

ÖNSÖZ

Bu çalışmada, arazi kullanımı açısından farklı sınıfların birarada olduğu ve özellikle sanayinin yoğun olarak faaliyet gösterdiği, İstanbul - Avrupa yakasında, Küçükçekmece, Büyükçekmece ilçeleri dahil olmak üzere altı ilçeyi kapsayan yaklaşık 40000 hektarlık bir bölgede, arazi örtüsü/arazi kullanımdokusunu doğru olarak belirlemek için çalışma bölgesine ait Landsat 7 ETM uydu görüntüsüne “dijital görüntü işleme” teknikleri uygulanmıştır. Bu çalışmam sırasında, bilgi ve deneyimleriyle bana yardımcı olan ve çalışma ortamı sağlayan değerli danışman hocam Y. Doç. Dr. Çiğdem GÖKSEL’e en içten teşekkürlerimi sunarım

Çalışmam sırasında her zaman yardımcı olan ve yol gösteren Y. Doç. Dr. Şinasi KAYA’ya, tez seminerime katılarak olumlu katkılarını sağlayan uzaktan algılama anabilim dalı öğretim üyelerinden Prof. Dr. Filiz SUNAR ERBEK’e ve Doç. Dr. Nebiye MUSAOĞLU’na, bana her zaman katkılarda bulunan arkadaşlarımla Yük. Müh. Ayşın KARAÇAN’a, Yük. Müh. Araş. Gör. Elif SAROĞLU’na ve Yük. Müh. Araş. Gör. Filiz BEKTAŞ BALÇIK’a teşekkürlerimi sunarım

Eğitim hayatım boyunca her zaman yanımda olan ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen babaam Hamdi KARAKUŞ’a, annem Sema KARAKUŞ’a ve kardeşim Tansu KARAKUŞ’a en içten sevgilerimi ve teşekkürlerimi sunarım

Mayıs, 2005

Brsu KARAKUŞ

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	vi
TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
ÖZET	x
SUMMARY	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Giriş ve Çalışmanın Amacı	1
2. UZAKTAN ALGILAMA VE ALGILAMA SİSTEMLERİ	3
2.1. Tanım	3
2.2. Uzaktan Algılama Bileşenleri	3
2.3. Elektromagnetik Enerji	4
2.4. Uzaktan Algılamada Yaygın Olarak Kullanılan Spektral Bandlar ve Elektromagnetik Spektrum	6
2.5. Atmosferle Etkileşim	8
2.5.1. Saçılma	9
2.5.2. Yutulum	10
2.6. Işınlama ve Hedef Etkileşimi	10
2.7. Algılama Platformları	13
2.7.1. Zemindeki platformlar	13
2.7.2. Havadaki platformlar	14
2.7.3. Uzaydaki platformlar	14
2.8. Çözünürlük	14
2.8.1. Uzaysal çözünürlük	14
2.8.2. Spektral çözünürlük	14
2.8.3. Zamanasal çözünürlük	15
2.8.4. Radyometrik çözünürlük	15
2.9. Arazi Gözlemleme Uyduları/ Algılayıcıları	15
2.9.1. Landsat	15
2.9.1.1. TM verisinin görüntülenmesinde kullanılan band kombinasyonları	18

3. DİJİTAL GÖRÜNTÜ İŞLEME	20
3.1. Sayısal Görüntülerin Yapısı	20
3.2. Görüntü Karakteristikleri	21
3.3. Dijital Görüntü Verisinin Yorumlanması	24
3.3.1. Yorumlama için iki yaklaşım	24
3.3.2. Görsel yorumlama elemanları	25
3.4. Görüntü İşleme Metodları	27
3.4.1. Görüntü rektifikasyonu ve restorasyonu	27
3.4.2. Görüntü zenginleştirme	28
3.4.3. Görüntü sınıflandırma	28
3.4.4. Veri birleşimi ve CBS entegrasyonu	28
3.4.5. Biyofiziksel modelleme	29
4. GÖRÜNTÜ ZENGİNLEŞTİRME	30
4.1. Kontrast Manipulasyonu	31
4.1.1. Gri-renk tonu seviyesi eşliği	31
4.1.2. Düzey dilimleme	31
4.1.3. Kontrast gerilimi	32
4.2. Çoklu Görüntü Manipulasyonu	32
4.2.1. Band oranlama	32
4.2.2. Ana bileşenler ve kanonik bileşenler	33
4.2.3. Bt ki bileşenleri	34
4.2.4. IHS renk transformasyonu	35
4.2.5. Dekorelasyon gerilimi	35
4.3. Uzaysal Filtreleme	36
4.3.1. Uzaysal filtreleme için görüntü modeli	38
4.3.2. Bç i moperatörleri	39
4.3.3. Konvolasyon filtreleri	39
4.3.3.1. Lineer filtreler	40
4.3.3.2. İstatistiksel filtreler	52
4.3.3.3. Gradient filtreleri	54
4.3.4. Hatların belirlenmesi	56
4.3.4.1. Lineer hat belirleme kutuları	56
4.3.4.2. Lineer olmayan ve yarı-lineer hat belirleme kutuları	57

5. GÖRÜNTÜ SINIFLANDIRMA VE ANALİZİ	58
5.1. Kontrollü ve Kontrolsüz Sınıflandırma	58
5.1.1. Özellik	59
5.1.2. Karar verme kuralı	60
5.2. Kontrolsüz Sınıflandırma	60
5.2.1. Kümeleme	61
5.2.2. ISODATA kümeleme metodu	61
5.2.2.1. ISODATA parametreleri	61
5.2.2.2. İlk küme ortalaması	62
5.2.2.3. Hksel analizi	62
5.2.2.4. Değişmeyen piksel yüzdesi	63
5.2.2.5. ISODATA algoritmasının avantaj ve dezavantajları	64
5.2.2.6. Önerilen karar verme kuralı	64
5.3. Sınıf Genelleştirme	64
5.4. Sınıflandırmanın Değerlendirilmesi	65
5.4.1. Eşik değeri	65
5.4.2. Doğruluk analizi	65
5.4.2.1. Rastlantısal referans pikselleri	65
5.4.2.2. Hata raporları	66
5.4.2.3. Kappa katsayısı	66
6. UYGULAMA	68
6.1. Çalışma Alanı	68
6.2. Yöntemler	69
6.2.1. Geometrik düzeltme	69
6.2.2. Geometrik zenginleştirme	69
6.2.2.1. Uzaysal filtreleme	69
6.2.3. Görüntü sınıflandırma	85
6.2.3.1. Sınıf genelleştirme	88
6.2.3.2. Doğruluk değerlendirme	89
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	93
KAYNAKLAR	97
EKLER	100
ÖZGEÇMİŞ	102

KISALTMALAR

UV	: Ultraviöle
IR	: Infrared
AVHRR	: Advanced Very High Resolution Radiometers
LANDSAT	: Land Observation Satellite
NASA	: National Aeronautics and Space Administration
NOAA	: National Oceanic and Atmospheric Administration
ERTS 1	: Earth Resources Technology Satellite
RBV	: Return Beam Vidicon
MSS	: Multispectral Scanner
TM	: Thematic Mapper
ETM+	: Enhanced Thematic Mapper Plus
SPOT	: Satellite Pour l'Observations de la Terre
IRS	: Indian Remote sensing
MEIS	: Multispectral Electro-Optical Imaging Scanner
CASI	: Compact Airborne Spectrographic Imager
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
ISODATA	: Iterative Self Organizing Data Analysis Technique
RGB	: Red Green Blue

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. MSS bandları	16
Tablo 2.2. TM bandları ve kullanımları	17
Tablo 3.1. İki yaklaşımın karşılaştırılması	25
Tablo 4.1. Lokal filtre uygulamaları	40
Tablo 4.2. Basit kutu filtreleri. Bu filtreler, LP filtresinde uniform ağırlıklara, HP filtresinde tanımlayıcı ağırlıklara sahiptir	42
Tablo 4.3. Kutu boyutlarına karşı Delta değerleri	46
Tablo 4.4. K'nın farklı değerleri için 3x3 boyutundaki filtreler	50
Tablo 5.1. ISODATA algoritmasının avantaj ve dezavantajları	64
Tablo 6.1. Geometrik düzeltmeye ait etiket bilgileri	69
Tablo 6.2. Filtrelere ait kernel yapıları	70
Tablo 6.3. Görüntülere ait istatistiksel veriler	74
Tablo 6.4. Filtrelerle ilgili kernel yapıları	67
Tablo 6.5. Yönsel gradient filtrelere ait kernel yapıları	83
Tablo 6.6. Fotoyorumlama sonuç tablosu	85
Tablo 6.7. Görüntülerin sınıflandırma sonuçları	88
Tablo 6.8. Orijinal görüntünün hata matrisi	90
Tablo 6.9. Orijinal görüntünün doğruluk analizi	90
Tablo 6.10. Kenarları zenginleştirilmiş görüntünün hata matrisi	91
Tablo 6.11. Kenarları zenginleştirilmiş görüntünün doğruluk analizi	91
Tablo 6.12. Fotoyorumlama ve kantitatif analiz sonuçlarının karşılaştırılması	92
Tablo A.1. Laplacian kenar zenginleştirme görüntüsünün hata matrisi	100
Tablo A.2. Laplacian kenar zenginleştirme görüntüsünün doğruluk analizi	100
Tablo A.3. Yüksek frekanslı bileşenleri güçlendirilmiş görüntü hata matrisi ...	101
Tablo A.3. Yüksek frekanslı bileşenleri güçlendirilmiş görüntünün doğruluk analizi	101

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1

Şekil 2.2

Şekil 2.3

Şekil 2.4

Şekil 2.5

Şekil 2.6

Şekil 2.7. a

Şekil 2.7. b

Şekil 3.1

Şekil 4.1

Şekil 4.2

Şekil 4.3

Şekil 4.4

Şekil 4.5

Şekil 4.6

Şekil 4.7

Şekil 5.1

Şekil 5.2

Şekil 5.3

Şekil 6.1

Şekil 6.2

Şekil 6.3

Şekil 6.4

Şekil 6.5

Şekil 6.6

Şekil 6.7

Şekil 6.8

Şekil 6.9

Şekil 6.10

Şekil 6.11

Şekil 6.12

Şekil 6.13

Şekil 6.14

Şekil 6.15

Şekil 6.16

Şekil 6.17

: Uzaktan al

: Elektroma

: Harmoni k

: Değişiklik

eğrileri.....

: Elektroma

: Elektroma

enerji bileş

: İdeal spek

: İdeal dağ

: Gri renk t

: Kompleks

dal gası.....

: Konvol asy

: Yatay, düş

referans pi

: 3x3 boyut

: Görüntü s

uygulamas

: Median fil

: Kenarları

: İki boyutlu

: ISODATA

: ISODATA

: Çalışma al

: Orijinal gö

: Yüksek ge

: Kenarları

: Laplaci an

: Laplaci an

: Yüksek fre

: Orijinal La

: Yüksek fre

: Kenarları

: Laplaci an

: Laplaci an

: Yüksek fre

: Orijinal gö

: Yüksek ge

: Kenarları

değerleri...

: Laplaci an

11

21

36

41

Şekil 6 18 :

Laplacian
kenar

Zenginleştir

me

Görüntüsü ve

Görüntüye

Ait

63

Piksel

Değerleri ...

71.....

71.....

71.....

71.....

71..... 80

Şekil 6 19 :

Yüksek

frekanslı

İleşenleri

Güçlendirilm

İş görüntü ve

77

Görüntüye

Ait piksel

Değerleri.....

79.....

.....

..... 81

Şekil 6 20 :

Yüksek

frekansları

güçlendirilm

iş görüntü

.....

.....

82

Şekil 6 21 :

Laplacian

kenar

zenginleştir

me

45

51

Şekil 6 18 :

52aplaci an

53enar

54engi nleştir

62e

63örüntüsü ve

63örüntüye

68t

71

71i ksel

71değerleri ...

71.....

71.....

71.....

75.....

75..... 80

Şekil 6 19 :

76üksek

76frekanslı

76ileşenleri

76güçlendiril m

76ş görüntü ve

76örüntüye

76t piksel

değerleri.....

.....

.....

..... 81

Şekil 6 20 :

Yüksek

frekansları

güçlendiril m

iş görüntü

.....

.....

82

Şekil 6 21 :

Laplaci an

kenar

zenginleştir

me

52

Şekil 6 18 :

Laplacian

Kenar

Zenginleştir

me

Görüntüsü ve

görüntüye

ait

71

piksel

değerleri ...

71.....

75.....

75.....

75.....

76..... 80

Şekil 6 19 :

Yüksek

frekanslı

bilşenleri

güçlendiril m

Bş görüntü ve

79

görüntüye

ait piksel

değerleri.....

.....

.....

..... 81

Şekil 6 20 :

Yüksek

frekansları

güçlendiril m

iş görüntü

.....

.....

82

Şekil 6 21 :

Laplacian

kenar

zenginleştir

me

53

54

62
63
63
68
71
71
71
71
71
71
75
75
75
76

76
76
77
78

78
79

Şekil 6 18 : Laplaci an kenar zengi nleştir ne görüntüsü ve görüntüye ait piksel değerleri	80
Şekil 6 19 : Yüksek frekanslı bileşenleri güçlendirilmiş görüntü ve görüntüye ait piksel değerleri.....	81
Şekil 6 20 : Yüksek frekansları güçlendirilmiş görüntü	82
Şekil 6 21 : Laplaci an kenar zengi nleştir ne görüntüsü.....	82
Şekil 6 22 : Yatay kenarları belirlenmiş görüntü	84
Şekil 6 23 : Dişey kenarları belirlenmiş görüntü	84
Şekil 6 24 : Diagonal kenarları belirlenmiş görüntü (NW)	84
Şekil 6 25 : Diagonal kenarları belirlenmiş görüntü (NE)	84
Şekil 6 26 : Orijinal görüntünün sınıflandırılmış görüntüsü	86
Şekil 6 27 : Kenarları zengi nleştirilmiş görüntünün sınıflandırılmış Görüntüsü.....	87
Şekil 6 28 : Laplaci an kenar zengi nleştir ne görüntüsünün sınıflandırılmış görüntüsü.....	87
Şekil 6 29 : Yüksek frekansları güçlendirilmiş görüntünün sınıflandırılmış görüntüsü.....	88

ÇOK SPEKTRUMLU GÖRÜNTÜLERDEN BİLGİ ÇIKARTMADA UZAYSAL FİLTRELEMENİN ETKİSİ

ÖZET

Dijital görüntü verisinin yorumlanmasında ve özellik çıkarımında kullanılan “fotoyorumlama” ve “kantitatif analiz”, kendilerine ait belli özelliklere sahiptir ve sıklıkla da birbirini tamamlayıcı niteliktedir. Özellikler, kolaylıkla çıkarılabilir ve arazi örtüsü/arazi kullanımı sınıflarının belirlenmesini destekleyebilir. Uzaktan algılamada uydu görüntülerinden sağlanacak bilgilerin doğruluğu, görüntü alanının çok iyi bir biçimde tanımlanmasına bağlıdır.

Bu çalışmada, arazi kullanımı açısından çeşitliliğin görüldüğü bir alanda, özellikle insan yapısı özelliklerin sınırlarını keskinleştirerek en iyi ayırtılabilirliği sağlayan uzaysal filtreleme yöntemini belirlemek ve diğer filtreleme yöntemleriyle karşılaştırmak ve arazi kullanımı sınıflarını doğru olarak belirlemek amacıyla iki aşamalı bir çalışmaya gerçekleştirilmiştir.

Birinci bölümde; sayısal görüntü, dijital görüntü işleme ve tarihi gelişimi hakkında kısa bilgiler verildikten sonra çalışmanın amacı na değinilmiştir.

İkinci bölümde; uzaktan algılama ile ilgili temel kavramlar, algılama platformları ve Landsat uydusunun genel özellikleri anlatılmıştır.

Üçüncü bölümde, sayısal görüntülerin yapısı, karakteristikleri ve yorumlanması ve dijital görüntü işleme metodları anlatılmıştır.

Dördüncü bölümde, görüntü zenginleştirme metodları kısaca anlatılmış ve bu zenginleştirme metodlarından birisi olan ve tezin konusunu da oluşturan uzaysal filtreleme tekniği ayrıntılı bir biçimde açıklanmıştır.

Beşinci bölümde, görüntü sınıflandırma ve analizi ile ilgili bilgiler verilmiştir.

Altıncı bölüm olan uygulama kısmında, çalışma bölgesi tanımlanmış ve bölgeye ait, 2001 tarihli Landsat 7 ETM uydu görüntüsüne, görsel yorumlanabilirliği artırmak ve bilgi çıkarımını gerçekleştirmek için çeşitli boyutlarda ve özelliklerde uzaysal filtreleme algoritmaları uygulanmış ve elde edilen “yeni” görüntüler ayrı ayrı yorumlanarak birbirleriyle karşılaştırılması yapılmıştır. Daha sonra, uygulanan filtre algoritmalarının orijinal görüntü üzerindeki kantitatif etkisini araştırmak için Landsat 7 ETM orijinal görüntüsü ve filtre uygulanmış görüntüler kontrolsüz sınıflandırma yöntemlerinden ISODATA algoritmasıyla sınıflandırılmış ve görüntülerin doğruluk analizleri yapılarak sonuçların karşılaştırılması yapılmıştır.

Yedinci bölümde, çalışmada elde edilen sonuçlar anlatılarak değerlendirilmeleri yapılmıştır.

SPATIAL FILTERING EFFECT FOR FEATURE EXTRACTION IN MULTI SPECTRAL IMAGES

SUMMARY

“Photo interpretation” and “quantitative analysis” to digital image interpretation and to feature extraction have their own roles and often these are complementary. Features should be easily extracted and they should support the discrimination of the land cover/land use classes. In remote sensing, accuracy of satellite data depends upon better identification of image.

In this study, the study area consists of different land use classes. Therefore, two stage study was been to identify better spatial filtering method for sharpening feature edges, especially man-made features and to compare other filtering techniques and to discrimination of accurate land use classes.

In the first chapter, the purpose of study was explained after digital image, digital image processing and historical advance of digital image processing were given short knowledge.

In the second chapter, the basic issues of remote sensing, remote sensing platforms and characteristics of Landsat satellite were explained.

In the third chapter, characteristic of digital image data, digital image interpretation and digital image processing methods were explained.

In the fourth chapter, digital image enhancement methods were explained briefly and spatial filtering as one of the digital image enhancement methods and as the issues of study were explained.

In the fifth chapter, image classification and analysis were explained.

In the application chapter of the thesis, the study area was defined geographically. The spatial filtering algorithms for different sizes and properties were applied to 2001 date Landsat 7 ETM image for increasing visual interpretation and extracting features. Then “new” resulting images were interpreted and compared each other. Original Landsat 7 ETM image and filtered images were classified with ISODATA unsupervised classification algorithm for researching quantitative effect on original image of filtering algorithms. And then classified images were performed accuracy assessment and results were compared.

Results and conclusion were summarized in the seventh and the last chapter.

1. GİRİŞ

1.1. Giriş ve çalışmanın amacı

Uçak veya uydudan sağlanan dünya yüzeyinin uzaktan algılanmış görüntüsü dijital formatta elde edilir ve uzaysal olarak resim elemanlarına, radyometrik olarak da parlaklık düzeylerine ayrılır. Veriyi dijital formatta elde etmenin en büyük avantajı, bilgisayar destekli bilgi çıkarımına yardımcı olmak veya görüntüyü zenginleştirmek için verinin bilgisayar tarafından işlenebilmesidir.

Dijital formdaki görüntü verisinde bilgi çıkarımını sağlayan iki yaklaşım vardır. İlk yaklaşım piksel niteliklerine dayanarak cisimler hakkında yorumda bulunabilmek için görüntüdeki her bir pikseli değerlendiren bilgisayar kullanımı içerir. Bu işlem ‘kantitatif analiz’ olarak adlandırılır. Diğer yaklaşım ise bir görüntünün görsel olarak değerlendirilmesiyle yapılan bilgi çıkarımında insana dayanan yorumlama/analizi içerir. Bu işlemden yorumlayıcı/analist genellikle büyük ölçekli özellikleri fark eder, verinin uzaysal ve radyometrik özelliklerinin farkında değildir. Bu yaklaşım ‘fotoyorumlama’ veya bazen de ‘‘görüntü yorumlama’’ olarak adlandırılır. Yorumlamanın başarısı oluşan görüntüde bulunan uzaysal, spektral ve zamansal bilgilerin analist tarafından etkili bir biçimde kullanılmasına bağlıdır.

Görüntü yorumlamada bu iki yaklaşım belli özelliklere sahiptir ve çoğunlukla da birbirini tamamlayıcı niteliktedir. Görüntüye önceden bir dijital görüntü işleme yöntemi uygulandıysa fotoyorumlama yeteri kadar desteklenir. Kantitatif analizin başarısı ise analist tarafından fotoyorumlamadan sağlanan bilgiye bağlıdır.

Nüfus artışı sürekli olan İstanbul’da her geçen gün hızlı bir değişim gösteren, arazi kullanımı açısından çeşitliliğin görüldüğü ve özellikle sanayinin yoğun olarak faaliyet gösterdiği bir bölgede, yerleşim alanları ve yollar gibi insan yapısı özelliklerin sınırlarını keskin olarak belirginleştirmek ve arazi kullanımı dokusunu doğru olarak belirlemek için iki aşamalı bir çalışma gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın ilk aşamasını oluşturan görüntü zenginleştirme adı altında, koordinatları

$$Y_{üst-sd} = 4566646.00, \quad X_{üst-sd} = 633694.00$$

$$Y_{alt-sağ} = 4547146.00, \quad X_{alt-sağ} = 654094.00$$

olan bir bölgeye, görüntünün görsel yorumlanabilirliğini artırabilmek için çeşitli uzaysal filtreler uygulanmıştır. İkinci aşama olan sınıflandırma adı mında ise orijinal görüntüye ve bu görüntüye çeşitli filtrelerin uygulanması sonucu elde edilen görüntülere ISODATA kontrolsüz sınıflandırma algoritması uygulanmıştır. Bu adımların uygulanmasında ERDAS IMAGINE 8.4 dijital görüntü işleme programı kullanılmıştır.

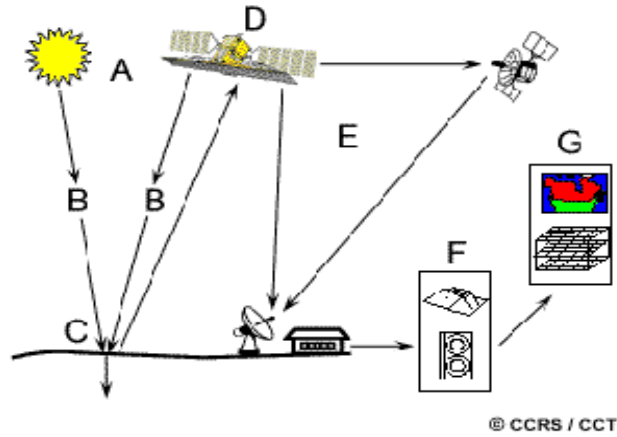
Orijinal görüntü ve bu görüntüye uzaysal filtreleme tekniklerinin uygulanmasıyla elde edilen sonuç görüntülerinin analizi, görsel yorumlama elemanları yardımıyla ve kantitatif tekniklerle ayrı ayrı yapılarak görüntüler arasındaki farklılıklar karşılaştırılmış ve görüntü zenginleştirme aşamasında elde edilen bilginin kantitatif analize olan etkisi araştırılmıştır.

2. UZAKTAN ALGILAMA VE ALGILAMA SİSTEMLERİ

2.1. Tanım

Uzaktan algılama, arada fiziksel bir temas olmaksızın cisimler hakkında bilgi toplanması olarak tanımlanabilir. Bu tanım daha da genişletilirse uzaktan algılama, arada mekanik bir temas olmaksızın bir cisimden yansıyan ışının nitelik ve nicelik yönünden değerlendirilmesi ile cisimlerin özelliklerinin uzaktan ortaya konması ve ölçülmesi şeklinde tanımlanabilir. Bu tanımın içine elektromagnetik ışının ve akustik enerjinin veya nükleer ışının veya bir ortamdaki kuvvet alanlarının algılanması da girer. Uzaktan algılamada, cisim ile alıcı arasındaki uzaklığın bir kısıtlama yoktur. Örneğin, deri altındaki bir tümörün yerinin saptanması amacıyla ile derinin algılanmasında olduğu gibi çok yakından veya uzay araçları ile algılamada olduğu gibi çok uzaktan yapılabilir (Örneği, 1987).

2.2. Uzaktan algılama bileşenleri



Şekil 2.1. Uzaktan algılama bileşenleri (URL 1)

Uzaktan Algılama işlemleri iki temel aşamadan oluşmaktadır. Bunlar "Veri Elde Etme" ve "Veri İşleme" aşamalarıdır. Şekil 2.1'de uzaktan algılama bileşenleri gösterilmiştir.

Verinin elde edilmesi:

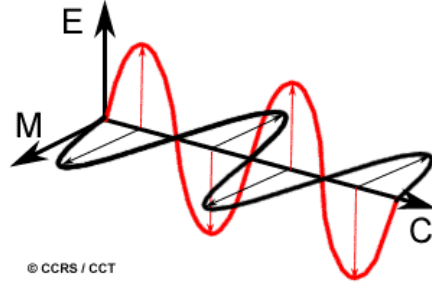
- A Enerji kaynağı: Hedefe bir kaynak tarafından enerji gönderilmesi gerekmektedir. Bu kaynak hedefi aydınlatır veya hedefe elektromagnetik enerji gönderir. Optik uydular için enerji kaynağı güneştir, ancak radar uyduları kendi enerji kaynaklarını üzerlerinde taşır ve elektromagnetik enerji üreterek hedefe yollarlar.
- B Işınım ve atmosfer: Enerji, kaynağından çıkarak hedefe yol alırken atmosfer ortamından geçer ve bu yol boyunca bazı etkileşimlere maruz kalır. Işınımı ki kere atmosfere geçer. Diğer geçiş, cisimden yansıyan/yayılan enerjinin uydular tarafından algılanmasında oluşan geçiştir.
- C Hedef ile etkileşim Atmosfer ortamından geçen elektromagnetik dalga, hedefe ulaştığında hemışımmi hem de hedef özelliklerine bağlı olarak farklı etkileşimler oluşur.
- D Enerjinin algılayıcı tarafından kayıt edilmesi: Algılayıcı hedef tarafından yayılan ve saçılan enerjiyi algılar ve buna ilişkin veri kayıt edilir.
- E Verininiletimi, alınması ve işlenmesi: Hedefte toplanan enerji miktarına ait veri algılayıcı tarafından kayıt edildikten sonra görüntüye dönüştürülme ve işlenmek üzere bir uydu yer istasyonuna gönderilir.

Verinin İşlenmesi:

- F. Yorumlama ve analiz: Görüntü görsel, dijital ve elektronik işleme teknikleri ile zenginleştirilir, analiz edilir ve nicel sonuçlar elde edilecek veriye sahip olunur.
- G. Uygulama: İşlenmiş veri den bilgi çıkarılır, bazı sonuçlara ulaşılır. Ayrıca elde edilen sonuçlar, başka veri kaynakları ile birleştirilerek kullanılabilir.

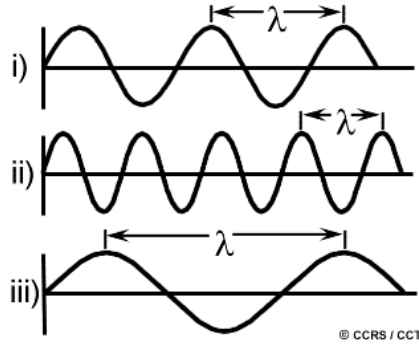
2.3 Elektromagnetik enerji

Elektromagnetik enerji (radyasyon), radyasyonun hareket doğrultusuna dik bir doğrultuda büyüklüğü değişen bir elektriksel alandan ve bu alana dik açılarda yönelmiş manyetik alandan oluşur (Şekil 2.2) (URL 1).



Şekil 2.2 Elektromagnetik enerji (URL 1)

Elektromagnetik enerji c ışık hızı ile harmonik dalgalar şeklinde hareket eden tüm enerji şekillerini kapsar. Harmonik dalgaların eşit ve periyodik bir şekilde olduklarını belirtir. Görülen ışık elektromagnetik enerji şekillerinden ancak bir tanesidir. Radyo dalgaları, ısı, mor ötesi ve X-ışınları diğer şeklidir. Bir dalga hareketini ni ki tepe noktası arasındaki uzaklığına λ dalga uzunluğu ve birim zamanda bir noktadan geçen tepe noktası sayısına ise dalganın f frekansı denir (Şekil 2.3) (Örmeçi, 1987; Campbell, 1987).



Şekil 2.3 Harmonik dalga (URL 1)

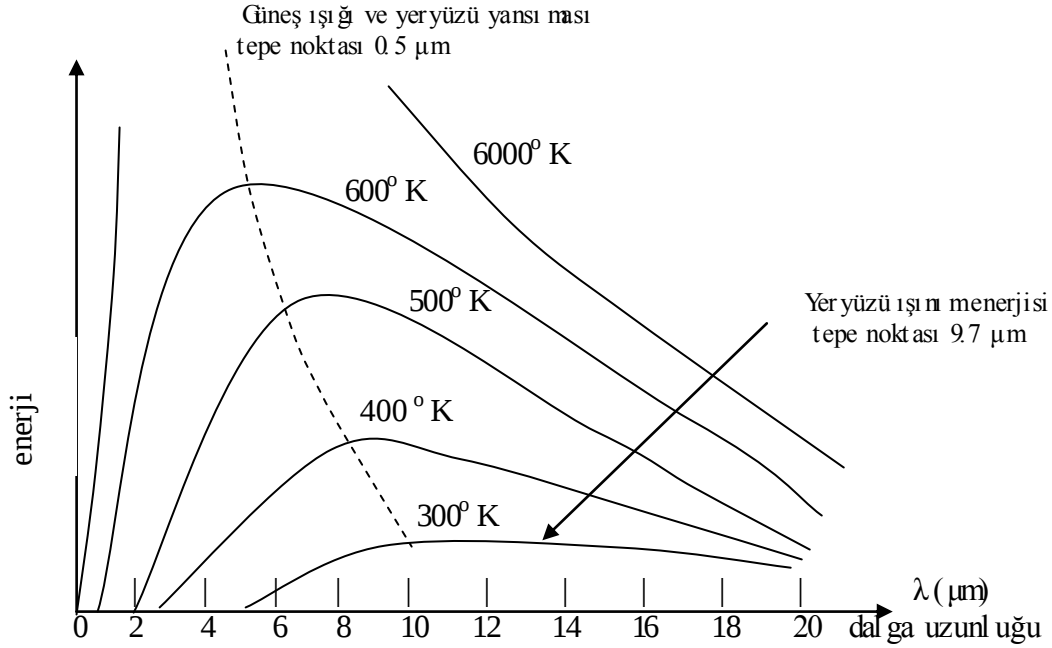
Dalga hareketi için

$$c = f \cdot \lambda \quad (c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}) \quad (2.1)$$

bağıntısı geçerlidir.

Uzaktan algılamada dalga uzunluğuna ve cismin ısıya bağlı olarak ışıyan enerji önemlidir. Güneş 6000°K lik ($1^\circ\text{K} = 273^\circ\text{C}$) yüzey ısıyla tepe noktası $0.5 \mu\text{m}$ yeşil ışık civarında olan bir bölgede çok miktarda enerji yayar. Gündüzleri yeryüzüne gelen ve yansıyan maksimum enerji görünür bölgede olup tepe noktası yine $0.5 \mu\text{m}$ dalga uzunluğundadır. Yeryüzünün ortalama ısı 290°K (17°C) ci varında olup bu

ısı da ışık yayan enerji kı zıl ötesi böl gede bul unup tepe noktası 9.7 μm ci varı ndadır. Bu enerji yansı yan güneş enerjisi yanı nda çok az ol makla birlikte geceleri domi nanttır ve kı zıl ötesi bantta algı lama için enerji kaynağı nı d uşt ur makt adı r (Ş ekil 2.4).



Şekil 2.4. Değişik sıcaklıklarda cisimlerden yayılan enerjinin spektral dağılımları (Colwell, 1963)

Elektromagnetik enerji katı, sıvı, gaz halindeki cisimlerle teması şiddet, doğrultu, dalga uzunluğu, polarizasyon ve faz gibi bakımlarda birçok değişikliğe uğrar. Uzaktan algılamada bu tür değişiklikler saptanır ve kaydedilir. Bu işlem sonucu ortaya çıkan görüntü ve veriler, kayıt edilen elektromagnetik ışınımın değişikliğe neden olan cisim özelliklerinin uzaktan belirlenmesi için yorumlanır (Örneçi, 1987).

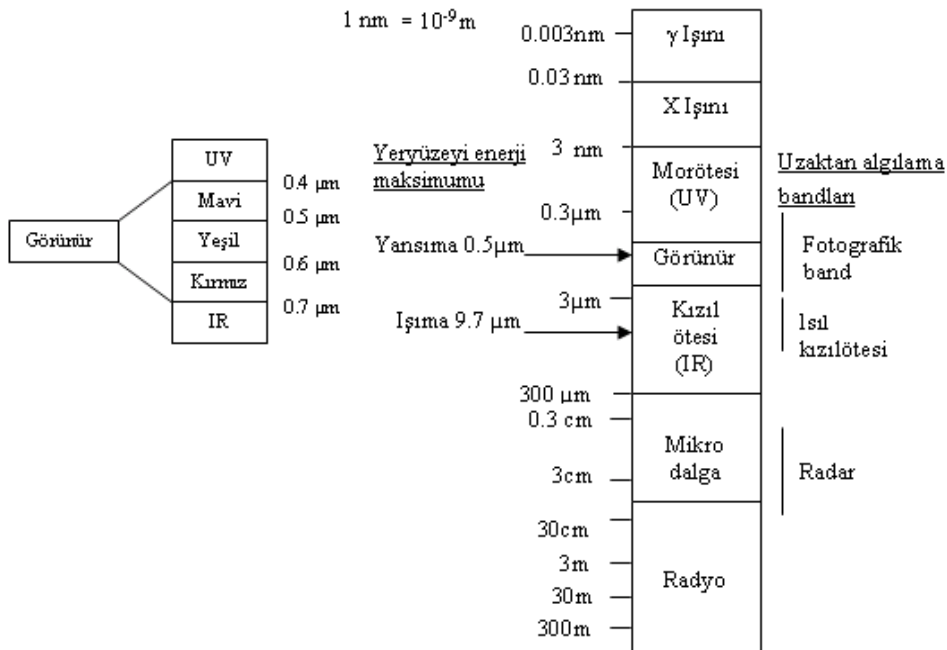
2.4 Uzaktan algılamada yaygın olarak kullanılan spektral bantlar ve elektromagnetik spektrum

Uzaktan algılama sistemleri genel olarak herhangi bir dalgaboyu aralığında dünya yüzeyinden yayılan enerjiyi ölçer. Ancak teknolojik nedenler, atmosferin seçiciliği, atmosferik nedenlerden dolayı meydana gelen saçılma belli dalgaboylarını önler. Dünya kaynaklarını algılamada kullanılan en önemli aralıklar 0.4 ve 0.12 μm (görünür-kızılötesi) ve 30 ve 300 mm (mikrodalga) aralıklarıdır. Mikrodalga aralığında dalgaboyundan ziyade frekans kullanımı daha yaygındır. Bu durumda 30

ve 300 olan dalga boyu aralığı 1 GHz ve 10 GHz arasındaki frekanslara karşılık gelir. 20 GHz ve 60 GHz aralığında atmosferik uzaktan algılama frekanslarıyla karşılaşılır.

Bu farklı aralıkların anlamı elektromagnetik ışınım ve materyaller arasındaki etkileşimde yatar. Görünür ve kızılötesi dalga boyu aralıklarında algılayıcı tarafından ölçülen yansıyan enerji; pigmentler, nem bileşenleri ve bitkinin hücresel yapısı, mineraller ve toprağın nem yapısı ve suyun tortulaşma düzeyi gibi özelliklere bağlıdır. Isıl kızılötesi (termal infrared) aralığında sıcaklık ve diğer termal özellikler önemlidir. Mikrodalga aralığında ise (radar tekniklerine dayanan aktif görüntüleme sistemleri kullanılarak) yüzey tipinin pürüzlülüğü ve elektriksel özellikleri yansıyan sinyalin özelliğini belirler. 20 GHz ve 60 GHz aralığında atmosfer ve su buharı iletim üzerinde önemli bir etkiye sahiptir ve bu aralıkta yapılan ölçülerle sonuca varılabilir. Bu nedenle her bir dalga boyu aralığı bilgiyi ifade etmede kendi şiddetine sahiptir. Sonuç olarak bu özelliklerden yararlanılarak belli dalga boylarında çalışmak üzere çeşitli sistemler geliştirilmiştir (Richards, 1993).

Elektromagnetik spektrum dalga uzunluğu nanometrelerden kilometrelere kadar uzanan sürekli enerji ortamıdır. Bütün cisimler az veya çok elektromagnetik enerji yayarlar. Enerji maksimumu artan ısı ile kısa dalga uzunluğuna doğru kayar. Şekil 2.5'te elektromagnetik spektrum dalga uzunlukları, ısılandırılmaları ve algılama bandları ile gösterilmiştir.



Şekil 2.5. Elektromagnetik spektrum (Örmeçi, 1987)

Fiziksel özelliklerindeki farklılık nedeni ile dalga uzunluklarına göre bölgelere ayrılıp isimlendirilen elektromagnetik spektrumda bu bölge­lerin özellikleri şu şekilde özetlenebilir:

γ -ışını ($\lambda < 0.03 \text{ nm}$): Güneşten gelen ışınım atmosferin üst tabakası tarafından tamamen yutulduğundan uzaktan algılamada önemsizdir. Radyoaktif minerallerin yaydığı γ -ışınım alçaktan uçan uçaklar tarafından saptanabilir.

X-ışını ($0.03 \text{ nm} < \lambda < 3 \text{ nm}$): Atmosfer tarafından tamamen yutulduğundan uzaktan algılamada kullanılmaz. Tahribatsız malzeme deneyleri ve tıp alanında büyük oranda kullanılır.

Mor ötesi (UV) ($3 \text{ nm} < \lambda < 0.4 \mu\text{m}$): Dalga uzunluğu $0.3 \mu\text{m}$ den küçük olan kısım atmosferin üst tabakasında ozon gazı tarafından yutulur.

Fotografik mor ötesi ($0.3 \mu\text{m} < \lambda < 0.4 \mu\text{m}$): Bu kısım atmosfer tarafından geçirilir. Film ve fotodedektörlerce saptanabilirse de atmosferde saçılma çok fazladır.

Görünür ışın ($0.4 \mu\text{m} < \lambda < 0.7 \mu\text{m}$): Film ve fotodedektörlerce saptanabilir. Yeryüzü yansıtmasının maksimum olduğu bölgedir.

Kızıl ötesi (IR) ($0.7 \mu\text{m} < \lambda < 300 \mu\text{m}$): Gsm'in etkisi dalga uzunluğu ile değişir. Atmosfer bazı kısımlarda tamamen geçirimsiz iken bazı dalga uzunlukları için geçirimlidir. Algılama bu geçirimi "atmosfer penceresi" adı verilen bölgede yapılır.

Yansıyan kızıl ötesi ($0.7 \mu\text{m} < \lambda < 5 \mu\text{m}$): Bu kısım esas itibarıyla güneş ışınımı olup malzemenin ısı özellikleri hakkında herhangi bir bilgi vermez. 0.7 ile $0.9 \mu\text{m}$ arasındaki ışınım film ile saptanabilir ve fotografik kızıl ötesi ışınım olarak adlandırılır.

Isıl kızıl ötesi ($3 \mu\text{m} < \lambda < 5 \mu\text{m}$ ve $8 \mu\text{m} < \lambda < 14 \mu\text{m}$): Bu aralıklar ısıl bölgede esas atmosfer pencereleri­dir. Bu bölgede görüntü optik- mekanik tarayıcılarla elde edilir.

Mikrodalga ($0.3 < \lambda < 300 \text{ cm}$): Her türlü hava koşulunda pasif veya aktif olarak görüntü elde edilebilir. Mikrodalga ile uzaktan algılamanın aktif şekli radardır (Örneği, 1987).

2.5 Atmosferle etkileşim

Kaynağına bakılmaksızın uzaktan algılayıcılar tarafından algılanan bütün ışınım atmosferde belirli bir yol kateder. Bu yol, uzaydan çekilen görüntüler için güneş ışığının bütün atmosferden geçip, kaynaktan tekrar algılayıcıya ulaşmasında olduğu gibi atmosferde çok uzun bir yol olabilir veya uçakta taşınan ısı bir algılayıcı ile

yeryüzündeki bir cisimden doğrudan doğruya yansıtılan ışının algılanmasında olduğu gibi atmosferde kısa bir yol olabilir. Bu nedenle atmosfer etkisi izlenen yol farkına bağlı olarak değişiklikler gösterir. Genel anlamda atmosfer bir algılama sistemi tarafından algılanan ışının yoğunluk ve spektral bileşimine etki yapar. Bu etkiler atmosferik ‘saçılma’ ve ‘yutulma’ sonucu ortaya çıkar (Örmeçi, 1987).

2.5.1. Saçılma

Atmosferdeki taneciklerin ve geniş gaz moleküllerinin birbiri ile etkileşmesi ve elektromagnetik ışının kendi orijinal yolundan sapmasıyla oluşur. Saçılmanın ne miktarla olacağı aşağıdaki faktörlere bağlıdır:

- Işının dalga boyu
- Tanecik veya gazın miktarı
- Işının atmosferde kat ettiği yol

Eğer atmosferdeki küçük toz benekleri, nitrojen ve oksijen molekülleri gibi tanecikler ışının dalga boyuna göre çok daha küçükse Rayleigh saçılması meydana gelir. Bu saçılma, enerjinin kısa dalga boylarının uzun dalga boylarına göre daha fazla saçılmasına neden olur. Güneş ışığı atmosferden geçerken, spektrumun görünür kısa dalga boyları (mavi) diğer daha uzun dalga boylarından daha fazla saçılır.

Rayleigh saçılması atmosferin üst kısımlarında meydana gelen bir saçılma mekanizmasıdır. Bu nedenle gökyüzünü gün boyunca mavi görürüz. Güneşin doğuş ve batışı sırasında gökyüzünün kırmızılığının nedeni de Rayleigh saçılmasıdır. Çünkü güneş ışınları bu sırada atmosferde daha uzun bir yol izlediklerinden kısa dalga boyundaki ışınların tamamı saçılır ve uzun dalga boyundaki kırmızı ve turuncu renkler göze ulaşır.

Mie saçılması; toz, duman, su buharı, polenler, sis ve yağmur damlaları gibi taneciklerle ışının dalga boyunun aynı olması durumunda meydana gelir. Daha ziyade bulutlu havalarda dominanttır. Mie saçılması atmosferin alt tabakalarında meydana gelir.

Seçici olmayan saçılmada, taneciklerin dalga boyu ışının dalga boyundan daha büyüktür. Su damlacıkları ve iri toz tanecikleri bu saçılmaya sebep olabilir. Bu saçılma adını tüm dalga boylarının eşit biçimde saçılmasından dolayı alır ve sis ve

bulutların gözü müze beyaz gözü kmesi ne sebep olur. Çünkü; mavi, yeşil ve kırmızı ışık eşit miktarda saçılır (mavi + yeşil + kırmızı ışık = beyaz ışık) (URL 1).

2.5.2 Yutulma

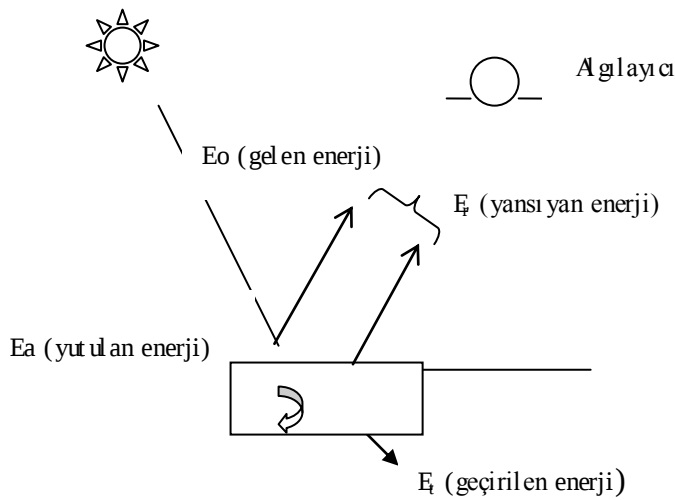
Saçılmanın aksine yutulma enerjinin yeryüzüne ulaşmadan atmosfere depolanmasına, bir bakıma kaybolmasına neden olur. Bir ortam içinde yutulmada, ortama giren büyük frekanslı bir enerji daha küçük frekanslı bir enerjiye dönüştürülür, örneğin ışık ısıya dönüşür. Yutulma sonucu atmosfer ısınır. Güneş ışınının en fazla yutulduğu ortamlar; su buharı, karbondioksit ve ozondur (Örneği, 1987; Campbell, 1987; Mather, 1993).

2.6 Işınım ve hedef etkileşimi

Atmosferde yutulmayan ve saçılmayan ışınım dünya yüzeyine varabilir ve yüzeyle etkileşimde bulunabilir. Işınım şu fiziksel olayların etkisinde kalır:

1. Işınım geçirilir
2. Işınım yutulur
3. Işınım yansıtılır

Gelen toplam enerji, bu üç formdan birisiyle veya hepsiyle birden yüzeyle etkileşecektir. Herbirinin oranı enerjinin dalga boyuna, materyale ve materyal şartlarına bağlı olacaktır. Şekil 2.6'da, gelen toplam ışınım ve bunun hedefle etkileşimi gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Elektromagnetik enerji ve yeryüzündeki cisimler arasındaki enerji bileşenleri (Örneği, 1987)

Yutulma, ışınım (enerji) hedef içinde yutulduğu zaman meydana gelirken geçirme, ışınım bir hedeften geçtiği zaman meydana gelir. Yansıma ise ışının hedefe çarptığı ve yeniden yönlendiği zaman oluşur. İki çeşit yansımadan söz ederiz. Bunlar; spekülör ve dağınık yansımadır.

Bir yüzey pürüzsüz olduğu zaman spekülör ya da aynalı yüzeydeki gibi bir yansıma meydana gelir. Bu tip yansımada enerjinin tümü tek bir yönde yüzeyden yonlenir. Dağınık yansıma ise yüzey pürüzlü olduğu zaman oluşur ve enerji hemden hemden tüm yönlerde uniform biçimde yansır. Şekil 2.7. a, b’de yansıma türleri gösterilmektedir.



Şekil 2.7. a) ideal spekülör yansıtıcı 2.7. b) ideal dağınık yansıtıcı (URL 2)

Cisim ve enerji arasındaki bu ilişkiler uzaktan algılamanın temelini oluşturur. (URL 1).

Her cisim yansıma bakımından farklı bir davranış gösterir. Bu davranış ‘spektral yansıma eğrisi’ denilen bir eğri ile gösterilir. Eğri, dalga uzunluklarına bağlı olarak yüzeyden yansıyan ışınım, yüzeye gelen toplam ışınımın yüzdesi olarak değerlendirir. Spektral yansıma eğrileri cisimlerin spektral özellikleri ile yakından ilgilidir. Spektral yansıma özellikleri, belirli spektral bölgelerde açık bir şekilde farklılık gösteren cisimler bu bölgelere duyarlı uzaktan algılama görüntülerinde farklı gri renk ton ve renklerde gözükür. Bu bakımdan cisimlere ait spektral yansıma özelliklerinin bilinmesi, belirli bir uygulama için gerekli uzaktan algılama verisinin elde edilmesi gereken dalga uzunluğu bölgesinin seçiminde önemli rol oynar.

Bitki örtüsünün spektral yansıma özelliklerine göre; bitki cinsine bağlı olarak maksimum yaprakların spektral yansımaları üç farklı bölgeye ayrılabilir:

Görünür bölgede (0.4-0.7 μm) yansıma klorofil, karotene, ksantofill ve antosiyanin gibi yaprak pigmentleri tarafından kontrol edilir. Bu bölgede yaprak pigmentleri ışınım yutarlar ve yansımayı azaltırlar. Karotene ve ksantofill sarı renkli pigmentler olup, ışınım 0.45 μm (mavi) civarında yutarlar. Klorofil de mavi ışığı yuttuğundan sarı pigmentleri maskeler. Klorofil tarafından yutulmanın en fazla olduğu bölgeler 0.36-0.51 μm (mavi) ve 0.60-0.70 μm (kırmızı) arasında yer alır. Mavi ve kırmızı ışınım

yutulduğundan yansıtılamaz. Klorofil yeşil ışınım ($0.50-0.60 \mu\text{m}$) geçirdiğinden bu bölgede yaprak tarafından yansıtılan ışınım yeşil olarak algılanır ve yaprak yeşil renkte görünür.

Yansıtma eğrisinin görünür bölgeye göre farklılık gösterdiği ikinci bölge ise $0.70-1.30 \mu\text{m}$ arasında kalan yansıyan kızılötesi bölgedir. Bu bölgede yansıtma ve geçirilme önemli olup ana etken yaprağın hücre yapısıdır. Yaprak pigmentlerinin bu bölgede tıkanıklık geçirirli olmaları nedeni ile yutulma söz konusu değildir. Ancak $\lambda=0.98 \mu\text{m}$ ve $\lambda=1.20 \mu\text{m}$ dalga uzunluklarında yapraklardaki su muhtevası nedeni ile çok az miktarda yutulma olur.

$\lambda=1.3-2.7 \mu\text{m}$ arasında yer alan üçüncü bölgede bitkiye su muhtevası spektral yansıma etki eder. $\lambda=1.4 \mu\text{m}$, $\lambda=1.9 \mu\text{m}$ ve $\lambda=2.7 \mu\text{m}$ dalga uzunluklarında yapraklardaki su nedeni ile yutulma meydana gelir ve yansıtma eğrisi bu kısımlarda çukurluklar gösterir. Yansıtma ile yapraktaki su muhtevası ters orantılı olup, su muhtevası da yaprak kalınlığı ile orantılıdır.

Suyun spektral yansıtması da bitki örtüsü ve zemin gibi dalga uzunluğuna bağlı olarak değişiklik gösterir.

Görünür bölgede suyun yansıtması; su yüzeyinin durumu, suda bulunan askıdaki maddeler ve suyun içinde yer aldığı ortamın tabanı ile yakından ilgilidir. Yine suyun yutması ve geçirgenliği de su içinde bulunan organik veya organik olmayan maddelerin miktar ve büyüklüğüne bağlıdır.

Suyun yansıtma özelliği, içinde bulunan klorofil miktarına göre de değişir. Klorofil yoğunluğundaki artma, suyun mavi dalga uzunluklarındaki yansıtmasının azalmasına, yeşil dalga uzunluklarındaki yansıtmasının ise artmasına neden olur. Bu değişiklikte yararlanarak yosun varlığı ve yoğunlukları uzaktan algılama verileri ile saptanabilir.

Kızılötesi bölgede ise suyun ışınımı yutma özelliği ağır basar ve hemen hemen gelen bütün ışınımı yutur. Yansıma çok az olduğundan yansıyan kızılötesi bölgede suyu, zemin ve bitki örtüsünden koyu siyah rengi nedeni ile kolayca ayırt etmek ve çevresinden sınırlamak mümkündür.

Zemnlere ait spektral yansıtma eğrileri bitkilerin ki kadar karmaşık değildir. Eğrilerin genel özelliği yansımanın artan dalga uzunluğu ile artmasıdır. Zeminler için yalnızca yansıtma ve yutma söz konusudur. Zeminler farklı fiziksel ve kimyasal

özelliklere sahip malzemelerin karışık bir karışım olduklarından yansıtma ve yutma özellikleri de farklıdır. Zeminlerin yansıtma özellikleri; zeminin su muhtevasına, zeminleri oluşturan minerallerin cins ve miktarlarına, doku ve yüzey pürüzlülüğüne ve organik madde muhtevasına bağlıdır.

Genel anlamda bir zeminin su muhtevası arttıkça yansıtma özelliği azalır. Bitkilere benzer biçimdeki bu etki $\lambda=1.4 \mu\text{m}$, $\lambda=1.9 \mu\text{m}$ ve $\lambda=2.7 \mu\text{m}$ dalga uzunluklarında en fazladır. Kuru bir zeminin ıslak bir zemine göre daha fazla yansıtır ve bunun sonucu olarak da siyah beyaz fotoğraflarda daha açık renk tonunda gözükür. Kaba ve kumlu zeminlerde iç drenaj danağı fazla olduğundan yansıtma özelliği çok fazladır.

Zemini oluşturan minerallerin cins ve miktarı da yutulma bantlarının oluşmasına neden olarak yansıtma özelliğine etki yapar. Görünür bölgede, demir oksidin spektral yansıtma ve yutma özelliğinin sonucu olarak zeminin kırmızı renkte gözükmesi karakteristiktir. Yansıtmayı azaltan diğer bir etken de zemindeki organik madde miktarıdır. Artan organik madde miktarı ile orantılı olarak zeminin yansıtma özelliği azalır ve bunun sonucu olarak da organik madde miktarı fazla olan zeminler daha koyu renklerde gözükürler.

Isıl kızıltresi bölgede yapılan algılamada, su muhtevası fazla olan zeminler buharlaşma nedeni ile soğuyacaklarından koyu renk tonlarda gözükürken, kuru zeminler güneş enerjisini yutup ısındıklarından ve buharlaşma gibi bir nedenle de soğumadıklarından açık renk tonunda gözükürler (Örneği, 1987).

2.7. Algılama platformları

Bir hedeften veya yüzeyden yansıyan veya yayılan enerjiyi toplamak ve kaydetmek için kullanılan bir algılayıcı, gözlemlenen hedef veya yüzeyden uzak, sabit bir platform üzerinde bulunmalıdır. Uzaktan algılamada algılayıcılar; zemin üzerine, uçağa veya balona, veya atmosfer dışındaki uzay araçlarına veya uydulara yerleştirilebilir.

2.7.1. Zemindeki platformlar

Zemine yerleştirilen algılayıcılar, zemin hakkındaki detaylı bilgiyi kaydetmek için kullanılır. Toplanan bu bilgi, uçak veya uydu algılayıcılarından toplanan bilgilerle karşılaştırılır. Bazı durumlarda bu bilgiler diğer algılayıcılar tarafından görüntülen

hedefi karakterize etmek için kullanılabilir ve görüntüdeki bilgilerin daha iyi anlaşılmasını mümkün kılar. Algılayıcılar bir merdiven üzerine, yapı iskelesine veya vinçlere takılabilir.

2.7.2 Havadaki platformlar

Havadaki platformlar esas olarak sabit kanatlı uçaklardır ancak bazen helikopterler de kullanılmaktadır. Uçaklar çok detaylı görüntüleri toplamak için kullanılır ve herhangi bir zamanda dünya yüzeyinin herhangi bir kısmı üzerindeki verinin toplanmasını kolaylaştırır.

2.7.3 Uzaydaki platformlar

Uzayda uzaktan algılama uzay mekiğiyle ve çoğunlukla da uydularla yapılır. Uydular, dünya etrafında belli bir yörüngede hareket eden sistemlerdir. Örneğin, ay doğal bir uydudur. İnsan yapımı uydular ise uzaktan algılama, iletişim ve konumlandırma ve navigasyon amaçları için fırlatılan platformları içerir (**URL 1**).

2.8 Çözünürlük

2.8.1 Uzaysal çözünürlük

Uzaysal çözünürlük, algılanabilecek en küçük özelliğin boyutudur. Uzaktan algılanmış görüntüde herbir pikselin temsil ettiği yüzey alanı da uzaysal çözünürlük olarak tanımlanır.

Uzaktan algılanmış görüntüde yeryüzeyi piksellerle ifade edilir. Görüntü pikselleri genelde kare biçimindedir ve görüntüde belli bir yüzey alanını temsil eder. Eğer bir algılayıcı 20m uzaysal çözünürlüğe sahipse ve görüntü tam çözünürlükle görüntüleniyorsa, herbir piksel 20mx 20m'lik alanı temsil eder. Bu durumda piksel boyutu ile çözünürlük aynıdır. Fakat bazı durumlarda görüntü çözünürlükten farklı bir boyutla ifade edilir.

2.8.2 Spektral çözünürlük

Farklı özellik tipleri farklı spektral özelliklere sahiptir ve farklı özellikler elektromagnetik spektrumun farklı bölgelerinde algılanabilir. Su ve bitki örtüsü gibi çok bilinen sınıflar, kızılötesi ve görünür bölgenin oluşturduğu geniş aralıktaki kolayca algılanabilirken daha özel sınıflar örneğin farklı kaya çeşitleri geniş spektral aralıktaki

kolay algılanamazlar. Bu sınıfları ayırtedebilmek için daha iyi spektral aralıklara ihtiyaç vardır. Bu sorun yüksek spektral çözünürlükle çözülebilir.

Spektral çözünürlük, algılayıcının iyi dalgaboyu aralıkları tanımlamasıdır. İyi spektral çözünürlük için belli bir banttaki dalgaboyu aralığı dar olmalıdır. Her nesne farklı spektral özelliğe sahip olduğu için çok sayıdaki ve dar dalgaboyu aralığındaki bandlara sahip algılayıcıları kullanmak her çeşit nesneyi ayırtetmek için uygun olacaktır.

2.8.3. Zaman sal çözünürlük

Bir algılayıcının yeryüzeyindeki bir noktadan tekrar ne zaman sonra geçtiği zaman sal çözünürlük ile ifade edilir. Her algılayıcı farklı zaman sal çözünürlüğe sahiptir. AVHRR bir noktadan aynı günde iki kere geçerken, Landsat aynı noktadan onaltı gün arayla geçer. Çalışma amacına uygun olarak zaman sal çözünürlüğe uygun olan algılayıcı seçilir.

2.8.4. Radyometrik çözünürlük

Radyometrik çözünürlük, algılayıcı tarafından toplanan verinin kaydedildiği dijital sayı seviyesidir. Radyometrik çözünürlüğün yüksek olması, yansıyan ya da yutulan enerjideki küçük farklara duyarlı olması demektir. Genel olarak numara seviyesinin yüksek olması detayların daha iyi algılanması anlamına gelir. Numara sayısı artıkcı görüntüde algılanabilen detay sayısı artar (Saroğlu, 2002).

2.9. Arazi gözlenme uyduları/algılayıcıları

2.9.1. Landsat

Dünya yüzeyini kontrol etmek için birçok hava uydusu sistemi kullanılmısına rağmen bu uydular arazi yüzeyinin detaylı haritalamasını yapmak için uygun değildir. 1960'lı yıllarda meteorolojik uyduların büyük başarısından sonra dünya yüzeyini kontrol etmek için dizayn edilen ilk uydusu olan Landsat 1, 1972 yılında NASA tarafından fırlatıldı. İlk olarak ERTS-1 (Earth Resources Technology Satellite) olarak adlandırılan Landsat, dünyadan çok spektralli verinin elde edilebileceğini test etmek için dizayn edilmişti. Bu tarihten sonra bu başarılı program birkaç Landsat uydusuyla birlikte dünyadan yeterli miktarda veri toplamaya devam etmektedir.

NASA tarafından yönetilen bu program 1983 yılında NOAA'ya transfer edildi. 1985'de program ticarileştirildi ve sivil kullanıcılar için de veri sağlandı.

Landsat'ın başarısı birkaç faktöre bağlıdır. Bunlar;

- Dünyayı gözlemlemek için oluşturulan spektral bantlı algılayıcıların kombinasyonu
- Fonksiyonel uzaysal çözünürlük
- İyi alansal kapsama (tarama genişliği ve tekrarlama periyodu) şeklinde sıralanabilir.

Tüm Landsat uyduları kutba yakın güneşle senkronize yörüngelerde konumlandırılmışlardır. İlk üç uydu (Landsat 1-3) 900 km yüksekliğindedir ve tekrarlama periyodu 18 gündür. Sonraki Landsat uyduları 700 km yüksekliğindedir ve tekrarlama periyodu 16 gündür. Tüm Landsat uyduları aydınlanma şartlarını optimize etmek için sabahları ekvator geçiş zamanına sahiptir. Uydu ekvator üzerinden aynı yerel saatte geçer.

Landsat uydularındaki algılama sistemleri; Dönen Işınlı Vidyon Kamera Sistemi (RBV), Çok Spektrumlu Tarayıcı (MSS) ve Tematik Haritalayıcı (TM)'dir. Landsat'ın önceki dönemlerinde en popüler sistem MSS ve daha sonra da TM idi. Bu algılayıcıların herbiri 185 km'lik bir tarama genişliğinde veriyi toplar.

MSS, elektromagnetik ışınım dört farklı spektral bantta algılar. Her bir band yaklaşık olarak 60x80 m'lik uzaysal çözünürlüğe, 6 bitlik radyometrik çözünürlüğe (64 DN) sahiptir. Algılama bir hareketli ayna kullanılarak çizgi tarama aleti ile yapılır. Tarama aynasının her batıdan doğuya hareketiyle aynı anda altı tarama çizgisi toplanır. Tablo 2.1 MSS için spektral dalga boyu aralıklarını göstermektedir.

Tablo 2.1. MSS bandları

Bandlar		Dalga boyu aralığı (µm)
Landsat 1, 2, 3	Landsat 4, 5	
MSS 4	MSS 1	0.5-0.6 (yeşil)
MSS 5	MSS 2	0.6-0.7 (kırmızı)
MSS 6	MSS 3	0.7-0.8 (yakın kızılötesi)
MSS 7	MSS 4	0.8-1.1 (yakın kızılötesi)

TM verisine geçiş Landsat 4 ile başlamıştır. TM algılayıcısında MSS'e göre birkaç iyileşme yapılmıştır. Bunlar; yüksek uzaysal ve radyometrik çözünürlük, daha keskin spektral bandlar, dört spektral banda karşılık olarak yedi spektral band ve band başına dedektör sayılarındaki artış (MSS'deki 6 dedektöre karşılık ısıtıl olmaayan bandlar için 16 dedektör). Hareketli ayna kullanılarak her bir ısıtıl olmaayan spektral band (ısıtıl bandta 4) için 16 tarama çizgisi taramır (hareketli ayna batıdan-doğuya, doğudan-batıya her iki yönde tarama yapar). MSS'den olan bu fark, dwell (durma) zamanını artırır ve verinin geometrik ve radyometrik bütünlüğünü geliştirir. TM'nin uzaysal çözünürlüğü ısıtıl band hariç tüm bandlarda 30 m ve ısıtıl bandta 120 m'dir. Tüm kanallar 256 (8 bit) DN aralığında kaydedilir. TM bandlarına ait spektral çözünürlükler ve bu bandların herbirinin kullandığı uygulamalar Tablo 2.2'de verilmiştir.

Tablo 2.2 TM bandları ve kullanımları

band	Dalgaboyu aralığı (µm)	Uygulama alanları
TM1	0.45-0.52 (mavi)	toprak/bitki ayrımı, batımetri/ kıyasal haritalama, kültürel/şehırsel özelliklerin saptanması
TM2	0.52-0.60 (yeşil)	yeşil bitkilerin haritalanması (yansıtmegirileri ölçülür), kültürel/şehırsel özelliklerin saptanması
TM3	0.63-0.69 (kırmızı)	bitki ve bitki olmaayan türlerin ayrımı, kültürel/şehırsel özelliklerin saptanması
TM4	0.76-0.90 (yakın kızılötesi)	bitki türlerinin saptanması, sulak alanlarının belirlenmesi, toprak nemı
TM5	1.55-1.75 (kırsadalga kızılötesi)	toprak ve bitkilerdeki neme karşı duyarlılık, karla ve bulutla kaplı alanların ayrımı
TM6	10.4-12.5 (ısıtıl kızılötesi)	bitki hastalıklarının ve termal ışınmile ilgili toprak neminin ayrımı, termal haritalama (şehırsel ve sulak)
TM7	2.08-2.35 (kırsadalga kızılötesi)	mineral ve kaya çeşitlerinin ayrımı, bitki nem muhtevasına karşı duyarlılık

Uygulamada kullanılan Landsat 7 ETM+, Landsat 4/5 TM'nin gelişmiş versiyonudur. Bu sistemde, ısıtıl kızılötesi bandının uzaysal çözünürlüğü 60 m'ye düşürülmüş ve 0.52-0.90 µm dalgaboyu aralığında bir pankromatik band eklenmiştir.

Diğer arazi gözlemleme uyduları ise SPOT, IRS, MEIS-II ve CASI şeklinde sıralanır (URL 1).

2.9.1.1. TM verisinin görüntülenmesinde kullanılan band kombinasyonları

TM bandlarının farklı kombinasyonları, farklı composite (karma) etkiler yaratmak için görüntülenebilir. Aşağıdaki örnekler yaygın olarak kullanılan band kombinasyonlarıdır:

- Landsat TM 3, 2, 1 band kombinasyonu ‘true color (doğru renkli)’ bir görüntü yaratır. Doğru rengin anlamı, objelerin çıplak gözle görüldüğü gibi görünmesidir. Görüntü renkli fotoğraflara benzer (Erdas Field Guide, 1997). Bu görüntülerde ürün alanları ve küçük otlak alanlar yeşil, çalılıklar karanlık görünür. Ancak bu tarz görüntülerde ürün ekili alanlarla otlak alanları ayırtmak zordur (URL 3).
- 4, 3, 2 band kombinasyonu ‘false color (yanlış renkli)’ bir görüntü yaratır. Yanlış renkli görüntüler kızlötesi fotoğraflara benzer bir görünüm sağlar. Bu fotoğraflarda objeler doğal renklerinde olmazlar. Örneğin, kızlötesi bir görüntüde bitki kırmızı, su siyah görünür (Erdas Field Guide, 1997). Bu tarz görüntülerde görünür bölgeden iki ölçü, yakın kızlötesi bölgeden de tek ölçü kullanılır. Klorofilin yansıma özelliklerinden dolayı bitkinin infrared sinyali diğer yüzey özellikleri ile karşılaştırıldığında daha güçlüdür. Bitki varlığı söz konusu olduğunda kırmızı ton baskın olacaktır. Kırmızının koyutunları geniş yapraklı ve sıhhatli bitkiyi, daha açiktunları ise otlak veya seyrek bitki türlerini gösterir. Toprak veya kaya katmanları çeşitli renklerde olabilir. Bu renkler, objenin yansıma özelliklerine bağlı olarak gri-mavi veya kahverengi olabilir. Şehirsel alanlar tipik olarak mavi renktedir (URL 4).
- 4, 5, 3 band kombinasyonu da ‘false color’ bir görüntü yaratır. Bu görüntüde çok yeşil bitki (ürün) alanları parlak kırmızı, bitki alanları ile karışmış toprak alanları donuk kırmızı renkte görünür. Otlak ve küçük çayır gibi alanlar turuncu ve yeşilin çeşitli tonlarında ifade edilir. Bitkinin bulunduğu veya az bulunduğu alanlarla birlikte tuzlu alanlar ise mavinin çeşitli tonlarında görünür (URL 3).
- 5, 4, 2 band kombinasyonu ‘pseudo color (sahte renkli)’ bir görüntü yaratır (Tematik bir görüntüde pseudo color bir görüntüdür). Sahterenkli görüntüde renkler objelerin doğal rengini yansıtmaz. Örneğin, yollar kırmızı, su sarı ve bitki de mavi olabilir. Bu kombinasyonlarda bandlar RGB sırasına bağlı olarak atanır. Örneğin, 4, 2, 1 bandlarının kombinasyonunda; band 4

kırmızıya (R), band 2 yeşile (G), band 1 maviye atanır (B). Aşağıda yaygın olarak kullanılan kombinasyonlara ait örnekler gösterilmiştir.

- Landsat TM doğal renk: 3-2-1

Bu doğal renktir. Çünkü; band 3= kırmızı, kırmızı renge; band 2 =yeşil, yeşil renge ve band 1= mavi, mavi renge atanır.

- Landsat TM infrared (kızılötesi) renk: 4-3-2

Bu kızılötesi'dir. Çünkü; band 4= kızılötesi'dir (**Erdas Field Guide, 1997**).

3. DİJİTAL GÖRÜNTÜ İŞLEME

‘ ‘Dijital görüntü işleme’ ’ bilgisayar yardımıyla sayısal görüntülerin manipulasyonunu ve yorumlanmasını içerir. Uzaktan algılamanın bu biçimi, uçaktan alınan çok spektrumlu veriyi ve dijitalleştirilmiş hava fotoğraflarını analiz eden sınırlı sayıda araştırmacıyla 1960’lı yıllarda başlamıştır. 1972’de Landsat 1’in fırlatılışına kadar arazi ile ilgili uzaktan algılama uygulamalarında sayısal görüntü verisi olmasına rağmen dijital görüntü işlemenin teorisi ve pratiği üzerine çalışmalar sınırlıydı. Çünkü bilgisayarların fiyatı çok yüksek ve hesapsal etkisi modern standartlara göre çok düşüktü. Günümüzde ise gerek yazılım ve donanım gerekse de düşük fiyatla kullanımyaygındır. Sayısal görüntü verisi kaynakları çok çeşitlidir ki bu kaynaklar; ticari uydu sistemlerinden meteorolojik uydulara, uçaktan alınıntaranmış verilere ve diğer yüksek çözünürlüklü dijitalleştirme sistemlerine kadar sıralanabilir.

‘ ‘Dijital görüntü işleme’ ’ matematiksel olarak kompleks işlemleri içeren geniş bir konudur fakat ana fikri oldukça basittir. Sayısal görüntü, piksel piksel bilgisayara aktarılır, bilgisayar bu verileri eşitlik veya eşitlikserilerine koymak için programlanır ve daha sonra her piksel için hesaplama sonuçları saklanır. Bu sonuçlar yeni bir sayısal görüntü oluşturur. Oluşan bu yeni görüntü kaydedilebilir ya da ek programlarla manipule edilebilir. Görüntü işlemenin olası formları sınırsızdır (Lillesand ve Kiefer, 2001).

3.1. Sayısal görüntülerin yapısı

Herhangi bir görüntü, küçük ve eşit alanlardan ya da resim elemanlarından ve düzenli satır ve sütunlar biçiminde dizilmiş raster düzenlerinden oluşur. Herhangi bir resim elemanının ya da pikselin konumu bir xy koordinat sisteminde belirlenir. Her piksel, sayısal bir değere sahiptir ve bu değer piksel şeklinde sunulan bir zemin çözünürlük hücresi (ground resolution cell) için ölçülen elektromanyetik enerjinin yoğunluğunu gösterir. Sayısal değerler (DN), bir gri-skala da 0’dan daha büyük sayılara kadar uzanır. Bu sistem görüntüyü üç boyutlu koordinat sistemindeki

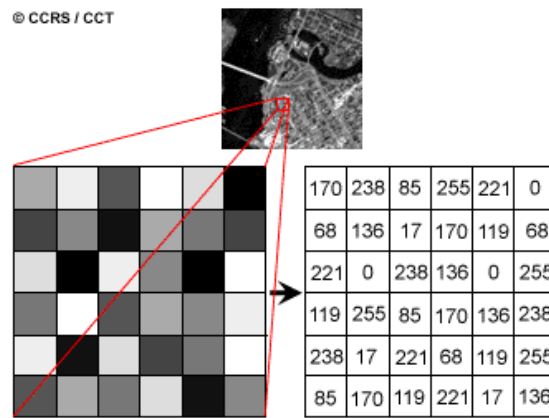
sayısal terimlerle kaydeder. Üç boyutlu koordinat sisteminde, x ve y değerleri her bir pikseli gösterir ve z de DN değerini verir ve DN gri skalada yoğunluk olarak gösterilir. Tarayıcı (scanner) sistemler görüntüleri doğrudan dijital formatta kaydeder ve her zemin çözünürlük hücresi bu formatta bir piksel olarak sunulur (Sabin, 1996).

3.2 Görüntü karakteristikleri

Elektromagnetik enerji fotoğrafik veya elektronik olarak belirlenebilir. Fotoğrafik işlem enerji değişimlerini belirlemek ve kaydetmek için ışığa duyarlı film yüzeyindeki kimyasal reaksiyonları kullanır. Uzaktan algılamada görüntü ve fotoğraf terimlerini ayırmak önemlidir. ‘‘Görüntü’’, elektromagnetik enerjiyi belirlemek ve kaydetmek için kullanılan uzaktan algılamaya algılayıcısının veya dalga boyunun ne olduğuna bakmaksızın herhangi bir resimsel sunuma karşılık gelir. ‘‘Fotoğraf’’ ise fotoğrafik film üzerine kaydedilerek belirlenen görüntüye karşılık gelir. Fotoğraflar 0.3 μm ’den 0.9 μm ’ye kadar olan dalga boyu aralığında (görünür-yansıtıcı) kaydedilir. Bu tanımlara dayanarak tüm fotoğrafların görüntü olduğu fakat tüm görüntülerin fotoğraf olmadığı söylenebilir.

Bir fotoğraf, görüntünün resim elemanı veya piksel biçiminde adlandırılan küçük veya eşit büyüklükteki ve şekildeki alanlara bölünmesiyle dijital formatta sunulabilir.

Şekil 3.1, orijinal bir fotoğrafın sayısal görüntüsüdür. Fotoğraf taranmış ve her bir piksele, parlaklık değerini ifade eden bir sayısal değer atanarak bölünmüştür. Bilgisayar her dijital değeri farklı parlaklık düzeyleri olarak göstermektedir.



Şekil 3.1. Gri renk tonlarına karşılık gelen DN değerleri (URL 1)

Elektromagnetik enerjiyi kaydeden algılayıcılar enerjiyi, dijital formatta sayılar düzeni olarak kaydeder. Uzaktan algılama verisini sunmanın bu iki farklı yolu eğer aynı bilgiyi ifade ediyorsa birbirlerinin yerine geçebilir. Ancak dönüştürme işlemi esnasında bazı detaylar kaybolabilir (**URL 1**).

Görüntüler, kaydedildikleri dalga boyuna bakılmaksızın belli temel özelliklerle tanımlanabilirler. Bu özellikler; ölçek, parlaklık, kontrast ve çözünürlüktür. Görüntünün ton ve görsel yüzey karakteristikleri (texture) de temel özellik fonksiyonudur (**Sabins, 1996**).

a. Ölçek

Ölçek, görüntü üzerindeki iki nokta arasındaki mesafenin, zemin üzerinde karşılık geldiği mesafeye oranıdır. Uydulardaki görüntü sistemlerinin gelişimi, görüntü ölçeği kavramını değiştirmiştir. Örneğin;

Küçük ölçek (1: 500000'den daha büyük)	1 cm 5 km veya daha fazla
Orta ölçek (1: 50000- 1: 500000)	1 cm 0.5- 5 km
Büyük ölçek (1: 50000'den daha büyük)	1 cm 0.5 km veya daha fazlası

Bu dikeyler hava fotoğraflarının geleneksel ölçek kavramından farklıdır. Kırk yıl önce, 1: 62500 ticari olarak elde edilen fotoğrafların minimum ölçeği idi ve küçük ölçek olarak hesaba katılıyordu. Bugünkü çok yüksekteki uzaktan algılama sistemleri küçük ölçeklerde mükemmel kalitede fotoğraf ve görüntüler elde edebilir. Çalışmalarda optimum görüntü ölçeği, görüntülerin nasıl yorumlanabileceğiyle ilgili olarak belirlenmektedir.

b. Parlaklık ve ton

Uzaktan algılama sistemleri elektromagnetik ışının yoğunluğunu algılar. Elektromagnetik ışının yoğunluğundaki değişimler, görüntü üzerinde parlaklık değişimleri olarak gösterilir.

‘Parlaklık (Luminance)’, ışık tarafından gözde üretilen karşılığın büyüklüğüdür. Parlaklık, bir kaynaktaki ışık yoğunluğunun sayısal ölçüsüdür ve fotometre veya ışıkmetre olarak adlandırılan bir aygıtla ölçülür. Görüntü yorumlayan analist, bir görüntüdeki parlaklık değişimlerinin sayısal ölçümünü yapar. Parlaklık değerlerindeki değişimler bir gri-skala ile kalibre edilebilir. Bu gri-skala da siyahtan beyaza her bir ayrırtedilebilir gölge ayrı bir tondur. Birçok yorumlayıcı pratikte

gerçek gri-skalaı kullanmaz yerine santi metre ölçeğini kullanır ve kendi gri-skala kavramlarına göre de görüntü üzerindeki alanları parlak, orta ve karanlık tonlarda karakterize eder.

Hava fotoğraflarında bir objenin tonu, atmosferik etkiler ve filmi n spektral hassasiyeti gibi faktörlere rağmen, objenin yüzeye düşen güneş ışığını yansıtmaya yeteneği ile belirlenir. Diğer dalgaboyu bölgelerinde elde edilen görüntülerde ton objelerin diğer fiziksel özellikleri ile belirlenir. Isıl kızıl ötesi görüntülerde bir objenin tonu, objeden ışıyan sıcaklıkla orantılıdır. Radar görüntülerinde ise alıcı antene geri saçılan radar enerjisinin ışın yoğunluğu ile belirlenir.

c. Kontrast oranı

Kontrast oranı, görüntünün en parlak ve en karanlık kısımları arasındaki orandır.

$$CR = \frac{B_{max}}{B_{min}} \quad (3.1)$$

CR: kontrast oranı

B_{max} : görüntünün maksimum parlaklık değeri

B_{min} : görüntünün minimum parlaklık değeri

Tüm görüntü için tanımlandığında kontrast oranı (CR), görüntüdeki bir objenin parlaklık değeri ile bitişik zemini n parlaklık değeri arasındaki orandır. Kontrast oranı objelerin belirlenmesi için çok önemli bir faktördür.

Düşük kontrast oranına sahip görüntüler ‘soluk görüntü (washed out image)’ olarak adlandırılır. Düşük kontrast aşağıdaki nedenlerden dolayı gerçekleşir:

1. Görüntünün objeleri ve zemini belli dalgaboyu bandında hemen hemen aynı elektromagnetik karşılığa sahip olabilir.
2. Elektromagnetik enerjinin atmosfer tarafından saçılması görüntü kontrastını azaltabilir. Bu etki çoğunlukla fotoğrafik uzaktan algılama bantlarının kısdal gaboyuna sahip alanlarında olur.
3. Uzaktan algılama sistemi arazi kontrastını belirlemek ve kaydetmek için yeterli hassasiyetten yoksun olabilir. Görüntü yüksek kontrast oranına sahip olsa bile yanlış kaydetme tekniklerinden ötürü düşük kontrastlı görüntülerle sonuçlanabilir.

d. Uzaysal çözünürlük ve çözme gücü

Uzaysal çözünürlük, bir görüntü üzerinde birbirine yakın iki objeyi ayırt etme yeteneğidir ya da başka bir deyişle farklı iki obje arasındaki minimum mesafedir. Çözünürlük limitiinden daha yakın olarak konumlanmış objeler görüntüde tek bir obje olarak ortaya çıkaracaktır.

Çözme gücü ve uzaysal çözünürlük birbiriyle ilişkili iki kavramdır. ‘‘Çözme gücü’’ bir görüntüleme sistemine veya sistem bileşenlerine uygulanırken ‘‘uzaysal çözünürlük’’ bu sistem tarafından üretilen görüntüye uygulanır (Sabins, 1996).

3.3 Dijital görüntü verisinin yorumlanması

3.3.1. Yorumlama için iki yaklaşım

Görüntü verisi dijital formda olduğu zaman bilgi çıkarımını gerçekleştiren iki yaklaşım mevcuttur. İlk yaklaşım piksel niteliklerine dayanarak onlar hakkında yargılarda bulunabilmek için görüntüdeki her bir pikseli değerlendiren bilgisayar kullanımı içerir. Bu işlem ‘‘kantitatif analiz’’ olarak adlandırılır. Çünkü, benzer niteliklere sahip pikseller alan tahminleri için hesaplanır. Diğer yaklaşım bir görüntünün görsel olarak değerlendirilmesiyle yapılan bilgi çıkarımında insana dayanan yorumlamayı/analizi içerir. Bu işlemlerde yorumlayıcı/analist genellikle büyük ölçekli özelliklerin farkına varır, verinin uzaysal ve radyometrik özelliklerinin farkında değildir. Bu yaklaşım ‘‘fotoyorumlama’’ veya bazen de ‘‘görüntü yorumlama’’ olarak adlandırılır. Yorumlamanın başarısı oluşan görüntü ürününde bulunan uzaysal, spektral ve zamansal elementlerin analist tarafından etkili bir biçimde kullanılmasına bağlıdır. Örneğin, bilgi uzaysal olarak şekil, büyüklük, yönelme ve yüzey karakteristiklerinde (texture) bulunur. Yollar, kıyı şeritleri ve nehir sistemleri, kırıklar ve hatlar uzaysal konumları ile kolayca belirlenebilir. Görüntüde bir tarihten diğerine, belli obje veya arazi çeşidinde meydana gelen değişimler gibi zamansal veriler yorumlayıcılar tarafından sıklıkla kullanılabilir ve analistin tipik yüzey çeşitlerinin spektral yansıtım karakteristikleri bilgisine ve bu konudaki tecrübesine dayanarak fotoyorumlamada spektral ipuçlarından da yararlanır.

Görüntü yorumlama için bu iki yaklaşım belli özelliklere sahiptir ve genellikle birbirini tanımlayıcı niteliktedir. Görüntüye önceden bir dijital görüntü işleme

yöntemi uygulandıysa, fotoyorumlama için bir destek çalışması olarak kabul edilebilir. Kantitatif analizin başarısı ise analist tarafından sağlanan bilgiye bağlıdır ki bu bilgi fotoyorumlamadan elde edilir.

Fotoyorumlama ve kantitatif analiz niteliklerinin karşılaştırılması Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1. İki yaklaşımın karşılaştırılması (**Richards, 1993**)

Fotoyorumlama (analist/yorumlayıcı ile)	Kantitatif analiz (bilgisayar ile)
Piksel büyüklükleri ile ilişkili büyük ölçekte	Tek piksel düzeyinde
Yanlış alan tahminleri	Doğru olasılıklı alan tahminleri
Sınırlı sayıda parlaklık düzeylerini özümseyebilir (herbir özelliğe 16 düzey)	Tüm özelliklerde, mevcut parlaklık düzeylerini kullanabilir (64, 128, 256)
Şeklin belirlenmesi kolaydır	Şeklin belirlenmesi kompleks yazılımları içerir
Uzaysal bilgiyi niteliksel algılamada kullanmak kolaydır	Uzaysal verinin kullanımında sınırlı teknikler mevcuttur

Doğrudan insan etkileşimini ve bu nedenle de yüksek düzeydeki kararları içeren fotoyorumlama uzaysal değerlendirme için iyidir fakat kantitatif doğrulukta yetersizdir. Örneğin, fotoyorumlama ile alan tahminleri görsel olarak belirlenen bölgelerin planimetrik ölçülerini kapsayabilir. Burada sınırların belirlenmesinde yapılan hata alan doğruluğunu etkileyecektir. Tersine daha az insani değerlendirme ve düşük düzeyli kararları isteyen kantitatif analiz, yetersiz uzaysal yeteneğe fakat yüksek kantitatif doğruluğa sahiptir. Analizin bu yüksek doğruluğu bilgisayarın verilen görüntüdeki her bir pikseli işleme ve var olan radyometrik ve uzaysal detayları ve spektral aralığı hesaba katma yeteneğinden kaynaklanır. Analizin yetersiz uzaysal doğruluğu ise standart sıradaki hesaplama teknikleri kullanılarak yapılabilen şekil, büyüklük, yönelme ve yüzey karakteristikleri hakkındaki karar verme zorluklarından gelir. Paralel hesaplama ve çok çözünürlü görüntü analiziindeki gelişmeler bu tip zorlukların önüne geçebilir (**Richards, 1993**).

3.3.2. Görsel yorumlama elemanları

Uzaktan algılama görüntülerinin analizi görüntüdeki çeşitli hedeflerin belirlenmesini kapsar. Hedefler nokta, çizgi veya alanlardan oluşan çevresel veya suni özellikleri ifade ederler ve ışınım yansıtma veya neşretme özelliklerine göre belirlenebilirler.

Yansıtılan veya neşredilen bu ışın malglayıcılar ile ölçülür ve kaydedilir ve hava fotoğrafı veya uydu görüntüsü gibi görüntü ürünleri ile sunulur.

Hedeflerin ayırteğil mesi, yorumlama ve bilgi çıkartma için anahtardır. Hedefler ve zeminleri arasındaki farkların gözlemlenmesi; ton, şekil, büyüklük, patern, görsel yüzey karakteristikleri (texture), gölge, association (çağırışın) gibi görsel elemanların herhangi birine veya tümüne dayanarak yapılan farklı hedeflerin karşılaştırılmasını içerir. Bu elemanlara dayanarak yapılan uzaktan algılama görüntülerindeki hedeflerin ayırteğil mesi daha sonraki yorumlama ve analiz işlemlerinin yapılmasına olanak sağlar.

Ton, görüntüdeki objelerin parlaklık veya renklerine karşılık gelir ve hedefler veya özellikler arasındaki farkı belirlemek için temel elemandır.

Şekil, genel yapıya veya obje dış hatlarına karşılık gelir. Yorumlama için diğerlerinden farklı bir ipucu olabilir. Düz kenar şekilleri tipik olarak şehirselle veya tarımsal alanları ifade eder. Orman kenarları gibi doğal özellikler genellikle daha düzensiz bir şekilde sunulur. Sulama sistemleri ile sulanan çiftlik veya mahsul alanları dairesel biçimde görülebilir.

Görüntüdeki **obje boyutu** bir ölçek fonksiyonudur. Obje boyutu, bir hedefin büyüklüğünü görüntüdeki diğer hedeflere göre değerlendirmek için önemlidir. Hedef büyüklüğünün çabuk tahmini uygun sonuç için yorumlamaya yönltebilir. Örneğin, bir yorumlayıcı arazi kullanımbölgesini ve bu bölgedeki bina sayılarını belirlemek durumundaysa, fabrika gibi büyük binaları ticari özellikteki bir alan küçük binaları da oturmaya ayrılmış alan olarak sunabilir.

Patern, görsel olarak ayırteğilebilir objelerin uzaysal tanzimine karşılık gelir. Benzer tonların ve yüzey karakteristiklerinin tekrarı farklı ve ayırteğilebilir bir patern sunacaktır. Ağaçlardan oluşan bahçeler ve düzenli olarak konulanmış evlerle birlikte caddeler paterniniyi bir örnek teşkil eder.

Yüzey karakteristikleri, bir görüntünün belli alanlarındaki tonal değişim frekansına ve düzenine karşılık gelir. Pürüzlü yüzeyler benekli bir yapıdan oluşabilir ve bu yapılarda gri renk tonu düzeyleri küçük alanlarda ani değişimlere uğrarken, pürüzsüz yüzeyler çok az gri renk tonu değişimlerine sebep olur. Pürüzsüz alanlar asfalt veya otlak gibi uniform yüzeylerin sonucudur. Orman örtüsü gibi düzensiz bir yapıya

sahip olan hedef pürüzlü bir görünüme sahip olacaktır. Yüzey karakteristikleri radar görüntülerindeki özellikleri ayırtmakta kullanılan en önemli elemanlardan birisidir.

Gölge, hedef veya hedeflerin yükseklik veya profil fikrini vererek yorumlamada yararlı olan bir elemandır. Ancak gölgeler etki alanlarında yorumlamayı azaltabilir veya elimine edebilir. Çünkü, gölgedeki hedefler etrafındaki diğer hedeflere göre daha az ayırtedilebilir veya hiç ayırtedilemez. Gölge özellikler radar görüntülerindeki arazi formlarını ve topoğrafyayı belirlemek veya zenginleştirmek için de yararlıdır.

Association (çağrışım düşünsel olarak bir araya getirme), ilgilenilen hedef civarındaki diğer ayırtedilen objeler veya özellikler arasındaki ilişkiyi gözönünde bulundurur. Diğer özelliklerle, birleşmesi (çağrışım yapması) umulan özelliklerin belirlenmesi bu ayırımı kolaylaştırmak için gerekli olan bilgileri sağlayabilir. Örneğin, ticari alanlar büyük nakil güzergahlarını çağrıştırırken, oturmaya elverişli alanlar okul, oyun ve spor alanlarını çağrıştırabilir (**URL 1**).

3.4 Görüntü işleme metodları

3.4.1. Görüntü rektifikasyonu ve restorasyonu

Bu operasyonlar, orijinal görüntünün daha doğru sunumunu yaratmak ve geometrik distorsiyonları düzeltmek için ham görüntü verisinin işlenmesini, verinin radyometrik olarak kalibre edilmesini ve veride bulunan gürültünün elimine edilmesini içerir. Belli görüntü restorasyon işlemleri, görüntü verisini elde etmek için kullanılan algılayıcı karakteristiklerine bağlıdır. Görüntü rektifikasyonu ve restorasyonu işlemleri ‘ön işleme’ olarak adlandırılır. Çünkü, bu işlemler spesifik bilgiyi çıkarmak için görüntü verisinin manipulasyonundan ve analizinden önce gelir.

Orijinal uydu görüntüleri genelde geometrik distorsiyonlu oldukları için harita olarak kullanılamazlar. Bu distorsiyonların kaynağı; algılayıcı platformun yüksekliği, yeryüzü eğikliği gibi sebepler olabilir. Geometrik düzeltme de amaç, distorsiyonları gidermek ve düzeltilmiş sayısal görüntünün haritanın geometrik entegrasyonuna sahip olmasını sağlamaktır. İki aşamalı olarak yapılan geometrik düzeltme işleminde ilk aşama, sistematik hata kaynaklarının matematiksel olarak modellenip elde edilen formlerin düzeltme işlemine uygulanarak hataların giderilmesi dir. İkinci aşamada ise, sistematik olmayan distorsiyonlar ile bilinmeyen sistematik hatalar bir görüntüde

homojen olarak dağılmış yer kontrol noktalarının analiz edilmesi ile düzeltilebilir. Yer kontrol noktalarının konumları görüntü koordinatları, haritadan ölçülmüş yer koordinatları veya GPS ölçümleri yardımıyla belirlenir. Dönüşümde kullanılacak polinom derecesi, dönüşüm yapılacak uydu verisinin özelliklerine bağlıdır. Uydu görüntüleri için genellikle 1. derece dönüşüm yeterlidir. Dönüşüm işleminin tanımlanmasının ardından geometrik düzeltilmesi yapılmış görüntü için piksel değerlerinin hesaplanmasında üç farklı yeniden örnekleme yöntemi kullanılmaktadır. Bunlar, en yakın komşuluk yöntemi, bilineer entropolasyon yöntemi ve kübik katlama yöntemi (Bektas, 2003).

3.4.2 Görüntü zenginleştirme

Bu işlemler, sonraki görsel yorumlamada veriyi daha iyi kaydetmek veya daha etkili bir biçimde göstermek için görüntü verisine uygulanır. Görüntü zenginleştirme, görüntüdeki özellikler arasındaki görsel farklılıkları artırmak için kullanılan teknikleri içerir. Amaç, veriden görsel olarak çıkartılacak bilgi miktarını artırmak için orijinal görüntü verisinden ‘yeni’ görüntüler yaratmaktır.

3.4.3 Görüntü sınıflandırma

Görüntü sınıflandırmanın amacı, görüntüdeki özelliklerin saptanması için kantitatif tekniklerle görüntü verisinin görsel analizini sağlamaktır. Sınıflandırma, görüntüdeki her pikselin arazi örtüsünü belirlemek için temel karar verme kurallarının uygulanmasını ve çok spektralli görüntü verisinin analizini içerir. Bu karar verme kuralları veride gözlemlenen spektral ışınma dayandırıldığı zaman ‘spektral patern tanıma (recognition)’ işlemi şeklinde anılır. Tersine karar verme kuralları, görüntü verisinde bulunan geometrik şekillere, boyutlara ve paternlere dayandırılabilir. Bu işlemler ‘uzaysal patern tanıma’ alanına girer. Sınıflandırma işlemlerinin amacı, sayısal görüntüdeki tüm pikselleri birkaç arazi örtüsü sınıfından birine kategorize etmektir. Kategorize edilmiş veri görüntüdeki arazi örtüsünün ‘tematik haritalarını’ üretmek için kullanılabilir ve/veya her arazi örtüsü çeşidiyle kaplanan alanlardaki özet istatistikleri üretir.

3.4.4 Veri birleşimi ve CBS entegrasyonu

Bu işlemler, verilen bir coğrafi alanın görüntü verisiyle aynı alan için coğrafi olarak referanslanmış diğer veri setlerinin birleşimi için kullanılır. Diğer veri setleri, farklı

günlerde aynı algılayıcılarla üretilen görüntü verisinden veya diğ r uzaktan algılama sistemleri tarafından üretilen görüntü verisinden oluşur. Veri birleşiminin amacı CBS' deki diğ r bilgi kaynaklarıyla uzaktan algılama verisini birleştirme tir.

3.4.5. Biyofiziksel modellenme

Biyofiziksel modellenmenin amacı zeminde ölçülen tabiat olaylarını ve biyofiziksel özellikleri uzaktan algılama sistemleri tarafından kaydedilen dijital verilerle ilişkilendirme tir.  rneğiri, uzaktan algılanmış veri ürün alanı, kirlilik yoğunluğ  veya su derinliğ  gibi çeşitli parametreleri tahmin etme için kullanılabilir. Aynı şekilde uzaktan algılama verileri çevresel modellenmeyi kolaylaştırmak için CBS teknikleriyle birlikte kullanılır (Lillesand ve Kiefer, 2001; Sabins 1996).

4 GÖRÜNTÜ ZENGİNLEŞTİRME

Bu işlemin amacı görüntüdeki özellikler arasında görülebilir farkı artırarak görüntünün görsel yorumlanabilirliğini geliştirmektir. Dijital olarak zenginleştirilen görüntüyü görsel olarak yorumlama işleminde bilgisayar ve insan aklının tanımlayıcı yetenekleri optimize edilir. Akıl; görüntüdeki uzaysal sinyelleri (özellikleri) yorumlamakta mükemmeldir, belirsiz veya anlaşılması zor sinyelleri ayırtedebilir. Ancak gözler, özellikleri karakterize eden zayıf radyometrik veya spektral farklılıkları belirlemede zayıftır. Bilgisayar da yapılan zenginleştirme ile, zayıf farklılıkları gözlenebilir yapmak için bu ‘farklılıkları artırma’ hedeflenir.

Görüntü analizi için görüntü seçimi ve olası görüntü zenginleştirme dizileri sınırsızdır. Birçok zenginleştirme tekniği nokta operasyonları veya lokal operasyonlar biçiminde kategorize edilebilir. ‘Nokta operasyonları’ görüntü veri setindeki her pikselin parlaklık değerini değiştirir. ‘Lokal operasyonlar’ da komşu parlaklık değerlerine dayanarak her pikselin değerini değiştirir. Zenginleştirme operasyonları ya tek bir bant görüntüsüne ya da çok kanallı görüntüye uygulanabilir. Sonuç görüntüleri kaydedilebilir veya siyah ve beyaz ya da renkli bir biçimde gösterilebilir. Herhangi bir uygulama için uygun zenginleştirmenin seçimi beceridir ve kişisel bir tercihtir (Lillesand ve Kiefer, 2001).

Görüntü zenginleştirmede kullanılan teknikler aşağıdaki özelliklere bağlıdır:

- Kullanıcı verisi- Landsat, SPOT ve diğer görüntüleme algılayıcılarının farklı bantları belli özellikleri (features) ortaya çıkarmak için seçilir. Kullanıcı herhangi bir zenginleştirme işlemine başlamadan önce kullanılan bantların özelliklerini iyi bilmelidir.
- Kullanıcının amacı- Örneğin, alıştırma örnekleri için kullanılabilen özellikleri saptamak için bir görüntü keskinleştirme, çalışmadaki bant sayılarını azaltmaktan farklı bir zenginleştirme tekniği isteyecektir. Kullanıcı zenginleştirme işlemini yapmadan önce istenen sonuç ürünü ile ilgili kesin bir fikre sahip olmalıdır.

- Kullanıcının beklentileri
- Kullanıcının bilgi birikimi- Zenginleştirmeyi gerçekleştiren kişinin tecrübesi (**Erdas Field Guide, 1997**).

Zenginleştirme operasyonları uygun restorasyon işlemleri yapıldıktan sonra görüntü verisine uygulanır. Özellikle gürültüyü kaldırma işlemi birçok zenginleştirme için önemlidir.

Dijital zenginleştirme teknikleri olarak üç teknik kategorize edilebilir:

1. Kontrast manipülasyonu: Gri-renk tonu seviyesi eşiği (gray-level thresholding), düzey dilimleme (level slicing), kontrast gerilimi
2. Çoklu (multi) görüntü manipülasyonu: Çok spektralli bant oranlama ve farkı, ana bileşenler, kanonik bileşenler, bitki örtüsü bileşenleri, IHS renk uzayı transformasyonları, dekorrelasyon (decorrelation) gerilimi
3. Uzaysal özellik manipülasyonu: Uzaysal filtrelene, kenar zenginleştirme ve Fourier analizi (**Lillesand ve Kiefer, 2001**).

4.1. Kontrast manipülasyonu

4.1.1. Gri-renk tonu seviyesi eşiği

Gri-renk düzeyi eşiği; bir girdi görüntüsünü, analist tarafından belirlenen gri renk düzeyinin altındaki ve üstündeki değerlere sahip pikseller için iki sınıfa ayırmakta kullanılır. Bu yöntemin kullanımıyla bir görüntü için ikili maske hazırlanır. Bu tip maskeler, ilave işlemler bağnız olarak her sınıfa uygulanabilsindiye bir görüntüyü iki sınıfa ayırır. Örneğin arazi ve suyun gri-renk tonu düzeylerini gösteren bir görüntüde yalnızca su alanındaki parlaklık değişimlerini belirlemede seçilen bir eşik değeri bir bant verisini iki sınıfa ayırmaya izin verir.

4.1.2. Düzey dilimleme

Düzey dilimleme bir zenginleştirme tekniğidir ki bu tekniikle görüntü histogramının x eksenini boyunca dağılmış DN değerleri analist tarafından belirlenen aralık veya ‘dli m’ serilerine bölünür. Input (girdi) görüntüsünde verilen bir aralığa düşen tüm DN değerleri output (çıkıtı) görüntüsünde tek bir DN değeriyle gösterilir. Sonuç olarak eğer girdi görüntüsü altı farklı dilim bölündüyse çıkıtı görüntüsü yalnızca altı farklı gri-renk tonu düzeyi içerir. Her düzey tek renk olarak gösterilebilir.

Düze y dili nle me, gri renk tonuyla ve renk le kodlanan ayrı sıcaklık aralı k ları nı göster nek i ç i n i sıl kı zıl ö tes i gö rünt ü ler i n gö ster i m i n d e kull anılır.

4.1.3 Kontrast gerili ni

Al gı layıcı tara fı n d a n kaydedi len yansı tı m de ğ erle ri ni n monitör veya filml erle tam ol arak eşleş me nesi uzakt an al gı la nı dan karşı laş ı lan yaygın bir proble mdir. Dünya yüzeyi üzeri ndeki materyaller farklı enerji m i k t a r l a rı nı yansı tır veya neş reder. Bir al gı layıcı belli bir dal ga boyu nda bir materyal den büyük m i k t a r d a enerji kaydedi yor ken baş ka bir materyal den aynı dal ga boyu nda daha az m i k t a r d a enerji kaydeder. Gö rünt ü üzeri ndeki parlaklık de ğ erle ri ni n aralı ğ ‘kontrast a’ karşı lık gelir. Kontrast zeng i nleş tir ne gö rünt ü veya çı ktı aygı t ları n d a renk le ri n me vcut kull anı m nı opti mal yapar ak gö rünt ü özelli k le ri ni n daha fazla gö ze çarp m a sı nı sağ lar.

Kontrast ma ni pul asyonu kontrast ın artırıl m a sı i ç i n gö rünt ü de ğ er aralı ğ ı nı n de ğ i ş i m i ni i ç erir. Ö ne ğ i n bir gö rünt ü 40 ve 90 de ğ erle ri ara sı n d a bir aralı ğ a sa hip ol a b i l i r. Bu aralık 0-255 de ğ erle ri ara sı n a geril di ğ i za ma n özelli k le r ara sı n d a k i fark lar daha çok vur g u l a n m ı ş ol u r.

Kontrast gerili ni ni n a ma cı çı ktı gö rünt ü s ü n d e k i dar parlaklık de ğ er aralı k ları nı geni ş aralı k l a r a ger nek tir. Sonuç ta, gö rünt ü analizi nde il g i len i len özelli k le r ara sı n d a k i kontrast ı vur g u l a m a k i ç i n ol u ş t u r u l a n bir çı ktı gö rünt ü s ü el d e ed i l i r.

4.2 Çok lu gö rünt ü ma ni pul asyonu

4.2.1. Band oran l a n a

Bazen aynı yüzey materyalleri ne ait parlaklık de ğ erle ri ara sı n d a k i fark lar, topo ğ rafik eğ i m gö l g e l e r veya güneş ışı ğ ı aydı nlat m a açısı ve yoğunlu ğ u nda k i me v s i n s e l de ğ i ş i k l i k l e r n e d e n i y l e ol u ş u r. Bu ko ş u l l a r, uzakt an al gı l a n m ı ş gö rünt ü de k i yüzey materyalleri ni veya arazi kull anı m nı do ğ ru ol arak belirlen ek i ç i n yapıla n sını fl andır m a al g o r i t m a l a rı n a veya yor u m l a y ı cı yetene ğ i ne engel ol a b i l i r. Bu dur u m d a uzakt an al gı l a n m ı ş ver i ni n oran transfor m a s y o n l a rı ç e v r e s e l ş a r t l a r ı n etk i le ri ni azalt m a k i ç i n kull anı l a b i l i r. Oranlama, ç e v r e s e l f a k t ö r l e r i n etk i le ri ni m i n i m i z e e d e r k e n tek bir bant ta bul u n m a y a n ve toprak ve bitkiyi ayı rt et nek i ç i n yararlı dan bilg i yi de sağ l a y a b i l i r.

Oran fonksiyonunun matematiksel ifadesi şu şekilde tanımlanır:

$$BV_{i,j,r} = BV_{i,j,k} / BV_{i,j,l} \quad (4.1)$$

$BV_{i,j,r}$: i satırı ve j sütunundaki pikselin çıktı oran değeri

$BV_{i,j,k}$: k bandı nda aynı konumda bulunan (i-satır; j-sütun) parlaklık değeri

$BV_{i,j,l}$: l bandı nda aynı konumda bulunan parlaklık değeri

TMbantlarındaki oranlama örnekleri şu şekilde verilebilir:

TM bant 3 (kırmızı) ve bant 4 (yakın kızılötesi) için kırmızı/kızılötesi oranı bitki bilgisini sağlar. Oran görüntüsündeki parlak pikseller bitkiyi ifade eder. Genel olarak bantlar arasındaki en düşük korelasyon ve en önemli bilgi oran-bantlarında içerilir. Örneğin, bant 4 (yakın kızılötesi) ve bant 5 (orta kızılötesi) oranı tuzlu bataklık alanlarındaki detayları açığa çıkarır. Bu bantlar korelasyonlu değildir ve her bant özel bilgiler sunar. Bant 3 ve bant 6 (ıslık kızılötesi) arasındaki oran ise şehirseller yapılar kadar su alanları hakkındaki detayları da sağlar.

4.2.2. Ana bileşenler ve kanonik bileşenler

Bantlar arası korelasyon çok spektralli görüntü verilerinin analizinde sıklıkla karşılaşılan bir problemdir. Çeşitli dalgaboyu aralıklarındaki dijital verilerle üretilen görüntüler birbirine benzer ve aynı bilgileri ifade eder. Ana ve kanonik bileşen dönüşümleri multispektral verideki böyle fazlalıkları kaldırmak veya azaltmak için dizayn edilmiş iki tekniktir.

‘‘Ana bileşenler dönüşümü’’ aralarında yüksek korelasyon bulunan çok değişkenli verileri, aralarında korelasyon olmayan yeni bir koordinat sistemine dönüştüren doğrusal bir dönüşümdür. Dönüşümden sonra veriler arasında korelasyon ortadan kalkar. Sayısal görüntülerde ana bileşenler dönüşümü, görüntünün geometrik özellikleri üzerinde yapılan konumsal bir dönüşüm değil görüntünün radyometrik (spektral ya da renk) özellikleri üzerinde yapılan istatistiksel bir dönüşümdür.

Ana bileşenler dönüşümü fotogrametri ve uzaktan algılamada; görüntü sıkıştırma (image compression), görüntü zenginleştirme (image enhancement), üçten fazla bantla algılanmış görüntülerin ekranda gösterilmesi (change detection), görüntü karşılaştırılmasında (image merging), sınıflandırma öncesinde

sınıflandırmaya sokulacak bant sayısının azaltılmasında, yapay sinir ağlarında özellik çıkarımında kullanılmaktadır.

Ana bileşenler dönüşümünün temel ilkesi, çok spektralli vektör uzayında verileri korelasyonsuz olarak ifade edebilen yeni bir koordinat sisteminin elde edilmesidir.

Ana bileşen zenginleştirme teknikleri bir görüntü ile ilgili bilgi önceden mevcut olduğu zaman uygundur.

4.2.3 Bitki bileşenleri

Bitki kontrolü için lineer veri transformasyonlarının çeşitli formları geliştirilmiştir. Örneğin, Kauth ve Thomas (1976) fiziksel ürün gelişimine dayanan lineer bir transformasyon geliştirmişlerdir. Bu transformasyon ‘‘Tasseled Cap’’ transformasyonu olarak adlandırılır.

Ürünün büyüme dönmeleri boş bir toprak alandan başlar, daha sonra bitki yeşerir ve en son dönmünde de sarıya dönerek olgunlaşır. Bitki gelişiminin bu üç farklı dönmeleri, üç boyutlu çok spektralli alandaki veri dağılımıyla elde edilir.

Kauth ve Thomas, Landsat MSS verisi için denklem 4.2’de verilen transformasyonu kullanarak kırmızılık (toprak), yeşillik (bitki), sarılık ve gürültü olarak adlandırılan dört bileşen belirlemişlerdir.

$$T = \begin{bmatrix} 0.433 & 0.632 & 0.586 & 0.264 \\ -0.29 & -0.562 & 0.60 & 0.491 \\ -0.829 & 0.522 & -0.039 & 0.194 \\ 0.223 & 0.012 & -0.543 & 0.81 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} B_r \\ B_g \\ B_y \\ B_N \end{bmatrix} = T \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ B_4 \end{bmatrix} \quad (4.2)$$

Daha sonra Crist, Gcone ve Kauth, Landsat TM verisi için yeni bir transformasyon tekniği geliştirmiştir (Crist ve Kauth, 1986; Crist, ve Gcone, 1984). Yeni bileşenler denklem 4.3’de verilmiştir.

$$\begin{aligned} \text{Kırmızılık} &= 0.3037 \text{ TM}_1 + 0.2793 \text{ TM}_2 + 0.4743 \text{ TM}_3 + 0.5586 \text{ TM}_4 \\ &+ 0.5082 \text{ TM}_5 + 0.1863 \text{ TM}_7 \\ \text{Yeşillik} &= -0.2848 \text{ TM}_1 - 0.2435 \text{ TM}_2 - 0.5436 \text{ TM}_3 + 0.7243 \text{ TM}_4 \\ &+ 0.0840 \text{ TM}_5 + 0.1800 \text{ TM}_7 \end{aligned} \quad (4.3)$$

$$\text{Nemlilik} = 0.1509 \text{ TM1} + 0.1973 \text{ TM2} + 0.3279 \text{ TM3} + 0.3406 \text{ TM4} \\ (\text{wetness}) - 0.7112 \text{ TM5} - 0.4572 \text{ TM7}$$

Transformasyon çıktıları aşağıda listelenmiştir:

bileşen 1- kırmızılık indeksi: toprak yansıtım, boş ve kuru arazi özellikleri ile ilgilidir.

bileşen 2- yeşillik indeksi: bitkisel yoğunluk ile ilgilidir.

bileşen 3: nemlilik indeksi: su muhtevası ve örtüsü ve toprak nemiyile ilgilidir.

bileşen 4- bulanıklık indeksi: atmosferik saçılma ile ilgilidir.

4.2.4 IHS renk transformasyonu

Dijital görüntüler üç ana renk (kırmızı, yeşil, mavi) kullanılarak gösterilir. RGB renk küpü üç ana rengin her birinin parlaklık seviyesiyle belirlenir. Her bir pikselde 8-bitlik görüntü için, her renk bileşeninin olası DN değerlerinin aralığı 0 ve 255 değerlerindedir. Bu nedenle bir aygıt ile gösterilebilen kırmızı, yeşil ve mavi DN değerlerinin olası kombinasyonları 256^3 veya 16777216'dır. Karanlık görüntüdeki her bir piksel, renk küpü içinde bir yerde üç boyutlu koordinat pozisyonuyla sunulur. Kübün merkezinden karşı köşesine olan çizgi 'gri-çizgi' olarak bilinir. Bu çizgi üzerindeki DN değerleri eşit kırmızı, yeşil ve mavi bileşenlere sahiptir.

RGB görüntüleri dijital işlemlerde normal renk, yanlış renk ve keyfi renk bileşenlerini göstermek için kullanılır.

RGB bileşenlerine alternatif yaklaşım 'yoğunluk, renk, doygunluk' sistemidir. 'Yoğunluk' bir rengin toplam parlaklığıyla ilgilidir. 'Renk' bir renge katılan ışığın baskın veya ortalama dalga boyuna karşılık gelir. 'Doygunluk' griye ilişkin renklerin katıksızlığını (arılığını) açıkça belirtir. Örneğin, pembe gibi pastel renkler koyu kırmızı gibi yüksek doymuşluğa sahip renklerle karşılaştırıldığında düşük doymuşluğa sahiptir. İşlemden önce RGB bileşenlerinin IHS bileşenlerine dönüşümü renk zenginleştirmelerinde daha fazla kontrol sağlar.

4.2.5 Dekorelasyon gerilişi

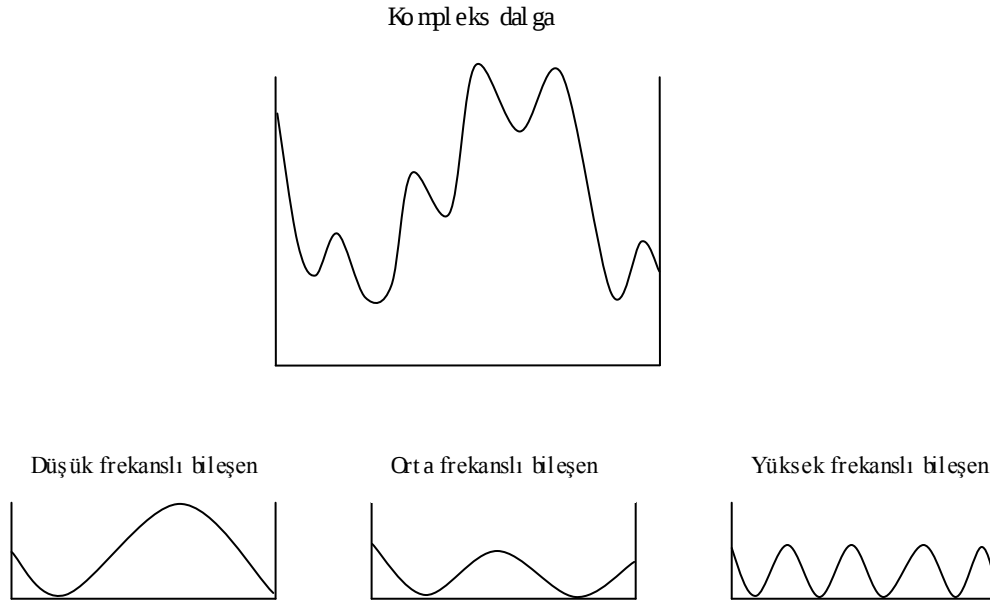
Dekorelasyon gerilişi çok görüntülü manipulasyon formudur. Bu yöntem multispektral veriler korelasyonlu olduğu zaman yararlıdır. NASA'sıl kırmızı ötesi çok spektrumlu tarayıcıdan elde edilen veri ve spektrumun aynı bölgesinden toplanan diğer hiperspektral veri bu kategoriye girer. RGB olarak görünen yüksek

korelasyonlu verinin geleneksel kontrast gerili mi yalnızca yoğunlukların aralığını genişletirken görünen aralığın renklerini daha az genişletir. Bu durumda gerilmiş görüntü yalnızca pastel renkleri içerir. Bu problemin önlenmesinde dekorelasyon gerili mi kullanılır. Bu gerili m öncelikle görüntünün doymuşluk t erimindeki en az korelasyonlu bilgi yi büyütür (**Lillesand ve Kiefer, 2001**).

4.3 Uzaysal filtreleme

Sayısal bir görüntüden yatay ve düşey bir bölge alınırsa ve DN (sayısal değer) mesafeye göre işaretlenirse kompleks bir eğri meydana gelir. Bu eğri örneği bölgelerle gösterilebilir. Pürüzsüz tonal değ iş i m ere karş ılık gelen bölgeler düşük bir gradiente sahiptir. Gradientin yüksek olduğu bölgelerde ise DN değerleri kısa mesafelerde büyük miktarlarda değ iş ir.

Şekil 4.1 farklı dalgaboylarına ve dalga genliklerine sahip düzenli sinüzoidal dalga serilerini gösterir. Şekildeki eğri uzun, orta ve kısa dalgaboyları birleştirilerek oluşturulabilir. Bir uzun dalgaboyu özelliğ i düşük frekans ve kı sadalgaboyu da yüksek frekans olarak adlandırılabilir (**Gibson ve Power, 2000**).



Şekil 4.1. Kompleks eğrinin düşük, orta ve yüksek frekanslı üç sinüzoidal dalgası (**Gibson ve Power, 2000**)

Uzaysal filtreler farklı uzaysal frekansa sahip görüntü verilerini vurgular ya da bastırır. Uzaysal frekans, bir görüntüde meydana gelen ton farklılığının ‘pürüzlülüğünü’ göstermektedir. Yüksek frekanslı görüntü alanları tonal açıdan

pürüzlüdür ve bu alanlardaki gri renk tonu düzeyleri oldukça küçük sayıdaki pikseller (örn, yol ve tarla sınırları gibi) boyunca ani değişimi gösterir. ‘Pürüzsüz’ görüntü alanları, düşük uzaysal frekanslara sahiptir ve görüntüdeki gri renk tonu düzeyleri oldukça geniş sayıdaki pikseller (örn, geniş tarım alanları ve su kütleleri gibi) boyunca dereceli olarak değişir. Alçak geçirgenli filtreler, düşük frekanslı özellikleri (geniş alanlardaki değişimler) vurgular ve yüksek frekanslı bileşenleri (lokal detaylar) bastırır (Lillesand ve Kiefer, 2001; Sunar, 1996).

Uzaysal filtreleme, lokal bir operasyondur ve genellikle tüm görüntüye uygulanır. Tamamen yeni filtrelenmiş bir görüntü üretilebilmesine rağmen, görüntünün belli bir bölümü için özel bir filtreleme yöntemi uygulamak da mümkündür. Örneğin, bir şehir planı bir filtreleme yöntemi uygulayarak şehirsal alanları diğerlerinden ayırtebilir. Bu filtre, görüntünün diğer kısımları için uygun olmayabilir fakat şehirsal alanda ilgilenilen özellikleri zenginleştirmek için özel olarak tasarlanabilir (Gibson ve Power, 2000).

Uzaysal filtreleme, orijinal görüntüdeki piksel değerlerinin komşu piksellerin gri renk tonu düzeylerine göre değiştirilmesi temeline dayanır. Örneğin, basit bir alçak geçirgenli filtre, orijinal görüntünün her tarafından hareketli bir çerçeve geçirilerek yerine getirilebilir ve ikinci bir görüntü yaratılır. Bu görüntüde, her bir pikseldeki DN değerleri, orijinal görüntüde aynı pozisyonunda bulunan hareketli çerçeve içindeki lokal ortalama karşılık gelir. 3×3 piksel boyutunda bir çerçeve kullanılırsa yeni (filtrelenmiş) görüntüde merkezi pikselin DN’si, bu noktada çerçeve içine alınan orijinal görüntüdeki dokuz pikselin ortalama değeri olabilir. Bu görüntünün bastırılması işlemine benzer. Alçak geçirgenli filtreler rastlantısal görüntüyü kalındırak için oldukça yararlıdır.

Basit bir yüksek geçirgenli filtre, orijinal, işlenmemiş görüntüden bir alçak geçirgenli filtrelenmiş görüntü (piksel piksel) çıkarılarak yapılabilir.

Düşük frekanslı bileşen görüntüsü lokal ortalama dan sapmayı azaltır ve böylece orijinal görüntüdeki detaylar düzleşir veya bulanıklaşır ve gri renk tonu aralığı azalır. Düşük frekans görüntüsü orijinal görüntünün geniş alan parlaklık bilgisini vurgularken, yüksek frekanslı bileşen görüntüsü geniş alan parlaklık bilgisi yerine görüntüdeki detayları vurgular. Her iki görüntü de kontrasta yayılır. Çünkü, uzaysal filtreleme görüntüdeki gri renk tonu aralığını azaltır.

Uzaktan algılanmış görüntüdeki uzaysal frekans, iki farklı yaklaşımla kullanılarak zenginleştirilebilir veya azaltılabilir. İlk yaklaşım konvolüsyon maskelerinin kullanıma dayanan uzaysal konvolüsyon filtrelemesidir. Bu yöntem kolay anlaşılır ve görüntüdeki düşük ve yüksek frekanslı detayları vurgulamak için kullanılabilir. Diğer teknik ise frekans alanındaki Fourier analizidir. Fourier analizi matematiksel olarak görüntüyü uzaysal frekans bileşenlerine ayırır. Daha sonra belli frekanstaki grupları ya da bantları diğer bantlara göre vurgulamak ve zenginleştirilmiş görüntü üretmek için uzaysal frekansları yeniden birleştirmek mümkündür (Lillesand ve Kiefer, 2001; Jensen, 1996).

4.3.1. Uzaysal filtreleme için görüntü modeli

Herhangi bir görüntünün farklı ölçeklerdeki uzaysal bileşenlerden oluşması, uzaysal filtrelemeyi anlamak için yararlı bir kavramdır. Örnek olarak bir görüntü alınır ve bir işleme tabi tutulabilir. Bu işleme göre; her bir çıktı (output) pikselindeki değer, girdi (input) piksellerinin küçük bir komşuluğunun (örn., 3x3) ortalamasıdır. Sonuç, orijinal görüntünün bulanık versiyonudur. Bu görüntüyü orijinal görüntüden çıkarılırsa bu, orijinal pikselle onun komşuluğunun ortalaması arasındaki farkı sunar. Uzaysal bilgiye farklı bir ölçekte bakmak için işlem daha büyük bir komşuluğa (örn., 7x7) tekrarlanabilir.

Bulanık görüntü görüntünün ‘‘alçak geçirgenli (low-pass- LP)’’ versiyonu ve orijinal görüntü ile bu alçak geçirgenli görüntü arasındaki fark da görüntünün ‘‘yüksek geçirgenli (high-pass- HP)’’ versiyonu olarak adlandırılır. Matematiksel olarak formül 4.4’deki biçimde ifade edilir.

$$\text{Görüntü}(x, y) = \text{LP}(x, y) + \text{HP}(x, y) \quad (4.4)$$

Bu ifade herhangi bir komşuluk boyutu için geçerlidir. Komşuluk boyutları artırıldığında alçak geçirgenli görüntü büyük yapıları ayırırken, yüksek geçirgenli görüntü, alçak geçirgenli görüntüde kaybolan küçük yapıları ortaya çıkarır. Görüntünün farklı ölçeklerde bileşenleri toplamına ayrışımı uzaysal filtrelemenin temeli (Schowengerdt, 1997).

4.3.2. Bçim(Template) operatörleri

Uzaktan algılamada genel olarak en fazla gerçekleştirilen operasyonlar; düzleştirme, kenar zenginleştirme ve hat (line) zenginleştirme operasyonlarıdır. Kenar ve hat zenginleştirmeleeri görüntü keskinleştirme operasyonlarıdır. Sunulan metotların çoğu şekil(jablon, template) teknikleri olarak ifade edilebilir. Bu tekniklerde, kutu veya çerçeve belirlenir ve daha sonra satır satır ve sütun sütun görüntü üzerinde hareket ettirilir. Belli bir pozisyonda, çerçeve ile örtülen piksel parlaklık değerleri ve çerçeve değerleri alınır ve sonucu elde etmek için toplanır. Bu sonuç daha sonra çerçevenin merkezindeki piksel için yeni bir parlaklık değeri belirlemede kullanılır. Bu işlem her bir piksel için yapıldığında, çerçevedeki spesifik sayılara karşılık gelen geometrik özellikleri zenginleştirilmiş veya düzleştirilmiş bir görüntü üretir.

Farklı büyüklüklere sahip çerçeveler (kutular) belirlenebilir. M ve N piksel büyüklüğündeki bir kutu için i,j konumundaki görüntü pikselinde sonuç;

$$r(i,j) = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N \Phi(m,n) t(m,n) \quad (4.5)$$

$\Phi(m,n)$: piksel parlaklık değeri (kutunun pozisyonuna göre adreslendirilir)

$t(m,n)$: aynı konumdaki kutu verisi

Kutu verileri kernela karşılık gelir ve kutu tekniği ‘konvolasyon’ olarak adlandırılır (Richards, 1993).

4.3.3. Konvolasyon filtreleri

Bir konvolasyon filtresindeki işlem görüntü üzerinde hareketli bir çerçevenin kullanılmasıdır. Operasyon, çerçevedeki pikseller üzerinde gerçekleştirilir, hesaplanan değer çıktı (sonuç) görüntüsüne konur (çerçevenin merkezindeki piksellere aynı koordinatta) ve çerçeve yeni konumluk işlemini yapmak için aynı satır üzerinde bir piksel hareket ettirilir. Bir piksel satırı bittiği zaman çerçeve bir satır aşağıya indirilir ve işlem tekrarlanır.

Hareketli çerçeve içinde hemen hemen her fonksiyon tanımlanabilir. Tablo 4.1’de bazı örnekler gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Lokal filtre uygulamaları (Schowengerdt, 1997)

ç e ş i t	ç ı k t ı	ö r n e k l e r	U y g u l a m a l a r
l i n e e r	a ğ r ı l ı k l ı t o p l a m	LPE, HPF HBF, BPF	z e n g i n l e ş t i r m e a l g ı l a y a c ı s ı m ı l a s y o n l a r ı
i s t a t i s t i k s e l	i s t a t i s t i k l e r i v e r i r	m i n i m u m m a k s i m u m m e d i a n s t a n d a r t s a p m a m o d u	g ü r ü l t ü e l i m i n a s y o n u ö z e l l i k ç ı k a r ı m
g r a d i e n t	v e k t ö r g r a d i e n t	Sobel, Roberts	k e n a r b e l i r l e m e

4.3.3.1. L i n e e r f i l t r e l e r

Bu ç e ş i t o p e r a t ö r l e r d i ğ i t a l g ö r ü n t ü i ş l e m d e o l d u k ç a y a r a r l ı d ı r. B u o p e r a t ö r l e r i l e s o n u ç f o n k s i y o n u a ç ı k ç a b e l i r t i l e b i l i r v e u y g u l a m a y a u y g u n h e r h a n ğ i b i r a ğ r ı l ı k f o n k s i y o n u s e ç i l e r e k k u l l a n ı l a b i l i r. B u e s n e k l i k l e r ‘ k o n v o l a s y o n ’ i ş l e m i n i g ö r ü n t ü i ş l e m d e e n y a r a r l ı t e k n i k l e r d e n b i r i s i y a p a r. L i n e e r f i l t r e l e r, u z a y s a l a l a n d a h a r e k e t l i ç e r ç e v e i ç i n d e k i p i k s e l l e r i n a ğ r ı l ı k l a n d ı r ı l m ı ş (a ğ r ı l ı k l ı) t o p l a m o l a r a k h e s a p l a n ı r. L i n e e r f i l t r e l e r i n a y ı r t e d i l e b i l i r ö z e l l i ğ i ‘ s ü p e r p o z i s y o n ’ p r e n s i b i d i r. B u p r e n s i b e g ö r e i k i v e y a d a h a f a z l a g i r d i p i k s e l i n i n t o p l a m ı ç i n ç ı k t ı d e ğ e r i, h e r b i r g i r d i p i k s e l i l e a y r ı a y r ı ü r e t i l e b i l e n ç ı k t ı l a r ı n t o p l a m ı n a e ş i t t i r. B u k o n v o l a s y o n i ş l e m i y l e y a p ı l ı r (Scho wengerdt, 1997).

Gö r ü n t ü k o n v o l a s y o n u a ş a ğ ı d a k i i ş l e m l e r i k a p s a r:

1. O r i j i n a l g ö r ü n t ü ü z e r i n e h a r e k e t l i b i r ç e r ç e v e y e r l e ş t i r i l i r. B u h a r e k e t l i ç e r ç e v e k a t s a y ı l a r d ü z e n i v e y a a ğ r ı l ı k f a k t ö r l e r i n d e n o l u ş u r. B ö y l e d ü z e n l e r ‘ o p e r a t ö r ’ v e y a ‘ k u t u ’ y a k a r ş ı l ı k g e l i r v e b o y u t o l a r a k t e k s a y ı l ı p i k s e l b o y u t u n d a n o l u ş u r (ö r n., 3×3 , 5×5 , 7×7). P i k s e l b o y u t u n t e k s a y ı o l m a s ı n ı n a n l a m, k u t u n u n b i r m e r k e z p i k s e l e s a h i p o l m a s ı n d a n d ı r. B u m e r k e z i p i k s e l f i l t r e o p e r a s y o n u s o n u c u d e ğ i ş t i r i l e c e k t i r.
2. K u t u o r i j i n a l g ö r ü n t ü n ü n h e r y e r i n d e h a r e k e t e t t i r i l i r v e i k i n c i (k o n v o l a s y o n l u) g ö r ü n t ü d e k u t u n u n m e r k e z i n d e k i D N o r i j i n a l g ö r ü n t ü d e k i D N l e r i l e b u n l a r a k a r ş ı l ı k g e l e n k u t u d a k i h e r b i r k a t s a y ı ç a r p ı l a r a k v e t ü m s o n u ç l a r t o p l a n a r a k e l d e e d i l i r. B u i ş l e m o r i j i n a l g ö r ü n t ü d e k i h e r p i k s e l i ç i n y a p ı l ı r. Ş e k i l 4.2’ d e t ü m k a t s a y ı l a r ı $1/9$ ’ a e ş i t 3×3 b o y u t u n d a k i b i r k u t u g ö s t e r i l m e k t e d i r. B u k u t u n u n b i r g ö r ü n t ü y l e k o n v o l a s y o n u, h a r e k e t l i ç e r ç e v e i ç i n d e k i d e ğ e r l e r i n o r t a l a m a s ı y l a

sonuçlanır. Diğer uzaysal frekansları vurgulayan görüntüler konvolasyonu gerçekleştirerek için kullanılan kutu katsayıları değiştirilerek hazırlanabilir.

1/9	1/9	1/9
1/9	1/9	1/9
1/9	1/9	1/9

(a) kutu

67	67	72
70	68	71
72	71	72

(b) orijinal görüntü DN

	70	

(c) konvolasyonlu görüntü DN

$$\text{Konvolasyon: } 1/9(67) + 1/9(67) + 1/9(72) + 1/9(70) + 1/9(68) + 1/9(71) + 1/9(72) + 1/9(71) + 1/9(72) = 70$$

Şekil 4.2 Konvolasyon kavramı. Tüm katsayıları 1/9'a eşit 3×3 piksel boyutunda kutu Konvolasyonlu görüntüdeki merkez piksel, kutu içindeki DN'lerin ortalamasını içerir (**Lillesand ve Kiefer, 2001**)

Konvolasyonun etkisi kullanılan kutunun boyutuna ve kutuyu içeren katsayılara doğrudan bağlı olabilir. Kutu boyutu ve ağırlık faktörleri sınırsızdır. Örneğin, uygun katsayılar seçilerek merkez ağırlıklı veya uniform ağırlıklı elde edilebilir veya özel istatistiksel modellere (Gaussian dağılım gibi) uygun olarak tasarlanabilir. Özetle, konvolasyon genel bir görüntü işleme operasyonudur ve çeşitli uygulamalara sahiptir (örn., bir örnekleme işlemi olarak ‘küçük konvolasyon’ kullanımı) (**Lillesand ve Kiefer, 2001; Altıntaş ve Çorumluoğlu, 2002**).

Alçak geçirgenli ve yüksek geçirgenli filtreler

Eşitlik 4.4, birbirini tamamlayan filtre çiftini tanımlamaktadır. Bu filtre çiftlerinin toplamı birim filtreye eşittir. Örneğin, 1x3 boyutunda bir alçak geçirgenli filtre, $[1/3 \ 1/3 \ 1/3]$ ağırlığına

bu filtrenin tamamlayıcısı olan yüksek geçirgenli filtre,

$[-1/3 \ 2/3 \ -1/3]$ ağırlığına sahiptir.

Bu filtrelerin toplamı,

$[0 \ 1 \ 0]$ ağırlığındaki birim filtredir.

Bu filtreler tek-boyutlu sinyallere uygulandığında şu sonuçlarla karşılaşılır:

Alçak geçirgenli (low pass, LP) filtreler lokal ortalamayı korur (filtrenin ağırlıkları toplamı 1'dir) ve girdi sinyallerini düzleştirir. Daha büyük boyutlu bir çerçeve daha fazla düzleştirmeye sebep olur. Yüksek geçirgenli (high-pass, HP) filtreler ise lokal ortalamayı kaldırır (ağırlıkları toplamı 0'dır) ve bir çıktı üretir. Üretilen bu çıktı, lokal ortalamadan girdi sinyallerinin sapma ölçüsüdür. Aynı karakterler iki boyutlu alçak geçirgenli ve yüksek geçirgenli filtreler için de geçerlidir. Tablo 4.2'de alçak geçirgenli ve yüksek geçirgenli filtre örnekleri verilmiştir (Schwengerdt, 1997).

Tablo 4.2 Basit kutu filtreleri. Bu filtreler, LP filtresinde uniform ağırlıklara, HP filtresinde tamamiyetçi ağırlıklara sahiptir

kutu boyutu	alçak geçirgenli filtre	yüksek geçirgenli filtre
3x3	$\frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{9} \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$
5x5	$\frac{1}{25} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{25} \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & 24 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$

Alçak geçirgenli filtreleme

Düşük frekanslı ya da alçak geçirgenli filtreler, yüksek uzaysal frekans detaylarını engelleyen ya da bloke eden görüntü zenginleştirmeleridir. En basit düşük frekanslı filtre (low frequency filter- LFF), belli girdi (input) piksel parlaklık değerini (BV_{in}) ve bu girdi pikseli çevreleyen pikselleri değerlendirir ve yeni bir parlaklık değeri (BV_{out}) oluşur. Konşuluk konvolüsyon maskesinin ya da kutunun (kernel) boyutu genellikle 3×3, 5×5, 7×7 veya 9×9'dur. Örneğin, 3x3 boyutunda bir alçak geçirgenli konvolüsyon maskesindeki katsayılar 1'e eşit şekilde düzenlenebilir:

$$\text{Maske } A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (4.6)$$

Orijinal veri aşağıdaki biçimde sembolize edilebilir:

$$\begin{matrix} BV_1 & BV_2 & BV_3 \\ BV_4 & BV_5 & BV_6 \\ BV_7 & BV_8 & BV_9 \end{matrix} \quad (4.7.1)$$

Herhangi bir zamanda araştırılacak ilk girdi piksel $BV_5 = BV_{i,j}$ 'dir. Orijinal veri ve tüm katsayıları 1'e eşit olan maske A'nın konvolasyonu, düşük frekanslı filtrelenenmiş görüntü ile sonuçlanacaktır.

$$LFF_{5,out} = \text{Int} \left[\frac{\sum_{i=1}^{n=9} q_i \times BV_i}{n} \right], \text{ c: maske katsayısı} \quad (4.7.2)$$

$$LFF_{5,out} = \text{Int} \left[\frac{BV_1 + BV_2 + \dots + BV_9}{9} \right]$$

Bu işlem girdi (input) görüntüdeki her piksel için tekrarlanır. Bu şekildeki görüntü düzleştirme elektronik uzaktan algılama sistemleri tarafından kaydedilen salt and pepper (tuz/biber) görüntüsünü ortadan kaldırmak için yararlıdır.

Bununla birlikte bu basit düzleştirme operasyonu özellikle objelerin kenarlarında, görüntüyü bulandıracaktır. Bulanıklık kutu (kernel) artışlarının büyüklüğü şiddetinde olur. Bulanıklığı azaltmak için eşit ağırlıklı olmayan düzleştirme maskeleri önerilir.

$$\begin{matrix} 0.25 & 0.50 & 0.25 & & 1.00 & 1.00 & 1.00 \\ \text{Maske B=} & 0.50 & 1.00 & 0.50 & \text{Maske C=} & 1.00 & 2.00 & 1.00 \\ 0.25 & 0.50 & 0.25 & & 1.00 & 1.00 & 1.00 \end{matrix} \quad (4.8)$$

Yüksek geçirgenli filtreleme

Yüksek geçirgenli filtreleme, yavaş değişen bileşenleri kaldırmak ve yüksek frekanslı lokal değişimleri artırmak için görüntüye uygulanır.

Parlaklık değerleri, dokuz elemanlı çerçevede birbirleriyle korelasyonlu olma eğilimindedir. Bu nedenle yüksek frekanslı filtrelenenmiş görüntü dar bir yoğunluk histogramına sahip olacaktır. Bu durumda yüksek frekanslı filtrelenenmiş görüntülerden elde edilen sonuç görsel analizlerden önce kontrasta gerilmelidir.

Tablo 4.2’de yüksek geçirgenli filtre rneği verilmiştir (**Jensen, 1996; Sabins, 1996**).

Kenar zengileştirme

Birçok uzaktan algılama uygulaması için bir görüntüden çıkarılabilen en değerli bilgi, çeşitli objeleri çevreleyen kenarlarda tutulur. Kenarda zengileştirme, bu kenarların biçimini oluşturur ve daha çok göze çarpan ve analiz edilmesi kolay olan görüntüyü ayrıntılı olarak ifade eder. ‘‘Kenar’’ olarak gzn gördüğü şey, iki komşu piksel arasında oluşan parlaklık değeriindeki keskin değişimdir (**Jensen, 1996**).

Yüksek frekanslı bileşen görüntüleri, sayısal görüntülerdeki uzaysal detayları vurgular. Böyle görüntüler lokal kontrastı artırır ve görüntü verisindeki kenarları veya lineer özellikleri göstermek için zengileştirilmiş orijinal görüntüden daha üstündür. Ancak yüksek frekanslı görüntüler orijinal görüntüde bulunan düşük frekanslı parlaklık bilgisini içermez. Kenar zengileştirilmesi yapılmış görüntüler hem lokal kontrastı hem de düşük frekanslı parlaklık bilgisini içerir. Bu görüntüler, aynı görüntünün yüksek frekanslı bileşen görüntüsüne orijinal görüntüdeki gri renk tonu değerlerinin bir kısmının veya tümünün geri eklenmesiyle üretilir. Kenar zengileştirme  adımla tanımlanır:

1. Kenar bilgisinin içerildiği yüksek frekanslı bileşen görüntüsü üretilir. Bu görüntüyü oluşturmak için kullanılan kutu boyutu, görüntünün przllğne bağlı olarak seçilir. ‘‘Przl’’ görüntüler kk filtre boyutlarını (rn., 3×3 piksel) nerirken büyük filtre boyutları (rn., 9×9 piksel) ‘‘pürüzsüz’’ görüntülerde kullanılır.
2. Orijinal görüntünün her bir pikselindeki gri renk tonu düzeylerini tümü veya bir kısım yüksek frekanslı bileşen görüntüsüne geri eklenir (geri eklenen orijinal gri renk tonu düzeylerinin oranı görüntü analistleri tarafından seçilebilir).
3. Elde edilen karma görüntü kontrasta gerilir. Bu, yüksek frekanslı özelliklerini lokal kontrast zengileştirmesini içeren bir görüntüyle sonlanır ve görüntüde bulunan düşük frekanslı parlaklık bilgisi de korunur.

‘‘Yöne bağlı ilk fark’’ (Directional first differencing), görüntü verisindeki kenarları vurgulamayı hedefleyen başka bir zengileştirme tekniğidir. Bu teknik görüntüdeki her bir pikseli, bitişik komşu piksellerinden biriyle karşılaştıran ve çıktı (output) görüntüsünde gri renk tonları arasındaki farkı gösteren bir işlemdir. Kullanılan yn yatay, düşey veya diagonal olabilir. şekil 4.3’de A pikselindeki yatay ilk fark, A

pikselinin DN siinden H pikselinin DN si nin çıkarılmasıyla elde edilir. Bir dişey ilk fark, A pikseli DN siinden V pikseli DN si çıkarılarak ve bir diagonal ilk fark da, A pikselinden D pikseli çıkarılarak elde edilir.

A	H
V	D

$$\text{Yatay ilk fark} = DN_A - DN_H$$

$$\text{Dişey ilk fark} = DN_A - DN_V$$

$$\text{Diagonal ilk fark} = DN_A - DN_D$$

Şekil 4.3 Yatay, dişey, diagonal ilk farkta kullanılan esas piksel A ve referans pikselleri H , V , D (Lillesand ve Kiefer, 2001)

Dikkat edilecek olursa ilk farklar pozitif veya negatif olabilir. Bu nedenle görüntü orta değeri (127) gibi bir sabit, görüntü amaçları için farka eklenir. Bundan başka piksel piksel olan farklar çoğunlukla küçüktür ve bu nedenle zenginleştirilmiş görüntüdeki veri, orta değer (127) civarında çok dar bir aralıkta uzanır ki bundan dolayı çıktı görüntüsüne bir kontrast gerilimi uygulanmalıdır.

İlk fark görüntüleri fark yönüne dikey kenarları vurgularken fark yönüne paralel kenarları bastırır. Örneğin, yatay ilk fark görüntüsünde dişey kenarlar gri renk tonu düzeylerinde pikselden piksele büyük değişimlerle sonuçlanacaktır. Diğer yandan aynı kenarlar için dişey ilk farkları çok küçük belki de sıfır olabilecektir (Lillesand ve Kiefer, 2001; Guo ve diğerleri, 2001a; Guo ve diğerleri, 2001b; Guo ve diğerleri, 2001c).

Chavez ve Bauer (1982), kenar zenginleştirmede kullanılan kutu büyüklüğünün (örn, 3×3 , 5×5 , 7×7 ..) yüzey pürüzlülüğünün bir fonksiyonu olduğunu belirtmişlerdir. Bu faktörü gözönünde bulundurarak Chavez ve Bauer ‘yatay yöndeki ilk fark’ (first difference in the horizontal direction) göre bir yöntem geliştirmişlerdir. Yönteme göre, ilk fark görüntüsünün standart sapması hesaplanır, 2.3 ile çarpılır ve yüzey pürüzlülüğü ile ilişkili bir delta değeri, Δ elde edilir (Tablo 4.3).

Tablo 4.3 Kutu boyutlarına karşı Delta değerleri (Chavez ve Bauer, 1982)

Delta, Δ	Pür üzsüz/ Pür üzl ü	Kutu boyutları
$\leq \pm 3$	çok pür üzsüz	9×9
± 4	pür üzsüz	
± 5	yarı-pür üzsüz	7×7
± 6	pür üzsüz/ pür üzl ü	
± 7	pür üzl ü/ pür üzsüz	5×5
± 8	yarı-pür üzl ü	
± 9	pür üzl ü	3×3
$\geq \pm 10$	çok pür üzl ü	1×1

Aşağıdaki eşitlik daha sonra uygun kutu boyutunu seçmek için kullanılır.

$$\text{Kutu boyutu} = 12 - \Delta \quad (4.9)$$

Bu metod, keskin görüntü detaylarını vurgulamak için optimum kutu boyutunu seçmek için kullanılabilir.

Kutu boyutu seçildiği zaman çeşitli katsayılar kutu içine yerleştirilebilir. Örneğin denklem 4.10'daki maske çeşitleri kullanılarak kenarlar kabartılabilir. Bu çeşit filtreler ‘‘enboss (kabartma) filtreleri’’ olarak adlandırılır.

$$\begin{array}{ccc} 0 & 0 & 0 \\ \text{Maske F} = 1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \end{array} \quad \begin{array}{ccc} & & 0 & 0 & 1 \\ \text{Maske G} = 0 & 0 & 0 & \text{Enboss Kuzeybatı} \\ & & -1 & 0 & 0 \end{array} \quad (4.10)$$

127 sonuca eklenir ve veri kontrasta gerilir. Kabartmanın yönü maske çevresindeki katsayıların yeri değiştirilerek kontrol edilir. Genellikle gölgeli bir kabartma elde edilir (Kavak ve İnan, 2002).

Sınır (compass) gradient maskeleri, iki boyutlu ve yöne bağlı kenar zenginleştiricileri yapmak için kullanılabilir (Pratt, 1991).

$$\begin{array}{ccc} 1 & 1 & 1 \\ \text{Maske H} = 1 & -2 & 1 \\ -1 & -1 & -1 \end{array} \quad \begin{array}{c} \text{Kuzey} \end{array} \quad (4.11)$$

$$\begin{array}{c} 1 \ 1 \ 1 \\ \text{Maske I} = -1 \ -2 \ 1 \quad \text{NE (kuzeydoğu)} \\ -1 \ -1 \ 1 \end{array} \quad (4 \ 12)$$

$$\begin{array}{c} -1 \ 1 \ 1 \\ \text{Maske J} = -1 \ -2 \ 1 \quad \text{Doğu} \\ -1 \ 1 \ 1 \end{array} \quad (4 \ 13)$$

$$\begin{array}{c} -1 \ -1 \ 1 \\ \text{Maske K} = -1 \ -2 \ 1 \quad \text{SE (güneydoğu)} \\ 1 \ 1 \ 1 \end{array} \quad (4 \ 14)$$

$$\begin{array}{c} -1 \ -1 \ -1 \\ \text{Maske L} = 1 \ -2 \ 1 \quad \text{Güney} \\ 1 \ 1 \ 1 \end{array} \quad (4 \ 15)$$

$$\begin{array}{c} 1 \ -1 \ -1 \\ \text{Maske M} = 1 \ -2 \ -1 \quad \text{SW (güneybatı)} \\ 1 \ 1 \ 1 \end{array} \quad (4 \ 16)$$

$$\begin{array}{c} 1 \ 1 \ -1 \\ \text{Maske N} = 1 \ -2 \ -1 \quad \text{Batı} \\ 1 \ 1 \ -1 \end{array} \quad (4 \ 17)$$

$$\begin{array}{c} 1 \ 1 \ 1 \\ \text{Maske O} = 1 \ -2 \ -1 \quad \text{NW (kuzeybatı)} \\ 1 \ -1 \ -1 \end{array} \quad (4 \ 18)$$

Sınır isinleri eğimin yönünü ifade eder.

Gradient maskeleri 0 ağırlığındadır yani maske katsayılarının toplam 0'dır ve sabit parlaklık değerlerine sahip bölgelerde (örn, kenarların olmadığı bölgeler) sonuç vermez, görüntünün yüksek frekanslı bileşenlerini belirler (**Pratt, 1991; MIT her 1993**).

Richards (1986), görüntüdeki kenarları vurgulamak için kullanılabilecek ek dört tane 3×3 boyutunda maske tanımlamıştır:

$$\begin{array}{c} -1 \ 0 \ 1 \\ \text{Maske P} = \begin{array}{ccc} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{array} \text{ Dişey} \end{array} \quad (4 \ 19)$$

$$\begin{array}{c} -1 \ -1 \ -1 \\ \text{Maske Q} = \begin{array}{ccc} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{array} \text{ Yatay} \end{array} \quad (4 \ 20)$$

$$\begin{array}{c} 0 \ 1 \ 1 \\ \text{Maske R} = \begin{array}{ccc} -1 & 0 & 1 \\ -1 & -1 & 0 \end{array} \text{ Diagonal} \end{array} \quad (4 \ 21)$$

$$\begin{array}{c} 1 \ 1 \ 0 \\ \text{Maske S} = \begin{array}{ccc} 1 & 0 & -1 \\ 0 & -1 & -1 \end{array} \text{ Diagonal} \end{array} \quad (4 \ 22)$$

Laplacian konvolasyon maskeleri kenarda zenginleştirme yapmak için görüntüye uygulanabilir. Laplacian filtresi ‘yöne bağı olmayan filtre’ olarak da adlandırılır. Çünkü, zenginleştirilen lineer özellikler ‘yönel gradient’e’ sahip değildir, tüm yönlerdeki özellikler zenginleştirilir (**Gong and Hawthart, 1990**).

Laplacian kenarları belirlemek için ikinci türevi kullanır. Gradientin yani birinci türevin zıttıdır ve yöne duyarlı değildir. Aşağıda birkaç 3x3 boyutunda Laplacian filtresi gösterilmiştir (**Jahne, 1991; Pratt, 1991**).

$$\begin{array}{c} 0 \ -1 \ 0 \\ \text{Maske T} = \begin{array}{ccc} -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{array} \end{array} \quad (4 \ 23)$$

$$\begin{array}{c} -1 \ -1 \ -1 \\ \text{Maske U} = \begin{array}{ccc} -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{array} \end{array} \quad (4 \ 24)$$

$$\begin{array}{c} 1 \ -2 \ 1 \\ \text{Maske V} = \begin{array}{ccc} -2 & 4 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{array} \end{array} \quad (4 \ 25)$$

Eğer istenirse denklem 4.26'daki operatör orijinal görüntüden Laplaci an kenarlarını çıkarmak için kullanılabilir:

$$\text{Maske } W = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -7 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (4.26)$$

Orijinal görüntüden Laplaci an kenar da iyileştirme nin çıkartılması, görüntüye bakının kolaylıkla yorumlayabileceği tüm gri-tonu değişimlerini eski durumuna getirir. Hatta nokta, çizgi ve kenarlarda kontrast lokal olarak artırılarak görüntü güçlendirilir.

Laplaci an operatörü, görüntüdeki nokta, çizgi ve kenarları vurgular, üniform ve pürüzsüz olarak değişen bölgeleri bastırır. Bu yöntemin kullanımı diğer kenarları zenginleştirilmiş görüntülerin çoğundan daha doğal bir görüntüye sahiptir. Laplaci an, görüntüdeki anlaşılmasız zor algılayıcı gürültüsünü artıran ender bir yüksek geçirgenli filtredir (**Russ, 1999**).

Laplaci an görüntüsünü yorumlamak zor olabilir. Bu nedenle bir Laplaci an görüntüsü, aşağıdaki maske kullanılarak orijinal görüntüye geri eklenebilir.

$$\text{Maske } X = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \quad (4.27)$$

Bu yöntem yüksek frekanslı detayların gösterildiği belki de en iyi zenginleştirme yöntemidir.

Laplaci an operatörleri 3×3 boyutunda olmak zorunda değildir. Aşağıda verilen yeni operatör 5×5 boyutundaki Laplaci an operatörüdür. Bu operatör kenar bilgisini orijinal görüntüye geri ekler.

$$\text{Maske } Y = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & -2 & -1 & 0 \\ -1 & -2 & 17 & -2 & -1 \\ 0 & -1 & -2 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (4.28)$$

Konvolasyon maskelerine çok sayıda katsayı yerleştirilebilir. Analistler uzaktan algılanmış veri ile çalışırlar, farklı katsayılar denerler ve daha etkili sonuçlar üretmek için bu katsayıları seçerler. Ayrıca kenar zenginleştirme için operatörlerin kombinasyonlarını kullanmak da mümkündür. Örneğin, gradient ve Laplacian kenar operatörlerinin kombinasyonunu kullanmak yalnız başına kullanılan diğer kenar zenginleştiricilerini kullanmaktan daha iyidir (Jensen, 1996; Russ, 1999).

Yüksek frekansları güçlendiren filtre (HBF- high boost filter)

Temel alçak geçirgen (LP) ve yüksek geçirgen (HP) filtreleri daha kompleks filtreler oluşturmak için birleştirilebilir. Örneğin, bir güçlendirilmiş filtre (HB), orijinal görüntüye bir görüntünün ağırlıklandırılmış yüksek geçirgenli (HP) versiyonu eklenerek yaratılabilir.

$$HB(x, y, K) = \text{orijinal}(x, y) + K \cdot HP(x, y) \quad (4.29)$$

Yüksek frekansları güçlendiren filtrelere örnek Tablo 4.4’de verilmiştir.

Tablo 4.4. K’nın farklı değerleri için 3x3 boyutundaki filtreler

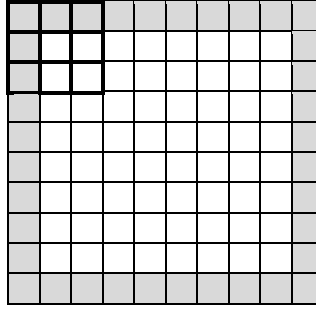
K=1	K=2	K=3
$\frac{1}{9} \begin{vmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 17 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{vmatrix}$	$\frac{1}{9} \begin{vmatrix} -2 & -2 & -2 \\ -2 & 25 & -2 \\ -2 & -2 & -2 \end{vmatrix}$	$\frac{1}{9} \begin{vmatrix} -3 & -3 & -3 \\ -3 & 33 & -3 \\ -3 & -3 & -3 \end{vmatrix}$

Yüksek frekansları güçlendiren filtrelerin ağırlıkları toplam 1’dir. Bunun anlamı; çıktı (out put) görüntüsünün, girdi (input) görüntüsündeki gibi aynı DN ortalamaısına sahip olacaktır. Kenar zenginleştirmenin miktarı K değeri ile orantılıdır. Böyle bir işlemden, orijinal görüntünün yüksek frekanslı bileşenleri (alçak frekanslı bileşen de mevcuttur) K sabiti artı kça güçlendirilir.

Görüntünün kenar (sınır) bölgesi

Uzaysal filtrelemede, girdi ve çıktı görüntülerinin eşit boyutlara sahip olması istenir. Çünkü; bu görüntüler daha sonraki cebirsel işlemlerde kaynak teşkil edecektir. Lokal uzaysal filtrelemede Wx W boyutunda bir çerçeve (W tek sayı) kullanılırsa

görüntünün kenar bölgesi, girdi görüntünün ilk ve son $W/2$ inci (tam sayıya yuvarlanır) satır ve sütun sayısına eşittir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. 3x3 boyutundaki bir filtre için kenar bölgesi

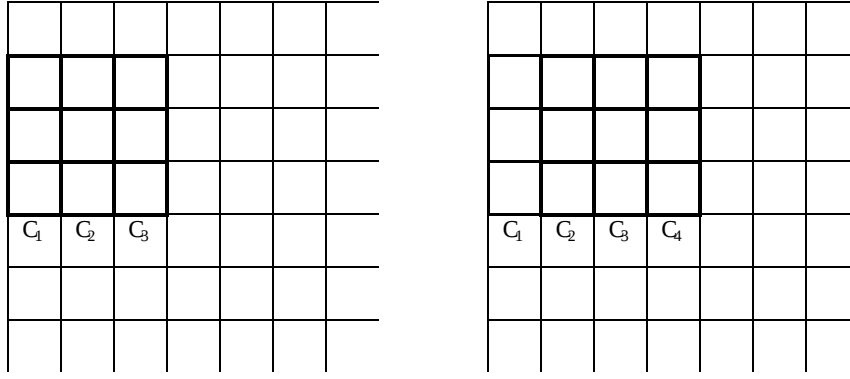
Kenar bölgesindeki çıktı pikselleri doğrudan hesaplanamazlar. Çerçeve orijinal görüntünün kenarlarının ötesine genişletileceğinden, girdi ve çıktı görüntülerinin eşit boyutlara sahip olması için bazı metodlar uygulanmalıdır. Bu alanları doldurmak için birkaç teknik kullanılır. Bunlar;

- Her bir kenar pikselinde en yakın geçerli çıktı pikselini tekrarlamak
- Çıktı görüntüsünün boyutunu artırmak için kenar alanı dışına girdi piksellerini yansıtmak. Özetle çıktı görüntüsü orijinal görüntüyle aynı boyutta olur
- Kenar alanında çerçevenin boyutunu azaltmak
- Kenar piksellerini 0'a veya çıktı görüntüsünün ortalama DN değerine ayarlamak
- Görüntünün karşı kenarına çerçeveyi yerleştirerek ve hesaplamakta bu pikselleri kullanmak

Her bir yaklaşım kenar etrafında farklı yapay oluşumlara sebep olur. Ancak birinci ve ikinci teknik, şiddetli yapaylığı içermediğinden görüntü boyutunu devam ettirmek için kullanılan etkili yöntemlerdir (Schowengerdt, 1997).

Kutu (box) filtre uygulaması

En basit alçak geçirenli LP-box filtresi çok etkili ‘tekrarlanabilir (recursive)’ bir formda programlanabilir. Şekil 4.6'daki gibi 3x3 boyutunda lineer bir konvolüsyon filtresi gözönüne alınırsa;



Şekil 4.5 Görüntü satırı boyunca komşu bölgelere uygulanan box-filtre uygulaması

Her bir piksel için yapılan basit ortalama hesabı sekiz tane toplamı isteyebilir (Filtre ağırlıkları ile yapılan çarpma işlemi dikkate alınmaz. LP-box filtresi için çarpma işlemi çerçeve içindeki pikseller toplandıktan sonra yapılabilir). Eğer çerçevenin üç sütunundaki girdi piksellerinin (C_1 , C_2 , C_3) toplam kaydedilirse, bu sekiz toplamın yalnızca görüntü satırının başında hesaplanması yeterli olur. Sonraki çıktı pikseli aşağıdaki biçimde hesaplanır:

$$\begin{aligned}
 \text{Çıktı pikseli} &= C_2 + C_3 + C_4 \\
 &= C_1 + C_2 + C_3 - C_1 + C_4 \\
 &= \text{önceki çıktı pikseli} - C_1 + C_4
 \end{aligned} \tag{4.30}$$

Bu algoritmanın satırdaki tüm pikseller için kullanılabilceği açıkça görülebilir. Bu durumda, her bir satırdaki ilk çıktı pikseli hariç üç toplama ve bir çıkarma işlemine ihtiyaç duyulur. Bu da tekrarlanmalı algoritma için belli avantajlar sağlar ki bu avantajlardan birisi çerçeve boyutunun artırılabilir olmasıdır.

Sıralanmalı lineer filtreler (cascaded linear filters)

Bir görüntüye sırayla uygulanan filtre serileri tek bir filtreyle yer değiştirebilir. Bu filtre ‘net filtre’ olarak adlandırılır ve filtre serilerinin konvolüsyonuna eşittir.

$$G = (f * W_1) * W_2 = f * (W_1 * W_2) = f * W_{\text{net}} ; \quad W_{\text{net}} = (W_1 * W_2) \tag{4.31}$$

(Schwengerdt, 1997).

4.3.3.2 İstatistiksel filtreler

İstatistiksel filtreler, bir görüntünün lokal istatistiksel özelliğini ölçer ve bunu çıktı görüntüsünün piksel değerleri için kullanır. Küçük komşuluklarda hesaplanan

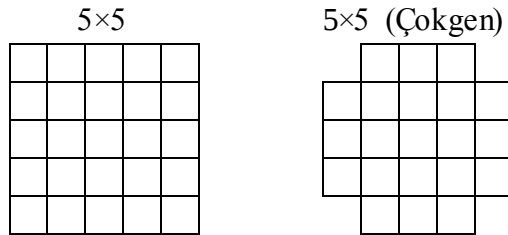
istatistiksel ölçüler, küçük örneklem boyutlarından dolayı düşük istatistiksel anlama sahiptir. Ancak yine de gürültü eliminasyonu veya özellik çıkarımı gibi işlemlerde önemlidir.

Morfolojik filtreler

Minimum filtreler, her bir pikselinin değeri girildi görüntünün lokal minimum DN'sine sahip bir çıktı görüntüsü yaratır. Maksimum filtreler ise lokal maksimum DN değeri nden oluşan çıktı görüntüsü yaratır (**Schweengerdt, 1997**).

Tek piksel üzerinde yapılan çalışmada bu filtreler, kullanıcı özel alanındaki (örn, 3×3 piksel) komşu piksellerin parlaklık değerlerini inceler ve sırasıyla karşılaştığı minimum veya maksimum parlaklık değeriyle geçerli pikselin parlaklık değeri ni değiştirir. Bu tip filtreler yalnızca görsel analiz içindir ve kantitatif veri analizinden önce uygulanmaz.

Komşu sıralı (neighborhood ranking) median filtresi, gürültüyü yok etmek için kullanılır. 3×3 boyutundaki bir konvolasyonda, dokuz pikselin ortalamasının hesaplanması yerine median filtre, düşükten yükseğe pikselleri sıralar ve orta (median) değeri seçer. Bu değer daha sonra maskenin merkezine yerleştirilir (**Richards, 1986**). Median filtre 3×3 boyutunda bir konvolasyon maskesiyle sınırlandırılmaz. Orijinal piksel değerleri yalnızca bir median filtrenin yaratılması nda kullanılır. Şekil 4.7 'de 5×5 boyutunda median filtre örnekleri gösterilmiştir.



Şekil 4.6 Median filtrelerde kullanılan komşuluk örnekleri

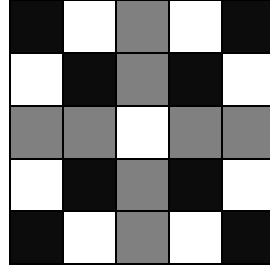
Bir median filtre ağırlıklı konvolasyon maskeleri ile karşılaştırıldığında belli avantajlarla sahiptir (**Russ, 1999**).

1. Sınırları değiştirmez
2. Kenarlardaki minimum azalma median filtrenin birçok kez uygulanabilmesine olanak sağlar. Bu da keskin detayın silinebilmesine ve büyük bölgelerin aynı parlaklık değeri ni almasına olanak verir.

Kenarları koruyan (edge-preserving) bir median filtre (**Neminen et al., 1987**) Şekil 4.8’de gösterilen mantık kullanılarak uygulanabilir.

1. Siyah piksellerin orta değeri 5×5 ’lik bir düzende hesaplanır
2. Gri piksellerin orta değeri hesaplanır
3. Bu iki değer ve merkezi orijinal parlaklık değeri artış düzeninde sıralanır
4. Sonuç orta değeri, merkezi piksel ile yer değiştirerek için seçilir

Bu filtre kenarları ve köşeleri korur (**Jensen, 1996; Russ, 1999**).



Şekil 4.7. Kenarları koruyan median filtre

4.3.3.3 Gradient filtreleri

Görüntü sürekli bir koordinat çiftinin (x, y) , sürekli bir parlaklık fonksiyonundan oluşuyorsa $\Phi(x, y)$, bu durumda aşağıdaki formüle göre bir vektör gradient tanımlanabilir.

$$\nabla \Phi(x, y) = \frac{\partial}{\partial x} \Phi(x, y) i + \frac{\partial}{\partial y} \Phi(x, y) j \quad (4.32)$$

i ve j birim vektör çiftidir. Vektör gradientinin yönü maksimum yukarı eğim yönüdür ve büyüklüğü de eğim değeridir.

Kenar belirleme operasyonları için yalnızca gradient büyüklüğü tanımlanır.

$$|\nabla| = \sqrt{\nabla_1^2 + \nabla_2^2}; \quad \nabla_1 = \frac{\partial}{\partial x} \Phi(x, y) \quad \nabla_2 = \frac{\partial}{\partial y} \Phi(x, y) \quad (4.33)$$

Gradientin yönüyle yalnızca kontür (outline) uygulamalarında veya dijital arazi modelinde görünümün belirlenmesinde ilgilenilir (**Richards, 1993**).

Roberts operatörü

x ve y 'nin ayrık (diskret) olduğu dijital görüntü verisi için eşitlik (4.33)'deki sürekli türevler farklarla yer değiştirir.

$$\nabla_1 = \Phi(i,j) - \Phi(i+1,j+1) \quad (4.34)$$

$$\nabla_2 = \Phi(i+1,j) - \Phi(i,j+1) \quad (4.35)$$

$$\text{Roberts} = \nabla_1 + \nabla_2 \quad (4.36)$$

Bu formül, diagonal yönlerde $i+\frac{1}{2}$ $j+\frac{1}{2}$ noktasındaki vektör türevinin ayrık bileşenleridir (**Richards, 1993**).

‘‘Roberts kenar belirleyici (edge detector)’ 3×3 boyutundaki maskenin yalnızca dört elemanının kullanıma dayanır ve görüntüye aşağıdaki 3×3 boyutundaki çerçeveler eş zamanlı olarak uygulanarak da hesaplanabilir.

$$\begin{array}{cc} \begin{array}{ccc} 0 & 0 & 0 \\ \nabla_1 = 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{array} & \begin{array}{ccc} 0 & 0 & 0 \\ \nabla_2 = 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \end{array} \end{array} \quad (4.37)$$

Roberts operatörü ile yapılan uygulama sonucunda, diagonal kenarlar gibi he myatay hem de düşey kenarların ortaya çıktığı görülecektir. Bu işlemden bir lokal gradient hesaplandığı için kenar gradientlerin üzerinde bir eşik değeri seçmek gerekir. Genellikle belli bir görüntünün gözlenmesiyle seçilir. Bununla birlikte, lokal gradienti spesifik üst ve alt sınırlarda bulunan piksellerin gösterildiği gradient haritaları üretmek de yararlıdır (**Richards, 1993; Jensen, 1996**).

Sobel operatörü

Roberts operatörüne göre daha iyi bir kenar belirleme operatörüdür. Bu operatör, i,j piksel konumunda yatay ve düşey yönlerdeki ayrık gradienti hesaplar. Bunun için gradientin ortogonal bileşenleri;

$$\nabla_1 = \{ \Phi(i-1,j+1) + 2\Phi(i,j) + \Phi(i+1,j-1) \} - \{ \Phi(i+1,j+1) + 2\Phi(i,j) + \Phi(i+1,j-1) \} \quad (4.38)$$

$$\nabla_2 = \{ \Phi(i-1,j+1) + 2\Phi(i,j) + \Phi(i+1,j+1) \} - \{ \Phi(i-1,j-1) + 2\Phi(i,j) + \Phi(i+1,j-1) \} \quad (4.39)$$

$$|\nabla| = \sqrt{\nabla_1^2 + \nabla_2^2} \quad (4.40)$$

Sobel operatörü çerçevelerin görüntüye eş zamanlı olarak uygulanması operasyonlarını da gerçekleştirir.

$$\begin{array}{cc} \begin{array}{ccc} 1 & 2 & 1 \\ \nabla_1 = 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{array} & \begin{array}{ccc} -1 & 0 & 1 \\ \nabla_2 = -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{array} \end{array} \quad (4.41)$$

Diagonal kenarlar belirleneceği gibi yine hem yatay hem de dikey kenarlar elde edilecektir. Büyük şehirsal objeler ve kırsal özellikler çevresindeki kenarları belirlemenin en mükemmel yoludur.

Eğer görüntüdeki her bir pikselin Sobel değeri özel kullanıcı eşiğini aşarsa her bir piksel bir kenarla ifade edilir. Bunun gibi bilgiler kenar haritaları oluşturmak için kullanılabilir. Kenar haritaları siyah zemin üzerine beyaz çizgiler veya aksi şekilde ortaya çıkar. Bu çizgiler görüntüdeki zenginleştirilen kenarlardır, radyometrik bir izoline niteliğinde değildir yani çizgiler eşit yansıtımlı hatlara sahip değildir (Jensen, 1996; Richards, 1993; Schröder ve diğerleri, 2002).

4.3.4 Hatların belirlenmesi

4.3.4.1. Lineer hat belirleme kutuları

Uydu görüntülerindeki nehir ve yol gibi hat özellikleri kenarlar gibi belirlenebilir. Aşağıda Chittineni (1983) tarafından tanımlanan birkaç maske verilmiştir:

$$\begin{array}{ccc} & -1 & -1 & -1 \\ \text{Maske Z} = & 2 & 2 & 2 \\ & -1 & -1 & -1 \end{array} \quad \text{E-W (batı-doğu)} \quad (4.42)$$

$$\begin{array}{ccc} & -1 & -1 & 2 \\ \text{Maske AA} = & -1 & 2 & -1 \\ & 2 & -1 & -1 \end{array} \quad \text{NE-SW (kuzeydoğu)} \quad (4.43)$$

$$\begin{array}{ccc} & -1 & 2 & -1 \\ \text{Maske BB} = & -1 & 2 & -1 \\ & -1 & 2 & -1 \end{array} \quad \text{N-S (kuzey-güney)} \quad (4.44)$$

$$\begin{array}{ccc} & 2 & -1 & -1 \\ \text{Maske CC} = & -1 & 2 & -1 \\ & -1 & -1 & 2 \end{array} \quad \text{NW SE (kuzeybatı)} \quad (4.45)$$

45°'de yönlendirilmiş hatlar Maske AA ve CC, düşey hatlar maske BB, yatay hatlar da maske Z kullanılarak zenginleştirilebilir (Sabins, 1996; Richards, 1993).

4.3.4.2 Lineer olmayan ve yarı-lineer hat belirleme kutuları

Yukarıda tanımlanan hat belirleme kutuları lineer olarak adlandırılır. Çünkü, görüntü verisi ile konvolasyonu lineer matematiksel bir operasyondur. Lineer olmayan hat belirleme kutu operasyonları da önerilir. Lineer olmayan bu operasyonları tanımlamak için görüntüde 3x3 boyutunda bir piksel konfigürasyonu gösterilir.

$$\begin{array}{ccc} A_1 & B_1 & C_1 \\ A_2 & B_2 & C_2 \\ A_3 & B_3 & C_3 \end{array} \quad (4.46)$$

Eğer spesifik bir eşik olarak $A_i, C_i > B_i$ ise Rosenfeld ve Thurston (1971) tarafından önerilen lineer olmayan bir hat belirleme algoritması, koyu bir düşey hattın parçası olarak B_2 pikselini kabul eder. Diğer yönlerdeki hatlar ve koyu zemin üzerindeki parlak hatlar için benzer ifadeler uygulanır.

Vanderbrug (1976) yarı-lineer bir dedektör önerdi. Yukarıdaki piksel düzeni için

$$\text{eğer } \sum_{i=1}^3 A_i \text{ ve } \sum_{i=1}^3 C_i > \sum_{i=1}^3 B_i \text{ ise} \quad (4.47)$$

bu dedektör koyu bir düşey hattın parçası olarak B_2 'yi belirler.

Gurney (1980) hatların koyulaşmasına ve hesapsal maliyetin yüksek olmasına rağmen yarı-lineer dedektörün lineer olmayan algoritmadan daha iyi çalıştığını ifade etmiştir. Bu dezavantajlar ise yarı-lineer algoritma ile birlikte aşağıdaki eksikliklerin kullanılmasıyla giderilir (Richards, 1993).

$$A_2 > B_2 \text{ ve } C_2 > B_2 \quad (4.48)$$

5. GÖRÜNTÜ SINIFLANDIRMA VE ANALİZİ

Görüntüdeki özellikleri sınıflandıran bir analist, çeşitli özellikleri veya arazi yüzeylerini sunan homojen piksel gruplarını belirlemek için görsel yorumlama elemanlarını kullanır. Dijital görüntü sınıflandırma, bir veya daha fazla spektral bandta dijital sayılar ile sunulan spektral bilgiyi kullanır ve spektral bilgiye dayanarak her bir pikseli sınıflandırmaya çalışır. Bu çeşit bir sınıflandırma ‘spektral patern tanıma’ olarak sınıflandırılır. Amaç, görüntüdeki tüm pikselleri belli sınıflara atamaktır. Sınıflandırılmış görüntüler piksel mozaiklerini kapsar ve bu piksellerin herbiri belli bir sınıfa aittir. Sınıflandırılmış bu görüntüler orijinal görüntünün tematik haritalarıdır.

Sınıflar açıklanırken bilgi sınıflarını ve spektral sınıfları ayırtetme gereği vardır. Bilgi sınıfları, ilgilenilen kategorilerdir ve analist farklı mahsul çeşitleri, orman çeşitleri veya ağaç çeşitleri, farklı jeolojik yapılar veya kaya çeşitleri gibi kategorileri görüntüde tanımlamaya çalışır. Spektral sınıflar ise piksel gruplarıdır ve bu gruplar verinin farklı spektral kanallarındaki parlaklık değerlerine göre uniformdur. Amaç, verideki spektral sınıflarla ilgilenilen bilgi sınıflarını eşleştirmektir. Bu iki sınıfı birebir eşleştirmek nadiren mümkündür. Spektral sınıflar, analistin ilgilendiği veya kullandığı herhangi bir bilgi sınıfına karşılık görünmeyebilir. Alternatif olarak yaygın bir bilgi sınıfı (örn., orman) farklı spektral değişimi alt sınıfları içerebilir. Bu alt sınıflar yaşta, türde, yoğunlukta meydana gelen değişimlerle veya gölge etkileri nedeniyle olabilir. Analistinişi, farklı spektral sınıflar ve bunlara uygun yararlı bilgi sınıflarına karar vermektedir. Sınıflandırma işlemleri kullanılan metotlara dayanarak ikiye ayrılır. Bunlar; kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma'dır (URL 1).

5.1. Kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma

Kontrollü sınıflandırmada analist görüntüde, ilgilenilen farklı yüzey çeşitlerinin (bilgi sınıfları) homojen örneklerini tanımlar. Bu örnekler ‘alıştırma alanları (training areas)’ olarak ifade edilir. Uygun örnekleme alanlarının seçimi analistin coğrafi

alanlarla ilgili bilgi birikimine ve görüntüdeki mevcut gerçek arazi çeşitleriyle ilgili bilgisine dayanır. Bu nedenle belli sınıfların kategorizasyonunu analist yönetir. Bu alanları içeren pikseller içintümspektral alanlardaki sayısal bilgi, her bir sınıfa ait spektral olarak benzer alanları ayırmak için bilgisayarda kullanılır. Bilgisayar, her bir alıştırma sınıfına karşılık gelen sayısal ‘‘özellik (signatures)’’ belirlemek için özel program veya algoritma kullanır. Öncelikle bilgisayar her sınıf için özellikleri belirler, görüntüdeki her piksel bu özelliklerle karşılaştırılır ve dijital olarak benzer sınıflar etiketlenir. Bundan dolayı kontrollü sınıflandırmada ilk olarak bilgi sınıfları belirlenir. Daha sonra bu sınıflar kendilerini ifade eden spektral sınıfları belirlemek için kullanılır.

Kontrolsüz sınıflandırma kontrollü sınıflandırmanın tersidir. İlk olarak verideki sayısal bilgiye dayanarak spektral sınıflar gruplandırılır. ‘‘Kümeleme (clustering)’’ algoritması olarak isimlendirilen programlar, verideki doğal (istatistiksel) grupları veya yapıları belirlemek için kullanılır. Ne kadar küme ya da grup olacağını analist belirler. Analist kümeler arasındaki ayrılmama mesafesini ve her küme içindeki değişimle ilgili parametreleri de belirleyebilir. Bu tekrarlı (iterative) kümeleme işleminin sonucunda bazı kümeler oluşabilir ve analist sonradan bu kümeleri birleştirmek isteyebilir. Bu nedenle kontrolsüz sınıflandırma tamamıyla insan müdahalesini gerektirmeyen bir sınıflandırma yöntemi değildir. Bununla birlikte kontrollü sınıflandırma gibi sınıflandırma setlerinin belirlenerek başlandığı bir yöntemde değildir. Yöntem genellikle sınıflandırmadan önce veri hakkında daha az bilgiye sahip olduğu zaman kullanılır. Sınıflandırmadan sonra anlamlı sınıf sonuçlarını atamak analistin sorumluluğudur. Kontrolsüz sınıflandırma yalnızca sınıflar uygun olarak yorumlandığında yararlıdır (Erdaş Field Guide, 1997; Jensen, 1996; URL 1).

5.1.1. Özellik (Signatures)

Bir özellik (signature) seti, bir alıştırma örneğini veya kümeyi tanımlar. Her bir özellik bir sınıfa karşılık gelir ve bu sınıfa görüntüdeki pikselleri atamak için karar verme kuralı ile birlikte kullanılır. Görüntü işleme programlarında, özellikler parametrik ve parametrik olmayan olarak kullanılır.

Bir parametrik özellik, alıştırma örnekleri veya kümedeki piksellerin istatistiksel parametrelerine (örn., ortalama ve kovaryans matrisi) dayanır. Kontrollü ve kontrolsüz

sınıflandırma parametrik özellikler üretebilir. Parametrik özellik seti, sınıfları belirlemede istatistiksel bir sınıflandırıcıyı (örn, max. likelihood) çalıştırmak için kullanılabilir.

Parametrik olmayan bir özellik istatistiklere değil bir görüntü özellik uzayındaki ayrı objelere (poligon veya dikdörtgen) dayanır. Bu objeler sınıflar için sınırları tanımlamakta kullanılır. Parametrik olmayan bir sınıflandırıcı; pikselleri, bu piksellerin görüntü uzayındaki alanının içinde veya dışında olmasına dayanarak bir sınıfa atamak için parametrik olmayan özellik setini kullanacaktır. Kontrollü sınıflandırma, parametrik olmayan özellikleri üretmek için kullanılır.

5.1.2 Karar verme kuralı

Özellikler belirlendikten sonra görüntü pikselleri bu özelliklere dayanarak ve bir karar verme kuralı kullanarak sınıflara ayrılır. Karar verme kuralı matematiksel bir algoritmadır. Bu algoritma özelliklerde içerilen veri kullanılarak, piksellerin farklı sınıf değerlerine ayrılmasını sağlar.

Parametrik bir karar verme kuralı parametrik özelliklerle gerçekleştirilir. Bu özellikler, içindeki piksellerin veri dosya değerleri için ortalama vektör ve kovaryans matrisiyle tanımlanır. Bu karar verme kuralı kullanıldığı zaman her bir piksel parametrik karar verme uzayı devrettiği sürece bir sınıfa atanır.

Parametrik olmayan karar verme kuralı istatistiklere dayanmaz ve bu nedenle verinin özelliklerinden bağımsızdır. Eğer bir piksel parametrik olmayan bir özellik sınırında ise o zaman bu karar verme kuralı, pikseli bu özellik sınıfına atayacaktır. Temel olarak bu kural, pikselin parametrik olmayan bir özellik sınırının içinde veya dışında konumlanıp konumlanmadığını belirler (Erdas Field Guide, 1997).

5.2 Kontrolsüz sınıflandırma

Kontrolsüz sınıflandırma, analisten yalnızca minimal bir girdi(input) verisi ister. Bununla birlikte analist daha sonra kontrolsüz sınıflandırma algoritması tarafından yaratılan sınıfları yorumlar.

Kontrolsüz sınıflandırma, kümeleme (clustering) olarak da adlandırılır. Belli parametrelere göre bu sınıflar daha sonra birleştirilebilir, manipüle edilebilir veya bir özellik temeli olarak kullanılabilir.

5.2.1. Kümeleme

Kümeleme, bir kümeleme algoritmasıyla belirlenir. Bu algoritma input verisindeki piksellerin tümünü veya çoğunu kullanır. Kümeleme algoritmalarını sınıflandıracak olursa;

- ISODATA (The Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique- Tekrarlı ardışık kümeleme) kümeleme metodu spektral uzaklığı kullanır, tekrarlı olarak pikselleri sınıflandırır, her sınıf için kriterleri yeniden belirler ve verideki spektral uzaklık paternleri dereceli olarak ortaya çıksın diye tekrar sınıflandırılır.
- RGB kümeleme metodu, ISODATA metodundan farklıdır. Bu metod üç bandta 8-bitlik veriye uygulanır. RGB metodu, pikselleri üç boyutlu özellik uzayında gösterir ve uzayı kümeleri belirlemek için kullanılan bölümlere ayırır.

5.2.2 ISODATA kümeleme metodu

ISODATA, tüm sınıflandırmayı ‘tekrarlı’ olarak gerçekleştiren ve istatistikleri yeniden hesaplayan bir yöntemdir. Sonuç tematik raster tabakasıdır. Bu metod, her piksele bir küme atamak için minimum spektral uzaklığı kullanır. İşlem keyfi bir küme ortalamasıyla veya var olan özelliklerin ortalamasıyla başlar ve daha sonra bu ortalamalarla verideki kümelerin ortalamalarını değiştirerek iteratif olarak devam eder.

5.2.2.1. ISODATA parametreleri

ISODATA işlemini gerçekleştirmek için kullanıcı aşağıdaki parametreleri belirtir;

- N maksimum küme sayısı: Kullanıcı N maksimum küme sayısını belirtmelidir. Çünkü, her küme bir sınıftan oluşur. N sayısı maksimum sınıf sayısı olur ve ISODATA işlemi N küme sayısının keyfi olarak belirlenmesiyle başlar.
- T maksimum yaklaşıma eşiği (convergence threshold): İterasyonlar arasında aynı kümede kalan ve değişmeyen maksimum piksel yüzdesidir. Bu işlem ISODATA algoritmasının belirsiz olarak çalışmasını önler.
Örneğin, yaklaşıma eşiği %95 ise bunun anlamı; bir iterasyon ve bunu takip eden sonraki iterasyon arasında ‘aynı’ kümede %95 veya daha fazla piksel

kalır kal nız işlem son bulur. Diğer bir ifadeyle iterasyonlar arasındaki kümelere piksellerin %5'i veya daha azı değişiyorsa yapılan işlem sonlanır.

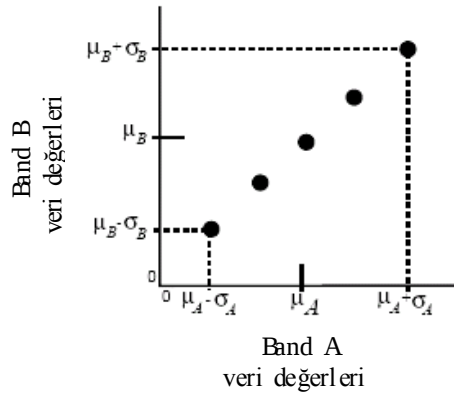
- M maksimum iterasyon sayısı

5.2.2.2 İlk küme ortalaması

ISODATA algoritmasının ilk iterasyonunda N kümenin ortalaması keyfi olarak belirlenebilir. Her iterasyondan sonra, her küme için ilk keyfi hesaplamanın yerine kümedeki piksellerin gerçek spektral konumlarına dayanarak yeni bir ortalama hesaplanır. Daha sonra bu yeni ortalamalar sonraki iterasyondaki kümeleri belirlemek için kullanılır. İşlem iterasyonlar arasında küçük değişimler olana kadar devam eder.

İlk küme ortalamaları bir vektör boyunca özellik uzayında saklanır. Vektör, $(\mu_1-s_1, \mu_2-s_2, \mu_3-s_3, \dots, \mu_n-s_n)$ ve $(\mu_1+s_1, \mu_2+s_2, \mu_3+s_3, \dots, \mu_n+s_n)$ spektral koordinatlarındaki noktalar arasındadır.

İki boyutlu bir vektör şekil 5.1'de gösterilmiştir.



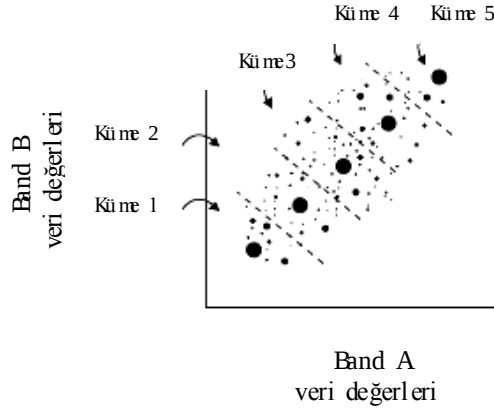
Şekil 5.1. İki boyutlu spektral uzayda 5 keyfi küme ortalaması

5.2.2.3 Etkel analizi

Pikseller görüntünün sol üst köşesinden başlayarak soldan sağa doğru blok blok analiz edilir. İncelenen piksel ve her bir küme ortalaması arasındaki spektral uzaklık hesaplanır. Etkel, ortalaması en yakından noktaya atanır.

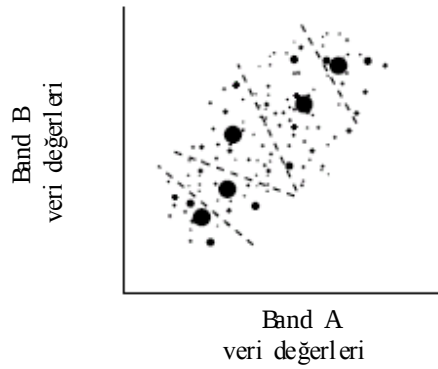
ISODATA fonksiyonu tematik bir raster tabaka ve/veya özellik dosyasına sahip bir çıktı dosyası yaratır. Her iterasyon sonunda kümelere atanan piksel sayılarını gösteren bir görüntü dosyası vardır.

İlk küme ortalamasının düzenli ve keyfi olarak yapılan piksel ortalamaları incelendiğinde, ISODATA algoritmasının ilk iterasyonu daire Şekil 5.2'ye benzer sonuçlar verir.



Şekil 5.2 ISODATA birinci iterasyon

İkinci iterasyon için, tüm kümelerin ortalamaları yeniden hesaplanır ve bu ortalamalar özellik uzayında bir önceki iterasyon ortalamalarıyla yer değiştirir. Tüm işlemler tekrarlanır. İncelenen her piksel yeni küme ortalamalarıyla karşılaştırılır ve en yakın küme ortalamasına atanır. Sonraki iterasyonla ilgili veriler Şekil 5.3'de verilmiştir.



Şekil 5.3 ISODATA ikinci iterasyon

5.2.2.4 Değişmeyen piksel yüzdesi

Son iterasyonda, kümelere atanan piksel yüzdeleri değişmez. Bu sayı T (convergence threshold -yaklaşma eşiği)'ye geldiği zaman işlem sona erer. Değişmeyen piksel yüzdeleri için T 'ye asla yaklaşamamak veya varanamamak mümkün olabilir. Bu durumda, programın belirsiz olarak çalışması için maksimum yüzdeyi kontrol etmek veya makul bir maksimum iterasyon sayısı (M) belirtmek yararlı olabilir.

5.2.2.5 ISODATA algoritmasının avantaj ve dezavantajları

Tablo 5.1. ISODATA algoritmasının avantaj ve dezavantajları

ISODATA kümeleme	
Avantajlar	Dezavantajlar
Tekrarlı (iteratif) bir algoritmadır.	Bu kümeleme işlemi, birçok kez tekrarlanmasından ötürü fazla zaman kaybına neden olur.
Bu algoritma veride doğal spektral kümeler bulunduğu zaman yüksek başarıya sahiptir. İterasyon sayısı yeterli olduğu sürece ilk keyfi küme ortalamasının nerede konumlandırıldığı önemli değildir.	Piksel için uzaysal homojenliği hesaplamaz.
İlk tematik tabaka yaratılır. Bu da yaratılan özellikler üzerinde minimum uzaklık sınıflandırıcıya benzer sonuçlar verir. Bu tematik raster tabakası gerçek sınıflandırma yapılmadan önce özellikleri manipüle ve analiz etmek için kullanılabilir.	

5.2.2.6 Önerilen karar verme kuralı

ISODATA algoritması minimum uzaklık kuralına çok benzeşmesine rağmen özellikler herhangi bir sınıflandırma türüyle iyi sonuçlar üretebilir. Bu nedenle özel bir karar verme kuralı uygulanmaz.

5.3 Sınıf genişletilmesi

Pikseller analiz edildikten sonra, herhangi bir sınıfa veya tüm sınıflara yeni bir sınıf sayısı atamak için tematik raster tabakası kodlanmak (recode) istenebilir ve bu yeni sınıf sayısı kullanılarak yeni bir tematik raster tabakası yaratılır. Hatta yeni sınıf sayısına bir sınıftan fazla sınıf kodlanarak sınıflar birleştirilebilir.

“Yeni den kodlama (Recording)”, bir veya daha fazla sınıfa yeni değerlerin atanmasını içerir.

Kodlama işlemini aşağıdaki işlemler için kullanılır:

- Sınıf sayısını azaltmak
- Sınıfları birleştirmek
- Var olan sınıflara farklı sınıf değerleri atamak

5.4 Sınıflandırmanın değerlendirilmesi

Sınıflandırma yapıldıktan sonra, bu sınıflandırmanın doğruluğunu test etmek için aşağıdaki metodlar gerçekleştirilir:

- Eşik değeri (thresholding): Yanlış sınıflandırılmış pikselleri elemek için bir olasılık görüntü dosyası kullanır.
- Doğruluk analizi (accuracy assessment): Sınıflandırmayı yersel ölçülen değerler veya diğer verilerle karşılaştırır.

5.4.1. Eşik değeri

Sınıflandırılmış görüntüde, yanlış olarak sınıflandırılmış pikselleri saptama işlemidir. Bu pikseller başka bir sınıfa atanır (genellikle 0.sınıf) ve karar verme kuralında kullanılan uzaklık ölçülerine dayanarak istatistiksel olarak saptanır.

5.4.2. Doğruluk analizi

Bu analiz sınıflandırma işleminin doğruluğunu belirlemek için, doğru olduğu kabul edilen coğrafi veri ile sınıflandırmayı karşılaştıran genel bir terimdir. Genellikle doğru olarak kabul edilen veri, yersel ölçülen değerlerden elde edilir.

Sınıflandırılmış görüntünün her pikselini test etmek pratik değildir. Bu nedenle, bir referans piksel seti kullanılır. ‘Referans pikselleri’, sınıflandırılmış görüntü üzerinde gerçek değerleri bilinen piksellerdir. Bu pikseller rastlantısal olarak seçilir.

5.4.2.1. Rastlantısal referans pikselleri

Sınıflandırmayı test etmek için referans pikselleri seçildiği zaman analist sıklıkla alıştırma örneklerinde kullanılan aynı pikselleri seçme eğilimindedir. Bu da testi etkiler. Çünkü alıştırma örnekleri sınıflandırmanın temelidir. Böylece sınıflandırma doğruluğunun alıştırma örnekleri ile olumlu bir şekilde etkilenmesi önlenir. Referans piksellerinin rastlantısal olarak seçilmesine izin verilerek bu etkileme işlemi azaltılır veya eline edilir.

Referans piksellerinin sayısı sınıflandırma doğruluğunun belirlenmesinde önemli bir faktördür (**Congalton, 1991**).

Rastlantısal pikselleri seçmek için üç farklı dağılım çeşidi sunulur. Bunlar;

- Rastlantısal: Kurallar kullanılmaz.
- Tabakaya göre (Stratified): Noktaların sayısı tematik tabaka sınıflarının dağılımına göre oluşur.
- Eşitlendirilmiş rastlantısal (equalized random): Herbir sınıf eşit sayıda rastlantısal nokta sayısına sahip olacaktır.

5.4.2.2 Hata raporları

Hücre düzeninden iki çeşit kayıt elde edilir.

1. Hata matrisi: Hata matrisi bir cxc matrisinde, referans noktaları ile sınıflandırılmış noktaları karşılaştırır. Buradaki c sınıf sayısıdır (0 sınıfı da dahil). Hata matrisi yardımıyla sınıflandırılmış piksellerin doğruluk yüzdeleri hesaplanır. Birçok hata ölçüsü bu hata matrisinden elde edilir. Bunlardan bazıları; doğru nokta sayısı, kullanıcı ve üretici doğruluğudur.
2. Doğruluk raporları: Bu raporlar, hata matrisi sonuçlarına göre doğruluk yüzdeleri hesaplar. Raporlar yorumlanırken önemli olan doğru olarak sınıflandırılmış piksellerin yüzdesini gözlemlemek ve yapılan işlemin ve kullanıcının hatalarını belirlemektir (**Erdas Field Guide, 1997**).

5.4.2.3 Kappa katsayısı

Hata matrisi kappa katsayısı ile istatistiksel olarak analiz edilir. Hata matrisinin sütunları referans verilerini, satırları ise sınıflandırılmış görüntüyü temsil etmektedir. 0 ile 1 arasında değişen bu katsayı, hata matrisinin satır ve sütun toplamaları ile köşegeni üzerindeki elemanlar kullanılarak hesaplanır. k'nın 1 olması en ideal durumdur. Kappa değerinin hesaplanması denklem 5.1'deki gibidir (**Jensen, 1996; Richards ve Jia 1999; Congalton, 1991; URL 5**).

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \cdot x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \cdot x_{+i})} \quad (5.1)$$

K = Kappa katsayısı

r = Matrisin satır sayısı

x_{ii} = i. nci satır ve i. nci sütundaki köşegen değeri

x_{i+} = i. nci satırın toplam değeri

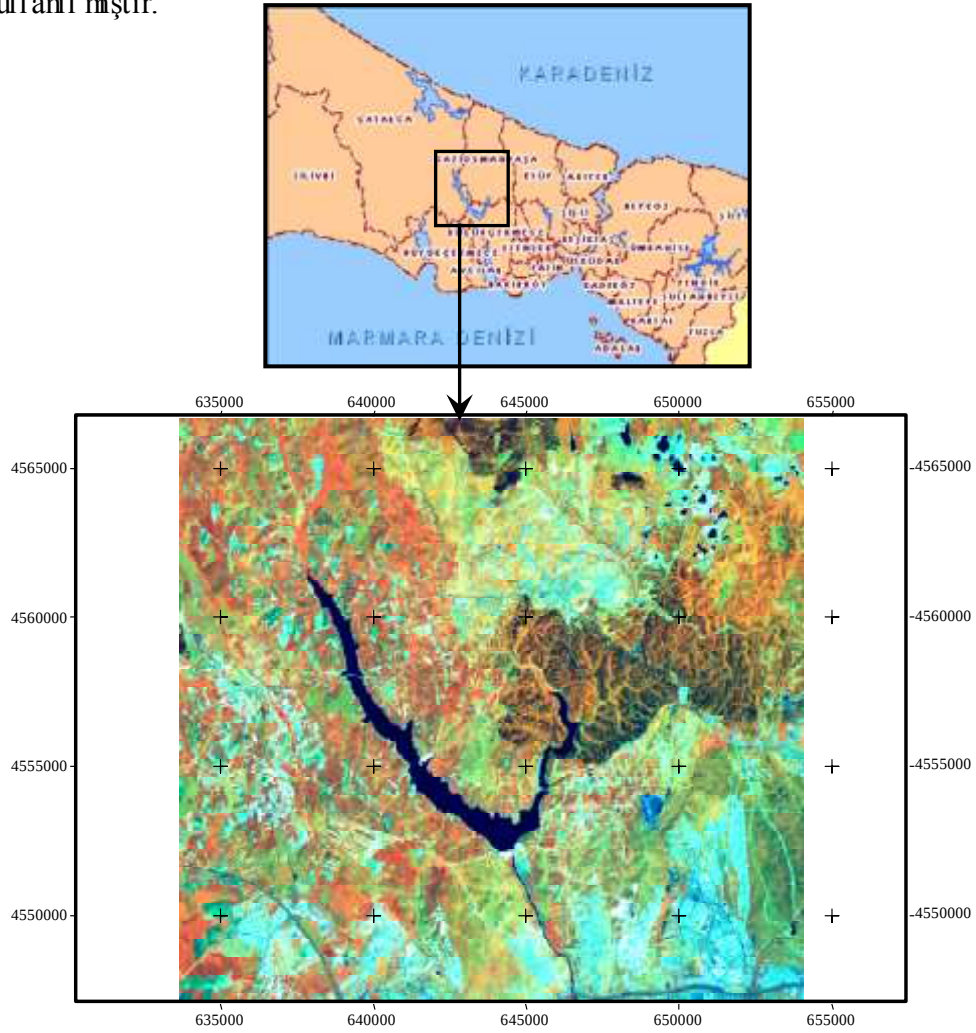
x_{+i} = i. nci sütunun toplam değeri

N = Toplam örnek sayısı

6. UYGULAMA

6.1. Çalışma alanı

Çalışma; nüfus artışı sürekli olan ve her geçen gün hızlı bir değişim gösteren, arazi kullanımı açısından farklı sınıfların birarada olduğu ve özellikle sanayinin yoğun olarak faaliyet gösterdiği, İstanbul- Avrupa yakasında; Sazlıdere barajı, Gaziosmanpaşa, Eyüp, Çatalca, Büyükçekmece, Küçükçekmece, Avcılar civarını içeren, $Y_{üst-sd} = 4566646.00$, $X_{üst-sd} = 633694.00$ ve $Y_{alt-sağ} = 4547146.00$, $X_{alt-sağ} = 654094.00$ koordinatları arasında kalan bir bölgede gerçekleştirilmiştir (Şekil 6.1). Görüntü analizinde 2 Mayıs 2001 tarihine ait Landsat 7 ETM uydu görüntüsü kullanılmıştır.



Şekil 6.1. Çalışma alanı

6.2 Yöntemler

6.2.1. Geometrik düzeltme

Uydu verilerinin yeryüzünde konuma dayalı üretilen bilgilerle entegrasyonunun sağlanması için yeryüzünü tanımlayan bir projeksiyon sisteminde tanımlanması gerekmektedir. Landsat 7 ETM uydu verisi, 1:25000 ölçekli standart topoğrafik haritalar ve 1997 tarihli UTM görüntüsü üzerinden elde edilen yer kontrol noktaları kullanılarak referanslandırılmış ve yeniden örnekleme yöntemi olarak spektral özelliklerde daha az veri kaybından dolayı en yakın komşuluk yöntemi seçilmiştir. Geometrik düzeltmeye ait etiket bilgileri Tablo 6.1’de verilmiştir.

Tablo 6.1. Geometrik düzeltmeye ait etiket bilgileri

Referans harita	1: 25000 ölçekli standart topoğrafik harita, 1997 tarihli UTM görüntüsü
Toplam karesel ortalama hata	0.5 piksel
Yer kontrol nok. sayısı	30
Polinom derecesi	1. derece polinom
Yeni den örnekleme yöntemi	En yakın komşuluk

6.2.2. Görüntü zenginleştirme

Bu işlemin amacı, çeşitli algoritmaları kullanarak görüntüdeki özellikler arasındaki ayırteğilebilirliği artırarak, görüntünün görsel yorumlanabilirliğini geliştirmektedir. Görüntü zenginleştirmede kullanılacak yöntem kullanılan spektral aralığa, kanal sayısına ve görsel yorumlanabilirliği artırılacak cismin özelliklerine bağlıdır (Mısaoglu, 1999). Bu çalışmada kullanılan görüntü zenginleştirme tekniği uzaysal filtrelemedir.

6.2.2.1. Uzaysal filtreleme

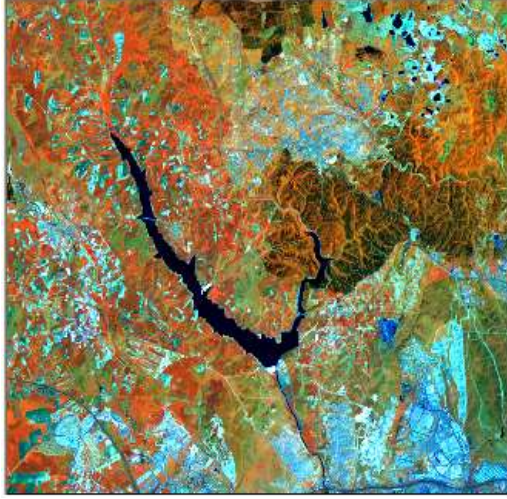
Çalışmada kullanılan Landsat 7 ETM görüntüsüne, özellikle yerleşim ve yol gibi insan-yapısı objeleri daha belirgin (baskın) hale getirip görsel yorumlanabilirliği artırmak için çeşitli uzaysal filtreleme teknikleri uygulanmıştır. Filtre algoritmalarının seçiminde, orijinal görüntüden bilgi çıkarımını en iyi sağlayacak

filtrelerin kullanılması gözönünde bulundurulmuştur. Bu amaçla orijinal görüntüye; öncelikle 3x3 boyutunda; yüksek geçirgenli filtre, kenar zenginleştirme filtresi, Laplaci an filtresi, Laplaci an kenar zenginleştirme filtresi ve yüksek frekanslı bileşenleri belli oranlarda güçlendirme ye yarayan filtre çeşitleri uygulanmıştır. Tablo 6.2 orijinal görüntü ye uygulanan filtre yapılarını göstermektedir.

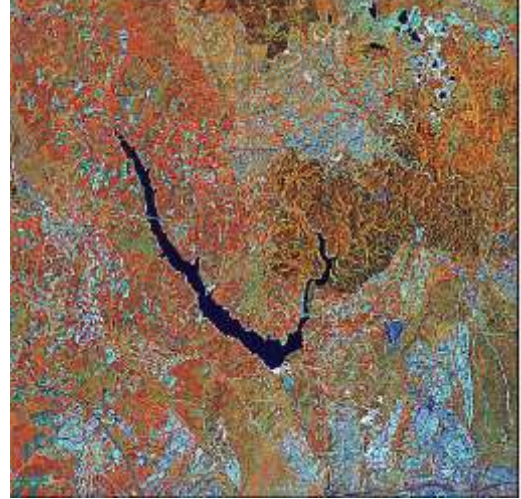
Tablo 6.2 Filtrelere ait kernel yapıları

Filtre adı	Kernel yapısı	Boyut
Yüksek geçirgenli filtre	$\begin{vmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 9 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{vmatrix}$	3x3
Kenar zenginleştirme filtresi	$\begin{vmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 17 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{vmatrix}$	3x3
Laplaci an filtresi	$\begin{vmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{vmatrix}$	3x3
Laplaci an kenar zenginleştirme filtresi	$\begin{vmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{vmatrix}$	3x3
Yüksek frekansları güçlendiren filtre	$\begin{vmatrix} -2 & -2 & -2 \\ -2 & 25 & -2 \\ -2 & -2 & -2 \end{vmatrix}$	3x3

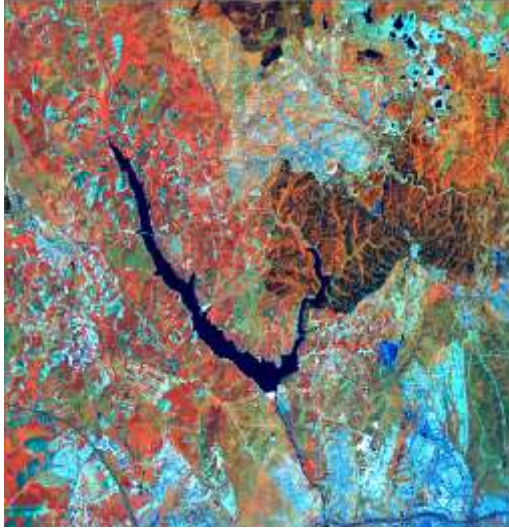
Orijinal görüntü ve Tablo 6.2’de gösterilen filtrelerin orijinal görüntü ye uygulanması sonucunda elde edilen filtrelenmiş görüntüler; Şekil 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.6 ve 6.7’de gösterilmiştir.



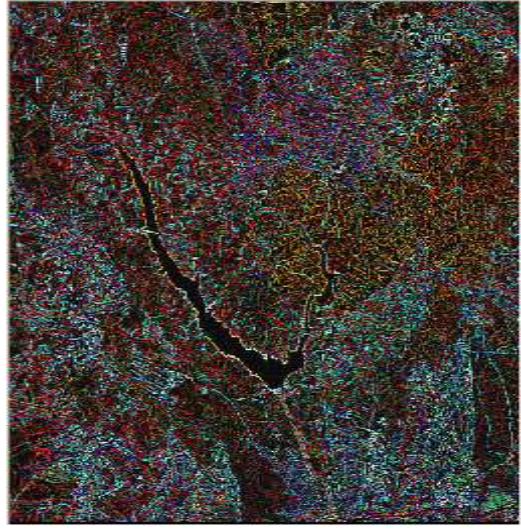
Şekil 6.2 Orijinal görüntü



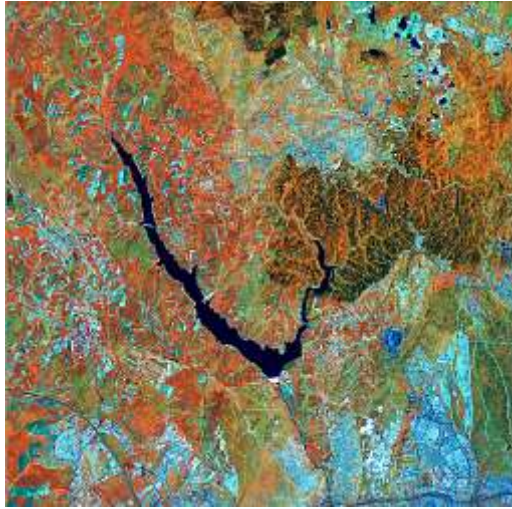
Şekil 6.3. Yüksek geçirgenli görüntü



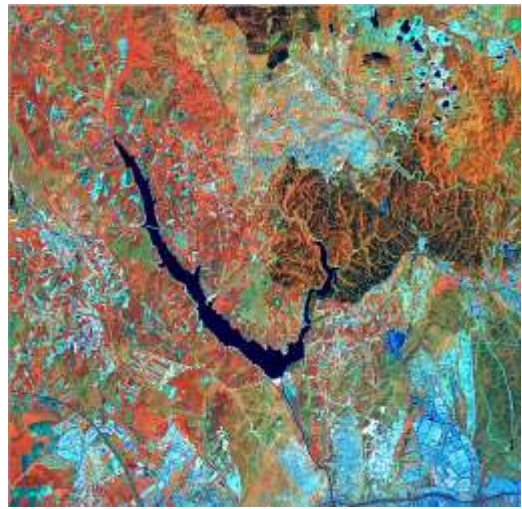
Şekil 6.4 Kenarları zenginleştirilmiş görüntü



Şekil 6.5. Laplaci an görüntüsü



Şekil 6.6. Laplaci an kenar zenginleştirme görüntüsü



Şekil 6.7. Yüksek frekansları güçlendirilmiş görüntü

Uzaysal filtreleme sonucu elde edilen görüntülerin yorumlanması

Orijinal Landsat 7 ETM görüntüsü ve filtrelenmiş görüntüler karşılaştırıldığında filtrelenmiş görüntülerde, kullanılan filtre özelliklerine bağlı olarak objeler arasındaki ayırtedilebilirliğin arttığı ve görüntülerin daha yorumlanabilir olduğu gözlemlenmiştir. Görüntülerin görsel yorumlama elemanlarına dayanarak yapılan görsel analizlerinde;

- Orijinal görüntü (Şekil 6.2) ve yüksek geçirgenli filtre ile filtrelenmiş görüntü (Şekil 6.3) **parlaklık** veya **renk** elemanına göre karşılaştırıldığında; görüntüdeki objelerin birbirilerine göre ayırtedilmesi sağlayan bu elemanın her iki görüntüde de temsil edici özelliğini koruduğu görülmüştür. Örneğin, görüntülerin sunulduğu Landsat 4-5-3 band kombinasyonuna göre yerleşim ve sanayi alanları mavi tonlarda, otlak ve küçük çayır gibi alanlar turuncu ve yeşilin çeşitli tonlarında ifade edilir. Bu özellikler her iki görüntüde de sunulmaktadır. Ancak, kenarları ifade eden önemli lokal yoğunluk değişimlerinin olduğu yerler filtrelenmiş görüntüde daha parlak tonlarla ifade edilmektedir. Görsel yorumlamayı sağlayan ve diğer yorumlama elemanlarına göre farklı bir ipucu sunan **şekil** elemanı, genel yapıya ve obje dış hatlarına karşılık gelmektedir. Orijinal görüntü ve yüksek frekanslı görüntü bu görsel yorumlama elemanına göre karşılaştırıldığında, filtrelenmiş görüntünün obje dış hatlarını daha iyi ifade ettiği ve genel yapıyı daha iyi ortaya çıkardığı görülmüştür. Bu çeşit yüksek frekanslı görüntülerde, alan sınırları ve yollar gibi lineer özellikler yani ‘kenarlar’ orijinal görüntüye göre daha baskındır.
- Orijinal görüntü ve kenar zenginleştirme filtresi uygulanmış görüntü (Şekil 6.4) **parlaklık** veya **renk** elemanına göre karşılaştırıldığında; her iki görüntüde de objeleri (özellikleri) ifade eden renklerin değişmediği görülmüştür. **Şekil** yorumlama elemanına göre yapılan görsel analizde; kenar zenginleştirme filtresi uygulanmış görüntünün özellikle yapı adaları ve binalar gibi düzgün şekilsel yapıya sahip yerleşim ve sanayi alanlarında ve tarım alanlarında görsel ayırtedilebilirliğin arttığı ve daha keskin bir görünüme sahip olduğu görülmüştür. Bu tip zenginleştirilmiş görüntülerde, yüksek frekanslı bileşenlerle birlikte orijinal görüntünün sahip olduğu tüm bilgiler de içerilir.

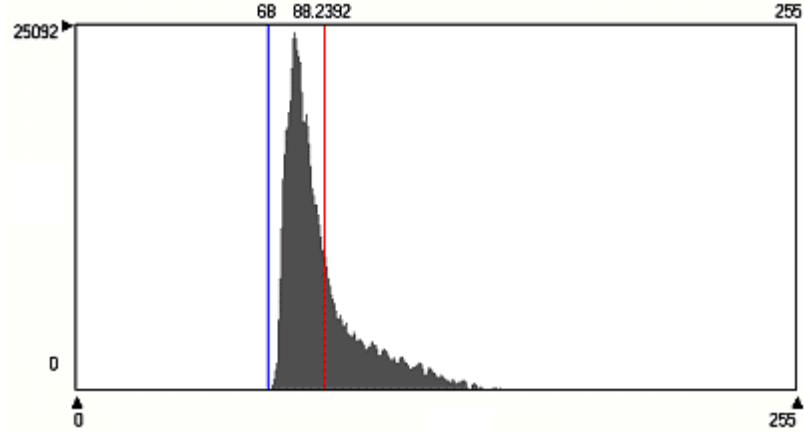
- Orijinal görüntü ve Laplaci an görüntüsü (Şekil 6.5) **parlaklık** veya **renk** elemanına göre karşılaştırıldığında; Laplaci an görüntüsünün orijinal görüntüye göre objeleri farklı renklerle ifade ettiği, **Şekil** elemanına göre analizde ise genel yapının anlaşılamadığı ve görüntünün yorumlanamadığı görülmüştür. Ancak, görüntüde düşük frekans bilgisi bastırılıp, yüksek frekans bilgisi vurgulandığı için alan dış sınırları ve yollar gibi yüksek frekanslı bileşenlerin oldukça baskın olduğu yorumu yapılabilir. Bu tip görüntüleri yorumlamak zor olduğu için kenarları belirlenmiş Laplaci an görüntüsü orijinal görüntüye geri eklenir ve analistin kolayca yorumlayabileceği tüm gri renk tonları elde edilir. Bunun için kerneldaki ağırlıklar değiştirilip yüksek geçirgenli bir filtre elde edilir. Elde edilen bu filtre de Tablo 6.2’de gösterilen yüksek geçirgenli filtredir. Bu filtre ile elde edilen görüntü Laplaci an görüntüsüne göre daha keskin ve yorumlanabilir bir görüntüdür.
- Orijinal görüntüye Laplaci an kenar zenginleştirme görüntüsünün eklenmesiyle elde edilen görüntünün (Şekil 6.6) görsel yorumlama elemanlarına göre yapılan analizinde, hem renk hem de diğer elemanlar açısından en iyi yorumlanan görüntülerden biri olduğu ve daha iyi bir zenginleştirme sağladığı görülmüştür. Bu görüntünün elde edilmesinde kullanılan Laplaci an kenar zenginleştirme filtresi, denklem 4.23’te Maske T ile gösterilen Laplaci an filtresinin katsayıları değiştirilerek elde edilir. Oluşturulan bu filtre, Laplaci an kenar belirleme görüntüsüne orijinal görüntünün eklenmesini sağlar.
- Yüksek frekanslı bileşenleri güçlendiren filtrenin uygulanması sonucu elde edilen görüntünün (Şekil 6.7), orijinal görüntüye göre daha belirgin detaylar sağladığı ve özellikler arasındaki görsel farklılığın arttığı ve daha iyi bir görsel yorumlama sağladığı gözlenmiştir. Bu görüntü orijinal görüntünün 2 faktörüyle (katsayısı) ağırlıklandırılmış yüksek frekanslı bileşeni orijinal görüntüye geri eklenerek elde edilir. Orijinal görüntünün yüksek frekanslı bileşeni kullanılan faktör oranında güçlenir.

Filtrelenmiş görüntü karakteristikleri

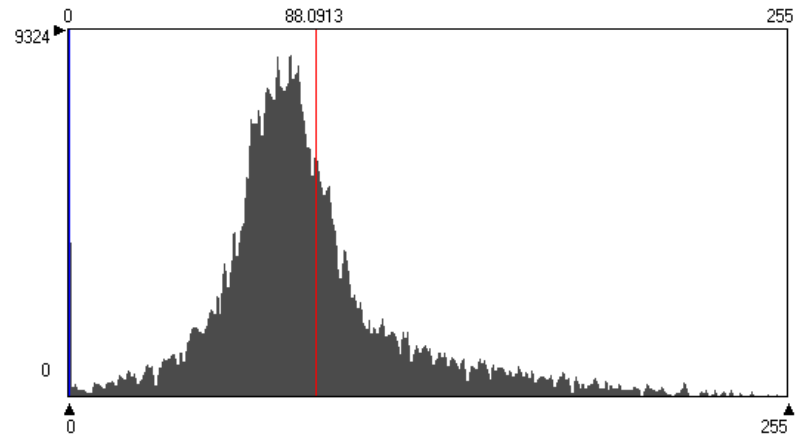
Uygulanan filtre algoritmalarının orijinal görüntü üzerindeki etkisi; filtrelenmiş görüntüleri ait istatistiksel veriler, görüntü histogramları ve piksel değerlerinde meydana gelen değişimler incelenerek görülebilir. Tablo 6.3 görüntüleri ait (3x3 boyutundaki filtreler kullanılarak elde edilen görüntüler) istatistiksel verileri, Şekil 6.8, 6.9, 6.10, 6.11, 6.12, 6.13’de görüntü histogramlarını göstermektedir.

Tablo 6.3 Görüntüleri ait istatistiksel veriler (Band 1 için)

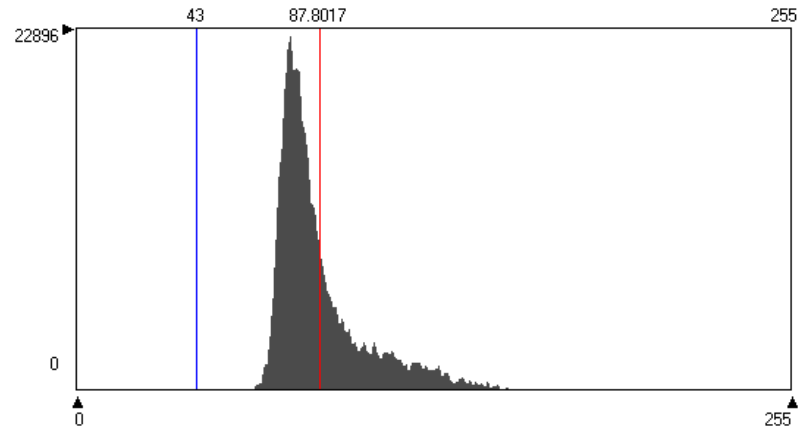
	şekil no	minimum değer	maksimum değer	ortalama değer (mean)	orta değer(median)	Standart sapma
orijinal görüntü	6.2	68	255	88.239	82	17.668
yüksek frekanslı görüntü	6.3	0	255	88.091	79	43.942
kenarları zenginleştirilmiş görüntü	6.4	43	255	87.802	81	19.913
Laplacian görüntüsü	6.5	0	255	12.182	0	26.828
Laplacian kenar zenginleştirme görüntüsü	6.6	0	255	88.219	81	27.706
Yüksek frekansları güçlendirilmiş görüntü	6.7	8	255	87.792	80	22.691



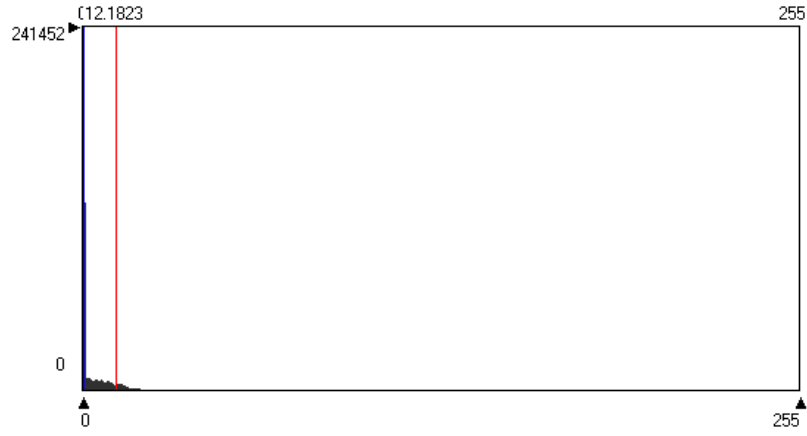
Şekil 6.8. Orijinal Landsat 7 ETM görüntüsünün histogramı



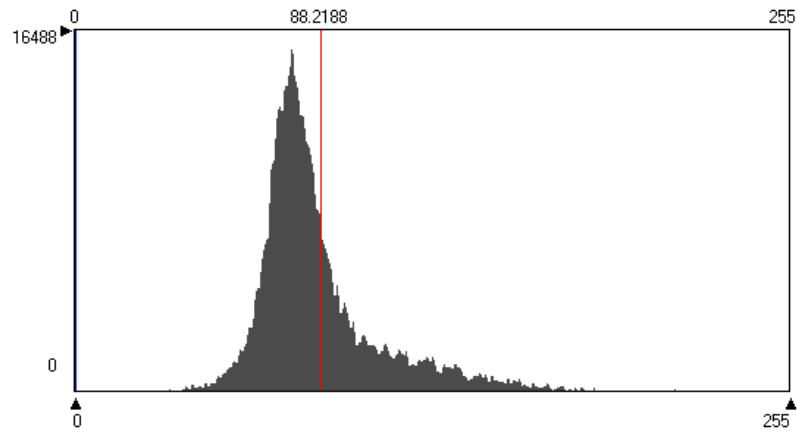
Şekil 6.9. Yüksek frekanslı görüntünün histogramı



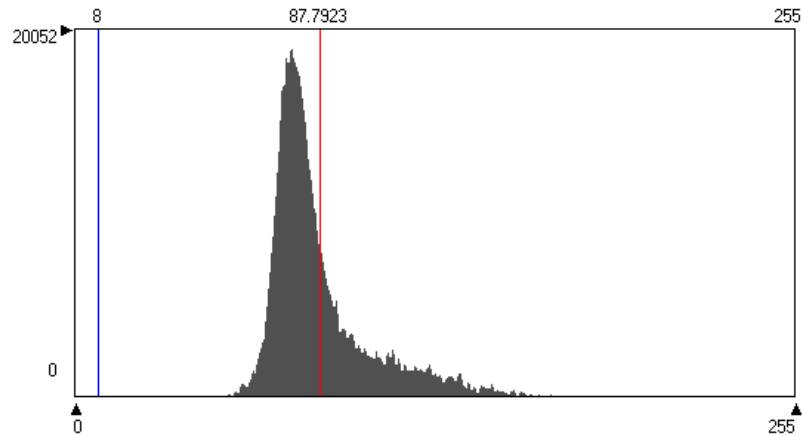
Şekil 6.10. Kenarları zenginleştirilmiş görüntünün histogramı



Şekil 6 11. Laplaci an gör ünt üs ünün hi st ogra m



Şekil 6 12. Laplaci an kenar zengi nleştir me gör ünt üs ünün hi st ogra m

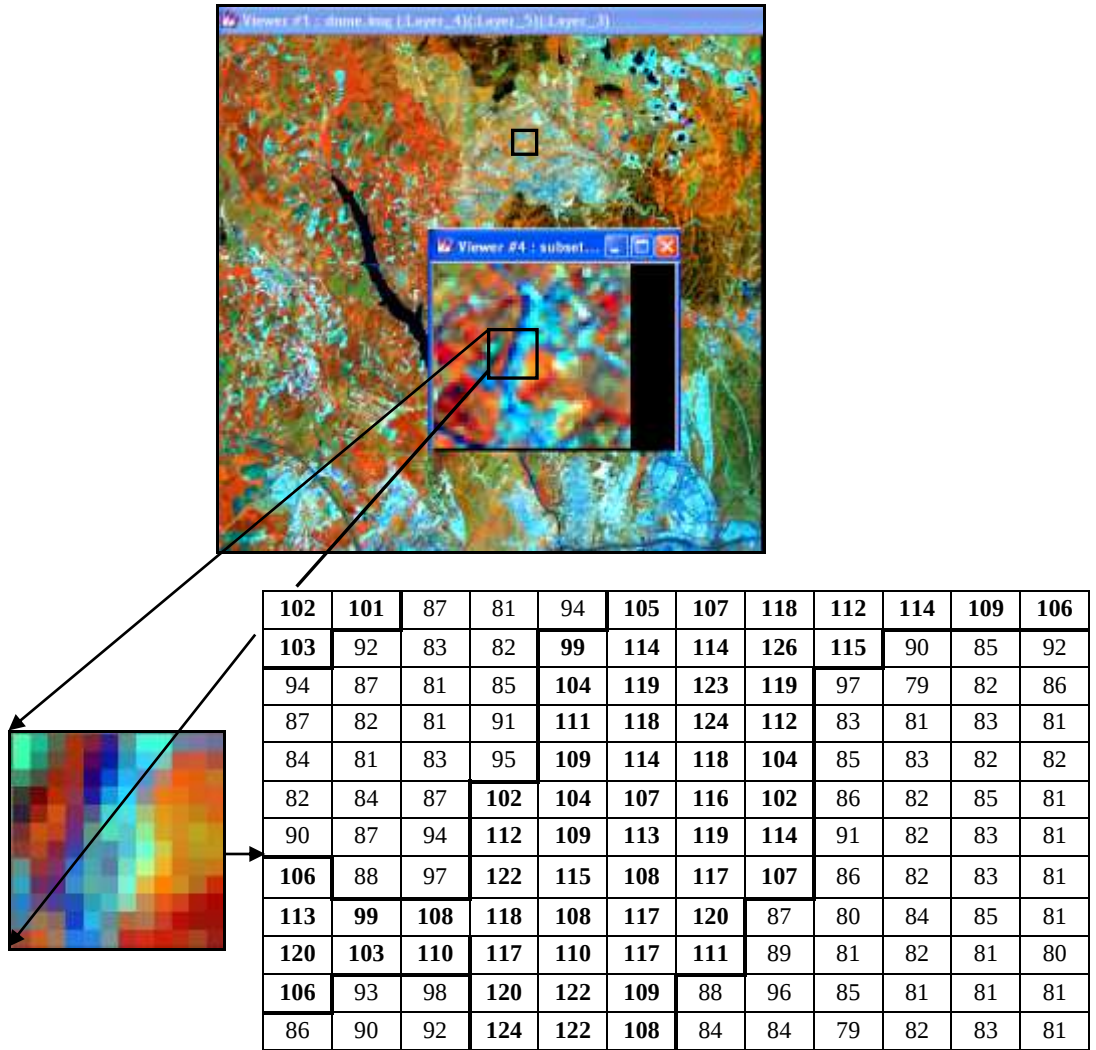


Şekil 6 13. Yüksek frekansları güçlendiril miş gör ünt ünün hi st ogra m

Gör ünt üleri n hi st ogra nları i ncel endi ği nde, Laplaci an gör ünt üs ünün hi st ogra m nı n oriji nal gör ünt üye göre ol dukça farklı ol duğu gör ül mektedir. Bu çeşit gör ünt üleri n hi st ogra nları 0-ortalama ya sahi ptir. Bu gör ünt üleri n var yansı oriji nal gör ünt üye göre

daha düşüktür. Diğer görüntü histogramları ise özellikle kenarları zenginleştirilmiş görüntü ve yüksek frekansları güçlendirilmiş görüntü histogramları orijinal görüntüye benzerdir.

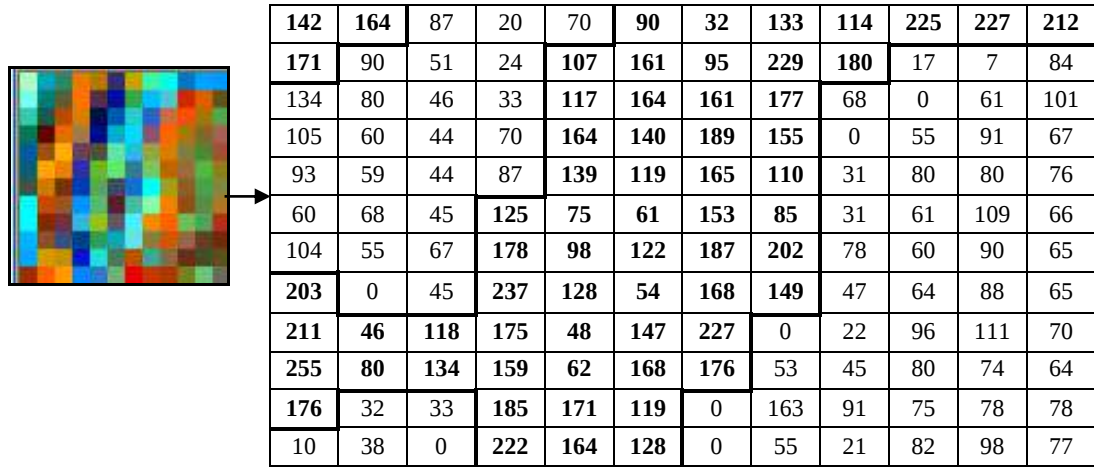
Uygulanan uzaysal filtrelerin orijinal piksel değerleri üzerindeki etkileri de orijinal görüntüden alınan bir bölge için gösterilebilir (Şekil 6.14). Bu bölge, düşük uzaysal frekans bileşeni ne sahip ve zemin oluşturan tarımarazisi ve bu araziyi diagonal olarak kesen ve zeminine göre lokal parlaklık değişimleri ne sahip olan yol ve düzensiz yerleşim alanlarından oluşur.



Şekil 6.14. Orijinal görüntüden alınan bölge ve bölgeye ait piksel değerleri

Tanımlanan bölgeye (Şekil 6.14), Tablo 6.2’de gösterilen uzaysal filtrelerin uygulanması sonucunda elde edilen görüntüler ve piksel değerleri şöyledir:

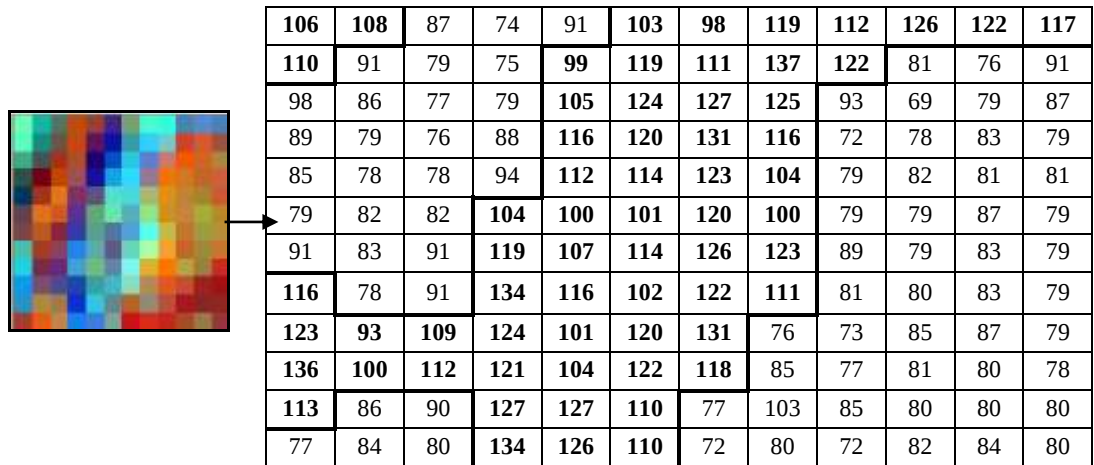
• Yüksek geçirgenli filtre uygulaması



Şekil 6.15. Yüksek geçirgenli görüntü ve görüntüye ait piksel değerleri

Yüksek geçirgenli görüntünün piksel değerleri orijinal görüntüyle karşılaştırıldığında; uniform yapının kaybolduğu ve daha pürüzlü bir yapının olduğu görülmüştür. Orijinal görüntüde yüksek parlaklık değerine sahip pikseller yüksek frekanslı görüntüde daha yüksek, düşük parlaklık değerine sahip pikseller daha düşük olur. Bu durumda görüntü kontrastı artar. Bu çeşit görüntülerde yüksek frekanslı bileşenler daha baskındır ve daha keskin bir görüntü elde edilir.

• Kenar zenginleştirme filtre uygulaması

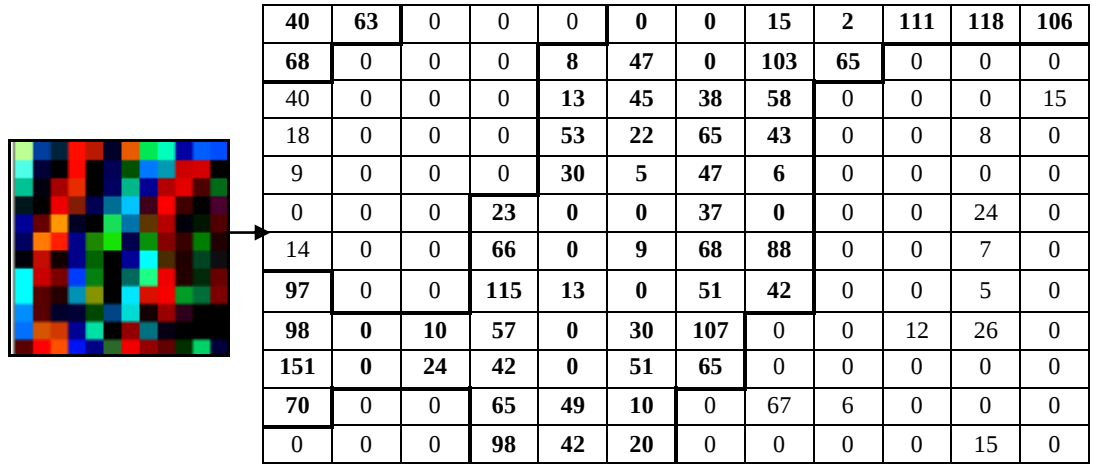


Şekil 6.16. Kenarları zenginleştirilmiş görüntü ve görüntüye ait piksel değerleri

Kenarları zenginleştirilmiş görüntünün piksel değerleri orijinal görüntü ile karşılaştırıldığında; düşük uzaysal frekans bilgisine sahip olan ve zemin bilgisini

oluşturan tarımal alanının piksel değerlerinin değişmediği, yol ve düzensiz yerleşim alanlarına karşılık gelen parlaklık bilgisinin orijinal görüntüye göre arttığı gözlemlenmiştir. Bu çeşit görüntüler yalnızca yüksek frekans bilgisini içermeyip, orijinal görüntünün sahip olduğu tüm bilgileri de içerir. Bu görüntünün elde edilmesinde kullanılan kenar zenginleştirme filtresi bir ‘kenar zenginleştirici (edge enhancer)’ olarak görev yapar ve homojen piksel grupları arasındaki kenarları ortaya çıkarır.

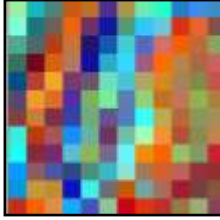
• Laplaci an filtresi uygulaması



Şekil 6.17. Laplaci an görüntüsü ve görüntüye ait piksel değerleri

Laplaci an görüntüsünün piksel değerleri ile orijinal görüntünün piksel değerleri karşılaştırıldığında, orijinal görüntüde uniform alanları oluşturan piksel değerlerinin Laplaci an görüntüsünde sıfırlandığı görülmüştür. Laplaci an filtresi uygulanmış görüntülerde, kenarların (önemli lokal yoğunluk değişimleri) bulunmadığı alanlarda piksel değerleri 0’a eşit, yüksek frekansın olduğu alanlarda ise yüksek olur. Kernel katsayılarının toplam 0’a eşit olan Laplaci an filtresi bir ‘kenar belirleyici (edge detector)’ olarak görev yapmakta ve bu filtrenin uygulanmasıyla elde edilen sonuç görüntüsü sadece sıfırları ve kenarları içermektedir.

- Laplaci an kenar zengileştirme filtresi uygulaması (3x3 boyutunda)

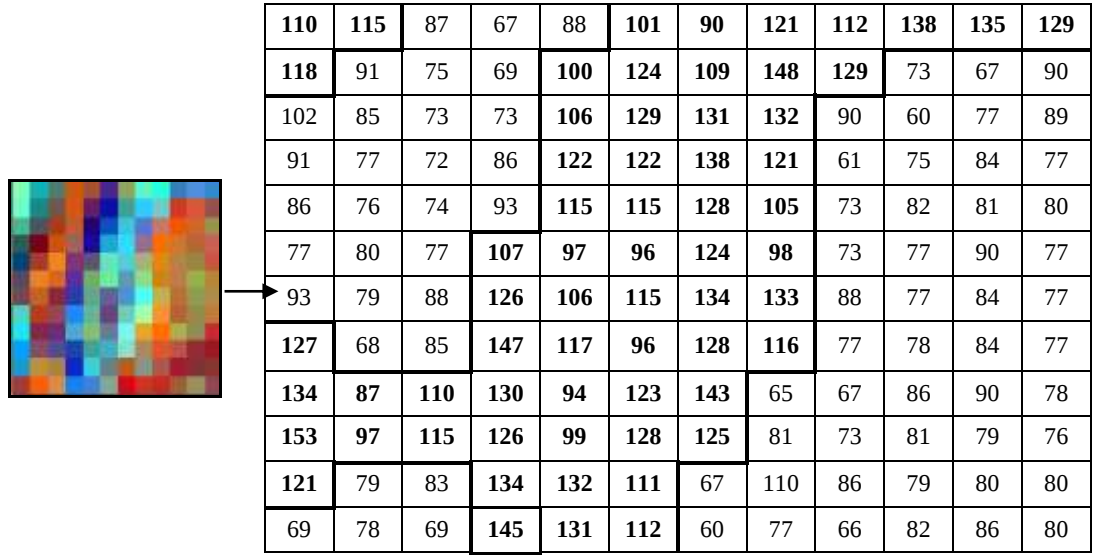


102	132	87	60	86	96	84	119	98	169	155	128
135	86	73	62	101	133	100	164	150	57	52	98
106	86	69	67	106	136	139	137	89	45	77	93
93	74	68	83	133	122	149	130	40	77	89	71
89	72	71	90	121	118	132	103	69	85	77	84
68	83	72	112	93	88	134	90	70	74	97	72
8	79	87	133	101	122	135	151	87	72	84	77
151	51	73	168	128	78	131	131	70	75	84	77
141	83	116	135	80	132	168	39	62	91	96	74
175	93	124	127	96	138	141	70	69	83	77	76
138	68	75	139	149	110	40	134	88	75	79	82
38	86	50	166	134	116	52	65	59	86	90	77

Şekil 6.18. Laplaci an kenar zengileştirme görüntüsü ve görüntüye ait piksel değerleri

Laplaci an kenar zengileştirme görüntüsünün piksel değerleriyle orijinal görüntü pikselleri karşılaştırıldığında, orijinal görüntüde homojen alanları ifade eden piksel değerlerinin değişim gösterdiği ve daha pürüzlü bir yapıya sahip olduğu söylenebilir. Orijinal görüntüde, yol ve düzensiz yerleşimi temsil eden yüksek parlaklık değerine sahip pikseller Laplaci an görüntüsünde daha yüksek, zemin bilgisini ifade eden düşük parlaklık değerine sahip pikseller daha düşük elde edilir. Bu çeşit görüntülerde hem zengileştirilmiş kenarlar hem de orijinal parlaklık bilgisi içerilir.

- Yüksek frekansları güçlendiren filtre uygulaması (3x3 boyutunda)



Şekil 6.19. Yüksek frekanslı bileşenleri güçlendirilmiş görüntü ve görüntüye ait piksel değerleri

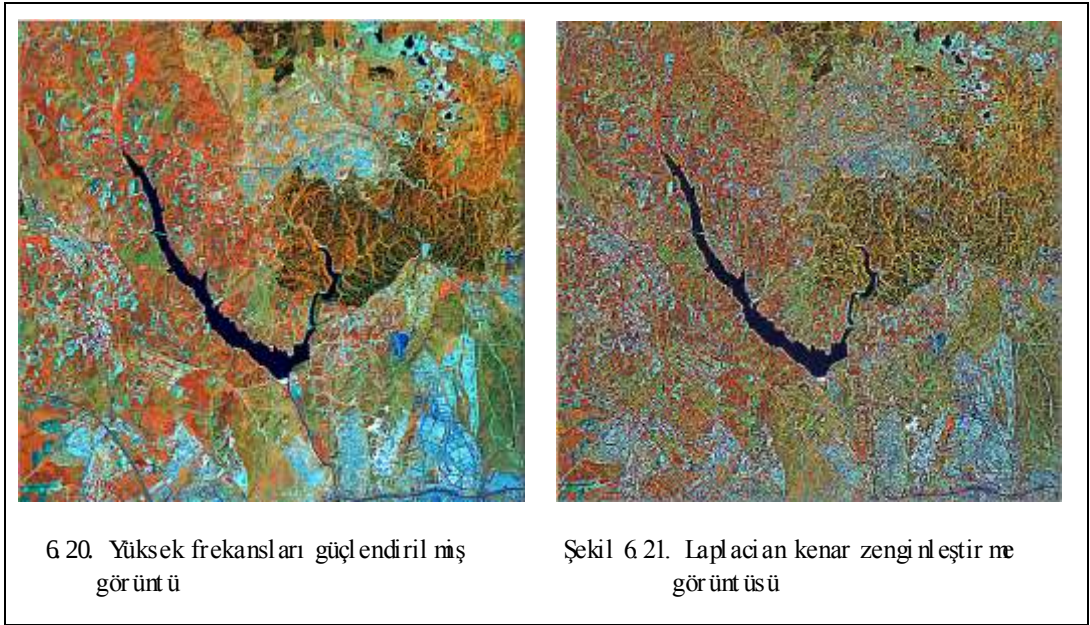
Yüksek frekanslı bileşenleri güçlendirilmiş görüntünün piksel değerleri ile orijinal görüntü değerleri karşılaştırıldığında, zemin bilgisini ifade eden piksellerin orijinal değerlere göre azaldığı, yol ve düzensiz yerleşimi ifade eden piksel değerlerinin de orijinal görüntüye göre arttığı söylenebilir. Bu durumda, zemin ile yol ve yerleşimi ifade eden özellikler arasındaki kontrast farkı artarak daha iyi bir görsel yorumlama gerçekleştirilir. Bu görüntüdeki yüksek frekanslar 2 faktörülle (yüksek frekans kernel'ı x2) ağırlıklandırılmıştır ve daha iyi bir zenginleştirme gerçekleştirilmiştir. Bu tip görüntüler hem yüksek uzaysal frekansları hem de orijinal görüntüdeki bilgileri içerir.

Çeşitli boyutlarda olan filtre kernelleri (örn, 3x3, 5x5, 7x7) yüzey pürüzlülüğünün bir fonksiyonudur ve verinin pürüzlülüğüne göre belirlenir. Filtre boyutlarının etkilerini gözlemlemek için orijinal görüntüye 5x5 boyutunda iki filtre uygulanmıştır. Uygulanan filtreler Tablo 6.4'de gösterilmiştir.

Tablo 6.4. Filtrelerle ilgili kernel yapıları

Filtre adı	Kernel yapısı	Boyut
Yüksek frekansları güçlendirilen filtre	$\begin{bmatrix} -2 & -2 & -2 & -2 & -2 \\ -2 & -2 & -2 & -2 & -2 \\ -2 & -2 & 73 & -2 & -2 \\ -2 & -2 & -2 & -2 & -2 \\ -2 & -2 & -2 & -2 & -2 \end{bmatrix}$	5x5
Laplacian kenar zenginleştirme filtresi	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & -2 & -1 & 0 \\ -1 & -2 & 17 & -2 & -1 \\ 0 & -1 & -2 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	5x5

Tablo 6.4’de gösterilen 5x5 boyutundaki filtrelerin orijinal görüntüye uygulanması sonucunda elde edilen filtrelenmiş görüntüler; Şekil 6.20 ve 6.21’de gösterilmiştir.



Şekil 6.20’de gösterilen yüksek frekansları güçlendirilmiş görüntü, 3x3 boyutundaki filtre kullanılarak elde edilen yüksek frekansları güçlendirilmiş görüntü ile karşılaştırıldığında; genel yapıyı, obje dış hatlarını ve özellikle de yolları, yapı adalarını ve bina blokları gibi düzgün yapıya sahip yerleşim ve sanayi alanlarını en iyi

ifade eden görüntüdür. Diğer zenginleştirilmiş görüntüler ile karşılaştırıldığında ise en iyi görsel yorumlamayı sağlayan görüntü olduğu yorumu yapılabilir.

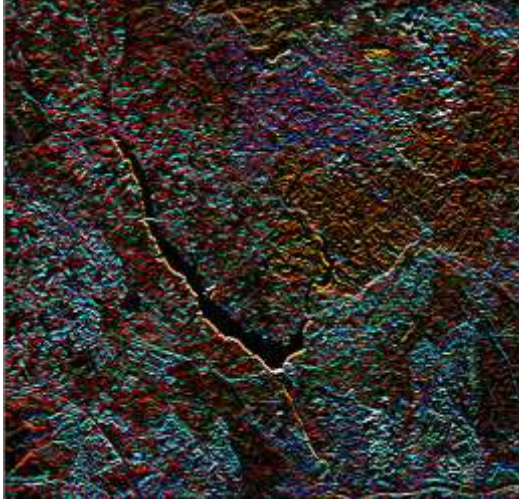
5x5 boyutundaki kernel ile filtrelenmiş şekil 6.21'deki görüntü diğer Laplaciyan kenar zenginleştirme görüntüsüne göre; genel yapıyı çok iyi ifade edememekle birlikte yollar ve alan sınırları gibi lineer özellikleri oldukça iyi vurgulamaktadır. Çalışmada değerlendirilen zenginleştirilmiş görüntüler içinde lineer özellikleri en iyi ortaya çıkaran görüntüdür.

Görüntüdeki kenarları ortaya çıkarmak için kullanılan başka bir zenginleştirme tekniği de yönsel (directional) filtrelerdir. Bu amaçla Landsat 7 ETM görüntüsüne yatay, dikey ve diagonal yönlerdeki lineer özellikleri ortaya çıkarmak üzere dört tane gradient filtresi uygulanmıştır. Uygulanan bu filtreler Tablo 6.5'de gösterilmiştir.

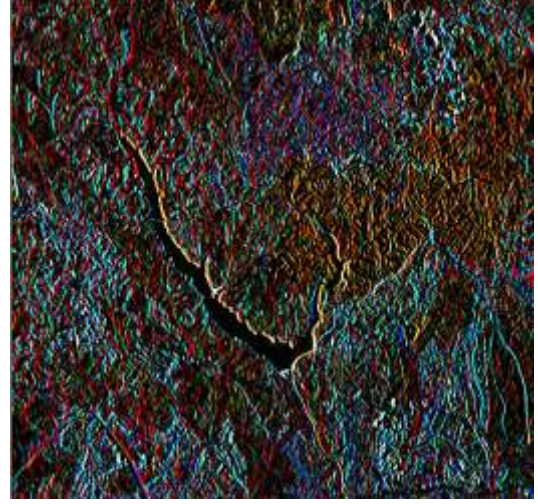
Tablo 6.5. Yönsel gradient filtreler için kernel yapıları

Filtre adı	Kernel yapısı	Boyut
Yatay yöndeki kenarları ortaya çıkaran filtre	$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	3x3
Dikey yöndeki kenarları ortaya çıkaran filtre	$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	3x3
Diagonal yöndeki kenarları ortaya çıkaran filtre	$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & -1 & 0 \end{bmatrix}$	3x3
Diagonal yöndeki kenarları ortaya çıkaran filtre	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & -1 \\ 0 & -1 & -1 \end{bmatrix}$	3x3

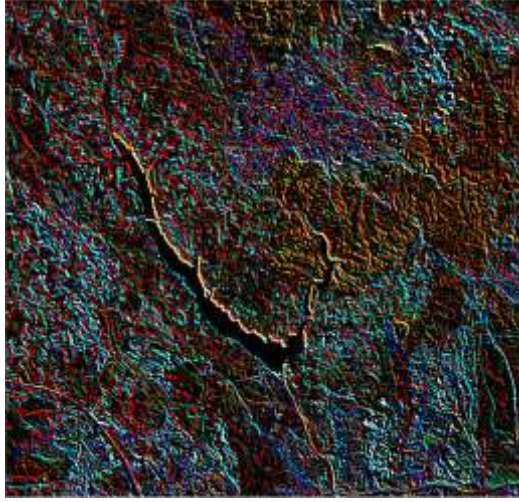
Tablo 6.5'de gösterilen filtrelerin orijinal görüntüye uygulanması sonucu elde edilen zenginleştirilmiş görüntüler Şekil 6.22, 6.23, 6.24 ve 6.25'de verilmiştir.



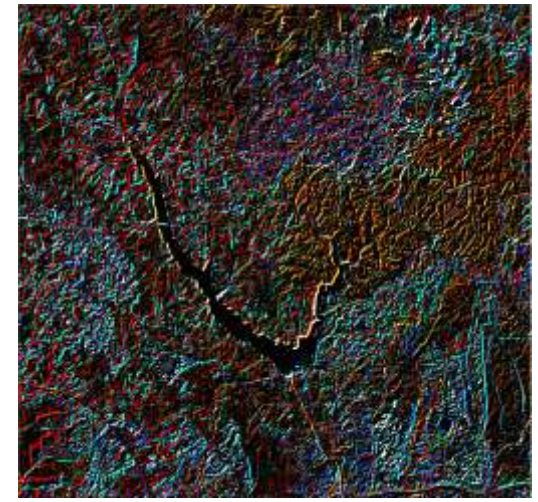
Şekil 6 22. Yatay kenarları belirlenmiş görüntü



Şekil 6 23. Dişey kenarları belirlenmiş görüntü



Şekil 6 24. Diagonal kenarları belirlenmiş görüntü (NW)



Şekil 6 25. Diagonal kenarları belirlenmiş görüntü (NE)

Yönsel gradient filtrleri, seçilen bir yöndeki lineer özellikleri belirlemek amacıyla kullanıldığından, diğer yönlerdeki özellikleri ve zemin bilgisini kaldırır. Bu nedenle sonuç görüntüsünde kontrast eksiktir.

Zenginleştirilmiş tüm görüntülerin, kullanılan filtre algoritmaları dikkate alınarak yapılan fctoyorunlarına sonuçları Tablo 6 6'da gösterilmiştir.

Tablo 6.6 Fotoyorumlama sonuç tablosu

Sınıf	Yüksek geçirgenli filtre (3x3)	Kenar zenginleştirme filtresi (3x3)	Laplacian filtresi (3x3)	Laplacian kenar zenginleştirme filtresi (3x3)	Yüksek frekansları güçlendiren filtre (3x3)	Laplacian kenar zenginleştirme filtresi (5x5)	Yüksek frekansları güçlendiren filtre (5x5)
Yerleşim							
Sanayi							
Yol							
Tarımlar							

 Çok iyi
   İyi
    Orta
     Kötü

Yapılan görsel analizlerden sonra, fotoyorumlama sonucu görsel olarak elde edilen ayrırtedilebilirliğin sayısal olarak ne şekilde yorumlanacağı araştırılarak içi n orijinal görüntüye ve Tablo 6.2’deki filtreler ile zenginleştirilmiş görüntülere ISODATA kontrolsüz sınıflandırma algoritması uygulanmıştır.

6.2.3 Görüntü sınıflandırma

Yapılan çalışmada görüntünün içerdiği bilgilere göre öncelikle sınıflar (bilgi sınıfları) belirlenmiştir. Bu sınıflar; su, orman, yeşil alan, tarım alanı/boş alan, yerleşim sanayi, yol ve taş ocağı olarak sekiz ana sınıfa ayrılmıştır.

Sınıflandırma parametrelerinin seçiminde;

Kümeleme tercihlerinde sınıf sayısı: 100

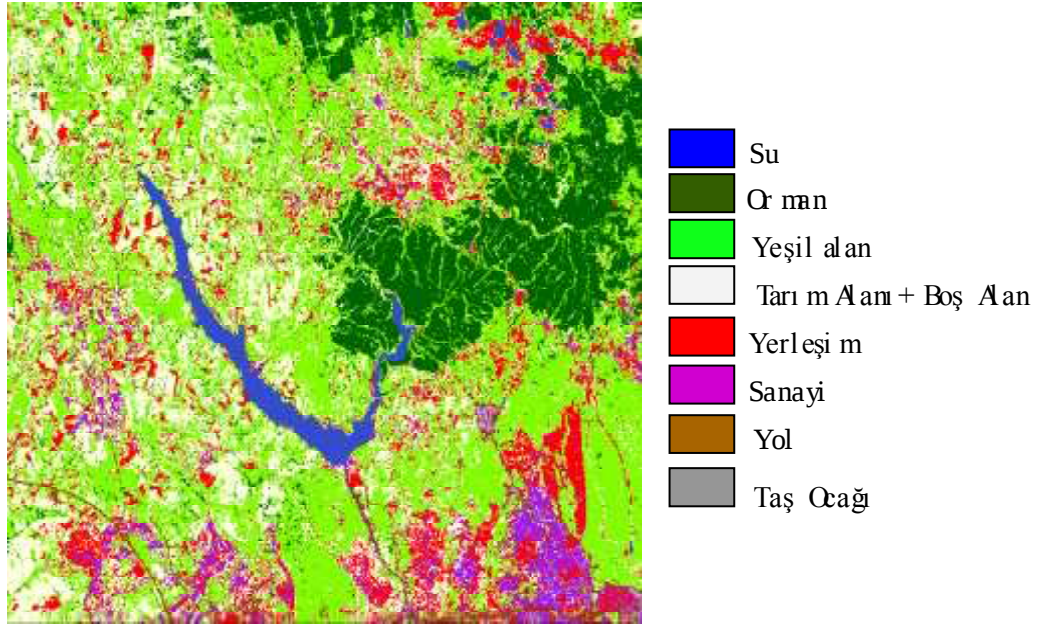
İşlem tercihlerinde;

maksimum iterasyon sayısı: 35

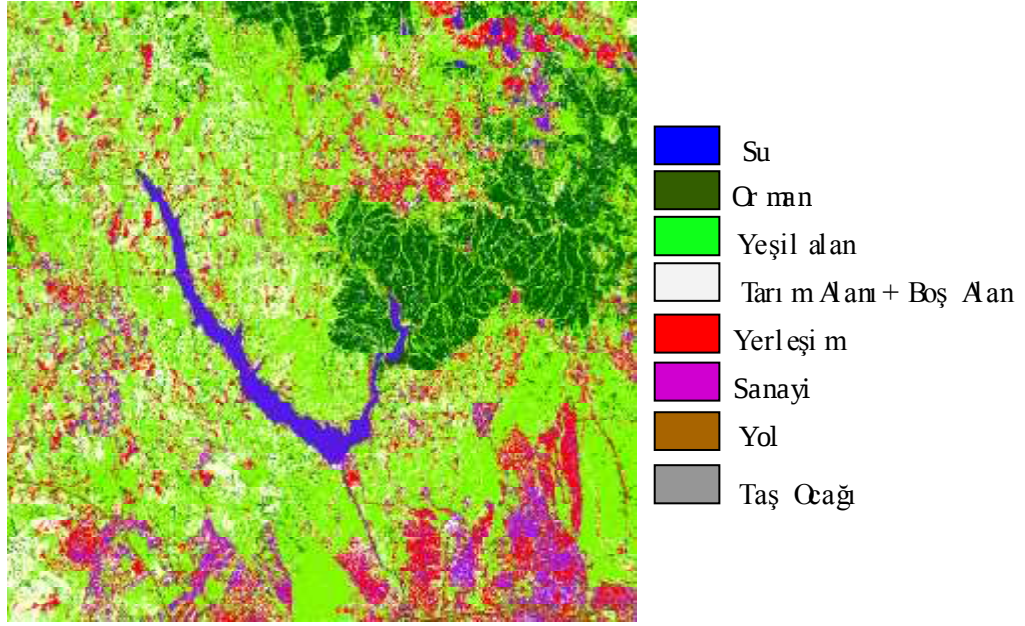
yaklaşma eşiği (convergence threshold): 0.98 olarak seçilmiştir.

ISODATA parametrelerine göre yapılan sınıflandırma sonucunda elde edilen spektral sınıflara, bunlara uygun bilgi sınıfları Landsat için çeşitli band kombinasyonlarından ve aynı bölgeye ait hava fotoğraflarından yararlanılarak atanmıştır. Örneğin, orman ve yeşil alan ayrımı 3-2-1 band kombinasyonuna göre yapılmıştır. Yeşil alan ve tarım alanı sınıflarının atanması bu kombinasyona göre değil daha fazla bilgi veren 4-5-3 band kombinasyonu kullanılarak yapılmıştır. Yerleşim ve sanayi sınıflarının ayrımında ise her iki band kombinasyonu da

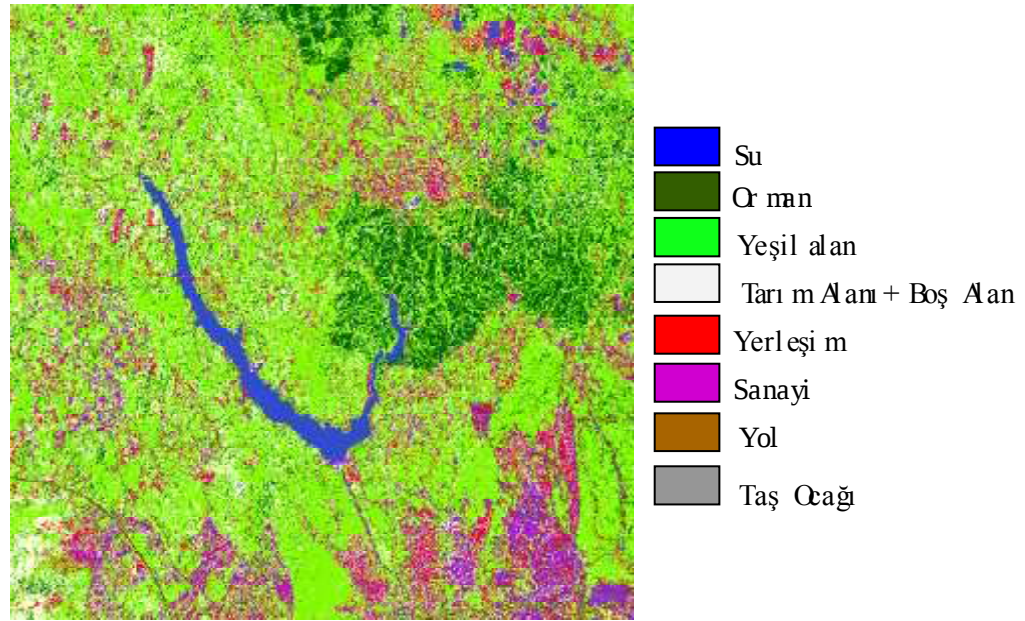
kullanılmıştır. Ancak, yansıtı mözelli klerindeki benzerlikler nedeniyle sanayi alanları ile yerleşim alanlarında ve bazı bölgelerde de taş ocaklarında, açık maden ocaklarında ve yol, taş ocağı ve açık inşaat alanı sınıflarında karışmalar meydana gelmiştir. Orijinal görüntü ve filtrelenmiş görüntülerin sınıflandırma sonuçları Şekil 6.26, 6.27, 6.28, 6.29’da ve Tablo 6.7’de gösterilmiştir. Ancak, yüksek geçirgenli filtre ve Laplaci anfiltresi uygulanmış görüntüler orijinal görüntüden olan istatistiksel farklılıkları nedeniyle sınıflandırılanmıştır.



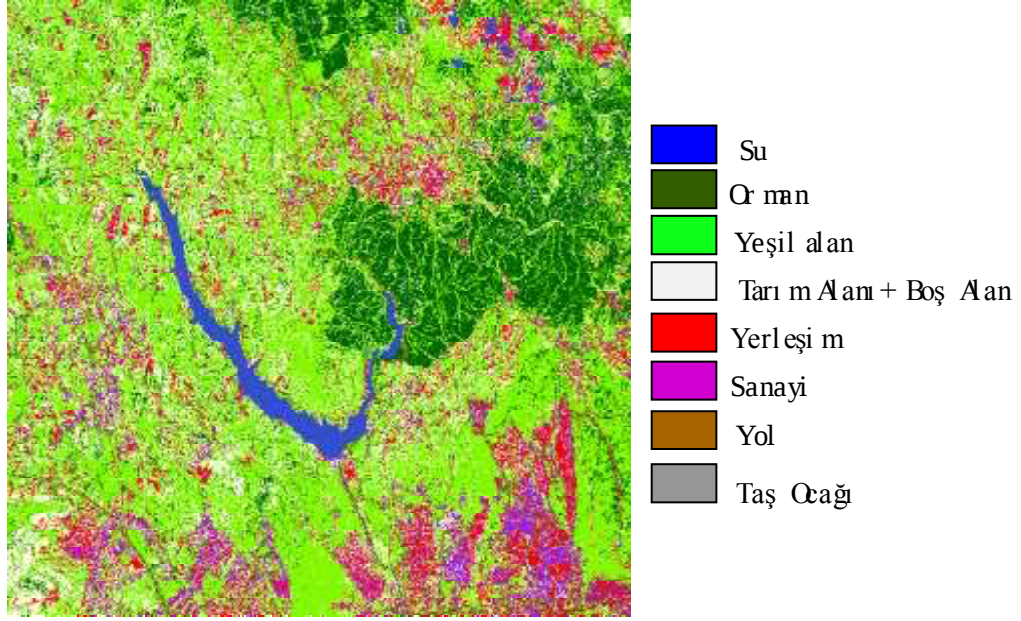
Şekil 6.26. Orijinal görüntünün sınıflandırılmış görüntüsü



Şekil 6.27. Kenarları zenginleştirilmiş görüntünün sınıflandırılmış görüntüsü



Şekil 6.28. Laplacian kenar zenginleştirme görüntüsünün sınıflandırılmış görüntüsü



Şekil 6.29. Yüksek frekanslı bileşenleri güçlendirilmiş görüntünün sınıflandırılmış görüntüsü

Tablo 6.7. Görüntülerin sınıflandırma sonuçları

Sınıf adı	Orijinal görüntü		Kenarları zenginleştirilmiş görüntü		Laplacian kenar zenginleştirme görüntüsü		Yüksek frekanslı bileşenleri güçlendirilmiş görüntü	
	hektar	%	hektar	%	hektar	%	hektar	%
Su	905.76	%2.27	917.64	%2.30	1176.3	%2.95	972.45	%2.44
Orman	6198.84	%15.54	6121.8	%15.34	4448.97	%11.15	7231.86	%18.13
Yeşil alan	16613.5	%41.64	19117.3	%47.91	21206.7	%53.15	17648.8	%44.23
Tarım/Boş alan	9194.29	%23.04	6553.51	%16.43	6753.8	%16.93	7596.67	%19.04
Yerleşim	3784.68	%9.49	3927.51	%9.84	1470.06	%3.68	2806.74	%7.03
Sanayi	1306.17	%3.27	1839.42	%4.61	3085.74	%7.73	1899.63	%4.76
Yol	1754.64	%4.4	1215.99	%3.05	881.46	%2.21	1560.69	%3.91
Taş ocağı	141.12	%0.35	205.83	%0.52	875.97	%2.20	182.16	%0.46
Toplam	39899.0		39899.0		39899.0		39899.0	

6.2.3.1. Sınıf genelleştirilmesi

Uydu görüntüleri sınıflandırıldıktan sonra, elde edilen sınıflandırma sonuçlarının doğruluklarının belirlenmesi için genelleştirme işlemi yapıldı. Bu işlemde, herhangi bir sınıfa veya tüm sınıflara yeni bir sınıf sayısı atanmak için tematik raster

tabakası(layer) kodlanır ve yeni bir tematik raster tabakası yaratılır. Çalışmada aynı özelliğe sahip bilgi sınıflarına aynı ID numaraları verilerek 100 olan sınıf sayısı 8'e düşürülmüştür.

6.2.3.2 Doğruluk değerlendirme

Sınıflandırma işleminin tanımlanmasının ardından, sonuç ürünün doğruluğunun belirlenmesi için kesin olarak doğruluğuna emin olunan referans verileri kullanılır. Çalışmada, referans verisi olarak çalışma bölgesine ait ortofotolar ve arazi kullanım haritaları kullanılmıştır. Yapılan sınıflandırma işlemlerinin doğruluğunu belirlemek için Landsat 7 ETM görüntüsü üzerinde rasgele 260 adet nokta seçilmiştir. Referans noktaları ile sınıflandırılmış noktalar karşılaştırılarak sınıf doğruluğu hata matrisleri ile hesaplanmıştır. Tablo 6.8 orijinal görüntünün doğruluk değerlendirme sonucunda elde edilen hata matrisini, Tablo 6.9 doğruluk analizlerini, Tablo 6.10, kenarları zenginleştirilmiş görüntünün hata matrisini, Tablo 6.11'de doğruluk analizlerini göstermektedir. Laplaciyan kenar zenginleştirme görüntüsüne ve yüksek frekansları güçlendirilmiş görüntüye ait veriler Ek A'da gösterilmiştir. Sonuçta genel sınıf doğrulukları; orijinal görüntü için %81.54, kenarları zenginleştirilmiş görüntü için %89.62, Laplaciyan kenar zenginleştirme görüntüsü için %74.23 ve yüksek frekansları güçlendirilmiş görüntü için %78.08 olarak hesaplanmıştır. Sınıflandırılmış görüntüler için genel kappa sabiti; orijinal görüntü için 0.74, kenarları zenginleştirilmiş görüntü için 0.84, Laplaciyan kenar zenginleştirme görüntüsü için 0.54 ve yüksek frekansları güçlendirilmiş görüntü için 0.65 bulunmuştur.

Tablo 6.8 Orijinal görüntünün hata matrisi

Sınıflandırma Verisi	Referans Verisi								
	Su	Orman	Yeşil Alan	Tarım Alanı	Yerleşim	Sanayi	Yol	Taş Ocağı	Satır Toplam
Su	11	0	0	0	0	0	0	0	11
Orman	0	29	7	0	0	0	0	0	36
Yeşil Alan	0	0	110	4	3	0	4	0	121
Tarım Alanı	0	0	12	34	3	0	1	1	51
Yerleşim	0	0	0	3	17	1	1	3	25
Sanayi	0	0	0	0	4	7	1	0	12
Yol	0	0	0	0	0	0	3	0	3
Taş Ocağı	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Sütun Toplam	11	29	129	41	27	8	10	5	260

Tablo 6.9 Orijinal görüntünün doğruluk analizi

Sınıf Adı	Referans Toplam	Sınıflandırılmış Toplam	Doğru Nokta Sayısı	Üretici Doğruluğu	Kullanıcı Doğruluğu
Su	11	11	11	%100.00	%100.00
Orman	29	36	29	%100.00	%80.56
Yeşil Alan	129	121	110	%85.27	%80.91
Tarım Alanı	41	51	34	%82.93	%66.67
Yerleşim	27	25	17	%62.96	%68.00
Sanayi	8	12	7	%87.50	%58.33
Yol	10	3	3	%30.00	%100.00
Taş Ocağı	5	1	1	%20.00	%100.00
Toplam	260	260	212		

Genel sınıf doğruluğu= %81.54

Genel kappa doğruluğu = 0.74

Tablo 6.10. Kenarları zenginleştirilmiş görüntünün hata matrisi

Sınıflandırma Verisi	Referans Verisi								
	Su	Orman	Yeşil Alan	Tarım Alanı	Yerleşim	Sanayi	Yol	Taş Ocağı	Satır Toplam
Su	10	0	0	0	0	0	0	0	10
Orman	0	37	6	1	0	0	0	0	44
Yeşil Alan	0	0	132	0	2	1	0	1	136
Tarım Alanı	0	0	3	26	0	0	2	0	31
Yerleşim	0	0	1	1	20	4	0	1	27
Sanayi	0	0	0	0	3	7	1	0	11
Yol	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Taş Ocağı	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sütun Toplam	10	37	142	28	25	12	4	2	260

Tablo 6.11. Kenarları zenginleştirilmiş görüntünün doğruluk analizi

Sınıf Adı	Referans toplam	Sınıflandırılmış Toplam	Doğru Nokta Sayısı	Üretici Doğruluğu	Kullanıcı Doğruluğu
Su	10	10	10	%100.00	%100.00
Orman	37	44	37	%100.00	%84.09
Yeşil Alan	142	136	132	%92.96	%97.06
Tarım Alanı	28	31	26	%92.86	%83.87
Yerleşim	25	27	20	%80.00	%74.07
Sanayi	12	11	7	%58.33	%63.64
Yol	4	1	1	%25.00	%100.00
Taş Ocağı	2	0	0	---	---
Toplam	260	260	233		

Genel sınıf doğruluğu= %89.62

Genel kappa doğruluğu = 0.84

Sınıflandırma yapılmış görüntülerin fotoyorumlama ve kantitatif analiz sonuçlarının karşılaştırılması Tablo 6.12’de verilmiştir.

Tablo 6.12 Fotoyorumlama ve kantitatif analiz sonuçlarının karşılaştırılması

Görüntü	Fotoyorumlama en iyi den en kötüye sıralanmıştır	Kantitatif analiz sınıflandırma doğruluğu
Laplaci kenar zenginleştirme görüntüsü	1.	%74.23
Yüksek frekansları güçlendirilmiş görüntü	2.	%78.08
Kenarları zenginleştirilmiş görüntü	3.	%89.62
Yüksek frekanslı görüntü	4.	sınıflandırılmadı
Laplaci görüntüsü	5.	sınıflandırılmadı

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Sayısal görüntü verisinde, yorumlama ve bilgi çıkarım için iki teknik kullanılmaktadır. Bunlar; görüntüdeki her pikseli değerlendiren bilgisayar kullanımı içeren ‘kantitatif analiz’ ve görüntünün görsel olarak değerlendirilmesiyle yapılan bilgi çıkarımında insana dayanan değerlendirmeyi içeren ‘fotoyorumlama’ teknikleridir.

Bu çalışmada, 2 Mayıs 2001 tarihli Landsat 7 ETM uydu görüntüsüne, özellikle yerleşim alanları ve yollar gibi insan yapısı özellikleri daha belirgin hale getirmek (keskinleştirme) ve arazi kullanımını doğru olarak belirleyebilmek için çeşitli uzaysal filtreleme algoritmaları uygulanmış, karşılaştırılmaları yapılmış ve elde edilen sonuç görüntüleri görsel yorumlama ve kantitatif analiz ile değerlendirilmiştir.

Filtrelenmiş görüntülerin fotoyorumlaması sonucunda;

Yüksek geçirgenli görüntüde,

- alan sınırları ve yollar gibi lineer özellikler orijinal görüntüye göre daha baskındır ve daha keskin bir görüntü elde edilir.
- görüntüde bina blokları gibi düzgün yapıların ve yolların ayırteilebildiği gözlenmiştir. Bu görüntünün elde edilmesinde kullanılan filtre çeşidi, bu özelliği ile bir şehir planı tarafından şehrsel alanları diğer alanlardan ayırmak için kullanılabilir.

Kenarları zenginleştirilmiş görüntüde,

- özellikle yapı adaları veya bina blokları gibi düzgün şekilsel yapıya sahip yerleşim ve sanayi alanlarında ve tarım alanlarında görsel ayırteilebilirliğin artışı ve görsel sunumun oldukça iyi olduğu gözlenmiştir.
- bu tip görüntülerin özelliği, yüksek frekanslı bileşenlerle birlikte düşük frekanslı bileşenleri de içermesidir.

Laplaci an görüntüsünde,

- bina blokları gibi düzgün yapıların ayırtedilemediği ve görüntünün yorumlanamadığı görülmüştür.
- görüntüde düşük frekans bilgisi bastırılıp, yüksek frekans bilgisi vurgulandığı için yolların ve binalar gibi şehirs el yapıların ve tarım alanlarının dış hatlarının baskın olduğu gözlenmiştir.
- Laplaci an görüntüsünün elde edilmesi de kullanılan Laplaci an filtresi, bir görüntüdeki ‘kenarları’ veya lineer özellikleri vurguladığı için fay ve kırıkların belirlenmesi gibi jeolojik çalışmalarda kullanılabilir.

Laplaci an kenar zengileştirme görüntüsünde,

- genel yapının ve obje dış hatlarının çok iyi ifade edildiği söylenebilir.
- bu görüntü, arazi dokusunu daha iyi ortaya çıkaran, diğer görüntülere göre daha iyi zengileştirilen ve görsel yorumlama açısından en iyi sonucu veren görüntülerden birisidir.

Yüksek frekansları güçlendirilmiş görüntüde,

- orijinal görüntüye göre özellikler arasındaki görsel farklılığın arttığı ve daha iyi bir görsel yorumlama sağladığı görülmüştür.
- bu görüntü, kenarları zengileştirilmiş görüntünün fotoy yorumlamada sağladığı başarı gözönünde bulundurularak elde edilmiş ve neticede kenarları zengileştirilmiş görüntüye göre daha iyi ayırtedilebilirlik sağladığı ve görsel yorumlamayı kolaylaştırdığı gözlenmiştir.

5x5 boyutundaki yüksek frekansları güçlendiren filtre ve Laplaci an kenar zengileştirme filtresi uygulanarak elde edilen görüntülerin yorumlanması sonucunda;

Yüksek frekansları güçlendirilmiş görüntünün,

- 3x3 boyutunda filtre kullanılarak elde edilen yüksek frekansları güçlendirilmiş görüntüye göre; genel yapıyı, obje dış hatlarını ve özellikle de yolları ve yapı adaları ve bina blokları gibi düzgün yapıya sahip yerleşim ve sanayi alanlarını en iyi ifade eden görüntü olduğu belirlenmiştir.
- diğer tüm görüntüler ile karşılaştırıldığında ise en iyi görsel yorumlamayı sağlayan görüntü olduğu söylenebilir.

Laplaci an kenar zengileştirme görüntüsü,

- diğer Laplaci an kenar zengileştirme görüntüsüne göre; genel yapıyı çok iyi ifade edememekle birlikte yollar ve alan sınırları gibi lineer özellikleri oldukça iyi vurgulamaktadır.
- şimdiye kadar yorumlanan zengileştirilmiş görüntüler içinde lineer özellikleri en iyi ortaya çıkaran görüntüdür.

Görüntüdeki kenarları ortaya çıkarmak için kullanılan yönsel (directional) filtreler veya kenar belirleme filtreleri ile elde edilmiş görüntüler yorumlandığında;

- seçilen yöndeki (yatay, dikey ve diagonal) lineer özelliklerin belirlendiği, diğer yönlerdeki özelliklerin ve zemin bilgisinin kaldırıldığı görülmüştür.
- yönsel filtreleme görüntü işlemede çok amaçlı olarak kullanılabilir. Örneğin, bu filtre çeşidi kullanılarak elde edilmiş olan bir görüntü üç boyutluya benzer bir görünüm sunar ve bu görüntüye orijinal görüntü geri eklenerek üç boyut etkisi daha da güçlendirilebilir.
- yönsel filtreleme sonuçları, farklı faktörlerle ağırlıklandırılabilir ve bu da görüntüde anlaşılması zor özelliklerin belirlenmesini sağlar.

Tüm bu fotoyorumlama sonuçları, kullanılan filtre algoritmaları dikkate alınarak değerlendirildiğinde; 5x5 boyutundaki yüksek frekansları güçlendiren filtrenin hem obje dış hatları, yollar gibi lineer özelliklerde hem de yapı adaları ve bina blokları gibi düzgün yapılarda etkili olduğu görülmüştür. Yüksek frekansları vurgulayan ve güçlendiren bu tarz filtreler, bu özelliklerinden dolayı özellikle şehir ve bölge planlama çalışmalarında kullanılabilir. Laplaci an filtresi ve yönsel filtreler ise düşük frekans bilgisini bastırıp, yüksek frekans bilgisini vurgulamak özelliğinden dolayı yollar ve obje dış hatları gibi lineer özellikler üzerinde oldukça etkilidir. Bu çeşit filtreler de bu özellikleri ile fay ve kırıkların belirlenmesi gibi jeolojik çalışmalarda kullanılabilir.

Orijinal görüntü ve filtrelenmiş görüntülerin kantitatif analizlerini gerçekleştirmek ve fotoyorumlama ile sağlanan bilgilerin kantitatif doğruluğuna olan etkisini araştırmak için orijinal görüntü ve bazı filtrelenmiş görüntüleri ISODATA kontrolsüz sınıflandırmaya algoritması uygulanmıştır. Sınıflandırılan görüntüler, 3x3 boyutundaki kerneller ile filtrelenmiş olan kenar zengileştirme görüntüsü, Laplaci an kenar zengileştirme görüntüsü ve yüksek frekansları güçlendirilmiş görüntüdür. Laplaci an görüntüsü ve yüksek frekanslı görüntü orijinal görüntüden olan istatistiksel farklılıkları nedeniyle

sınıflandırılanaştır. Bu iki görüntü görsel yorumlanabilirlik açısından iyi olması na rağmen kantitatif doğrulukta yetersizdir.

Kenar zenginleştirme görüntüsü, Laplaci an kenar zenginleştirme görüntüsü ve yüksek frekansları güçlendirilmiş görüntüye uygulanan sınıflandırma sonucunda, kenar zenginleştirme görüntüsü diğer görüntülere göre daha iyi sınıflandırılmıştır ve görüntünün yapılan doğruluk analizleri sonucunda genel sınıflandırma doğruluğu %89.62, kappa istatistiği de 0.84 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar orijinal görüntünün sınıflandırma sonuçları ile karşılaştırıldığında, kenar zenginleştirme görüntüsünün, orijinal görüntüye (genel sınıflandırma doğruluğu %81.54) göre daha yüksek doğruluk verdiği görülmüştür. Kenarları zenginleştirilmiş görüntünün bu yüksek doğruluğunun, istatistiksel olarak orijinal görüntüye en yakın değerlere sahip görüntü olması ndan dolayı gerçekleştiği söylenebilir. Laplaci an kenar zenginleştirme filtresi ve yüksek frekansları belirlenen oranda güçlendiren filtre ise orijinal görüntü üzerinde sayısal anlamda bozucu bir etkiye sebep olmaktadır. Filtrelenmiş görüntülerin sınıflandırılmasında, sınıflandırılacak görüntünün istatistiksel verilerinin orijinal görüntüden farklı değerler olması na dikkat edilmelidir.

Çalışmada gerçekleştirilen fotoyorumlama ve kantitatif analiz metodları ‘‘bilgi çıkarımında’’ birbirinin alternatifi ve çoğunlukla da tanımlayıcısı olarak kullanılabilir. Özellikle şehir ve bölge planlama çalışmaları nda yani fotoyorumlamanın da en az kantitatif analiz kadar önemli olduğu uygulamalarda kullanılacak uzaysal filtreler, uzaysal çözünürlüğe bağlı olarak sağlanacak bilgi miktarını daha da artıracak ve bu adımda sağlanacak bilgi kantitatif analizin başarısını yukarıya çekerek tematik doğruluğu artıracaktır.

KAYNAKLAR

- Altuntaş, C ve Çorunluoğlu, Ö,** 2002. Uzaktan Algılama Görüntülerinde Dijital Görüntü İşleme ve RSImage Yazılımı, *Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Öğretimi nde 30. yıl Sempozyumu*, Konya, Türkiye, Ekim 16-18.
- Bektaş, E,** 2003. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemi Entegrasyonu: Gökçeada ve Bozcaada Örneği, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü İnşaat Fakültesi, İstanbul.
- Campbell, J. B,** 1987. Introduction to Remote Sensing The Guilford Pres, New USA
- Congalton, R G,** 1991. A Review of Remote Sensing Data, *Remote Sensing of Environment*, **37**: 35-46
- Crist E. P. and Kauth R. J,** 1986. The Tasseled Cap De-Mystified, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, **52**, **No. 1**, 81-86.
- Crist E. P. and Gcone R. C,** 1984. A Physically Based Transformation of Thematic Mapper Data-The TM Tasseled Cap, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, **22**, **No. 3**, 256-263.
- Erdas Field Guide,** 1997. Fourth Edition, Revised and Expanded, Erdas Inc., Atlanta, USA
- Gibson, P. J. and Power, C. H,** 2000. Introductory Remote Sensing Digital Image Processing and Applications, Routledge, New York.
- Gong, P. and Howarth P,** 1990. The Use of Structural Information for Improving Land-Cover Classification Accuracies at the Rural-Urban Fringe, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, **56**, **No. 1**, 67-73.

- Guo, W, Watson, A, Li, D,** 2001a. Conjugated Linear Feature Enhancement by Conjugate Directional Filtering *IASTE International Conference on Visualization, Imaging and Image Processing*, Marbella, Spain
- Guo, W, Watson, A, Li, D,** 2001b. Modified Conjugated Directional Filtering for Linear Enhancement, *The IEEE International Symposium on Signal Processing and Information Technology*, Cairo, Egypt.
- Guo, W, Watson, A, Li, D,** 2001c. Directional Filtering as a Multi-Purpose Tool in Image Processing *International Conferences on Info-tech& Info-net*, Beijing China.
- Jahne, B,** 1991. Digital Image Processing Concept, Algorithms, and Scientific Applications, Springer, Berlin
- Jensen, J. R,** 1996. Introductory Digital Image Processing A Remote Sensing Perspective, Prentice Hall, USA
- Jia X and Richards, J. A,** 1999. Remote Sensing Digital Image Analysis New-York: Springer, Berlin
- Kavak, K S and İnan, S,** 2002. Enhancement Facilities of SPOT XS Imagery in Remote Sensing Geology-an Example from the Sivas Tertiary Basin, *International Journal of Remote Sensing*, **23**, No. 4, 701-710.
- Lillesand, T. M and Kiefer, R. W,** 2001. Remote Sensing and Image Interpretation, Wiley&Sons, New York
- Mather, P. M,** 1993. Computer Processing of Remote Sensing Images, Prentice Hall, USA
- Musaoglu, N,** 1999. Elektro-Optik ve Aktif Mikrodalga Algılayıcılarından Elde Edilen Uydu Verilerinden Orman Alanlarında Meşcere Tiplerinin ve Yetiştirme Ortam Birimlerinin Belirlenme Çanakları, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Örmeci, C,** 1987. Uzaktan Algılama (Temel Esaslar ve Algılama Sistemleri), İ.T.Ü Mühürsası, İstanbul.
- Pratt, W K,** 1991. Digital Image Processing, Wiley, New York
- Russ, J. C,** 1999. The Image Processing Handbook, FL: CRC Pres, Boca Raton

Richards, J. A., 1993. Remote Sensing Digital Image Analysis, An Introduction (Second, Revised and Enlarged Edition), Springer-Verlag Berlin

Sabins, F. E., 1996. Principles and Interpretation, W. H. Freeman & Co., New York

Saroğlu, E., 2002. Uzaktan Algılamada Sınıflandırma Problemi, *Lisans Bitirme Tezi*, İ. T. Ü İnşaat Fakültesi, İstanbul.

Schowengerdt, R. A., 1997. Remote Sensing Models and Methods for Image Processing Academic Press, San Diego.

Schröder, M., Bennartz, R., Schüller, L., Preusker, R., Albert, P., Fischer, J., 2002, Generating Cloudmasks in Spatial High Resolution Observations of Clouds using Texture and Radiance Information, *International Journal of Remote Sensing*, **23**, No. 20, 4247-4261.

Sunar, E., 1996. Uzaktan Algılamada Uzaysal Filtrelene ve Bir Uygulama, *İnşaat Müh. Bilgisayar Kullanım II. Sempozyumu*, İ. T. Ü İnşaat Fakültesi, İstanbul, Türkiye, 17-19 Haziran

URL 1: <http://www.ccrs.mrcan.gc.ca> (En son ziyaret edile tarihi, 12.03.2004).

URL 2: <http://www.nature.berkeley.edu> (En son ziyaret edile tarihi, 08.12.2004).

URL 3: <http://www.cmis.csiro.au> (En son ziyaret edile tarihi, 02.10.2004).

URL 4: <http://www.sedac.ciesin.columbia.edu>
(En son ziyaret edile tarihi, 05.11.2004).

URL 5: <http://www.gislab.ktu.edu.tr> (En son ziyaret edile tarihi, 19.02.2005).

EK A

Tablo A.1. Laplaci an kenar zenginleştirme görüntüsünün hata matrisi

Referans Verisi									
Sınıflandırma Verisi	Su	Orman	Yeşil Alan	Tarım Alanı	Yerleşim	Sanayi	Yol	Taş Ocağı	Satır Toplam
Su	4	0	1	0	0	0	1	0	6
Orman	0	15	2	0	0	0	0	0	17
Yeşil Alan	0	15	146	9	7	0	6	0	183
Tarım Alanı	0	0	4	15	2	1	2	1	25
Yerleşim	0	0	1	0	6	0	0	0	7
Sanayi	0	0	0	0	12	5	2	0	19
Yol	0	0	1	0	0	0	2	0	3
Taş Ocağı	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sütun Toplam	4	30	155	24	27	6	13	1	260

Tablo A.2. Laplaci an kenar zenginleştirme görüntüsünün doğruluk analizi

Sınıf Adı	Referans Toplam	Sınıflandırılmış Toplam	Doğru Nokta Sayısı	Üretici Doğruluğu	Kullanıcı Doğruluğu
Su	4	6	4	%100.00	%66.67
Orman	30	17	15	%50.00	%88.24
Yeşil Alan	155	183	146	%94.19	%79.78
Tarım Alanı	24	25	15	%62.50	%60.00
Yerleşim	27	7	6	%22.22	%85.71
Sanayi	6	19	5	%83.33	%26.32
Yol	13	3	2	%15.38	%66.67
Taş Ocağı	1	0	0	---	---
Toplam	260	260	193		

Genel sınıf doğruluğu= % 74.23 (Laplaci an kenar zengileştirme görüntüsünün)

Genel kappa doğruluğu = 0.54 (Laplaci an kenar zengileştirme görüntüsünün)

Tablo A.3. Yüksek frekanslı bileşenleri güçlendirilmiş görüntünün hata matrisi

		Referans Verisi							
Sınıflandırma Verisi	Su	Orman	Yeşil Alan	Tarım Alanı	Yerleşim	Sanayi	Yol	Taş Ocağı	Satır Toplam
Su	5	0	0	1	0	0	0	0	6
Orman	0	30	10	1	0	0	0	0	41
Yeşil Alan	0	1	132	12	2	0	0	0	147
Tarım Alanı	0	0	13	14	2	1	1	0	31
Yerleşim	0	0	2	0	11	0	3	0	16
Sanayi	0	0	0	1	4	7	1	1	14
Yol	0	0	0	0	0	0	4	0	4
Taş Ocağı	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Sütun Toplam	5	31	157	29	19	8	10	1	260

Tablo A.4. Yüksek frekanslı bileşenleri güçlendirilmiş görüntünün doğruluk analizi

Sınıf Adı	Referans Toplam	Sınıflandırılmış Toplam	Doğru Nokta Sayısı	Üretici Doğruluğu	Kullanıcı Doğruluğu
Su	5	6	5	%100.00	%83.33
Orman	31	41	30	%96.77	%73.17
Yeşil Alan	157	147	132	%84.08	%89.80
Tarım Alanı	29	31	14	%48.28	%45.16
Yerleşim	19	16	11	%57.89	%68.75
Sanayi	8	14	7	%87.50	%50.00
Yol	10	4	4	%40.00	%100.00
Taş Ocağı	1	1	0	---	---
Toplam	260	260	203		

Genel sınıf doğruluğu= % 78.08

Genel kappa doğruluğu = 0.65

ÖZGEÇMİŞ

1973 yılında Lüleburgaz'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Lüleburgaz'da sırasıyla Cumhuriyet İlkokulu ve Lüleburgaz Lisesinde tamamladı. 1995-1997 yılları arasında Trakya Üniversitesi, Edirne MYO Harita-Kadastro bölümünde önlisans eğitimi tamamladı. 1997 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü'nde lisans eğitime başladı. Temmuz 2000'de mezun oldu. 2001-2002 öğretim yılında İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı, Geomatik Mühendisliği programında yüksek lisans eğitime başladı.