

**T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
EKONOMETRİ ANABİLİM DALI
EKONOMETRİ PROGRAMI
DOKTORA TEZİ**

**ÇOK DEĞİŞKENLİ İSTATİSTİKSEL BOYUT
İNDİRGEME YAKLAŞIMI İLE GÖRÜNTÜ İŞLEME
ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA**

Efe SARIBAY

Danışman

Doç. Dr. Kadir ERTAŞ

İZMİR - 2022

TEZ ONAY SAYFASI



YEMİN METNİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “Çok Değişkenli İstatistiksel Boyut İndirgeme Yaklaşımı İle Görüntü İşleme Üzerine Bir Araştırma” adlı çalışmanın, tarafımdan, akademik kurallara ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

Tarih

17/01/2022

Efe Sarıbay



ÖZET

Doktora Tezi

Çok Değişkenli İstatistiksel Boyut İndirgeme Yaklaşımı İle Görüntü İşleme

Üzerine Bir Araştırma

Efe SARIBAY

Dokuz Eylül Üniversitesi

Sosyal Bilimler Enstitüsü

Ekonometri Anabilim Dalı

Ekonometri Programı

Çok bantlı uydu görüntülerinin analizi son yıllarda maden mühendisliği, jeodezi ve fotogrametri mühendisliği ve özellikle coğrafi bilgi sistemleri alanında yapılan çalışmalar sonucunda çok büyük bir önem kazanmıştır. Uydu görüntüsü bantlarının her birinde ayrı veri seti yapısı ile karşılaşılması sonucunda çok değişkenli istatistiksel analizin görüntü işleme ile birlikte uygulanması kaçınılmaz olmuştur.

Çok değişkenli boyut indirgeme yöntemlerinden anabileşenler analizi çok bantlı uydu görüntülerinde boyut indirgeyerek çalışılan bant sayısını oldukça başarılı bir şekilde azaltarak üzerinde inceleme ve yorumlama yapılabilecek anabileşen görüntüleri elde etmeyi sağlar. Klasik anabileşenler analizinde de elde edilen özdeğer ve özvektör yapısı, yük ve skorların grafikleri çok bantlı uydu görüntülerinin analizinde kullanılarak yorumlanabilir.

Çok bantlı uydu görüntülerinde sınıflandırma, ilgili görüntüdeki her piksel değerinin hangi özellik grubuna ait olduğunu belirleme işlemi olarak ifade edilmektedir. Bu sınıflama işlemi, ilgili görüntüde birbirine benzer coğrafi özellikleri belirlemek suretiyle görüntüleri sınıflandırma olarak da ifade edilmektedir. Sınıflandırma işleminde çoğunlukla nesnelerin spektral yansımaları dikkate alınarak yapılır. Sınıflandırmada esas amacı birbirine benze spektral özellik taşıyan görüntüleri gruplamaktır.

Bu çalışma kapsamında, çok değişkenli istatistiksel bir boyut indirgeme yöntemi olan anabileşenler analizi kullanılarak, İzmir iline ait LANDSAT-7

uydu görüntülerinin analizi ve karşılaştırılması yapılmıştır. Ayrıca seçilen bölgelerdeki coğrafi yapının karşılaştırılması için Anabileşenler Analizi uygulanmıştır. Uygulamanın son aşamasında ise, aynı görüntülere Faktör Analizi uygulanarak uydu görüntülerinin analizinde boyut indiregeme birbirine benzer görüntüleri sınıflamak yeni bir yaklaşım ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Çok Değişkenli Görüntü İşleme, Görüntü İyileştirme, Anabileşenler Analizi, Faktör Analizi .



ABSTRACT

Doctoral Thesis

Doctor of Philosophy(PhD)

A Study on Image Processing with Multivariate Statistical Dimension

Reduction Approach

Efe SARIBAY

Dokuz Eylül University

Graduate School of Social Sciences

Department of Econometrics

Econometrics Program

Analysis of multispectral image gained significant importance with the rise in the amount of studies in the areas of mining engineering, geodesy, photogrammetry engineering and especially geographical information systems. The combined usage of multivariate statistical analysis and image processing is unavoidable since different data structure is obtained from each one of the multispectral image.

Principal Components Analysis which is a multivariate dimension reduction methodology produces the principle component images on which observations and interpretations can be easily performed, by successfully reducing the number of layers that are worked on. By classical principles components analysis the obtained eigenvalue and eigenvector structure can be interpreted by using the graphics of the loads and scores in the analysis of the multispectral images.

In multi spectral satellite images, classification is expressed as the process of determining which feature group each pixel value in the related image belongs to. This classification process is also expressed as classifying images by identifying similar geographical features in the related image. In the classification process, it is mostly done by considering the spectral reflections of the objects. The main purpose of classification is to group images with similar spectral characteristics.

Within the scope of this study, the analysis and comparison of LANDSAT-7 satellite images of the province of Izmir were made by using the main component analysis, which is a multivariate statistical dimension reduction method. In addition, Principal Component Analysis was applied to compare the geographical structure in the selected regions. In the last stage of the application, a new approach has been put forward to classify images that are similar to each other by size reduction in the analysis of satellite images by applying Factor Analysis to the same images.

Keywords: Multivariate Image Processing, Image Enhancement, Principal Component Analysis, Factor Analysis.

ÇOK DEĞİŞKENLİ İSTATİSTİKSEL BOYUT İNDİRGEME YAKLAŞIMI İLE GÖRÜNTÜ İŞLEME ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI	ii
YEMİN METNİ	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	viii
TABLolar LİSTESİ	xii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xiv
EKLER LİSTESİ	xvi
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

GÖRÜNTÜ KAVRAMI VE SAYISAL GÖRÜNTÜNÜN TEMELLERİ

1.1. GÖRÜNTÜNÜN OLUŞUMU	3
1.2. BİLGİSAYARLI GÖRME	5
1.2.1 Görme Sistemleri	5
1.2.2 Görme Sistemlerinin Bileşenleri	6
1.2.3. Bilginin Rolü	7
1.2.4. İlgili Alanları ve Görev Sınıfları	8
1.3. MAKİNE GÖRMESİ	12
1.4. SAYISAL GÖRÜNTÜNÜN TEMELLERİ VE GÖRÜNTÜ İŞLEME	13
1.4.1. Sayısal Görüntü ve Çeşitleri	13
1.4.1.1. Sayısal Görüntü	13
1.4.1.2. Vektörel Görüntüler	14
1.4.1.3. Raster Görüntüler	15
1.4.2. Görüntü Çeşitleri	19
1.4.2.1. İkili Görüntü (Binary Image)	19
1.4.2.2. Gri Seviyeli Sayısal Görüntü (Gray Scale)	21

1.4.2.3. Renkli Sayısal Görüntü (Color Image)	21
1.4.2.3.1. RGB Renk Modeli	23
1.4.2.3.2. CMYK renk modeli	24
1.4.3. Görüntü İşleme	25
1.4.3.1. Görüntü İşleme Aşamaları	28

İKİNCİ BÖLÜM

UZAKTAN ALGILAMA

2.1. UZAKTAN ALGILAMA VE TEMEL ESASLARI	31
2.2. UZAKTAN ALGILAMA VERİLERİNİN ELDE EDİLMESİ	33
2.3. UZAKTAN ALGILAMADA ATMOSFERİK ETKENLER	34
2.4. UZAKTAN ALGILAMA VERİLERİNİN SPEKTRAL ÖZELLİKLERİ	35
2.5. UZAKTAN ALGILAMA GÖRÜNTÜLERİ	38
2.6. UZAKTAN ALGILAMADA ÇÖZÜNÜRLÜK	41
2.6.1. Konumsal Çözünürlük	42
2.6.2. Spektral Çözünürlük	43
2.6.3. Radyometrik Çözünürlük	45
2.6.4. Zamansal Çözünürlük	46
2.7. UZAKTAN ALGILAMADA GÖRÜNTÜ ANALİZ SİSTEMLERİ	47
2.7.1. Ön İşlem	48
2.7.2. Görüntü İyileştirme	51

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MATEMATİKSEL VE İSTATİSTİKSEL ALTYAPISI İLE

ANABİLEŞENLER ANALİZİ VE ÇOK BANTLI UYDU

GÖRÜNTÜLERİNDE BİR UYGULAMA

3.1. LİTERATÜR TARAMASI	53
3.2. VERİ MATRİSİ VE ELEMANLARI	57
3.3. BAZI İSTATİSTİKSEL TANIMLAR	61
3.4. MATRİSLER ÜZERİNDE BASİT İSTATİSTİKSEL HESAPLAMALAR	62
3.5. ÇOK BANTLI UYDU GÖRÜNTÜLERİ	66

3.5.1. Çok Bantlı Uydu Görüntülerinin İstatistiksel Alt Yapısı Ve Çok Bantlı Uydu Görüntülerinde Anabileşenler Analizi	66
3.5.2. Çok Bantlı Uydu Görüntüleri Ve 3 Boyutlu Genel Gösterimi	66
3.5.3. Çok Bantlı Uydu Görüntülerinin 3 Boyutlu Genel Gösterimi Üzerine Doğrusal Cebir Notasyoları	68
3.5.4. Çok Boyutlu Görüntülerin Yeniden Düzenlenerek İki Boyutlu Hale Dönüştürülmesi	70
3.5.5. Üç Boyutlu Görüntüler İçin Anabileşenler Analizinde Yüklerin Ve Skorların İncelenmesi	75
3.6. UYGULAMA	76
3.6.1. Çok Bantlı Uydu Görüntülerinin Anabileşenler Analizi Sonuçları Bölgelere ilişkin çok bantlı uydu görüntülerinin Anabileşenler analizi sonuçları aşağıda ifade edilmiştir.	77
3.6.1.1. Alsancak Bölgesinin Anabileşenler Analizi Sonuçları	77
3.6.1.2. Bakırçay Bölgesinin Anabileşenler Analizi Sonuçları	80
3.6.1.3. Balçova Bölgesinin Anabileşenler Analizi Sonuçları	83
3.6.1.4. Karşıyaka Bölgesinin Anabileşenler Analizi Sonuçları	86
3.6.1.5. Menderes Bölgesinin Anabileşenler Analizi Sonuçları	89
3.6.1.6. Güzelhisar Bölgesinin Anabileşenler Analizi Sonuçları	96
3.6.1.7. Tahtalı Bölgesinin Anabileşenler Analizi Sonuçları	98
3.6.1.8. Urla Bölgesinin Anabileşenler Analizi Sonuçları	101
3.6.2. Çok Bantlı Uydu Görüntülerinin Faktör Analizi Sonuçları	104
SONUÇ	107
KAYNAKÇA	109
EKLER	

KISALTMALAR

DN	Digital Number
ERTS	Earth Resources Technology Satellite
ETM	Enhanced Thematic Mapper Plus
KYM	kırmızı, yeşil ve mavi
MSS	Multispectral Scanning System
RBV	Return Beam Vidicon
T.C.	Türkiye Cumhuriyeti
TM	Tematik Mapper



TABLULAR LİSTESİ

Tablo 1: İnsan Görmesi ve Bilgisayarlı Görmenin İşlevsel Bileşenleri	s. 7
Tablo 2: Bilgisayarlı Görmede Karşılaşılan Görev Sınıfları	s. 9
Tablo 3: CMYK Renk Modelinde Diğer Renklerin Elde Edilmesi	s. 25
Tablo 4: Landsat Uydularının Özellikleri	s. 40
Tablo 5: ETM+ Algılayıcısının Özellikleri ve Bantlara Göre Uygulama Alanları	s. 41
Tablo 6: Varyans – Kovaryans Matrisi	s. 78
Tablo 7: Korelasyon Matrisi	s. 78
Tablo 8: Varyans Açıklama Yüzdeleri ve Özdeğerler	s. 79
Tablo 9: Özvektörler	s. 79
Tablo 10: Yükler Matrisi	s. 79
Tablo 11: Varyans – Kovaryans Matrisi	s. 81
Tablo 12: Korelasyon Matrisi	s. 81
Tablo 13: Varyans Açıklama Yüzdeleri ve Özdeğerler	s. 82
Tablo 14: Özvektörler	s. 82
Tablo 15: Yükler Matrisi	s. 82
Tablo 16: Varyans – Kovaryans Matrisi	s. 84
Tablo 17: Korelasyon Matrisi	s. 84
Tablo 18: Varyans Açıklama Yüzdeleri ve Özdeğerler	s. 84
Tablo 19: Özvektörler	s. 85
Tablo 20: Yükler Matrisi	s. 85
Tablo 21: Varyans – Kovaryans Matrisi	s. 87
Tablo 22: Korelasyon Matrisi	s. 87
Tablo 23: Tablo Varyans Açıklama Yüzdeleri ve Özdeğerler	s. 88
Tablo 24: Özvektörler	s. 88
Tablo 25: Yükler Matrisi	s. 88
Tablo 26: Varyans – Kovaryans Matrisi	s. 90
Tablo 27: Korelasyon Matrisi	s. 90
Tablo 28: Varyans Açıklama Yüzdeleri ve Özdeğerler	s. 91
Tablo 29: Özvektörler	s. 91
Tablo 30: Yükler Matrisi	s. 91

Tablo 31: Varyans – Kovaryans Matrisi	s. 96
Tablo 32: Korelasyon Matrisi	s. 96
Tablo 33: Varyans Açıklama Yüzdeleri ve Özdeğerler	s. 97
Tablo 34: Özvektörler	s. 97
Tablo 35: Yükler Matrisi	s. 97
Tablo 36: Varyans – Kovaryans Matrisi	s. 99
Tablo 37: Korelasyon Matrisi	s. 99
Tablo 38: Varyans Açıklama Yüzdeleri ve Özdeğerler	s. 100
Tablo 39: Özvektörler	s. 100
Tablo 40: Yükler Matrisi	s. 100
Tablo 41: Varyans – Kovaryans Matrisi	s. 102
Tablo 42: Korelasyon Matrisi	s. 102
Tablo 43: Varyans Açıklama Yüzdeleri ve Özdeğerler	s. 102
Tablo 44: Özvektörler	s. 103
Tablo 45: Yükler Matrisi	s. 103
Tablo 46: KMO - Bartlett Test Sonucu	s. 105
Tablo 47: Varyans Açıklama Yüzdeleri	s. 106
Tablo 48: Döndürülmüş Bileşen Matrisi	s. 106

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Gözünün Yapısı	s. 4
Şekil 2: Görüntü Sistemleri İlişkisi ve Uygulama Alanları	s. 12
Şekil 3: Sayısal Görüntüden Sayısal Görüntü İşlemeye Geçiş	s. 13
Şekil 4: Vektörel Görüntüyü Oluşturan Esas Şekiller	s. 15
Şekil 5: Görüntünün Sayısal Gösterim Modeli	s. 18
Şekil 6: Renkli Bir Fotoğraftaki Piksel Yapısı	s. 19
Şekil 7: İkili Görüntü ve Matris Gösterimi	s. 20
Şekil 8: Gri Seviyeli Görüntü	s. 21
Şekil 9: Kırmızı, mavi, yeşil (RGB) renkli görüntü kübü	s. 22
Şekil 10: RGB renk modelleri	s. 24
Şekil 11: CMYK renk modelleri	s. 25
Şekil 12: İnsan gözünün Görebileceği Elektro Manyetik Dalga Boyu Aralığı	s. 27
Şekil 13: Görüntü İşlemede Akış Şeması	s. 29
Şekil 14: Bazı Maddelerin Spektral Yansımalarının Grafik Olarak Gösterimi	s. 37
Şekil 15: Konumsal Çözünürlük Kavramı	s. 43
Şekil 16: Radyometrik Çözünürlük Örneği	s. 46
Şekil 17: Zamansal Çözünürlüğe İlişkin Yangın Öncesi ve Sonrası Görüntü	s. 47
Şekil 18: M Bantlı IxJ Boyutlu Bir Görüntünün Geometrik Gösterimi	s. 67
Şekil 19: M Bantlı IxJ Boyutlu Bir Görüntüden Değişkene Bağlı ve Piksele Bağlı Ortalama ve Standart Sapmaların Elde Edilmesi	s. 70
Şekil 20: 2048x1546 boyutlu Bir Sayısal Görüntü	s. 71
Şekil 21: Çok Bantlı (üç boyutlu) A görüntüsünün İki Boyutlu Gösterimi	s. 73
Şekil 22: Alsancak Bölgesinin Orijinal ve Anabileşenler Analizi Görüntüleri	s. 80
Şekil 23: Bakırçay Bölgesinin Ham ve Anabileşenler Görüntüleri	s. 83
Şekil 24: Balçova Bölgesinin Ham ve Anabileşenler Görüntüleri	s. 86
Şekil 25: Karşıyaka Bölgesinin Ham ve Anabileşenler Görüntüleri	s. 89
Şekil 26: Menderes Bölgesinin Ham ve Anabileşenler Görüntüleri	s. 92
Şekil 27: Menderes Bölgesinin Birinci Bantının Görüntüsü Ve Histogramı	s. 93
Şekil 28: Menderes Bölgesinin İkinci Bantının Görüntüsü Ve Histogramı	s. 93
Şekil 29: Menderes Bölgesinin Üçüncü Bantının Görüntüsü Ve Histogramı	s. 94
Şekil 30: Şekil Birinci Anabileşeninin Görüntüsü Ve Histogramı	s. 94

Şekil 31: İkinci Anabileşenin Görüntüsü ve Histogramı	s. 95
Şekil 32: Üçüncü Anabileşenin Görüntüsü ve Histogramı	s. 95
Şekil 33: Güzelhisar Bölgesinin Ham ve Anabileşenler Görüntüleri	s. 98
Şekil 34: Tahtalı Bölgesinin Ham ve Anabileşenler Görüntüleri	s. 101
Şekil 35: Urla Bölgesinin Ham ve Anabileşenler Görüntüleri	s. 104



EKLER LİSTESİ

EK 1: Menderes Bölgesinin Anabileşenler Analizine İlişkin Matlab Kodları ek s. 1

EK 2: Çok Bantlı Uydu Görüntülerine Faktör Analizi Uygulamak Amacıyla
Veri İşlemek için Oluşturulan Matlab Kodları ek s. 2



GİRİŞ

Farklı tekniklerle dijital ortama aktarılmış görüntüler ve sanal ortamda çeşitli programlama dilleri ve yazılımlar kanalıyla oluşturulmuş çizim ve tasarımların tamamı sayısal görüntü olarak ifade edilmektedir. Günümüzde gelişmiş üst düzeydeki yazılımlar yardımıyla bilgisayarda görüntü işlemek için ilk olarak görüntünün bilgisayar ortamına işlenebilir bir duruma getirilmesi gerekmektedir. Bu dönüşüm dijitalleştirme (sayısallaştırma) olarak adlandırılır.

Tezin birinci bölümünde bilgisayarlı görme, makine görmesi ile sayısal görüntünün temelleri ve görüntü işleme kavramları ele alınmıştır. Görüntü işleme belirli bir kaynak yardımıyla elde edilmiş veya kaydedilmiş olan sayısal görüntü verilerini, bilgisayar ve yazılımlar yardımı ile istenilen amaca en uygun bir şekilde ele alarak analiz etme işlemi olarak tanımlanmaktadır. Görüntü işleme, genellikle uydu ve benzeri kaynaklar yardımıyla elde edilen görüntülerden bilgi çıkarmak, görüntüleri iyileştirmek ve hatta üzerinde farklı matematiksel ve istatistiksel yöntemlerin uygulanmasıyla birlikte yeni görüntüler elde etmek amacıyla kullanılır.

İnsanoğlu içinde yaşadığı yeryüzünün bir parçası olarak ihtiyaçlarının büyük bir çoğunluğunu direkt olarak doğal çevreden elde etmektedir. 19. Yüzyılın sonlarına doğru havacılık ve uzay alanındaki teknolojinin inanılmaz bir şekilde gelişmesiyle birlikte sorunların çözümüne ulaşmak “Uzaktan Algılama” adlı yöntemle havadan ve uzaydan elde edilen görüntülerin işlenmesi, analiz edilmesi ve yorumlanması sonucu birçok alanda yeni bilgiler elde edilmiştir. Uzaktan algılamada kavramı ile ayrıntılı açıklamalar tezin ikinci bölümünde yer almaktadır.

Çok değişkenli istatistiksel analizler kapsamında boyut indirgeme yöntemlerinin kullanılması son yıllarda büyük önem kazanmıştır. Bu yöntemlerden en bilineni ve yaygın kullanılan Anabileşenler Analizi olarak adlandırılmaktadır. Analizlerde elimizdeki çok sayıda değişkenin varlığı 3 boyutlu uzay sınırları altında yorum yapmayı güçleştirdiğinden dolayı, 2 veya en fazla 3 boyutlu uzayda verileri anabileşenler analizi yardımıyla indirmek suretiyle kolay yorum yapma imkânı açılmaktadır.

Çok bantlı uydu görüntülerinin son yıllarda çok sayıda kullanım alanlarının ortaya çıkması sebebiyle bantlardaki veri yapılarının ayrıntılı olarak incelenmesinin

önemi olması artmıştır. Çok bantlı uydu görüntülerinin her bir bantında ayrı bir veri seti yapısının ortaya çıkması sebebiyle yapılan istatistiksel analizlerde çok değişkenli istatistiksel analizlerin kullanılması gerekliliği kaçınılmaz olmuştur. Çok değişkenli görüntü işleme başlığı altında yer alan bu istatistiksel analizler ve genel kavramlar yer almaktadır.

Çalışmanın kısmında ise Landstat 7 uydu görüntüleri ele alınarak çok değişkenli boyut indirgeme yöntemi olan anabileşenler analizi adım adım anlatılarak çok bantlı uydu görüntüleri üzerinde bu yöntem Matlab2022 ve İdrisi Selva programı yardımıyla uygulanmıştır. Anabileşeler analizi sonucunda elde edilen özdeğer, özvektör, yük ve skorların ayrıntılı incelemeleri yapılarak görüntü iyileştirmesi ve özellik çıkarılmasıyla birlikte yorumlanmıştır. Son olarak da çok değişkenli istatistiksel analiz yöntemlerinden biri olan Faktör Analizi uygulaması ile çok bantlı uydu görüntülerinin analizinde yeni bir yaklaşım ortaya konulmuştur.

BİRİNCİ BÖLÜM

GÖRÜNTÜ KAVRAMI VE SAYISAL GÖRÜNTÜNÜN TEMELLERİ

1.1. GÖRÜNTÜNÜN OLUŞUMU

Göz, beynimizin dışarıdaki dünya ile iletişim kurmasını sağlayan en önemli organımız olarak bilinmektedir. Buna karşılık gözümüz görme duyusunun oluşumunda yalnızca bir araç olarak ifade edilmektedir. Görme duyusunun dış dünyayı algılayabilmek için en işlevli duyu olduğu açıktır. Zihin çoğu bilgiyi, kişiyi eşyayı görüntüsüyle hafızada tutar. Benzetme ve çağrışım yaptırma yeteneği en çok görsellikte vardır. Tasvir yapılırken olguların görselliği kullanılır.

Çevremizi algılayabilmek; çevreyle ilişki kurabilmek için biz canlılara verilmiş çok önemli bir yetenektir. Gelişmiş canlılarda algı için duyu organları vardır. Eski çağlarda insanların bilgilerini aktarabilmek için gördüklerini mağaralara çizmişlerdir. Çünkü kişiden kişiye değişmeyen, zamandan zamana değişmeyen tek şey görselliktir.

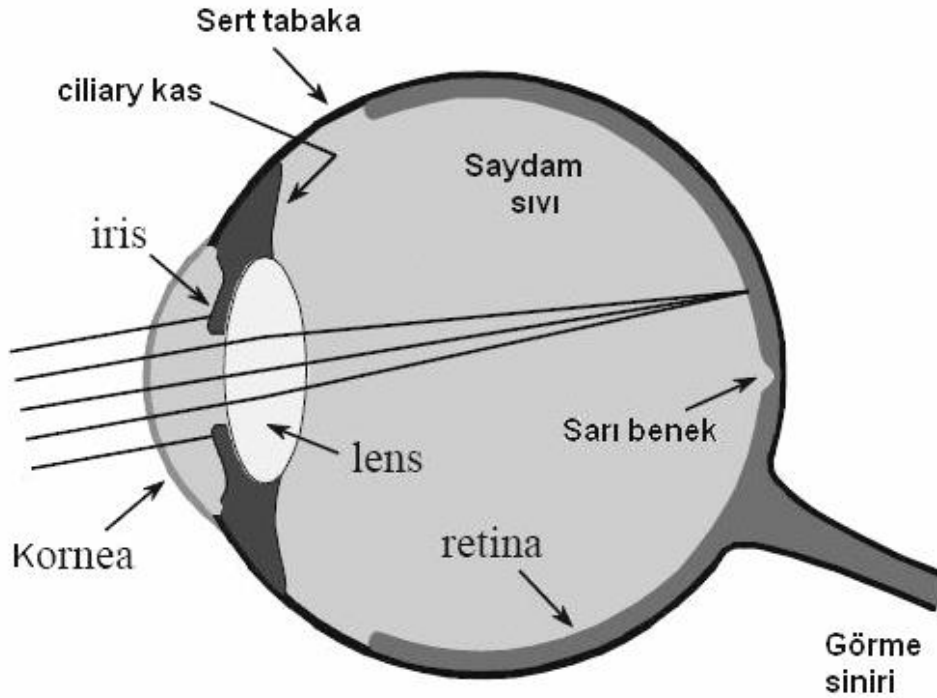
Görme eyleminin gerçekleştiği bölgenin beynimizin derinliklerinde bir yerde gizli olduğu bilinmektedir. Cisimlerden yansıyan ışıklar gözümüzdeki saydam tabaka olarak bilinen kornea ve bu saydam tabaka içerisindeki mercek olarak ifade edilen “lens” tarafından gözün arka tabakasındaki bulunan ve sinir liflerinin yer aldığı tabakada odaklandıktan sonra beynimize aktarım işlemi gerçekleştirilir. Göze gelen ışık ışınları ilk olarak saydam tabaka olarak bilinen kornea ve gözbebeği daha sonrada lens olarak ifade edilen mercekten geçer. Korneanın kıvrımlı üst bölümü ve lens birlikte ışınları kırar ve daha sonrasında nesnenin ters çevrildikten sonra retinaya bölgesine ulaşır. Işığa duyarlı hücreler, ışığı elektrik sinyallerine çevirmek suretiyle sinir uçlarına sinyal yollarlar. Retinadan aktarılan nesnenin görüntüsü orijinal görüntüye göre hem ters olarak gelir ve ters taraflıdır. Fakat beynimiz nesnenin görüntüsünü yeniden yorumlayarak nesnenin görüntüsünün tekrardan düz hale gelmesini sağlar (Mayo Clinic, 1995, 436).

Görme işleminin gerçekleşmesi aşamasında bir saniyelik süre içerisinde ortaya çıkan işlem sayısı üst düzey donanıma sahip bilgisayarlarının bile gerçekleştiremeyeceği kadar hızlıdır. Bu kadar hızlı olmasının yanında görme işleminin en ilginç özelliği ağ tabakasına gelen görüntünün ters olması ve bu

görüntünün beynimizin optik merkezinde tekardan düzgün haline getirmesidir. Elektrik sinyallerinden meydana gelen iletinin beynimiz tarafından nasıl tam tersi bir şekilde ele alınıp değerlendirilmesi henüz hala günümüzde de cevaplandırılmamış bir soru olarak karşımıza çıkmaktadır (Guyton 1986:1012).

Mercek yardımıyla ağ tabakası olarak da ifade edilen retinada odaklanmış olan görüntü elektrik sinyallerine çevrilmesi işleminden sonra saniyenin binde biri kadar kısa bir süre içinde optik sinirler yardımıyla beynimize ulaştırılır. İki gözümüzden ayrı ayrı gelen elektrik sinyalleri, ilgili görüntüdeki nesnenin (canlı veya cansız varlık) tüm özellikleri içinde barındırır. Daha sonraki aşamada beynimiz iki ayrı gözümüzden gelen iki ayrı görüntüyü tek bir görüntü haline getirir. Yine beynimiz ilgili görüntünün şeklini ve rengini belirleyerek nesnenin görüntüsünün gözmüzdene ne kadar uzakta olduğunun ölçümünü yaparak hesaplar. Tüm bu aşama ve işlemlerden sonra görüntüyü algılayan ve gören organımızın göz gibi görünse de esasında tüm bu işlemleri yapan organımızın beynimizin olduğu açıkça görülmektedir (Temel Britanicca, 207).

Şekil 1: Gözünün Yapısı



Kaynak: Smith W.S., 1999.

Hafızamızda nesnelere görüntülerini bazıları depolanır. Belleğimizde depolanan bu görüntüler daha sonra kullanılmak üzere sık sık tekrardan görüntülemek amacıyla açılır. Örneğin, bir bebek görmüş olduğu su bardağını hafızasına kaydederek hafızasında su bardağının görüntüsüne ait bir dosya oluşturur. Yine aynı bebek daha sonra bir su bardağı gördüğünde hafızasında çatala ait görüntü otomatik olarak kayıtlı olduğu dosyadan çıkartılmak suretiyle yeni su bardağı görüntüsü ile kıyaslama yolu izlenir. Böylelikle bebek gördüğü nesnenin su bardağı olduğuna karar verir. Bebekler için ifade edilen bu görüntü depolama ve tekrardan algılama ve karar verme işleme aşlında tüm insanların beyinleri tarafından günlük hayatta otomatik olarak yapılmaktadır. Herhangi bir görüntü ile karşılaştığımızda, bu görüntü hafızamızda kayıtlı olan arşiv görüntüleri kıyaslanır. Bu kıyaslama işlemi sonucunda yeni görüntünün ne olduğuna karar verme işlemi gerçekleşir. Bu işlemlerin yapıldığı alan çağrışım alanı olarak adlandırılır.

Çağrışım alanı hareketli görüntülerin algılanmasına da olanak sağlar. Hareket halinde bir cisim veya nesne gördüğümüzde, hafıza işlemi bu hareketi hafızaya almaya başlar ve kaydetme işlemi gerçekleştirir. Bunun amacı daha sonra benzer bir hareketi algılamak amacıyla karşılaştırma işlemi yapılmasına olanak sağlamaktır. Film şeridinde olduğu gibi cisimlerin hareketleri peşi sıra kaydedilir ve bir fotoğraf serisi oluşturulur. Böylelikle cismin mevcut konumu ile bir önceki konumu karşılaştırılması ile birlikte hareket olgusunun zihinde oluşumu işlemi gerçekleştirilmiş olur.

1.2. BİLGİSAYARLI GÖRME

1.2.1 Görme Sistemleri

Görüntüleme, 3-boyutlu nesnelere mevcut özelliklerini 2-boyutlu bir uzayda temsil etme amacını içermektedir. Görüntülenen nesnelere 3-boyutlu uzaydaki nitelikleri yalnız görüntü işleme ve analiz yöntemleri kullanılması yoluyla belirlenebilir veya tahmin edilebilir. Görme sistemleri ilk olarak cismin veya nesnenin görüntüsünün elde edilmesi, gerekiyorsa yeniden biçimlendirilmesi, kayıt edilmesi ve daha sonra da gerekiyorsa görüntü işleme aşamalarından sonra elde edilen sonuçlara göre yeni görüntülerin elde edilmesine ilişkin bütün aşamaları içerir.

1.2.2 Görme Sistemlerinin Bileşenleri

Görme sistemleri, daha önce ifade edilen bütün aşamalar birlikte düşünüldüğünde karmaşık sistemler olarak ifade edilmektedir. Bu nedenden dolayı, görme sistemlerini aşağıdaki gibi işlevsel bileşenlere ayırmak suretiyle incelemek sistemlerin öğrenilip geliştirilmesi açısından önem arz etmektedir. (Jahne ve Hau Becker H.: 2000: 15)

- Radyasyon (ışık) kaynağı,
- Kamera,
- Sensör,
- İşlem birimi,
- Aktörler.

Radyasyon kaynağı, görüntülemek istediğimiz cisimlerle etkileşime girecek olan radyasyon veya bir başka ifadeyle ışımaya enerjisini üreten birim olarak ifade edilmektedir. Kameralar, nesnelerin yaydığı radyasyon enerjisini toplayan birim olarak tanımlanır. Sensörler, gelen enerjiyi çoğunlukla elektriksel boyuttaki uygun bir işarete dönüştüren eleman veya elemanlar dizisi olarak tanımlanır. Sensörlerin genel olarak analog ve dijital olarak iki farklı tipi mevcuttur. İşlem birimi ise, bu işareti işlemek suretiyle görüntüyü biçimlendirir ve diğer bir ifadeyle görüntü matrisini (istatistiksel analizde veri matrisi) oluşturur. Bununla birlikte işlem biriminde cisimlerin sınıflandırılması, gerekiyorsa özelliklerinin çıkarılması gibi ayrıntılı ve matematiksel ve istatistiksel teorik altyapı gerektiren hesaplamalar yapılır. Aktörler ise aktif görme ya da hareketli bir cismin takip edilmesinde olduğu gibi, görme sisteminin gözleme direkt olarak yanıt vermesi gerektiği durumlarda kullanılan ve görme sistemine yardımcı olarak bilinen kavramlar ve sistemler olarak ifade edilmektedir.

Tablo 1'de insan görmesi ve bilgisayarlı görmenin işlevlerine ilişkin bileşenleri ve birbirleriyle karşılaştırılması ifade edilmiştir.

Tablo 1: İnsan Görmesi ve Bilgisayarlı Görmenin İşlevsel Bileşenleri

GÖREV	İNSAN GÖRMESİ	BİLGİSAYARLI GÖRME
Görüntü Elde Etme	Işığın opak yüzeylerden yansımaları özelliğinden yararlanarak	<u>Enerjinin elektromanyetik, partiküler, veya akustik yayılım özelliklerinden yararlanarak (aktif veya pasif)</u>
Görüntü Biçimlendirme	Işığın kırılması özelliğinden yararlanan optik sistem aracılığıyla	Çeşitli sistemler aracılığıyla
Radyasyon (ışık) seviyesinin kontrolü	Göz merceğinin açıklığının (iris çapı) göz kasları aracılığıyla değiştirilmesi ile	Akort edilebilen filtreler, filtre çarkları ve motorlu aparatlar aracılığıyla
Odaklama	Odak uzaklığının göz kasları ile yer değiştirmesi ile	Çeşitli uzaklık ölçme prensibine dayanan otomatik odaklama sistemleri ile
Radyasyon(ışık) seviyesinin çözünürlüğü	Logaritmik ölçekli	Lineer veya logaritmik ölçekli. Lineer ölçekte çözünürlük 8-16 bit aralığında
Nesne İzleme	Göz küresinin yüksek hareket kabiliyeti ile	Tarayıcılar ve robot kamera ile
İşlem ve Analiz	Hiyerarşik olarak organize edilmiş biyolojik sinir ağları ile (paralel işleme)	Seri ve paralel işleme (yoğun olarak seri, nadiren paralel işleme)

Kaynak: Jahne B.; Haubecker H., 2000.

1.2.3. Bilginin Rolü

Bilgisayarlarda görme sistemleri oluşturulurken esas amaç, her aşamadaki işlemleri en yüksek seviyede otomatik halde yapılmasını sağlamaktır. Bunu gerçekleştirebilmek amacıyla, karar verme sürecinde çoğunlukla zamana ilişkin uygulamalar ile ilgili bilgiye mutlaka sahip olunması gerekmektedir. Ayrıca uygulamanın amacının ne olduğunun bilinmesi de büyük önem arz etmektedir.

Mevcut sistem tarafından kullanılan bilgi içerisinde, görüntülenen nesnenin özelliklerinin belirlenmesi amacıyla oluşturulan modeller, görüntü biçimlendirme metodları, nesne modelleri ve birden fazla nesne arasındaki ortak noktaları belirlemek amacıyla oluşturulan modelleri içermektedir. Elde edilen bu bilgiler kullanılmadan, bilgisayarlı görme sistemleri sadece az sayıda ki uygulama için ve sadece çok sınırlı bir bölgede çalışmak amacıyla tasarlanabilir. Bir başka açıdan bakıldığında, nesnelerin

özelliklerinin neler olduğunu belirlemek amacıyla ortaya konulacak bilginin yapısı, görme sisteminin amacına bağlı olduğu sonucunu ortaya çıkmaktadır. Burada elde edilen yanıtların nesnel ya da öznel karakterde olduğu görülür.

Bazı çalışmalarda 'ileride bir ağaç' var gibi kalitatif bir cevap yeterli olabilir. Ancak çoğunlukla, 'ne' ve 'nerede' sorularının yanıtları, örnekteki 'bir şey var' gibi nesnenin hangi sınıfa ait olduğunu ortaya koyan temel bir özelliğinden başlayarak, ilgilenilen nesnelerin çeşitli özelliklerinin detaylı bir şekilde irdelenmesine kadar geniş bir çerçeveyi içinde bulundurur. (Jahne ve Haubecker, 2000: 15).

1.2.4. İlgili Alanları ve Görev Sınıfları

Son yıllarda bilgisayarlı görme uygulamalarıyla ilgili olarak birçok bilimsel çalışmalar ve teknik alanla ilgili gelişmeler gerçekleştirilmiştir. Bunun sonucu olarak çeşitli bilimsel ve teknik alanlar için ayrı ayrı uygulama listeleri hazırlamak yerine, bir uygulamadan elde edilen bilgiyi ve yeni bir gelişmeyi başka birine iletmek amacı ile, çözülmesi gereken problemleri saptamak ve ayrıca onları özelliklerine göre gruplara ayırıp sınıflandırmanın daha yararlı olacağı sonucu ortaya çıkmaktadır.

İfade edilen bu yaklaşım çerçevesine bağlı olarak oluşturulan genel bir görev için sınıflandırma tablosu Tablo 2'de verilmiştir. Bu tabloda hem 2-boyutlu görüntülemeye hem de 3-boyutlu sanal görüntülemeye ilişkin olarak ifade edilen görevler ifade edilmiştir. Bu görevlerle ilgili uygulamalardan bazıları arasında, bilgisayarlı görüntü işleme, grafik tasarımı ve grafik tanımlanması ve yapay zekâ uygulamaları yer alır.

Bilgisayarla görme, teknolojik ve bilimsel anlamda ifade edilecek olursa makinelerin görebilmesi olarak açıklanabilir. El alınan cisimlerin görüntüleri, belirli bir süredeki görüntüleri içeren video parçaları, birden fazla kamereya içinde bulunduran sistemden alınan görüntüler ve ya tıp alanında son yıllarda büyük bir kullanım alanına sahip 3-boyutlu cihazlarda alınmış görüntüler olarak karşımıza çıkabilmektedir.

Bilgisayarla görme sistemleri, bilgisayarla görmedeki istatistiksel ve matematiksel teorik yapıların incelenmesiyle birlikte gerekli modellemelerinin

yapılması işlemlerini içinde barındırır. Bilgisayarla görme sistemleri aşağıdaki sistemleri içermektedir.

- Kontrol işlemleri (Endüstriyel robot veya şoförsüz araçlar)
- Algılama olayları (Görsel gözetim)
- Bilgilerin düzenlenmesi (Görüntü veritabanlarının sıralanması)
- Çevre ve Objeye Modellemesi (Endüstriyel denetim, tıbbi görüntü analizi)

Tablo 2: Bilgisayarlı Görmede Karşılaşılan Görev Sınıfları

GÖREVİN İLGI SAHASI	GÖREV
2-boyutlu ve 3-boyutlu nesne geometrisi	2-boyutlu nesnelerin konum, mesafe, büyüklük ve alan ölçümü
	3-boyutlu nesnelerin derinlik ve optik parametrelerinin ölçümü
	2-boyutlu nesnelerin biçimi ve şeklinin belirlenmesi
	3-boyutlu nesnelerin şeklinin belirlenmesi
Uzaktan Ölçme	Nesnelerin yansıtma ve florsan özelliklerinin ölçümü
	Renk ölçümü
	Sıcaklık ölçümü
	Hiperspektral görüntüleme
Hareket	2-boyutlu hareket alanının (yörünge) belirlenmesi
	3-boyutlu hareket alanının (yörünge) belirlenmesi
Uzaysal Yapı ve Doku	Kenarlar ve doğrular
	Yerel dalga numarası, ölçek
	Yerel yönelme(oryantasyon)
	Doku
Yüksek Düzeyli Görevler	Parça Ayrırma
	Nesne Ayırma
	Nesne Sınıflandırma
	Model, Bilgi Tabanlı Tanıma Hatırlatma
3 Boyutlu Modelleme	3-Boyutlu Nesne Tanıma
	3-Boyutlu Nesne Sentezleme
	Nesne İzleme

Kaynak: Jahne ve Haubecker, 2000: 20.

Görüntü işleme uygulamaları arasında; görüntülerdeki bilgilerin ortaya çıkartılması, sıkıştırma, düzeltme, gürültülerden kurtarma, bilgileri daha belirgin hale getirme veya kontrast değiştirme gibi düşük seviyeli işlemlerle; görüntünün bölütlenmesi veya nesnelere ayrılması, nesnelerin uygun yapılarda alt görüntüler

halinde ifade edilmesi, tanımlanması ve sınıflandırılması gibi orta seviyeli işlemleri; ve nesnelere algılanması ve tanınması gibi yüksek seviyeli işlemleri kapsar.

Bilgisayarlı grafik uygulamaları, doğru veya çember gibi geometrik şekillerden faydalanarak görüntülerin üretilmesi konularını içermektedir. Bu açıdan bakıldığında bilgisayarlı görme ve bilgisayarlı grafik uygulamalarında yapılan işlemler birbirinin tersi olarak ortaya çıkmaktadır. Bilgisayarlı görmede amaç cismin görüntüsünün analiz edilmesi iken, bilgisayarlı grafik uygulamalarında ise amaç cismin görüntüsünün sentezlenmesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bilgisayarlara dayalı olarak grafik oluşturma yöntemlerinin görüntülerin canlandırılmasında ve son yıllarda büyük bir gelişim gösteren sanal gerçeklikte çok önemli bir yere sahip olduğu görülmektedir (Jahne ve Haubecker, 2000: 21).

İki boyutlu ve üç boyutlu nesnelere ilişkin geometride görüntü işlemeye bağlı olarak gerçekleştirilen bilgi edinme adımlarına ilişkin literatürden, M. Kert ve E. Özdemir'in cismi üstünde alanın renk sayımına bağlı olarak tek kamera ile dairesel cisimlerin derinlik bilgisine ulaştıkları çalışma ve V.T. Pham ve W.M. A. Smeulders'in düzgün olmayan geometrik şekiller bulunduran görüntüleri ele aldığı çalışmaları verilebilir (Kert ve Özdemir 2005: 55; Pham ve Smeulders, 2005: 56)

Son yıllarda iki boyutlu ve üç boyutlu hareketlerin kontrolünü içinde bulunduran, görüntü işleme uygulamalarına ilerleyen teknolojik yapıyla birlikte mekatronik ve robotik alanlarında yapılan çalışmalarda sıklıkla karşılaşılmaktadır. Bu türden çalışmalarda özellikle sanayi alanında yer alan esnek üretim sistemlerinde kullanılan ve uygulanan çok sayıda uygulamada yer almaktadır. W. Zhenzhong, Z. Guangjun ve L. Xin 2 boyutlu bir hareket sisteminin konumlandırma ilişkin doğrulama işlemini makine görme sistemi ile denetledikleri çalışmalarında bu alana girebilecek yapıda içeren görevler olduğu görülmektedir (Zhenzhong ve diğerleri 2001).

İki boyutlu bir uzayda tanımlanan nesne izdüşümlerinin kullanılmasıyla ilgilenilen cismin 3 boyutlu modelini oluşturmak hem tıp alanında hem de endüstri alanında yapılan uygulama ve bilimsel çalışmalarda oldukça sıkça yer almakta ve büyük bir önem arz etmektedir. Tıp alanındaki çalışmalarda hastalığın teşhisinin konulması, endüstri alanında ise üretim denetiminin tam anlamıyla sağlanması ve özellikle kontrol edilmesi açısından önem taşımaktadır. Hu'nun daha önceki

çalışmasında tanımlamış olduğu sabit momentler yöntemini kullanarak 3 boyutlu nesne bir modeli geliştiren ve uygulayan J.A.M. Rodrigueza, A. Asundi ve R. Rodrigueza-Vera'nın yapmış oldukları bilimsel araştırmaları bu tarz görev tanımlamalarına iyi bir örnek olarak verilebilir (Chim ve diğerleri, 2005; Rodriguez ve diğerleri 2005).

Uzaysal yapıya ilişkin görevleri içeren çalışmaların ve doku analizi kapsamında görevlere ilişkin yapılan çalışmaların sıklıkla yüzey analiz sistemleri ve tıp alanında yapılan uygulamalar olduğu görülmektedir. Tıp alanında yapılan çalışmalarda kötü içerikli dokuların iki boyutlu görüntülerinin (röntgen, mamografi ve bilgisayarlı tomografi gibi) incelenmesi ve analizi ile tespit edilmesi buna bir örnek olarak verilebilir. S.Özekeş bilimsel çalışmasında tıp alanındaki elde edilen bilgisayar görüntüleri yardımıyla görüntü işleme adımlarını uygulayarak hastalıkların teşhisinde kolaylık sağlayacak sonuçları ortaya koymuş ve benzeri türden görevleri incelemiştir (Özekes, 2006: 20).

Bilgisayarla görme uygulamalarında ilişkin olarak sahnenin tekrar yapılandırılması (scene reconstruction), olayın algılanması, izlenmesi, nesne tanıma, nesne belirleme, nesne sıralama ve nesnelerin şekil onarımı gibi görüntü işleme analizlerinin kullanılabileceği aşamalarla da karşılaşılabilir.

Nesnelerin tanımlanmasına ilişkin uygulamalarda, temel ve ileri seviyede istatistiksel analizlerin kullanılmasının yanında, çeşitli alçak ya da orta seviyeli bilgisayarlı görme yöntemlerinin de bir algoritmik yapı içerecek şekilde kullanıldığı yüksek seviyeli görüntü işleme uygulamalarının da kullanıldığı görülmektedir. Endüstri alanında yapılan birçok uygulamada, buna benzer yapıda örnekler ile karşılaşmaktadır.

Yapay zekanın uygulanması, görüntülerin analiz edilmesi aşamasında veya görüntü işlemeye ilişkin sistemlerin tasarlanması aşamasında gerçekleşmektedir. Bilgisayarlı görmede çok önemli olan bu tarzdaki uygulamalar, üç aşamalı bir süreç içinde ele alınabilir (Jahne ve Haubecker, 2000: 29).

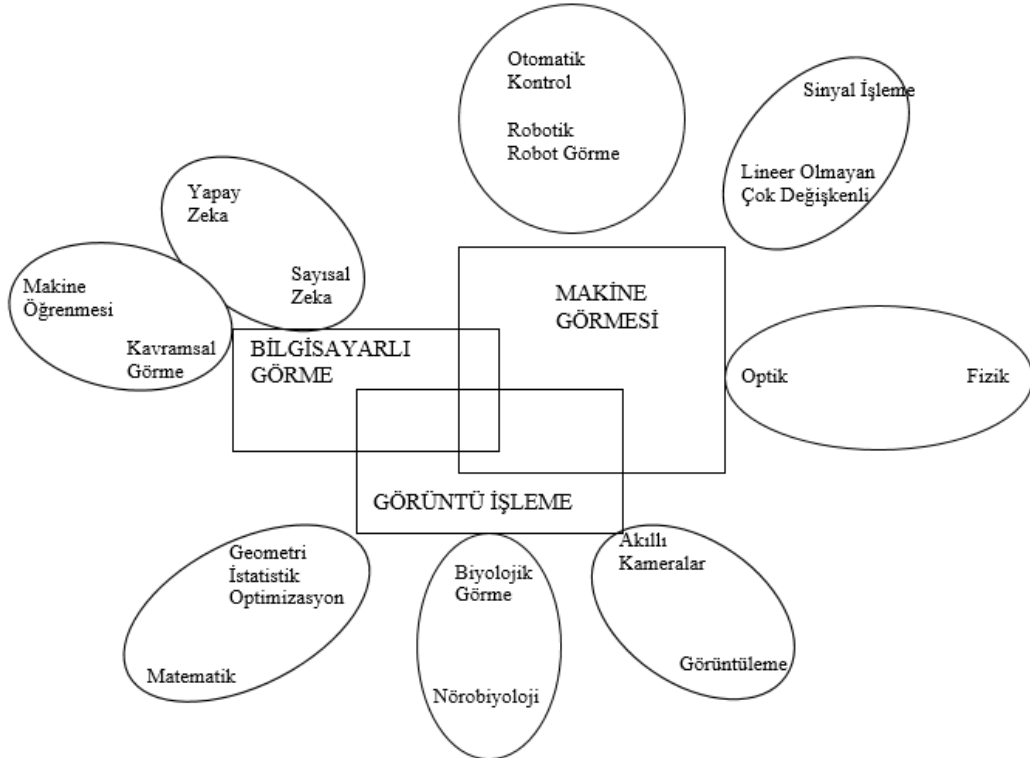
- Algılama,
- Tanıma,
- Aksiyon.

Algılama, mevcut işaretleri sembollere çevirmeyi, tanıma ise işaretlere çevrilen sembolleri işlemeyi ve son olarak da aksiyon da tanıma yoluyla işlenen bu sembolleri dış dünyada kullanılabilir uygun ve anlaşılır işaretlere dönüştürme aşaması olarak tanımlanır.

1.3. MAKİNE GÖRMESİ

Makine görüntü sistemleri, bilgisayarla görme sistemlerinin endüstri ve imalat alanlarındaki uygulaması olarak karşımıza çıkmaktadır. Bilgisayar görüşü, bir sistemin davranışlarını kontrol etmek üzere resim bilgisinin metin temelli girdilere alternatif olarak bir sisteme beslendiği bir alan olan yapay zekânın bir alt alanıdır. Bilgisayar görüşünde kullanılan bazı öğrenme yöntemleri yapay zekâ alanında geliştirilen öğrenme tekniklerine dayanmaktadır.

Şekil 2: Görüntü Sistemleri İlişkisi ve Uygulama Alanları



Kaynak: Wikipedia, 2020: 1

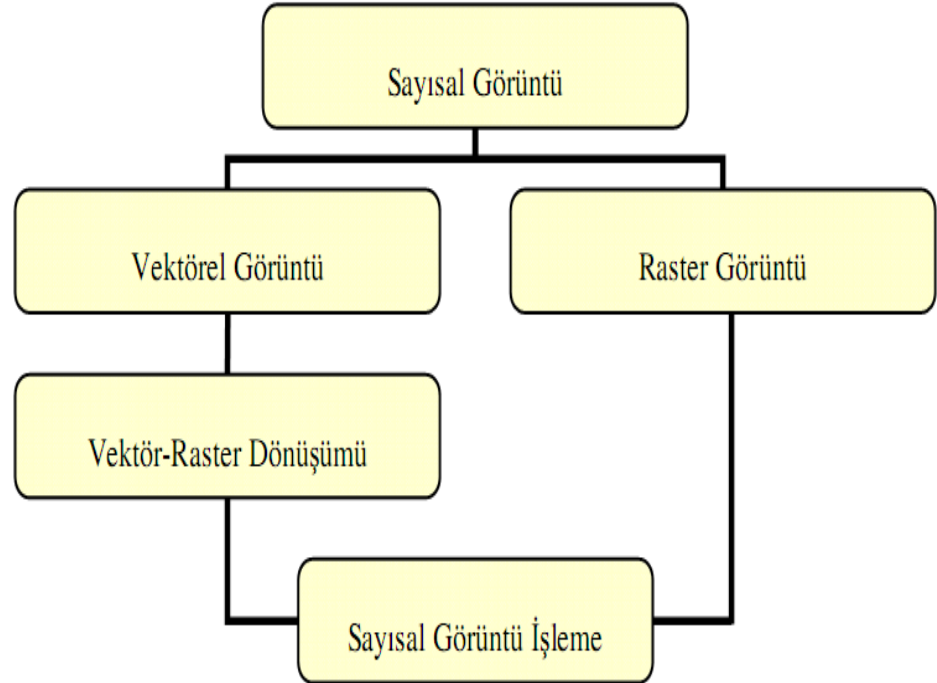
1.4. SAYISAL GÖRÜNTÜNÜN TEMELLERİ VE GÖRÜNTÜ İŞLEME

1.4.1. Sayısal Görüntü ve Çeşitleri

1.4.1.1. Sayısal Görüntü

Farklı teknik ve yöntemler kullanılarak sayısal ortama aktarılmış görüntüler ve sanal ortamda kullanılan çeşitli yazılımlar kullanılarak oluşturulan çizim ve tasarımlar sayısal görüntü olarak tanımlanır. Bu görüntüler fotoğraf gibi durağan olabilir ya da video gibi hareketli görüntüler de içerebilmektedir. Sayısal görüntüler adından da anlaşıldığı üzere sayılar yani rakamlar ile ifade edilen görüntülerdir. Bilgisayarların temelini oluşturan ikili sayı sisteminin kullanılması yardımıyla oluşturulmuşlardır. Sayısal görüntüler “bit” boyutu ile tanımlanan görüntülerdir. Şekil 3’de sayısal görüntüden sayısal görüntü işlemeye geçiş görülmektedir.

Şekil 3: Sayısal Görüntüden Sayısal Görüntü İşlemeye Geçiş



Kaynak: Karsan, 2008: 25.

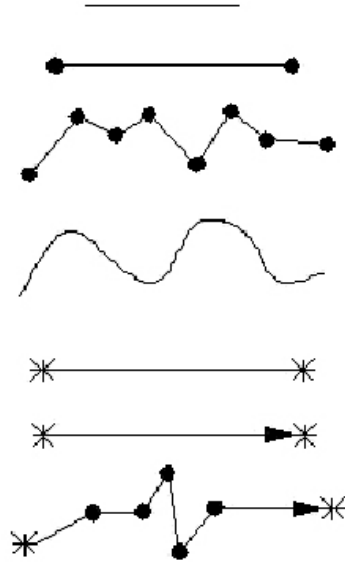
Bilgisayarda görüntü işlemenin ilk adımı görüntünün bilgisayar ortamı için

hazır hale getirilmesi aşamasıdır. Bu hazırlama işlemi bir dönüşüm işlemi olarak tanımlanır ve bu dönüşüme sayısallaştırma (digitizing) adı verilir. Bir resmin fotoğraf biçimine dönüştürme işlemi, bir başka ifadeyle sayısal formatta ifade edilmesinin farklı yöntemleri mevcuttur. Bu yöntemlerden bir tanesine çeşitli yöntemlerin uygulanarak görüntünün sayısallaştırıldığı tarayıcılar örnek olarak verilebilir. Ayrıca analog/sayısal dönüşümün kullanılarak fotoğrafın sayısal formata dönüştürüldüğü sistemler (Frame- Grapper), uzaktan algılamada uçak veya uydulara yerleştirilen çok bantlı tarayıcılar da yine örnek olarak verilebilir (Russ, 1994:16).

1.4.1.2. Vektörel Görüntüler

Vektörel görüntüler matematiksel formlere kullanılarak elde edilen görüntülerdir. Bu görüntülerin elde edilmesinde her zaman tekrar eden formül yapısı mevcut olduğundan dolayı bu görüntülerin herhangi bir boyutta bozulmaya uğramaları imkânsızdır. Bununla birlikte formül yapısından dolayı her boyutta tertemiz bir görüntü verirler. Bu özelliklerinden dolayı vektörel görüntüler daha çok animasyon uygulamalarında tercih edilen görüntülerdir. Çizim teknikleri kullanılması sonucunda oluşan noktasal çizime dayalı olarak ifade edilen görüntülerdir. Vektörel görüntüler çizgi, nokta ve bunlara ilave olarak dokuların birleşimi ile ortaya çıkan görüntülerdir. Vektörel görüntülerde temel olarak kullanılan şekiller : nokta (point), doğru (line) ve eğri (curve)'dir.

Şekil 4: Vektörel Görüntüyü Oluşturan Esas Şekiller



Kaynak: Akbulut ve Eser, 2004: 56.

1.4.1.3. Raster Görüntüler

Raster görüntüler piksellere dayalı olarak elde edilen görüntülerdir. Sayılarla tanımlanırlar fakat bu sayıların elde edilmesi matematiksel veya istatistiksel analizlerin sonucunda gerçekleşmez. Bu nedenden dolayı raster görüntüler piksel değerlerini oluşturan sayılara ve bunların yapılarına bağlı olarak görüntülerin büyütülmesi veya küçültülmesi sonucunda bozulmalara uğrayabilirler.

Sayısal kamera görüntüleri ile birlikte, herhangi bir tarayıcıdan ekrana aktarılan görüntüler, video kamera ile kayıt altına alınan hareketli veya hareketsiz görüntüler de raster görüntüler olarak ifade edilir.

Sayısal ortama dönüştürülmüş herhangi bir raster görüntünün temelini pikseller oluşturmaktadır. Piksel bir sayısal görüntüyü oluşturan en küçük karesel öge olarak tanımlanır. Raster görüntülerde için piksel değerleri uzunluk ve genişlik değişkenleri olarak tanımlandığından dolayı bu görüntüler de iki boyutlu olarak değerlendirilmektedir.

Piksel kavramı denildiğinde piksellerin içinde yer alan görüntüye ait renk bilgilerinin anlaşılması gerekmektedir. Herhangi bir nesnenin görüntünün kalitesi

görüntüyü oluşturan piksellerin sayısına ve buna paralel olarak piksellerin sayısal değerlerine karşılık gelen renk bilgilerine bağlıdır. Piksel sayısının artması sonucunda cismin görüntüsünün kalitesini arttığı, piksel sayısının azalması sonucunda ise cismin görüntünün kalitesinin düştüğü görülür. Monokrom gri görüntülerde her pikselin alacağı renk değeri 0 ve 255 arasında tek değerdir. Piksellerdeki parlaklık değeri ile görüntü elde edilir ve buna bağlı olarak gri renk farkları ortaya çıkar. En çok parlaklığa sahip olan bölgenin değerinin 255 olduğu ve renginin beyaz olduğu görülür. Bunu tam tersi olarak da en koyu renge sahip bölgenin renginin siyah olduğu ve piksel değerinin 0 olduğu görülür. Renkli görüntülerde ise RGB (Red Ble Green) renkleri ile yani üç temel rengin karışması ile görüntü oluşmaktadır.

Piksel sayısına bağlı olarak görüntünün kalitesi nasıl doğru orantılı olarak değişiyorsa görüntünün kapladığı alan da görüntünün kalitesi ile doğru orantılı şekilde artar veya azalır. Piksel sayısı çok olan görüntülerin bilgisayarlarda kapladıkları alan yani boyutları fazla, piksel sayısı az olan görüntülerin ise bilgisayarlarda kapladıkları alan yani boyutları azdır.

Matematiksel olarak bir görüntüyü oluşturan pikseller matrislerle ifade edilmektedir. Satır ve sütun sayıları piksellerin sayısını göstermektedir. Buna bağlı olarak da görüntünün çözünürlüğü ortaya çıkar. Matristeki her hücre ise pikselin adresini gösterir. Sayısal görüntü işlemede kullanılan tüm teknikler bu adreslemeye bağlı olarak yapmaktadır. Piksel analizi, zoom işlemleri ve benzeri diğer işlemler bu temele göre çalışmaktadır. Sayısal haldeki görüntü yani adreslenmiş haliyle görüntü yapay zekâ uygulamalarından yüz tanıma, parmak izi analizi gibi çalışma alanlarının ve başkalaştırma tekniğinin (morfoloji) temelini ve fraktal görüntüler için de zemini oluşturur.

Bir piksel değerinin genel anlamda iki temel özelliği bulunur;

- Radyometrik: Pikselin algılandığı elektromanyetik spektrumdaki gri değeri
- Geometrik: Görüntü matrisinde sahip olduğu matris koordinatları (Bernd, 1997: 15)

Bir görüntüdeki inç başına düşen piksel sayısı çözünürlük (resolution) olarak isimlendirilir. Görüntüde çıktı alınması durumunda ise, ölçü birimi başına düşen mürekkep noktası olarak tanımlanmaktadır. Çözünürlük görüntü kalitesini ve dolayısıyla bellek kullanımını etkileyen bir kavramdır. Sayısal görüntüler çoğaltılırken

veya paylaşılırken çözünürlük azalması dolayısıyla görüntü kalitesinde azalma sorunu ile karşılaşılır. Ancak gelişen görüntü işleme teknikleri sayesinde, görüntü kalitesi azalan bir raster görüntünün piksel sayısı değiştirilerek bu görüntünün kalitesi yükseltilebilmektedir. Görüntüye ait olan bütün piksel değerleri görüntü arabellek olarak ifade edilen kısımda konumlandırılır. Bu kısmın yani görüntü arabelleğin grafik sistemler için çok büyük bir önem arz ettiği bilinmektedir.

Çözünürlük (resolution) kavramı ele alındığında en önemli noktanın görüntünün renk derinliği (color depth) olduğu görülür. Derinlik kavramı denildiğinde tamamen piksellerin bilgisayardaki bellekte tutulma ilişkin bir durum algılanmalıdır. Örnek olarak; 1 bit derinlik verilirse görüntü arabellekte iki renk tutulabilir. Çünkü 1 bitte 0 veya 1 değerleri verilebilir. Eğer derinlik 10 bit olarak verilirse, görüntü arabellekte $2^{10} = 512$ renk tutulabilir. Gerçeğe yakın renkler kullanmak istenirse, tüm renk sisteminde 24 bit'lik derinlik kullanması gerekmektedir. Bunun sonucunda görüntü arabellekte toplam $2^{24} = 16,777,216$ renk tutulabilecektir.

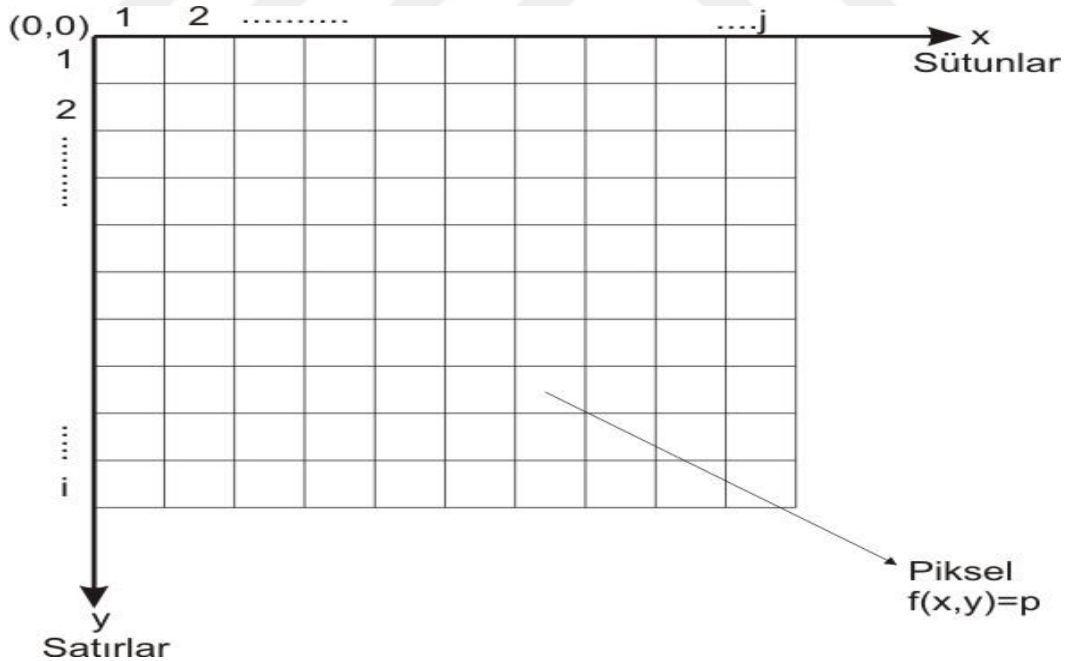
Sayısal bir fotoğraf ortaya konulduğunda ilk olarak analog bir sinyalin sayısal bir sinyale dönüştürülmesi işlemi anlaşılmalıdır. Bu da ilgili nesne tarafından yayılan enerjinin bir algılayıcı tarafından öngörülen elektromanyetik aralıkta algılanarak sayısal sinyal haline dönüştürülmesi ile sağlanır. Görüntü iki boyutlu işaret kaydı olarak da ifade edilebilir. Bu kayıt fotoğraf gibi gözle görünen bir biçimde olabileceği gibi, manyetik bantta yazılmış olan bir kayıt, veya bilgisayar belleğinde konumlanmış sayısal değerler formatında da olabilir. Görüntüler, sürekli-ayrık, analog-sayısal veya sürekli-sayısal olarak ifade edilebilirler. Bir görüntünün parlaklığı aynı zamanda değişkeni olarak tanımlanabilir. Bu değişkenlik hem seviye hem de konum anlamında sürekli olarak değişen bir değişkene karşılık gelmektedir. Görüntüler bilgisayarlarda ayrık sayısal ifadeler biçiminde yer alırlar. Bir resmin bilgisayar ortamında görüntülenmesi ilgili resmin belirli sayıda nokta ve belirli sayıda parlaklık değeriyle ifade edilmesi sayesinde gerçekleşmektedir. Sayısallaştırma olarak adlandırılan bu aşama fotoğrafın sürekli değişkenlerini ayrık değişkenlere dönüştürmek anlamında gelmektedir.

Matematiksel açıdan ve bilgisayarlı görme bakımında sayısal bir görüntü ifade edildiğinde insanın zihninde iki boyutlu bir vektör dizisi oluşmaktadır. Bir başka ifade ile bütün elemanları bir vektör olan matris oluşmaktadır. Sayısal bir

görüntünün iki bağımsız değişkeni vardır. Bunlar genel olarak x ve y olarak ifade edilir ve geometrik boyutlara karşılık gelir(Şekil 5). Matris elemanlarının değerleri de her bir (x,y) noktasındaki parlaklık değişimine karşılık gelen değerleridir. Matematiksel gösterim olarak sayısal resim Eşitlik 1.1’de verilmiştir. Bu f(x,y) fonksiyonu görüntü üzerinde konumlandığımızda herhangi bir alandaki değeri piksel olarak tanımlanır. Buradan çıkacak en basit ve temel sonuç pikselin sayısal görüntünün en küçük elemanı olduğudur.

$$f(x, y) \approx \begin{bmatrix} f(1,1) & f(1,2) & \dots & f(1,j) \\ f(2,1) & f(2,2) & \dots & f(2,j) \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ f(i,1) & f(i,2) & \dots & f(i,j) \end{bmatrix} \quad (1.1)$$

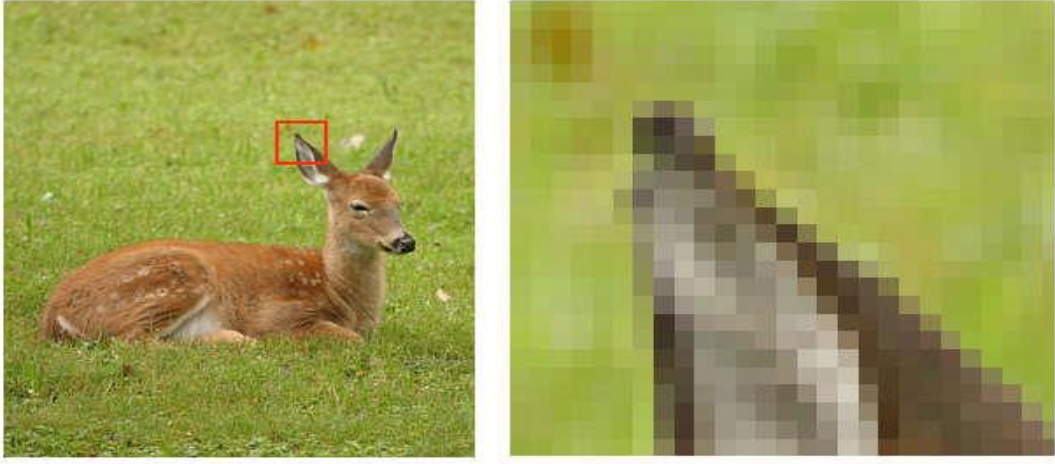
Şekil 5: Görüntünün Sayısal Gösterim Modeli



Görüntünün ortaya konulması açısından renk kavramı büyük önem arz etmektedir. Görsel olarak görüntünün ifade edilmesi renk önemli özelliklerden birisidir. Bu sonuç sayısal görüntü işlemede de rengin önemli bir kavram olduğu

sonucunu ortaya koymaktadır. Renklerde yapılan işlemler ile hem tasarım zenginleştirilmiş olur hem de yanlışsama görüntüler elde edilmiş olur. Bununla birlikte gölgelendirme işlemi ile 2-boyutlu görüntülerin 3-boyutlu görüntü gibi görüntülenmesi sağlanabilmektedir. Renklerdeki düzenleme işlemleri render görüntüleri üzerinde çeşitli yazılımların kullanılmasıyla gerçekleştirilir. Bir görüntüde ışık varsa renk de vardır. Nesnelere yansıyan ışığın gözümüz ve beynimizdeki algısıdır. Şekil 6'da renkli fotoğraftaki piksel görüntü verilmiştir.

Şekil 6: Renkli Bir Fotoğraftaki Piksel Yapısı



1.4.2. Görüntü Çeşitleri

Sayısal görüntü işleme yöntemlerinde görüntüler birbirinden farklı olarak üç şekilde ele alınmaktadır. Daha önceden tanımlanan koordinat sisteminde piksellere ait sayısal değerler ele alındığında ikili (binary image), gri seviyeli (gray scale) ve renkli (color image) olarak görüntüler çeşitlendirilir.

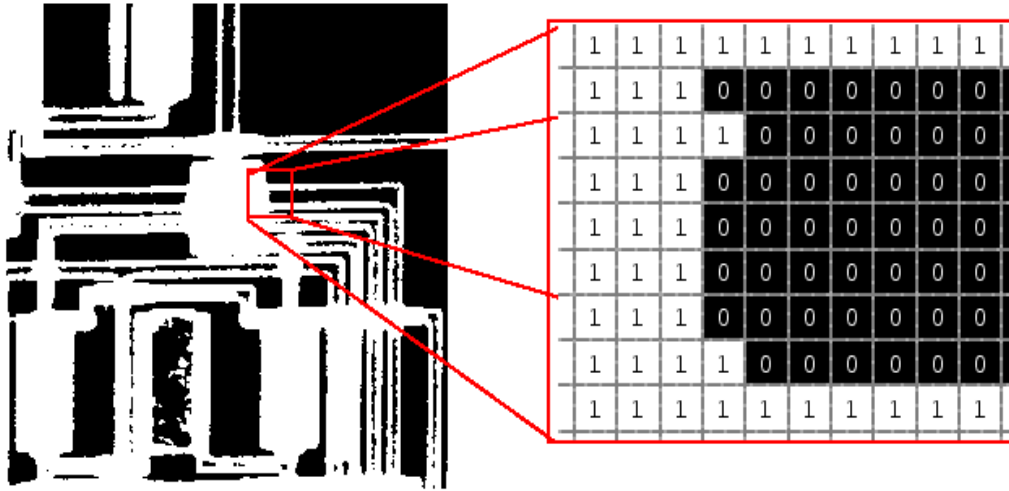
1.4.2.1. İkili Görüntü (Binary Image)

Bir fotoğrafın sayısal hale dönüştürülmesinin ilk adımda fotoğrafın siyah - beyaz olması göz önünde bulundurulmuştur. Siyah-beyaz görüntüler yalnızca sadece iki farklı gri değerden oluşan bir resimlerdir. Böylesi bir görüntüde her bir

piksel ya beyaz ya da siyah olarak gösterilir. Genellikle ikili görüntüler sembolik olarak beyaz pikseller 1 değerini, siyah pikseller 0 değerini alması şeklinde gösterilir.

Bu formatta 0 ve 1 değerleri ile ifade edilmiş olan piksel değerlerinden oluşan görüntülere ikili görüntü adı verilir. Bir fotoğrafın gri seviyeden ikili görüntüye çevrilmesi durumunda [0-255] aralığının orta değeri olan 128 eşik değeri olarak alınır. Parlaklık değeri eşik değeri olan 128'den küçük olan pikseller 0 değerine; parlaklık değeri 128'den büyük olanlar 255 değerine atanmak suretiyle ilgili fotoğrafta sadece siyah ve beyaz renklerinin var olması sağlanır. Şekil 7'de ikili görüntü ve görüntü koordinat sistemindeki gösterimi verilmiştir.

Şekil 7: İkili Görüntü ve Matris Gösterimi



Görüntü işleme metotlarında eşikleme (thresholding) olarak tanımlanan yöntem eşik değerini belirlemek uygulayıcının tasarrufuna bırakılmıştır. Görüntü işleyen kişinin belirleyeceği değer daha önce ifade edilen 128 değerinde olduğu gibi belirlenir ve belirlenen değer üstündeki değerler için 255, altındaki değerler için ise 0 olarak atanmak suretiyle ve iki görüntüler oluşturulur. Genel olarak belirlenen 128 değerinin altındaki değerler 0 değerine çekilirken uygulayıcı bu değeri 185 olarak belirleyebilir. Böylelikle 185 piksel değerinin altındaki tüm değerler 0, üstündeki tüm değerler ise 255 olarak belirlenecek şekilde yeni ikili görüntü oluşturulur.

1.4.4.2. Gri Seviyeli Sayısal Görüntü (Gray Scale)

Gri seviyeli sayısal görüntülerde piksel değerleri farklı gri seviyelerine ilişkin piksel değerlerinden oluşmaktadır. Gri değer aralıklarının 0 ile 255 değerleri arasında değiştiği görülmektedir. Bilgisayarda en düşük veri depolaması byte olarak yapılır ve bir byte 8 bittir. Böylelikle bir karakter 8 bit olarak temsil edilir (1 Byte = 8 Bit ve $2^8 = 256$). Gri seviyeli bir görüntüde 256 tane farklı gri ton değeri yer alabilir. 0 gri değeri teorik olarak siyah renge, 255 gri değeri ise beyaz renge karşılık gelir. Bu değerler arasında ise gri seviyeler yer almaktadır. Şekil 8'de gri seviyeli bir görüntü ifade edilmiştir.

Şekil 8: Gri Seviyeli Görüntü

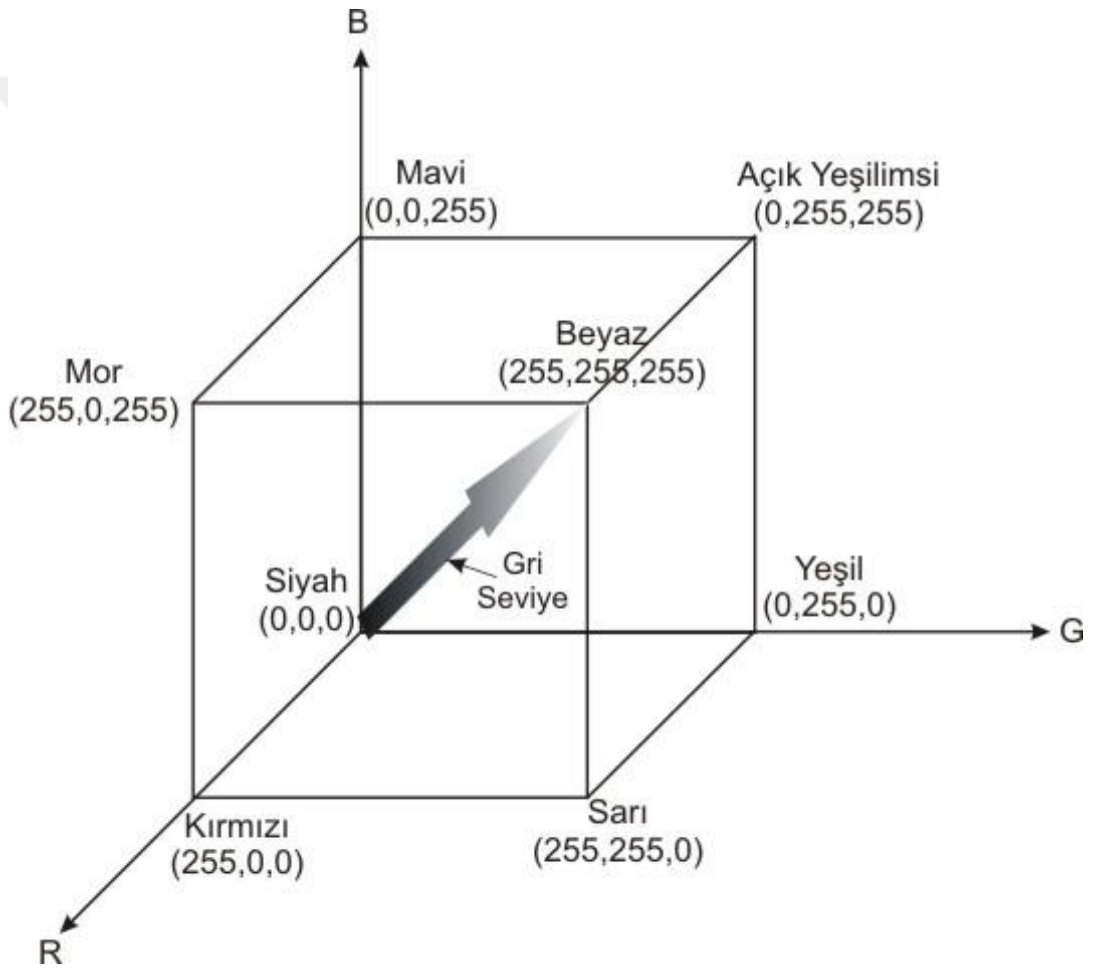


1.4.2.3. Renkli Sayısal Görüntü (Color Image)

Renkler temel renkler olarak adlandırılan kırmızı, yeşil ve mavinin farklı oranlarda karıştırılmasıyla oluşmaktadır. Renkli görüntüler kırmızı (Red), yeşil (Green) ve mavinin (Blue) (RGB) 0-255 arasındaki değişen değerleri ile oluşmaktadır.

Kartezyen koordinat sistemi ele alındığında olursa başlangıç noktası (0,0,0) siyah, tüm renk değerlerinin (255,255,255) olduğu değer ise beyaz olacaktır. Şekil 9'da görüldüğü gibi en az iki rengin bir araya gelmesi ile de ikincil renkler adı verilen mor (magenta), açık yeşilimsi (cyan), ve sarı (yellow) renkleri oluşmaktadır. Bunlardan birinci renkler ile geliştirilen modele RGB, ikincil renkler ile geliştirilen modele ise CMY olarak isim verilmektedir.

Şekil 9: Kırmızı, mavi, yeşil (RGB) renkli görüntü kübü



Renkli görüntüler bilgisayar ekranında 24 bit'lik bir veri olarak görüntülenirler. Bu görüntüleme RGB şeklinde ifade edilen aynı nesneye ait üç farklı gri düzeyli görüntünün üst üste ekrana iletilmesi ile oluşmaktadır.

Elektro-manyetik spektrumunda 0,4-0,5 mm dalga boyu mavi renge; 0,5-0,6 mm dalga boyu yeşil renge; 0,6-0,7 mm dalga boyu kırmızı renge karşılık gelmektedir. Bu dalga boylarında elde edilmiş üç gri düzeyli görüntü bilgisayar ekranında sırası ile kırmızı-yeşil-mavi kombinasyonunda üst üste düşürülecek olursa renkli görüntü elde edilmiş olur. Buna göre renkli görüntülerin $f(x,y)$ fonksiyonu gri seviyeli görüntüde olduğu gibi 0-255 arasında sayısal bir büyüklük değil üç elemanlı bir vektördür (Eşitlik 1.2).

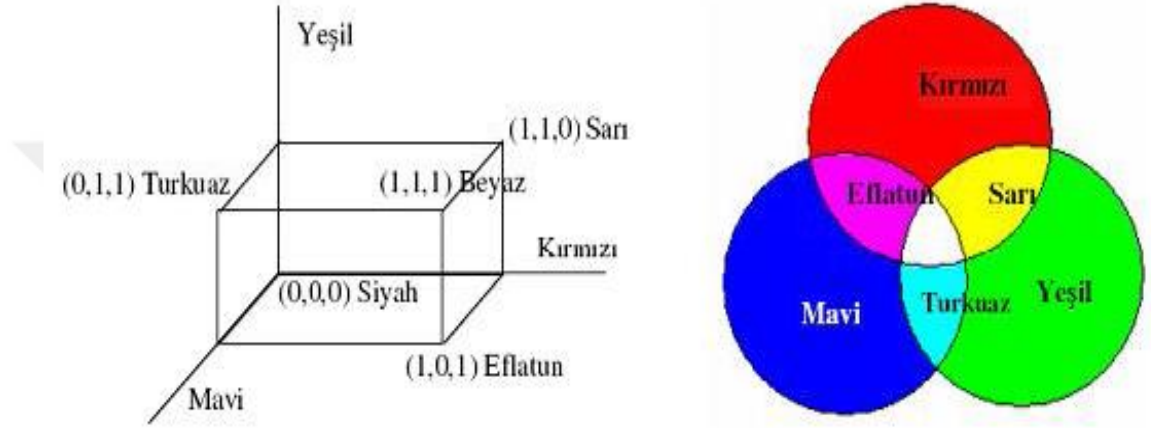
$$f(x,y) \approx \begin{bmatrix} f(1,1) = \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} & f(1,2) = \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} & \dots\dots\dots & f(1,j) = \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \\ f(2,1) = \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} & f(2,2) = \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} & \dots\dots\dots & f(2,j) = \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \\ \cdot & \cdot & \dots\dots\dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \dots\dots\dots & \cdot \\ f(i,1) = \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} & f(i,2) = \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} & \dots\dots\dots & f(i,j) = \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \end{bmatrix} \quad (1.2)$$

1.4.2.3.1. RGB Renk Modeli

RGB renk modeli, fosfor yapıların ışık yayması kuralına dayalı olarak oluşturulan toplamsal bir renk modeli olarak ifade edilmektedir. RGB renk modelinde kırmızı, yeşil ve mavi temel renkler olarak kullanılmaktadır. RGB Renk modelinin adı da bu temel renklerden ileri gelmektedir. Diğer renkler bu temel renklerin karışmasından meydana geldiği için RGB renk modeli toplamsal renk modeli olarak da adlandırılır. Beyaz renk; kırmızı, yeşil ve mavi renklerinin karışımından meydana gelmektedir. Beyaz rengin tam aksine siyah renk bu üç rengin hiçbirini içermemektedir. Bu renk modeli sıklıkla televizyon, cep telefonu ve tablet ve benzeri bilgisayar ekranında kullanılmaktadır (Çetin, 2008: 33-35).

RGB renk modeli Şekil 10’da ifade edilen bir küp ile görsel olarak verilebilir. Küpün bir köşesi koordinat sisteminin orijini olan (0,0,0) noktasıdır. Bu nokta aynı zamanda daha önce ifade edildiği üzere hiçbir temel rengi içermeyen siyah renge karşılık gelmektedir. Orijinin karşı köşesinde yer alan (1,1,1) noktası ise beyaz renge karşılık gelmektedir. Diğer renkler ise Şekil 10’da görüldüğü gibi ifade edilir.

Şekil 10: RGB renk modelleri



RGB renk modelinin birçok çok çalışmalarda kullanılmasına karşılık, görüntüyü elde etmekte yararlanılan aygıtlara birebir bağımlı olması bu modelin bir dezavantajı olarak ortaya çıkmaktadır. İnternette veya sayısal platformlarda yapılan çalışmalarda RGB renk modelinin kullanılması bir avantaj olarak görülürken, basılı platformda kullanılması dezavantajlı olarak görülmektedir.

1.4.2.3.2. CMYK renk modeli

Dört farklı renkten meydana gelen CMYK renk modelinde Turkuaz (Cyan), Eflatun (Magenta) ve Sarı (Yellow) ana renk olarak kullanılır. RGB renk modelinin tam tersi olarak bu renk modelinde renkleri elde etmek için bir anlamda çıkarma işlemi uygulanmaktadır. Bu çıkarma işleminin kullanılması nedeni ile bu renk modeli eksiltici (subtractive) renk modeli olarak da ifade edilir. Renklerin elde edilmesi

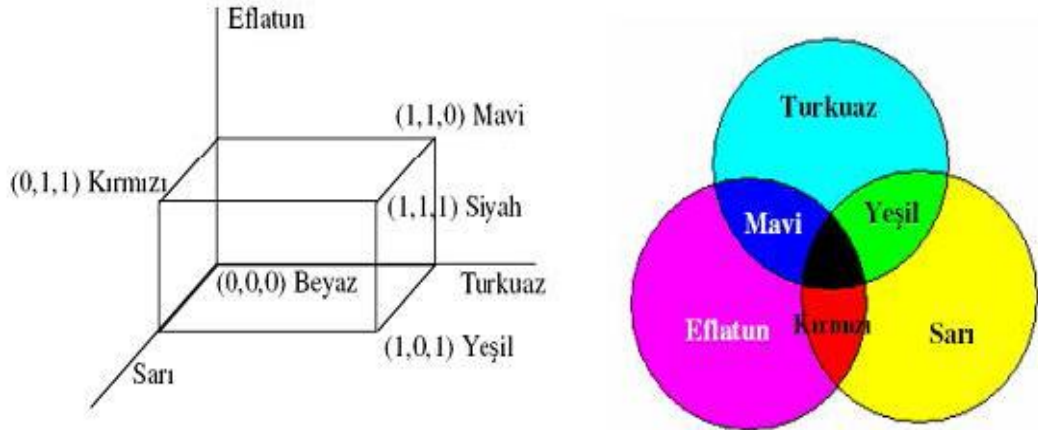
amacıyla, hangi ana renklerin emilmesi veya yansıtılması gerektiği Tablo 3’de verilmiştir.

Bu işlemin uygulanması aşamasında renklere yansıtıcı olmayan bazı pigmentlerin eklenmesi suretiyle o rengin bir anlamda ortadan kaybolması sağlanır. Bu model sıklıkla üst düzey yazıcılarda, baskı ve dizgi işlemlerini yoğunlukla kullanan basımevlerinde matbaalarda ve yüksek seviyeli basım gerektiren iş kollarında kullanılmaktadır.

Tablo 3: CMYK Modelinde Farklı Renklerin Elde Edilmesi

ANA RENK	EMİLME	YANSITMA
Turkuaz	Kırmızı	Mavi ve Yeşil
Eflatun	Yeşil	Mavi ve Kırmızı
Sarı	Mavi	Kırmızı ve Yeşil
Siyah	Hepsi	Hiçbiri

Şekil 11: CMYK renk modelleri



1.4.3. Görüntü İşleme

Görüntü işleme ölçülerek elde edilen veya bir başka şekilde kaydedilmiş olan olan sayısal görüntü verilerini, bilgisayardaki yazılımların kullanılması aracılığı ile

dijital ortamda amacına uygun bir şekilde yeniden ifade etmeye yönelik olarak yapılan bilgisayar uygulamaları olarak tanımlanmaktadır.

Görüntü işleme, sinyal işleme olarak ifade edilen sayısal verilerin bir şekilde elde edilip analiz edildikten sonra yorumlanması, daha sonra başka bir cihazda okunabilir bir format biçimine dönüştürülmesi ve farklı elektronik ortamlara aktarılmasına yönelik bir işleme biçimi değildir.

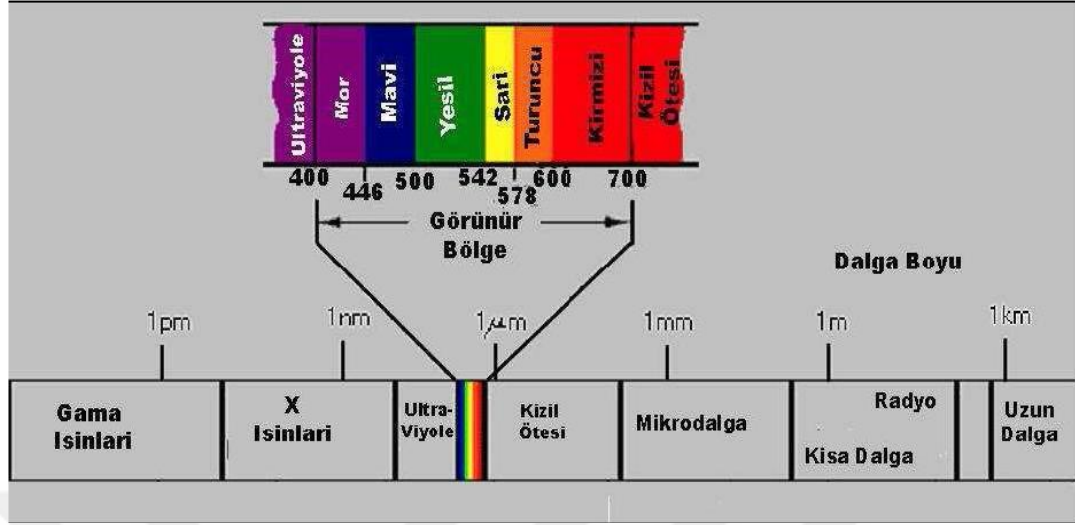
Görüntü işlemede genellikle kaydedilmiş olan nesne görüntülerini işlemek amaçlanır. Bu işlemede mevcut resim veya görüntüleri değiştirmek, yabancılaştırmak ya da iyileştirmek amaçlanmaktadır.

Sayısal görüntüler, gelişmiş birçok teknolojiyi kullanan geniş formatlı bir çıktı cihazından elde edilebilir. Bunlar cihazlar mürekkep püskürtmeli teknoloji, elektrostatik teknoloji, katı mürekkep püskürtmeli teknoloji, termal dönüştürme teknolojisi ve fotoğraf teknolojisi gibi günümüzde de kullanılan ana teknolojilerin kullanıldığı cihazlar olarak karşımıza çıkmaktadır.

Dijital görüntü işleme içinde bulunduğumuz yüzyılın ikinci yarısından sonra inanılmaz bir hızla gelişme göstermiştir. Bu gelişme bilişim teknolojilerindeki gelişmelere paralel olarak gerçekleşmiştir. Bilgisayarların boyutlarının günden güne küçülmesi, buna karşılık olarak bellek kapasitelerinin ve veri işleme hızlarının inanılmaz artışı görüntü işleme teknolojilerindeki ilerlemeyi oldukça hızlandırmıştır. Görüntü işleme bakış açısını açısından ele aldığımızda bir insanın algılama sistemi; görüntünün elde edilmesi, gruplanması ve son olarak analizi konusunda bilinen en karmaşık bir sistem olarak ifade edilmektedir.

İnsanlarda görme sisteminin başlangıç noktası beş duyu organından biri olan gözlerdir. Fazla sayıda kanal içeren ve pankromatik dalga boylarına sahip olan ışığın her biri birer algılama sistemi olan gözlerimiz yardımı ile algılanır. Gözlerimizle görebildiğimiz spektrum kavramı, insan gözünün görebileceği elektro manyetik dalga boyu aralığına karşılık gelmektedir. (Şekil 12). Örnek olarak bir arının gözleriyle görebildiği spektral aralık ultraviyole bölgesinde başlar ve yeşil dalga boylarında sona erer. Görülebilen bölgeye ilişkin dalga boyları 0.4 um - 0.7 um arasındadır (Bernd, 1997: 16).

Şekil 12: İnsan gözünün Görebileceği Elektro Manyetik Dalga Boyu Aralığı



Kaynak: Bayram, 2009: 1

Görüntü işleme; sayısal olarak elde edilen görüntülerin işlenerek özelliklerinin belirlenmesi ve gerekiyorsa formatlarının yeniden yapılandırılması, bununla birlikte iyileştirilmesi ve bu görüntüler aracılığı ile analizlerin uygulanmasına olanak sağlayan bir teknoloji olarak ifade edilmektedir. Günümüzde teknolojinin ilerlemesi ile birlikte, fotoğraf veya video formatında oluşturulan bir görüntünün girdi olarak belirlenip istenilen özelliklere uygun olarak işlenerek başka bir görüntü olarak kullanılması veya bir başka analizde girdi olacak bir görüntü olarak kullanılmasına mümkün olmaktadır.

Görüntü işleme farklı yöntemleri kullanarak mevcut görüntünün boyutu, rengi, yapısı ve parlaklığı gibi temel özellikleri günümüzde bilişim teknolojilerinde var olan çok sayıda yazılımlar yardımıyla farklı biçimlerde yeniden düzenlenebilir, istenilen özelliklere uygun olarak bir üst seviyeye çıkartılabilir ve analiz edilebilir. Bilişim alanındaki ilerlemelerle birlikte bu yazılımlar, sayısal ortama taşınan görüntülerdeki uygun olmayan biçimsel durumların giderilmesi ve nesnelere ait daha nitelikli görüntü elde etmek için kullanılabileceği gibi yine bu nesnelere ait daha nitelikli görüntü elde etmek için kullanılabilir. Günümüzde birçok yazılımın olması sebebiyle farklı görüntü formatları ortaya çıkmıştır. Bu farklı görüntü formatları kullanıldıkları uygulama alanına göre ortaya çıkan farklı farklı problemlerin uygun çözümlerin üretilmesini

sağlayan görüntü işleme; kalite kontrol alanından güvenlik alanına, coğrafi bilgi sistemlerinden astronomiye, tıp alanından savunma sanayisine kadar oldukça fazla alanda kullanılmaktadır.

1.4.3.1. Görüntü İşleme Aşamaları

Görüntü işlemede ilk aşama görüntüyü gerçek ortamdan bir film şeridine veya herhangi bir hafıza birimine alınmasını sağlayan görüntü alıcılarıdır. Günümüzde gelişmiş olan bu görüntü algıyıcılarında ilgili görüntüyü dijital formata dönüştüren sayısal hale getiren sayısallaştırıcı kısım bulunmaktadır. Görüntü sensörü görüntüyü direkt olarak dijital hale dönüştürmüyorsa, elde edilen analog görüntü, bir analog/dijital dönüştürücü kullanılarak sayısal hale dönüştürülebilmektedir.

Sayısal görüntü elde edildikten sonraki aşama ön işlem olarak adlandırılır. Ön-ışleme, elde edilen dijital görüntüyü kullanmadan önce daha uygun ve yorumlanabilir sonuçlar elde edebilmek için, mevcut görüntünün bazı ön aşamalardan geçirilmesi işlemidir. Bu işlemlere örnek olarak; görüntünün kontrastının düzenlenmesi, görüntüdeki gürültülerin ortadan kaldırılmaya çalışılması ve görüntüdeki farklı alanların birbirinden ayrıştırılması verilebilir.

Sayısal görüntü aşamalarındaki ön işlem aşamasından sonra segmentasyon aşamasına geçiş yapılır. Segmentasyon, bir görüntüdeki nesne ve nesnenin bulunduğu bölgenin arka alanının veya görüntüde bulunan ve üzerinde analiz yapılmak istenen farklı özelliklere sahip kısımların birbirinden ayrıştırılması işlemi olarak ifade edilmektedir. Segmentasyon görüntü işlemede en karmaşık ve zahmetli bir aşama olarak bilinmektedir. Bunun sonucu olarak bu aşamanın uygulanması sonucunda belirli bir oranda hata ortaya çıkabilmektedir.

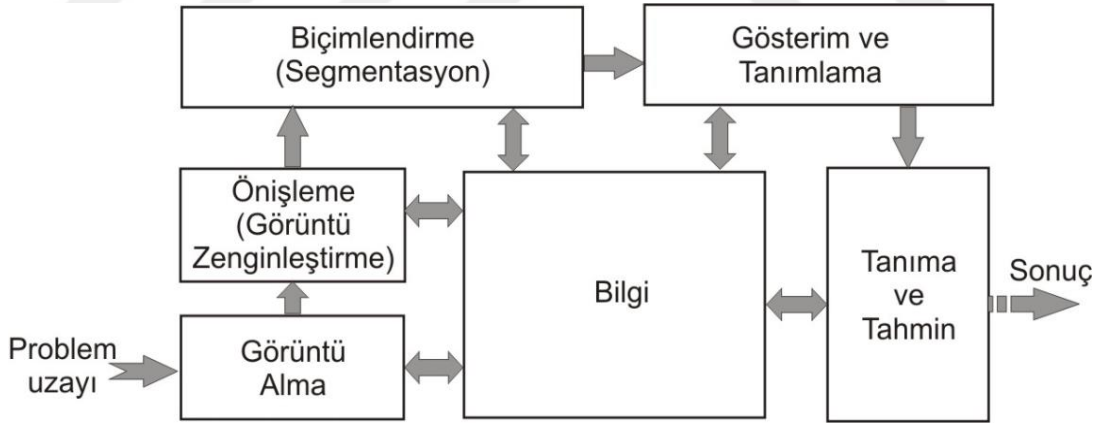
Segmentasyon bir görüntüdeki nesnenin sınırlarını yapısını o nesnenin alanı gibi işlenmemiş saf bilgilerin elde edildiği aşama olarak da adlandırılır. Nesnelerin şekilsel özellikleri ile ilgileniyorsa segmentasyonun aşaması ile o nesnenin kenarları, köşeleri ve sınırları hakkında bilgi alınabilir. Ancak görüntü içerisindeki nesne veya canlı varlıkların yüzeleri, renkleri, alanı veya iskelet yapısı iç özellikleriyle ilgileniliyorsa bölgesel segmentasyonun aşamasının uygulanması gerekmektedir. Karakter veya genel olarak örnek tanıma gibi ileri seviyedeki gelişmiş problemlerinin

çözümü için her iki segmentasyon aşamasının da birlikte kullanılmasının gerektiği görülmektedir.

Segmentasyondan aşamasından sonraki aşama, görüntünün ortaya çıkartılması yani görüntülenmesi ve ortaya çıkan bu görüntünün tanımlanması aşamasıdır. Ham görüntülerdeki bilgilerin ve ayrıntıların ön plana çıkarılması bu aşamada yapılır.

Görüntü işleme aşamalarındaki en son aşama görüntünün tanımlanması ve yorumlanması aşamasıdır. Bu aşamada ise görüntüde var olan nesnelerin veya alanların daha önceden ifade edilen özelliklerine göre etiketlenilmesi yapılmaktadır. Gelişmiş bilişim teknolojilerindeki yazılımlarla görüntünün elde edilmesi ve görsel halde sunulması dışındaki tüm görüntü işleme aşamalarının gerçekleştirilmesi algoritmalarla kolaylıkla birçok farklı şekilde ifade edilebilmektedir. Bilişim teknolojilerindeki gelişim sonucunda bilgisayarlarının hızının artması görüntü işleme aşamalarındaki harcanan süreyi daha da azaltılmasına neden olmuştur. Bilgisarlardaki donanım ve yazılım gelişimine bağlı olarak bu hızın daha da artacağı kaçınılmazdır.

Şekil 13: Görüntü İşlemede Akış Şeması



Kaynak: Gonzales ve Woods, 1993: 39.

Bilgisayarlı görmede görüntülerin analizi ve görüntü işleme için ifade edilen işlemler, üç temel başlıkta ifade edilebilir:

- düşük-seviyeli,
- orta seviyeli,
- yüksek seviyeli işlemler.

Düşük seviyeli işlemlerde görüntülerin kontrast ayarlarının ve parlaklık ayarlarının düzenlenmesi yer almaktadır. Bu işlemler nesnelerin görüntülerinin gürültülerden arındırılması, nesne görüntülerinin daha belirgin hale getirilmesi gibi basit biçim değiştirme ve filtreleme işlemlerini kapsamaktadır. Bununla birlikte düşük seviyeli işlemlerde karakterizasyon hem girdi işleminin hem de çıkış işleminin görüntüler bazında olması ile gerçekleşir.

Orta seviyeli işlemlerde, görüntülerin içerisinde bulunan nesnelerin ve bununla birlikte bölgelerin belirlenmesi, tanımlanması ve gruplanması gibi işlemler gerçekleştirilir. Bir işlem orta seviyeli ise, girdilerin nesnelerin görüntülerinden oluşması gerekmektedir. Girdilerin görüntü olması sonucuna paralel olarak çıktılarında girdi olarak kullanılan görüntülerden elde edilen kenar, alan, kontur ve boyut gibi nesnelerin kimliklerinin belirlenmesinde önemli rol oynayan kavramlar olmasının sonucunu ortaya çıkarmaktadır (Gonzeles ve diğerleri, 2004).

Yüksek seviyeli işlemlerde ise, nesnelerin görüntülerinin analiz edilmesi sonucunda arzu edilene bir başka ifadeyle hedeflenen sonuçlara ulaşmak amacıyla insan görmesine ilişkin olarak algılama ve tanımlama bileşenlerinin içinde bulundan karmaşık yapıdaki işlemler bulunmaktadır.

İKİNCİ BÖLÜM

UZAKTAN ALGILAMA

2.1. UZAKTAN ALGILAMA VE TEMEL ESASLARI

İnsanoğlu yaşamış olduğu evrenin bir parçası olarak var olabilmek adına yaşam ihtiyaçlarının büyük bir kısmını doğrudan doğal kaynaklardan sağlamaktadır. İhtiyaçların sağlamasında büyük önem arz eden doğa ile insanoğlunun yaşadığı sorunların çözülebilmesi adına büyük adımlar atılmaktadır. Havacılık ve uzay alanındaki bilimsel ve teknolojik gelişmeler insanoğlunun yaşamış olduğu bu problemlerin çözümünde yeni arayışlara gitmesine ve bir anlamda ufuklar açmasına yol açmış ve bunun sonucunda “Uzaktan Algılama (Remote Sensing)” kavramı ortaya çıkmıştır. Uzaktan algılama adı verilen yöntemlerle havadan ve uzaydan elde edilen görüntülerin analiz edilerek yorumlanması sonucunda yeni ve sürekli bir bilgi akışı sağlanmıştır.

Uzaktan algılama kelime anlamı olarak, nesnelere temas etmeksizin herhangi bir mesafeden yapılan ölçümler sonucunda nesnelere hakkında bilgi edinme anlamına gelmektedir. Yapılan bu ölçümler büyük çoğunlukla nesnelere elektromanyetik spektrum içerisindeki davranışları mekânsal olarak ve zamana bağlı olan değişimlerine dayalı olarak gerçekleşmektedir (Curran, 1985: 28). Bir başka ifadeyle, yeryüzünden belirli uzaklıkta, atmosferde veya uzayda hareket eden uydulara yerleştirilmiş olan ölçüm cihazlarıyla nesnelere herhangi bir fiziksel temasta bulunmaksızın, yeryüzünün doğal ve yapay objeleri hakkında bilgi alma ve bunları değerlendirme tekniği olarak da tanımlanabilir. (Sesören, 1999: 39.).

Uzaktan algılamada elde edilen görüntüler uzayda konumlandırılan uydularda yer alan algılayıcılar aracılığı ile yapılan gözlem ve ölçümlerden oluşmaktadır. Bir uzaktan algılama sistemi ele alındığında ölçüm değerlerindeki nicelik kavramı görüntüsü alınan nesneden yayılan elektromanyetik enerjiye karşılık gelmektedir. Uydular veya günümüz teknolojisinde çok gelişme gösteren hava araçlarındaki cihazlarda ölçümlerde elektromanyetik enerjiden yararlanır (Kavzoğlu, 2008: 12).

Uzaktan algılamada atmosfer, hidrosfer ve litosferin katmanlarının özelliklerinin ifade edilmesi, yeryüzünün haritalanmasıyla birlikte farklı bazı çalışmalarda çok bantlı kamera, ısısız (thermal sensor) ve radar algılayıcılar

yardımıyla yürütülmektedir. Özellikle spektrometreler, makro destimetreler ve uydulara yerleştirilen çok bantlı algılayıcılar, elektromanyetik spektrumun insan gözünün göremediği bölgelerinde yeryüzü objelerinin spektral özelliklerinin incelenmesinde yeni ufuklar açmıştır (Schanda, 1976: 72).

Uzaktan algılamanın ortaya çıkışı 1970 li yılların ortasında askeri alanda yapılan çalışmalar yardımıyla gerçekleşmiştir. Daha sonraki yıllarda yapılan araştırmaların temelini coğrafi bilgi sistemlerine ilişkin çalışmalar oluşturmaktadır. Tarım alanlarının ve ekili arazilerin incelenmesi, hava ve su kirliliği miktarlarının incelemeleri bunlara örnek olarak verilebilir. Son yıllarda bunlara ilave olarak yeryüzünde meydana gelen doğal afetler artması sonucunda yeryüzünde oluşan değişimlerin izlenmesinde uzaktan algılama yöntemleri kullanılmaya başlanmıştır (Bayram, 1998: 55.).

Uzaktan Algılama teknolojisine ait önemli uygulamalar aşağıdaki gibi sıralanabilir (Schowengerdt,1997, 69);

1. Çevresel değerlendirme ve görüntüleme
(Yerleşim alanlarının büyümesi, tehlikeli atıklar)
2. Küresel değişimin belirlenmesi ve görüntülenmesi
(Atmosferik ozonun azalması, ormanların azalması, küresel ısınma)
3. Tarım (Ürün durumu, ürün tahmini, toprak erozyonu)
4. Yenilenemeyen kaynakların araştırılması (mineraller, petrol, doğal gaz)
5. Yenilenebilen doğal kaynaklar (Sulu alanlar, araziler, ormanlar, okyanuslar)
6. Meteoroloji (Atmosfer dinamikleri, hava durumu tahmini)
7. Haritacılık (Topografya, arazi kullanımı, mühendislik)
8. Askeri gözetim ve keşif (Stratejik politikalar, taktik değerlendirme)
9. Kitle iletişim araçları (örnekler, analizler)

Yeryüzü kaynaklı olan ilk teknolojik uydu olan Landsat-1'in 1972 yılında, daha sonra Landsat-TM serisinin uzay mekiği, NOAA, Spot ve ERS-1 gibi uydu programlarının tamamlanmasıyla birlikte uzaktan algılama yöntemlerinin gelişimi hızlanmış ve böylelikle yeryüzünün incelenmesi ve değerlendirilmesi konusunda yeni bakış açısı kazanılmıştır. İsmi geçen farklı özellikteki bu uydularda yer alan algılayıcılar yardımıyla elde edilen görüntüler bir başka ifadeyle veriler jeoloji, hidroloji, bitki örtüsü, arazi kullanımı ve toprak etütleri yanı sıra deniz ve okyanus

bilimlerinde farklı çalışmaların ortaya çıkmasında ve ilgili alandaki problemlerin ortaya konulup çözülmesinde de yardımcı bir rol oynamıştır.

2.2. UZAKTAN ALGILAMA VERİLERİNİN ELDE EDİLMESİ

Uzaktan algılamada, nesnelerin görüntülerinin kullanılması sonucunda veri elde etmek için gerekli olan ilk bileşen öncelikle bir enerji kaynağıdır. Enerji kaynaklarının en önemli özelliği görüntüyü aydınlatması ve daha sonra da ilgili görüntüye hedefe elektromanyetik enerji göndermesidir. Algılayıcılarda yer alan sensörlerin en önemli görevi yansıyan ve yayılan enerjiyi ölçerek doğru bir şekilde kaydetmektir. Bu ölçüm yapan sensörlerin en önemli özelliklerinden bir diğeri de sensör boyutları ile geometrik çözünürlük arasındaki ters orantının varlığıdır. Bir başka ifadeyle sensörler ne kadar büyükse uzaktan algılama görüntülerinden elde edilen verilerin geometrik çözünürlüğü o kadar düşük olmaktadır.

Uzaktan algılamada görüntüler kullanılarak verilerinin elde edilmesinde kullanılan birçok sayıda algılama sistemleri mevcuttur. Tarayıcılar, radarlar ve çeşitli özellikteki kameralar bunlara örnek olarak verilebilir.

Uzaktan algılamada elde edilen verileri aktif ya da pasif olarak tanımlanan uzaktan algılama sistemleri kullanılmasıyla da elde edilebilir. Pasif algılayıcılar, üzerinde inceleme yapılan görüntülerdeki araziden yansıyan veya yayılım gösteren doğal elektromanyetik enerjiyi kaydederler. Bunlara örnek olarak kameralar ve video kaydedicilerdir. Görüntülerde yer alan nesnelere yansıyan ve gözle görülebilen yakın kızılötesi enerjiyi kaydederler. Çok bantlı tarayıcılar da yine benzer arazilerden yayılan termal enerji akışını kaydederler. Buna karşılık olarak aktif algılayıcılar ise, örneğin mikrodalga (radar) ya da su sonarı gibi, insan üretimi elektromanyetik enerjiyi görüntüde yer alan araziye göndermek suretiyle daha sonrasında sisteme geri dönen ışık akış miktarını algılayıcılar yardımıyla kaydederler (Jensen, 1996: 19).

Günlük hayatımızda uzun yıllardır sıkça kullandığımız fotoğraflar en eski uzaktan algılama yöntemlerinden biri olarak bilinmektedir. Uzaktan algılamada görüntülerin fotoğraflanmasında filmler; siyah beyaz filmler ya da renkli filmler olabilir. Bunlardan renkli filmler; normal renkli filmler, yalancı renkli filmler (false colour) ya da renkli kızılötesi filmler olabilir.

Uzaktan algılama verileri, video çeken kameralar içinde görüntü üreten elementler olarak ifade edilen vidikonlar, kameralar yardımıyla ve tarayıcı cihazlar tarafından elde edilebilirler. Tarama işlemleri genellikle çizgi tarama (line scanner) ve pushbroom sistemleri ile yapılmaktadır. Bir diğer tarama yöntemi olarak çok bantlı algılamadır. Bu yöntem, elektromanyetik spektrumun ışık bölgelerinden eş zamanlı olarak verileri kaydetmesi şeklinde gerçekleşmektedir. Ayrıca mikrodalga algılama ve termal algılama da diğer uzaktan algılama veri elde etme yöntemleri olarak bilinmektedir. (Sesören, 1999, 69).

2.3. UZAKTAN ALGILAMADA ATMOSFERİK ETKENLER

Güneş ışınları veya güneş enerjisi herhangi bir nesnenin içinden geçebilir, nesnenin yüzeyi tarafından yansıtılabilir veya nesneyi oluşturan moleküller tarafından saçılabilir ve daha sonra da soğrulduktan sonra da başka bir dalga boyuna geçerek yeniden yayılabilir. Atmosferde veya uzayda yer alan algılayıcılar bir başka ifadeyle sensörler yeryüzünden kendilerine yayılma ve yansıma aracılığıyla gelen enerjiyi kaydederler (Sesören, 1998: 69).

Uzaktan algılamayla elde edilen görüntülerden sayısal hale dönüştürülmesi yoluyla elde edilen veriler, bu süreç içerisinde atmosferden geçerken bazı etkileşimlerle karşılaşılır. Atmosferde bulunan küçük parçacıklar ve gazların etkisiyle yeryüzüne doğru ilerleyen gazlar etkilenirler. Bu etkilerin sonucunda saçılma (scattering) ve soğurmaya (absorption) ortaya çıkar. (Nrcan, 2020: 25).

Saçılma, elektromanyetik radyasyonun, daha önceden ifade edilen etkilerin sonucu olarak gerçek rotasından sapması anlamına gelmektedir. Ortaya çıkan bu saçılmanın miktarı enerjinin dalga boyunun miktarına, atmosferdeki parçacıkların ve gazların büyüklüğüne yine bu enerjinin atmosferde izlediği rotanın uzunluğuna bağlı olarak değişim gösterir. Üç tip saçılma vardır.

- Rayleigh saçılması,
- Mie saçılması,
- Serbest saçılma.

Rayleigh saçılmasının gerçekleşmesi ışığın dalga boyunun, parçacık ve gazların dalga boylarından çok büyük olması durumunda gerçekleşir. Güneş ışığı

atmosferden geçerken mavi dalga boyu, saçılmaya uğrar ve bu nedenle gökyüzü mavi rengi alır.

Mie saçılması ise, ışık dalga boyunun parçacık moleküllerinin boyutlarına yaklaşık olarak eşit olduğu durumlarda gerçekleşir.

Serbest saçılma, parçacık moleküllerinin büyüklüklerinin ışık dalga boyundan daha fazla olması durumunda gerçekleşir. Serbest saçılma sonucunda gökyüzü gri renkte görünür. Soğurmaya neden olan üç temel bileşen ozon, su buharı ve karbondioksittir. Soğurulma bantlarında oluşan enerji, bu bantlardan geçerek atmosfere ulaşamaz. Atmosferik pencereler, ortaya çıkan enerjinin soğurulmadan geçebildiği elektromanyetik spektrum bölgeleri olarak ifade edilmektedir (Nrcan, 2020: 35).

2.4. UZAKTAN ALGILAMA VERİLERİNİN SPEKTRAL ÖZELLİKLERİ

Uzaktan algılamada elde edilen görüntü verilerinin, geliştirilmiş yazılımlar yardımıyla analizinde dikkat edilmesi gereken en önemli noktalardan biri verilerin spektral karakteristikleridir. Burada amaç toprak, su, bitki örtüsü veya başka bir yüzeyin yansıtma bilgilerinin doğru bir şekilde kullanılarak verilerin doğru yorumlanmasını sağlamaktır.

Bitkiler elektromanyetik spektrumun gözle görülebilen bölgesinde çoğunlukla az seviyede yansıtma ve yine az seviyede geçirgenlik özelliği göstermektedirler. Görünebilen bu bölgelerde yaprak pigmentlerinin ışığı yuttukları görülür ve böylelikle yansımayı azalttıkları görülür. Klorofil pigmentleri mavi, mor ve kırmızı ışığı fotosentez için emerler. Yeşil ışık fotosentez için emilmez ve böylelikle birçok bitki yeşil renkte görünür. Sonbaharda klorofil miktarının azalması sonucunda karoten ve ksantofil miktarları artış gösterir ağaç yapraklarının renkleri sarı görünür (Verbyla, 1995).

Yakın kızılötesi bölgesinde yansıtma bitkilerin yapraklarının yapısı ile ilgili olarak ifade edilmektedir. Yaprak yapısının hemen hemen her bitkide farklı olmasından dolayı farklı bitki türlerinin belirlenmesinde kullanılabilir. Hücre yapısının bozulması sonucunda yansıtma özelliğininde değiştiği görülmektedir. Bunun sonucu olarak hücre yapısında değişikliğe neden olan bitki hastalıklarını bu

bölgede algılanan enerjinin kullanılması ile belirlenebileceği görülmektedir (Örmeci, 1987: 58).

Saf su, orta kızılötesi bölgesinde kuvvetli bir enerji emici olarak ifade edilmektedir. Bunun sonucu olarak bitkilerin orta kızıl ötesi bölgesindeki yansıması, yaprakların su içermesiyle ilişkili olarak gerçekleşmektedir. Fakat genel anlamda bakıldığında yaprakların içerdiği su miktarı ile orta kızıl ötesi yansıması arasında ters yönlü bir doğrusal ilişkinin olduğu görülmektedir. Bitkilerin yapraklarının kalınlığının ise su içeriğinin kalınlığı ile orantılı olduğu ortaya çıkmaktadır. Nem fazlalığı indeksi orta kızılötesinin yakın kızılötesine oranının hesaplanması ile elde edilmektedir. (Verbyla, 1995: 69).

Görünür bölgede suyun yansıtması, su yüzeyinin seviyesi, içinde var olan askıda maddeler ve suyun içinde yer aldığı ortamın zemini ile ilgilidir. Suyun yutması ve geçirgenliği de sudaki organik ve organik olmayan maddelerin miktar ve büyüklüğüne bağlıdır. Sudaki klorofil miktarı ile ilişkili olarak yosunların var olup olmadığı ve yoğunlukları belirlenebilir. Bununla birlikte su kirlenmeleri belirlenebilir. Bu kirlenmeler görünür bölgede, yağ, petrol, endüstri ve kanalizasyon atıkları gibi nedenlerden oluşmaktadır (Örmeci, 1987: 85).

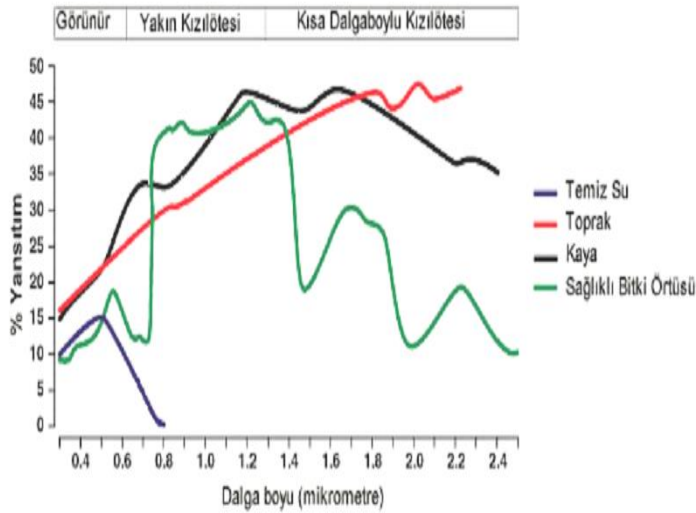
Uydu görüntüleri kullanılarak ilgili görüntülerde kar ile bulutun birbirinden farklı olarak ifade edilmesi oldukça zordur. Bulutlar görünen dalga boyundan daha fazla miktarda su damlacıkları içerirler. Bunu sonucu olarak bulutlar hangi ışık olduğuna bakmaksızın saçarlar ve beyaz görünürler. Öteki taraftan kış aylarında yağın kar görünen ve yakın kızılötesi bölgelerinde fazla miktarda yansıtmaya ve orta kızılötesi bölgesinde ise alçak seviyede yansıtmaya sahiptir (Verbyla, 1995: 145).

Toprak yüzeyin yansıması çoğunlukla toprağın nem içeriğiyle kontrol edilir. Çoğunlukla orta kızılötesi bölgesinde, toprak yüzeyin kuru olması durumunda yansımanın yüksek olduğu görülmektedir. Topraktaki organik madde miktarı toprağın su tutma kapasitesinin bir göstergesidir. (Verbyla, 1995). Genel olarak bakıldığında herhangi bir zeminde su içeriğinin artması sonucunda yansıtma özelliği düştüğü görülür. Kuru bir zeminini ıslak bir zemine göre daha fazla yansıtma özelliği olduğu bilinmektedir. (Örmeci, 1987: 165).

Elektromanyetik spektrumun termal kızılötesi bölgesinde yeryüzündeki doğal maddelerden, insanoğlunun etkileşiminden ve güneşin yeryüzünü sıcaklığını

arttırması sonucunda ortaya çıkan enerjiler ile belirlenebilir. Gece veya gündüz arasındaki farklara bakılmaksızın görünen spektrumda fark edilemeyen cisimleri veya nesnelere sıcaklık farklılıklarıyla birbirinden ayırt etme yoluna gidilebilir. (Verbyla, 1995). Bütün bu açıklamalar sonucunda nesnelere belirlenip birbirinden ayırt edilebilmeleri için görünen ışık bölgesiyle birlikte, yansıyan elektromanyetik dalgaların kızılötesi bölgesinin de dikkate alınmasının zorunluluğu ve buna paralel olarak da çok kanallı sensörlere gerek duyulduğu görülmektedir (Öröklü, 1988). Şekil 14’de bazı maddelerin spektral yansımaları verilmiştir. Görünen bölgede birbirlerinden ayırt edilemsi zor olan bazı maddelerin, yakın kızılötesi ya da diğer kızılötesi bölgelerinde daha kolay bir şekilde ayırt edilebildikleri görülmektedir.

Şekil 14: Bazı Maddelerin Spektral Yansımalarının Grafik Olarak Gösterimi



Kaynak: UHUZAM, 2020: 1

2.5. UZAKTAN ALGILAMA GÖRÜNTÜLERİ

Uzaktan algılama görüntüleri seçilirken üzerinde araştırma yapılan çalışmanın amacının göz önünde bulundurulması gereklidir. Görüntülerin özelliklerini iyi tanımlanması sonucunda uygun görüntülerin seçimi daha kolay ve daha uygun bir şekilde yapılabilmektedir.

Siyah beyaz görüntüler, görüntülerin orijinal gri renk seviyelerini verirler. Nesnelerin gri tonlar ile ifade edilmesine yardımcı olurlar. Jeolojik haritalama, şehir planlama, nem haritaları gibi çalışmalarda siyah beyaz görüntüler kullanılır.

Normal renkli görüntüler nesnelerin doğadaki renkleriyle görünmesiyle ortaya çıkmaktadırlar. Renkli görüntüler insan gözüne hitap etmeleri sebebiyle insan gözünün yardımıyla yapılacak her türlü yorumlamada ve buna paralel olarak her alanda kullanılabilirler.

Çok bantlı görüntüler, ilgili görüntüdeki bir nesne veya varlıktan yansıyan ya da yayılan enerjinin elektromanyetik spektrumun farklı bölgelerinde eş zamanlı (synchronize) görüntüler olarak kaydedilmesiyle elde edilen görüntüler olarak ifade edilmektedir. Bir başka ifadeyle çok bantlı görüntülerde, farklı farklı bantlarda kaydedilmiş birçok görüntünün bir araya gelmesi sonucu tek bir görüntü ortaya çıkmaktadır. Bu tarzdaki görüntülerin çok yaygın bir kullanım alanı vardır. Yüzey kaynaklarının araştırılması, yer altı sularının belirlenmesi, fay ve kırıkların izlenmesi bu görüntülere örnek olarak verilebilir.

Termal görüntüler, nesnelere yayılan sıcaklığın algılanması sonucunda elde edilen görüntülerdir. Bu tarz görüntülerin doğadaki nesnelerin asıl biçimleri konusunda bilgi aktarmaz. Siyah beyaz renkte görünürler ve nesnelerin sıcaklıklarını gösterirler. Yer altı su kaynaklarının belirlenmesinde, jeolojik çalışmalarda, su kirliliği araştırmalarında, orman ve maden yangınlarında etki alanının belirlenmesinde ve daha sıcaklığa bağlı olarak istenilen pek çok alanda kullanılabilir. Meteorolojik koşullardan olumsuz etkilenir.

Radar görüntüleri ise oluşturulan mikrodalga ışınına maruz kalan nesnelerin bu ışını geri yansıtmasıyla sonucunda elde edilirler. Radarlar tüm hava koşullarında ve gece ve gündüz ayırt etmeksizin çalışabilmektedirler. Denizlerin ve buzulların incelenmesinde, jeolojik, ekolojik vb. çalışmalarda kullanılmaktadır.

Landsat Uydu Sistemi; Dünyamızın çevresinde, dolaşmakta olan pek çok uydu vardır. Askeri uydular, haberleşme uyduları, meteoroloji uyduları gibi farklı amaçlara hizmet etmek üzere uzaya gönderilmiş birçok uydu bulunmaktadır. LANDSAT küresel kapsamda yeryüzü kaynaklarının düzenli takip edilmesi ve tahmin edilebilmesi için tasarlanan ilk uydu sistemidir (Richard, ve Jia, 1999). Önceleri ERTS olarak bilinen (Earth Resources Technology Satellite) Landsat 1, 23 Temmuz 1972 tarihinde NASA tarafından uzaydaki yörüngesine oturtulmuştur. Landsat 1, 2, 3 birbirlerinin benzeri, diğer yandan Landsat 4,5,6'da birbirlerinin benzeri olmuştur. Landsat 1, 2, 3 yeryüzünden bilgileri iki algılama sistemiyle toplar. Çok bantlı tarama sistemi (MSS - Multispectral Scanning System) ve kamera sistemi (RBV - Return Beam Vidicon) bu algılama sistemleridir. Landsat 4 ve 5'in taşıdığı ve öncekilerden çok değişik olarak Tematik Mapper (TM) algılayıcısı 7 spektral bantta algılama yapar. Bu algılayıcının spektral bantları, MSS'e göre daha dar olup, piksel boyutları yani çözünürlüğü altı bant için 30m ve Termal bant için (Bant 6) 120m'dir (Sesören, 1999). LANDSAT uydusu tekrarlı, dairesel, güneşe senkronize, kutuplara yakın yörüngeye sahiptir. Bu özellikleri sayesinde 81° kuzey ve 81° güney arasında görüntüleme yapabilmektedir. Ekvatorda yol ayrımı 172 km'dir. Bunlar komşu bölgeler arasında % 7.6'lık bindirme oluşturur. Bu bindirme kutuplara doğru yaklaştıkça daha da artmaktadır (Sesören, 1999: 25).

Landsat 4'ün TDRS (Tracking and Data Relay Satellite / İzleme ve veri nakli uydusu) ile haberleşme olanağına sahip olma gibi bir özelliği olmasına rağmen bu sistemin enerji kaynağında oluşan bir arıza nedeniyle 1983'de durdurulmuştur. Landsat 6 fırlatma sırasında tahrip olmuştur. Landsat 7 uydusu 1999 yılında fırlatılmıştır. Tematik Haritalayıcı, bir çizgi tarama sistemidir. TM algılayıcısı hem sağa hem sola tarama yapabilmektedir. Bu özellik MSS'e göre önemli bir avantajdır ve bu durum iki kat zaman kazanılmasını sağlar. Radyometrik doğrulama için önemlidir. Landsat 4 ve 5'de geometrik doğruluğun artırılmasına yönelik olarak birçok tasarım değişiklikleri yapılmıştır. Tablo 4'de Landsat uydularının özellikleri gösterilmiştir.

Tablo 4: Landsat Uydularının Özellikleri

<i>Uydu</i>	<i>Operatör</i>	<i>Başlangıç ve Sonlanma Tarihi</i>	<i>Sensör</i>	<i>Yersel Çözünürlük</i>	<i>Radyometrik Çözünürlük</i>	<i>Şerit Genişliği</i>	<i>Görüntüleme Sıklığı</i>
Landsat 1	NASA-EOSAT	1972-1978	MSS	80m	8 bit		18 gün
Landsat 2	NASA-EOSAT	1975-1982	TM	80m	8 bit	183	16 gün
Landsat 3	NASA-EOSAT	1978-1983	TM	80m	8 bit	183	16 gün
Landsat 4	Space Imaging	1982-1993	TM	30m	8 bit	183	16 gün
Landsat 5	Space Imaging	1984-	TM	30m	8 bit	185	16 gün
Landsat 6		BAŞARISIZ					
Landsat 7	NASA	1999-	PAN-ETM	Pan 15m 30m	8 bit	185	16 gün

Kaynak: Sesören, 1999: 29

Landsat 7 yer gözleme aygıtı üzerinde, Landsat 4 ve 5’de bulunan yüksek performanslı TM’e benzeyen yetenekleri olan Enhanced Thematic Mapper Plus (Geliştirilmiş Tematik Haritalayıcı) (ETM+) bulunmaktadır. ETM+ aynı zamanda küresel değişim çalışmaları için yeni özellikleri olan çok yönlü ve etkili aygıtlar içermektedir. ETM+ gözlem ve değerlendirme ile geniş alanda haritalama için tasarlanmıştır. Landsat 7’nin başlıca özellikleri; 15m çözünürlüklü pankromatik bant, üzerinde tamamen açık % 5 salt radyometrik çözünürlük, 60m çözünürlüklü termal kanaldır. Landsat 7 ETM+ aygıtının yörünge yüksekliği 705 km’dir. 375 GB veriyi bort üzerinde saklayabilmektedir. Tablo 5’de ETM+ algılayıcısının spektral genişlikleri, çözünürlük değerleri ve uygulama alanları verilmiştir.

Tablo 5: ETM+ Algılayıcısının Özellikleri ve Bantlara Göre Uygulama Alanları

Kanal	Dalga Boyu (μm)	Çözünürlük (m)	Uygulama Alanları
TM 1	0.45-0.52 Mavi	30 × 30	Su kütlelerinin penetrasyonu, kıyı haritalarının yapımı, toprağın bitkilerden ayırt edilmesi.
TM 2	0.52-0.60 Yeşil	30 × 30	Bitkilerin canlılığının saptanması
TM 3	0.63-0.69 Kırmızı	30 × 30	Klorofil soğurma bandı olduğundan bitkilerin ayırt edilmesinde önemli rol
TM 4	0.76-0.90 Yakın Kızılötesi	30 × 30	Bitki cinslerinin tanımlanması, su kütlelerinin ayırt edilmesi, toprak neminin belirlenmesi
TM 5	1.55-1.75 Orta Kızılötesi	30 × 30	Bitki ve topraktaki nemi gösterir, karın buluttan ayrılmasına yardımcı olur.
TM 6	10.4-12.5 Termal Kızılötesi	60 × 60	Değişik yerlerde özellikle toprağın nemi, su kirliliği, volkan araştırmaları, termal harita (kent, su) üretiminde faydalanılır.
TM 7	2.09-2.35 Orta Kızılötesi	30 × 30	Kayaç cinslerinin ayırt edilmesinde ve hidrotermal haritalamada kullanılır.
ETM+	0.52-0.90 Pankromatik	15 × 15	Jeolojik haritalama, gri tonları

Kaynak: GEO, 2019: 1

2.6. UZAKTAN ALGILAMADA ÇÖZÜNÜRLÜK

Çözünürlük kavramı denildiğinde aklımıza genel olarak bilgisayar ekranında karşımıza çıkan görüntülerin piksel sayı gelmektedir. Fakat uzaktan algılamada çözünürlük kavramı ise görüntüdeki bir pikselin yeryüzündeki karşılığına ilişkin değerine karşılık gelmektedir. Bir fotoğraf sayısal hale getirerek görüntü matrisi oluşturulur. Bu işlem sonucunda görüntü ızgara biçimindeki küçük parçacıklara bölünür ve bu parçacıklar fotoğraftan elde edilen görüntünün elemanı olan piksel olarak adlandırılır. Geometrik ayırım olarak da ifade edilen çözünürlük kavramı ile yakından ilişkili olan piksel sayısı görüntünün en küçük parçası olarak bilinmektedir.

Her bir piksel boyutunda $P_{S_x} P_{S_y}$, bir resim elemanına karşılık gelir. Piksellerin bu $P_{S_x} P_{S_y}$, boyutuna geometrik çözünürlük adı verilir (Ayhan, 2003: 19). Pikseller genellikle kare olarak biçimlendirilmişlerdir.

Yeryüzünde bir piksele karşılık gelen alan ne kadar değişik görünüm ve değere sahip olursa olsun, pikselin bir spektral banttaki değeri sadece tek bir sayı ile ifade edilir. Sayısal bir görüntü, bir resmin sürekli bir ölçekte sayısallaştırılması ile elde edilebileceği gibi, modern çok bantlı tarayıcılar ve bazı elektronik kameralar ile direkt olarak elde edilebilirler.

Sayısal görüntüleri elde eden cihazlar mevcut yapıları dolayısıyla herhangi bir zamanda yeryüzünün belirli bir bölgesine ilişkin anlık olarak spektral değeri kaydederler. Sensörlerin belirli bir zaman diliminde yeryüzünde görüntülediği bölge anlık görüş alanı olarak adlandırılır. Uzaktan algılamada konumsal, spektral, radyometrik ve zamansal çözünürlük olmak üzere dört farklı çözünürlük kavramından bahsedilmektedir.

2.6.1. Konumsal Çözünürlük

Konumsal çözünürlük veya bir başka ifade ile konumsal ayırma gücü, görüntülerdeki mevcut olan birbirinden farklı nesnelere ayırt edilebilmesi ile ilgili olarak karşımıza çıkmaktadır. Herhangi bir görüntü sistemdeki bir algılayıcılar yardımıyla kayıt edilebilen iki veya daha fazla cisim arasındaki mümkün olabilecek en küçük mesafe konumsal çözünürlük olarak ifade edilebilir. Nesnelere arasındaki uzaklık farklı ölçütler yardımıyla ifade edilmektedir. (Ayhan, 2003: 19). Bu ölçütlerden bir tanesine örnek olarak algılayıcının anlık görüş alanı verilebilir. Konumsal çözünürlüğün en geniş bakış açısına sahip tanımı, görüntülerin kayıt edildiği sistemlerdeki alıcıların anlık görüş alanının yeryüzünde karşılığıdır.

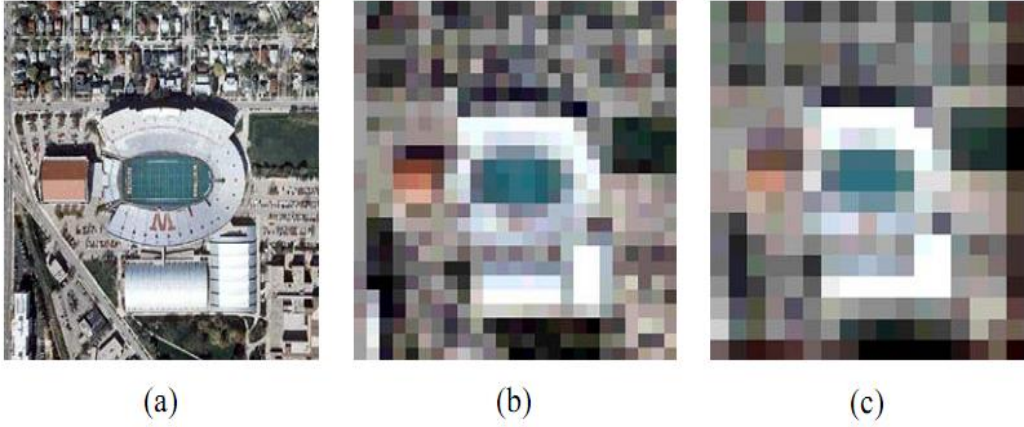
Anlık görüş alanı, uzaktan algılama amacıyla uzaya gönderilen uyduların üzerinde bulunan cihazlarıdaki optiğin gücüne karşılık gelmektedir. Herhangi bir zamanda anlık olarak belirli bir mesafeden algılayıcı sensör ile görüntülenmek istenilen bölge olarak da tanımlanabilir. Uzaktan algılamada bir algılayıcının anlık görüş alanı açısal olarak ifade edilmektedir. Bunun sonucu olarak da yeryüzündeki karşılığı da uzayda konumlanmış olan uydunun mesafesine göre farklılık

göstermektedir. Bu değerin aynı zamanda pikselin boyutu ile aynı olduğu bilinmektedir. Anlık görüş alanı açısız ve uzunluk olarak iki farklı şekilde sınıflandırılabilir.

Şekil 15’de aynı görünüte ilişkin üç farklı konumsal konumsal çözünürlüğe sahip uydu görüntüleri ifade edilmiştir. Şekil 15 incelendiğinde konumsal çözünürlüğün yükselmesine bağlı olarak nesnelerin birbirinden daha kolay ayırt edilebildiği görülmektedir. Bu durum konumsal çözünürlük artmasıyla görüntülerde nesleri daha kolay yorumlayabilme imkânını sağlamaktadır. Tam tersi olarak da Aynı şekilde çözünürlük düşmesi sonucunda nesnelerin ayırt edilebilmesi ve buna bağlı olarak da analiz edilip sonuçların yorumlanması oldukça güçleşmektedir.

Şekil 15: Konumsal Çözünürlük Kavramı

(a) 1 metre, (b) 10 metre, (c) 30 metre çözünürlüklü görüntüler.



2.6.2. Spektral Çözünürlük

Spektral çözünürlük, sensörlerin kayıt altına alabileceği elektromanyetik spektrumun dalga aralıklarını ve bunların sayısını ifade etmektedir. Spektral çözünürlük en genel bakış açısıyla çok bantlı görüntülerdeki bantların sayısını her bir bantın genişliğini ifade eder.

Spektral çözünürlük yeryüzündeki cisimlerin ve arazi yapılarının uzaktan algılama yardımıyla belirlenebilmesi için gerekli olan en önemli özellik olarak

bilinmektedir. Spektral özellik, nesnelere yansımaya, yayılma, geçirgenlik ve soğurma özellikleri olarak da ifade edilebilir. Sensörlerin tasarlanmasında spektral özelliklerdeki farklılıkları ortaya koyacak ve talep edilen ayrımları yapabilecek şekilde olmasına büyük önem verilmiştir. Yeryüzündeki cisimlerin spektral özellikleri ile kendilerine özgü özellikleri arasında oldukça güçlü bir ilişkinin varlığından söz edilebilir. Spektral bantların her biri elektromanyetik spektrumun belirli bir alanında duyarlılık göstermektedir. Bu kısımlarda dalga boylarının başlangıç ve bitişleri merkez frekansı ve bant genişliği şeklinde ifade edilir. .

Uzaktan algılama cihazlarının spektral ayırma gücünün belirlenmesi işlemi bant genişliğine bağlı olarak yapılmaktadır. Gelişmiş bir seviyede spektral çözünürlük elde edebilmek için hususi kanalın olması gereklidir. Bu durum dalga boylarının daha dar bir aralıkta yer aldığı sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Teorik anlamda ifade etmek gerekirse spektrumun çok sayıda ve olabildiğince küçük parçaya ayrılması durumunda, spektral ayırma gücünde de doğru orantılı olarak artış göstermesi beklenmektedir. Bu açıklamalarda elde edilecek en önemli sonuç en iyi çözüme ulaşmak için olabildiğince az bant kullanılarak istenilen ayrımı elde etmenin önemli olduğu sonucudur.

Spektrumun konumu, ne kadar sayıda olacağı ve özellikle genişliği varılacak hedef ile ilgili olarak belirlenmektedir. Spektrumun farklı kısımlarını kullanarak elde edilen görüntülere çok bantlı görüntülere Multi-Spektral (Çok Bantlı) Görüntüler adı verilir. Çok bantlı görüntülerden elde edilen veri setleri, ayrı ayrı bantlarda yer alan sayısal değerler ile her bir pikselin birleştirildiği değişkenlik gösteren bantların kendisini içermektedir. Elde edilen veriler, herbir katman bir banda karşılık gelmektedir. Uzaktan algılamada kullanılan uydulara ilişkin spektral çözünürlükleri ilgili uydunun hangi sayıda bant üzerinden görüntü verdiğine ve tüm bantların genişliğine ilişkin özellikleri dikkate alınarak ifade edilmektedir. Landsat MSS dört farklı bantta için veriler barındırırken, Landsat TM ise yedi farklı bir bant sistemi içinde verileri bulundurma işlemini gerçekleştirir. (Gibson, 2000: 19).

2.6.3. Radyometrik Çözünürlük

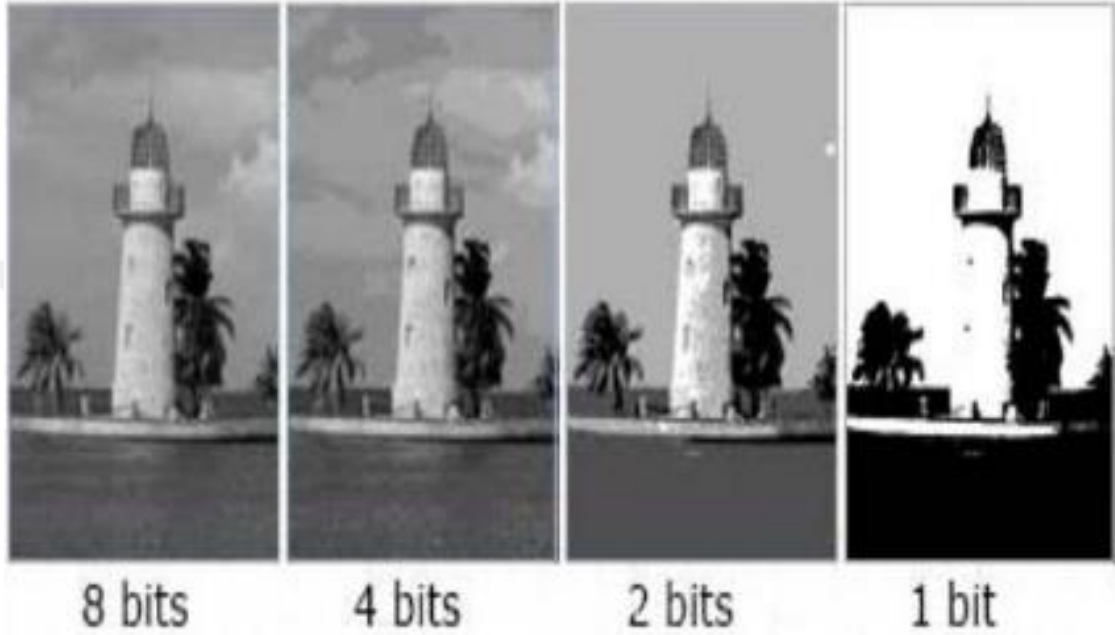
Görüntülerin en küçük birimi olarak ifade edilen pikseller aynı zamanda görüntünün uzay boyutunda biçimi ve boyutunu da tanımlamaktadır. Radyometrik özellikler ise bir görüntüdeki esas ve temelde yatan bilgiyi içinde barındırırlar. Piksellerin yapısı incelendiğinde bir görüntünün uzaysal yapısının temelini oluşturduğu görülmektedir. Diğer taraftan ise radyometrik özellikler nesnelerin görüntülerindeki gerçek bilgiye karşılık gelmektedirler. Herhangi cihaz tarafından veya bir filmde seçilen bir görüntünün elektromanyetik enerji miktarına ilişkin duyarlılığı, aynı zamanda o görüntünün radyometrik çözünürlüğü ifade etmektedir.

Yeryüzündeki herhangi bir bölgenin görüntüsü ele alındığında, bu görüntüde her bir piksele karşılık gelen kısımlardan yansıyan ışığın miktarına bağlı olarak ilgili kısımlardaki tüm nesnelere, algılayıcılar tarafından birbirinden farklı şekillerde kaydedilirler. Bu durum, o alıcının radyometrik çözünürlüğü olarak adlandırılır. Özet olarak radyometrik çözünürlük, görüntülerdeki nesnelerin tanımlanmasında ve ayırt edilmesinde kullanılan bütün renk tonlarının toplamı olarak ifade edilmektedir. Derecelendirme veya tonlandırma işleminin miktarı ne kadar fazla olursa, ayırt etme başarısının artması o kadar yüksek olacaktır.

Bir uzaktan algılama sistemi ele alındığında radyometrik çözünürlük ifade edildiğinde, ilgili görüntüde mevcut olan siyah ve beyaz renkleri arasında ölçülmüş olan gri seviyelerinin sayısının ölçümü anlaşılmaktadır. Radyometrik çözünürlükte ölçülmesinde birim değer olarak bit kullanılmaktadır. Bir bitlik sistem yalnızca iki gri seviyesini ölçebilmektedir ($2^1 = 2$). 8-bitlik bir sistemde ise bu duruma paralel olarak $2^8 = 256$ farklı gri seviyesi ile karşılaşılmaktadır. Bu durum siyah rengin sayısal olarak sıfır değerine, beyaz rengin ise sayısal olarak 255 değerine karşılık gelmesine yol açmaktadır. Uzaktan algılama sistemlerinin birçoğunda radyometrik çözünürlük en az 6-bit olarak karşımıza çıkmaktadır. (Gibson, 2000: 46). Birbirlerinden çok farklı özelliklere sahip olan aynı zamanda birbirlerinden çok ayrı amaçlara hizmet eden uydular doğal olarak birbirlerinden farklı radyometrik çözünürlük değerlerine sahiptirler. Örnek olarak, Landsat 1 ve Landsat 3 uyduları 6 bitlik çözünürlüğe sahipken, buna karşılık Hyperion uydusu 12 bitlik çözünürlüktedir.

Şekil 16’da 8, 4, 2 ve 1 bitlik görüntüler verilmektedir. Bu görüntüler kıyaslandığında, radyometrik çözünürlükle bağlantılı olarak ortaya çıkan farklılıklar açıkça görülmektedir.

Şekil 16: Radyometrik Çözünürlük Örneği



2.6.4. Zamansal Çözünürlük

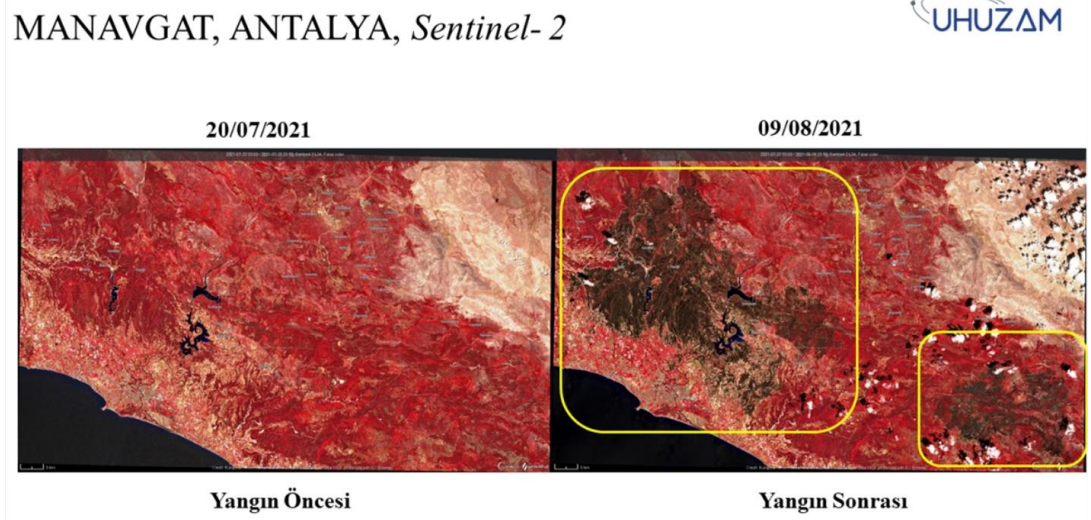
Son yıllarda görüntü işleme alanında yapılan çalışmalarda bir bölgeye ilişkin görüntülerin zamana bağlı olarak değişimlerinin ortaya konulması büyük önem kazanmıştır. Aynı durum nesnelerin görüntüleri için ayrışım yapabilmek adına önemlidir. Bir nesnenin zamana bağlı olarak değişiminin belirlenmesi sonucunda diğer nesnelere ayrıtılması kolaylaşacaktır. Görüntülerin farklı zamanlarda, değişik zaman dilimlerinin belirlenerek elde edilmesi sonucunda çok zamanlı uydu görüntülerin elde edilmiş olur. Burada hem aynı nesnenin iki farklı zamanda elde edilen görüntülerinin için zaman farklı ve hatta alım zamanları önemli bir etken olarak ortaya çıkmaktadır. Belirlenen uygun zaman aralığı uygulamanın amacına bağlı olarak gün, hafta, ay, mevsim ve hatta yıl olarak belirlenebilir. Uzaktan algılamanın en önemli görevlerinden biri de nesne veya arazilerin yapısının zamana bağlı olarak değişimlerinin

incelenmesidir. Bu sebepten dolayı algılayıcı sistemin ayrıştırma kuvveti niteliklerin belirlenmesinde zamansal ayırma gücünün varlığı üzereinde çalışılan sistem için tanıtıcı bir özellik olarak ortaya çıkmaktadır. (Ayhan, 2003: 145).

Uzaktan algılama için oluşturulan sistemler için zamansal çözünürlük, aynı bölgeler için hangi periyodlar ile verilerin elde edildiği konusunda bilgiler ortaya koymaktadır. (Gibson, 2000: 152). Uydular belirli zaman aralıklarında aynı alanı ardışık bir şekilde geçiş yapabilirler. Örneğin, Spot uydusu 26 günde bir aynı noktadan geçerken Landsat uydularından 1. 2. ve 3. uydular 18 günde bir; 4. 5. ve 6. uydular ise 16 günde bir aynı noktadan geçmektedirler.

Şekil 17’de İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) Uydu Haberleşme ve Uzaktan Algılama Uygulama ve Araştırma Merkezi (UHUZAM)’ın, 2021 yılında Akdeniz ve Ege Bölgesi’ndeki orman yangınların doğada bıraktığı tahribatı ortaya koymak amacıyla iki farklı zaman diliminde elde ettikleri görüntü verilmiştir.

Şekil 17: Zamansal Çözünürlüğe İlişkin Yangın Öncesi ve Sonrası Görüntü



2.7. UZAKTAN ALGILAMADA GÖRÜNTÜ ANALİZ SİSTEMLERİ

Uzaktan algılanan nesnelere görüntülerin analiz edilerek yorumlanması kavramı görüntülerde faydalı bilgilerin ortaya çıkartılması, görüntülerde farklı hedeflerin belirlenmesi ve bu hedefler üzerinde gerekli ölçümlerin yapılmasını içermektedir. Belirlenen bu hedefler, noktalar, çizgiler veya alanlar içeren doğal veya yapay özellikte olabilirler. Bu hedefler yansıtıkları veya yaydıkları radyasyon yoluyla

belirlenebilirler. Yayılan bu radyasyon sensörler tarafından ölçülür ve hatta kaydedilebilirler. Hedefler ve hedeflerin komşuluğunda bulunan nesnelere ile arasındaki farklılıkların belirlenmesi için gölge, desen, ton, boyut ve doku gibi görüntü elemanlarının herhangi birinin veya birkaçının birlikte kullanılması gereklidir (Ayhan, 2003: 26). Algılayıcılar ile elde edilen görüntüler analog veya dijital biçimde olabilirler. Analog formatta görüntülenen nesnelerin görüntülerinde hedefin belirlenmesi ve yorumlanması belirlenen bir uzman tarafından manüel veya görsel olarak gerçekleşir.

Görüntü üzerindeki her piksel değeri görüntünün parlaklık derecesini ifade eden sayısal bir değere karşılık gelmektedir. Piksellerin bilgisayarların yardımıyla bir araya getirilmesi sonucunda sayısal görüntüler elde edilir. Özel yazılımlar yardımıyla bilgisayar ortamında piksellerin sayısal değerlerinde düzenli bir şekilde değişiklikler yapılabilmesi görüntülerin sayısal formatta işlenmesi ve yorumlanmasında temel oluşturmaktadır. Görüntü analiz sistemlerinde en sık karşılaşılan görüntü işleme fonksiyonları; ön işlem, görüntü iyileştirme, görüntü dönüşümleri, görüntü sınıflandırması ve görüntü analizidir (Lillesand ve Kiefer, 1994: 145).

2.7.1. Ön İşlem

Ön işlemler, uydu görüntülerini sayısal hale getirildikten sonra elde edilen verilerin kullanılmasıyla ulaşılmak istenen bilgi veya özelliklere ulaşmak amacıyla yapılan gerekli hazırlardır. Ön işlemler radyometrik ve geometrik düzeltmeler olarak kategorilendirilir. Ön işlem aşamasında uydu görüntüleri bu düzeltmelere tabii tutulurlar. Bu ön işlemler görüntü restorasyonu veya rektifikasyonu olarak da adlandırılır. Ön işlemede algılayıcı ve platformdan kaynaklanan radyometrik ve geometrik bozulmaların ortadan kaldırılmaya çalışılması amaçlanmaktadır (Kavzoğlu, 2008: 116).

Radyometrik düzeltmelerin içinde, algılayıcıların bir düzen içinde bulunmaması sorununun giderilmesi, gerekli olmayan algılar, atmosferik bozuklukların ortadan kaldırılması ve sensörler yardımıyla ölçülen radyasyonun doğru şekilde gösterimi için gerekli dönüşümlerin yapılması işlemleri mevcuttur. Geometrik sapmalar ise çok sayıda faktörden etkilenerek ortaya çıkmaktadır. Bu faktörlerden bazılarının örnek olarak algılayıcı aygıt optiğinin yapısı, tarama sistemlerinin hareketi, platform

hareketi, platformun yüksekliği, arazinin eğimi ve yeryüzünün küreselliği verilebilir. (Kavzoğlu, 2008: 117).

Uyduların yer aldığı platformlara monte edilen algılayıcılar yoluyla elde edilen ham görüntüler incelendiğinde bazı hatalar ve kesiklikler gözlemlenir. Bu ortadan kaldırılması veya değiştirilmesi, arzu edilen amaca uygun olarak istenen amaca uygun olarak yapılacak uygulamalar öncesinde gerçekleştirilmesi sebebiyle bu tarz işlemlere ön işlemler adı verilir. Düzeltmelerin bazıları uydularla iletişim halinde olan yer istasyonlarında yapılmasına rağmen, analizi uygulayan kişinin düzeltme yapılmasına çoğunlukla gerek duyulmaktadır.

Belili bir zamanda anlık olarak yapılan, bir alandaki bitki örtüsünün veya diğer özelliklerinin analizleri uygulayan araştırmacı piksellerin orjinal değerleri ile değil de bu piksellerin birbirlerine göre göreceli olarak ifade edilen değerleri ile ilgilendiğinden dolayı piksel değerlerinin atmosferik etkilerden ayrıştırılması zorunluğu yoktur. Buna karşılık farklı zamanlarda elde edilen görüntülerin incelenmesi aşamasında atmosferik etkilerin ortadan kaldırılması gerekmektedir. Geometrik ve radyometrik düzeltmeler görüntü iyileştirme ve görüntü sınıflandırma aşamalarından daha önce yapılması gereken ön işlemler olarak bilinmektedirler.

Geometrik düzeltmenin yapılmasının amacı, nesnelerin görüntülerini geometrik olarak reel evrene en çok benzeyecek şekilde dönüştürmektir. Geometrik sapmaların çoğunluğu sistematik bir şekilde gerçekeştiğinden dolayı düzgün modeller yardımıyla ortadan kaldırılabilir. Sistematik olarak gerçekeşmeyen bir başka ifadeyle rasgele ortaya çıkan hatalar ise modellenmesi imkansızdır. Geometrik düzeltme, daha önceden sınırları belirlenmiş bir koordinat sistemine dönüşüm işleminin gerçekeşmesi yoluyla da gerçekeşebilir. Geometrik düzeltme işlenmemiş bir uydu görüntüsünü, var olduğu fotoğrafın koordinat sisteminden, görüntünün üzerindeki ve arazideki koordinatları bilinen uygun sayı ve konumdaki yer kontrol noktaları yardımıyla arazi koordinat sistemine dönüştürür. Bu dönüştürme işleme görüntüden haritaya geçiş adı verilir.

İşlenmemiş bir görüntünün geometrik olarak düzeltilmesinde kullanılan bir başka yöntem görüntüden görüntüye dönüşüm olarak adlandırılır. Bu dönüşüm ile geçişte coğrafik olarak tanımlanmiş ve işaretlenmiş diğer bir görüntü yardımıyla,

mevcut iki görüntüdeki benzer noktalar kullanılarak geometrik düzeltme işlemi tamamlanmış olur (Mather, 1987: 25).

Uydu görüntüleri geometrik olarak düzeltilip araştırmacı tarafından belirlenen herhangi bir koordinat sistemine bağlandıktan sonra ortaya çıkan görüntü eğiminin varlığı sonucunda ortaya çıkan piksellere yeni sayısal değerlerin atanması gerekir. Geometrik olarak yeniden düzenlenmiş görüntü üzerindeki piksellere ait sayısal değerler gerçekleşen değişim sonrasında olması gereken değerlerden farklı olarak ortaya çıkabilirler. Bu nedenle yeniden düzenlenmiş görüntüdeki yeni piksellerin sayısal değerlerinin ifade edilmesi amacıyla yeniden örnekleme olarak adlandırılan bir yöntem kullanılır. Yeniden örnekleme ile geometrik dönüşüm yapılmadan önce görüntüdeki ham sayısal piksel değerlerinin kullanılmasıyla birlikte yeni piksel değerleri elde edilir. En yakın komşuluk, bilinear enterpolasyon ve kübik eğri olarak adlandırılan üç yöntem yeniden örnekleme işleminin uygulanması aşamasında dikkate alınmaktadır.

En yakın komşuluk yönteminde, ham görüntüde yeni piksel konumuna en yakın sayısal piksel değerlerinden hareketle yeniden ifade edilen piksel değerleri hesaplanır. Bu yöntem basit bir mantığa dayanması sebebiyle ve ham değerlerin sabit kalmasından dolayı en sık kullanılan metot olarak bilinmektedir.

Bilinear enterpolasyon metodunda ise, ham görüntüde yeni piksel konumuna en yakın dört pikselin ortalama değerine bağlı olarak gerçekleştirilen ağırlıklandırma ile yeni pikseller elde edilir. Böylelikle ham piksel değerleri yerini yeni piksel değerlerine bırakır.

Kübik eğri yöntemi, yeniden örnekleme işleminde ham görüntüde yeni pikselin konumunu sabitleyen sekiz pikseli bir bloğun ağırlıklı ortalamasının alınmasıyla yeni piksel değeri elde edilmiş olur. Bilinear enterpolasyonda olduğu gibi bu yöntemin uygulanması sonucunda da yeni piksel değerleri elde edilir.

Nesnelerin görüntülerindeki bozukluklar ya da gürültülerin ortaya çıkış kaynağı düzensizlikler ya da verinin alınması ve veri iletimi aşamasında ortaya çıkan olaylar olarak ifade edilmektedir. Bu bozuklukların ortak yapısı sistematik kayıplar içermesi ya da bantların elde edilmesi aşamasındaki kayıplar olarak adlandırılmaktadır. Kayıp hatlar bant alımı esnasındaki değişim ve sürüklenmeden kaynaklanmaktadır. Kayıp hatlar normal olarak, hattın altında ya da üstündeki

değerlerle ya da her ikisinin ortalamasının alınması suretiyle oluşturulan yeni bir hatla düzeltilir. Radyometrik bir düzeltmenin gerçekleştirilmesi bazı filtreleme yöntemlerinin kullanılmasıyla da yapılabilmektedir (Altuntaş ve Çorumluoğlu, 2002: 266).

2.7.2. Görüntü İyileştirme

Görüntü iyileştirme aşaması, görüntünün görsel olarak yorumlanmasını ve anlaşılabilirliğini artırmak amacıyla gerçekleştirilir. Görüntü üzerinde zıtlık ve netlik düzeltmeleri ve çeşitli filtreleme yöntemlerinin aynı orjinal görüntüden farklı renkli görüntüler üretilmesi işlemidir olarak ifade edilmektedir (Tatar ve Tatar, 2006). Hedeflerin farklı yapılarda olmalarından dolayı spektral yansımalarında meydana gelen büyük değişimlerle ilgili olarak yapılan radyometrik düzeltmeler, tüm hedeflerde optimum kontrast ve parlaklık gösterimi için hesaplanabilir. Her uygulama ve her görüntü için, mutlaka alanın tanımlanması ve yansıma değerlerinin iletimi gereklidir (Sabins, 1987). En sık olarak kullanılan görüntü iyileştirme yöntemleri arasında lineer kontrast artırımı, histogram eşitleme, yoğunluğa göre derecelendirme ve sahte renk (pseudo-color) dönüşümü yer almaktadır.

Lineer kontrast artırımı yöntemi ile görüntüdeki en küçük piksel değeri sıfıra, maksimum piksel değeri de 255 değerine atanması için lineer enterpolasyon metodu uygulanır. Renkli bir görüntünün elde edilebilmesi için bu işlem üç bant için ayrı ayrı yapılması ve daha sonrada sonuçların üç ana renk olan kırmızı, yeşil ve mavi (RBG)'ye atanması gerekmektedir. Histogram eşitleme yönteminde yalnızca minimum ve maksimum değerlerin alınması yerine görüntüdeki bütün piksel değerlerinden oluşan histogram dikkate alınarak daha komplike bir görüntü iyileştirme yapılabilmektedir. Bu metotta görüntüdeki her renk tonunun yaklaşık olarak eşit sayıda piksel içerdiği kabul edilir. Histogram eşitleme görüntü iyileştirme teknikleri arasında en çok kullanılan ve en iyi sonuç veren metottur.

Bu teknikte kenar gruplar birleştirilir. Buna karşılık orta gruplar daha ayrık hale getirilip görüntü kalitesinin iyileştirilmesi amaçlanır. Yoğunluğa ilişkin derecelendirme yönteminde amaç, arka arkaya gelen bazı piksel değerlerini bir grup içerisinde birleştirip; kırmızı, yeşil ve mavi olarak tanımlanmış bir renkle ifade etmektir. Sonuçta 0 – 255 aralığındaki değerler birkaç renkle ifade edilir. Özellikle

siyah-beyaz görüntülerdeki homojen alanların renkli şekilde görüntülenmesinde kullanılır. Bu dönüşümle 256 renkli bir görüntüden birkaç renge dönüşüm yapıldığından, görüntüdeki ayrıntıların ortadan kalktığı görülmektedir.



ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MATEMATİKSEL VE İSTATİSTİKSEL ALTYAPISI İLE ANABİLEŞENLER ANALİZİ VE ÇOK BANTLI UYDU GÖRÜNTÜLERİNDE BİR UYGULAMA

3.1. LİTERATÜR TARAMASI

Asokan ve diğerleri (2020) çalışmalarında tarihsel harita değişiklikleri, şehirlerin/eyaletlerin, bitki örtüsü bölgelerinin, su kütlelerinin vb. sınırlarındaki değişiklikleri incelemek amacıyla uydu görüntülerini kullanmıştır. Bu çalışmada tarihsel harita sınıflandırma uygulamaları için uydu görüntü işleme konusunda kapsamlı bir bilgi gerektiği ifade edilmiştir. Ayrıca uydu görüntülerini işlemede kullanılan bazı yöntemlerin esas görüntüye vermiş olduğu zararla tartışılmıştır.

Rodarmel ve Shan (2002) çalışmalarında hiperspektral görüntülerin sınıflandırılması amacıyla bir ön işleme tekniği olarak anabileşenler analizini kullanmışlardır. Bu çalışmada, hiperspektral görüntülerin sınıflandırılması için bir ön işleme adımı olarak anabileşen analizi tekniğini kullanmanın faydasını ve verimliliğini önerilmiştir.

Nandi ve diğerleri (2015) çalışmalarında anabileşenler analizinin görüntülerden özellik çıkarma, görüntü birleştirme, görüntü sıkıştırma, görüntü bölütleme, görüntü kaydı, gürültü giderme, vb. için de yaygın olarak kullanılabilirliğini ortaya koymuşlardır. Tıbbi görüntü işleme alanında anabileşenler analizinin uygulayarak sonuçlarını ortaya koymuşlardır.

Q, Du ve Fowler (2007) çalışmalarında anabileşenler analizinin spektral boyutsallık azaltmanın yanı sıra spektral korelasyon sağlamak için JPEG2000'de kullanılabileceğini ifade etmişlerdir. Elde ettikleri deneysel sonuçlar, önerilen anabileşenler analizi tabanlı kodlayıcının, dalgacık tabanlı kodlayıcınınkinden daha üstün olan hız-bozulma ve bilgi koruma performansının yanı sıra, daha az sayıda PC tutulduğunda ve kodlandığında en iyi PCA performansının ortaya çıktığını ortaya koymaktadır. Ayrıca çalışmalarında boyutsallık azaltmada kullanılacak optimal bilgisayar sayısını tahmin etmek için doğrusal bir model önermişlerdir.

Geladi ve diğeri (1989) SIMCA yönteminde kullanılan örüntü sınıflandırması, biliş ve tanıma süreçleri, çok değişkenli görüntülerin gizli değişkenlerine çevrilebilir olduğunu ortaya koymuşlardır. . Küçük bir uydu görüntüsü örneğini kullanarak standart görüntü analiz ekipmanının olanaklarından maksimum düzeyde yararlanmayı ve elde edilen sonuçları daha geleneksel görüntü analiz teknikleriyle birleştirmeyi amaçlamışlardır. Çalışmalarında temel olarak teorik yönleri odaklanmışlardır.

S.C. Ng. (2017) çalışmasında yüksek çözünürlüklü görüntülerin internet üzerinden paylaşılması için bir zorluk teşkil ettiğini ifade etmiştir. Uzun resim yükleme ve indirme süresi, İnternet kullanıcıları için her zaman önemli bir sorun olan veri iletim sorununun yanı sıra, yüksek çözünürlüklü görüntü daha fazla depolama alanı tüketir. Dijital görüntülerde öznetelik indirgeme üzerine anabilesenler analizini uygulayarak değerlendirmeyi ve özneteliği azaltılmış görüntülerin kalitesini fark varyans değerleriyle karşılaştırmayı amaçlamışlardır. Bu çalışmada uygulanan yöntem ile görüntü dosyasının internet üzerinden aktarım süresinde, özellikle mobil cihazlar aracılığıyla indirme etkinliği için önemli bir gelişme sağlamıştır.

Singa ve Kangaroo (2002) çalışmalarında resim arşivleme ve iletişim sistemi, hasta demografisine ve çalışma açıklamalarına dayalı sorguları destekleyen resim arama yetenekleri sağladığını ifade etmiştir. Görselleri içerik bazında temsil etmek ve almak için anabilesenler analizini kullanmışlardır. Bu analizin, aramanın boyutsallığını, görüntüleri en iyi tanımlayan prototip görüntülerin bir temel kümesine indirgediğini ifade etmişlerdir. Her görüntü, temel set üzerindeki izdüşümüne göre tanımlanır; bir sorgu görüntüsüyle eşleşme, veritabanındaki görüntülerinkiyle ayarlanan temeldeki projeksiyon vektörünü karşılaştırarak belirlenir.

İslam ve diğeri (2021) çalışmalarında süper pikseli şablon tabanlı K-ortalama (TK) algoritmasına ve insan beyni tümörlerini daha düşük yürütme süresinde verimli bir şekilde tespit eden anabilesenler analizine dayalı gelişmiş bir beyin tümörü saptama şeması önermişlerdir. İlk olarak hem süper pikselleri hem de beyin tümörlerini doğru bir şekilde tespit etmeye yardımcı olan anabilesenler analizini kullanarak temel özellikleri çıkarmışlar, ardından da doğruluğu artırmaya yardımcı olan bir filtre kullanılarak görüntü iyileştirme yapmışlardır.

Yadav ve Yadav (2020) çalışmalarında dalgacık dönüşümü ile füzyona odaklanan ve istenilen kaliteli görüntülerin elde edilmesi için tıbbi görüntü füzyon tekniklerindeki yenilikçi eğilimleri , gürültü gidermek amacıyla veri setini kullanarak ve veri amacıyla bağımsız bileşen analizi ve anabileşen analizi tekniklerinin kullanımını tartışmışlardır. Ayrıca bu çalışmada çeşitli tıbbi modalitelerin kullanılması yoluyla tıbbi görüntü füzyonu için ideal bir tekniğin gelecekteki beklentilerini de tartışmışlardır.

Qureshi ve diğerleri (2019) çalışmalarında hiperspektral belge görüntüleme, imza çıkarma, mürekkep veya belge eskimesi, tarihi belge resimlerinden bilgi alma, resimler ve belgelerin adli analizi dahil olmak üzere belge resim analizinin birçok zorlu problemini çözmeye potansiyeli olduğunu ifade etmişlerdir. Bu çalışmada belge görüntü analizi için HSI'nın potansiyelini araştırmışlar ve literatür taramasıyla birlikte ve gelecekteki beklentilerin kapsamlı bir incelemesini ortaya koymuşlardır. Hiperspektral belge görüntülerinin elde edilmesi ve işlenmesiyle ilgili zorluklarını ortaya koyarak belge görüntü analizi için ticari HSI sistemini de incelemişlerdir.

Sawant ve diğerleri (2021) çalışmalarında hiperspektral görüntülerin, yüzlerce yüksek düzeyde ilişkili spektral banttardan oluştuğundan, hiperspektral görüntü sınıflandırması için bilgilendirici ve yüksek düzeyde ayırt edici bantların seçimi gerekli olduğunu ifade etmişlerdir. Bu çalışmada hiperspektral görüntü sınıflandırması için makine öğrenimi ve yapay zeka tekniğine dayalı bant seçim stratejilerinin kapsamlı bir araştırması verilmektedir. Bu çalışmanın sonucuna göre, hiperspektral görüntü sınıflandırması için bant seçim stratejilerinde gelecekteki eğilimler için araştırma zorluklarını belirlemişlerdir.

Wang ve diğerleri (2021) çalışmalarında tarım alanında hiperspektral görüntü analizi için mevcut çabaları kapsamlı bir şekilde inceleyerek potansiyel araştırma yönlerini belirlemek amacıyla sistematik ve kapsamlı bir inceleme sunmuşlardır. Olgunluk ve bileşen tahmini, farklı sınıflandırma temaları ve bitki hastalık tespiti gibi tarımdaki uygulamaları özetlenmişlerdir. Derin öğrenme modelleri ve özellik ağları açısından hiperspektral görüntü analizleri gözden geçirerek derin öğrenmeye dayalı hiperspektral görüntü analizinin mevcut zorlukları özetlemişlerdir.

Harikiran ve Teddy (2022) çalışmalarında küme analizi, denetimli ve yarı denetimli sınıflandırma olmak üzere üç farklı hiperspektral görüntü makine öğrenimi sınıflandırma yöntemini incelemişlerdir. Bu çalışmada ayrıca tüm bu tekniklerin hiperspektral görüntü sınıflandırması ve boyutsallık azaltma için etkinliğini göstermişlerdir.

Chandrasekhar ve Mahaboob (2020) çalışmalarında hiperspektral görüntülerin, bir spektral kameradan yakalanırken çok fazla kirlilik içerdiğini ifade etmişlerdir. Bu gürültüyü ortadan kaldırmak ve sorunları çözmek için karşıt yaklaşımlar ve mevcut stratejilerle tartışılmış ve analiz edilmiştir. Gürültü giderme yaklaşımları, bu nedenle, uzaktan algılama görüntüleme uygulamalarında ve askeri uygulamalarda nesne tanımlama ve sınıflandırma geliştirmeye yönelik önemli bir adım olduğunu ifade etmişlerdir.

Xuejie ve diğerleri (2020) çalışmalarında hiperspektral görüntüleme yöntemleri ve uygulamalarının temel gelişmeleri gözden geçirerek spektral görüntüleme yöntemleri, sistem bileşimi ve özelliklerini tartışmışlardır. Bu çalışma, bir doku görüntüleme yöntemlerindeki araştırma ilerlemesini ve spektral yeniden yapılandırma, doku optik parametre ölçümü ve derin öğrenmeye dayalı görüntü işleme açısından uygulamadaki ilerlemeyi tanıtmaktadır. Ayrıca bu çalışmada cilt travması ve iyileşme süreci tespiti, diyabetik ayak ve retina hastalıklarının teşhisi, intraoperatif tespit ve mikro sirkülasyon fonksiyonunun değerlendirilmesi gibi klinik tıpta hiperspektral görüntülemenin uygulamalarının gelişim aşamaları da özetlenmiştir.

Uddin ve diğerleri (2021) çalışmalarında Bu yazıda, anabileşenler analizinin (PCA) doğrusal varyantları olarak SPCA (Segmented-PCA), SSPCA (Spectrally Segmented-PCA), FPCA (Folded-PCA) ve MNF (Minimum Noise Fraction), KPCA (Kernel-PCA) ve KECA (Kernel-PCA) ve KECA (Çekirdek Entropi Bileşen Analizi) olmak üzere doğrusal olmayan varyantları olarak incelenmiştir.

Sethy ve diğerleri (2021) çalışmalarında hiperspektral görüntüleme tekniklerine uzamsal ve spektral bilgileri kullanmışlardır. Ayrıca hassas tarımda hiperspektral görüntülemenin önemli uygulamalarını gözden geçirmişlerdir. Bu makalede, sınıflandırma, kromatik, iklimsel, yakınsama vb. gibi tarım endüstrisindeki hiperspektral görüntülemenin mevcut ve geçmiş gelişimini gözden geçirilmiştir.

Dian ve diğeri(2021) çalışmalarında HSI-MSI füzyonu için kapsamlı bir inceleme sunmuşlardır. Bu çalışmada HSI-MSI füzyon yöntemlerinin özelliklerine göre, pan-keskinleştirme tabanlı yaklaşımlar, matris çarpanlara ayırma tabanlı yaklaşımlar, tensör temsili tabanlı yaklaşımlar ve derin evrişim sinir ağı tabanlı yaklaşımlar olmak üzere dört kategoriye ayrıldıkları ifade edilerek her kategorideki füzyon yöntemleri için ayrıntılı inceleme sunulmuştur.

3.2. VERİ MATRİSİ VE ELEMANLARI

Skaler bir sayı genellikle küçük harfli bir sayı ile italik olarak gösterilir.

$$x = x_{ij}$$

Sayıların düzgün sıralı bir şekilde ifade edildiği bir vektör genellikle küçük harfli ve kalın yazı tipinde sembolize edilir.

$$x = \begin{bmatrix} 2 \\ 0 \\ 5 \end{bmatrix} \quad (3.1)$$

3.1'de ifade edilen , 3x1 boyutlu bir sütun vektörü olan x vektörünün transpozu olan satır vektörü

$$x' = [2 \ 0 \ 5] \text{ veya } x^T = [2 \ 0 \ 5] \quad (3.2)$$

şeklinde gösterilir.

Veri analizinde tek değişkenli durumlarla çok seyrek karşılaşmaktadır. Çoğunlukla ölçümler tekrarlı olarak veya farklı değişkenlerin ölçümleri üzerinden yapılmaktadır. Vektörler, verilerin ifade edilmesi için anlaşılabilir bir gösterim şekli olması sebebiyle matematiksel işlemlerin yapılmasına kolaylık sağlarlar.

Sayı dizileri olarak ifade edilen matrisler, büyük harf ve kalın yazı tipiyle gösterilir.

$$X = \begin{bmatrix} 2 & 5 & 4 \\ 2 & 1 & 0 \\ 0 & 3 & 6 \end{bmatrix} \quad (3.3)$$

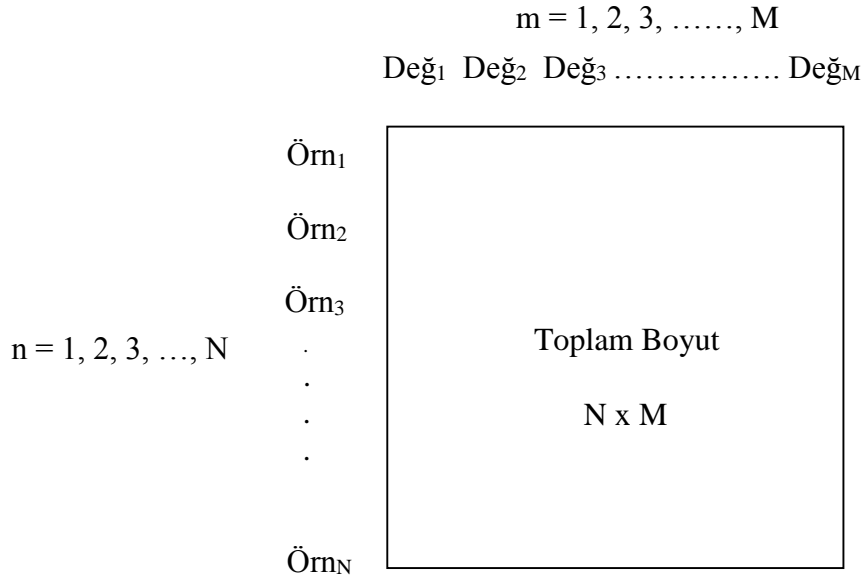
3.3’de verilen X matrisi N = 3 satır ve M = 3 sütundan oluşmuştur. Satır indisi genellikle n ile gösterilir ve n =1, 2, 3,, N değerlerini alır. Sütun indisi genellikle M ile gösterilir ve m =1, 2, 3,, M değerlerini alır. Matristeki herhangi bir sayının konumu satır ve sütun indeksleri ile ifade edilir.

3.3’de verilen matrisin transpozu,

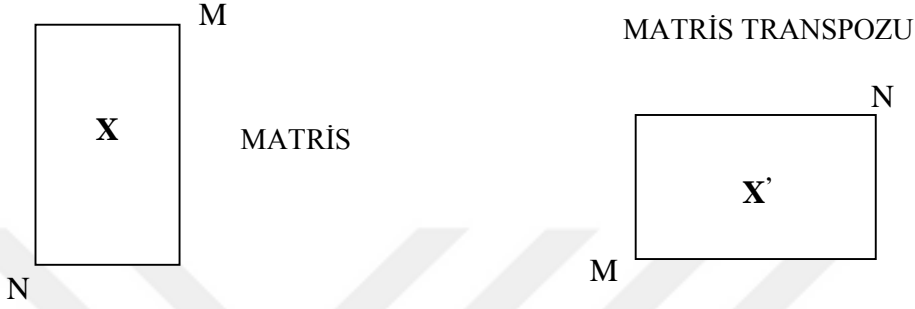
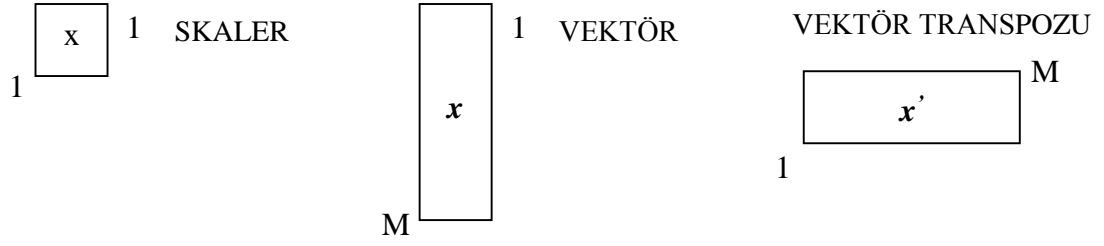
$$\mathbf{X}' = \begin{bmatrix} 2 & 2 & 0 \\ 5 & 1 & 3 \\ 4 & 0 & 6 \end{bmatrix} \quad (3.4)$$

olarak elde edilir. Matrisler bazen her bir elemanın iki indis ile ifade edilmesi sebebiyle ikinci dereceden bir dizi olarak da adlandırılırlar. Aynı bakış açısı ile vektörler birinci dereceden, skalerler ise sıfırıncı dereceden bir dizi olarak adlandırılır. Bu tanımlama dizi sayısının ikiden fazla olması durumunda daha kullanışlı olacaktır.

Bir veri matrisi satır ve sütunlardan oluşur. N adet satır nesnelere, gözlemleri, örnekte ele alınan kişileri, M adet sütun ise değişkenleri tanımlar. Veri matrisinin toplam büyüklüğü N x M ‘ye eşittir. $X_{N \times M}$ şeklinde de gösterilen veri matrisi çok sayıdaki veriler üzerinde kompleks matematiksel operasyonlar yapmak için mükemmel bir araçtır.



Skalerler, vektörler ve matrisler grafiksel olarak dikdörtgenler ile ifade edilir. Bu gösterim şekli, yapılan analiz sonucu ortaya çıkan boyutun ortaya konulmasına ve uygun bir şekilde ifade edilmesinde kolaylık sağlar.



Genellikle vektörlerin çarpımı üç farklı şekilde gerçekleştirilir.

- ✓ İç Çarpım
- ✓ Dış Çarpım
- ✓ Direkt Çarpım

a ve b vektörleri, aşağıdaki gibi tanımlansın.

$$a = \begin{bmatrix} 2 \\ 1 \\ 3 \end{bmatrix} \quad b = \begin{bmatrix} 4 \\ 0 \\ 5 \end{bmatrix} \quad (3.5)$$

vektörler için iç çarpım,

$$w = \mathbf{x}'\mathbf{x} = [2 \times 2 + 0 \times 0 + 5 \times 5] = 24$$

$$\mathbf{a}'\mathbf{b} = [2 \times 4 + 1 \times 0 + 3 \times 5] = 23$$

şeklinde elde edilir. Bir vektörün iç çarpımı olabileceği gibi $(\mathbf{x}'\mathbf{x})$, aynı boyuttaki iki farklı vektöründe $(\mathbf{a}'\mathbf{b})$ iç çarpımı elde edilebilir. İç çarpımın sonucu skalerdir. Bir vektörün iç çarpımının karekökü *vektörün uzunluğu* olarak ifade edilir. \mathbf{x} vektörünün uzunluğu;

$$d = \|x\| = [x'x] = 4,9 \quad (3.6)$$

olarak elde edilir.

x vektörünün ve a ve b vektörlerinin dış çarpımı (Kronecker Product),

$$w = x x' = \begin{bmatrix} 2 \\ 0 \\ 5 \end{bmatrix} [2 \ 0 \ 5] = \begin{bmatrix} 4 & 0 & 10 \\ 0 & 0 & 0 \\ 10 & 0 & 25 \end{bmatrix} \quad (3.7)$$

$$a b' = \begin{bmatrix} 2 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} [4 \ 0 \ 5] = \begin{bmatrix} 8 & 0 & 10 \\ 4 & 0 & 5 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

şeklinde elde edilir.

a ve b vektörlerinin direkt çarpımı (Hadamard Product),

$$a \# b = \begin{bmatrix} 2 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 4 \\ 0 \\ 5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 8 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (3.8)$$

şeklinde elde edilir. Direkt çarpım için genellikle ” # “ sembolü kullanılabileceği gibi başka sembollerde kullanılmaktadır.

X matrisi için çapraz çarpım (Cross Product),

$$W = X X' = \begin{bmatrix} 2 & 5 & 4 \\ 2 & 1 & 0 \\ 0 & 3 & 6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & 2 & 0 \\ 5 & 1 & 3 \\ 4 & 0 & 6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 45 & 9 & 39 \\ 9 & 5 & 3 \\ 39 & 3 & 45 \end{bmatrix} \quad (3.9)$$

şeklinde elde edilir. Elde edilen W matrisinin simetrik bir matris olduğu görülmektedir.

3.3. BAZI İSTATİSTİKSEL TANIMLAR

Çok değişkenli görüntü işlemede kullanılan bazı temel istatistikleri ifade etmek, çok değişkenli bir boyut indirgeme yöntemi olan anabileşenler analizinin teorik altyapısının ifade edilmesinde önemli bir yer tutmaktadır.

İncelenen anakütleden alınan örnek hacmi N ($n = 1,2,3,\dots,N$) olarak ifade edilmektedir. N , nesnelere veya gözlemlerin sayısı olarak da düşünülebilir. Mevcut anakütleyi yeterli derecede temsil edebilecek büyüklükte bir N değeri gereklidir.

“ x ” ve “ y ” değişkenleri için N hacimlik örnekler alınmış olsun.

Range bir başka ifade ile değişim aralığı (D.A.) örnekten elde edilen verilerin en yüksek değeri en küçük değeri arasındaki fark alınarak tahminlenir.

$$D.A.(x) = x_{max} - x_{min} \quad D.A.(y) = y_{max} - y_{min} \quad (3.10)$$

Değişim aralığı büyük çoğunlukla popülasyonun tanımlanması açısından faydalı bir bilgi vermemekle birlikte, bazı durumlarda popülasyon hakkında önemli bir bulgunun ortaya konmasında yardımcı olmaktadır.

Merkezi eğilim ölçülerinden biri olan aritmetik ortalama uygulamalarda en çok kullanılan bir istatistiktir. Aritmetik ortalama bir veri setindeki elemanları temsil etme yeteneğine sahip en güçlü tahminleyici olarak da bilinmektedir. Gözlem değerleri için aritmetik ortalamalar aşağıdaki gibi tahminlenir.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{n=1}^N x_n}{N} \quad \bar{y} = \frac{\sum_{n=1}^N y_n}{N} \quad (3.11)$$

Gözlem değerleri için *Kareler Toplamı*,

$$KT_x = \sum_{n=1}^N (x_n - \bar{x})^2 \quad KT_y = \sum_{n=1}^N (y_n - \bar{y})^2 \quad (3.12)$$

Gözlem değerlerinin aritmetik ortalama etrafındaki değişimi ortaya koymak için merkezi yayılım ölçülerinden *varyans* ve *standart sapma* kullanılır.

$$Var(\mathbf{x}) = \frac{KT_X}{(N-1)} \quad Var(\mathbf{Y}) = \frac{KT_Y}{(N-1)} \quad (3.13)$$

$$s_x = \sqrt{[Var(\mathbf{x})]} \quad s_y = \sqrt{[Var(\mathbf{y})]} \quad (3.14)$$

x ve y değişkenleri arasındaki ortak değişimin bir ölçüsü olan kovaryans aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$Cov(x, y) = \frac{1}{(N-1)} \sum_{n=1}^N (x_n - \bar{x})(y_n - \bar{y}) \quad (3.15)$$

x ve y değişkenleri arasındaki doğrusal ilişkinin bir ölçüsü olan korelasyon katsayısı r ile gösterilir ve aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$r = r_{xy} = Cor(x, y) = Cov(x, y) s_x^{-1} s_y^{-1} \quad (3.16)$$

3.4 MATRİSLER ÜZERİNDE BASİT İSTATİSTİKSEL HESAPLAMALAR

Vektörler ve matrisler, verilerin işlenmesi ve hesaplamaların kolaylaştırılması amacıyla kullanılmaktadırlar. Bir önceki bölümde ifade edilen istatistiksel işlemleri matrisler ve vektörlerin yardımıyla da yapmak mümkündür.

$\mathbf{X}_{N \times M}$ bir veri matrisi olmak üzere, $\mathbf{1}$ vektörü birlerden oluşmuş bir satır vektörü olsun. $\bar{\mathbf{x}}'$ vektörü (örnek ortalama vektörü),

$$\bar{\mathbf{x}}' = \frac{\mathbf{1}' \mathbf{X}}{N} \quad (3.17)$$

şeklinde elde edilir.

Ortalama merkezli \mathbf{X} veri matrisi, X_{om} ,

$$\mathbf{X}_{om} = \mathbf{X} - \mathbf{1}\bar{x}' = \left[\mathbf{I} - \frac{\mathbf{1}\mathbf{1}'}{N} \right] \mathbf{X} \quad (3.18)$$

şeklinde elde edilir. Burada \mathbf{I} , $N \times N$ boyutlu birim matristir.

\mathbf{X}_{om} , ortalama merkezli veri matrisi, kovaryans matrisinin hesaplanmasında kolaylık sağlar.

\mathbf{W}_{cov} ($N \times N$),

$$\mathbf{W}_{COV} = \frac{\mathbf{X}_{om}' \mathbf{X}_{om}}{N-1} \quad (3.19)$$

şeklinde elde edilir.

\mathbf{W}_{cov} matrisi daha önce elde edilen \mathbf{W} , çarpaz çarpım matrisi, kullanılarak şu şekilde de ifade edilir.

$$\mathbf{w}_{COV} = \frac{[\mathbf{W} - N\bar{x}\bar{x}']}{N-1} \quad (3.20)$$

\mathbf{W}_{cov} matrisinin elemanları \mathbf{X} veri matrisinin sütunlarını oluşturan değişkenler arasındaki kovaryanslardan oluşmuşlardır. Ana köşegene göre simetrik olan \mathbf{W}_{cov} matrisinin köşegen elemanları değişkenlerin varyanslarını, geride kalan elemanları ise değişkenler arasındaki kovaryanslara karşılık gelir. Köşegen elemanlarını kullanarak değişkenler için standart sapmalar kolaylıkla elde edilir.

$$\mathbf{s}' = [s_1 \ s_2 \ s_3 \ \dots \ s_m] \quad (3.21)$$

\mathbf{X} veri matrisinin sütunlarında ifade edilen değişkenlerin standart sapmalarının oluşturduğu \mathbf{s}' vektöründe bulunan tüm elemanlarının çarpma işlemine göre tersini alınması ile oluşturulan vektöre \mathbf{v}' , ağırlık vektörü, adı verilir.

$$\mathbf{v}' = \left[\frac{1}{s_1} \ \frac{1}{s_2} \ \frac{1}{s_2} \ \dots \ \frac{1}{s_m} \right] \quad (3.22)$$

\mathbf{v}' vektörünün elemanları köşegen (diyagonal) elamanlar olmak üzere ve diğer tüm elemanları 0'dan oluşan $M \times M$ boyutlu $\text{diag}(\mathbf{v})$ matrisi,

$$\text{diag}(\mathbf{v}) = \begin{bmatrix} \frac{1}{s_1} & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \frac{1}{s_2} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{s_3} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{s_M} \end{bmatrix} \quad (3.23)$$

şeklinde elde edilir.

\mathbf{X}_{om} , ortalama merkezli veri matrisi, ile $\text{diag}(\mathbf{v})$ çarpılması sonucunda \mathbf{X}_{om} için ağırlıklandırma yapılmış olup, \mathbf{X}_{omv} , matrisi aşağıdaki gibi elde edilir.

$$\mathbf{X}_{omv} = \mathbf{X}_{omv} \text{diag}(\mathbf{v}) = [\mathbf{X} - \mathbf{1} \bar{\mathbf{x}}'] \text{diag}(\mathbf{v}) \quad (3.24)$$

3.24 eşitliği ile elde edilen \mathbf{X}_{omv} matrisi kullanılarak korelasyon matrisi, \mathbf{W}_{COR} aşağıdaki gibi elde edilir.

$$\mathbf{W}_{COR} = \frac{\mathbf{X}'_{omv} \mathbf{X}_{omv}}{N-1} \quad (3.25)$$

3.25 eşitliği ile elde edilen korelasyon matrisi, \mathbf{W}_{COR} , köşegen elemanlarının tümü 1 olan ve diğer elemanları -1 ile 1 arasında değişen simetrik bir matristir.

\mathbf{W}_{COV} ve \mathbf{W}_{COR} matrisleri anabileşenler analizinde kullanılacak olan yüklerin (loadings) ve özdeğerlerin (eigenvalues) hesaplanmasında kolaylık sağlaması sebebiyle önemli bir yer tutmaktadır.

\mathbf{W}_{COV} ve \mathbf{W}_{COR} matrisleri arasındaki ilişki aşağıdaki gibi elde edilir.

3.19 ve 3.25 eşitlikleri

$$\mathbf{W}_{COV} = \frac{\mathbf{X}'_{om} \mathbf{X}_{om}}{N-1} \quad \mathbf{W}_{COR} = \frac{\mathbf{X}'_{omv} \mathbf{X}_{omv}}{N-1}$$

şeklinde elde edilmiştir.

3.24 eşitliğinde, $X_{omv} = X_{omv} \text{diag}(v)$, $V = \text{diag}(v)$ olarak tanımlanarak, V matrisi 3.25 eşitliğinde yerine konduğunda,

$$W_{COR} = \frac{V' X'_{omv} X_{omv} V}{N-1} = V' W_{COV} V \quad (3.26)$$

elde edilir. Böylece W_{COV} ve W_{COR} matrisleri arasındaki ilişki 3.26 ile ortaya konmuş olur.

3.4. ÖZDEĞERLER VE ÖZVEKTÖRLER

Özdeğerler ve özvektörler istatistikte ve veri analizinde çok önemli kavramlardır. Birçok istatistiksel metodun hesaplanmasında ve verilerin görsel olarak kolay bir şekilde ifade edilmesinde yardımcı olur.

Özdeğer ve özvektör kavramlarının ortaya konulmasında ilk aşamada üç ifadenin tanımlanması gereklidir.

- W , $M \times M$ boyutlu bir kare matris,
- t , $M \times 1$ boyutlu, birim uzunluğa sahip olmak üzere, ($\|t\| = 1$), $M \times 1$ boyutlu bir vektör,
- λ , bir skaler,

olarak tanımlansın.

Özdeğer-özvektör eşitliği aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$Wt = \lambda t \quad (3.27)$$

(3.27) eşitliği

$$[Wt - \lambda t] = [W - \lambda I]t = 0 \quad (3.28)$$

şeklinde yazılır ve bu eşitlik ancak ve ancak

$$\det[W - \lambda I] = 0 \quad (3.29)$$

olması durumunda gerçekleşir.

3.5. ÇOK BANTLI UYDU GÖRÜNTÜLERİ

3.5.1. Çok Bantlı Uydu Görüntülerinin İstatistiksel Alt Yapısı Ve Çok Bantlı Uydu Görüntülerinde Anabileşenler Analizi

Çok bantlı uydu görüntüleri istatistiksel olarak 3 boyutlu bir veri matrisi olarak ele alınır. İlk iki boyut geometrik görüntü koordinatlarıdır. Üçüncü boyut ise değişkeni tanımlar. Bu boyut ana bileşenler analizinde değişken uzayı üzerinde çalışılmasına olanak sağlar.

3.5.2. Çok Bantlı Uydu Görüntüleri Ve 3 Boyutlu Genel Gösterimi

Uzaktan algılama cisimlere herhangi bir fiziksel temasta bulunmadan onlar hakkında bilgi toplama ve bu bilginin yorumlanması anlamına gelmekteydi. Uzaktan algımla, yeryüzünde, atmosferde ya da uzayda konumlanmış bir platform üzerinde yer alan algılayıcılar tarafından gerçekleşir. Bu platformlar uçak, balon, uzay aracı ya da uydu üzerinde konumlanmış olabilir. Uzaktan algılamada sıklıkla uydular kullanılır. Bu uydulardan başlıcaları; LANDSAT, SPOT, IRS, TERRA, ERS, JERS, IKONOS, QUICKBIRD VE RADARSTAT'dır. Birbirine benzer ya da birbirlerinden farklı algılayıcılara sahip bu uydulardan yerbilim çalışmalarında özellikle LANDSAT uydusu kullanılmaktadır.

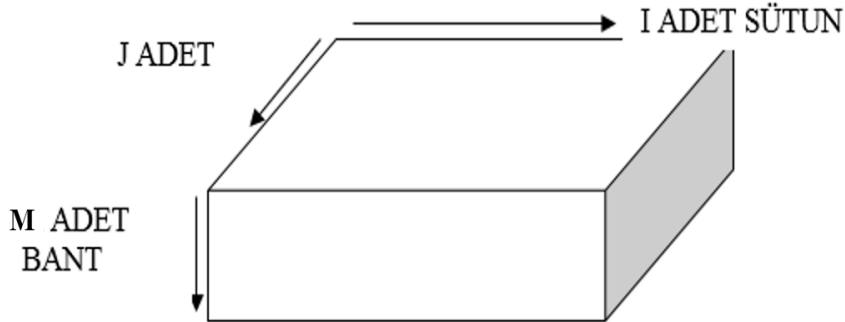
Yeryüzünün doğal ve yapay cisimleri hakkında değişik şekillerde bilgi toplayıp, bunları bize ileten uzaktan algılama biliminin temel araçlarından biri olan uyduların sayısı ve nitelikleri de teknolojik ilerlemeye bağlı olarak değişmektedir. İlk uzaktan algılama uydusu olan ve önceleri ERTS (Earth Resources Technology Satellite) olarak bilinen LANDSAT, 1972 yılında NASA tarafından uzaydaki yörüngesine oturtulmuş, bunu LANDSAT - 1, 2, 3, 4, 5 ve 7 izlemiştir. LANDSAT 7, 1999 yılında yörüngesine oturulmuş ve Nisan ayından itibaren veri alınmaya başlanmıştır. Uydunun tarama genişliği 185 km olup, 16 günde bir aynı noktadan geçmektedir.

LANDSAT 7 uydusunun görüntülerinde, diğer Landsat görüntülerinden farklı olarak birisi pankromatik olmak üzere 8 bant içermektedir. İlk yedi bantın dalga boyu

ve çözünürlükleri sırasıyla; 0.45-0.515 mikron - 30 m, 0.525-0.605 mikron - 30 m, 0.63- 0.69 mikron - 30 m, 0.75-0.90 mikron - 30 m, 1.55-1.75 mikron - 30 m, 10.4-12.5 mikron - 60 m ve 2.09-2.35 mikron - 30 m 'dir. Termal bant, düşük ve yüksek olmak üzere iki şekilde düzenlenmiştir. Pankromatik bandın dalga boyu 0.52-0.90 mikron ve çözünürlüğü 15 m 'dir. Özden(2000; 79-80)

İki boyutlu bir dijital görüntü, matris gösteriminde I ve J indisleri ile ifade edilmek üzere, G matrisi olarak gösterilsin. Çok bantlı görüntülerde M her bir bantı ifade etmek üzere bir M indisi belirlenir ve böylece \mathbf{g} vektörü elde edilir. Bu vektördeki her bir eleman g_{ijk} şeklinde ifade edilir. M bantlı bir uydu görüntüsü, IxJ boyutlu M adet matrisin bir araya gelmesinden oluşmaktadır. Üç boyutlu geometrik gösteriminde ise m yüksekliği, I ve J ise taban kenar uzunlarını göstermek suretiyle bir dikdörtgenler prizması ile oluşturulur. Şekil 24'de M bantlı, IxJ boyutlu bir görüntünün geometriksel gösterimi verilmiştir.

Şekil 18: M Bantlı IxJ Boyutlu Bir Görüntünün Geometrik Gösterimi



Şekil 18'de M bant sayısını, I sütun sayısını ($i = 1, 2, 3, \dots, I$) ve J ise satır sayısını ($j = 1, 2, 3, \dots, J$) ifade etmektedir. Her bir banttaki görüntü IxJ boyutludur. Görüntünün genişliğine ait indis J indisidir ve satırlara karşılık gelmektedir. Görüntünün uzunluğuna ilişkin indis ise I indisidir ve sütunları ifade etmektedir. Genel matris notasyonunda ifade edilmiş olan IxJ yapısındaki bir matriste I satırları ve J sütunları ifade ederken, dijital görüntülerde IxJ boyutlu bir dijital görüntü I genişliğe (satıra) ve J yüksekliğe (sütuna) sahiptir.

3.5.3. Çok Bantlı Uydu Görüntülerinin 3 Boyutlu Genel Gösterimi Üzerine Doğrusal Cebir Notasyonları

Çok bantlı uydu görüntülerinde değişkene bağlı ortalamalar ve standart sapmalar görüntülerin analizinde kullanılmaktadır. Bu hesaplamalar doğrusal cebir notasyonlarının kullanılmasıyla rahatlıkla yapılabilmektedir.

Değişken tabanlı ortalama,

$$h_k = \bar{a}_k = \frac{1}{ij} \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J a_{ijk} \quad m=1,2,\dots,M \quad (3.30)$$

olarak elde edilir. Burada a_{ijk} , \mathbf{a} vektörünün bir elemanı, \bar{g}_k , M değişkeninin ortalaması ve \square_k ise \mathbf{h} vektörünün bir elemanıdır. İlgili eşitlik incelendiğinde çok değişkenden (bant) bulunan görüntü için ortalama vektörü hesaplanmak istendiğinde her bir bant için ortalama alınırken o banttaki tüm piksel değerleri dikkate alınarak bir hesaplama yapılır. M bantlı bir görüntü için ortalama vektörü \mathbf{h} , oluşturulurken M adet ortalama hesaplanır ve m vektörünün boyutu $M \times 1$ olarak elde edilir.

Çok bantlı uydu görüntülerinde değişken tabanlı standart sapmalar kareler toplamı,

$$KT_m = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (a_{ijm} - \bar{a}_m)^2 \quad (3.31)$$

şeklinde elde edilir. Bu eşitlik kullanılarak her bir bant için standart sapma

$$s_m = \sqrt{\left(\frac{KT_m}{ij-1}\right)} \quad (3.32)$$

şeklinde elde edilir. M adet standart sapma hesaplandıktan sonra \mathbf{s} vektörü elde edilir ve bu vektörün boyutu $M \times 1$ 'dir.

Çok bantlı uydu görüntülerinde ortalamaların ve standart sapmaların elde edilmesinde kullanılan bir diğer yöntem ise piksel tabanlı hesaplamalar kullanılmasıdır. Piksel tabanlı hesaplamalarda değişken tabanının aksine her bir

piksel değeri için tüm değişkenler dikkate alınarak bir hesaplama yapılır. Buradan elde edilen ortalamalar ortalama görüntüyü (mean image), standart sapmalar ise standart sapma görüntüsünü oluşturur.

Piksel tabanlı ortalama,

$$\bar{a}_{ij} = \frac{1}{m} \sum_{m=1}^m a_{ijm} \quad (3.33)$$

şeklinde elde edilir. Burada M adet bant için (i,j) pikseline karşılık gelen değerlerin ortalaması alınır. Her bir (i,j) pikseli için ortalamalar hesaplanır.

Çok bantlı uydu görüntülerinde değişken tabanlı standart sapmalar kareler toplamı,

$$KT_{ij} = \sum_{i=1}^M (a_{ijm} - \bar{a}_m)^2 \quad (3.34)$$

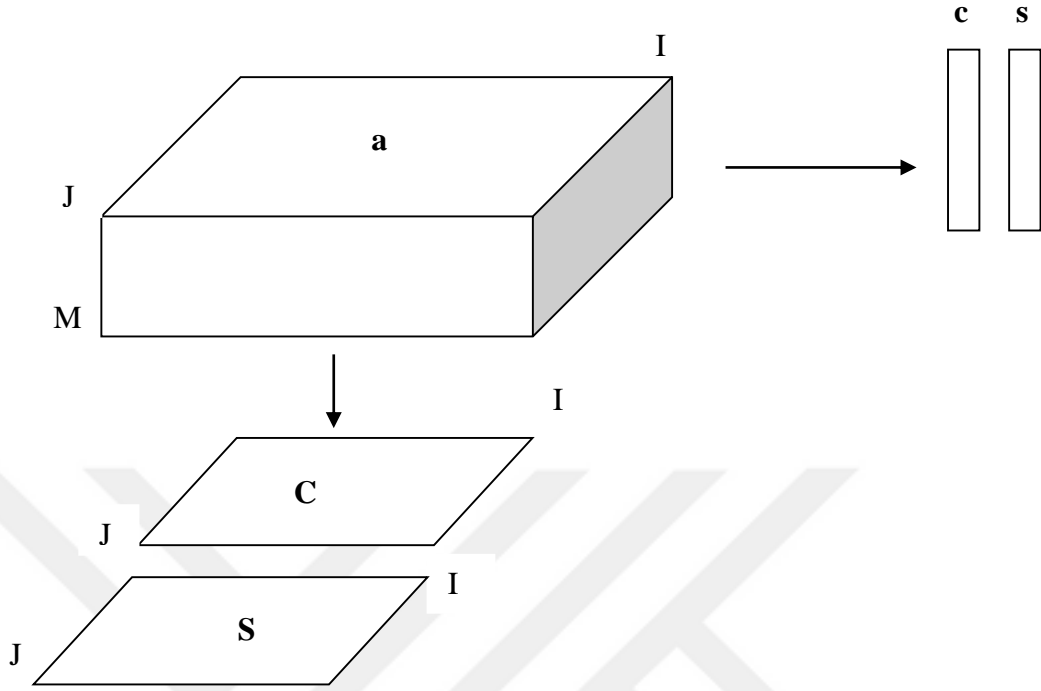
olarak elde edilir. KT_{ij} , her bir (i,j) değeri için hesaplanır ve bu eşitlik kullanılarak piksel tabanlı standart sapmalar elde edilir.

$$s_{ij} = \sqrt{\left(\frac{KT_{ij}}{M-1}\right)} \quad (3.35)$$

Piksel tabanlı hesaplama yöntemiyle elde edilen IxJ adet ortalama değeri tek değişkenli IxJ boyutlu **M**, ortalama görüntüsünü oluşturur. Bununla birlikte aynı yöntemle elde edilen IxJ adet standart sapma değeri tek değişkenli IxJ boyutlu **S**, standart sapma görüntüsünü ifade eder.

Çok bantlı görüntülerde temel istatistikler olan ortalama ve standart sapmaları hesaplamada iki farklı yaklaşım dikkati çekmektedir. Bunlardan birincisi değişken değeri ise piksel tabanlı hesaplamadır. Değişken tabanlı hesaplamada ortalamalar ve standart sapmalar M adet bant(değişken) için ayrı ayrı hesaplandığından dolayı M adet ortalama ve standart sapma elde edilir ve bunlar Mx1 boyutlu vektörlerle gösterilir. Piksel tabanlı hesaplamalarda ise her bir banttaki tüm piksel değerleri dikkate alınarak ortalamalar ve standart sapmalar hesaplanır. Bu hesaplamalar sonucunda IxJ boyutlu **C** ortalama görüntüsü ve **S** standart sapma görüntüsü elde edilir.

Şekil 19: M Bantlı IxJ Boyutlu Bir Görüntüden Değişkene Bağlı ve Piksele Bağlı Ortalama ve Standart Sapmaların Elde Edilmesi



3.5.4. Çok Boyutlu Görüntülerin Yeniden Düzenlenerek İki Boyutlu Hale Dönüştürülmesi

Sayısal görüntülerde görüntünün sayısal hale dönüştürülmesi uygulandığında iki boyutun mevcut olduğu bilinmektedir. Bu iki boyut, görüntünün genişliği ve yüksekliğini ifade eder. Örneğin, dijital bir kamera ile çekilmiş olan elde edilen fotoğraf Şekil 20’de verilmiştir. Bu fotoğraf 03.06.2013 tarihinde İzmir ilinin Karaburun ilçesine bağlı Mordoğan beldesinde çekilmiş olup 2048x1536 boyutludur. Bir başka ifadeyle bu fotoğrafın genişliği 2048 piksel ve uzunluğu ise 1536 piksel’dir. Matris notasyonunda ile ele alındığında 2048x1536 boyutlu bu sayısal görüntü 2048 sütun ve 1536 satırdan oluşan bir matristir.

Şekil 20: 2048x1546 boyutlu Bir Sayısal Görüntü



Kaynak: Yazar tarafından yapılmıştır.

Çok bantlı görüntüler üç boyutlu görüntüler olmasına rağmen iki boyut birbiriyle ilişkili olup üçüncü boyut diğer ikisinden tamamen bağımsızdır. Birbirleriyle ilişkili olan iki boyut, görüntünün genişlik ve yüksekliklerini ifade eden yatay ve düşey görüntü boyutlarıdır ve bu iki boyut bir çift olarak ele alınır. Üçüncü boyut ise bant(değişken) boyutudur.

Çok bantlı görüntülerinde analizlerde kolaylık sağlaması açısından ve geometrik anlamda yorumlama imkanı sunduğundan dolayı üç boyut üzerinde yeniden düzelleme işlemi uygulanarak boyut sayısı ikiye düşürülmektedir. $M \times I \times J$ boyutlu bir G görüntüsü yeniden düzenlemeyle $(I \times J) \times M$ indisli olmak üzere iki boyutlu olarak ifade edilir. Genellikle çok bantlı görüntülerde yeniden düzenleme yoluna gidildiğinde $I \times J$ işlemi sonucunda ortaya çok sayıda veriden oluşan M adet değişkenin mevcut olduğu bir veri yapısı elde edilir.

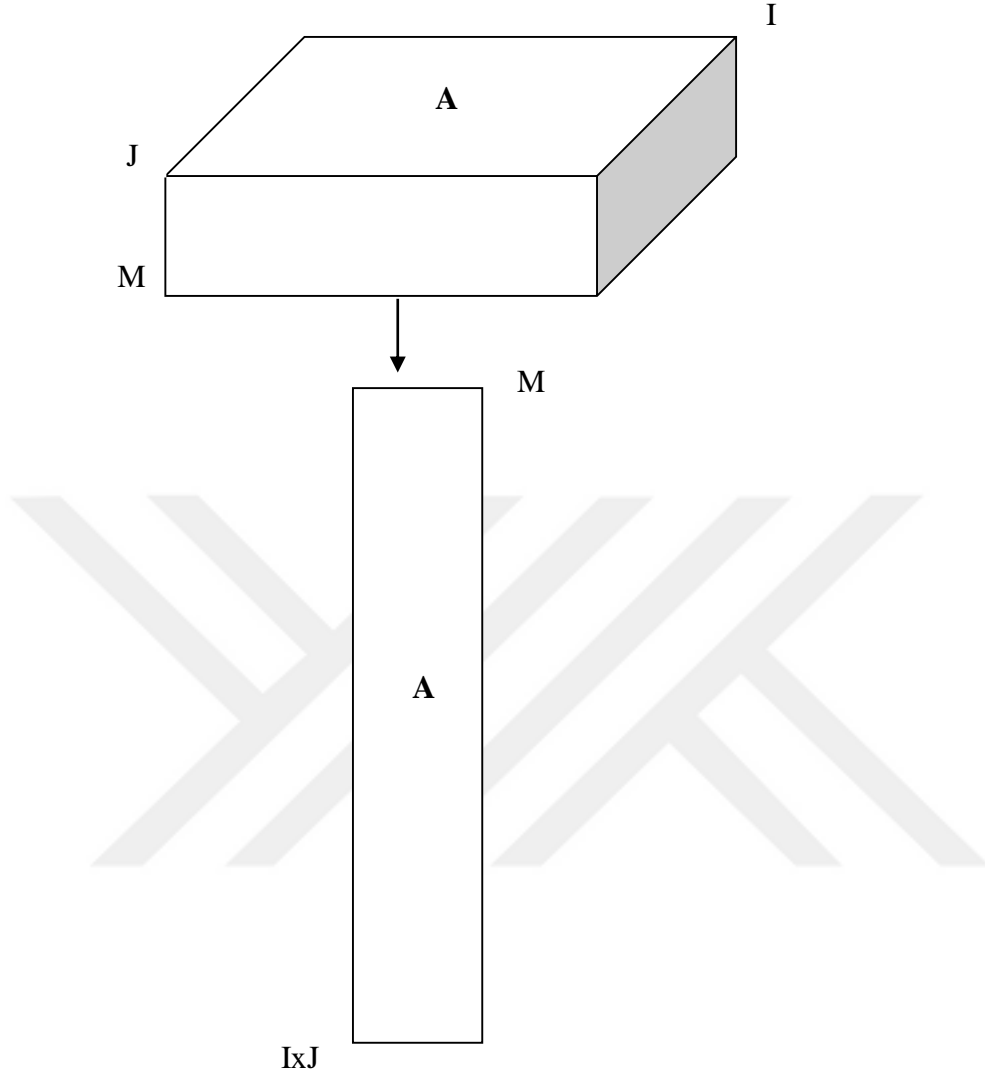
Çok bantlı görüntülerde yeniden düzenleme işlemi literatürde farklı ifadelerle adlandırılmaktadır. Bu adlandırmalardan birincisi Wald ve diğerleri (1987) ve Smilde (1992) tarafından yapılan unfolding-backfolding ifadesidir. Bir diğer yaklaşım ise Neudecker (1969) tarafından ortaya sürülen vektör operasyonu ifadesidir. Bu yaklaşımda benzer olarak matris difarensiyeline ilişkin teoremlerle açıklanması ile Graham (1961) ve Henrion ve Henrion (1995) tarafından yapılmıştır. Ayrıca bazı bilgisayar programları tarafından da yeniden şekillendirme olarak da adlandırılır.

Çok bantlı görüntüler üç boyutlu görüntüler olmasına rağmen iki boyut birbiriyle ilişkili olup üçüncü boyut diğer ikisinden tamamen bağımsızdır. Birbirleriyle ilişkili olan iki boyut, görüntünün genişlik ve yüksekliklerini ifade eden yatay ve düşey görüntü boyutlarıdır ve bu iki boyut bir çift olarak ele alınır. Üçüncü boyut ise bant(değişken) boyutudur.

Çok bantlı görüntülerinde analizlerde kolaylık sağlaması açısından ve geometrik anlamda yorumlama imkanı sunduğundan dolayı üç boyut üzerinde yeniden düzenleme işlemi uygulanarak boyut sayısı ikiye düşürülmektedir. $M \times I \times J$ boyutlu bir G görüntüsü yeniden düzenlemeyle $(I \times J) \times M$ indisli olmak üzere iki boyutlu olarak ifade edilir. Genellikle çok bantlı görüntülerde yeniden düzenleme yoluna gidildiğinde $I \times J$ işlemi sonucunda ortaya çok sayıda veriden oluşan M adet değişkenin mevcut olduğu bir veri yapısı elde edilir.

Çok bantlı görüntülerde yeniden düzenleme işlemi literatürde farklı ifadelerle adlandırılmaktadır. Bu adlandırmalardan birincisi Wald ve diğerleri (1987) ve Smilde (1992) tarafından yapılan unfolding-backfolding ifadesidir. Bir diğer yaklaşım ise Neudecker (1969) tarafından ortaya sürülen vektör operasyonudur. Bu yaklaşımda benzer olarak matris difarensiyeline ilişkin teoremlerle açıklanması ile Graham (1961) ve Henrion ve Henrion (1995) tarafından yapılmıştır. Ayrıca bazı bilgisayar programları tarafından da yeniden şekillendirme olarak da adlandırılır. Şekil 21'de üç boyutlu bir görüntünün iki boyutlu bir görüntüye dönüştürülmesi verilmiştir.

Şekil 21: Çok Bantlı (üç boyutlu) A görüntüsünün İki Boyutlu Gösterimi



Kaynak: Yazar tarafından yapılmıştır.

Üç boyutlu bir A görüntüsünün yeniden düzenlemeyle iki boyutlu bir A matrisine dönüşümünü ifade eden notasyon,

$$\underline{A}^{\textcircled{R}} \rightarrow \mathbf{A} \quad \text{ve ya ters olarak} \quad \textcircled{R} \quad \underline{A}^{\textcircled{R}^{-1}} \mathbf{A} \quad (3.36)$$

şeklinde elde edilir.

Yeniden düzenlenmiş çok bantlı G görüntüsünün kendisiyle olan iç çarpımı,

$$\mathbf{W} = \mathbf{A}^T \mathbf{A} \quad (3.37)$$

şeklinde elde edilir. W matrisin boyutu, IxJ'nin büyüklüğünden bağımsız olarak, MxM boyutludur.

$$\mathbf{A}^T (\mathbf{M} \times (\mathbf{I} \times \mathbf{J})) \mathbf{A} ((\mathbf{I} \times \mathbf{J}) \times \mathbf{M}) = \mathbf{W} (\mathbf{M} \times \mathbf{M})$$

W matrisinin elamanı olan w_{qr} ,

$$w_{qr} = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J a_{ijq} a_{ijr} \quad q = 1, 2, \dots, M; r = 1, 2, \dots, M \quad (3.38)$$

şeklinde elde edilir. kovaryans matrisi \mathbf{W}_{cov} ve korelasyon matrisi \mathbf{W}_{cor} 'un elamanı olan $w_{cov_{qr}}$ ve $w_{cor_{qr}}$,

$$w_{cov_{qr}} = \left[\frac{1}{I \cdot J - 1} \right] \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J [a_{ijq} - \bar{a}_q] [a_{ijr} - \bar{a}_r]$$

ve,

$$w_{cor_{qr}} = \frac{w_{cov_{qr}}}{(s_q s_r)} \quad (3.39)$$

tüm $q = 1, 2, \dots, M$ ve $r = 1, 2, \dots, M$ değerleri için elde edilir.

Kovaryans matrisi \mathbf{W}_{cov} ve korelasyon matrisi \mathbf{W}_{cor} , iç çarpım matrisi olan \mathbf{W} kullanılarak elde edilir. W matrisi, s vektörünü oluşturan standart sapmaların çarpma işlemine göre tersi köşegen elemanlar olarak tanımlandığında bu matrisler

$$\mathbf{W}_{cov} = \left[\frac{1}{I \cdot J - 1} \right] [\mathbf{W} - \mathbf{I} \mathbf{J} \mathbf{p} \mathbf{p}^T] \quad (3.40)$$

$$\mathbf{W}_{cor} = \mathbf{V} \mathbf{W}_{cov} \mathbf{W}$$

şeklinde elde edilir.

3.5.5. Üç Boyutlu Görüntüler İçin Anabileşenler Analizinde Yüklerin Ve Skorların İncelenmesi

Yeniden düzenlenmiş üç boyutlu bir A görüntüsüne anabileşenler analizi uygulandığında elde edilen yüklere ilişkin matris **Q** olarak ifade edildiğinde, simetrik **W** matrisi,

$$A^T A = \mathbf{W} = \mathbf{Q} \mathbf{B} \mathbf{Q}^T \quad (3.41)$$

olarak elde edilir. Burada B matrisi, elemanları azalan bir sıralamayla özdeğerlerden oluşmuş köşegen bir matristir. W matrisin bu ayrışımında tekil değer ayrışımı kullanılmıştır.

Yeniden düzenlenmiş üç boyutlu bir A görüntüsüne anabileşenler analizi uygulanmadan önce genel olarak değişken boyutu olan M boyutunda mevcut tüm değişkenler için basit temel tanımlayıcı istatistikler hesaplanır. Burada amaç her bir değişkene ilişkin piksel yapılarına ilişkin özet bir bilgi elde etmektir. Bu temel istatistikler ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerlerden oluşabilir. Bununla birlikte değişken(bant) için piksel değerlerinin almış olduğu değerlerin dağılımını grafiksel olarak ifade etmek amacıyla histogram çizilebilir. Burada piksel değerlerinin değişim aralığı olan 0 ile 255 arasında almış olduğu değerlerler dikkate alınarak genel bir yorumlama yapılır. Örneğin termal bantı ifade eden 5 veya 7 nci bantlar (görüntü elde edilen uydunun özelliğine göre değişim gösteren) incelendiğinde genel görünümün siyah renge çok yakın olması sebebiyle piksellerin ortalamasının diğer bantlara göre en düşük yani 0'a en yakın değer çıkması beklenir.

Yeniden düzenlenmiş üç boyutlu bir A görüntüsüne uygulanan anabileşenler analizi sonuçlarında her bir değişkene ilişkin özdeğerler elde edilerek bunlardan hareketle her bir bant(değişken) için toplam varyansı açıklama yüzdeleri hesaplanır ve azalan sıralamaya göre bir tablo oluşturularak ifade edilir.

Örneğin, 5x100x100 boyutlarına sahip üç boyutlu bir görüntünün analizinde 5 bant için tanımlayıcı istatistikler ve histogramlar elde edilerek bantların piksel tabanlı olarak değişken bazında analiz yapılır. Daha sonra anabileşenler analizi uygulamasına geçmeden önce yeniden düzenleme yapılarak, $\underline{\mathbf{A}} \otimes \rightarrow \mathbf{A}$, mevcut görüntü 10000 x 5 yapısında bir matris haline dönüştürülerek anabileşenler analizi uygulanır. 5 ayrı bant için özdeğerler elde edilir ve toplan varyansı açıklama yüzdeleri hesaplanarak en çok

açıklama yüzdesine sahip olan bant veya bantlar seçilerek en çok bilgiyi içeren görüntü elde edilir.

Anabileşenler analizi sonucunda her bir bant için bant sayısı kadar yükler bir tablo halinde ifade edilerek yüklerin değerleri karşılaştırılabilir. Bu işlem en çok bilgiyi içeren bantlar için sütun grafiği çizilmesi yoluyla da tekrar edilebilir.

Yüklerin incelemesinde önemli noktalardan biri de en çok bilgiyi içeren iki veya üç bant için serpilme diyagramları çizilmesidir. Bu diyagramlar sayesinde her iki banttaki değerlerden elde edilen nokta çiftlerine ilişkin görsel olarak en uzakta bulunan bant sapan gözlem yani çok bantlı görüntüler için içinde en az bilgiyi barındıran bant olarak nitelendirilir.

3.6. UYGULAMA

Araştırmanın konusu, Coğrafi bilgi sistemleri, uzaktan algılama ve görüntü işleme kavramlarıyla birlikte ele alınan çok bantlı uydu görüntülerinde çok değişkenli istatistiksel boyut indirgeme yaklaşımlarını teorik ve uygulamalı olarak incelemektir.

Araştırmanın amacı, istatistiksel boyut indirgeme yaklaşımlarından olan anabileşenler analizi ve faktör analizi sonucunda, çok bantlı görüntülerden boyut indirgeme yöntemleriyle daha az sayıda bant ile sistemdeki toplam değişkenliği en iyi şekilde açıkladığı göstermektir.

Araştırmanın kısıtları ve değişkenleri; Çok bantlı uydu görüntüleri 2005 yılına ait Landstat 7 uydusundan elde edilmiştir. Bu görüntüler İzmir ilinin 8 farklı bölgesinden alınmıştır. Değişkenler bu bölgelerden elde edilen çok bantlı (6 bant) görüntülerdir.

Araştırmanın Yöntemi ve analizler; Idrisi Selva 17 , SPSS 24 ve Matlab 2022 paket programlarında görüntüler üzerinde ön işleme yapıldıktan sonra çok değişkenli boyut indirgeme yöntemleri uygulanmıştır.

Araştırmanın uygulama bölümünde ilk olarak İzmir ilinin 8 farklı bölgesinde alınan çok bantlı uydu görüntüleri üzerinde anabileşenler analizi uygulanmıştır. Bu çok bantlı uydu görüntüleri Landsat 7 uydusundan alınan görüntülerdir. Landsat 7 uydusunda toplam 8 adet bant bulunmaktadır. Bu çalışmada TM6 (Termal Kızılötesi) bandı çok ayrıntılı bilgi içermemesi sebebiyle, TM 9

(Pankromatik – 15mm) bandı ise çözünürlüğünün diğer bantlardan farklı olmasından dolayı analizlerin dışında bırakılmıştır. Böylelikle analizlerde her bir bölge için 6 bantlık görüntüler kullanılmıştır.

İzmir ilinden seçilen 8 farklı bölge; Alsancak, Balçova, Bakırçay, Güzelhisar, Karşıyaka, Menderes, Tahtalı, Urla olarak seçilmiştir. Bu bölgelerden seçilen görüntüler yaklaşık 0,16 kilometre karelik bir büyüklüğe sahiptir. Bu değer görüntülerin satır ve sütun boyutlarının çözünürlük değeri ile çarpılmasıyla elde edilmiştir. Görüntüler 46 x 121 boyutlu olarak seçilmiş olup çözünürlük değeri olan 30 metre ile çarpıldığında $46 \times 121 \times 30 = 166980$ metrekare değeri elde edilir ve bu değer yaklaşık olarak 0,17 kilometre kareye karşılık gelmektedir.

Anabileşenler Analizi İdrisi Selva 17.0 paket programı ile gerçekleştirilmiştir. Görüntülerden sadece Menderes bölgesinin görüntüsü formatı Matlab programında analizine elverişli olduğundan dolayı Menderes bölgesinde ilişkin Anabileşenler Analizi uygulaması ayrıca Matlab R2022a programında da gerçekleştirilmiştir.

Araştırmanın ikinci bölümünde ise 8 farklı bölgenin orijinal görüntülerinden ilk üç bantları kullanılarak birbirine benzer yapıdaki görüntüleri sınıflamak amacıyla Faktör Analizi uygulanmıştır.

3.6.1. Çok Bantlı Uydu Görüntülerinin Anabileşenler Analizi Sonuçları

Bölgelere ilişkin çok bantlı uydu görüntülerinin Anabileşenler analizi sonuçları aşağıda ifade edilmiştir.

3.6.1.1. Alsancak Bölgesinin Anabileşenler Analizi Sonuçları

Alsancak bölgesine ilişkin Varyans-Kovaryans matrisi incelendiğinde alsancak4 bandının diğer bantlarla olan kovaryans değerlerinin çok düşük düzeyde olduğu görülmektedir. Alsancak5 ve alsancak6 bantları arasındaki kovaryansın ise en yüksek olduğu görülmektedir. Yine alsancak3 bandının alsancak5 ve alsancak6 bantları ile aralarındaki korelasyonların yüksek olduğu görülmektedir.

Alsancak bölgesine ilişkin Korelasyon Matrisi incelendiğinde en yüksek korelasyon değerlerinin alsancak2 bandının alsancak1 ile ve yine alsancak2 bandının alsancak3 bandı arasında olduğu görülmektedir.

Alsancak bölgesine ilişkin özdeğerler ve toplam varyansın açıklanma yüzde leri incelendiğinde birinci anabileşen toplam varyansın % 77.95'ini açıkladığı görülmektedir. İlk üç anabileşen için toplam varyansın açıklama yüzdesi % 98'i aşmaktadır.

Alsancak bölgesinin orijinal ve anabileşenler analizi görüntüleri karşılaştırıldığında ham görüntüye göre anabileşen analizi görüntüsünün daha çok bilgi barındırdığı görülmüştür. Alsancak bölgesine ilişkin görüntüde yerleşim alanları göze çarpmaktadır.

Tablo 6: Varyans – Kovaryans Matrisi

	alsancak1	alsancak2	alsancak3	alsancak4	alsancak5	alsancak6
alsancak1	152.454920	152.149593	169.496115	44.576118	104.147496	131.021590
alsancak2	152.149593	164.170460	192.686515	61.635119	136.965445	150.080439
alsancak3	169.496115	192.686515	251.109956	86.456450	203.285781	202.599048
alsancak4	44.576118	61.635119	86.456450	61.314145	97.641455	71.533844
alsancak5	104.147496	136.965445	203.285781	97.641455	272.023989	234.309362
alsancak6	131.021590	150.080439	202.599048	71.533844	234.309362	247.011450

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 7: Korelasyon Matrisi

	alsancak1	alsancak2	alsancak3	alsancak4	alsancak5	alsancak6
alsancak1	1.000000	0.961729	0.866278	0.461053	0.511416	0.675171
alsancak2	0.961729	1.000000	0.949012	0.614328	0.648127	0.745278
alsancak3	0.866278	0.949012	1.000000	0.696763	0.777806	0.813480
alsancak4	0.461053	0.614328	0.696763	1.000000	0.756050	0.581263
alsancak5	0.511416	0.648127	0.777806	0.756050	1.000000	0.903915
alsancak6	0.675171	0.745278	0.813480	0.581263	0.903915	1.000000

Tablo 8: Varyans Açıklama Yüzdeleri ve Özdeğerler

	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5	C 6
% VAR.	77.952307	13.064592	7.047243	1.197724	0.537823	0.200310
CUM % VAR	77.952307	91,016899	98,064143	99,261886		
EIGENVAL.	4.677138	0.783876	0.422835	0.071863	0.032269	0.012019

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 9: Özvektörler

EIGENVEC.1	0.394614	-0.566612	-0.055146	-0.417454	-0.317864	-0.494858
EIGENVEC.2	0.432354	-0.373190	-0.140971	0.045930	-0.083968	0.802973
EIGENVEC.3	0.447843	-0.139368	-0.071413	0.739909	0.349781	-0.324193
EIGENVEC.4	0.354253	0.488612	-0.719144	-0.295485	0.167955	-0.055446
EIGENVEC.5	0.400319	0.499088	0.297765	0.196211	-0.680665	-0.013717
EIGENVEC.6	0.413565	0.180073	0.605106	-0.387747	0.527305	0.044564

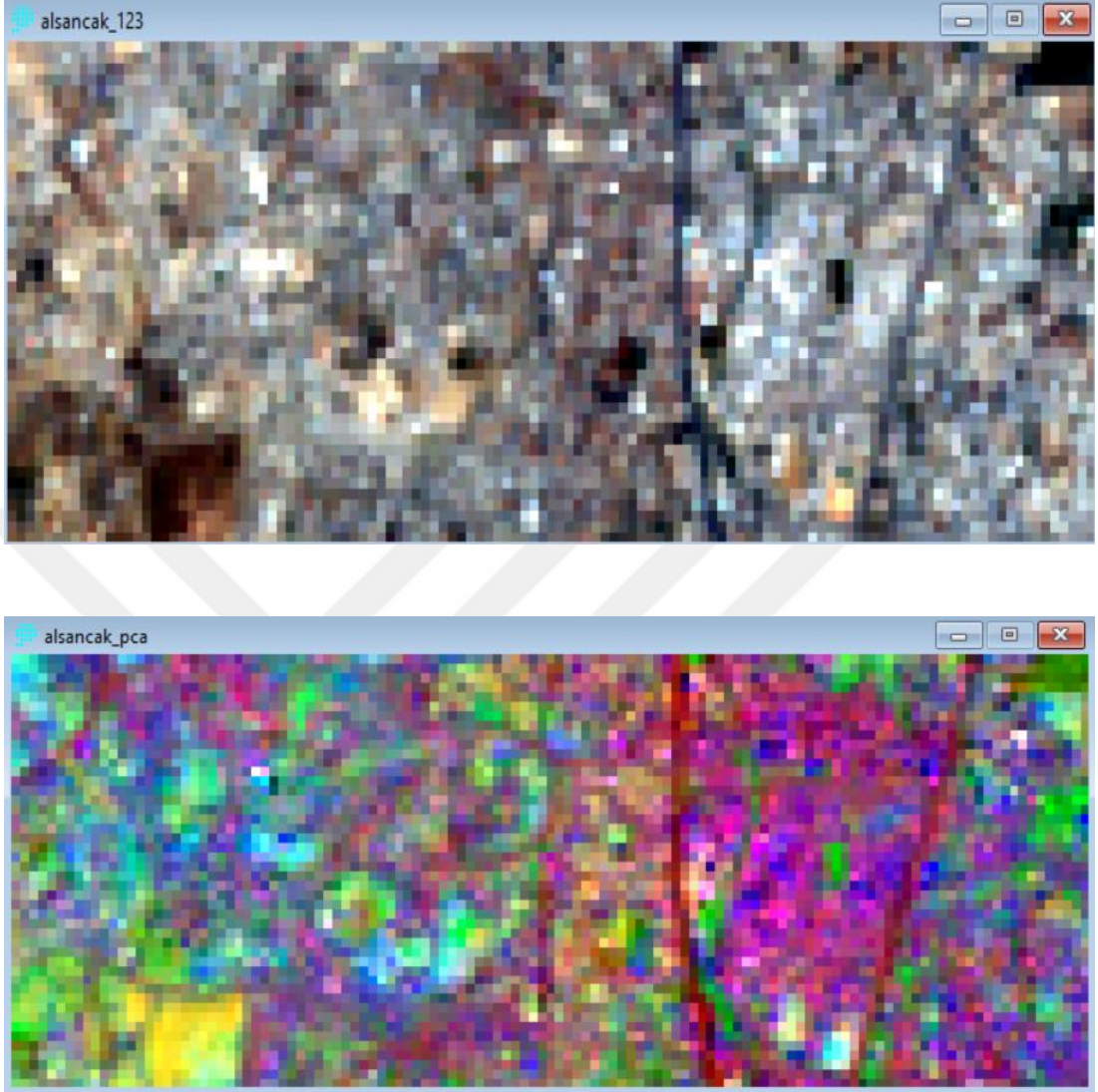
Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 10: Yükler Matrisi

	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5	C 6
alsancak1	0.853419	-0.501660	-0.035859	-0.111908	-0.057100	-0.054251
alsancak2	0.935039	-0.330411	-0.091668	0.012313	-0.015084	0.088030
alsancak3	0.968537	-0.123392	-0.046437	0.198350	0.062834	-0.035541
alsancak4	0.766132	0.432601	-0.467629	-0.079212	0.030171	-0.006079
alsancak5	0.865757	0.441876	0.193624	0.052599	-0.122272	-0.001504
alsancak6	0.894404	0.159431	0.393475	-0.103945	0.094723	0.004886

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Şekil 22: Alsancak Bölgesinin Orijinal ve Anabileşenler Analizi Görüntüleri



3.6.1.2. Bakırçay Bölgesinin Anabileşenler Analizi Sonuçları

Bakırçay bölgesine ilişkin Varyans-Kovaryans matrisi incelendiğinde bakırçay4 bandının bakırçay1, bakırçay2 ve bakırçay5 bandlarıyla olan kovaryanslarının çok düşük düzeyde olduğu görülmektedir. Ayrıca bakırçay1 bandı ile bakırçay2 bandı arasındaki kovaryansında düşük olduğu görülmektedir. Bakırçay6 bandının bakırçay3, bakırçay4 ve bakırçay5 bantları arasındaki kovaryansın ise en yüksek olduğu görülmektedir. Yine bakırçay3 bandının bakırçay 4 ve bakırçay 5 bantları ile aralarındaki korelasyonların yüksek olduğu görülmektedir.

Bakırçay bölgesine ilişkin Korelasyon Matrisi incelendiğinde bakırçay4 bandının diğer bandlarla olan korelasyonlarının oldukça düşük seviyede olduğu görülmüştür. En yüksek korelasyon değerlerinin bakırçay1 bandı ile bakırçay2 ve bakırçay3 bandları arasında, bakırçay2 ile bakırçay3 bandı arasında ve bakırçay3 ve bakırçay6 bandları arasında olduğu görülmektedir.

Bakırçay bölgesine ilişkin özdeğerler ve toplam varyansın açıklanma yüzdeleri incelendiğinde birinci anabileşen toplam varyansın % 80.37'sini açıkladığı görülmektedir. İlk üç anabileşen için toplam varyansın açıklama yüzdesi % 98'e yaklaşmaktadır.

Bakırçay bölgesinin orijinal ve anabileşenler analizi görüntüleri karşılaştırıldığında ham görüntüye göre anabileşen analizi görüntüsünün daha çok bilgi barındırdığı görülmüştür. Bakırçay bölgesine ilişkin görüntüde tarım arazileri yeşillik alanların varlığı gözlenmiştir.

Tablo 11: Varyans – Kovaryans Matrisi

	bakircay1	bakircay2	bakircay3	bakircay4	bakircay5	bakircay6
bakircay1	28.931460	34.082661	61.432884	-37.316608	49.541474	62.060830
bakircay2	34.082661	47.187841	77.207668	-31.118882	66.957507	77.116958
bakircay3	61.432884	77.207668	146.980453	-101.712723	112.566527	146.536768
bakircay4	-37.316608	-31.118882	-101.712723	228.946134	-31.587205	-99.916959
bakircay5	49.541474	66.957507	112.566527	-31.587205	119.808174	125.853624
bakircay6	62.060830	77.116958	146.536768	-99.916959	125.853624	162.144991

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 12: Korelasyon Matrisi

	bakircay1	bakircay2	bakircay3	bakircay4	bakircay5	bakircay6
bakircay1	1.000000	0.922430	0.942076	-0.458512	0.841474	0.906109
bakircay2	0.922430	1.000000	0.927077	-0.299393	0.890514	0.881623
bakircay3	0.942076	0.927077	1.000000	-0.554471	0.848274	0.949216
bakircay4	-0.458512	-0.299393	-0.554471	1.000000	-0.190722	-0.518586
bakircay5	0.841474	0.890514	0.848274	-0.190722	1.000000	0.902965
bakircay6	0.906109	0.881623	0.949216	-0.518586	0.902965	1.000000

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 13: Varyans Açıklama Yüzdeleri ve Özdeğerler

	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5	C 6
% VAR.	80.371902	14.963956	2.624530	1.073040	0.608746	0.357826
CUM % VAR	80.371902	95,335858	97,960388	99.033428		
EIGENVAL.	4.822314	0.897837	0.157472	0.064382	0.036525	0.021470

Tablo 14: Özvektörler

EIGENVEC.1	0.438388	0.026452	-0.475256	-0.753256	-0.116020	0.019828
EIGENVEC.2	0.431164	0.225108	-0.436680	0.584987	-0.259708	0.403827
EIGENVEC.3	0.448088	-0.074070	-0.157283	0.266237	0.474444	-0.687760
EIGENVEC.4	-0.232150	0.904072	-0.105990	-0.088110	0.329858	-0.030937
EIGENVEC.5	0.412797	0.353711	0.584905	-0.042381	-0.528961	-0.284214
EIGENVEC.6	0.443662	-0.026134	0.453163	-0.099771	0.552619	0.530831

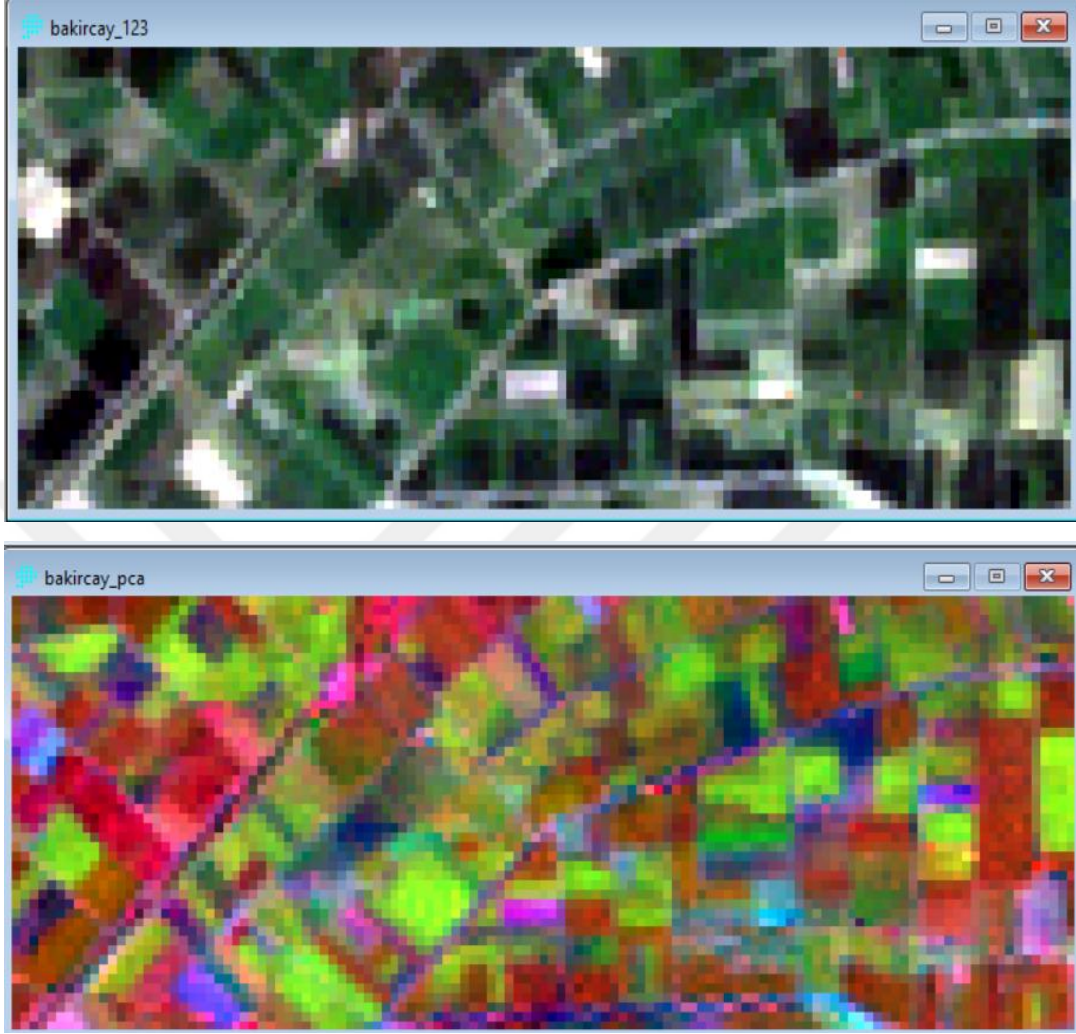
Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 15: Yükler Matrisi

	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5	C 6
bakircay1	0.962691	0.025064	-0.188594	-0.191129	-0.022173	0.002905
bakircay2	0.946825	0.213300	-0.173287	0.148433	-0.049634	0.059171
bakircay3	0.983991	-0.070184	-0.062414	0.067554	0.090673	-0.100774
bakircay4	-0.509797	0.856647	-0.042060	-0.022357	0.063041	-0.004533
bakircay5	0.906492	0.335156	0.232106	-0.010753	-0.101092	-0.041644
bakircay6	0.974271	-0.024763	0.179827	-0.025316	0.105614	0.077780

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Şekil 23: Bakırçay Bölgesinin Ham ve Anabileşenler Görüntüleri



3.6.1.3. Balçova Bölgesinin Anabileşenler Analizi Sonuçları

Balçova bölgesine ilişkin Varyans-Kovaryans matrisi incelendiğinde bakırçay4 diğer tüm bandlarla olan kovaryanslarının çok düşük düzeyde olduğu görülmektedir. Balçova3 bandının balçova6 bandı arasındaki kovaryansın, balçova5 bandının ise balçova2, balçova5 ve balçova6 bandlarıyla arasındaki kovaryansın oldukça yüksek olduğu görülmektedir.

Balçova bölgesine ilişkin Korelasyon Matrisi incelendiğinde balçova4 bandının diğer bandlarla olan korelasyonlarının oldukça düşük seviyede olduğu görülmüştür. En yüksek korelasyon değerlerinin balçova1 bandı ile balçova 2 ve balçova 3 bandları arasında, balçova2 ile balçova3 bandı arasında, balçova3 ile

balçova6 bandı arasında ve balçova 5 ve balçova 6 bandları arasında olduğu görülmektedir.

Balçova bölgesine ilişkin özdeğerler ve toplam varyansın açıklanma yüzdeleri incelendiğinde birinci anabileşen toplam varyansın % 82.27'sini açıkladığı görülmektedir. İlk üç anabileşen için toplam varyansın açıklama yüzdesi % 99'u geçerek çok mükemmel bir seviyeye gelmiştir.

Balçova bölgesinin orijinal ve anabileşenler analizi görüntüleri karşılaştırıldığında ham görüntüye göre anabileşen analizi görüntüsünün daha çok bilgi barındırdığı görülmüştür. Balçova bölgesine ilişkin görüntüde yerleşim alanlarının ve yeşillik alanların varlığı gözlenmiştir.

Tablo 16: Varyans – Kovaryans Matrisi

	balcova1	balcova2	balcova3	balcova4	balcova5	balcova6
balcova1	60.072366	78.138048	130.912109	23.535827	151.863002	128.161643
balcova2	78.138048	107.078090	176.705346	38.213329	206.440406	172.569828
balcova3	130.912109	176.705346	303.145236	51.613334	359.793356	302.291628
balcova4	23.535827	38.213329	51.613334	64.037882	84.355420	54.440007
balcova5	151.863002	206.440406	359.793356	84.355420	513.990097	411.818116
balcova6	128.161643	172.569828	302.291628	54.440007	411.818116	340.760467

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 17: Korelasyon Matrisi

	balcova1	balcova2	balcova3	balcova4	balcova5	balcova6
balcova1	1.000000	0.974260	0.970101	0.379467	0.864246	0.895769
balcova2	0.974260	1.000000	0.980785	0.461473	0.879968	0.903421
balcova3	0.970101	0.980785	1.000000	0.370440	0.911487	0.940538
balcova4	0.379467	0.461473	0.370440	1.000000	0.464962	0.368532
balcova5	0.864246	0.879968	0.911487	0.464962	1.000000	0.984019
balcova6	0.895769	0.903421	0.940538	0.368532	0.984019	1.000000

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 18: Varyans Açıklama Yüzdeleri ve Özdeğerler

	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5	C 6
% VAR.	82.246455	13.357842	3.672508	0.451918	0.154066	0.117219
CUM % VAR	82.246455	95.604297	99.276805	99.728723		
EIGENVAL.	4.934787	0.801470	0.220350	0.027115	0.009244	0.007033

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 19: Özvektörler

EIGENVEC.1	0.432773	-0.139169	-0.448404	-0.764760	0.080552	0.030451
EIGENVEC.2	0.439569	-0.041064	-0.405819	0.417484	-0.619792	-0.286301
EIGENVEC.3	0.441049	-0.160167	-0.198486	0.475156	0.699122	0.160875
EIGENVEC.4	0.226342	0.965300	-0.033604	-0.017623	0.055076	0.111764
EIGENVEC.5	0.430759	-0.014617	0.605117	-0.120682	0.127366	-0.645972
EIGENVEC.6	0.433795	-0.145855	0.477024	-0.014153	-0.318344	0.679303

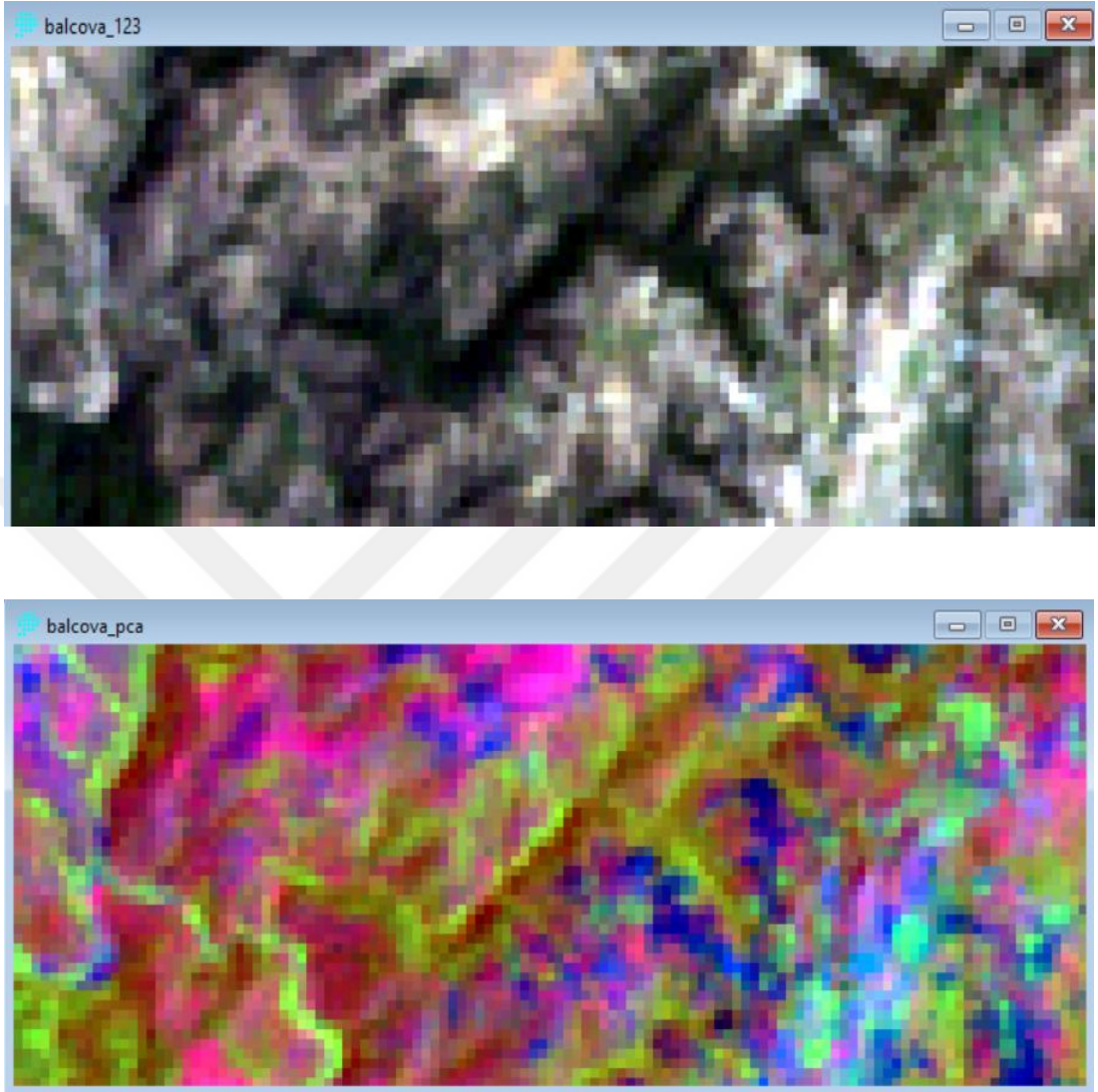
Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 20: Yükler Matrisi

	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5	C 6
balcova1	0.961378	-0.124591	-0.210487	-0.125930	0.007745	0.002554
balcova2	0.976476	-0.036762	-0.190497	0.068746	-0.059590	-0.024010
balcova3	0.979763	-0.143389	-0.093172	0.078242	0.067217	0.013492
balcova4	0.502805	0.864184	-0.015774	-0.002902	0.005295	0.009373
balcova5	0.956903	-0.013086	0.284051	-0.019872	0.012246	-0.054174
balcova6	0.963650	-0.130577	0.223922	-0.002331	-0.030607	0.056969

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Şekil 24: Balçova Bölgesinin Ham ve Anabileşenler Görüntüleri



3.6.1.4. Karşıyaka Bölgesinin Anabileşenler Analizi Sonuçları

Karşıyaka bölgesine ilişkin Varyans-Kovaryans matrisi incelendiğinde karşıyaka4 bandının diğer tüm bandlarla olan kovaryanslarının çok düşük düzeyde olduğu görülmektedir. Karşıyaka3, karşıyaka5 ve karşıyaka6 bandlarının diğer tüm bandlarla arasındaki kovaryansın oldukça yüksek olduğu görülmektedir.

Karşıyaka bölgesine ilişkin Korelasyon Matrisi incelendiğinde karşıyaka4 bandının diğer bandlarla olan korelasyonlarının oldukça düşük seviyede olduğu görülmüştür. En yüksek korelasyon değerlerinin karşıyaka6 bandı ile karşıyaka4 bandı

hariç diğer tüm bandlarla, karşıyaka5 bandı ile ve karşıyaka3 bandı arasında, karşıyaka3 bandı ile karşıyaka1 ve karşıyaka2 bandları arasında, karşıyaka2 ile karşıyaka1 bandları arasında olduğu görülmektedir.

Karşıyaka bölgesine ilişkin özdeğerler ve toplam varyansın açıklanma yüzdeleri incelendiğinde birinci anabileşen toplam varyansın % 86.44'nü açıkladığı görülmektedir. İlk üç anabileşen için toplam varyansın açıklama yüzdesi % 99'u aşarak oldukça bir seviyeye gelmiştir.

Karşıyaka bölgesinin orijinal ve anabileşenler analizi görüntüleri karşılaştırıldığında ham görüntüye göre anabileşen analizi görüntüsünün daha çok bilgi barındırdığı görülmüştür. Karşıyaka bölgesine ilişkin görüntüde çoğunlukla yerleşim alanlarının varlığı gözlenmiştir.

Tablo 21: Varyans – Kovaryans Matrisi

	karsiyaka1	karsiyaka2	karsiyaka3	karsiyaka4	karsiyaka5	karsiyaka6
karsiyaka1	73.179217	87.523953	157.354272	25.227292	197.178463	172.077948
karsiyaka2	87.523953	108.237473	194.227333	32.155088	245.799468	212.903751
karsiyaka3	157.354272	194.227333	361.221149	58.367734	467.940716	398.980842
karsiyaka4	25.227292	32.155088	58.367734	24.785839	77.053236	60.576225
karsiyaka5	197.178463	245.799468	467.940716	77.053236	694.262330	572.384728
karsiyaka6	172.077948	212.903751	398.980842	60.576225	572.384728	487.443369

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 22: Korelasyon Matrisi

	karsiyaka1	karsiyaka2	karsiyaka3	karsiyaka4	karsiyaka5	karsiyaka6
karsiyaka1	1.000000	0.983432	0.967828	0.592345	0.874790	0.911107
karsiyaka2	0.983432	1.000000	0.982279	0.620811	0.896665	0.926899
karsiyaka3	0.967828	0.982279	1.000000	0.616857	0.934421	0.950831
karsiyaka4	0.592345	0.620811	0.616857	1.000000	0.587391	0.551110
karsiyaka5	0.874790	0.896665	0.934421	0.587391	1.000000	0.983930
karsiyaka6	0.911107	0.926899	0.950831	0.551110	0.983930	1.000000

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 23: Tablo Varyans Açıklama Yüzdeleri ve Özdeğerler

	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5	C 6
% VAR.	86.441933	9.730260	3.104063	0.376133	0.209063	0.138549
CUM%VAR.	86.441933	96.172193	99.276256	99.652389		
EIGENVAL.	5.186516	0.583816	0.186244	0.022568	0.012544	0.008313

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 24: Özvektörler

EIGENVEC.1	0.423993	-0.120421	-0.512553	-0.583466	-0.449994	-0.009509
EIGENVEC.2	0.429941	-0.087069	-0.396375	0.177911	0.639519	0.458062
EIGENVEC.3	0.433459	-0.108919	-0.153409	0.717998	-0.310079	-0.406257
EIGENVEC.4	0.302338	0.948301	0.066635	-0.045954	0.015843	-0.050133
EIGENVEC.5	0.419571	-0.140680	0.619380	0.032854	-0.326925	0.559087
EIGENVEC.6	0.424317	-0.216767	0.410574	-0.330459	0.430396	-0.556733

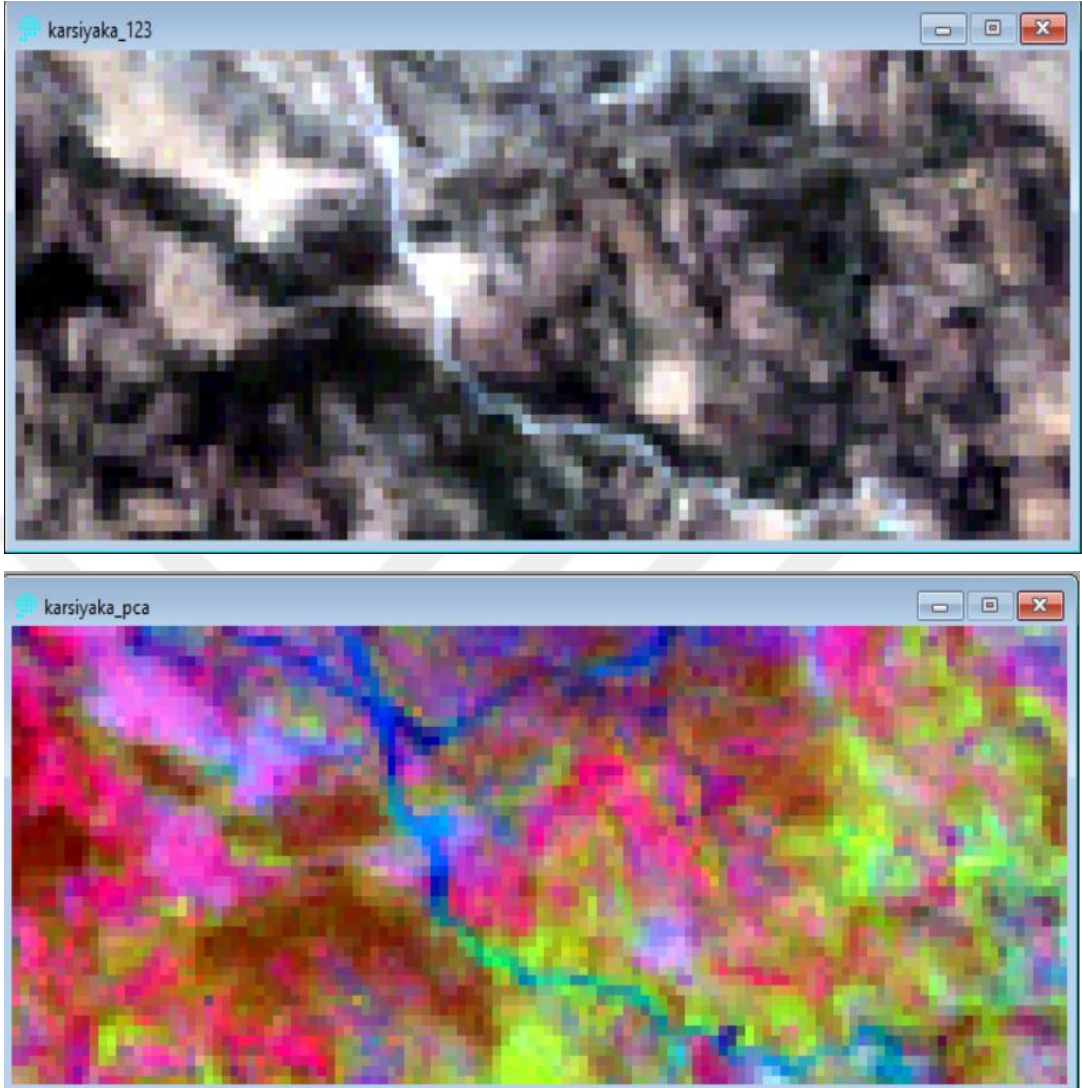
Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 25: Yükler Matrisi

	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5	C 6
karsiyaka1	0.965599	-0.092011	-0.221197	-0.087652	-0.050399	-0.000867
karsiyaka2	0.979145	-0.066527	-0.171059	0.026727	0.071625	0.041764
karsiyaka3	0.987157	-0.083223	-0.066205	0.107862	-0.034729	-0.037041
karsiyaka4	0.688542	0.724576	0.028757	-0.006903	0.001774	-0.004571
karsiyaka5	0.955528	-0.107490	0.267299	0.004936	-0.036615	0.050975
karsiyaka6	0.966337	-0.165627	0.177187	-0.049644	0.048204	-0.050760

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Şekil 25: Karşıyaka Bölgesinin Ham ve Anabileşenler Görüntüleri



3.6.1.5. Menderes Bölgesinin Anabileşenler Analizi Sonuçları

Menderes bölgesine ilişkin Varyans-Kovaryans matrisi incelendiğinde menderes4 bandının menderes5 bandı ile olan kovaryansının diğerlerine göre en düşük düzeyde olduğu görülmektedir. Menderes2 bandının menderes3 bandı ile, menderes3 bandının menderes4 ve menderes5 bandları ile ve son olarak menderes6 bandının menderes1 bandı hariç diğer tüm bandlarla yüksek kovaryans değerlerine sahip olduğu görülmektedir.

Menderes bölgesine ilişkin Korelasyon Matrisi incelendiğinde menderes4 bandının diğer bandlarla olan korelasyonlarının oldukça düşük seviyede olduğu

gözlenmiştir. En yüksek korelasyon değerlerinin menderes1 bandının menderes2, menderes3 ve menderes6 bandları arasındaki korelasyon değerleri ile, menderes2 bandı ile menderes3 bandı arasındaki korelasyon değeri olduğu görülmektedir.

Menderes bölgesine ilişkin özdeğerler ve toplam varyansın açıklanma yüzdeleri incelendiğinde birinci anabileşen toplam varyansın % 76.76'sını açıkladığı görülmektedir. İlk üç anabileşen için toplam varyansın açıklama yüzdesi % 99'a yakın bir seviyeye gelmiştir.

Menderes bölgesinin orijinal ve anabileşenler analizi görüntüleri karşılaştırıldığında ham görüntüye göre anabileşen analizi görüntüsünün daha çok bilgi barındırdığı görülmüştür. Menderes bölgesine ilişkin görüntüde çoğunlukla tarım arazilerinin ve yeşil alanların varlığı gözlenmiştir.

Tablo 26: Varyans – Kovaryans Matrisi

	menderes1	menderes2	menderes3	menderes4	menderes5	menderes6
menderes1	77.446606	99.161546	186.415981	-109.359757	143.523038	171.445054
menderes2	99.161546	132.751746	244.518020	-125.926402	194.576686	224.915674
menderes3	186.415981	244.518020	481.507722	-328.294565	338.821672	424.226513
menderes4	-109.359757	-125.926402	-328.294565	788.763764	84.178316	-183.843078
menderes5	143.523038	194.576686	338.821672	84.178316	518.258913	434.920330
menderes6	171.445054	224.915674	424.226513	-183.843078	434.920330	467.265409

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 27: Korelasyon Matrisi

	menderes1	menderes2	menderes3	menderes4	menderes5	menderes6
menderes1	1.000000	0.977962	0.965340	-0.442469	0.716386	0.901243
menderes2	0.977962	1.000000	0.967140	-0.389156	0.741818	0.903062
menderes3	0.965340	0.967140	1.000000	-0.532707	0.678260	0.894364
menderes4	-0.442469	-0.389156	-0.532707	1.000000	0.131660	-0.302825
menderes5	0.716386	0.741818	0.678260	0.131660	1.000000	0.883801
menderes6	0.901243	0.903062	0.894364	-0.302825	0.883801	1.000000

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 28: Varyans Açıklama Yüzdeleri ve Özdeğerler

	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5	C 6
% VAR.	76.758846	19.370030	2.833950	0.491442	0.306596	0.239135
CUM% VAR.	76.758846	96.128876	98.962826	99.454268		
EIGENVAL.	4.605531	1.162202	0.170037	0.029487	0.018396	0.014348

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 29: Özvektörler

EIGENVEC.1	0.455464	-0.059970	-0.374629	-0.658207	-0.410979	-0.215566
EIGENVEC.2	0.455605	-0.009712	-0.450930	0.104125	0.417191	0.635690
EIGENVEC.3	0.454479	-0.144468	-0.199528	0.685509	-0.131306	-0.495584
EIGENVEC.4	-0.196283	0.824147	-0.431671	0.019306	0.162649	-0.262845
EIGENVEC.5	0.372498	0.525594	0.440233	0.152176	-0.493765	0.352462
EIGENVEC.6	0.448491	0.141320	0.486167	-0.249938	0.607905	-0.332429

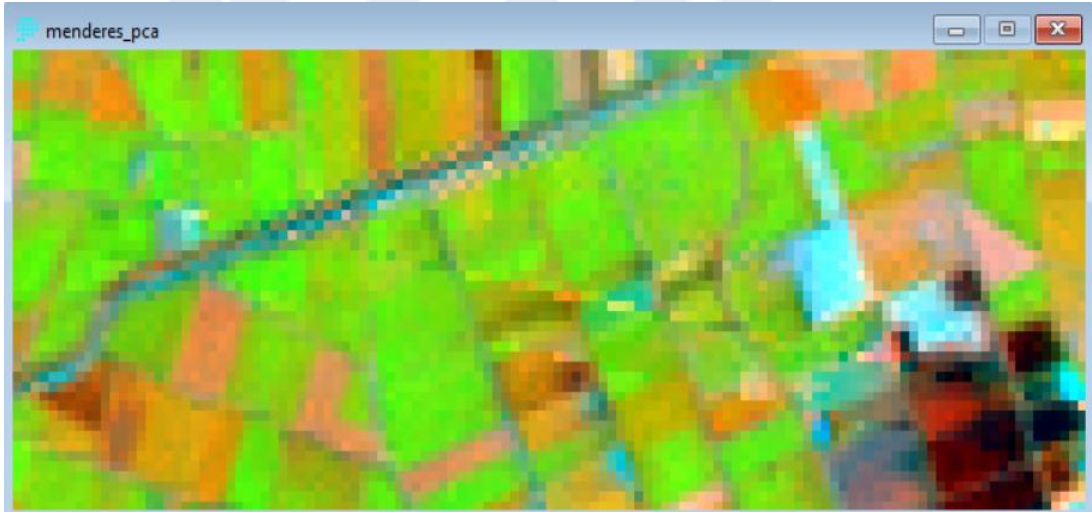
Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 30: Yükler Matrisi

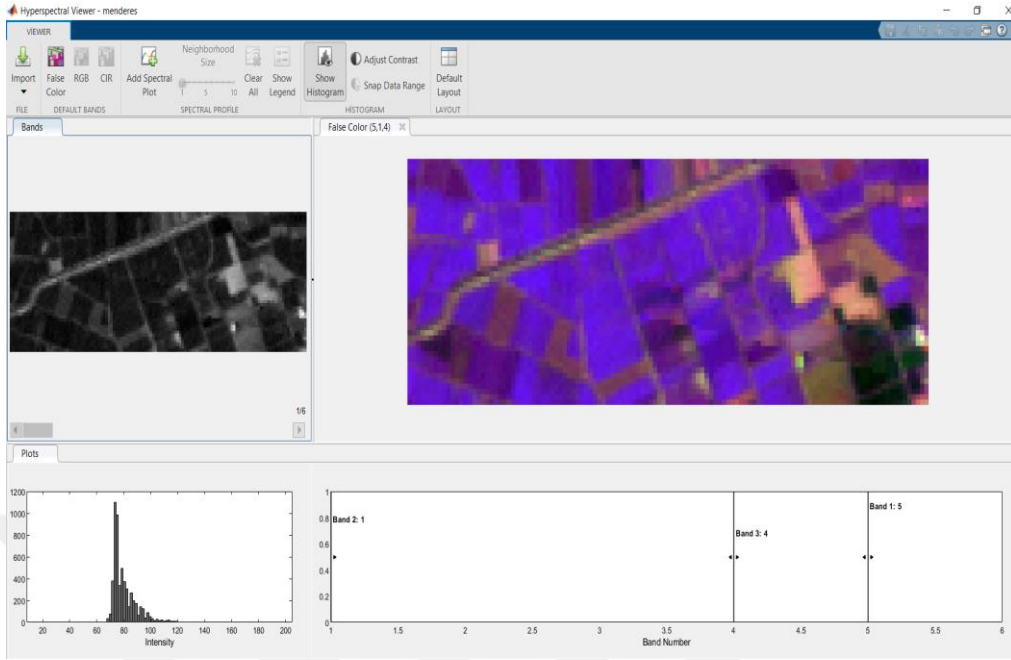
	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5	C 6
menderes1	0.977449	-0.064651	-0.154480	-0.113025	-0.055741	-0.025821
menderes2	0.977750	-0.010470	-0.185943	0.017880	0.056584	0.076145
menderes3	0.975334	-0.155745	-0.082276	0.117713	-0.017809	-0.059363
menderes4	-0.421234	0.888475	-0.178002	0.003315	0.022060	-0.031484
menderes5	0.799399	0.566619	0.181533	0.026131	-0.066970	0.042219
menderes6	0.962483	0.152350	0.200474	-0.042919	0.082451	-0.039820

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

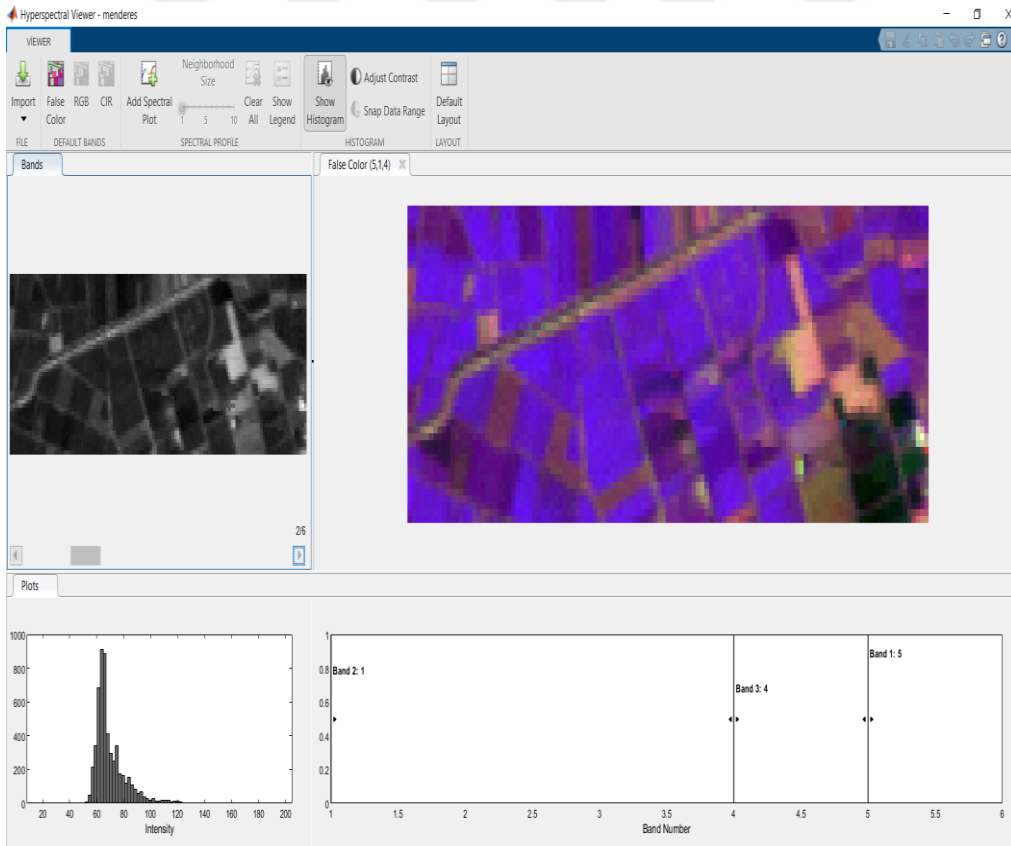
Şekil 26: Menderes Bölgesinin Ham ve Anabileşenler Görüntüleri



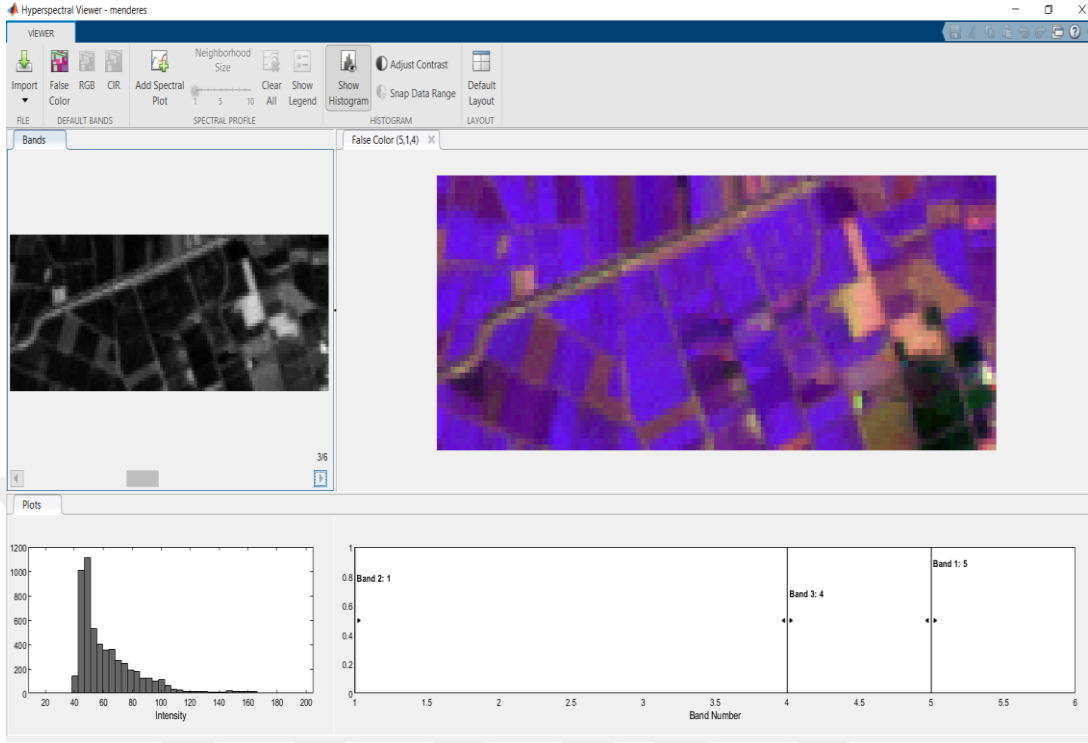
Şekil 27: Menderes Bölgesinin Birinci Bantının Görüntüsü Ve Histogramı



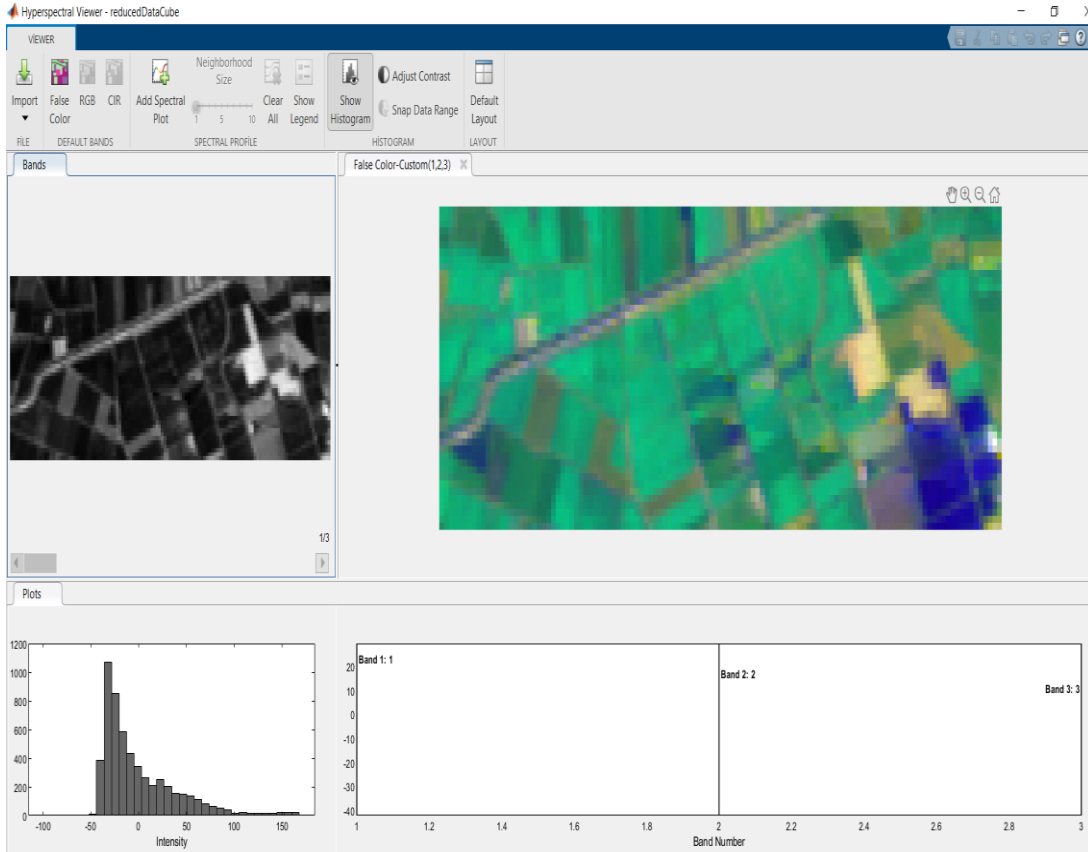
Şekil 28: Menderes Bölgesinin İkinci Bantının Görüntüsü Ve Histogramı



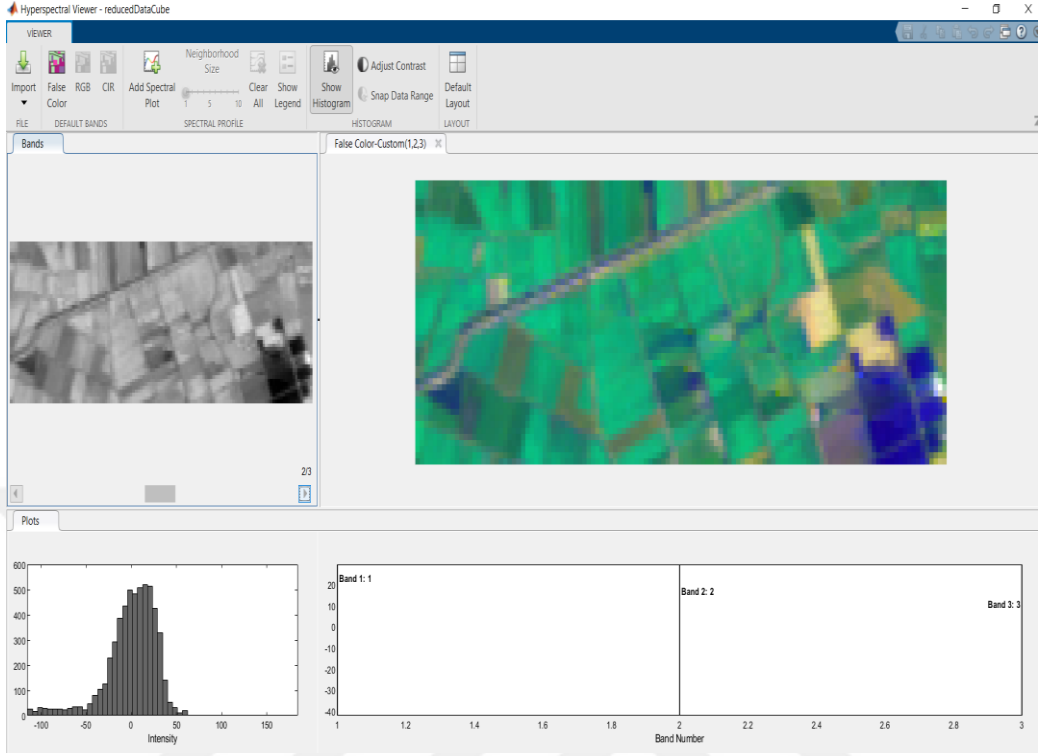
Şekil 29: Menderes Bölgesinin Üçüncü Bantının Görüntüsü Ve Histogramı



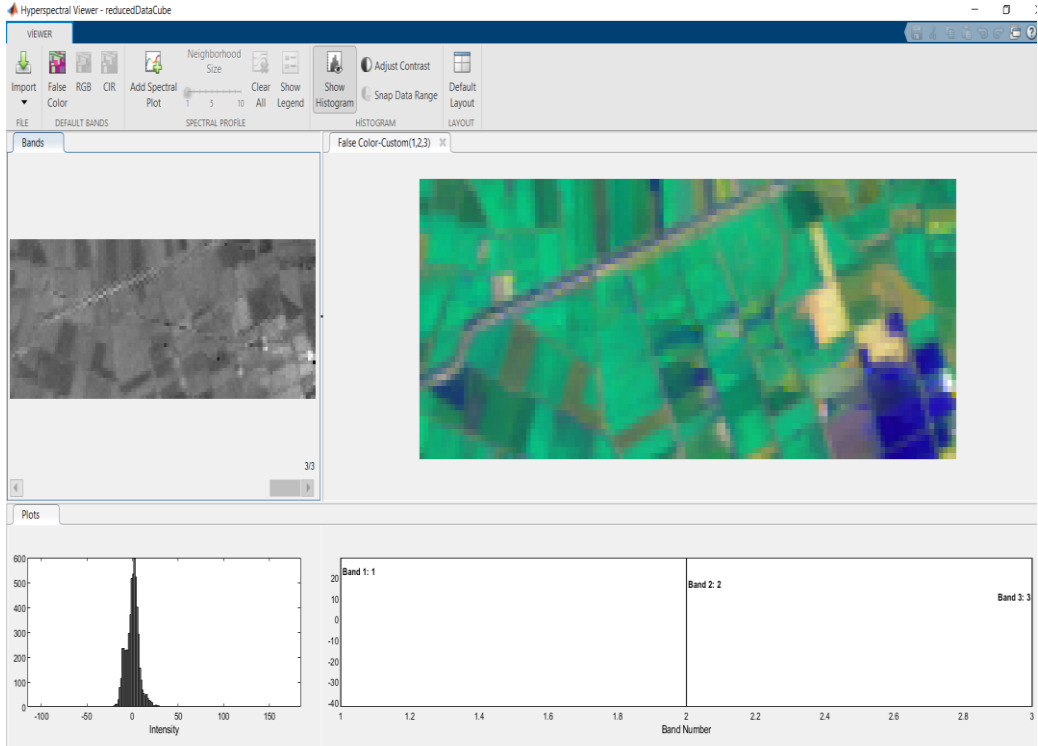
Şekil 30: Şekil Birinci Anabileşenin Görüntüsü Ve Histogramı



Şekil 31: İkinci Anabileşenin Görüntüsü ve Histogramı



Şekil 32: Üçüncü Anabileşenin Görüntüsü ve Histogramı



3.6.1.6. Güzelhisar Bölgesinin Anabileşenler Analizi Sonuçları

Güzelhisar bölgesine ilişkin Varyans-Kovaryans matrisi incelendiğinde güzelhisar6 bandının güzelhisar5 bandı hariç diğer tüm bandlarla olan kovaryanslarının mevcut varyans-kovaryans matrisi içinde en düşük kovaryans değerleri olduğu görülmektedir. Güzelhisar1 bandının güzelhisar3 ve güzelhisar4 bandlarıyla, güzelhisar2 bandının güzelhisar4 bandıyla, güzelhisar3 bandının güzelhisar4 bandıyla ve güzelhisar5 bandının güzelhisar6 bandıyla olan kovaryansının oldukça yüksek olduğu görülmektedir.

Güzelhisar bölgesine ilişkin Korelasyon Matrisi incelendiğinde en yüksek korelasyonun güzelhisar2 bandı ile güzelhisar3 bandı arasında olduğu gözlenmiştir. Diğer yüksek korelasyonlu ikilileri ; güzelhisar1-güzelhisar2, güzelhisar1-güzelhisar3, güzelhisar2-güzelhisar4, güzelhisar2-güzelhisar5, güzelhisar3-güzelhisar4, güzelhisar3-güzelhisar5, güzelhisar4-güzelhisar5, güzelhisar4-güzelhisar6 olarak gözlenmiştir.

Güzelhisar bölgesine ilişkin özdeğerler ve toplam varyansın açıklanma yüzdeleri incelendiğinde birinci anabileşen toplam tek başına toplam varyansın % 95.73'ünü açıkladığı görülmektedir. İlk üç anabileşen için toplam varyansın açıklama yüzdesi % 99'u aşan bir seviyeye ulaşmıştır.

Güzelhisar bölgesinin orijinal ve anabileşenler analizi görüntüleri karşılaştırıldığında ham görüntüye göre anabileşen analizi görüntüsünün daha çok bilgi barındırdığı görülmüştür. Güzelhisar bölgesi içerisinde aynı ismi taşıyan baraj göleti olduğundan dolayı sulak alan mevcuttur. Bununla birlikte taşlık arazi yapısının varlığından da söz edilebilir.

Tablo 31: Varyans – Kovaryans Matrisi

	guzelhisar1	guzelhisar2	guzelhisar3	guzelhisar4	guzelhisar5	guzelhisar6
guzelhisar1	99.390560	144.152438	251.338202	185.011556	447.816746	81.016843
guzelhisar2	144.152438	214.369107	371.966065	277.369596	663.221821	119.751485
guzelhisar3	251.338202	371.966065	653.969220	487.899364	1178.368755	214.122957
guzelhisar4	185.011556	277.369596	487.899364	399.148211	930.225354	170.350806
guzelhisar5	447.816746	663.221821	1178.368755	930.225354	2284.504722	418.306938
guzelhisar6	81.016843	119.751485	214.122957	170.350806	418.306938	83.064210

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 32: Korelasyon Matrisi

	guzelhisar1	guzelhisar2	guzelhisar3	guzelhisar4	guzelhisar5	guzelhisar6
guzelhisar1	1.000000	0.987571	0.985842	0.928879	0.939792	0.891653
guzelhisar2	0.987571	1.000000	0.993444	0.948223	0.947724	0.897414
guzelhisar3	0.985842	0.993444	1.000000	0.954959	0.964065	0.918708
guzelhisar4	0.928879	0.948223	0.954959	1.000000	0.974148	0.935557
guzelhisar5	0.939792	0.947724	0.964065	0.974148	1.000000	0.960267
guzelhisar6	0.891653	0.897414	0.918708	0.935557	0.960267	1.000000

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 33: Varyans Açıklama Yüzdeleri ve Özdeğerler

	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5	C 6
% VAR.	95.726152	2.733620	0.926149	0.339576	0.203268	0.071235
CUM% VAR.	95.726152	98.459772	99.385921	99.725491		
EIGENVAL.	5.743569	0.164017	0.055569	0.020375	0.012196	0.004274

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 34: Özvektörler

EIGENVEC.1	0.407661	-0.457417	-0.286476	0.055324	-0.732033	0.059835
EIGENVEC.2	0.410556	-0.403773	-0.006321	-0.242592	0.410809	-0.663895
EIGENVEC.3	0.413562	-0.271834	-0.081068	0.051167	0.493681	0.708634
EIGENVEC.4	0.408134	0.217080	0.756722	-0.387225	-0.224291	0.115868
EIGENVEC.5	0.411255	0.281432	0.161981	0.827499	0.036098	-0.198420
EIGENVEC.6	0.398144	0.653847	-0.558976	-0.317448	0.005748	-0.026570

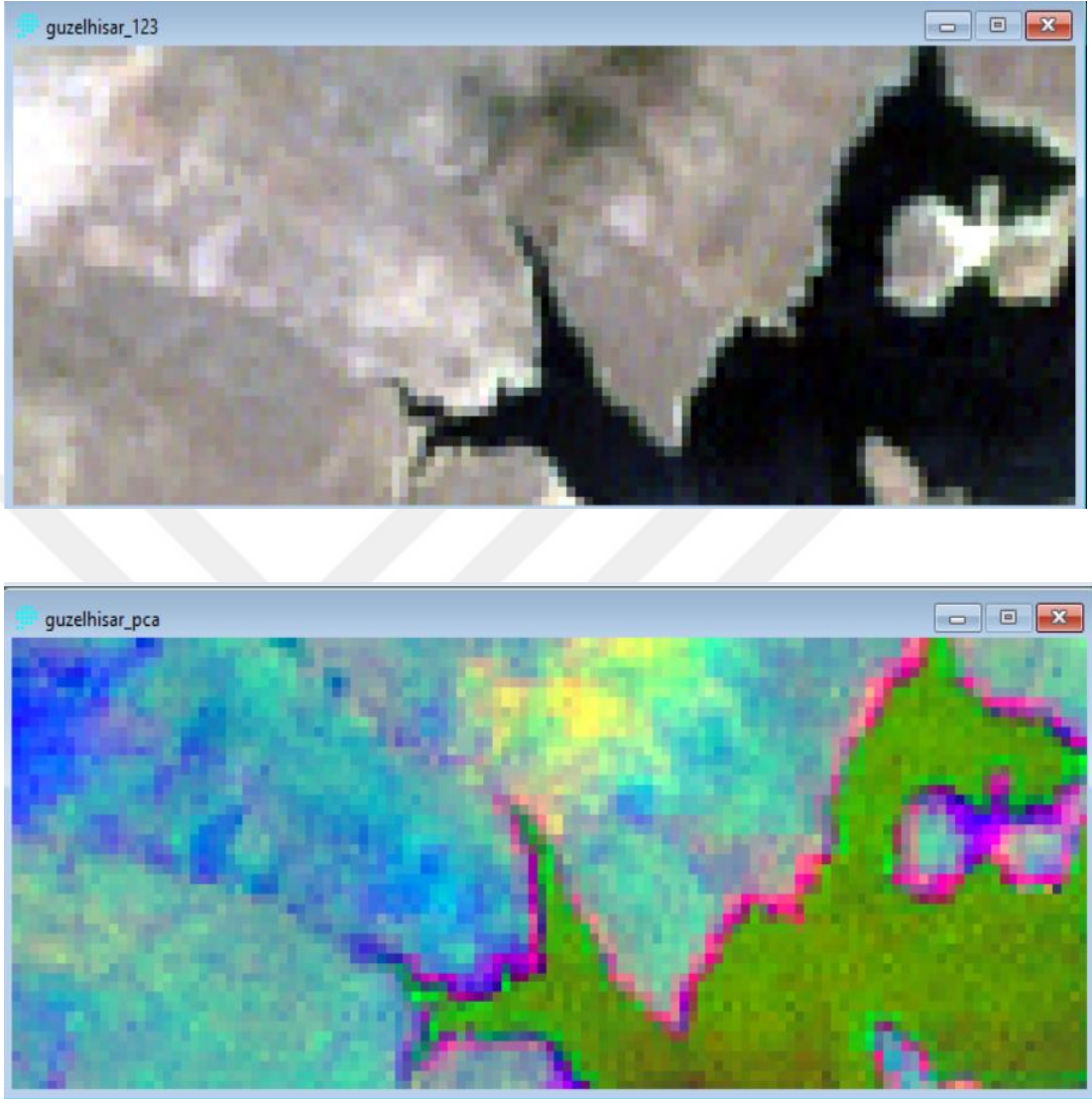
Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 35: Yükler Matrisi

	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5	C 6
guzelhisar1	0.976990	-0.185250	-0.067531	0.007897	-0.080843	0.003912
guzelhisar2	0.983929	-0.163524	-0.001490	-0.034627	0.045368	-0.043403
guzelhisar3	0.991132	-0.110090	-0.019110	0.007303	0.054520	0.046328
guzelhisar4	0.978123	0.087915	0.178383	-0.055272	-0.024770	0.007575
guzelhisar5	0.985604	0.113977	0.038184	0.118117	0.003987	-0.012972
guzelhisar6	0.954181	0.264802	-0.131768	-0.045312	0.000635	-0.001737

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Şekil 33: Güzelhisar Bölgesinin Ham ve Anabileşenler Görüntüleri



3.6.1.7. Tahtalı Bölgesinin Anabileşenler Analizi Sonuçları

Tahtalı bölgesine ilişkin Varyans-Kovaryans matrisi incelendiğinde tahtalı6 bandının diğer tüm bandlarla olan kovaryanslarının oldukça düşük olduğu görülmektedir. Tahtalı4 bandının ise tahtalı3 ve tahtalı5 bandları hariç diğer tüm bandlarla olan kovaryanslarının mevcut varyans-kovaryans matrisi içinde yine düşük kovaryans değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Tahtalı2 bandının tahtalı3 bandı ile olan kovaryansının ve tahtalı5 bandının tahtalı6 bandı hariç diğer tüm bandlarla olan kovaryanslarının oldukça yüksek olduğu görülmektedir.

Tahtalı bölgesine ilişkin Korelasyon Matrisi incelendiğinde tahtalı4 bandının tahtalı5 bandı hariç diğer tüm bantlarla korelasyonunun oldukça düşük olduğu görülmüştür. Tahtalı1 bandının tahtalı2 ve tahtalı3 bandları ile olan korelasyonlarının, tahtalı2 bandının tahtalı3 ile olan korelasyonun ve tahtalı3 bandının tahtalı5 ile olan korelasyonun diğer korelasyon değerlerine göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

Tahtalı bölgesine ilişkin özdeğerler ve toplam varyansın açıklanma yüzdeleri incelendiğinde birinci anabileşen toplam tek başına toplam varyansın % 71.22'sini açıkladığı görülmektedir. İlk üç anabileşen için toplam varyansın açıklama yüzdesi % 98'e yakın bir seviyeye ulaşmıştır.

Tahtalı bölgesinin orijinal ve anabileşenler analizi görüntüleri karşılaştırıldığında ham görüntüye göre anabileşen analizi görüntüsünün daha çok bilgi barındırdığı görülmüştür. Tahtalı bölgesi içerisinde aynı ismi taşıyan baraj olduğundan dolayı sulak alan mevcuttur. Bununla birlikte anabileşenler analizi görünüş sonuçlarına göre tarım arazi yapısının varlığından da söz edilebilir.

Tablo 36: Varyans – Kovaryans Matrisi

	tahtali1	tahtali2	tahtali3	tahtali4	tahtali5	tahtali6
tahtali1	94.126292	109.401183	159.457895	26.887631	159.597163	14.185229
tahtali2	109.401183	138.850303	205.124392	82.390965	239.958948	18.710201
tahtali3	159.457895	205.124392	313.050625	136.886719	385.905914	27.937041
tahtali4	26.887631	82.390965	136.886719	338.989355	359.186788	19.443503
tahtali5	159.597163	239.958948	385.905914	359.186788	693.386884	46.308059
tahtali6	14.185229	18.710201	27.937041	19.443503	46.308059	7.457363

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 37: Korelasyon Matrisi

	tahtali1	tahtali2	tahtali3	tahtali4	tahtali5	tahtali6
tahtali1	1.000000	0.956959	0.928931	0.150523	0.624715	0.535412
tahtali2	0.956959	1.000000	0.983867	0.379763	0.773349	0.581450
tahtali3	0.928931	0.983867	1.000000	0.420205	0.828297	0.578203
tahtali4	0.150523	0.379763	0.420205	1.000000	0.740866	0.386713
tahtali5	0.624715	0.773349	0.828297	0.740866	1.000000	0.643986
tahtali6	0.535412	0.581450	0.578203	0.386713	0.643986	1.000000

Tablo 38: Varyans Açıklama Yüzdeleri ve Özdeğerler

	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5	C 6
% VAR.	71.215443	17.604823	8.946819	1.766707	0.333895	0.132314
CUM% VAR.	71.215443	88.820266	97.767085	99.533792		
EIGENVAL.	4.272927	1.056289	0.536809	0.106002	0.020034	0.007939

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 39: Özvektörler

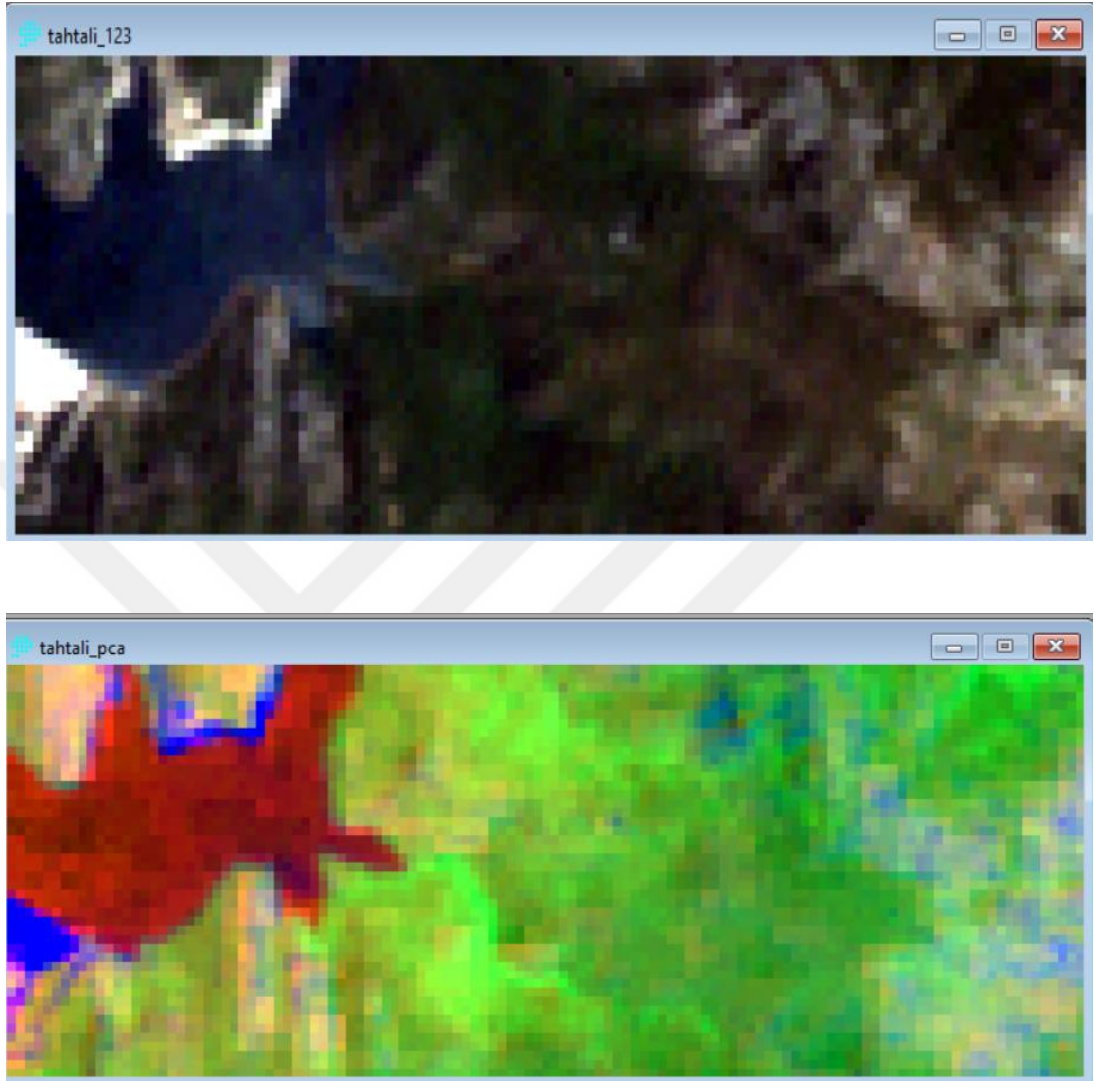
EIGENVEC.1	0.421386	-0.457309	-0.085078	-0.244884	-0.692065	-0.259117
EIGENVEC.2	0.461541	-0.242579	-0.171834	-0.234707	0.261551	0.758362
EIGENVEC.3	0.466764	-0.184216	-0.203369	0.095635	0.610524	-0.570045
EIGENVEC.4	0.273805	0.763680	-0.260247	-0.504929	-0.086969	-0.107604
EIGENVEC.5	0.438871	0.316615	-0.096360	0.780707	-0.260205	0.143710
EIGENVEC.6	0.352092	0.120980	0.919164	-0.106503	0.068017	-0.023737

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 40: Yükler Matrisi

	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5	C 6
tahtali1	0.871049	-0.470004	-0.062334	-0.079729	-0.097955	-0.023087
tahtali2	0.954053	-0.249312	-0.125898	-0.076416	0.037020	0.067570
tahtali3	0.964850	-0.189330	-0.149003	0.031137	0.086414	-0.050791
tahtali4	0.565984	0.784879	-0.190676	-0.164395	-0.012310	-0.009588
tahtali5	0.907193	0.325404	-0.070600	0.254183	-0.036830	0.012805
tahtali6	0.727812	0.124338	0.673446	-0.034675	0.009627	-0.002115

Şekil 34: Tahtalı Bölgesinin Ham ve Anabileşenler Görüntüleri



3.6.1.8. Urla Bölgesinin Anabileşenler Analizi Sonuçları

Urla bölgesine ilişkin Varyans-Kovaryans matrisi incelendiğinde urla4 bandının diğer tüm bandlarla olan kovaryanslarının oldukça düşük olduğu görülmektedir. Urla3 bandının urla6 ile kovaryansının diğer kovaryans değerlerine göre daha yüksek olduğu görülmektedir.

Urla bölgesine ilişkin Korelasyon Matrisi incelendiğinde urla4 bandının diğer tüm bandlarla korelasyonunun oldukça düşük olduğu görülmüştür. Diğer tüm

bandlarda ise korelasyon değerlerinin 0.90 değerinden yüksek olduğu yani oldukça anlamlı bir korelasyon yapısı olduğu görülmektedir.

Urla bölgesine ilişkin özdeğerler ve toplam varyansın açıklanma yüzdeleri incelendiğinde birinci anabileşen toplam tek başına toplam varyansın % 81.19’nu açıkladığı görülmektedir. İlk üç anabileşen için toplam varyansın açıklama yüzdesi % 99’u aşan bir seviyeye ulaşmıştır.

Urla bölgesinin orijinal ve anabileşenler analizi görüntüleri karşılaştırıldığında ham görüntüye göre anabileşen analizi görüntüsünün daha çok bilgi barındırdığı grlmştir. Anabileşenler analizinin görüntü sonuçlarına göre tarım arazi yapısının ve yeşil varlığından söz edilebilir.

Tablo 41: Varyans – Kovaryans Matrisi

	urla1	urla2	urla3	urla4	urla5	urla6
urla1	39.477161	43.231726	66.080881	1.627719	109.401697	83.879855
urla2	43.231726	50.969981	76.421321	7.469286	126.482983	95.513930
urla3	66.080881	76.421321	118.905767	7.794277	194.138924	147.610079
urla4	1.627719	7.469286	7.794277	36.115015	15.859280	3.902187
urla5	109.401697	126.482983	194.138924	15.859280	340.729841	255.009886
urla6	83.879855	95.513930	147.610079	3.902187	255.009886	195.806009

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 42: Korelasyon Matrisi

	urla1	urla2	urla3	urla4	urla5	urla6
urla1	1.000000	0.963768	0.964498	0.043108	0.943292	0.954051
urla2	0.963768	1.000000	0.981648	0.174092	0.959776	0.956085
urla3	0.964498	0.981648	1.000000	0.118941	0.964509	0.967390
urla4	0.043108	0.174092	0.118941	1.000000	0.142967	0.046404
urla5	0.943292	0.959776	0.964509	0.142967	1.000000	0.987277
urla6	0.954051	0.956085	0.967390	0.046404	0.987277	1.000000

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 43: Varyans Açıklama Yüzdeleri ve Özdeğerler

	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5	C 6
% VAR.	81.187998	16.662484	1.209884	0.544782	0.268003	0.126850
CUM%VAR.	81.187998	97.850482	99.060366	99.605148		
EIGENVAL.	4.871280	0.999749	0.072593	0.032687	0.016080	0.007611

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 44: Özvektörler

EIGENVEC.1	0.442709	-0.090608	-0.533150	-0.703429	0.123896	-0.037251
EIGENVEC.2	0.447654	0.043883	-0.336890	0.401694	-0.721287	0.050714
EIGENVEC.3	0.448507	-0.012822	-0.192646	0.552706	0.668749	-0.094104
EIGENVEC.4	0.060687	0.990958	0.000129	-0.083104	0.056199	0.065234
EIGENVEC.5	0.446678	0.011071	0.572155	-0.138752	-0.113299	-0.664007
EIGENVEC.6	0.446378	-0.087066	0.487629	-0.110394	0.034268	0.736223

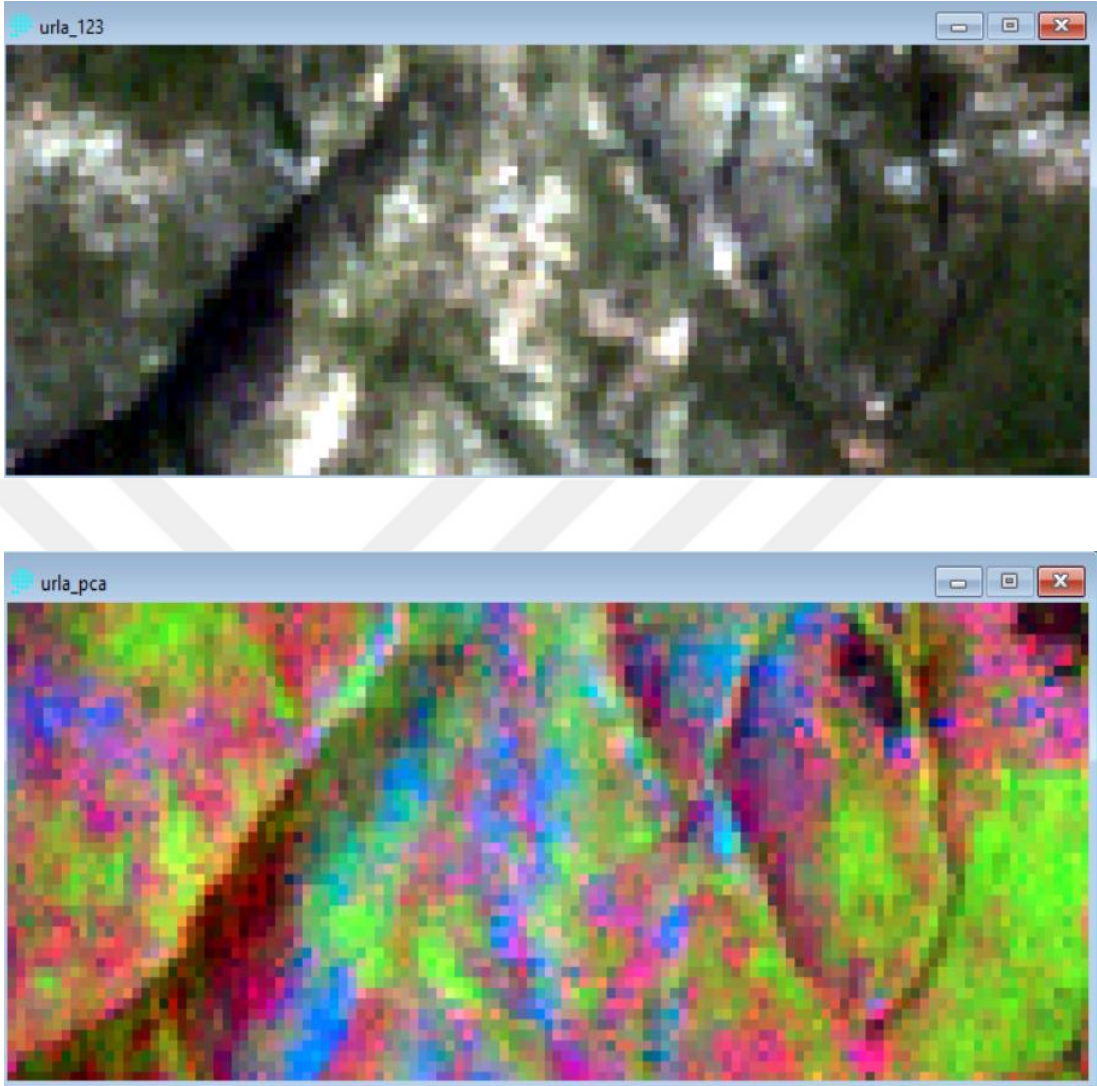
Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 45: Yükler Matrisi

	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5	C 6
urla1	0.977101	-0.090596	-0.143647	-0.127177	0.015711	-0.003250
urla2	0.988016	0.043878	-0.090769	0.072624	-0.091465	0.004424
urla3	0.989898	-0.012820	-0.051905	0.099927	0.084802	-0.008210
urla4	0.133942	0.990833	0.000035	-0.015025	0.007126	0.005691
urla5	0.985861	0.011069	0.154156	-0.025086	-0.014367	-0.057929
urla6	0.985199	-0.087055	0.131382	-0.019959	0.004345	0.064229

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Şekil 35: Urla Bölgesinin Ham ve Anabileşenler Görüntüleri



3.6.2. Çok Bantlı Uydu Görüntülerinin Faktör Analizi Sonuçları

Çok bantlı uydu görüntülerini incelemek amacıyla İzmir ili sınırları içerisinde belirlenen 8 farklı bölge için ham görüntüler üzerinden ilk üç bantları ele alınarak 46x121x3 boyutlu görüntüler elde edilmiştir. Bu görüntülere faktör analizi uygulamak amacıyla Matlab programında veri yapısını 3 boyuttan tek boyuta indirgenmesi sağlanmıştır. Bu programa ilişkin kodlar Ek-2’de verilmiştir.

KMO – Bartlet test sonu incelendiğinde test istatistiği değerinin 0.797 olduğu görülmüştür. Bu değere göre Faktör Analizi için gerekli olan örneklem düzeyinin orta

düzeyde yeterli olduğu sonucunu ifade etmektedir. Ayrıca anlamlılık değerinin 0.000 değeri olması küresellik varsayımının sağlandığı sonucunu ortaya koymaktadır.

Özdeğerler dikkate alındığında ilk üç özdeğerin yaklaşık olarak 1 ve 1'den büyük olduğu görülmüştür. Bu 3 faktör için yaklaşık olarak toplan varyanstaki açıklama yüzde değerinin % 68,64 olduğunu sonucunu da ifade etmektedir.

İlk faktörde yer alan Alsancak ve Karşıyaka bölgelerinde daha çok yerleşim alanlarının fazlalığından dolayı benzer yapıya sahip olduğu düşünülebilir. Ayrıca yine Urla, Bakırçay, Menemen ve Tahtalı bölgelerinde ham görüntülerden elde edilen sonuçlara paralel olarak tarım arazilerin varlığı sebebiyle aynı faktörde yani birinci faktör içerisinde yer almaları beklentiye uygun bir sonuç olarak karşımıza çıkmaktadır. İkinci faktörde yer alan Balçova ve Güzelhisar bölgelerinde hem sulak alan hem de yeşil alanların var olması sebebiyle aynı faktörde yer almaları uygun sonuç olarak karşımıza çıkmaktadır.

Tablo 46: KMO - Bartlett Test Sonucu

<i>KMO BARTLETT'S TESTİ</i>		
Kaiser-Meyer-Olkin Örnek Geçerlilik Ölçümü		0,797
BARTLETT'S 'İN KÜRESELLİK TESTİ	ki-kare	47236,170
	serbestlik derecesi	28
	olasılık	0,000

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 47: Toplam Varyans Açıklama Yüzdeleri

Açıklanan Toplam Varyans									
	İlk Özdeğerler			İlk Olarak Elde Edilen Döndürülmüş Kaereler Toplamı			Döndürülmüş Yüklerin kareler Toplamı		
	Başlangıç Özdeğerleri								
<i>Bileşen</i>	<i>Toplam</i>	<i>Varyansın Yüzedsi</i>	<i>Kümülatif Toplam</i>	<i>Toplam</i>	<i>Varyansın Yüzedsi</i>	<i>Kümülatif Toplam</i>	<i>Toplam</i>	<i>Varyansın Yüzedsi</i>	<i>Kümülatif Toplam</i>
1	3,257	40,712	40,712	3,257	40,712	40,712	3,251	40,642	40,642
2	1,246	15,572	56,284	1,246	15,572	56,284	1,234	15,430	56,072
3	0,989	12,360	68,644	0,989	12,360	68,644	1,006	12,572	68,644
4	0,848	10,606	79,249						
5	0,727	9,083	88,333						
6	0,478	5,974	94,306						
7	0,272	3,395	97,702						
8	0,184	2,298	100,000						

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 48: Döndürülmüş Bileşen Matrisi

	Bileşen		
	1	2	3
Bakırçay	0,911		
Alsancak	-0,886		
Urla	0,834		
Menemen	0,774		
Balçova		0,817	
Güzelhisar		-0,748	
Karşıyaka	-0,363		-0,683
Tahtatlı	-0,454		0,681

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

SONUÇ

İçinde bulunduğumuz bilgi çağında veriye ulaşma hızının artması kaçınılmaz olmuştur. Uzaktan algılama yardımıyla elde edilen uydu görüntülerinin her geçen gün farklı bilgiler içermesi bu alanda daha çok matematiksel ve istatistiksel yaklaşımlar ortaya konulması zorunluluğunu doğurmuştur.

Coğrafi bilgi sistemleri gelişimi sonucunda bu alanda yapılan araştırmalarda son yıllarda önemli bir artış yaşanmıştır. Uydulardan elde edilen görüntülerin niteliklerinin ve bunun sonucunda boyutlarının arması sonucunda verilerin boyutlarını indirgemek günden güne önemli hale gelmektedir. Deniz bilimlerinde, coğrafi ve tarımsal alanda ve hatta yer altı kaynaklarının daha etkin kullanılması amacıyla uydu görüntülerin daha çok bilgi çıkarılması kaçınılmaz olmuştur.

Çok değişkenli boyut indirgeme yaklaşımlardan Anabileşenler Analizi yardımıyla çok bantlı uydu görüntülerinin (7 ve daha fazla bant) 3 boyutlu uzaya indirgenmesi çok büyük önem kazanmıştır. Bu amaçla bu çalışmada çok bantlı uydu görüntülerinin elde edilmesi, işlenmesi, analiz edilmesi ve yorumlanması ele alınmıştır. Sadece uygulama olarak değil de çok bantlı uydu görüntülerinin analizindeki matematiksel ve istatistiksel altyapıda tanıtılmıştır.

İzmir iline ait Landstat 7 görüntüleri kullanılarak, birbirine benzer yapı gösteren ve tam tersi olarak da göstermeyen 8 farklı bölge seçilerek bu bölgelerin karşılaştırılması yapılmıştır.. Bu bölgeler, Alsancak, Balçova, Bakırçay, Menderes, Karşıyaka, Tahtalı , Güzelhisar ve Urla olarak belirlenmiştir.

Lanstat 7 uydusunun görüntüleri incelendiğinde uydudaki 8 bandın varlığı açıkça görülmektedir. Bu bantlardan olan 6 tanesi kullanılmıştır. Bunun sebebi farklı çözünürlüğe sahip olan bir band ile çok ayrıntılı bir yer altı kaynağı bilgisi içeren bir bant analiz dışı bırakılmış olmasıdır.

Çok bantlı uydu görüntülerinin anabileşenler analizi uygulamasında İdrisi Selva 17 ve Matlab 2022 programları kullanılmıştır. Anabileşenler analizi sonuçlarına göre ilk anabileşen bantlarında genellikle % 70'in üzerinde bir açıklama yüzdesi elde edilmiştir. Bu oran ilk üç bant ele alındığında % 95'in üzerine çıkmakta ve hatta bazı bölgelerde % 99 gibi değerlere yaklaşmaktadır.

Uydu görüntülerinde ham ve anabileşen olarak iki görüntü karşılaştırıldığında görsel olarak belirgin bir şekilde anabileşenlere ait görüntülerde ham görüntülere oranla çok daha fazla bilgi barındırdığı açıkça görülmektedir. Özellikle bölgelerin coğrafi yapılarının belirlenmesinde bu iki görüntünün karşılaştırılarak anlamlı sonuçlar elde edilmesi sağlanabilmektedir.

Bir boyut indirgeme yöntemi olarak çok değişkenli istatistiksel analiz yöntemlerinden biri olan anabileşenler analizinin çok bantlı uydu görüntülerinde bir boyut indirgeme yöntemi olarak hem önışleme hemde görüntü iyileştirmeye yardımcı olabileceği sonucu bu çalışmanın önemli bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır.

Bu çalışmanın uygulama bölümünde ikinci ve son olarak birbirine benzer özelliklere sahip görüntülerin sınıflandırılması amaçlanmıştır. Bu sınıflama işlemi için çok bantlı uydu görüntülerinin ham görüntülerinin ilk üç bantları kullanılmıştır. Bu görüntülerden her biri üç bantlı olduğundan faktör analizine uygun hale getirmek amacıyla veri dönünüştürme işlemi Matlab 2022 paket programı yardımıyla yapılmıştır. Böylelikle bölgelere ait görüntülerin herbiri bir değişken olarak Faktör Analizi kullanılabilir bir duruma gelmiştir. Yine çok değişkenli bir boyut indirgeme yöntemi olan Faktör Analizinin uygulanması sonucunda çalışmada kullanılan 8 görüntüden benzer özelliklere sahip olan bazılarının aynı faktörde yer aldığı görülmüştür.

Sonuç olarak çok değişkenli istatistiksel analizlerde kullanılan boyut indirgeme yöntemlerinden olan Anabileşenler Analizi ve Faktör Analizinin, uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemlerinde büyük kullanım alanına sahip çok bantlı uydu görüntülerini analiz etmek, bilgi çıkarmak ve başka analizler için yardımcı olmak amacıyla kullanılabileceği bu çalışmada ortaya konulmuştur.

Ayrıca bu çalışmanın çok bantlı uydu görüntülerinde istatistiksel boyut indirgeme yöntemleri dışında diğer çok değişkenli istatistiksel analizlerden olan ***Çok Boyutlu Ölçekleme, Kümeleme Analizi ve Diskriminant Analizi*** gibi yöntemlerinin kullanılması konusunda yardımcı olacağı ve ışık tutacağı düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

Altuntaş, C. ve Çorumluoğlu, Ö., (2002). Uzaktan *algılama görüntülerinde digital görüntü işleme ve RSImage yazılımı*, Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Öğretiminde 30. Yıl Sempozyumu, Konya, Bildiriler Kitabı, 434-442

Asokan, A., Anitha, J., Ciobanu, M., Gabor, A., Naaji, A., & Hemanth, D. J. (2020). *Image processing techniques for analysis of satellite images for historical maps classification—An overview*. Applied Sciences, 10(12), 4207.

Ayhan, E., Karşlı, F. ve Tunç E., (2003). *Uzaktan algılanmış görüntülerde sınıflandırma ve analiz*, Harita Dergisi, 130: 32–46.

Bayram, B., (1998), *İstanbul Örneğinde Uydu Görüntülerinin Coğrafi Bilgi Sistemi ile Bütünleştirilmesi*, Yayımlanmamış Doktora Tezi, İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Bayram, B. (2009). *Ders Notları*. <http://www.yildiz.edu.tr/~bayram/sgi/saygi.htm>, (1 2.10.2019).

Berkeley, <http://www.berkeley.edu> , 12 Kasım 2008.

Bernd, J. (1997). *Practical Handbook on Image Processing for Scientific Applications*, CRC Press.

Bharati, M. H. (1997). *Multivariate Image Analysis for Real-Time Process Monitoring*. M.Eng. Thesis, Hamilton: McMaster University Chemical Engineering.

Chim Y.C. Kassim A.A. ve İbrahim Y.(1999). *Character recognition using statistical moments*, *Image and Vision Computing*. 17(1): 299.

Curran, P.A., (1985). *Principles of Remote Sensing*, United Kingdom: Longman Group Limited.

Çetin, Ö. (2008). *Hareketli Görüntü Üzerinde Veri Gizleme ve Şifreleme Yönelimli Yeni Bir Algoritma Tasarımı*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Sakarya: Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Çölkesen İ., (2009), *Uzaktan Algılamada İleri Sınıflandırma Tekniklerinin Karşılaştırılması Ve Analizi* Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Gebze: Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik Ve Fen Bilimleri Enstitüsü.

Dian, R., Li, S., Sun, B., & Guo, A. (2021). *Recent advances and new guidelines on hyperspectral and multispectral image fusion*. *Information Fusion*, 69, 40-51.

Erdas Field Guide, (2002). Erdas Imagine 8.6 User Guide.

Erdas, 2008. Erdas Imagine 9.2 Field Guide. Kullanım Klavuzu.

Esbensen, K. H. P. Geladi, (1989). Strategy of Multivariate Image Analysis (MIA). *Chem. And Int. Lab.* 7: 67-86,

Esbensen, K., & Geladi, P. (1989). Strategy of Multivariate Image Analysis (MIA). *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*. 7(1-2): 67-86.

Geladi, P. B. R. Kowalski, (1986). Partial Least-Squares Regression: A Tutorial. *Analytica Chimica Acta*. 185(1986): 1-17.

Geladi, P. ve Grahn, H. F. (2006). Multivariate image analysis. *Encyclopedia of Analytical Chemistry: Applications, Theory and Instrumentation*.

Geladi, P., Isaksson, H., Lindqvist, L., Wold, S., & Esbensen, K. (1989). Principal Component Analysis of Multivariate Images. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*. 5(3): 209-220.

Gibson, P.J. (2000). *Introductory Remote Sensing: Principles and Concepts*. London: Routledge Publishers.

Golub, G. H. C. F. Van Loan. (1983). *Matrix Computations*. Baltimore: The John Hopkins University Press.

Gonzales R.C., Woods R.E., (1993). *Digital Image Processing*, Addison Wesley Publishing Company.

Gonzalez C. R.; Woods E. R.; Eddins L. S., (2004) *Digital Image Processing Using Matlab*. New Jersey: Prentice Hall.

Görüntü İşleme, (2006). http://www.goruntuisleme.org/index.php?option=com_content&task=view&id=19&Itemid=2 (25.08.2006)

Grahn, H. Szeverenyi, N. M. Roggenbuck, M. W. Delaglio, F. ve Geladi, P. (1989) Data Analysis of Multivariate Magnetic Resonance Images I. A Principal Component Analysis Approach. *Chem. And Int. Lab*. 5: 311-322.

Guyton A.C. (1986). *Tibbi Fizyoloji*. Amerika: Merk Publishing.

Harikiran, J., & Reddy, T. S. (2022). *An outlook: machine learning in hyperspectral image classification and dimensionality reduction techniques*. *Journal of Spectral Imaging*, 11.

Islam, M. K., Ali, M. S., Miah, M. S., Rahman, M. M., Alam, M. S., & Hossain, M. A. (2021). *Brain tumor detection in MR image using superpixels, principal component analysis and template based K-means clustering algorithm*. *Machine Learning with Applications*, 5, 100044.

Jackson, E. (1991). *A User's Guide to Principal Components*. New York: John Wiley & Sons.

Jähne B. Haußecker H.(2000) *Computer Vision and Applications*, San Diego, USA: Academic Press.

Jehnsen, J.R., (1996). *Introductory Digital Image Processing, A Remote Sensing Perspective*. New Jersey: Prentice Hall.

Kansu O. (2006), *Uzaktan Algılamada Görüntü Sınıflandırma Analizi Yöntemleri*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Karsan. S.(2008), *Sayısal Görüntü ve Sayısal Görüntünün Tasarıma Etkisi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Mimar Sinan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Kavzoglu, T. and Reis, S., (2008). *Performance Analysis of Maximum Likelihood and Artificial Neural Network Classifiers for Training sets with mixed pixels*. *GIScience & Remote Sensing*, 45: 330-342.

Kert M. ve Özdemir E. (2005): *Üç boyutlu Sistemde Tek Kamera ile Dairesel kesitli Nesnelerin Konumlarının Belirlenmesi*. 1. Uluslararası Mesleki ve Teknik Eğitim Teknolojileri Kongresi.

Lillesand, T.M., Kiefer, R.W. and Chipman, J.W., (2007). *Remote Sensing and Image Interpretation*. 6th Edition, New York: John Wiley & Sons.

Matbaa Resmi Sitesi. *Renkler*. http://www.matbaa.org/renkler_hakkinda.asp, 15.04.2009.

Mather, P.M., (1987). *Computer processing of remote-sensed images*. John Wiley and Sons Ltd.

Mayo Clinic Ansiklopedi, (1995). *Sağlık Ansiklopedi*. Ankara: Milliyet Yayınevi.

Nandi, D., Ashour, A. S., Samanta, S., Chakraborty, S., Salem, M. A., & Dey, N. (2015). *Principal component analysis in medical image processing: a study*. *International Journal of Image Mining*, 1(1), 65-86.

Ng, S. C. (2017). *Principal component analysis to reduce dimension on digital image*. *Procedia computer science*, 111, 113-119.

Nikolov, S. G. ve H. Hunter, M. Grasserbauer, (1996) .De-noising of SIMS Images via Wavelet Shrinkage. *Chem. And Int. Lab. Sys.* 34: 263-273.

Nrcan, (2020). *Ccrs Learn Tutorials Fundam*. http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/learn/tutorials/fundam/fundam_e.html, (12.06.2020).

Oruç, M., (2003), *Zonguldak Bölgesindeki Doğal Olmayan Çevresel Değişimlerin Uydu Görüntü Verileri ile Analizi*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak: Zonguldak Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Örmeci, C., (1987). *Uzaktan Algılama-Temel Esaslar ve Algılama Sistemleri*, İstanbul: Teknik Üniversite Matbaası.

Özekes S. (2006). *Tıbbi Görüntülemeye Bilgisayar Destekli Tespit*.Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul: Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Özkan,C.,(1998). *Uzaktan algılama verileriyle orman yangını analizi*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.

P. Geladi, K. Esbensen, (1991) *Multivariate Image Analysis in Chemistry: An Overview. Applied Multivariate Analysis in SAR and Environmental Studies*, J. Devillers, W. Karcher, pp. 415-445, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht,.

Pham T. V., Smeulders A.W.M.(2005), *Object recognition with uncertain geometry and uncertain part detection*, Computer Vision and Image Understanding. 99(1): 241.

Q. Du and J. E. Fowler, "Hyperspectral Image Compression Using JPEG2000 and Principal Component Analysis," in IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, vol. 4, no. 2, pp. 201-205, April 2007, doi: 10.1109/LGRS.2006.888109.

Qureshi, R., Uzair, M., Khurshid, K., & Yan, H. (2019). *Hyperspectral document image processing: Applications, challenges and future prospects. Pattern Recognition, 90, 12-22.*

Richard, J. and Jia, X.,(1999). *Remote Sensing Digital Image Analysis*, Germany: Springer- Verlag Berlin Heidelberg.

Rodarmel, C., & Shan, J. (2002). *Principal component analysis for hyperspectral image classification. Surveying and Land Information Science, 62(2), 115-122.*

Rodriguez J.A.M. Asundi A. Rodriguez-Vera R.,(2005). *Recognition of a light line pattern by Hu moments for 3-D reconstruction of a rotated object*, Optics & Laser Technology. 37(1):131 .

Sabins, F.F., (1987). Remote sensing: Principles and interpretation. New York: Freeman.

Schanda E., (1976), *Remote sensing for Environmental Sciences*, Springer- Verlag.

Schowengerdt, R.A., (1997). *Models and Methods For Image Processing*, USA: Academic Press.

Sesören, A., (1999). *Uzaktan Algılamada Temel Kavramlar*. İstanbul: Mart Matbaacılık Sanatları. <http://www.nik.com.tr/new/yazilimler/uydular/landsat.htm>, 12.06.2020.

Sethy, P. K., Pandey, C., Sahu, Y. K., & Behera, S. K. (2021). Hyperspectral imagery applications for precision agriculture-a systemic survey. *Multimedia Tools and Applications*, 1-34.

Sinha, U., & Kangarloo, H. (2002). Principal component analysis for content-based image retrieval. *Radiographics*, 22(5), 1271-1289.

Smith W.S.,(1999) Digital Signal Processing. California, USA.

Tatar, Y. ve Tatar, O., (2006). *Jeolojide Uzaktan Algılama*, Sivas: Cumhuriyet Üniversitesi Yayınları.

Temel Britanicca, (1995). *Temel Britannica Hürriyet*. Ankara: Hürriyet Yayınevi.

Uddin, M. P., Mamun, M. A., & Hossain, M. A. (2021). PCA-based feature reduction for hyperspectral remote sensing image classification. *IETE Technical Review*, 38(4), 377-396.

Verbyla, D. L. (1995). *Satellite Remote Sensing of Natural Resources*. New York: Lewis Publishers.

Wang, C., Liu, B., Liu, L., Zhu, Y., Hou, J., Liu, P., & Li, X. (2021). *A review of deep learning used in the hyperspectral image analysis for agriculture*. *Artificial Intelligence Review*, 54(7), 5205-5253.

Wikipedia, *Bilgisayar Görüşü*. http://en.wikipedia.org/wiki/Computer_vision. 15.01.2022.

Wold, S. (1978). Cross-Validatory Estimation of the Number of Components in Factor and Principal Components Models. *Technometrics*. 4(1): 397-405,

Xuejie, M., Rong, L., Chenxi, L., Wenliang, C., & Kexin, X. *Hyperspectral Imaging of in vivo Tissues: A Review*. *Laser & Optoelectronics Progress*, 57(8), 080002.

Yadav, S. P., & Yadav, S. (2020). *Image fusion using hybrid methods in multimodality medical images*. *Medical & biological engineering & computing*, 58(4), 669-687.

Zhenzhong W. Guangjun Z. Xin L.,(2001). *The Application of Machine Vision in Inspecting Position-Control Accuracy of Motor Control Systems, Electrical Machines and Systems*. Fifth International Conference. Shenyang, China, 2: 787.



EKLER

EK 1: Menderes Bölgesinin Anabileşenler Analizine İlişkin Matlab Kodları

```
>> image=imread('menderes.tif')
    46×121×6 uint8 array
image(:,:,1) =
.....
>> wavelength = [1 2 3 4 5 6];
>> hcube=hypercube(image,wavelength)
hcube =
    hypercube with properties:
        DataCube: [46×121×6 uint8]
        Wavelength: [6×1 double]
        Metadata: [1×1 struct]
>> reducedDataCube = hyperpca(hcube,3);
```

EK 2: Çok Bantlı Uydu Görüntülerine Faktör Analizi Uygulamak Amacıyla Veri İşlemek için Oluşturulan Matlab Kodları

```
A=ALS
A1=A(:, :, 1)
A2=A(:, :, 2)
A3=A(:, :, 3)
A1_C=A1(:)
A2_C=A2(:)
A3_C=A3(:)
ALSANCAK=[A1_C;A2_C;A3_C]
B=BAL
B1=B(:, :, 1)
B2=B(:, :, 2)
B3=B(:, :, 3)
B1_C=B1(:)
B2_C=B2(:)
B3_C=B3(:)
BALCOVA=[B1_C;B2_C;B3_C]
C=BAK
C1=C(:, :, 1)
C2=C(:, :, 2)
C3=C(:, :, 3)
C1_C=C1(:)
C2_C=C2(:)
C3_C=C3(:)
BAKIRCAY=[C1_C;C2_C;C3_C]
D=GUZ
D1=D(:, :, 1)
D2=D(:, :, 2)
D3=D(:, :, 3)
D1_C=D1(:)
```

```
D2_C=D2(:)
D3_C=D3(:)
GUZELHISAR=[D1_C;D2_C;D3_C]
E=KAR
E1=E(:,1)
E2=E(:,2)
E3=E(:,3)
E1_C=E1(:)
E2_C=E2(:)
E3_C=E3(:)
KARSIYAKA=[E1_C;E2_C;E3_C]
F=MEN
F1=F(:,1)
F2=F(:,2)
F3=F(:,3)
F1_C=F1(:)
F2_C=F2(:)
F3_C=F3(:)
MENEMEN=[F1_C;F2_C;F3_C]
G=TAH
G1=G(:,1)
G2=G(:,2)
G3=G(:,3)
G1_C=G1(:)
G2_C=G2(:)
G3_C=G3(:)
TAHTALI=[G1_C;G2_C;G3_C]
H=URL
H1=H(:,1)
H2=H(:,2)
H3=H(:,3)
H1_C=H1(:)
```

```
H2_C=H2(:)
```

```
H3_C=H3(:)
```

```
URLA=[H1_C;H2_C;H3_C]
```

```
X=[GUZELHISAR,TAHTALI,KARSIYAKA,ALSANCAK,BALCOVA,BAKIRCA  
Y,URLA,MENEMEN];
```

```
xlswrite('veri.xlsx',X)
```

