



**T.C.**  
**AKSARAY ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**SIKIŞTIRMA TEKNİKLERİNİN SINIFLANDIRMA**  
**DOĞRULUĞUNA ETKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Gökhan ARASAN**

**DANIŞMAN**

**Prof. Dr. H. Murat YILMAZ**

**AKSARAY, 2016**





**T.C.  
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**SIKIŞTIRMA TEKNİKLERİNİN SINIFLANDIRMA  
DOĞRULUĞUNA ETKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Gökhan ARASAN**

**DANIŞMAN**

**Prof. Dr. H. Murat YILMAZ**

**AKSARAY, 2016**

**EK.B** Onay Sayfası (Tezli yüksek lisans ve doktora tezleri için)

**AKSARAY ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**ONAY BELGESİ**

Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 112306412 numaralı Yüksek Lisans/Doktora öğrencisi, "Gökhan ARASAN", ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "Sıkıştırma Tekniklerinin Sınıflandırma Doğruluğuna Etkisi" başlıklı tezini, aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

**Tez Danışmanı :** **Prof. Dr. H. Murat YILMAZ**  
Aksaray Üniversitesi

**Jüri Üyeleri :** **Prof. Dr. Semih EKERCİN**  
Aksaray Üniversitesi

**Jüri Üyeleri :** **Doç. Dr. Ömer MUTLUOĞLU**  
Selçuk Üniversitesi



**Teslim Tarihi: 10 Mayıs 2016**

**Savunma Tarihi: 27 Mayıs 2016**

## ÖNSÖZ

Bilgisayar teknolojisinin günlük yaşantımızın hemen her alanında kullanılıyor olması sonucunda verilerin işlenmesi, bir ortamdan başka bir ortama iletilmesi ve depolanması en önemli sorunlardan biri haline gelmiştir. Verilerin işleme, iletim ve depolanma sorunu veri sıkıştırma yöntemleri kullanılarak çözülmeye çalışılmaktadır. Sürekli olarak kullandığımız ve çoğu zaman farkında olmadığımız veriler, aslında sıkıştırılmış veri gruplarıdır. Görüntü, ses ve video verileri sıkıştırmanın yoğunlukla kullanıldığı veri kaynaklarıdır. Uydu görüntüsü ve hava fotoğrafı uzaktan algılamanın temel altlıklarındandır. Analog ve analitik sistemler, bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler ile birlikte yerini dijital sistemlere bırakmıştır. Görüntülerin işlenmesi, iletilmesi ve depolanması aşamalarında, görüntü sıkıştırma yoğun bir şekilde uzaktan algılama uygulamalarında kullanılmaya başlanmıştır.

## **DOĞRULUK BEYANI**

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı dűşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gűsterilenlerden olduğunu ve bu eserleri her kullanımında alıntı yaparak yararlandığımı belirtir; bunu şerefimle doğrularım.

Enstitű tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tűm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

**Gűkhan ARASAN**

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmada danıőmanlıęını üstlenerek bilgi ve yardımlarını esirgemeyen, hep bir adım daha öteyi görmemi sağlayan Sayın Prof. Dr. H. Murat YILMAZ ve Prof.Dr.Semih EKERCİN'e őükranlarımı sunarım. Çalıőmalarım sırasında bana yol gösteren, benden yardımını ve zamanını esirgemeyerek destek olan Sayın Dr. Mustafa ERDOğAN'a, teőekkürü bir borç bilirim.

Son olarak, her türlü desteği hiç bir zaman eksik etmeyen sevgili eőim Esme ARASAN'a ve aileme teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER DİZİNİ

### Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
DOĞRULUK BEYANI.....	vi
TEŞEKKÜR .....	vii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ .....	viii
ÖZET.....	x
ABSTRACT .....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xiv
SİMGELER DİZİNİ .....	xv
KISALTMALAR DİZİNİ .....	xvi
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<b>2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI .....</b>	<b>3</b>
2.1 Sıkıştırma Tekniklerinin Mukayesesi Konusunda Yapılan Uygulamalar.....	3
2.2 Sıkıştırılmış Görüntüler ile Yapılan Fotogrametrik Uygulamalar .....	4
<b>3. SIKIŞTIRMA TEKNİKLERİ .....</b>	<b>7</b>
3.1 Kayıpsız Sıkıştırma .....	8
3.2 Kayıplı Sıkıştırma .....	9
3.3 Sıkıştırma Algoritmaları.....	10
3.3.1 Kayıpsız sıkıştırma algoritmaları .....	10
3.3.2 Kayıplı sıkıştırma algoritmaları .....	11
3.3.2.1 Ayırık kosinüs dönüşümü (Discrete cosine transform, DCT) .....	11
3.3.2.2 Parçalı sıkıştırma (Fractal compression) .....	11
3.3.2.3 Dalgacık kodlama (Wavelet encoding) .....	12
3.3.2.4 Vektör niceleme (Vector quantization) .....	13
3.3.2.5 Doğrusal tahmin kodlaması (Linear predictive coding, LPC) .....	14
3.3.3 Niceleme (Quantization) .....	15
3.4 Sıkıştırmadaki Performans Kriterleri .....	16
<b>4. GÖRÜNTÜ FORMATLARI .....</b>	<b>18</b>
4.1 TIFF (Tagged Image File Format) .....	19
4.2 MrSID (Multiresolution Seamless Image Database) .....	20
4.3 ECW (Enhanced Compression Wavelet) .....	20
4.4 JPEG (Joint Photographic Experts Group) .....	21
4.5 JPEG 2000 (Joint Photographic Experts Group).....	22
<b>5. GÖRÜNTÜ SINIFLANDIRMA .....</b>	<b>24</b>
5.1 Görüntü Sınıflandırma Nedir? .....	24
5.2 Piksel Tabanlı Sınıflandırma .....	26
5.2.1 Eğitilmiş (Kontrollü) sınıflandırma .....	26
5.2.1.1 En büyük olasılık (Maximum likelihood) .....	28
5.2.1.2 Ortalamaya en kısa mesafe (Minimum distance to mean) .....	29
5.2.1.3 Paralel hatlar (Parallelepiped) .....	31
5.2.2 Eğitimsiz (KontROLSÜZ) sınıflandırma.....	32

5.3 Nesne Tabanlı Sınıflandırma .....	33
5.3.1 Segmentasyon aşaması.....	33
5.3.2 Sınıflandırma aşaması .....	34
5.4 Bulanık Mantık Sınıflandırma (Fuzzy Classification) .....	35
<b>6. UYGULAMA.....</b>	<b>37</b>
6.1 Çalışma Bölgesi .....	37
6.2 Uygulamada Kullanılan Veriler .....	38
6.3 Uygulamada Kullanılan Yazılımlar .....	40
6.4 Görüntü Sıkıştırma .....	40
6.5 Görüntü Sınıflandırma .....	43
6.5.1 Sıkıştırılmamış görüntü sınıflandırma .....	46
6.5.2 MrSID görüntü sınıflandırma.....	47
6.5.3 ECW görüntü sınıflandırma .....	49
6.5.4 JPEG2000 görüntü sınıflandırma.....	51
6.6 Doğruluk Araştırması .....	53
<b>7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>61</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>63</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>69</b>

## ÖZET

### SIKIŞTIRMA TEKNİKLERİNİN SINIFLANDIRMA DOĞRULUĞUNA ETKİSİ

Uydu görüntüleri ve hava fotoğrafları uzaktan algılamanın temel altlıklarındandır. Bunlar konuma dayalı birçok projelendirme çalışmalarının da temel kaynaklarıdır. Günümüzde analog ve analitik sistemler, bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler ile birlikte yerini dijital sistemlere bırakması sonucunda görüntülerin işlenmesi, iletimi ve depolanması en önemli sorun olmuştur. Bu çalışmada Landsat 8 (10 bant, 30 m çözünürlüklü) uydu görüntüsü; MrSID, ECW ve JPEG2000 görüntü formatlarıyla kayıpsız, 10:1, 20:1, 30:1, 40:1, 50:1/60:1 oranında kayıplı sıkıştırılarak yeni görüntüler elde edilmiştir. Orijinal ve sıkıştırılmış görüntülerde piksel tabanlı (en büyük olasılık yöntemi) sınıflandırma gerçekleştirilmiştir. Sınıflandırma doğruluğunun tespiti, sınıflandırma ile bulunan sonuç sınıf verilerin gerçel yeryüzü sınıf değerlerini gösteren referans verilerle karşılaştırılarak yapılır. Referans veri olarak Vexcel UltracamX dijital hava kamerası ile çekilen (4 bantlı, 30 cm çözünürlüklü) hava fotoğraflarından üretilen ortofoto görüntü kullanılmıştır. 120 referans noktasında; referans görüntü sınıfı ile kayıpsız ve farklı oranlarda sıkıştırılmış kayıplı görüntülerdeki sınıflar hata matrisi yöntemi ile karşılaştırılarak sınıflandırma doğruluğu tespit edilmiştir. Yapılan uygulamalar sonucunda; özellikle kayıpsız ve düşük oranlarda sıkıştırılmış görüntülerin sınıflandırma için kullanılabilmesi görülmüştür.

**Anahtar kelimeler:** Görüntü Sınıflandırma, MrSID, ECW, JPEG2000 Görüntü Formatı, Görüntü Sıkıştırma, Kayıpsız ve Kayıplı Sıkıştırma Teknikleri, Görüntü Sıkıştırmada Doğruluk

## **ABSTRACT**

### **THE EFFECT OF COMPRESSION TECHNIQUES ON CLASSIFICATION ACCURACY**

Satellite image and air photograph are basics of remote perception. Also, these are main sources of location based projects. Nowadays, digital systems substitute for analog and analytic systems with developing of computer technology. However, image processing, transfer and storage started to be major issue. At the end of this study, Landsat 8 (10 band, 30m resolution) satellite images were used to get new images. New images being compressed lossless were obtained in MrSID, ECW and JPEG2000 formats. Also, other new images were obtained as being compressed with ratios of 10:1, 20:1, 30:1, 40:1, 50:1/60:1 as being lossy. The original and compressed images were classified base on pixel (the greatest classification method). In order to detect the accuracy of classification; data obtained by classification must be compared with the reference data that represents real surface images. Ortophoto images that were obtained by air photographs which were taken by Vexcel UltracamX digital air camera (4 band, 30 cm resolution) were used as reference data. At 120 reference points, lossless compressed reference images were compared with reference lossy compressed images in different ratios to detect classification accuracy. At the end of these studies, especially images which were compressed lossless and in low ratios can be used for classification.

**Key words:** Image Classification, MrSID, ECW, JPEG2000 Image Format, Image Compression, Lossless and Lossy Compression Techniques, Accuracy on Image Compression

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 2.1: JPEG ve dalgacık sıkıştırmanın karşılaştırılması .....	6
Şekil 3.1: Sıkıştırma ve yeniden oluşturma teknikleri.....	7
Şekil 3.2: Sıkıştırma tekniğinin temel işlem adımları .....	8
Şekil 3.3: Vektör nicelemenin temel prensibi.....	13
Şekil 3.4: Büyük bir nokta kümesinin vektör niceleme ile gruplara ayrılması ve merkezinin belirlenmesi.....	14
Şekil 4.1: JPEG 2000 kodlayıcısı (a) ve çözücüsünün (b) genel ifadesi .....	22
Şekil 5.1: Uzaktan algılamanın bileşenleri .....	24
Şekil 5.2: Elektromanyetik spektrum .....	25
Şekil 5.3: Eğitilmiş sınıflandırma aşamaları .....	27
Şekil 5.4: Eğitilmiş sınıflandırma.....	27
Şekil 5.5: En büyük olasılık sınıflandırması.....	29
Şekil 5.6: Ortalamaya en kısa mesafe sınıflandırması.....	30
Şekil 5.7: Paralel hatlar sınıflandırması.....	31
Şekil 5.8: Eğitimsiz sınıflandırma .....	32
Şekil 6.1: Çalışma bölgesi Landsat 8 uydu görüntüsü.....	38
Şekil 6.2: Uygulamada kullanılan veriler a.Landsat 8 Uydu Görüntüsü b.Ortofoto Görüntü.....	39
Şekil 6.3: ECW görüntü formatı a. kayıpsız b. 40:1 sıkıştırılmış görüntü .....	41
Şekil 6.4: JPEG2000 görüntü formatı a.kayıpsız b. 40:1 sıkıştırılmış görüntü .....	42
Şekil 6.5: MrSID görüntü formatı a. kayıpsız b. 40:1 sıkıştırılmış görüntü.....	42
Şekil 6.6: Vektör yapıdaki eğitim alanları bölgesi. ....	44
Şekil 6.7: Orman sınıfına ait eğitim alanları.....	45
Şekil 6.8: 5 detay sınıfına ait semboloji .....	46
Şekil 6.9: Landsat 8 uydu görüntüsünün piksel tabanlı sınıflandırma.....	47
Şekil 6.10: MrSID kayıpsız görüntü için a.kendinden üretilen sınıf imzaları b.TIFF görüntüden üretilen sınıf imzaları ile piksel tabanlı sınıflandırma.....	48
Şekil 6.11: MrSID 30:1 sıkıştırılmış görüntü için a.kendinden üretilen sınıf imzaları b. TIFF görüntüden üretilen sınıf imzaları ile piksel tabanlı sınıflandırma.....	48
Şekil 6.12: MrSID 60:1 sıkıştırılmış görüntü için a.kendinden üretilen sınıf imzaları b. TIFF görüntüden üretilen sınıf imzaları ile piksel tabanlı sınıflandırma.....	49
Şekil 6.13: ECW kayıpsız görüntü a.kendinden üretilen sınıf imzaları b.TIFF görüntüden üretilen sınıf imzaları ile piksel tabanlı sınıflandırma... ..	50
Şekil 6.14: ECW 30:1 sıkıştırılmış görüntü için a.kendinden üretilen sınıf imzaları b. TIFF görüntüden üretilen sınıf imzaları ile piksel tabanlı sınıflandırma.....	50

<b>Şekil 6.15:</b> ECW 60:1 sıkıştırılmış görüntü için a.kendinden üretilen sınıf imzaları b.TIFF görüntüden üretilen sınıf imzaları ile piksel tabanlı sınıflandırma.....	51
<b>Şekil 6.16:</b> JPEG2000 kayıpsız görüntü için a.kendinden üretilen sınıf imzaları b.TIFF görüntüden üretilen sınıf imzaları ile piksel tabanlı sınıflandırma.....	52
<b>Şekil 6.17:</b> JPEG2000 30:1 sıkıştırılmış görüntü için a.kendinden üretilen sınıf imzaları b. TIFF görüntüden üretilen sınıf imzaları ile piksel tabanlı sınıflandırma.....	52
<b>Şekil 6.18:</b> JPEG2000 50:1 sıkıştırılmış görüntü için a.kendinden üretilen sınıf imzaları b. TIFF görüntüden üretilen sınıf imzaları ile piksel tabanlı sınıflandırma.....	53
<b>Şekil 6.19:</b> Doğruluk araştırması için kullanılan 120 nokta .....	54
<b>Şekil 6.20:</b> Landsat 8 uydu görüntüsü için sınıflandırma doğruluğu testi.....	55



## ÇİZELGELER DİZİNİ

### Sayfa

<b>Çizelge 2.1:</b> JPEG ve HPC algoritmalarının geometrik distorsiyon değerleri .....	3
<b>Çizelge 2.2:</b> Üç farklı kodlama yönteminin karşılaştırılması .....	4
<b>Çizelge 2.3:</b> JPEG sıkıştırma sonuçları .....	5
<b>Çizelge 4.1:</b> Görüntü formatları özet tablosu .....	18
<b>Çizelge 6.1:</b> Landsat 8 uydu görüntüsü bant çözünürlüğü .....	39
<b>Çizelge 6.2:</b> Dijital hava kamerasının genel özellikleri.....	40
<b>Çizelge 6.3:</b> Görüntü formatlarına göre hedeflenen ve gerçek sıkıştırma oranlar ile boyutları kilobayt (KB).....	41
<b>Çizelge 6.4:</b> TIFF ve MrSID formatındaki görüntülerde sınıflandırma doğruluğu.....	56
<b>Çizelge 6.5:</b> TIFF görüntüden toplanan sınıf imzaları ile MrSID formatındaki görüntülerde sınıflandırma doğruluğu .....	56
<b>Çizelge 6.6:</b> TIFF ve ECW formatındaki görüntülerde sınıflandırma doğruluğu .	57
<b>Çizelge 6.7:</b> TIFF görüntüden toplanan sınıf imzaları ile ECW formatındaki görüntülerde sınıflandırma doğruluğu .....	58
<b>Çizelge 6.8:</b> TIFF ve JPEG2000 formatındaki görüntülerde sınıflandırma doğruluğu .....	58
<b>Çizelge 6.9:</b> TIFF görüntüden toplanan sınıf imzaları JPEG2000 formatındaki görüntülerde sınıflandırma doğruluğu .....	59
<b>Çizelge 6.10:</b> TIFF, MrSID, ECW ve JPEG2000 görüntü formatında a. sıkıştırılmış görüntülerden toplanan sınıf imzaları kullanılarak b. TIFF görüntüden toplanan sınıf imzaları kullanılarak yapılan sınıflandırma doğruluğu .....	60

## SİMGELER DİZİNİ

<b>N</b>	Bant sayısı
$\mu_i$	Ortalama değer
$V_i$	Kovaryans matrisi
<b>i</b>	Belirli bir band
<b>c</b>	Belirli bir sınıf
$X_{xyi}$	i'inci banttaki pikselin x, y değerleri
$\mu_{ci}$	i bandındaki c sınıfına ait örneklerin değerinin ortalaması
$SD_{xyc}$	Sınıflandırılacak olan piksel x,y'nin c sınıfına ait ortalama vektöre olan spektral uzaklığı

## KISALTMALAR DİZİNİ

<b>AAC</b>	Advanced Audio Coding; Geliştirilmiş Ses Kodlama
<b>CALIC</b>	Context-based Adaptive Lossless Image Coding; Kaynak Tabanlı Uyarlanabilir Kayıpsız Görüntü Kodlama
<b>CBS</b>	Coğrafi Bilgi Sistemleri
<b>CMYK</b>	Cyan, Magenta, Yellow, Key (black); Cam göbeği, Galibarda, Sarı, Siyah Baskıda Dört temel İşlem Rengi
<b>DCT</b>	Discrete Cosine Transform; Ayrık Kosinüs Dönüşümü
<b>DEM</b>	Digital Elevation Model; Sayısal Yükseklik Modeli
<b>DSC</b>	Distributed Source Coding; Dağıtılmış Kaynak Kodlaması
<b>DWT</b>	Discrete Wavelet Transform; Ayrık Dalgacık Dönüşümü
<b>DV</b>	Digital Video; Ggörsel ve Sesli Verilerin Bir Kayıt Türü
<b>ECW</b>	Enhanced Compression Wavelet; Geliştirilmiş Dalgacık Sıkıştırma
<b>GIF</b>	Graphics Interchange Format; Grafik Değişim Formatı
<b>GZIP</b>	UNIX Compressed File Archive; UNIX Sıkıştırılmış Dosya Arşivi
<b>HPC</b>	Hierarchical Predictive Coding, Hiyerarşik Tahmin Kodlaması
<b>JPEG</b>	Joint Photographic Experts Group; Birleşik Fotoğrafik Uzmanlar Grubu
<b>KOH</b>	Karesel Ortalama Hata
<b>LPC</b>	Linear Predictive Coding; Doğrusal Tahmin Kodlaması
<b>LZW</b>	Lempel-Ziv-Welch
<b>LZ77</b>	Lempel-Ziv 1977
<b>MNG</b>	Multiple-image Network Graphics; Çoklu Görüntü Ağ Grafiği
<b>MPEG</b>	Moving Picture Experts Group; Hareketli Resim Uzmanlar Grubu

<b>MP3</b>	Moving Picture Experts Group Layer-3 Audio Format/Extension; Hareketli Resim Uzmanlar Grubu 3'üncü Katman Ses Formatı/Uzantısı
<b>MP4</b>	Moving Picture Experts Group Layer-4 Audio Format/Extension; Vidyo ve Görüntü Formatı/Uzantısı
<b>MrSID</b>	Multiresolution Seamless Image Database; Çoklu Çözünürlüklü Kesintisiz Görüntü Veritabanı
<b>PNG</b>	Portable Network Graphics; Taşınabilir Ağ Grafiği
<b>RAM</b>	Random Access Memory, Veri Deposu
<b>RAR</b>	Roshal Archive; Dosya Sıkıştırma ve Arşivleme Formatı
<b>RGB</b>	Red, Green, Blue; Kırmızı, Yeşil, Mavi Renk Uzayı
<b>SAR</b>	Syntetic Aparture Radar; Sentetik Açıklıklı Radar
<b>SDK</b>	Software Development Kit; Yazılım Geliştirme Modülü
<b>SPIHT</b>	Set Partitioning in Hierarchical Trees; Hiyerarşik Ağaç Yapısına Katılım Kümesi
<b>SRTM</b>	Shuttle Radar Topography Mission; Uzay Mekiği Radar Topoğrafya Görevi
<b>SYM</b>	Sayısal Yükseklik Modeli
<b>TIFF</b>	Tag Image File Format; Etiket Resim Dosya Formatı
<b>WMA</b>	Windows Media Audio; Windows Medya Ses Formatı
<b>WZC</b>	Wyner-Ziv Coding; Wyner-Ziv Kodlama
<b>ZIP</b>	Compressed File Archieve; Sıkıştırılmış Dosya Arşivi

## 1. GİRİŞ

Bilgisayar teknolojisinin günlük yaşantımızın hemen her alanında kullanılıyor olması sonucunda sıkıştırma yöntemleri ve formatlarının kullanılması kaçınılmazdır. Sürekli olarak kullandığımız ve çoğu zaman farkında olmadığımız veriler aslında sıkıştırılmış veri gruplarıdır. Görüntü, ses ve video verileri sıkıştırmanın en fazla kullanıldığı veri yapılarıdır. Sıklıkla kullanılan formatlar arasında zip, rar, jpeg2000, mpeg, mp3, mp4 görülmektedir. Veri sıkıştırma, sabit disk alanı veya veri transferi bant genişliği gibi yüksek maliyetli kaynakların tüketimini minimuma indirdiği için birçok alanda kullanılmaktadır. İnternet ortamında veriyi iletmek için kullandığımız bazı sıkıştırma yazılımlarının binary yapıdaki yazı dosyalarını çok küçük boyutlara indirdiği ancak aynı yazılımların yine binary yapısında olan resim dosyalarını sıkıştırmada etkin bir sonuç elde edemediği görülmüştür. Bir veri grubunda hangi sıkıştırma yönteminin kullanılacağı verinin karakteristik özellikleri ile doğrudan bağlantılıdır. Sıkıştırılacak verinin yapısı kullanılacak teknik ve yazılımın seçilmesinde önemlidir. Benzer şekilde veriyi kullanacak olan insanın algılama özellikleri de veri sıkıştırma yönteminin seçilmesinde önemli faktör olacaktır. Örneğin insan gözünün bir saniyede algıladığı çerçeve sayısının alt sınırı video görüntülerin sıkıştırılmasında, insan kulağının sesi algılayabilmesindeki frekans aralığı da ses verilerinin sıkıştırılmasında belirleyici faktörler olarak kullanılmaktadır.

Konuma dayalı birçok projelendirme çalışmalarında uydu görüntüsü ve hava fotoğrafları temel altlık olarak kullanılmaktadır. Önceleri analog ve analitik olan bu sistemler, bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler yerini dijital sistemlere bırakması sonucunda görüntülerin işlenmesi, iletimi ve depolanması en önemli sorun olmuştur. Sayısal görüntüler üzerinde eşleme tekniklerinin geliştirilmesi ile birlikte büyük hacim gerektiren görüntülerin tamamını kullanılabilme isteği ortaya çıkmıştır. Fotogrametrik otomasyon olan bu işlem aşamasında, blok içerisinde yer alan görüntülerin tamamının kullanılabilmesi raster görüntü sıkıştırma ile gerçekleştirile bilmektedir. Görüntü kalitesi ile doğrudan ilişkili olan görüntü eşleme (image

matching) yöntemleri otomasyon işlemlerini arttırmıştır. Kullanılan sıkıştırma yöntemi ve oranı, elde edilecek olan doğruluk ve hassasiyeti doğrudan etkileyecek olması sebebi ile gerçekleştirilecek fotogrametrik çalışmalara yönelik çözümlerin belirlenmesi açısından önemlidir. Kullanılan sıkıştırma yöntem ve oranlarının, özellikle otomatize işlemlerde ardışık olarak yapılan işlemlerin tamamında nasıl sonuç vereceği konusu ise bu çalışmada ortaya konulacaktır.

İkinci bölümde; kayıplı veya kayıpsız sıkıştırma yöntemleri kullanılarak özellikle görüntü sıkıştırma ile gerçekleştirilen, sıkıştırma yöntem ve algoritmalarının karşılaştırılması, sıkıştırma oranlarının karşılaştırılması, fotogrametrik uygulamalarda sıkıştırılmış görüntülerin kullanılması gibi, daha önceki çalışmalara ait kaynak araştırması gerçekleştirilecek ve elde edilen sonuçlar incelenerek yapılacak çalışmanın yönlendirilmesinde kullanılacaktır.

Üçüncü bölümde; veri sıkıştırmanın anlamı, sıkıştırma yöntemleri, sıkıştırma algoritmaları ve performans kriterleri gibi veri sıkıştırma ile ilgili temel kavramlar hakkında bilgi verilmiştir.

Dördüncü bölümde; fotogrametrik uygulama yazılımlarında kullanılan görüntü formatları anlatılacak, uygulamada kullanılan MrSid , ECW ve JPEG2000 görüntü formatları hakkında bilgi verilmiştir.

Beşinci bölümde; görüntü sınıflandırma yöntemleri, bu yöntemlere ilişkin matematiksel algoritmaları hakkında bilgi verilmiştir.

Altıncı bölümde; çalışma bölgesinin ve kullanılan verilerin tanıtılması, çalışmada kullanılan yazılım ve programlar, farklı format ve tekniklerde görüntünün sıkıştırılması, yeni oluşturulan kayıpsız ve kayıplı görüntülerde 5 farklı detay sınıfı belirlenerek sınıflandırma yapılmış ve sınıflandırma sonucu oluşan görüntülerde doğruluk araştırması yapılarak sıkıştırma formatı ve oranıyla ilgili sonuçlar ortaya konulmuştur .

Yedinci bölümde, doğruluk araştırması sonucunda elde edilen doğruluk oranları analiz edilmiş, sıkıştırma formatları ve oranları ile üretilen yeni görüntülerle yapılacak çalışmalara ışık tutacak sonuçlar belirtilmiştir.

## 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

### 2.1 Sıkıştırma Tekniklerinin Mukayesesi Konusunda Yapılan Uygulamalar

Üç farklı görüntü üzerinde standart JPEG algoritması ve hiyerarşik kestirim kodlaması (Hierarchical Predictive Coding, HPC) kullanılarak sıkıştırma testleri yapılmıştır. Sıkıştırma oranları, geometrik kalite ve hızları ile bilgi kayıpları yönünden elde edilen sonuçlar irdelenmiştir. HPC tekniğinin daha hızlı olduğu daha iyi geometrik, radyometrik görüntü kalitesi değerleri elde ettiği test sonuçlarıyla belirlenmiş, bunun yanında JPEG daha yüksek oranlarda sıkıştırma yapabildiği gözlemlenmiştir. Yüksek sıkıştırma oranlarının görüntüde önemsenecek bozulmalara sebebiyet vermesi nedeniyle hava fotoğraflarının sıkıştırılmasında kullanılmaması önerilmektedir. Elde edilen geometrik distorsiyon sonuç değerleri piksel olarak Çizelge 2.1.'de gösterilmektedir (Novak ve Shahin, 1996).

**Çizelge 2.1:** JPEG ve HPC algoritmalarının geometrik distorsiyon değerleri (Novak ve Shahin, 1996 ).

Sıkıştırma Oranları	JPEG-75	JPEG-40	JPEG-5	HPC-8.5.3.1	HPC-8.3.3.1
maksimum x	0.292	2.654	17.036	0.308	1.303
maksimum y	0.353	0.815	12.972	0.671	2.075
rms (x)	0.038	0.107	0.786	0.036	0.056
rms (y)	0.042	0.102	0.807	0.031	0.070

Kayıpsız görüntü sıkıştırma algoritmalarının karşılaştırılmasına yönelik bir uygulama (Mesut ve Carus, 2005) tarafından gerçekleştirilmiştir. Karşılaştırmada 1, 4, 8 ve 16 bit renk derinliklerine sahip küçük boyutlu 16 adet görüntü kullanılmıştır. Uygulama sonucunda sadece elde edilen sıkıştırma oranları birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada kullanılan fotoğraflar, programlar ve elde edilen sonuçlar fotogrametrik uygulamalara yönelik değildir ancak görüntü formatlarının başka amaçlar için sıkıştırma algoritmalarının uygulanması yönüyle bu bölüm içerisinde bahsedilmiştir. Yaklaşık kayıpsız bir görüntü sıkıştırma algoritması ile 8 farklı görüntü üzerinde test çalışması yapılmış ve elde edilen bulgular SPIHT ve CALIC yöntemleri ile elde

edilenlerden daha iyi kayıpsız performans sağladığı (Avcıbaş vd., 2002) tarafından görülmektedir.

Kayıplı görüntü sıkıştırma algoritmalarından biri olan global ayırık kosinüs dönüşümü yönteminin iyileştirilmesini hedef alan bir yöntem (Günlü ve Bilge, 2006) tarafından önerilmiştir. Görüntülere ait ayırık kosinüs dönüşüm katsayıları incelenmiş ve bu değerler içerisinde birçok sifra yakın değer olduğu görülmüştür. Belirli bir noktadan itibaren bu veri iki gruba bölünmüş ve her gruba Huffman kodlama uygulanmıştır. Burada ayırım noktasının belirlenmesi için bir dizi test yapılmış, bu noktanın belirlenmesi için otomatik bir yöntem belirtilmiştir. İlave işlem karmaşıklığı gerektirmeden zaman anlamında %50 ve sıkıştırmada %8'e varan sonuçların bulunduğu gözlemlenmiştir.

Büyük hacimli uzaktan algılama görüntülerinin transferinde ve depolanmasındaki etkin çözümler yüksek uygunluk ve hızlı sıkıştırmadır. Dalgacık dönüşümlerine ve parçalı kodlamaya bağlı hibrid algoritmaları günümüzde sık kullanılan kayıplı sıkıştırma algoritmalarıdır. Dalgacık dönüşümü ile parçalı kodlamaya dayanan (Jie vd., 2008) tarafından geliştirilen bir yöntem uzaktan algılama görüntülerinde sıkıştırmada önerilmektedir. Yöntemde ilk olarak görüntünün alt bantları arasında benzerliği kurabilmek için dalgacık dönüşümü kullanılmış, daha sonra benzer karakterli ardışık yüksek frekans bantlarına parçalı algoritma uygulanmıştır. Bu aşamada benzer blokların araştırılmasında hızı arttırmaya yönelik bazı geliştirmeler yapılmıştır (Çizelge 2.2.). Uygulama sonucunda daha az bilgi kaybı ile görüntüyü kapsayan daha fazla görüntü kalitesi elde edilmiş ve görüntünün sinyal-gürültü oranını sağlayacak biçimde görüntü kodlama etkinliği de arttırılmıştır.

**Çizelge 2.2:** Üç farklı kodlama yönteminin karşılaştırılması (Jie vd., 2008).

	<b>Kodlama İşlem Zamanı (sn)</b>	<b>PSNR</b>	<b>Sıkıştırma Oranı</b>
Geleneksel Parçalı Kodlama Yöntemi	3600	22.78	4:1
Dalgacık Tabanlı Parçalı Kodlama Yöntemi	306	22.02	7:1
Dalgacık Tabanlı Geliştirilmiş Parçalı Kodlama Yöntemi	120	22.00	7:1

## 2.2 Sıkıştırılmış Görüntüler ile Yapılan Fotogrametrik Uygulamalar

JPEG2000 yöntemi kullanılarak sıkıştırılmış hava fotoğrafları üzerindeki bilgi ve geometri içeriklerin incelenmesi konusunda (Liu vd., 2005) tarafından bir uygulama

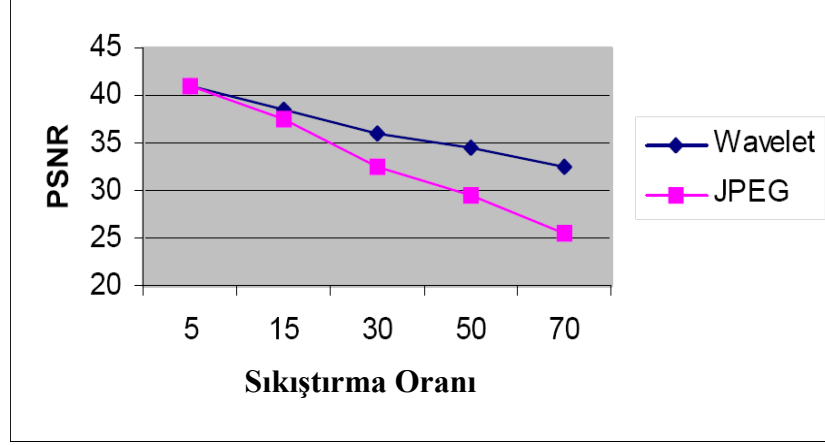
gerçekleştirilmiştir. Bu uygulamada 13:1 oranında sıkıştırılmış JPEG ve JPEG2000 görüntülerinin manuel yöntemlerin kullanıldığı fotogrametrik çalışmalar için yeterli olduğu bildirilmiştir. Görüntü sıkıştırma ile görüntü eşleme arasındaki doğruluğun araştırıldığı, (Kiefner ve Hahn, 2000) tarafından gerçekleştirilen başka bir uygulamada 5:1 oranında sıkıştırılmış JPEG görüntülerinin fotogrametrik çalışmaları olumsuz yönde etkilemeyeceği tespit edilmiş ve 30:1 oranına kadar JPEG2000 görüntülerinin kullanılabilceği, özellikle 50'den büyük sıkıştırma oranlarında DWT algoritmasının (JPEG2000) DCT algoritmasına büyük üstünlük sağladığı (JPEG) belirtilmiştir.

Sıkıştırılmış JPEG görüntülerinin yakın mesafe fotogrametri uygulamaları üzerine etkisi ile ilgili yapılan bir uygulamada, hedef noktalar alt piksel doğruluğunda ölçülerek, elde edilen ölçümler ışın demetleri ile dengelenmiş ve elde edilen sonuçlar Çizelge 2.3.'de sunulmuştur. Uygulama sonucunda elde edilen değerler neticesinde, 1:1 ile 1:70 arasındaki JPEG sıkıştırma oranlarının, özellikle yersel dijital kameraların sınırlı depolama kapasiteleri de dikkate alındığında, yakın mesafe fotogrametri uygulamalarında rahatlıkla kullanılabilceği öngörülmüştür (Yılmaztürk ve Akçay, 2005).

**Çizelge 2.3:** JPEG sıkıştırma sonuçları (Yılmaztürk ve Akçay, 2005).

Görüntüler	KOH (Bütün Noktalar)	KOH (Küçük Hedefler)	KOH (Orta Hedefler)	KOH (Büyük Hedefler)
TIFF	0.17	0.14	0.15	0.20
SHQ	0.17	0.15	0.16	0.19
HQ	0.18	0.17	0.17	0.18
JPEG 1:10	0.24	0.17	0.23	0.27
JPEG 1:20	0.24	0.14	0.25	0.26
JPEG 1:40	0.28	0.21	0.27	0.33
JPEG 1:60	0.31	0.27	0.30	0.34
JPEG 1:70	0.31	0.32	0.29	0.32
JPEG 1:80	0.47	0.45	0.41	0.51

Sayısal yükseklik modellerinin sıkıştırma sonrası etkilenme durumunu araştırmak için bir uygulama (Schieve, 1998) tarafından yapılmıştır. Kayıplı JPEG görüntüler kullanılmış, sıkıştırma yöntemleri de kısmen test edilmiştir. Uygulamada test verisi olarak kullanılan sayısal yükseklik modelinin 15:1 oranındaki sıkıştırmanın mevcut veriyi fazla bozmadığı ve uygulamada kullanılabilceği öngörülmektedir. Kayıplı sıkıştırma algoritmalarının otomatik işlemleri negatif yönde etkilediği belirtilmiş, özellikle Şekil 2.1.'de gösterildiği gibi 50:1'den büyük sıkıştırma oranlarında dalgalı tabanlı sıkıştırmanın JPEG algoritmasına üstünlük sağladığı görülmüştür.



**Şekil 2.1:** JPEG ve dalgacık sıkıştırmanın karşılaştırılması (Schieve, 1998).

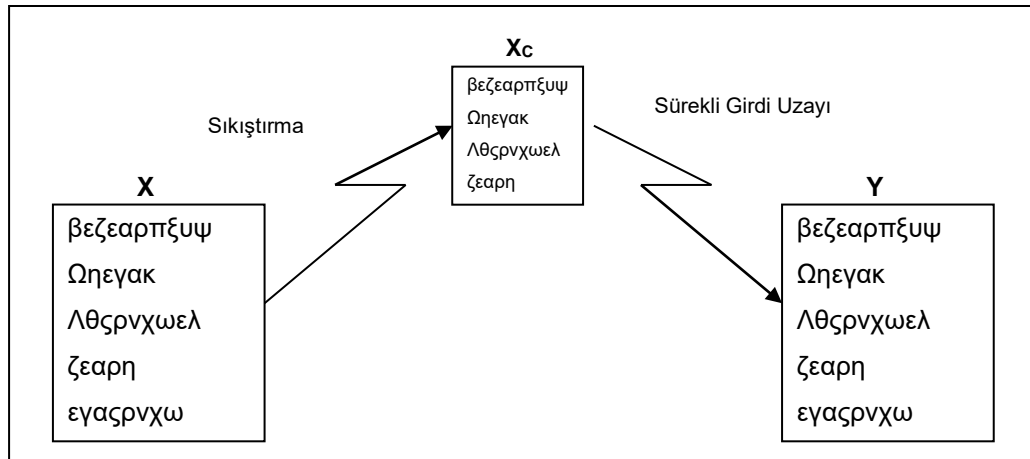
(Danoedoro, 2013) tarafından yapılan çalışmada; ALOS-AVNIR2 orijinal sıkıştırılmamış görüntünün, JPEG formatında %10'dan %90'a kadar sıkıştırılması ile elde edilen görüntülerden daha yüksek sınıflandırma doğruluğuna sahip olduğu belirlenmiştir.

(Lau vd., 2001) tarafından yapılan çalışmada ise SPOT multispektral görüntü kullanılarak JPEG sıkıştırma formatında 35 kattan fazla yapılan sıkıştırma ile elde edilen görüntünün sınıflandırma doğruluğunun önemli ölçüde düştüğü tespit edilmiştir.

### 3. SIKIŞTIRMA TEKNİKLERİ

Veri sıkıştırma veya kaynak kodlama, kodlama algoritmaları kullanılarak kodlanmamış kullanımından daha az boyutta olacak şekilde verinin kodlanması işlemidir. Veri iletişimde gönderici ve alıcının ikisi birden kodlama algoritmasını okuyabiliyorsa sıkıştırılmış verilerin kullanımından bahsedilebilir. Göndericinin veriye uyguladığı kodlama şemasına göre, alıcı çözme şemasına sahip ise sıkıştırılmış veri iletişimi mümkün olabilir.

Sıkıştırma algoritması veya tekniği prensipte iki farklı algoritma kastedmektedir. Birincisi X orijinal verisini girdi olarak alan ve bunu sıkıştırarak daha küçük boyutta bir  $X_c$  verisi oluşturan sıkıştırma, ikincisi de  $X_c$  sıkıştırılmış verisini girdi olarak alan ve bunu açarak bir Y verisi oluşturan yeniden oluşturma algoritmalarıdır. Şekil 3.1.'de işlemler şematik olarak gösterilmiştir. Çalışmada hem sıkıştırma hem de yeniden oluşturma algoritmaları sıkıştırma teknikleri olarak isimlendirilecektir (Sayood, 2005).

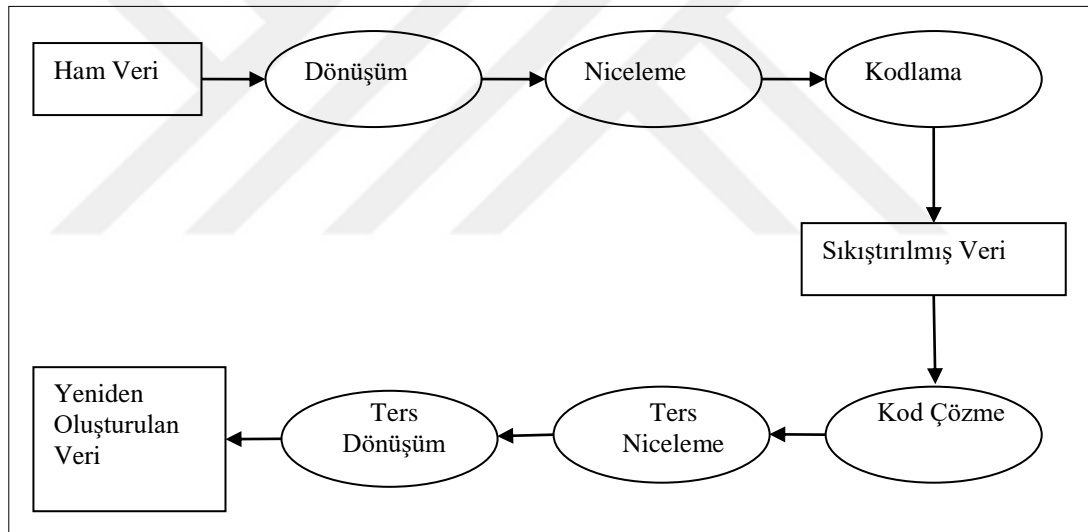


Şekil 3.1: Sıkıştırma ve yeniden oluşturma teknikleri (Sayood, 2005).

Yeniden oluşturulan verinin özellikleri, sıkıştırma tekniklerinin temel olarak iki bölümde sınıflandırılmasında belirleyici kriter olacaktır. Birincisi yüksek sıkıştırma uygulanan ve Y verisinin X verisi ile aynı olduğu kayıpsız sıkıştırma teknikleri, ikincisi ise Y verisinin X verisi ile farklılıklar gösterdiği kayıplı sıkıştırma teknikleridir.

Sıkıştırma tekniklerinde, verinin depolanması aşamasındaki yer ihtiyacının azaltılması ve iletilmesi aşamasında veri aktarımının hızlandırılması ana hedef olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte veri sıkıştırma tekniklerinin bazı alt hedefleri de vardır. Alt hedefler; işlemci ve bellek kullanımının minimum seviyeye indirilmesi, aktarma hata etkilerinin azaltılması, sıkıştırılmış sürümün yazılım ve işlenmesinin ve devam eden görüntü transferinin desteklenmesi olarak belirtilebilir (Aksan ve Doğan, 2004).

Sıkıştırma algoritmalarını, tekniklerini ve formatlarını kesin kurallar ile birbirinden ayırmak ve birbirinden bağımsız bir şekilde değerlendirmek yanlış olacaktır. Bir sıkıştırma algoritmasından yararlanılarak üretilcek farklı formatta veriler olabileceği gibi, birden fazla tekniğin bir arada kullanılması ile üretilcek veri formatları da mümkündür. Kayıplı veya kayıpsız bir sıkıştırma tekniğinin temel işlem adımları Şekil 3.2.'de gösterilmektedir.



Şekil 3.2: Sıkıştırma tekniğinin temel işlem adımları( Aksan ve Doğan, 2004).

### 3.1 Kayıpsız Sıkıştırma

Kayıpsız sıkıştırma tekniğinde adından da anlaşılacağı gibi veride herhangi bir bilgi kaybı olmadan sıkıştırma yapmaktadır. Veri kayıpsız olarak sıkıştırılmış ise, orijinal veri tam olarak sıkıştırılmış veriden tekrar üretilebilir. Orijinal ve yeniden oluşturulmuş veri arasında veri kaybına tahammülü olmayan çalışmalarda kayıpsız sıkıştırma teknikleri kullanılmalıdır. Kayıpsız sıkıştırma tekniklerinin uygulandığı en önemli çalışmalar metin verilerinin sıkıştırılmasıdır. Yeniden oluşturulan veride herhangi bir veri kaybı olmadan orijinal veriyle birebir aynı olması arzu

edilmektedir. Olabilecek en küçük bir farklılık bu veri grubunda farklı anlaşılmalara edilmektedir. Tek bir karakterin bile farklı bir şekilde yeniden oluşturulması sonrası, “Bugün kürek getir” ile “Bugün yürek getir” cümleleri masumane bir örnek olarak gösterilebilir. Bu masumane örneğin bir bankanın yatırım kayıtlarının yeniden oluşturulması aşamasında oluşabileceğini düşünürsek, ortaya çıkabilecek farklı anlamlar veya rakamlar bir felakete götürebilir.

Daha sonradan kullanabilecek olan ve önemli bilgiler içeren herhangi bir veri grubunda bütünlüğün korunması önem arz etmektedir. Örneğin, madencilik çalışmalarında kullanılan multispektral görüntülerde, pikseller üzerindeki bilgiler önceden belirlenmiş spektral aralıklara göre maden cinslerini temsil etmektedir. Kayıplı bir sıkıştırma sonrasında elde edilen görüntü ile oluşturulacak sonuçlar yanlış yönlendirmelere ve maddi kayıplara yol açabilecekken, benzer şekilde radyolojide kullanılan görüntülerden oluşturulacak sonuçlar insan hayatına mal olabilecektir.

Kayıpsız veri sıkıştırma tekniği birçok çalışmada kullanılmakta ve yaygın olarak ZIP dosya formatı ve Unix sistemlerindeki GZİP dosya formatı kayıpsız sıkıştırma yapmaktadır. TIFF ve MNG gibi görüntü formatları kayıplı veya kayıpsız sıkıştırma tekniklerini kullanabilirken, PNG ve GIF gibi görüntü formatları ise sadece kayıpsız sıkıştırma tekniklerini kullanmaktadır.

### **3.2 Kayıplı Sıkıştırma**

Kayıplı sıkıştırma teknikleri, sıkıştırılmış veride bir kısım veri kayıplarını kabul etmektedir. Sıkıştırılmış verinin yeniden üretilmesinde veri kaybı olmadan orijinal verinin oluşturulamayacağı bilinmektedir. İnsan gözünün veya diğer duyu organlarının algılayamadığı veya algılamada güçlük çektiği bilgilerin, orijinal veriden arındırılarak sıkıştırmanın uygulanması, bu tekniklerin avantajıdır. Sıkıştırmanın fazla olduğu durumlarda sıkıştırma hataları olarak adlandırılan görüntü bozulmaları görülmektedir. Yeniden oluşturma sonrasında orijinal verinin elde edilemeyeceğinin ve bir distorsiyon olacağının kabul edilmesi, kayıpsız sıkıştırma ile göremeyeceğimiz yüksek oranlarda sıkıştırma yapmamıza imkan sağlar.

Bazı uygulamalarda yeniden oluşturmadaki veri kaybı problem olarak görülmemektedir. Örnek olarak, bir konuşmanın veya sesin depolanması veya iletilmesi aşamasında, konuşmada geçen her bir örnek sesin gerçek değerinin tutulması zorunluluk gerektirmemektedir. Sıkıştırılmış veriden yeniden oluşturulacak

konuşmada beklenen kaliteye bağılı olarak, her veriye ilişkin değışken miktarda veri kayıpları beklenebilir. Yeniden oluşturulan konuşmada telefondaki ses kalitesine benzer bir kalite beklemiyorsak kayda değer bilgi kayıpları olabilir. Ancak yeniden oluşturulan konuşmada müzik CD'sindeki gibi bir kalite istiyorsak en az bilgi kaybı olacağı beklenmektedir.

### **3.3 Sıkıştırma Algoritmaları**

Bilgisayar teknolojisinde depolama ve sınırlı bant genişliklerinde veri iletimi gibi faktörler yanında, sıkıştırma tekniklerinin ve formatlarının ortaya çıkmasındaki en büyük sebeplerden birisi de verinin yapısıdır. Veri içerisinde ihtiyaç dışı ve fazla bilgiler bulundurabilmektedir. Fazla bilgilerin veri yapısı içerisinde ayrıştırılması da bir nevi sıkıştırma işlemidir. Veri içerisinde ne kadar fazla bilgi varsa sıkıştırma oranı da o derece yüksek olmaktadır. Fazla bilgilerin kaynakları ise; uzaysal, spektral, anlık ve algılanabilen fazlalıklardır (Aksan ve Doğan, 2004).

#### **3.3.1 Kayıpsız sıkıştırma algoritmaları**

Genellikle kayıpsız sıkıştırma algoritmaları iki aşamada işlemi gerçekleştirir: birinci aşamada girdi verisinin istatistiksel modeli oluşturulur, ikinci aşamada ise oluşturulan bu model kullanılarak girdi verisi bit sırasına göre kodlanır. Bu aşamada veri tekrar sıklıkları veya olasılıkları önem arz etmektedir.

Kayıpsız sıkıştırma algoritmalarında, Huffman ve aritmetik kodlama yaygın olarak kullanılmaktadır. Aritmetik kodlama, bilgi entropisinde verilen belirli istatistiksel model için uygun olabilen en iyi sıkıştırma oranlarına ulaşabilmekte iken Huffman kodlama basit ve hızlı bir sıkıştırma yapmasına rağmen bire yakın sembol olasılıkları olan modellerde kötü sıkıştırma sonuçları verebilmektedir.

Kayıpsız sıkıştırma teknikleri sıkıştırma için uyguladıkları algoritmalara göre sınıflandırılabilir. Herhangi bir kayıpsız sıkıştırma algoritması prensipte herhangi bir veri tipine uygulanabilir. Bazen tasarlandıkları veri tipi haricindeki verilerde bile çok iyi sonuçlar verebilirler. Metin verilerinde kullanılan birçok kayıpsız sıkıştırma tekniğinin adreslenmiş görüntülerde de iyi sonuçlar verebildiğı gözlemlenmiştir.

İlk piksel hariç her pikselin sol komşusu ile arasındaki renk farkının az olduğı varsayımı ile sürekli görüntülerde piksel değerleri birbirinden çıkartılmak suretiyle aradaki farkların yer aldığı daha düşük piksel değerler ile işlem yapma imkânı sağlar.

Yeni oluşturulan bu veri kümesindeki yakınsamalar fark verilerinden daha fazla olacağı için verilerin tekrarlanma sıklıkları daha yüksek olacaktır. Bir sonraki aşamada veri noktalarına ait bütün komşu nokta çiftlerinin farkları ve toplamları depolanmakta, düşük çözünürlükte sadece toplamlar kullanılarak devam edilebilmektedir. Bu işlem ayırık wavelet dönüşümüdür.

### **3.3.2 Kayıplı sıkıştırma algoritmaları**

#### **3.3.2.1 Ayırık kosinüs dönüşümü (Discrete cosine transform, DCT)**

Sonlu sayıdaki veri noktaları dizisinin, farklı frekanslarda salınan kosinüs fonksiyonlarının toplamı temel almaktadır. Mühendislikte ve bilimde sayısız çalışmada kullanılabilmesi sayesinde DCT algoritmasının önemi büyüktür. Küçük yüksek frekanslı bileşenlerin ihmal edildiği ses ve görüntülerin kayıplı sıkıştırılmasından, kısmi diferansiyel eşitliklerin nümerik çözümlerindeki spektral yöntemlere kadar farklı uygulamalarda kullanılabilirliği tespit edilmiştir. Ortalama tipik bir sinyalin modellenmesinde daha az sayıda fonksiyonlara ihtiyaç göstermesi nedeni ile sinüs fonksiyonlarından ziyade kosinüs fonksiyonlarının kullanımı tercih edilmektedir.

Özellikle ayırık Fourier dönüşümüne benzer bir yapıya sahip olup sadece gerçek rakamların kullanıldığı Fourier ilişkili dönüşümdür (Günlü ve Bilge, 2006). DCT algoritması güçlü enerji sıkıştırma yeteneği sayesinde özellikle kayıplı veri sıkıştırmada sinyal ve görüntü eşleme uygulamalarında yoğunlukla kullanılmaktadır. Düzenlenmiş ayırık kosinüs dönüşümü AAC, Vorbis, WMA ve MP3 ses sıkıştırma formatlarında yaygın olarak kullanılmakta. DCT aynı zamanda JPEG görüntü sıkıştırma, MJPEG, MPEG, DV ve Theora video sıkıştırmada yaygın olarak kullanılmakta.

#### **3.3.2.2 Parçalı sıkıştırma (Fractal compression)**

Görüntüdeki parçaların çoğunlukla aynı görüntüdeki diğer parçalara benzemesi gerçeğini temel alan bu yöntem doğal görüntülere ve dokulara en uygun kayıplı sıkıştırma tekniğidir. Parçalı algoritmalar bu parçaları parça kodları olarak tanımlanan matematiksel veriye dönüştürür ve bu parça kodları kodlanmış görüntüyü yeniden oluşturma aşamasında işleme tabi olur. Parçalı sıkıştırma herhangi bir pikselin kaybedilmemesi nedeniyle; JPEG, GIF ve MPEG gibi piksel tabanlı

sıkıştırma algoritmalarından farklıdır. Diğer klasik sıkıştırma algoritmalarından farklı olarak, görüntü bir kere parçalı koda dönüştürüldüğünde, görüntüde herhangi bir keskinlik kaybı olmaksızın herhangi bir ekran boyutunda yeniden üretilebilir. Parçalı görüntü temsili matematiksel olarak iterasyonlu fonksiyon sistemi şeklinde tanımlanabilir (Fisher, 1995).

Parçalı sıkıştırmadaki kodlama işlemi; aynı benzerliklerin bulunmasında kullanılan arama işlemi hesaplanabilirlik bakımından oldukça külfetlidir. Bununla birlikte yeniden üretme işlemi daha hızlı gerçekleşmektedir. Bu asimetri, yöntemin gerçek zamanlı uygulamalarda kullanılabilirliğini olanaksız hale getirmektedir. 50:1 oranına kadar olan ortak sıkıştırma oranlarında, parçalı sıkıştırma JPEG gibi DCT tabanlı algoritmalar ile benzer sonuçlar verebilmektedir. Yüksek sıkıştırma oranlarında parçalı sıkıştırma sonuç açısından diğer yöntemlere üstünlük sağlamaktadır. Bu yöntemin kullanılması ile, uydu görüntülerinde 170:1'in üzerindeki sıkıştırma oranlarında kabul edilebilir sonuçlar tespit edilmiştir. Benzer şekilde 25:1 ile 244:1 oranları arasında parçalı video sıkıştırmasında, 2.4 ile 66 saniye/çerçeve aralıklarında kabul edilebilir sıkıştırma süreleri tespit edilmiştir. Yüksek karmaşıklık ve renk derinliğinde siyah beyaz görüntüler ile karşılaştırıldığında sıkıştırma etkinliğinin arttığı gözlemlenmiştir.

### **3.3.2.3 Dalgacık kodlama (Wavelet encoding)**

Dalgacık tabanlı dönüşüm uygulayan görüntü sıkıştırma teknikleri, iyi görüntü kalitesi sağlamakla beraber yüksek oranlarda sıkıştırma yapmasında oldukça başarılı sonuçlar vermiştir (DeVore vd., 1992). Bu teknik görüntü sıkıştırma için ideal olan bir veri sıkıştırma tekniğidir. Video ve ses sıkıştırmada kullanılmakla birlikte, en dikkate değer uygulaması JPEG2000'dir. Hedefi görüntü verisini mümkün olan en küçük yer kaplayan dosya olarak sıkıştırmaktır. Bu sıkıştırma yöntemi kayıplı veya kayıpsız sıkıştırma yapabilmektedir.

Dalgacık dönüşümünün görüntü sıkıştırmada bir yöntem olarak kullanılmasının yanında görüntü içerisindeki bazı istenmeyen lekelerin temizlenmesinde de kullanıldığı gözlemlenmiştir. Örneğin fazla gürültüye sahip oldukları bilinen SAR görüntülerinden gürültünün temizlenmesi işlemi bu yöntem ile gerçekleştirilmiştir (Xing vd., 2008).

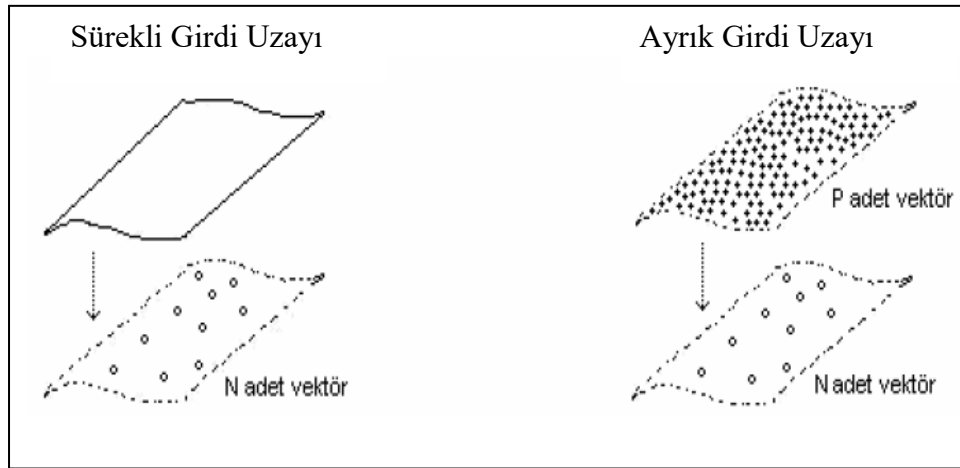
Wavelet dönüşümü kullanan wavelet sıkıştırma teknikleri, sesteki vurmali çalgılar veya karanlık bir gecede ki yıldızların görüntüsünde olduğu gibi iki boyutlu görüntülerdeki yüksek frekanslı bileşenler gibi geçiş halinin temsil edilmesinde oldukça başarılıdır. Veri sinyalindeki geçiş elemanlarının, ayrik kosinüs dönüşümü gibi sıklıkla kullanılan diğer dönüşüm yöntemlerinden daha az bilgi içerecek şekilde temsil edilebilmesi anlamına gelmektedir.

Wavelet sıkıştırma her çeşit veri grubu için en uygun teknik olmayabilir. Geçişleri olan sinyal karakteristikleri için wavelet sıkıştırma uygun iken, düzgün veya periyodik sinyaller için Fourier dönüşümü kullanan klasik harmonik sıkıştırma teknikleri daha iyi sıkıştırma yapabildiği gözlemlenmiştir.

Bu sıkıştırma yöntemindeki işlem sırası şöyledir. İlk olarak Wavelet dönüşümü uygulanır, bu işlem görüntüdeki piksellere ait çok sayıda katsayı üretir. Daha sonra bilginin istatistiksel olarak sadece küçük bir miktardaki katsayıların içerisinde tutulması sebebiyle, bu katsayılar kolaylıkla sıkıştırılır. Bu prensip dönüşüm kodlama olarak ifadelendirilir. Sonrasında katsayılar nicelenir ve nicelenen değerler entropi ve/veya ardışık tekrarlı kodlanır. Bu tekniğin görüntülerde kullanıldığı en yaygın formatlar arasında ECW ve JPEG2000 gösterilebilir.

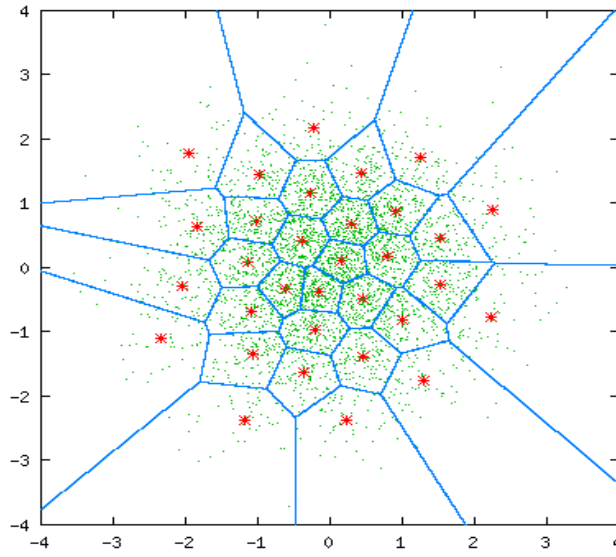
#### 3.3.2.4 Vektör niceleme (Vector quantization)

Bazı kaynaklarda vektör kuantalama olarak da isimlendirilen vektör nicelemenin temel prensibi, sürekli girdi uzayı için, sürekli girdi uzayını, bilgi kaybını minimum tutacak şekilde ayrik çıktı uzayında yansıtmaktır. Ayrik girdi uzayı için ise, Şekil 3.3.'de  $Q$  özellik içeren  $P$  vektörden oluşan bir veri tabanını,  $N < P$  koşulu ile,  $Q$  özellik içeren  $N$  vektörden oluşan veritabanı olarak ifade etmektir (Erdem, 2006).



Şekil 3.3: Vektör nicelemenin temel prensibi (Erdem, 2006).

Vektör niceleme, prototip vektörlerin dağılımıyla olasılık yoğunluk fonksiyonlarını modellemeye olanak sağlayan, sinyal işlemedeki klasik bir niceleme tekniğidir. İlk etapta veri sıkıştırma için kullanılan bir yöntemdir. Yöntem; büyük bir nokta verisinin (vektör olarak adlandırılmaktadır), Şekil 3.4.'de gösterildiği gibi kendisine yakın olan yaklaşık aynı sayıdaki nokta sayısından oluşan gruplara bölünmesi, daha sonra her grubun k-means ve diğer kümeleme algoritmalarındaki gibi kendi merkez noktası ile temsil edilmesine dayanmaktadır (Gersho ve Gray, 1992).



**Şekil 3.4:** Büyük bir nokta kümesinin vektör niceleme ile gruplara ayrılması ve merkezinin belirlenmesi (Gersho ve Gray, 1992).

Özellikle büyük ve yüksek boyutlu verilerin yoğunluğunun belirlenmesinde, vektör nicelemenin yoğunluk eşleme özelliği kuvvetlidir. Veri noktalarının kendilerine en yakın merkez nokta adreslemesi ile temsil edilmesi nedeniyle, sıklıkla tekrar eden veriler düşük hatalara, seyrek veriler yüksek hatalara sahip olabilmektedir. Bu nedenle vektör niceleme kayıplı veri sıkıştırmaya oldukça uygun bir yöntemdir. Bu yöntem aynı zamanda kayıplı veri düzeltme ve yoğunluk tahmininde de kullanılabilir.

### 3.3.2.5 Doğrusal tahmin kodlaması (Linear predictive coding, LPC)

Doğrusal tahmin modelindeki bilgileri kullanarak ses sinyal işleme veya konuşma işlemedeki spektral genişliğin sayısal sinyalinin sıkıştırılmış yapıda temsil edilmesinde çoğunlukla kullanılmaktadır. Yöntem cep telefonlarında ve kablosuz

haberleşme cihazlarında olmak üzere özellikle telefon şirketleri tarafından dijital ses sıkıştırma kullanılmaktadır.

### 3.3.3 Niceleme (Quantization)

Niceleme; görüntü verisindeki sürekli değer gruplarının daha az sayıdaki (sonlu) değerler ile tahmin edilmesi işlemine karşılık gelmektedir. Veri sıkıştırma işleminde niceleme iki şekilde kullanılmaktadır. Birincisi; eğer sıkıştırılacak veri büyük sayılardan oluşmakta ise niceleme onları küçük sayılara dönüştürmede kullanılır. Küçük sayılar büyüklere göre daha az yer kaplar ve sıkıştırma gerçekleşir. Diğer taraftan küçük sayılar büyüklerine göre daha az bilgi taşıyabilmektedir, böylece niceleme sonucu kayıplı sıkıştırma olmaktadır. İkincisi; eğer sıkıştırılacak veri analog ise niceleme küçük sayılar ile sayısallaştırmada kullanılmaktadır. Daha küçük sayılar daha iyi sıkıştırma ancak daha fazla bilgi kaybı anlamına gelmektedir (Salomon, 2008). Niceleyicinin girdisi orijinal veridir, çıktısı da belirli seviyedeki sayılardır. Niceleme fonksiyonu genellikle sonlu sayıdaki ayırık çıktı değerlerinden oluşmaktadır. İki çeşit niceleme bulunmaktadır; ölçeksel niceleme ve vektör niceleme. Ölçeksel nicelemede her girdi sembolü çıktıyı oluştururken ayrı ayrı ele alınırken, vektör nicelemede girdi sembolleri vektör adını alarak gruplandırılır ve çıktıyı oluşturmada beraber değerlendirilir. Bu gruplandırma ve beraber değerlendirilme süreci işlem yükünü arttırmaktadır.

Niceleyici girdi veya çıktı verilerine göre de sınıflandırılabilir. Eğer girdi verisi eşit mesafeli aralıklara bölünmüş ise düzenli niceleyici (uniform quantizer), bölünmemiş ise düzenli olmayan niceleyici (non-uniform quantizer) adını almaktadır. Düzenli niceleyici alt sınırın ve aralık mesafesinin tanımlanmasıyla kolaylıkla tanımlanabilir ve uygulamada kullanılması daha basittir.

İnsan gözü geniş alanlardaki küçük aydınlık farklarını tespit etmekte ve yüksek frekanslı aydınlık değişimlerini ayırt etmede iyi değildir. Bu da yüksek frekanslı bileşenlerdeki gözün ayırt edemediği bilginin azaltılabileceği anlamına gelmektedir. Bu işlem frekanstaki her bileşenin o frekans için bir katsayıyla bölünmesi ve en yakın tam sayıya yuvarlanmasıyla gerçekleştirilir. Eğer DCT işlemi yüksek hassasiyetle gerçekleştirildiyse bütün dönüşüm işlemi içerisindeki kaybı oluşturan bu niceleme işlemi oluşturmaktadır. Bu işlem sonrasında birçok yüksek frekanslı

bileşen sıfıra yuvarlanmakta, kalanların büyük bir bölümü de daha az bitlerle gösterilebilen pozitif veya negatif tamsayılara yuvarlanmaktadır.

### 3.4 Sıkıştırmadaki Performans Kriterleri

Bir sıkıştırma algoritması çok sayıda farklı yöntemler ile değerlendirilebilir. Algoritmanın rölatif karmaşıklığı, algoritmayı uygulamak için gerekli hafıza, belirlenen bir sistem konfigürasyonunda algoritmanın sağladığı hız, sıkıştırma miktarı ve yeniden oluşturulan verinin orijinal veriye ne kadar benzediği ölçümü yapılabilecek değerlerdir. Bu değerlerden bizim için önemli olan ölçüt ise, yeniden oluşturulan görüntünün, yaklaşık aynı doğruluk değerleri ile görüntü kalitesini elde edebilecek şekilde orijinal görüntüye ne kadar benzeyeceği veya orijinal görüntünün hangi oranlarda sıkıştırılabileceğidir.

Bir sıkıştırma algoritması kullanılarak sabit bir veri kümesinin ne derecede sıkıştırıldığıнын en belirgin yöntemi; orijinal verinin temsil edilmesi için gerekli olan bit sayısı ile sıkıştırma sonrası elde edilen veriyi temsil etmek için gerekli olan bit sayısının karşılaştırılmasıdır. Elde edilen değer sıkıştırma oranı (compression ratio) olarak adlandırılmaktadır.

Örneğin 256 x 256 pikselden oluşan bir görüntü 65,536 byte'lık bir depolama alanı gerektirmektedir. Sıkıştırma sonrasında elde edilen görüntünün depolanması için gerekli olan alan 16,384 byte olsun. Bu durumda sıkıştırma oranının 4:1 olduğunu söylememiz yanlış olmaz. Elde edilen yeni değerın orijinal değerden çıkartılması sonucu ortaya çıkan değer ise sıkıştırma oranının başka bir ifade şekilde ifade edilmesine olanak sağlar. Aynı görüntü örneğini kullanacak olursak orijinal görüntünün %75 sıkıştırıldığı görülecektir.

Sıkıştırma performansının raporlanmasında kullanılan bir başka yol ise; tek bir görüntü örneğini temsil etmek için gerekli olan ortalama bit sayısıdır. Bu sayı genellikle değer (rate) olarak adlandırılır.

Kayıplı sıkıştırmada elde edilen veri her zaman orijinal veriden farklıdır. Bu nedenle sıkıştırma algoritmasının etkinliğini belirlemek için bir şekilde oluşan farklılıkları belirlememiz gerekmektedir. Orijinal veri ve yeniden oluşturulan veri arasındaki farklar genellikle distorsiyon olarak adlandırılır. Kayıplı sıkıştırma teknikleri genellikle ses ve video gibi analog sinyallerden oluşturulan veri gruplarında kullanılmaktadır. Ses ve video verilerinin sıkıştırılmasında sonuç ürünün kalitesini

belirleyen insan faktörüdür. İnsan tepkilerinin matematiksel olarak modellenmesi zor olması nedeniyle, yeniden oluşturulan verinin kalitesini belirleyebilmek amacıyla distorsiyon belirlenmesinde çok sayıda yaklaşık kriterler kullanılmaktadır.

Görüntü kalitesinin en iyi şekilde temsil edilmesi veya belirlenebilmesi için beş adet kriterin kullanılması önerilmektedir. Bu beş kriter; maksimum mutlak fark (maximum absolute difference), ortalama mutlak hata (mean absolute error), relatif KOH (relative RMSE), spektral uygunluk (spectral fidelity) ve görüntü kalite indeksidir (image quality index). Görüntülerin sıkıştırılmasından sonra veya bir takım işlemlere tabi tutulmasından sonra meydana gelen bilgi kayıplarının belirlenmesi amacıyla kalite unsurunun mutlaka kolaylıkla ölçüme uygun olması gerekmektedir (Christophe vd., 2008).



#### 4. GÖRÜNTÜ FORMATLARI

Fotogrametrik uygulama yazılımlarında kullanılan görüntü formatları ve uygulamada kullanılan ECW, MrSID ve JPEG2000 görüntü formatları hakkında bilgi verilecektir. Görüntü dosya formatları ile ilgili özet bilgiler Çizelge 4.1.'de gösterilmektedir.

**Çizelge 4.1:** Görüntü formatları özet tablosu.

Format	Tam Adı	Sıkıştırma Algoritması	Renk Derinliği	Açıklama
BMP	Windows Bitmap	Yok veya düşük seviyede RLE	1, 4, 8, 16, 24, 32	Birçok iki boyutlu uygulamada kullanılmaktadır.
ECW	Enhanced compressed wavelet	DWT	-	Hava fotoğrafları ve uydu görüntüleri gibi yer konuşlu görüntülerde kullanılır.
GIF	Graphics Interchange Format	LZW	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	Transparanlık ve animasyonu destekleyebilen ve internette yaygın şekilde kullanılan bir formattır.
ILBM	InterLeaved BitMap	RLE	Hepsi	Amiga grafik donanımı için tasarlanan görüntü formatıdır.
JPEG	Joint Photographic Experts Group	DCT, RLE, Huffman	8, 12, 24	Birçok program tarafından kullanılan kayıplı sıkıştırılmış görüntü formatıdır.
JPEG2000	Joint Photographic Experts Group 2000	Kayıplı veya kayıpsız DWT	8, 16, 24, 32, 48	JPEG yerine kullanılmak üzere geliştirilen bir formattır.
MrSID	Multiresolution Seamless Image Database	Kayıpsız Wavelet	-	Yer konuşlu görüntülerin sıkıştırılmasında ve hızlı bir şekilde görüntülenmesinde kullanılmaktadır.
PCX	Personal Computer eXchange	Yok veya RLE	1, 2, 4, 8, 24	Az yer kaplayan ve kolaylıkla yeniden oluşturulabilen, halen PC Paintbrush tarafından kullanılan eski bir görüntü formatıdır.
PGF	Progressive Graphics File	Kayıplı veya kayıpsız DWT	1, 8, 12, 16, 24, 32, 48	Yaklaşık JPEG2000 ile aynı zamanda JPEG dosya formatını değiştirmek için geliştirilen bir formattır.
PICT	Macintosh Picture	Yok, RLE	1, 2, 4, 8, 16, 24, 32	Macintosh işletim sistemi tarafından kullanılan bir görüntü dosya formatıdır.
PNG	Portable Network Graphics	Kayıpsız, DEFLATE	1, 2, 4, 8, 16, 24, 32, 48, 64	GIF formatı yerine geliştirilen bir formattır.
PSD	Photoshop Document	Yok veya RLE	1, 2, 4, 8, 16, 24, 32, 48, 64	İşlenmiş veya editlenmiş görüntü verisini tutan bir dosya formatıdır.
TGA	Truevision Advanced Raster Graphics Adaptor	Yok veya RLE	1, 2, 4, 8, 16, 24, 32	Birçok 3D oyunda ve 3D dokulama programında kullanılmaktadır.
TIFF	Tagged Image File Format	Yok, LZW, RLE, ZIP, vb.	1, 2, 4, 8, 16, 24, 32	Görüntü tarama ve görüntüleme formatıdır.

#### 4.1 TIFF (Tagged Image File Format)

Grafik sanatçıları, basım endüstrisi, fotoğrafçılar ve Macintosh kullanıcıları tarafından tercih edilen görüntü kaydetme dosya formatıdır. İlk olarak Aldus firması tarafından 1986 yılında ortaya çıkartılan bu formatın telif hakları, 2009 yılından itibaren Aldus firmasını bünyesine katan Adobe Systems firmasının kontrolüne geçmiştir.

Masaüstü tarayıcı sağlayıcılarının her şirketin kendine özgü format kullanmasını önlemek amacıyla, 1980 ortalarında ortak bir taranmış görüntü dosya formatı elde etme çabaları sonucu oluşturulmuştur. Başlangıçta her tarayıcının rahatlıkla destekleyebilmesini sağlamak amacıyla her pikselde sadece iki olası değerin saklanabildiği ikili sistemde görüntü formatı olmuştur. Tarayıcılar geliştikçe ve bilgisayarlardaki depolama alanları arttıkça TIFF formatı önce gri tonlamalı görüntülerde sonrasında da renkli görüntülerde kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde JPEG ve PNG ile birlikte yüksek renk derinliğine sahip popüler bir formattır.

TIFF; Boyut, tanımlama, uygulanan sıkıştırma gibi görüntü geometrisini tanımlayan başlık etiketlerinin içerildiği görüntüyü ve verisini tek bir dosya içerisinde saklayabilen esnek ve uyarlanabilir bir dosya formatıdır. TIFF dosyası, örneğin kayıplı sıkıştırılmış JPEG ve kayıpsız sıkıştırılmış PackBits görüntülerini içeren bir taşıyıcı olabilmektedir. Görüntülerin kayıpsız olarak sıkıştırılarak saklanabilmesi yeteneği, TIFF dosya formatının arşivlenme amaçlarında kullanılabilmesine olanak sağlamaktadır. Dosya boyutunu düşürmek amacıyla kayıpsız veri sıkıştırma tekniği olan LZW sıkıştırma yönteminin kullanılması önerilmektedir. LZW tekniğinin kullanımı patentli olduğu için 2004 yılına kadar sınırlı bir şekilde yapılabilmektedir. Şu anda patent problemi bulunmamaktadır.

TIFF formatı geliştirilmesi aslında uyumluluk problemlerini de beraberinde getirmiştir. Her TIFF okuyucusunun, JPEG, LZW sıkıştırma veya katmanların içerilmediği temel seviye TIFF görüntüsünü okuması gerekmektedir. Temel seviye TIFF görüntüsünde ise ardışık tekrarlı kodlamanın bir çeşidi olan PackBits sıkıştırma içerilmektedir. Birçok okuyucu temel seviye görüntü ile birlikte diğer etiketleri de okuyabilmektedir. Sonuç olarak TIFF formatı en küçük ortak bölen görüntü formatı olmuştur ve çoğu TIFF görüntüsü sıkıştırılmamış 24-bit RGB veya 32-bit CMYK görüntüsünden oluşturulmaktadır.

## 4.2 MrSID (Multiresolution Seamless Image Database)

Ortofotolar gibi yer konuşlu raster görüntülerin kodlanması için LizardTech firması tarafından geliştirilen ve patentli bir dosya formatıdır. Kayıplı veya kayıpsız görüntü sıkıştırma yapabilmektedir Bu format ayrık dalgacık dönüşümü kullanmakta, alt görüntülerin yapısı içerisinde dalgacık dönüşümünün katsayıları tutulmakta, böylelikle istenilen büyültme seviyesinde ve istenilen alanda görüntü hızlı bir şekilde gösterilebilmektedir. Görüntüler hem lokal olarak hem de ağlar üzerinden herhangi bir kayıp olmaksızın görüntülenebilmektedir. Öncelikle coğrafi bilgi sistemleri için geliştirilen bir formattır. Aynı görüntü içerisinde çoklu çözünürlük ile ilgili değerler tutulabilmektedir. Görüntü içeriğine ve renk derinliğine bağlı olarak farklı sıkıştırma oranları elde edilebilmekte, (Zhang, 2001). Hava fotoğrafları ve uydu görüntüleri gibi büyük boyutlu raster görüntüler sıkıştırılmakta ve bütün dosyanın yeniden oluşturulmasına gerek kalmadan kolaylıkla görüntülenebilmektedir.

MrSID dosyalarının çoklu ölçek ve kalite seviyeleri içermesi nedeniyle internet ortamında raster görüntüleme de çok uygun olduğu söylenebilir. Araştırma penceresine görüntünün sadece ilgili alanı ve büyültmesi gönderilmesi nedeniyle görüntülenme, navigasyon ve çizim performansı oldukça yüksektir. MrSID formatı ESRI, ERDAS, Autodesk, Intergraph ve diğer bütün önemli CBS yazılımları tarafından desteklenmektedir.

MrSID teknolojisi başlangıç görüntüsünü oluşturmak amacıyla kayıpsız wavelet sıkıştırma kullanmaktadır. Sonra kodlayıcı tarafından bu görüntü büyültme seviyelerine, alt bantlara, alt bloklara ve bit seviyelerine bölünmektedir. İlk kodlama sonrasında görüntü oluşturucu sıfır veya fazla optimizasyon uygulamaktadır. 2:1 gibi sıkıştırma oranlarında kayıpsız veri elde edilebilirken, yüksek sıkıştırma oranlarında kayıplı sıkıştırılmış veri elde edilmektedir. MrSID seçici çözümleme kullanmaktadır, yani belirli bir alanın veya ekranın büyültme seviyesini ve görüntü kalitesini çözümlemek için tüm görüntünün çözümlenmesine ihtiyaç göstermemektedir.

## 4.3 ECW (Enhanced Compression Wavelet)

Hava fotoğrafları ve uydu görüntülerinin kullanımı için geliştirilen wavelet sıkıştırma formatıdır. Halen ERDAS firmasının sahibi olduğu ECW formatı, ilk olarak Earth Resource Mapping firması tarafından geliştirilmiştir. Çok az RAM kullanarak çok büyük boyutlu görüntüleri sıkıştırmada kullanılabilen önemli bir formattır. ECW

tekniklerinin hızlı bir şekilde sıkıştırma yapabilmesini sağlayan sebepler şu şekilde sıralanabilir: görüntü parçalarını hızlı bir şekilde diske yazar ve DWT dönüşümü sırasında çağırır ve DWT işlemi sırasında bilgisayardaki işlemcinin yeteneklerini çok iyi kullanır. 3:1 sıkıştırma oranı orijinal görüntüye oldukça yakın sonuçlar vermektedir. JPEG2000 görüntü standartının çıkmasından sonra, geliştirilen ilave bir yazılım ile JPEG2000 formatının ECW içerisine yazılması mümkün olmuş ve yazılım geliştirme arabirimi ERDAS ECW JPEG2000 SDK olarak adlandırılmıştır. Yer konumlu uygulamaları destekleyebilmek amacıyla harita projeksiyon bilgileri ECW içerisine aktarılabilmektedir.

#### **4.4 JPEG (Joint Photographic Experts Group)**

Fotoğrafik görüntülerin sıkıştırılmasında bilgisayar ortamında ve internette en yaygın olarak kullanılan bir kayıplı sıkıştırma formatıdır. JPEG, sürekli tondaki görüntüler için geliştirilen bir sıkıştırma yöntemidir. JPEG sıkıştırmanın ana hedefleri arasında; yüksek sıkıştırma oranlarının elde edilebilmesi, bir çok parametre kullanılabilmesi nedeniyle kullanıcıya istediği şekilde görüntüyü sunabilmesi, görüntü özelliklerinden bağımsız olarak sürekli tondaki görüntüleri sıkıştırabilmesi, birçok platformda kullanılabilen komplike fakat fazla karmaşık olmayan bir yöntem kullanması sıralanabilir (Wallace 1992, Salomon 2008). Uygulanan sıkıştırmanın derecesi, depolama için kullanılan disk alanı ve görüntü kalitesi ile doğrudan orantılıdır. JPEG sıkıştırma algoritması görüntünün rengi ve tonlaması arasında yumuşak geçişler yapabilmektedir. Bununla birlikte keskin ayrımlar olan görüntülerde bu formatın kullanılması uygun değildir. Sıkıştırma sonrasında bu şekildeki görüntülerde, komşu piksellerdeki keskin kontrast farkları dikkate değer doku hatalarına sebebiyet vermektedir. Keskin kontrast farklarının bulunduğu görüntülerin kayıpsız sıkıştırma yöntemlerinden biriyle sıkıştırılması daha uygun olacaktır.

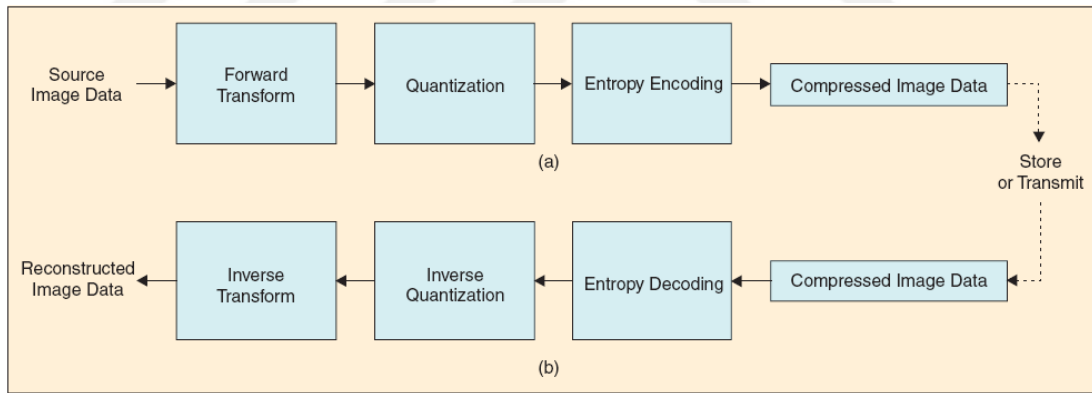
Editlenecek görüntülerin JPEG ile sıkıştırılması uygun değildir. Görüntünün her defasında kodlanması ve yeniden çözülmesi görüntü kalitesinde kayıplara sebebiyet vermektedir. Genellikle kayıplı sıkıştırılmış olan bu formatın, kayıpsız olan bazı alternatifleri de bulunmaktadır. Ancak bu kayıpsız seçeneklerin çoğu programlar tarafından desteklenmemektedir. Sıkıştırma aşamasında görüntü 8x8 piksellik alt bloklara ayrılmakta ve her blokta ayırık kosinüs dönüşümü uygulanmaktadır. Daha sonra bu bloklar nicelemeye tabi tutulur. Niceleme sonrasında ardışık tekrarlı

kodlama ile benzer frekanslarda gruplar oluşturulur ve oluşturulan bu veri Huffman kodlama ile kayıpsız olarak sıkıştırılmaktadır.

#### 4.5 JPEG2000 (Joint Photographic Experts Group)

Birleşik Fotoğrafik Uzmanlar Grubu komitesi tarafından 2000 yılında ayrık cosinüs dönüşüm tabanlı JPEG standardının, yeni tasarlanan wavelet tabanlı yöntem ile değiştirilmesi sonrasında ortaya konulan bir kodlama sistemi ve görüntü sıkıştırma standardıdır. JPEG2000 çalışma grubunun hedefi; farklı tipteki (iki düzeyli, gri tonlamalı, renkli, çok bileşenli, hiper bileşenli), farklı karakteristiklere (doğal, bilimsel, uzaktan algılanmış, metin içeren, vb.) sahip, farklı görüntülenme modellerine (müşteri/sunucu, gerçek zamanlı iletim, arşiv amaçlı, sınırlı bant genişliğine sahip, vb.) olanak sağlayan, tercihen tek ve entegre bir görüntü standardını ortaya koymaktır (Gray, 2002).

JPEG ile karşılaştırıldığında en belirgin avantajı kod akışındaki esnekliktir. Skodras vd., (2001) tarafından JPEG2000 kodlama sistemini Şekil 4.1.'de gösterildiği şekilde ifade edilmektedir.



**Şekil 4.1:** JPEG 2000 kodlayıcısı (a) ve çözücüsünün (b) genel ifadesi (Skodras vd., 2001)

JPEG2000 ile sıkıştırılan bir görüntüdeki kod akışı ölçeklenerek farklı yollar ile görüntü yeniden oluşturulabilir. Yani herhangi bir noktada kod akışının kesilmesiyle geriye kalan bölüm için daha farklı bir çözünürlükte görüntü elde edebilme imkanı bulunmaktadır. Kod akışının değişik yollarla sıralanabilmesi uygulamalarda belirgin bir şekilde performans artışı sağlamaktadır. Bununla birlikte bu esneklik doğal olarak kodlayıcıda ve çözücüde karmaşıklık ve hesap yükünü beraberinde getirmektedir. Diğer bir farklılık ise görsel bozukluklarda ortaya çıkmaktadır. JPEG2000 görüntü kenarlarında dairesel bulanıklık oluşturmakta, JPEG görüntülerinde ise 8x8'lik

bloklardan oluşması nedeniyle hem dairesel hem de bloklama bozuklukları oluşmaktadır.

JPEG2000'in mevcut birçok özelliğinden bazıları (Marcellin vd., 2000) tarafından sıralanmıştır:

- Düşük bit oranlarında sıkıştırma performansı,
- Kalite, çözünürlük, bileşen veya uzaysal konumluluk ile kademeli iletim,
- Kayıplı veya kayıpsız sıkıştırma,
- Bit sıralarına rasgele erişim,
- Kaydırma, büyültme ve küçültme (sıkıştırılmış veri içerisinde sadece ilgili alanın çözülmesi),
- Rotasyon veya kırma gibi sıkıştırılmış çevre işlemleri,
- Sadece ilgili alanın kodlanabilmesi,
- Sınırlı hafıza uygulamaları.

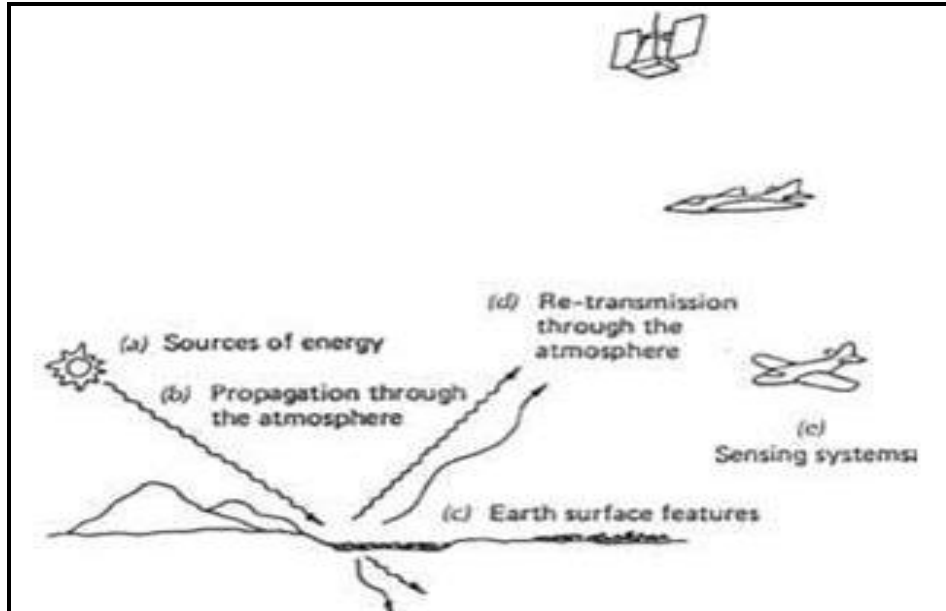
JPEG2000 sadece sıkıştırma performansını arttırmakla kalmamış, ölçeklenebilirlik ve editlenebilirlik gibi özellikleride ilave etmiştir. JPEG2000 sıkıştırma yönteminde çok düşük ve çok yüksek sıkıştırma oranları elde edilebilmektedir.

## 5. GÖRÜNTÜ SINIFLANDIRMA

### 5.1 Görüntü Sınıflandırma Nedir

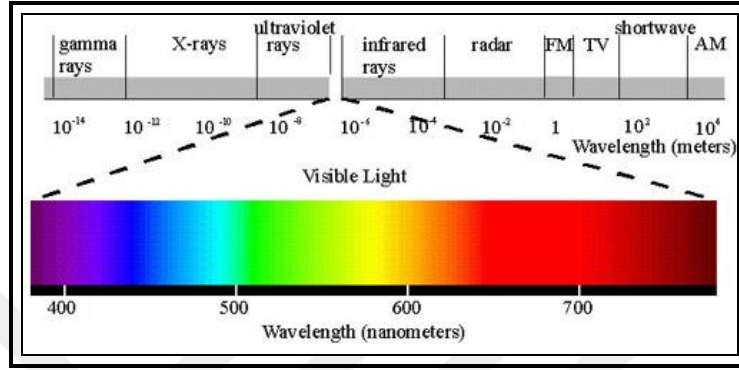
Geliştirilen uydu sensörleri ile yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin çekilmesi ile görüntülerin harita üretiminde kullanılabilirliği konusuna yönelmiştir (Holland vd., 2006). Küresel değişim tespit, mühendislik ve çevre uygulamalarında, doğal afet değerlendirme projelerinde arazi yüzeyini temsil eden harita karar aşamasında etkili olacaktır (Sellers vd. 1995, Süzen 2002, Süzen ve Doyuran 2004a, b). Uydu görüntüsünden arazi yüzey örtüsüne yönelik bilgi elde etmede görüntü sınıflandırma yöntemleri sıklıkla kullanılmaktadır (Borak ve Strahler 1999, Chintan vd. 2004, Quattara vd. 2004). Değişik yöntemler ile arazi yüzey örtüsüne yönelik bilgilerin elde edilmesi, bilgilerin analiz edilmesi, yorumlanması ve zaman bakımından kısa sürede yapılabilmesi görüntü sınıflandırmanın temel amaçlarındandır.

Uzaktan algılamanın temelde dört ana bileşeni; kaynak, atmosfer, yeryüzü ve algılayıcıdır. Şekil 5.1.'de uzaktan algılama bileşenleri gösterilmiştir.



Şekil 5.1: Uzaktan algılamanın bileşenleri (Lillesand vd., 2008).

Elektromanyetik enerji, güneş ve çeşitli doğal ya da yapay kaynaklardan değişik dalga boylarında saçılırlar (Önder, 2002 ). Enerji atmosferde yayılır ve yeryüzüne ulaşır. Nesnelere tarafından yeryüzüne ulaşan enerji büyük oranda yansıtılırken çok az bir oranda soğurulur. Algılayıcılar diğer bileşen olarak nesneden yansıyan enerjiyi ölçerler. Ölçülen nicelik uydu sistemlerinde, nesneden büyük oranda yayılan elektromanyetik enerjidir.



Şekil 5.2: Elektromanyetik spektrum (Önder, 2002).

Elektromanyetik enerjiye (yansıma) her nesnenin kendisine özgüdür. Kendisine özgü bu özelliğinden faydalanılarak, aynı-yakın yansıma değerlerine sahip nesnelere görüntüde kümelendirilebilir. Kümelendirme aşamasında, görüntüde belirtilmek istenen nesne kümeleri sınıf detayı olarak ifadelendirilir. Görüntüdeki her pikselin sınıfının tespit edilmesi işlemine, uzaktan algılamada görüntü sınıflandırma denir. Matematiksel bir esasla spektral banttaki yansıma değeri ile pikselin ait olduğu sınıfı bulmak görüntü sınıflandırma işleminin amacıdır. Görüntüdeki pikseller otomatik olarak bu şekilde arazide karşılık geldikleri sınıflar belirlenir (Ayhan vd., 2003).

Yeryüzünde belli bir parçanın belli bir sınıf kümesini temsil ettiği görüntü sınıflandırmanın temel kabulüdür. Bu sebeple ilk önce belirtilmek istenen sınıf kümeleri tanımlanmalıdır. Sınıf kümeleri tanımlandıktan sonra görüntüdeki pikseller belirtilen sınıflar ile mukayese ederek sınıfı belirlenir. Belirtilmek istenen sınıfların spektral karakteristiğinin bir birinden değişik olması arzu edilir. Farklı materyallerin yakın spektral karakteristiği içermesi, spektral ayrımı nesnelere için güçleştirecektir (Bouziani vd., 2010).

Klasik sınıflandırma analizlerinde görüntüdeki pikseller temel parça olarak görülmektedir. Bazı koşullarda algoritmalar istenen niteliği verememekte ve sınıflandırmada sorunlar ortaya çıkmaktadır. Bilgisayar bilimindeki gelişmelere paralel olarak görüntüdeki dokusal ve yapısal bilgi ve benzeri sınıflandırma için

farklı bilgilerinde temel birim alınması mümkün hale gelmiştir. Teknolojideki gelişmeler görüntüdeki pikseller yerine nesnelere temel birim olarak kullanılmasına imkan vermiştir. Sınıflandırmada esas alınan birim ve yapıya bakıldığında,

- Piksel Tabanlı Sınıflandırma
- Nesne Tabanlı Sınıflandırma, olarak sınıflandırma yöntem ve algoritmaları mevcuttur.

## **5.2 Piksel Tabanlı Sınıflandırma**

Uydu görüntüsündeki her pikseli atanacak sınıf için spektral karakteristiğini kıyaslayarak multispektral sınıflandırma algoritmalarından yararlanarak sınıflandırma yapma tekniğidir (Casals-Carrasco vd., 2000). Her piksel ayrı ayrı kıyaslanarak ait olduğu sınıf belirlenir. Bir piksel yalnızca bir sınıfa atana bileceği gibi kullanılan matematiksel yöntemlere göre hiçbir sınıfa dâhil olmayan pikselin de olması olasıdır.

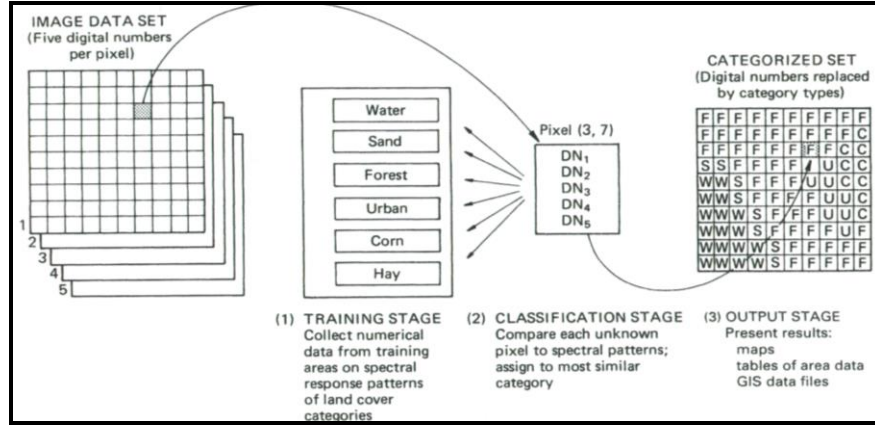
Piksel tabanlı sınıflandırma algoritmaları, eğitilmiş (kontrollü sınıflandırma) ve eğitimsiz (kontrolsüz sınıflandırma) olarak iki başlık altında irdelenir.

### **5.2.1 Eğitilmiş (Kontrollü) sınıflandırma**

Sınıflandırılacak arazi örtüsü karakteristiği ile ilgili yeterli verinin olması durumunda tercih edilen bir yöntemdir. Bir piksel her bir sınıf için çok yönlü örnek vektörü ile kıyaslayarak sınıf tanımlamasını yapar. Sınıflara ait örnek vektör pikseller; bantlardan yansıyan gri değerler özniteliklerinden oluşur (Yan vd., 2006).

Eğitilmiş sınıflandırma algoritması üç adımda sınıflandırma yapar. Bunlar Şekil 5.3.'de görülen

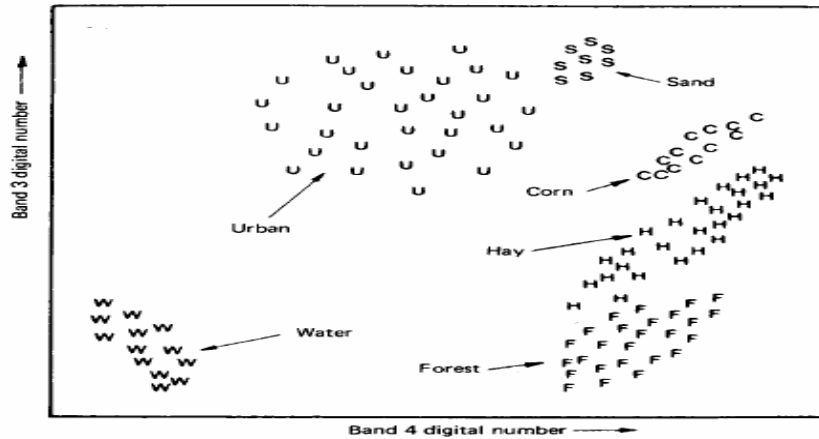
- Eğitim aşaması (training stage)
- Sınıflandırma aşaması (classification stage )
- Çıktı aşamasıdır (output stage) (Lillesand vd., 2008).



Şekil 5.3: Eğitilmiş sınıflandırma aşamaları (Lillesand vd., 2008).

Görüntü üzerinde sınıflandırılacak arazi yüzey örtüsünün atanacak dokuların belirlenmesi eğitim aşamasında oluşturulur. İlk olarak görüntü üzerinde tanımlanacak sınıf kümeleri belirlenmelidir. Her bir pikselin sınıfının belirlenmesi amacıyla tanımlanan sınıf karakteristiğini için eğitim alanları (örneklem) verisi belirlenir. Her bir pikselin yüksek bir doğruluk oranıyla sınıflandırılabilmesi için örneklem alanlarının görüntü genelinden toplanmış olması ve tanımlanacağı sınıf karakteristiğini yansıtması önemli bir husustur. Sınıf karakteristiğini sembolize eden eğitim alanları genellikle arazi örtüsü haritalarından veya yüksek çözünürlüklü hava fotoğraflarından toplanır (Yan vd., 2006).

Sınıflandırma adımında sınıf karakteristiğini sembolize eden eğitim alanları ile her bir piksel karşılaştırılarak, karakteristiğinin yüksek oranda örtüştüğü sınıf detayı ile adlandırılır. Eğitim alanı ile yeterli oranda karakteristiği örtüşmeyen piksel sınıfı belirlenememiş olarak sınıflandırılır. Her bir pikselin eğitim alanları ile karşılaştırılması sonucunda yüksek oranda karakteristiği örtüşen sınıfla etiketlenmesi ile sınıflandırılmış görüntü elde edilir (Şekil 5.4.).



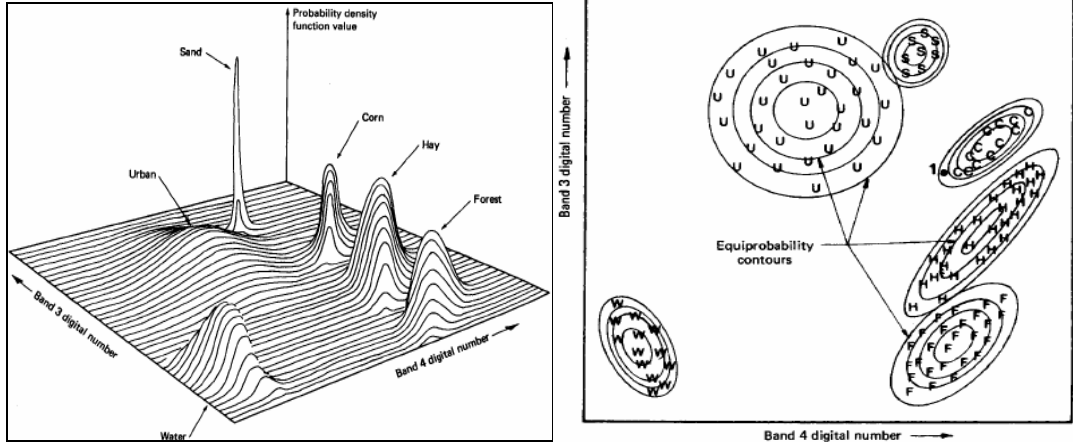
Şekil 5.4: Eğitilmiş sınıflandırma (Lillesand vd., 2008).

Çıktı aşamasında, tematik haritalar, grafik dosyalar ya da sayısal veri dosyaları çıktı ürün olarak hazırlanabilir. Sınıflandırma aşaması sonunda üretilen sınıflandırılmış görüntü girdi verisi olarak coğrafi bilgi sistemlerinde kullanılabilir.

Bazı bölgelerin tanımlanan sınıflara etiketlemenin uygulamada çok kolay olmadığı tespit edilmiştir. İlk olarak alanın yoğunluğu ve/veya şekli karakteristiği tam yansıtan eğitim alanları oluşturmayı olumsuz etkileyebilir. Diğer bir adımda ise ve dış (başucu açısı, atmosferik durum) ve iç (arazinin şekli ve üzerindeki yüzey nemi, arazi yoğunluğu örtüsü, çeşidi, dönüklük ve etkileşimleri) etkenler altında bölgedeki yaklaşık aynı arazi örtüsüne sahip alanlar değişik spektral imzaya ya da değişik arazi yüzeyleri yaklaşık aynı spektral yansımayı yapabilirler (Yeşilnacar ve Süzen 2006, Kam 1995). Bu etkenler sınıflandırma sonucundaki doğruluğa etki edeceği için sınıflandırma doğruluğunu artırabilmek için değişik algoritma ve teknikler seçilebilir. Birden fazla teknik ve algoritma eğitilmiş sınıflandırma için mevcuttur. Yaygın olarak uygulamalarda tercih edilen: ortalamaya en kısa mesafe (minimum distance to mean), en büyük olasılık (maximum likelihood) ve paralel hatlar (parallelepiped) sınıflandırmasıdır.

#### **5.2.1.1 En büyük olasılık (Maximum likelihood)**

Sınıflandırılacak bir pikselin spektral sınıf yansımalarının kovaryans ve varyans sonuçlarını nicel bakımdan kıyaslar. Nokta kümelerinin normal dağılımda olduğu varsayımı ile bu işlem yapılır. Herhangi bir pikselin tanımlanan sınıflardan birine etiketlene bilme olasılığı tanımlanan eğitim kümeleri için kovaryans matrisi bulunarak ve ortalama vektör kıyaslanarak belirlenir. Üç boyutlu grafikte olasılık değerleri Şekil 5.5.'de gösterilmiştir. Pikselin tanımlanan sınıflardan herhangi birinde etiketlenme olasılığı düşey eksen ile gösterilmektedir. Her bir spektral sınıfa ait olasılık yoğunluk fonksiyonları belirlenmiştir. Her piksel için tek tek herhangi bir sınıfta olma olasılığı araştırılır. Bu karşılaştırma sonucunda piksel yüksek doğrulukla karakteristiği örtüşen sınıfa atanır. Piksel tanımlanan sınıfların karakteristiğine eşik bir değer altında doğruluyor ise “bilinmeyen” olarak sınıflandırma yapılır (Lillesand vd., 2008).



**Şekil 5.5:** En büyük olasılık sınıflandırması (Lillesand vd., 2008).

Yöntemin mantığı, Şekil 5.5:'de görüldüğü üzere dağılım diyagramı üzerinde elipsoidal eş olasılık konturlarını yaparlar. Olasılık değeri konturların merkezine yaklaştıkça artar. Bu teknikte kovaryans matrisi olan doğruluğu eş olasılık konturlarının şekli göstermektedir.

Yöntemde herhangi bir pikselin herhangi bir sınıfta olma olasılığı fonksiyonu;

$$P_i(x) = \frac{1}{(2\pi)^{N/2} |V_i|^{1/2}} \exp\left[-\frac{1}{2}(X - \mu_i)^T V_i^{-1} (X - \mu_i)\right] \quad (5.1)$$

Bu eşitlikte;

$N$  : Bant sayısı

$\mu_i$  : Ortalama değer

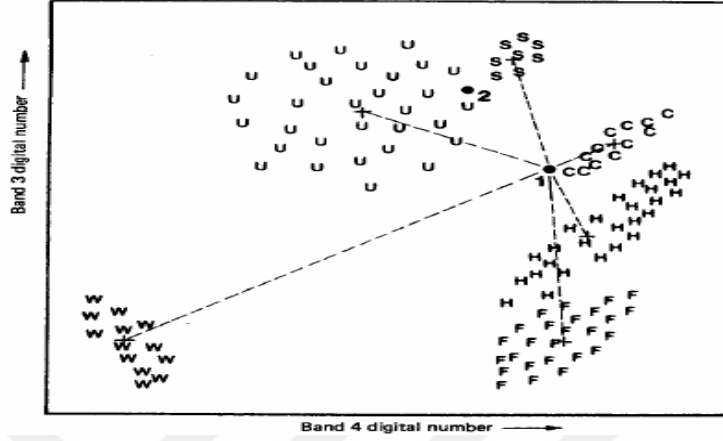
$V_i$  : Kovaryans matrisi olarak tanımlanır (Zhiyuan, 2004).

Yöntem, birden fazla matematiksel algoritma koşturduğundan bütün piksellerin tanımlanan tüm sınıflara ait olma olasılığını karşılaştırdığından diğer yöntemlere nazaran daha yavaş sonuç verir. Yöntemde görüntünün yalnızca spektral verisi kullanıldığından, yapısal ve dokusal veriyi kullanan nesne tabanlı tekniklere kıyasla daha sınırlıdır (Zhou ve Robson 2001, Dean ve Smith 2003, Pizzolato ve Haertel 2003).

### 5.2.1.2 Ortalamaya en kısa mesafe (Minimum distance to mean)

Sınıflandırma algoritması ilk olarak, tüm sınıflar için tüm bantlardaki ortalama spektral değerleri bulur ve tüm sınıflara özgü ortalama vektörü oluşturur. Şekil 5.6.'da artı işareti ile gösterilen değerler sınıfların ortalama spektral değerleridir. Sınıflandırılmak istenen pikselin ve sınıf ortalama spektral değerlerinden

aydalanılarak bir uzaklık mesafesi hesaplar. Hesaplanan uzaklık mesafesi tanımlanan sınıflardan hangisine en yakın ise piksel o sınıfta etiketlenir. Uzaklık mesafesi kullanıcı tarafından tayin edilen ve tüm sınıflar için farklı eşik mesafeden fazla ise piksel “bilinmeyen” sınıf olarak etiketlenir.



**Şekil 5.6:** Ortalamaya en kısa mesafe sınıflandırması (Lillesand vd., 2008).

Bu teknikte her sınıf için kovaryans matrislerinin aynı değerlerde olduğu varsayılır. Bir veri kümesinde değişik varyans ölçüleri için hata miktarı diğer sınıflandırma tekniklerine göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Örneğin, Şekil 5.6.'da ortalama vektör mesafesi 1 nolu nokta için hesaplan değer sonucunda nokta C sınıfında etiketlenir ve olması gereken gerçek sınıftır. Bire bir hesaplar 2 nolu nokta için gerçekleştirildiğinde 2 nolu nokta S sınıfında etiketlenir ama noktanın etiketlemesi gereken gerçek sınıf U sınıfıdır.

Öklid mesafe değerinin bulunmasına dayanan bir yöntemdir.

$$SD_{xyc} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\mu_{ci} - X_{xyi})^2} \quad (5.2)$$

Bu eşitlikte;

n : bant sayısını (boyut),

i : belirli bir bandı,

c : belirli bir sınıfı

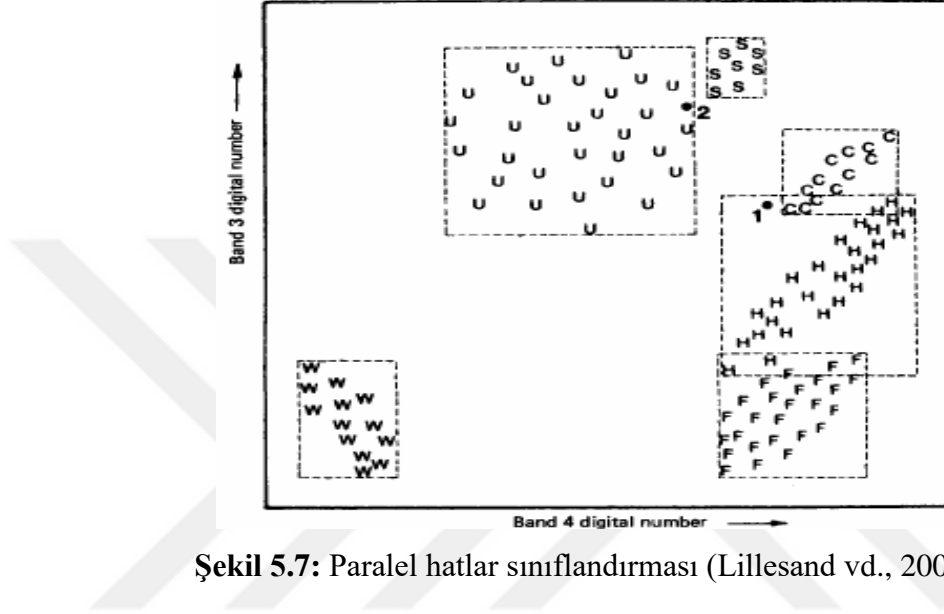
$X_{xyi}$  : i'inci banttaki pikselin x, y değerlerini,

$\mu_{ci}$  : i bandındaki c sınıfına ait örneklerin değerinin ortalamasını,

$SD_{xyc}$  : sınıfı tayin olacak piksel x,y'nin c sınıfına ait ortalama vektöre olan spektral mesafesini belirtir (Erdas, 2008).

### 5.2.1.3 Paralel hatlar (Parallelepiped)

Tüm sınıflar için eğitim alanlarındaki verilerinin minimum ve maksimum limitleri her bant için ayrı ayrı bulunur. Bu ifade Şekil 5,7.'de gösterildiği üzere iki boyutlu diyagramda paralel kenarlarla tanımlanan bir alan biçiminde belirlenir. Herhangi bir pikselin sınıflandırılabilmesi için bu alanlardan hangisinin kapsayıp kapsamadığı irdelenir. Sonuç olarak hangi alan tarafından kapsanıyorsa piksel o sınıfa etiketlenir.



Şekil 5.7: Paralel hatlar sınıflandırması (Lillesand vd., 2008).

Bu sınıflandırmada kovaryanslara duyarlı olmadığından, hiçbir sınıfa etiketlenemeyen ve üst üste gelen arazi yüzeyleri sınıflandırılmış görüntüde ortaya çıkacaktır. Böyle durumlarda, sınıfı bilinmeyen veya birden fazla sınıfta etiketlenen pikseller için değişik sınıflandırma teknikleri uygulanabilir.

Tanımlanan sınıflara eğilimi kovaryans değeri tayin eder. Örneğin, Şekil 5.7.'de W ile tanımlanan sınıf sola eğilimli olmasından ötürü eksi kovaryansa sahip iken C ve H ile tanımlanan sınıflar sağa eğilimli olmasından ötürü artı kovaryansa sahiptir. U ile tanımlanan sınıf ise hemen hemen dairesel dağılım gösterir. Bu tablo sınıfın ölçüleri arasında kovaryansın olmadığını gösteren bir durumdur. Kovaryansın varlığı durumunda eğitilmiş sınıf adımı bulunan sonuç değerlerden oluşan alanları paralel kenar ile ifadelendirmek yeterli olmaya bilir (Ayhan vd., 2003).

En büyük olasılık (maximum likelihood), ortalamaya en kısa mesafe (minimum distance to mean) ve paralel hatlar (parallelepiped) sınıflandırmada sıklıkla kullanılan piksel tabanlı yöntemler yalnızca spektral veriyi kullanır. Bundan ötürü

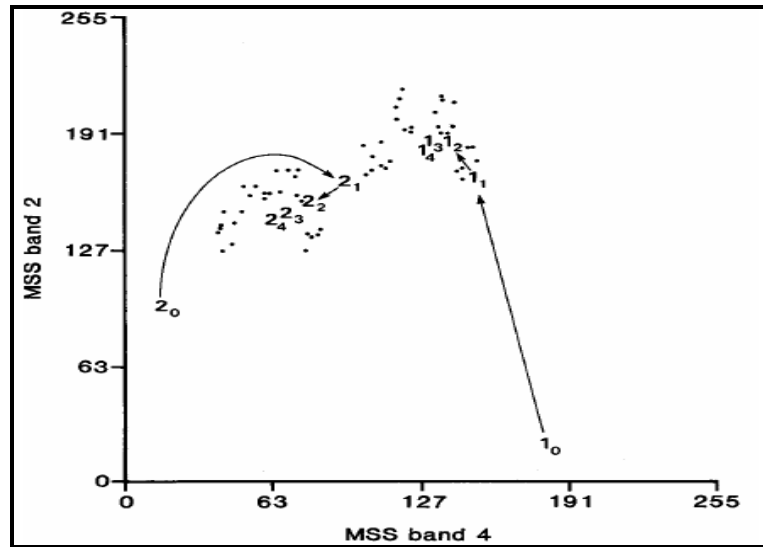
piksel tabanlı sınıflandırma yaparken yüksek çözünürlüklü multispektral görüntülerde kısıtlı bir yeteneğe sahiptirler (Jenson 1996, Davis ve Wang 2002).

### 5.2.2 Eğitimsiz (Kontrolsüz) sınıflandırma

Sınıflandırma yapılacak arazi yüzeyine ait herhangi bir eğitim alanı verisi olmaması ya da yetersiz verinin olması halinde uygulana sınıflandırma tekniğidir. Görüntü içerisindeki her bir pikselin değişik spektral banttaki yansıma değeri veri tabanında gruplar oluşturmaktadır (Şekil 5.8.). Veri tabanındaki her grup tanımlanan bir sınıfı temsil eder. Bundan ötürü eğitimsiz sınıflandırmanın sonucunda oluşturulan sınıflar spektral sınıfları ifade eder (Lillesand vd., 2008).

Görüntüyü sınıflandırmak için ilk olarak veri gruplara bölünür. Daha sonra oluşturulan veri gruplarının tanımlanan sınıflardan hangisine atanacağını tespiti yapılmalıdır. Dolayısıyla oluşturulan spektral sınıfların referans alınacak farklı bir veri grubu ile kıyaslanarak arazi yüzeyinde karşılığı olan sınıfa etiketlenmesi yapılarak sınıfı belirlenir.

Görüntü üzerindeki naturel spektral kümelerin belirlenebilmesi amacıyla farklı kümeleme teknik ve yöntemleri vardır. Sıklıkla tercih edilen “K-means” (K ortalama) değer algoritmasıdır. Sınıflandırma algoritmasında ilk olarak spektral grupların merkezi isteğe bağlı olarak yerleştirilir ve tüm pikseller isteğe bağlı ortalama vektöre en kısa mesafede olan gruba etiketlenir. İkinci adımda grupların hepsi için ortalama vektör yeniden bulunur ve bu hesap iterasyonları arasındaki ortalama sınıf vektörü mesafelerindeki ayırım önemsiz olana değin tekrarlanır. (Lillesand vd., 2008).



Şekil 5.8: Eğitimsiz sınıflandırma (Türker, 2006)

### 5.3 Nesne Tabanlı Sınıflandırma

Bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler ve yüksek çözünürlüklü görüntülerin çekilebilir olması ile nesne tabanlı sınıf analizlerine ihtiyaç duyulmaya başlanmıştır (De Kok vd., 1999). Teknolojideki gelişmeler, piksel tabanlı sınıflandırma tekniklerinin arazi yüzeyinin yüksek doğrulukla sınıflandırılmadığını ortaya koymuştur. Elde edilen sınıflarda, heterojen spektral yansıma karakteristiklerinin birimleri ve bunların istatistiksel farkındalıklarının belirlenerek tanımlamaya yönlendirmiştir (Pu vd., 2011).

Nesneler ile sınıflama yapma düşüncesi, çoğu görüntü verisinde sıklıkla kullanılan sınıflandırma algoritmalarında bulunmayan karakteristik dokusal veriyi içermeye geçmiştir (Blaschke ve Strobl, 2001). Yaygın olarak kullanılan piksel tabanlı sınıflandırma algoritmaları, bütün pikseller için n-boyutlu veri vektörünü bütün sınıfların prototip vektörü ile kıyaslayarak, görüntü içindeki bütün pikselleri sınıflandırır. Veri vektörü çoğunlukla piksellerin bantlardan yansıyan gri ölçülerden ya da bu gri ölçülerden bulunan dokusal ya da içeriksel ölçülerden meydana gelir. İçeriksel ya da dokusal ölçüler bant içerisindeki değişimlerin dağılımları hakkında bilgi barındırır. Nesne tabanlı sınıflandırma teknikleri doğrudan tek tek pikseller üzerinde çalışmaz, görüntü segmentasyonu sonucunda oluşturulan ve anlamlı bir şekilde gruplanmış, birden fazla pikselin oluşturduğu nesnelere çalışır. Sonrasında pikseller yerine sınıflandırma birimi olarak bu nesnelere kullanılır (Carleer ve Wolff 2006, Blaschke 2010). Ayrıca piksel tabanlı sınıflandırma tekniklerinde kullanılan spektral ve dokusal bilgiye ek olarak şekil karakteristiklerini ve komşuluk yakınlıkları kullanılır (Shackelford ve Davis, 2003).

Segmentasyon ve sınıflandırma aşamaları nesne tabanlı sınıflandırmayı temelde iki adımdan oluşmaktadır.

#### 5.3.1 Segmentasyon Aşaması

Görüntü segmentasyonu nesne tabanlı sınıflandırmanın temel adımıdır. Görüntü segmentasyonunun özelliği nesne tabanlı tekniklerin başarısına yüksek oranda etki eder. Yalnızca başarılı segmentasyon ile yapılan nesne tabanlı sınıflandırma piksel tabanlı sınıflandırmaya kıyasla daha doğru bir sınıflandırma yapar (Yan vd., 2006). Görüntü segmentasyonu yöntemleri temelde iki başlıkta irdelenir: Sınır tabanlı (boundry based) (Zhang 1997, Nicolin ve Gabler 1987, Janssen ve Molenaar 1995,

Guindon 1997) ve Alan tabanlı (region based). Benzerlik karakteristiğine göre alan tabanlı algoritmalarda alanlar belirlenir (Zhang, 1997). Değişik algoritmaları alan tabanlı yöntemlerde de karşılaşmak olasıdır. İlk olarak tek tek her piksel ayrı bir nesne olarak belirlenir. İteratif adımlarla bu küçük nesnelere birleştirilir ve daha büyük nesnelere oluşur. (Baatz vd., 2004). Bu birleştirme kriteri, büyüklükleri ile ağırlıklandırılan nesnelere ortalama heterojenliğini minimize eder (Baatz ve Schape 2000; Benz vd. 2004).

Nesnelere sürekli olup olmadığı sınır tabanlı yöntemler ile denetlenerek dış hatlarını tayin edilir (Zhang, 1997). Değişik algoritmaları sınır tabanlı yöntemlerde de karşılaşmak olasıdır. Örneğin, “en iyi kenar belirleme” (optimal edge detector) algoritmasında öncelikle görüntüye bir filtre geçirilir. Komşu olan kenarların ayrılması sağlandıktan sonra detaylara ait konturlar elde edilir. Konturlar kapatılır ve her bir kapalı çizginin içi bir detay olarak tanımlanmıştır (Canny 1986, Cocquerez ve Philipp 1995).

### 5.3.2 Sınıflandırma Aşaması

Belirlenen kriterler sonucunda homojen nesnelere segmentasyon adımıyla bulunur. Bu işlem sonucunda sınıflandırma kümesi olarak nesnelere pikseller yerine kullanılabilir. Segmentasyon işlemi ile tayin edilen her bir nesnenin kullanıcı tarafından tayin edilen sınıflara atanması sınıflandırma adımıyla yapılır.

Geleneksel piksel tabanlı tekniklerden değişik olarak nesne tabanlı teknikler bulanık mantık sınıflandırma yapmaya imkân verir.

Piksel tabanlı sınıflandırma ile kıyaslandığında nesne tabanlı sınıflandırma stratejisi, bir fazla sebepten ötürü sınıflandırmanın doğruluğunu artırdığı görülmüştür (Pu vd., 2011).

- Görüntüyü nesnelere ayırmak insanoğlunun yeryüzünü kavramsal olarak düzenlemesi ile çok benzerdir (Hay ve Castilla, 2008).
- Spektral özelliklerin yanı sıra görüntüdeki doku ve yapısal özellikler (diğer nesnelere olan ilişki) ile bazı şekilsel ve geometrik özelliklerin (form, şekil, jeomorfoloji) kullanımını sağlar (Yu vd. 2006, Hay ve Castilla 2008).
- Görüntüden çıkartılacak olan nesne farklı seviyelerle ilişkilendirilmiş olabilir ve bu seviyeler analiz sistemlerinde kullanılabilir (Kux ve Araujo, 2008).

#### 5.4 Bulanık Mantık Sınıflandırma (Fuzzy Classification)

Karakteristiği yaklaşık spektral imzaya sahip olan değişik materyaller, nesnelere arasındaki spektral ayrışımı da güçleştirmektedir (Bouziani vd., 2010). Bir fazla arazi yüzeyi örtüsü türü spektral karakteristiği yaklaşık yansıma değerlerini içerir. Yaklaşık aynı karakteristiğe sahip olmanın yanı sıra, uzaktan algılama görüntülerinde yalnızca bir sınıfla ilişik olduğunun tayin edilmesinin zor olduğu karma piksellerde vardır. Bulanık mantık (fuzzy) sınıflandırma algoritmaları pikselin birçok sınıfa aidiyetliğine imkân sağlar. Böylelikle veri yapısı daha iyi temsil edilebilir (Bardossy ve Samaniego, 2002).

Lotfi A. Zadeh tarafından 1965 yılında bulunan bulanık mantık kavramının sınıflandırma çalışmalarında sıklıkla kullanımı ancak 1980'li yıllarda olmuştur. Birçok sistemin tanımlanmasında ise günümüzde sıkça kullanılır hale gelmiştir. Bulanık mantığın amacında yüksek/alçak, evet/hayır ve doğru/yanlış gibi ölçülerin kıyaslamasını tanımlamak için geçiş ölçülerine müsaade eden birden fazla sayıda ölçüyü sahip olmak gerekir. Yeterince uzun ya da gereğinden fazla hızlı gibi sözel terimler matematiksel olarak formüle edilebilir ve bilgisayarlar tarafından işlenebilir (Hellman, 2001).

Yeryüzündeki bir fazla detayın da bulanık olduğu reelitesi sınıflandırma çalışmalarında bulanık mantık kavramı ortaya çıkarmıştır. Yeryüzünde bir arazi örtüsünden başka bir arazi örtüsüne geçişte kesin sınırların bulunmadığı aşikârdır. Bu şartlarda daha reel bir sınıflandırma yapmak için bulanık mantık kavramını kullanma gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Arazi yüzeyi sınıfları fuzzy setler, pikseller ise bu setlerin elemanları olarak bulanık görüntü sınıflandırmada tanımlanırlar. Tüm pikseller, sınıflar için tanımlanan 0 ile 1 arasında farklılık gösteren üyelik derecesine sahiptir ve böylelikle birçok sınıfa aidiyetlik mümkün hale gelir (Gao, 2009).

$$f_{class} = [\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n] \quad (5.3)$$

Piksellerin üyelik ölçüleri her bir sınıf için değışe bilirlik göstermektedir. Değer skalasında 1 değeri pikselin o sınıfa ait tam üyeliği refere ederken, 0 değeri hiçbir üyeliğin olmadığı durumu refere eder. Arada kalan değerler ise büyüklükleri oranında üyeliğin olabilirliğini refere ederler. Her bir piksel, hangi sınıf için en yüksek üyelik değerine sahipse o sınıfa etiketlenir. Sınıflandırma aşamasında bir eşik değeri belirlenerek bu değerden yüksek olan üyelik değerlerinde sınıflandırmanın yapılması, aksi durumda farklı değerlendirmelerin ele alınması olanaklı hale getirilebilir. İki

üyelik değerinin birbiriyle aynı değer olması halinde ise piksel için bu durum yalnızca spektral değerleri kullanılarak sınıflandırma işleminin yapılamayacağıının bir göstergesidir. Sınıflandırma yapmak için seçilen verinin ve yöntemin tekrardan gözden geçirilmesi gerekir.



## 6. UYGULAMA

Uydu görüntüleri ve hava fotoğrafları uzaktan algılamanın temel altlıklarındandır. Günümüzde analog ve analitik sistemlerin, bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler ile birlikte yerini dijital sistemlere bırakması sonucunda-görüntülerin işlenmesi, iletimi ve depolanması en önemli sorun olmuştur. Bu sorunlar görüntü sıkıştırma teknikleri kullanılarak giderilmeye çalışılmaktadır. Bu tez çalışmasında; görüntünün işlenmesi, iletilmesi ve depolanması problemlerine çözüm getiren sıkıştırma tekniklerinin sınıflandırma doğruluğuna etkisi araştırılmıştır. Bu kapsamda kaynak veri olarak Landsat 8 (.TIFF formatında) (10 bant, 30 m çözünürlüklü) uydu görüntüsü geometrik düzeltmesi yapılmış olarak URL\_1 internet adresinden temin edilmiştir. Landsat 8 uydu görüntüsü; MrSID, ECW ve JPEG2000 görüntü formatlarıyla kayıpsız ve 10:1, 20:1, 30:1, 40:1, 50:1/60:1 oranında kayıplı sıkıştırılarak yeni görüntüler elde edilmiştir. Orijinal ve sıkıştırılmış (kayıpsız ve kayıplı) görüntülerde piksel tabanlı (en büyük olasılık yöntemi) sınıflandırma gerçekleştirilmiştir. Sıkıştırılmış görüntülerin sınıflandırılmasında sınıf imzaları olarak; (a) sıkıştırılmamış görüntüden toplanan imzalar ve (b) sıkıştırılmış görüntüden toplanan imzalar ayrı ayrı kullanılmıştır. Sınıflandırma doğruluğunun tespiti; sınıflandırma ile elde edilen yeni görüntüdeki her bir pikselin gerçek arazi örtüsü değerlerini temsil eden referans verilerle karşılaştırılarak yapılmıştır. Referans veri olarak Vexcel UltracamX dijital hava kamerası ile çekilen (4 bantlı ve 30 cm çözünürlüklü) hava fotoğraflarından üretilen ortofoto kullanılmıştır. 120 referans noktasında; referans görüntü sınıfı ile kayıpsız ve farklı oranlarda sıkıştırılmış kayıplı görüntülerdeki sınıflar hata matrisi yöntemi ile karşılaştırılarak sınıflandırma doğruluğu tespit edilmiştir.

### 6.1 Çalışma Bölgesi

Çalışma bölgesi olarak Ankara'nın güneyinde Gölbaşı bölgesi seçilmiştir. Yaklaşık 300 km<sup>2</sup> bölgeyi kaplayan alanda, detay farklılığı bakımından oldukça çeşitlidir. Çalışma bölgesinde öncelikle büyük yerleşim alanları, tarım alanları ve su detayı

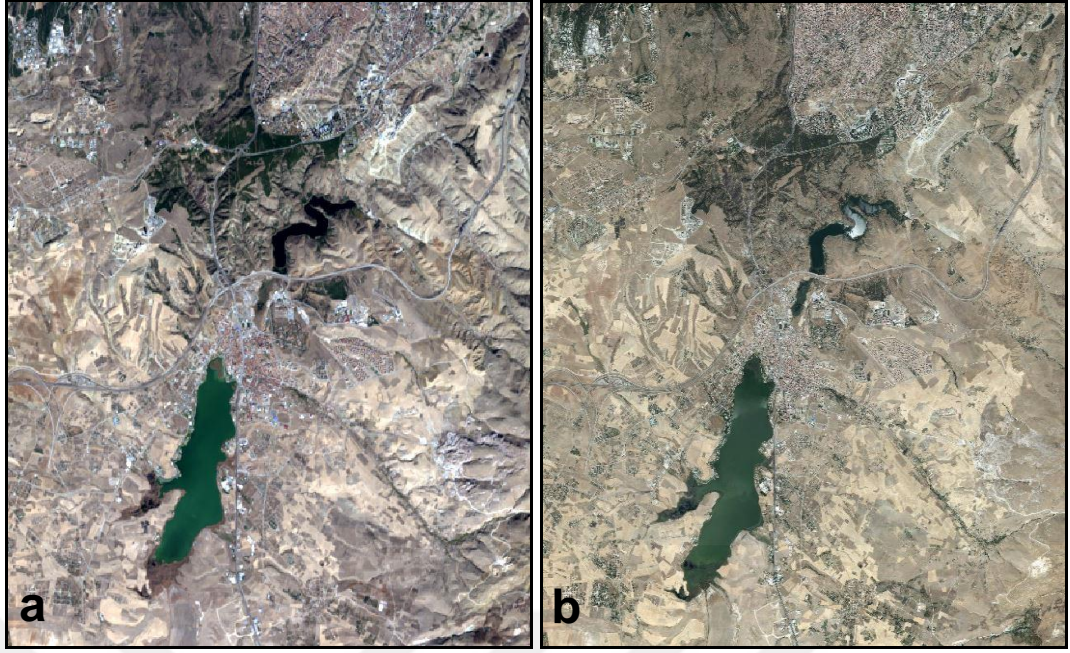
olarak göller göze çarpmaktadır. Dolayısıyla, sınıflandırma ile tespit edilecek detay çeşitliliği bakımından çalışma alanının zengin olduğu değerlendirilmiştir. Çalışma bölgesi Şekil 6.1.'de gösterilmiştir.



**Şekil 6.1:** Çalışma bölgesi Landsat 8 uydu görüntüsü.

## 6.2 Uygulamada Kullanılan Veriler

Uygulama çalışmasında, sınıflandırma için kaynak veri olarak Landsat 8 (10 bant, 30 m çözünürlüklü) uydu görüntüsü, sınıflandırılmış görüntüde sınıf doğruluğunu tespit etmek amacıyla sayısal hava fotoğraflarından (4 bant, 30 cm çözünürlüklü) üretilen ortofoto görüntü kullanılmıştır (Şekil 6.2.).



**Şekil 6.2:** Uygulamada kullanılan veriler a.Landsat 8 uydu görüntüsü b. ortofoto görüntü.

Landsat8 uydu görüntüsü geometrik düzeltmesi yapılmış olarak URL\_1 internet adresinden temin edilmiştir. Tez çalışmasında 15 m çözünürlüklü pankromatik bant haricindeki bütün bantlar kullanılarak orijinal görüntü elde edilmiştir. Görüntü alım tarihi 29 Ekim 2013'dur. Çizelge 6.1.'de Landsat 8 uydu görüntüsü bant çözünürlüğü.

**Çizelge 6.1:** Landsat 8 uydu görüntüsü bant çözünürlüğü.

Spektral Aralık	Dalgaboyu	Çözünürlük
Band 1-Kıyı/Aerosol	0,433-0,453 $\mu\text{m}$	30 m
Band 2- Mavi	0,450-0,515 $\mu\text{m}$	30 m
Band 3- Yeşil	0,525-0,600 $\mu\text{m}$	30 m
Band 4- Kırmızı	0,630-0,680 $\mu\text{m}$	30 m
Band 5-Yakın Infrared	0,845-0,885 $\mu\text{m}$	30 m
Band 6- Kısa Dalga Infrared	1,560- 1,660 $\mu\text{m}$	30 m
Band 7- Kısa Dalga Infrared	2,100-2,300 $\mu\text{m}$	30 m
Band 8- Pankromatik	0,500-0,680 $\mu\text{m}$	15 m
Band 9- Sırrus	1,360- 1390 $\mu\text{m}$	30 m

Hava Fotoğrafı: Vexcel UltracamX dijital hava kamerası ile elde edilen 1/40.000 ölçekli hava fotoğrafları 4 bantlı ve 30 cm çözünürlüğe sahiptir. Bu görüntülerden üretilen ortofotolar Harita Genel Komutanlığından temin edilmiş olup, görüntü alım

tarihi 28 Ağustos 2013'dir. Çizelge 6.2.'de Dijital hava kamerasının genel özellikleri gösterilmiştir.

**Çizelge 6.2:** Dijital hava kamerasının genel özellikleri.

<b>Kamera Adı</b>	Vexcel UltracamX
<b>Resim Boyutları</b>	9420 piksel
	14430 piksel
<b>Odak Uzaklığı</b>	100.5 mm
<b>Piksel Büyüklüğü</b>	7.2 $\mu$
<b>Film_Height</b>	103.896000
<b>Film_Width</b>	67.824000
<b>Principal_Point</b>	-0.144000      -0.000000

### 6.3 Uygulamada Kullanılan Yazılımlar

ERDAS Imagine 2014 Yazılımı: Hava fotoğrafları ve uydu görüntülerinin görüntülenmesi, işlenmesi, zenginleştirilmesi ve analizlerin yapılabilmesi işlemlerine imkan sağlayabilen bir görüntü işleme yazılımıdır. Uzaktan algılama uygulamaları için elverişlidir (Erdas, 2014).

ArcGIS 10.2 Yazılımı: ESRI firması tarafından geliştirilen, ArcMap, Arc Catalog, Arc Toolbox gibi birden fazla yazılımı içeren çok yönlü bir CBS yazılımıdır. Vektör verinin üretilmesinden sunumuna kadar birçok işlemin yapılmasına olanak sağlar. Ayrıca, çok sayıda konumsal sorgulama ve analiz için kullanıcıya kolaylıklar sağlayan bir ara yüze sahiptir.

GeoExpress 9.5 Yazılımı: LizardTech GeoExpress raster görüntüleri ve ham LiDAR verilerini sıkıştıran bir yazılımıdır. MrSID formatında yüksek boyutlu görüntü ve veri kümelerini yüksek kalitede daha küçük boyutlarda sıkıştırır. MrSID dosya formatı birçok CBS ve görüntü işleme yazılımlarınca desteklenmektedir.

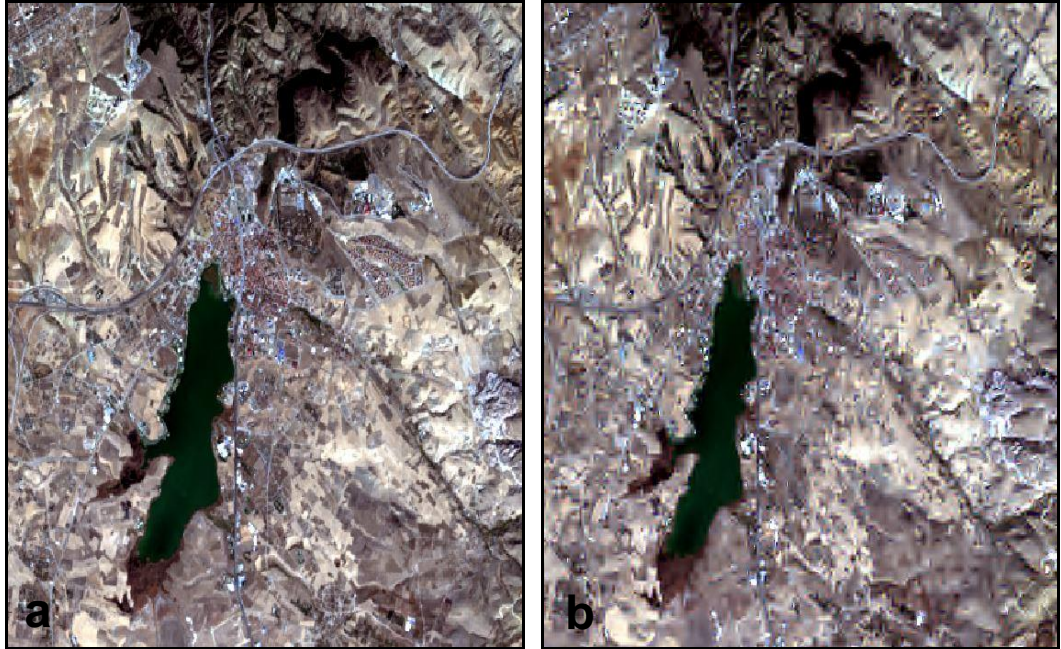
### 6.4 Görüntü Sıkıştırma

Sıkıştırılmamış görüntü olan Landsat 8 (.TIFF) uydu görüntüsü (10 bant, 30 m çözünürlüklü) Erdas Imagine 2014 ve GeoExpress 9.5 yazılımları kullanılarak; ECW, JPEG2000 ve MrSID görüntü formatlarıyla kayıpsız ve 10:1, 20:1, 30:1, 40:1, 50:1/60:1 oranında kayıplı sıkıştırılarak yeni görüntüler elde edilmiştir. Görüntü

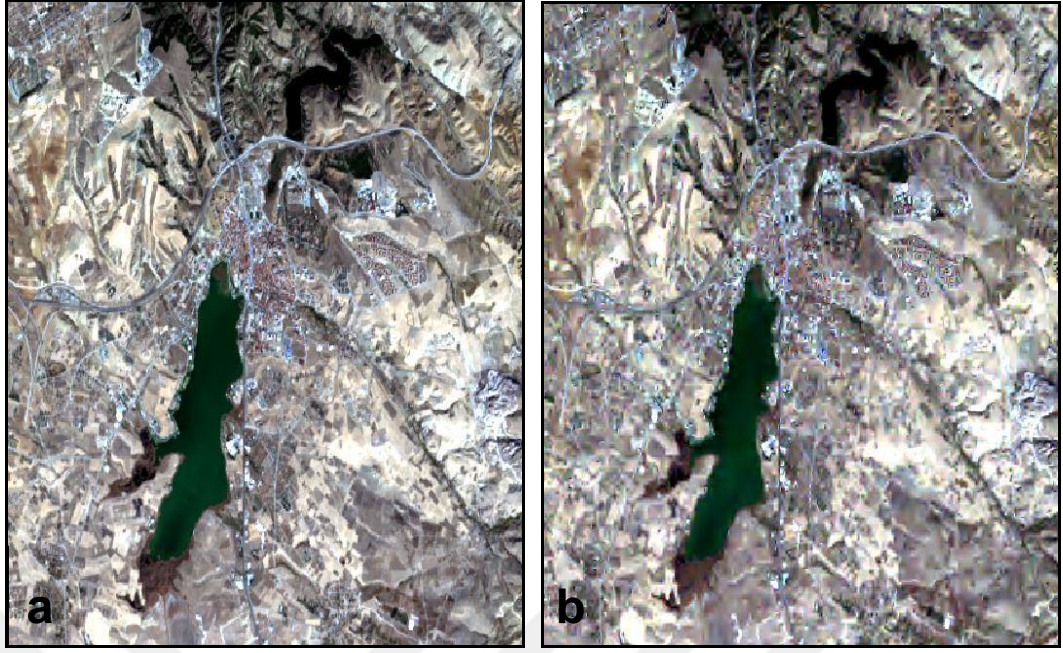
sıkıştırılmada kullanılan sıkıştırma tekniğine ve görüntünün homojenlik seviyesine göre hedeflenen sıkıştırma oranı ile gerçek sıkıştırma oranı farklılık göstermektedir. Çizelge 6.3.'de hedeflenen sıkıştırma oranlarının yanında gerçek sıkıştırma oranları ve boyutları kilobayt (KB) olarak verilmiştir. Şekil 6.3. ECW görüntü formatı a. kayıpsız b. 40:1 sıkıştırılmış görüntüler gösterilmiştir. Şekil 6.4. JPEG2000 görüntü formatı a. kayıpsız b. 40:1 sıkıştırılmış görüntüler gösterilmiştir. Şekil 6.5. MrSID görüntü formatı a. kayıpsız b. 40:1 sıkıştırılmış görüntüler gösterilmiştir.

**Çizelge 6.3:** Görüntü formatlarına göre hedeflenen ve gerçek sıkıştırma oranları ile boyutları kilobayt (KB).

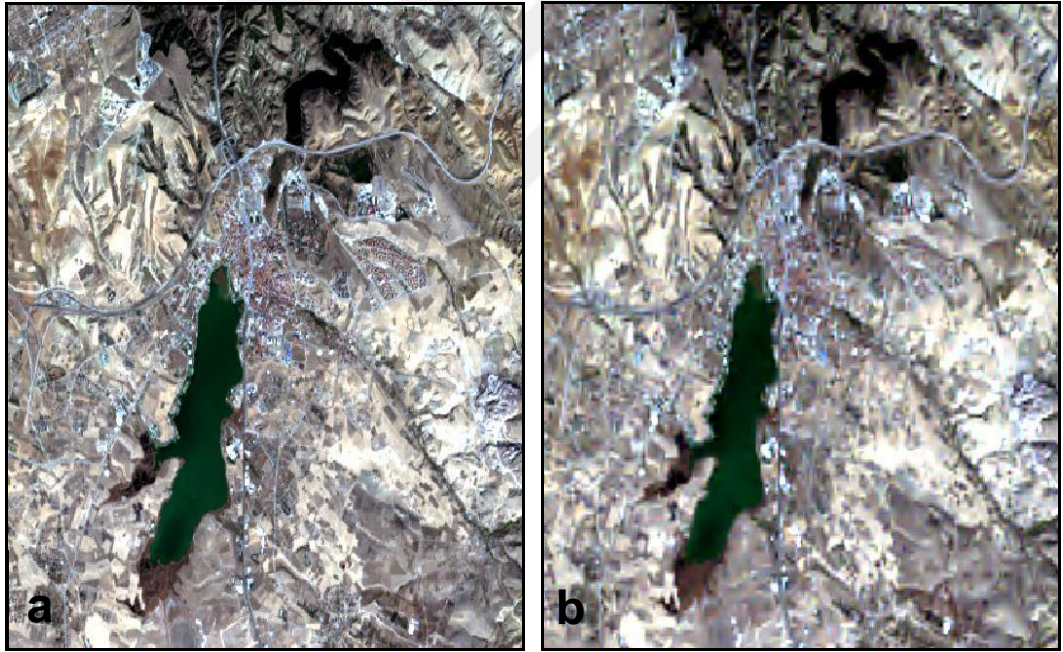
	Hedeflenen Sıkıştırma Oranı / Gerçek Sıkıştırma Oranı					
	Toplam Boyut (KB)					
<b>TIF</b>	Kayıpsız / 1:1 8448	-	-	-	-	-
<b>ECW</b>	Kayıpsız / 3:1 3117	10:1 / 4:1 2140	20:1 / 4:1 1954	30:1 / 5:1 1877	40:1 / 5:1 1817	60:1 / 5:1 1738
<b>MRSID</b>	Kayıpsız / 2:1 4025	10:1 / 12:1 685	20:1 / 25:1 344	30:1 / 37:1 230	40:1 / 49:1 173	60:1 / 73:1 116
<b>JPG2000</b>	Kayıpsız / 2:1 4079	10:1 / 7:1 1182	20:1 / 13:1 633	30:1 / 18:1 463	40:1 / 26:1 331	50:1 / 31:1 275



**Şekil 6.3:** ECW görüntü formatı a. kayıpsız b. 40:1 sıkıştırılmış görüntü.



**Şekil 6.4:** JPEG2000 görüntü formatı a. kayıpsız b. 40:1 sıkıştırılmış görüntü.



**Şekil 6.5:** MrSID görüntü formatı a. kayıpsız b. 40:1 sıkıştırılmış görüntü.

Uygulamada kullanılan GeoTIFF formatındaki sıkıştırılmamış orjinal görüntü 16 bit dir. Bazı sıkıştırma algoritmaları radyometrik çözünürlüğü’de düşürerek sıkıştırma yapmaktadır. Çalışmada yapılan sıkıştırma algoritmaları radyometrik çözünürlükte herhangi bir değişiklik yapmadan çalışılmıştır.

Literatür araştırması sonucunda sıkıştırma tekniklerinin geometrik doğruluğa etkisi konulu uygulamalar incelendiğinde belli bir sıkıştırma oranına kadar ölçüm yapılan

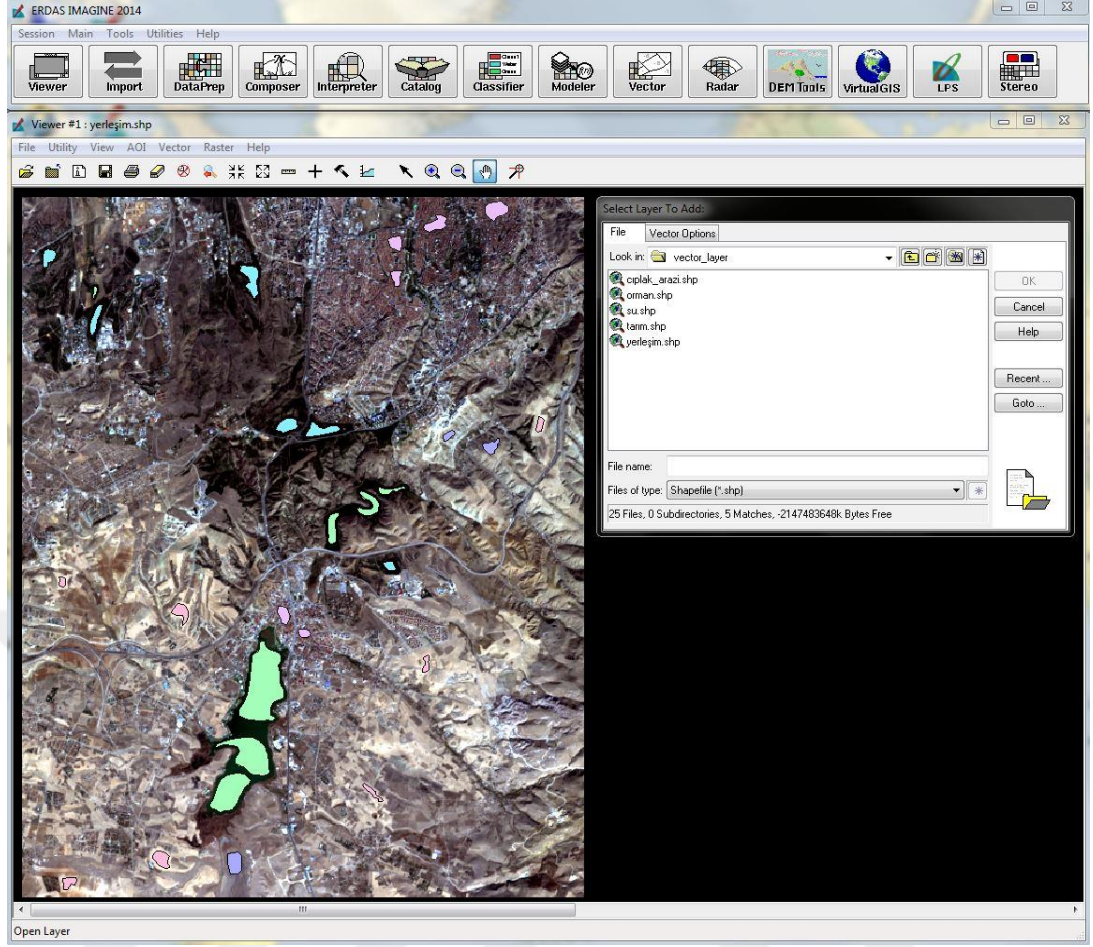
noktalarda koordinat farklarından hesaplanan karesel ortalama ve mutlak hata değerleri kabul edilebilir değerde iken belli bir sıkıştırma oranından sonra elde edilen görüntüler geometrik doğruluk bakımından hatalı olacağı için bu sonuçların yeni çalışmalara ışık tutacağı değerlendirilmektedir.

Tez çalışmamızda sıkıştırma tekniklerinin sınıflandırma doğruluğuna etkisini irdelemek ana hedef olduğu için sıkıştırma tekniklerinin geometrik doğruluk ve radyometrik çözünürlüğe etkileri literatür araştırması sonucunda bu konuları irdeleyen uygulamalardan çıkarımlar yapılarak geçilmiştir.

### **6.5 Görüntü Sınıflandırma**

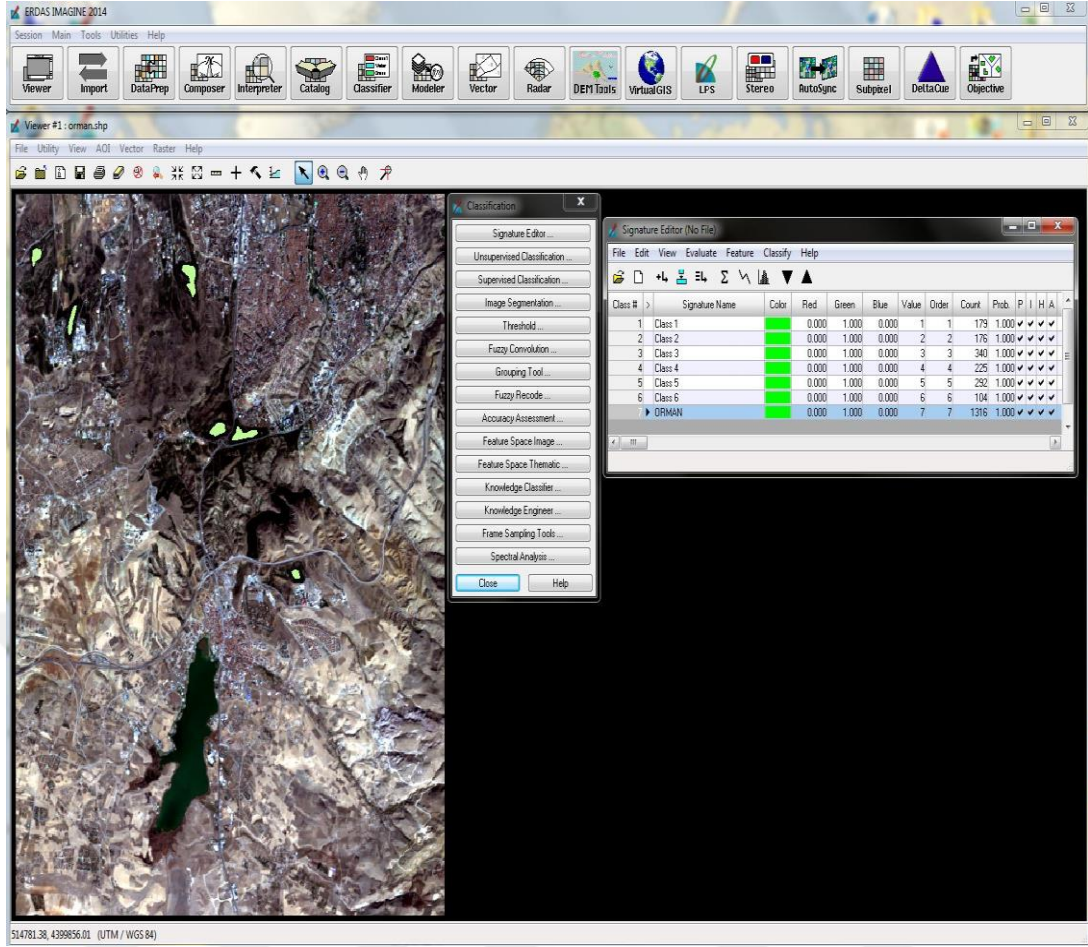
Uygun detay sınıflarının belirlenebilmesi için seçilen alanların spektral değerlerinin birbirinden farklı olmasına dikkat edilmelidir. İç ve dış etkenler alan içindeki yakın karakteristiğe sahip arazi yüzeyi örtülerin değişik spektral ölçülere ya da değişik karakteristiğe sahip arazi yüzeyi örtülerin yakın spektral ölçülere sahip olabilir. Bu faktörler sınıflandırmanın doğruluğunu direkt olarak etkiler.

Uygulama kapsamında Landsat 8 uydu görüntüsü kullanılarak piksel tabanlı sınıflandırma için en büyük olasılık algoritması ile sınıflandırma yapılmıştır. Piksel tabanlı sınıflandırma yapmada ilk işlem adımı uydu görüntüsü üzerinden eğitim alanlarının (örneklem) belirlenmesidir. Erdas Imagine 2014 yazılımının “Vector Modülü” kullanılarak 5 detay sınıfı için eğitim alanları bölgeleri belirlenmiştir. Oluşturulan eğitim alanlarının (örneklem) doğruluğu sınıflandırılmış görüntü doğruluğuna direkt olarak etki etmektedir. Tez çalışmasında kullanılan farklı format ve sıkıştırma oranlarına sahip görüntüler için farklı eğitim alanlarının belirlenmesi sınıflandırılmış görüntü doğruluğunu direkt olarak etkileyecektir. Dolayısıyla, görüntü üzerinde vektör yapıda eğitim alanları bölgeleri belirlenmiş, eğitim alanları her görüntüde de aynı alanlardan toplanmıştır. Şekil 6.6.’da vektör yapıdaki eğitim alanları bölgesi gösterilmiştir. Bu işlemde eğitim alanlarının yeryüzündeki gerçek sınıfları temsil edebilmesi için 30 cm çözünürlüklü hava fotoğraflarından da yararlanılmıştır.



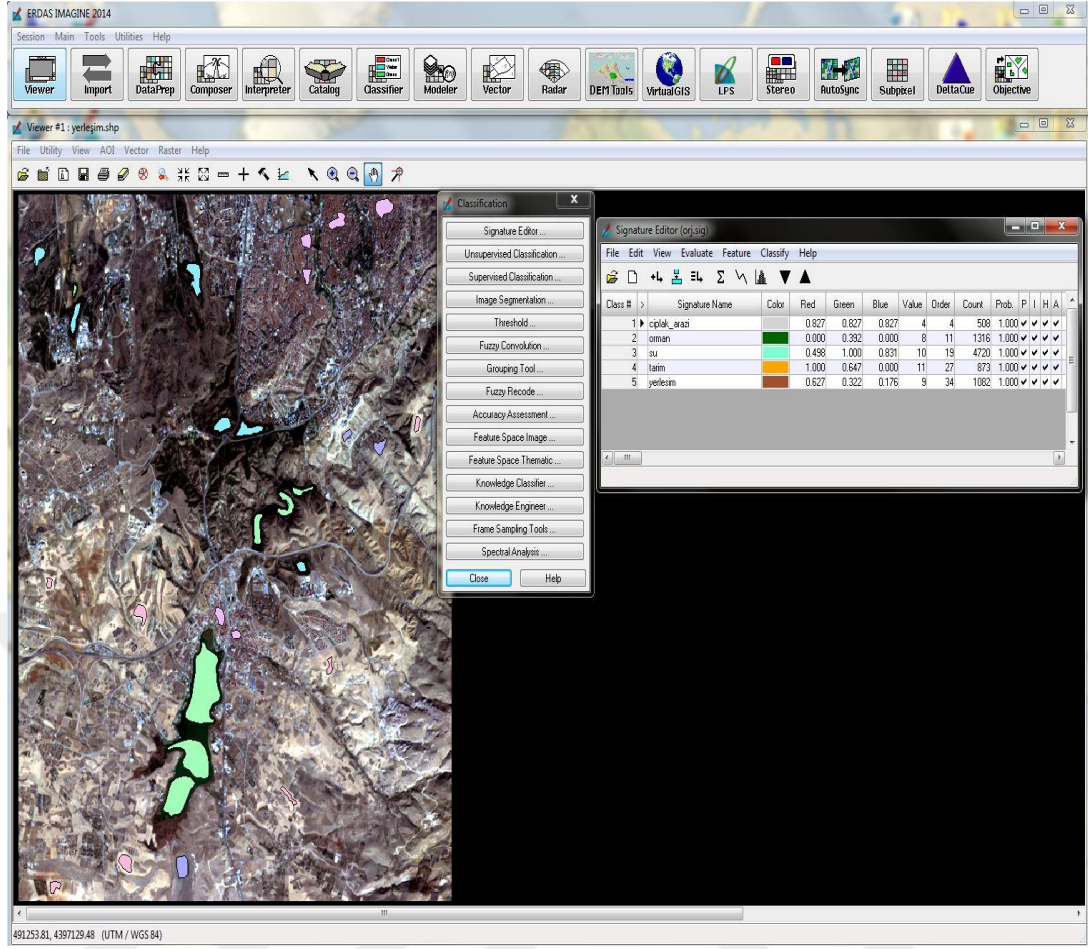
**Şekil 6.6:** Vektör yapıdaki eğitim alanları bölgesi.

Yüksek doğruluğa sahip sınıflandırılmış görüntüler üretebilmek için belirlenecek eğitim alanlarının (örneklem) görüntü geneline yayılmış olmasına ve temsil ettiği sınıfı sembolize etmesine dikkat edilmelidir. Dolayısıyla eğitim alanları toplanırken yalnızca bir tek bölgeden değil, arazideki birden fazla bölgeden küçük parçalar halinde toplanmış ve Signature Editör Modülü kullanılarak tanımlanan sınıfları temsil eden eğitim alanları üretilmiştir. Böylelikle tanımlanmış sınıfların doğruluğu yüksek bir şekilde temsil edilmesi sağlanmıştır. Örnek olarak Şekil 6.7’de orman sınıfına ait eğitim alanları gösterilmiştir.



Şekil 6.7: Orman sınıfına ait eğitim alanları.

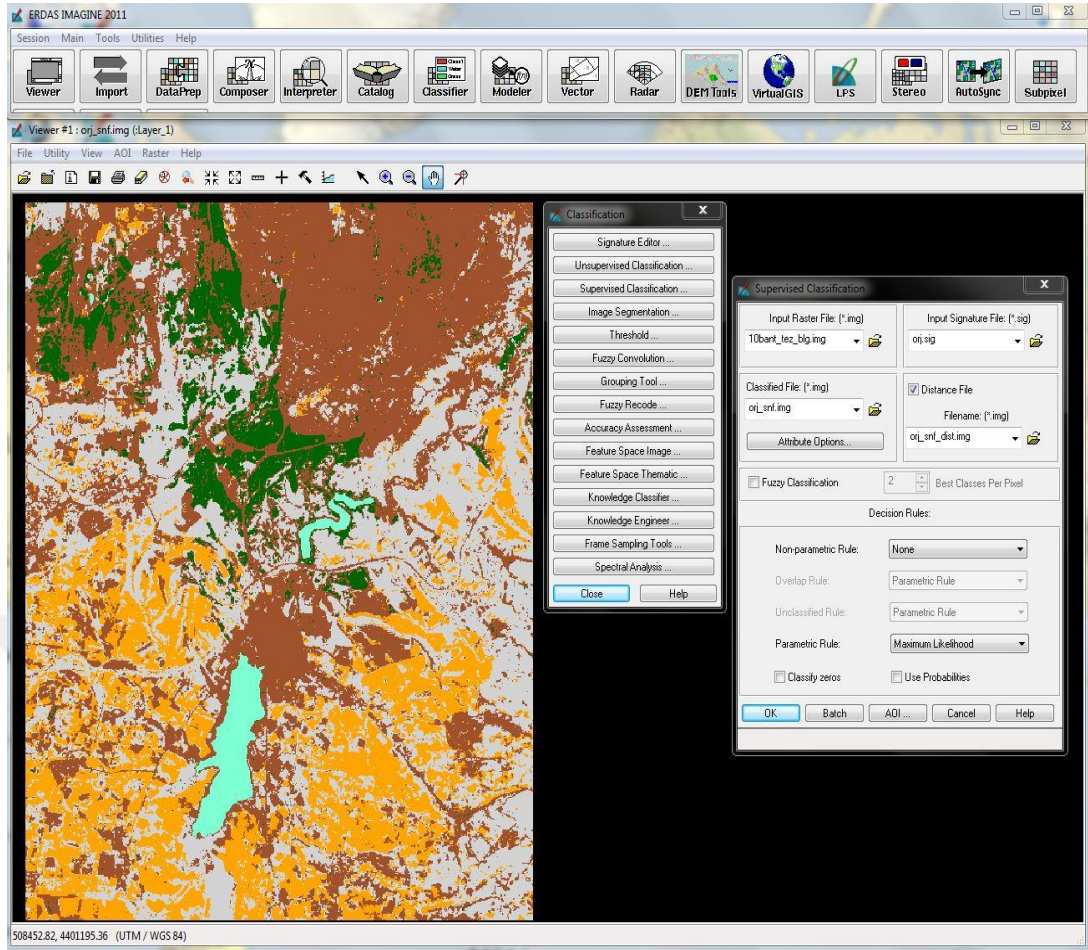
5 detay sınıfı (çıplak arazi, orman, su, tarım ve yerleşim) için görüntüye dağılmış birden fazla eğitim alanından eğitim sınıfları .sig formatında farklı format ve sıkıştırma oranına sahip görüntüler için ayrı ayrı oluşturularak görüntü sınıflandırması için girdi veri olarak kullanılmıştır. Şekil 6.8.'de 5 detay sınıfına ait semboloji gösterilmiştir.



Şekil 6.8: 5 detay sınıfına ait semboloji.

### 6.5.1 Sıkıştırılmamış görüntü sınıflandırma

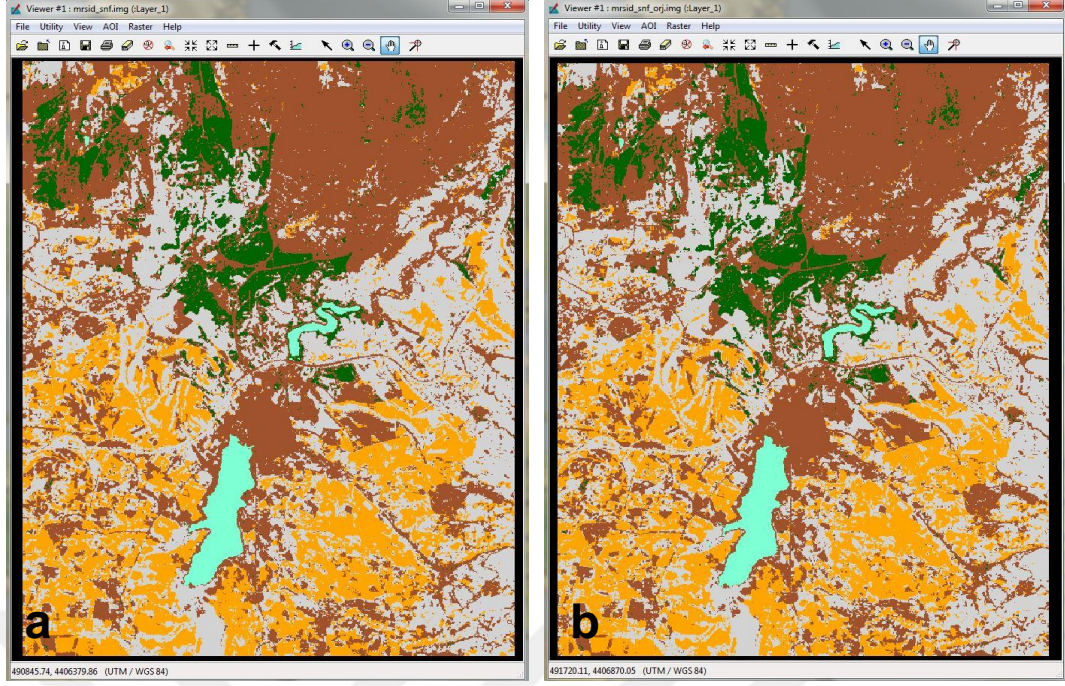
Orijinal görüntü olan Landsat8 uydu görüntüsü geometrik düzeltmesi yapılmış olarak “www.earthexplorer.usgs.gov” internet adresinden .img formatında temin edilmiştir. Sıkıştırılmamış görüntü üzerinde vektör yapıdaki 5 detay sınıfına ait alanlardan signature modülü kullanılarak .sig formatında eğitilmiş sınıflandırma için girdi verisi oluşturulmuş ve piksel tabanlı (en büyük olasılık algoritması) sınıflandırma yapılmıştır. Şekil 6.9’da Landsat 8 uydu görüntüsünün piksel tabanlı sınıflandırılması gösterilmiştir.



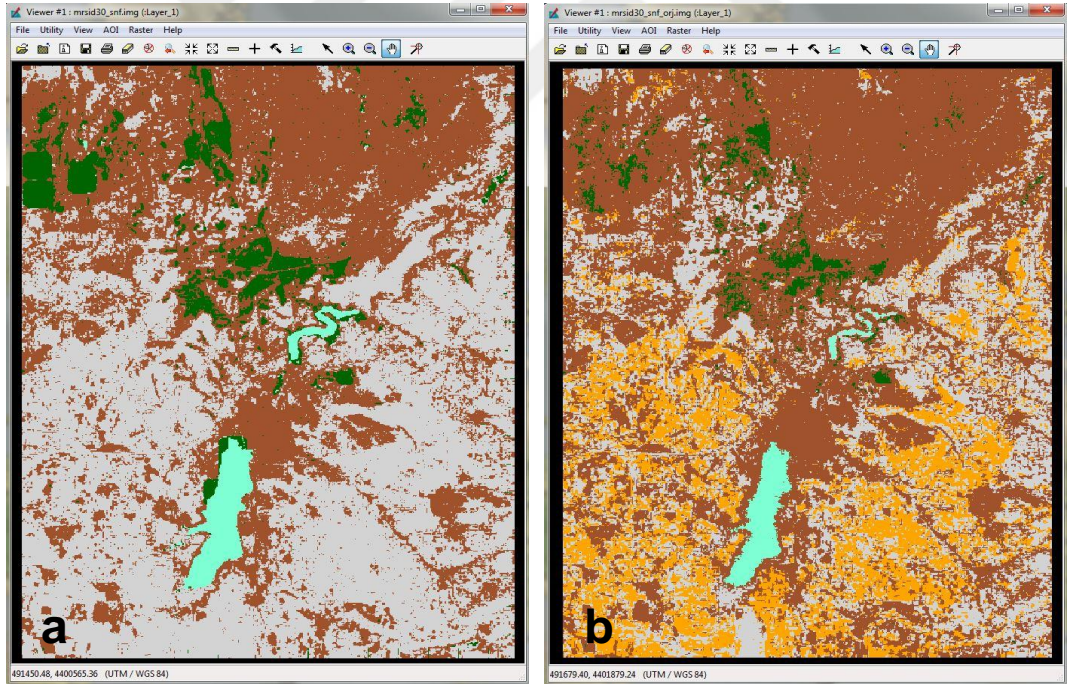
Şekil 6.9: Landsat 8 uydu görüntüsünün piksel tabanlı sınıflandırma.

### 6.5.2 MrSID görüntü sınıflandırma

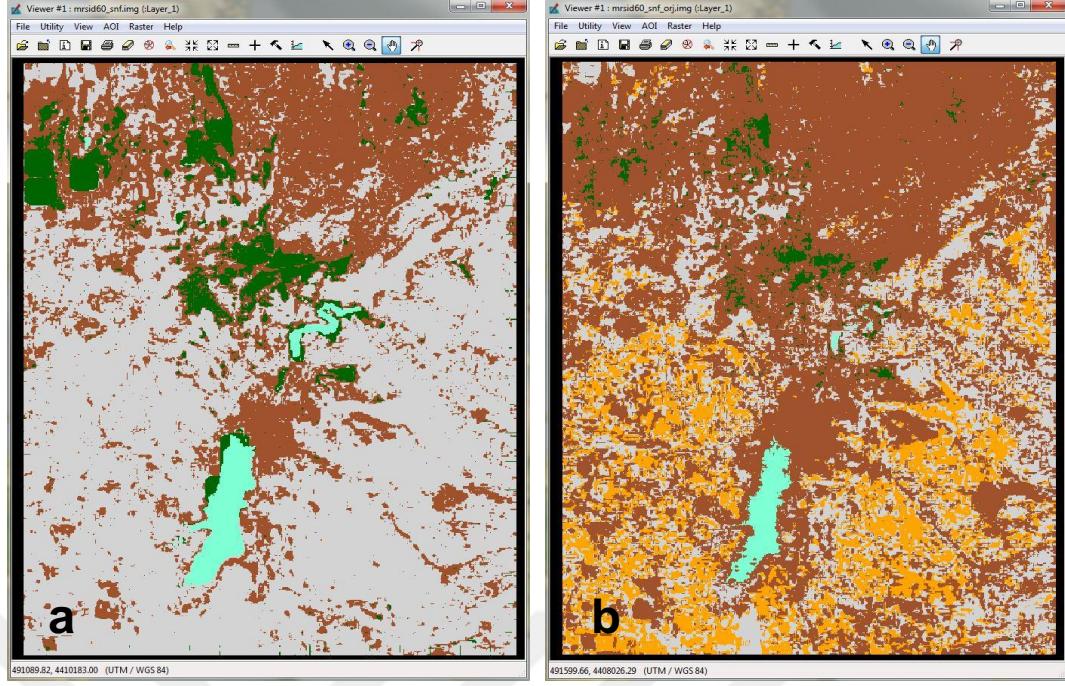
Orijinal görüntü olan Landsat 8 uydu görüntüsü Erdas 2014 yazılımında .mrsid formatında kayıpsız (lossless), 10:1, 20:1, 30:1, 40:1 ve 60:1 oranlarında sıkıştırılarak yeni görüntüler elde edilmiştir. Oluşturulan her görüntü üzerinde vektör yapıdaki eğitim alanlarından eğitilmiş sınıflandırmaya girdi verisi olan sınıf imzaları (.sig formatında) ve TIFF formatındaki sıkıştırılmamış görüntüden oluşturulan sınıf imzaları (.sig formatında) kullanılarak iki farklı piksel tabanlı (en büyük olasılık algoritması) sınıflandırma her görüntü için gerçekleştirilmiştir. Şekil 6.10.'da MrSID kayıpsız görüntü için a. kendinden üretilen sınıf imzaları b. TIFF görüntüden üretilen sınıf imzaları ile sınıflandırılmış görüntü. Şekil 6.11.'de MrSID 30:1 sıkıştırılmış görüntü için a. kendinden üretilen sınıf imzaları b. TIFF görüntüden üretilen sınıf imzaları ile sınıflandırılmış görüntü. Şekil 6.12.'de MrSID 60:1 sıkıştırılmış görüntü için a. kendinden üretilen sınıf imzaları b. TIFF görüntüden üretilen sınıf imzaları ile piksel tabanlı sınıflandırma.



**Şekil 6.10:** MrSID kayıpsız görüntü için a.kendinden üretilen sınıf imzaları b. TIFF görüntüden üretilen sınıf imzaları ile piksel tabanlı sınıflandırma.



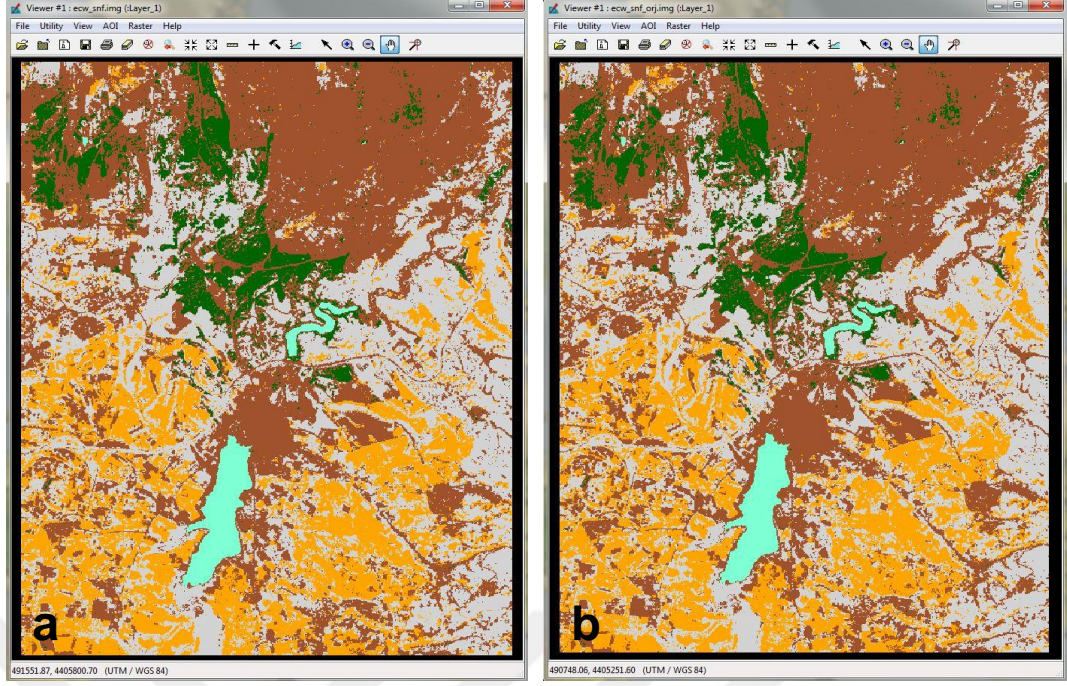
**Şekil 6.11:** MrSID 30:1 sıkıştırılmış görüntü için a.kendinden üretilen sınıf imzaları b. TIFF görüntüden üretilen sınıf imzaları ile piksel tabanlı sınıflandırma.



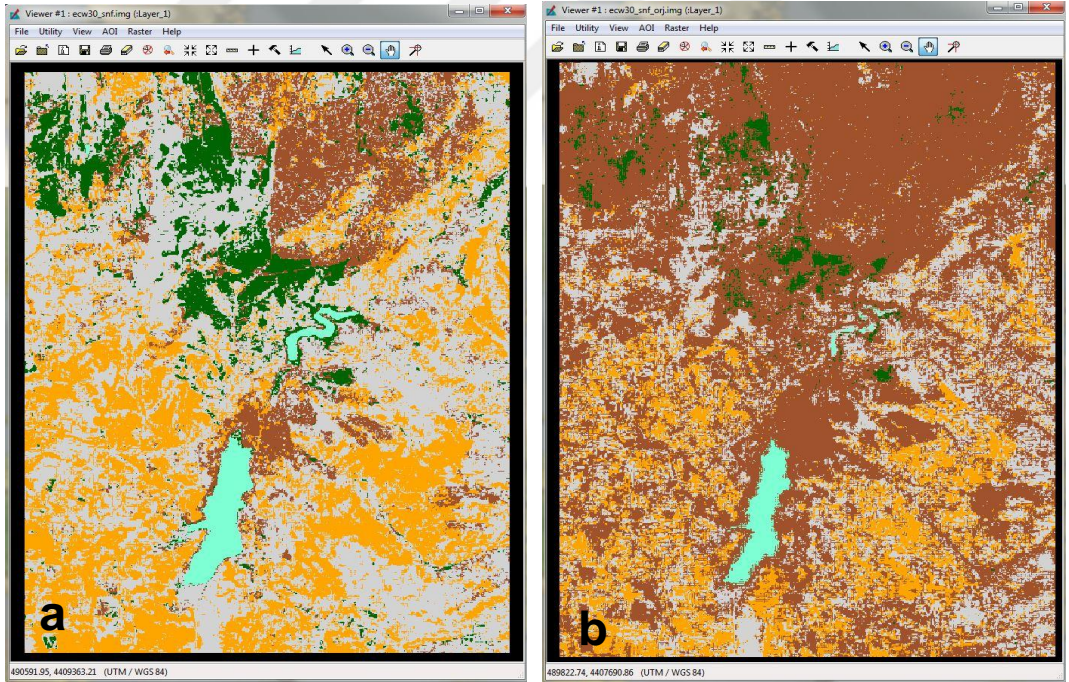
**Şekil 6.12:** MrSID 60:1 sıkıştırılmış görüntü için a.kendinden üretilen sınıf imzaları b.TIFF görüntüden üretilen sınıf imzaları ile piksel tabanlı sınıflandırma.

### 6.5.3 ECW görüntü sınıflandırma

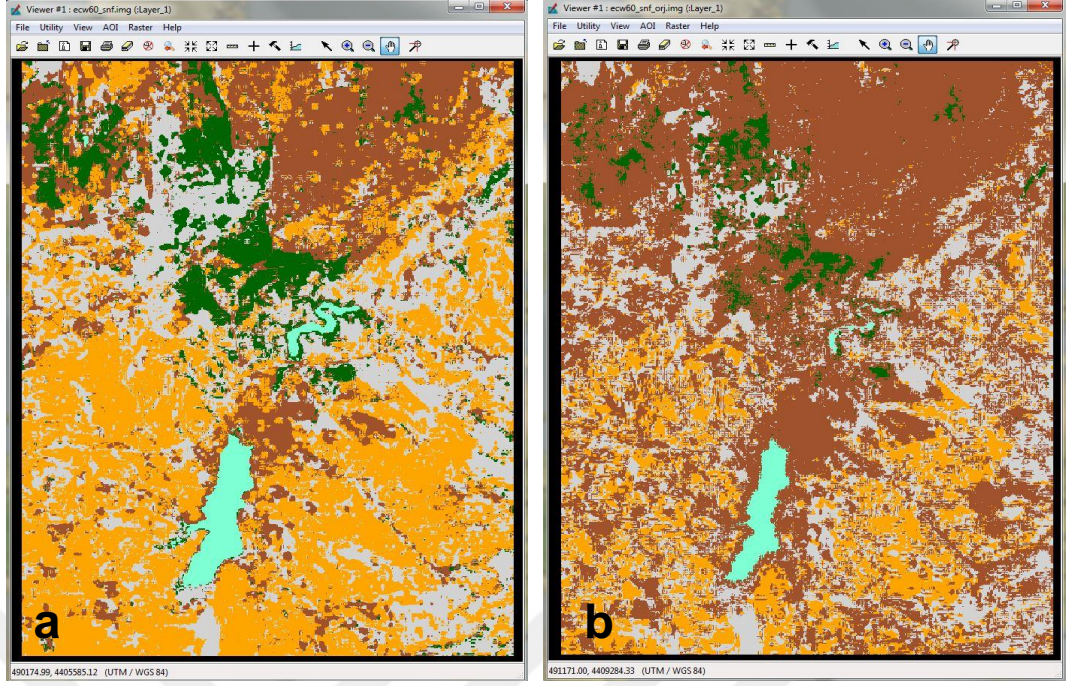
Orijinal görüntü olan Landsat 8 uydu görüntüsü Erdas 2014 yazılımında .ecw formatında kayıpsız (lossless), 10:1, 20:1, 30:1, 40:1 ve 60:1 oranlarında sıkıştırılarak yeni görüntüler elde edilmiştir. Oluşturulan her görüntü üzerinde vektör yapıdaki eğitim alanlarından eğitilmiş sınıflandırmaya girdi verisi olan sınıf imzaları (.sig formatına) ve TIFF formatındaki sıkıştırılmamış görüntüden oluşturulan sınıf imzaları (.sig formatında) kullanılarak iki farklı piksel tabanlı (en büyük olasılık algoritması) sınıflandırma gerçekleştirilmiştir. Şekil 6.13.'de ECW kayıpsız görüntü için a. kendinden üretilen sınıf imzaları b. TIFF görüntüden üretilen sınıf imzaları ile piksel tabanlı sınıflandırma. Şekil 6.14.'de ECW 30:1 sıkıştırılmış görüntü için a. kendinden üretilen sınıf imzaları b. TIFF görüntüden üretilen sınıf imzaları ile piksel tabanlı sınıflandırma. Şekil 6.15.'de ECW 60:1 sıkıştırılmış görüntü için a. kendinden üretilen sınıf imzaları b. TIFF görüntüden üretilen sınıf imzaları ile piksel tabanlı sınıflandırma.



Şekil 6.13: ECW kayıpsız görüntü için a. kendinden üretilen sınıf imzaları b. TIFF görüntüden üretilen sınıf imzaları ile piksel tabanlı sınıflandırma.



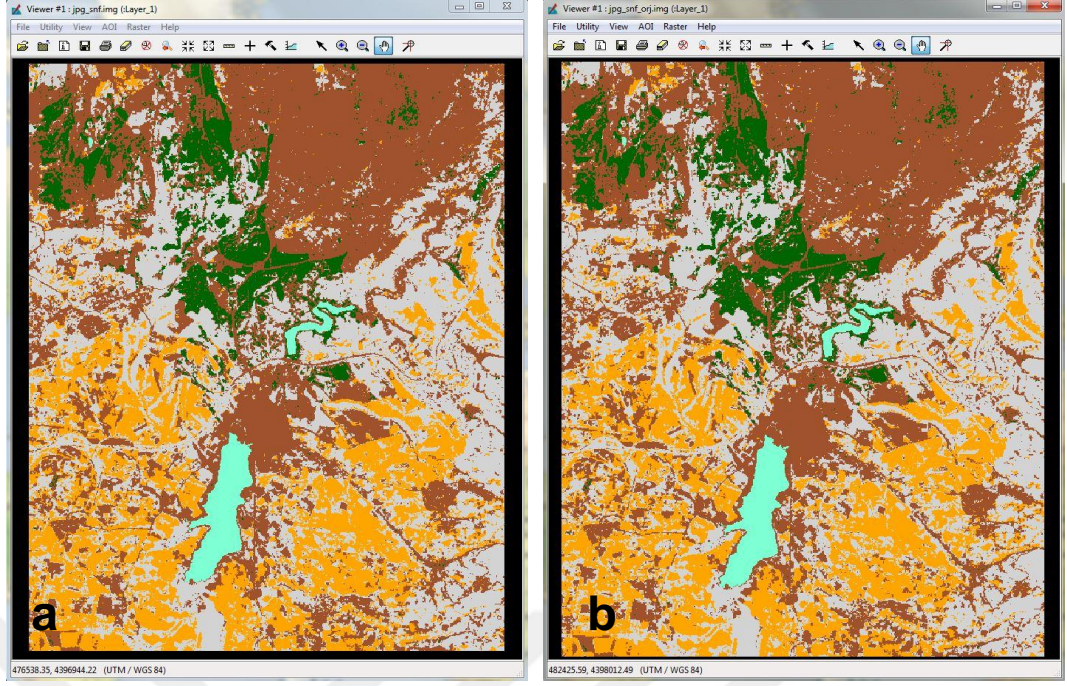
Şekil 6.14: ECW 30:1 sıkıştırılmış görüntü için a. kendinden üretilen sınıf imzaları b. TIFF görüntüden üretilen sınıf imzaları ile piksel tabanlı sınıflandırma.



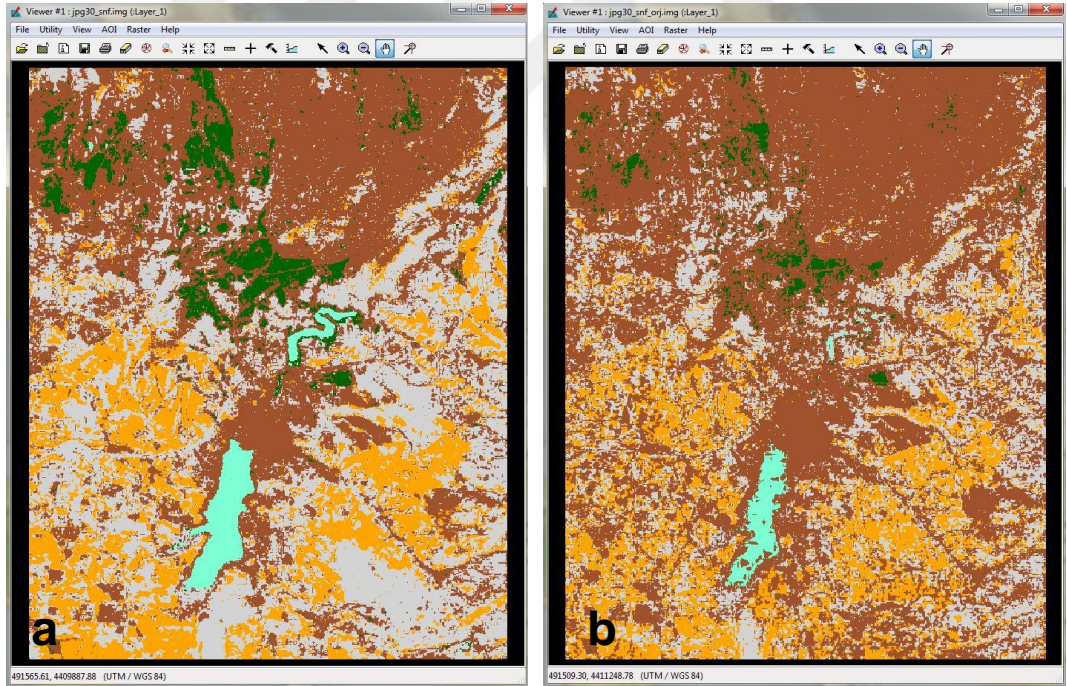
**Şekil 6.15:** ECW 60:1 sıkıştırılmış görüntü için a. kendinden üretilen sınıf imzaları b. TIFF görüntüden üretilen sınıf imzaları ile piksel tabanlı sınıflandırma.

#### 6.5.4 JPEG2000 görüntü sınıflandırma

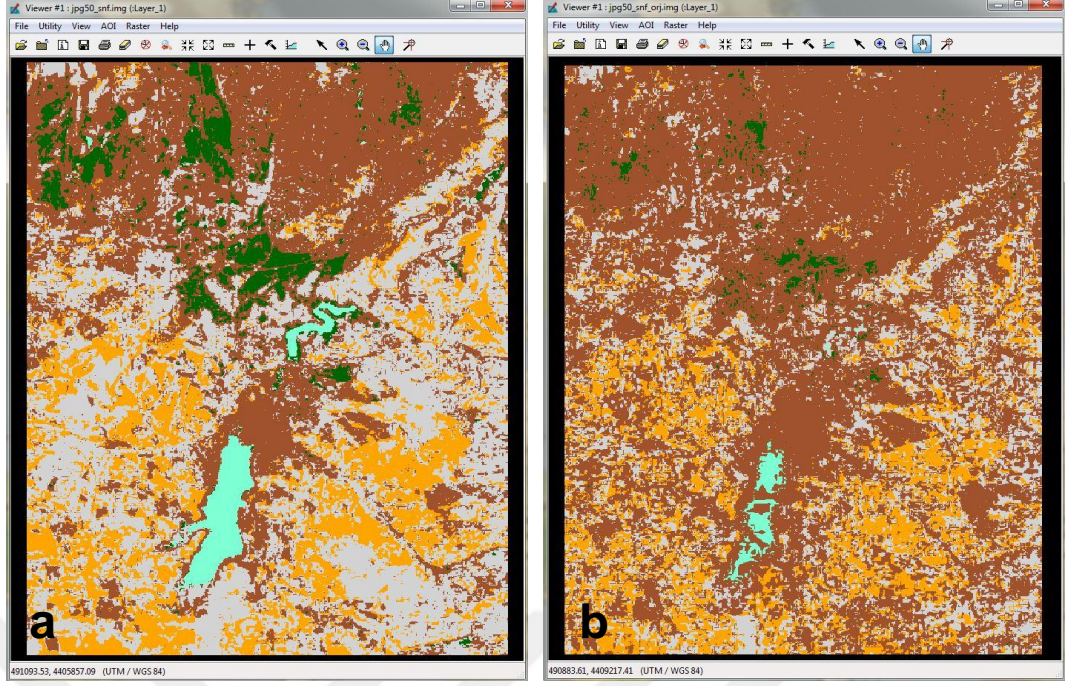
Orijinal görüntü olan Landsat 8 uydu görüntüsü Erdas 2014 yazılımında .jpeg2000 formatında kayıpsız (lossless), 10:1, 20:1, 30:1, 40:1 ve 50:1 oranlarında sıkıştırılarak yeni görüntüler elde edilmiştir. Oluşturulan her görüntü üzerinde vektör yapıdaki eğitim alanlarından eğitilmiş sınıflandırmaya girdi verisi olan sınıf imzaları (.sig formatında) ve TIFF formatındaki sıkıştırılmamış görüntüden oluşturulan sınıf imzaları (.sig formatında) kullanılarak iki farklı piksel tabanlı (en büyük olasılık algoritması) sınıflandırma gerçekleştirilmiştir. Şekil 6.16.'da JPEG2000 kayıpsız görüntü için a. kendinden üretilen sınıf imzaları b. TIFF görüntüden üretilen sınıf imzaları ile piksel tabanlı sınıflandırma. Şekil 6.17.'de JPEG2000 30:1 sıkıştırılmış görüntü için a.kendinden üretilen sınıf imzaları b. TIFF görüntüden üretilen sınıf imzaları ile piksel tabanlı sınıflandırma. Şekil 6.18.'de JPEG2000 60:1 sıkıştırılmış görüntü için a.kendinden üretilen sınıf imzaları b. TIFF görüntüden üretilen sınıf imzaları ile piksel tabanlı sınıflandırma.



**Şekil 6.16:** JPEG2000 kayıpsız görüntü için a.kendinden üretilen sınıf imzaları b.TIFF görüntüden üretilen sınıf imzaları ile piksel tabanlı sınıflandırma.



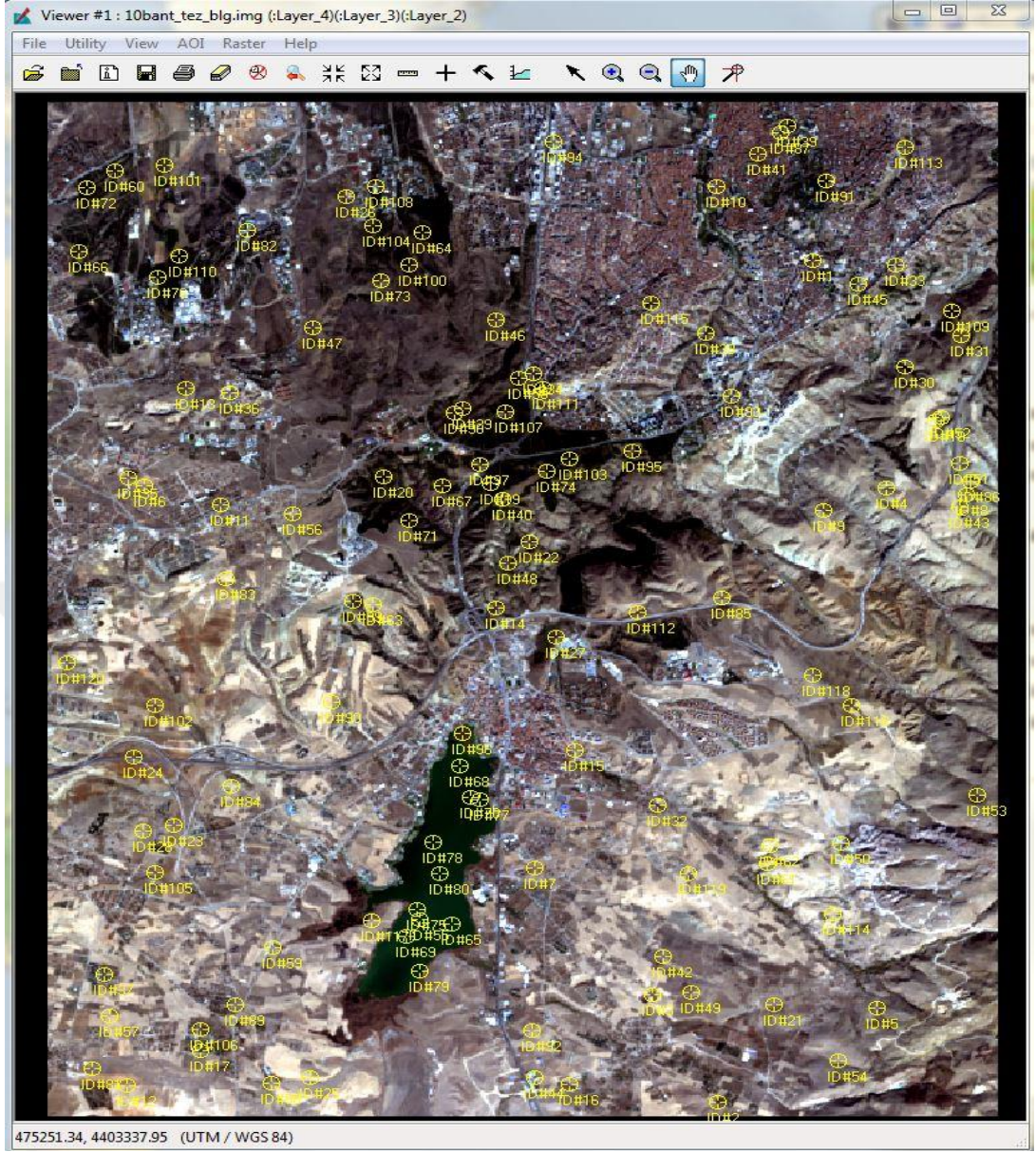
**Şekil 6.17:** JPEG2000 30:1 sıkıştırılmış görüntü için a. kendinden üretilen sınıf imzaları b. TIFF görüntüden üretilen sınıf imzaları ile piksel tabanlı sınıflandırma



**Şekil 6.18:** JPEG2000 50:1 sıkıştırılmış görüntü için a. kendinden üretilen sınıf imzaları b. TIFF görüntüden üretilen sınıf imzası ile piksel tabanlı sınıflandırma.

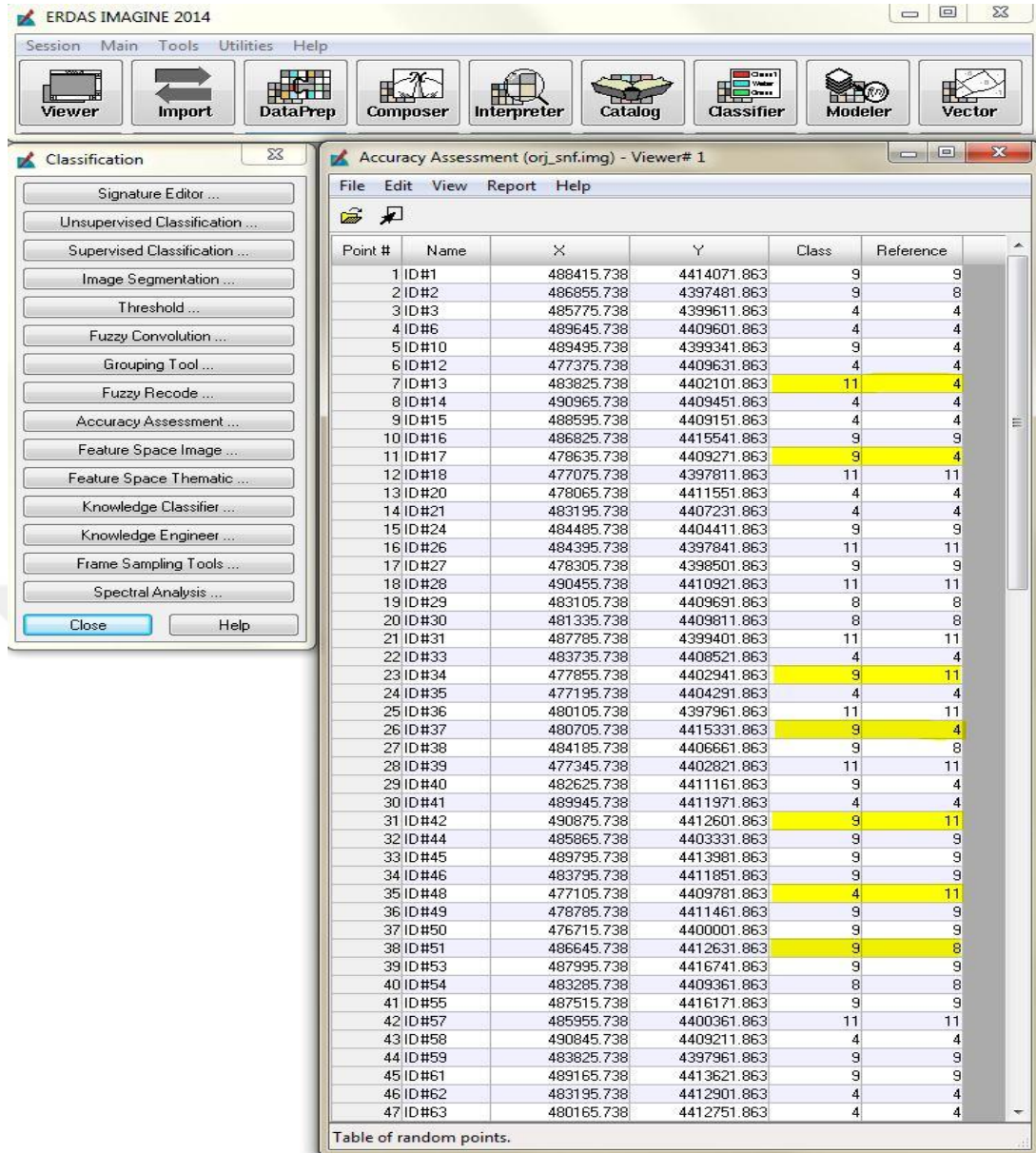
## 6.6 Doğruluk Araştırması

Sınıflandırma sonuçlarının doğruluğu 120 noktada test edilmiştir. Yapılan tüm doğruluk araştırmalarında belirlenen aynı 120 nokta kullanılmıştır. Şekil 6.19.'da Doğruluk araştırması için kullanılan 120 nokta.



**Şekil 6.19:** Doğruluk araştırması için kullanılan 120 nokta.

Doğruluk araştırmasında aynı referans noktaları kullanılarak değerlendirme farklarının en aza indirgenmesi sağlanmış ve daha nesnel bir değerlendirme yapılmıştır. Her bir nokta için her görüntü de sınıf (class) değeri değişirken her bir noktada referans (reference) değeri 30 cm çözünürlüklü ortofoto görüntüden sabit olarak alınmıştır. Şekil 6.20.'de Landsat 8 uydu görüntüsü için sınıflandırma doğruluğu testi gösterilmiştir.



Şekil 6.20: Landsat 8 uydu görüntüsü için sınıflandırma doğruluğu testi.

Landsat 8 (TIFF) uydu görüntüsü ve MrSID görüntü formatındaki farklı sıkıştırma oranlarına sahip sıkıştırılmış görüntülerden toplanan sınıf imzaları kullanılarak 5 detay için yapılan sınıflandırma doğruluğu değerlendirme sonuçları Çizelge 6.4.'de gösterilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, tarım ve yerleşim alanların tespit edilmesinin zor olduğu görülmektedir.

**Çizelge 6.4:** TIFF ve MrSID formatındaki görüntülerde sınıflandırma doğruluğu.

Sınıflar	TIFF		MrSID Kayıpsız		MrSID 10		MrSID 20		MrSID 30		MrSID 40		MrSID 60	
	ÜD (%)	KD (%)	ÜD (%)	KD (%)	ÜD (%)	KD (%)	ÜD (%)	KD (%)	ÜD (%)	KD (%)	ÜD (%)	KD (%)	ÜD (%)	KD (%)
Çıplak Arazi	69.44	82.29	75.00	87.10	77.78	73.68	58.33	63.64	66.67	50.00	80.56	52.73	80.56	49.15
Orman	73.08	86.36	61.54	88.89	53.85	87.50	53.85	93.33	42.31	84.62	42.31	84.62	46.15	85.71
Yerleşim	100.00	61.54	100.00	57.14	95.83	54.76	87.50	48.84	95.83	46.94	91.67	52.38	79.17	51.35
Su	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Tarım	83.33	95.24	75.00	94.74	58.33	100.00	58.33	73.68	-	-	-	-	-	-
<b>Genel Doğruluk</b>	<b>81.67</b>		<b>79.17</b>		<b>74.17</b>		<b>66.67</b>		<b>56.67</b>		<b>60.00</b>		<b>58.33</b>	
<b>Kapa</b>	<b>0.7660</b>		<b>0.7334</b>		<b>0.6670</b>		<b>0.5727</b>		<b>0.4357</b>		<b>0.4751</b>		<b>0.4508</b>	

Landsat 8 (TIFF) uydu görüntüsünden eğitilmiş sınıflandırma için toplanan sınıf imzaları kullanılarak MrSID formatındaki görüntülerde 5 detay için yapılan sınıflandırma doğruluğu değerlendirme sonuçları Çizelge 6.5.' de gösterilmiştir. Ancak su alanlarının ve çıplak arazinin tespit edilmesinin zor olduğu görülmektedir.

**Çizelge 6.5:** TIFF görüntüden toplanan sınıf imzaları ile MrSID formatındaki görüntülerde sınıflandırma doğruluğu.

Sınıflar	TIFF		MrSID Kayıpsız		MrSID 10		MrSID 20		MrSID 30		MrSID 40		MrSID 60	
	ÜD (%)	KD (%)	ÜD (%)	KD (%)	ÜD (%)	KD (%)	ÜD (%)	KD (%)	ÜD (%)	KD (%)	ÜD (%)	KD (%)	ÜD (%)	KD (%)
Çıplak Arazi	69.44	82.29	77.78	87.50	66.67	88.89	47.22	94.44	50.00	85.71	47.22	80.95	52.78	79.17
Orman	73.08	86.36	65.38	85.00	23.08	85.71	23.08	100.00	19.23	83.33	15.38	80.00	7.69	100.00
Yerleşim	100.00	61.54	100.00	63.16	100.00	40.68	100.00	37.50	100.00	35.82	100.00	34.78	100.00	32.88
Su	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	90.00	100.00	80.00	100.00
Tarım	83.33	95.24	79.17	95.00	70.83	100.00	75.00	81.82	58.33	87.50	58.33	87.50	54.17	100.00
<b>Genel Doğruluk</b>	<b>81.67</b>		<b>81.67</b>		<b>67.50</b>		<b>62.50</b>		<b>59.17</b>		<b>56.67</b>		<b>55.00</b>	
<b>Kapa</b>	<b>0.7660</b>		<b>0.7650</b>		<b>0.5866</b>		<b>0.5276</b>		<b>0.4840</b>		<b>0.4519</b>		<b>0.4286</b>	

Landsat 8 (TIFF) uydu görüntüsü ve ECW görüntü formatındaki farklı sıkıştırma oranlarına sahip sıkıştırılmış görüntülerden toplanan sınıf imzaları kullanılarak 5 detay için yapılan sınıflandırma doğruluğu değerlendirme sonuçları Çizelge 6.6.'da gösterilmiştir. Ancak, orman ve yerleşim alanların tespit edilmesinin zor olduğu görülmektedir.

**Çizelge 6.6:** TIFF ve ECW formatındaki görüntülerde sınıflandırma doğruluğu.

Sınıflar	TIFF		ECW Kayıpsız		ECW 10		ECW 20		ECW 30		ECW 40		ECW 60	
	ÜD (%)	KD (%)	ÜD (%)	KD (%)	ÜD (%)	KD (%)	ÜD (%)	KD (%)	ÜD (%)	KD (%)	ÜD (%)	KD (%)	ÜD (%)	KD (%)
Çıplak Arazi	69.44	82.29	63.89	88.46	77.78	68.29	61.11	66.67	80.56	60.42	61.11	70.97	55.56	76.92
Orman	73.08	86.36	69.23	85.71	50.00	81.25	42.31	91.67	73.08	82.61	50.00	81.25	73.08	79.17
Yerleşim	100.00	61.54	100.00	57.14	95.83	62.16	100.00	52.17	50.00	100.00	95.83	52.27	66.67	72.73
Su	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Tarım	83.33	95.24	83.33	95.24	58.33	87.50	62.50	78.95	66.67	59.26	62.50	78.95	87.50	55.26
<b>Genel Doğruluk</b>	<b>81.67</b>		<b>79.17</b>		<b>73.33</b>		<b>68.33</b>		<b>71.67</b>		<b>69.17</b>		<b>71.67</b>	
<b>Kapa</b>	<b>0.7660</b>		<b>0.7347</b>		<b>0.6552</b>		<b>0.5943</b>		<b>0.6304</b>		<b>0.6055</b>		<b>0.6389</b>	

Landsat 8 (TIFF) uydu görüntüsünden eğitimli sınıflandırma için toplanan sınıf imzaları kullanılarak ECW formatındaki görüntülerde 5 detay için yapılan sınıflandırma doğruluğu değerlendirme sonuçları Çizelge 6.7.'de gösterilmiştir. Ancak orman, çıplak arazi ve su alanlarının tespit edilmesinin zor olduğu görülmektedir.

**Çizelge 6.7:** TIFF görüntüden toplanan sınıf imzaları ile ECW formatındaki görüntülerde sınıflandırma doğruluğu.

Sınıflar	TIFF		ECW Kayıpsız		ECW 10		ECW 20		ECW 30		ECW 40		ECW 60	
	ÜD (%)	KD (%)	ÜD (%)	KD (%)	ÜD (%)	KD (%)	ÜD (%)	KD (%)	ÜD (%)	KD (%)	ÜD (%)	KD (%)	ÜD (%)	KD (%)
Çıplak Arazi	69.44	82.29	63.89	88.46	52.78	86.36	41.67	93.75	44.44	80.00	44.44	72.73	44.44	88.89
Orman	73.08	86.36	69.23	85.71	11.54	75.00	11.54	75.00	19.23	83.33	30.77	88.89	38.46	100.00
Yerleşim	100.00	61.54	100.00	57.14	100.00	36.36	100.00	32.43	100.00	35.82	100.00	36.36	100.00	36.36
Su	100.00	100.00	100.00	100.00	90.00	100.00	90.00	100.00	90.00	100.00	90.00	100.00	80.00	100.00
Tarım	83.33	95.24	83.33	95.24	75.00	94.74	66.67	94.12	66.67	88.89	58.33	100.00	70.83	94.44
<b>Genel Doğruluk</b>	<b>81.67</b>		<b>79.17</b>		<b>60.83</b>		<b>55.83</b>		<b>58.33</b>		<b>59.17</b>		<b>62.50</b>	
<b>Kapa</b>	<b>0.7660</b>		<b>0.7347</b>		<b>0.5041</b>		<b>0.4443</b>		<b>0.4734</b>		<b>0.4826</b>		<b>0.5261</b>	

Landsat 8 (TIFF) uydu görüntüsü ve JPEG2000 görüntü formatındaki farklı sıkıştırma oranlarına sahip sıkıştırılmış görüntülerden toplanan sınıf imzaları kullanılarak 5 detay için yapılan sınıflandırma doğruluğu değerlendirme sonuçları Çizelge 6.8.'de gösterilmiştir. Ancak, tarım ve yerleşim alanların tespit edilmesinin zor olduğu görülmektedir.

**Çizelge 6.8:** TIFF ve JPEG2000 formatındaki görüntülerde sınıflandırma doğruluğu.

Sınıflar	TIFF		JPEG2000 Kayıpsız		JPEG2000 10		JPEG2000 20		JPEG2000 30		JPEG2000 40		JPEG2000 50	
	ÜD (%)	KD (%)	ÜD (%)	KD (%)	ÜD (%)	KD (%)	ÜD (%)	KD (%)	ÜD (%)	KD (%)	ÜD (%)	KD (%)	ÜD (%)	KD (%)
Çıplak Arazi	69.44	82.29	69.44	89.29	75.00	77.14	55.56	71.43	69.44	65.79	69.44	67.57	61.11	64.71
Orman	73.08	86.36	73.08	86.36	65.38	89.47	46.15	85.71	42.31	91.67	42.31	91.67	46.15	92.31
Yerleşim	100.00	61.54	100.00	61.54	100.00	66.67	95.83	50.00	100.00	53.33	100.00	52.17	100.00	51.06
Su	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Tarım	83.33	95.24	83.33	95.24	70.83	85.00	70.83	77.27	54.17	86.67	58.33	93.33	54.17	81.25
<b>Genel Doğruluk</b>	<b>81.67</b>		<b>81.67</b>		<b>79.17</b>		<b>68.33</b>		<b>69.17</b>		<b>70.00</b>		<b>67.50</b>	
<b>Kapa</b>	<b>0.7660</b>		<b>0.7660</b>		<b>0.7322</b>		<b>0.5963</b>		<b>0.6029</b>		<b>0.6140</b>		<b>0.5831</b>	

Landsat 8 (TIFF) uydu görüntüsünden eğitilmiş sınıflandırma için toplanan sınıf imzaları kullanılarak JPEG2000 formatındaki görüntülerde 5 detay için yapılan sınıflandırma doğruluğu değerlendirme sonuçları Çizelge 6.9.'da gösterilmiştir. Ancak çıplak arazi, su ve orman alanlarının tespit edilmesinin zor olduğu görülmektedir.

**Çizelge 6.9:** TIFF görüntüden toplanan sınıf imzaları ile JPEG2000 formatındaki görüntülerde sınıflandırma doğruluğu.

Sınıflar	TIFF		JPEG2000 Kayıpsız		JPEG2000 10		JPEG2000 20		JPEG2000 30		JPEG2000 40		JPEG2000 50	
	ÜD (%)	KD (%)	ÜD (%)	KD (%)	ÜD (%)	KD (%)	ÜD (%)	KD (%)	ÜD (%)	KD (%)	ÜD (%)	KD (%)	ÜD (%)	KD (%)
Çıplak Arazi	69.44	82.29	69.44	89.29	63.89	82.14	44.44	84.21	50.00	81.82	33.33	60.00	38.89	60.87
Orman	73.08	86.36	73.08	86.36	30.77	88.89	23.08	85.71	19.23	100.00	7.69	66.67	11.54	75.00
Yerleşim	100.00	61.54	100.00	61.54	100.00	42.86	100.00	38.10	100.00	32.43	100.00	30.77	100.00	30.77
Su	100.00	100.00	100.00	100.00	90.00	100.00	100.00	100.00	60.00	100.00	60.00	100.00	40.00	100.00
Tarım	83.33	95.24	83.33	95.24	75.00	100.00	79.17	90.48	50.00	92.31	37.50	69.23	41.67	90.91
<b>Genel Doğruluk</b>	<b>81.67</b>		<b>81.67</b>		<b>68.33</b>		<b>62.50</b>		<b>54.17</b>		<b>44.17</b>		<b>45.83</b>	
<b>Kapa</b>	<b>0.7660</b>		<b>0.7660</b>		<b>0.5962</b>		<b>0.5271</b>		<b>0.4175</b>		<b>0.2921</b>		<b>0.3092</b>	

Landsat 8 uydu görüntüsü MrSID, ECW ve JPEG2000 görüntü formatında farklı sıkıştırma oranlarına sahip görüntülerde 5 detay için yapılan sınıflandırma doğruluğu değerlendirme sonuçları Çizelge 6.10.'da a. sıkıştırılmış görüntülerden toplanan sınıf imzaları kullanılarak b. TIFF görüntüden toplanan sınıf imzaları kullanılarak gösterilmiştir.

**Çizelge 6.10:** TIFF, MrSID, ECW ve JPEG2000 görüntü formatında a. sıkıştırılmış görüntülerden toplanan sınıf imzaları kullanılarak b.TIFF görüntüden toplanan sınıf imzaları kullanılarak yapılan sınıflandırma doğruluğu.

Sıkıştırma Oranı	TIFF	MrSID		ECW		JPEG2000	
		A	B	A	B	A	B
<b>0:1</b>	<b>81.67</b> 0.7660	<b>79.17</b> 0.7334	<b>81.67</b> 0.7650	<b>79.17</b> 0.7347	<b>79.17</b> 0.7347	<b>81.67</b> 0.7660	<b>81.67</b> 0.7660
<b>10:1</b>	-	<b>74.17</b> 0.6670	<b>67.50</b> 0.5866	<b>73.33</b> 0.6552	<b>60.83</b> 0.5041	<b>79.17</b> 0.7322	<b>68.33</b> 0.5962
<b>20:1</b>	-	<b>66.67</b> 0.5727	<b>62.50</b> 0.5276	<b>68.33</b> 0.5943	<b>55.83</b> 0.4443	<b>68.33</b> 0.5963	<b>62.50</b> 0.5271
<b>30:1</b>	-	<b>56.67</b> 0.4357	<b>59.17</b> 0.4840	<b>71.67</b> 0.6304	<b>58.33</b> 0.4734	<b>69.17</b> 0.6029	<b>54.17</b> 0.4175
<b>40:1</b>	-	<b>60.00</b> 0.4751	<b>56.67</b> 0.4519	<b>69.17</b> 0.6055	<b>59.17</b> 0.4826	<b>70.00</b> 0.6140	<b>44.17</b> 0.2921
<b>50:1 / 60:1</b>	-	<b>58.33</b> 0.4508	<b>55.00</b> 0.4286	<b>71.67</b> 0.6389	<b>62.50</b> 0.5261	<b>67.50</b> 0.5831	<b>45.83</b> 0.3092
<b>Genel Doğruluk</b> Kapa							

## 7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma da elde edilen sonuçlar literatürdeki çalışmaları destekler niteliktedir. Ancak literatürdeki çalışmalardan farklı olarak bu çalışmada birden çok görüntü formatlarında .MrSID, .ECW ve .JPEG2000 kayıpsız ve kayıplı sıkıştırma oranları uygulanarak elde edilen yeni görüntülerde sıkıştırma tekniğinin sınıflandırma doğruluğu üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

Çalışmada sıkıştırma ve sonrasında gerçekleştirilen piksel tabanlı sınıflandırma işlemi ile ilgili elde edilen sonuçlar ve öneriler aşağıda belirtilmiştir.

- Sıkıştırma oranları nispetinde dosya boyutları küçülerek, genel olarak sıkıştırma probleminin temelini teşkil eden veri depolama ve veri iletimi kapsamında çözümlerin elde edilebileceği görülmüştür.
- Sıkıştırma oranının artması ile birlikte orijinal görüntüdeki dokuların, komşu pikseller ile gerçekleştirilen görüntü dengelemesi sonrasında yavaş yavaş kaybolduğu gözlenmiştir.
- Sıkıştırma oranı arttıkça çıplak arazi detayı ile tarım alanı detaylarının bazı bölgelerde ayırt edilemediği gözlemlenmiştir. Uygulama çalışmasında kullanılan uydu görüntüsü Ekim ayına ait görüntüdür. Bu dönemde tarım alanlarının geneli hasat sonrası olduğundan çıplak arazi alanları ile karışabilmektedir. Dolayısıyla bahar aylarında çekilmiş görüntülerin kullanılmasıyla uygulanacak bir çalışma ile farklı sonuçlar elde edilebileceği faydalı olacağı değerlendirilmektedir.
- Kayıpsız sıkıştırma ile görüntüler bölgenin karakteristiğine bağlı olarak yaklaşık 5 kat küçültülebilmektedir. Bu görüntünün sınıflandırma için kullanımı orijinal görüntüye benzer doğruluk sonuçları vermektedir.
- ECW, MrSID ve JPEG2000 her üç formatada 10:1 kat sıkıştırmada büyük bir doğruluk kaybı olamamaktadır. Ancak 20:1 ve daha fazla kat yapılan sıkıştırmalarda doğruluk belirgin şekilde düşmektedir.
- Her üç tekniktan en iyi sonuçları ECW formatındaki görüntüler vermektedir.
- Sıkıştırma teknikleri kullanıldığında sınıf imzalarının sıkıştırılmış görüntüden toplandığında ECW ve JPEG2000 görüntülerinde doğruluğun daha yüksek, sınıf

imzalarının sıkıştırılmamış görüntü olan TIF den toplandığında MrSID ve ECW görüntülerinde doğruluğun daha yüksek olduğunu göstermektedir.

- Sıkıştırma teknikleri kullanıldığında sınıf imzalarının sıkıştırılmış görüntüden toplanması doğruluğa olumlu etki göstermektedir.
- Sonuç olarak, özellikle kayıpsız ve düşük oranlarda sıkıştırılmış görüntülerin sınıflandırma için kullanılabileceği değerlendirilmektedir.



## KAYNAKLAR

- Avcıbaşı, İ., Memon, N., Sankur, B., Sayood, K., 2002. A progressive lossless/near-lossless image compression algorithm, *IEEE Signal Processing Letters*, 9 (10), 312-314.
- Aksan, E. ve Doğan, S., 2004. Dalgacık tabanlı görüntü sıkıştırma tekniği, *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, 1(4), 47-54.
- Ayhan, E., Karşlı, F., Tunç, E., 2003. Uzaktan algılanmış görüntülerde sınıflandırma ve analiz, *Harita Dergisi*, Sayı:130, 32-46.
- Baatz, M., Benz, U., Dehghani, S., Heynen, M., Höltje, A., Hofmann, P., Lingenfelder, I., Mimler, M., Sohlbach, M., Weber, M. ve Willhauck, G., 2004. e-Cognition professional user guide, Definiens Imaging GmbH, München, Germany.
- Baatz, M. ve Schape, A., 2000. Multiresolution segmentation: an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation, *Angewandte Geographische Informations- Verarbeitung XII* (J. Strobl, T. Blaschke, and G. Griesebner, editors), Wichmann Verlag, Karlsruhe, 12–23.
- Blaschke, T., 2010. Object based image analysis for remote sensing. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 65, 2–16.
- Blaschke, T. ve Strobl, J., 2001. What's wrong with pixels? some recent development interfacing remote sensing and GIS, *GeoBIT/GIS* 14 (6), 12–17.
- Bardossy, A. ve Samaniego, L., 2002. Fuzzy rule-based classification of remotely sensed imagery, *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*, 40, 362–374.
- Benz, U.C., Hofmann, P., Willhauck, G., Lingenfelder, I. ve Heynen, M., 2004. Multi-resolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-Ready information, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 58, 239–258.
- Borak, J.S. ve Strahler, A.H., 1999. Feature selection and land cover classification of a MODIS-like dataset for a semi-arid environment, *International Journal of Remote Sensing*, 20, 919-938.
- Bouziani, M., Goita, K. ve He, D., 2010. Rule-Based classification of a very high resolution image in an urban environment using multispectral segmentation guided by cartographic data, *IEEE Transactions On Geoscience And Remote Sensing*, 48 (8), 3198-3211.

- Boyacı, D., 2012,. CBS-Uzaktan algılama entegrasyon ve örnek uygulama: Uydu görüntülerinden detay ve otomatik öznelik tespiti, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Canny, J., 1986. A computational approach to edge detection, IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, PAMI-8 (6), 679–698.
- Carleer, A.P. ve Wolff, E., 2006. Region-Based classification potential for land-cover classification with very high spatial resolution satellite data, in proceedings of 1st international conference on object-based image analysis (OBIA 2006), Salzburg University, Austria, July 4-5, 2006. Vol. XXXVI, ISSN 1682-1777.
- Casals-Carrasco, P., Kubo, S. ve Babu Madhavan, B., 2000. Application of spectral mixture analysis for terrain evaluation studies, International Journal of Remote Sensing, 21 (16), 3039-3055.
- Chintan, A.S., Arora, M.K. ve Paramod, K.V., 2004. Unsupervised classification of hyperspectral data : an ICA Mixture Model Based Approach, International Journal of Remote Sensing, 25, 481-487.
- Christophe, E., Thiebaut, C. ve Latry, C., 2008. Compression specification for efficient use of high resolution datellite data, Commission IV/9, ISPRS Congress, Beijing, China.
- Cocquerez, J.P. ve Philipp, S., 1995. Analyse d'images: filtrage et segmentation, masson, Paris, pp. 457.
- Danoedoro, P., 2013, The effect of image compression level on the land-cover classification accuracy of ALOS-AVNIR2 data using per-pixel and object based approaches, Conference:34th Asian Conference on Remote Sensing, At Bali, Indonesia
- Davis, C. H. ve Wang, X., 2002. Urban land cover classification from high resolution multi-spectral IKONOS imagery, in Proc. IGARSS, vol. 2, Toronto, ON, Canada, 1204–1206.
- Dean, A. M. ve Smith, G. M., 2003. An evaluation of perparcel land cover mapping using maximum likelihood class probabilities, International Journal of Remote Sensing, 24 (14), 2905-2920.
- De Kok, R., Schneider, T. ve Ammer, U., 1999. Object based classification and applications in the alpine forest environment. In Fusion of Sensor Data, Knowledge Sources and Algorithms, Proceedings of the Joint ISPRS/Earsel Workshop, Valladolid, Spain, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 32, Part 7-4-3, W 6.
- DeVore, R.A., Jawert, B. ve Lucier, B.J., 1992. Image compression through wavelet transform coding, IEEE Transactions on Information Theory, 38(2), 719-746.
- Erdas Field Guide, 2008, ERDAS Inc., Atlanta, USA.

- Erdaş Field Guide, 2014, ERDAS Inc., Atlanta, USA.
- Erdem, N., 2006. Vektör kuantalama ile görüntü sıkıştırma, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Fisher, Y., 1995. Fractal image compression: theory and application, Springer-Verlag, New York, USA.
- Gao, J., 2009. Digital analysis of remotely sensed data, School of Geography, Geology and Environmental Science, The University of Auckland, New Zealand.
- Gersho, A. ve Gray., R.M., 1992. Vector quantization and signal compression, Kluwer Academic Publishers, Boston, USA.
- Gray, K.L., 2002. The JPEG2000 standard, technische universitat münchen, [http://omen.cs.uniagdeburg.de/itiamsl/cms/upload/lehre/winter04\\_05/content.pdf](http://omen.cs.uniagdeburg.de/itiamsl/cms/upload/lehre/winter04_05/content.pdf)
- Guindon, B., 1997. Computer-based aerial image understanding, A Review and Assessment of its Application to Planimetric Information Extraction from Very High Resolution Satellite Images, Canadian Journal of Remote Sensing, 23 (1), 38-47.
- Günlü, G. ve Bilge, H.S., 2006. Global ayrık kosinüs dönüşümü ile görüntü sıkıştırmada başarımın iyileştirilmesi, Conference for Computer-Aided Engineering and System Modeling, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Hay, G.J. ve Castilla, G., 2008. Geographic object-based image analysis (geobia), A New Name for A New Discipline, In Object-Based Image Analysis, T. Blaschke, S. Lang and G.Hay (Eds.), New York: Springer 75–90.
- Hellman, M., 2001. Fuzzy logic introduction, Universite de Rennes, France.
- Holland, D. A., Boyd, D. S. ve Marshall, P., 2006. Updating topographic mapping in great britain using imagery from high-resolution satellite sensors, ISPRS J. Photogramm. Remote Sens., 60 (3), 212–223.
- Janssen, L.L.F. ve Molenaar, M., 1995. Terrain objects, their dynamics and their monitoring by the integration of GIS and remote sensing, IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing, 33 (3), 749-758.
- Jenson, J.R., 1996. Introductory digital image processing: A Remote Sensing Perspective, 2<sup>nd</sup> ed., Upper Saddle River, NJ: Prentice –Hall.
- Jie, Y., Zhongshan, Z., Huiling, Q., Peihuang, G. ve Guoning, Z., 2008. An improved method of remote sensing image compression based on fractal and wavelet domain, Commission VI, WG VI/4, ISPRS Congress, Beijing, China.
- Kam, T.S., 1995, Integrating GIS and RS techniques for urban land-cover and land-use analysis, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 57, 655–668.

- Kiefner, M. ve Hahn, M., 2000. Image compression versus matching accuracy, *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 33(B2), Amsterdam, Netherland.
- Kux, H.J. ve Arau' Jo, E.H.G., 2008. Object-Based image analysis using quickbird satellite images and GIS data, Case Study Belo Horizonte (Brazil). in *Object-Based Image Analysis*, T. Blaschke, S. Lang and G. Hay (Eds.), New York: Springer 571–588.
- Lau, W. L., Li, Z. L. ve Lam, W. K., 2001, Effect of JPEG compression on image classification, The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong SAR, Department of Land Surveying and Geo-Informatics, Hong Kong, PR China
- Lillesand, T.M., Kiefer, R.W. ve Chipman, J.W., 2008. *Remote sensing and image interpretation*, John Wiley & Sons, 6th Edition, New York.
- Liu, J.K., Wu, H.C. ve Shih, T.Y., 2005. Effects of JPEG2000 on the information and geometry content of aerial photo compression, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Journal of the American Society for Photogrammetry and Remote Sensing*, 71(2), 157-167.
- Quattara, T., Gwyn, Q.H.J. ve Dubois, J.-M.M., 2004. Evalition of the runoff potential in high relief semi-arid regions using remote sensing data: Application to Bolivia, *International Journal of Remote Sensing*, 25, 423-435.
- Marcellin, M.W., Gormish, M.J., Bilgin, A. ve Boliek, M.P., 2000. An overview of JPEG-2000, *IEEE data compression conference*, 523-541.
- Mesut, A. ve Carus, A., 2005. Kayıpsız görüntü sıkıştırma yöntemlerinin karşılaştırılması, II. Mühendislik Bilimleri Genç Araştırmacılar Kongresi, İstanbul, 93-100.
- Nicolin, B. ve Gabler, R., 1987. A knowledge-based system for the analysis of aerial images, *IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing*, 25 (3): 317-329.
- Novak, K. ve Shahin, F.S., 1996. A comparision of two image compression techniques for softcopy photogrammetry, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Journal of the American Society for Photogrammetry and Remote Sensing*, 62(6), 695-701.
- Önder M., 2002. *Uzaktan algılamada topografik uygulamalar*, Harita Genel Komutanlığı, Ankara.
- Pizzolato, A.N. ve Haertel, V., 2003. On the application of gabor filtering in supervised image classification, *International Journal of Remote Sensing*, 24, 2167-3189.
- Pu, R., Landry, S. ve Yu, Q., 2011. Object-Based urban detailed land cover classification with high spatial resolution ikonos imagery, *International Journal of Remote Sensing*, 32 (12), 3285–3308.

- Salomon, D., 2008. A concise introduction to data compression, springer, London, England.
- Sayood, K., 2005. Introduction to data compression, 3rd ed., Morgan Kaufmann Publishers, San Diego, USA.
- Schieve, J., 1998, Efeect of lossy data compression techniques on geometry and information content of satellite imagery, IAPRS, GIS-Between Visions and Applications, 32(4), Stuttgart, Germany, 540-544.
- Sellers, P.J., Meeson, B.W., Hall, F.G., Asrar, G., Murphy, R.E., Schiffer, R.A. ve Bretherton, F.P., 1995. Remote sensing of the land surface for studies of global change: Models–Algorithms–Experiments, Remote Sensing of Environment, 51, 3–26.
- Shackelford, A. K. ve Davis, C. H., 2003. A combined fuzzy pixel-based and object-based approach for classification of high-resolution multispectral data over urban areas, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 41 (10), 2354-2364.
- Süzen, M.L., 2002. Data driven landslide hazard assessment using geographical Information systems and remote sensing, PhD thesis, Middle East Technical University, Ankara.
- Süzen, M.L. ve Doyuran, V., 2004a. A comparison of the GIS based landslide susceptibility assessment methods, Multivariate Versus Bivariate, Environmental Geology, 45, 665–679.
- Süzen, M.L. ve Doyuran, V., 2004b. Data driven bivariate landslide susceptibility assessment using geographical information systems: a Method and Application to Asarsuyu Catchment, Turkey. Engineering Geology, 71, 303–321.
- Skodras, A., Christopoulos, C. ve Ebrahimi, T., 2001. The JPEG2000 still image compression standard, IEEE Signal Processing Magazine, 36-58.
- Türker, M., 2006. Uzaktan algılama ders notaları (basılmamış yansı), Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Uçar, E., 2011,. Sıkıştırılmış raster görüntülerin fotogrametrik otomasyonda kalite ve doğruluk üzerindeki etkilerinin araştırılması, Doktora Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya
- Wallace, G.K., 1992. The JPEG still picture compression standard, IEEE Transactions on Consumer Electronics, 38.
- Xing, S., Xu, Q. ve Ma, D., 2008. Speckle denoising based on bivariate shrinkage functions and dual-tree complex wavelet transform, Commission I, W/G I/2, ISPRS Congress, Beijing, China.

- Yan, G., Mas, J. F., Maathuis, B. H. P., Zhang, X. ve Van Dijk, P. M., 2006. Comparison of pixel-based and object-oriented image classification approaches - a case study in a coal fire area, Wuda, Inner Mongolia, China, *International Journal of Remote Sensing*, 27 (18), 4039-4055.
- Yeşilnacar, E. ve Süzen, M. L., 2006. A land-cover classification for landslide susceptibility mapping by using feature components, *International Journal of Remote Sensing*, 27(2), 253–275.
- Yu, Q., Gong, P., Clinton, N., Biging, G., Kelly, M. ve Schirokauer, D., 2006. Object-based detailed vegetation classification with airborne high spatial resolution remote sensing imagery, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 72(7), 799-811.
- Yılmaztürk, F. ve Akçay, Ö., 2005. JPEG görüntü sıkıştırmanın yakın mesafe fotogrametri üzerindeki etkileri, 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara, Türkiye, 918-925.
- Zhang, Y.J. 1997. Evaluation and comparison of different segmentation algorithms, *Pattern Recognition Letters*, 18, 963-974.
- Zhang, J., 2001. Wavelet compression and MrSID, 20th International Cartographic Conference, Beijing, China.
- Zhiyuan, Z., 2004. Computer classification and geoscience applied research of satellite remote sensing image, Publishing House of Science, Beijing, 157-158.
- Zhou, Q. ve Robson, M., 2001. Automated Rangeland Vegetation Cover and Density Estimation Using Ground Digital Images and a Spectral–Contextual Classifier, *International Journal of Remote Sensing*, 22 (17), 3457–347
- URL-1 <[http:// www.earthexplorer.usgs.gov](http://www.earthexplorer.usgs.gov) >, alındığı tarih: 29.03.2014.

## ÖZGEÇMİŞ

**Adı Soyadı** : Gökhan ARASAN  
**Doğum Tarihi ve Yeri:** 06.08.1986  
**E-posta** : gokhan.arasan@hgk.msb.gov.tr

### EĞİTİM BİLGİLERİ (Kurum ve Yıl)

**Lisans** : Karadeniz Teknik Üni. Müh. Mim. Fak. Jeo. ve Fot. Müh.  
(2009)  
**Yüksek Lisans** : Aksaray Üni. Fen Bilimleri Ens. Harita. Müh. ABD (2011-  
2016)  
**Doktora** :

### MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2010-	Harita Genel Komutanlığı	Görüntü İşlem ve Kontrol Subayı

### TEZDEN ÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER

### BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

#### YAYINLAR

Arasan, G., Erdoğan, M., 2015, MrSID Görüntü Sıkıştırma Formatının Sınıflandırma Doğruluğuna Etkisi (The Impact of MrSID Image Compression Format on Accuracy of Classification), Harita Dergisi, 154, 35-42  
Arasan, G., İşcan, L., Eker, O., 2014, Bir 3B Şehir Modeli Uygulaması: AŞTİ (A 3D City Model Implementation: AŞTİ), Harita Dergisi, 151, 11-18