

**UZAKTAN ALGILAMA YÖNTEMLERİ İLE
KÖYCEĞİZ BÖLGESİNDEKİ SIĞLA
ORMANLARININ DEĞİŞİM ANALİZİ**

TEZİN
MÜHÜRLENİŞİ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. Emine (MALKAN) İSPİR
Enstitü No: 501960627011**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 5 Haziran 2000
Tezin Savunulduğu Tarih : 21 Haziran 2000**

**Tez Danışmanı : Doç.Dr. Filiz (SUNAR) ERBEK
Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Derya MAKTAV (İ.T.Ü.)
Prof.Dr. Feyza AKYÜZ (İ.Ü.)**

100976

HAZİRAN 2000

ÖNSÖZ

İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği programında gerçekleştirilen bu yüksek lisans çalışmasında uydu görüntüleri ve hava fotoğrafları kullanılarak Köyceğiz bölgesindeki sığla ormanlarının zamansal olarak alan değişimi analizi yapılmıştır.

Bu çalışma sırasında tez danışmanlığımı üstlenen, bana uzaktan algılamayı sevdiren ve her konuda destek olan sayın Doç. Dr. Filiz (Sunar) Erbek' e çok teşekkür ederim.

Ayrıca her konudaki anlayışları ve bana verdikleri destek için sevgili eşime, tüm aileme ve özellikle kızım Ceren'e sonsuz teşekkür ederim.

EMİNE (MALKAN) İSPİR

HAZİRAN 2000

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
KISALTMALAR	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
TABLO LİSTESİ	vii
ÖZET	viii
SUMMARY	x
1. GİRİŞ	1
2. ELEKTROMANYETİK ENERJİ VE ATMOSFER ETKİSİ	4
2.1. Elektromanyetik Enerji	4
2.2. Elektromanyetik Spektrum	5
2.3. Atmosferik Etkileşim	6
2.3.1. Atmosferik Saçılma	6
2.3.2. Atmosferik Yutulma	7
2.4. Cisimlerin Spektral Karakteristikleri	7
2.4.1. Bitki Örtüsünün Spektral Karakteristikleri	8
2.4.2. Zeminlerin Spektral Karakteristikleri	11
2.4.3. Suyun Spektral Karakteristikleri	12
3. UYDU VERİLERİ VE SİSTEMLERİ	14
3.1. Uydu Verileri	14
3.2. Çözünürlük	15
3.3. LANDSAT Uydu Sistemi	16
3.3.1. LANDSAT-MSS Sistemi	21
3.3.2. LANDSAT-TM Sistemi	21
3.3.3. LANDSAT-ETM+ Sistemi	22
3.4. SPOT Uydu Sistemi	23
4. DİJİTAL GÖRÜNTÜ İŞLEME YÖNTEMLERİ	27
4.1. Görüntü Zenginleştirme	28
4.1.1. Kontrast Artırımı	28
4.1.2. Filtreleme	29
4.1.3. Oran Görüntüleri Oluşturma	30
4.2. Geometrik Düzeltme	31
4.3. Sınıflandırma	34
4.3.1. Kontrolsüz Sınıflandırma	36
4.3.2. Kontrollü Sınıflandırma	37
4.3.3. Doğruluk Analizi	39
5. COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ	40
5.1. Coğrafi Bilgi Sistemi Nedir?	40
5.2. Coğrafi Bilgi Sisteminin Bileşenleri	41

5.3. Coğrafi Bilgi Sisteminin Oluşturulmasında Kullanılan Veri Kaynakları	42
5.4. Coğrafi Veri Yapıları	43
5.5. Coğrafi Bilgi Sisteminin Uygulama Alanları	44
5.6. Orman Bilgi Sistemi	44
6. UYGULAMA	47
6.1. Çalışma Bölgesi	47
6.2. Sığla Ağacı (Liquidamber Orientalis)	48
6.3. Kullanılan Bilgisayar Donanım, Yazılım Ve Uydu Verileri	50
6.4. Dijital Görüntü İşleme	51
6.4.1. Filtreleme	51
6.4.2. Oran Görüntüleri	52
6.4.3. Spektral Profil Analizi	54
6.4.4. Sınıflandırma	56
6.4.5. Doğruluk Analizi	58
6.5. Geometrik Düzeltme	62
6.6. Hava Fotoğraflarının Geometrik Düzeltmesi Ve Mozaik Oluşturulması	64
6.7. Alan Hesabı	64
6.8. Değişim Analizi	66
6.9. Orman Bilgi Sistemi	68
7. SONUÇ	71
KAYNAKLAR	72
ÖZGEÇMİŞ	74

KISALTMALAR

CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
ETM+	: Enhanced Thematic Mapper Plus
GCP	: Ground Control Points
GIS	: Geographic Information Systems
KOH	: Karesel Ortalama Hata
MIDLOW	: Minimum Highpass Effect
MSS	: MultiSpectral Scanner
NASA	: U.S. National Aeronautics and Space Administration
OBS	: Orman Bilgi Sistemi
TM	: Thematic Mapper
UTM	: Universal Transverse Mercator
UV	: UltraViolet



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1	: Arkeolojide uzaktan algılama.	2
Şekil 2.1	: Bir uzaktan algılama sistemi	5
Şekil 2.2	: Elektromanyetik spektrum	6
Şekil 2.3	: Farklı yeryüzü cisimlerinin spektral yansıtma eğrileri	8
Şekil 2.4	: Bitki örtüsünün spektral yansıtımı	9
Şekil 2.5	: Bitki hücresi enine kesitinde, yakın kızılötesi ve görünür dalga boylarındaki yansıtım etkileşimi	10
Şekil 2.6	: Yaprığın yansıtımı	11
Şekil 3.1	: Farklı uydu verilerinin uzaysal çözünürlükleri	16
Şekil 3.2.a	: LANDSAT 4 ve 5 uyduları	18
Şekil 3.2.b	: LANDSAT 7 uydusu	18
Şekil 3.3	: SPOT uydusu	24
Şekil 4.1.a	: Dijital görüntü	28
Şekil 4.1.b	: Piksel	28
Şekil 4.2	: Geometrik düzeltme	34
Şekil 4.3	: Sınıflandırma uygulaması örneği	35
Şekil 5.1	: Coğrafi Bilgi Sistemi katmanları	41
Şekil 5.2	: Coğrafi Bilgi Sisteminin bileşenleri	41
Şekil 5.3	: Coğrafi veri yapıları	43
Şekil 6.1	: Çalışma bölgesinin coğrafi konumu	48
Şekil 6.2	: Köyceğiz bölgesindeki sığla ağaçları	49
Şekil 6.3.a	: Sığla ağacının gövdesi	49
Şekil 6.3.b	: Sığla yaprağı	49
Şekil 6.4	: Orijinal LANDSAT-TM-91 görüntüsü	51
Şekil 6.5	: Filtrelenmiş LANDSAT-TM-91 görüntüsü	52
Şekil 6.6.a	: Bitki örtüsü indeksi (VI) görüntüsü	53
Şekil 6.6.b	: Normalize edilmiş bitki örtüsü indeksi (NDVI) görüntüsü	53
Şekil 6.7	: Gözönüne alınan arazi kullanım sınıflarının spektral profil analizi	55
Şekil 6.8	: Bitki örtüsü ve orman sınıflarının spektral profil analizi	55
Şekil 6.9.a	: LANDSAT-TM-84 verisinin sınıflandırılmış görüntüsü	57
Şekil 6.9.b	: LANDSAT-TM-91 verisinin sınıflandırılmış görüntüsü	57
Şekil 6.9.c	: LANDSAT-TM-96 verisinin sınıflandırılmış görüntüsü	58
Şekil 6.10	: Rektifiye edilmiş LANDSAT-TM-96 görüntüsü	63
Şekil 6.11	: Sığla orman alanlarındaki alansal değişim	65
Şekil 6.12	: Hava fotoğraflarının mozaığı ve sığla alanları	66
Şekil 6.13	: Sığla ormanlarındaki değişim	68
Şekil 6.14	: Oluşturulan Orman Bilgi Sistemi	69
Şekil 6.15	: Muğla Belediyesince hazırlanmış olan mevcut arazi kullanımı haritasında orman sınırlarının CBS ortamında uydu verileri ile analizi	70

TABLO LİSTESİ

Tablo 3.1.	Farklı algılayıcılardan elde edilen görüntü verilerinin uygulama alanları	15
Tablo 3.2.	Kronolojik olarak LANDSAT uydularının özellikleri	20
Tablo 3.3.	LANDSAT-MSS' in spektral ve uzaysal çözünürlüğü	21
Tablo 3.4.	LANDSAT-TM' in spektral ve uzaysal çözünürlüğü	21
Tablo 3.5.	LANDSAT-ETM+' in spektral ve uzaysal çözünürlüğü	22
Tablo 3.6.	LANDSAT-TM ve ETM+' in karşılaştırmalı teknik özellikleri	22
Tablo 3.7.	Kronolojik olarak SPOT uydularının özellikleri	24
Tablo 3.8.	HRV (Yüksek Çözünürlüklü Görüntür)	25
Tablo 3.9.	HRVIR (Yüksek Çözünürlüklü Görüntür Kızılötesi)	25
Tablo 3.10.	VMI (Bitki Örtüsü Gözleme Algılayıcısı)	25
Tablo 6.1.	Çalışmada kullanılan LANDSAT-TM görüntülerinin teknik özellikleri	50
Tablo 6.2.	On ana arazi örtüsü sınıfı için gözönüne alınan kontrol noktaları	54
Tablo 6.3.	Sığla ve orman grubuna ait gözönüne alınan kontrol noktaları	54
Tablo 6.4.	Sınıflandırılmış LANDSAT-TM-84 görüntüsünün doğruluk analizi	59
Tablo 6.5.	Sınıflandırılmış LANDSAT-TM-91 görüntüsünün doğruluk analizi	60
Tablo 6.6.	Sınıflandırılmış LANDSAT-TM-96 görüntüsünün doğruluk analizi	61
Tablo 6.7.	X, Y ve Toplam Karesel Ortalama Hatalar	62
Tablo 6.8.	Karesel Ortalama Hatalar	64
Tablo 6.9.	Üç ayrı yıla ait sığla orman alanları	65

UZAKTAN ALGILAMA YÖNTEMLERİ İLE KÖYCEĞİZ BÖLGESİNDEKİ SIĞLA ORMANLARININ DEĞİŞİM ANALİZİ

ÖZET

Yirmibirinci yüzyıla adım atmış dünyamızda, uzaktan algılama bilimi çevre ve doğal kaynaklar hakkında hızlı, ekonomik ve doğruluklu çözümler sağlayan bir bilim dalıdır. Uzaktan algılama, cisimlerle herhangi bir temasta bulunmaksızın, cisimler hakkında bilgi toplama bilimidir.

Dünyada sadece Türkiye'nin Akdeniz Bölgesi'nde ve Kuzey Amerika'da bulunan ve gerçek bir dünya mirası olan Sığla ormanları, yapılaşmanın yarattığı ekolojik sorunlar neticesinde gün geçtikçe azalmaya başlamaktadır. Bu çalışmada 3 farklı tarihte alınan uydu görüntü verileri ve dijital görüntü işleme teknikleri ile Köyceğiz bölgesindeki Sığla ormanlarındaki değişim izlenmiş ve irdelenmiştir.

Birinci bölümde uzaktan algılama bilimine kısa bir giriş yapıldıktan sonra, çalışmanın genel amacı hakkında bilgi verilmiştir.

İkinci bölümde elektromanyetik spektrum, atmosferik etkileşim ve cisimlerin spektral özellikleri ile ilgili bilgiler verilmiştir.

Üçüncü bölümde, uydu sistemleri, LANDSAT ve SPOT uyduları, bunların taşıdıkları algılama sistemleri ve birbirleriyle farkları ele alınmıştır.

Dördüncü bölümde dijital veri işleme ve yöntemleri, çok spektrumlu görüntü zenginleştirme, geometrik düzeltme ve sınıflandırma alt başlıklarında anlatılmıştır.

Beşinci bölümde, Coğrafi Bilgi Sisteminin (CBS) tanımı, bileşenleri, veri kaynakları, veri yapıları ve uygulama alanları anlatılmış ve Orman Bilgi Sistemi hakkında bilgi verilmiştir.

Altıncı bölüm, uygulama bölümüdür. Uluslararası Akdeniz Projesi çerçevesinde elde edilen Köyceğiz bölgesinin 1984, 1991 ve 1996 yıllarına ait orijinal LANDSAT uydu görüntülerinden gerekli çalışma alanı kesilerek, her bir görüntü için öncelikle uygun filtreleme ve bitki örtüsü indeksi görüntüleri ile bölgedeki bitki örtüsü görsel olarak analiz edilmiştir. Daha sonra sınıflandırma işlemi uygulanarak bölgedeki arazi örtüsü incelenmiş ve sınıflandırılmış görüntüler düşeye çevrilerek sığla orman alanlarına ait alansal değerler bulunmuştur. Ayrıca aynı bölgenin 1988 tarihli 3 hava fotoğrafı ve 1996 yılına ait mevcut düşeye çevrilmiş SPOT-P görüntüsü kullanılarak mozaik yapılmış ve sığla ormanlarının sınırı sayısallaştırılarak alansal değeri hesaplanmıştır. Sınıflandırılmış uydu görüntülerinden bulunan alansal değerler ile bölgedeki sığla ormanlarının durumu izlenmiş ve zamansal olarak değişimi irdelenmiştir. Daha sonra

eldeki tüm raster ve vektör verileri oluşturulan Orman Bilgi Sistemine aktarılarak bölge belediyesince yapılan arazi kullanımı haritasındaki orman sınırları ile karşılaştırılmıştır.

Sonuç bölümünde, uygulama bölümündeki sonuçlar değerlendirilmiştir. Sonuçlar gözönüne alınarak sığıla orman alanlarında yıllara göre bir azalma tespit edilmiş ve Muğla belediyesince hazırlanan arazi kullanımı haritasının genelleştirilmiş olması nedeniyle tam bir uyum tespit edilememiştir. Bu sonuçlar, ormanların gözlenmesi, planlanması ve etkili kaynak yönetimi için uzaktan algılama gibi yeni teknolojiler kullanılarak Orman Bilgi Sisteminin gerekliliğini ortaya koymuştur.



THE CHANGE ANALYSIS OF LIQUIDAMBER FOREST AREAS IN KÖYCEĞİZ REGION BY REMOTE SENSING METHODS

SUMMARY

At the beginning of 21st century, remote sensing is a science which provides fast, economic, and accurate solutions on surroundings and earth resources. Remote sensing may be defined as the collection of information about an object without being in physical contact with the object.

Liquidamber forest areas, which are present at only Mediterranean region of Turkey and North America, are decreasing day by day because of the ecological problems. In this thesis, the change of the liquidamber forest areas in Köyceğiz was analysed by using multitemporal three image data taken at different dates and digital image processing techniques.

In the first part, after a short introduction into the remote sensing, the related information regarding the general target of the study has been given.

In the second part, related information about the electromagnetic spectrum, the atmospheric effectance and the spectral characteristics of the objects have been explained.

In the third part, the satellite systems, LANDSAT and SPOT satellites, their sensing systems and the differences of each other have been explained.

In the fourth part, the digital image processing and its methods have been explained under the subtitles as multispectral image manipulation, geometric correction and classification.

In the fifth part, the information regarding the Geographic Information System (GIS) has been given. The definition of the Geographic Information System, its compotent, its advantages and the database management system have been explained and information about Forest Information System have been given.

The sixth part is the application part of this thesis. As a first step, the study area was subsetting from the multi-temporal LANDSAT-TM data set which were available in frame of International Mediterranean Project. For each of the data used, main image processing techniques i.e., image enhancement (rationing, contrast enhancement, filtering), classification and rectification procedures, were applied. The areal extent of the liquidamber forest areas were calculated from the land-use thematic map obtained in the classification step. Three aerial photograpgs were also taken into consideration and formed as mosaic by registering to each other. The boundary of the liquidamber forest areas were delineated as polygons and the areal extent was calculated. All raster and

vector data set were used as an input to the Forest Information System established. The land-use maps prepared by Municipality of Muğla was overlaid on the satellite thematic maps and analysed.

The final evaluation of this application part has been given in the last part of this thesis. From the results, it was concluded that there is a decrease in the areal extents of the liquidamber forest areas by year and the forest areas in the land-use maps prepared by Municipality of Muğla was not matched completely with the results obtained from this study because of its generalization. This results also show the requirement of the Forest Information System to monitor, assess and report on the long-term status, changes and trends in forest ecosystem health based on the new technologies such as remote sensing.



BÖLÜM 1

GİRİŞ

İnsan tabiatında var olan merak duygusu, gelişen bilim ve paralelinde teknolojiyi kullanarak “doğru”ya erişebilmek için yüzyıllardır bir ateşleyici olarak görev yapmıştır. Bunun bir sonucu olarak insanoğlu yeryüzünü ve doğal kaynaklarını keşfedebilmek için gözlem yapmaya (özellikle de olabildiğince yerden yüksekte) başlamıştır.

Uzaktan algılama, cisimden belirli bir uzaklıktan arada fiziksel bir temas olmaksızın, yapılan ölçmeler yardımı ile cisim hakkında bilgi toplama bilimi olarak tanımlanabilir. Yerden yüzlerce kilometre uzaklıktaki uyduların yeryüzeyi ile ilgili verileri elde etmesi gibi, gözün uzaktaki bir cisimi görmesi, kulağın uzaktaki bir sesi işitmesi de uzaktan algılamadır. Günümüzde yeryüzüne ait uydu görüntü verileri dünya etrafında farklı yörüngelerde bulunan uydulardan elde edilmektedir.

Uzaktan algılama sistemlerinde en sık ölçülen nicelik, ilgilenilen cisimden yayılan elektromanyetik enerjidir.

Uzaktan algılama iki kısımda incelenebilir:

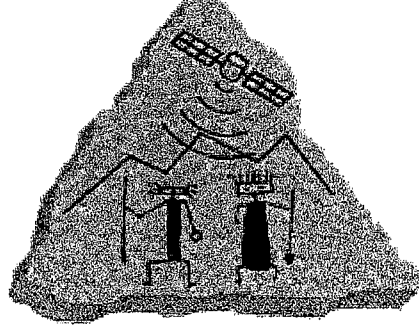
- 1) Görüntüye yönelik sistemler.
- 2) Dijitalliğe yönelik sistemler.

Görüntüye yönelik uzaktan algılama sistemlerinde, veriler fotoğrafik kameralarla görüntüsel olarak ele alınır ve daha çok bir görüntü oluşturmaya dayanan analiz yöntemlerinden (foto yorumlama gibi) yararlanılır. Bu teknoloji daha eskidir ve çok çeşitli işletimsel uygulamalarda güvenilir ve ekonomik olduğu kanıtlanmıştır.

Dijitalliğe yönelik uzaktan algılama sistemlerinde, veriler direkt bilgisayardan elde edilmekte ve bu verilerden çabuk, ekonomik ve güvenilir bilgiler çıkarabilmek mümkün olabilmektedir. Bu sistemlerde algılayıcı olarak, elektromanyetik spektrumun daha geniş bölgesinde fotoğrafik sistemlere göre daha geniş bir dinamik bölgeye sahip olan çok spektrumlu tarayıcılar kullanılmaktadır.

Uzaktan algılama verilerinin kullanıldığı uygulama alanları aşağıda verilmektedir:

1) Arkeoloji ve antropoloji (Şekil 1.1) [27].



Şekil 1.1: Arkeolojide uzaktan algılama.

2) Kartoğrafya

3) Jeoloji

Ölçümler, Mineral kaynaklar, Arazi kullanımı, Kentsel arazi kullanımı, Tarımsal arazi kullanımı, Toprak ölçümü, Ürün verimi, Toprak nemi ve buharlaşma, Ürün rekoltesi, Orman; ağaç kesimi, asit yağmuru, hastalıklar.

4) İnşaat Mühendisliği

Yerleşim alanı analizi, Su kaynakları, Ulaşım olanakları.

5) Su Kaynakları

Yüzeysel sular, miktarı, kirlilik, Yer altı suları, Kar ve buz haritası.

6) Kıyı çalışmaları

Erozyon, birleşmeler, su sıcaklığı, Lağım, termal ve kimyasal kirlilik görüntülemesi.

7) Okyanusbilim

Yüzeysel sıcaklık, Geoid, Taban topoğrafyası, Rüzgarlar, dalgalar ve akıntılar, Sirkülasyon, Buzul haritalama, Yağ kirliliğinin gözlenmesi.

8) Meteoroloji

İklim sistemlerinin izlenmesi, Hava tahminleri, Bulut sınıflandırılması.

9) Klimatoloji

Yüzeysel albedo ölçümleri, Çölleşmenin izlenmesi.

10) Doğal Afetler

Seller, depremler, Volkanlar, orman yangınları, Yeraltı kömür yangınları, Heyelanlar

[1].

Ormanlar, dnyamzın eşsiz doğal zenginlik kaynağı, gelecek nesillere bırakabileceğimiz en değerli hazinelerdir. Günümdzde uzaktan algılama teknikleriyle orman alanlarının gözlenmesi, planlanması ve yönetimi etkin bir şekilde sağlanabilmektedir.

Bu çalışmada, Köyceğiz bölgesindeki sığla ormanlarının 1984 ve 1996 yılları arasındaki alansal değişimi incelenmiştir. Çalışmada Uluslararası Akdeniz Projesi'nde yer alan 8.8.1984, 27.7.1991 ve 24.7.1996 tarihli LANDSAT-TM görüntüleri ve 2.1988 tarihli üç hava fotoğrafı kullanılmıştır. Kullanılan LANDSAT-TM verilerinden dijital işleme teknikleri kullanılarak (oranlama, filtreleme, sınıflandırma v.b.) elde edilen görüntü verileri ile hava fotoğraflarının mozaiği, ülke koordinat sistemine (UTM) dönüştürülmüştür. Ayrıca Uluslararası Akdeniz Projesi'nde kullanılan eş yükseklik eğrileri katmanı ve arazi kullanım haritaları vektör veri, çalışmada kullanılan tüm orijinal ve sınıflandırılmış uydu görüntüleri ile hava fotoğraflarının mozaiği raster veri olarak alınarak bir Coğrafi Bilgi Sistemi oluşturulmuştur. Sonuçlar karşılaştırılmal olarak ortaya konulmuştur.

BÖLÜM 2

ELEKTROMANYETİK ENERJİ VE ATMOSFER ETKİSİ

2.1 Elektromanyetik Enerji

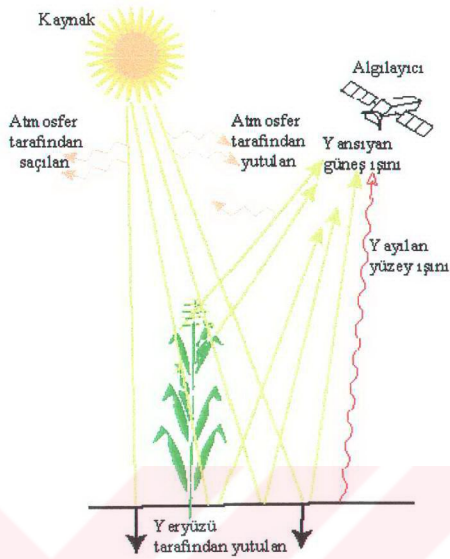
Elektromanyetik enerji c ışık hızı ile harmonik (eşit ve periyodik) dalgalar şeklinde hareket eden bütün enerji şekillerini kapsar. Görünen ışık, radyo dalgaları, ısı, mor ötesi ve X-ışınları elektromanyetik enerji şekilleridir.

Uzaktan algılamada dalga uzunluğuna ve cismin ısısına bağlı olarak ışıyan enerji miktarı önemlidir. Güneş 6000°K 'lık ($1^{\circ}\text{K}=273^{\circ}\text{C}$) yüzey ısı ile tepe noktası $0.5\mu\text{m}$, yeşil ışık civarında olan bir bölgede çok miktarda enerji yayar. Gündüzleri yeryüzüne gelen ve yansıyan maksimum enerji görünen bölgede olup tepe noktası yine $0.5\mu\text{m}$ dalga uzunluğundadır. Yeryüzeyinin ortalama ısısı 290°K (17°C) civarında olup bu ısıda ışıyan enerji kızılötesi bölgede bulunup, tepe noktası $9.7\mu\text{m}$ civarındadır. Bu enerji yansıyan güneş enerjisi yanında çok az olmakla birlikte geceleri dominanttır ve kızılötesi bantta algılama için enerji kaynağı oluşturmaktadır [2].

Elektromanyetik enerji katı, sıvı veya gaz halindeki cisimle temasta şiddet, doğrultu, polarizasyon ve faz gibi bakımlardan birçok değişikliğe uğrar. Uzaktan algılamada bu değişiklikler saptanır ve kaydedilir. Sonuçta ortaya çıkan görüntü ve veriler, kayıt edilen elektromanyetik ışınımında değişikliğe neden olan cisim özelliklerinin uzaktan belirlenmesi için yorumlanır [2].

Bir cisme ulaşan enerji yansıtılır, yutulur ve geçirilir. Enerjinin kaybolmayacağı sadece şekil değiştireceği dikkate alırsa, cisme gelen toplam enerji; cisim yüzeyi tarafından yansıtılan, geçirilen ve yutulan enerjilerin toplamına eşittir.

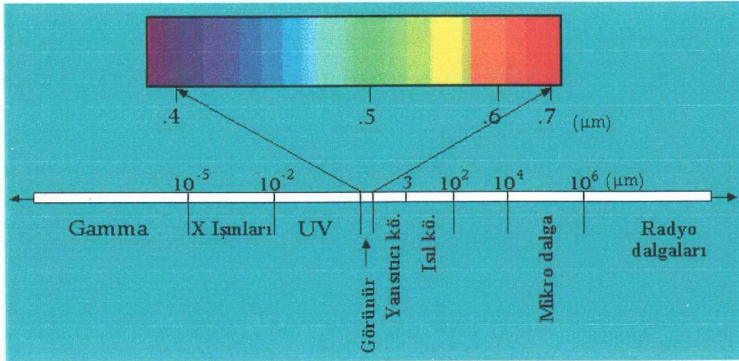
Cisim ve enerji arasındaki bu ilişki uzaktan algılamanın temelini oluşturmaktadır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1: Bir uzaktan algılama sistemi.

2.2 Elektromanyetik Spektrum

Elektromanyetik spektrum, 3×10^8 m/sn hızla hareket eden, dalga uzunluğu nanometrelerden (10^{-9} m), kilometrelere (10^3 m) uzanan sürekli enerji ortamıdır (Şekil 2.2). Yeryüzündeki her cisim az yada çok, kendine özgü bir elektromanyetik enerji yayar. İnsan mevcut enerjinin sadece çok küçük bir parçasını algılayabilmektedir. Uydu ve uçak algılayıcıları spektral bölgenin diğer bölümlerinde de ölçme yapabilmek için kullanılır.



Şekil 2.2: Elektromanyetik spektrum.

Dünya atmosferi 0.3μm den küçük dalga uzunluklu ışınları; gamma ışınını, X-ışınını ve ultraviyole ışınların önemli bir bölümünü yuttuğu için, bu ışın bölgeleri uzaktan algılamada kullanılmamaktadır. Atmosferin geçirimli olduğu bölgelere “Atmosfer Pencereleeri” denir. Atmosferin en çok geçirimli olduğu bölge olan görünür bölge, yansımanın en çok olduğu ve dolayısıyla uygulamalarda en çok kullanılan bölgedir[2].

2.3 Atmosferik Etkileşim

Elektromanyetik ışınım, bir uzaktan algılama sistemi tarafından algılanmadan önce atmosferin içinden geçer ve atmosferde belirli bir yol kat eder. Atmosferin etkisi izlenen yol uzunluğuna bağlıdır. Işınımın atmosferdeki bu ilerleyişi sırasında atmosferik saçılma, yutulma ve kırılma nedeniyle yoğunluğunda, frekansında, spektral dağılımında, doğrultusunda ve hızında değişimler olur.

2.3.1 Atmosferik Saçılma

Güneş ışınımı, atmosferdeki gaz molekülleri ve duman, toz, tuz kristalleri, buhar ve yağmur damlaları gibi askıda maddeler nedeniyle saçılır. Işınım saçılma sonucu zayıflamaz, sadece yön değiştirir. Kısa dalga boylu ışınlar, uzun dalga boylu ışınlarla göre daha çok saçılırlar. Buna “Rayleigh Saçılması” adı verilir. Gökyüzünün siyah yerine mavi görünmesinin nedeni, kısa dalga boylu ışınların gaz molekülleri tarafından saçılmasıdır. Güneş de mavi ışınımın saçılmasından dolayı sarımsı kırmızı gözüktür. Rayleigh Saçılması temiz bir atmosfer için geçerlidir. Oysa atmosferde çok sayıda askıda madde vardır. Sis, yağmur damlaları, duman, su buharı

ve tuz kristalleri gibi askıdaki maddelerden, boyutları gelen ışığın dalga uzunluğu civarında olanlar “Mie Saçılması” diye adlandırılan saçılmaya neden olur. Mie Saçılması genel olarak dalga uzunluğu ile ters orantılı olduğu için, uzun dalga boyulu ışınım daha çok etkilenir. Eğer atmosferdeki askıda maddelerin büyüklükleri ışığın dalga uzunluğundan çok daha büyükse, bütün ışınlar eşit olarak saçılır [2].

2.3.2 Atmosferik Yutulma

Yutulma, saçılmanın aksine enerjinin yer yüzüne ulaşmadan kaybolmasına, depolanmasına neden olmaktadır. Daha büyük frekanslı (küçük dalga boyulu) enerji, daha küçük frekanslı (büyük dalga boyulu) enerjiye dönüşmektedir. Örneğin ışık, ısıya dönüştür ve atmosfer ısınır. Güneş ışınımını en çok ozon tabakası ve karbondioksit tabakaları yutar.

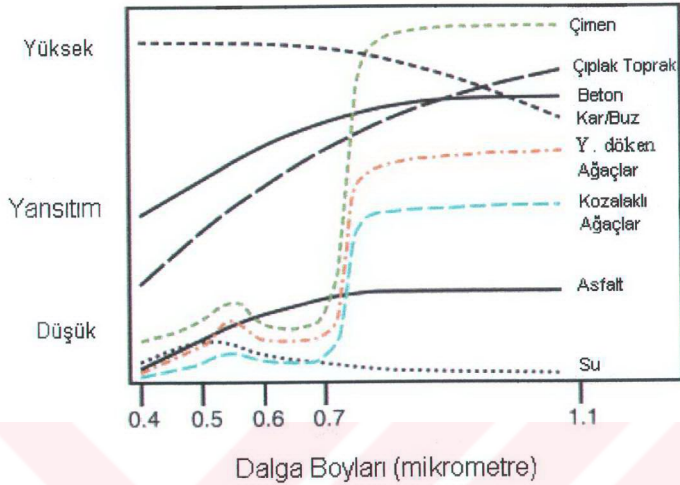
Uzaktan algılamada ışınım kaynağı, atmosfer etkisi ve algılayıcının duyarlılığı birbirini bütünleyen öğelerdir. Bu nedenle belirli bir uygulama için algılayıcı seçilirken,

- Algılanmak istenen spektral bölgede atmosferin geçirgenliği,
- Algılama yapılacak enerjinin kaynağı, şiddet ve spektral bileşimi,
- Algılanan enerjinin incelenecek özelliklere etkisi göz önüne alınmalıdır [2].

2.4 Cisimlerin Spektral Karakteristikleri

Cisimlerin yansıtma, yutulma ve geçirilme özellikleri cisimlerin fiziksel ve kimyasal özelliklerine ve gelen ışınımın dalga boyuna bağlıdır. Görünür bölgede bu spektral değişiklikler “renk” olgusunun ortaya çıkmasına neden olur. Göz çeşitli cisimleri ayırt etmek için yansıyan enerjinin şiddetindeki değişikliklerden yararlanır. Her cisim üzerine gelen ışınımı farklı oranlarda yansıtır, yutar ya da geçirir. Spektral özelliklerinin değişiklik göstermesi yeryüzündeki cisimlerin tanımlanabilmelerinin en önemli nedenidir.

Uzaktan algılama sistemleri esas olarak yansıtılan enerjinin esas olduğu dalga boyu bölgesinde çalışıldığı için, cisimlerin yansıtma özellikleri çok önemlidir. Her cisim yansıtma bakımından farklı bir davranış gösterir. Şekil 2.3.’de farklı yeryüzü cisimlerinin spektral yansıtma eğrileri gösterilmektedir.

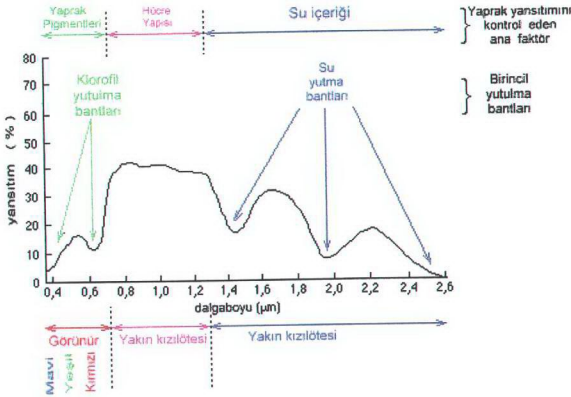


Şekil 2.3: Farklı yeryüzü cisimlerinin spektral yansıtma eğrileri.

İncelenen cisimlere ait spektral özelliklerin iyi bilinmesi, uzaktan algılama verilerinden doğru bir şekilde yararlanılabilmesinde çok önem taşımaktadır.

2.4.1 Bitki Örtüsünün Spektral Karakteristikleri

Bitki yapraklarına gelen ışınım, hücrelerinin karakteristiğine uygun olarak yansıtılır, yutulur ve geçirilir. Yeşil bitki örtüsünün spektral yansıtımı, bitki cinsine bağlı olmaksızın yaprakların spektral yansıtması olarak 3 bölgede incelenir. Şekil 2.4. de yeşil bitki örtüsünün en önemli spektral duyarlılık bölgeleri tanımlanmakta ve tipik bir spektral yansıtım eğrisi gösterilmektedir [3].

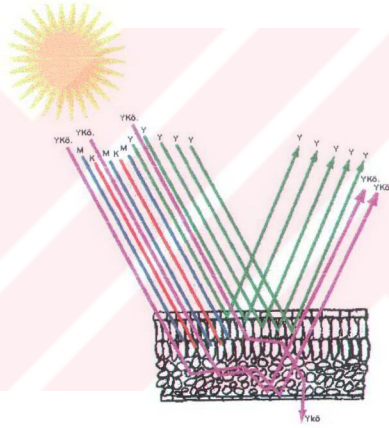


Şekil 2.4: Bitki örtüsünün spektral yansıtımı.

Görünür bölgede (0,4 – 0,7µm) yaprakların pigmentasyonu dominant faktördür. Burada yansıma klorofil, karotene, ksantofil ve antosyanis gibi yaprak pigmentleri tarafından kontrol edilir. Görünür spektrumun mavi ve kırmızı bölgelerinde yansıtım çok düşüktür. Çünkü yapraktaki klorofil, yaklaşık olarak 0,45 ile 0,65µm arasında merkezlenmiş bu dalga boyu bantlarında gelen enerjinin çoğunu yutmaktadır. İki klorofil-yutma bandı arasındaki dalga boylarında bağıl bir yutma kaybı, yaklaşık 0,54µm de bir yansıtım tepe noktası oluşmasına neden olur ki, bu yeşil dalga bölgesidir. İşte bu dalga boylarındaki düşük yutulma; normal, sağlıklı yaprakların gözümüze yeşil görünmesine neden olmaktadır. Eğer bir bitki stres altında ise ve klorofil üretimi azaldıysa, klorofil-yutma bantlarında daha az yutulma olmakta ve özellikle spektrumun kırmızı bölgesinde daha fazla bir yansıma sahip olacaklarından, sarımsı veya “klorotik” renkte gözükecektir [3].

Klorofilin dışında ilgilenilen diğer pigmentlerden karotenler ve ksantofiller (sarı pigmentler) genellikle yeşil yapraklarda bulunur, ancak sadece spektrumun mavi bölgesinde bir yutma bandına sahiptir. Bir bitki yaşlandıkça, klorofil genellikle kaybolur. Bu da karotenlerin ve ksantofillerin dominant olmasına neden olur ki, ağaç yapraklarının sonbaharda sarı renk almasının temel nedeni budur. Aynı şekilde, sonbaharda klorofil üretimi azaldığında bazı ağaçlar fazlaca antosyanin (kırmızı pigmentler) üretir ve bunun sonucunda da yaprakları açık kırmızı görünüm alır [3].

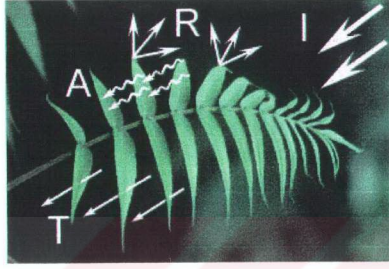
Sağlıklı yeşil bitki örtüsü, yakın kızılötesi bölgesinde (0.7 –1.3 μ m), görünür dalga boyları ile karşılaştırıldığında, çok yüksek yansıtım (yaklaşık yüzde 45'den yüzde 50'ye kadar), çok yüksek geçirgenlik (yüzde 45'den yüzde 50'ye kadar) ve çok düşük yutulma (yüzde 5'ten az) ile karakterize edilmektedir. Bitki yapraklarının iç (hücre) yapısı çok karmaşıktır. Yakın kızılötesi bölgedeki yansıtımı kontrol altında tutan en önemli etken bu iç yapıdır. Yaprak yapısı bitki türleri için çok farklılık gösterdiğinden, buna bağlı yansıtımadaki farklılıklardan yararlanılarak türleri ayırt etmek mümkün olmaktadır. Ayrıca hücre yapısındaki herhangi bir bozulma veya değişiklik yansıtma özelliğini de değiştirdiğinden, bitki hastalıklarını da saptamak kolaylaşmaktadır. Şekil 2.5. 'de yaprağın hücre yapısının spektral yansıtıma etkisi gösterilmektedir.



Şekil 2.5: Bitki hücresi enine kesitinde, görünür ve yakın kızılötesi dalga boylarındaki yansıtım etkileşimi.

Çok sayıda yaprak tabakası, tek bir yaprak yansıtımı ile karşılaştırıldığında, spektrumun yakın kızılötesi bölgesinde daha yüksek yansıtıma (yüzde 85'e kadar) neden olmaktadır. Bunun nedeni toplamsal (aditif) yansıtımdır. İlk (en üst) yaprak tabakasından geçirilen ve ikinci bir tabakadan yansıyan enerji, ilk tabakadan kısmen tekrar geçirilir. Örneğin, kendisine gelen yakın kızılötesi enerjinin %50'sini yansıtan ve yaklaşık %50'sini geçiren bir yaprak göz önüne alınırsa; geçirilen enerji, ikinci yaprak tabakasına gelir ve burada bunun yarısı (ilk enerjinin %25'i) tekrar geçirilir ve yarısı da yansıtılır. Daha sonra bu yansıyan enerji, bu enerjinin yarısını (yani

orijinalinin %12,5 'i) geçiren ve yarısını yansıtan en üst yaprak tabakasından tekrar geçer. Bu iki tabakalı örnekte, en üst yaprak tabakasından gelen toplam enerji, içeri giren enerjinin %65'i olmaktadır [3]. Şekil 2. 6 'da bir yaprağa gelen ışınının yansıtılması gösterilmektedir.



Şekil 2.6: Yaprığın yansıtımı.
(I: Gelen Işınım, A:Yutulmuş Işınım, T:İletilen Işınım, R:Yansıtılan Işınım).

Orta kızılötesi bölgesinde ($1.3 - 2.7\mu\text{m}$) ise bitkilerin su muhtevası spektral yansımaya etki eder. $1.4\mu\text{m}$, $1.9\mu\text{m}$ ve $2.7\mu\text{m}$ yakınında oluşan güçlü su-yutma bantları, yeşil bitki örtüsünün spektral duyarlılığında dominanttır. Yansıtma eğrisi bu kısımlarda çukurluklar gösterir. Orta kızılötesi dalga boylarında yansıtım tepe noktaları, su-yutma bantları arasında, yaklaşık $1.6\mu\text{m}$ ve $2.2\mu\text{m}$ de oluşur. Gelen güneş enerjisinin bitki örtüsü tarafından yutulma derecesi, yaprakta mevcut su miktarının bir fonksiyonudur. Yansıtma ile yapraktaki su muhtevası ters orantılı olup, su muhtevası da yaprak kalınlığı ile orantılıdır. Yaprakların nem muhtevası azaldıkça, orta kızılötesi bölgesindeki yansıtım artar. Diğer taraftan yapraklar nem kaybettikçe, hücre yapılarında oluşan aşırı değişimler yakın kızılötesi yansıtımı da etkiler [3].

2.4.2. Zeminlerin Spektral Karakteristikleri

Zeminlerin spektral karakteristikleri bitkilerinki kadar karmaşık değildir. Spektral eğrilerinin genel özelliği yansımının artan dalga uzunluğu ile artmasıdır. Zeminler için sadece yansıtma ve yutma söz konusudur. Yansıtma özellikleri bakımından zeminin üst tabakalarının bileşimi önemlidir.

Zeminlerin yansıtma özellikleri şu faktörlere bağlıdır:

- Zeminin su muhtevası,
- Zemini oluşturan minerallerin cins ve miktarları,
- Doku ve yüzey pürüzlülüğü,
- Organik madde muhtevası.

Genellikle bir zeminde su muhtevası arttıkça yansıtma özelliği azalır. Kuru bir zemin ıslak bir zemine göre daha fazla yansıtır ve bu nedenle de siyah-beyaz fotoğrafta daha açık renk tonunda gözükür.

Zemini oluşturan minerallerin cins ve miktarı da yutulma bantlarının oluşmasına neden olarak yansıtma özelliğini etkiler. Fazla miktarda organik madde içeren zeminlerin yansıtım özelliği azalır ve daha koyu renklerde görünürler.

Diğer taraftan, kumlu ve kaba zeminlerde yansıtım özelliği çok fazladır. Ancak ince dokulu zeminlerin yansıtım özelliği azdır [2].

2.4.3. Suyun Spektral Karakteristikleri

Suyun spektral yansıtması, bitki örtüsü ve zeminde olduğu gibi dalga uzunluğuna bağlı olarak değişiklikler gösterir. Görünür bölgede suyun yansıtması, su yüzeyinin durumu, suda bulunan askıda maddeler ve suyun içinde yer aldığı ortamın tabanı ile yakından ilgilidir. Suyun yutulması ve geçirgenliği ise, su içinde bulunan organik veya organik olmayan maddelerin miktar ve büyüklüğüne bağlıdır. Suyun bulanık olması geçirgenliğinin azalmasına, buna karşılık yansımının artmasına neden olur. Bulanık su, temiz suya göre daha büyük dalga uzunluklarında yansıtır [3].

Suyun içinde bulunan klorofil miktarı da yansıtma özelliğini etkiler. Klorofil yoğunluğundaki artma, suyun mavi dalga uzunluklarındaki yansıtmanın azalmasına ve yeşil dalga uzunluklarındaki yansıtmanın artmasına neden olur. Böylece sudaki yosun varlığı ve yoğunluğu saptanabilir. Ayrıca görünür bölgedeki yansımaları verilerindeki değişimden yararlanılarak yağ, petrol, endüstri ve kanalizasyon atıkları gibi nedenlerle oluşan su kirlenmeleri belirlenebilir.

Suyun ışınımı yutma özelliği kızılötesi bölgede maksimuma çıkar ve neredeyse gelen bütün ışınım yutulur. Yansıyan kızılötesi bölgede yansıma çok az olduğundan suyu, zemin ve bitki örtüsünden koyu siyah rengi ile kolayca ayırt etmek ve sınırlamak mümkün olabilmektedir [2].

BÖLÜM 3

UYDU VERİLERİ VE SİSTEMLERİ

3.1. Uydu Verileri

Yeryüzünü gözleyen algılayıcı sistemleri taşıyan uydular, yer yüzeyi hakkında sağladıkları fotoğrafik ve diğer dijital formdaki veriler ile yeryüzündeki doğal kaynakların araştırılması, çevre kirliliğinin izlenmesi, kentlerin düzenli büyümelerinin planlanması gibi uygulamalarda kolaylık sağlamışlardır. Uydu yüksekliklerinin sağladığı geniş görüş, uydu algılayıcılarının hareket hızı ve kullanılan spektral bant sayısı çok miktarda veri üretimine olanak sağlamaktadır [4].

Uzaktan algılama çok hızlı gelişen bir teknolojidir. Özellikle bilgisayar destekli görüntü işleme teknikleri uzaktan algılamadaki bir çok uygulamaya öncülük etmektedir. Artık bazı uydular otomobil kadar küçük bir objenin görüntüsünü sağlayacak çözünürlüğe sahip algılayıcı sistemleri taşımakta ve sürekli gelişen teknoloji, yakın gelecekte çözünürlüğün çok daha iyi olacağı izlenimini vermektedir [8].

Uydu görüntüleri genel olarak 2 kısma ayrılır:

- Pankromatik görüntü,
- Çok spektrumlu görüntü.

Pankromatik görüntü, elektromanyetik spektrumun tek bir bölgesindeki yansımaları kaydettiği dijital görüntüdür. Bu tek bant genellikle görünür bölge ile yakın kızılötesi bölge arasında olmaktadır. Pankromatik veri, siyah-beyaz görüntü olarak elde edilmektedir.

Çok spektrumlu görüntü, birçok farklı banttaki yansımaları ölçen ve kaydeden algılayıcılar ile elde edilir. Örneğin bir grup algılayıcı yakın kızılötisinden yansıyan enerjiyi ölçerken, başka bir grup algılayıcı da görünür bölgeden yansıyan enerjiyi ölçmektedir. Böylelikle, bu çoklu yansımaların farklı kombinasyonu ile renkli görüntüler elde edilmektedir.

Aşağıdaki tabloda farklı algılayıcılardan elde edilen görüntü verilerinin uygulama alanları verilmektedir [5].

Tablo 3.1: Farklı algılayıcılardan elde edilen görüntü verilerinin uygulama alanları.

Pankromatik görüntü	Çok spektrumlu görüntü	Yapay açıklıklı radar görüntüsü	Hava fotoğrafı
Yüzey elemanlarının ve objelerinin renk, boyut, şekil gibi fiziksel özelliklerine göre konumlandırılması, teşhis edilmesi ve ölçülmesi	Yüzey elemanlarının mineral muhtevası, nem oranı, klorofil muhtevası, kimyasal nitelikleri, bitki türleri gibi bazı özelliklerine göre konumlandırılması, ayrılması ve teşhis edilmesi	Bulutlu, sisli ve karanlık bölgelerde algılama	1 m ² den küçük yer objelerinin haritalanması
Binalar, yollar, evler, kaldırımlar, havaalanları ve araçlar gibi insan yapımı nesnelere teşhis edilmesi ve haritalanması	Bitki örtüsü, tarım ürünleri ve ağaçlardaki hastalıkların ortaya çıkarılması	Buz dağlarının ve buzulların konumlarının saptanması ve diğer okyanus koşullarının haritalanması	1000m ² den küçük alanların haritalanması
Varolan haritalar üzerindeki fiziksel objelerin güncelleştirilmesi	Doğal çevreler ve ekosistemlerdeki değişimlerin izlenmesi ve ölçülmesi	Jeolojik fay ve kıvrım gibi farklı jeolojik özelliklerin haritalanması	Sel yada kasırga gibi doğal afetler sonrasındaki etkilerin izlenmesi
Hava/su sınırlarının belirlenmesi	Yüzey kayalarının ve toprağın bileşimlerine göre ayrılması		
Kentsel büyümenin ve gelişmenin izlenmesi	Sulak alanların saptanması		
Yüksek doğrulukta dijital yükseklik modellerinin elde edilmesi	Kıyı bölgelerinde su derinliğinin tahmini		
Toprak kullanımının sınıflandırılması	Arazi örtüsünün sınıflandırılması		

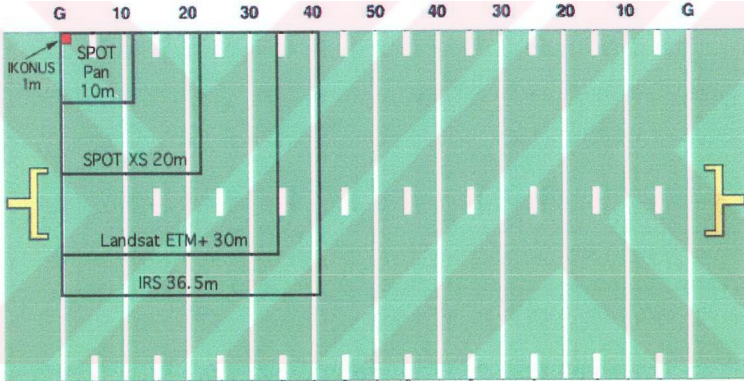
3.2 Çözünürlük

Çözünürlük, genel anlamda ekranda görünen piksel (görüntü elemanı) sayısını veya görüntüdeki bir pikselin yeryüzündeki karşılığını ifade etmektedir. Uzaktan algılama uygulamalarında 4 farklı çözünürlük tipi vardır:

- Spektral çözünürlük,
- Uzaysal çözünürlük,

- Radyometrik çözünürlük,
- Zamansal çözünürlük.

Spektral çözünürlük, algılayıcının kaydedebileceği elektromanyetik spektrumun belirli dalga aralığını ifade etmektedir. Uzaysal çözünürlük, algılayıcının kaydedebileceği en küçük objenin ölçüsünü veya her bir pikselin arazide temsil ettiği alanı ifade etmektedir. Radyometrik çözünürlük, her bir banttaki olabilecek toplam veri değerini ifade etmektedir. Kaydedilen enerjinin bölünebileceği bit sayısı ile gösterilir. Zamansal çözünürlük, belirli bir bölgenin hangi sıklıkla algılanacağını ifade etmektedir. Örneğin LANDSAT uyduları aynı bölgeyi ancak 16 günde bir algılayabilirler [4]. Şekil 3.1 de farklı uydu sistemlerinin uzaysal çözünürlükleri gösterilmektedir.



Şekil 3.1: Farklı uydu verilerinin uzaysal çözünürlükleri.

3.3 LANDSAT Uydu Sistemi

LANDSAT Uydu Sistemi, dünya etrafında yaklaşık kutupsal bir yörüngede dönen LANDSAT uyduları ile bu uydulardaki algılayıcılar tarafından elde edilen verilerin alındığı ve değerlendirildiği yer istasyonlarından oluşan sistemdir. NASA (U.S.National Aeronautics and Space Administration) tarafından değişik zamanlarda uzaya fırlatılan 7 uydudan oluşan sistemin temel amacı, yeryüzündeki kaynakların araştırılmasıdır.

LANDSAT Programı önceleri Amerikan Savunma Bakanlığı ve NASA sponsorluğunda, amacı dünya yörüngesinde dönen bir uydusu sayesinde kesin alan kullanımına uygun bilgi sağlamak olan bir deneysel araştırma projesiydi. Bu bilgilerin gelecek kara ve okyanus gelişimine yönelik kullanılabilir kadar iyi olmaları istenmekteydi. LANDSAT-1'den gelen verilerin çok değişik yelpazede, değişik kullanıcılar için de çok değerli olduğunun anlaşılmasından sonra program, genele uygun hale getirilmiştir [9].

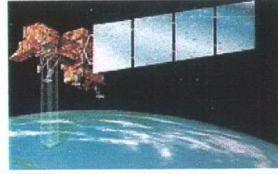
LANDSAT uyduları yeryüzünden ortalama 900 km. uzaklığa sahiptir ve güneşle senkronize hareket ederler. Dünya batıdan doğuya doğru dönmekte olup, her bölgenin görüntüsü aynı bölgesel saatte elde edilmektedir. Uydusu dünya etrafında 1 günde 14,5 tur yapar. Uydudaki algılayıcılar 185 km. genişliğindeki bir şeridi taradıklarından belirli bir gündeki yörüngeler arasında algılanmamış büyük boşluklar kalırsa da, izleyen gündeki yörüngeler bir öncekine göre batıya doğru az bir miktarda öteleme yaparak her 16 günün sonunda yer kürenin 82° kuzey ve güney enlemleri arasında kalan kısmı tam olarak algılanır [5].

LANDSAT-1, 2, 3 birinci jenerasyon ve LANDSAT-4, 5, 6 ve 7 ikinci jenerasyon uydulardır. İlk LANDSAT' lar orijinal adıyla ERTS'ler (Dünya Araştırmaları Teknolojik Uyduları), Temmuz 1972 ve Mart 1978 yılları arasında NASA tarafından geliştirilmiş ve uzaya fırlatılmıştır. Bu arada ikinci jenerasyon LANDSAT uyduları geliştirilmiş ve Temmuz 1982'de LANDSAT-4 ve Mart 1984'de LANDSAT-5 fırlatılmıştır. A.B.D Başkanı tarafından 1992'de resmileştirilen LANDSAT-7 ise Nisan 1999' da yörüngesine oturtulmuştur. Şu anda da LANDSAT-4, 5 ve 7 (Şekil 3.2), dünya etrafında belirli ve bilinen bir yörüngede dönmekte ve kontrol edilmektedir. LANDSAT uydularının özellikleri ile ilgili detaylı bilgi Tablo 3.2 de verilmektedir [10].

LANDSAT-5 ve 7 birlikte çalışarak her 8 günün sonunda yer kürenin tam olarak algılanmasını sağlarlar. Ekvatorda şerit uzunluğu 172 km' dir ve birbirini izleyen günlerdeki yörüngelerden elde edilen görüntülerin birbirini enine örtme oranı %7,6 dır. Kutuplara doğru çıkıldıkça enine örtme oranı artar, 60° enleminde %54 e ulaşır.



(a)



(b)

Şekil 3.2.(a): LANDSAT-4 ve 5 uyduları, (b): LANDSAT-7 uydusu.

LANDSAT sistemi, bir çok uzaktan algılama uygulaması için yeterli uzaysal ve spektral çözünürlükteki ilk tekrarlı yeryüzü görüntü veri bankasının oluşturulmasını sağlamıştır. Uzaktan algılamanın bir bilim dalı olarak kabul edilmesinde ve ilerlemesinde payı çok büyüktür.

LANDSAT uyduları verilerinin uygulama alanlarını şöyle sıralayabiliriz:

1) Arazi kullanımı ve haritalaması

- Arazi kullanımı sınıflandırılması,
- Kentsel büyümenin gözlenmesi,
- Kartografik harita yapımı ve güncelleştirilmesi,
- Bölgesel planlamanın desteklenmesi,
- Ulaşım ağlarının haritalanması,
- Sel bölgelerinin haritalanması ve yönetimi,
- Kara-su sınır haritalaması.

2) Tarım ve ormancılık

- Tarım ürünleri ve kereste alanlarının ölçülmesi,
- Bitki örtüsü ve tarım ürünlerinin çeşitlerinin ayırımı,
- Orman örtüsü ayırımı,
- Toprak durumunun saptanması,
- Böcek istilalarının izlenmesi ve haritalanması.

3) Jeoloji

- Jeolojik özelliklerin ve yapıların haritalanması,
- Jeolojik haritaların gözden geçirilmesi ve güncelleştirilmesi,

- Volkanik yüzey tabakalarının haritalanması,
- Jeolojik yer oluşumlarının haritalanması,

4) Hidroloji

- Su sınırlarının ve su yüzeylerinin saptanması,
- Sulak arazilerin sınırlarının belirlenmesi,
- Göl envanterlerinin çıkartılması,
- Tropikal yağmurların sınıflandırılması,
- Kar ve buzla kaplı alanların saptanması ve izlenmesi,
- Buzul özelliklerindeki değişimlerin ve buzul kitlelerinin ölçülmesi,
- Sellerin ve sel alanlarının özelliklerinin haritalanması.

5) Kıyı Kaynakları

- Kıyı şeridi değişikliğinin gözlenmesi ve haritalanması,
- Deniz yüzeyi sıcaklıklarının ölçülmesi,
- Bulanıklık özelliklerinin ve yayılımının araştırılması,
- Deniz yüzeyine yakın kayaların ve sığ alanların haritalanması,
- Gelgit olaylarının izlenmesi ve görüntülenmesi.

6) Çevre

- Su kirliliğinin görüntülenmesi ve haritalanması,
- Doğal felaketlerin etkilerinin saptanması,
- Orman alanlarının gözlenmesi,
- Volkanik aktivitelerin görüntülenmesi,
- Orman yangınlarının görüntülenmesi ve değerlendirilmesi,
- Kuraklık etkisinin değerlendirilmesi
- Yağ tabakalarının izlenmesi [5].

Tablo 3.2: Kronolojik olarak LANDSAT uyduları ve özellikleri.

Uydu	LANDSAT-1	LANDSAT-2	LANDSAT-3	LANDSAT-4	LANDSAT-5	LANDSAT-6	LANDSAT-7	LANDSAT-8
Fırlatılış Tarihi	23.7. 1972	22.1.1975	5.3.1978	16.7.1982	1.3.1984	5.10.1993	15.4.1999	2. 2003 (Planlanan tarih)
Algılama Sistemi	RBV(31.12.1972'ye kadar) MSS	RBV	RBV MSS	MSS TM	MSS TM	ETM+	ETM+	
Çözünürlüğü	80 m. 80 m.	80 m. 80 m.	40 m. 80 m.	80 m. 30 m. 120 m.(Isıl bant)	80 m. 30 m. 120 m.(Isıl bant)	13x15m. (Pankromatik bant) 30m. (Pankromatik Çok spektrumlu bant) 120 m. (Isıl bant)	15m. (Pankromatik bant) 30m. (Çok spektrumlu bant) 60m. (Çok spektrumlu ısı bant)	
Yörüngesi	Kutupsal Güneşle Senkronize	Kutupsal Güneşle Senkronize	Kutupsal Güneşle Senkronize	Kutupsal Güneşle Senkronize	Kutupsal Güneşle Senkronize		Kutupsal Güneşle Senkronize	
Tarama Genişliği	185 km.	185 km.	185 km.	185 km.	185 km.		183 km.	
Uçuş Yüksekliği	907-915 km.	907-915 km.	907-915 km.	705 km.	705 km.		705 km.	
Eğim Açısı	99,2°	99,2°	99,2°	98,2°	98,2°		98,2°	
Ekvator Üzerinden Geçiş Saati	9:30	9:30	9:30	9:30	9:30		10:00	
Dönme Periyodu	103 dakika	103 dakika	103 dakika	99 dakika	99 dakika		99 dakika	
Tekrarlama Zamanı	18 gün	18 gün	18 gün	16 gün	16 gün		16 gün	
Bugünkü Durumu					Yörüngesinde	Yörüngesinde kaybolmuş	Yörüngesinde	Hazırlık aşamasında

3.3.1.LANDSAT-MSS Sistemi

LANDSAT-MSS, yeryüzeyini batı-doğu doğrultusunda tarayan bir radyometredir. MSS sisteminin uzaysal çözünürlüğü 79x79 m., radyometrik çözünürlüğü ise 7 bit olup 8 bit olarak kaydedilmektedir. MSS sistemi yaklaşık olarak 705 km. yükseklikten 185km.lik bir alanı taramaktadır. Bu sistemde elektromanyetik ışınım 4 farklı bantta kaydedilmektedir (Tablo 3.3) [11].

Tablo 3.3: LANDSAT-MSS'in spektral ve uzaysal çözünürlüğü.

Bant	Dalga Boyu (μm)	Çözünürlük (m)
4	Yeşil (0.5-0.6)	79
5	Kırmızı (0.6-0.7)	79
6	Yakın Kızılötesi (0.7-0.8)	79
7	Yakın Kızılötesi (0.8-0.9)	79

3.3.2 LANDSAT-TM Sistemi

TM sistemi çok spektrumlu bir tarayıcıdır. TM algılayıcıları spektrumun görünür, yansıyan kızılötesi, orta kızılötesi ve ısıl kızılötesi bölgelerinden yansıyan yada yayılan enerjiyi saptarlar. TM sisteminde elektromanyetik ışınım 7 bantta kaydedilir. (Tablo 3.4). TM sisteminin uzaysal çözünürlüğü sadece ısıl bantı (120m) hariç diğer bantlarda 30m. olup, radyometrik çözünürlüğü ise 8 bittir. Her TM bandında, 16 detektörden oluşan bir dizi kullanılmaktadır. Sadece ısıl bantta (6.Bant), 4 tane detektör kullanılmaktadır [4].

Tablo 3.4: LANDSAT-TM' in spektral ve uzaysal çözünürlüğü.

Bant	Dalga boyu (μm)	Çözünürlük (m)
1	Mavi (0.45-0.53)	30
2	Yeşil (0.52-0.60)	30
3	Kırmızı (0.63-0.69)	30
4	Yakın kızılötesi (0.76-0.90)	30
5	Orta kızılötesi (1.55-1.75)	30
6	Isıl kızılötesi (10.40-12.50)	120
7	Orta kızılötesi (2.08-2.35)	30

3.3.3 LANDSAT-ETM+ Sistemi

Yeni fırlatılan LANDSAT-7'nin ETM+ algılayıcısı (The Enhanced Thematic Mapper Plus), yeryüzeyinin yüksek çözünürlükteki görüntü bilgilerinin elde edilmesini sağlayan, 8 bantlı, çok spektrumlu tarayıcı radyometredir. Daha doğruluklu radyometrik kalibrasyona sahip olup, LANDSAT-4 ve 5 te bulunan TM algılayıcısının en iyi özelliklerini içermektedir.

LANDSAT-ETM+, yeryüzünü 705 km. yükseklikten, 183 km. genişliğinde şeritler halinde taramaktadır. Elektromanyetik ışınım, piksel büyüklüğü 15 m. olan pankromatik bantta, 30 m. olan 6 görünür, yakın ve orta kızılötesi bantlarda ve 60 m. olan ısıl kızılötesi bantlarında algılanmaktadır (Tablo 3.5) [12].

Tablo 3.5: LANDSAT-ETM+ 'ın spektral ve uzaysal çözünürlüğü.

Bant	μm	Çözünürlük (m)
1	Mavi (0.450-0.515)	30
2	Yeşil (0.525-0.605)	30
3	Kırmızı (0.63-0.69)	30
4	Yakın kızılötesi (0.75-0.90)	30
5	Orta kızılötesi (1.55-1.75)	30
6	Isıl kızılötesi (10.40-12.50)	60
7	Orta kızılötesi (2.09-2.35)	30
Pan	Pankromatik (0.52-0.90)	15

Aşağıdaki Tablo 3.6 da LANDSAT-TM ve LANDSAT-ETM+ algılayıcılarının karşılaştırmalı teknik özellikleri verilmektedir.

Tablo 3.6: LANDSAT-TM ve ETM+ 'ın karşılaştırmalı teknik özellikleri.

	LANDSAT-TM	LANDSAT-ETM+
Tür	Optik mekanik tarayıcı	Optik mekanik tarayıcı
Uzaysal çözünürlük	30-120 m.	15-30-60 m.
Spektral bölge	0.45-12.5 μm	0.45-12.5 μm
Kanal sayısı	7	8
Zamansal çözünürlük	16 gün	16 gün
Görüntü boyutları	185x172 km.	183x170 km.
Şerit genişliği	185 km.	183 km.
Stereo	Hayır	Hayır
Programlanabilir	Evet	Evet

3.4 SPOT Uydu Sistemi

SPOT (Satellite Probatoire pour L'Observation de la Terre) uydu dünya gözlem sistemi, yeryüzündeki doğal kaynakların saptanması amacıyla CNES (Centre National d'Etudes Spatiales) tarafından Fransa'da dizayn edilmiş, Belçika ve İsviçre'nin de katkılarıyla geliştirilmiştir. Sistem, bir seri uzay aracının yanı sıra uydunun kontrolü ve programlanması, görüntü üretilmesi ve dağıtılması için yer tesislerini içermektedir.

SPOT uyduları, 1986'dan beri topoğrafik haritalama için kullanışlı streskopik görüntüler üretmekte ve 100m² kadar küçük objeleri gösterebilen görüntüler sağlamaktadır. Yaklaşık 822km. yükseklikte, kutuplardan geçen bir yörüngeden algılama yapan uyduda optik-elektronik iki HRV (High Resolution Visible) sistem tarayıcısı bulunmaktadır (Şekil 3.3) [13].

HRV tarayıcılarının her biri üç kanallı (0.50-0.59µm, 0.61-0.68µm, 0.79-0.89µm) çok spektrumlu veya pankromatik (0.51-0.73µm) algılama yapabilmektedirler. Çok spektrumlu çalışma düzeninde sistemin çözebilirliği 20 m olup, pankromatik düzende ise 10m olmaktadır. Algılama tarayıcının düşey konumunda 60 km genişliğinde iken, düşeyden $\pm 27^\circ$ sapılması durumunda 80 km 'lik genişlikte bir şerit algılanabilmektedir. İki algılayıcının algılama eksenlerinin bu şekilde eğimlendirilebilmesi, görüntülerin streskopik olarak algılanmasını mümkün kılmaktadır [2].

SPOT uydularının önemli özellikleri, yüksek çözünürlük, stereo görüntüleme ve farklı uygulamalar (kartoğrafya, ziraat, çevre, toprak kullanımı v.b) için veri toplanmasına olanak sağlamasıdır.



Şekil 3.3: SPOT uydusu.

Aşağıdaki tabloda SPOT uyduları ile ilgili karşılaştırmalı bilgiler verilmektedir [14].

Tablo3.7: Kronolojik olarak SPOT uyduları ve özellikleri.

Uydu	SPOT-1	SPOT-2	SPOT-3	SPOT-4	SPOT-5
Atılma Tarihi	22 Şubat 1986	21 Ocak 1990	26 Ekim 1993	24 Mart 1998	≈ 2001
Algılama Sistemi	2 HRV*	2 HRV	2 HRV	2 HRVIR**, VMI***	5m. çözünürlüklü Pankromatik data 10m. çözünürlüklü çokspektrumlu veri
Yörüngesi	Kutupsal Güneşle Senkronize	Kutupsal Güneşle Senkronize	Kutupsal Güneşle Senkronize	Kutupsal Güneşle Senkronize	
Tekrarlama Zamanı	26 gün	26 gün	26 gün	26 gün	
Bugünkü Durumu	20 Mart 1992'den beri kullanılmıyor		Mevcut	Mevcut	Planlanmış

* =High Resolution Visible (Yüksek Çözünürlüklü Görünür)

** =High Resolution Visible Infrared (Yüksek Çözünürlüklü Görünür Kızılötesi)

***=Vegetation Monitoring Instrument (Bitki Örtüsü Gözleme Algılayıcısı)

Aşağıdaki Tablo 3.8, Tablo 3.9, Tablo 3.10 da sırasıyla SPOT-4 de bulunan HRV, HRVIR ve VMI sistemindeki tarayıcılar hakkında bilgiler verilmektedir [14].

Tablo 3.8: HRV (Yüksek Çözünürlüklü Görüntür).

	Çok spektrumlu Mod	Pankromatik Mod
Uzaysal Çözünürlük	20 m	10 m
Tarama Genişliği	60 km	60 km
Bantlar	0.50-0.59 μ m 0.61-0.68 μ m 0.79-0.89 μ m	0.51-0.73 μ m

Tablo 3.9: HRVIR (Yüksek Çözünürlüklü Görüntür Kızılötesi)

	(1)	(2)
Uzaysal Çözünürlük	20 m	10 m
Tarama Genişliği	60 km	60 km
Bantlar	0.61-0.68 μ m 0.79-0.89 μ m 1.58-1.75 μ m	0.61-0.68 μ m

Tablo 3.10: VMI (Bitki Örtüsü Gözleme Algılayıcısı).

Uzaysal Çözünürlük	1 km.
Tarama Genişliği	2000 km.
Bantlar	0.43-0.47 μ m 0.50-0.59 μ m 0.61-0.68 μ m 0.79-0.89 μ m 1.58-1.75 μ m

Teknik özellikleri verilen LANDSAT ve SPOT uydu sistemleri bazı ortak özelliklere sahiptir:

- 1) Elektromanyetik enerji bir yada birden fazla kanalda algılanır.
- 2) Güneşle senkronize bir yörüngeye sahiptirler.
- 3) Kuzeyden güneye ve güneyden kuzeye dairesel yörüngede hareket ederler.
- 4) Nadir doğrultusunda görüntü elde ederler.

Farklı oldukları noktalar ise,

- 1) LANDSAT görüntüsünün yeryüzünde taradığı alan 185x185 km. olmasına karşın, SPOT görüntüsü 60x60 km.lik tarama genişliğine sahiptir.
- 2) SPOT uydusundaki nadir dışı gözleme olanağı ilgilenilen alanın daha sık görüntülenmesini sağlar. Bu ise doğal afetler ve ürün büyümesinin gözlenmesi çalışmalarında önemlidir.
- 3) LANDSAT-MSS ve TM algılayıcılarının uzaysal çözünürlüğüne kıyasla, SPOT-Pankromatik sistemi yüksek çözünürlüğe sahiptir.
- 4) SPOT görüntülerinden nadir dışı gözleme olanağı ile streskopik görüş elde etmek mümkündür.
- 5) LANDSAT görüntüsünün geometrik doğruluğu daha yüksek olmasına rağmen, baz/yükseklik oranı daha düşük olduğundan yükseklik ölçümlerinin yapılabilmesi için uygun değildir.
- 6) SPOT uydusu daha az güç gereksinimine sahip olup daha düşük maliyetlidir [4].

BÖLÜM 4

DİJİTAL GÖRÜNTÜ İŞLEME YÖNTEMLERİ

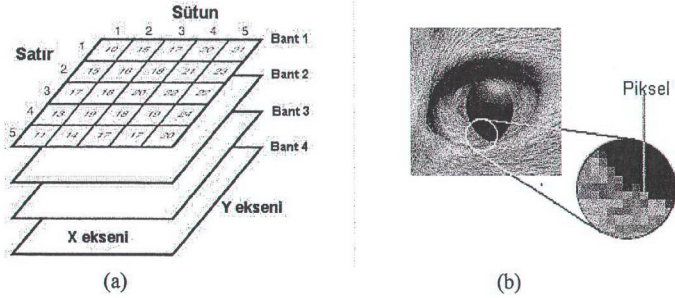
Uzaya fırlatılan uydular aracılığıyla, yeryüzündeki kaynakların yönetimi, doğal ve kültürel çevrenin gözlenmesi ve haritalama amaçlarına yönelik olan uzaktan algılama bilimi bilgisayar alanındaki dijital görüntü işleme (Digital Image Processing) teknikleriyle gelişimini hızlandırmıştır.

Görüntü, genel anlamda bir cismin dijital gösterimi, iki boyutlu bir işaret kayıdır. Televizyon ekranı veya fotoğraf gibi gözle görülen bir biçimde olabileceği gibi, bilgisayar belleğinde tutulan dijital değerler veya manyetik bantta yazılı bir kayıt biçiminde de olabilir. Sürekli ayrık ya da sürekli dijital olarak oluşturulabilir. Bir fotoğraf üzerindeki parlaklık, hem konum hem de seviye olarak sürekli değişkenlik gösterir. Bu değişkenlik, bilgisayar ortamında ayrık sayılar biçiminde temsil edilir. Bu nedenle bir resmin bilgisayara girilebilmesi, onun belirli sayıda parlaklık ve konum değerleri ile ifade edilmesiyle mümkündür. Resmin sürekli değişkenlerini, ayrık değişkenlere dönüştürme işlemi “dijitalleştirme” olarak tanımlanır [4].

Dijital bir görüntü, bilgisayar açısından iki vektör dizisi yani her elemanı vektör olan bir matristir (Şekil 4.1.a). Matris elemanlarının değerleri, her (x,y) noktasındaki fiziksel değişkenlerin değerlerini gösterir. İşlenmemiş orijinal bir görüntüde her matris elemanı, karşı geldiği coğrafi noktanın veya alanın ışımaya değerlerinden oluşan bir vektördür. Siyah beyaz bir resim için elemanlar, skalar değerlerdir. Bu skalar değerler, belirli bir görüntü içindeki x ve y noktalarında, belirli bir spektral bantta ve belirli bir t zamanında ölçülen spektral yansıtım değerlerinin geometrik konumlarına bağlı olarak kayıdır [4].

Görüntü verileri sadece sayılardan oluşup, her bir sayı bir veri dosya değerini içerir. Bu veri dosya değerlerine “piksel” adı verilir. Görüntüdeki en küçük eleman; piksele karşılık gelir ve genellikle kare biçimindedir (Şekil4.1.b) [15]. Piksele atanan veri dosya değeri, belirli konumdaki yeryüzü bölgesinden yansıtılan veya yayılan elektromanyetik enerjinin kayıdır. Pikselin bir spektral banttaki değeri tek bir sayı ile

ifade edilir. Bu nedenle, dijital bir resim yeterince büyütüldüğünde sadece netlik kaybı olur [5].



Şekil 4.1.(a): Dijital Görüntü, (b): Piksel.

4.1 Görüntü Zenginleştirme

Dijital görüntünün görsel olarak zenginleştirilip, daha iyi yorumlanabilmesi amacıyla çeşitli görüntü zenginleştirme yöntemleri kullanılmaktadır. Kontrast artırımı, filtreleme ve oran görüntüleri bu yöntemlerin başında gelmektedir.

4.1.1 Kontrast Artırımı

Amacı, belirli renk tonu alanlarını daha belirgin hale getirerek ayırt edilmesini kolaylaştırmak olan kontrast artırımında üç farklı yöntem uygulanmaktadır:

- Lineer kontrast artırımı
- Uniform (homojen) yayma
- Gauss dağılımı

Lineer kontrast artırımı yönteminde, resimde ortaya çıkan en düşük ile en yüksek parlaklık değerleri daha geniş bir bölgeye (0-255 değerleri arasında) lineer olarak yayılır. Bunun için önce görüntüdeki alt ve üst sınır değerleri belirlenir ve alt sınır sıfıra (siyah), üst sınır ise 255 parlaklık değerine (beyaz) eşit alınarak, ara değerler bu numaralar arasında yayılmaktadır. Bu yöntemin tek dezavantajı, belirli parlaklık değerinin altında ve üstünde kalan değerlerin göz önüne alınmamasından kaynaklanan detay kaybı olmasıdır.

Uniform (homojen) yayma yöntemi ise lineer olmayan bir yöntemdir ve bu yöntemde orijinal görüntüde parlaklık değerlerinin en fazla yığılım gösterdiği bölge, daha az parlaklık değerinin yer aldığı bölgeye göre, daha geniş bir bölgeye yayılmaktadır. Böylece daha az oranda ortaya çıkan açık ve koyu renk tonları bastırılıp, yalnızca bu kısımlarda detay kaybı meydana gelmektedir.

Gauss dağılımı yönteminde ise, orijinal görüntünün histogramı, 0 ile 255 parlaklık değerleri arasında normal dağılım eğrisine çakıştırılmaktadır. Lineer olmayan bu yöntem ile açık ve koyu renk tonu bölgelerinde diğer iki yöntemle göre daha iyi bir kontrast dağılımı elde edilmesine rağmen, orta gri renk tonunun yer aldığı orta bölgelerde kontrastın daha az kalması dezavantajı olmaktadır.

Kontrast artırımında kullanılacak yöntemin seçiminde dikkat edilmesi gereken iki nokta, görüntünün histogramı ve incelenecek özelliklerin amacına uygun olmasıdır [2].

4.1.2 Filtreleme

Orijinal veride var olan ve sınıflandırma işleminde farklı sonuçlar doğuran çok sayıda bilgi “gürültü” olarak adlandırılmaktadır. Dijital görüntü işleminde görüntü kalitesini bozan bu gürültülerin (parazit değerlerinin) bir filtre ile süzülmesi gerekmektedir. Filtreleme bir tür hesap işlemi olup, alçak geçiren filtre ya da yüksek geçiren filtre ile yapılmaktadır.

Alçak geçiren filtre ile filtrelemede, orijinal görüntüdeki her resim elemanı için, $(n \times m)$ resim elemanı komşuluğunda ortalama değer hesaplanmakta ve bu ortalama değer o resim elemanı için alınarak bu ortalama değerlerle görüntü yeniden oluşturulmaktadır.

Yüksek geçiren filtre ile filtrelemede ise, algılayıcı sistemin çözünürlük sınırında ve ya altında kalan küçük cisimler ayırt edilebilir hale getirilmektedir. Diğer yöntemdekinin aksine görüntü bastırılıp, düzleştirilmemekte ve aşırı derecede kontrast artırılmaktadır. Örneğin, her bir resim elemanının parlaklık değeri belirli bir oranda artırılır ve bu değerden, bu piksele (nxm) komşuluğunda yer alan piksellerin ortalama değeri çıkartılmaktadır. Elde edilen değer, görüntünün yeniden oluşturulmasında

kullanılmakta ve böylece kontrast artırılmış (açık renkli pikseller daha açık, koyu renkli pikseller daha koyu görünürler) olmaktadır [2].

4.1.3 Oran Görüntüleri Oluşturma

Oranlama, bir görüntünün belirli spektrumundaki (kanalındaki) piksel değerlerinin bunlara karşılık gelen ikinci bir spektrumundaki piksel değerlerine bölünmesi işlemidir. Uzaktan algılamada çok kullanılan bir teknik olup, sonuçta elde edilen yapay görüntüler, çok spektrumlu görüntülerdeki belirli kanalların birbirlerine oranıdır. Oran görüntüleri ile oluşturulan yeni veri kümesi, gri renk tonlarına dönüştürülebilir. Genellikle açık renk tonlar büyük oran değerleri ile gösterilirken, koyu renk tonlar küçük oran değerlerine karşılık gelir. Oran görüntülerinde, topoğrafyaya bağlı olmaksızın, benzer malzemelerin aynı oran değerine sahip olması nedeni ile, cismin gölgede ya da güneş altında kalmasının görüntüyü etkilememesi sağlanmış, yani gölge faktörü ortadan kaldırılmıştır.

Oran görüntülerinin diğer bir üstünlüğü ise, cisimlerin iki spektral bantta, spektral yansıtma eğrilerindeki eğim değişimini belirgin duruma getirip, bunların birbirlerinden kolayca ayırt edilmesini mümkün kılmasıdır. En sakıncalı tarafı ise cisimlerin yansıtma özelliklerinin bastırılıp, spektral yansıtma eğri karakteristiklerinin önem kazanmasıdır. Bu durumda, farklı yansıtma özelliğine ancak benzer spektral yansıtma eğrisi eğimine sahip farklı cisimler benzer cisim olarak görülebilir ve birbirlerinden ayırt edilemez.

Uygulamalarda en çok kullanılan oran, yakın kızılötesi ve kırmızı kanallarının oranlanmasıyla elde edilen, amacı sağlıklı bitki örtüsünü ayırt etmek olan ve “bitki örtüsü indeksi” olarak bilinen oran değeridir. Eğer bu oran değeri büyükse sağlıklı yeşil bitki örtüsünü, oran küçük ise sağlıklı bitki örtüsünü gösterir. Bu nedenle, bu işlem, sağlıklı bitki örtüsü ile sağlıklı bitki örtüsünün ayırımında kolaylık sağlamaktadır. Oranlama yönteminin, topoğrafik etkinin azaltılması, oran değerleri arasındaki korelasyon ve verilen iki dalga boyu bantı arasındaki spektral yansıtma eğrisinin şeklinin bilinmesi özellikleri biyocoğrafya ve jeolojik araştırmalarında yaygın kullanılmasını sağlar. Hangi bitki örtüsü indeksinin seçileceği, gerçekte uygulama tipine ve cisimlerin spektral yansıtma karakteristiklerine bağlıdır.

Uygulamalarda en çok kullanılan bitki örtüsü indeksleri aşağıda verilmektedir:

-Bitki Örtüsü İndeksi ($VI=NIR/R$)

-Normalize Edilmiş Bitki Örtüsü İndeksi ($NDVI=(NIR-R)/(NIR+R)$)

-Dönüştürülmüş Normalize Edilmiş Bitki Örtüsü İndeksi ($TNDVI=(((NIR-R)/(NIR+R)+0,5)*0,5)$)

NDVI da mutlak bant değerlerinin yerine fark ve toplam değerlerinin, kullanılması atmosferdeki değişimlerden daha az etkilenmesine neden olur. Bu da, NDVI' ı, VI' dan daha avantajlı kılmaktadır.

Oranlama sonrasında elde edilen değerler, 1.0 dan küçük ya da büyük çıkması durumuna göre uygun bir katsayı ile ölçeklendirme yapılır. Bitki indeksi 1.0'a ne kadar yakınsa verimin o kadar iyi olduğu gözlenir.

İncelenen bölgenin tümü ile bitki örtüsüyle kaplı olmaması durumunda toprak yansıtımındaki değişimler oran değerlerini etkiler. Eğer toprak yansıtımı düşük olursa oran değeri tahmin edilenden çok, yüksek olursa tahmin edilenden az olur. Dönüştürülmüş normalize edilmiş bitki örtüsü indeksi (TNDVI), diğer iki bitki örtüsü indeksine göre daha az kullanılan bir indekstir [4].

4.2 Geometrik Düzeltme

Orijinal uydu görüntüleri, algılayıcı platformun yüksekliğinden, konumundan ve hızındaki değişimlerden ve yeryüzü eğriliği ile atmosferik kırılma gibi bir çok nedenden dolayı geometrik distorsiyonlar içerir. Bu nedenle de gerekli düzeltmeler yapılmadan harita amaçlı kullanılamazlar.

Geometrik düzeltmenin amacı, distorsiyonları gidererek, düzeltilmiş dijital görüntünün haritanın geometrik entegrasyonuna sahip olmasını sağlamaktır.

Geometrik düzeltme işleminde 2 adım söz konusudur. İlk adımda, sistematik olan distorsiyonların hata kaynakları matematiksel olarak modellenerek düzeltme işlemi uygulanır. İkinci adımda ise, sistematik olmayan distorsiyonlar ile bilinmeyen (artık) sistematik distorsiyonların giderilmesi amaçlanır. Görüntüde homojen dağılan, konumu belirgin (yol kesişimleri gibi) yer kontrol noktaları (Ground Control Points-

GCP) ile bu noktaların harita karşılıkları arasında matematiksel bağıntı kurularak düzeltme işlemi gerçekleştirilir.

İki koordinat sistemi arasındaki bağıntı, matematiksel olarak aşağıda verilmektedir.

$$x=f_1(X,Y)$$

$$y=f_2(X,Y)$$

burada,

x,y :Görüntü koordinatları (sıra, sütun),

f_1,f_2 :Transformasyon fonksiyonları,

X,Y :Yer koordinatları (referans koordinat sisteminde) dir.

Yer kontrol noktalarının (GCP) konumları, hem yer koordinatları (haritadan ölçülmüş koordinatlar yada enlem/boylam değerleri), hem de görüntü koordinatları (sıra ve sütun) ile belirlenir. Yer kontrol noktalarının her iki sistemde mevcut koordinat değerlerine En Küçük Kareler yönteminin uygulanması ile yer koordinat sistemi ile görüntü koordinat sistemi arasındaki bağıntıyı sağlayan transformasyon eşitlikleri için gerekli katsayılar hesaplanır [4].

Birinci dereceden polinom;

$$X=a_0+a_1x+a_2y$$

$$Y=b_0+b_1x+b_2y$$

İkinci dereceden polinom;

$$X=a_0+a_1x+a_2y+a_3x^2+a_4xy+a_5y^2$$

$$Y=b_0+b_1x+b_2y+b_3x^2+b_4xy+b_5y^2 \quad \text{ile gösterilmektedir.}$$

Burada a ve b katsayıları dönüşüm matrisi katsayılarıdır.

Lineer olmayan distorsiyonların düzeltilebilmesi için 2 veya daha yüksek dereceden lineer olmayan polinomlar kullanılır. En genel gösterimiyle t . dereceden bir polinom,

$$X=a_0+a_1x+a_2y+a_3x^2+a_4xy+.....+a_ny^t$$

$$Y=b_0+b_1x+b_2y+b_3x^2+b_4xy+.....+b_ny^t \text{ ile gösterilmektedir.}$$

Lineer olmayan dönüşümlerde toplam bilinmeyen katsayısı (a_i, b_i), $((t+1)*(t+2))/2$ formülü ile bulunabilir. Bu sayı aynı zamanda denklem sisteminin çözülebilmesi için gerekli minimum yer kontrol noktası (GCP) sayısını göstermektedir.

Görüntü koordinatları ve buna karşılık gelen referans koordinatları arasındaki dönüşümün doğruluğunu test etmek için Karesel Ortalama Hata (KOH) kullanılır. KOH, bir yer kontrol noktasının görüntüdeki konumu ile aynı noktanın dönüşüm sonrası (harita) konumu arasındaki uzaklığıdır. Karesel Ortalama Hata,

$$R_x=\sqrt{(1/n \sum X^2_{R_i})}$$

$$R_y=\sqrt{(1/n \sum Y^2_{R_i})}$$

$$T=\sqrt{(R^2_x+R^2_y)}$$

burada,

R_x ve R_y ; sırasıyla x ve y yönlerindeki karesel ortalama hata,

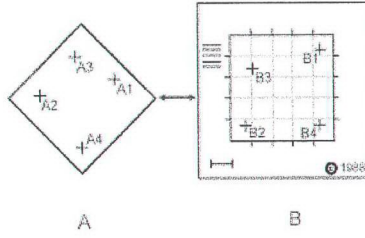
T; toplam karesel ortalama hata,

n; yer kontrol noktası sayısı,

X_{r_i} ve Y_{r_i} ; i. yer kontrol noktasının düzeltme değerleridir.

Kayıt ya da konum doğruluğu için bir ön koşul, yer kontrol noktalarının doğru tanımlanmasıdır. Bu noktaların dijitalleştirilmesi ya da haritadan okunması bir miktar belirsizliği de beraberinde getirmektedir. Çünkü, harita gerçek bir konumun idealleştirilmesini ve/veya genelleştirilmesini simgeler. İyi bir tanımlama için GPS (Global Positioning System) teknikleri kullanılabilir. Ancak bu tekniklerin maksimum yaklaşımı, uydudan görüntüsünden tanımlanabilen yer kontrol noktaları ile sınırlanmıştır. Uzaysal çözünürlük ile doğru orantılı olarak tanımlama olanakları artmaktadır [4].

En son adım olan yeniden örneklemede, kayıt işleminden sonra görüntünün seçilen referans koordinat sisteminin x ve y eksenlerine karşılık gelen yeni bir kareler ağı içerisine, yeni veri dosya değerleri hesaplanacak şekilde yeniden örneklenmesidir. Yani, dönüşüm işleminden sonra geometrik düzeltmesi yapılmış görüntü için piksel değerlerinin hesaplanmasıdır.



Şekil 4.2: Geometrik Düzeltme.

Yeniden örnekleme işlemi için üç farklı yöntem kullanılmaktadır:

En Yakın Komşuluk Yöntemi: Düzeltilmiş görüntünün piksel değerleri orijinal görüntüdeki en yakın pikselin atanması ile elde edilmektedir. Hesaplama kolaylığına karşılık, orijinal piksel değerlerinin çıktı görüntüsünde atanması sırasında oluşan kaymalar nedeni ile görüntüde kopukluklar oluşması bu tekniğin en olumsuz yanındır.

Bilineer Enterpolasyon Yöntemi: Bu yöntemde en yakın 4 pikselin ağırlıklı ortalaması çıktı görüntüsünün piksel değeri olarak alınmaktadır. Geometrik açıdan daha doğruluklu bir yöntem olmasına karşılık, orijinal piksel değerleri değişmekte ve kenar düzeltilmesi olduğundan bazı veri dosya değerleri kaybolmaktadır.

Kübik Enterpolasyon Yöntemi: Bu yöntemde ise en yakın 16 pikselin ağırlıklı ortalaması alınarak dönüştürme gerçekleştirilmektedir. Diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında, karmaşıklığı, hesaplama zamanının uzunluğu ve orijinal piksel değerlerinin değişimi olumsuz etkenlerdir. Ancak en doğru örnekleme yöntemidir. Görüntü etkisi azalmakta ve görüntü keskinleşmektedir.

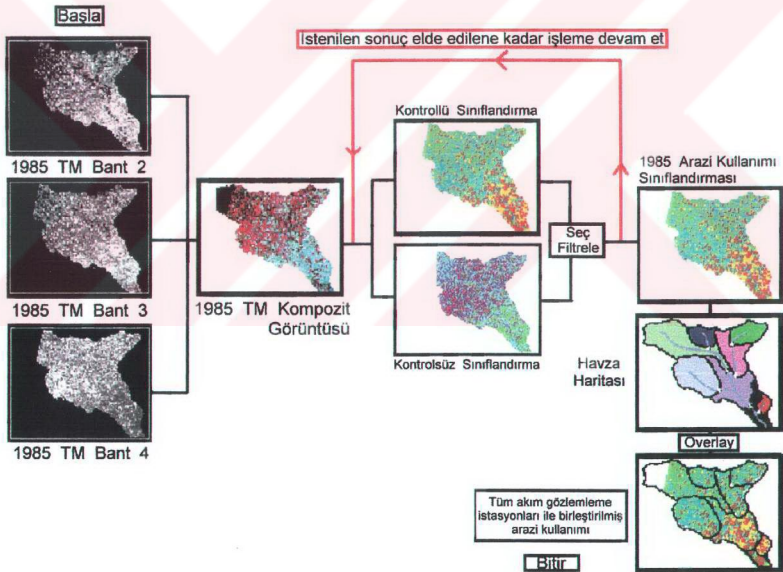
4.3 Sınıflandırma

Cisimlerin farklı spektral yansıtma değerleri temeline dayanarak, orijinal görüntüdeki her görüntü elemanını ait olduğu özellik grubuna ayırma işlemine “sınıflandırma” adı verilir. Her pikselin, algılama yapılan spektral bantlara göre farklılık gösteren dijital değerler kümesinden yararlanılarak ayırt etme ya da tanıma problemi çözümlenebilir (Şekil4.3).

Sınıflandırma işleminde dikkat edilecek hususlar aşağıda verilmektedir:

- 1) Görüntülerin algılama zamanlarının ve spektral bantların amaca uygun olarak seçimi
- 2) Orijinal verilerin türü ve çalışmanın amacına yönelik olarak sınıflandırma algoritmasının seçimi
- 3) Sınıflandırılmış görüntü için doğruluk analizi

Sınıflandırma yöntemleri, kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma yöntemleri olmak üzere ikiye ayrılır. Kontrolsüz sınıflandırmada spektral olarak ayrılabilir sınıflar belirlenir ve bunlardan bilgi elde etme yoluna gidilir. Kontrollü sınıflandırmada ise farklı spektral grupları temsil eden kontrol alanları kullanılarak spektral ayırt edebilirlik incelenmektedir. Şekil 4.3 de her iki sınıflandırma algoritmasının birlikte gözönüne alındığı bir uygulama örneği verilmektedir [26].



Şekil 4.3: Sınıflandırma uygulaması örneği.

4.3.1 Kontrolsüz Sınıflandırma

Kontrolsüz sınıflandırma yönteminde kontrol verileri yerine, görüntü dijital değerlerinde varolan doğal gruplaşmalara veya kümelere dayalı olarak çeşitli yer örtüsü sınıflarını oluşturan algoritmalar kullanılır. Burada temel olan, farklı sınıflar tiplerine ait olan verilerin birbirinden ayrılması için belirli bir örtü tipine ait olan dijital değerlerin ölçme uzayında birbirlerine yakın bir konumda bulunmasıdır.

Bu yöntemde sınıflarla ilgili olasılık dağılımları bilinmemekte ve elde sınıfı bilinen yeterli örnek de bulunmamaktadır. Sınıflandırma sonucunda spektral yoğunluk değerlerine göre kümeleşmelerden spektral sınıflar elde edilir. Elde edilen bu spektral sınıfların ne olduğu önceden bilinmemekte olup, daha sonra o bölgeye ait topoğrafik haritalar, hava fotoğrafları ve mevcut yardımcı bilgilerle karşılaştırılarak oluşturulan sınıfların doğal özellikleri belirlenebilmektedir.

Kümeleme adı verilen algoritmalar, veri dizisinde mevcut olan doğal spektral gruplaşmaları belirlemede kullanılır. Kümeleme yöntemi tam otomatik bir sınıflandırma yöntemi olup, sınıflar hakkında herhangi bir ön bilgi mevcut değildir. Bu yöntemde noktalar arasındaki uzaklığın belirlenmesi için Öklit uzaklığı, Mahalanobis uzaklığı gibi uzaklık ölçütleri kullanılır. Kümeleme kriteri olarak genellikle küme içindeki noktalar arasındaki uzaklığın minimum, küme merkezleri arasındaki uzaklığın maksimum olması gerekir.

Kümeleme yöntemi algoritmasında uygulanan adımlar;

- 1) Belirli sayıda küme merkezi seçilir.
- 2) Her resim noktası en yakınındaki kümeye sokulur.
- 3) Yeni noktaların eklenmesi ile oluşan yeni kümelerin merkezleri belirlenir.
- 4) Yeni küme merkezleri, ilk küme merkezleri ile aynı ise kümeleme bitmiştir. Aksi halde, yeni küme merkezleri esas alınıp hesap tekrarlanır.
- 5) Kümelerin ayırt edilebilirlikleri kontrol edilir.
- 6) Sonuçlar yorumlanarak, hangi kümelere hangi cisimlerin karşılık geldiği belirlenir.

Öklit uzaklığı sınıflandırmasında ise, görüntü elemanlarının birbirleri ile karşılaştırılması için Öklit uzaklığı kriter olarak alınır. Küme merkezleri önceden geçici olarak belirlenir. Herbir görüntü elemanının açılan kümelere hangisine dahil edileceği, o görüntü elemanı ile açılan küme merkezleri arasındaki uzaklığın

hesaplanması ve Öklit uzaklığı değeri ile karşılaştırılması sonucunda belirlenir. Burada en küçük uzaklık değeri esastır. Kümeye katılan her yeni görüntü elemanı ile birlikte aritmetik ortalama hesaplanarak, geçici küme merkezi n boyutlu uzayda ötelenir. İşlem, geçici merkezin konumundaki değişim duruncaya kadar tekrarlanır.

Hem kontrollü hem de kontrolsüz sınıflandırmada kriter olarak kullanılabilen Öklit uzaklığı formülü aşağıda verilmektedir.

$$E = \sqrt{\sum (x_i - y_i)^2}$$

Burada,

n= boyut,

$x_i, y_i = n$ boyutlu uzayda görüntü elemanlarının spektral değerleri,

E= n boyutlu uzayda görüntü elemanlarının spektral değerleri arasındaki uzunluklar [4].

4.3.2 Kontrollü Sınıflandırma

Kontrollü sınıflandırmada belirli örtü tipini temsil eden örnek bölgeleri, ilgilenilen her bir özellik tipi için spektral özellikleri tanımlayan dijital bir yorumlama anahtarını derlemede kullanılırlar. Bunlara kontrol bölgeleri de denir. Bir sonraki adımda, veri dizisindeki her bir görüntü elemanı örnek bölgeler ile dijital olarak karşılaştırılıp, en çok benzer olarak nitelendirilen kategori ile adlandırılır.

Kontrollü sınıflandırma işleminde üç temel adım bulunmaktadır.

- 1) Kontrol adımı
- 2) Sınıflandırma adımı
- 3) Çıktı adımı

Kontrol adımında temsil edici nitelikteki kontrol bölgeleri belirlenir ve görüntüde ilgilenilen her bir spektral özellik için dijital tanımlama yapılır. Aynı zamanda, mevcut referans verileri ile verilerin uygulanacağı coğrafi bölgeye ait bilgilerden de yararlanır.

Sınıflandırma adımında, görüntü en çok benzer olarak nitelendirildiği sınıfa dahil edilir. Eğer görüntü elemanı herhangi bir kontrol veri dizisi ile yeteri kadar bağdaşmıyorsa, belirsiz olarak adlandırılır. Daha sonra her bir piksele atanan sınıf,

çıktı verisinde yerini alır. Böylece çok boyutlu görüntü matrisi, karşılık geldiği yorumlanmış sınıf tiplerinin oluşturduğu matrisi geliştirmede kullanılır.

Sonuçta tüm veri dizisi sınıflandırıldıktan sonra, çıktı aşamasında sonuçlar farklı bir şekilde sunulur. Çıktı ürünleri genellikle tematik haritalar, coğrafi bilgi sistemlerine dahil edilebilecek nitelikte dijital veri tabanları ve çeşitli arazi örtü sınıfları için tüm görüntüye veya belirlenmiş alt görüntüye ait olan istatistiksel tablolar olarak oluşturulur.

“Gauss En Çok Benzerlik” ve “Paralel Kenar” sınıflandırma yöntemleri en çok kullanılan kontrollü sınıflandırma yöntemleridir.

Gauss En Çok Benzerlik yönteminde bilinmeyen bir görüntü elemanının sınıflandırılması için sınıf, spektral paternlerinin varyans ve kovaryansı nicelik olarak değerlendirilir. Bu değerlendirmede sınıf kontrol verilerini oluşturan noktalar kümesindeki dağılımın Gauss dağılımı olduğu varsayılır ve dağılım ortalama vektörü ve kovaryans matrisi ile tanımlanır. Belirli bir sınıfa ait olduğu bilinen bir görüntü elemanı için istatistiksel olasılık bu parametrelere bağlı olarak hesaplanır. Böylece, olasılık yoğunluk fonksiyonları, herbir sınıfa ait olan görüntü elemanının olasılığının hesaplanmasıyla belirlenmiş bir piksel sınıflandırılmasında kullanılır. Her bir sınıf için olasılığın hesaplanmasından sonra, görüntü elemanı en benzer olarak nitelendirildiği sınıfa sokulur. Eğer olasılık değeri önceden belirlenen eşik değerinin altında kalırsa, görüntü elemanı belirsiz olarak nitelendirilir [4].

Gauss En Çok Benzerlik yönteminde kullanılan formül aşağıda verilmektedir:

$$D = \ln(a_c) - [0,5 * \ln(|Cov_c|)] - [0,5 * (X - M_c)^T * (Cov_c^{-1}) * (X - M_c)]$$

burada,

D=ağırlıklı mesafe(benzerlik),

C=özel bir sınıf,

X=aday pikselin ölçüm vektörü,

M_c=c örnek sınıfının ortalama vektörü,

a_c=aday pikselin c sınıfına ait olma yüzdesi,

Cov_c= c örnek sınıfındaki piksellerin kovaryans matrisi,

|Cov_c| = Cov_c nin determinantı,

$Cov_c^{-1} = Cov_c$ nin tersi,

Ln =doğal logaritma fonksiyonu,

T =matris transpoze (devrik) fonksiyonu.

4.3.3 Doğruluk Analizi

Doğruluk analizi, sınıflandırma sonucu ile doğru olduğu kabul edilen coğrafi verinin karşılaştırılma işlemidir. Genellikle doğru kabul edilen bu coğrafi veriler, yer doğruluklu verilerdir. Ancak herbir pikselin yer doğruluklu veriler veya başka bir testle gözden geçirilmesi pratik değildir. Bundan dolayı bir grup referans pikseli seçilir. Referans pikselleri, sınıflandırılmış görüntüdeki bilinen gerçek verileri temsil eder. Bu pikseller kullanıcı tarafından veya bilgisayar tarafından seçilir.

Referans pikselleri, analizi yapan tarafından seçildiğinde yer doğruluklu yada diğer verilerin hazır ve uygun olduğu durumda geçerlidir. Eğer sınıflandırmada kontrollü sınıflandırma yöntemi kullanılmışsa, kontrol örneklerinde kullanıldığı gibi sınıflandırmayı test etmede genelde aynı pikseller kullanılır. Kontrol örnekleri sınıflandırmanın temelleri olduğundan test sonucunu etkilemektedir. Referans yerleri seçilerek iyi bir test yapmak için işlemde kullanılmamış noktalar seçmek ve sınıflandırmayı eksiksiz değerlendirmek için yeterli sayıda pikseli test etmek önemlidir.

Referans piksellerinin rastgele seçilmesi mümkündür. Fakat üzerinde çalışılan arazi uzak yada yasak bölge ise bu pikseller üzerinde yer doğrulaması yapmak zor olabilir. Bu durumda daha önceden test edilmiş yüzey örtüsü haritaları gibi diğer verileri referans veri olarak kullanmak uygundur. Bu yöntemin doğruluğu referans verisi ile görüntü verisinin birbiri ile doğru olarak karşılaştırma kabiliyetine de bağlıdır.

Doğruluk analizinde seçilecek piksel sayısı; beklenen doğruluğa, uygulanan sınıflandırma yöntemine, bir kategorideki piksel sayısına bağlıdır. Doğruluk analizi işlemlerinden sonra doğruluk tablosu oluşturulur. Doğruluk tablosu, kontrol verisi ile sınıflandırılmış görüntüyü karşılaştırmada kullanılır [5].

BÖLÜM 5

COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ

İnsanlar yüzyıllardır, kendi yaşam standartlarını yükseltmek, kendi aralarında daha iyi iletişim kurabilmek, daha az hata yapmayı öğrenmek, insan ve doğa ilişkisini daha iyi yönetebilmek amacıyla yeni teknolojiler geliştirmektedir. 1970'li yıllara kadar coğrafi varlıklar klasik aletlerle arazide ölçülüp, defterlere yazılıp, ölçümlere göre günler süren hesaplamalar yapıp ve bunların sonucuna göre detaylar haritalara elle çizilmekteydi. 80'li yıllardan itibaren ise, coğrafi alanı ölçmeye yönelik dijital jeodezik aletler, dijital fotogrametrik sistemler, dijital uydu görüntüleri ve görüntü işleme tekniklerinin kullanılması olanağı, bu karmaşık sorunların çözümünde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)'nin önemini arttırmıştır [16].

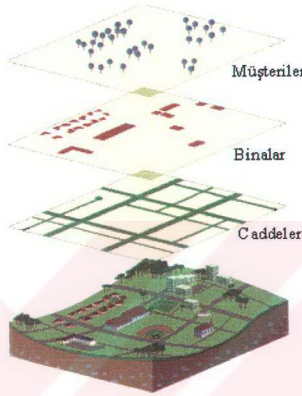
5.1 Coğrafi Bilgi Sistemi Nedir?

Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS), yeryüzünü teşkil eden özellikler hakkındaki bilgilerin, kullanıcı ihtiyacını karşılayacak biçimde çeşitli kaynaklardan toplanıp, kaydedilip, depolanması, analiz edilip, yönetilmesi ve sunulması fonksiyonlarını bütünleşik (birbirini tamamlayan) olarak sağlayan, donanım, yazılım ve personel bileşenlerinden oluşan bir organizasyon olarak tanımlanabilir. Bunun yanında bir CBS, bir çok coğrafi veriyi anlaşılabilir bir formda sentezleyip, analiz edip gösteren bir bilgisayar sistemidir de denilebilir.

Bir Coğrafi Bilgi Sistemini, bir alanın dağlar, nehirler gibi doğal özellikleriyle birlikte yollar, evler, fabrikalar gibi suni özelliklerini de gösteren iki veya üç boyutlu görüntüleri oluşturabilmektedir. Bilim adamları CBS görüntülerini, bilgisayarın yardımıyla, kesin ölçülerin oluşturulmasında, verilerin birleştirilmesinde ve fikirlerin test edilmesinde bir model olarak kullanmaktadır.

Bir Coğrafi Bilgi Sistemi, çeşitli kaynaklardan gelen haritalar, uydu fotoğrafları, yazılmış yazı ve istatistikleri içeren coğrafi bilgiler alınarak dizayn edilmektedir. CBS, bütün coğrafi verileri, veri tabanı içinde düzenlenmiş dijital kodlara dönüştürmektedir. Operatörler, bilgileri işleyip, ihtiyaç duyulan görüntü veya verileri oluşturarak, Coğrafi Bilgi Sistemini düzenlemektedir.

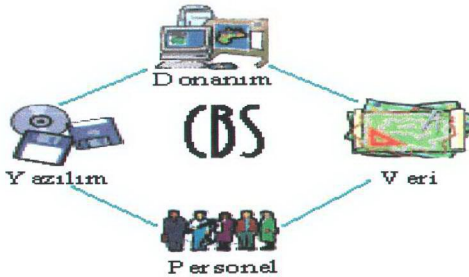
Bir çok CBS veri altlığı “katman” adı verilen bilgi setlerini içermektedir. Her bir katman özel, detaylı bir çeşit coğrafik veriye karşılık gelmektedir. Örneğin, bir katman bir alandaki caddeler hakkında bilgiyi içerirken, başka bir katman aynı bölgedeki madenler ya da yükseklikler hakkında bilgi taşıyabilmektedir. CBS bu katmanları bir görüntüde birleştirdiğinde, caddeler, madenler ve yükseklikler birbirleriyle bağlantılı olarak görülebilmektedir (Şekil 5.1) [7].



Şekil 5.1: Coğrafi Bilgi Sisteminin katmanları.

5.2 Coğrafi Bilgi Sisteminin Bileşenleri

Coğrafi Bilgi Sisteminin dört temel bileşeni vardır. Bunlar donanım, yazılım, coğrafi veri ve personel bileşenleridir (Şekil 5.2) [7].



Şekil 5.2: Coğrafi Bilgi Sisteminin Bileşenleri.

Donanım, Coğrafi Bilgi Sisteminin çalıştırıldığı bilgisayar sistemidir. Donanımın bileşenlerini ise, veri giriş elemanları, veri toplama ve işleme elemanları ve veri sunuş elemanları oluşturmaktadır.

Coğrafi Bilgi Sisteminin Yazılımı, depolanması, analiz edilmesi ve gösterilmesi gereken coğrafi bilginin araç ve fonksiyonlarını sağlar. Yazılım bileşenleri, coğrafi bilgi sistemi yazılım paketi, işletim sistemi yazılımı, haberleşme (bilgisayar ağı) yazılımı ve uygulama yazılımları olmak üzere dört grupta toplanır.

Coğrafi Veri, coğrafi bilginin bilgisayar ortamında temsil ediliş şeklidir. Coğrafi bilgi, nokta, çizgi veya alanlar şeklinde vektör yapıda temsil edilerek bilgisayar ortamında depolanabildiği gibi; hücreler şeklinde raster yapıda da temsil edilebilmektedir. Ayrıca bu verilerin depolanmasında çeşitli depolama modelleri (ağ, hiyerarşik, ilişkisel modeller) kullanılmaktadır. Coğrafi Bilgi Sistemi teknolojisi, ancak kullanacak personelin istekleri ve beklentileri doğrultusunda bir anlam taşır. Kullanıcı çok özel çözümler arayan bir teknik uzman da olabilir, günlük problemlerinin çözümünde coğrafi bilgi sisteminden yararlanmak isteyen birisi de olabilir. Genel olarak bir Coğrafi Bilgi Sisteminin personeli dokuz grupta toplanabilir:

- Sistem yöneticisi,
- Sistem analizcisi,
- Veri tabanı yöneticisi,
- Veri işleme uzmanı,
- Harita uzmanı,
- Bilgisayar uzmanı,
- Veri giriş operatörleri,
- Uygulama programcıları,
- Son kullanıcılar [6].

5.3 Coğrafi Bilgi Sisteminin Oluşturulmasında Kullanılan Veri Kaynakları

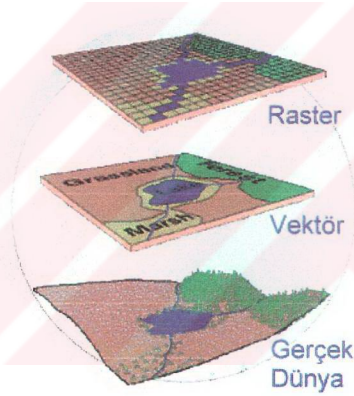
Bir Coğrafi Bilgi Sisteminin oluşturulmasında kullanılan veri kaynakları aşağıda sıralanmaktadır:

- Hava fotoğrafları,
- Uydu görüntüleri,
- Mevcut haritalar,

- Arazi ölçümleri,
- Algılayıcı verileri,
- Dokümanlar, kayıtlar,
- Dijital kamera verileri, büyük formatlı kamera verileri, yersel fotoğraflar [17].

5.4 Coğrafi Veri Yapıları

Coğrafi veriler, bilgisayarda toplama tekniği açısından vektör ve raster olmak üzere iki ayrı yapıda oluşmaktadır (Şekil 5.3) [7]. Vektör veri yapısında, nokta detaylar koordinat çiftleri ile, çizgi detaylar ise alanı çevreleyen çizgiler ile temsil edilirler. Raster veri yapısında tüm detay türleri, koordinatları bilinen resim elemanları (piksel) ile temsil edilirler.



Şekil 5.3: Coğrafi Veri Yapıları.

Vektör ve raster veri yapılarının birbirlerine göre üstün ve zayıf yönleri vardır. Raster veri yapısı kullanıldığında, temsil edilen coğrafi özelliklere ait küçük grafik özellikler kaybolmaktadır. Bu yapının kullanılmasıyla mülkiyet sınırları gibi çizgi türündeki varlıkların temsil edilmesi güç olmaktadır. Bunun yanında, bindirme, alan hesabı, yakınlık analizi gibi fonksiyonların işlemleri raster veri yapılarında daha kolay olmaktadır. Her iki tür yapıdaki verilerin birbirine dönüşümü mümkündür [6].

5.5 Coğrafi Bilgi Sisteminin Uygulama Alanları

Günlük yaşamda verilen bir çok kararda coğrafi bilgiye ve bu bilginin, toplanması, depolanması, işlenmesi ve analizi için de Coğrafi Bilgi Sistemine ihtiyaç vardır. Konuma bağlı karar vermeye yönelik sorunlar ve olası çözümlerine ilişkin örnek uygulama alanlarından bazıları şunlardır:

-Ormana ilişkin konuma bağlı bilgiler kullanılarak ağaçlandırma çalışmalarının kontrolü, yıllık kereste stokunun tahmini ve yangın önleme şeritlerinin yerlerinin belirlenmesi,

-Okul, cami, mesken, hastane, park alanları v.b. tesisler için aranan koşulları en uygun sağlayan bölge ve yerlerin belirlenmesi,

-Tesis, personel, maden, enerji, petrol, tahıl, hayvan, arazi, vergi v.b. kaynakların tahmini ve yönetimi,

-Baraj planlarında, tutulacak su miktarının hesaplanması ve kamulaştırma amacıyla sular altında kalacak bölgelerin, alanlarının, sahiplerinin ve kamulaştırma maliyetlerinin belirlenmesi,

-Yangınlara en kısa zamanda müdahale edebilmek için, yangın yerine en yakın itfaiye merkezi ve bu merkezden yangın yerine en uygun yol güzergahının belirlenmesi,

-Yangın, gaz, nükleer serpinti durumunda, rüzgarın hızı ve yönü parametre alınarak yayılma durumunun hızı ve etki altına aldığı bölgelerin, zamanın fonksiyonu olarak belirlenmesi [6].

5.6 Orman Bilgi Sistemi

Grafik ve grafik olmayan coğrafi bilgilerin ve bu bilgilere bağlı diğer verilerin, bir sistem çerçevesi içinde ele alınıp sınıflandırılması, düzenlenmesi, saklanması ve sistemdeki bu bilgilerin istenilen amaca uygun sorgulanarak analiz edilmesi yoluyla gerekli detay bilgiye ve sonuca en hızlı ulaşabilmenin bir yolu olan Coğrafi Bilgi Sistemi [18], ilk uygulama alanı olan ormancılık alanında da özellikle tematik orman haritalarının üretilmesi ve güncelleştirilmesinde etkili ve hızlı çözüm önerileri ortaya koymaktadır.

Oluşturulacak Orman Bilgi Sisteminin temel ilkeleri, Coğrafi Bilgi Sisteminin temel ilkeleri ile aynı niteliktedir. Ancak ele alınan coğrafi veriler, ormancılığa yönelik verileri içerecek bir yapı sunmaktadır. Ormancılık çalışmaları için bilgisayar destekli bir bilgi sisteminin önerilebilmesi, ancak söz konusu sistemin bu alanın özelliklerine uygun çözümler bulabilmesi durumunda geçerlidir. Böyle bir sistemin gerçekleştirilebilmesi, ormancılığa yönelik çalışmaların çok iyi irdelenmesine ve ihtiyaçlarının doğru bir şekilde belirlenmesine bağlıdır.

Orman haritaları, orman amenajman haritaları, orman kadastro haritaları ve diğer ormancılık haritaları olmak üzere üç farklı türde üretilmektedir. Bu haritalar Orman Genel Müdürlüğü'nün farklı birimlerince üretildiğinden doğruluk, nitelik ve üretim tekniği bakımından farklılıklar göstermektedir. Büyük ölçüde yersel çalışmalar ve kısmen foto yorumlama çalışmalarına dayalı olarak ormanların yatay ve dikey yapısı belirlenmekte ve orman amenajman planları üretilmektedir. Orman alanlarındaki hızlı değişiklik, ormanların çok geniş alanlara yayılmasından dolayı üretilen orman haritalarının doğruluk, nitelik ve güncellik konularında istenilen düzeye ulaşılması zor olmaktadır. Bilgisayar destekli orman haritalarının üretilmesi ile orman alanlarındaki değişikliklerin istenilen doğruluk ve kalitede üretilmesi ve varolan haritaların güncelleştirilmesi mümkün olmaktadır [21].

Türkiye'nin toplam yüzölçümü 77.056.192 hektar olup, bunun %26.9 u (20.743.122 hektar) ormanlık alanlardır. Toplam ormanlık alanın %54.4 ünü iğne yapraklı (çam) ağaç türü, %45.6 sını ise geniş yapraklı ağaç türleri oluşturmaktadır. Doğal bir servet olan ormanlarımızı koruyup, arttırabilmek ve ülke ekonomisine en iyi biçimde katkısını sağlayabilmek için, en iyi biçimde planlanması ve yönetilmesi gerekmektedir [19].

Ormanlarımızın hemen hepsinin devlete ait olmasına rağmen, planlama ve yönetimde çalışan birimler arasındaki koordinasyon ve uyum sağlanamamaktadır. Bu uyumsuzluk sonucunda, aynı alana ait veriler farklı kurumlarca ve aynı kurumun farklı dairelerince birkaç defa toplanmakta ve bu da maliyetlerin birkaç misli artmasına neden olmaktadır. Oysa planlama ve yönetimin başarılı olabilmesi için, bilgilerin bir veri bankasında toplanması ve ihtiyaç duyulan verilerin ilgili kurum ve dairelerce alınması gerekmektedir [19]. Bu da ancak Orman Bilgi Sisteminin kurulması ile gerçekleştirilebilir.

Coğrafi Bilgi Sistemi bazında bir Orman Bilgi Sisteminin oluşturulması, ormancılık çalışmalarında bir eşgüdüm ve koordinasyon kurulmasına büyük katkıda bulunacağı gibi, orman kaynaklarının, özellikle ender bulunan belirli ağaç türlerinin planlanması, kontrolü ve uygulama aşamalarında büyük yararlar sağlayacaktır [20].

BÖLÜM 6

UYGULAMA

Günümüzde ormanlar, çeşitli tahrip ve doğal afetlere (yangın, sel v.b.) rağmen yine de çok önemli yer tutmakta olup, ülke ekonomisi için büyük önem taşımaktadır. Türkiye'nin başlıca Köyceğiz, Fethiye, Milas, Dalaman ve Marmaris yörelerinde kendi cinsleri veya başka ağaç türleriyle karışık ormanlar oluşturan sığla ormanları da bilinçsiz kullanım nedeniyle gün geçtikçe azalmaya başlamıştır. Muğla Orman Müdürlüğü verilerine göre sığla ağaçlarının Muğla'da kapladığı alan, 1947 yılında 6312 hektar iken, 1955 yılında 4315 hektar ve 1989 yılında ise 1458 hektara düşmüştür [22].

Sığla ağaçlarının gövdeleri balsam elde edilmesi amacı ile ara verilmeden birçok defalar yaralandığı için bozulmuş, deforme olmuştur. Senelerce ağaçlara bakılmaması, fazla yağ elde etmek için çok sayıda, geniş, derin ve uzun yaraların açılması, genç ağaçların da üretim için kullanılması, verimli toprakların tarım alanlarına dönüştürülmesi, usulsüz kesimler, hayvan otlatılması gibi nedenlerle alanları azalmaya başlayan sığla ormanları, Muğla Orman Bölge Müdürlüğü'nce koruma altına alınmıştır [28]. "Sığla Ormanlarını Gençleştirme Projesi" sayesinde 1997 yılında 3500 dekarlık alan eklenmiştir [22].

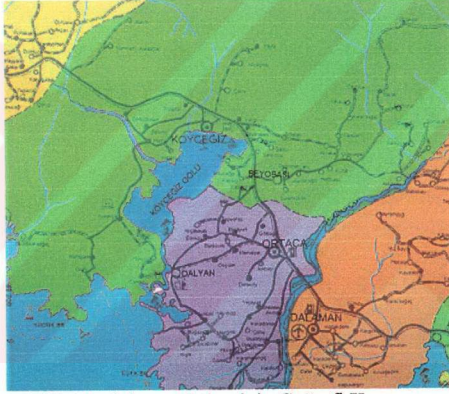
6.1 Çalışma Bölgesi

Çalışma bölgesi olarak Türkiye'nin güneybatısında, Ege Bölgesi'nde bulunan Muğla ili sınırları içinde yer alan Köyceğiz Gölü etrafındaki sığla ormanları seçilmiştir.

Sahip olduğu göl ve kanalları, eşsiz tarihi, kültürel ve doğa güzelliklerinin zenginliği nedeniyle Köyceğiz-Dalyan yöresi 1988 yılında "Özel Çevre Koruma Bölgesi", 1996 yılında da "Ulusal Park" ilan edilmiştir. Köyceğiz Gölünün de içinde bulunduğu bölge, 385 km² lik bir alanı kapsamaktadır. Bu bölge İztuzu Plajı'nda yuva yapan deniz kaplumbağası Caretta-Caretta, antik bir kaya kenti olan Kaunos, kükürtlü su kaynakları bulunan Köyceğiz Gölü ve dünyada sadece Kuzey Amerika ile Türkiye'nin güneybatı kıyılarında yetişen sığla ormanları ile tanınmaktadır [23] (Şekil 6.1).

Havzanın kuzey kısmı orman ve fundalıklarla kaplıdır. Göl güney güneydoğudan geniş tarım toprakları, kuzey ve batıdan tepelerle çevrilidir. Gölün üzerinde bazıları çamlarla kaplı adacıklar bulunmaktadır. Güneydoğu, doğu ve kuzey kıyıları ise geniş sazlıklarla kaplıdır.

Bölge ekonomisi geleneksel olarak tarım sektörüne dayanmaktadır. Sığla ağaçlarının gövdesinden elde edilen sığla yağı ihraç edilerek, ülke ekonomisine katkıda bulunmaktadır. Son yıllarda, özellikle bahçecilik ve seracılık alanında ileri tekniklerin kullanıldığı bu sektörde önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Nüfus artışının fazla yüksek olmadığı durgunluk yaşanan bir dönemden sonra, 90'lı yıllarda tamamen turizme dayalı bir artış gözlenmiştir. Bölge ile ilgili yayınlar ve Dalaman Havalimanı'nın yapılması bu gelişmeyi körüklemiştir [24].



Şekil 6.1: Çalışma Bölgesinin Coğrafi Konumu.

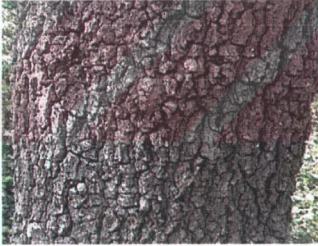
6.2 Sığla Ağacı (*Liquidamber Orientalis*)

Ülkemizde en geniş yayılışını Muğla-Köyceğiz-Fethiye-Milas-Marmaris yörelerinde yapmakla beraber, Aydın'ın Çine Çayı, Antalya'nın Gebiz-Pınargözü, Burdur'un Bucak dolaylarında da küçük gruplar halinde doğal örneklerine rastlanan sığla ağacı, "Günlük Ağacı" ya da "Amber ağacı" olarak da bilinir [29]. "Hamomelidaceae" familyasından, gövdesinden balsam çıkarılan bir ağaçtır (Şekil 6.2). Boyu ortalama 15-20 m'ye kadar uzayabilen sığla ağacı, kalın dallı ve geniş tepelidir. İlk bakışta çınarı andıran bu ağacın kabuğu yaşlandıkça koyulaşır, derin çatlaklı bir görünüm alır (Şekil 6.3a). Dallara uzun saplarla bağlanan yaprakları genelde beş lopludur (Şekil

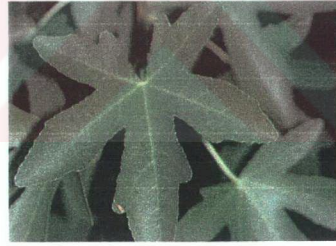
6.3b). Sığla ağacının kök sistemi yayvan ve sığdır. Rutubetli ve zengin alluviyal topraklarda yetişmektedir [29].



Şekil 6.2: Köyceğiz bölgesindeki sığla ağaçları (Şubat 2000 ayında yapılan arazi çalışması sırasında çekilmiştir).



(a)



(b)

Şekil 6.3(a): Sığla ağacının gövdesi (b): Sığla yaprağı.

Sığla ağaçlarının gövdesinden eczacılıkta, parfüm ve kozmetik sanayisinde kullanılan bir balsam çıkarılmaktadır. “Sığla Yağı” denilen bu balsam gövdede açılan yarıklardan dışarı sızmaktadır. Akan sıvı kabukla birlikte kazınarak alınır, su içinde kaynatılır ve sığla yağı ayrılır. Geriye kalan balsamı alınmış kabuk parçaları ise “günlük” ya da “buhur” adıyla tütsü olarak kullanılır. Esmer gri renkli, bal kıvamında, hoş kokulu ve acımsı lezzetli bir madde olan sığla yağı, başlıca antiseptik, yara iyi

edici ve asalak öldürücü etkilere sahip olup, mide hastalıklarının tedavisinde de kullanılmaktadır. Ayrıca parfümeri ve sabun endüstrisinde de önemli kullanım yerleri vardır. Alkoldeki çözeltili parfümlerin kokularını tespit etmede sabitleyici görevi yapar. Tütüne koku vermek için de kullanılır. Türkiye’de gerek orman işletmesi gerekse özel kişilerce gerçekleştirilen sığla yağı üretimi eskiden çok daha yüksek olmakla birlikte, sığla ormanlarının yöre halkının bilinçsiz kullanımından dolayı giderek azalmıştır [25].

6.3 Kullanılan Bilgisayar Donanım, Yazılım ve Uydu Verileri

Bu çalışmanın uygulama bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesinde, Novell işletim sistemi altında çalışan bilgisayar şebeke ağında sekiz kişisel bilgisayar, iki renkli yazıcı, bir AO dijitalleştirici ve bir A3 tarayıcısı bulunan, Uzaktan Algılama Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Laboratuvarında ERDAS V7.5 yazılımı, IMAGINE V3.1 görüntü işleme programları, Autocad R12,14 bilgisayar destekli tasarım programları ve ARC View 3.0, NT ARC Info Coğrafi Bilgi Sistemi programları kullanılmaktadır.

Bu çalışmada üç farklı tarihte alınan LANDSAT-TM uydu görüntülerine ait, şekiller Tablo 6.1 de ve 1991 yılına ait LANDSAT-TM görüntüsü Şekil 6.4 de verilmektedir.

Çalışmada ayrıca Şubat 1988 yılında çekilmiş, 1/40000 ölçeğinde, 004272 992-9742 numaralı(SAĞA 2128), AYDIN-DENİZLİ-FETHİYE RVZ hattına ait üç adet hava fotoğrafından ve 15.11.1996 tarihli, düşeye çevrilmiş SPOT-Pankromatik görüntüsünden yararlanılmıştır.

Tablo 6.1: Çalışmada kullanılan LANDSAT-TM görüntülerinin teknik özellikleri.

Uydu	Algılayıcı Türü	Bant Sayısı	Dalga Boyu (μm)	Uzaysal Çözünürlük (m)	Tarihi
LANDSAT-5	Tematik Haritalayıcı Optik Mekanik Tarayıcı	7	0.45-2.35	30 120 (Isıl bant)	8.8.1984
LANDSAT-5	Tematik Haritalayıcı Optik Mekanik Tarayıcı	7	0.45-2.35	30 120 (Isıl bant)	27.7.1991
LANDSAT-5	Tematik Haritalayıcı Optik Mekanik Tarayıcı	7	0.45-2.35	30 120 (Isıl bant)	24.7.1996



Şekil 6.4: Orijinal LANDSAT-TM-91 görüntüsü (Bant 3/2/1).

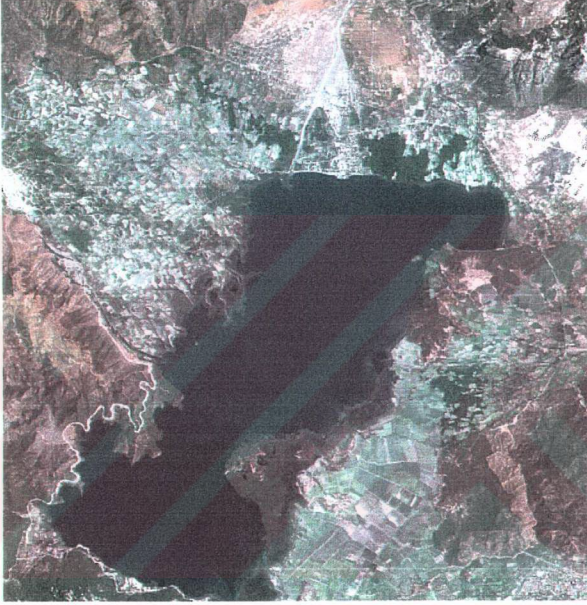
6.4 Dijital Görüntü İşleme

6.4.1. Filtreleme

Çalışmada kullanılan her LANDSAT-TM görüntüsü için bir çok farklı filtreler denenmiştir. Sonuç görüntülerinin görsel analizinden sonra, aşağıda filtre katsayıları verilen, yüksek geçiren, 3x3 MIDLOW (Minimum Highpass Effect) filtresinin en iyi sonucu verdiği görülmüştür.

$$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 16 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

Filtre seçiminde detayların daha belirgin ve yorumlanabilir olması hususu gözönüne alınmıştır. Şekil 6.5 de 1996 yılına ait olan LANDSAT-TM görüntüsünün filtreleme sonucunda ortaya çıkan görüntüsü verilmektedir. Görüntüde düşük frekanslı uzaysal bileşenler bastırılmış olup yüksek frekanslı uzaysal bileşenler vurgulandığı için detayların daha belirgin olduğu görülmektedir.



Şekil 6.5 Filtrelenmiş LANDSAT-TM-91 görüntüsü (BantB 3/2/1).

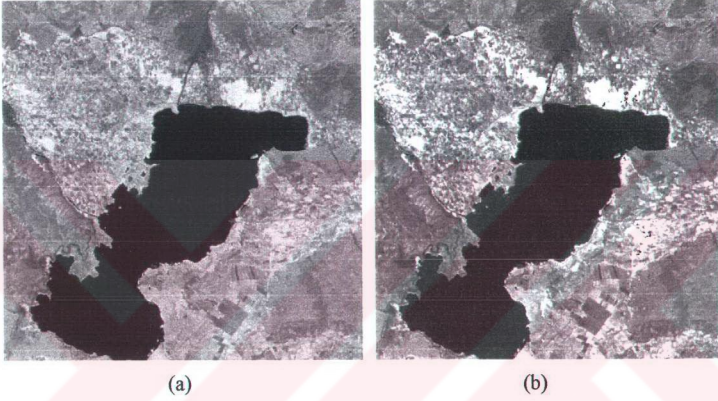
6.4.2 Oran Görüntüleri

Bu çalışmada LANDSAT-TM verilerine VI, NDVI bitki örtüsü indeksleri uygulanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Şekil 6.6 da, 1991 yılına ait olan LANDSAT-TM görüntüsü için elde edilen VI (Bitki İndeksi), NDVI (Normalize Edilmiş Bitki İndeksi) görüntüleri verilmektedir.

VI görüntüsünde (Şekil 6.6.a) çok düşük bir yansıtım değerine sahip olan göl siyah renkte olup, kayalık alanlar ile yollar da koyu renk tonuna sahiptir. Yüksek yansıtım

değerleriyle sığla ormanları ve sazlık alanlar ise açık renk tonundadır. Yüksek alanlardaki ormanlar ile tarlaların da açık gri renk tonunda oldukları gözlenmektedir.

NDVI görüntüsünde (Şekil 6.6.b) ise VI görüntüsüne göre daha açık bir renk tonu hakim olup, sığla ormanlarının da beyaza yakın renginden dolayı daha iyi seçilebildiği görülmektedir. Göl yine koyu siyah renktedir. Tepelerdeki ormanlar ile tarlalarında açık gri renk tonuna sahip olduğu ve üzerinde bitki örtüsü bulunmayan yol ve kayalık alanların siyaha yakın koyu gri renk tonunda olduğu görülmektedir.



Şekil 6.6.a: LANDSAT-TM-91 bitki örtüsü indeksi görüntüsü.
b: LANDSAT-TM-91 normalize edilmiş bitki örtüsü indeksi görüntüsü.

6.4.3 Spektral Profil Analizi

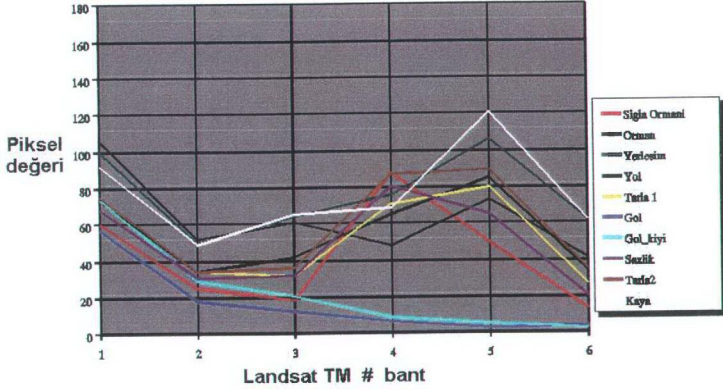
1996 yılına ait LANDSAT-TM görüntüsündeki 10 temel sınıftan örnek kontrol noktaları alınarak, spektral eğrileri karşılaştırılmıştır (Şekil 6.7). Ayrıca yine aynı LANDSAT-TM görüntüsünden sadece sığla, orman, sazlık ve tarla sınıflarından örnek kontrol noktaları alınarak spektral profil eğrileri elde edilmiştir (Şekil 6.8). Bu noktaların dosya koordinatları sırasıyla Tablo 6.2 ve Tablo 6.3 de verilmiştir.

Tablo 6.2:10 ana arazi örtüsü sınıfı için gözönüne alınan kontrol noktaları.

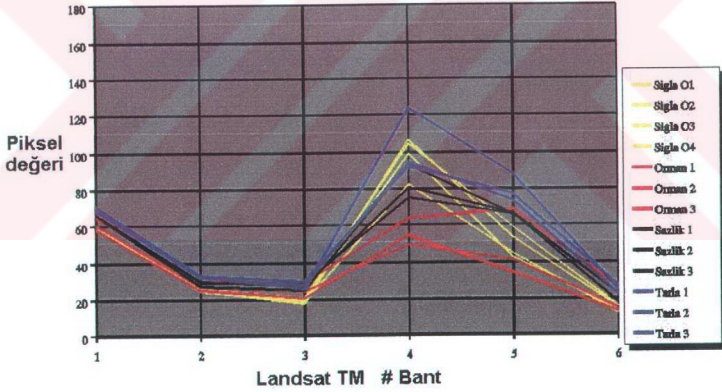
Nokta No	Profil	Dosya Koordinatları	
		X (m)	Y(m)
1	Sığla	340.000	135.000
2	Orman	54.000	293.000
3	Yerleşim	299.000	153.000
4	Yol	281.000	88.000
5	Tarla1	117.000	129.000
6	Tarla2	331.000	455.000
7	Göl	285.000	273.000
8	Göl kıyısı	145.000	324.000
9	Saz	233.000	439.000
10	Kaya	281.000	54.000

Tablo 6.3: Sığla ve orman grubuna ait gözönüne alınan kontrol noktaları.

Nokta No	Profil	Dosya Koordinatları	
		X(m)	Y(m)
1	Sığla 1	336.000	142.000
2	Sığla 2	356.000	155.000
3	Sığla 3	74.000	217.000
4	Sığla 4	251.000	130.000
5	Orman 1	438.000	45.000
6	Orman 2	414.000	467.000
7	Orman 3	8.000	486.000
8	Sazlık 1	236.000	444.000
9	Sazlık 2	323.000	364.000
10	Sazlık 3	214.000	183.000
11	Tarla 1	333.000	447.000
12	Tarla 2	345.000	486.000
13	Tarla 3	334.000	525.000



Şekil 6.7: Gözönüne alınan arazi kullanım sınıflarının spektral profil analizi



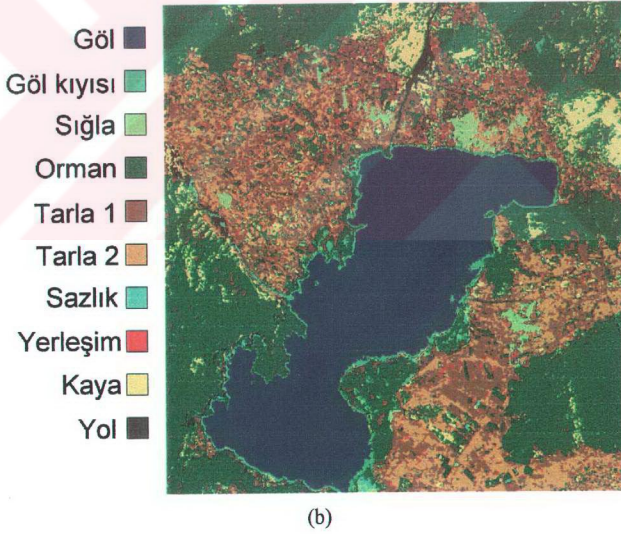
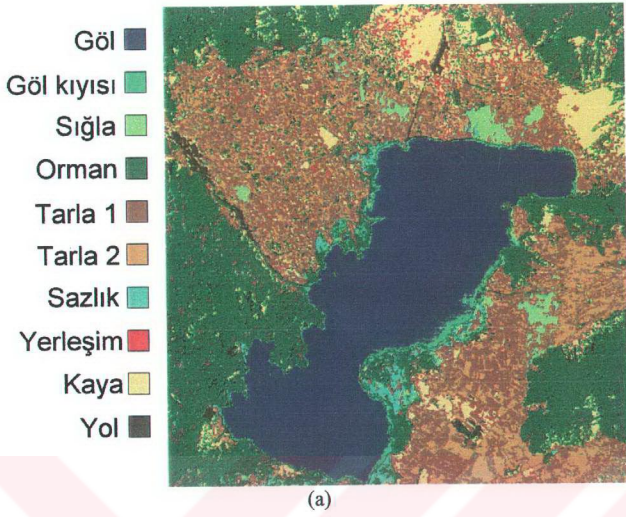
Şekil 6.8: Bitki örtüsü ve sınıfları için spektral profil analizi.

Şekil 6.8 de bitki örtüsünü temsilen seçilen her bir sınıfın 3. bantta (mavi) en düşük, 4. bantta (kırmızı) ise yüksek yansıtım değerine sahip olduğu görülmektedir. Dört sınıfında spektral eğrilerinde göze çarpan benzerlik, sınıflandırma sırasında bazı bölgelerde sazlık alanlar ile sığla ormanlarının karışık sınıf olarak oluşmasına neden olmuştur.

6.4.4 Sınıflandırma

Sınıflandırma işleminde kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma yöntemleri kullanılarak, uygun sınıflar seçilmiştir. Orijinal LANDSAT-TM görüntüleri önce 12 sınıf ile iteratif ISODATA yöntemi kullanılarak kontrolsüz sınıflandırılmıştır. Sonuçlar topoğrafik haritalar ve hava fotoğraflarından yararlanılarak irdelenmiş, uygun sınıflar bırakılmıştır. Buna karşılık karışık ve çok büyük sınıflar atılarak kontrollü sınıflandırmadan yeniden bu arazi örtü tiplerine ait kontrol bölgeleri seçilmiştir. Sınıflandırma öncesinde bantlar arası korelasyon incelenmiş ve sonuçta 3. ve 4. bantlarda en düşük korelasyon gözlenmiştir. Bu bantlar ile yapılan sınıflandırma istenilen sonucu vermediğinden tüm bantlar kullanılarak sınıflandırma işlemi tekrarlanmıştır. LANDSAT-TM görüntülerinin sınıflandırılmasında 1984 yılı için 37 sınıf, 1991 yılı için 37 sınıf ve 1996 yılı için de 38 sınıf kullanılarak sonuca gidilmiştir.

Şekil 6.9 da, kullanılan LANDSAT-TM görüntülerinin sınıflandırılmış görüntüleri verilmektedir. Sınıflandırılmış görüntünün genel olarak mevcut arazi kullanımı ile uyumlu olduğu gözlenmiştir. Ancak bazı yerlerde sazlık alanlar ile sığla ormanlarını ayırt etmek mümkün olmamıştır. Bunun nedeni ise, Alt bölüm 6.4.3 de açıklandığı gibi, iki ayrı sınıfın yansıtım değerlerinin birbirine çok yakın olmasıdır.



Şekil 6.9 devam ediyor.

- Göl ■
- Göl kıyısı ■
- Siğla ■
- Orman ■
- Tarla 1 ■
- Tarla 2 ■
- Sazlık ■
- Yerleşim ■
- Kaya ■
- Yol ■



(c)

Şekil 6.9: (a) LANDSAT-TM-84 verisinin sınıflandırılmış görüntüsü, (b) LANDSAT-TM-91 verisinin sınıflandırılmış görüntüsü, (c) LANDSAT-TM-96 verisinin sınıflandırılmış görüntüsü.

6.4.5 Doğruluk Analizi

Yapılan sınıflandırmanın doğruluğunu analiz etmek için, sınıflandırılmış her LANDSAT-TM görüntüsünden rastgele 50 adet piksel seçilmiş ve mevcut topoğrafik pafta, arazi kullanım haritaları ile karşılaştırılarak dahil oldukları sınıfın doğruluğu irdelenmiştir. Sonuçta, genel sınıflandırma doğruluklarının %84 ile %90 arasında oldukları görülmüştür. (Tablo 6.4, 6.5, 6.6).

Tablo 6.4: Sınıflandırılmış LANDSAT-TM-84 görüntüsünün doğruluk analizi.

Sınıf Adı	Referans Toplamı	Sınıflandırılmış Toplam	Doğru Nokta Sayısı	Üretici Doğruluğu	Kullanıcı Doğruluğu
Background	0	0	0	-	-
Göl	10	10	10	100.0 %	100.0 %
Göl kıyısı	1	1	1	100.0 %	100.0 %
Sığla	0	0	0	-	-
Orman	13	15	13	100.0 %	86.7 %
Tarla1	11	10	9	81.8 %	90.0 %
Tarla2	4	6	3	75.0 %	50.0 %
Sazlık	1	1	1	100.0 %	100.0 %
Yerleşim	1	1	1	100.0 %	100.0 %
Kaya	6	5	5	83.3 %	100.0 %
Yol	3	1	1	33.3 %	100.0 %
Toplam	50	50	44		

Genel Sınıflandırma Doğruluğu= 88 %

Tablo 6.5: Sınıflandırılmış LANDSAT-TM-91 görüntüsünün doğruluk analizi.

Sınıf Adı	Referans Toplamı	Sınıflandırılmış Toplam	Doğru Nokta Sayısı	Üretici Doğruluğu	Kullanıcı Doğruluğu
Background	0	0	0	-	-
Göl	10	11	10	100.0 %	90.9 %
Göl kıyısı	2	1	1	50.0 %	100.0 %
Sığla	1	1	1	100.0 %	100.0 %
Orman	16	18	16	100.0 %	88.9 %
Tarla1	10	8	8	80.0 %	100.0 %
Tarla2	6	7	5	83.3 %	71.4 %
Sazlık	0	0	0	-	-
Yerleşim	0	0	0	-	-
Kaya	4	3	3	75.0 %	100.0 %
Yol	1	1	1	100.0%	100.0 %
Toplam	50	50	45		

Genel Sınıflandırma Doğruluğu= 90 %

Tablo 6.6: Sınıflandırılmış LANDSAT-TM-96 görüntüsünün doğruluk analizi.

Sınıf Adı	Referans Toplamı	Sınıflandırılmış Toplam	Doğru Nokta Sayısı	Üretici Doğruluğu	Kullanıcı Doğruluğu
Background	0	0	0	-	-
Göl	10	10	10	100.0 %	100.0 %
Göl kıyısı	1	1	1	100.0 %	100.0 %
Sığla	1	1	1	100.0 %	100.0 %
Orman	14	13	13	92.9 %	100.0 %
Tarla1	5	10	4	80.0 %	40.0 %
Tarla2	7	6	6	85.7 %	100.0 %
Sazlık	2	0	0	0.0 %	-
Yerleşim	2	1	1	50.0 %	100.0 %
Kaya	7	7	5	71.4 %	71.4 %
Yol	1	1	1	100.0 %	100.0 %

Toplam 50 50 42

Genel Sınıflandırma Doğruluğu= 84 %

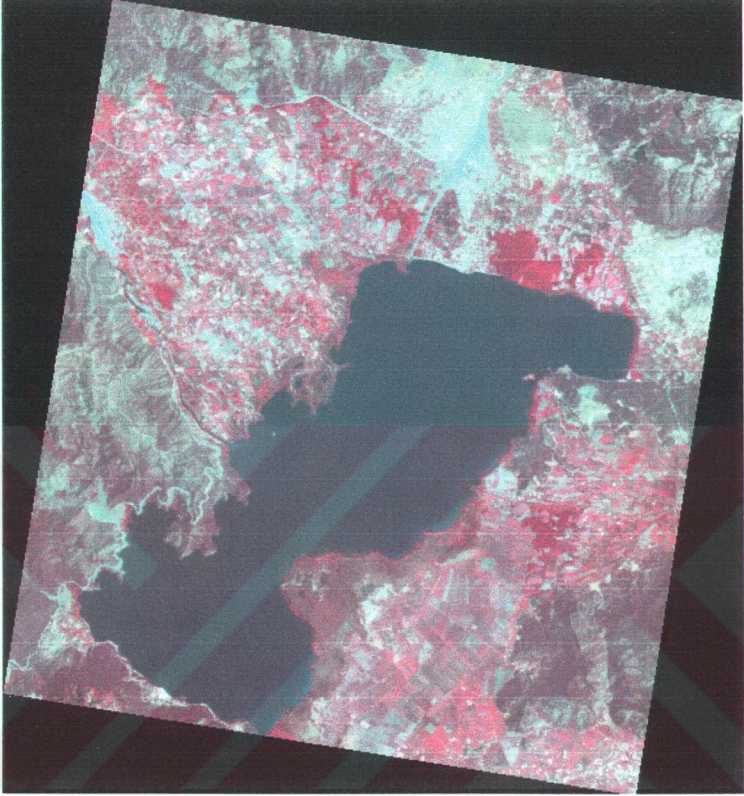
6.5 Geometrik Düzeltme

Amacı orijinal uydu görüntülerindeki geometrik distorsiyonları gidererek, düzeltilmiş dijital görüntünün haritanın entegrasyonuna sahip olmasını sağlamak olan geometrik düzeltme çalışmasında, 1/25000 ölçekli mevcut topoğrafik paftalardan ve daha önce Akdeniz Projesi çerçevesinde kullanılan düşeye çevrilmiş edilmiş SPOT-P uydu görüntüsünden yararlanılmıştır. Kullanılan yer kontrol noktalarının (GCP) olabildiğince homojen dağılmasına ve kalıcı noktalardan (yol kesişimleri, tarla sınır kesişimleri gibi) seçilmesine dikkat edilmiştir. 1984 yılına ait TM görüntüsünden 22, 1991 yılına ait TM görüntüsünden 18 ve 1996 yılına ait TM görüntüsünden 25 yer kontrol noktası seçilmiştir. Seçilen noktaların harita (UTM) koordinatları, topoğrafik paftalardan lineer enterpolasyon yöntemi ile bulunmuştur. Görüntü koordinat sistemi ile yer koordinat sistemi arasındaki bağıntıyı sağlayan transformasyon eşitlikleri 1.dereceden polinom olarak seçilerek, bu eşitliklerin katsayıları, En Küçük Kareler Yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır.

Dönüşüm için toplam karesel ortalama hata (ΣKOH), ± 0.5 piksel seçilmiştir. Aşağıda Tablo 6.7 de dönüşüm sonucunda elde edilen karesel ortalama hatalar (KOH) ve Şekil 6.10 da düşeye çevrilmiş edilmiş 1996 yılına ait LANDSAT-TM görüntüsü verilmektedir.

Tablo 6.7: X, Y ve Toplam Karesel Ortalama Hatalar.

LANDSAT-TM görüntüleri	X KOH	Y KOH	ΣKOH
1984	0.29171	0.29917	0.41784
1991	0.39502	0.29636	0.49383
1996	0.30787	0.33870	0.45771



Şekil 6.10: Düşeye çevrilmiş LANDSAT-TM-96 görüntüsü (Bant: 4/2/1).

6.6 Hava Fotoğraflarının Geometrik Düzeltmesi ve Mozaik Oluşturulması

Şubat 1988 tarihli Köyceğiz bölgesine ait üç adet hava fotoğrafı uzaktan algılama laboratuvarında bulunan A3 tarayıcısında taranmış ve bilgisayar şebeke ağına aktarılmıştır. Ülke koordinat sistemine (UTM) dönüşümü, 1/25000 ölçekli topoğrafik paftalardan ve Uluslararası Akdeniz Projesi kapsamında düşeye çevrilmiş, 1996 tarihli SPOT-Pankromatik görüntüsünden yararlanılarak yapılmıştır.

Transformasyonda önce 1.dereceden polinom eşitlikleri seçilmiş ve bu eşitliklerin katsayıları En Küçük Kareler Yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Hava fotoğraflarının bazı deformasyonları (kağıt baskı, uçağın hareketi v.b) içermesi nedeniyle iyi sonuç vermemiştir. Non-lineer (lineer olmayan) düşeye çevirme yöntemi ile 1.hava fotoğrafı için 13, 2.hava fotoğrafı için 13 ve 3.hava fotoğrafı içinde 16 yer kontrol noktası seçilerek ve toplam karesel ortalama hata ± 0.5 piksel alınarak, yeniden düşeye çevirme işlemi uygulanmış ve mozaik oluşturulmuştur.

Tablo 6.8 de hava fotoğraflarının geometrik düzeltilmesinde elde edilen karesel ortalama hataları aşağıda verilmektedir

Tablo 6.8: Karesel ortalama hatalar.

	X RMS	Y RMS	Σ RMS
Hava 1	0.62309	0.67539	0.91891
Hava 2	0.75017	0.51836	0.91184
Hava 3	0.60367	0.79279	0.99646

Geometrik düzeltmeleri yapılmış, birbirini örten üç hava fotoğrafından mozaik yapılarak çalışma bölgesinin tek hava fotoğrafı elde edilmiştir. Non-lineer düşeye çevirme yöntemi ile UTM sistemine dönüştürülen hava fotoğrafları, Hava 1 fotoğrafı baz alınarak kesilmiş ve mozaik yapılmıştır.

6.7 Alan Hesabı

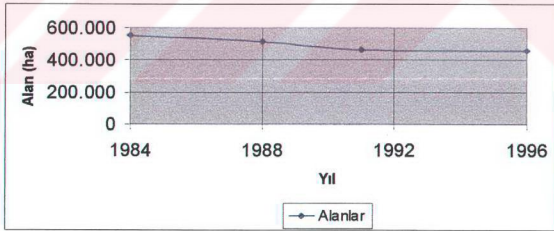
LANDSAT-TM görüntülerinin sınıflandırılıp, düşeye çevrilmesi sonucunda ortak sınıflar birleştirilip, yeniden kodlama yapılarak görüntü çıktıları elde edilmiştir. Göz önüne alınan 10 temel sınıf; göl, göl kıyısı, sığla, orman, tarla1, tarla2, sazlık, yerleşim, kaya ve yoldur. Ayrıca bölgeye ait üç hava fotoğrafının mozaik

görüntüsünün üzerinden, poligon çizilmek suretiyle sığla ormanlarının sınırı belirlenmiş ve alan hesabı yapılmıştır. Bunun için ERDAS programının DIGSCRN komutu kullanılarak 61 adet poligon çizilmiş ve DIGUTIL komutu ile poligon alanları hesaplatılmıştır. Sonuçta sığla orman alanı, 513.7312 hektar çıkmıştır. Tablo 6.9 da dört ayrı yıla ait LANDSAT-TM görüntüsünden hesaplanan sığla orman alanları verilmiştir. Şekil 6.12 de ise mozaik görüntüsü ve sığla ormanlarına ait sınırlar görülmektedir.

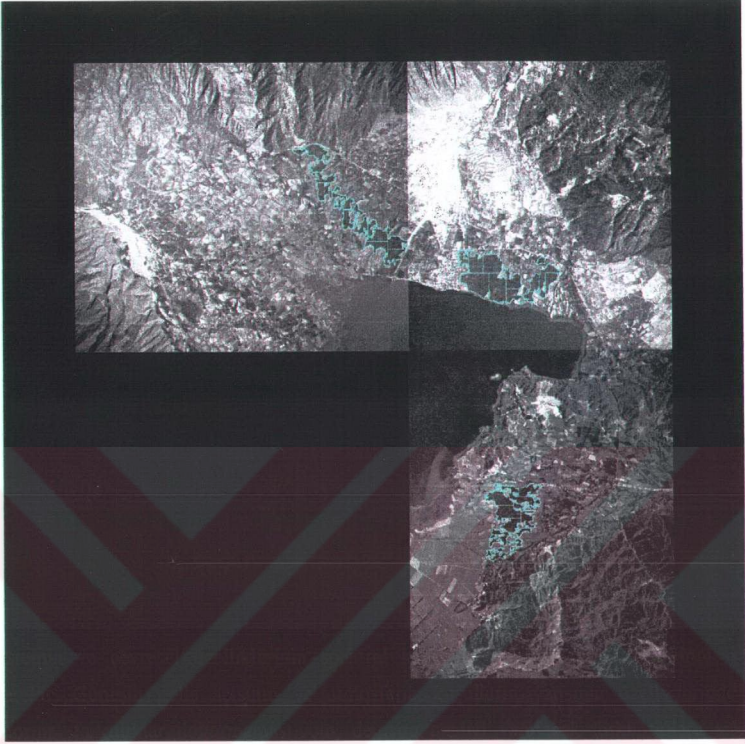
Tablo 6.9: Dört ayrı yıla ait sığla orman alanları.

Yıl	1984	1988	1991	1996
Sığla Ormanı Alanları (hektar)	557.010	513.731	461.020	457.830

Aşağıdaki 1984 ve 1996 yılları arasındaki sığla orman alanlarındaki alansal değişim grafik olarak verilmektedir.



Şekil 6.11: Sığla orman alanlarındaki alansal değişim



Şekil 6.12: Hava fotoğraflarının mozaiği ve sığla alanları

6.8 Değişim Analizi

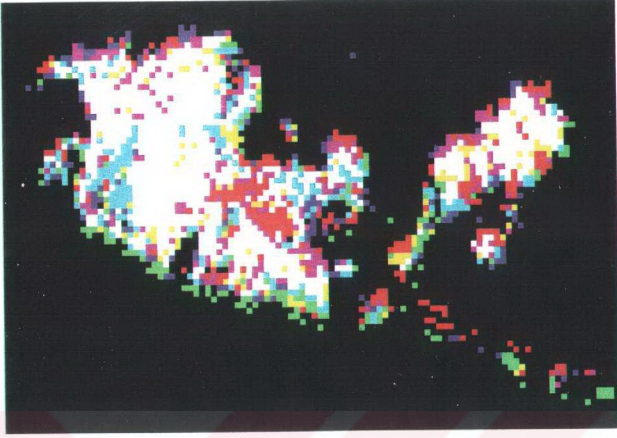
Arazi üzerindeki değişimle ilgili bilgiyi farklı zamanlarda alınan uzaktan algılanmış verilerden çıkarmak, çeşitli uygulamalarda kullanılan oldukça iyi bir yöntemdir. arazi kullanımı değişimi analizlerinin doğru bir biçimde yapılabilmesi için algılayıcı sistemin ve çevresel özelliklerinin spektral karakteristiklerinin çok iyi bilinmesi gerekir. Güneşin geliş açısının ve atmosferik koşulların yansımaya özelliklerinde anormal farklılıklar doğurmaması için, değişim analizi yapılacak farklı yıllara ait görüntülerin birbirleriyle yakın tarihli olması gerekir. Ayrıca, kullanılacak algılayıcı sistemin bir bölgeyi her seferinde günün yaklaşık aynı saatinde taraması istenir.

Değişim analizi yapabilmek için en az iki farklı tarihe ait uzaktan algılanmış veri gerekir.

Değişimin saptanması için kullanılan algoritmalar şunlardır:

- 1) Görüntülerin birbirinden çıkarılması; farklı görüntülerde aynı alana ait piksellerin ortalama ortalama değerlerinin birbirinden çıkarılmasıdır.
- 2) Görüntülerin oranlanması; farklı görüntülerde aynı alana ait piksellerin ortalama değerlerinin oranlanması ile gerçekleştirilir.
- 3) Değişim vektör analizi; iki görüntünün bir grafik halinde karşılıklı olarak çizildiği ve iki spektral değişkenin, değişimin büyüklüğünü ve yönünü gösterdiği bir değişimi belirlemek için spektral ve uzaysal farkların kullanıldığı analizdir [30].
- 4) Sınıflandırma sonrası karşılaştırmadır [31].

Bu çalışmada sığla ormanlarındaki değişimi analiz etmek amacıyla, tüm sınıflandırılmış uydu görüntülerinde sığla ormanı hariç tüm sınıflar mask edilerek sadece sığla orman alanları bırakılmış ve yeni bir dosya altında toplanmıştır. Bu 3 farklı uydu görüntüsü ekranın RGB modunda ardı sıralı overlay edilerek sığla ormanlarındaki değişim basit olarak gözlenmiştir. Şekil 6.13 de kırmızı pikseller 1984 yılına, yeşil pikseller 1991 yılına, mavi pikseller 1996 yılına ve beyaz pikseller ise her üç yıla ait sığla orman alanlarını göstermektedir. 1984 yılına ait kırmızı piksellerin diğer yıllarda mevcut olmadığı açık ve net bir şekilde görülmektedir.

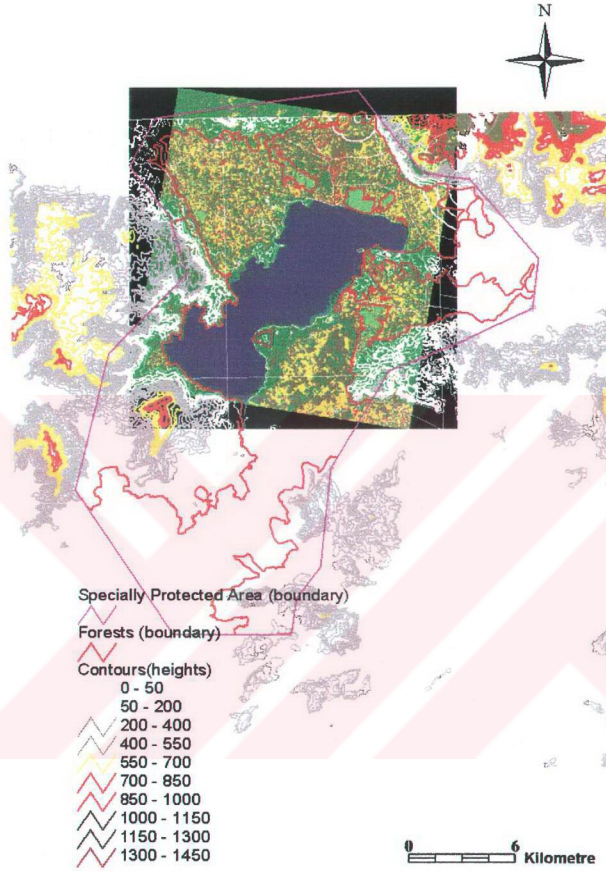


Şekil 6.13: Sığla ormanlarındaki değişim (R:1984 / G:1991 / B:1996).

6.9 Orman Bilgi Sistemi

Oluşturulan orman bilgi sisteminde gözönüne alınan vektör veriler, Uluslararası Akdeniz Projesinde kullanılan eş yükseklik eğrileri katmanı ve arazi kullanımı haritalarıdır. Raster veriler ise bu çalışmada kullanılan tüm orijinal ve sınıflandırılmış uydu görüntüleri ve hava fotoğraflarından oluşturulan mozaiktir (Şekil 6.14).

Bu CBS uygulamasında sorgulama yapılmamış, daha çok eldeki mevcut verilerin bütünü aynı koordinat sisteminde (UTM) olacak şekilde tek bir ortamda toplanmış ve bu verilerin coğrafi analizi ile mevcut arazi kullanımı haritasının, sınıflandırılmış uydu görüntülerinden elde edilen arazi kullanımı haritaları ile karşılaştırma sağlanmıştır. Fakat Şekil 6.15 de görüldüğü gibi mevcut arazi kullanımı haritalarında sığla orman alanlarının (koyu yeşil) genel orman sınıfı altında yeterli doğrulukta olmadığı, şekil 6.14 deki uydu görüntülerinin sınıflandırılmasından elde edilen arazi kullanımı tematik haritasında sığla orman sınıfı (açık yeşil) ile karşılaştırıldığında daha çok genelleştirilmiş olduğu gözlenmiştir. Ayrıca bütün verilerin CBS ortamında toplanması ile daha sonraki çalışmalara baz teşkil edecek şekilde etkin bir veri tabanı (database) elde edilmiştir.



Şekil 6.14: Oluşturulan Orman Bilgi Sistemi.

SONUÇ

Gelişen teknolojinin yanında verimli topraklara kurulan sanayi tesisleri, yoğun ve çarpık yapılaşma, sonucu önemsenmeden yapılan nükleer denemeler, orman yangınları dünyamızın doğal yapısını hızla bozmaktadır. Dünyanın doğal dengesinin bozulması tüm doğayı tehdit altına alırken doğal afetlerin de artmasına neden olmuştur. Dünyadaki doğal ve yapay gelişmeleri izlerken, doğal bir afet karşısında zamanla yarışırken, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri tekniklerinin kullanımı neredeyse zorunlu hale gelmiştir. Günümüzde Uzaktan Algılama ve CBS, zaman ve maliyet açısından bitki örtüsü ve orman alanlarının gözlenmesinde ve analizinde önemli bir araç olmaktadır. Uydu görüntülerinin sınıflandırılmasıyla, yeşil bitki örtüsü ve orman alanlarındaki değişim izlenebilir, türü ve kullanımı belirlenebilir.

Dünyamızın en büyük zenginlik kaynağı olan ormanlar, ekolojik dengenin içindeki önemli rolünün yanı sıra ülke ekonomisi içinde de önemli bir yer tutmaktadır. Dünyada sadece Kuzey Amerika'da ve Türkiye'nin güney batı bölgelerinde yetişen Sığla Ormanları da orman grupları içinde özel bir yeri olan ormanlardır. Doğal zenginliğinin yanı sıra gövdesinden çıkarılan balsamdan (sığla yağı) ecza ve kozmetik alanlarında yararlanılan ve çoğu yurtdışına ihraç edilerek ülke ekonomisine katkıda bulunan sığla ağaçlarının diğer olumsuz nedenlerle de birlikte, yöre halkının da bilinçsiz kullanımından dolayı zarar gördüğü bilinmekte ve alanlarının azaldığı söylenmektedir. Bu çalışmada Uluslararası Akdeniz Projesi'nde yer alan üç ayrı yıla ait LANDSAT-TM görüntüleri ve 1988 yılına ait üç hava fotoğrafının mozaigi ile sığla orman alanlarının zamansal değişimi alansal olarak irdelenmiştir.

Sonuç olarak, uzaktan algılama yöntemleriyle yapılan bu çalışmada 1984 ile 1996 yılları arasında 99.180 hektar alanlık sığla ormanının azaldığı görülmüştür. Özel bir orman türü olan sığla ormanı alanlarının azalmasının önlenmesi ve artırılması için gerekli çalışmaların yapılmasının gerektiği açıktır. Böyle bir çalışmada uzaktan algılama yöntemlerinden yararlanılması ve elde edilecek her türlü raster ve vektör verilerin bir CBS ortamında bütünleştirilmesi ve analizi gereklidir. Böylelikle, CBS sistemi kullanılarak orman ve doğal kaynak yöneticilerine ormanların gözlenmesi, planlanması ve etkili kaynak yönetimi için gerekli güvenilirlik ve hız sağlanarak, orman kaynaklarımızın gelecek nesillere aktarılması sağlanabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Craknell, A. and Hayes, L., 1991. Introduction to Remote Sensing, Taylor & Francis, New York.
- [2] Örmeci, C., 1987. Uzaktan Algılama: Temel Esaslar ve Algılama Sistemleri, İ.T.Ü. Matbaası, İstanbul.
- [3] Maktav, D., Sunar F., 1991. Uzaktan Algılama: Kantitatif Yaklaşım (çeviri kitap), Hürriyet Ofset, İstanbul.
- [4] Özkan, C., 1998. Uzaktan Algılama Verileriyle Orman Yangını analizi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [5] Kurum, Z., 2000. Tarım Ekili Alanların Kontrollü Sınıflandırmasında Doğruluk Analizi, *Bitirme Ödevi*, İ.T.Ü İnşaat Fakültesi, İstanbul.
- [6] Taştan, H., 1999. Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Veri Kalitesi, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [7] Goodchild, F.M., 2000. Geographic Information System, Microsoft Online Encyclopedia 2000, www.encarta.com
- [8] Merchant, W.J., 2000. www.encarta.com/Remote Sensing/Satellites.
- [9] <http://Leonardo.jpl.nasa.gov/msl/programs/LANDSAT.html>.
- [10] <http://mtpe.gsfc.nasa.gov/LANDSAT/default.htm>.
- [11] Harris, R., 1987. Satellite Remote Sensing, Routledge & Kegan Paul, London.
- [12] <http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/tekra/satsens/sats/LANDSATe.htm>.
- [13] <http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/tekra/satsens/sats/SPOTe.htm>.
- [14] <http://www.SPOT.com/home/system/introsat>
- [15] <http://www.encarta.msn.com/pixel>
- [16] Alkış, Z., 1997. Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Yöntemleri ile Coğrafi Bilgi Sistemleri için Veri Toplamı. Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu '96, İ.T.Ü., İstanbul.
- [17] Özbalmumcu, M., 1997. CBS Oluşturulması İçin Veri Kaynakları, Yöntemleri ve Sistemlerinin Araştırılması, Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu '96, İ.T.Ü., İstanbul.
- [18] Çelik, R.N. & Şeker, D., 1997. GPS ve GIS İntegrasyonu, Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu '96, İ.T.Ü., İstanbul.

- [19] **Koç, A.**,1995. Bilgisayar Destekli Konusal Orman Haritalarının Üretimi ve Orman Bilgi Sisteminin Oluşturulması, *Doktora Tezi*, İ.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [20]**Koç, A.**,1995. Ormancılıkta Coğrafi Bilgi Sistemi, Türkiye 2.ARC/INFO ve ERDAS Kullanıcıları Toplantısı, Ankara.
- [21] **Koç, A.**,1995. Konusal Orman Haritalarının Üretilmesi ve Güncelleştirilmesinde Orman Bilgi Sisteminin Sunduğu Olanaklar, Türkiye 2.ARC/INFO ve ERDAS Kullanıcıları Toplantısı, Ankara.
- [22] **Hürriyet Gazetesi**, 29 Ağustos 1999, “Sıgla Seferberliği”.
- [23] **T.C Çevre Bakanlığı Özel Çevre Koruma Başkanlığı**, 1996. Köyceğiz-Dalyan Çevre Koruma Projesi, Atıksu Arıtma Tesisi Nihai Dizayn Raporu.
- [24] **Üstün, T.T.**, 1998. Köyceğiz Gölü Su Kalitesi Yönetimi İçin EGÖLEM Modeli, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [25]**Ana Britannica: Genel Kültür Ansiklopedisi**, 1986-1990. Cilt:19, Ana Yayıncılık, İstanbul.
- [26] <http://pingo.geog.utoronto.ca/~davidten/wisqqih/methods/rsproc.htm>
- [27] **Archaeological Mapping Specialists: GIS, Remote Sensing, Photogrammetry for**, 1999. www.archymap.com.
- [28] **Efe (Güngördü), A.**, 1987. Liquidambar Orientalis Mill. (Sıgla Ağacı)'in Morfolojik ve Palinolojik Özellikleri Üzerine Araştırmalar, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, Cilt 37, Sayı 2, İstanbul.
- [29] **Bozkurt, Y., Yaltrık, F., Özdönmez, M.**, 1982. Türkiye’de Orman Yan Ürünleri, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- [30] **Taberner, M., Sunar, F.**, 1998. “An Implementation of the Change Vector Analysis Technique to Assess the Changes in Land Cover with Multidate Remotely Sensed Images, a Case Study: Istanbul, Turkey”, 27th Int. Symp. on Remote Sensing of Environment-Information for Sustainability, Tromso, Norveç, pp.454-457.
- [31] **Maktav, D., Sunar, F., v.d.**, 2000. Monitoring Urban Expansion in Büyükçekmece District of Istanbul Using Satellite Data, ISPRS, XIX.Congress, Amsterdam (Baskıda).

ÖZGEÇMİŞ

1973 yılında Bursa'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Balıkesir'de sırasıyla Altıeylül İlkokulu, Balıkesir Ortaokulu ve Balıkesir Lisesi'nde tamamladı.

1990-1991 öğretim yılında başladığı İ.T.Ü İnşaat Fakültesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği bölümünden, Şubat 1995 yılında mezun oldu.

1996-1997 öğretim döneminde, İ.T.Ü İnşaat Fakültesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Uzaktan Algılama Anabilim dalında yüksek lisans programına başladı.

Evli ve bir çocuk annesidir.