43
4.5.2.1 Uzaysal Filtreleme.....	44
4.5.3 Çoklu Görüntü Manipülasyonu.....	43
4.5.3.1 Spektral Oranlama.....	43
4.5.3.2 Ana Bileşenler Dönüşümü.....	44
4.5.3.3 Yoğunluk-Renk Tonu-Doygunluk Renk Uzay Transformasyonu.....	45
4.6 GÖRÜNTÜ SINIFLANDIRMA.....	46
4.6.1 Kontrolsüz Sınıflandırma.....	47
4.6.2 Kontrollü Sınıflandırma.....	48
4.6.2.1 En Büyük Benzerlik Sınıflandırma Yöntemi.....	49
4.6.2.2 En Küçük Uzaklık Sınıflandırma Yöntemi.....	49
4.6.2.3 Paralelyüz Sınıflandırma Yöntemi.....	51
4.6.3 Uzaktan Algılamada Görüntü Sınıflandırmasının Doğruluk değerlendirilmesi.....	52
BÖLÜM 5 UYGULAMA.....	57
5.1 ÇALIŞMA ALANI.....	57
5.1.1 Coğrafi Konum.....	57
5.1.2 Bölgenin Anakaya ve Toprak Yapısı.....	57
5.1.3 İklim ve Bitki Örtüsü.....	59
5.2 ÇALIŞMADA KULLANILAN VERİLERİN ÖZELLİKLERİ.....	60
5.2.1 Topoğrafik Veriler.....	60

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
5.2.2 Uzaktan Algılama Verisi.....	61
5.3 VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE YÖNTEM.....	63
5.3.1 Çalışmada Kullanılacak Kanal Kombinasyonunun Belirlenmesi.....	63
5.3.2 Uydu Verisinin Geometrik Olarak Düzeltilmesi.....	66
5.3.2.1 UTM Projeksiyonunun Özellikleri.....	66
5.3.2.2 Yer Kontrol Noktalarının Seçimi ve Geometrik Düzeltme.....	67
5.3.2.3 Yeniden Örnekleme.....	68
5.3.3 Görüntü Zenginleştirme.....	69
5.3.4 Uydu Verisinin Sınıflandırılması İşlemi.....	70
5.3.4.1 Kontrol Alanlarının Seçimi için Sınıfların Belirlenmesi.....	69
5.3.4.2 Sınıflandırılma Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	77
BÖLÜM 6 SONUÇ VE ÖNERİLER.....	79
KAYNAKLAR.....	83
EKLER DİZİNİ.....	87
ÖZGEÇMİŞ.....	105

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No:</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Elektromanyetik Dalga.....	3
2.2 Uzaktan Algılama Sistemi	4
2.3 Elektromanyetik Spektrum ve algılama aralıkları.....	5
2.4 Optik Spektrum.....	6
2.5 Atmosferik Pencereleler.....	6
2.6 Farklı cisimlerin spektral eğrileri.....	8
2.7 Yeşil bitki örtüsünün önemli spektral duyarlık karakteristikleri.....	9
2.8 Pigmentasyonun yaprağın yansıtımına etkisi. Kolyos yaprağı.....	9
3.1 Landsat uydu sisteminin yörünge izleri.....	14
3.2 Landsat 5 uydusu.....	15
4.1 Dijital görüntünün tanımı.....	18
4.2 Anlık görüş alanının (IFOV) açısai (α) ve yeryüzü uzunluğu (XY) olarak gösterimi.....	20
4.3 Tarama eğikliği hatası.....	27
4.4 Landsat MSS için sabit ve değişebilen ayna hızı kıyaslamaları.....	28
4.5 Tarama açısının, sabit açısai anlık görüş alanında, piksel büyüklüğü üzerine etkisi.....	28
4.6 Algılayıcı platformundaki hız değişikliğinin görüntü üzerine etkisi.....	29
4.7 Enlemin bir fonksiyonu olarak yer dönmesinin görüntü üzerine etkisi.....	30
4.8 Çapraz tarama yönündeki bir pikselin büyüklüğü üzerine yerküreselliğin etkisi.....	30
4.9 Yükseklik değişimi sonucu görüntüde ortaya çıkan ölçek farklılığı.....	32

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

No:	Sayfa
4.10 Durum değişimlerinin görüntü üzerine etkisi.....	32
4.11 Yer kontrol noktalarının belirlendiği harita ve görüntü koordinat sistemleri.....	35
4.12 Ekstrapolasyon, yüksek dereceli matematiksel fonksiyonların eğri uyum potansiyeli.....	35
4.13 Yataylanmış çıktı gridi (x, y) parlaklık değerinin, geometrik olarak hatalı girdi gridi (x', y') parlaklık değeri ile doldurulması.....	38
4.14 Kırmızı-Yeşil-Mavi (RGB) üç boyutunda tanımlanmış yoğunluk-doygunluk-renk tonu kavramlarının birbiriyle ilişkisi.....	45
4.15 Sınıflandırmanın genel adımları.....	46
4.16 Kontrollü sınıflandırma yönteminin temel aşamaları.....	48
4.17 Olasılık Yoğunluk Fonksiyonları.....	50
4.18 En Küçük Uzaklık Sınıflandırma yöntemi.....	51
4.19 İki boyutta paralelyüz sınıflandırma.....	52
4.20 Hata matrisinin şematik gösterimi.....	53
5.1 Çalışma bölgesinin konumu ve Landsat 5 TM algılayıcısı 7,4,1 bant kombinasyonu görüntüsü.....	57
5.2 Zonguldak ve çevresine ait 19.05.1992 tarihli Landsat 5 TM uydu görüntüsü (Bant 7,4,1 kombinasyonu).....	62
5.3 Geometrik olarak düzeltilmiş, Zonguldak ve çevresi ait Landsat 5 TM uydu görüntüsü (741).....	68
5.4 Zonguldak ve çevresine ait Yoğunluk-Renk Tonu-Doygunluk (IHS) dönüşümü uygulanmış Landsat 5 TM uydu görüntüsü (741).....	69
5.5 ISODATA kontrolsüz sınıflandırma yöntemi sonucu doğal sınıflanmış Landsat 5 TM uydu görüntüsü.....	70

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No:</u>	<u>Sayfa</u>
5.6 Sınıfların analizi sonucu elde edilen kontrolsüz sınıflanmış Landsat 5 TM uydu görüntüsü.....	71
5.7 Kontrollü sınıflandırma sonucunda sınıflanmış Landsat 5 TM uydu görüntüsü.....	72
5.8 Zonguldak Baraj Gölü.....	73
5.9 Şist, kömür v.b. atıkların oluşturduğu dolgu bölgeleri ve kıyılarda oluşturduğu kirli alanlar.....	74
5.10 Çatalağzı Elektrik Santralının denizi kirlettiği alanlar.....	76
5.11 Filyos çayının denizle birleştiği kıyıdaki ayrımı.....	77

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>No:</u>	<u>Sayfa</u>
3.1 Landsat Sistemi Uyduları.....	12
3.2 Landsat Uyduları üzerindeki Algılayıcılar.....	13
4.1 Yeniden örnekleme yöntemlerinin karşılaştırılması.....	40
5.1 Çalışmada kullanılan 1/25000 ölçekli standart topoğrafik haritaların indeksi.....	60
5.2 Uygulamada kullanılan Landsat 5 TM uydu görüntüsüne ait bantlar ve özellikleri.....	61
5.3 Bant kombinasyon analizi sonucu Regrasyon analizi.....	63
5.4 19.05.1992 tarihli Landsat-5 TM (1,4,7) bantları arasındaki korelasyon katsayıları matrisi.....	64

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

M	=	Manyetik dalga
E	=	Elektrik alan
c	=	Işık hızı
f	=	Frekans
λ	=	Dalga boyu
μm	=	Mikron metre
α	=	Anlık görüş alanı açısal değeri
x'	=	Düzeltilmiş veri
x	=	Ham veri
C	=	Sonuç düzeltme matrisi
κ	=	Kappa istatistik ölçüsü
$Cov_{Q,R}$	=	Q ve R bandları arası kovaryans katsayısı
Q	=	Q bandının parlaklık değeri
R	=	R bandının parlaklık değeri
μ_Q	=	Q bandının ortalama değeri
μ_R	=	R bandının ortalama değeri
k	=	Piksel sayısı
ρ	=	Korelasyon katsayısı
Cov_{ij}	=	i, j bandlarının kovaryansı
δ_i	=	i bandının standart sapması
δ_j	=	j bandının standart sapması
ΔX	=	X eksenindeki öteleme miktarı
ΔY	=	Y eksenindeki öteleme miktarı
θ	=	Tarama açısı
p	=	Nadir noktasındaki piksel büyüklüğü
x_{org}	=	Orijinal görüntüdeki görüntü koordinatları
y_{org}	=	Orijinal görüntüdeki görüntü koordinatları

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

x, y	=	Harita koordinatları
x', y'	=	Geometrik olarak hatalı girdi koordinatları
(BV_{wt})	=	Yeni parlaklık değerinin ağırlıklı ortalaması
Z_k	=	En yakın dört noktaya ait parlaklık değerleri
D_k^2	=	(x', y') noktasından bu grid kesişim noktalarına olan uzaklıkların karesi
x_{ii}	=	Köşegen üzerindeki gözlem sayısı
x_{i+}	=	i satırındaki gözlemlerin toplamı
x_{+i}	=	i sütunundaki gözlemlerin toplamı

KISALTMALAR

IR	=	Infrared
TM	=	Thematic Mapper
MSS	=	Multi Spectral Scanners
WRS	=	World Wide Reference
UTM	=	Universal Transform Mercator
IFOV	=	Instantaneous Field of View
AGA	=	Anlık Görüş Alanı
RLE	=	Run Length Encoding
BIL	=	Band Interleaved by Line
BSQ	=	Band Sequential
BIP	=	Band Interleaved by Pixel
GCP	=	Ground Control Point
rms	=	Karesel ortalama hata
IHS	=	Yoğunluk-Renk tonu-Doygunluk
RGB	=	Red-Green-Blue

BÖLÜM 1

GİRİŞ VE AMAÇ

Günümüzde güncelliği hızla artan Uzaktan Algılama Teknolojisi, arazi örtüsü ve kullanımı ile ilgili bilgileri hızla toplayarak, sorunları çabuk ortaya koyabilmesi, uydu verilerinin kullanıcıya hızla aktarılabilmesi ve uygulanan çözümün zamansal değişimin izlenebilmesi açısından en etkin yöntem olarak görülmektedir. Bu teknik doğal kaynakların saptanması ile envanterinin çıkarılması ve bu kaynakların planlı olarak kullanılması, ekolojik dengenin korunması ve ülke ekonomisinin geliştirilmesinde önemli bir şekilde etken olmaktadır.

Yersel yöntemler ile veri toplamak doğruluk açısından daha güvenilir olmakla birlikte, yüksek maliyetli ve uzun zaman gerektiren çalışmaların ürünüdür. Uydu verileri ve görüntü işleme teknikleri ise özellikle doğal kaynaklara yönelik çok çeşitli alanlarda kullanılabilme ve hızlı bilgi üretme özellikleriyle etkin ve yeni bir teknoloji olup, hızla değişen, dinamik bir yapı sergileyen, doğal olmayan çevresel etkilerin alansal ve yapısal özelliklerinin kısa sürede belirlenmesine olanak sağlayabilecek özelliklere sahiptir.

Bu çalışmada, Zonguldak ve çevresi hakkında arazi örtü tiplerinin, arazi kullanım alanlarının, kıyıların ve doğal olmayan çevresel değişimlerin Uzaktan Algılama Tekniği kullanılarak incelenmesi amaçlanmıştır.

Bu bölgede özellikle geniş alanları ve havzaları ilgilendiren yer altı kömür madenciliği sonucunda gerek arıtma, gerekse işleme sonucu ortaya çıkan katı ve sıvı atıklar, atıldıkları bölgelerde, Zonguldak Taşkömür İşletme Alanlarında ve çevresinde önemli ölçüde çevresel ve kentsel sorunlara neden olduğu görülmektedir.

Bu bölge için gerek yer altı, gerekse açık maden işletmelerinde ve arıtma işlemlerinde ortaya çıkan atıklardan ve madencilikğin dolaylı etkilerinden kaynaklanan çevresel sorunların ve zararların azaltılmasına yönelik önlemlerde, etkilerin büyüklüğünün, yayılma alanlarının şiddetinin, diğer olay ve oluşumlarla ilişkisinin belirlenmesi önemli bir gereksinim olmaktadır. Diğer yandan havzada, dere ve denizlere bırakılan katı ve sıvı maden atıkları, elektrik santrali atıkları sahil boyunca denizin ve kumsalın kirlenmesine neden olmaktadır. Bu çalışma ile bahsedilen kirlenmenin ve benzeri çevresel içerikli oluşumların sınırlarının ve boyutlarının izlenmesinde uzaktan algılama tekniği ile ulaşılacak bilgilerin, ilgililer için önemli uyarılar ve yararlar oluşturulacağına inanılmaktadır.

Bu amaçla uzaktan algılama tekniği kullanılarak uydu görüntüsünün değerlendirilmesi ile bölgedeki sanayiden ve yer altı madenlerinin işlenmesi sonucunda meydana gelen çevresel etkiler araştırılacak ve bu inceleme sonucunda çevresel etkilerin boyutları görsel ve sayısal olarak ortaya konmaya çalışılacaktır.

Bu analiz, bölgeye ait 19.05.1992 tarihli Landsat 5 TM uydu görüntüsü, hava fotoğrafları, haritalar ve arazi çalışmaları bilgileri kullanılarak yapılacaktır.

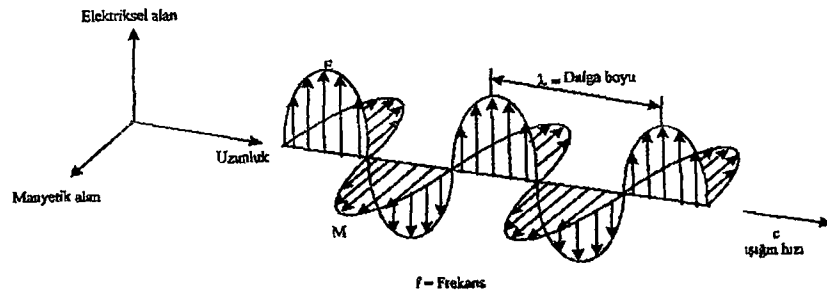
BÖLÜM 2

UZAKTAN ALGILAMANIN FİZİKSEL ESASLARI

Uzaktan Algılama bilimi, en genel anlamıyla bir nesnenin sayısal resmi veya gösterimi ya da iki boyutlu bir sinyal kaydı olarak tanımlanan “görüntü” ara kesiti üzerinde gelişmesini sürdüren bir teknolojidir. Uzaktan algılama tekniği ile elde edilen uydu görüntüleri, yeryüzünün fotoğrafik veya dijital olarak gösterimleridir. Bu görüntü, manyetik ortamda yazılı bir kayıt ya da bilgisayar ortamında bulunan sayısal bilgiler biçiminde de olabilir.

Uzaktan algılama sistemlerinde en sık ölçülen nicelik, ilgilenilen nesneden yayılan elektromanyetik enerjidir. Bu enerji, c ışık hızı ile sinüzoidal ve harmonik dalgalar şeklinde hareket eden bütün enerji şekillerini kapsar.

Güneş ve çeşitli doğal ya da yapay kaynaklar, değişik dalga boylarında elektromanyetik enerji saçarlar. Görünen ışık, insan gözü tarafından görülebilen veya algılanabilen elektromanyetik ışınının bir çok şekillerinden sadece birisidir. Görülebilen ya da görülemeyen tüm elektromanyetik enerji, temel dalga kuramı ile uyum içerisinde ışın yayar. Bu kurama göre elektromanyetik dalga; bileşenleri bir sinüzoidal elektrik dalgası (E) ve benzer şekilde manyetik dalga (M) olup, her ikisi de yayılma yönü ile dik açı yapmaktadır (Şekil 2.1) (Önder, 2002).



Şekil 2.1 Elektromanyetik Dalga (Önder, 2002)

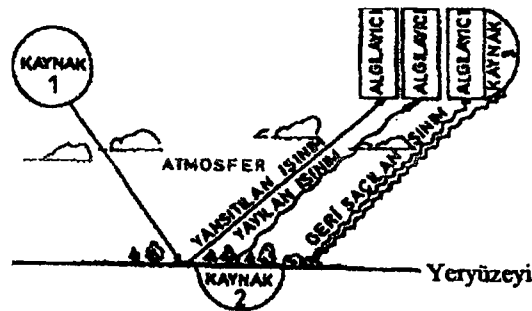
Bir dalga tepesinden diğerine olan uzaklık λ “dalga boyu” ve uzayda birim zamanda sabit bir noktadan geçen dalga sayısı da f “dalga frekansı” dır. Temel fizikten, dalgaların uyduğu genel eşitlik;

$$c = f \cdot \lambda \quad (2.1)$$

şeklindedir. c yayılma hızı (3×10^8 m/sn), verilen her dalga için λ dalga boyu ve f frekansı birbiriyle ters ilişkili olup, her iki terimden biri özel şekilde bir dalgayı tanımlamada kullanılabilir (Önder, 2002).

Elektromanyetik ışınının kullanıldığı bir uzaktan algılama sisteminin dört ana bileşeni: kaynak, yeryüzü ile karşılıklı etkileşim, atmosfer ile karşılıklı etkileşim ve algılayıcı olmaktadır (Şekil 2.2) (Curran, 1996).

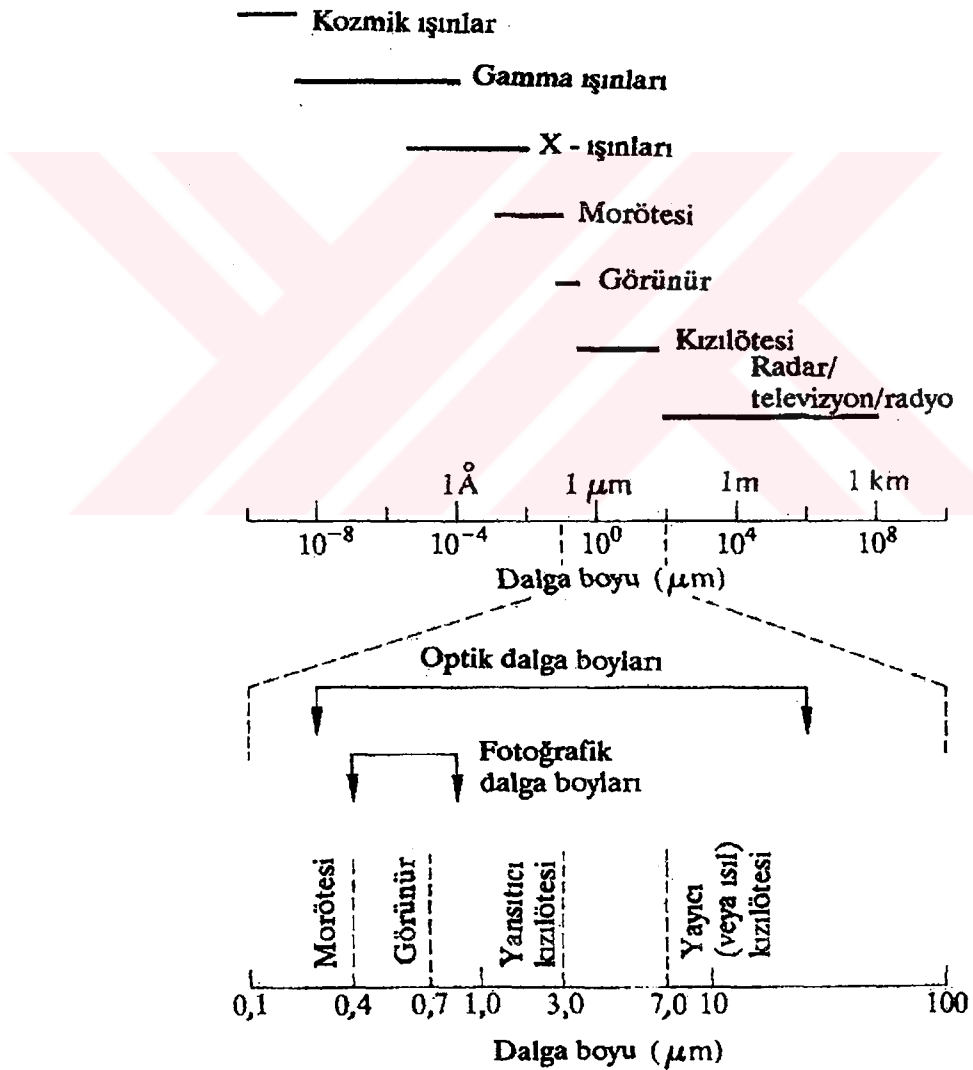
- a) Kaynak : Güneş ışığı veya yeryüzünün neşrettiği ısı gibi doğal ışınımalar veya yapay elektromanyetik ışınımalar elektromanyetik radyasyonun kaynağı olabilirler.
- b) Yeryüzü ile karşılıklı etkileşim : Yeryüzünden yansıyan veya neşredilen ışınım miktarı ve ışınımın özellikleri, yeryüzündeki objelerin özelliklerine bağlıdır.
- c) Atmosfer ile karşılıklı etkileşim : Elektromanyetik enerji atmosferden geçerken çeşitli etkilerle saçılmaya ve bozulmaya uğrar.
- d) Algılayıcı : Atmosfer ve yeryüzü ile karşılıklı etkileşime uğrayan elektromanyetik ışınım bir algılayıcı tarafından kaydedilir.



Şekil 2.2 Uzaktan algılama sistemi (Kaya, 2000).

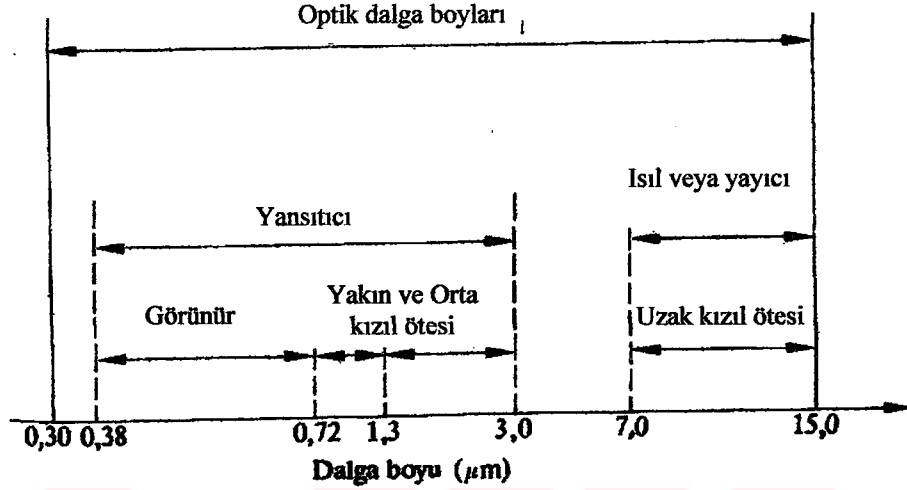
2.1 ELEKTROMANYETİK SPEKTRUM

Elektromanyetik spektrum, ışık hızı ile hareket eden ve dalga boyu nanometrelerden kilometrelere kadar uzanan sürekli enerji ortamıdır (Şekil 2.3) (Musaoğlu, 1999). Spektrum boyunca dalga boyunu ölçmede kullanılan birim “mikrometre = mikron” olup, bir mikron 1×10^{-6} metreye eşdeğerdir. Elektromanyetik spektrumun farklı aralıklarında, farklı yeryüzü özellikleri kaydedilir. Algılayıcıların tasarımında ve yapılacak bir çalışmada kullanılacak uydu görüntüsünün seçiminde, elektromanyetik spektrumun algılama aralıkları büyük önem taşımaktadır.

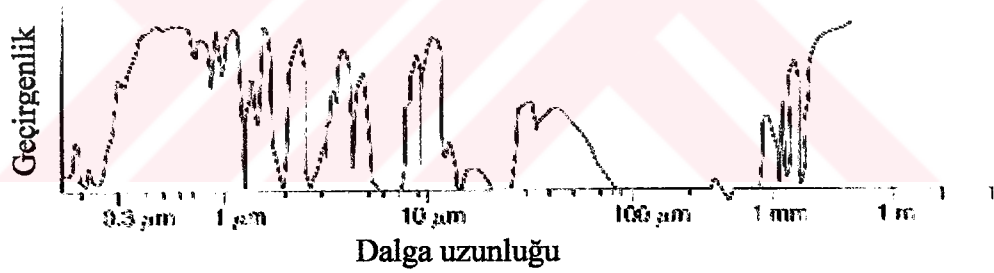


Şekil 2.3 Elektromanyetik Spektrum ve algılama aralıkları (Maktav ve Sunar, 1991).

Şekil 2.4, spektrumun optik bölgesini göstermektedir. 0,38 ile 3,0 μ m arasındaki bölgeye, ekseriya, spektrumun yansıtıcı bölgesi denir. Bu dalga boylarında algılanan enerji, öncelikle, güneşten kaynaklanan ve yer yüzündeki cisimlerden yansıyan ışıdır (Maktav ve Sunar, 1991).



Şekil 2.4 Optik Spektrum (Maktav ve Sunar, 1991).



Şekil 2.5 Atmosferik Pencere.

Elektromanyetik enerjinin geçirildiği dalga uzunluğu bölgelerine, atmosferik pencere denir ve algılayıcı bantlar, atmosferik pencerelere göre oluşturulurlar.(Şekil 2.5) (Musaoğlu, 1999).

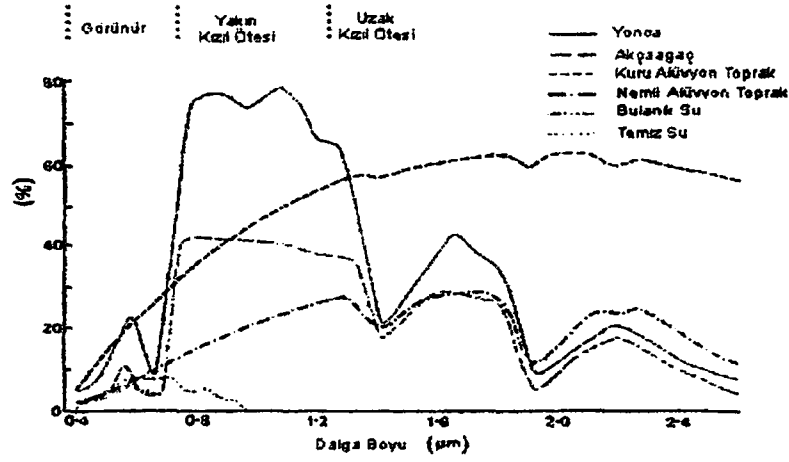
Spektrumun yansıtıcı bölgesi ayrıca, görünür dalga boylarına ve yansıtıcı kızıl ötesi dalga boylarına ayrılmıştır. Elektromanyetik spektrumda “görülebilir = visible” bölüm son derece küçük olup, insan gözünün spektral duyarlılığı, sadece 0,4 ila 0,7 mikrona kadar olan dalga boyları arasında uzanır. Yaklaşık olarak,

mavi renk 0,4-0,5 mikron, yeşil 0,5-0,6 mikron, kırmızı renk ise 0,6-0,7 mikronluk bir alanı kapsar. Morötesi (ultraviyole) enerji, görülebilen spektral bölgenin en kısa dalga boyu tarafındadır. Görülebilen bölgenin uzun dalga boyu (0,72 ile 3,0µm arası) tarafı ise yansıyan kızıl ötesi (IR=Infrared) dalgalarıdır. Bu dalgaların uzun dalga boylu tarafı termal kızılötesi enerjidir. 1mm'den 1m'ye kadar olan daha uzun dalga boylarında spektrumun mikrodalga bölümü gelir. En genel uzaktan algılama sistemleri, spektrumun bir bölümünde veya çeşitli görülebilen, yansıyan kızılötesi, termal kızılötesi veya mikrodalga bölümlerinde çalışır.

Yansıyan kızılötesi enerji, bazı literatürde kısa dalga boylu kızılötesi olarak da isimlendirilmekte ve kendi arasında yakın kızılötesi ve orta kızılötesi şeklinde iki bölgeye ayrılmaktadır (Şekil 2.3). Termal kızılötesi enerji bölgesine de, uzun dalga boylu kızılötesi ya da uzak kızıl ötesi bölge ismi verilmektedir. Kısa dalga boylu kızılötesi yansıyan enerjiyi, uzun dalga boylu kızılötesi ise yayılan enerjiyi nitelemektedir (Önder, 2002).

2.2 CİSİMLERİN SPEKTRAL YANSITMASI

Doğal veya yapay kaynaklardan bir cisme ulaşan enerji, yansıtılır, yutulur ve geçirilir. Cisme gelen toplam enerji, cisimden yansıtılan, cisim tarafından geçirilen ve yutulan enerjilerin toplamına eşittir. Cisme gelen ışınının dalga uzunluğuna ve cismin fiziksel özelliklerine bağlı olarak, geçirilme, yansıma ve yutulma gerçekleşir. Yeryüzündeki cisimler, spektral yansıtımlarındaki farklılıklardan ayırt edilebilirler (Şekil 2.6). Farklı cisimler elektromanyetik spektrumun farklı bölgelerinde farklı yansıtım gösterirler.



Şekil 2.6 Farklı cisimlerin spektral eğrileri (Örmeci, 1987).

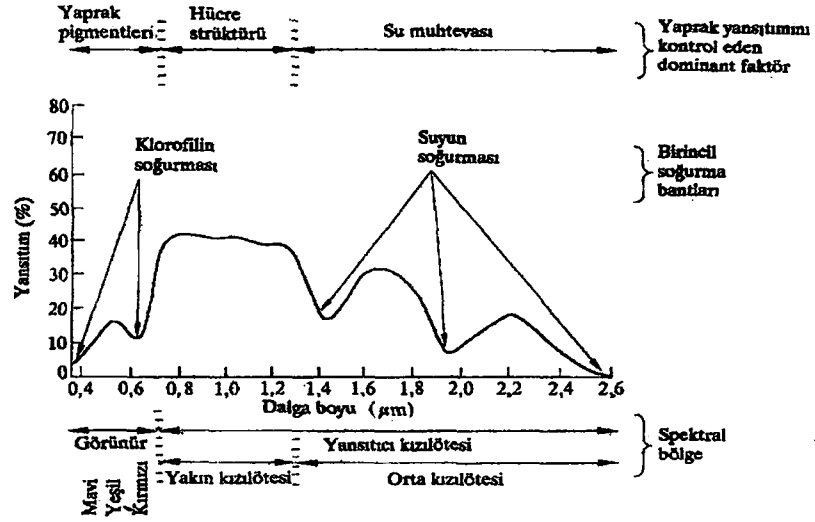
2.2.1 Bitki Örtüsünün Spektral Yansıtması

Bitki türlerinin spektral yansıtımına, klorofil, karotene, ksantofil (sarı pigmentler), kırmızı pigment gibi yaprak pigmentleri, hücre yapısı (kalınlık, genişlik) ve yaprağın su muhtevası etki etmektedir. Görünür bölgede yaprak pigmentleri ışınmayı yutarlar ve yansımayı azaltırlar. Klorofil, yeşil ışınmayı (0.50 - 0.60µm) geçirdiğinden, bu bölgede yaprak tarafından yansıtılan ışınmı, yeşil olarak algılanır ve yaprak yeşil görünür (Musaoğlu, 1999).

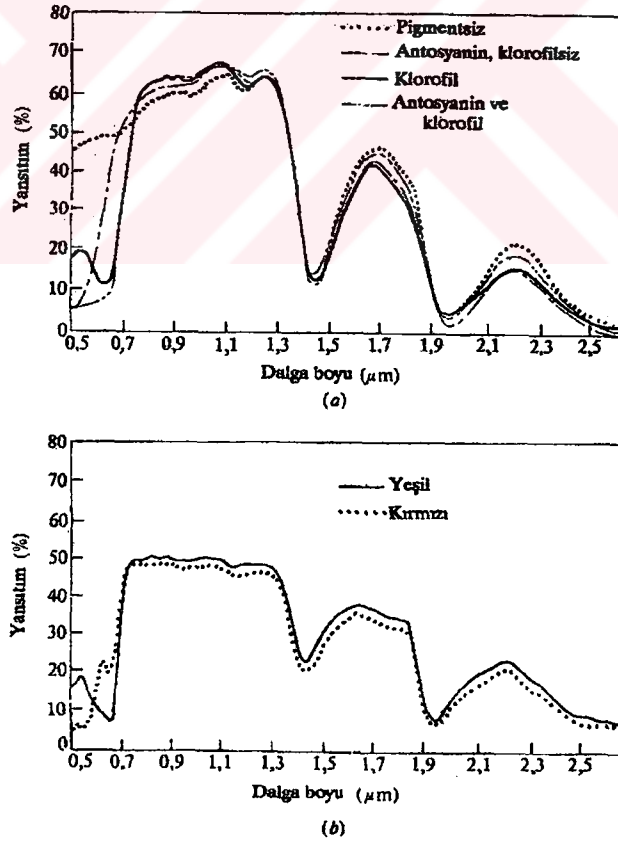
Yakın kızılötesi bölgede yansıtım dikkat çekecek biçimde artar, çünkü yeşil yaprak bu bölgede çok az enerji soğurur. Orta kızılötesi bölgede ise, su, belirli dalga boylarında enerjiyi kuvvetle soğurur ve yeşil yapraklar çok fazla nem içerdiğinden, bu su-soğurma bantları, bu bölgede spektral duyarlılıkta dominanttır (Şekil 2.7).

Bazı bitkilerde, sonbaharda yapraklardaki klorofil azalması, karatonelerin ve ksantofillerin (sarı pigmentler) artmasına neden olur ve yaprak sarı renkte görünür. Eğer bitkide klorofilin azalmasıyla kırmızı pigment pigmenti artarsa, yaprak açık kırmızı renkte görünür. Yakın kızılötesi bölgede (0.40-1.30µm), yaprak pigmentleri tamamen geçirimli olduklarından, sadece yapraktaki su muhtevası nedeniyle 0.98µm ve 1.20µm dalga boylarında çok az miktarda yutulma olur. Bu bölgede spektral yansıtım, yaprak yapısıyla yakından ilgili

olduğundan, yansıtmadaki farklılıklardan, bitkilerin sağlık durumu ayırt edilebilir (Şekil 2.8) (Maktav ve Sunar, 1991).



Şekil 2.7 Yeşil bitki örtüsünün önemli spektral duyarlık karakteristikleri (Maktav ve Sunar, 1991).



Şekil 2.8 Pigmentasyonun yaprağın yansıtımına etkisi. Kolyos yaprağı (Maktav ve Sunar, 1991).

2.2.2 Zeminlerin Spektral Yansıtması

Zeminlerin spektral yansıtma ve yutma söz konusudur. Zeminin üst tabakasının bileşimi, yansıtma özelliklerini etkiler. Zeminlerin yansıtma özellikleri, zeminin su muhtevasına, zemini oluşturan minerallerin cinsine, yapısına, dokusuna, yüzey pürüzlülüğüne ve zeminin organik madde bileşimine bağlıdır. Zeminlerde su muhtevası arttıkça, yansıtım azalır ve zeminler koyu renkte görünürler. Zeminlerde suyun bulunmaması durumunda, zeminin yapısı önem kazanır. Kaba dokulu zeminler, yüzey pürüzlülüğündeki artış nedeniyle koyu, ince dokulu zeminler ise, açık renkte görünürler. Aynı özellikleri taşıyan zeminlerde, organik madde miktarındaki artış, spektral yansıtımda azalmaya neden olur. Isıl kızılötesi bölgede, su muhtevası fazla olan bölgeler, buharlaşma nedeniyle soğuyacaklarından, koyu renk tonlarında görünürler (Musaoğlu, 1999).

2.2.3 Suyun Spektral Yansıtması

Suyun yansıtma özelliği, su yüzeyinin durumuna, suda bulunan askıdaki maddelere, suyun bulunduğu ortamın tabanına, sudaki organik madde ve klorofil miktarına bağlı olarak değişir. Suyun bulanıklığı, yansımanın artmasına neden olur. Klorofil miktarındaki artma ise, suyun mavi dalga boyunda yansıtımının azalmasına, yeşil dalga boyunda artmasına neden olur. Kızılötesi bölgede ise, gelen ışınımın büyük bir kısmı yutulduğundan su koyu renkte görünür ve diğer özelliklerden belirgin bir şekilde ayırt edilir (Musaoğlu, 1999).

2.3 YÜZEY CİSİMLERİNİN SPEKTRAL YANSITMASI

Yeryüzündeki cisimler, gelen ışınımı sadece yansıtma, bünyelerinde depo ettikleri enerjiyi geniş bir spektral bölgede öz ışınım olarak neşrederler. Her cisim, oluşum özelliklerine bağlı olarak aynı ışınım etkisinde farklı ısınır ve bu ısıyı ışınım katsayılarına bağlı olarak da farklı miktarlarda neşreder. Isıl görüntülerde cisimler, fotoğraflık resimlerden farklı renk tonu özellikleri taşırlar ve sıcak yüzeyler açık renk tonunda, soğuk yüzeyler koyu renk tonunda gözükürler (Musaoğlu, 1999).

BÖLÜM 3

UZAKTAN ALGILAMA VERİLERİ

1970 yılından beri gelişimini sürdüren uydu sistemleri ve algılayıcıların gelişimi ile yer yüzeyi hakkında değişik formlarda veri elde etme olanağı doğmuştur. Bu veriler yer yüzeyinde çeşitli kaynakların araştırılması, çevre kirliliğinin izlenmesi, doğal afetlerin tahribinin belirlenmesi, jeoloji, jeomorfoloji, hidroloji ve kentlerin düzenli büyümelerinin planlanması gibi birçok disiplinde kullanım olanağını bulmuştur. Uydu yüksekliklerinin sağladığı geniş görüş, uydu algılayıcılarının hareket hızı, kullanılan spektral bant aralıkları ve sayısı ve tekrarlanabilir veri elde edilebilmesi nedeniyle büyük miktarda veri üretilmektedir.

Yeryüzündeki cisimler hakkında daha fazla bilgi elde edilebilmesi için, elektromanyetik spektrumun farklı bölgelerinde çalışan algılayıcı sistemler geliştirilmiştir (Musaoğlu, 1999).

3.1 LANDSAT UYDU SİSTEMİ VE ÖZELLİKLERİ

Yeryüzündeki doğal kaynakları araştırmak amacıyla ilk sivil amaçlı uydu, NASA (National Aeronautical Space Administration) tarafından 1972 yılında uzaya fırlatılmıştır. İlk Landsat uydusunun 1972 yılında uzaya gönderilmesinden sonra 5 adet Landsat uydusu daha yörüngeye oturtulmuştur. İlk kuşak 3 uydudan oluşmakta ve bu uydular iki algılayıcı taşımaktaydılar: Return Beam Vidicon (RBV) kamera ve Multispectral Scanner (MSS). RBV kamera ile yaşanan teknik sorunlar ve MSS' in spektral ve radyometrik üstünlüğü nedeniyle RBV verisi nadiren kullanılmıştır.

İkinci kuşak Landsat uyduları, 1982' de Landsat 4 ile başlayarak , RBV yerine Thematic Mapper (TM) adında yeni bir cihazla donatılmışlardır. 1993 yılında,

Landsat 6 şanssız bir şekilde düştükten sonra Landsat 7, geliştirilmiş Thematic Mapper ve yüksek çözünürlüklü tarayıcı ile donatılarak 15 Nisan 1999'da fırlatılmıştır (www.nik.com.tr).

Çizelge 3.1 Landsat Sistemi Uyduları.

Uydu	Fırlatma Tarihi	İrtifa (km)	Çalışan Sensörler	Şu anki durumu
L1	23 Tem 1972	907	MSS	6 Ocak 1978'de görev sonu
L2	22 Ocak 1975	908	MSS	5 Şubat 1982'de görev sonu
L3	5 Mart 1978	915	MSS	31 Mart 1983'de görev sonu
L4	16 Tem 1982	705	MSS, TM	Haziran 1987'den itibaren manevra testleri için kullanılıyor.
L5	1 Mart 1984	705	MSS, TM	Görevine devam ediyor.
L6	4 Ekim 1993		MSS, TM	Fırlatma aşamasında kaybedildi.
L7	15 Nisan 1999	705	ETM+	Görevine devam ediyor.

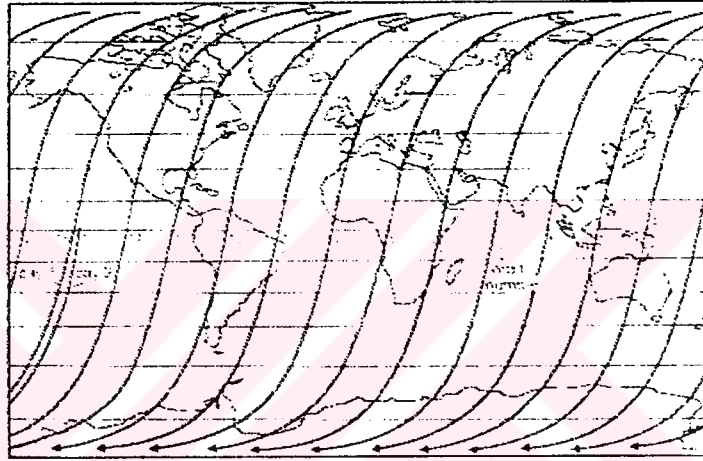
Landsats 1-3 tekrar geçiş sıklığı:	18 gün ekvatorda, 9 gün $\pm 60^\circ$ enlemde
Landsats 4-7 tekrar geçiş sıklığı:	16 gün ekvatorda, 8 gün $\pm 60^\circ$ enlemde

Çizelge 3.2 Landsat Uyduları üzerindeki Algılayıcılar.

Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+)								
Bandlar	1	2	3	4	5	6 (Thermal IR)	7	Pan
Dalgaboyu (μm)	0.45 - 0.52	0.52 - 0.60	0.63 - 0.69	0.76 - 0.90	1.55 - 1.75	10.42 - 12.50	2.08 - 2.35	0.45 - 0.90
Yersel çözünürlük (m)	30	30	30	30	30	60	30	15
Thematic Mapper (TM)								
Bandlar	1	2	3	4	5	6 (Thermal IR)	7	
Dalgaboyu (μm)	0.45 - 0.52	0.52 - 0.60	0.63 - 0.69	0.76 - 0.90	1.55 - 1.75	10.42 - 12.50	2.08 - 2.35	
Yersel çözünürlük (m)	30	30	30	30	30	120	30	
Multi-Spectral Scanner (MSS)								
Bandlar	1	2	3	4				
Dalgaboyu (μm)	0.5 - 0.6	0.6 - 0.7	0.7 - 0.8	0.8 - 1.1				
Yersel çözünürlük (m)	80	80	80	80				
Tüm algılayıcılar								
Çerçeve Alanı	183 km							

3.1.1 Yörünge Karakteristikleri

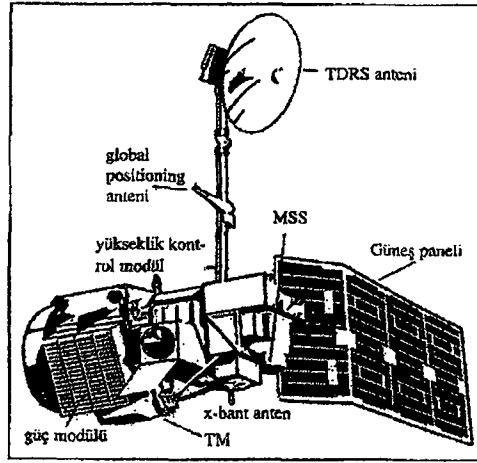
Landsat uydusu tekrarlı, dairesel, güneş senkron, kutuplara-yakın (near-polar) yörüngeye sahiptir (Şekil 3.1). Bu özellikleri sayesinde 81 °N ve 81°S arasında görüntüleme yapabilmektedir. Landsat 1 - 3 uyduları için tekrar-ziyaret sıklığı 18 gündü, bu değer Landsat 4 ve 5 için 16 gün olmaktadır. Ekvator'da yol ayrımı (ground track separation) 172 km'dir ki bunlar komşu görüntüleme şeritleri arasında %7.6 lık bindirme oluşur. Bu bindirme kutuplara doğru yaklaştıkça daha da artmaktadır. Öyle ki 60° boylamda %54 olmaktadır.



Şekil 3.1. Landsat uydu sisteminin yörünge izleri (Sesören, 1999).

3.1.2 Veri Devamlılığı

Landsat 4'ün görevine, 11 yıllık kullanımdan sonra Temmuz 1993'de son verilmiştir. Landsat 5 fırlatılmasından 12 yıl sonra dahi başarılı bir şekilde yüksek kalitede veri göndermeye devam etmektedir. Bütün sistemler ve alıcılar normal bir şekilde çalışmaktadır. Landsat 6'nın kaybedilmesiyle Mart 1999'da Landsat 7 fırlatılarak Landsat TM görüntülerinin 2000'li yıllarda da devamı sağlanmıştır (www.nik.com.tr).



Şekil 3.2 Landsat 5 uydusu (Sesören, 1999).

3.1.3 Coğrafi Kapsama Alanı

Landsat'ların 16 günlük yörünge tekrarları Dünya Referans Sistemi'nin (Worldwide Reference System) parçasıdır. WRS Dünya haritasının Landsat uydularının geçiş yollarına göre sıra ve sütunlara ayrılmış geçiş haritasıdır (www.nik.com.tr).

3.1.4 Radyometrik Karakteristikler

TM ve MSS verileri için veri dizisi 8 bit'ten oluşmaktadır. Yani sinyal 256 farklı değere eşleştirilmektedir (www.nik.com.tr).

3.1.5 Spektral Özellikler (Thematic Mapper)

1984 yılından beri kullanılan TM algılayıcısı, görünür, yakın kızılötesi ve orta kızıl ötesi bölgede 30 m çözünürlüklü 6 adet band ve 120 m çözünürlüğe sahip Termal Banda sahiptir. Bu band önceki verilerle uyumluluğu sağlamak amacıyla Band 6 olarak kullanılmaktadır.

Landsat 5'in taşıdığı Tematik Mapper algılayıcısının ölçüm yaptığı spektral bantlar ve bunların ana uygulama alanları aşağıda gösterilmiştir (Sesören, 1999):-

- **Bant - 1** (0.45 - 0.52 μm)
Su kütlelerinin penetrasyonu; kıyı harita yapımında yararlanma ve toprağın bitkilerden ayırt edilmesinde rol oynar.
- **Bant - 2** (0.52 - 0.62 μm)
Bitkilerin canlılığını saptamada; görülen spektrumda ki yeşil bölgede oluşan pik yansımanın ölçülmesinde kullanılır.
- **Bant - 3** (0.63 - 0.69 μm)
Klorofil soğurma bandı olup, bitkilerin ayırt edilmesinde önemli rol oynar.
- **Bant - 4** (0.76 - 0.90 μm)
Biyomas içerikliğinin saptanması ve su kütlelerinin ayırt edilmesinde yararlanır.
- **Bant - 5** (1.55 - 1.75 μm)
Bitki ve topraktaki nemi gösterir. Aynı zamanda karın buluttan ayırt edilmesinde yardımcı olur.
- **Bant - 6** (10.40 - 12.50 μm)
Termal infrared bant. Değişik yerlerde özellikle; toprağın nemi, su kirliliği, volkan araştırmalarında faydalanılır.
- **Bant - 7** (2.08 - 2.35 μm)
Kayaç cinslerinin ayırt edilmesinde ve hidrotermal haritalamada kullanılabilir.

BÖLÜM 4

DİJİTAL GÖRÜNTÜ İŞLEME YÖNTEMLERİ

Dijital görüntü işleme, raster verilerin bilgisayar ortamında çeşitli matematiksel algoritmalar kullanılarak düzeltilmesi, işlenmesi, yorumlanması ve amaca uygun hale getirilmesidir. Dijital görüntü işleme, uzaktan algılanmış verilerin tümünden incelenmesine ve veri analizinin otomatikleştirilmesine öncülük eder (Bilim ve Teknik, 2001).

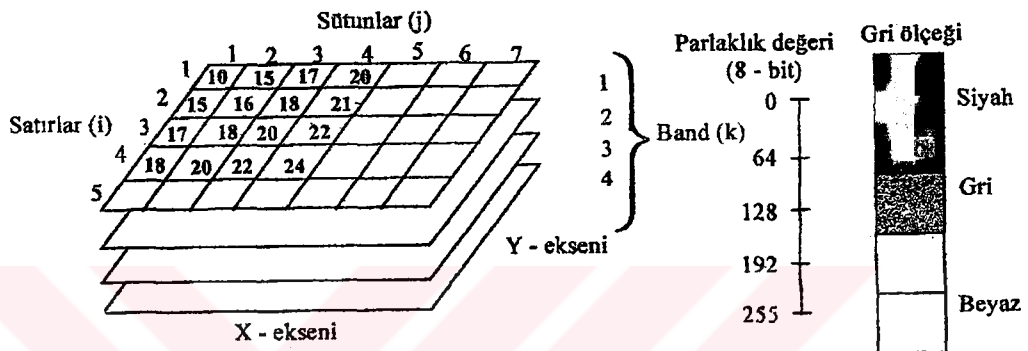
4.1 DİJİTAL GÖRÜNTÜ VE ÖZELLİKLERİ

Cisimlerden yansıyan ve neşredilen enerji algılayıcılardan geçtikten ve bir detektöre çarptıktan sonra bir elektrik sinyali üretirler. Bu elektrik sinyali, genellikle bir elektronik sistem yardımıyla kuvvetlendirilmiş ve bazı durumlarda da, verilen bilgi içeriğini arttırmak için özel bir elektronik sistem ile filtrelenmiş ve biçimlendirilmiştir. Son olarak veriler bir dijital bilgisayarda çok spektrumlu biçimde işlenir. Bu elektrik sinyallerine analog fonksiyonlar denir. Her dijital değer ikili formda yok “0” veya var “1” olarak kaydedildikten sonra dijital resim elde edilir. Dijital görüntü, değişik dalga boyundaki ışınım vektörlerinin sayısal ifadesidir. En küçük görüntü elemanına “piksel” denir. Bir dijital resmin gösteriminde pikseller tarama doğrusu sayısı (y doğrultusu) ve her bir doğrultudaki piksel sayısı (x doğrultusu) diye konumlandırılır (Göksel ve ark., 2001).

Matematiksel veya bilgisayar teknikleri açısından, dijital ya da dijitalleştirilmiş görüntü, iki boyutlu bir vektör dizisidir. Diğer bir deyişle, her elemanı vektör olan bir matristir. Görüntünün iki bağımsız değişkenini, geometrik boyutları x ve y oluşturur. Bunlara coğrafi boyutlar da denebilir. Piksel adı verilen bu matris

elemanlarının değerleri, her x, y noktasındaki fiziksel değişkenlerin değerlerini (parlaklık değerleri) gösterir. Ham bir görüntüde her matris elemanı, karşı düştüğü coğrafi noktanın veya alanın elektromanyetik spektrumdaki yansıma veya yayılım değerlerinden oluşan bir vektördür.

Dijital görüntü; bir k spektral bandındaki i satır, j sütün kesişim alanlarından oluşan piksel elemanlarının birleşimidir. Geometrik znrlk kavramı ile yakından ilişkili olan piksel, bir dijital görüntünün en küçük elemanıdır.



şekil 4.1 Dijital görüntünün tanımı (nder, 2002).

Yeryüzünde bir piksele karşı düşen alan ne kadar değişik görünüm ve değerlere sahip olursa olsun, pikselin bir spektral banttaki parlaklık değeri (Brightness Value=BV), 0 (siyah) ile 255 (beyaz) arasında değişen bir sayı ile ifade edilir.

Genel anlamıyla bir dijital görüntü $G(i,j)$ şöyle nitelendirilebilir:

$$i = 1, N \quad (4.1)$$

$$j = 1, M \quad (4.2)$$

N : Görüntü matrisinin N sayıda satır (Y eksenini) sayısı

M : Görüntü matrisinin M sayıda sütün (X eksenini) sayısı

$N \times M$ boyutlarındaki görüntü, $G(i,j)$ matrisiyle; bu görüntünün her piksel elemanı ise, matrisin bir elemanı ile temsil edilmektedir. Matris elemanları i ve j, görüntü

piksellerinin yerdeki konum koordinatlarını gösterir. Matrisin her elemanı $g(i,j)$ bir vektördür.

$$g(i,j) = \begin{bmatrix} g_1(i,j) \\ g_2(i,j) \\ g_3(i,j) \end{bmatrix} \quad (4.3)$$

Bu vektörün her elemanı sayısal bir değerdir ve i,j koordinatlarındaki belli bir spektral bantta ve belli bir zaman noktasında ölçülen parlaklık değerini verir. Vektörün diğer elemanları aynı pikselle ilgili öteki ölçümlerden oluşur.

Uzaktan algılamada bir görüntünün ana niteliği, onu betimleyen dalga boyu değeridir. Bazı görüntüler; dalga boylarının morötesi, görünen ve yakın ile orta kızılötesi bölgesinde, yansıyan güneş enerjisinin konumsal doğasına ait ölçümlerdir. Bazıları, termal kızılötesi dalga bandı bölgesinde, yeryüzünde kendisi tarafından yayılan enerjinin konumsal dağılımının ölçümleridir (Önder, 2002).

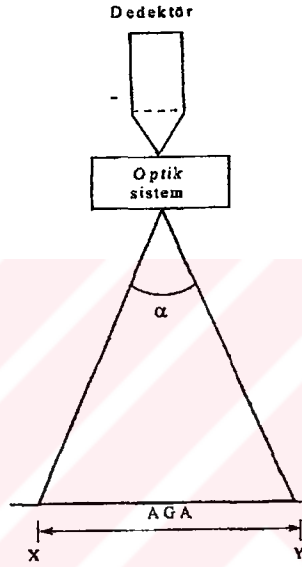
4.2 ÇÖZÜNÜRLÜK

Görünen ve kızılötesi bandlarda çalışan görüntüleyici uzaktan algılama sistemlerinin başlıca özellikleri; geometrik (konumsal), spektral, radyometrik ve zamansal çözünürlük terimleri ile açıklanır. Diğer önemli özellikler ise, tarayıcı sistemin (elektro-mekanik veya elektro-optik) çalışma yöntemi ve geometrik niteliği ile ilgilidir (Önder, 2002).

4.2.1 Geometrik (Konumsal) Çözünürlük

En basit şekli ile; “bir görüntüleme sistemi tarafından ayrı olarak kaydedilebilen iki nesne arasındaki en küçük uzaklık” olarak tanımlanan konumsal çözünürlüğü belirlemek kolay değildir. Kullanıcı amacına bağlı olarak değişik yöntemlerle ölçülebilen bu kavramın tanımlanmasında çeşitli ölçütler kullanılmaktadır. Bu

ölçütlerden biri, görüntüleme sisteminin geometrik niteliği olup, bunu esas alan ve en genel şekliyle uygulanan ölçüm, algılayıcının “Anlık Görüş Alanı (IFOV=Instantaneous Field of View)” dır. Kuramsal olarak Anlık Görüş Alanı (IFOV); zaman içerisinde herhangi bir anda, bilinen bir yükseklikten, algılayıcı ile gözlenen yeryüzüne karşılık gelen alan olarak tanımlanır. Şekil 4.2’den görüleceği gibi IFOV, ya α açısı ya da yeryüzündeki XY uzunluğu ölçülerek bulunabilir. Şekil, bir kesit gösterim olduğundan, gerçekte XY uzunluğu dairenin çapını göstermektedir.



Şekil 4.2 Anlık Görüş Alanının (AGA) açısıl (α) ve yeryüzü uzunluğu (XY) olarak gösterimi (Önder, 2002).

IFOV değeri birçok faktöre bağlı olarak değişebilmektedir. Bunların başında, uydu yörüngesinin tam olarak sabit bir durum gösterememesi, yörünge yüksekliğinin sık sık onlarca kilometre değişebilmesi gelmektedir. Örneğin, Landsat 1-3 için nominal yörünge yüksekliği 913 km olmakla birlikte bu değer, 880-940 km arasında değişmektedir. Bu nedenle Landsat MSS için genel olarak 79 m olarak belirlenen konumsal çözünürlük, aşağı (ekvatora yakın) enlemlerde daha küçük (76 m), yukarı (kutba yakın) enlemlerde ise daha büyük (81 m) değere ulaşmaktadır. Yine IFOV ölçümünde farklı yöntemler kullanıldığında, piksel değerinde farklılıklarla karşılaşılacaktır.

Yersel çözünürlük de denilen konumsal çözünürlük, IFOV ve piksel büyüklüğüne yakından bağlı olduğu kadar, radyometrik çözünürlük, yer ve atmosfer koşullarına da bağlılık gösterir (Önder, 2002).

4.2.2 Spektral Çözünürlük

Yeryüzündeki nesnelerin ve arazi türlerinin uzaktan algılama yoluyla tanımlanabilmelerinin en önemli nedeni spektral özelliklerinin değişiklik göstermesidir. Algılayıcıların tasarımı da bu değişiklikleri fark edecek ve istenilen ayrımları yapabilecek biçimde düşünülür. Her spektral bant (ya da kanal) elektromanyetik spektrumun belirli bir bölgesine duyarlıdır. Bu bölge, başlangıç ve bitiş dalga boyları ya da merkez frekansı ve bant genişliği biçiminde verilir.

Uzaktan algılama aletinin spektral çözünürlük, kullanılan kanalın bant genişliği ile belirlenir. Kuramsal olarak spektrum ne kadar küçük parçaya ayrılırsa, spektral çözünürlük o kadar artar. Ancak dar bantlı aletler, sistemin radyometrik çözünürlüğünü azaltan, düşük sinyal-gürültü oranı ile veri elde etme eğilimindedir. Bu durumda, dar bant genişliği (yüksek çözünürlük) ve düşük sinyal-gürültü oranı arasında uygun bir çözüm yolu arama zorunluluğu doğmaktadır.

Sinyal, algılayıcı tarafından elde edilen verinin bilgi içeriği iken, gürültü; sinyale katılan istenmeyen değişimlerdir. Gürültü, rastgele ya da sistematik yapıda olup, aletin iyi çalışmayan mekanik veya elektronik bileşenlerinden kaynaklanır. İşte bu sinyal ve gürültü düzeyi arasındaki orana, sinyal-gürültü (S/N) oranı adı verilmektedir.

En uygun spektral bant seçimi amaca göre değişmektedir. Örneğin, tarımsal ürünlerin büyümesi ve gelişmesi, görünen ve yansıyan kızılötesi bölgelerde dar bantlar kullanılarak daha iyi gözlemlenebilmektedir. Deniz durumunun izlenmesi, çok kanallı aktif ve pasif mikrodalga sistemler ile daha iyi sonuç vermektedir. Jeoloji

gibi bir disiplin içerisinde en iyi sonuç, özel spektral bantlar kullanılarak elde edilmektedir (Önder, 2002).

4.2.3 Radyometrik Çözünürlük

Parlaklık ya da yayın şiddeti olarak ölçülen değerlerin bilgisayar ortamında saklanabilmesi için belirli sayıda ayrık değerler biçiminde ifade edilmesi, yani sayısallaştırılması gerekir. Radyometrik çözünürlük ya da radyometrik çözünürlük; algılayıcı tarafından toplanan verilerin, seçilebilen ayrık parlaklık değeri sayısı ve düzeyinin belirlenmesini tanımlar. Diğer bir deyişle, sinyalin bölünebildiği ayrık düzey sayısının saptanmasıdır.

Radyometrik çözünürlük, bilgisayar ortamında ve ikili sayı sistemi veya bit cinsinden tanımlanmaktadır. Genellikle 8 bitten oluşan ve bir bayt adı verilen radyometrik çözünürlük gösterimi, 0 ile 255 arasında değişen $2^8=256$ farklı parlaklık düzeyinin sayısal ortamda yer almasını sağlamaktadır (Önder, 2002).

4.2.4 Zamansal (Temporal) Çözünürlük

Yeryüzündeki bir çok doğal nesnede, uzun süre içerisinde değişim söz konusu değildir. Ancak değişmez de denilse, yeryüzündeki nesnelere ait fiziksel ve kültürel özellikler, bu özelliklerin gözlenebileceği en uygun zaman aralıkları içerisinde bir takım değişimlere konu olacaktır. Burada hem görüntülerin alınma zamanı, hem de iki görüntü arasındaki zaman farkı önemli olabilmektedir. Bu uygun zaman aralığı, yıl, mevsim, birkaç gün veya hafta olabilmektedir. Bazı uygulamalarda, uzaktan algılama verilerinin zaman aralığı daha önemli bir unsur olmaktadır. Örneğin, tarım ürünlerinin büyüme ve gelişiminin izlenmesinde, önceden belirlenmiş kısa zaman aralıklarında görüntü elde etme büyük önem taşımaktadır. Ancak bir yerleşim yerinin gelişmesine yönelik görüntü isteminde bu süre, bir yıl veya daha fazla zaman aralığı için daha uygundur. Ürün rekolte tahmini, yerleşim yerlerindeki gelişme, hidrolojik değişim, deprem, deniz

taşımacılığı, ekili alan izlenmesi gibi önemli dinamik olayların algılanmasında, zaman faktörü çoğu kez çok önemli bir rol oynamaktadır.

Uzaktan algılamanın önemli işlevlerinden biri de zaman içerisindeki değişimleri izlemek olduğundan, algılayıcı sistemin çözünürlük karakteristiklerinin belirlenmesinde zamansal çözünürlüğün önemli bir yeri bulunmaktadır. Uzaktan algılama işlemlerinin ekonomikliğinin ön planda tutulduğu çalışmalarda, diğer üç çözünürlüğün yanı sıra zaman boyutu daha büyük bir önem taşıyabilmektedir. Böyle bir uygulama için algılayıcı sisteme ait zamansal çözünürlüğün kullanımı, veri toplama ve işlemenin maliyetini azaltıcı yönde bir etki gösterebilmektedir (Önder, 2002).

4.3 DİJİTAL UYDU GÖRÜNTÜLERİ İÇİN VERİ FORMATLARI

Dijital görüntü verileri uzun yıllar boyunca bilgisayar uyumlu teypler (CCT) üzerinde kullanıcılara ulaşırken, son yıllarda buna DAT-tape (4 veya 8 mm) ve CD (Compact Disc) gibi ortamlar da eklenmiş bulunmaktadır. Hangi ortamda sunulursa sunulsun, dijital veri yükleme (depolama) formatları dört gruba ayrılır. Bunlar; bant sıralı (BSQ), satır sıralı (BIL), piksel sıralı (BIP) ve özel kodlama (RLE) formatlarıdır. Burada önemli olan diğer bir konu da; yükleme formatı dışında, her görüntü verisine ait görüntüleme zamanı, algılayıcı yüksekliği, durum (attitude), güneş açısı, kalibrasyon değerleri vb. yardımcı verileri içeren başlık (header) bilgilerinin, sayısal kayıtların genellikle önünde yer almasıdır. Bu bilgiler, verilerdeki geometrik ve/veya radyometrik hataların giderilmesi istendiğinde önem kazanmaktadır (Önder, 2002).

4.3.1 Bant Sıralı (BSQ=Band Sequential) Format

Bu format içerisinde her bant, tüm görüntüyü kapsayacak biçimde ayrı kütüklerde ve sırasıyla yer alır. Yani önce birinci bandın birinci satırı, sonra birinci bandın ikinci satırı,....., birinci bandın sonuncu satırı, ikinci bandın birinci satırı,....., ikinci bandın sonuncu satırı, üçüncü bandın birinci satırı,....., üçüncü bandın

sonuncu satırı,....., şeklinde bir kütük sıralaması vardır. Bu durumda örneğin, dört bantlık bir görüntünün merkezindeki bir alan istendiğinde, istenen bilgiyi çıkartmak için dört ayrı kütükte bu yeri okumak gerekecektir. Bazı bantların araştırma konusu dışında bırakıldığı durumlarda, bu bantlara ait bilginin sırayla okunmasını gerektirmemesi nedeniyle, araştırmacılar tarafından tercih edilen bir format şeklidir (Önder, 2002).

4.3.2 Satır Sıralı (BIL=Band Interleaved by Line) Format

Bu formatta, bantlara ait veriler aynı manyetik ortama satır satır kayıt edilir. Yani önce birinci bandın birinci satırı, sonra ikinci bandın birinci satırı,....., son bandın birinci satırı, birinci bandın ikinci satırı, ikinci bandın ikinci satırı,....., son bandın ikinci satırı,....., şeklinde kayıt edilir. Tüm bantların analiz işleminde kullanıldığı durumlarda oldukça yararlı bir formattır. Bazı bantlarla ilgilenilmemesi durumunda, istenmeyen verilerin de sırasıyla okunma zorunluluğu nedeniyle, formatın etkinliği azalmaktadır (Önder, 2002).

4.3.3 Piksel Sıralı (BIP=Band Interleaved by Pixel) Format

Bu format yapısında, matristeki her eleman, bant sayısı kadar piksel değerine sahiptir. Örneğin; piksel (1,1) bant 1, piksel (1,1) bant 2, piksel (1,1) bant 3, piksel (1,1) bant 4, vb. yani birinci piksel (birinci banttan sonuncu banda), ikinci piksel,....., birinci satırın son pikseli, ikinci satırın ilk pikseli,....., şeklinde bir sıralama içerisinde pikseller yerleştirilmiştir. Tüm bantların kullanıldığı durumlarda uygulamaya yatkın bir format şeklidir (Önder, 2002).

4.3.4 Özel Kodlama (RLE=Run-Length Encoding) Formatı

Gerçekte bant sıralı formatın özel bir şekli olup, verilen bir tarama satırı boyunca, aynı parlaklık değerine sahip piksel sayısını özel bir kodlama sistemi ile kayıt etme esası üzerine kurulmuştur. Örneğin; bir tarama satırı üzerinde, parlaklık

değeri 10 olan 60 piksellik suyla kaplı bir alan tanımlanıyorsa, her biri 10 parlaklık değerine sahip birbirini izleyen 60 piksel anlamındaki bu alan, 060010 şeklindeki bir tam sayı (2I3) formatında bilgisayara yüklenebilir. Böyle bir yükleme ile, 60 adet 10 değerinden çok daha az bir yerin, disk veya bellek üzerinde yer alması sağlanmış olmaktadır. Ancak, verilerin son derece benzemez (heterojen) parlaklık değerleri içerdiği durumlarda bu format anlamını yitirmektedir (Önder, 2002).

4.4 GÖRÜNTÜLERDEKİ HATA KAYNAKLARI VE DÜZELTİLMESİ

Mükemmel olarak tanımlanabilecek bir algılayıcı sistem henüz geliştirilememiştir. Diğer taraftan, arazi yapısının şaşırtıcı düzeydeki karmaşıklığı nedeniyle konumsal, spektral, zamansal ve radyometrik çözünürlük gibi sınırlamalara sahip basit algılayıcı sistemlerle, iyi bir kayıt olanağı sağlanamamaktadır. Sonuç olarak; veri toplama işleminde bazı hatalar ortaya çıkmakta ve toplanan algılayıcı verilerinin kalitesi düşebilmektedir. Bu hatalar, insan veya bilgisayar destekli görüntü analizinin doğruluğu üzerine etki yapmaktadır. Bu nedenle, bu hataların bir kısmının analiz öncesi ortadan kaldırılabilmesi için, algılayıcı verilerinin genellikle bir ön işlemden geçirilmesi gerekmektedir.

Görüntü verilerini düzeltmek için öncelikle iç ve dış hatalar belirlenmelidir. İç hatalar, algılayıcıdan kaynaklanan hatalardır. Genellikle sistematik ve durağan karakterdedirler ve uçuş veya fırlatma öncesi ya da uçuş anındaki kalibrasyon ölçmeleri ile belirlenebilir. Dış hatalar ise, platform pertürbasyonları ve değişken yapılı görüntü karakteristiklerinin düzenlenmesinden dolayı ortaya çıkar. Bu gibi sistematik olmayan hatalar, yeryüzü üzerindeki yer kontrol noktaları ile algılayıcı sistem ölçümleri ilişkilendirilerek belirlenebilir. Radyometrik ve geometrik hatalar, algılayıcı görüntülerinde karşılaşılan en genel hata türleridir (Önder, 2002).

4.4.1 Radyometrik Hatalar ve Düzeltilmesi

Çok spektrumlu tarayıcı sistemlerin (MSS) kullanıcılara güvenilir algılayıcı verileri sağlayabilmesi için kalibre edilmeleri ve bu verilere düzeltme getirilmesi gerekir. Buradaki en önemli nokta; her bir dedektör çıktısı ve girdi görüntü ışınması arasındaki ilişkinin belirlenmesi ve her dedektör için verilerin düzeltilmesidir.

Görüntüdeki piksellerin parlaklık değeri ölçümlerini etkileyen mekanizmalar başlıca iki çeşit radyometrik bozulmaya neden olmaktadır. Birincisi; herhangi bir banttaki görüntü üzerinde parlaklığın göreceli dağılımının, yeryüzündeki karşılığından farklı olabilmesidir. İkincisi; tek bir pikselin göreceli parlaklığı yeryüzünde karşılık geldiği spektral yansıma karakteri ile kıyaslandığında, banttan banda çarpıklık (distorsiyon) gösterebilmesidir. Her iki çeşit bozulmaya; aletsel etkiler ve kaynağından algılayıcıya kadar kat edilen yolda ışınımın geçtiği atmosferin varlığı neden olabilmektedir.

Radyometrik düzeltmeler; tarayıcı veya görüntünün geometrisine bağlı olmaksızın, verilerdeki sistematik hataları ortadan kaldırmak amacı ile veriler üzerinde yapılan dönüşüm işlemleridir. Sistematik hatalar, sabit karakterli ve modellenebilen türdeki hatalardır (Önder, 2002).

4.4.2 Geometrik Hatalar ve Düzeltilmesi

4.4.2.1 Geometrik Hata Kaynakları

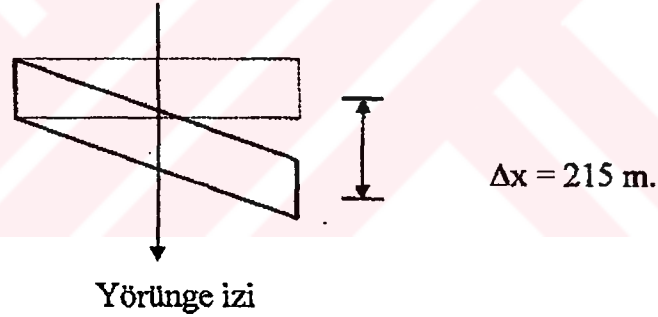
Algılayıcı verileri genellikle sistematik ve sistematik olmayan geometrik hataların her ikisini de içerir. Söz konusu hatalar; algılayıcının kendi iç geometrisinden kaynaklanan hata bilgileri ve platform efemeris verilerinin kullanılmasıyla düzeltilebilen hatalar ile, yeterli sayıda yer kontrol noktası (GCP=Ground Control Point) olmaksızın kabul edilebilir duyarlılıkta düzeltilemeyen hatalar şeklinde de ikiye ayrılabilir. Bu durumda; platform efemeris verilerine dayalı birinci tür

hataların düzeltilmesinde uydu yörünge geometrisi esas alınırken, ikinci tür hataların düzeltilmesinde ise yer kontrol noktaları kullanılır (Önder, 2002).

Sistemik Hatalar

Tarama Eğikliği (Scan-skew)

Landsat uydusu üzerinde yer alan MSS gibi; çapraz tarama (across track) tekniği ile algılama yapan sistemlerde ortaya çıkan bir hata türüdür. Her salınımı 33 milisaniye süren MSS tarayıcı aynasının, bu salınımı sırasındaki uydu ileri hareketinden kaynaklanır. Bu durumda, yeryüzünde taranan alan, yörünge izine tam dik değil, bir miktar eğik olur ve sonuçta çapraz-tarama (across-scan) geometrik bozulması oluşur. Uydunun 6.47 km/s eşdeğerdeki yer hızında, nadir noktasında 215 m' lik bir ötelemeye neden olan hatanın grafik gösterimi Şekil 4.3'te yer almaktadır (Önder, 2002).

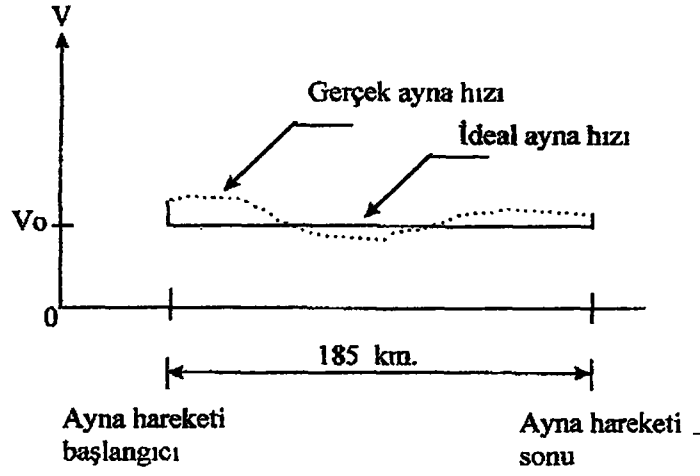


Şekil 4.3 Tarama eğikliği hatası (Önder, 2002).

Tarama Hızındaki Değişimler (Mirror scan velocity)

Landsat MSS, NOAA AVHRR sistemlerde yer alan tarayıcı aynanın salınım hızındaki değişimlerden doğan hatalardır. Aynanın hızı, tarama başlangıcında hızlanarak, sonunda ise yavaşlayarak gerçekleştiğinden, sabit karakterli değildir. Hatanın oluşumu ölçekten bağımsız Şekil 4.4'de görülmektedir. Piksel

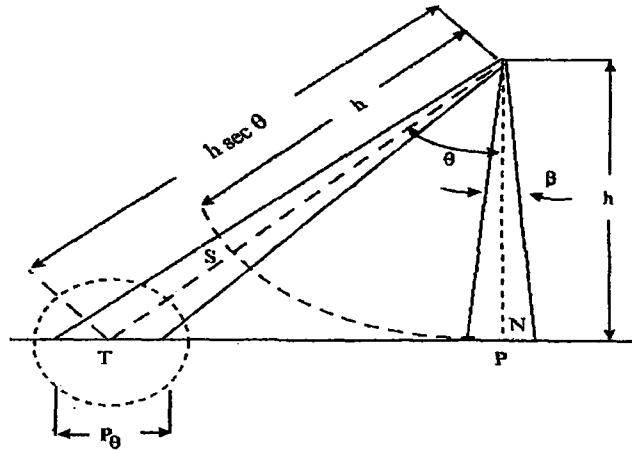
konumunda en fazla 395 m' lik bir ötelemeye neden olan hata, boyuna-tarama (along-track) geometrik bozulmasını ortaya çıkartır (Önder, 2002).



Şekil 4.4 Landsat MSS için sabit ve değişebilen ayna hızı kıyaslamaları (Önder, 2002).

Panoramik Bozulma (Panoramic distortion)

Uydu platformlarında yer alan tarayıcıların açısız “Anlık Görüş Alanı (IFOV)” değeri sabittir. Sonuçta; yeryüzündeki etkili piksel alanı, taramanın uç noktalarında nadir noktasına (taranan satırın merkez pikseli) kıyasla daha büyük olur (Şekil 4.5).

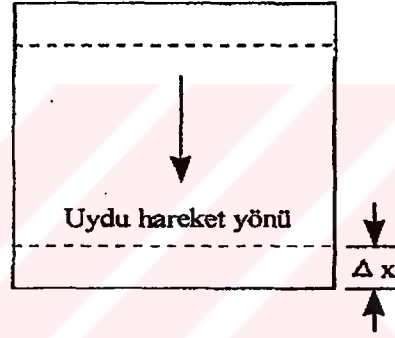


Şekil 4.5 Tarama açısının, sabit açısız anlık görüş alanında, piksel büyüklüğü üzerine etkisi (Önder, 2002).

Burada β , anlık görüş alanı açısını; p , nadir noktasındaki piksel büyüklüğünü; θ ise, tarama açısı değerini göstermektedir. Küçük θ tarama açısı değerleri için bu etki göz ardı edilebilmektedir (Önder, 2002).

Platform Hızı

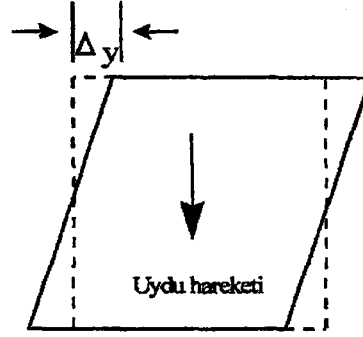
Uydunun yere göre hız değişikliği, sabit sayıdaki ardışık ayna salınımları ile gerçekleştirilen tarama satırlarının sıklığını değiştireceğinden, boyuna tarama yönünde ölçek bozulmasına neden olur. Uydulardaki hız değişikliği, merkezkaç kuvvetinden ve yerin tam küresel olmayan yapısından kaynaklanmakta olup, etkisi göz ardı edilebilecek düzeydedir (Önder, 2002).



Şekil 4.6 Algılayıcı platformundaki hız değişikliğinin görüntü üzerine etkisi (Önder, 2002).

Yer Dönmesi (Earth rotation)

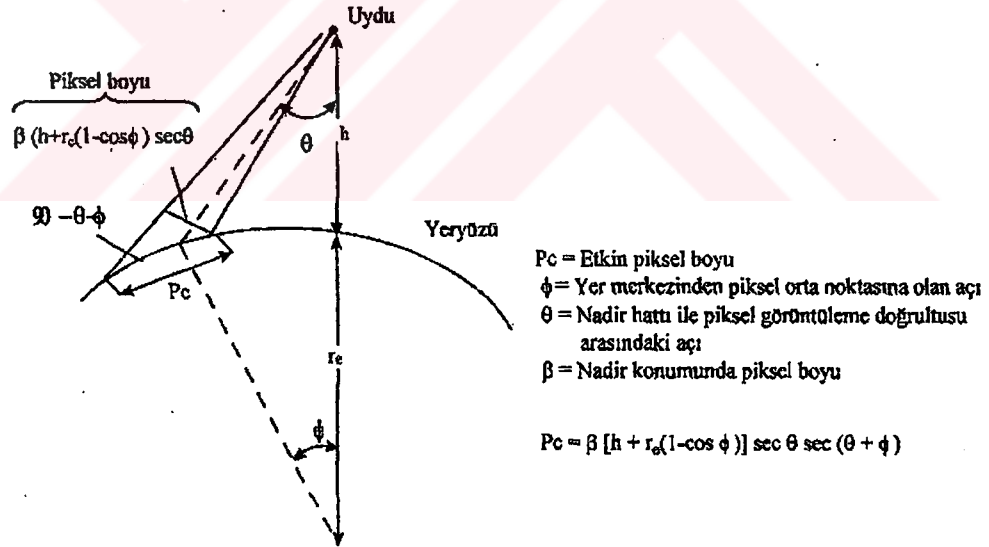
Gerek çapraz tarama tekniği ile çalışan Landsat MSS ve TM, gerekse boyuna tarama (push broom) tekniğini kullanan SPOT HRV türü satır tarayıcılarla bir tam görüntü elde etme işlemi sırasında, yeryüzü de batıdan doğuya doğru kendi eksenini etrafındaki dönüşüne devam ederken bir ötelemeye neden olmaktadır. Bir tam görüntünün yaklaşık %6'lık bir bölümünü kapsayan ve boyuna tarama bozulmasına neden olan bu öteleme için enleme ve eğim açısına bağlı düzeltmeler getirilerek hesaplama yapılabilir (Önder, 2002).



Şekil 4.7 Enlemin bir fonksiyonu olarak yer dönmesinin görüntü üzerine etkisi (Önder, 2002).

Yer Küreselliği (Earth curvature)

Landsat ve SPOT gibi uydularda yer alan algılayıcı sistemler dar görüş açısına sahip olmalarından dolayı yer küreselliğinden etkilenmemektedirler. Yer küreselliğinden dolayı özellikle nadir dışı alanların gözlemlendiği durumlarda, söz konusu etki daha büyük anlam taşımaktadır.



Şekil 4.8 Çapraz tarama yönündeki bir pikselin büyüklüğü üzerine yerküreselliğin etkisi (Önder, 2002).

Yukarıda belirtilen sistematik hataların çoğu, özellikle Landsat görüntüleri için uydu görüntü işleme merkezince giderilmekte, kullanıcıya genelde sadece

sistematiik olmayan hataları içeren görüntüler iletilmektedir. Söz konusu sistematiik hataların giderilmesinde de, her biri için ayrı ayrı düzeltme işlemi uygulanması yerine, tüm düzeltme matrislerinin basit çarpımlarıyla oluşturulan tek bir sonuç dönüşüm matrisi (C) kullanılmaktadır. Bu matrisin kullanılmasıyla, görüntü verilerinin içerdiği bütün hatalar aşağıdaki şekilde giderilmektedir (nder, 2002).

$$x' = C.x \quad (4.4)$$

Burada;

C= Sonuç düzeltme matrisi,

x'= Düzeltilmiş veri,

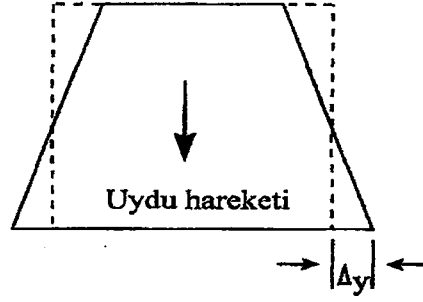
x= Ham veri.

Sistematiik Olmayan (Rastgele) Hatalar

Uydu platformunun yükseklik ve durum değişimlerinden kaynaklanması nedeni ile sabit nitelik taşımayan ve sonuçta önceden kestirilemeyen hatalardır.

Yükseklik Değişimleri

Algılayıcı platformunun yüksekliğinde olabilecek değişimler, görüntü lğinin değişmesine neden olur. Yörüngenin, sadece ± 0.9 km'lik ve göz ardı edilebilen bir dışmerkezlik ile belirlenmiş olan, yüksek doğrulukta dairesele yakın bir geometriye sahip olduğu varsayılmaktadır. Bu yörünge, 1/295 oranında basıklığa sahip yer elipsoidini evrelediğinden, yükseklikteki periyodik değişim, şekil 4.9' de görüldüğü gibi tarama satırlarının her birinde lği etkileyecektir (nder, 2002).

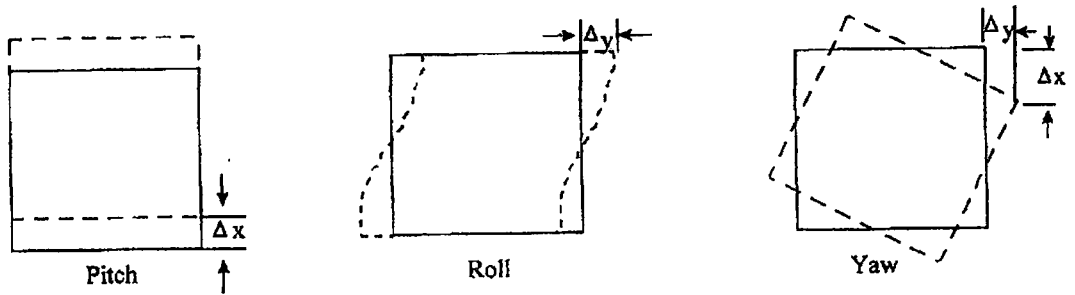


Şekil 4.9 Yükseklik değişimi sonucu görüntüde ortaya çıkan ölçek farklılığı (Önder, 2002).

Açısal (Attitude) Değişimler

Normal olarak, algılayıcının bakış eksenini yere, tarama eksenini ise gidiş yönüne diktir. Platformun hareketlerinden dolayı algılayıcının bakış ve hareket eksenleri bu nominal durumun dışına çıkınca, geometrik bozukluklar doğar. Bu bozuklukların düzeltilmesi için platformun açısal durumunun sürekli kaydedilmesi gerekir.

Uydu platformu, yörüngesi üzerinde ilerlerken, üç eksen etrafında yaptığı küçük açısal hareketler, o esnada elde edilen görüntü üzerinde söz konusu bozulmaların oluşmasına neden olur. Bu bozulmalar, Şekil 4.10'de görüleceği gibi görüntü dönüklüğü, boyuna ve çapraz tarama ötelemeleri şeklinde ortaya çıkar. Uyduda yer alan Durum Kontrol Alt Sistemi (Attitude Control Subsystem) vasıtasıyla, söz konusu açısal değişimleri içeren konum bilgileri (efemeris verileri), belirli bir sıklıkta yer alım istasyonuna iletilir. Daha sonra bu verileri esas alan yazılımlar kullanılarak, yer kontrol noktalarının da yardımıyla gerekli düzeltmeler gerçekleştirilir (Önder, 2002).



Şekil 4.10 Durum değişimlerinin görüntü üzerine etkisi (Önder, 2002).

4.4.2.2. Geometrik Düzeltme Esasları

Orijinal uydu dijital görüntüleri, çoğunlukla geometrik distorsiyonları içermektedir. Geometrik olarak düzeltme getirilmemiş uzaktan algılama verilerinin üzerinde yer yüzü koordinatları bulunmadığından harita amaçlı kullanılmazlar. Algılama işlemi esnasında Landsat TM görüntü verilerinde bir miktar sistematik ve sistematik olmayan geometrik distorsiyonlar oluşur. Geometrik düzeltmenin amacı, görüntü üzerinde oluşan distorsiyonların giderilip düzeltilmesiyle, dijital görüntünün belirli bir harita projeksiyon sistemine entegre olmasını ve harita olarak kullanılabilmesini sağlamaktır. Başka bir deyişle, geometrik düzeltme ile amaçlanan, algılayıcı sistem tarafından algılanan görüntü elemanlarının, ülke koordinat sistemi içerisinde düzenlenmiş görüntü elemanlarına dönüştürülmesi işleminin gerçekleştirilmesidir. Bu şekilde görüntü elemanları yeryüzü üzerinde konumlandırılmış olmaktadır. Bu nedenle yer yüzeyinde konuma dayalı üretilen bilgilerle veri entegrasyonunun sağlanması için yer yüzünü tanımlayan bir projeksiyon sisteminde bu verilerin koordinatlandırılması gereklidir (Önder, 2002).

Geometrik Düzeltmenin Önemi

Geometrik düzeltme, girdi görüntüsünü farklı geometri ve olabildiğince farklı çözünürlüğe sahip çıktı görüntüsü haline dönüştürme işlemidir. Bu dönüşümler aşağıdaki durumlarda önem kazanır:

- Görüntüyü bir harita veya başka bilgi tabanları ile ilişkilendirmede,
- Bir görüntüyü, çok spektrumlu (multi-spectral), çok konumlu (multi-spatial), değişik zamanlı (multi-temporal) veya değişik algılayıcı (multi-sensor) ile elde edilmiş başka görüntülerle ilişkilendirmede,
- Yeryüzüne ait çok geniş alanları kapsayan birden fazla görüntüyü mozaikleme tekniği ile birleştirmede.

Yer Kontrol Noktaları (GCP) ve Seçimi

Yer kontrol noktaları, piksel değeri cinsinden ölçülen görüntü koordinatları (satır, sütun) ve derece veya metre cinsinden ölçülen harita koordinatları belirlenebilen yeryüzüne ait noktalardır. Algılayıcı sistemin durum ve yükseklik değişimlerinden kaynaklanan rastgele karakterdeki geometrik hataların düzeltilmesi, ancak yer kontrol noktalarının kullanılması ile sağlanabilmektedir. Kontrol noktalarının görüntü koordinatları ile yer koordinatları arasında, polinom denklemleri yardımıyla bağıntı kurularak düzeltme işlemi gerçekleştirilir.

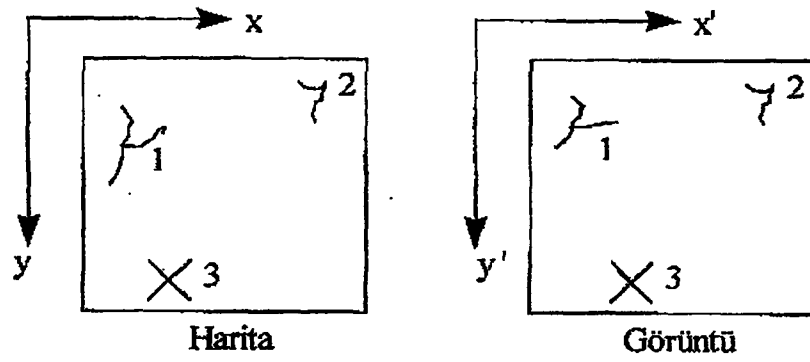
Doğru bir geometrik düzeltmenin gerçekleştirilebilmesi, gerek görüntü gerekse bu işlem için yeterli ölçekteki haritadan seçilecek noktaların iyi tanımlanabilmelerine, yeterli sayıda olmalarına ve görüntü üzerinde uygun bir dağılım göstermelerine bağlıdır. Söz konusu noktalar keskin detay niteliğindeki yol kesişim noktaları, bina köşeleri, küçük su kütlesi veya kara parçaları gibi yapay ve doğal yeryüzü detaylarından seçilir (Önder, 2002).

Geometrik Düzeltmede Harita Polinomlarının Kullanılması

Yer kontrol noktası olarak seçilen noktaların yer aldığı harita koordinat sistemi ile bu noktaların karşılık geldiği görüntünün koordinat sistemi olmak üzere iki kartezyen koordinat sistemi bulunmaktadır (Şekil 4.11). Haritadaki noktaların yerleri x, y ; görüntüde bunlara karşılık gelen piksellerin yeri ise x', y' ile tanımlandığında, bu coğrafi ve görüntü koordinatlarının;

$$x' = f_1(x, y) \quad y' = f_2(x, y) \quad (4.5)$$

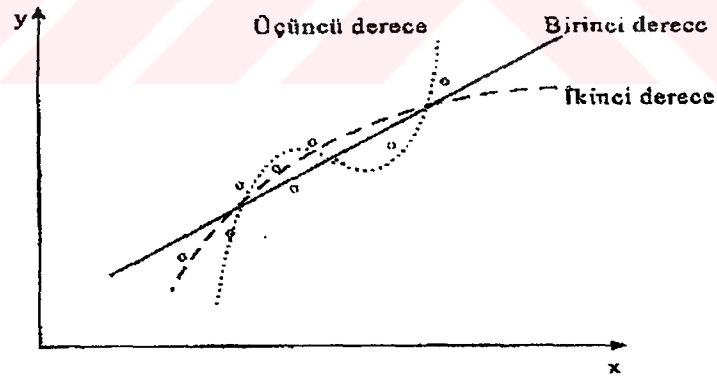
fonksiyonlarıyla ilişkilendirilmesi sonucu, yazılan dönüşüm eşitliklerinin katsayıları en küçük kareler yöntemi ile belirlenir.



Şekil 4.11 Yer kontrol noktalarının belirlendiği harita ve görüntü koordinat sistemleri (Önder, 2002).

Söz konusu dönüşüm eşitliklerinin oluşturulmasında, seçilen yer kontrol noktalarının sayısı kadar, bu noktaların kenarlar da dahil olmak üzere görüntünün bütününe dağılmış olması ve eşitlikte kullanılacak polinomun derecesi de önemli olup, tüm bunlar sonuç doğruluğu etkileyen başlıca unsurlar arasında yer almaktadır.

Şekil 4.12’de, grafik olarak gösterilen bir nokta setinden birinci, ikinci ve üçüncü derece polinomları temsil eden eğrilerin geçişi görülmektedir.



Şekil 4.12 Ekstrapolasyon, yüksek dereceli matematiksel fonksiyonların eğri uyum potansiyeli (Önder, 2000).

Polinom derecesi yükseldikçe, eğrilerin noktalara daha yakın geçtiği açıkça gözlenmektedir. Ancak görüntü verilerinin geometrik düzeltilmesinde dikkat edilmesi gereken en önemli nokta; kontrol noktalarının birbirine yakın olduğu durumlarda, yüksek dereceli polinomların oldukça doğru sonuçlar vermekle

birlikte, kontrol noktası dışında kalan görüntü bölgelerinde, anlamlı bozulmaların ortaya çıkmasına neden olmalarıdır. (Önder, 2002).

Geometrik Düzeltme Yöntemleri

Uzaktan algılama ile elde edilen görüntüleri kullanabilmek için harita gibi diğer yer kodlu verileri, görüntü ve görüntü içindeki piksellerle coğrafi olarak ilişkilendirmede üç farklı yöntem kullanılmaktadır (Önder, 2002).

- Görüntü gridleme (Image gridding)
- Görüntü düzenleme (Image registration)
- Görüntü haritalama (Image mapping)-görüntü yataylama (Image rectification)

4.4.3. Görüntü Yataylama

Uzaktan algılanmış bir görüntüyü, bir harita koordinat sistemine geometrik olarak yataylamada iki temel işlem vardır.

Birincisi, girdi piksel yeri (sıra ve sütun) ve aynı noktanın harita koordinatı (x,y) arasındaki geometrik ilişkinin tanımlanmasıdır. Bu işlem; orijinal girdi görüntüsündeki her pikseli (x',y'), yataylanmış çıktı görüntüsündeki (x,y) uygun konumuna getirmek ya da yeniden yerleştirmek için uygulanması gereken geometrik koordinat dönüşümünün esasını oluşturur. Buna konumsal enterpolasyon (spatial interpolation) adı da verilmektedir.

İkincisi ise, yeni piksel parlaklık değerlerinin belirlenmesidir. Ancak; girdi piksel değerlerinin çıktı piksel yerlerine ötelenmesinde, doğrudan bire bir ilişki bulunmamaktadır. Yataylanmış çıktı görüntüsündeki pikselin girdi pikselinin sıra ve sütun koordinatı üzerine düzgün bir biçimde düşmediği sık sık görülür. Böyle durumda, yataylanmış yeni piksele ait parlaklık değerinin ($BV=$ Brightness Value)

belirlenmesi gerekmektedir. Bu işlem, “yoğunluk enterpolasyonu (Intensity Interpolation)” ya da “yeniden örnekleme (Resampling)” adı ile anılmaktadır.

4.4.3.1 Koordinat Dönüşümleri Kullanılarak Konumsal Enterpolasyon

Sistematik olmayan hatalar genellikle rastgele karakterde olup orijinal görüntüde ve referans harita üzerinde yer kontrol noktaları belirleyerek ve bu noktalar yardımıyla mevcut geometrik bozulmayı matematiksel olarak modelleyerek giderilmektedir. Söz konusu işlem çoğu kez hatanın kaynağını kesin bir biçimde belirlemede, görüntü uzayında düzeltmeleri doğrudan modelleyen en küçük kareler yaklaşımını kullanmakta ve kontrol noktaları ile en iyi uyumu sağlayacak polinom eşitliklerinden yararlanmaktadır. Örneğin, bir Landsat TM görüntüsüne ait çeyrek bölümlük bir alandaki bozulmaları gidermede, diğer bir deyişle görüntüyü coğrafi bir izdüşüm sistemine yataylamada, altı parametrelili afin dönüşüm yeterli olmaktadır.

Dönüşümün bu türü, algılanmış verilerdeki altı çeşit bozulmayı (x ve y eksenlerindeki öteleme, x ve y eksenlerindeki ölçek değişimi, eğiklik ve dönme) modelleyebilmektedir. Bu altı işlem tek bir ifade altında birleştirildiğinde;

$$x' = a_0 + a_1x + a_2y \quad (4.6)$$

$$y' = b_0 + b_1x + b_2y \quad (4.7)$$

olmaktadır. Burada x ve y, yataylanmış çıktı görüntüsü veya harita koordinatları; x' ve y' ise orijinal girdi görüntüsünde bunlara karşılık gelen koordinatları temsil etmektedir.

Orijinal görüntüdeki bozulmaları modelleyen bu altı koordinat dönüşüm katsayısı kullanılarak, yeni piksel değerlerinin (x',y') hatalı görüntü koordinatlarından, (x,y) yataylanmış çıktı görüntüsü gridine yerleştirilmesi sağlanmaktadır. Verilerin tümü için yataylama işlemine geçmeden önce, girdi görüntüsündeki geometrik düzeltmeyi gerçekleştirmede kullanılan yer kontrol noktalarından en küçük

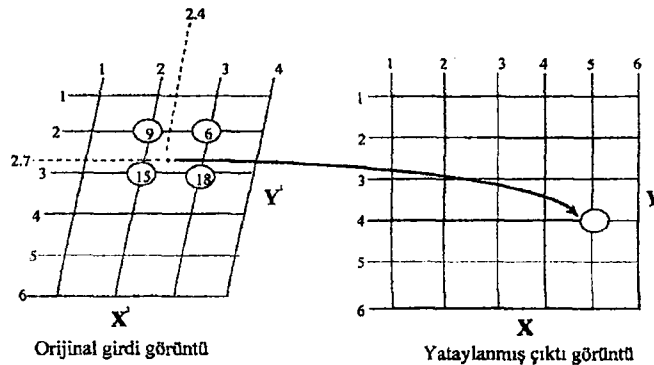
kareler dengelemesiyle elde edilen altı katsayının, yeterli doğrulukta olup olmadığının belirlenmesi önemlidir. Bunu belirlemede en sık kullanılan yöntem, yer kontrol noktalarının her biri için aşağıdaki eşitlikten karesel ortalama hatanın (rms) hesaplanmasıdır.

$$rms = \sqrt{(x' - x_{orig})^2 + (y' - y_{orig})^2} \quad (4.8)$$

Burada x_{orig} ve y_{orig} , seçilen yer kontrol noktasının, orijinal görüntüde satır ve sütun koordinatları cinsinden ölçülen değerlerini; x' ve y' ise orijinal görüntüde (4.6) ve (4.7) eşitliklerinden yararlanarak hesapla bulunan koordinat değerlerini göstermektedir (Önder, 2002).

4.4.3.2 Yeniden Örnekleme (Resampling)

Bu aşama; orijinal (hatalı) girdi görüntüsünün (x' , y') yerine ait parlaklık değerinin, yataylanmış çıktı görüntüsündeki yeni (x , y) koordinatına çekildiği, piksel doldurma işlemini içermektedir. Örneklenecek girdi görüntüsündeki (x' , y') koordinatları çoğu kez gerçek sayıdır (tam sayı değil). Örneğin, Şekil 4.13'te çıktı görüntüsünün piksel değeri $x=5$, $y=4$ olup, girdi görüntüsüne ait $x'=2.4$, $y'=2.7$ koordinatına karşılık gelen parlaklık değeri ile doldurulacaktır. Bu parlaklık değerinin enterpolasyonunda; “en yakın komşu (nearest neighbor)”, “çift yönlü doğrusal enterpolasyon (bilinear interpolation)” ve “üçlü katlama (cubic convolution)” yöntemlerinden biri kullanılabilir.



Şekil 4.13 Yataylanmış çıktı gridi parlaklık değerinin, geometrik olarak hatalı girdi gridi parlaklık değeri ile doldurulması (Önder, 2002).

En Yakın Komşuluk (Nearest Neighboring) Enterpolasyonu

Sıfırıncı derece enterpolasyon da denilen bu işlemde, hesaplanan (x', y') koordinatına en yakın pikselin parlaklık değeri, çıktı (x, y) koordinatına verilir. Örneğin; Şekil 4.14'de $x=5$, $y=4$ çıktı pikselin girdi görüntüsündeki değerleri $x'=2.4$, $y'=2.7$ olup, burada çıktı görüntüsüne doğrudan verilecek bir parlaklık değeri bulunmamaktadır. En yakın komşu enterpolasyonu kuralına göre bu (x', y') değerine en yakın grid kesişim noktasının parlaklık değeri 15'tir ve bu değer aynı zamanda çıktı pikselinin yeni parlaklık değeridir.

Hesaplama yönünden etkin olan bu işlem, yeniden örnekleme sırasında piksel parlaklık değerlerini değiştirmediğinden kullanışlı olmaktadır (Önder, 2002).

Çift Yönlü Doğrusal (Bilinear) Enterpolasyon

Birinci derece enterpolasyon adı ile de anılan bu işlemde, girdi görüntüsüne dik iki doğrultudaki parlaklık değerleri, entepole edilerek çıktı pikseline verilir. Girdi görüntüsünün bulunduğu konuma (x', y') en yakın dört piksel değerinin, bu noktaya olan ağırlıklı uzaklıkları esas alınarak yeni parlaklık değeri hesaplanmaktadır. Yeni parlaklık değerinin ağırlıklı ortalaması (BV_{wt}) ;

$$BV_{wt} = \frac{\sum_{k=1}^4 (Z_k / D_k^2)}{\sum_{k=1}^4 (1 / D_k^2)} \quad (4.9)$$

Eşitliği ile hesaplanır. Burada Z_k , en yakın dört noktaya ait parlaklık değerleri; D_k^2 ise (x', y') noktasından bu grid kesişim noktalarına olan uzaklıkların karesidir (Önder, 2002).

Üçlü katlama (Cubic Convolution)

Bu örnekleme yönteminde, çift yönlü doğrusal enterpolasyonda olduğu gibi, aynı hesaplama tekniği kullanılarak çıktı pikselinin parlaklık değeri bulunmaktadır. Ancak hesaplamada; (x', y') konumundaki girdi pikselini çevreleyen 16 pikselin parlaklık değeri ve bunların ağırlıklı uzaklıkları göz önüne alınmak sureti ile çıktı pikseli için yeni parlaklık değeri bulunur (Önder, 2002).

Çizelge 4.1 Yeniden örnekleme yöntemlerinin karşılaştırılması.

Yöntem	Teknik	Hesap zamanı	Avantaj	Dezavantaj
En Yakın Komşuluk	En yakın pikselin sayısal değerine dönüştürülür.	1	Hesaplama kolaylığı, sayısal değerler değişmediği için veri değerleri kaybolmamaktadır.	Diyagonal doğrular ve eğriler üzerinde merdiven görüntüsü oluşmaktadır.
Bilineer Enterpolasyon	En yakın 4 pikselin yaklaşık ağırlıklı ortalamasına dönüştürülür.	10	Uzaysal olarak birinci yönteme göre daha doğru bir görüntü elde edilir.	Piksellerin ortalama değerinin alındığı katlama etkisi olmaktadır. Kenar düzeltilmesi olduğundan bazı veri dosya değerleri kaybolmaktadır.
Kübik katlama Konvolüsyon	En yakın 16 pikselin ağırlıklı değeri ile dönüşüm yapılır.	20	En doğru örnekleme yöntemidir. Görüntü keskinleşmekte ve gürültü etkisi azalmaktadır.	Piksellerin sayısal değerleri değişmektedir. Hesaplama olarak yoğun olduğu için en yavaş yöntemdir.

4.5 GÖRÜNTÜ ZENGİNLEŞTİRME

Çok spektrumlu olarak algılanan uzaktan algılama verileri, değişik metodlar uygulanarak orijinal görüntülerden daha iyi özellikler taşıyan, görsel yorumlanabilirliği daha iyi, bölgenin değişik yapılarını ortaya çıkaran yeni bir görüntüye dönüştürülebilirler. Görüntü zenginleştirme bir bakıma görüntü transformasyonudur. Bu nedenle kullanılan algılayıcıların ve bantların özellikleri bilinerek amaca yönelik yöntemlerin uygulanması gerekir (Kaya, 2000). Görüntü zenginleştirmede kullanılacak yöntem, kullanılan spektral aralığa, kanal sayısına

ve görsel yorumlanabilirliği arttırılacak cismin özelliklerine bağlıdır (Musaoğlu, 1999).

Görüntü analisti için mevcut ve mümkün olan görüntü zenginleştirme ve gösterim opsiyonlarının sahası limitsizdir. Çoğu zenginleştirme teknikleri ya nokta ya da lokal operasyonlar şeklinde kategorize edilebilirler. Nokta operasyonları, görüntü veri setindeki her bir pikselin parlaklık değerini bağımsız olarak değiştirir. Lokal operasyonlar ise her bir pikselin değerini komşu parlaklık değerlerine bağlı olarak değiştirir. Zenginleştirme türü ya tek bant (monokrom) üzerinde ya da çok görüntülü kompozitlerin tekil bileşenleri üzerinde gerçekleştirilir. Bunun yanı sıra sonuç görüntüler siyah-beyaz veya renkli olarak kaydedilebilir ya da sergilenebilir (Büyüksalih, 2001).

Zenginleştirme operasyonları normal olarak, uygun restorasyon prosedürleri gerçekleştirildikten sonra görüntü verisine uygulanır. En yaygın uygulanan dijital görüntü zenginleştirme teknikleri;

- Kontrast manipülasyonu : Gri-düzeyi eşikleme, düzey dilimleme ve kontrast genişletme.
- Uzaysal özellik manipülasyonu : Uzaysal filtreleme, kenar zenginleştirme ve Fourier analizi.
- Çok görüntülü manipülasyonu : Çok spektral bantlı orarlama ve farklılaştırma, ana bileşenler, kanonik (doğal) bileşenler, bitki bileşenleri, yoğunluk-renk tonu-doygunluk (IHS) renk uzayı transformasyonları ve dekorelasyon genişletmesi.

şeklinde olmaktadır (Schowengerdt, 1997).

4.5.1 Kontrast Manipülasyonu

4.5.1.1 Gri-Düzeyi Eşikleme

Gri-düzeyi eşikleme, girdi görüntüyü iki sınıfa dilimlemede kullanılır; Biri, gri değerleri analist tarafından tanımlanan gri değerinden aşağı olan pikseller ve diğeri de bu değerin üzerinde olanlar şeklinde olmaktadır (Schowengerdt, 1997).

4.5.1.2 Düzey Dilimleme (Yoğunluk Dilimleme)

Düzey dilimleme, sayesinde görüntü histogramının x eksenı boyunca dağılmış DN'lerin (Dijital numara) analist tarafından belirlenmiş aralıklar veya dilimler serisine bölümlendiğı bir zenginleştirme tekniğidir. Girdi görüntüde verilen bir aralığın içine düşen DN'lerin tümü, daha sonra çıktı görüntüsünde tek bir DN olarak gösterilir. Sonuçta, eğer altı farklı dilim yaratılmışsa, çıktı görüntüsü sadece 6 farklı gri değeri içerir. Sonuç, aynı DN ile gösterilen pikseller tarafından işgal edilen sınırlar arasındaki alanlar hariç sanki eşyükseklik eğrili haritaya benzer. Her bir düzey bunun yanında tekil renkle gösterilebilir. Bu yöntemde, baskın hale getirilmek istenen parlaklık değerleri, istenilen gri renk tonlarında veya renkli olarak görüntülenerek, uydu verilerindeki ayırt edilebilirlik artırılır.

Düzey dilimleme, gri değeri veya renk olarak kodlanmış farklı sıcaklık düzeylerini göstermek için termal kızılötesi görüntülerinin gösteriminde de genişçe kullanılır (Schowengerdt, 1997).

4.5.1.3 Kontrast Genişletme

Bilgisayar ortamındaki 8 bitlik kodlama sisteminde, görüntü 256 gri seviyesinde gösterilir ve kaydedilir (Bilim ve Teknik, 2001). Dijital görüntülerin kontrastının genişletilmesindeki amaç, görüntüye ait parlaklık değerinin dar aralığını daha geniş bir aralığa yaymaktır. Yani belirli gri renk tonu alanlarını, daha belirgin hale getirerek ayırt edilebilirlik derecesini arttırmaktır. Görüntü üzerinde istenen

özellikler, uydu görüntüsünün parlaklık değerleri arasında uygulanacak çeşitli algoritmalar ile baskın hale getirilebilir. Kontrast genişletmede, kanallardaki en düşük ve en yüksek gri renk tonları arasındaki dağılım siyah-beyaz veya renkli olarak yeniden ölçeklendirilerek, uydu görüntülerindeki ayırt edilebilirlik artırılır (Schowengerdt, 1997).

4.5.2 Uzaysal Özellik Manipülasyonu

4.5.2.1 Uzaysal Filtreleme

Uzaysal filtreleme orijinal görüntüdeki piksel değerlerinin komşu piksellerin gri değerlerine bağlı olarak değiştirildiği lokal bir operasyondur. Örneğin, basit bir düşük geçirenli filtre, hareketli bir pencerenin orijinal görüntü boyunca geçirilmesi ve bunun sonucu oluşan ve her bir pikselinin DN'leri hareketli pencerenin orijinal görüntüdeki konumundaki lokal ortalamasına eşit olan ikinci bir görüntü yaratmaktadır (Schowengerdt, 1997).

4.5.3 Çoklu Görüntü Manipülasyonu

4.5.3.1 Spektral Oranlama

Uydu görüntülerinin spektral kanallarındaki parlaklık değerleri arasında farklı kombinasyonlar oluşturarak, bu kombinasyonların biri birine oranlanmasıyla bitki indeksleri elde edilir. Oranlamalar sonucu elde edilen yeni veri grubu ile gri renk tonlarında yapay görüntüler oluşturmak mümkündür ve bu görüntülerde büyük oran değerleri açık gri renk tonlarını, küçük oran değerleri ise, koyu gri renk tonlarını göstermektedir. Oran görüntülerinde, topoğrafyaya bağlı olmadan benzer malzemelerin aynı oran değerine sahip olmaları nedeniyle, cismin gölgede veya güneşte kalması görüntüye etki yapmaz ve gölge etkisi ortadan kalkar. Ayrıca, cisimlerin farklı kanallardaki spektral yansıtma eğrilerindeki eğim değişimi belirgin duruma getirildiğinden, sonuç görüntüsünde ayırt edilebilirlik artmaktadır. Oran görüntülerinde, cisimlerin yansıtma özelliklerinin bastırılarak

spektral yansıtma eğri karakteristiklerinin önem kazanması, benzer spektral yansıtma eğrisi eğimine sahip farklı cisimlerin benzer cisimler olarak görünmesine neden olur (Musaoğlu, 1999).

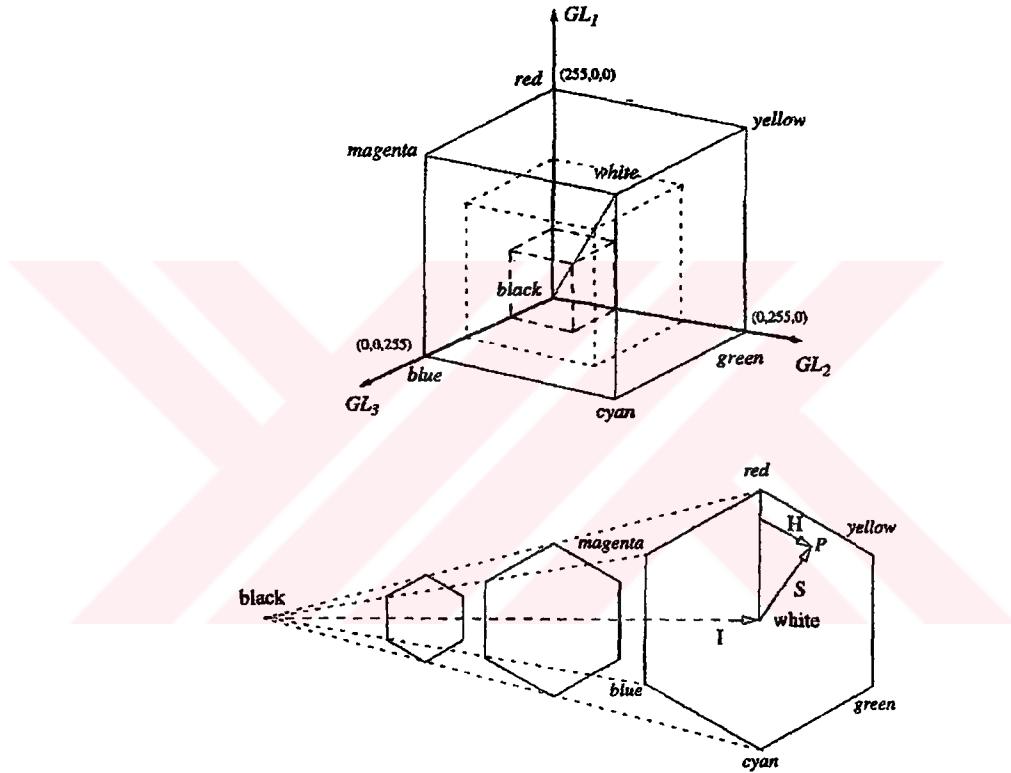
4.5.3.2 Ana Bileşenler Dönüşümü (Principal Components Analysis)

Ana bileşenler dönüşümü, çok kanallı veri gruplarında benzer kanalları bastırmak ve daha çok bilgi veren yeni bir veri grubu oluşturmak için geliştirilmiş bir görüntü zenginleştirme yöntemidir. Yöntem, minimum korelasyonlu bilgileri sıkıştırarak veri grubu hakkında maksimum bilginin çıkarılmasını sağladığı için, çok kanallı verilere görsel yorumlama veya sınıflandırma öncesi uygulandığında, verilerden bilgi çıkarılmasını kolaylaştırmaktadır (Musaoğlu, 1999).

Ana bileşenler dönüşümü uygulandığında bantlar arasında spektral özellikler azaltılır veya başka bir deyişle benzer olan bantlar bastırılır. Bir bakıma ana bileşenler dönüşümü, bir tür veri sıkıştırma yöntemidir. Amaç, veri kombinasyonunda görsel yorumlanabilirliği arttırmak için n kanallı orijinal veri dizisinde mevcut olan tüm bilgileri n 'den daha az sayıda yeni bantlara veya yeni bileşenlere sıkıştırmaktır. Bu dönüşümde orijinal veriler içinde maksimum varyansa sahip doğrultular boyunca bileşen eksenleri adı verilen yeni eksenler oluşur. Pikseller yeni koordinat eksenine yerleştiklerinde 1. Ana bileşen eksenine 2. Ana bileşen eksenine göre daha büyük varyansa sahiptir. Bu nedenle 1. Ana bileşen eksenine veri grubunun uzun eksenini (ana eksen) belirtir ve daha fazla bilgiyi içerir. İkinci ana bileşen elipsin ana eksenini dik kesen eksendir ve birinci bileşende tanımlanmamış verilerin büyük bir kısmını tanımlar. Bu analiz sonucunda n tane çıkış bandı olmasına rağmen verilerdeki bilginin büyük bir bölümü ilk iki veya üç bantta toplanır. Diğer bantlarda varyansın azalması nedeniyle gürültü etkisi ortaya çıkar ve yorumlayıcı için daha az bilgi içerdiğinden kullanılmaz (Kaya, 2000).

4.5.3.3 Yoğunluk-Renk Tonu-Doygunluk (IHS) Renk Uzay Transformasyonu

Dijital görüntüler genellikle üç ana renk olan kırmızı, yeşil ve mavi (RGB) kullanılarak toplamsal renk bileşikleri olarak görüntülenmektedir (Göksel, Ç.1996). Şekil 4.14 bu ilişkiyi göstermektedir. Buradan; kırmızı, yeşil ve mavinin parlaklık değerlerinin $256^3 = 16.777.216$ kombinasyonları olduğu çıkarılabilir. Küpün başlangıç noktasından karşı köşeye kadar birleştirilen çizgi gri çizgisi olarak bilinir (Bilim ve Teknik Dergisi, 2001).



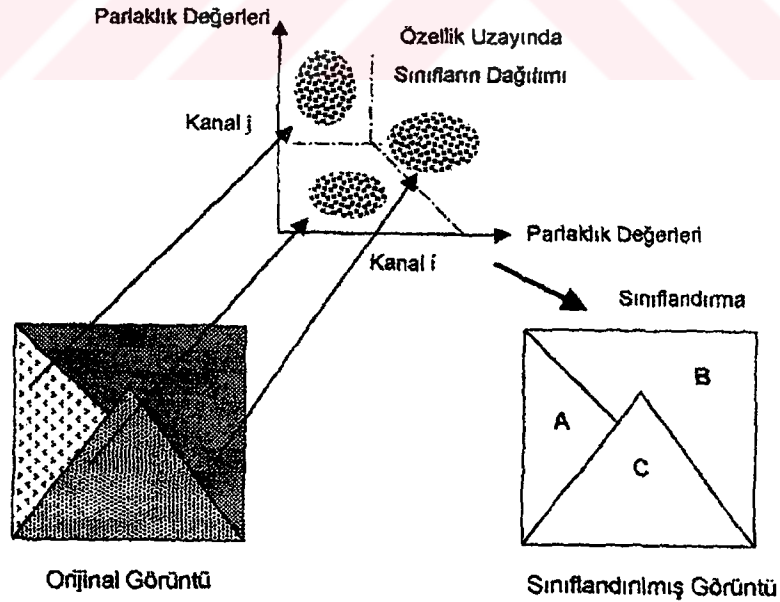
Şekil 4.14 Kırmızı - Yeşil - Mavi (RGB) üç boyutunda tanımlanmış Yoğunluk-Doygunluk-Renk Tonu kavramlarının birbiriyle ilişkisi (Curran, 1996).

RGB bileşenlerine göre renkleri tanımlamanın bir seçeneği yoğunluk-renk tonu-doygunluk (IHS) sistemidir. Yoğunluk (şiddet) bir rengin toplam parlaklığını, renk tonu bir renge katkıda bulunan baskın veya ortalama dalga boyunu, doygunluk ise rengin griye göre saflığını belirtmektedir. Bu tür dönüşümler, görüntü zenginleştirmede bir ana basamak olarak oldukça yararlıdır.

4.6 GÖRÜNTÜ SINIFLANDIRMA

Yer yüzündeki cisimlerin elektromanyetik spektrumun değişik bölgelerinde yansıttıkları veya yaydıkları ışınım farklılık göstermektedir (Kaya, 2000). Dijital görüntülerde farklı özellik tipleri, doğal spektral yansıtma ve yayma özelliklerine bağlı olarak farklı sayısal değerler içeren kombinasyonlar oluşturmaktadır (Musaoğlu, 1999). Bu farklılıktan yararlanılarak aynı spektral özellikleri taşıyan yer yüzündeki nesneler gruplandırılabilir. Amaç uydu görüntülerindeki her pikseli spektral özelliklerine göre farklı gruplara ayırmak ve pikseli yansıtma değerlerine göre yer yüzünde karşılık geldiği kümeye atamaktır (Kaya, 2000). Sınıflandırma işleminin gerçekleştirilmesinde dikkat edilecek hususlar şunlardır.

- 1- Algılayıcı, algılama zamanı ve spektral bantların amaca uygun olarak seçimi.
- 2- Yer yüzü özelliklerini ortaya koyabilecek kontrol alanlarının seçimi.
- 3- Amaca yönelik sınıflandırma algoritmalarının seçimi.
- 4- Belirlenen bu özelliklerin tüm görüntüye uygulanması ve görüntülenmesi.
- 5- Sonuç görüntülerinde doğruluk değerlendirmelerinin yapılması.



Şekil 4.15 Sınıflandırmanın genel adımları (Musaoğlu, 1999).

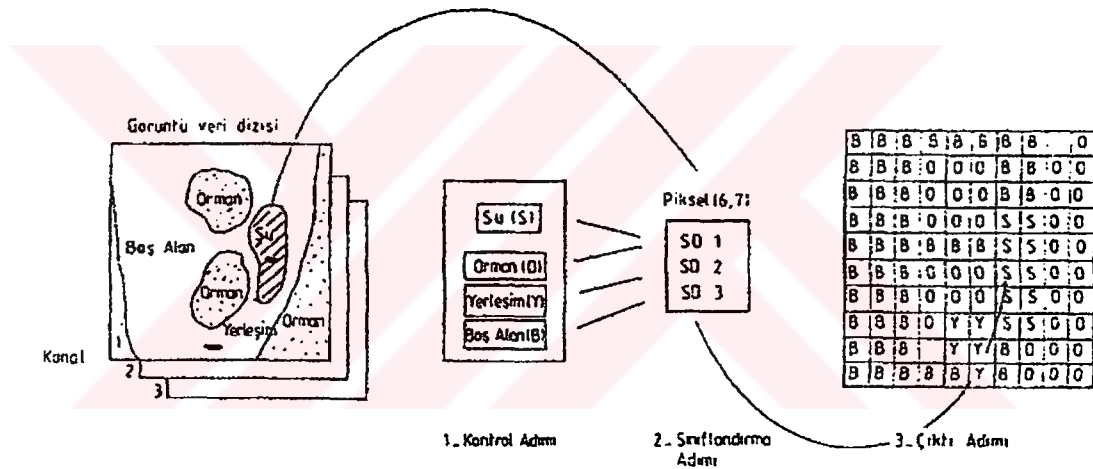
Sınıflandırma yöntemleri kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma yöntemleri olarak ikiye ayrılır.

4.6.1 Kontrolsüz (Unsupervised) Sınıflandırma

Çalışma bölgesinde özellikleri bilinen yeterince örnekleme bölgesi (test bölgesi) veya istatistiksel bilgi bulunmadığı durumlarda, spektral olarak ayrılabilir sınıflar belirlenmekte ve bunlardan bilgi elde etme yoluna gidilmektedir (Kaya, 2000). Kontrolsüz sınıflandırmada, kontrol verilerinin kullanımı yerine, görüntüde belirsiz olan pikselleri inceleyen ve sayısal değerlerdeki doğal gruplaşmalara dayalı olarak bu elemanları çeşitli sınıflar altında birleştiren algoritmalar ile çalışılır (Musaoğlu, 1999). Bu sınıflar görüntü dijital değerlerindeki doğal gruplaşmalara bağlı olup, oluşan spektral sınıfların ne olduğu önceden bilinmemektedir. Oluşan sınıfların özellikleri bölgeye ait hava fotoğrafları, topoğrafik haritalar ve daha önce elde edilmiş var olan bilgilerle karşılaştırılarak belirlenir. Bu yöntemde spektral uzaklığın belirlenmesi için Euklid uzaklığı, Mahalanobis uzaklığı gibi uzaklık ölçüleri kullanılır. Kümeleme merkezi önce geçici olarak belirlenmekte olup, her bir pikselin açılan kümelerden hangisine dahil edileceği ise o görüntü elemanı ile açılan küme merkezi arasındaki uzaklığın hesaplanması ve başlangıçta kabul edilen uzaklık değeri ile karşılaştırılması sonucu belirlenir. Bu belirlemede en küçük uzaklık değeri esas alınır. Kümeye katılan her yeni piksel ile birlikte aritmetik ortalama hesaplanarak geçici küme merkezi n boyutlu uzayda ötelenmekte ve işlem geçici merkezin konumunda değişim olmayıncaya kadar iteratif olarak devam etmektedir (Kaya, 2000). Kümeleme yöntemleri, verilerdeki temel veya doğal yapıyı geliştirmek amacıyla geliştirilmişlerdir. Ardışık kümeleme ve tekrarlı ardışık kümeleme (ISODATA) gibi birçok kontrolsüz sınıflandırma yöntemi vardır. Bazı kontrolsüz sınıflandırma yöntemleri, düzeltilen sınıflara kontrollü sınıflandırmadaki örnek alanlar olarak kullanılma olanağı sağlamaktadır (Musaoğlu, 1999).

4.6.2 Kontrollü (Supervised) Sınıflandırma

Kontrollü sınıflandırma yönteminde çalışma alanındaki yer yüzü özelliklerini tanımlayan yeteri sayıdaki örnek bölgeler (test alanlar) kullanılarak, sınıflandırılacak her bir cisim için spektral özellikleri tanımlı özellik dosyaları oluşturulur (Şekil 4.17). Kontrol alanlarının örneklendiği özellik dosyalarının görüntü verilerine uygulanması ile her bir görüntü elemanı (piksel), hesaplanan olasılık değerlerine göre en çok benzer olduğu sınıfa atanmaktadır. Kontrol aşamasında temsil edici nitelikteki kontrol bölgeleri ve her bir arazi örtü tipine ait spektral özellikler belirlenir. Bu aşamada, mevcut referans verileri ile bu verilerin uygulanacağı coğrafi bölgeye ait bilgilerden yararlanır. Bütün veriler sınıflandırıldıktan sonra sonuçlar çıktı aşamasında farklı sunulur (Şekil 4.16).



Şekil 4.16 Kontrollü sınıflandırma yönteminin temel aşamaları (Schowengerdt, 1997).

Şekil kontrollü sınıflandırmayı üç temel adımda özetlemektedir. (1) Analist ilk aşamada, alıştırma bölgelerini (kontrol alanları) temsil eden ve görüntüdeki her bir farklı örtü tipinin spektral nitelikleri için bir sayısal tanım geliştirilir. Daha sonraki aşamada (2), görüntü veri setindeki her piksel örtü sınıfına kategorize edilir. Herhangi bir alıştırma setine (kontrol alanı) benzetilecek yetersiz sayıda piksel varsa genellikle bilinmeyen olarak adlanır. Bu işlemde, her piksel için ayrılan kategori etiketi, yorumlanmış veri setindeki ilişkili hücreye kaydedilir. Tüm veri setinin kategorize edilmesinden sonra sonuçlar çıktı aşaması olarak

sunulur (3). Çıktı ürünlerinin üç ayrı formunu tematik haritalar, farklı yer örtü sınıfları ve bir coğrafik bilgi sisteminden (GIS) sorumlu sayısal veri dosyaları oluşturur (Bilim ve Teknik Dergisi, 2001).

Kontrollü sınıflandırma işleminde, “En büyük benzerlik (Maximum Likelihood)”, “Paralelyüz (parallelepiped) ve “En küçük uzaklık (Minimum Distance)” adı verilen çeşitli sınıflandırma yöntemleri kullanılmaktadır.

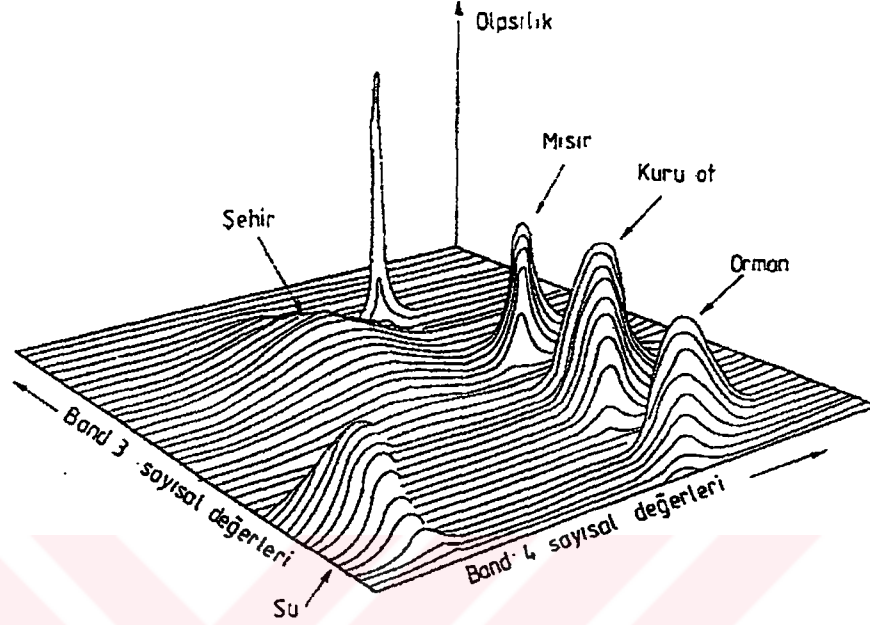
4.6.2.1 En Büyük Benzerlik (Maximum Likelihood) Sınıflandırma Yöntemi

En büyük benzerlik sınıflandırma yöntemi uzaktan algılamada görüntü sınıflandırması için en çok kullanılan ve bilinen kontrollü sınıflandırma yöntemidir. Bu yöntem sınıflar için eş olasılık eğrilerinin tanımlanmasına ve sınıflandırılacak piksellerin üyelik olasılığı en yüksek olan sınıfa atanması ilkesine dayanır (Şekil 4.17). Herhangi bir sınıfa ait piksel setini temsil eden noktalar kümesinin geometrik şekli bir elipsoidle tanımlanırsa, bu elipsoidin yönü ve rölatif boyutları model uzayını tanımlayan özellikler arasındaki kovaryanslara bağlı olacaktır. En büyük benzerlik yönteminin etkinliği, her spektral sınıf için ortalama vektör ile kovaryans matrisin doğru biçimde tahmin edilmesine bağlı olmaktadır. Bu koşul ise, sınıfların her biri için yeterli miktarda örnekleme verisinin (pikseller) bulunabilmesine bağlıdır. Örnekleme bölgesine ait yeterli miktarda veri bulunmadığı zaman (sınıfların olasılık dağılımlarını doğru bir şekilde tahmin edebilecek özellikte veri olmadığı zaman) arzulanan sınıflandırma doğruluklarına ulaşamaz. Böyle bir durumda kovaryans bilgilerini kullanmayan başka sınıflandırma yöntemlerine başvurmak gerekir (Arslan, 2001).

4.6.2.2 En Küçük Uzaklık (Minimum Distance) Sınıflandırma Yöntemi

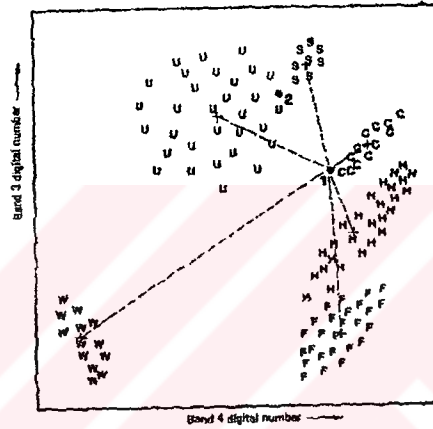
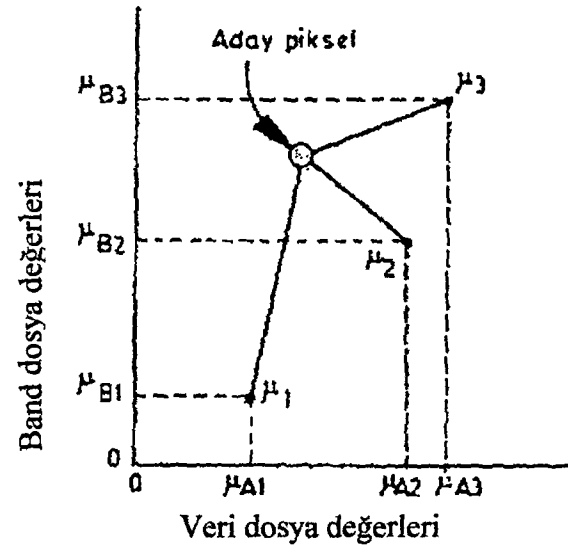
Örnekleme bölgelerine ait örnekleme verileri sınırlı olduğu zaman, kovaryans bilgilerini kullanmayan yalnızca spektral sınıfların ortalama vektörlerinin kullanılmasına dayanan sınıflandırma yöntemlerine başvurmak gerekir. Böyle bir durumda kısıtlı örnekten ortalama değerler kovaryanslara nazaran daha doğru

tahmin edilebilir. En küçük uzaklık yöntemi (veya sınıf ortalamasına en küçük uzaklıklar) böyle bir yaklaşım uygular. Örnekleme verilerinden sınıf ortalamaları belirlenir, sınıflandırmada bir piksel en yakın ortalamaya sahip sınıfa atanır (Şekil 4.18).



Şekil 4.17 Olasılık Yoğunluk Fonksiyonları (Arslan, 2001).

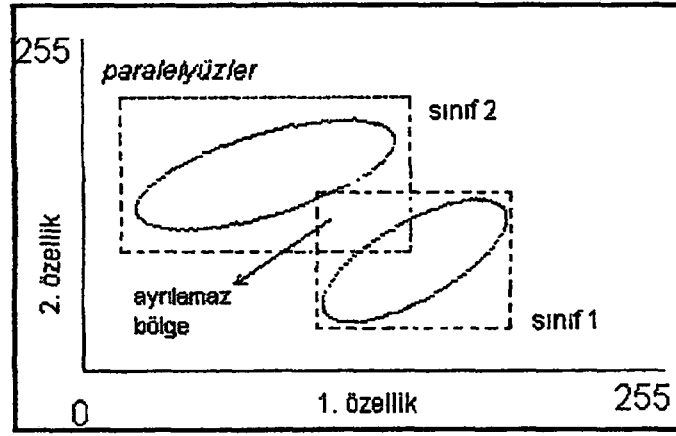
En küçük uzaklık sınıflandırma yöntemi, en büyük benzerlik yönteminden daha hızlı olduğu için ilgi çekicidir. Ancak kovaryans bilgilerini kullanmadığından en büyük benzerlik yöntemi kadar esnek değildir. En büyük benzerlik yöntemiyle sınıflandırmada sınıflar çok değişkenli normal sınıf dağılım modeli yardımıyla modellendirilmektedir. En küçük uzaklık yönteminde kovaryans verilerinin kullanılmaması nedeniyle sınıf modelleri spektral anlamda simetriktir. Bu nedenle bazı sınıflar iyi modellenmeyebilir. Ancak örnekleme verileri sınırlı olduğu zaman en küçük uzaklık yöntemi, en büyük benzerlik yönteminden daha doğru sonuçlar verir (Arslan, 2001).



Şekil 4.18 En Küçük Uzaklık Sınıflandırma yöntemi (Göksel, 1996).

4.6.2.3 Paralelyüz (Paralellepiped) Sınıflandırma Yöntemi

Bu yöntem kontrol (örnekleme) verilerinin spektral bileşenlerinin histogramlarının incelenmesine dayalı çok basit bir kontrollü sınıflandırma yöntemidir. Aynı zamanda bir sınıflandırma analistinden en az bilgiyi gerektiren yöntemdir. Tanımlanan her sınıf için, kullanılan her bandın minimum ve maksimum piksel değerleri kullanılmaktadır. Uygulanan karar kuralı basittir. Her bilinmeyen piksel, özellik değeri ile ilgili olduğu paralelyüz içine atanır.



Şekil 4.19 İki boyutta paralelyüz sınıflandırma (Arslan, 2001).

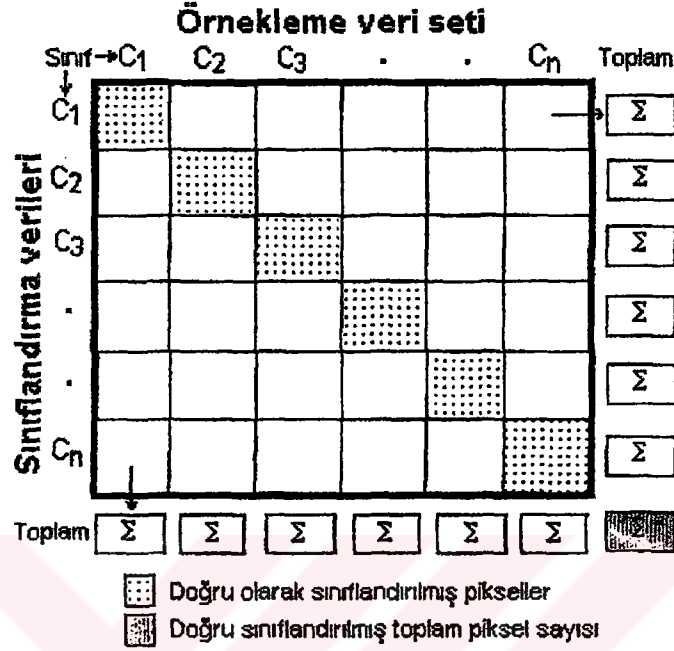
Bu yöntemde iki sıradışı durum oluşabilir: Bir piksel değeri hiçbir paralelyüz içine dahil edilemeyebilir ve bir pikselin birden fazla örtüşen paralelyüz içinde olma olasılığı var olabilir (Şekil 4.19). Her iki durumda da karar kuralını uygulamak zorlaşacaktır. Bu tür çelişkilerin giderilmesi için komplike bir kural da uygulanagelmıştır. Her paralelyüzün merkez noktası ile bilinmeyen piksel arasındaki Euklid uzaklığının hesaplanması ve böylelikle en iyi sınıflandırma için “En Küçük Uzaklık” kuralı uygulaması çözüm olarak ileri sürülmektedir.

Paralelyüz sınıflandırma yöntemi, uygulaması hızlı ve kolay olmasına rağmen; her bir örnekleme seti için özelliklerin yalnızca minimum ve maksimum değerleri kullanılması nedeniyle, gerçek spektral sınıfların iyi temsil edilememesine yol açmaktadır. Diğer bir sakınca ise, sınıf üyeliklerinin öncül olasılıklarının dikkate alınmamasıdır (Arslan, 2001).

4.6.3 Uzaktan Algılamada Görüntü Sınıflandırmasının Doğruluk Değerlendirilmesi

Uzaktan algılamada görüntü sınıflandırmalarında doğruluk, bir piksele tahsis edilen sınıf etiketi ile “gerçek” sınıf arasındaki uygunluğu gösterir. Gerçek sınıf, gerek hava fotoğraflarından gerekse de mevcut harita ve planlardan doğrudan veya dolaylı olarak gözlenebilir (Göksel ve ark., 2001). Doğruluk

değerlendirmesinde çok kullanılan yöntem hata matrislerinin (confusion matrix, contingency table) hazırlanmasıdır. Hata matrisleri sınıf bazında referans verileri (gerçek-yersel veriler) ile otomatik sınıflandırma sonuçları arasındaki ilişkiyi karşılaştırır (Şekil 4.20).



Şekil 4.20 Hata matrisinin şematik gösterimi (Arslan, 2001).

Şekilde matristeki değerler piksel sayısını göstermektedir. Hata matrisi genel olarak referans (gerçek) ve değerlendirilen görüntülerin karşılaştırma sonuçlarını ortaya çıkarmaktır. Matrisin sütun elemanları örnekleme veri setine ilişkin değerleri gösterirken, satır elemanları sınıflandırılmış piksel verilerini göstermektedir. Doğru arazi örtüsüne sınıflandırılmış örnekleme veri seti pikselleri ana köşegen (diagonal) üzerinde bulunmaktadır.

Hata matrislerinden çeşitli sınıflandırma doğruluk kriterleri türetilebilir. Sık kullanılan “toplam doğruluk” (overall accuracy) terimi, doğru biçimde sınıflandırılmış piksellerin toplam sayısının (köşegen toplamı) referans piksellerin toplam sayısına bölünmesiyle elde edilir. Matrisin köşegeni üzerinde bulunmayan elemanları “ihmal hatası” veya “dahil etme hatası” (commission error)’ nı temsil eder.

“Üretici doğruluğu” (producer’s accuracy), her sınıf içinde doğru olarak sınıflandırılmış piksellerin sayısını, bu sınıf için kullanılan örnekleme veri seti pikselleri sayısına bölerek bulunur ve verilen bir arazi örtü türünün örnekleme seti piksellerinin ne kadar iyi sınıflandırılabilirdiğini gösterir.

“Kullanıcı doğruluğu” (user’s accuracy), her sınıf içinde doğru sınıflandırılmış piksel sayısını, bu kategori içinde sınıflandırılan piksellerin toplam sayısına bölünmesiyle bulunur ve “dahil etme hatası” nı gösteren bir ölçüdür. Bu değer de verilen bir sınıfa atanan bir pikselin bu sınıfı gerçekte temsil etme olasılığını gösterir.

Sınıflandırma doğruluğunun yorumlanmasında ilginç bir nokta, piksellerin sınıflara tamamen ve rastgele atanması durumunda bile, hata matrisinde yüzdesel olarak ve tesadüfi doğru değerler üretebilmesidir. Kappa (κ) istatistik ölçüsü, referans verilerle otomatik sınıflandırılmış veriler arasındaki gerçek uyum ile, yine referans verilerle rastgele sınıflandırılmış veriler arasındaki şans uyumu arasındaki farkı göstermek için kullanılmaktadır (Arslan, 2001). Kavramsal olarak κ aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$\kappa = \frac{\text{Ö.D} - \text{Ş.U}}{1 - \text{Ş.U}} \quad (4.10)$$

Burada Ö.D, ölçülen doğruluğu, Ş.U ise şans uyumunu ifade etmektedir. Bu κ istatistiki değeri, hata matrisinin doğru değerlerine erişimin doğru uyuşum sonucu mu yoksa “şans” uyuşumu nedeniyle olduğunun bir işaretini verir. Doğru uyuşum (ölçülen) 1’e ve şans uyuşumu 0’a yaklaştıkça κ değeri 1’e yaklaşır. Bu ideal durum olmaktadır. Kappa katsayısı, hata matrisinin satır ve sütun toplamaları ve köşegeni üzerindeki elemanlar kullanılarak hesaplanır ve 0 ile 1 arasında değer alır (Schowengerdt, 1997). Hata matrisinden kappa değeri şu eşitlikle hesaplanabilir:

$$\kappa = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} x_{+i})} \quad (4.11)$$

Bağıntıda geçen;

r : hata matrisinde satır sayısı

x_{ii} : köşegen üzerindeki gözlem sayısı

x_{i+} : i satırındaki gözlemlerin toplamı

x_{+i} : i sütunundaki gözlemlerin toplamı

N : matris içindeki gözlemlerin toplam sayısıdır.

Buradan anlaşılacağı üzere, Kappa istatistiği, köşegen üzerinde bulunmayan elemanları da doğruluk değerlendirmesine katmaktadır. Kappa istatistiğinin temel avantajlarından biri de; verilen bir hata matrisinin veya matrisler arasındaki farkların istatistiksel anlamlılığını (signifikans) belirlemek için kullanılabilmesidir. Sözgelimi farklı tarihlerdeki uydu görüntülerinin sınıflandırma sonuçlarının karşılaştırılmasında veya farklı sınıflandırma teknikleri ile gerçekleştirilen sınıflandırma doğruluklarının karşılaştırılması için kullanılabilir (Arslan, 2001).

BÖLÜM 5

UYGULAMA

5.1 ÇALIŞMA ALANI

5.1.1 Coğrafi Konum

Karadeniz'in batısında, 3.481 km²'lik bir alanda kurulu bulunan Zonguldak, ülke topraklarının binde altısını kaplar. Karadeniz kıyılarından başlayan il toprakları kuzeydoğudan Bartın, doğudan Karabük, güneyden Bolu illeriyle çevrilidir. 41 ile 41'27 dakika kuzey enlemleri, 31 48¹ ve 32.13¹ doğu boylamları arasında yer alır (Şekil 5.1). Dağlık bir yörede yer alan ilin toprakların sadece % 29,17'si % 20'den az eğimli olup kentsel yerleşime ve tarıma uygundur. İl alanının % 49.2'si dağlarla, % 33.5'i platolarla, % 15.3'ü ovalarla kaplıdır (www.zonguldak.gov.tr).

5.1.2 Bölgenin Anakaya ve Toprak Yapısı

Zonguldak ilinde iklim, topografya ve ana madde farklılıkları nedeniyle çeşitli büyük toprak grupları oluşmuştur. Bunların yanı sıra toprak örtüsünden yoksun bazı arazi tipleri de görülmektedir.

Alüvyol topraklar, akarsular tarafından taşınıp depolanan materyaller üzerinde oluşan genç tabakalardır. Alüvyol topraklar, bünyelerine veya bulundukları bölgelere yahut evrim devrelerine göre sınıflandırılırlar. Bunlarda üst toprak alt toprağa belirsiz olarak geçiş yapar, yüzey nemli ve organik maddece zengindir. İlde bu tip toprak yapısı özellikle Filyos Çayının denize döküldüğü kesimlerde vardır.

Kırmızı-sarı podzalik topraklar, iyi gelişmiş ve iyi drene olmuş asit topraklardır. Bu toprakların doğal bitki örtüsü, yaprağını döken veya iğne yapraklı yahut ikisinin karışımı topraklardır. Bu topraklar daha çok Zonguldak-Merkez-Kdz. Ereğli'nin kıyı kesiminde yer almaktadır.



Şekil 5.1 Çalışma bölgesinin konumu ve Landsat 5 TM algılayıcısı 7,4,1 bant kombinasyonu görüntüsü.

Gri-kahverengi podzalik topraklar serin ve yağışlı iklimlerde, çoğunlukla yaprağını döken, kısmen de iğne yapraklı orman örtüsü altında ve değişik ana madde üzerinde oluşur.

Kahverengi orman toprakları, kireççe zengin ana madde üzerinde oluşurlar. Bu topraklar genellikle geniş yapraklı orman örtüsü altında oluşur.

Kireçsiz kahverengi orman toprakları genellikle yaprağını döken orman örtüsü altında oluşur.

Toprakların reaksiyonu asidik karakterli olup tuz ve kireç bulunmamaktadır. Zonguldak toprakları organik madde yönünden orta düzeydedir (www.zonguldak.gov.tr, www.zonguldakcevre.gov.tr).

5.1.3 İklim ve Bitki Örtüsü

Zonguldak'ta Karadeniz iklimi egemen olup, her mevsimi yağışlı ve ılımandır. Ancak kıyıdan iç kesimlere doğru gidildikçe iklim sertleşmektedir. İlde mevsimler arası ve gece-gündüz sıcaklık farkları fazla değildir. İl içinde yağış güneyden kuzeye doğru artmaktadır ve nem oranı oldukça yüksektir.

Yağışların oldukça yüksek olduğu Zonguldak'ta, yağışlara bağlı olarak su baskınları sıklıkla görülmektedir. 1998 yılı Mayıs ayında meydana gelen sel felaketinde Filyos Vadisi aşırı derecede zarar görmüştür.

Batı Karadeniz sıra dağlarının uzantısında yer alan Zonguldak'ta ormanlar genelde 0-1800 m. yükseklikler arasında yayılış göstermektedirler. Zonguldak ormanları tüm canlı çevresi ile uyum içerisinde olup çok renkli yapıya sahiptir.

Ormanların kapladığı alan 348612 hektar olup, 185555 hektarı koru, 163057 hektarı açıklık alanıdır. Ormanlık saha genel sahanın % 52'sini teşkil etmektedir. Ormanların % 93'ü koru, % 7'si bataklık vasfındadır. Ormanların % 70'i yapraklı, % 30'u ibrelili ağaçlardan oluşmaktadır. 164336 hektarı verimli, 21219 hektarı verimsiz ormandır.

Ormanlarda hakim ağaç türü kayın olmak üzere göknar, meşe, karaçam, gürgen, sarıçam, kestane, kızılçam, titrek kavak, söğüt, çınar, kayacık, ıhlamur, karaağaç, ceviz, sahil çamı, porsuk, fıstık çamı, ardıç, fındık, duglas, üvez, kızılçak, çitlenbik, yabani kiraz, şimşir, defne, sandal, akça kesme, sumak, ahlut gibi

ağaçlar ve ağaççıklar bulunmaktadır. % 60 kayın, % 23 çam, % 3 göknar, % 4 diğer ibrelî, diğer yapraklı % 10 oranında olup sayıların tespiti mümkün değildir

İl sınırları içinde bulunan çayır-meraların miktarı 4342 sayılı Mera Kanununun çıkması ile birlikte mera, çayır-otlakların kesin tespiti yapılmaya başlamıştır. Tespit çalışmaları 2003 sonu itibarıyla tamamlanması planlanmaktadır. 2002 I. dönem sonuna kadar 408,512 hektar mera tespit edilmiştir. Özel İdare kayıtlarında 762,62 hektar, Tapu Sicil Müdürlüğü kayıtlarında ise 640,98 hektar mera, otlak-çayır varlığı tespit edilmiştir. Tespit çalışmaları tamamlandığında 800-1000 hektar mera, otlak-çayır varlığının ortaya çıkacağı tahmin edilmektedir.

İlde meralar daha çok dağ eteklerinde, Çaycuma ilçesinde ise yerleşim yerlerinin etraflarında yer almaktadır. 1937 yılı arazi vergi kayıtlarında meral olan arazilerin büyük çoğunluğu (Filyos havzasındaki meraların) büyük çoğunluğu bugün vasıf değiştirmiştir (www.zonguldakcevre.gov.tr, www.zonguldak.gov.tr).

5.2 ÇALIŞMADA KULLANILAN VERİLERİN ÖZELLİKLERİ

5.2.1 Topoğrafik veriler (Haritalar)

Sınıflandırma öncesi seçilecek test alanları, çalışmanın sonucunu ve doğruluğunu doğrudan etkileyeceğinden dikkatlice ve titizlikle seçilmelidir. Örnek birimlerinin haritalar ve diğer doğrulama verileri üzerindeki yerlerinin doğru bir şekilde seçilmesi önemlidir (Musaoğlu, 1999). Bölgenin yapısını ve özelliklerini belirlemek, sınıflandırmada örnek noktaların seçilmesi ve uydu görüntülerinden elde edilen sonuçların kontrolü amacıyla çeşitli topoğrafik haritalardan, yersel çalışmalardan, ortofotolardan ve arazi kullanım haritalarından yararlanılmıştır.

Çalışmalarda, Zonguldak ve çevresine ait Harita Genel Komutanlığı tarafından üretilen 7 adet 1/25000 ölçekli standart topoğrafik haritalar kullanılmıştır (Çizelge 5.1).

Çizelge 5.1 Çalışmada kullanılan 1/25000 ölçekli standart topoğrafik haritaların indeksi.

	Zonguldak E27-c4	Zonguldak E27-c3	Zonguldak E28-d4
Zonguldak F27-a2	Zonguldak F27-b1	Zonguldak F27-b2	Zonguldak F28-a1

Topoğrafik verilerin değerlendirilmesinde (Harita koordinatlarının elde edilmesinde) EGHAS, NETCAD yazılımı ve MUTOH A₀ sayısallaştırıcı kullanılmıştır.

5.2.2 Uzaktan Algılama Verisi (Uydu Görüntüsü)

Bu çalışmada Landsat uydu sistemi serisinden Landsat 5 uydusunun TM algılayıcısı ile 06.07.1993 tarihinde algılanmış ve söz konusu algılayıcının 1, 4 ve 7 bandlarını içeren Zonguldak ili ve çevresini kaplayan görüntü kullanılmıştır. Kullanılan uydu görüntüsünün ilgili bandları ve spektral özellikleri Çizelge 5.2’de verilmiştir. Çalışmada kullanılan uydu verisinin yeryüzünde kapladığı alan Şekil 5.2’de gösterilmektedir. Landsat TM uydu verisinin tam bir çerçeve görüntüsünden, Zonguldak ili ve çevre bölgelerini kapsayan bir çalışma bölgesi seçilmiş ve çalışmalar bu alan içinde yapılmıştır.

Kullanılan uydu görüntüsüne ait bandlara baktığımızda, 1. band elektromanyetik spektrumun görünür bölgesinde, 4. band yakın kızıl ötesi bölgede ve 7. band ise orta kızıl ötesi bölgede bulunmaktadır. Bu spektral aralıkların özelliklerine baktığımızda, 1. band genelde suya duyarlı, 4. band bitki örtüsü ve toprak yapısına duyarlı ve 7. band ise jeolojik kaya yapılarına duyarlı olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.2 Uygulamada kullanılan Landsat 5 TM uydu görüntüsüne ait bantlar ve özellikleri.

Kullanılan Landsat 5 TM Bantları	Spektral Bölge (μm)	Çözünürlük (m)	Bant özellikleri
Bant 1 (Mavi)	0.45-0.52 μm	30 m	Mavi renge, su yüzeylerine, nemli alanlara, H ₂ O içeren minerallere hassastır. Su yüzeylerinin tespiti, toprak ve bitkilerin ayırdedilmesi, orman tiplerinin belirlemesi ve yapay materyallerin tespitinde kullanılır.
Bant 4 (Yakın kızıl ötesi)	0.76-0.90 μm	30 m	Klorofile hassastır. Bitki örtüsünün tespitinde ve bitkilerin ayırt edilmesinde kullanılır. Toprak, bitki ve su yüzeyleri arasındaki farklılıkları belirginleştirir.
Bant 7 (Orta kızıl ötesi)	2.08-2.35 μm	30 m	Hidroksil iyonuna ve karbonit minerallerine hassastır. Jeolojik kaya formasyonları ve toprak sınıflarını tespit etmekte kullanılır. Kayaç cinslerinin ayırt edilmesinde ve hidrotermal haritalamada kullanılabilir.

Uzaktan algılama verilerinin değerlendirilmesi, ZKÜ Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Laboratuvarı'nda bulunan PCI EASI/PACE dijital görüntü işleme yazılımının ilgili modülleri (XPACE, Image Works) kullanılarak yapılmıştır.



Şekil 5.2 Zonguldak ve çevresine ait 19.05.1992 tarihli Landsat 5 TM uydu görüntüsü (Bant 7,4,1 kombinasyonu).

5.3 VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE YÖNTEM

5.3.1 Çalışmada Kullanılacak Kanal Kombinasyonunun Belirlenmesi (Band Kombinasyon Analizi)

Uzaktan algılama yöntemi ile elde edilen çok spektrumlu görüntü verilerinin analizinde, spektral bantlar arasındaki korelasyon bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu korelasyon yer yüzü cisimleri arasındaki doğal spektral korelasyonun, topoğrafik eğimin ve komşu spektral bantların arasındaki spektral duyarlıkların çakışması sonucu oluşur ve spektral bantların görsel ve sayısal olarak benzer olduğu anlamına gelir (Kaya, 2000). Uzaktan algılama verilerinin değerlendirilmesinde, fazla sayıda bantla çalışmak hem sınıflandırmada hem

değerlendirmede hem de zaman açısından önemli avantajlar sağlamaktadır. Korelasyon katsayıları $-1 < \rho < +1$ arasında değişir ve $\rho=0$ için korelasyon yoktur (Kaya, 2000). Çalışmada kullanılan Landsat 5 TM uydu görüntüsü fazla bant sayısına sahip olmayıp, 1., 4. ve 7. bantlardan oluşan 3 bantlı bir uydu verisidir. Bu 3 bant için regrasyon analizi yapılarak bantların birbirlerine göre korelasyon katsayıları (varyans-kovaryans matrisi) hesaplanmıştır (Çizelge 5.3).

Çizelge 5.3 Bant kombinasyon analizi sonucu regrasyon analizi.

1	SPLREG Scatterplot Linear Regression Equation V7.0 EASI/PACE Regression equation for channel 4 (X) and channel 1 (Y): $Y = 0.812904047E+02 + -0.541289199E-01 * X$ Residual Error: R2 = 93.531% Correlation Coefficient: 0.254345
2	SPLREG Scatterplot Linear Regression Equation V7.0 EASI/PACE Regression equation for channel 7 (X) and channel 1 (Y): $Y = 0.701750795E+02 + 0.271653456E+00 * X$ Residual Error: R2 = 69.955% Correlation Coefficient: 0.548137
3	SPLREG Scatterplot Linear Regression Equation V7.0 EASI/PACE Regression equation for channel 7 (X) and channel 4 (Y): $Y = 0.487223550E+02 + 0.110237393E+01 * X$ Residual Error: R2 = 77.591% Correlation Coefficient: 0.473379

Matematiksel model olarak gösterilirse ;

$$\text{Cov}_{Q,R} = \frac{\sum_{i=1}^k (Q_i - \mu_Q)(R_i - \mu_R)}{k} \quad (5.1)$$

$Cov_{Q,R}$ = Q ve R bantları arasındaki kovaryans katsayısı,

Q_i = Q bandının parlaklık değeri,

R_i = R bandının parlaklık değeri,

μ_Q = Q bandının ortalama değeri,

μ_R = R bandının ortalama değeri,

k = piksel sayısı,

$$\rho = \frac{Cov_{i,j}}{\delta_i \delta_j} \quad (5.2)$$

ρ = Korelasyon katsayısı,

$Cov_{i,j}$ = i, j bantlarının kovaryansı,

δ_i = i bandının standart sapması,

δ_j = j bandının standart sapması

Yapılan regresyon analizleri sonucunda elde edilen korelasyon katsayıları incelendiğinde, çalışmada kullanılan Landsat TM görüntüsüne ait 1,4 ve 7 bantlarının aralarında düşük korelasyona sahip oldukları görülmüştür. Bu minimum korelasyona sahip bantların, 1,4,7 bant kombinasyonu olarak sınıflandırma işleminde kullanılmasının uygun olduğu anlaşılmıştır.

Çizelge 5.4 19.05.1992 tarihli Landsat 5 TM (1,4,7) bantları arasındaki korelasyon katsayıları matrisi.

Bant/Bant	1	4	7
1	1	0.25	0.55
4	0.25	1	0.47
7	0.55	0.47	1

5.3.2 Uydu Verisinin Geometrik Olarak Düzeltilmesi

Uyduların orijinal dijital görüntüleri, çoğunlukla bir miktar sistematik ve sistematik olmayan geometrik distorsiyonlar içermektedir. Geometrik olarak

düzeltilme getirilmemiş uzaktan algılama verilerinin üzerinde yer yüzü koordinatları bulunmadığından harita amaçlı kullanılamazlar. Geometrik düzeltmenin amacı, oluşan distorsiyonları gidererek, dijital görüntünün düzeltilip belirli bir harita projeksiyon sistemine entegre olmasını sağlayarak dijital görüntünün harita olarak kullanılabilmesini sağlamaktır. Bu şekilde görüntü elemanları yeryüzü üzerinde konumlandırılmış olmaktadır. Bu nedenle yer yüzeyinde konuma dayalı üretilen bilgilerle veri entegrasyonunun sağlanması için yer yüzünü tanımlayan bir projeksiyon sisteminde bu verilerin koordinatlandırılması gereklidir.

Bu amaçla çalışmada uydu verisinin geometrik olarak düzeltilmesi ve koordinatlandırılması işlemi, 1/25000 ölçekli standart topoğrafik haritalar kullanılarak yapılmıştır.

5.3.2.1 UTM Projeksiyonunun Özellikleri

UTM (Universal Transform Mercator) sistemi NATO üyesi ülkeler bünyesinde Ulusal haritaların üretilmesinde ortak bir standart getirilmesi amacıyla kabul edilmiş bir haritalama sistemidir. UTM sistemi, açı koruyan (konform), transversal (ekvatorial konumlu), elipsoidal, silindirik bir projeksiyondur. Bu projeksiyonda yer elipsoidi üzerindeki konum bilgileri ekvatorial konumlu bir silindir üzerine açı koruma koşulu altında iz düşürülerek silindirin düzleme açılması şeklinde haritalanmıştır. Sistem tüm yer küreyi $6^\circ \times 8^\circ$ boyutunda gridlere ayırarak, her bir gride 1'den başlayarak batıdan doğuya doğru numara, kuzeyden güneye doğru harf verilerek tanımlanır. Hesap yüzeyi olarak uluslar arası elipsoid kabul edilen Hayford elipsoidi alınmıştır. Her bir dilim için orijin, ekvator ve dilim orta meridyenlerinin kesim noktasıdır (Kaya, 2000).

5.3.2.2 Yer Kontrol Noktalarının Seçimi ve Geometrik Düzeltme

Sistematik olmayan gelişigüzel (rastgele) distorsiyonlar ve artık bilinmeyen sistematik distorsiyonlar bir görüntüde iyi dağılmış yer kontrol noktalarının

(GCP-Ground Control Points) analiz edilmesiyle düzeltilirler. Kontrol noktalarının görüntü koordinatları ile yer koordinatları arasında polinom denklemleri yardımıyla bağıntı kurularak düzeltme işlemi gerçekleştirilir. Yani yer kontrol noktalarının konumları, hem görüntü koordinatları (satır ve sütun numaraları) hem de yer koordinatları (haritadan ölçülmüş koordinatları veya enlem ve boylam değerleri) yardımıyla belirlenir.

Uygulamada kullanılan Landsat 5 TM uydu verisinin geometrik olarak düzeltilmesi için dönüşümde kullanılacak yer kontrol noktalarının seçilmesinde, 1/25000 ölçekli standart topoğrafik haritalar kullanılmıştır. 7 adet 1/25000 ölçekli standart topoğrafik harita üzerinde net ve doğru olarak tanımlanabilen ve görüntü üzerinde de seçilebilen yollar, nehirler, kıyı çizgileri, vb. çizgisel özellik taşıyan objelerin kesim noktaları gibi 63 adet yer kontrol noktası seçilmiştir. Seçilen 63 yer kontrol noktasına ait UTM koordinat değerleri, EGHAS yazılımı ve MUTOH A₀ sayısallaştırıcı ($\pm 0,02$ mm) kullanılarak 1/25000 ölçekli standart topoğrafik haritalar üzerinden sayısallaştırılmıştır.

Üç bandlı Landsat TM uydu görüntüsünün 1,4,7 bandlarının üst üste bindirilmiş kompozit görüntüsüne bakıldığında 1. band (kırmızı band) diğer bandlarla (4 ve 7) üst üste çakışmadığı, örtüşmediği görülmüştür. Bu uydu görüntüsüne ait bandlardaki oluşan örtüşme farkı, yaklaşık 8-10 piksel değerinde bir öteleme olacak şekilde oluşmuş bir farktır (Şekil 5.2). Bu problemin çözümünde ise, öncelikle birbirleri ile çakışan-örtüşen bandların (4 ve 7) oluşturduğu görüntü üzerinden seçilen yer kontrol noktaları yardımıyla (48 adet nokta ile) bir geometrik düzeltme işlemi (image-to-map) yapılmıştır. Geometrik düzeltme işleminde bazı noktaların rms değerleri (EK II) yüksek olduğundan hesaplama öncesinde bu belirlenen noktalar çıkartılmış ve yeterli olan 48 adet yer kontrol noktası yardımı ile bir geometrik dönüşüm işlemi yapılmıştır. Geometrik dönüşüm işleminde en uygun polinom derecesinin belirlenmesi için değişik dönüşüm modelleri irdelenmiş ve 1. derece Afin dönüşümün yeterli olduğu görülmüştür (EK I). 1. derece Afin dönüşüm yapılarak elde edilmiş nokta konum doğrulukları (karesel ortalama hatalar) EK III'te gösterilmektedir. Noktaların başlangıç verisi

olarak girilen koordinatlardan olan farkı alınarak, fark vektörlerinin metrik büyüklükleri hesaplanmış, yine bu farklar kullanılarak Afin ve Helmert dönüşüm modelleri için hata vektörleri elde edilmiştir (EK IV) (EK V).

1/25000 ölçekli standart topoğrafik haritalar üzerinden sayısallaştırma yolu ile elde edilen yer kontrol noktaları kullanarak Landsat 5 TM uydu verisi (4. ve 7. bandlar) ülkemizde kullanılan koordinat sistemi olan UTM (Universal Transversal Mercator Projeksiyon Sistemi) koordinat sistemine dönüştürülmüştür.

İkinci işlem olarak, georeferanslanmış (UTM sistemi-koordinat sistemine dönüştürülmüş) 4. ve 7. bandların oluşturduğu 2 bandlı görüntü yardımıyla diğer tek bandlı (1. band) görüntü, 10 adet yer kontrol noktası (koordinatlandırılmış 4. ve 7. bandların oluşturduğu görüntü üzerinden belirlenerek seçilen yer kontrol noktaları) yardımıyla 1. derece Afin dönüşüm modeline göre, koordinatlandırılmış 4. ve 7. bandların oluşturduğu görüntü üzerine (image-to-image) geometrik dönüşüm yapılarak konumlandırılmıştır. Böylece çalışma alanına ait Landsat 5 TM uydu verisinin 1,4,7 bandları üst üste çakıştırılmış ve kullanılabilir hale getirilmiştir (Şekil 5.3).

5.3.2.3 Yeniden Örnekleme (Resampling)

Geometrik düzeltmede, kayıt işleminden bir sonraki adım görüntünün seçilen referans koordinat sisteminin x ve y eksenlerine karşılık gelen yeni bir kareler ağı içine yeni bir veri dosyası değerleri hesaplanacak şekilde yeniden örneklenmesidir. Landsat 5 TM uydu görüntüsüne uygulanan bu iki geometrik dönüşümde de, orijinal görüntüye geometrik dönüşümlerin uygulanması (yeniden örnekleme) işlemi için yeniden örnekleme yöntemlerinden, orijinal yansıma değerleri değiştirilmek istenmediğinden dolayı “En Yakın Komşuluk (Nearest Neighboring)” yöntemi uygulanmıştır. Böylece 3 bantda (1,4,7) aynı projeksiyon sisteminde, yani ülkemizde kullanılan koordinat sistemi olan UTM projeksiyon sisteminde geokodlanarak (georeferanslanarak) 3 bandlı çakışık (7 4 1) kompozit görüntüsü elde edilmiştir (Şekil 5.3).



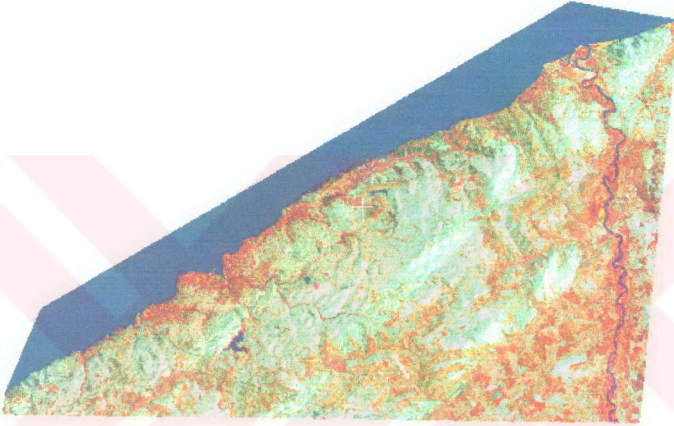
Şekil 5.3 Geometrik olarak düzeltilmiş, Zonguldak ve çevresine ait Landsat 5 TM uydu görüntüsü (7 4 1).

5.3.3 Görüntü Zenginleştirme

Görüntü işleme teknikleri, görüntünün kalitesini artırarak görsel yorumlamayı arttırmak veya daha fazla bilgi çıkarmak amacıyla uygulanır (Örmeci ve Ekercin, 2001). Zenginleştirme ile görüntüde aranan bazı özellikler daha belirgin duruma gelir, ancak bunun yanında diğer bazı özellikler bastırılıyor olabilir (Önder, 2002). Görüntü zenginleştirme tekniklerinden Yoğunluk - Renk Tonu - Doygunluk (IHS) dönüşümü, görüntü işleme yazılımı olan PCI EASI/PACE yazılımının XPACE modülü kullanılarak, uygulama içerisinde kullanılan Landsat 5 TM uydu görüntüsünün 1, 4 ve 7 bandlarına uygulanmıştır. (7 4 1) kombinasyonu ile oluşturulan görüntüde bu zenginleştirme işlemi yapılmış ve görüntü üzerinde yer alan yeryüzü nesneleri arasındaki kontrastlık artırılarak görüntünün sınıflandırma

işlemi öncesinde arazi gruplarını tanıma ve yorumlanabilme yeteneğini yükseltmiştir (Şekil 5.4).

Zonguldak ili ve çevresine ait Landsat 5 TM uydu görüntüsü üzerinde, büyük alan kaplayan deniz bölgesinin bir kısmı ve çalışma alanı içine girmeyen bazı bölgeler kesilerek çıkartılmıştır (Şekil 5.4).



Şekil 5.4 Zonguldak ve çevresine ait Yoğunluk - Renk Tonu - Doygunluk (IHS) dönüşümü uygulanmış Landsat 5 TM uydu görüntüsü (7 4 1).

5.3.4 Uydu Verisinin Sınıflandırılması İşlemi

Bölgeye ait uydu verisinin arazi gruplarının ve özelliklerinin belirlenebilmesi için sınıflandırma işlemi yapılması gerekmektedir. Bu işleme başlamadan önce arazi gruplarının (kümelerin) belirlenebilmesi için öncelikle uydu verisine kontrolsüz sınıflandırma yöntemi uygulanacak ve bunun sonucunda oluşan arazi grupları kontrollü sınıflandırma yönteminde kontrol alanları olarak kullanılacaktır.

5.3.4.1 Kontrol Alanlarının Seçimi için Sınıfların Belirlenmesi

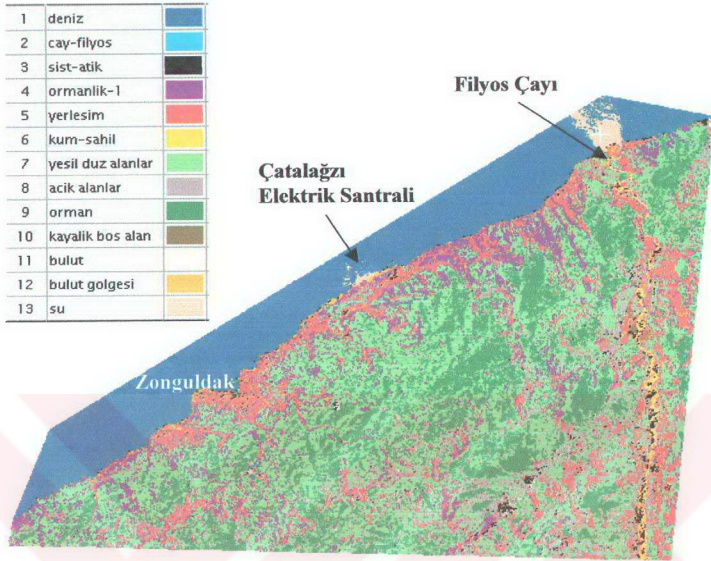
Zonguldak bölgesine ait 1, 4, 7 bantlarına sahip Landsat 5 TM uydu görüntüsünün sınıflandırılması işlemi iki aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada, bölge

hakkında ön bilgiye sahip olmak amacıyla uydu görüntüsüne ISODATA (Iterative Self Organizing Data Analysis Technique) kontrolsüz sınıflandırma algoritması uygulanarak veride doğal olarak bulunan spektral kümeler tespit edilmiş ve her bir veri için 40 adet küme elde edilmiştir (Şekil 5.5). ISODATA kontrolsüz sınıflandırma algoritması sonucu elde edilen veri grubunun analizi, arazi çalışması (yer gerçeği), bölgeye ait 1:25000 ölçekli topoğrafik haritalar, hava fotoğrafları ve diğer verilerle karşılaştırılarak bazı kümeler elimine edilmiş, bazılarında birleştirilerek kontrollü sınıflandırma yönteminde örnek alan olarak kullanılmıştır



Şekil 5.5 ISODATA kontrolsüz sınıflandırma yöntemi sonucu doğal sınıflanmış Landsat 5 TM uydu görüntüsü.

ISODATA kontrolsüz sınıflandırma yöntemi ile elde edilen doğal veri kümelerinin Bhattacharyya Distance ayırım ölçütü yöntemiyle analizi sonucunda bazı sınıfların elenmesi ve bazı sınıflarında birleşmesi durumunda 13 adet veri kümesi oluşturulmuş ve 13 adet veri kümesinin oluşturduğu kontrolsüz sınıflanmış Landsat 5 TM uydu görüntüsü elde edilmiştir (Şekil 5.6).

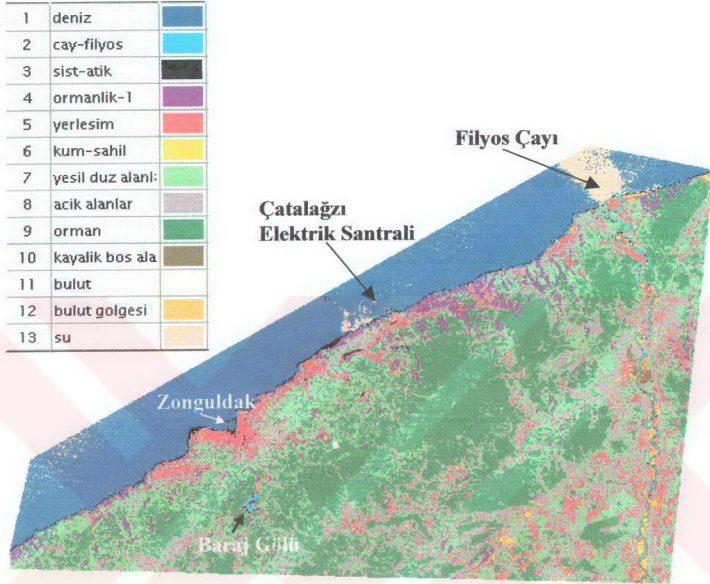


Şekil 5.6 Sınıfların analizi sonucu elde edilen kontrolsüz sınıflanmış Landsat 5 TM uydu görüntüsü.

İkinci aşamada ise, Landsat 5 TM uydu görüntüsüne En Büyük Benzerlik (Maximum Likelihood) kontrollü sınıflandırma algoritması uygulanmıştır. Kontrollü sınıflandırma öncesinde, kullanılan Landsat 5 TM uydu görüntüsü üzerinde daha önce yapılan kontrolsüz sınıflandırma sonucu oluşan sınıflar örnek alan olarak kullanılmıştır. Örnek alanların belirlenmesinde ve sınıflandırma sonuçlarının kontrolünde, yersel veriler, hava fotoğrafları ve ortofoto haritalar, bölgeye ait fotoğraflar ve kişisel görüşmelerden yararlanılmıştır.

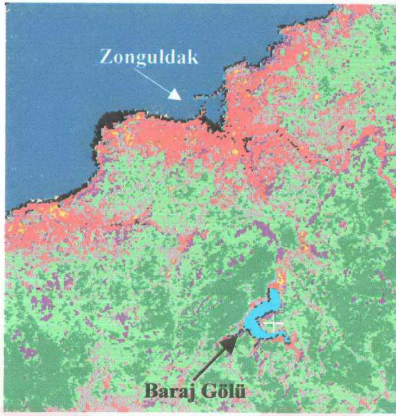
Belirlenen bu 13 örnek alan kullanılarak Landsat 5 TM uydu görüntüsünün tümüne kontrollü sınıflandırma algoritması uygulanmış ve örnek alanları temsil eden en yüksek olasılık dağılımlı alanlar görüntü üzerinde sınıflanmıştır (Şekil 5.7). Kontrollü sınıflandırma sonucu sınıfların birbirleri ile ayırım durumu incelenmiş ve sonuçlar EK VI'da verilmiştir. Tabloya göre minimum ayırım, kum sınıfı ile yerleşim sınıfı arasında olmuştur. Kayalık boş alanlar sınıfı ile yine kum

sınıfının ayırım durumu düşük olmakta, buna paralel olarak kayalık boş alan sınıfı yerleşim sınıfı ile zor ayrılmaktadır. Bu üç sınıf arasında ayırım zorlaşmaktadır.



Şekil 5.7 Kontrollü sınıflandırma sonucunda sınıflanmış Landsat 5 TM uydu görüntüsü.

Yapılan kontrollü sınıflandırma sonucu incelendiğinde, çalışma alanında özellikle Filyos çayının diğer su ile kaplı alanlardan rahatça ayrıldığı görülmüştür. Zonguldak baraj gölünün kısmen de Filyos çayı ile benzerlik gösterdiği ama çoğunlukla temiz su olduğundan deniz sınıfıyla birleştiği gözlenmiştir (Şekil 5.8). Çalışma alanında farklı yerleşim alanlarının uygun dağılmaması sonucu bazı yerleşimlerin kıyı kesiminde ve Filyos vadisi boyunca yoğunlaştığı, bunun sonucunda da bazı betonarme yerleşimlerinin kum sınıfıyla benzeştiği ortaya çıkmıştır. Sınıflandırmada sahil kesiminde ve deniz kenarındaki kum bölgelerinin kıyı yerleşimleri ile aynı sınıfa atandığı görülmüştür.



1	deniz	
2	cay-filyos	
3	sist-atik	
4	ormanlik-1	
5	yerlesim	
6	kum-sahil	
7	yesil duz alanl:	
8	acik alanlar	
9	orman	
10	kayalik bos ala	
11	bulut	
12	bulut golgesi	
13	su	

Şekil 5.8 Zonguldak Baraj Gölü.

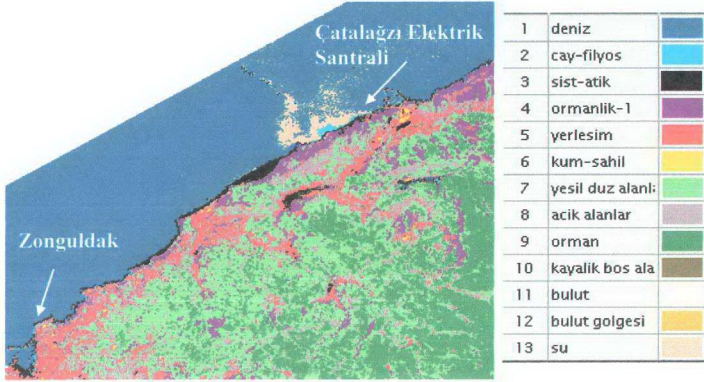
Bölgenin topoğrafik yapısı çok engebeli ve heterojen olduğu için ormanlık alanların bir kısmı, tepelerin kenarları ve zirvelerde farklı sınıflar ortaya çıkarmıştır. Kıyı kesiminde yerleşiminin hemen arkasında, ormanlık alanın sık ve sarp biçiminde başlaması yerleşim ve yoğun ormanlık alanlar sınıflarının kolay ayrılmasına yardımcı olmuştur. Fakat iç kesimlere gidildikçe sarp ormanlık bölgeleri azalarak yerini yeşil alanlar ve sık olmayan ağaçlıklara bıraktığından, yoğun sarp ormanlık alanlar farklı sınıflara ayrılmaya başlamıştır. Bölgedeki ağaç türünün farklılık göstermesi de buna etkindir. İç kesimlerde yer yer çam ormanlıklar mevcut olup, farklı yansıma yaptığından orman sınıfının içinde ayrılmış, fakat bu sınıf orman sınıfıyla bütünleştirilmiş ve birleşik tutulmuştur. Orman sınıfı kadar geniş bir bölgeyi kaplayan bir diğer sınıfsa yeşil alanlar olmaktadır. Bu bölgelerdeki yer gerçeği çalışmalarında arazinin yeşil bitki örtüsüyle kaplı olduğu yer yer ağaçlıkların olduğu, fakat boş alanların (tarım arazisi ve boş arazi) bu sınıfların içine dağılmış olduğu görülmüştür. Bölgenin engebeli oluşu ve tarıma elverişsizliği boş yeşil alanları meydana getirmiş ve yer yer yerleşim bölgelerinin yoğunlaştığı mevcut uydu görüntüsünün yersel bilgilerle karşılaştırılması sonucu görülmüştür.

Çalışma alanının kendine özgü sanayi yapısında çeşitli sınıflar ortaya çıkarmıştır. Özellikle bölgedeki kömür havzaları ve atıkları kendini kolayca göstermiş ve ayrı bir sınıf olarak karşımıza çıkmıştır. Bölgede bulunan maden ocakları da bu sınıfın içine girmiş hatta şehir merkezinde bulunan kömür işleme yıkama alanı ve limandaki nakliye sahası bile bu sınıfın içine kolayca girmiştir. Hatta ilin kıyı kesiminde, yıkama sonucu ortaya çıkan artık taş ve kömür parçalarının (şist) bir araya toplandığı dolgu, kendini çok ayrı ve net bir sınıf olarak göstermiş ve denize yakın yerleşimle deniz arasında kıyı boyunca kirli bölgeler aynı sınıfın içine girmiştir (Şekil 5.9).

Şekil 5.9 Şist, kömür v.b. atıkların oluşturduğu dolgu bölgeleri ve kıyılarda oluşturduğu kirli alanlar.

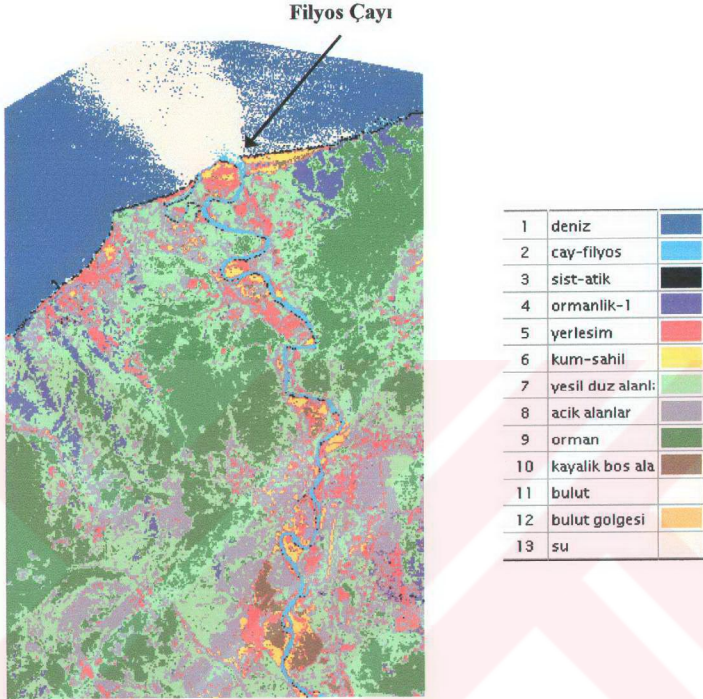
olumsuz etkileyen çeşitli çevresel etkilere neden olmaktadır. Bugüne kadarki madencilik faaliyetleri sonucu, büyük bölümü denize atılan katı lavvar ve ocak atıkları ile sıvı atıklar, bırakıldıkları ortamlarda ve çevresinde görüntüsel bozulma yanında biyolojik bozulma ve kirlenmelere de neden olmuştur. Yıllık 3.5-4.0 milyon ton'luk katı ve 25-30 milyon ton' luk sıvı olarak devam eden bu atık bırakma işlemi nedeni ile, bölgedeki deniz, dere ve topraktaki hem fiziksel hem de biyolojik-kimyasal bozulma ve kirlenmelerin halen devam etmekte olduğu görülmüştür. Sadece Zonguldak Merkez Lavvarında, ayda 45-50 ton dolayındaki petrol ürünlerinin denize atılması söz konusu olmaktadır. Sınıflandırılmış görüntü üzerinden bölgenin denizinde ve kıyılarındaki etkinin büyüklüğü hesaplandığında yaklaşık olarak 1.375.200 m²'lik bir alanda görülmektedir. Kıyılarda belirli bölgelere doldurulan şist kömür atık alanlarının sayısal değeri ise yaklaşık olarak 779.400 m² olmaktadır.

Bölgede taşkömür madenciliğinin bulunması, kömüre bağlı Çatalağzı Elektrik Santralinin işletmeye açılmasına neden olmuştur. Çatalağzı Elektrik Santralinden her yıl 915.000 ton kadar uçucu kül ve curuf ile bunların içinde bulunan yaklaşık 7.500 ton yanmamış kömür yağı da denize atılmaktadır. Aynı santralden denize günde 240.000m³ kondanse soğutma suyu atılmakta ve bu atıklar sonucu deniz yüzeyinde 10-15km yarıçaplı bir alana yağlı köpük yayılmaktadır (Kuşçu ve Koçak, 1997). Nitekim bu durum Zonguldak bölgesine ait Landsat 5 TM uydu görüntüsünün sınıflandırılmış görüntüsü üzerinde net olarak kendini göstermiştir (Şekil 5.10). Bu etkilerin sonucunda deniz yüzeyinde oluşan kirli alanın sınıflandırılmış görüntü üzerinden hesaplanan alansal boyutu yaklaşık olarak 4.423.500 m² olmaktadır.



Şekil 5.10 Çatalağzı Elektrik Santralinin denizi kirlettiği alanlar.

Filyos çayının sınıflandırma sonucunda çok belirgin bir şekilde deniz sınıfından ayrıldığı görülmüştür. Bölgenin ikliminden dolayı yağışların sebep olduğu sel durumu sonucu dere yatağı sürekli değişmekte ve kumlu alanlar ortaya çıkmaktadır. Bu kumlu alanlar dere kıyısında yerleşim sınıfıyla aynı spektral yansıtım özelliği göstermiştir. Bu sınıfların ayırımında bölgedeki yergerçeği çalışmaları ve mevcut ortofoto harita ve hava fotoğraflarından yararlanılmıştır. Gerek kumun ve toprak atıklarının sebep olduğu, gerekse yerleşimin yaptığı kirletmeden dolayı Filyos çayı ve deniz sınıfı, su ile kaplı benzer alanlar olmasına rağmen farklı spektral yansıtma özelliği göstermişler ve bu nedenle birleştikleri bölgede çok net bir ayırım meydana getirmişlerdir (Şekil 5.11). Filyos Çayı'nın deniz yüzeyinde yapmış olduğu kirlilik etkisinin yayıldığı alan, sınıflandırılmış görüntü üzerinde inceleme ve hesaplamalar sonucu yaklaşık olarak 14.162.400 m² değerinde çıkmaktadır.



Şekil 5.11 Filyos çayının denizle birleştiği kıyıdaki ayrımı.

5.3.4.2 Sınıflandırma Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Uzaktan algılamada sınıflandırma doğruluğu, referans olarak seçilen verilerle sınıflandırılmış verinin ne derece uyum gösterdiğinin belirlenmesidir (Musaoğlu, 1999). Bu amaçla kullanılan veri gruplarının boyutuna bağlı olarak çalışma alanında 250 rasgele piksel seçilerek bu piksellerin yersel verilerle uyumu irdelenmiş ve sınıflandırma sonucu hata matrisi oluşturulmuştur (EK VII). EK VII’de gösterilen hata matrisinde bazı sınıfların birbirleri ile karıştığı görülmüştür.

Bu hata matrisinin irdelenmesi sonucu sınıflandırma sonuçlarından elde edilen doğruluğun belirlenmesi için istatistik analiz yapılmış ve EK VIII'de gösterilmiştir. Seçilen piksellerin kontrolünde yer gerçeği çalışmaları, topoğrafik haritalar, arazi kullanım haritaları, bölgeye ait hava fotoğrafları, ortofoto haritalar ve kişilerle yapılan görüşmelerden yararlanılmıştır. Sınıflandırma sonuçlarından elde edilen doğruluğun irdelenmesi amacıyla, istatistik analiz yapılarak Kappa istatistik değerleri de hesaplanmış olup, bu değerler EK VIII'de gösterilmiştir.

Yapılan sınıflandırmanın doğruluk istatistiklerine baktığımızda, toplam doğruluk % 68.8 ve kappa istatistik ölçüt değeri 0.618 bulunmuştur. Her sınıf içinde doğru olarak sınıflandırılmış piksellerin sayısının, bu sınıf için kullanılan örnekleme veri seti pikselleri sayısına bölerek elde ettiğimiz üretici doğruluğu (producer's accuracy) en iyi olarak deniz, Filyos çayı, şist-atık, orman ve su sınıflarında elde edilmiştir. bu değer en kötü olarak orman-1 ve yerleşim sınıflarında ortaya çıkmaktadır. Bunun anlamı yerleşim ve orman-1 sınıfları içinde seçilen örnek piksellerin değerlendirilmesinin kötü olmasıdır. Yani sınıflanmış arazi örtü türünün örnekleme seti piksellerinin ne kadar iyi sınıflandırılabilmesini göstermektedir.

Dahil etme hatasını (comission error) gösteren diğer bir ölçüt ise kullanıcı doğruluğu (user's accuracy) olmaktadır. Bu değer, verilen bir sınıfa atanan bir pikselin bu sınıfı gerçekte temsil etme olasılığını gösterir. Sonuçlara baktığımızda ise, deniz ve Filyos çayı sınıflarının %100 kullanıcı doğruluğu çıkmaktadır. Bunun anlamı ise deniz ve Filyos çayı sınıflarının içindeki örnek piksellerin doğru sınıflar olarak atandıklarını ve gerçekte birebir örtüşüklerini göstermektedir. Kullanıcı doğruluğu en düşük olan sınıf ise açık alan sınıfı olmaktadır. Bu bölgelerin değerlendirilmesi için rasgele seçilen örnek piksellerin sınıf tespitleri yanlış yapıldığından dahil etme hatası değeri bu sınıf için yüksek çıkmıştır. Yani buradaki örnek piksellerin sınıfları gerçekte arazi sınıfı ile çakışmamış diğer başka sınıflarla karışmış anlamına gelmektedir.

BÖLÜM 6

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Uzaktan Algılama Tekniği kullanılarak Zonguldak bölgesindeki doğal olmayan çevresel değişimler ve bu değişimlerin boyutları, 19.05.1992 tarihli Landsat TM uydu görüntüsü ile analiz edilerek görsel ve sayısal olarak ortaya konmaya çalışılmıştır.

Çalışma bölgesine ait uydu görüntüsünün yersel verilerle ilişkilendirilebilmesi için geometrik olarak düzeltilerek koordinatlandırılmış ve görüntü zenginleştirilmesi yapılarak sınıflandırma işlemine tabi tutulmuştur. Bölgede sınıflandırma işlemi sonucunda 13 sınıf belirlenmiş ve bu sınıflar arazi çalışmaları, haritalar, hava fotoğrafları ve ortofoto harita bilgileri ile doğrulanarak sonuçlar değerlendirilmiştir.

Sınıflandırma sonucunda yerleşim ve kıyıdan uzak bölgedeki sık ve sarp ormanlık alanlar çok net olarak belirlenmiş ve çalışma alanındaki doğal ortam iç kısımlarda aynı kalmıştır. İç kesimlere doğru gidildiğinde sık ormanlık alanlar, yerini bazı yerlerde yeşil mera alanları ve tarım alanlarına bırakmıştır. Bu alanların yoğun ormanlık alanlardan ayrımı, bazı bölgelerde bu sınıfların birleşmesine rağmen sınıflandırma sonucunda belirgin olarak görülmüştür.

Çalışma alanının içinde bulunan Filyos çayı sınıflandırma sonucu kendini kolay sınıflamış, fakat çoğu yerde kıyısındaki yerleşimlerle kumlu alanlar benzer spektral yansıtma özelliği gösterdiklerinden dolayı aynı sınıf içinde yer almışlardır.

Filyos çayının yatağının yağışlar ve seller sonucu sık ve rastgele değişmesinden dolayı bazı bölgelerinde kumlu alanlar ortaya çıkmıştır. Bu bölgeler hava şartları

sonucu oluştuğundan zaman zaman değışiklik göstermektedir. Filyos çayının bu bölgeler boyunca mevcut kum ocakları, geniş şekilde kum alanlarının oluşmasına neden olmuş ve bu alanlar sınıflandırılmış görüntüde gözlenmiştir. Fakat yergerçeğı çalışmaları sonucu mevcut durumun, bu değışiklikler yüzünden farklı olduğı tespit edilmiştir. İklim şartlarından dolayı Filyos çayının farklı zamanlarda yatağında ve denize döküldüğü kısımlarda, zaman zaman değışiklikler (deltalar) oluşmaktadır. Bu durumun yaz aylarında, çayın su miktarının azalması nedeniyle daha belirginleştiğı, yağış miktarının çok olduğı kış aylarında ise bu kum alanlarının ve Filyos yatağının akış yönünün değıştiğı tespit edilmiştir.

Uydu görüntüsünün sınıflandırılması sonucu, bölgenin kendi özel durumlarından meydana gelen sorunlar (kirlilik, maden ve santral atıkları v.b.) net olarak bu işlemlerle ortaya konmuştur. Bunun sonucunda bölgenin kendine özgü yapısı ortaya çıkmış ve özellikle maden bölgesi olmasından dolayı kıyılarda ve çevrede kirlenme çok açık bir şekilde kendini ortaya çıkarmıştır. Sınıflandırma sonucunda elde edilen bu bilgiler arazi çalışmaları ile doğrulanarak, bu çalışmada görsel ve sayısal olarak sunulmuştur.

Sınıflandırma işleminde kıyı bölgelerindeki şist ve kömür atıklarının oluşturduğu alanlar ve denizdeki kirlilik etkileri rahatça görülmüş, özellikle maden sahalarının ve Çatalağızı Elektrik Santrali'nin bu tür etkileri uydu görüntüsünün sınıflandırılması sonucu açıkça ortaya çıkmıştır.

Sınıflandırılmış uydu görüntüsü üzerinde yapılan değerlendirmeler sonucu gerek Zonguldak Taşkömürü İşletme alanlarında ve çevresinde bulunan maden işletmelerinin kömür atıklarının gerekse Çatalağızı Elektrik Santrali'nin curuf ve yanmamış kömür yağı atıklarının denize atılması sonucunda yaklaşık 15 km'lik kıyı uzunluğunda bir kıyı kirliliğinin ortaya çıktığı tespit edilmiştir. Kıyı bölgelerinde ve koylarda oluşan bu kirliliğinin alansal boyutu sınıflandırılmış uydu görüntüsü üzerinden belirlenmiş ve etki alanının yaklaşık olarak 1.375.200 m² değerinde olduğu görülmüştür. Zonguldak Taşkömürü İşletme alanında ve çevresinde bulunan maden işletmelerinin kömür atıklarının ve Çatalağızı Elektrik

Santrali'nin atıklarının atıldığı dolgu alanları sınıflandırılmış uydu görüntüsü üzerinde çok belirgin bir şekilde ortaya çıkmış ve görüntü üzerinde yapılan değerlendirme işlemleri sonucunda bu atık dolgu alanlarının boyutu yaklaşık olarak 779.400 m² olarak bulunmuştur.

Çatalağzı Elektrik Santrali'nden atılan uçucu kül ve curuf ile bunların içinde bulunan yanmamış kömür yağının denize atılması sonucu denizde bir kirlenme meydana gelmiş ve bu kirlenme etkisi sınıflandırılmış uydu görüntüsünde açıkça görülmüştür. Denizde meydana gelen bu kirliliğin farklı yansıması nedeni ile, sınıflandırılmış uydu görüntüsünde kirliliğin oluşturduğu sınıfın değerlendirilmesi sonucu, denizdeki bu kirlenmenin boyutu yaklaşık olarak 4.423.500 m²'lik bir alan olmaktadır.

Sınıflandırma sonucunda Filyos çayının denize döküldüğü bölgede deniz ile arasında oluşan farklılaşma sonucu ayrı bir sınıf (su sınıfı) ortaya çıkmıştır. Oluşan bu sınıf Filyos Çayının denizde yapmış olduğu kirlenme etkisi olmaktadır. Meydana gelen bu kirlenme etkisinin denizdeki alansal boyutu, sınıflandırılmış uydu görüntüsünün değerlendirilmesi sonucu yaklaşık 14.162.400 m² değerinde olduğu görülmüştür.

Yukarıda ortaya çıkan bu tür kirlenme etkileri, gerek Zonguldak bölgesindeki madencilik faaliyetlerinin gerekse Çatalağzı Elektrik Santrali'nin atıklarının yapmış olduğu doğal olmayan olumsuz etkilerin ve değişimlerin bugünün ve geleceğinin çevresel boyutları ile değerlendirilmesi gereğini ortaya çıkarmaktadır. Bu ve benzeri çevresel içerikli doğal olmayan oluşumların sınırlarının ve boyutlarının belirlenip izlenmesinde Uzaktan Algılama ile ulaşılabilecek bilgilerin, ilgililer için önemli uyarılar ve yararlar oluşturulacağına inanılmaktadır.

Çalışma bölgesine ait farklı zamanlarda ve farklı algılayıcılarla algılanmış uydu görüntülerinin değerlendirilmesi ile bölgede oluşan bu büyüklükteki doğal olmayan çevresel değişimlerin sınırları ve boyutlarının izlenmesi, uzaktan algılama ile kolayca sağlanabilir. Elde edilen bilgiler değişik veri grupları ile

beraber değerdendirilip meydana gelen bu olumsuz kirlilik etkilerinin büyüklüğü zamansal olarak takip edilip incelenerek ortaya çıkan sonuçların önemi vurgulanabilir.

Bu çalışmada, bölgenin değerdendirilmesinde kullanılan uydu görüntüsünün iki boyutlu değerdendirmeye olanak vermesi sebebi ile yükseklik bilgisinin eksikliğinden dolayı etkinin hacimsel değerdeleri hesaplanamamıştır. Bunun için bölgenin yükseklik verileri gerekmektedir. Buna alternatif olarak farklı uydu sistemlerinin farklı algılayıcıları ile elde edilen stereo uydu görüntüleri düşünülebilir. Stereo uydu görüntüleri ile üç boyutlu değerdendirme yapılabilir ve arazinin sayısal yükseklik modeli oluşturulabilir. Bu model üzerinden, meydana gelen kirlenmenin etki alanlarının sayısal üç boyutlu bilgileri alınarak değerdendirmeye katılabilir.

Bu bölgede yapılan böyle bir çalışmanın ilk olması etkilerin boyutlarının takibi ve incelenmesini kısıtlı kılmaktadır. Bu nedenle bu çalışmanın değerdendirme sonuçları, bundan sonraki benzeri çalışmalarda ve çalışmaların sürekliliğinde bir temel altlık, başlangıç, oluşturacağı düşünülmektedir. Bölgenin doğal olmayan çevresel değışimlerinin incelenmesinde Uzaktan Algılama Tekniğı'nin etkisi, gücü ve kolaylığı bu ve benzeri çalışmalarla görülmeli ayrıca değışik meslek gruplarının bu konuyla ilgili yapmış olduğı ve yapacağı çalışmalarla desteklenerek bölgenin geleceğı hakkında önemli bilgiler elde edilmeli ve sonuçları değerdendirilmelidir.

KAYNAKLAR

- Akman, Ü., Tüfekçi, K.,** (1997) *Uzaktan Algılama ve Coğrafik Bilgi Sistemi Yöntemleriyle Arazi Örtüsü Haritası Yapımı: Yatağan-Denizli Enerji Hattı*, 3. Uzaktan Algılama ve Türkiye'deki Uygulamaları Semineri, Ankara, s. VI-9 - 13.
- Aksoy, E., Çullu, M., A., Ergün, H.,** (1997) *Bursa İlinde Doğal Kaynaklardaki Olumsuz Değişmelerin Belirlenmesinde Uzaktan Algılama ve Coğrafik Bilgi Sistem Teknikleri Uygulamaları*, 3. Uzaktan Algılama ve Türkiye'deki Uygulamaları Semineri, Ankara, s. V-22 - 30.
- Arslan, O.,** (2001) *Görüntü Sınıflandırılması İçin Yapay Sinir Ağlarının Analiz ve Optimizasyonu*, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 103 s.
- Büyüksalih, G.,** (2001 ve 2002) Kişisel görüşme.
- Büyüksalih, G.,** (2001) *Dijital Görüntü İşleme*, Yüksek Lisans Ders Notları, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Zonguldak, 82 s.
- Campbell, J.B.,** (1996) *Introduction to Remote Sensing*, Second Edition, Virginia Polytechnic Institute and State University, London, 622 pp.
- Curran, P.J.,** (1996) *Principles of Remote Sensing*, Longman Scientific and Technical, 282 pp.
- DiE,** (1999) *Uzaktan Algılama ile Türkiye Tahıl Ekili Alan ve Rekolte Tahmini Çalışması*, T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü, Ankara, 57 s.
- Ebadi, H.,** (1993) *A Digital Satellite Image Mosaic For New Brunswick*, University of New Brunswick Fredericton, Canada, 100 pp.
- Gonzalez, R. C., Woods, R. E,** (1993) *Digital Image Processing*, University of Tennessee Perceptics Corporation, New York, 716 pp.
- Göksel, Ç.,** (1996) *Elmalı ve Alibey Su Havzalarının Uydu Görüntü Verileriyle İzlenmesi ve Bilgi Sistemi Oluşturma*, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 113 s.
- Göksel, Ç., Musaoğlu, N., Kaya, Ş.,** (2001) *İstanbul Su Havzalarının Uydu Görüntüleri Kullanılarak Arazi Kullanım Değişimlerinin Zamansal Analizi*, İSKİ Genel Müdürlüğü, İstanbul, 44 s.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Göksel, Ç., Örmeci, C.,** (1997) *Uzaktan Algılama Teknolojisinin Havza Arazi Kullanımlarının Hazırlanmasında Uygulanması*, 6. Harita Kurultayı, Ankara, s. 159-163.
- İpbüker, C.,** (1994) *Uydu Verilerinden Harita Kapsamında Görüntü Üretmenin Geometrik Doğruluğu*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 82 s.
- Kavak, K., Ş.,** (2000) *Sayısal Görüntüleme*, Bilim ve Teknik Dergisi, Ağustos 2001, Sayı 393, TÜBİTAK, s. 90-92.
- Kaya, Ş.,** (2000) *Uydu Görüntüleri ve Sayısal Arazi Modeli Kullanılarak Kuzey Anadolu Fayı Gelibolu-Işıklar Dağı Kesiminin Jeomorfolojik-Jeolojik Özelliklerinin İncelenmesi*, Teknik Rapor, Türkiye Deprem Vakfı, İstanbul, 113 s.
- Kaya, Ş., Musaoğlu, N.,** (1997) *Çevre Değişimlerinin Uzaktan Algılama Verileri İle Değerlendirilmesi*, 3. Uzaktan Algılama ve Türkiye'deki Uygulamaları Semineri, Ankara, s. V-40 - 47.
- Kaya, Ş.,** (2002) Kişisel görüşme.
- Kurt, O.,** (2001) Kişisel görüşme.
- Koç, A., Yener, H., Yılmaz, O., Y., Erdin, K.,** (1997) *Yersel Çalışmalar ve Görüntü İşleme Teknikleri İle Belirlenen Arazi Kullanımlarının Karşılaştırılması*, 3. Uzaktan Algılama ve Türkiye'deki Uygulamaları Semineri, Ankara, s. VI-19 - 26.
- Kuşçu, Ş., Koçak, E.,** (1997) *Taşkömür Havzasında Madencilikten Kaynaklanan Çevresel Sorunlar ve Uzaktan Algılamadan Beklentiler*, 3. Uzaktan Algılama ve Türkiye'deki Uygulamaları Semineri, Ankara, s. VIII-9 - 15.
- Maktav, D., Sunar, F.,** (1991) *Uzaktan Algılama-Kantitatif Yaklaşım*, İstanbul, 429 s.
- Mather, P., M.,** (1999) *Computer Processing of Remotely-Sensed Images*, Second Edition, School of Geography, The University of Nottingham, UK, 292 pp.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Metin, S.,** (19..) *Tarım Alanlarının Kontrollü Sınıflandırılmasında Kullanılan Üç Farklı Yaklaşımın Karşılaştırılması*, T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü-Uzaktan Algılama Şubesi, Ankara.
- Metin, S.,** (1997) *Uydu Görüntülerinin Tarımsal Amaçlı Sınıflandırılmasında Farklı Toprak Yapısının Etkisi*, 3. Uzaktan Algılama ve Türkiye'deki Uygulamaları Semineri, Ankara, s. X-8 - 21.
- Musaoglu, N.,** (1999) *Elektro-optik ve Aktif Mikrodalga Algılayıcılardan Elde Edilen Uydu Verilerinden Orman Alanlarında Meşcere Tiplerinin ve Yetiştirme Ortamı Birimlerinin Belirlenme Olanakları*, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 112 s.
- Musaoglu, N., Kaya, Ş., Sunar, F., Maktav, D.,** (1997) *Farklı Algılama Sistemlerinden Elde Edilen Görüntü Verilerinin Tarım Amaçlı Kullanımı*, 3. Uzaktan Algılama ve Türkiye'deki Uygulamaları Semineri, Ankara, s. X-55 - 61.
- Musaoglu, N.,** (2002) Kişisel görüşme.
- Önder, M.,** (2002) *Uzaktan Algılamada Topoğrafik Uygulamalar*, Harita Genel Komutanlığı, Ankara, 134 s.
- Örmeci, C.,** (1987) *Uzaktan Algılama (Temel Esaslar ve Algılama Sistemleri)*, Cilt I, İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, İstanbul, 112 s.
- Örmeci, C., Müftüoğlu, O., Sunar, F., Coşkun, G.,** (1993) *Landsat Thematic Mapper Verileri Kullanarak Hububat Ekim Alanlarının Sınıflandırılması*, İTÜ Dergisi, Yıl 51, Sayı 4, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Örmeci, C., Ekercin, S.,** (2001) *Uydulardan Elde Edilen Verilerle Meriç Nehri Kıyı Çizgisinin İncelenmesi*, 8. Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.
- Öröklü, E.,** (1988) *Uzaktan Algılama*, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 96 s.
- Schowengerdt, R., A.,** (1997) *Remote Sensing Models and Methods For Image Processing*, Second Edition, Department of Electrical and Computer Engineering University of Arizona Tucson, Arizona, 522 pp.
- Sesören, A.,** (1999) *Uzaktan Algılamada Temel Kavramlar*, İstanbul, 126 s.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

Yıldırım, H., Alparslan, E., Aydöner, C., Elitaş, S., (1997) *Bitki Örtüsü ve Yoğunluğunun Uzaktan Algılama ile Bulunması*, 3. Uzaktan Algılama ve Türkiye'deki Uygulamaları Semineri, Ankara, s. X-22 - 31.

<http://www.zonguldak.gov.tr>.

<http://www.zonguldakcevre.gov.tr>.

<http://www.nik.com.tr>.

EKLER DİZİNİ

- EK I. Geometrik Dönüşüm için Kullanılan Yer Kontrol Noktalarının Sayısı ve Farklı Dönüşüm Modelleri için Doğruluk Değerleri
- EK II. 63 Adet Yer Kontrol Noktası ile Afin Dönüşümü (PCI EASI/PACE OrthoEngine SE Modülü)
- EK III. 48 Adet Yer Kontrol Noktası ile Afin Dönüşümü (PCI EASI/PACE OrthoEngine SE Modülü)
- EK IV. 48 Adet Yer Kontrol Noktası ile Helmert Dönüşümü Sonucu Oluşan Hata Vektörleri
- EK V. 48 adet Yer Kontrol Noktası ile Afin Dönüşümü Sonucu Oluşan Hata Vektörleri
- EK VI. Kontrollü Sınıflandırma Sonucu Sınıfların Birbirleri ile Ayrım Durumu
- EK VII. Kontrollü Sınıflandırma Sonucunun Doğruluğu için 250 Rasgele Örnek Piksel ile Oluşan Hata Matrisi
- EK VIII. Yapılan Kontrollü Sınıflandırmanın Doğruluk Analizi



EKLER

EK I

GEOMETRİK DÖNÜŞÜM İÇİN KULLANILAN YER KONTROL NOKTALARININ SAYISI VE FARKLI DÖNÜŞÜM MODELLERİ İÇİN DOĞRULUK DEĞERLERİ

TRANSFORMASYON	GCP (n=48)						CP (n=0)					
	YER RMS (m)			GÖRÜNTÜ RMS (piksel)			YER RMS (m)			GÖRÜNTÜ RMS (piksel)		
	E	N	VEC.	m _x	m _y	m _p	E	N	VEC.	m _x	m _y	m _p
HELMERT	19.2	18.6	26.7	0.64	0.62	0.89						
AFİN	18.9	18.6	26.5	0.63	0.62	0.88						
POLİNOM-2.	18.6	18.6	26.3	0.62	0.62	0.88						
POLİNOM-3.	18.3	18.0	25.7	0.61	0.60	0.86						
POLİNOM-4.	18.3	18.0	25.7	0.61	0.60	0.86						
POLİNOM-5.	17.1	17.4	24.4	0.57	0.58	0.81						
TRANSFORMASYON	GCP (n=24)						CP (n=24)					
	YER RMS (m)			GÖRÜNTÜ RMS (piksel)			YER RMS (m)			GÖRÜNTÜ RMS (piksel)		
	E	N	VEC.	m _x	m _y	m _p	E	N	VEC.	m _x	m _y	m _p
HELMERT	19.5	23.7	30.7	0.65	0.79	1.02	19.8	14.7	24.7	0.66	0.49	0.82
AFİN	17.4	20.7	27.0	0.58	0.69	0.90	21.6	19.2	28.9	0.72	0.64	0.96
POLİNOM-2.	15.6	20.1	25.4	0.52	0.67	0.85	22.5	21.0	30.8	0.75	0.70	1.03
POLİNOM-3.	15.3	18.6	24.1	0.51	0.62	0.80	22.2	21.6	31.0	0.74	0.72	1.03
POLİNOM-4.	14.1	16.8	21.9	0.47	0.56	0.73	21.0	23.4	31.4	0.70	0.78	1.05
POLİNOM-5.	13.5	16.5	21.3	0.45	0.55	0.71	20.4	26.1	33.1	0.68	0.87	1.10
TRANSFORMASYON	GCP (n=16)						CP (n=32)					
	YER RMS (m)			GÖRÜNTÜ RMS (piksel)			YER RMS (m)			GÖRÜNTÜ RMS (piksel)		
	E	N	VEC.	m _x	m _y	m _p	E	N	VEC.	m _x	m _y	m _p
HELMERT	21.3	23.7	31.9	0.71	0.79	1.06	19.5	16.8	25.7	0.65	0.56	0.86
AFİN	15.9	20.1	25.6	0.53	0.67	0.85	22.5	20.4	30.4	0.75	0.68	1.01
POLİNOM-2.	13.8	19.5	23.9	0.46	0.65	0.80	23.1	21.3	31.4	0.77	0.71	1.05
POLİNOM-3.	13.8	16.2	21.3	0.46	0.54	0.71	23.1	21.9	31.8	0.77	0.73	1.06
POLİNOM-4.	10.8	15.9	19.2	0.36	0.53	0.64	29.4	22.2	36.8	0.98	0.74	1.23
TRANSFORMASYON	GCP (n=8)						CP (n=40)					
	YER RMS (m)			GÖRÜNTÜ RMS (piksel)			YER RMS (m)			GÖRÜNTÜ RMS (piksel)		
	E	N	VEC.	m _x	m _y	m _p	E	N	VEC.	m _x	m _y	m _p
HELMERT	27.0	24.3	36.3	0.90	0.81	1.21	18.0	17.7	25.2	0.60	0.59	0.84
AFİN	18.9	18.0	26.1	0.63	0.60	0.87	23.1	22.5	32.2	0.77	0.75	1.07
POLİNOM-2.	5.1	9.3	10.6	0.17	0.31	0.35	37.2	28.8	47.0	1.24	0.96	1.57
TRANSFORMASYON	GCP (n=4)						CP (n=44)					
	YER RMS (m)			GÖRÜNTÜ RMS (piksel)			YER RMS (m)			GÖRÜNTÜ RMS (piksel)		
	E	N	VEC.	m _x	m _y	m _p	E	N	VEC.	m _x	m _y	m _p
HELMERT	27.3	30.3	40.8	0.91	1.01	1.36	18.9	17.7	25.9	0.63	0.59	0.86
AFİN	1.2	21.3	21.3	0.04	0.71	0.71	24.3	23.1	33.5	0.81	0.77	1.12

EK II

63 ADET YER KONTROL NOKTASI İLE AFİN DÖNÜŞÜMÜ (PCI EASI/PACE ORTHOENGİNE SE MODÜLÜ)

Residual Error Report

Residual Units: Image Pixels

Residual Info for 1 Images

GCPs: 63 X RMS 0.91 Y RMS 0.84

Listing: All points All Images

Point ID	Res	Res X	Res Y	Type	Photo ID	Photo X	Photo Y	Comp X	Comp Y
G0607	2.39	-1.81	-1.56	GCP zonsub	1184.3	914.1	1182.5	912.5	
G0102	2.37	2.35	0.29	GCP zonsub	53.9	1093.9	56.3	1094.2	
G0202	2.33	-0.48	2.29	GCP zonsub	443.9	955.9	443.5	958.2	
G0602	2.32	2.03	1.12	GCP zonsub	1124.4	586.9	1126.4	588.0	
G0401	2.23	-0.02	-2.23	GCP zonsub	698.2	828.1	698.2	825.8	
G0208	2.10	1.70	1.24	GCP zonsub	599.3	993.2	601.0	994.4	
G0206	1.89	-1.39	-1.29	GCP zonsub	526.3	916.2	524.9	914.9	
G0107	1.84	-1.72	-0.66	GCP zonsub	312.6	872.9	310.8	872.3	
G0404	1.79	-0.20	-1.78	GCP zonsub	832.3	1005.6	832.1	1003.8	
G0215	1.76	-1.01	1.44	GCP zonsub	520.2	804.9	519.2	806.4	
G0508	1.74	1.73	0.17	GCP zonsub	1207.6	259.2	1209.3	259.4	
G0106	1.72	-1.56	-0.72	GCP zonsub	261.6	932.6	260.0	931.8	
G0105	1.70	-1.69	-0.23	GCP zonsub	220.9	949.9	219.3	949.7	
G0220	1.65	1.40	-0.87	GCP zonsub	516.3	635.7	517.7	634.8	
G0210	1.65	-0.02	1.65	GCP zonsub	621.3	970.6	621.3	972.2	
G0209	1.55	1.40	0.67	GCP zonsub	627.9	1006.4	629.3	1007.1	
G0207	1.50	1.30	0.75	GCP zonsub	513.7	938.4	515.0	939.2	
G0114	1.46	1.24	0.77	GCP zonsub	124.3	1120.1	125.5	1120.8	
G0502	1.40	0.83	-1.13	GCP zonsub	1032.4	248.4	1033.3	247.3	
G0221	1.39	-0.11	1.38	GCP zonsub	601.2	552.2	601.0	553.5	
G0212	1.34	-1.27	0.44	GCP zonsub	579.6	833.5	578.4	833.9	
G0113	1.34	1.05	-0.83	GCP zonsub	133.9	1142.3	135.0	1141.5	
G0205	1.32	-1.32	-0.14	GCP zonsub	440.1	921.6	438.7	921.4	
G0505	1.20	0.73	-0.95	GCP zonsub	1145.1	300.2	1145.8	299.2	
G0214	1.15	-0.74	-0.88	GCP zonsub	536.9	779.1	536.2	778.2	
G0601	1.11	-0.06	1.11	GCP zonsub	1283.9	476.1	1283.9	477.2	
G0504	1.02	-0.98	0.29	GCP zonsub	1173.0	131.0	1172.1	131.3	
G0506	1.00	-0.43	0.90	GCP zonsub	1265.3	329.3	1264.9	330.2	
G0301	1.00	-0.07	-0.99	GCP zonsub	697.7	487.3	697.6	486.3	
G0109	0.99	0.22	-0.97	GCP zonsub	292.7	1095.3	292.9	1094.3	
G0222	0.99	-0.07	-0.99	GCP zonsub	606.1	544.5	606.0	543.5	
G0213	0.94	-0.93	0.09	GCP zonsub	502.8	906.6	501.9	906.7	
G0101	0.93	0.64	-0.67	GCP zonsub	35.8	1105.1	36.5	1104.4	
G0203	0.90	0.63	0.65	GCP zonsub	351.4	952.9	352.1	953.6	
G0211	0.87	0.72	0.50	GCP zonsub	655.3	842.9	656.0	843.4	
G0304	0.84	-0.69	0.47	GCP zonsub	799.9	459.4	799.2	459.9	
G0405	0.83	-0.46	-0.69	GCP zonsub	759.1	799.2	758.6	798.5	
G0302	0.81	-0.70	0.40	GCP zonsub	821.3	405.4	820.6	405.8	
G0201	0.79	0.78	0.10	GCP zonsub	491.6	929.4	492.3	929.5	
G0605	0.72	0.72	0.04	GCP zonsub	1293.4	765.6	1294.2	765.6	
G0604	0.72	-0.71	0.04	GCP zonsub	1349.3	842.9	1348.6	843.0	
G0217	0.72	0.00	0.72	GCP zonsub	405.4	781.6	405.4	782.3	
G0507	0.64	-0.54	-0.34	GCP zonsub	1254.3	354.5	1253.7	354.1	
G0510	0.62	0.46	0.41	GCP zonsub	1259.9	205.1	1260.4	205.5	
G0115	0.61	-0.61	0.03	GCP zonsub	254.8	987.7	254.2	987.7	
G0108	0.56	-0.18	0.53	GCP zonsub	251.6	1028.8	251.4	1029.3	
G0218	0.56	0.19	-0.53	GCP zonsub	430.8	739.9	431.0	739.4	
G0204	0.55	0.32	-0.45	GCP zonsub	369.1	965.4	369.4	965.0	
G0402	0.53	0.49	-0.21	GCP zonsub	902.1	591.4	902.5	591.2	
G0104	0.50	-0.32	0.39	GCP zonsub	162.4	1004.2	162.1	1004.6	
G0511	0.41	-0.33	0.23	GCP zonsub	1020.3	457.2	1020.0	457.4	
G0110	0.36	0.12	-0.33	GCP zonsub	267.7	1050.7	267.8	1050.4	
G0219	0.34	0.30	-0.15	GCP zonsub	448.5	723.5	448.8	723.3	
G0112	0.34	-0.26	0.21	GCP zonsub	180.6	1079.3	180.3	1079.5	
G0501	0.33	0.33	-0.03	GCP zonsub	966.1	285.0	966.4	285.0	
G0111	0.26	-0.26	-0.02	GCP zonsub	270.2	1043.8	270.0	1043.8	
G0303	0.25	0.09	-0.23	GCP zonsub	759.8	435.0	759.9	434.7	
G0503	0.23	-0.21	-0.11	GCP zonsub	1001.0	227.1	1000.8	227.0	
G0509	0.21	-0.16	0.14	GCP zonsub	1238.6	210.1	1238.5	210.3	
G0603	0.16	-0.16	0.02	GCP zonsub	1123.0	584.5	1122.8	584.5	
G0103	0.14	-0.13	0.03	GCP zonsub	69.3	1064.4	69.1	1064.4	
G0216	0.05	0.01	-0.05	GCP zonsub	399.6	777.4	399.6	777.4	

EK III

48 ADET YER KONTROL NOKTASI İLE AFİN DÖNÜŞÜMÜ (PCI EASI/PACE ORTHOENGINE SE MODÜLÜ)

Residual Error Report
 Residual Units: Image Pixels
 Residual Info for 1 Images
GCPs: 48 X RMS 0.63 Y RMS 0.62
 Listing: GCPs only All Images

Point ID	Res	Res X	Res Y	Type	Photo ID	Photo X	Photo Y	Comp X	Comp Y
G0221	1.49	-0.05	1.48	GCP zonsub	601.2	552.2	601.1	553.6	
G0502	1.47	1.01	-1.06	GCP zonsub	1032.4	248.4	1033.5	247.4	
G0210	1.45	-0.15	1.44	GCP zonsub	621.3	970.6	621.2	972.0	
G0205	1.43	-1.42	-0.21	GCP zonsub	440.1	921.6	438.6	921.4	
G0212	1.38	-1.34	0.35	GCP zonsub	579.6	833.5	578.3	833.8	
G0207	1.34	1.19	0.63	GCP zonsub	513.7	938.4	514.9	939.1	
G0209	1.32	1.25	0.44	GCP zonsub	627.9	1006.4	629.2	1006.9	
G0505	1.31	0.88	-0.98	GCP zonsub	1145.1	300.2	1145.9	299.2	
G0114	1.30	1.06	0.75	GCP zonsub	124.3	1120.1	125.4	1120.8	
G0113	1.23	0.87	-0.87	GCP zonsub	133.9	1142.3	134.8	1141.4	
G0214	1.19	-0.78	-0.89	GCP zonsub	536.9	779.1	536.2	778.2	
G0109	1.07	0.05	-1.07	GCP zonsub	292.7	1095.3	292.7	1094.2	
G0213	1.03	-1.03	0.00	GCP zonsub	502.8	906.6	501.8	906.6	
G0405	1.00	-0.52	-0.85	GCP zonsub	759.1	799.2	758.5	798.3	
G0604	0.96	-0.84	-0.48	GCP zonsub	1349.3	842.9	1348.5	842.5	
G0301	0.90	0.02	-0.90	GCP zonsub	697.7	487.3	697.7	486.4	
G0222	0.89	0.00	-0.89	GCP zonsub	606.1	544.5	606.1	543.6	
G0601	0.88	-0.00	0.88	GCP zonsub	1283.9	476.1	1283.9	476.9	
G0506	0.84	-0.30	0.79	GCP zonsub	1265.3	329.3	1265.0	330.1	
G0504	0.84	-0.75	0.37	GCP zonsub	1173.0	131.0	1172.3	131.3	
G0203	0.80	0.52	0.61	GCP zonsub	351.4	952.9	352.0	953.5	
G0101	0.80	0.48	-0.64	GCP zonsub	35.8	1105.1	36.3	1104.4	
G0304	0.79	-0.60	0.53	GCP zonsub	799.9	459.4	799.3	460.0	
G0217	0.77	-0.03	0.77	GCP zonsub	405.4	781.6	405.4	782.3	
G0302	0.76	-0.58	0.49	GCP zonsub	821.3	405.4	820.7	405.9	
G0605	0.75	0.64	-0.40	GCP zonsub	1293.4	765.6	1294.1	765.2	
G0510	0.75	0.65	0.38	GCP zonsub	1259.9	205.1	1260.6	205.4	
G0211	0.74	0.64	0.37	GCP zonsub	655.3	842.9	656.0	843.3	
G0115	0.73	-0.73	0.02	GCP zonsub	254.8	987.7	254.1	987.7	
G0201	0.68	0.68	0.01	GCP zonsub	491.6	929.4	492.2	929.4	
G0507	0.63	-0.43	-0.46	GCP zonsub	1254.3	354.5	1253.8	354.0	
G0104	0.61	-0.44	0.42	GCP zonsub	162.4	1004.2	162.0	1004.6	
G0402	0.60	0.51	-0.30	GCP zonsub	902.1	591.4	902.6	591.1	
G0108	0.59	-0.32	0.50	GCP zonsub	251.6	1028.8	251.2	1029.3	
G0204	0.55	0.21	-0.50	GCP zonsub	369.1	965.4	369.3	964.9	
G0501	0.50	0.50	0.06	GCP zonsub	966.1	285.0	966.6	285.1	
G0218	0.49	0.17	-0.46	GCP zonsub	430.8	739.9	431.0	739.5	
G0112	0.45	-0.41	0.19	GCP zonsub	180.6	1079.3	180.1	1079.5	
G0111	0.41	-0.41	-0.07	GCP zonsub	270.2	1043.8	269.8	1043.8	
G0110	0.39	-0.03	-0.39	GCP zonsub	267.7	1050.7	267.7	1050.3	
G0219	0.31	0.30	-0.09	GCP zonsub	448.5	723.5	448.8	723.4	
G0511	0.30	-0.25	0.17	GCP zonsub	1020.3	457.2	1020.1	457.4	
G0103	0.29	-0.28	0.08	GCP zonsub	69.3	1064.4	69.0	1064.5	
G0603	0.24	-0.15	-0.20	GCP zonsub	1123.0	584.5	1122.8	584.3	
G0303	0.24	0.20	-0.14	GCP zonsub	759.8	435.0	760.0	434.8	
G0509	0.12	0.02	0.12	GCP zonsub	1238.6	210.1	1238.6	210.2	
G0216	0.02	-0.02	0.01	GCP zonsub	399.6	777.4	399.5	777.4	
G0503	0.02	-0.01	-0.01	GCP zonsub	1001.0	227.1	1001.0	227.1	

EK IV

48 ADET YER KONTROL NOKTASI İLE HELMERT DÖNÜŞÜMÜ SONUCU OLUŞAN HATA VEKTÖRLERİ

HELMERT DÖNÜŞÜM MODELİ

0.5 piksel = 15 m

I



EK V

48 ADET YER KONTROL NOKTASI İLE AFİN DÖNÜŞÜMÜ SONUCU OLUŞAN HATA VEKTÖRLERİ

AFIN DÖNÜŞÜM MODELİ

0.5 piksel = 15 m



EK VI
KONTROLLÜ SINIFLANDIRMA SONUCU SINIFLARIN BİRBİRLERİ
İLE AYRIM DURUMU

Separability Measure: Bhattacharyya Distance

Average Separability: 1.939358

Minimum Separability: 0.710795

Maximum Separability: 2.000000

Name 1	Name 2	Separability
acik alanlar	cay-filyos	1.997527
acik alanlar	deniz	1.999997
acik alanlar	kum-sahil	1.836939
acik alanlar	sist-atik	1.995477
acik alanlar	orman-l	1.952711
acik alanlar	yerlesim	1.657199
acik alanlar	yesil duz al	1.850586
bulut	acik alanlar	2.000000
bulut	cay-filyos	2.000000
bulut	deniz	2.000000
bulut	kayalik bos	2.000000
bulut	kum-sahil	2.000000
bulut	orman	1.999999
bulut	sist-atik	2.000000
bulut	orman-l	2.000000
bulut	yerlesim	2.000000
bulut	yesil duz al	2.000000
bulut golges	acik alanlar	1.999998
bulut golges	bulut	2.000000
bulut golges	cay-filyos	1.999999
bulut golges	deniz	2.000000
bulut golges	kayalik bos	2.000000
bulut golges	kum-sahil	1.999567
bulut golges	orman	1.999936
bulut golges	sist-atik	2.000000
bulut golges	orman-l	1.957311
bulut golges	yerlesim	1.999956
bulut golges	yesil duz al	1.999954
cay-filyos	deniz	1.993703
kayalik bos	acik alanlar	1.987305
kayalik bos	cay-filyos	2.000000
kayalik bos	deniz	2.000000
kayalik bos	kum-sahil	1.247140
kayalik bos	orman	2.000000
kayalik bos	sist-atik	2.000000
kayalik bos	orman-l	1.999999
kayalik bos	yerlesim	1.478485
kayalik bos	yesil duz al	2.000000
kum-sahil	cay-filyos	1.997715
kum-sahil	deniz	1.999995
kum-sahil	sist-atik	1.987945
kum-sahil	orman-l	1.980196
kum-sahil	yerlesim	0.710795
orman	acik alanlar	1.999653
orman	cay-filyos	2.000000
orman	deniz	2.000000
orman	kum-sahil	1.999961
orman	sist-atik	2.000000
orman	orman-l	1.985527
orman	yerlesim	1.999918
orman	yesil duz al	1.832887
sist-atik	cay-filyos	1.991119
sist-atik	deniz	1.989484
su	acik alanlar	1.999995
su	bulut	2.000000
su	bulut golges	2.000000
su	cay-filyos	1.793065
su	deniz	1.460634
su	kayalik bos	2.000000
su	kum-sahil	1.999996
su	orman	2.000000
su	sist-atik	1.995812
su	orman-l	2.000000
su	yerlesim	2.000000
su	yesil duz al	2.000000
orman-l	cay-filyos	1.999956
orman-l	deniz	2.000000
orman-l	sist-atik	1.999754
yerlesim	cay-filyos	1.999150
yerlesim	deniz	2.000000
yerlesim	sist-atik	1.976106
yerlesim	orman-l	1.974895
yesil duz al	cay-filyos	1.999999
yesil duz al	deniz	2.000000
yesil duz al	kum-sahil	1.992636
yesil duz al	sist-atik	1.999996
yesil duz al	orman-l	1.666684
yesil duz al	yerlesim	1.983302

EK VII

KONTROLLÜ SINIFLANDIRMA SONUCUNUN DOĞRULUĞU İÇİN 250 RASGELE ÖRNEK PİKSEL İLE OLUŞAN HATA MATRİSİ

Error (Confusion) Matrix

Classified Data	Reference Data												
	deniz	filyos cay	sist-atik	orman-1	yerlesim	kum-sahil	yesil	düz	acik alan	orman	kayalik	b	bulut
deniz	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
cay-filyos	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sist-atik	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
orman-1	0	0	0	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0
yerlesim	0	0	0	0	7	1	0	1	0	0	0	0	0
kum-sahil	0	0	0	0	1	3	0	1	0	0	0	0	0
yesil düz	0	0	0	10	4	0	30	6	8	0	0	0	0
acik alan	0	0	0	2	10	0	5	16	0	0	2	1	0
orman	0	0	0	4	0	0	16	1	53	0	0	0	0
kayalik bos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
bulut	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
bulut gol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
su	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unknown	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Totals	52	2	1	21	22	4	51	26	61	2	1	1	244



EK VIII

YAPILAN KONTROLLÜ SINIFLANDIRMANIN DOĞRULUK ANALİZİ

Accuracy Statistics

Overall Accuracy : 68.800% 95% Confidence Interval (62.857% 74.743%)
Overall Kappa Statistic: 0.618% Overall Kappa Variance : 0.001%

Class Name	Producer's Accuracy	95% Confidence Interval	User's Accuracy	95% Confidence Interval	Kappa Statistic
deniz	96.154%	(89.965% 102.342%)	100.000%	(99.000% 101.000%)	1.0000
cay-filyos	100.000%	(75.000% 125.000%)	100.000%	(75.000% 125.000%)	1.0000
sist-atik	100.000%	(50.000% 150.000%)	50.000%	(-44.296% 144.296%)	0.4980
orman-1	23.810%	(3.212% 44.407%)	83.333%	(45.180% 121.487%)	0.8180
yerlesim	31.818%	(10.082% 53.554%)	77.778%	(45.061% 110.495%)	0.7563
kum-sahil	75.000%	(20.065% 129.935%)	60.000%	(7.059% 112.941%)	0.5935
yesil duz	58.824%	(44.336% 73.311%)	51.724%	(38.002% 65.447%)	0.3935
acik alan	61.538%	(40.915% 82.162%)	44.444%	(26.823% 62.066%)	0.3800
orman	86.885%	(77.594% 96.176%)	70.667%	(59.696% 81.638%)	0.6120
kayalik b	0.000%	(0.000% 0.000%)	0.000%	(0.000% 0.000%)	0.0000
bulut	0.000%	(0.000% 0.000%)	0.000%	(0.000% 0.000%)	0.0000
bulut gol	0.000%	(0.000% 0.000%)	0.000%	(0.000% 0.000%)	0.0000
su-kirli	83.333%	(45.180% 121.487%)	71.429%	(30.819% 112.038%)	0.7073



Y.C. YÜKSEKOKUL KÜTÜPHANESİ
DOKÜMANTASYON BÖLÜMÜ

ÖZGEÇMİŞ

Murat ORUÇ 1973'te Zonguldak'ta doğdu; İlk-orta-lise öğrenimini aynı şehirde tamamladı; Zonguldak Mehmet Çelikel Lisesi'nden mezun olduktan sonra 1994 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü'ne girdi; 1998'de "iyi" derece ile mezun olduktan sonra Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans programına başladı; halen, 1998'de girdiği Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans programını sürdürmektedir.