

T.C.  
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI

**İHA GÖRÜNTÜLERİNİN ANLAMLANDIRILMASI  
ÜZERİNE BİR SİSTEM ANALİZİ ÇALIŞMASI**

(Yüksek Lisans Tezi)

Tezi Hazırlayan: **Zafer KİP**

İstanbul, 2013

T.C.  
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI

**İHA GÖRÜNTÜLERİNİN ANLAMLANDIRILMASI  
ÜZERİNE BİR SİSTEM ANALİZİ ÇALIŞMASI**

(Yüksek Lisans Tezi)

Tezi Hazırlayan:  
**Zafer KİP**

Öğrenci No:  
110820025

Danışman :  
Yrd. Dç. Dr. Ediz ŞAYKOL

İstanbul, 2013

## **YEMİN METNİ**

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum **“İHA Görüntülerinin Anlamlandırılması Üzerine Bir Sistem Analizi Çalışması”** başlıklı bu çalışmanın, bilimsel ahlak ve geleneklere uygun şekilde tarafımdan yazıldığını, yararlandığım eserlerin tamamının kaynaklarda gösterildiğini ve çalışmamın içinde kullanıldıkları her yerde bunlara atıf yapıldığını belirtir ve bunu onurumla doğrularım. 20.02.2013

**Zafer KİP**

T.C.  
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZ SAVUNMA SINAVI SONUÇ TUTANAĞI

Beykent Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Aşağıda tez adı belirtilen yüksek lisans öğrencisi 110820025no'luZAFER KİP'in7/3/2013 tarihinde yapılan tez savunma sınavı<sup>1</sup> sonucunda 50 dakika süreyle sunduğu ve savunduğu tezi hakkında<sup>2</sup> oybirliğiyle, Kabul kararı verilmiştir.

Bilgilerinize saygılarımızla arz ederiz.

---

Anabilim Dalı : .... BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ .....  
Programı : .... BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ .....  
Tez Başlığı<sup>3</sup> : ..... İHA GÖRÜNTÜLERİNİN ANLAMLANDIRMASI ÜZERİNE BİR  
SİSTEM ANALİZİ ÇALIŞMASI .....

---

**Tez Sınav Jürisi**

**Öğretim Üyesi**

Danışman : .....Yrd. Doç. Dr. Ediz ŞAYKOL .....

Üye :.....Doç. Dr. Gökhan SİLAHTAROĞLU .

Üye :.....Yrd. Doç. Dr. Turhan KARAGÜLER .....

İmza  


<sup>1</sup> Jüri üyeleri söz konusu tezin kendilerine teslim edildiği tarihten itibaren en geç bir ay içinde toplanarak öğrenciyi tez savunma sınavına alır. Belirlenen günde yapılamayan jüri toplantısı, katılanların hazırladığı bir tutanakla enstitü yönetimine bildirilir. Bu durumda jüri en geç onbeş gün içinde toplanarak adayı tez savunma sınavına alır. Tez savunma sınav süresi en az 45 dakikadır. Yüksek lisans tez savunma sınavı, tez çalışmasının sunulması ve bunu izleyen soru-yanıt bölümlerinden oluşur ve dinleyiciye açıktır. (Beykent Lisansüstü eğitim ve Öğretim Yönetmeliği-Madde30-3)

<sup>2</sup>Tez sınavının tamamlanmasından sonra jüri, tez hakkında “kabul”, “düzeltme” veya “red” kararı verir. Jüri başkanı, jüri üyelerince imzalanmış sınav tutanağını, tez sınavını izleyen üç gün içinde ilgili enstitü yönetimine teslim eder. Tezi başarısız bulunan öğrencinin Enstitü ile ilişkisi kesilir. Tezi hakkında düzeltme kararı verilen öğrenci en geç üç ay içinde gerekli düzeltmeleri yaparak ve yönetmelikte belirtilen usullere uygun olarak tezini aynı jüri önünde yeniden savunur. Bu savunma sınavında da tezi kabul edilmeyen öğrencinin enstitü ile ilişkisi kesilir.(Beykent Lisansüstü eğitim ve Öğretim Yönetmeliği-Madde30-4)

<sup>3</sup>İleridedoğabileceksaklıklarınengellenmesiçintezi başlığını yazılması gerekmektedir.

## TEŐEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren Tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Ediz ŞAYKOL'a, eğitimime katkıda bulunan değerli eğitim üyelerine, çalıőmalarıma destek olan işyerimde görevli tüm çalışma arkadaşlarıma, komutanlarıma ve manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan eşim Utku Özgür (ELÇİ) KİP'e teşekkürü bir borç bilirim.

Zafer KİP

# İHA GÖRÜNTÜLERİNİN ANLAMLANDIRILMASI ÜZERİNE BİR SİSTEM ANALİZİ ÇALIŞMASI

Tezi Hazırlayan: **Zafer KİP**

## Özet

Bu tez çalışmasında, İHA görüntülerinin anlamlandırılması üzerine bir sistem analizi çalışması yapmak amaç edinilmiştir. Tez içerik olarak Uzaktan Algılama, İHA, Sınıflandırma Teknikleri, Hiper/Multi spektral görüntülerin birleştirilmesi sonucunda görüntülerin zenginleştirilmesi, hareketli platformlardan hedef takibi ve coğrafik koordinatlara dayalı konum etiketleme konularını içermektedir. Günümüzde ABD, İsrail hariç diğer ülkeler mevcut İHA ile hedef takibi ve teşhisi konusunda yeterli alt yapıya sahip değildir. İlk olarak WAXMAN, FAY ve arkadaşlarının Lincoln laboratuvarlarında yaptığı görüntü birleştirme çalışmalarına yer verilmiştir. İkinci olarak Google Teknoloji tarafından hakları satın alınan ve halen çalışmaları devam eden, ancak ilk sürümünün halen açık kaynak kodlu olarak kullanıma sunulduğu, PREDATOR isimli çalışmanın, İHA'larda hareket halinde iken sağlıklı bir şekilde nesne takibi ve teşhisi yapılmasını mümkün kılacağı değerlendirilmektedir. Brigham Young Üniversitesinden GOODRİCH'in "UAVs in Research", Research Establishment for Applied Science'dan SOLBRİG'in "Annotations in UAV images with Geo-referencing" ve BABAUD ve arkadaşlarının "Automatic photo to terrain alignment for the annotations of mountains" isimli eserlerinde; Denetimli Öğrenme tekniği kullanılarak UTM koordinatları ile görüntülerde bulunan nesnelere isim verilmiştir. Mevcut veri tabanlarında bulunan verinin görüntü üzerine aktarılması yönteminin, TSK için modifikasyonunun yapılması durumunda, Türk Silahlı Kuvvetleri İHA kullanan operatör, Analizci ve Karar Vericilerinin, İHA görüntülerinden daha fazla istifade edebileceği ve bunun durumsal farkındalık yaratabileceği değerlendirilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** İHA Denetimli/Denetimsiz Öğrenme, Sınıflandırma, Bilgisayarlı Görme, Etiketleme, Multi spektral görüntü birleştirme, WİSAR, PREDATOR

# **A SYSTEM ANALYSIS ON THE STUDIES OF UAV IMAGES ANNOTATIONS WHICH IS RELEATED TO SEMANTICS.**

Prepared by: **Zafer KİP**

## **Abstract**

In this study of Thesis, it is aimed that to make a system analysis on the studies of UAV images annotations which is releated to semantics. The thesis consists of; Remote Sensing, UAV, The Enrichment of The Fusion of Hyper/Multi-Spectral Images, Object Tracking From UAV, Annotations in UAV images with Geo-referencing.

Nowadays, except USA and Israel, UAV producer countries do not have enough information and infrastructure about the robust object tracking based on learning. Firstly, "Sensor fused night vision" belongs to WAXMAN and "Fusion of multi sensor imagery for night vision" belongs to FAY is about the multispectral fusion of the images. Secondly, PREDATOR, Tracking-Learning-Detection system which is copyrighted by Google tech., first version is released as open source, is assessed as a robust tracking and detecting system which is a unsupervised learning system from a single frame. Thirdly, studies, "UAVs in Research" which belongs to GOODRICH, from Brigham Young University and "Annotations in UAV images with Geo-referencing" which belongs to SOLBRIG, from Research Establishment for Applied Science, and "Automatic photo to terrain alignment for the annotations of mountains" which belongs to BABAUD and friends, are releated to supervised learning in UAV images, in which labels & annotations given to objects with geo reference. If this model, the transfer of information from data base to UAV images, is modified in accordance with the Turkish Land Forces requirement, it is assessed that it will be much more useful for UAV Operatör, Image Analyst and Decision Makers which gives them situational awareness.

**Key Words:** UAV, Supervised/ Unsupervised Learning, Classification, Computer Vision, Annotation, Multi spectral, Fused Vision, WİSAR, PREDATOR.

# İÇİNDEKİLER

Sayfa No:

<b>Özet</b> .....	<b>i</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>ii</b>
<b>TABLolar LİSTESİ</b> .....	<b>ix</b>
<b>KISALTMALAR</b> .....	<b>xiv</b>
<b>1.GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2.UZAKTAN ALGILAMA</b> .....	<b>4</b>
2.1. Uzaktan Algılamanın Esasları.....	4
2.1.1. Elektromanyetik Yayım .....	4
2.1.2.Elektromanyetik Tayf ve Özellikleri.....	6
2.1.2.1.Ultraviyole.....	7
2.1.2.2. Görünen Işık.....	7
2.1.2.3. Kıızıl Ötesi ( Infrared(IR)) .....	8
2.1.2.3.1. Yakın Kıızıl Ötesi(NIR) 0.72-1.1 $\mu\text{m}$ .....	8
2.1.2.3.2. Kısa Dalga Kıızıl Ötesi(SWIR) 1.1- 3.0 $\mu\text{M}$ .....	9
2.1.2.3.3. Orta Dalga Kıızıl Ötesi(MWIR) 3.0- 5.0 $\mu\text{m}$ .....	9
2.1.2.3.4. Uzun Dalga Infrared(LWIR) 5.0- 14.0 $\mu\text{m}$ .....	9
2.1.2.4. Mikro Dalga(MICROWAVE) 0.1-100 cm .....	9
2.1.3.Uzaktan Algılamayı Engelleyen Faktörler .....	10
2.1.3.1.Uzaktan Algılamaya İlişkin Fiziksel Kuramlar.....	10
2.1.3.2. Atmosferin Etkileri.....	13
2.1.3.3.Dünya Yüzeyinin Etkileri .....	16
2.1.4.Çözünürlük (Resolution).....	18
2.1.4.1.Mekânsal Çözünürlük .....	18
2.1.4.2.Tayfsal Çözünürlük .....	20



2.1.4.3.Radyometrik Çözümleme.....	21
2.1.4.4.Zamansal Çözümleme.....	22
2.1.5. Parlaklık ve Ton (Brightness and Tone) .....	23
2.1.6. Kontraslık Oranı (Contrast Ratio).....	23
2.1.7.Detay Ayırt Etme Gücü (Resoving Power).....	24
<b>3.İNSANSIZ HAVA ARACLARI .....</b>	<b>28</b>
3.1. İHA'nın Tarihçesi .....	28
3.2. İHA Sınıflandırması .....	31
3.3.İHA Yapısı .....	33
3.3.1. Uçuş ve Kıymetlendirme Ekibi .....	33
3.3.2. Hava Aracı .....	33
3.3.3. Yer Kontrol Sistemi .....	34
3.3.4. Hava-Yer İletişim Aracı .....	34
3.3.5. Otomatik İniş Sistemleri .....	34
3.3.6 Faydalı Yükler.....	34
3.3.6.1. Yüksek İrtifa Uzun Dayanıklılık (HALE) EO/IR Sensörü .....	35
3.3.6.2. Orta İrtifa Uzun Dayanıklılık (MALE) EO/IR Sensörü.....	35
3.3.6.3. Taktik İHA EO/IR Sensörü.....	36
3.3.6.4. Mini/Mikro İHA EO/IR Sensörü .....	36
3.4 İHA'nın Geleceği .....	37
<b>4.GÖRÜNTÜ İŞLEME.....</b>	<b>38</b>
4.1.Giriş.....	38
4.2.Görüntünün Oluşması: .....	39
4.2.2. Işık.....	41
4.2.3. Işık Açısı .....	41
4.2.3.1.Geçme .....	42
4.2.3.2.Emilme .....	42

4.2.3.3.Yansıma .....	42
4.2.3.4.Kırılma .....	43
4.2.3.5.Nesne Yüzeyi .....	43
4.3.Göz ve Algılama .....	44
4.4.Elektronik Algılama Sistemleri.....	47
4.4.1.Gürültü Çeşitleri.....	48
4.4.1.1.Foton Gürültüsü .....	48
4.4.1.2.Termal Gürültü.....	48
4.4.1.3.Elektronik gürültü .....	48
4.4.1.4.Yükselteç gürültüsü.....	48
4.4.1.5.Seviyeleme gürültüsü .....	48
4.4.1.6.Gaussian gürültüsü .....	49
4.4.1.Gündüz Algılama: Fotograf Makinası ve Yapısı .....	49
4.4.1.2.CMOS .....	51
4.4.2. Gece Görme Sistemleri (Low Light Imagery, Thermal Imagery); .....	52
4.4.2.1. Düşük Işık Güçlendirici Sistemleri; .....	53
4.4.2.2. Termal Sistemler .....	55
4.5. Görüntü ve İşleme .....	60
4.5.1. Morfolojik İşlemler .....	63
4.5.1.1.Siluet Çıkarma.....	64
4.5.1.2.Eşik Uygulaması sonrası işlemler .....	67
4.5.2. Gürültü Azaltma (Filtering) .....	69
4.5.2.1.Düzgün Dağıtılmış (Uniform) Filtre .....	70
4.5.2.2.Üçgen (Triangular) Filtre .....	71
4.5.2.3.Gaussian Filtre .....	71
4.5.2.4.Wiener filtre .....	71
4.5.2.5.Medyan filtre .....	71

4.5.2.6. Minimum filtre .....	72
4.5.2.7. Maksimum filtre .....	72
4.5.3. Histogramlar .....	72
<b>5. TEMEL İSTATİSTİKSEL KAVRAMLAR VE VERİ MADENCİLİĞİ.....</b>	<b>74</b>
5.1. Temel Kavramlar: .....	75
5.1.1 İstatistik Temel Kavramları .....	75
EK-C’de yer almaktadır. ....	75
5.1.2 Veri Madenciliği Temel Kavramları .....	75
5.2. Veri Madenciliği Aşamaları .....	75
5.2.1. Veri Temizleme ve Bütünleştirme .....	75
5.2.2. Veri Seçme ve Dönüşümü .....	75
5.2.3. Veri Madenciliği .....	75
5.2.4. Örüntü değerlendirme ve Bilgi sunumu .....	76
5.3. Değer Tahmini Modeli(Denetimli Öğrenme/Sınıflandırma) .....	76
5.3.1. Denetimli Sınıflandırma Yöntemleri .....	77
5.3.1.1. Karar ağacı ile sınıflandırma yöntemi .....	77
5.3.1.2. İstatistiğe Dayalı Sınıflandırma Yöntemleri .....	78
5.3.1.3. Mesafeye Dayalı Sınıflandırma Yöntemleri(K- En Yakın Komşuluk) .....	80
5.3.1.4. Yapay Sinir Ağları .....	81
5.3.1.5. Bulanık Sınıflandırma(Fuzzy Classifiers) .....	83
5.3.1.6. Genetik Algoritma ile Sınıflandırma Yöntemi .....	84
5.3.2. Denetimli Öğrenme Aşamaları .....	85
5.3.2.1. Eğitim Aşaması (training stage) .....	85
5.3.2.2. Sınıflandırma Aşaması (classification stage) .....	86
5.3.2.3. Çıktı Aşaması (output stage) .....	86
5.3.3. Ortalamaya En Az Uzaklık Yöntemi .....	86

5.3.4. Paralel Kenar Yöntemi .....	87
5.3.5. En Yüksek Olasılık Yöntemi .....	87
5.4. Denetimsiz Öğrenme.....	88
5.4.1.Hiyerşik Yöntemler .....	88
5.4.1.1.Toplaşım(Agglomerative) .....	89
5.4.1.2. Bölünür(Divisive) .....	89
5.4.2.Bölümlemeli Yöntemler.....	89
5.4.2.1.K-Means(Ortalama) .....	89
5.4.2.2.K-Medoid(PAM).....	89
5.4.2.3.Clara .....	90
5.4.2.4.Yoğunluğa Dayalı Algoritmalar.....	90
5.4.2.5.Grid Temelli Algoritmalar .....	90
<b>6. GÖRÜNTÜ BİRLEŞTİRME, GÖRÜNTÜLERDE HEDEF TAKİBİ VE GÖRÜNTÜLERİN ANLAMLI HALE GETİRİLMESİ İLE İLGİLİ ÇALIŞMALAR .....</b>	<b>91</b>
6.1.Çok Bantlı Görüntü Birleştirme .....	91
6.2.Görüntülerde Hareketli Nesne Takibi .....	101
6.2.1. TLD Öncesi Çalışmalar .....	104
6.2.1.1 Nesne Takibi (Tracking) .....	104
6.2.1.2. Tanımlama (Detecting) .....	105
6.2.1.3. Öğrenme (Learning).....	106
6.2.2. Takip-Öğrenme-Tanıma (Tracking- Learning-Detecting).....	106
6.2.2.1 Tanıma.....	107
6.2.2.2 Takip .....	110
6.2.2.3 Öğrenme .....	112
6.3.Görüntü Etiketleme .....	117

<b>7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>121</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>124</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>128</b>

## TABLÖLAR LİSTESİ

<b>Tablo-1</b> Nesnelerin Yayımladıkları IR Enerjinin Dalga Boyları.....	11
<b>Tablo-2</b> IR Sensörlerin Çalışma Bantları ve Sıcaklıklar.....	12
<b>Tablo-3</b> ABD'nin İnsansız Araçlar İçin Ayrılan Bütçe(Milyon Dolar)ler.....	31
<b>Tablo-4</b> TSK Envanterine Girmesi Kesinleşen İHA'lar.....	33
<b>Tablo-5</b> HALE E/O sistemleri.....	35
<b>Tablo-6</b> MALE E/O Sistemler.....	36
<b>Tablo-7</b> Çok Bantlı Görüntü Birleştirme Cihaz Özellikleri.....	91
<b>Tablo-8</b> ABD Özel Kuvvetler Görev Analiz Şeması.....	101

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No:

Şekil-1 EMT Üzerindeki Tayf Görüntü Bölgesi[1].....	4
Şekil-2 Elektromanyetik Yayım[1].....	5
Şekil-3 Dalga Uzunluğu ve Frekans[1] .....	5
Şekil-4 Dalga Uzunluğu ve Frekans İlişkileri.....	6
Şekil-5 EMT Bölgeleri [1].....	6
Şekil-7 Wien Kanunu Grafiği ve Eşitliği[1] .....	11
Şekil-8 Ters Kare Kanunu[1].....	12
Şekil-10 Atmosferin Muhtelif Dalga Uzunluklarında Emme Etkisi[1].....	15
Şekil-11 Dünya Yüzeyinin Işığa Etkisi .....	16
Şekil-12 Yaprakların ve Suyun, Emme ve Yansıma Özellikleri .....	18
Şekil-13 Anlık Görüş Sahası (IFOV).....	19
Şekil-14 Düşük (Sol) ve Yüksek (Sağ) Çözünürlüklü Görüntüler .....	20
Şekil-15 Tayfsal Çözümlemeye İlişkin Görüntü Örnekleri.....	20
Şekil-16 Siyah / Beyaz ve Renkli Filmlerin Tayfsal Çözümlemesi .....	21
Şekil-17 Görüntüler (8 ve 2 Bit'lik ) .....	22
Şekil-18 Sel Felaketinin Boyutlarını Gösteren Görüntüler.....	22
Şekil-19 Tip Çözümleme .....	23
Şekil-20 Yüksek, Orta ve Düşük Kontraslık .....	24
Şekil-21 Yüksek ve Düşük Kontrastlı, Hedef Çözümleme ve Tespit Panosu .....	25
Şekil-22 Açısal Detay Ayırt Etme Gücü.....	26
Şekil-23 İlk İnsansız Uçak 06 Mart 1918[5] .....	28
Şekil-24 1991 Çöl Fırtınası Harekâtında Deniz Platformundan Kalkan Pioneer[5] .	29
Şekil-27 İHA Harcamaları/İnsanlı ve İnsansız Hava Aracı Harcama Oranı[7].....	31
Şekil-29 Mini ve MALE (MQ-1 Predator) Yapısı ve Çalışması[9] .....	33

<b>Şekil-30</b> Gyroskop ve Gimbal[10].....	35
<b>Şekil-32</b> ABD Savunma Bakanlığı'nın İHA Teknolojik Yatırım Planı[7].....	37
<b>Şekil-33</b> Görüntü İşleme Aşamaları[12].....	39
<b>Şekil-34</b> Görüntü oluşumu[12] .....	40
<b>Şekil-35</b> Görüntünün algılanması dijital hale getirilmesi[12] .....	41
<b>Şekil- 36</b> Gelen Işın, Dağılma, Yansıma, Emme ve Yayım[2].....	42
<b>Şekil-37</b> Işığın Kırılması [12].....	43
<b>Şekil-38</b> Gözün Yapısı[13] .....	44
<b>Şekil-39</b> Kameranın Yapısı[16] .....	49
<b>Şekil-41</b> CMOS Sensör.....	51
<b>Şekil-42</b> Gri Tonlama ve Üç Renk .....	52
<b>Şekil-43</b> CCD ve CMOS İşlemcilerin Gelişimi.....	52
<b>Şekil-44</b> I inci Nesil Gece Görüş Cihazı Şekli ve Görüntüsü[19] .....	54
<b>Şekil-45</b> II inci Nesil Gece Görüş Cihazı Şekli ve Görüntüsü[19].....	54
<b>Şekil-46</b> III üncü Nesil Gece Görüş Cihazı Görüntüsü[19].....	55
<b>Şekil-47</b> Wien şeması [3].....	55
<b>Şekil-48</b> EM Spektrum ve Pencereleler[20] .....	56
<b>Şekil-49</b> Termal Kamera Optik Birim[21].....	57
<b>Şekil-51</b> İkili Görüntüleme Sistemi .....	61
<b>Şekil-52</b> Görüntü Koordinat Sistemi .....	62
<b>Şekil-53</b> Pikselin Görünümü[12] .....	62
<b>Şekil-54</b> Çözünürlük Farkının Resme Etkisi .....	62
<b>Şekil-55</b> Kırmızı, Mavi ve Yeşil Filtre Kullanımı[20] .....	63
<b>Şekil-56</b> Piksel Izgarası[23] ve Komşuluk Tipi[24] .....	64
<b>Şekil-57</b> Silüet Çıkarma.....	65
<b>Şekil-58</b> Eşik uygulama[12] .....	65
<b>Şekil-59</b> Uyumlu Eşik Uygulama [12] .....	66



<b>Şekil-60</b> Bölge Büyütme [12].....	66
<b>Şekil-61</b> Ortalama Kaydırma(Mean Shift) [12].....	67
<b>Şekil-62</b> Genişletme[12].....	67
<b>Şekil-63</b> Aşındırma[12] .....	68
<b>Şekil-64</b> Açma[12].....	68
<b>Şekil-65</b> Kapama[12].....	68
<b>Şekil-66</b> Kenar Çıkarma İşlemi .....	69
<b>Şekil-67</b> Kutu Filtre .....	69
<b>Şekil-68</b> Filtre uygulaması.....	70
<b>Şekil-69</b> Görüntü ve Histogram.....	73
<b>Şekil-70</b> Histogram Germe [12] .....	73
<b>Şekil-71</b> Veri Madenciliği Aşamaları[26] .....	75
<b>Şekil-72</b> Sınıflandırma Modeli Kurulumu İçin Genel Yaklaşım.....	77
<b>Şekil 73</b> Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Ayırıştırma .....	78
<b>Şekil 74</b> Destek Vektörü.....	79
<b>Şekil-75</b> SVM N Boyutlu Düzlem.....	80
<b>Şekil-76</b> Biyolojik Sinir Hücresi.....	81
<b>Şekil-77</b> Yapay Bir Sinir Hücresi Modeli.....	82
<b>Şekil-78</b> Ortalamaya En Az Uzaklık Yöntemi .....	86
<b>Şekil-79</b> (a) Paralel Kenar Yöntemi (b) Basamaklandırılmış Paralel Kenar Yöntemi .....	87
<b>Şekil-80</b> Gece Görüş/ Uzun Dalga Kızıl Ötesi Birleştirme[29] .....	93
<b>Şekil-81</b> Kısa Dalga Kızıl Ötesi / Uzun Dalga Kızıl Ötesi Birleştirme[29] .....	93
<b>Şekil-82</b> Görünür/Kısa Dalga Kızıl Ötesi/ Uzun Dalga Kızıl Ötesi Birleştirme[29] .....	94
<b>Şekil-83</b> Görünür/Kısa /Orta/ Uzun Dalga Kızıl Ötesi Birleştirme[29] .....	95
<b>Şekil-84</b> 2li/3lü/4lü Birleştirilmiş Sensör Görüntüsü[29].....	96
<b>Şekil-85</b> WAXMAN 2li/3lü/4lü Birleştirilmiş Sensör Görüntüsü[28].....	97

<b>Şekil-86</b> AGC/LACEG Karşılaştırması[28] .....	97
<b>Şekil-87</b> Düşük Işık Altında Bilinen Çözünürlüğün Kaybı.[28] .....	99
<b>Şekil-88</b> Yeni Nesil Düşük Işık Yakın Kızıl Ötesi Görüntüleyicinin Görüntüsü.....	99
<b>Şekil-89</b> Görüntü karşılaştırmaları[28].....	100
<b>Şekil-90</b> 1998 yılında Yapılan Test Görüntüleri[28].....	101
<b>Şekil-91</b> Geri Beslemeye Dayalı Öğrenme[30].....	103
<b>Şekil-92</b> Bilgisayar ile Görünün Top-Zemin Deneyinde Kullanımı[30].....	104
<b>Şekil-93</b> TLD Şeması[31].....	107
<b>Şekil-94</b> Yüz Tanımlama Denetimli Öğrenme Algoritmaları[32].....	108
<b>Şekil-95</b> Normal ve IR Yüz Tanımlama Sisteminin Uygulanması[31].....	109
<b>Şekil-96</b> Predatör Sistemine İlk Karenin Girilmesi[30] .....	110
<b>Şekil-97</b> İleri-Geri Hata Tespiti[33] .....	111
<b>Şekil-98</b> Medyan Filtre Uygulaması.....	112
<b>Şekil-99</b> Referans Noktası .....	113
<b>Şekil-100</b> Hata Tespiti [31].....	113
<b>Şekil-101</b> Takip Tahmini[31] .....	114
<b>Şekil-102</b> Geri Beslemeye Dayalı Takip Şeması[31] .....	115
<b>Şekil-103</b> P/N Expert[32] .....	116
<b>Şekil-104</b> TLD Şeması.....	117
<b>Şekil-105</b> Mozaikleme Akış Şeması[36] .....	119
<b>Şekil-106</b> Anlık Video Etiketlemesi[36] .....	119
<b>Şekil-107</b> Görüntülerde Etiketleme[37].....	120
<b>Şekil-108</b> Görüntülerde Etiketleme .....	120

## KISALTMALAR

<b>ADC</b>	: Analog - Digital Converter / Analog Sayısal Dönüştürücü
<b>ASELSAN</b>	: Türk İHA üretici firma adı
<b>CENTROP</b>	: İHA üretici firma adı
<b>CMOS</b>	: Complementary Metal–Oxide–Semiconductor /
<b>CMYK</b>	: Cyan-Magenta-Yellow-Key / Cam Göbeği-Galibarda-Sarı-Siyah Renk Modeli
<b>CCD</b>	: Charge-Coupled Device
<b>DN</b>	: Digital Numbers / Sayısal Numaralar
<b>DAEG</b>	: Detay Ayırt Etme Gücü
<b>DASH</b>	: Drone Anti-Submarine Helicopter
<b>DB</b>	: Disk Boyutu
<b>DN</b>	: Diğital Number / Sayısal Numara
<b>DRON</b>	: Uzaktan komutalı uçaklar
<b>EH</b>	: Elektronik Harp
<b>EMT</b>	: Elektro Manyetik Tayf(Spektrum)
<b>EO</b>	: Elektro optik
<b>HALE</b>	: High Altitude Long Endurance / Yüksek İrtifa Uzun Dayanıklılık
<b>HSV</b>	: Hue-Saturation-Value / Renk Özü-Doygunluk-Değer
<b>IAI/TAMAM</b>	: İsrail kökenli İHA üretici firma adı
<b>IR</b>	: Infrared / Kızıl Ötesi
<b>IFOV</b>	: Instantaneous Field Of View / Anlık görüş sahası
<b>İHA</b>	: İnsansız Hava Araçları
<b>LWIR</b>	: Long Wave Infrared / Uzun dalga kızıl ötesi
<b>KLT</b>	: Kanade –Lucas- Tomasi (Optik akış konusunda hazırladıkları algoritmanın adı)
<b>KMM</b>	: Kalal-Mikolojczyk-Mates
<b>KNN</b>	: K-Nearest Neighbor/ En Yakın Komşu
<b>MWIR</b>	: Mid Wave Infrared / Orta dalga kızıl ötesi
<b>MALE</b>	: Medium Altitude Long Endurance / Orta İrtifa Uzun Dayanıklılık
<b>NFOV</b>	: Narrow Field Of View / Dar Bakış Açısı
<b>NIR</b>	: Near Infrared / Yakın kızılötesi
<b>NIIRS</b>	: National Imagery Interpretability Rating Scale / Ulusal Görüntü Yorumlama ve Derecelendirme Ölçeği
<b>NM</b>	: Nanometre
<b>RGB</b>	: Red-Green-Blue / Kırmızı-Yeşil-Mavi renk modeli
<b>SIFT</b>	: Scale Invariant Feature Transform /
<b>SIGINT</b>	: Sinyal İstihbaratı
<b>SWIR</b>	: Short Wave Infrared / Kısa dalga kızıl ötesi

<b>TLD</b>	: Tracking Learning Detection / Takip-Öğrenme-Tanımlama
<b>UA</b>	: Uzaktan Algılama
<b>UAS</b>	
<b>ROADMAP</b>	: İnsansız Hava Sistemleri Gelişim Yol Haritası
<b>UV</b>	: Ultraviyole
<b>WESCAM</b>	: İHA üretici firma adı
<b>VNIR</b>	: Yakın Kızılötesi
<b>YUV WFOV</b>	: Wide Field Of View / Geniş Bakış Açısı
<b>µm</b>	: Mikrometre

## 1.GİRİŞ

Günümüzde gelişmiş ülkeler ile gelişmekte olan ülkeler arasındaki fark her geçen gün artmaktadır. Bilinen bir gerçek ise savaş dönemlerinde teknolojik gelişmelerin ivmesinin ihtiyaçlarla doğru orantılı olarak artmasıdır. Her teknolojik gelişme ise ülkelere rakipleri arasında avantajlar sağlamaktadır. Egemen olmak isteyen ülkeler, güçlerini rakiplerine kabul ettirirken geleceklerini garanti altına almak için, rakip ülkelerin geleceklerini de kendilerinde göre şekillendirmişlerdir ve şekillendireceklerdir. Teknoloji ise bu amaca ulaşmak konusunda ciddi avantajlar getirmektedir.

Birinci dünya savaşı esnasında emekleme döneminde olan uçaklar, ikinci dünya savaşı esnasında hâkimiyetin ele geçirilmesi için, önce almanlar daha sonra ABD tarafından kullanılan en önemli silah olmuştur. Soğuk savaş döneminde ise ikinci dünya savaşı sonunda ise geliştirilen füzeler ve atom bombası, hâkimiyetin en önemli unsurları olmuştur. Günümüzde ise, bu unsurlar hâkimiyetin unsuru olmaya devam etmekle birlikte, İnsansız /Uzaktan Kullanılan Silahlar ile yeni bir dönem başlatılmıştır ve bu dönemde gelişmiş ülkelerin insansız savaş araçlarına karşı, gelişmekte olan ülkelerin insanların savaşı söz konusudur.

Bu savaşta gökler olarak ifade edilen ve yeryüzünden yakın uzayın sınırlarına kadar uzanan bölgede uydular, motorlu insanlı/insansız uçaklar, motorsuz insanlı uçaklar, balonlar vasıtası ile yeryüzü sürekli gözetim altında tutulmaktadır. Çok Bantlı (Multi Spektral) görüş sistemleri, insan gözünün göremediği bantlardaki görüntüyü alarak bu görüntünün görülebilir hale getirilmesini sağlayan sistemlerdir. Askeri amaçlı kullanıldıkları gibi, çok bantlı uzaktan algılama sistemleri, tarım, tıp, özel güvenlik gibi alanlarda da yaygın olarak kullanılmaktadır. Son on yılda insansız hava araçlarının ve faydalı yüklerinde meydana gelen teknolojik gelişmeler neticesinde çok bantlı görüntü birleştirme sağlanır iken, hareket halindeki nesnelerin tespiti ve teşhisi konusunda zorluklar yaşanmaktadır. İsrail ve ABD bu konuda öncü ülkeler olmakla beraber bu konudaki çalışmalar devam etmektedir.

Görüntü işleme ve birleştirme esnasında, görüntüdeki detay ve dokuları koruması için görüntü işleme filtreleri kullanılmaktadır.

Görüntülerden faydalanan Operatör, Analizci ve Karar Vericilerin, daha fazla bilgi edinmelerini sağlamak maksadıyla, görünür(CCD/CMOS kamera görüntüleri) ve kızıl ötesi/termal (FLIR/IR(SWIR, MWIR ve LWIR)) görüntülerin birleştirilmesi üzerinde yapılan çalışmalar olumlu sonuç vermiş ve bu sonuçlar kullanılan faydalı yüklere aktarılarak, faydalı yüklerin teknolojik olarak gelişmeleri sağlanmıştır.

Son yıllarda, görüntü birleştirme, hedef tespiti ve takibi problemlerinde, kontrol teorisi, veri madenciliği tekniklerinin ((Sınıflandırma (denetimli öğrenme) ve Kümeleme (denetimsiz öğrenme)) kullanımında belirgin bir artış görülmektedir.

Kontrol teorisi; işlem süreci sonunda elde edilen ve referans (elde edilmek istenen ürün) arasındaki farkın sisteme yeniden girdi olarak katılması ile çıktı üzerinde sürekli kontrolün sağlanmasını mümkün kılan bir öğrenme metodudur.

Veri madenciliği; daha önceden bilinmeyen gerekli uygulanabilir bilgilerin geniş veri tabanlarından elde edilmesi ve bu bilgilerin işletme kararları verilirken kullanılması veya istatistik ve matematiksel tekniklerle birlikte örüntü tanıma teknolojilerini kullanarak, depolama ortamlarında saklanmış bulunan veri yığınlarının elenmesi ile anlamlı yeni korelasyon, örüntü ve eğilimlerin keşfedilmesi sürecidir.

Bu çalışmada, İHA görüntülerinin anlamlandırılması üzerine bir sistem analizi çalışması yapılmıştır. Görüntülerin anlamlı hale getirilmesi kapsamında;

WAXMAN ve FAN'ın tamamladıkları görüntü birleştirme çalışmaları, ZDENEK KALAL ve arkadaşlarının 2011 yılında, George NEBEHAY'ın 2012 yılında ele aldığı görüntülerde nesne takibi,

Michael GOODRICH ve arkadaşlarının 2006'dan beri devam ettirdikleri ve halen devam eden, Kırsalda arama kurtarma faaliyetlerinde İHA kullanımı,

SOLBRIG ve arkadaşlarının anlık görüntülerde etiketleme ve BABOUD ve arkadaşlarının harta veri tabanından çekilen veriler ile dağların etiketlenmesi çalışmaları incelenmiştir. Görüntü birleştirme çalışmaları tamamlanmış olmakla

birlikte, görüntülerin anlamlı hale getirilmesi ve görüntülerde nesne takibi çalışmaları devam etmektedir.

Coğrafik referans sistemi ile görüntünün anlamlı hale getirilmesi için denetimli öğrenme metodu, Hedef takibi konusunda ise denetimsiz/denetimli öğrenme metodlarının paralel kullanıldığı tespit edilmiştir.

Bölüm 2'de, uzaktan algılama sistemleri ve temel teoremler hakkında bilgi verilmiştir.

Bölüm 3'de, İHA sistemleri ve faydalı yüklere ilişkin temel bilgiler verilmiştir.

Bölüm 4'de, görüntü ilgili temel kavramlar açıklanmış ve görüntü işleme teknikleri anlatılmıştır.

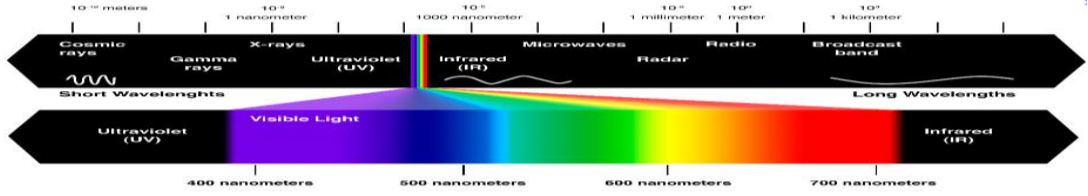
Bölüm 5'de, görüntü işlemede kullanılan veri madenciliği ile ilgili temel kavramlar açıklanmıştır.

Bölüm 6'de, görüntü birleştirme, görüntülerde hedef takibi ve görüntülerin anlamlı hale getirilmesi ile ilgili çalışmalar ve uygulamalar anlatılmıştır.

Bölüm 7'da, elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

## 2.UZAKTAN ALGILAMA

Uzaktan algılama, yer sathına fiziksel bir temas olmaksızın cisimlerin gözlenmesi ve ölçülmesine ilişkin bilgi sağlayan bir bilimdir. Bu bilgi; yansıyan veya yayılan enerjinin algılanması, kaydı, analizi sonucunda elde edilmektedir. Hava fotoğrafları uzaktan algılamanın temel taşlarındandır. Günümüzde uzaktan algılama verisi, kameralar ve sensörler ile donatılmış uçaklar, insansız hava araçları ve uydular tarafından sağlanmaktadır.[1] Görüntüler, yeryüzünden yansıyan ve yayılan enerji ölçülerek oluşturulur. EMT'nin Tayf görüntü bölgesi (Spectral Image Region), kapsamındaki ultraviyole, görünen ve kızıl ötesi bölgelerini bulunduran kısmıdır.



Şekil-1 EMT Üzerindeki Tayf Görüntü Bölgesi[1]

Uzaktan algılama sadece hava fotoğrafları ve uydu görüntülerinden ibaret olmayıp, tıbbi taramaları, mikroskopik çalışmaları, sonar ve radarları da içermektedir.

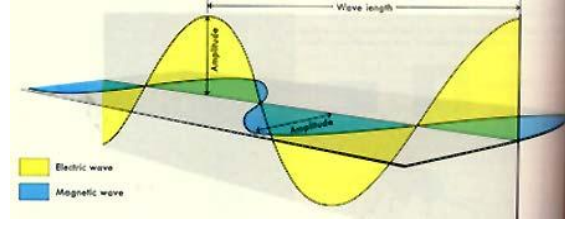
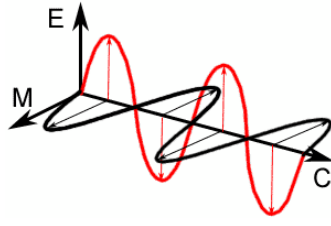
### 2.1. Uzaktan Algılamanın Esasları

Sensörler vasıtasıyla elde edilen görüntüleri, muhtelif alanlarda uygulamak için uzaktan algılamayı etkileyen fiziksel ve kimyasal hususların, görüntülerin özellik ve tiplerinin bilinmesi gerekmektedir.

#### 2.1.1. Elektromanyetik Yayım

Uzaktan algılamanın temel gereksinimi hedefin bir enerji kaynağı tarafından aydınlatılmasıdır. Güneş, kısa dalga uzunluğunda bir enerji yaymaktadır. Bu enerji, elektromanyetik yayım şeklinde olup dalga teorisinin temel kurallarına bağlı ve sinüzoidal tarzda seyahat etmektedir. Elektromanyetik yayım; yayım istikametine dik yönde ve değişik büyüklükte bir elektriksel saha (E) ile bu saha ile dik açı yapan bir manyetik sahayı (M) içermektedir.

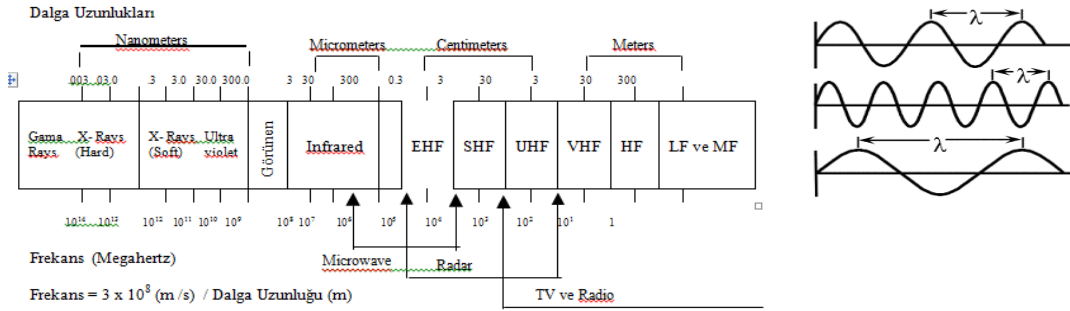




**Şekil-2** Elektromanyetik Yayım[1]

Elektromanyetik yayımın, “Dalga uzunluğu” (wavelength) veya “Frekans” (frequency) olarak adlandırılan özelliğinin tam olarak bilinmesi önem taşımaktadır. Dalga uzunluğu, birbirini izleyen dalgaların tepe noktaları arasındaki mesafe olup “λ” harfi ile tanımlanmıştır. Dalga uzunluğu; Nanometers (nm: 10<sup>-9</sup> m, 10<sup>-7</sup> cm ), Micrometers (µm:10<sup>-6</sup> m, 10<sup>-4</sup> cm), Centimeters (cm: 10<sup>-2</sup> m) ve Meters (m) cinsinden ifade edilir.[1]

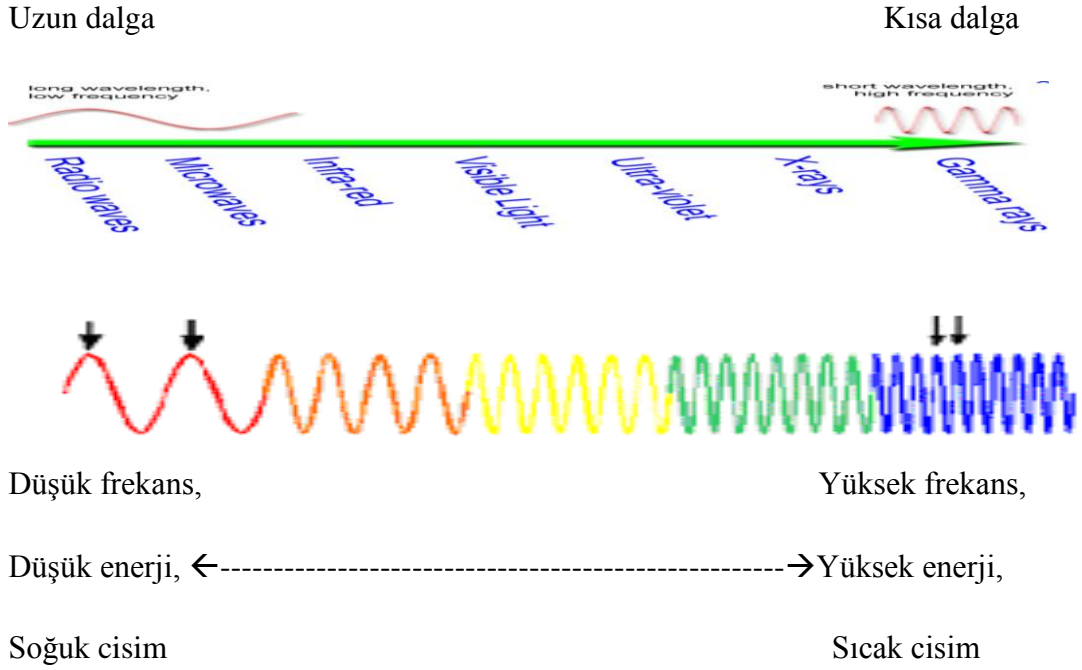
Frekans, dalganın saniyedeki devir sayısını belirtmekte olup “hertz” cinsinden ifade edilir ve her bir saniyede geçen bir devire eşittir.



**Şekil-3** Dalga Uzunluğu ve Frekans[1]

Dalga uzunluğu ile frekans arasındaki ilişki aşağıdaki formül ile tanımlanmıştır. Bu karşılıklı ilişki sonucunda; yüksek enerji veren sıcak cisimler, kısa dalga boyunda ve yüksek frekansta, düşük enerji veren soğuk cisimler, uzun dalga boyunda ve düşük frekansta yayım yaparlar.[1]

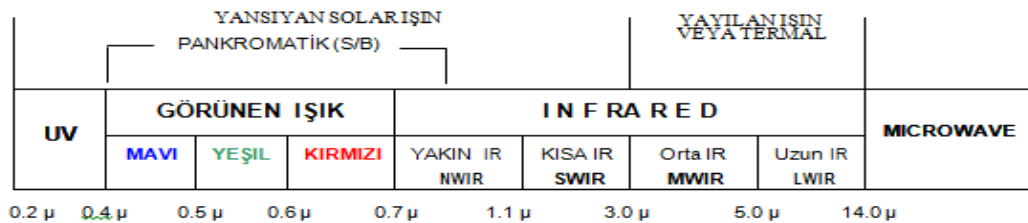
$$c = \lambda \times v \quad (2.1)$$



Şekil-4 Dalga Uzunluğu ve Frekans İlişkileri

### 2.1.2. Elektromanyetik Tayf ve Özellikleri

Uzaktan algılama platformlarındaki sensörler, elektromanyetik yayımı kaydederek görüntüyü oluştururlar. Bu yayımın kategorize edilmesi ile Elektromanyetik Tayf oluşmuştur. Tayf; gama ve x ışınlarını da içeren kısa dalga uzunluğu ile, microwave ve TV / radyo dalgalarını kapsayan uzun dalga uzunluğu arasında yer almıştır. Elektromanyetik tayf uzaktan algılama açısından önem taşıyan muhtelif bölgelere ayrılmıştır. Aşağıdaki şekillerde tayfin içerdiği genel bölgeler ile Ultraviyole (UV), Görünen Işık (Visible Light), Kızıl Ötesi (Infrared(IR)) ve Mikro Dalga (Microwave) bölgelerinin dalga uzunluğu ve frekans durumu gösterilmiştir.



Şekil-5 EMT Bölgeleri [1]

### **2.1.2.1.Ultraviyole**

Çok kısa dalga uzunluğundaki tayfin Ultraviyole veya kısa bir deyişle UV bölgesi, 0.2-0.4 µm dalga uzunluğunda yer almakta ve uzaktan algılamaya olanak sağlamaktadır. Dünya sathındaki kayalar ve mineraller gibi bazı materyaller, UV ışınları tarafından aydınlatıldığında ışık saçma (Fluoresce) veya görünen ışığı yayma özelliği bulunmaktadır. Bu özellikleri nedeniyle bu tip materyaller sensörler tarafından algılanarak belirlenirler.

### **2.1.2.2. Görünen Işık**

İnsan gözü veya uzaktan algılama sensörleri, görünen ışık bölgesindeki hedefleri tespit ederler. Görünen dalga uzunluğu 0.4 –0.7 µm arasındadır. En uzun dalga uzunluğu kırmızı, en kısası ise menekşe rengidir. Görünen ışık bölgesindeki renkler ve bunların dalga uzunlukları aşağıda belirtilmiş olup ana renkler mavi, yeşil ve kırmızıdır. Diğer renkler bunların birleşimlerinden oluşmaktadır. Mavi renkteki enerji, elektromanyetik tayfin 0.40-0.50 µm dalga uzunluğunda yer almaktadır. Bu renk; uzun dalga boylarında görünmeyen gölgedeki materyali aydınlatma, yeşil bitkilerin içerdiği klorofil tarafından emilme (klorofilin en iyi emildiği dalga uzunluğu0.40 µm'dir) ve takriben 40 metre derinliğindeki temiz suya nüfuz etme özelliklerine sahiptir.

Yeşil renkteki enerji, elektromanyetik tayfin 0.50-0.60 µm dalga uzunluğunda yer almaktadır. Bu renk; 13 metre derinliğindeki temiz suya nüfuz etme, temiz ve bulanık su arasındaki tezatlığı belirleme, satıhtaki gerilim etkisi nedeniyle sudaki yağı tespit etme ve yakın kızılötesi (NIR) bölgesine göre daha az tarzda bitkilerin yaptığı yüksek yansımayı belirleme, özelliklerini içermektedir.

Kırmızı renkteki enerji, elektromanyetik tayfin 0.60-0.70 µm dalga uzunluğunda yer almaktadır. Bu renk; klorofilin emilmesi nedeniyle (0.66 µm) bitkileri ayırt etme, toprağı ayırt etme ve yerleşim sahası niteliklerini analiz etme, ölü yaprakların içerdiği kırmızı ve sarı renkteki pigmentlerin yaptığı yansımayı tespit ve 8 metre ile limitli su derinliğine nüfuz etme özelliklerini kapsamaktadır.İnsan gözü, güneş ışınlarını tek veya homojen bir renkte görmektedir. Gerçekte bu renk; tayfin ultraviyole, görünen ve kızıl ötesi bölgelerin yaydığı muhtelif dalga uzunluklarından oluşmuştur.

### **2.1.2.3. Kızıl Ötesi ( Infrared(IR))**

Kızıl Ötesi bölgesi, elektromanyetik tayfın 0.7-100  $\mu\text{m}$  dalga uzunluğunda yer almıştır. Bu bölge yayımın özelliğine bağlı olarak yansıyan (reflected) IR ve yayılan (emitted) veya termal (thermal) IR olarak adlandırılan iki kısma bölünmüştür.

0.7-3.0  $\mu\text{m}$  dalga uzunluğunda yer alan yansıyan IR bölgesindeki ışık veya ısı tarzındaki yayım, görünen ışık bölgesine çok benzemektedir ve uzaktan algılama amaçlarına hizmet vermektedir.

3.0-100  $\mu\text{m}$  dalga uzunluğuna sahip termal IR bölgesi, görünen ışık ve yansıyan IR bölgesinden oldukça farklı özellikleri taşımaktadır. Bu bölgedeki enerji temelde yer yüzünden yayılan sıcaktır.

Görünen Işık ile Mikro Dalga (microwave (radar)) bölgeleri arasında bulunan kızıl ötesi(IR) bölgesinin bazı özellikleri optik, bazıları ise radar enerjisine benzemektedir. Bölge kendi içinde ayrıca dalga uzunluklarına dayalı olarak; Yakın Kızıl Ötesi (Near IR: NIR), Kısa Dalga Kızıl Ötesi (Short Wave IR: SWIR), Orta Dalga Kızıl Ötesi (Mid Wave IR: MWIR) ve Uzun Dalga Kızıl Ötesi (Long Wave IR: LWIR) olarak 4 kısma bölünmüştür.

Yakın Kızıl Ötesi (Near IR: NIR) ve Kısa Dalga Kızıl Ötesi (Short Wave IR: SWIR) yansıyan enerji), Orta Dalga Kızıl Ötesi (Mid Wave IR: MWIR) yansıyan ve termal, Uzun Dalga Kızıl Ötesi (Long Wave IR: LWIR) ise yayılan veya termal bölge kapsamındadır.

#### **2.1.2.3.1. Yakın Kızıl Ötesi(NIR) 0.72-1.1 $\mu\text{m}$**

Yakın kızıl ötesi bölgesindeki yansıma, yaprak dokusunun hücresel yapısından kuvvetli bir şekilde etkilenmektedir. Bu özellik nedeniyle bitkilerin analizinde kullanılır. Suyun emme ve bitkilerin yansıma özelliği nedeniyle (0.76-0.90  $\mu\text{m}$ ) kıyı haritacılığına olanak sağlamaktadır. Ayrıca canlı kütlelerin (0.76- 0.90  $\mu\text{m}$ ) belirlenmesinde, iğne ve yayvan yapraklı ağaçların birbirinden ayırt edilmesine imkân vermektedir.

#### **2.1.2.3.2. Kısa Dalga Kızıl Ötesi(SWIR) 1.1- 3.0 µM**

Bitki tipleri arasında karşılık farklılıkları bu bölgede ortaya çıkmaktadır. Sınırlı olarak buluta nüfuz eden kısa dalga kızıl ötesi; sulardaki yağın, toprak ve bitkilerin içerdiği nemin belirlenmesini sağlayan özelliklere sahiptir.

#### **2.1.2.3.3. Orta Dalga Kızıl Ötesi(MWIR) 3.0- 5.0 µm**

Uzun dalga kızıl ötesi bölgesi kadar sıhhatli olmamakla beraber termal sıcaklıkları tespit etmektedir. Bu bölge gündüzleri; yansıyan enerjiyi ve termal yayım karışımını, geceleri; yayılan ısıyı, metal çatılardan yansıyan enerjiyi, bacalardan çıkan ve yangınlardan kaynaklanan ısı yayımını ve buhar yansımalarını tespit eder. Dumana nüfuz etme özelliğine de sahiptir.

#### **2.1.2.3.4. Uzun Dalga Infrared(LWIR) 5.0- 14.0 µm**

Termal analizlerde kullanılır. Bazı bitkilerin yoğunluğu ve örtü tipini, günlük ve mevsimsel olarak termal atalet gösteren bitkileri belirme özelliklerini taşımaktadır.

#### **2.1.2.4. Mikro Dalga(MICROWAVE) 0.1-100 cm**

Yakın zamanda, uzaktan algılamanın ilgi sahasına giren mikro dalga enerji bölgesi, elektromanyetik tayfın 0.1-100 cm dalga uzunluğunda yer almaktadır. Bu bölge, kendi içinde muhtelif gereksinimler için kullanılan 6 bandı içermektedir.

Ka-Bandı (0.75-1.1 cm), K-Bandı (1.1-1.67 cm) ve Ku-Bandı (1.67-2.4 cm); çok kısa dalga uzunluğundadır. Uçaklarda ilk radar sistemi olarak kullanılmışlardır.

X-Bandı (2.4-3.75cm); Askeri keşif ve arazi haritacılığı amaçları için uçaklarda yaygın olarak kullanılmıştır.

C-Bandı (3.75-7.5cm): Bir çok uçakta, İnsansız hava aracında ve uzay araçlarında (ERS-1 ve RADARSAT) kullanılmaktadır.

S-Bandı (7.5-15 cm): Rusların ALMAZ uydusunda kullanılmıştır.

L-Bandı (15-30cm): ABD'nin SEASAT, Japonların JERS-1 uyduları ve NASA'nın uçaklarında bulunmaktadır.

P-Bandı (30-100 cm): NASA'nın deneyimsel araştırma sistemi olarak uçaklarda kullanılmaktadır.

### 2.1.3.Uzaktan Algılamayı Engelleyen Faktörler

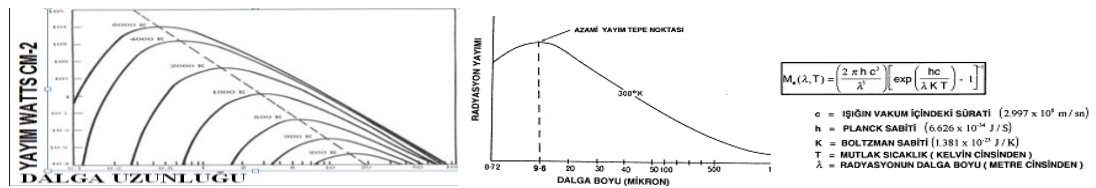
Enerji kaynağı, hedef ve algılayıcı arasındaki atmosfer ve dünya sathındaki materyaller, uzaktan algılamayı engellemektedir. Güneşin sağladığı enerjinin tümü hiç bir zaman algılayıcılar tarafından kaydedilemez. Bunların yanı sıra mevcut fiziksel kuramların ve etkilerinin de bu başlık altında incelenmesi gerekmektedir. Fiziksel kuramların, atmosferin ve dünya sathının uzaktan algılamaya olan etkilerinin bilinmesi; doğru sensörün seçilmesine, daha iyi görüntünün elde edilmesine ve hedeflerin daha iyi kıymetlendirilmesine olanak sağlamaktadır.

#### 2.1.3.1.Uzaktan Algılamaya İlişkin Fiziksel Kuramlar

Bilim adamı Kelvin, her cismin birbirinden farklı ve mutlak sıfır (-273 °C) olarak tanımlanan bir sıcaklığın üzerinde Kıızıl ötesi enerji yaydığı kuramını ortaya koymuştur. Yayılan solar enerjinin (6000 C0) tümünü emen bunu en iyi şekilde tekrar yayan cisimlere siyah cisim (Blackbody) denilmektedir. Dünya üzerinde böyle bir cisim mevcut olmayıp, bulunanlar ise Gri cisim (Greybody) olarak tanımlanmışlardır.

#### Planck Kanunu

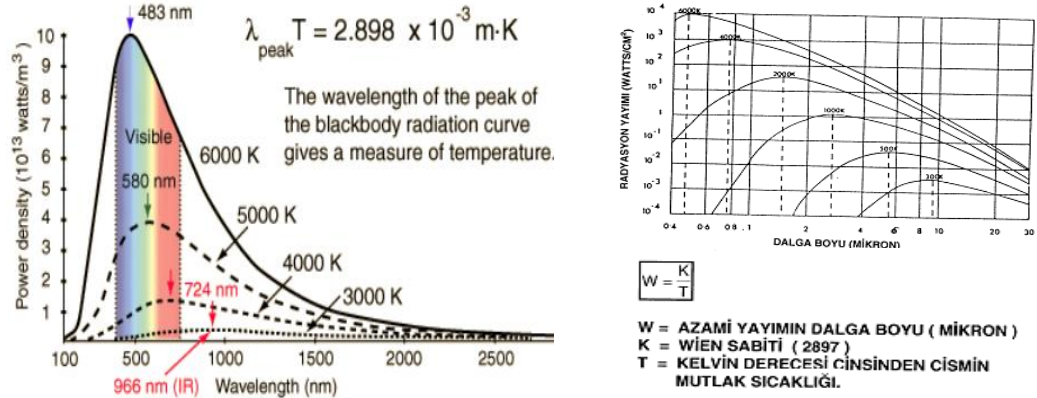
Planck, sıfır Kelvin derecesinin üzerinde sıcaklığa sahip cisimlerin yaydıkları enerjinin dalga boyunun, sıcaklığa bağlı olarak değiştiğini kanıtlamış ve buna ilişkin olarak aşağıdaki eşitliği(2.2) ve dağılım grafiğini hazırlamıştır. Grafiğin incelenmesi sonucunda, 300 Kelvin derecesinde, yani oda sıcaklığındaki cisimlerin yayımının, 9.6 mikron dalga boyunda olduğu ortaya çıkmaktadır. Dünya üzerinde ortalama sıcaklık 300 Kelvin olduğuna göre, bu sıcaklığa sahip cisimlerin görüntülenmesi, 9.6 mikron dalga uzunluğunu içeren 8-14 mikron band'ında sağlanmaktadır.



Şekil-6 Planck Kanunu Grafiği ve Eşitliği[1]

## Wien Kanunu

Sıcaklığı artan cisimlerin yaymakta olduğu enerji miktarında meydana gelen değişiklikleri araştıran Wien, aşağıdaki grafik ve eşitlik (2.3) vasıtasıyla, sıcaklığın artması halinde dalga boylarında yayım yoğunluğunun arttığını ve tepe noktasına karşı gelen dalga boyunun ise azaldığını ispatlamıştır. Sıcaklığı artan cisimlerin yaymakta olduğu enerji miktarında meydana gelen değişiklikleri araştıran Wien, sıcaklığın artması halinde dalga boylarında yayım yoğunluğunun arttığını ve tepe noktasına karşı gelen dalga boyunun ise azaldığını ispatlamıştır.



Şekil-7 Wien Kanunu Grafiği ve Eşitliği[1]

Wien eşitliği veya grafiği kullanılarak muhtelif sıcaklıktaki cisimlerin yayımladığı enerjinin dalga uzunlukları tespit edilmektedir. Buna ilişkin örnekler aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

CİSİM	CİSİMİN SICAKLIĞI + KELVİN	DALGA BOYU (Mikron)
İNSAN	37+273=300	9.6
TANK EKZOSTU	85+273=358	5.8
KAZAN DAİRESİ	480+273=753	3.8
GÜNEŞ	6000	0.5

Tablo-1 Nesnelerin Yayımladıkları IR Enerjinin Dalga Boyları

Keza bu eşitlik vasıtasıyla 3-5 veya 8-14 mikron bant'da çalışan sensörlerin algılayacağı sıcaklıkları da belirlemek mümkündür.

SENSÖRÜN ÇALIŞTIĞI	KELVİN DERECESESİ	SANTİGRAD
3-5	965 - 579	(+692) – (+306)
8-14	362 - 207	(+89) – (-66)

**Tablo-2** IR Sensörlerin Çalışma Bantları ve Sıcaklıklar

#### Stefan-Boltzman Kanunu

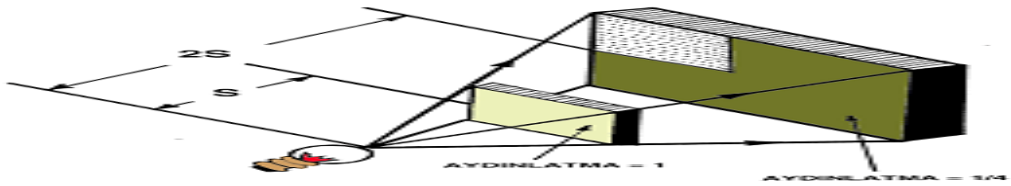
Cisimlerin radyometrik sıcaklıkları üzerinde araştırma yapan Boltzman; cismin sıcaklığının 2 katına çıkması halinde, enerji yayım kabiliyetlerinin 16 misli arttığını, buldukları zemin ile hemen hemen aynı sıcaklığa sahip olan ağaçlar gibi doğal bitkilerin yayım kabiliyetlerinin farklı olduğunu ve buldukları zemin ile farklı sıcaklıklara sahip fabrika, uçak, gemi, tank ve araç gibi insan yapısı olanların kontrastlık nedeniyle görüntülenebildiğini ispatlamıştır. Kıızıl ötesi görüntüler üzerinde çalışanlara, hayati öneme haiz bilgileri ortaya koyan Boltzman, bu amaç için aşağıdaki eşitliği meydana getirmiştir.

$$W = \sigma T^4 \quad (2.4)$$

Bu eşitlik, gri cisimlere uygulanmak üzere Kirchoff' kanununu içerecek tarzda düzenlendiğinde eşitlik,  $W = e T^4$  şekline dönüşmektedir. Buradaki "e" sembolü cismin yayım kabiliyetini göstermektedir.

#### Ters Kare Kanunu

Bir kaynaktan alınan radyasyon, aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi kaynak ile alıcı arasındaki mesafenin karesi ile ters orantılıdır. Örneğin kaynaktan 500 fit uzaklıkta 1 birim IR enerji algılanıyorsa, 1000 fit uzaklıktan olan algılama 1/4 birime, 2000 fit uzaklıktan olan algılama ise 1/16 birime düşmektedir. Bu özellik planlayıcı ve kıymetlendiricilere, IR sensörlerle algılanacak görüntülerin alçak irtifadan yapılmasını dikte ettirmektedir.



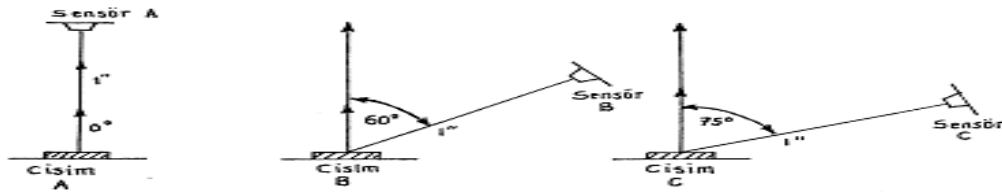
**Şekil-8** Ters Kare Kanunu[1]



## Lambert'in Kosinüs Kanunu

Lambert, muhtelif kaynaklardan algılanan radyasyon miktarının, sensörün optik eksenini ile normal arasındaki açının kosinüsüne eşit olduğunu ispatlamıştır. Şekil-18'de görüldüğü gibi, aynı güce sahip ve hedefe dik veya muhtelif açılarla bakan sensörlerle yapılan uygulamada, açı büyüdükçe algılamanın azaldığı görülmüştür.

Hedefe 0 derece ile bakan sensör (A),  $10 \text{ watts} \times \cos 0 (1) = 10 \text{ watts}$  algılamakta, Hedefe 60 derece ile bakan sensör (B),  $10 \text{ watts} \times \cos 60 (0.5) = 5.00 \text{ watts}$ , Hedefe 75 derece ile bakan sensör (C) ise,  $10 \text{ watts} \times \cos 75 (0.2598) = 2.58 \text{ watts}$  algılamakta. Bu husus, azami algılamanın yapılabilmesi, yani çok iyi bir görüntünün elde edilebilmesi için sensörün hedefe göre dikey konumda olmasını gerektirmektedir.



Şekil-9 Lambert'in Kosinüs Kanunu

### 2.1.3.2. Atmosferin Etkileri

Solar enerji sensöre atmosferin içinden geçerek ulaşmaktadır. Atmosferin içindeki partiküller ve muhtelif gazlar yayılmasını etkilemekte, diğer bir deyişle engellemektedir. Bu etkileme, dağılma (scattering) ve emme (absorption) tarzında olmaktadır.

#### Dağılma

Atmosferde mevcut olan parçacıklar ve gaz molekülleri enerji yayımını etkileyerek onun orijinal istikametini değiştirir. Meydana gelen dağılma; yayımın dalga boyuna, partikül ve gazların çokluğuna ve ışının atmosferde kat ettiği mesafeye bağlı olarak değişmektedir. Atmosferdeki dağılma; "Rayleigh", "Mie" ve "nonselective" olarak adlandırılan tarzlarda olmaktadır.

## Rayleigh Dağılım

Yayılan enerji, atmosferin üst kısımlarında, dalga boyundan daha küçük parçacıklarla karşılaştığında, meydana gelen bir dağılma tipidir. Bu parçacıklar; toz zerrecikleri, nitrojen ve oksijen moleküllerini içermektedir. Bu bölgede kısa dalga enerjisi uzun dalga enerjisine göre daha fazla dağılmaktadır.

Güneş ışını atmosferden geçerken görünen ışık bölgesinin en kısa dalga boyuna sahip olan mavi renk, aynı bölgedeki daha uzun dalga boylarını içeren yeşil ve kırmızı renklerden daha fazla dağılma meydana getirmektedir. Bu özellik, gökyüzünün mavi renkte görülmesini sağlamaktadır.

Güneş doğumu ve batımı zamanında ışık, öğle zamanına göre dünyanın küreselliği nedeniyle daha fazla yol kat etmekte ve kısa dalganın hemen hemen tamamı dağılmaktadır. Böylece uzun dalga kapsamındaki kırmızı rengin çok büyük bir kısmı atmosfere nüfuz ederek gökyüzünün kızıl renkte görünmesini sağlamaktadır.

## Mie Dağılım

Yayılan enerjinin dalga boyu, hemen hemen aynı ebatlardaki parçacıklarla karşılaştığında, meydana gelen bir dağılma tipidir. Toz, polen, duman ve su buharı bu dağılmaya neden olan unsurlardır. Uzun dalga boyunu etkileyen bu dağılım, atmosferin alt kısımlarında, bulutlu hava şartlarında ve pek çok parçacığın bulunduğu yerlerde oluşmaktadır.

## Nonselective Dağılım

Yayılan enerji, dalga boyundan daha büyük parçacıklarla karşılaştığında meydana gelen bir dağılma tipidir. Su damlaları ve büyük toz parçaları bu tip dağılmaya neden olmaktadır.

Dalga boyları takriben eşit olarak dağıldıklarından sis ve bulutlara sebep olurlar. Mavi, yeşil ve kırmızı ışığın eşit miktarda dağılması ve bunların birleşimi sonucunda beyaz renk oluştuğundan, bulutlar ve sis beyaz renkte gözükmektedir.

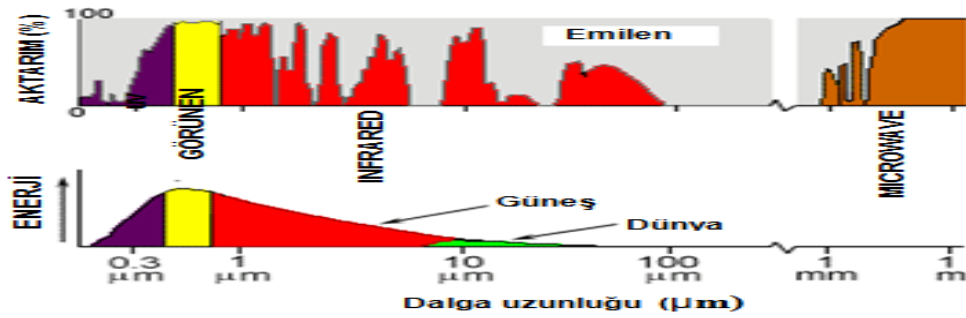
Emme

Dağılmanın zıttı olan bu doğa olayı etkisiyle, muhtelif dalga boylarındaki enerji, atmosferdeki moleküller tarafından emilir ve sonuç da enerji belirli miktarda kaybolur.

IR görüntülerini en fazla etkileyen su buharının muhtelif iklim bölgelerine ve irtifalara bağlı olarak yapılan incelemeleri sonucunda; 3.5 g/m<sup>3</sup>'lük su buharını içeren atmosfer kuru ve hemen hemen tam geçirgen, tropik bölgelerdeki 19 g/m<sup>3</sup>'lük su buharına sahip atmosfer ise, nemli ve geçirmeyen olarak değerlendirilmiştir.

Bunun sonucu olarak; açık ve nemli havalar için 3-5  $\mu\text{m}$  bandında, puslu ve kuru havalar için 8-14  $\mu\text{m}$  bandında çalışan sensörler ideal olarak kabul edilmiştir. Bu verilerin ışığı altında, Kızıl ötesi görüntü algılanacak bölgelere ait engelleyici hususlar ile, mevsimsel iklim incelenmeli ve alınacak sonuçlara göre sensör seçilmelidir.

Muhtelif gazların, tayfin çok özel bölgelerinde elektromanyetik enerjiyi emmeleri hususu, uzaktan algılama amaçları için kızıl ötesi bölgesinde değerlendirildiğinde, 3-5  $\mu\text{m}$  ve 8-14  $\mu\text{m}$  dalga boylarındaki atmosferik pencerelerde en iyi algılamanın yapılacağı sonucuna erişilmektedir. Üreticiler bu gerçekten hareketle IR sensörleri, 3-5 veya 8-14 mikron dalga boylarında çalışacak şekilde imal etmişlerdir.



**Şekil-10** Atmosferin Muhtelif Dalga Uzunluklarında Emme Etkisi[1]

Özet olarak Uzaktan algılamada, elektromanyetik tayfin en etkin dalga uzunluklarını kullanmak büyük önem taşımaktadır. Tayfin, insan gözünün de algılayabildiği görünen ışık bölgesi, içerdiği atmosferik pencere ve güneş enerjisini tepe noktada kaydetmesi yönünden önem taşımaktadır. Dünya tarafından yayılan en iyi ısı enerjisi termal Kızıl ötesi bölgedeki, takriben 10  $\mu\text{m}$  dalga uzunluğundadır.

Mikro dalga bölgesinde ise, 1 mm dalga uzunluğunun ötesindeki büyük bir pencere, uzaktan algılamaya en iyi imkânı vermektedir.

### 2.1.3.3.Dünya Yüzeyinin Etkileri

Atmosfer tarafından dağıtılmayan veya emilmeyen enerji, dünya yüzeyine ulaştığında önemli derecedeki bir engelleme ile karşılaşır. Enerji dünya yüzeyine çarptığında ve geldiğinde (I); emme (Absorption:A), Geçme veya aktarma (Transmission:T) ve yansıma (Reflection:R) olarak adlandırılan Üç tip etkiye maruz kalmaktadır. Gelen enerji yer yüzeyinde 3 tip etkiden biri veya daha fazlası ile karşılaşmaktadır. Bunlardan her birinin etkileme oranı; enerjinin dalga uzunluğuna, yüzeydeki materyale ve şartlara bağlı olarak değişmektedir. Farklı materyaller, farklı miktarlardaki enerjiyi yansıtır, emer ve aktarır. Bu farklılıklar, görüntüdeki farklı özelliklerin belirlenmesine olanak sağlamaktadır.



Şekil-11 Dünya Yüzeyinin Işığa Etkisi

I: Gelen enerji, A: Emilen enerji, T: Geçen / aktarılan enerji, R: Yansıyan enerji

Emme

Güneş ışınları hedefe çarptığında, materyalin kimyasal bileşimi veya molekülleri kapsamındaki atomların çekimi nedeniyle emilir. Elektromanyetik tayfın emilen bu kısmı algılayıcıya dönmez. Emilen tayf (absorption spectra) olarak isimlendirilen bu tip dalga uzunlukları, görüntülenen saha hakkında birçok bilgiyi içermektedir.

Geçme / Aktarma

Yansımayan veya emilmeyen enerji, materyalin bir uçundan girip diğer uçuna doğru gitmektedir. Elektromanyetik tayfın bu kısmı algılayıcıya dönmemektedir.

## Yansımaya

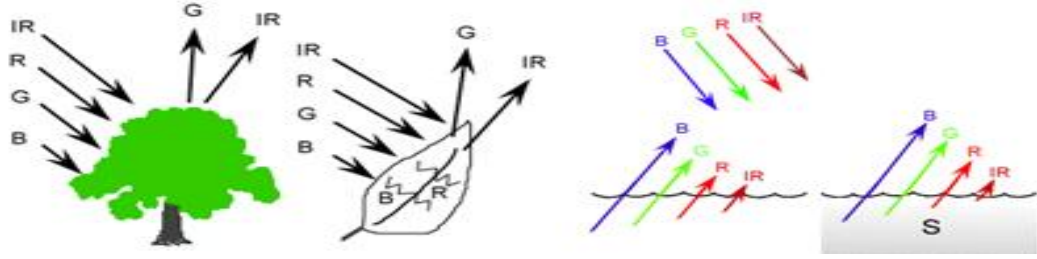
Enerjinin tümü veya bir kısmı yüzeye çarptığında yön değiştirerek tekrar atmosfere döner. Yansımaya olarak isimlendirilen bu husus sensörler tarafından algılanarak kaydedilir. Hedefe çarpan enerji; düzgün yansımaya (specular reflection) ve dağınık yansımaya (diffuse reflection) şeklinde olmaktadır. Yüzeyin ayna gibi düz olması durumunda, gelen enerji yüzeye vurduğunda, normal ile yaptığı açıya eşit bir açı ile yansır. Gelen enerji düz olmayan yani pürüzlü bir yüzeye çarptığında ise, gayri muntazam ve muhtelif yönlerde yansıyarak atmosfere geri döner. Örneğin ince taneli kumlar uzun dalga boyundaki mikro dalga bölgede oldukça düzgün, görünen ışık bölgesinde ise tamamen kaba tarzda görünmektedir.

Yaprakların kimyasal yapısındaki klorofil, kırmızı ve mavi dalga boylarında enerjiyi, güçlü bir tarzda emerken, yeşil rengi yansıtmaktadır. Yaz aylarında yaprakların azami klorofili içermesi nedeniyle bunlar bize, yeşilimsi renkte görünürler. Sonbaharda yapraklardaki klorofil daha azdır ve daha az emme ve kırmızı dalga boyunda daha fazla yansımaya yaparlar. Bunun sonucu olarak kırmızı veya sarı renkte görüntü verirler.

Su; uzun dalga boyu görünen ışık ve yakın kızıl ötesi bölgelerinde, kısa dalga boyu görünen ışık bölgesine göre daha fazla emme yapmaktadır. Böylece su, kısa dalga boylarında yaptığı güçlü bir yansımaya nedeniyle mavi veya mavi-yeşil renkte, kırmızı veya yakın kızıl ötesi dalga boylarında ise daha koyu renkte görünmektedir. Su gövdesinin yukarı tabakalarında katı partiküller veya tortusal maddeler (S) var ise, daha iyi yansımaya yapmakta ve daha parlak bir görüntü vermektedir. Su içinde asılı gibi duran bu maddeler, birbirine benzer iki doğa olayının etkisi ile, sığ fakat temiz suların karıştırılmasına sebep olmaktadır.

Su yosun içeriyorsa, yosundaki klorofil, mavi dalga boyunu daha fazla emer ve yeşil dalga boyunu yansıtır. Bu özellik suyun daha yeşil görünmesine neden olur. Su yüzeyi düzgün veya dalgalı veya yüzer maddeleri içeriyor ise, suyun rengi ve parlaklığının değerlendirilmesi oldukça zordur. Yukarıda belirtilen yaprak ve suyun farklı dalga boylarında yaptıkları emme, yansımaya ve geçirme özelliği, dünya üzerindeki mevcut tüm materyaller için kendilerine özgü tarzda farklılıklar göstermektedir. Bu önemli özellik, materyallerin elektromanyetik tayfa olan tepkisi

(spectral response) ve meydana getirdiği tayf sinyalleri (spectral signature) vasıtasıyla birbirlerinden ayrılmasına olanak sağlamaktadır.



Şekil-12 Yaprakların ve Suyun, Emme ve Yansıma Özellikleri

#### 2.1.4.Çözünürlük (Resolution)

1970'lerde bilgisayarın icadından sonra görüntü cihazları olarak elektronik cihazların kullanımına başlanmıştır. Sayısal görüntüleme cihazlarında en küçük ifade edilen değer piksel olarak anılmaktadır.

Çözünürlük; bilgisayar ekranında gösterilen resim elemanı piksel miktarını ifade etmektedir. Uzaktan algılanan görüntülerden çıkarılacak bilginin kalitesini belirten çözünürlük; Mekansal (spatial), Tayfsal (spectral), Radyometrik (Radiometric) ve Zamansal (Temporal) olarak adlandırılan birbirinden farklı özelliklere sahip 4 tipe ayrılmıştır.

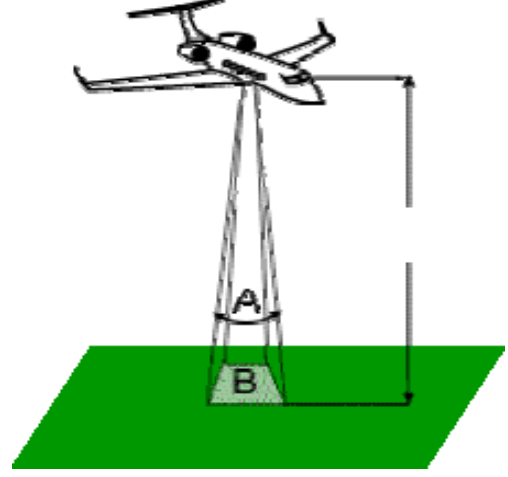
##### 2.1.4.1.Mekânsal Çözünürlük

Sensörün en küçük hedefi ayırt etme kabiliyetinin ölçüsünü veya her bir pixelin temsil ettiği yeryüzündeki bir sahayı ifade eden bir terimdir. Düşük mekansal çözünürlük değeri hassasiyetin daha iyi olduğunu belirtmektedir.

Sensörler kendine özgü ve birbirinden farklı mekansal çözünürlük değerine sahiptir. Sensör ile görüntülenen hedef sahası arasında, bir mesafe bulunmaktadır. Hedef'ten çok uzaktaki bir sensör geniş bir sahayı kapsarken, muhtelif özelliklerin tanınmasına ilişkin detayı sağlayamamaktadır. Diğer taraf'tan şehrin üzerinde alçak irtifadan uçan bir uçaktan bakıldığında ise evler veya arabalar ayırt edilebilir.

Sensörlerin mekansal çözünürlüğü; ölçek ve anlık görüş sahası (Instantaneous Field Of View: IFOV) ile ilişkilidir.

Ölçek, harita üzerindeki bir mesafe ile yeryüzünde ilişkili olduğu gerçek mesafenin oranını göstermektedir. Büyük ölçekli olarak uzaktan algılanan görüntülerde her bir pixel, yeryüzündeki küçük bir sahayı temsil etmektedir. Küçük ölçekli görüntülerdeki her bir pixel ise, yeryüzündeki büyük bir sahaya karşılık gelmektedir.



**Şekil-13** Anlık Görüş Sahası (IFOV)

Ölçek ve mekânsal çözünürlük her zaman aynı şeyler değildir. Bir görüntü, daima aynı mekânsal çözünürlüğe sahip olmasına karşın farklı ölçeklerde sunulabilmektedir.

Anlık görüş sahası, bir detektörün çok kısa bir zaman parçasında görmüş olduğu sahanın ölçüsüdür. Diğer taraftan mekânsal çözümleme, sensörün anlık görüş sahası olarak da ifade edilmektedir. Bununla beraber anlık görüş sahası, her zaman bir pixel tarafından belirtilen saha ile aynı değildir.

Pasif sensörlerin mekansal çözümlemesi, kendine özgü anlık görüş sahasına bağlıdır. Anlık görüş sahası; sensörün gördüğü koninin açısını (A), kısa bir zaman biriminde belirgin bir irtifadan yeryüzünde gördüğü sahayı (B) içerir. Bu görünen sahanın ebadı, anlık görüş sahası değeri ile sensörün hedeften olan yüksekliğinin (C) çarpımından elde edilir. Çözünürlük hücresi (resolution cell) olarak adlandırılan bu saha, sensörün azami mekansal çözünürlüğünü ifade etmektedir. Birbirine benzer özellikteki cisimleri tespit etmek için, cismin ebadının genel olarak çözümleme hücresinin ebadına eşit veya daha büyük olması gerekmektedir. Şayet cismin ebadı çözümleme hücresinden daha küçük ise, cismin tespiti mümkün olmayabilir. Bununla beraber karayolları, akarsular gibi zemin ile tezat meydana getiren hedefler tespit edilebilmektedir. Şayet cismin ebadı, çözümleme hücresinin ebadı ile aynı ise ve yanında daha parlak veya daha hakim bir cisim bulunuyorsa tespiti mümkün olmayabilir. Çok büyük cisimlerin tespit edilebildiği görüntüler “düşük

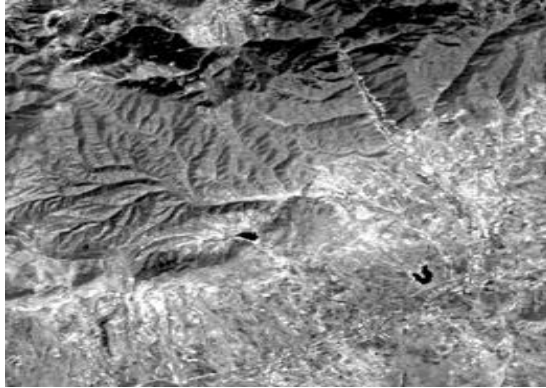
“çözünürlüklü”, küçük cisimlerin tespit edilebildiği görüntüler ise “yüksek çözünürlüklü” olarak sınıflandırılmışlardır. Çok fazla detay gereksinimi nedeniyle askeri amaçlı sensörler yüksek çözümümlü, ticari sensörler ise metre veya kilometre değerindeki çözümlmeleri sağlayacak tarzda üretilmişlerdir.



**Şekil-14** Düşük (Sol) ve Yüksek (Sağ) Çözünürlüklü Görüntüler

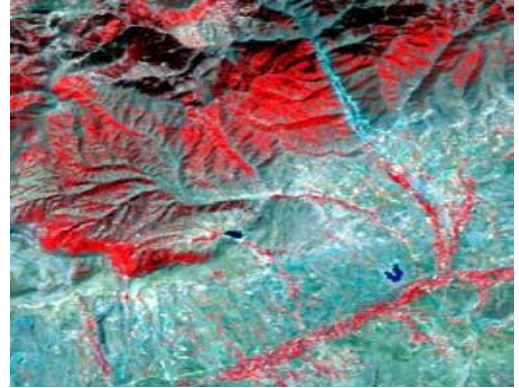
#### 2.1.4.2. Tayfsal Çözünürlük

Tayfsal çözünürlük, sensörün elektromanyetik tayfta belirgin dalga uzunlukları arasında yapabileceği kayda işaret etmektedir. Belirgin bir kanal veya bant ta kaydedilen enerjinin dalga uzunluklarının arası geniş ise tayfsal çözümlleme düşük, dar ise tayfsal çözümlleme yüksektir (hassas veya ince).



Pankromatik görüntü

Pan : 0.51-0.73  $\mu\text{m}$



Multispectral görüntü

Band 2 (Mavi) : 0.52-0.60  $\mu\text{m}$

Band 3 (Yeşil) : 0.63-0.69  $\mu\text{m}$

Band 4 (Kırmızı) : 0.75-0.90  $\mu\text{m}$

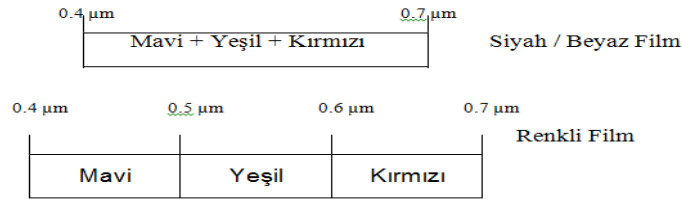
**Şekil-15** Tayfsal Çözümllemeye İlişkin Görüntü Örnekleri



Su ve bitki gibi geniş sınıflar, genelde görünen ve yakın kızıl ötesi bölgelerini içerecek tarzda, çok geniş dalga uzunluğu aralığı kullanılarak belirlenmektedir. Farklı ağaç türleri veya kaya tipleri gibi özel sınıfları, bu geniş dalga uzunluğu aralığını kullanarak ayırt etmek kolay değildir. Bunları belirlemek için daha hassas dalga uzunluğu aralığına gereksinim duyulur. Bu nedenle, sensörlerin yüksek tayfsal çözümü sağlama arzusu edilmektedir.

Görünen ışık bölgesindeki muhtelif dalga uzunlukları münferit olarak ayrılmadıkları için, tayfsal çözümü oldukça düşüktür. Renkli filmler elektromanyetik tayfın görünen ışık bölgesindeki yansıyan enerjiye hassas olup, tayfsal çözümleri yüksektir. Bunun nedeni bölgedeki mavi, yeşil ve kırmızı band uzunluklarının herbirine ayrı ayrı olan hassasiyettir.

Birçok uzaktan algılama sistemindeki çok bantlı (Multispectral) sensörler, ayrı dalga uzunlukları kapsamındaki enerjiyi, farklı tayfsal çözümlerde kaydederler. "Hyperspectral" çok bantlı sensörler enerjiyi, yüzlerce banda alırlar. Bu sensörler, elektromanyetik tayf kapsamındaki görünen, yakın ve orta kızıl ötesi bölgelerine ilişkin enerjiyi dar tayf bandlarında kaydetmektedir. Her bir dar bandın sağladığı tayfsal veriye dayalı olarak elde edilen çok yüksek tayfsal çözümü, farklı hedeflerin kolayca birbirinden ayrılmasına olanak sağlamaktadır.

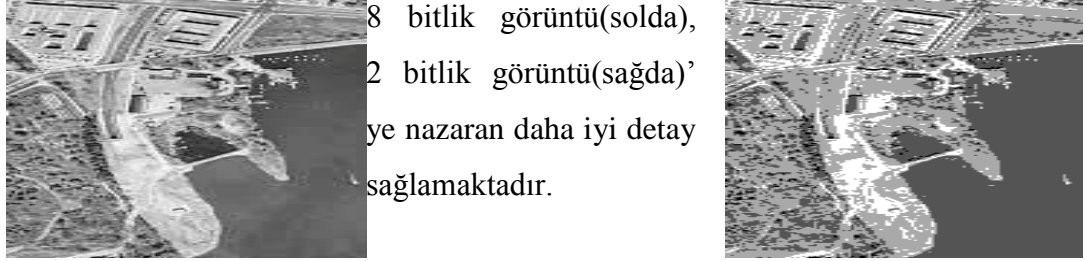


**Şekil-16** Siyah / Beyaz ve Renkli Filmlerin Tayfsal Çözümü

### 2.1.4.3. Radyometrik Çözümü

Radyometrik çözümü, sensörün parlaklık farklılıklarına olan hassasiyetini belirtmektedir. Görüntü sistemlerinin radyometrik çözümü, enerji kapsamındaki çok ince farklılıkları ayırt etme kabiliyeti olarak da tanımlanmaktadır. Yansıyan veya yayılan enerjideki farklılıkları ortaya çıkaran sensörlerin radyometrik çözümü hassastır. Radyometrik çözümü ile ilişkili olarak görüntü verisinin değerleri, sayısal numaralarla (DN) ifade edilmektedir. Bu numaralar ikili (binary) sayı

sisteminde ve 2'nin üsleri "bit" ( $1\text{bit}=2^1=2$ ) tarzında düzenlenmiştir. Örneğin birçok sensör dolayısıyla görüntüler, 8 bit'lik ( $2^8=256$ ) veriye sahiptir. Bu veri her pixel için 0-255 değerlerini içerir. 7 bit'lik ( $2^7=128$ ) verinin her pixeli ise, 0-127 değerlerini içermektedir. Bit değeri düşük ise radyometrik çözümleme de düşük olacaktır.

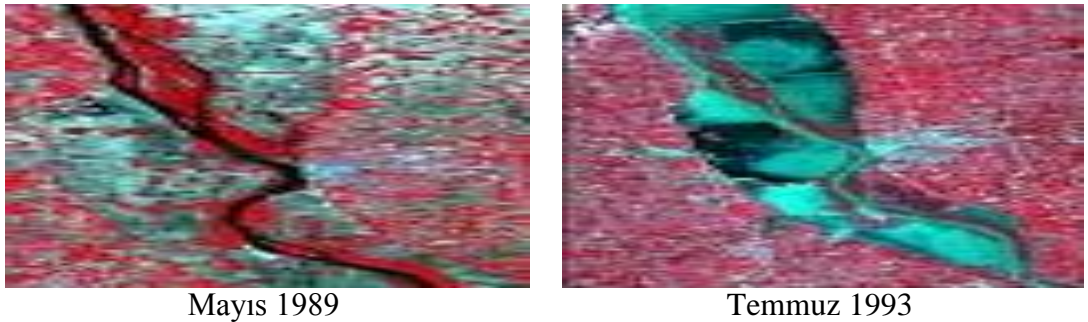


Şekil-17 Görüntüler (8 ve 2 Bit'lik )

#### 2.1.4.4.Zamansal Çözümleme

Zamansal çözümleme, özel bir sahaya yönelik olarak sensörün algıladığı görüntünün sıklığına işaret etmektedir. Değişikliklerin tespitinde önemli bir faktör olarak kabul edilen bu çözümleme tipi, görüntüleme faaliyetleri arasındaki zamanı belirtmektedir. Sensörler, belirgin bir zaman periyodu içinde, aynı hedef bölgesi üzerinde bulunacak şekilde bir yörüngede uçmaktadır.

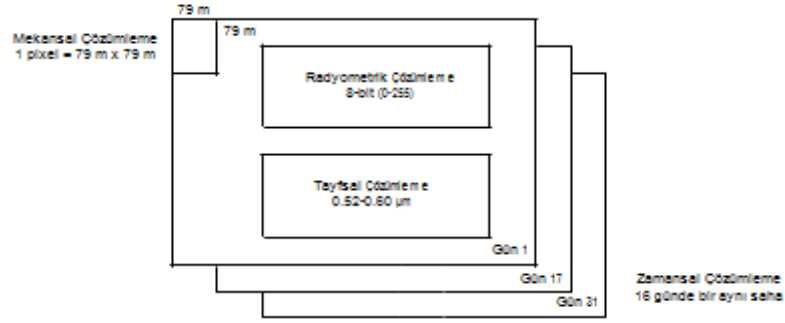
Zamansal çözümleme, sensörün kapasitesine, tarama genişliğine ve irtifaya bağlı olarak değişmektedir. Aynı bölgenin tekrar görüntülenmesi için geçen zaman süresinde, özelliklerin tayfsal durumu değişmekte ve bundan istifade ile meydana gelen değişimler belirlenmektedir.



Şekil-18 Sel Felaketinin Boyutlarını Gösteren Görüntüler

1993 yılı temmuz ayında Mississippi nehrinin taşması ile bölgede büyük bir

hasar meydana gelmiştir. Aynı bölgeye ilişkin Mayıs 1989 yılında çekilmiş olan görüntü ile sel felaketini takiben Temmuz 1993 yılında çekilen görüntü karşılaştırıldığında, meydana gelen hasar ortaya çıkmaktadır.



**Şekil-19** Tip Çözümleme

### 2.1.5. Parlaklık ve Ton (Brightness and Tone)

Uzaktan algılama sistemleri, cisimlerin kendine özgü dalga uzunluğu bantlarında yansıttığı, yaydığı veya dağıttığı elektromanyetik enerjinin yoğunluğunu tespit etmektedir. Gelen elektromanyetik yayımın yoğunluk farkı, görüntüler üzerinde parlaklık farkları olarak yer almaktadır.

Parlaklığa ilişkin farklılıklar, “gray scale” (gri ölçek) test şeritleri ile değerlendirilmektedir. Pratikte birçok foto kıymetlendirmeci, siyahdan beyaza doğru yayılan ve muhtelif tonlardan oluşan parlaklığı ölçmeden, deneyimlerine dayanarak görüntüleri “açık”, “orta” ve “koyu” tonda olarak tanımlamaktadır.

Kızıl ötesi görüntülerde ton, cisimden yayılan sıcaklığa göre değişmektedir. Radar görüntülerinde ise ton, gönderilen enerji hüzmelerinin cisme çarparak yayılması ve bunun antenler tarafından algılanma yoğunluğu ile ilişkilidir.

### 2.1.6. Kontrastlık Oranı (Contrast Ratio)

Kontrastlık oranı, görüntüdeki parlak ve en koyu kısımlar arasındaki orana işaret eden ve aşağıdaki eşitlik ile tanımlanan bir terimdir.

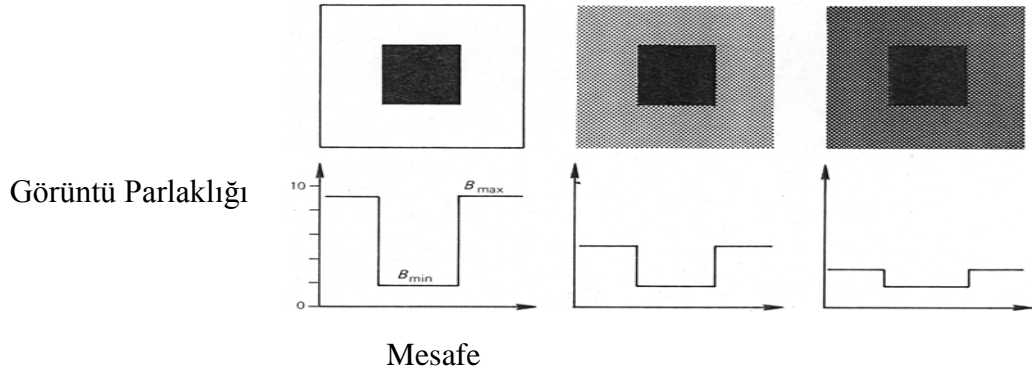
$$CR = \frac{B_{max}}{B_{min}}$$

$$B_{max} = \text{Azami Parlaklık}$$

$$B_{min} = \text{Asgari Parlaklık}$$

(2.5)

Görüntülerdeki kontrastlık oranları; yüksek, orta ve düşük olarak ifade edilmektedir. Parlaklık derecesi 0-10 değerlerine göre düzenlenmiş şematik bir örnek, aşağıda gösterilmiştir.



**Şekil-20** Yüksek, Orta ve Düşük Kontraslık

Bu şekil göz önüne alınarak 3 tip kontrastlık için aşağıdaki eşitliklerde belirtilen değerlere ulaşılmaktadır.

$$\begin{aligned} \text{Yüksek kontrast: } CR &= \frac{9}{2} = 4.5 \\ \text{Orta kontrast: } CR &= \frac{5}{2} = 2.5 \\ \text{Düşük kontrast: } CR &= \frac{3}{2} = 1.5 \end{aligned}$$

Şayet; asgari kontrastlık (B min) sıfıra eşitse kontrastlık oranı (CR) sonsuz, asgari kontrastlık (B min) azami kontrastlık (B max) değerine eşitse kontrastlık oranı birimseldir. Keza kontrastlık oranı, cismin parlaklığı ile bulunduğu zeminin parlaklığı arasındaki oranıda belirtmekte olup, cisimlerin tanınmasında hayati rol oynayan önemli bir faktördür. Düşük kontrastlık oranına sahip görüntüler, hemen hemen grinin yeknesak tonlarını içerirler.

### 2.1.7. Detay Ayırt Etme Gücü (Resolving Power)

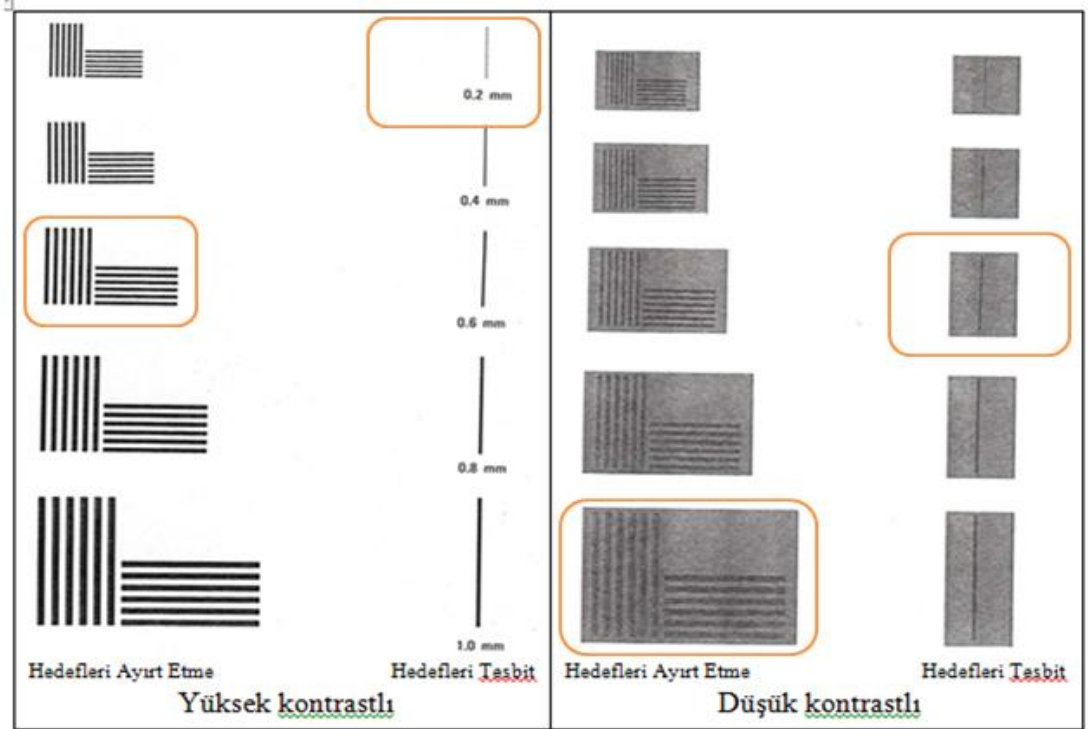
Detay ayırt etme gücü ve mekansal çözümüme ifadeleri birbiriyle yakın ilişkilidir. Daha önce de açıklandığı üzere mekansal çözümüme, görüntüde birbirine çok yakın olarak bulunan iki cisim birbirinden ayırt edilmesini belirtmektedir. Cisimler birbirine çözümüme limitinden daha yakın ise, bu cisimler tek bir cisim olarak görünürler.

Mekansal çözümüme, sistem tarafından üretilen görüntülere, detay ayırt etme gücü ise bir görüntü sistemine veya bu sistemin kısımlarına uygulanmaktadır. Örneğin kamera sistemi kapsamındaki mercekler ve filmler, detay ayırt özelliklerine sahip olup diğer faktörlerle birlikte fotoğraflara ait çözümümenin belirlenmesinde kullanılmaktadır.

Mekansal çözümlenme ile ilişkili olan “detay ayırt etme gücü”; “Hedef Çözümlenme” (Resolution Target) panolarının veya “Anlık Görüş Sahası (IFOV)” eşitliğinin kullanımı ile hesaplanmaktadır. Kameralardaki diyaframa benzeyen göz bebeğinin büyüme / küçülme oranı  $16 / 1$ 'dir. (Azami büyüklük, asgari büyüklüğün 16 katıdır). Bunun yanı sıra göz,  $100.000 / 1$  parlaklık aralığında işlev yapmaktadır.

Gözün detay ayırt etme gücü (DAEG)  $1/5000$ 'dir. Gözden cisme kadar olan mesafe diğer bir deyişle cisim mesafesi, görüntü mesafesi ile orantılıdır. Bir cismin genişliği, cisim mesafesinin  $1/5000$ 'i ise görüntünün şekli algılayıcı hücrenin genişliğini (çapını) tam olarak doldurur.

Bu nedenle, birbirine yakın olan cisimlerin göz tarafından ayırt edilebilmesi için, görüntünün diğer bir algılayıcı hücre üzerine düşmesi gerekmektedir. Bunun için iki cismin arasındaki mesafe, cisimden göze kadar olan uzaklığın yani cisim mesafesi  $1/5000$  oranından büyük olmalıdır. Gözün detay ayırt etme gücü, gözün daha önce açıklanan özelliklerinden istifade edilerek hazırlanmış olan hedef çözümlenme panosu kullanılarak belirlenmektedir.



Şekil-21 Yüksek ve Düşük Kontrastlı, Hedef Çözümlenme ve Tespit Panosu

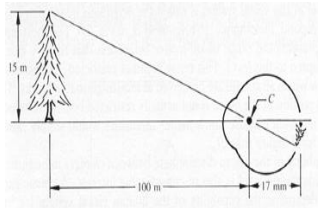
Yüksek kontrastlı olarak düzenlenmiş olan ve yukardaki şekilde gösterilen panoya, 5 metre uzaklıktan bakıldığında; normal bir göz, 1mm genişlikte siyah ve beyaz hatlardan oluşan ve “A. HEDEFLERİ AYIRT ETME” kısmındaki “5 hat-çifti. Cm-1” grubunu ayırt edebilmekte ve ”B. HEDEFLERİ TESBİT” kısmındaki 0.2 mm genişliğindeki dikdörtgeni tespit edebilmektedir.

Düşük kontrastlı olarak düzenlenmiş olan ve aşağıdaki şekilde gösterilen panoya, 5 metre uzaklıktan bakıldığında; zeminin gri tonda olması nedeniyle normal bir göz, 1 mm genişlikte siyah ve beyaz hatlardan oluşan ve “A. HEDEFLERİ AYIRT ETME” kısmında “3 hat-çifti. Cm-1” grubunu” ve B. HEDEFLERİ TESBİT” kısmındaki 0.6 mm genişliğindeki dikdörtgeni tespit edebilmektedir.

Yüksek ve düşük kontrastlıdaki hedef panolarında, hedefleri ayırt ile tespit etme değerleri arasında fark bulunmaktadır. Tespit’e cismin ebadının yanı sıra, şekli, kontrastlığı ve bulunduğu zemin farkı meydana getirmektedir. Diğer taraftan gözün detay ayırt etme gücü, dedektörlerde de kullanılan ve aşağıda verilen “Anlık Görüş Sahası (IFOV)” eşitliğinden istifade ile hesaplanabilmektedir. Örnek İşlemler için yarıçap (r) 5000 mm, görünen saha uzunluğu (L) 1 mm olarak alınmıştır.

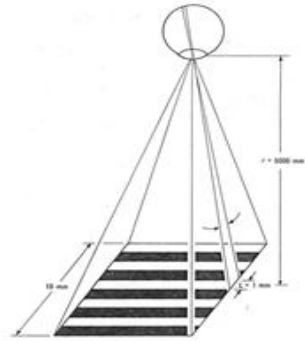
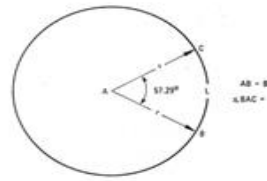
$$IFOV = \frac{L}{r} \text{ rad}$$

$$= \frac{1 \text{ mm}}{5000 \text{ mm}} = 0.0002 \text{ rad} = 0.2 \text{ mrad}$$



$$\frac{15}{100} = \frac{x}{17}$$

$$x = 2.55 \text{ mm}$$



**Şekil-22** Açısal Detay Ayırt Etme Gücü

Yukarıdaki şekilde gözün anlık görüş sahasının, hedef çözümü ile olan ilişkisi gösterilmiştir. Buradaki açısal detay ayırt etme gücünün ölçü birimi radyandır. Dairedeki 57.290 derecelik bir açının gördüğü yay (BC veya L) dairenin yarı çapı (r) ile eşittir Bir dairede 57.290 derecelik açı  $360 / 57.29 = 6.28$  değerini vermektedir. Daireni çevresi ise  $2 \pi$ yani  $2 \times 3.14 = 6.28$  değerindedir. Her iki değer birbirine bölümü  $6.28 / 6.28 = 1$  radyandır. Diğer taraftan 1 radyan, 10-3 mrad’a eşittir. Eğer

dairenin yarıçapı (r) 1000 birim ise 57.29 derecelik açının gördüğü yayın değeri 1 mrad'dır.

Ulusal Görüntü Yorumlama ve Derecelendirme Ölçeği (National Imagery Interpretability Rating Scale (NIIRS)) çeşitli görüntüleme sistemleri ile alınan görüntülerin kalitesi için kullanılan öznel bir ölçektir. NIIRS görev tipine bağlı olarak değişik seviyelerde görüntü kıymetlendirmeyi/yorumlamayı tanımlar. Bir analist görüntüleri NIIRS ölçeğine göre yorumlayabilir. NIIRS On seviyeden (0 (en kötü kalite) 9 (en iyi kalite)) oluşmaktadır. Görünür, Radar, Kızılötesi ve Çokspektrumlu: görüntülerinin farklı yorumlanması görevleri farklı türde destekler. Ulusal Görüntü Yorumlama ve Derecelendirme Ölçeği Ek-A'da yer almaktadır.[1]

Özet olarak bir gözün detay ayırt etme gücü, ya hedef çözümüleme panosu veya anlık görüş sahası eşitliği kullanılarak belirlenebilmektedir.

Çözümüleme, iki cismin birbirinden ayırt edilebilmesi yani ayrı ayrı görünebilmesi için cisimler arasındaki asgari uzaklıktır. Görüntünün çözümülemesi ve ölçüğü bilindiğinde, tesbit edilecek en küçük cismin ebadı da tahmin edilebilmektedir.

Görüntü kıymetlendirmenin önemli olduğu, yorum yapacak analizcilerin aynı dilden konuşmalarını sağlamak maksadı ile NIIRS geliştirilmiştir.

### 3.İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI

#### 3.1. İHA'nın Tarihçesi

İnsansız Hava Aracı (İHA), tekrar kullanılabilen, kendi güç sistemi olan, ölümcül olan ve olmayan faydalı yük taşıyan, otomatik olarak veya uzaktan komuta sistemi ile uçurulan pilotsuz hava araçlarına İnsansız Hava Aracı (İHA) denmektedir. İHA'lar iki sınıfa ayrılır: İlki uzaktan kumanda edilerek uçan (DRON), diğeri ise kendiliğinden belli bir uçuş planı üzerinden otomatik olarak hareket edebilen uçaklardır. Bu araçlar genellikle normal savaş uçakları için zor ve tehlikeli görevlerde kullanılır.

İnsansız hava araçları 1909 yılında Amerikalı bir mucit olan Elmer Sperry uçuş halindeki uçakların dengesini sağlamak amacıyla modern ataletsel seyrüsefer sistemlerinin de atasını teşkil eden cayroskopik aletler dizayn etmeye başlaması ile fikirsel olarak ortaya çıkmıştır. Western Electric Şirketi tarafından geliştirilen radyo kontrolü de sisteme eklenince uzaktan komuta edilen uçakların geliştirilmesi için gereken teknolojinin çekirdeği de oluşturulmuş oluyordu. Böylece geliştirilen Curtiss-Sperry uçan torpidosu ilk uçuşunu Aralık 1917'de gerçekleştirdi. Böylece yaklaşık 60 yıl boyunca pilotsuz uçakların en temel kullanım şekli olacak olan hedef dronu doğmuş oluyordu.[4]



Şekil-23 İlk İnsansız Uçak 06 Mart 1918[5]



İHA kullanımı birinci dünya savaşı esnasında düşünülmüş olmasına rağmen, yaygın olarak kullanılamamıştır. "Kontrol edebileceğin bir bomba kontrol edebileceğin bir uçaktan daha çok işe yarar..."düşüncesi, ikinci dünya savaşı esnasında füzelerin gelişimi sağlamıştır. İHA konusundaki çalışmalar 1950li yıllarda ABD’de soğuk savaş döneminde başlamıştır. Uzaktan komutalı uçaklar (Dronlar) karadan hava hedeflerine güdümlü (SAM) füzelerine karşı, uçakları korumak amacıyla kullanılmıştır. 1960-70 li yıllarda, alçak ve yüksek yörüngede keşif maksatlı kullanılan, Firebee and Lightning Bug bunların ilk örnekleridir. 1960’ların başında tipik bir destroyer deniz altıyı 20 milden takip edebiliyor iken torpido ile 5 milden vurabiliyordu. ilk defa bir helikopter; QH-50 DASH(Drone Anti-Submarine Helicopter) denizaltı füzelerinin takip mesafesini arttırmak maksadı ile kullanılmıştır.

İsrail, İnsansız Hava Aracı konusundaki çalışmalara 1970’ lerde başlamış ve 1982 yılında İsrail-Suriye Bekaa vadisinde İHA’ları aktif olarak kullanmıştır. İHA’nın aktif olarak kullanıldığı ilk çatışma olarak da tarihe geçmiştir. 1987 yılına kadar bu konuda yapılan çalışmalar teknoloji, maliyet vb nedenlerle zaman zaman kesintiye uğramıştır. 1991 yılında ABD-İRAK savaşı ise İHA’nın geniş çaplı kullanıldığı ilk savaş olmuştur. 1991 yılında ABD, İsrail’in bu konuda yaptıkları çalışmaları esas almış ve özellikle Ortadoğu bölgesinde kullanılmak üzere yeniden çalışma başlatmıştır.



**Şekil-24** 1991 Çöl Fırtınası Harekâtında Deniz Platformundan Kalkan Pioneer[5]

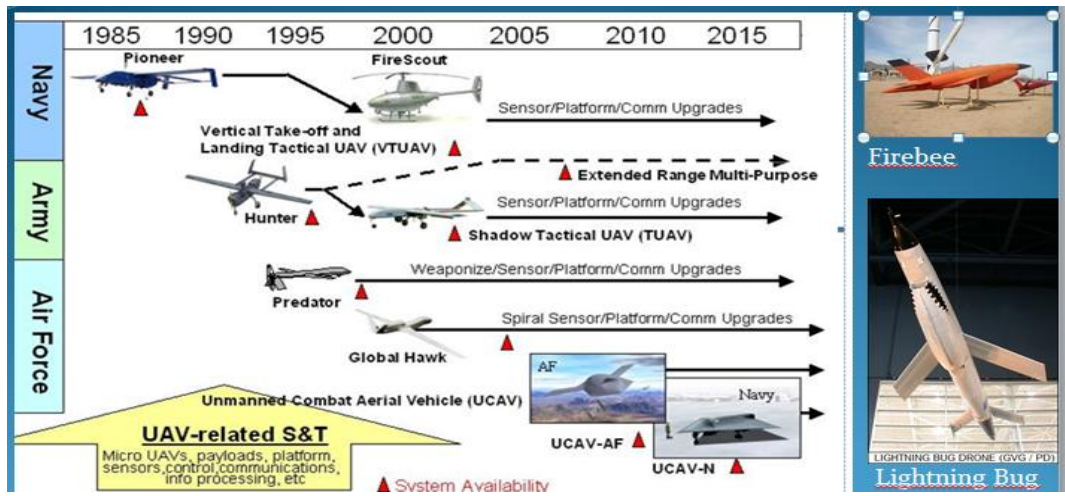
11 Eylül olayı gerçekleştiğinde, ABD’nin 30 adet İHA’sı bulunuyor iken, 2010 yılına girildiğinde ise 2000 den fazla İHA’sı bulunduğu bilinmektedir.[5]

Birleşik Devletler bu tarihten itibaren keşif için kullandığı araçlara güdümlü tanksavar füzeleri yükleyip bu araçları ‘avcı-katil’ olarak kullanma konusunda

çalışmalar başlatmıştır. Geliştirilen sistem ilk muharebe deneyimini 2002 Kasımında Cibuti’de bir El-Kaida liderini öldürmek için kullanılmasıyla gerçekleştirmiştir.[4]

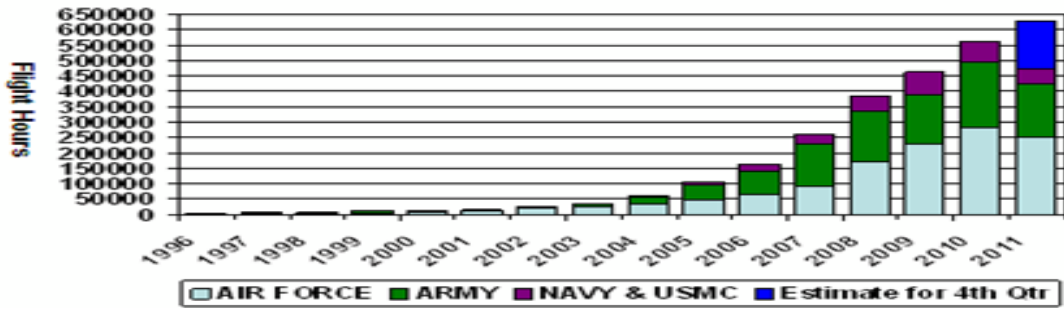
2002 den günümüze Irak ve Afganistan’da içlerinde sivillerinde bulunduğu sayısız taarruzlarda bulunmuş ve her geçen yıl uçuş saatleri katlanarak artmıştır. İnsan için tehlikeli görülen her türlü göreve gönderilmiştir.

2005 yılından itibaren bu konuda yapılan çalışmalar, özellikle ABD Savunma bakanlığı tarafından, 25 yıllık süreçler halinde, yıllık yapılan toplantılarla çalışmalar belirli alanlara yönlendirilmektedir.



Şekil-25 İnsansız Hava Araçları Tarihçesi[5]

İnsansız hava araçları ile 2009 yılında 500000 saat, 2010 yılında 1000000 saat uçuş gerçekleştirilmiştir. Bu sistemlerin kıymeti anlaşıldıkça uçuş süreleri artmaya devam edecektir.

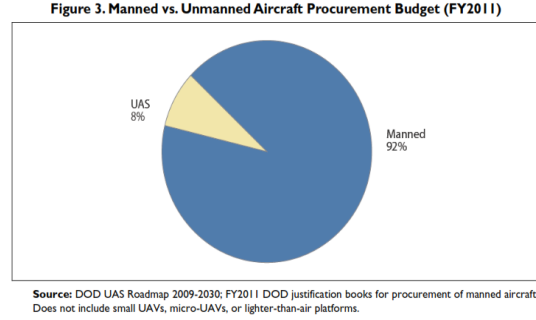
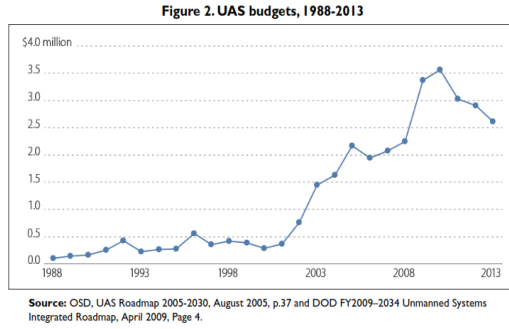


Şekil-26 İnsansız Hava Araçları Uçuş Saatleri[6]

ABD Savunma Bakanlığı, İnsansız sistemlerin geliştirilmesi ve elde edilmesi maksadı ile bütçedeki oranlarını arttırmıştır. En büyük pay ise HALE ve MALE tarzı sistemlerin geliştirilmesinde kullanılmıştır.

Unmanned Funding (\$ Mil)							
Fiscal Year	Defense Prog	FY11	FY12	FY13	FY14	FY15	Total
Air	RDTE	1,106.72	1,255.29	1,539.58	1,440.57	1,296.25	6,638.40
	PROC	3,351.90	2,936.93	3,040.41	3,362.95	3,389.03	16,081.21
	OM	1,596.74	1,631.38	1,469.49	1,577.65	1,825.45	8,100.71
Domain Total		6,055.36	5,823.59	6,049.48	6,381.17	6,510.72	30,820.32
Ground	RDTE	297.70	271.79	304.78	158.68	157.98	1,190.93
	PROC	20.10	843.24	481.77	426.65	834.17	2,605.93
	OM	207.06	233.58	237.50	241.50	245.96	1,165.60
Domain Total		524.86	1,348.61	1,024.05	826.83	1,238.11	4,962.46
Sea	RDTE	29.69	62.92	65.72	48.60	47.26	254.19
	PROC	11.93	45.45	84.85	108.35	114.33	364.90
	OM	5.79	4.71	3.76	4.00	4.03	22.28
Domain Total		47.41	113.08	154.32	160.94	165.62	641.37
All Unmanned	RDTE	1,434.11	1,590.00	1,910.07	1,647.84	1,501.50	8,083.52
	PROC	3,383.93	3,825.62	3,607.02	3,897.95	4,337.53	19,052.04
	OM	1,809.59	1,869.67	1,710.75	1,823.15	2,075.44	9,288.59
Domain Total		6,627.63	7,285.28	7,227.85	7,368.94	7,914.46	36,424.15

**Tablo-3** ABD'nin İnsansız Araçlar İçin Ayrılan Bütçe(Milyon Dolar)ler.[7]

















**Şekil-27** İHA Harcamaları/İnsanlı ve İnsansız Hava Aracı Harcama Oranı[7]

### 3.2. İHA Sınıflandırması

Ülkeler sınıflamayı kendi ihtiyaç ve görev özelliklerine göre değişik şekilde yapmaktadır. ABD ve NATO bünyesindeki sınıflandırma menzile, irtifaya ve genellikle İHA'nın kuvvetler emrindeki kullanımına dayanır. Yüksek irtifa ve uzun menzilli sistemlerin Hava Kuvvetleri, alçak irtifa ve orta menzile kadar olan sistemlerin (taktik) Kara Kuvvetleri, taktik özellikli ve dikine iniş/kalkış yapabilen sistemlerin Deniz Kuvvetleri tarafından kullanılması öngörülmüştür.

Sınıflandırmalar amaca, irtifaya, uçuş süresine, taşıma kapasitesine, yakıt türüne, komutaya, faydalı yük türüne, uçuş yöntemine, kalkış ve iniş yöntemine göre yapılabilir. Bu sistemlerin lideri ve ana üreticisi olan ABD, İnsansız hava araçlarını; Yüksek İrtifa Uzun Dayanıklılık (High Altitude Long Endurance

(HALE)), Orta İrtifa Uzun Dayanıklılık (Medium Altitude Long Endurance (MALE)), Taktik, Mini ve mikro olmak üzere genel olarak 5 grup altında incelenmektedir. ABD Savunma Bakanlığının bu konudaki sınıflandırması aşağıda gösterilmiştir.[6]

DoD Unmanned Aircraft Systems (As of 1 JULY 2011)					
General Groupings	Depiction	Name	(Vehicles/GCS)	Capability/Mission	Command Level
<b>Group 5</b> * > 1320 lbs * > FL180		*USAF/USN RQ-4A Global Hawk/BAMS-D Block 10 *USAF RQ-4B Global Hawk Block 20/30 *USAF RQ-4B Global Hawk Block 40	*9/3 *20/6 *5/2	*ISR/MDA (USN) *ISR *ISR/BMC	*JFACC/AOC-Theater *JFACC/AOC-Theater *JFACC/AOC-Theater
		*USAF MQ-9 Reaper	*73/85* *MQ-9/MQ-9 some DCI	*ISR/RSTA/EW/ *STRIKE/FP	*JFACC/AOC- support *Corps, Div, Brig, JOP
<b>Group 4</b> * > 1320 lbs * < FL180		*USAF MQ-1B Predator	*165/85*	*ISR/RSTA/STRIKE/FP	*JFACC/AOC-support *Corps, Div, Brig
		*USA MQ-1C Warrior/MQ-1C Gray Eagle	*31/11	* (MQ-1C Only-C3/LG)	*NA
		*USN UCAS- CVN Demo *USN MQ-8B Fire Scout VTUAV	*2/0 *14/8	*Demonstration Only *ISR/RSTA/ASW/ *ASUW/MIW/OMCM/ *EOD/FP	*NA *Fleet/Ship
		*SOCOM/DARPA/USA/USMC A160T Hummingbird	*8/3	*Demonstration Only	*NA
<b>Group 3</b> * < 1320 lbs * < FL180 * < 250 knots		*USA MQ-5 Hunter	*45/21	*ISR/RSTA/BDA	*Corps, Div, Brig
		*USA/USMC/SOCOM RQ-7 Shadow	*968/265	*ISR/RSTA/BDA	*Brigade Combat *Team
		*USN/USMC STUAS	*0/0	*Demonstration	*Small Unit
<b>Group 2</b> * 21-55 lbs * < 3500 AGL * < 250 knots		*USN/SOCOM/USMC RQ-21A ScanEagle	*122/13	*ISR/RSTA/FORCE *PROT	*Small Unit/Ship
<b>Group 1</b> * 0-20 lbs * < 1200 AGL * < 100 knots		*USA / USN / USMC / SOCOM RQ-11 Raven	*5628/3752	*ISR/RSTA	*Small Unit
		*USMC/ SOCOM Wasp	*540/270	*ISR/RSTA	*Small Unit
		*SOCOM SUAS AECV Puma	*372/124	*ISR/RSTA	*Small Unit
		*USA gMAV / USN T-Hawk	*270/135	*ISR/RSTA/EOD	*Small Unit

Şekil-28 ABD Savunma Bakanlığının İHA Sınıflandırması[7]

Diğer ülkelere ait İHA'ların ve 5 kategoriye göre sınıflandırmaları Ek'te sunulmuştur. Türkiye'de üretilen İnsansız Hava Araçları sınıflandırması, NATO sınıflandırmasına uygun olarak, irtifa ve dayanıklılık üzerine yapılmıştır.[8]

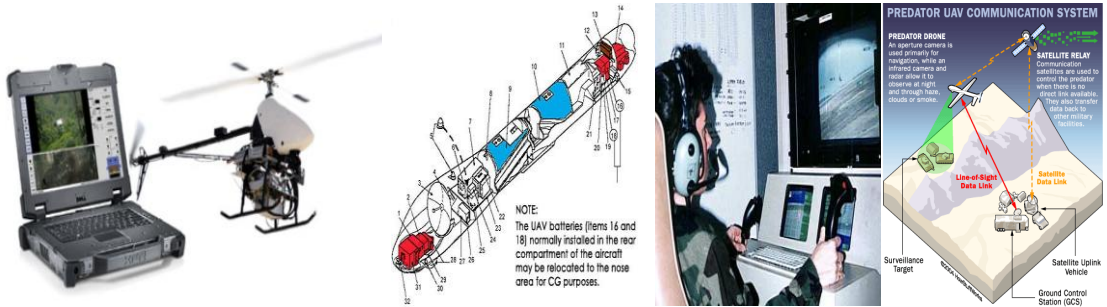
Havada kalış süresine göre; 24 saatten fazla olanlar uzun, 5 ila 24 saat arası orta, 5 saatten az kısa olarak, görev yaptığı irtifaya göre; 10,000 m'den yukarı yüksek irtifa, 1000 m ila 10,000 m arası orta irtifa ve 1000 m'ye kadar alçak irtifa olarak adlandırılmıştır. (1 foot=0.3048m dir.)

	Gözcü	Çaldıran	Karayel	ANKA	Heron
Üreticisi	Baykar	Baykar	Vestel Sav.	TAI	IAI/Elbit/Aselsan
Kanat Açıklığı	2 m.	9 m.	10 m.	17 m.	16,6 m.
Uzunluğu	1,2 m.	5,5 m.	6 m.	9 m.	8,5 m.
Menzil	15 km.	250 km.	160-200 km.	200 km.	350 km.
Görev Süresi	60 dk.	10-16 Saat	10 Saat	24 Saat	40 Saat
Op. İrtifa	3000 ft.	23000 ft.	18000 ft.	23000 ft.	30000 ft.
Tavan İrtifası	12000 ft.	30000 ft.	18000 ft.	30000 ft.	33000 ft.
Sınıfı	Mini İHA	Taktik İHA	Taktik İHA	MALE	MALE
Görev	Keşif	Keşif/Gözlem	Keşif/Gözlem	Keş.Göz.İst.	Keş.Göz.İst.

**Tablo-4** TSK Envanterine Girmesi Kesinleşen İHA'lar[8]

### 3.3.İHA Yapısı

İHA; Hava aracı, Yer Kontrol İstasyonu, Hava-Yer İletişim Aracı, Otomatik İniş Sistemleri ve Faydalı Yükten oluşmaktadır. Her ne kadar insansız olarak isimlendirilmiş olsa da uçuşu ve kıymetlendirmeyi yapan İnsan faktörü ana elemandır.



**Şekil-29** Mini ve MALE (MQ-1 Predator) Yapısı ve Çalışması[9]

#### 3.3.1. Uçuş ve Kıymetlendirme Ekibi

İHA'nın büyüklüğüne göre 2-82 kişiye kadar değişmektedir. Mini/Mikro İHA'larda 2 kişi, HALE/ MALE'lerde ise 82 kişiye kadar çıkmaktadır.

#### 3.3.2. Hava Aracı

Hava aracının büyüklüğü, ağırlığı imkân kabiliyetleri üzerinde barındırdığı sistemlerle doğru orantılı olarak artmakta/azalmaktadır.

### **3.3.3. Yer Kontrol Sistemi**

Mini/Mikro sistemlerde basit uzaktan kumanda modülleri bulunurken, Taktik ve üstü sistemlerde uzun uçuş süresi de göz önünde bulundurularak şalter içinde özel yazılım ve donanımlarla desteklenmiş bir yapı mevcuttur. Bu nedenle bu yapıyı idame edecek personel miktarında ise artış söz konusu olmuştur.

### **3.3.4. Hava-Yer İletişim Aracı**

Mini ve mikro sistemlerde bu yapı tek kart üzerinden yapılırken Taktik ve üstü sistemlerde ufuk ötesi faaliyetlerde irtibatın sağlanması ve görüntünün aktarılması için direk veya uydu aracılığı ile 2-4 Gbit/s veri aktarımı irtibat sağlayan özel sistemler geliştirilmiştir.

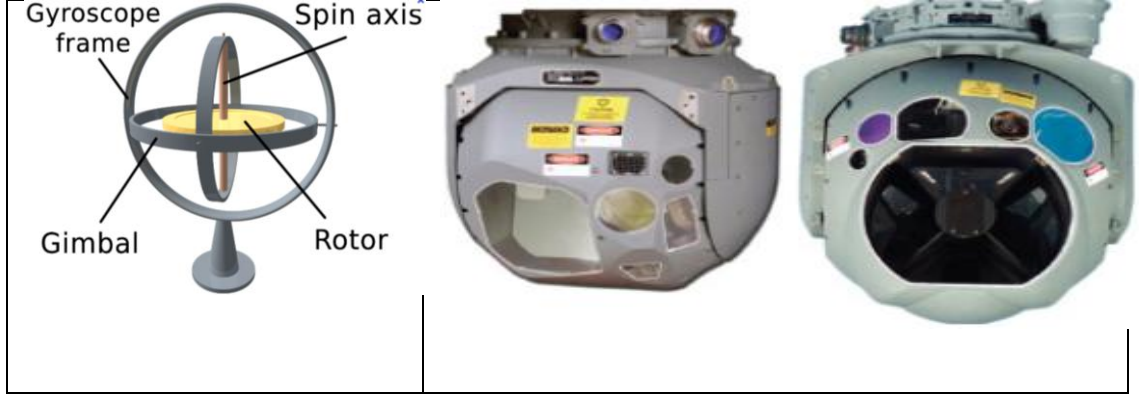
### **3.3.5. Otomatik İniş Sistemleri**

24 saat esasına göre görev yapan taktik üstü sistemlerde hava aracında oluşan hasarları gidermek maksadı ile kullanılan bir sistemdir. Taktik ve mini seviyedeki sistemlerde paraşüt kullanılmaktadır.

### **3.3.6 Faydalı Yükler**

Mini ve Mikro sistemlerde kullanılmaz iken taktik ve üstü sistemlerde kullanılmaktadır. Mini ve mikro İHA'larda görüntüleme sistemleri daha çok tek görüntüleme kartı ve basit Webcam lerden oluşurken, Taktik ve üstü sistemlerde Gimble üzerine oturtulmuş, stabilizasyon imkanı olan Optik/Elektronik zoom'lu gündüz ve termal kamera sistemleri mevcuttur. Görüntüleme dışında Silahlı İmha, EH, SIGINT vb faydalı yüklerde mevcuttur.

Gimble; üzerine monteli cihaz veya nesneye üç boyutta hareket yeteneği sağlayan ve uçuş esnasında meydana gelen titreşimleri azaltan sisteme denir.



**Şekil-30** Gyroskop ve Gimbal[10]

### 3.3.6.1. Yüksek İrtifa Uzun Dayanıklılık (HALE) EO/IR Sensörü;

Dünyanın önde gelen faydalı yük üreticilerinden FLIR, WESCAM, IAI TAMAM, CENTROP gelmektedir. Ülkemizde ise ASELSAN'ın bu konudaki çalışmaları önemli yer tutmaktadır. Bu sistemlerden alınan görüntüler genelde multi spektral ve birleştirilmiş olduğundan hedef teşhisi yapılabilmektedir. Cihaz ağırlıkları 200 pound üzerindedir. Cihaz çözünürlükleri 640X480'in üzerindedir. (1 pound=0.45 kg)

Şirket	FLIR SYSTEMS	WESCAM
Model	Star SAFIRE HD	MX 15 True HD
Stabilizasyon: Eksen/ Urad	6 / <5	6 / 6
Çözünürlük: IR/CCD	1280X720 / 1280X720	640X512 / 1080X720 470 TV Lines
Zoom:IR/CCD	30~0.25 / 120X	26.7~0.36 / 9.9X

**Tablo-5** HALE E/O sistemleri[10]

### 3.3.6.2. Orta İrtifa Uzun Dayanıklılık (MALE) EO/IR Sensörü

HALE EO/IR sistemlerine benzerler, Cihaz ağırlıkları 200 pounda kadardır. Cihaz çözünürlükleri 320X240 civarındadır. Devamlı zoom özelliği ile hedef takibi yapılabilmektedir.

Şirket	WESCAM	FLIR SYSTEMS	IAI/TAMAM	CENTROP
Model	120S/TS200	MicroSTAR II	POP 200/300	QUAD I
Stabilizasyon				
Eksen	2	2	2	2
Urad rms/eksen	<35	50	30-40	<35
Çözünürlük	256X256 /	320X240 /	320X240 /	320X240 /
IR/ InSb/ CCD	FPA / 480	FPA / 460	FPA / Yoktur	FPA / 500
Zoom	4/25~2.2/20X	3/21.7~2.2/72X	4/22~1.7/45X	-/27~2.2/75X
İnsan Tespit Mesafesi	Yoktur.	3-5 Km	4-5 Km	5.4 Km

**Tablo-6** MALE E/O Sistemler[10]

### 3.3.6.3. Taktik İHA EO/IR Sensörü

Taktik seviye ve altında yer alan Mini ve Mikro sistemlerin uçuş yüksekliğine bağlı olarak stabilizasyon ve görüntüde hareket akışı sorunları bulunmaktadır. EO faydalı yük operatörü, durumsal farkındalığa sahip olabilmek için, Geniş Bakış Açısı(WFOW) ile Zoom/ Dar Bakış Açısı(NFOV) arasında sık sık geçiş yapmalıdır. Bu hedef takibini zorlaştırmaktadır. Yukarıda gösterilen Gimbal sistemi kullanılmaktadır.

### 3.3.6.4. Mini/Mikro İHA EO/IR Sensörü

Cihaz büyüklükleri Gimbal sisteminin kullanımını zorlaştırmaktadır. Bu nedenle kart seviyesinde kamera görüntü işleme kartları kullanılmaktadır. 0.5-1 kg ağırlığında çok bantlı multi/hyper spektral kameralar yapılmaktadır. Bu cihazlar termal görüntüleyici ve IR yakını gündüz kamerasına sahiptir. [11]

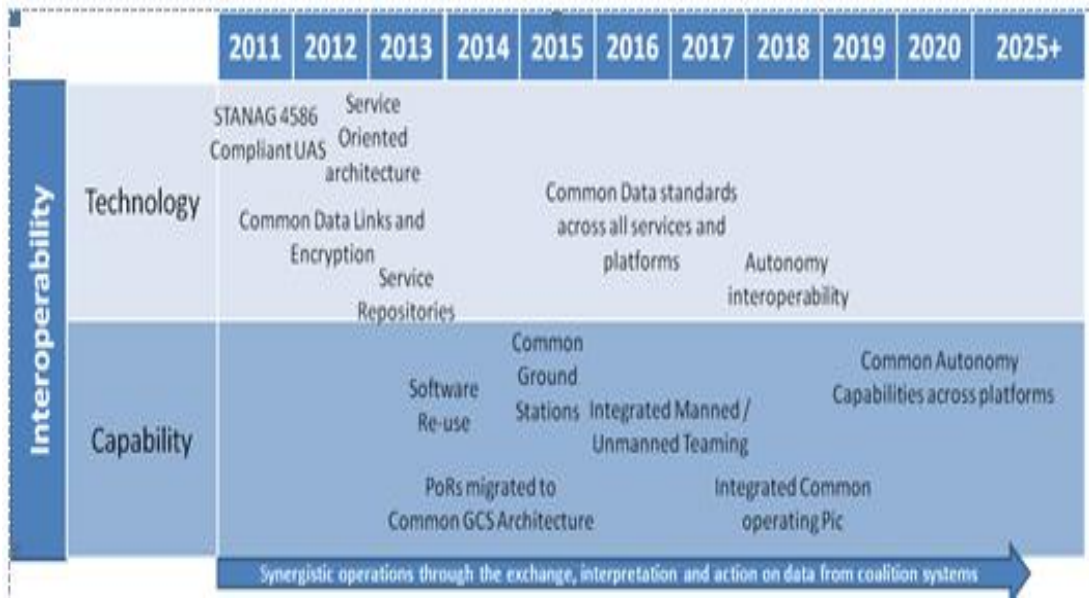


**Şekil-31** Mini/Micro E/O sistemleri



### 3.4 İHA'nın Geleceği

İHA'nın gelişiminde lider rolü oynayan, İsrail ve ABD, bu konudaki çalışmalarını belirli trende oturtmuş bulunmaktadır. Diğer ülkeler ve NATO vb Savunma Paktları bu konuda geride kalmıştır. ABD ve İsrail, hareketli platform üzerinden araç takibi ve imhası yapabilirken, diğer ülkelerin bu konudaki çalışmaları devam etmektedir. İran'ın, Amerika'ya ait RQ 170 Sentinel adlı İHA'sını ele geçirmesini müteakip, mevcut navigasyon ve iletişim sistemlerinin sorgulanmasına sebep olmuştur. Bu durum, ABD Savunma Bakanlığınca, yıllık İnsansız Araç Sistemleri toplantılarında(UAS ROADMAP; geçen yılın değerlendirilmesi ve müteakip 25 yıllık gelişim planlamalarının yapıldığı) ele alınmış ve mevcut sistemlerin geliştirilmesi için karar alınmasına neden olmuştur. 2011-2013 yılları arasında genel iletişim sistemlerin geliştirilmesi ve kriptolanmasına bütçe ayrılmıştır.



Şekil-32 ABD Savunma Bakanlığı'nın İHA Teknolojik Yatırım Planı[7]

## 4.GÖRÜNTÜ İŞLEME

### 4.1.Giriş

Görüntü işleme kavramı ele alındığında, sabit tek görüntünün (fotograf) veya bir zaman serisine bağlı video görüntüleri olarak iki türlü incelenmektedir. Bu bölümde özellikle tek kare resmin elde edilmesi için kullanılan elektronik algılama sistem teknikleri ve görüntünün anlamlandırılması için kullanılan morfolojik işlemler, filtreleme tekniklerinden bahsedilecektir. Video görüntülerinin anlamlandırılması için optik akış, Lukas-Kanade-Tomassi, SIFT algoritması vb karmaşık teknikler kullanılmaktadır.

Görüntü bir nesnenin sureti veya ışık etkisi ve mercek vasıtasıyla yeniden meydana gelen yansıması olarak ifade edilebilir. İnsan görüntüyü gözü ile algılar. Görme işlemi ise beyinde tamamlanır. Görüntü işleme açısından ele alındığında insan algılama sistemi; görüntü yakalama, gruplama ve analiz konusunda bilinen en karmaşık sistemdir. Görüntülerde işlemler değişik maksatlarla yapılır; saklama, onarma, iletme, analiz, zenginleştirme, dönüşüm vb. Görüntünün algılanması ve saklanması esnasında meydana gelen bozulmalara gürültü adı verilir.

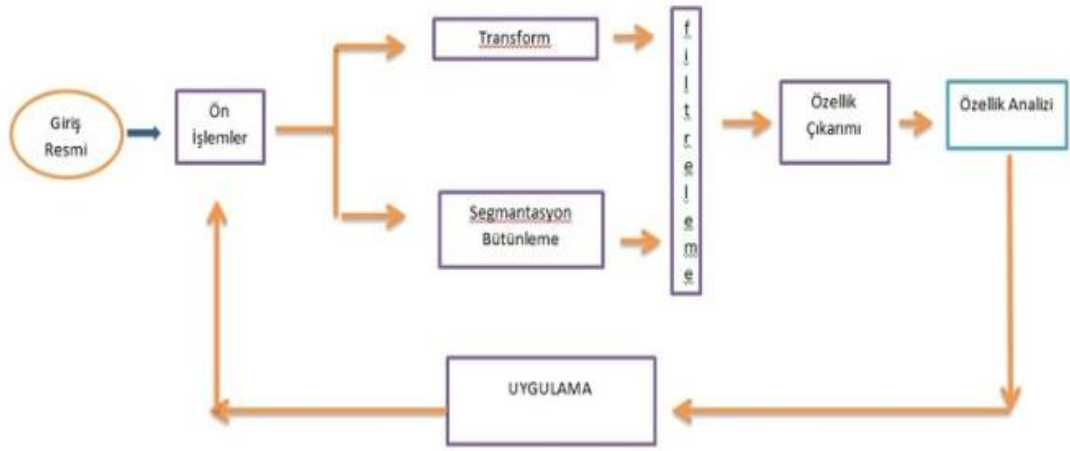
Canlıların görme duyusu geniş bir yelpazede yer almaktadır. Görülebilen spektrum tanımı; insan gözünün görebileceği elektro manyetik dalga boyu aralığını tanımlar. Gözün yapısı ve algılaması, göz işlevi gören aletlerin tasarımı ve bu konuda gözlem ve deneyler sonucu, doğadan esinlenerek yapılan cihazların görme bandında olmayan görüntülerin bile bu banda taşınarak görülebilir hale getirilmesi insanın yeteneklerini arttırmıştır.

Görme konusundaki en önemli kavramlardan biri ise renkli görmedir. Günümüzde ise bu konuda geçerli olan teorem ise Young- Helmholtz ve Herring teorilerini birlikte içeren Guth'un üç komponent teorisidir.

Bu teoriye göre retina da üç tip kon vardır ve bunların en yüksek emilme seviyeleri 447 nm (mavi), 540 nm (yeşil) ve 577 nm(kırmızı)'dir. Bu kon sistemi sinirsel uyarılan iki karşıt (opponent) ve bir karşıt olmayan (non- opponent) sisteme gönderir. Karşıt sistemde kırmızı-yeşil ve mavi-sarı uyarılırken, karşıt olmayan sistemde akromatik (beyaz) uyarı oluşur ve bu algılamalar beyinde işlem görür.

Bilgi işlem dünyasında, renk modellemelerinin başında, RGB (Toplamalı model), HSV, Hue Saturation Value (veya Hue Saturation Luminance), YUV(Luminance/Crominance), YIK(Luminance/Crominance), CMYK(Çıkarmalı Model) yer almaktadır. Söz konusu renk modelleri görüntünün değişik ortamlarda saklanması ve işlenmesi için kullanılmaktadır.

Görüntü işleme sistemlerinde kullanılan çeşitli işlem basamakları vardır. Şekil-35'te bir görüntü işleme sistemi ve temel işlem basamakları grafiksel olarak gösterilmiştir.

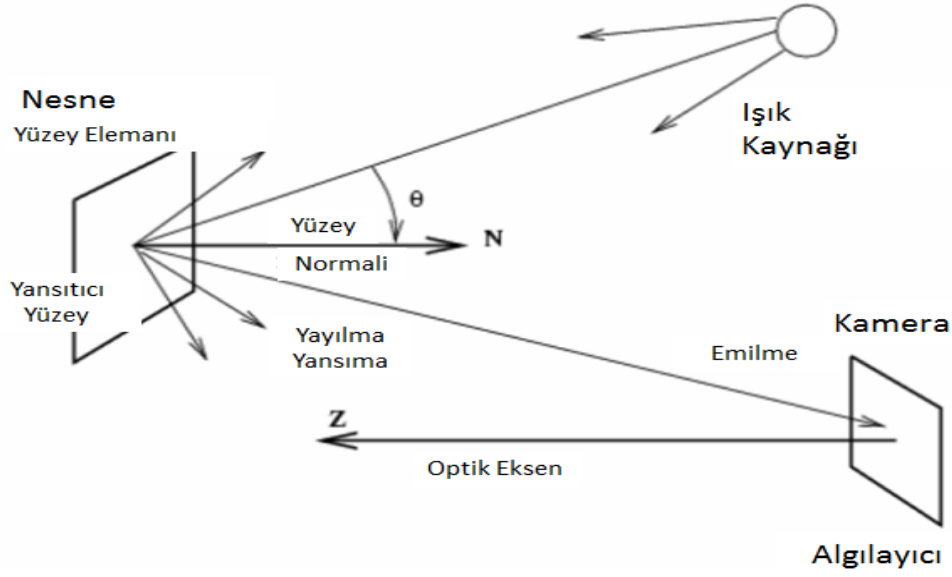


**Şekil-33** Görüntü İşleme Aşamaları[12]

Özet olarak; Sayısal görüntü işleme için görme sistemlerimizin altında yatan temel mekanizmaların bilinmesine ihtiyaç vardır. Göz bir fotoğraf makinası gibi düşünülebilir ve beynin görme bölümleri de karmaşık bir sayısal görüntü işleme sistemi olarak düşünülebilir. Görüntü Kodlama (Picture Coding), Görüntü İyileştirme (Image Enhancement), Görüntü Onarma (Image Restoration), Görüntü Anlama (Image Understanding), Şekil Tanıma (Pattern Recognition), Görüntüyü Yeniden Yapılandırma (Image Reconstruction) konuları sayısal görüntü işleme'nin kapsamına girmektedir.

#### **4.2.Görüntünün Oluşması:**

Işık kaynağından yayılan ışığın nesnelere temasını müteakip nesne tarafından ışığın belirli dalga boyları emilirken iken, bazı dalga boyları ise yansıtılır. Bu nesnenin rengini oluşturur.



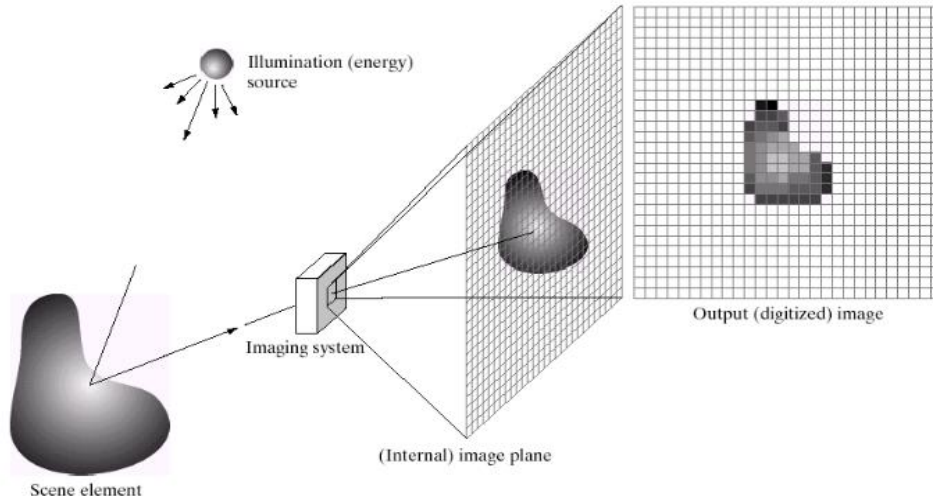
**Şekil-34** Görüntü oluşumu[12]

Nesneden yansıyan bu ışık algılayıcı sistemler tarafından alınır ve görüntü oluşturma mekanizması tarafından işlenir. Işığın yoğunluğu (Intensity), Işığın yansıma açısı ve Nesne yüzeyi görüntüyü oluşturan faktörlerdir.

Görüntüleme iki temel değer söz konusudur. Bunlar aydınlatma (illumination) ve yansıma (reflectance) olarak adlandırılırlar. Aydınlatma nesne üzerine düşürülen ışık miktarını, yansıma ise nesne üzerinden yansıyan ışık miktarını temsil eder. Gösterimleri  $i(x,y)$  ve  $r(x,y)$  şeklindedir. Bu iki değer çarpımı  $f(x,y)$  değerini verir.  $0 < i(x,y) < \infty$  ve  $0 < r(x,y) < 1$  olmak üzere,

$$f(x,y) = i(x,y) * r(x,y) \quad (4.1)$$

olarak hesaplanır. Resmin birim noktasında,  $r(x,y)$  değeri sıfır olduğunda ışığın tamamını yutarken, bir olduğunda ise gelen ışığın tümünü yansıtmaktadır. Yansıma değeri nesnenin yapıldığı maddenin özelliğine, nesnenin şekline göre farklılık göstermektedir. Bu şekilde nesnenin resmi sayısal olarak ifade edilmektedir. Bilgisayarın işleyebilmesi için görüntü fonksiyonu  $f(x,y)$  koordinat ve genlik olarak sayısallaştırılmalıdır.  $(x,y)$  uzaysal koordinatlarının sayısallaştırılması görüntü örnekleme olarak genliğin sayısallaştırılması ise gri ton kuantalama olarak adlandırılır.[19]



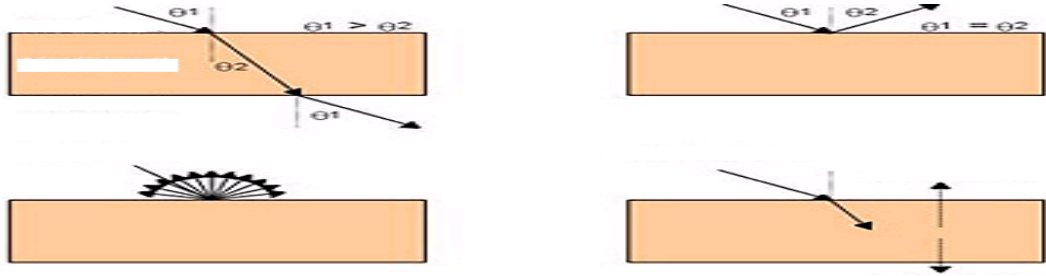
**Şekil-35** Görüntünün algılanması dijital hale getirilmesi[12]

#### 4.2.2. Işık

Nokta gibi bir kaynaktan veya birçok kaynaktan çıkarak nesnelere üzerine düşer ve onları görünür kılar. Nokta gibi kaynaktan çıkarak belli bir açıyla nesneyi aydınlatan ışık, nokta ışık olarak adlandırılır. Nokta ışık, sert ve yoğun gölgeler oluşturur. Güneş ve stüdyolarda kullanılan spot ışıkları da nokta ışık kaynaklarıdır. Dağınık ışık ise farklı açılardan, farklı noktalardan gelir, ortam ışığı olarak da adlandırılır. Yumuşak gölgeler oluşturur. Bulutlu bir gündeki gün ışığı dağınık ışıktır. Aynı biçimde stüdyoda önüne yumuşatıcı filtre konmuş bir aydınlatma kaynağı da yumuşak ışık verir.

#### 4.2.3. Işık Açısı

Işık ışınları, farklı ortamlara girdiğinde kırılır veya geliş açısına bağlı olarak geçer, parlak bir yüzeyden yansır, yarı geçirgen bir ortamda dağılır. Fiziksel olarak ışınlar; Az yoğun ortamdan (ortam 1) çok yoğun bir ortama girerken, normale yaklaşır. Diğer bir deyişle geliş açısı ( $Q_1$ ) sapma açısından ( $Q_2$ ) büyüktür ( $Q_1 > Q_2$ ). Çok yoğun ortamdan (ortam 2) az yoğun ortama giderken ise normalden uzaklaşır ( $Q_2 < Q_1$ ). Sathın yapısına bağlı olarak (çok düzgün) aynı açı ile yansır. ( $Q_1 = Q_2$ ). Sathın üzerinde değişik yönde dağılırlar (scattering). Sath tarafından emilir. Takiben oluşan enerji ise yayılır.



Şekil- 36 Gelen Işın, Dağılma, Yansıma, Emme ve Yayım[2]

#### 4.2.3.1.Geçme

Cam gibi saydam bir yüzeye çarpan ışığın bir kısmı yansır, bir kısmı emilir ve bir kısmı ortama bağlı olarak geçer. Geçirgen maddeler, renksiz, başka bir deyişle saydam oldukları sürece tüm dalga boylarını eşit olarak geçirirler. Mavi renkli bir cam mavi rengi geçirir diğer renkleriye emer ve geçirmez. Buzlu cam gibi yarı saydam malzemeler ise ışığın bir kısmını geçirirken bir kısmını emer. Geçen ışık dağınık bir biçimde diğer tarafa ulaşır.

#### 4.2.3.2.Emilme

Işık üzerine düştüğü nesnenin özelliğine göre farklılıklar gösterir. Örneğin saydam olmayan bir cisim ışığın geçişini engeller. Işığın bir kısmı emilir, diğer bir kısmı da yansıtılır. Yansımayan veya geçmeyen ışık emilir. Bir yüzeyin rengi o yüzey tarafından yansıyan ve emilen dalga boyları aracılığıyla belirlenir. Beyaz, siyah veya gri renklere spektrumdaki tüm ışığı emdikleri için bu renklere görünürler.

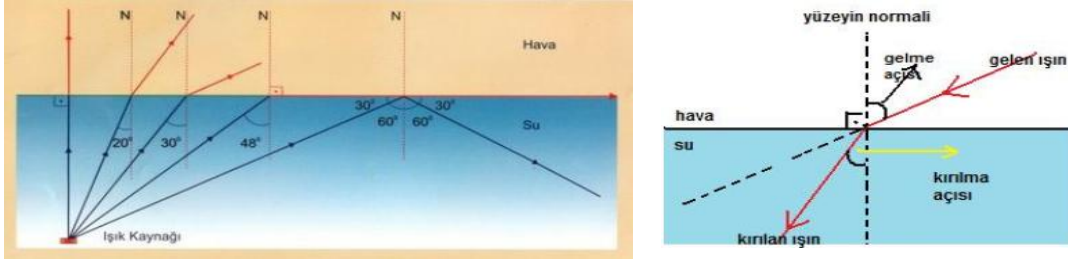
#### 4.2.3.3.Yansıma

Yansıma da aynı aynada olduğu gibi veya dağınık biçimde olabilir. Aynasal yansıma, ışık ayna gibi parlak bir düzleme geldiği zaman geliş açısıyla yansır. Dağınık yansıma da ise, ışık mat veya pürüzlü bir yüzeye çarpar ve değişik yönlere değişik açılarla yansır. Karışık yansıma da ise yüzey, su gibi veya cilalı bir yüzeydir. Işık hem geliş açısıyla yansır, hem de yüzeyin yapısına bağlı olarak dağınık yansıma gözlenir. Nesnenin rengine bağlı olarak da yansıma oranı değişir. Açık renk yüzeyler, koyu renkli yüzeylerden fazla ışık yansıtır. Nesnelere yansıttıkları dalga boyunun rengini alırlar. Bir elma mavi ve yeşil renkleri emip kırmızıyı yansıttığı için

kırmızı görünür. Yeşil bir yaprak ise kısa dalga boylarını emip daha uzun dalga boyunda olan yeşili yansıttığı için yeşil görünür.

#### 4.2.3.4.Kırılma

Işık ışınları saydam bir ortamdan başka bir saydam ortama geçerken ışınların bir kısmı yansyarak geldiği ortama dönerken, bir kısmı da ikinci ortama, doğrultusu ve hızı değişerek geçer. Işığın ikinci ortama geçerken doğrultu değiştirmesine ışığın kırılması denir.



Şekil-37 Işığın Kırılması [12]

Gelen ışın, normal ve kırılan ışın aynı düzlemindedir. Az yoğun ortamdan çok yoğun ortama geçen ışık, normale yaklaşarak kırılır. Çok yoğun ortamdan az yoğun ortama geçen ışık, normalden uzaklaşarak kırılır. Normal üzerinden gelen ışın (dik gelen ışın), diğer ortama geçerken kırılmaya uğramaz (dik geçer). En az kırmızı en çok da mor ışın kırılır. Gelme açısı büyüdükçe kırılma açısı da büyür ve ışığın kırılma açısı  $90^\circ$  olduğu andaki gelme açısına sınır açısı denir. Örneğin, sudan havaya gelen ışınlar için sınır açısı  $48^\circ$ , camdan havaya gelen ışınlar için ise  $42^\circ$  dir. Eğer ışık ışınları sınır açısından daha büyük açıyla gelirse ikinci ortama geçemez ve geldiği ortama normale eşit açı yaparak geri döner yani kırılmaya uğramaz, yalnızca yansır. Bu olaya tam yansıma denir. Işığın davranışı konusunda 2.1.3.2’de bahsedilmiştir.

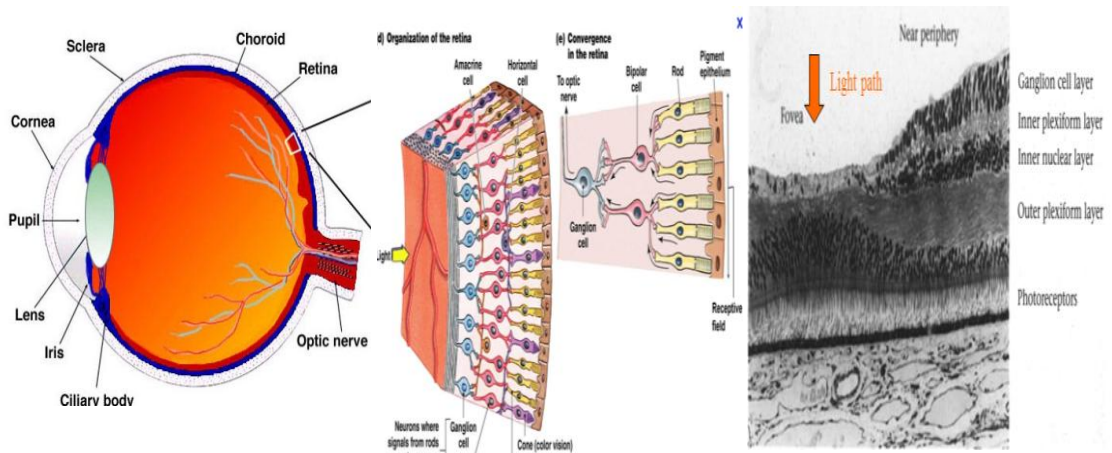
#### 4.2.3.5.Nesne Yüzeyi

Işığın geçiren maddeler saydam, geçirmeyenler opak olarak isimlendirilir. Nesne yüzeyi pürüzsüz ise ışığı düzgün yansıtır, pürüzlü ise düzgün yansıtmaz ve ışığın saçılmasına neden olur. Bazı maddeler parlar, bazı maddeler donuktur/mattır. Parlak yüzeyler ışığı çok yansıtır, mat yüzeyler ise ışığı az yansıtır.

### 4.3.Göz ve Algılama

Gözün ana bileşenleri; Kornea, göz bebeği(pupil), mercek(lens), retina ve optik sinirlerdir. Kornea gözün dış kısmında olup geçirgen, kubbe formunda olup, ışığa odaklama fonksiyonuna sahiptir. Göz bebeği kendisini tutan kaslar yardımı ile ışık göze ulaştığında gözün açılıp kapanmasına yarar. Göz bebeği göz merceğini örter[14]. Kaslar yardımı ile mercek göze giren ışığın şiddetine göre kalınlaşır veya incelir.

Sensoriyel retina, nöron grubundan oluşur; foto reseptörler, pipolar hücreler ve ganglion hücreleri. Bu üç ana nöron grubu, renk ve kontrast algılamada önemlidirler. Dışta foto reseptörler, ortada bipolar hücreler ve en içte ise ganglion hücreleri şeklinde yerleşim düzeni gösterirler. İki tip foto reseptör hücre bulunur: rodlar ve konlar. Rod ve konların dört önemli fonksiyonel segmenti mevcuttur: dış ve iç segment, çekirdek (nükleus) ve sinaptik erişim. Dış segment, ışığa duyarlı fotokimyasal maddeler bulundurur. Bunlara görme pigmentleri de denilmektedir. Görme pigmentleri bir retinoid molekülü ve buna bağlı bir proteinden (opsin) oluşmaktadır. Retinoid kısım rodlarda ve konlarda aynıdır. Rodlardaki opsin kısmı skotopsin iken, konlarda değişik dalga boylarındaki ışığa duyarlı üç farklı opsin bulunmaktadır (mavi, yeşil, kırmızı).



Şekil-38 Gözün Yapısı[13]

Bu görme pigmentlerinin farklılığından dolayı retinada üç tip kon hücresi bulunurken, rod hücreleri tek tiptir. Bu üç tip kon hücresi farklı dalga boylarındaki ışığa duyarlıdır: kısa dalga boyuna hassas (short-wave length sensitivite) konlar



(maviye duyarlı), orta dalga boyuna hassas (middle-wave length sensitivite) konlar (yeşile duyarlı), uzun dalga boyuna hassas (long-wave length sensitivite) konlar (kırmızıya duyarlı).[13]

Retinada kırmızı ve yeşile duyarlı konların en yoğun olduğu yer sarı bölge(fovea)dir, mavi renge duyarlı konların en yoğun olduğu yer ise, fovea merkezinin bir derece dışındadır. Yani insan foveası maviye karşı daha az hassastır. Konların duyarlılığı 440 nm (mavi), 540 nm (yeşil) ve 570 nm (kırmızı) dalga boylarında en fazladır (spektral duyarlılık). Her bir dalga boyu kon pigmentleri tarafından eşit olarak algılanamaz. Ancak her bir kon pigmenti geniş spektrumlu bir dalga boyu aralığını algılar.

Farklı konlar farklı ganglion hücrelerine mesajlarını iletmekte ve böylece farklı renklere ait mesajlar beyine iletilmektedir. Ara renklerin seçilmesi ise bu renklerin değişik konları değişik oranlarda uyarmalarına bağlıdır. Örneğin kırmızı ve yeşil tonlar yaklaşık olarak eşit uyarıldıklarında, konlarda bulunmayan sarıya yakın bir renk algılanır. Kırmızı, yeşil, mavi eşit uyarıldıklarında ise beyaz renk algılanır.

Ağtabakanın kenarlarındaki çubuk hücreler ise sadece parlaklığı (ışığın fazlalığını) ve karanlığı ayırt edecek düzendedir. Merkezdeki konik hücreler, renklerin özel dalgalarını alır. Genellikle rodların renk görmede rol almadığı düşünülür. Oysa rodlar 500 nm civarındaki ışığa maksimum duyarlık gösterirler, Bu, spektrumun koyu yeşil bölümüne uyar. Bu nedenle karanlığa adapte bir göz en çok bu renge hassastır.

Bipolar hücreler, görme yolunun birinci nöronunu oluştururlar. Bipolar hücrelerin dış dendiritleri dışpleksiform tabakada kon yada rod hücrelerinin sinaptik cisimleri ile, aksonları ise pleksiform tabakada ganglion hücreleri ile sinaps yaparlar.

Ganglion hücreleri, görme yolunun ikinci nöronunu oluştururlar. Aksonlar Sensoriyel retinanın tabakalarına doğru yönelir ve daha sonra retina iç yüzeyine paralel hale gelerek sinir lifi tabakasını meydana getirirler. Retinada sayılan yaklaşık bir milyon civarındadır. İnsanda en az üç ayrı tipte ganglion hücresi bulunmaktadır,

W hücreleri, ganglion hücrelerinin %40'ını oluştururlar. Küçük çaplı hücrelerdir. Yavaş ileti yaparlar (8 m/sn). Belli yöndeki hareketi fark etme ve karanlıkta görme için gerekli sinyalleri taşırlar.

X hücreleri, ganglion hücrelerinin %55'ini oluştururlar. Bunlara P hücreleri de denir. Orta boydadırlar ve orta hızda ileti yaparlar(14 m/sn). Başlıca yüksek frekanslı kontrast algılanmasını sağlarlar. Renk görme mesajlarının iletiminde de rol oynarlar.

Y hücreleri, ganglion hücrelerinin %5'ini oluştururlar. Bunlara M hücreleri de denir. Büyük hücrelerdir ve hızlı ileti yaparlar(50 m/sn). Görsel uyarılardaki hızlı değişimler ile hızlı hareket ve ışık şiddetindeki hızlı değişimlere ait mesajları taşıyan hücrelerdir. Düşük frekanslı kontrast algılanmasında rol oynarlar. Kontrast algılama hücreleri olarakda bilinirler. Ganglion hücrelerinin çoğu, görme alanının gerçek aydınlanma düzeyine cevap vermezler. Bunun yerine sadece alandaki kontrast sınırlarına cevap verirler.

$$\text{Kontrast} = \frac{I_{\text{max}} - I_{\text{min}}}{I_{\text{max}} + I_{\text{min}}} \quad (4.2)$$

Kontrastın en büyük değeri uyarının minimum değeri sıfır ( $I_{\text{min}}=0$ ) olduğu zamandır, yani bire eşittir. Kontrast, zamansal(temporal) ve uzaysal(spasyal) olmak üzere iki çeşittir. Zamansal aydınlanma kontrastı, belirli bir zaman dilimi içerisinde ortaya çıkan görme sahaları arasındaki aydınlanma farkının ayırt edilmesi iken, uzaysal aydınlanma kontrastı, uzayda birbirine bitişik bulunan iki bölge arasında ki aydınlanma farkıdır.

Renk, insanın öğrenme yoluyla oluşturduğu, sübjektif bir ifadedir. Normal insan gözü dalga boyu 380-760 nm arasında olan ışığı algılayabilmektedir. Dalga boylarının doğrusal sıralanması renk spektrumunu oluşturur. Görme sisteminde bu dalga boylarının oluşturduğu renk hissi spektral renklere oluşup, bunlar; mor (430 nm), mavi (460 nm), yeşil (520 nm), sarı (575 nm), turuncu (600 nm), kırmızı (650 nm)'dir. Spektrumun algılanmasına da spektral duyarlılık denir. Rengin tanımlaması ton, doygunluk (saturasyon), parlaklıktan oluşur. Ton(Dominant dalga boyu), göze ve beyine ulaşan ışığın rengini tanımlayan dominant dalga boyudur. Bir rengin tonu 0 rengin niteliğini ifade eder. Doymunluk, ışık uyarısı içinde hâkim dalga boyunun ne dereceye kadar etkin olduğunu belirtir. Tüm ışık aynı dalga boyunda

görüldüğünde renk tamamen doymuş olur. Parlaklık, bir objeden göze gelen ışığın (foton sayısını) tanımlar.

Diğer canlıların görme sistemleri, insanın sahip olduğu görme yetisinin geliştirilmesi için, araştırılarak yeni sistemler geliştirilmiştir. Ayrıca sahip olduğumuz görme sistemini karşılaştırmak içinde kullanılmıştır.

Kedi-Köpeğin, renk körü oldukları herkes tarafından kabul edilmektedir. Soluk renk tonu şeklinde görürler. Bizden daha iyi gece görüşleri ve harekete daha duyarlı gözleri vardır. [15]

Yılanlar, iki çeşit görme yetisi vardır. gündüzleri normal gözlerini kullanırlar, fakat geceleri diğer gözlerini kullanırlar. Bu görevi yapan organ burunlarındadır. Bu organ çevresini saran sıcak objelerin kızılötesi ısı sinyallerini alır.

Çoğu böcek birleşik göz kullanır ve aşağıdaki şekilde yer almaktadır. Birkaç yüz veya bin kadar bal peteğinin birleşimi şeklinde görür. Her petek, mozaik gibi görüntünün bir parçasını oluşturur. Birleşik göz, 10'dan 30.000'e kadar parça olabilir. En fazla parça Yusufçuk ve Peygamber Develerinde vardır. Renk algıları mükemmeldir. Kelebek gibi bazı böcekler, çok uzaklardaki daha çok rengi bizden iyi görebilirler.[14]

Arılar, Böcekler gibi birleşik gözleri vardır, fakat kırmızı rengi göremezler. Cisimleri sarı, yeşil ve mavi renk olarak görürler. Ayrıca ultraviyole ışınlarını da görürler. Balarılarında ocelli adında 3 göz daha vardır. Bunlar görüntü almaz fakat ışığa duyarlıdır. Buna karşın bir arının görebildiği spektral aralık ultraviyole bölgede başlar ve yeşil dalga boylarında sona erer[14].

#### **4.4.Elektronik Algılama Sistemleri**

Sistemler içerisinde buldukları ortamda değişik kaynaklardan oluşan istenmeyen etkilere maruz kalırlar. Bu etkilere genel olarak gürültü adı verilir. İstenen işaret dışındaki tüm işaretler gürültü olarak tanımlanabilir. Gürültü; sinyelimizi etkileyen, beklenmedik şekilde oluşan rasgele elektriksel değişikliklerin genel adıdır. Bazı gürültü çeşitleri şunlardır [15]:

#### **4.4.1.Gürültü Çeşitleri**

##### **4.4.1.1.Foton Gürültüsü**

Dedektörler, elektriğe çeviren cihazlardır ve foton sayacak kadar hassas yapıdadırlar. Fotonların kuantum özelliğinden dolayı aynı cismin görüntüsünün belirli bir pikseli için bir anda dedektöre gelen foton sayısı başka bir anda gelen foton sayısından farklılık göstermektedir. Bu değişim ise gürültü olarak ortaya çıkmaktadır[15]. Her ne kadar teknoloji ile bazı gürültülerin seviyesi çok düşürülmüş olsa da özellikle foton gürültüsü etkisini sürdürmektedir.

##### **4.4.1.2.Termal Gürültü**

Dedektörde foton enerjisi elektriğe çevrildikten sonra, elektronların bir kısmı termal titreşim nedeniyle dedektörden ayrılmakta veya bazı elektronlar oluşan elektrik akımına dahil olmaktadır. Termal titreşimden dolayı ortaya çıktığı için bu gürültü, termal gürültü olarak tanımlanmaktadır. Hiç ışık olmasa da ortaya çıkabildiği için bu gürültüye karanlık akımı da denmektedir. Bu gürültüyü azaltmak için kullanılan en yaygın yöntem dedektörün mümkün olduğunca soğutulması şeklindedir [15].

##### **4.4.1.3.Elektronik gürültü**

Elektronik gürültü, dedektörden bilgi işaretinin okunması sırasında, kullanılan elektronik devre elemanlarından kaynaklanan gürültüdür [15].

##### **4.4.1.4.Yükselteç gürültüsü**

Yükselteç gürültüsü, dedektörden alınan işaretin yükseltilmesi sırasında gürültünün de yükseltilmesinden kaynaklanmaktadır. Bu durum modern elektronik devrelerde ihmal edilebilir seviyeye kadar düşürülebilmektedir [15].

##### **4.4.1.5.Seviyeleme gürültüsü**

Elde edilen analog işaretin sayısala çevrilmesi sırasında seviyeleme işleminde, her örnek için işaret seviyesinin tam sayı değerine yuvarlatılması nedeniyle ortaya çıkan değişim seviyeleme gürültüsü olarak tanımlanmaktadır. Bu gürültü de ihmal edilebilir seviyededir [15].

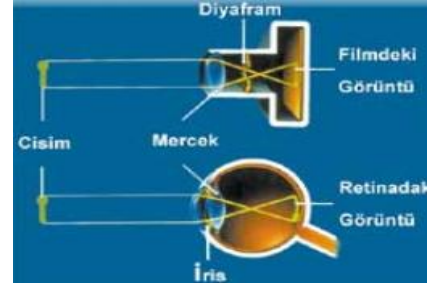
#### 4.4.1.6. Gaussian gürültüsü

Olasılık yoğunluk fonksiyonu (probability density function) Gaussian Eğrisi şeklinde olan rastgele gürültü Gaussian Gürültüsü olarak tanımlanmaktadır. Gaussian gürültüsünü yok etmek için geometric ortalama filtreleri kullanılabilir[16].

#### 4.4.1. Gündüz Algılama: Fotoğraf Makinası ve Yapısı

Fotoğraf makineleri, gözün ilkel ve mekanik bir versiyonu'dur. Bu makineler aslında aynen göz gibi, önlerindeki açıklık dışında içine ışık geçirmeyen kutulardır.

Görüntüyü retina yerine bir film üzerine yansıtırlar. Gözlerde görüntüye odaklanma merceğin şekli değiştirilerek olur. Fotoğraf makinelerinde ise bu işlem merceğin filme olan mesafesi değiştirilerek gerçekleştirilir. Makinaya giren ışık miktarı, "diafram" adı verilen mekanik bir iris aracılığıyla ayarlanmaktadır.



Şekil-39 Kameranın Yapısı[16]

Uzaktan Algılama'da, klasik yöntemler 1970'lere kadar devam etmiştir. Fotoğrafçılık 1970'li yıllardan itibaren elektronikle tanışmış. Mekanik teknolojileri yerini elektronik teknolojiye bırakmaya başlamıştır. Bu anlamdaki ilk gelişmeler fotoğraf makinelerinde görülmeye başlanmıştır. Netleme, ışık ölçüm, film sarma ve gösterge sistemlerinde elektronik teknolojisi kullanılmaya başlanmıştır. Elektroniğin fotoğraf makinelerine girmesi ile birlikte, mekanik sistemin ayrılmaz parçaları olan yay, zemberek ve kurma sistemleri yerini elektronik devrelere, göstergeler yerlerini ekranlara, filmler sensörlere bırakmıştır.

UA'da görüntünün film yüzeyine sabitlenerek kayıt edilmesi, optik ve kimyanın kullanıldığı bir dönemdir. Elektroniğin UA girmesiyle, film ortadan kalkarak yerini dijital (sayısal) kayıt ve görüntü oluşturma sistemine bırakmıştır. Uzaktan Algılama sistemlerinin temel yapısı değişmemiştir. Filmin ortadan kalkarak, görüntü kaydının CD ve hafıza yongalarına aktarılmasını UA'da sayısal sistem dönemi olarak isimlendirebiliriz.

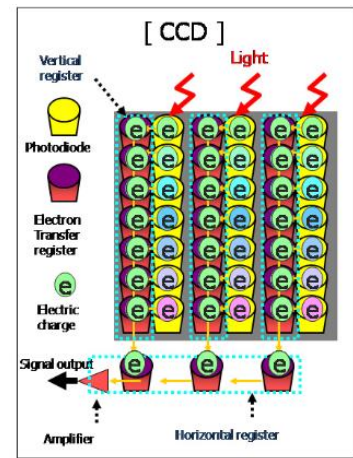
Klasik sistemde film üzerindeki görüntüyü oluşturan en küçük birim tek bir gümüş taneciği olan greni. Her bir fotoğraf görüntüsü filmin gümüş yapısına bağlı olarak milyarlarca sayıdaki grenin kesintisiz bir süreç içine girmesiyle oluşmaktadır. Grenleri birbirlerinden ayırmak güçtür. Ancak bazı yüksek ISO değerli filmlerin fotoğraf kâğıdına büyütülmesiyle ayırt edilebilmektedir.

Dijital sistemde ise bir fotoğrafın görüntüsü oluşturan en küçük birime piksel veya pel denir. Sayısal sistemin görüntüsünü oluşturan pikselleri ise bir ızgara gibi düşünebiliriz. Görüntü yatay ve dikey olarak yan yana dizilen piksellerden oluşmaktadır. Dijital sistemlerde görüntü kalitesini belirleyen her inç üzerindeki piksel sayısı ve buna bağlı olarak ortaya çıkan renk ve ışık değerleridir. Düşük sayıdaki piksel değerleri görüntüleri teknik ve estetik olarak zayıflatır. Yüksek değerler ise artırır.

Ancak dijital sistemde piksel sayıları görüntü oluşumunun kalitesi için yeterli bir etken değildir. Bir dijital fotoğraf makinesinin kaliteli resimler çekmesini sağlayan etken, lens ve sensör kalitesidir. Lens ışığı toplayan, sensör ise ışığı algılayan” elemandır. Dijital makinelere özgü olan şey “sensör” yani algılayıcılarıdır. İki temel tip görüntü algılayıcı vardır; 1969 yılında George Smith ve William Boyle tarafından keşfedilen Charge-Coupled Device (CCD) ve 1963 yılında Frank Wanlass tarafından keşfedilen Complementary Metal–Oxide–Semiconductor (CMOS) algılayıcılarıdır.

#### 4.1.1.CCD

Charge Coupled Device (CCD), Görüntüsel ışık yoğunluğu merkezi bir yoğunluk-gerilim dönüştürücüsüne aktarılır. Lens ünitesinden geçen ışık bir tür ışık algılayıcısı düşen ışıkla orantılı olarak elektron üretilir. Işığa duyarlı malzemenin her bir foto hücresinde, yüklenen elektron miktarıyla orantılı olarak ADC (Analog - Digital Converter - Analog Sayısal Dönüştürücü) çıkışında dijital sinyal elde edilir. Analog kameralarda yer alan film bandının işini gören kısım burasıdır. Dolayısıyla dijital kameraların en önemli ve çözünürlük kalitesini belirleyen parçasıdır.[17]



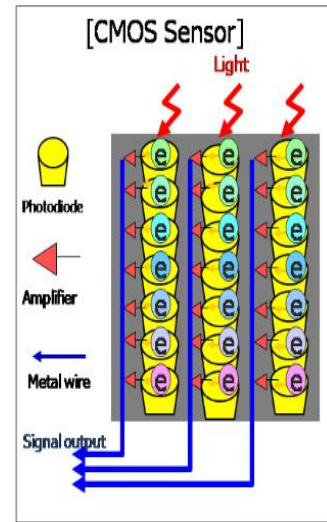
Şekil-40 CCD Sensör

Bir çip tek çekim, üçlü çekim, iki çip üçlü çekim, süper CCD-HR, süper CCD SR ve Foveon sistemleri mevcuttur. Bir Çip Tek Çekim, temel renk ayrımı CCD üzerinde yapılır.hareket konularını çekmek için uygundur. Renk doğruluğunda ve görüntü ayrıntılarında ödün verir. Bir Çip Üçlü Çekim, sensör üzerine düşen ışık üç(R,G,B) parçaya ayrılır ve özel filitre ile pozlanır. Karmaşık mekanizma, arıza yatkınlığı bulunmaktadır. İki Çip Üçlü Çekim, RGB filtresine ilave olarak parlaklık için ikinci bir sensör içermektedir. Süper CCD-HR, piksel dizilimi petek şeklindedir. Pikseller çapraz yönde dizilmiştir. Daha uyumludur. Süper CCD SR, sensörün tamamının yüzeyine olan oranını arttırarak görüntünün daha gerçekçi bir şekilde yakalanmasını sağlar. Büyük ve duyarlı olan S piksel ve küçük ve daha az duyarlı olan r pikselden oluşmaktadır. Algılayıcıların boyu 4.31 cm ve daha büyük bir alana 3 milyon S piksel ve 3 milyon R piksel sığdırılmaktadır. Bu da bize 6 milyon pikseli bir resim dosyası oluşturmaktadır.

#### 4.4.1.2.CMOS

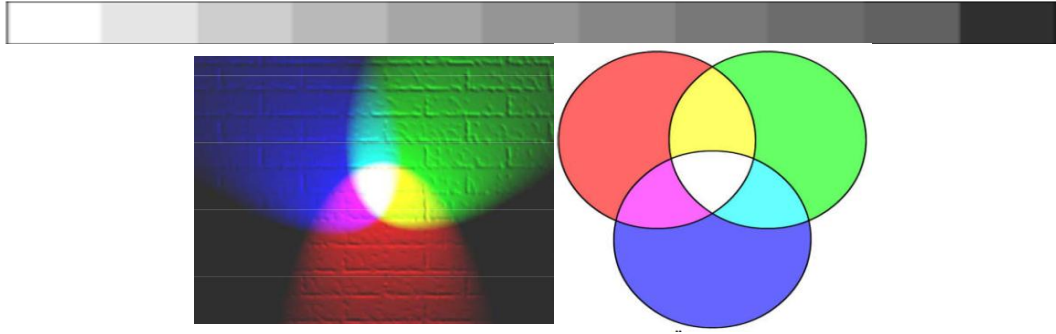
CMOS algılayıcı "Aktif piksel algılayıcısı", Işığa duyarlı malzeme üzerine düşen elektronlar aracılığıyla pikseller üretilir.

Bu algılayıcıda üretilen her bir piksel için birkaç adet transistor kullanılır. CCD resim algılayıcılarında ADC kullanılırken CMOS sinyali dijital olduğundan dönüştürücüye gerek yoktur.[18] CCD'lerde daha az gürültü olur, ancak ışığa daha çok hassastır. CMOS daha az güç harcar ve maliyeti düşüktür ancak tasarımı zordur. Gerçekten CCD ya da CMOS olsun her foto hücresi renk körüdür. Diğer bir ifadeyle foto hücreler yalnızca yüzeye çarpan ışığın şiddetine (parlaklık) duyarlı olup renk algılama özelliğine sahip değildirler.[17]



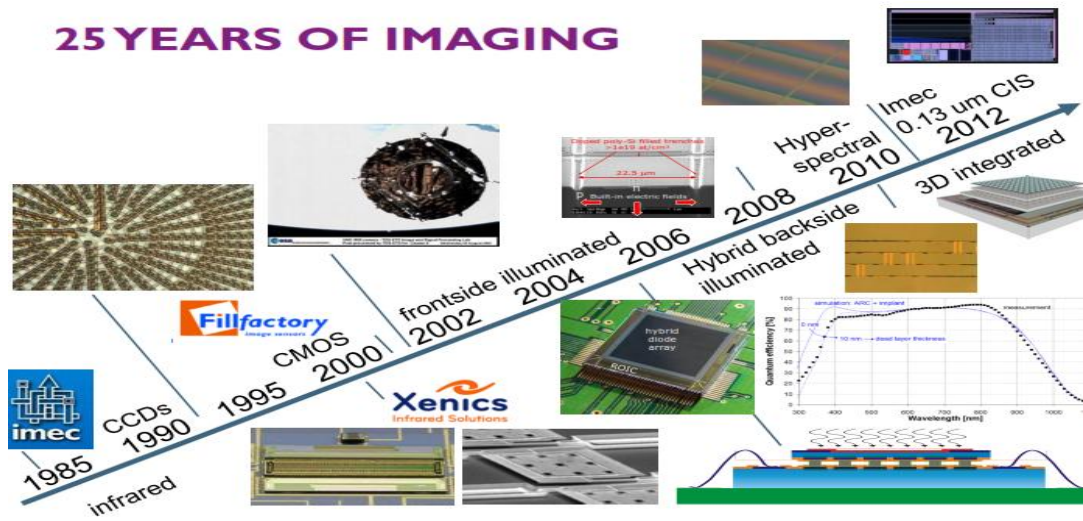
Şekil-41 CMOS Sensör

Her bir foto hücresi saf beyazdan saf siyaha 256 farklı gri tonuna duyarlıdır. Renkli resim elde etmek için pek çok algılayıcı önünde renk filtresi bulunur. Renk filtresi yardımıyla ışık üç temel renge (kırmızı, yeşil, mavi) ayrıştırılır.



Şekil-42 Gri Tonlama ve Üç Renk

Önümüzdeki dönemde ise teknolojik gelişmelerinde avantajı kullanılarak CCD yapısının CMOS'a gömülü olarak kullanılması, yapıda karmaşıklığın giderilmesi ve CCD'nin avantajlarından faydalanmak maksadı ile yeni tip işlemciler geliştirilmektedir. [18]



Şekil-43 CCD ve CMOS İşlemcilerin Gelişimi

#### 4.4.2. Gece Görme Sistemleri (Low Light Imagery, Thermal Imagery);

Gece görüş sistemleri, Gece şartlarının yanı sıra; sis, nem, toz gibi şartlarda kısmen görme olanağı sağlayan gece görüş sistemleri; düşük ışık görme sistemleri(Image Intensifier), termal görüntüleme ve yakın kızıl ötesi aydınlatmanın bir karışımından oluşur.



#### 4.4.2.1. Düşük Işık Güçlendirici Sistemleri;

Mevcut ışıkla yetinmek yerine, bunları güçlendiren (veya besleyen) elektro-optik cihazlardır. Bu cihazlar görünür ışıktan infrared ışığa kadar çeşitli ışıklara duyarlıdırlar. Ayrıca ek bir araçla, (Illuminator) ışık huzmesinin infrared ucundaki aydınlığı, arttırılabilir. Böylece daha karanlık zamanlarda daha iyi bir görüntü elde edilmiş olur. Ancak bu görüntü bir koridor şeklinde olduğundan açısı kısıtlıdır ve menzili azdır.

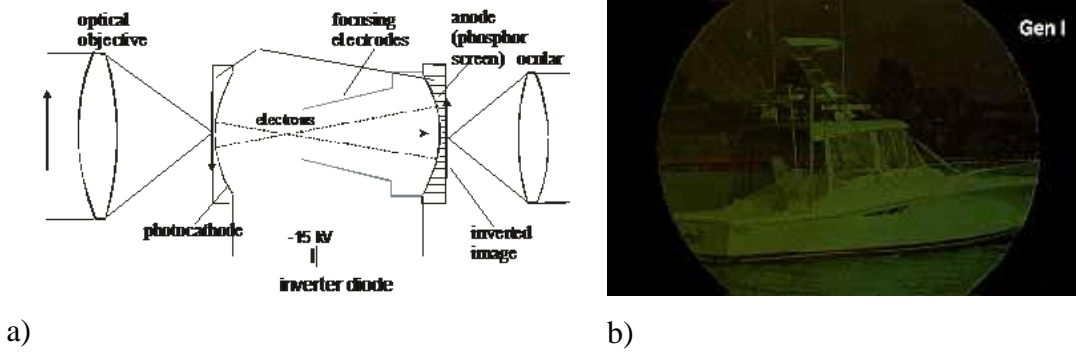
Gece görüş cihazlarında direkt olarak hedefe bakılmaz, görüntü hedefin fosfor ekran üzerindeki beslenmiş resimdir. Işık gece görüş cihazına bir objektif lensten girer ve güç kaynağından beslenen yüksek bir enerjiyle yüklü olan fotoğraf katoduna çarpar. Enerji yükü güçlendiricinin içindeki vakumdan geçerek görüntünün odaklandırıldığı fosfor bir ekrana (TV ekranı gibi) çarpar. Göz merceği ise görüntüyü büyütür. Gece görüş cihazlarının fosfor ekranı yeşil renge maksatlı olarak boyanmıştır. Çünkü insan gözü yeşildeki gölgeleri fosforun diğer renklerine oranla daha fazla algılar.

Gece görüş dürbünleri aynı fotoğraf makinalarında olduğu gibi çeşitli görüntü büyütücüleri içerirler. İnsan boyutunda bir nesnenin normal şartlar altında ( ay ve yıldız ışığı, sis olmayan geceler ) açıkça belli olabildiği uzaklık objektif lensinin büyütme gücüne ve görüntü güçlendiricinin kuvvetine bağlıdır. Örnek olarak, görüntü verebilmek için ay ışığına ihtiyaç duyan gece görüş cihazlarının maksimum görüntü uzaklığı 30-120 metre arasındadır.

Gece görüş cihazları, (Nesil 0 hariç tutulmuştur.) yapılaş teknolojileri açısından 3'e ayrılırlar:

##### Birinci Nesil Sistemler

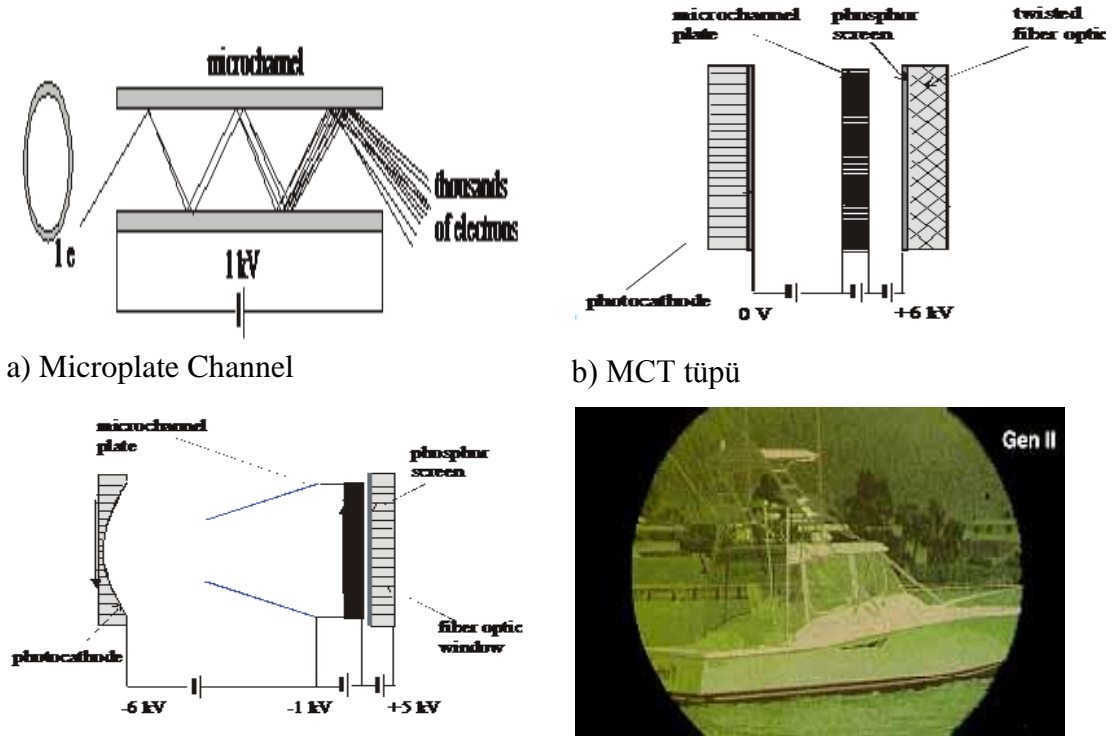
1960'larda geliştirilen I.NESİL cihazlar büyük ve ağırdır. Bir görüntüyü 1000x defa güçlendirebilmek için tam ayışığına ihtiyaç duymaktadırlar. Tam ayışığı (dolunay) olması durumunda bile tam performans sağlayamazlar. I.Nesil ve II.Nesil cihazların her ikisi de insanın görebileceği ışığın güçlendirilmesi esası ile çalışmaktadır. En pahalı parçaları olan güçlendirici tüpleridir. Ömürleri, yaklaşık 2000 saattir.



Şekil-44 I inci Nesil Gece Görüş Cihazı Şekli ve Görüntüsü[19]

### İkinci Nesil Sistemler

1970'lerin başında geliştirilen, Micro Channel Plate teknolojisi, gece görüş cihazlarının ışığı daha fazla güçlendirmelerine, aynı zamanda boyutlarının küçülmesine neden olmuştur. Cihazların ışığı 20.000x kereye kadar güçlendirebilir hale gelmiştir. Kullanım ömürleri 2.500 ila 4000 saattir. I.Nesil gece görüş cihazları, çalışabilmek için dolunaya ya da eşdeğer bir ışık kaynağına ihtiyaç duyarken, II.Nesil cihazlar çeyrek ayışığında çalışabilir duruma geldiler.



Şekil-45 II inci Nesil Gece Görüş Cihazı Şekli ve Görüntüsü[19]

## Üçüncü Nesil Sistemler

1980'lerde geliştirilen en son teknolojidir. Her şeyden önce bu cihazlardaki ışık kazanımı çok daha yüksektir. Bu yükseklik 30.000 ila 50.000 kat arasında olabilir. I. ve II. Nesil cihazlar insanın görebileceği ışığı kullanmak zorunda olmalarına karşılık III. Nesil cihazlar infrared e yakın ışığa duyarlıdırlar.

Başka bir deyişle 600-900 nanometre bölgesi ışığı kullanırlar ki, bu ışık gece gökyüzünde bol miktarda bulunur. Çok düşük seviyedeki yıldız ışığı bile III. Nesil güçlendiricilerin çalışabilmesi için yeterlidir. II. Nesil cihazlardan 3 kat daha uzağı görebilir ve 3 kat daha doğru görüntü verirler.



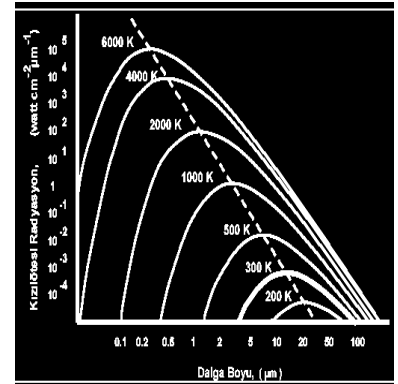
**Şekil-46** III üncü Nesil Gece Görüş Cihazı Görüntüsü[19]

III. Nesil cihazlar infrarede yüksek tepki verdikleri için, doğal yüzeyleri görmek çok daha kolaydır. Örneğin su infrared ışığı çok az yansıtır. Ancak tahta ve bitki gibi nesnelere infrared ışığı daha çok yansıtır.

### 4.4.2.2. Termal Sistemler

Sıcaklığı mutlak sıfırın (-273 °C) üzerinde olan her nesne görünür ışıktan bağımsız elektro-manyetik radyasyon yayar. Fotonlardan oluşan bu enerji geniş bir frekans aralığını kapsar. Bir cisimden yayılan enerji, cismin sıcaklığına, yayma (emissivity) özelliğine ve dışarı yayılan enerjinin dalga boyuna bağlıdır.

Herhangi bir dalga boyunda yayınlanan enerji miktarı, o cismin sıcaklığı arttıkça artar. Sıcaklık arttıkça yayınlanan foton enerjisinin tepe değeri, görünür ışığa doğru kayar ve dalga boyu kısalmır. Sıcaklık iki kat arttığında, yayılan enerji 16 kat artar. Şekil 48'de sıcaklık- dalga boyu-kızıl ötesi radyasyon arasındaki ilişki Wien şeması ile gösterilmektedir.



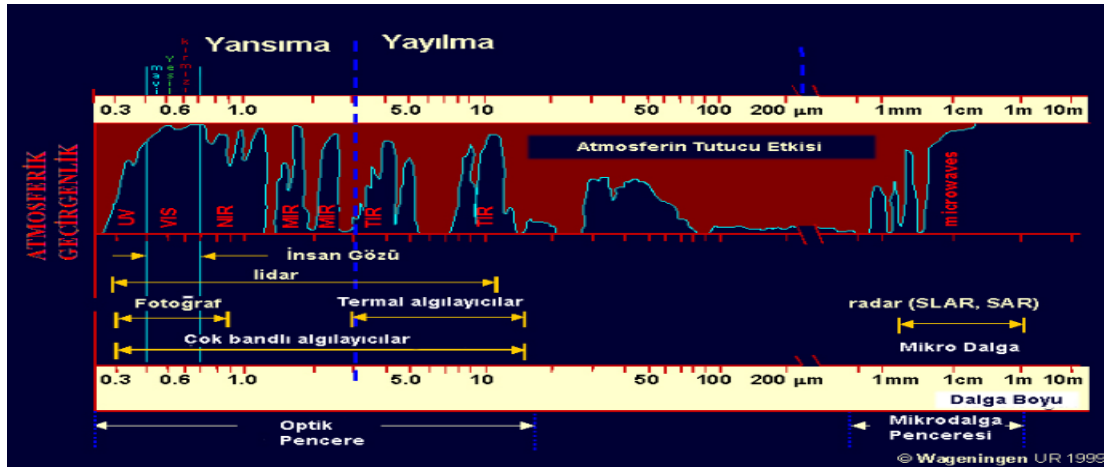
**Şekil-47** Wien şeması [3]

## Yayma faktörü

Her maddenin IR emme/yayma ve yansıtma özelliği farklıdır. Yayma ve yansıtma ise birbiri ile ters orantılıdır. %A yayma özelliği olan bir cismin yansıtma özelliği % (100-A)'dır. Yansıtma özelliği zayıf olan cisimler kendi sıcaklıkları ile orantılı IR yayarken, yansıtma özelliği fazla olanlar yansıttığı cismin sıcaklığından dolayı oluşan IR'yi de yaymaktadır. Örneğin, camın yayma özelliği %87-94 arası, yansıtma özelliği ise %13-6'dır. Buna göre bir termal kamerada cam, eğer yıldızları yansıtıyorsa soğuk görünecek, yakınındaki sıcak bir cismi yansıtıyorsa sıcak görünecektir.

## Atmosferik geçirgenlik

Atmosferin IR geçirgenliği, onu oluşturan azot, oksijen, su buharı, karbondioksit, metan, karbon monoksit, ozon ve toz gibi parçacıklarla yakından ilgilidir. IR dalga boyu bölgesinde bazı dalga boyları CO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>O parçacıkları ile aynı veya birbirine yakın boyutlardadır. Bundan dolayı IR enerjisi yutan temel faktör su buharı ve karbondioksittir. Havanın geçirgenliği aslında değişken bir yapıya sahiptir. Çünkü havanın kendisi dinamiktir. Bu nedenle farklı modeller yapılmıştır. En çok kabul gören modellemeye göre 0,72-15 µm arasında sekiz adet atmosferik pencere tanımlanmıştır.



Şekil-48 EM Spektrum ve Pencereler[20]

Bütün cisimler, 3-12 µm dalga boyu aralığında termal radyasyon yaymaktadır. Ancak, Şekil 49'da da açıkça görüldüğü gibi, 5-8 µm dalga boylarındaki radyasyon ışınları atmosfer tarafından soğurulduğundan 3-5 µm ile 8-12 µm dalga boyu aralığındaki radyasyon algılanabilecek seviyededir. 8-12 µm

dalga boyuna düşen radyasyon ise, 3-5  $\mu\text{m}$  bandına düşen radyasyona göre 30 kat daha güçlüdür. Ayrıca, 8-12  $\mu\text{m}$  bandına düşen radyasyon, 3-5  $\mu\text{m}$  bandına düşen radyasyona göre sis, nem ve duman gibi kötü hava şartlarından daha az etkilenir. Bu nedenle 8-12  $\mu\text{m}$  bandında çalışan sistemler, cisimleri çok iyi görüntüleyebilmektedir. Yağmur, sis, duman ortamında termal görüntüleme, görüntü yoğunlaştırma tüpüne ve görünür ışıktaki görüntü alan sistemlere göre daha iyi sonuçlar verir.

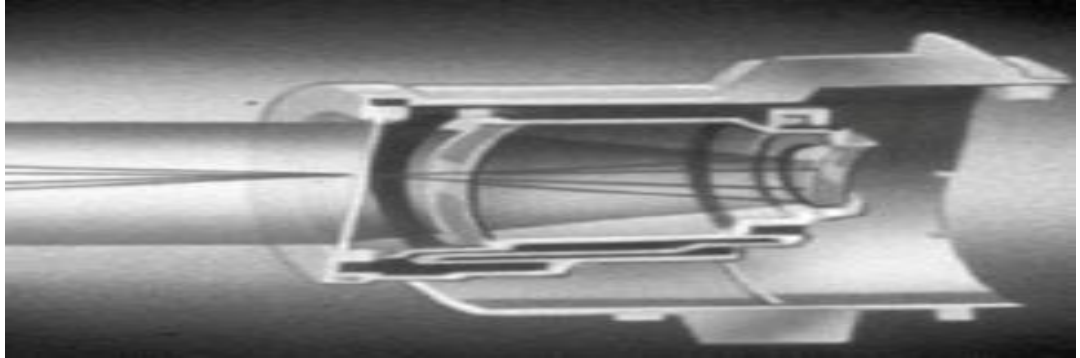
Termal sistemler aktif ve pasif olmak üzere ikiye ayrılır. Aktif sistemlerde hedef, yapay bir IR kaynağı ile aydınlatılır ve sistem, hedeften geri dönen IR enerjisini kullanır. Laser mesafe bulucu ve IR güdümlü füzeler buna birer örnektir. Pasif termal sistemlerde ise, yapay bir kaynak kullanmaksızın doğadaki IR enerji kullanılır.

Termal sistemin ana parçaları

Termal kameralar genelde altı ana parçadan oluşur. Bunlar optik birimler, mekanik birimler, dedektör, soğutucu, elektronik ve işaret işleme birimi ile monitördür. [22]

Optik birimler

Optik birimler, cisimden gelen IR radyasyonu odaklayarak dedektör üzerine düşmesini sağlayan bölümdür. Optik birim olarak IR bandı için tasarlanmış mercek, ayna ve prizmalar kullanılmaktadır. Aşağıda şekilde bir termal kamerada yer alan, optik bölümün kesiti verilmiştir. Genelde kullanılan optik malzemeler Be, GaAs, ZnS, Ge'dir. Optik birimlerin parametreleri ise bakış açısı, büyütme, optik çözünürlük ve geçirgenliktir.[21]



**Şekil-49** Termal Kamera Optik Birim[21]

## Mekanik birimler

Mekanik birimler, özellikle tek boyutlu detektörlerin kullanıldığı termal kameralarda kullanılan ve mekanik tarama ile detektörün iki boyutlu algılama yapmasını sağlayan birimlerdir. Küçük matrisli detektörler düzlem olarak görüntüyü elde edememektedir. Bu nedenle tarama sistemleri kullanılarak görüntünün tam olarak elde edilmesi sağlanır. Yeni teknoloji detektörler ise büyük matris yapılı olmalarından dolayı taramasız olarak çalışırlar. Tarama sistemleri mekanik tarama, elektronik tarama olarak sınıflandırılmaktadır.

## Detektör

Detektör, üzerine düşen ışığı veya IR radyasyonu elektriğe dönüştüren, matris şeklinde tasarlanmış sensör dizisidir. IR detektörler içerdikleri teknolojilere ve kullandıkları malzemelere göre sınıflandırılırlar. Genel olarak detektör tipleri termal ve foton detektör olarak sınıflandırılırlar.

## Termal detektörler

Termal detektörlerde foton-fonon(ısı) dönüştürme işlemi yapılır, bu sırada direnç (bolometric) veya kutup (polarizasyon, pyroelectric) değiştirilir. Bu tip detektörler oda sıcaklığına yakın sıcaklıklarda çalışır, fiyatları ucuzdur, hassaslığı ise düşüktür.

## Foton detektörler

Foton detektörlerde foton-elektron(hole) dönüştürme işlemi yapılır, bu sırada elektron veya akımı (foto iletken veya foto voltaik yarıiletken) değiştirilir. Bu detektörler  $-269^{\circ}\text{C}$  ile  $-73^{\circ}\text{C}$  sıcaklık aralığında çalışır, fiyatı pahalı, hassaslığı ise yüksektir. Saf kristal (intrinsic) detektör olarak tanımlananlar foto iletken (photo conductive, PC) veya foto voltaik (photo voltaic, PV) iken, katkılı (extrinsic) dedektör olarak tanımlananlar foton yayıcı (photo emissive) veya kuantum kuyulu (QWIP) detektörlerdir.

Yaygın olarak üretilen dedektör tipleri; 3-5  $\mu\text{m}$  bandı için PtSi (128x128, 256x256), InSb (256x256, 512x512, 320x240, 640x480), HgCdTe (320x240, 640x480, 288x4) ve 8-12  $\mu\text{m}$  bandı için; HgCdTe (1nci nesil, 60x1), HgCdTe (BST, soğutmasız; 320x240, 256x256, 640x480) ve HgCdTe (2nci nesil, 240x4, 288x4, 480x4, 576x4)dir.

IR dedektör performans parametreleri: Algılayıcılık (dedectivity), Tepkisellik (responsivity), Gürültü spektral yoğunluğu (noise spectral density), Ayırma gücü, Minimum çözülebilir sıcaklık farkı (minimum temperature difference, MRTD), Sinyal gürültü oranı.

Algılayıcının önündeki cam koruyucudan dedektöre kadar olan sistemin parçaları da gürültü oranını etkiler. Örneğin, cam koruyucu dışarıdaki havanın sürtünmesinden, sıcaklık değişiminden etkilenir. Sistemin kendine ait ısınan parçaları ise IR radyasyon yayar ve bunlar dedektör tarafından algılanır. Soğuk cisimlerin IR enerji miktarı azaldığından, sisteme ait parçalar ve özellikle dedektör soğutulur. Soğutma işlemi için genellikle donma noktası çok düşük olan sıvı nitrojen veya helyum gazı kullanılır. Soğutucu sayesinde dâhili gürültü azaltılmış olur. Harici gürültüden kurtulmak için hızlı mikroişlemciler, işaret işleme teknikleri ve sayısal imza kütüphanesi kullanılmaktadır.

#### Elektronik ve işaret işleme birimi

Elektronik ve işaret işleme birimi, dedektörden gelen elektrik sinyalini görüntüye dönüştüren birimdir. Bu birimin özellikleri, gerçek zamanda sayısala çevirme, saniyede 25 milyon görüntü bilgisi işleme, Sayısal İşaret İşleme) (saniyede 25 milyon x 40 basamaklı iki sayının çarpımı için yeterli kapasiteye sahip olma) ve FPGA (programlanabilir entegre) kullanmadır.

Termal kamera tarafından elde edilen görüntüler gri tonlamalı, gürültü içerikli ve flu özellikli olduğundan elde edilen görüntüye de bağlı olarak kenar bulma (edge detection), gürültü filtreleme (noise filtering), kontrast artırma (contrast stretching), histogram manipülasyonu, sahte renklendirme (false color) gibi teknikler kullanılmaktadır.

#### Monitör

Monitör, elektrik sinyalinin görüntü haline getirildiği birimdir.

#### Termal sistemlerin çalışma prensibi

Hedeften yayınlanan IR enerji özel IR mercekler tarafından toplanır ve dönen bir ayna üzerine düşürülür. Bu ayna, IR radyasyonu, detektör üzerine düşürür. Detektör üzerine düşen bu enerji detektör yüzeyinden elektron sökülmesine neden olur. Böylece ışık, elektrik sinyaline dönüştürülmüş olur. Bu elektrik sinyalleri bir

ön yükselteç ve son yükselteçten geçirilerek yükseltilir ve bir LED dizini üzerine düşürülerek görünür ışığa dönüştürülür. Bu görünür ışığın şiddeti gelen IR sinyalinin şiddetine bağlı olarak değişir. Bir takım optik aparatlar kullanılarak LED dizininin çıkışı ya bir film üzerine kaydedilir ya da bir televizyon kamerası yardımıyla gerçek görüntüye dönüştürülür.

#### **4.5. Görüntü ve İşleme**

İnsanlar ve hayvanlar gözleri ile analog temele dayanan görüntü işleme yapmaktadırlar. Bu olay beyin yardımı ile (akıllı sistem) on-line, paralel ve çok spektrumlu (multispektral) oluşmaktadır. Beynin yaptığı işlemin karşılığı günlük hayatta karşımıza görüntü işleme olarak çıkmaktadır. İnsan beyni, farklı nesnelere algılayabilmek için birçok problemle karşılaşmaktadır. En büyük problemlerden biri; 3 boyutlu bilginin 2 boyutlu retina üzerine iz düşürülmesidir. Bu problem nedeniyle, 2 boyutlu bilgiye bağlı olarak doğru görsel izlenimin elde edilmesi için beyin daha sonra işlemi tersine çevirmektedir.

Sayısal ortamda multi-spektral görüntünün oluşturulması ve sensör çözünürlüğü piksellerle mümkün olmaktadır. Sayısal görüntüler isminden de anlaşılacağı üzere sayılarla ifade edilen görüntülerdir. Bilgisayarın temelini oluşturan ikili sayı sistemi kullanılarak oluşturulmuşlardır ve "BIT"lerle ifade edilirler. Bir nesneyi tanımlarken boy (length), en (width) ve yükseklik (height) parametreleri kullanılır. Bu parametreler oluşturulurken nesnenin uzay boşluğundaki yeri de dikkate alınır. Matematikte bu işlemler koordinat sistemi sayesinde yapılır. Nesnenin yeri koordinatları gösteren x,y,z parametreleri ile ifade edilir. Ancak bilgisayar söz konusu olduğunda 3 boyutlu dünyanın ekran üzerinde 2 boyutlu düzlemde gösterilmesi işlemi şu şekilde yapılmaktadır.

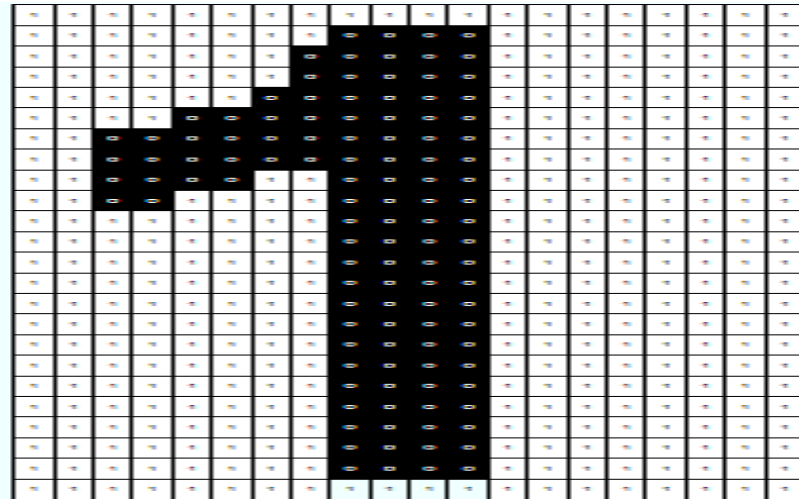
Ekranın sol üst tarafı (0,0) piksel noktası olarak kabul edilir ve tüm ekran ise MXN piksel boyutunda ifade edilir Bir pikselin iki temel özelliği söz konusudur; Radyometrik özelliği (pikselin algılandığı elektromanyetik spektrumdaki gri değeri) ve Geometrik özelliği (görüntü matrisinde sahip olduğu matris koordinatları)dir.[12]



	1	2	3	.....		M
1						
2		$(x-1,y-1)$	$(x-1,y)$	$(x-1,y+1)$		
3		$(x,y-1)$	$(x,y)$	$(x,y+1)$		
.....		$(x+1,y-1)$	$(x+1,y)$	$(x+1,y+1)$		
N						

**Şekil-50** Görüntü Koordinat Sistemi

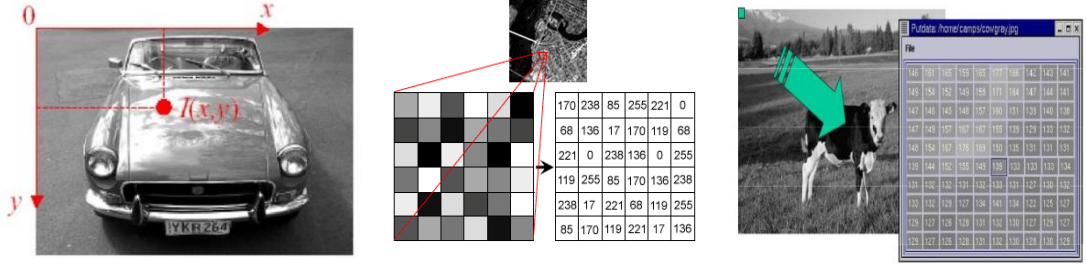
Bir resmin sayısallaştırılması, Siyah-Beyaz haline getirilmesi anlamına gelmektedir. Siyah-Beyaz resim sadece iki değerden oluşan bir resimdir. Böylesi bir görüntüde her bir piksel ya siyah ya da beyaz olarak oluşur. Burada sembolik olarak beyaz pikseller 1, siyah pikseller 0 değeri ile gösterilecektir. Bu şekilde 0 ve 1 kodlanmış piksellerden oluşan görüntülere ikili görüntü (binary image) adı verilir.[22]



**Şekil-51** İkili Görüntüleme Sistemi

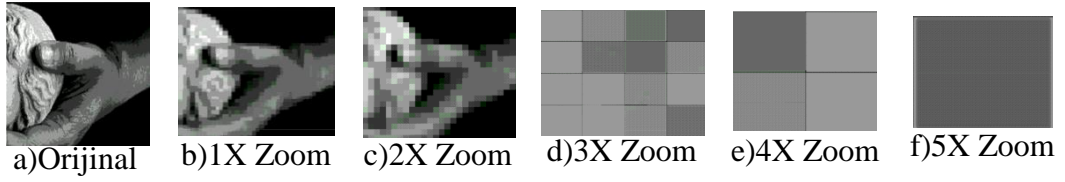
Görüntüler piksellerden oluşur ve piksellerin değeri 0/1 veya 0/256 kadar değişiklik gösterebilir. Gri tonlu görüntülerde; görüntü farklı gri ton değerlerinden oluşur. Gri değer aralıkları:  $G=\{0,1,2,..255\}$  şeklinde ifade edilir. Bunun anlamı şudur: Bir gri tonlu görüntüde 256 tane farklı gri ton değeri daha doğrusu gri değer

bulunabilir. Burada 256 gri değer bir byte olarak tanımlanabilir (1 Byte=8 Bit ve  $2^8=256$ ). 0 gri değeri kural olarak siyah renge, 255 gri değeri ise beyaza karşılık gelir.



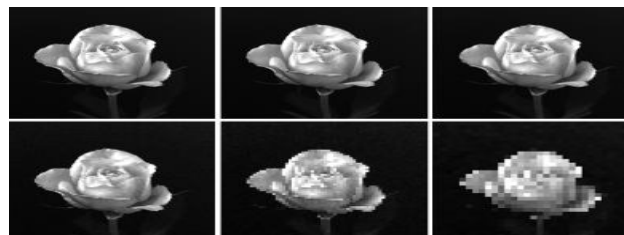
Şekil-52 Görüntü Koordinat Sistemi

Bu değerler arasında ise gri tonlar oluşur. Şekil(a) orijinal görüntü olmak üzere, bir görüntüyü büyötmeye başladığımızda en son Şekil(f) yi elde ederiz. Bu da bizi piksele götürür.



Şekil-53 Pikselin Görünümü[12]

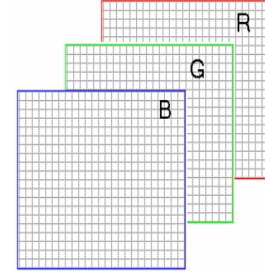
G gri seviye sayısını, b her bir pikselin kaç bit ile temsil edileceğini göstermek üzere  $G=2^b$  olmalıdır. Bu sonuçlara göre NxM boyutunda ve m bit gri ton seviyesine sahip bir görüntüyü saklamak için gerekli olan disk boyutu  $DB= N \times M \times b$  olarak hesaplanır. Örneğin 64 gri ton seviyesine sahip 128x128 piksel boyutlarında bir resim 98,304 bitlik alan kaplar.[22]



Şekil-54 Çözünürlük Farkının Resme Etkisi

Renkli görüntü kavramı; ton, grinin değerleri ile renk ise her bantta kullanılan filtreler ile elde edilmektedir. Renkli görüntüler bilgisayar ekranlarında 24 bit lik veri olarak görüntülenir. Görüntüleme R(Kırmızı), G(Yeşil), B(Mavi) kodlanmış aynı objeye ait üç adet gri düzeyli görüntünün üst üste ekrana iletilmesi ile oluşur.

Kırmızı, mavi ve yeşil dalga boylarında elde edilmiş üç gri düzeyli görüntü, bilgisayar ekranında kırmızı-yeşil-mavi sırası ile üst üste düşürülecek olursa renkli görüntü elde edilmiş olur. Aşağıda doğal renkli görüntü şekil a'da verilmiştir. Kullanılan filtrenin sırası değiştirilmesi ile elde edilen görüntüler b ve c de verilmiştir.



a) Kırmızı-Yeşil-Mavi



b) Mavi-Yeşil-Kırmızı

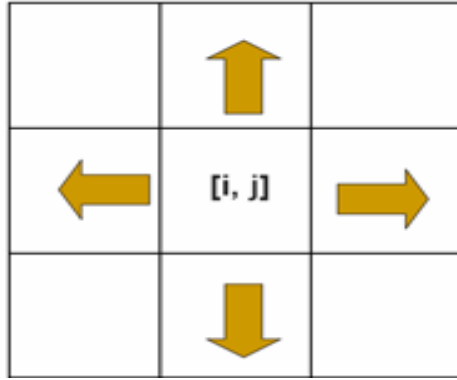
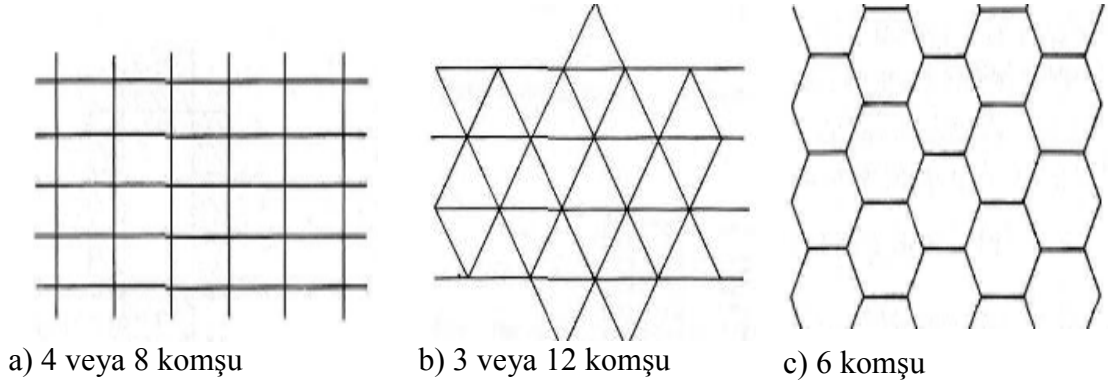


c) Yeşil-Mavi-Kırmızı

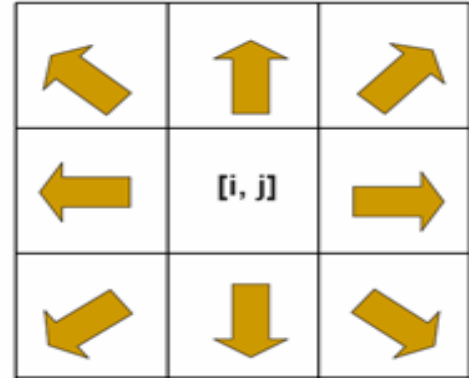
Şekil-55 Kırmızı, Mavi ve Yeşil Filtre Kullanımı[20]

#### 4.5.1. Morfolojik İşlemler

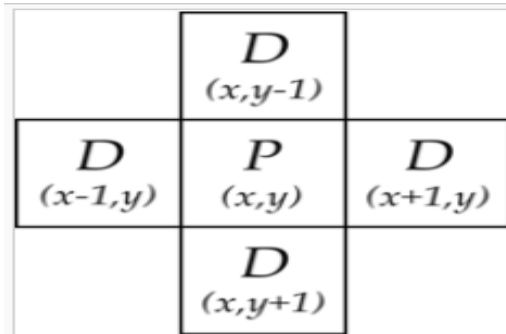
Morfolojik işlemler, resimlerde görülen eksik ve/veya yanlış olduğu düşünülen piksel değerlerinin, piksel komşularına göre yeniden değerlendirilmesi işlemidir. Piksel komşuluğu ise görüntünün oluşturulduğu varsayılan ızgara tipine göre değişmektedir. Ballard and Brown bu konuda ızgara tiplerini ve komşulukları aşağıdaki şekle a, b ve c ye göre açıklanmışlardır. Von NUEMAN'a göre piksel komşuluğu ise d ve e de yer almaktadır.



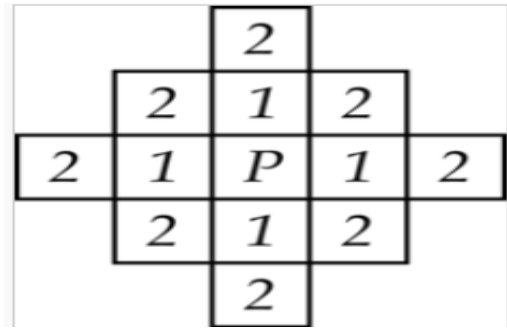
4 Komşu



8 Komşu



d) 1 birim komşuluk

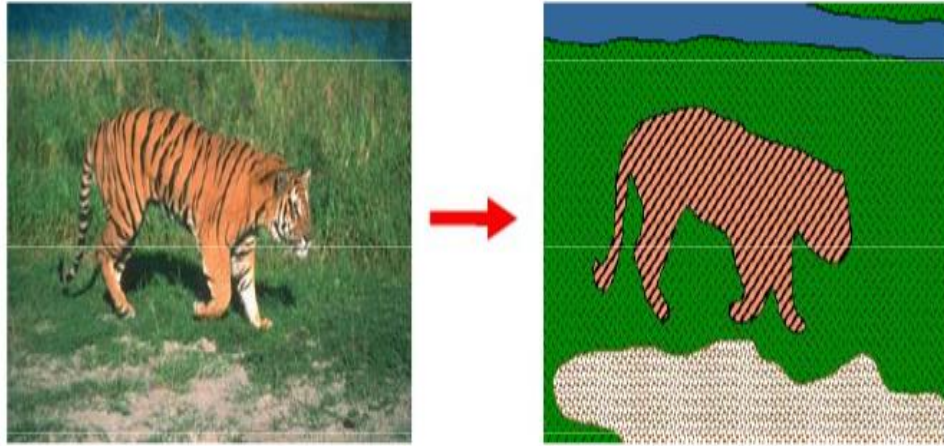


e) 2 birim komşuluk

**Şekil-56** Piksel Izgarası[23] ve Komşuluk Tipi[24]

#### 4.5.1.1.Siluet Çıkarma

İnsan gözü görüntüyü, incelerken öncelikle, silüet(blob)ler çıkarma işlemi yapar. Bu işlemi yaparken, daha önceden gördüğü ve hafızasına sakladığı parlaklık, renk, doku ve hareket görüntülerinden faydalanarak yapar. Yeni bir parlaklık, renk, doku ve hareket gördüğünde ise sınıflandırmaya dâhil eder. Bu işlemin özü aslında denetimli öğrenmedir.

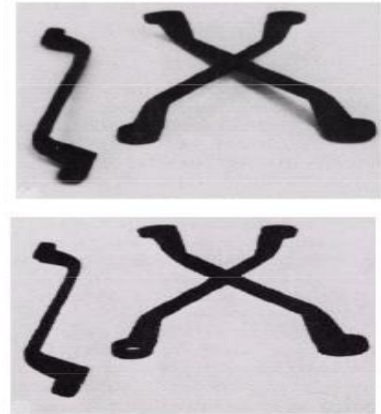


**Şekil-57** Silüet Çıkarma

Bilgisayar görüntülerinde silüet çıkarma işlemi yapılırken; Eşik(Trashold) uygulama, Uyumlu Eşik Adaptive Trashold) uygulama, Bölge Büyütme(Region Growing), Ortalama Kaydırma teknikleri uygulanır.

Eşik Uygulama;

Eşik uygulaması, 0-255 arasındaki piksel değerlerinin belirlenen eşik değeri ile karşılaştırmayı müteakip istenen değerlere uygun olarak değiştirilmesidir. Yandaki şekilde piksel değeri T değerinden yüksek olanların piksel değeri 255'e(Beyaz Renk), T değerinden küçük olanlar ise 0'a (Siyah Renk) eşitlenmiştir.



$P > T$  ise  $P = 255$

$P < T$  ise  $P = 0$

a)Eşik uygulanmamış

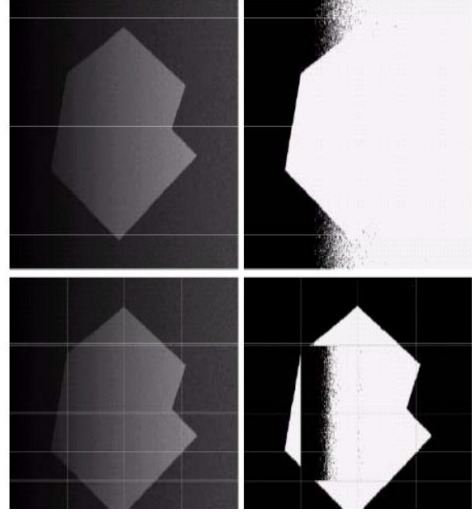
b)Eşik uygulanmış

**Şekil-58** Eşik uygulama[12]

## Uyumlu Eşik Uygulama

Yandaki şekilde birinci satırda yer alan a ve b eşik uygulamasını temsil etmektedir. Ancak b de yer alan resimde eşik uygulaması nedeniyle görüntünün büyük çoğunluğu kaybedilmiştir. Bu nedenle ikinci satırda yer alan c görüntüsü bölgelere ayrılarak eşik uygulaması yeniden yapılmıştır. Görüntünün parçalara ayrılarak eşik uygulanmasına uyumlu eşik uygulaması adı verilmektedir. Görüntüdeki kayıp aza indirgenmiş fakat tamamen iyileştirilememiştir. Izgara sayısının artırılması iyileştirmeyi arttıracaktır.  $P > T$  ise  $P=255$

$$P < T \text{ ise } P=0$$



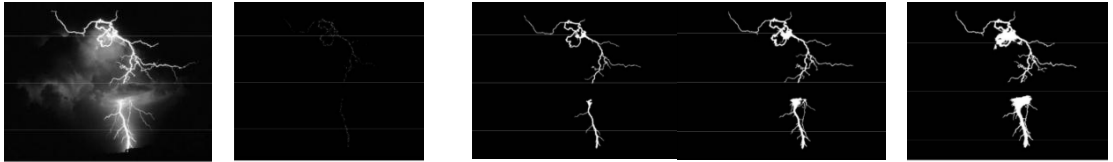
a,b) Eşik uygulama ve sonuç

c,d) Uyumlu Eşik uygulama ve sonuç

**Şekil-59** Uyumlu Eşik Uygulama [12]

## Bölge Büyütme (Region Growing)

Piksel tabanlı sınıflandırma uygulamasıdır. Sınıflandırma işlemi eşik seviyesi ile yapılır. Aşağıdaki örnekte amaç resimde yer alan şimşek görüntüsünde en şiddetli kısmın bulunmasıdır. Öncelikle değeri 255 olan kök pikseller bulunur. Müteakiben kısmı eşik uygulaması ile resme uygulanır. Sağdaki iki resim karşılaştırıldığında ise sonuç elde edilebilir.



Orijinal Resim

Eşik Değeri(T)

T=225-255

T=195-255

T=155-255

T=255

**Şekil-60** Bölge Büyütme [12]

Bölgesel büyütme aynı özellikteki bölgelerin diğerlerinden ayrıştırılmasını kolaylaştırır. Orijinal resimlerde, daha keskin kenar belirleme işlemine yardımcı olur.

#### Ortalama Kaydırma (Mean Shift)

Ortalama kaydırma metodu parametrik olmayan bölümlenme yöntemidir. Resim üzerinde gezdirilecek bir çerçeve/daire ile yapılır. Çerçeve/dairenin içinde kalan piksellerin ortalaması alınır ve piksel değerleri ortalamaya uygun şekilde yeniden değer alır. Bu sayede görüntü temizlenmiş olur ama detaylarda kaybolur.

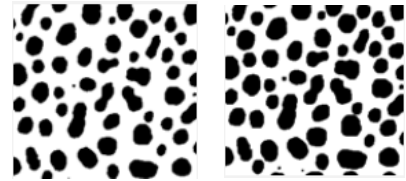


Şekil-61 Ortalama Kaydırma(Mean Shift) [12]

#### 4.5.1.2.Eşik Uygulaması sonrası işlemler

Genişletme (Dilation  $\oplus$ ), birbiri ile bağlantısı ile piksellerin arasındaki boşlukların kapatılması, nesnelerin büyütülmesi işlemi yapar. Genişletilecek resim ve yapı elemanı ile yapılır. Yapı elemanı, basit morfolojik işlemlerde kullanılan şekil maskesidir ve her hangi şekil ve büyüklükte olabilir.

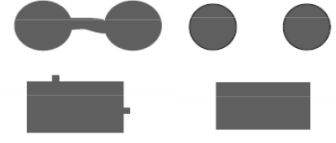
Birinci resim (solda) orijinal, ikinci resim genişletme uygulanmış resimdir.



Şekil-62 Genişletme[12]

Aşındırma(Erosion  $\ominus$ ) birbiri ile bağlantısı olan piksellerin arasındaki bağların kopartılması işlemidir. Aşındırılacak resim ve yapı elemanı ile yapılır.

Basit haliyle aradaki bağı koparılması işlemini gösteren resim yandadır. Aşağıda ise birden fazla aşındırma sonucunda oluşan etki görülmektedir.




Orijinal Resim

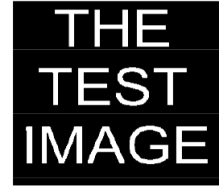
Aşındırılmış Resim

2XAşındırılmış Resim


Şekil-63 Aşındırma[12]

Açma (Opening ) , işlemi aynı yapı elemanı ile önce aşındırma, sonra genişletme işlemidir. Önce aradaki zayıf bağlar koparılır, daha sonra ise nesnelere genişletilir.

Yandaki ilk şekil orijinal resim, ikinci resim iki defa aşındırılmış bir defa genişletilmiş resimdir.



Şekil-64 Açma[12]

Kapama (Closing ) , işlemi aynı yapı elemanı ile önce genişletme, sonra aşındırma işlemidir. Önce aradaki zayıf bağlar onarılır, daha sonra ise nesnelere arasındaki kalan zayıf bağlar koparılır.

Yandaki ilk şekil orijinal resim, ikinci resim kapama (önce genişletilmiş, sonra aşındırılmış) işlemi yapılmış bir resimdir.



Şekil-65 Kapama[12]



## Kenar Çıkarma İşlemi

A resmi B filtresi ile aşındırma işlemine tabi tutulur müteakiben elde edilen resim A resminden çıkarılır. Sonuçta A resminde yer alan siluet resmin kenarları bulunur ve A' olarak gösterilir.



A

A'

Kenar çıkarma işlemi için ayrıca Prewitt, Sobel, Robert işlemleri kullanılmaktadır.

Şekil-66 Kenar Çıkarma İşlemi

### 4.5.2. Gürültü Azaltma (Filtering)

Filtreler, görüntü zenginleştirme amacı ile de uygulanan, adından da anlaşılacağı gibi görüntüde belirli ayrıntıların ayıklanması ya da daha belirgin hale getirilmesi vb. gibi operasyonları gerçekleştiren operatörlerdir. Filtreleme kavramı beraberinde Konvolüsyon “Convolution” ve Çekirdek ”kernel” veya maske ”mask” kavramını beraberinde getirmektedir.

Konvolüsyon (convolution), bir pikselin  $n \times n$  komşulukta bulunan piksellerin gri seviyelerinin ağırlıklı çarpımının toplamı ile değiştirilmesi işlemidir [12]. Konvolüsyon, görüntü işlemede çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Filtreleme işleminde filtre parametrelerini belirleyen ve bir pikselin komşuluğundaki her bir pikselin hangi katsayı ile çarpılacağını belirleyen matrise kernel/mask denir.

Farklı amaçlar için farklı filtreleme operatörleri vardır. Alçak geçiren filtrelerin ortalama alarak gürültünün etkisini azaltması nedeniyle, gürültüyü azaltmak için genelde alçak geçiren filtreler kullanılmaktadır. Yüksek geçiren filtreler ise kenar netliğini koruduğu için kenar belirleme ve kenar keskinleştirme amacıyla kullanılmaktadır.

Filtreler genelde  $3 \times 3$  lük matrislerdir. Fakat boyutları  $5 \times 5$ ,  $7 \times 7$ ,  $9 \times 9$ ,  $11 \times 11$  şeklinde olabilir. Filtre uygulaması her bir piksel için ayrı ayrı yapılır.

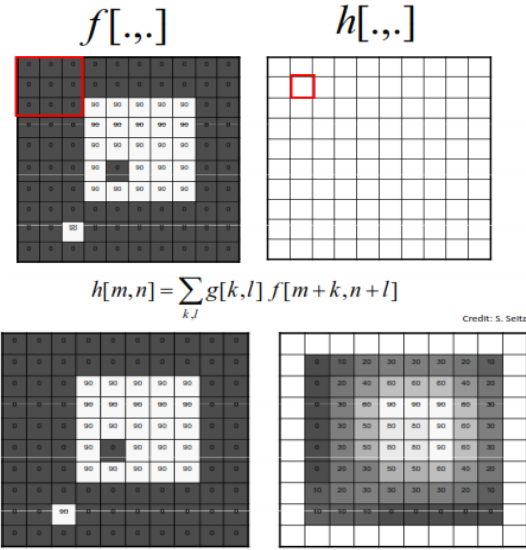
İşlem yapıldıktan sonra geriye dönüşü olan filtrelere lineer filtre adı verilir. Lineer filtrelerde maske değer toplamı bire eşittir. Yanda toplamı bir eden Lineer kutu filitre yer almaktadır.  $g[\cdot, \cdot]$  fonksiyonu filitreyi temsil etmektedir.

$$g[\cdot, \cdot] \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Şekil-67 Kutu Filtre

Aşağıda yer alan soldaki resim orijinal resimdir ve  $f[.,.]$  ile ifade edilmektedir. Görüntüdeki her piksele  $g[.,.]$  filtresi uygulandığında  $h[.,.]$  elde edilir. Foksiyon ise görüntünün altında yer aldığı şekilde ifade edilir.

3X3 lük maskeye uygun olarak görüntü sol üstten başlanarak sağ alta doğru işleme tabi tutulur. Orijinal resim elde tutulur, değişiklikler ise  $h[.,.]$  ile ifade edilen yeni bölüme işlenir. Maskenin merkezinde yer alan pikselin değeri maske içinde yer alan katsayılar ile görüntüde yer alan gri seviye değeri ile çarpımı sonucunda elde edilir. Mask ta yer alan (n,m)inci eleman ile görüntüde yer alan (n,m)inci eleman çarpılır ve toplanır.



**Şekil-68** Filtre uygulaması

$$H[2,2]=(1/9) \times [(1 \times 0) + \dots + (1 \times 0)] = 0$$

#### 4.5.2.1. Düzgün Dağıtılmış (Uniform) Filtre

Düzgün dağıtılmış filtre, bir görüntünün bölgesel olarak ortalamasının alınması olarak tanımlanan filtreleme şeklidir. Lokal ortalama (local averaging) olarak da tanımlanmaktadır[12]. Düzgün dağıtılmış filtre, gürültünün seviyesini azaltmak için kullanılan en yaygın filtrelerden birisidir. Ortalama alınırken bütün komşular için eşit ağırlık kullanılmaktadır. Bu tür filtreden sonra görüntünün gri seviye ortalaması değişmemekte ancak standart sapması ve görüntüdeki kenarların keskinliği azalmaktadır. Düzgün dağıtılmış filtre, kare ve çember filtre kernelleri olarak iki çeşit kernel tipine sahiptir. Kare filtre, kutu filtre olarak da tanımlanmaktadır. En basit ortalama olan kutu filtre (box filter), belirlenen komşuluktaki piksellerin değerinin toplamının komşuluktaki piksel sayısına bölümü olarak tanımlanmaktadır. İki boyutlu kutu filtre zayıf bir alçak geçiren filtredir [12].

#### 4.5.2.2.Üçgen (Triangular) Filtre

Üçgen filtre, giriş görüntüsünün bölgesel olarak ortalamasının alınarak çıkış görüntüsün elde edildiği filtreleme şeklidir. Bu yöntemde ortalama alınırken bütün komşular için farklı ağırlık kullanılmaktadır. Bu sayede konum uzayında üçgen olan fonksiyonla konvolüsyon yapılmış ve ideal sinc fonksiyonuna yaklaşılmış olmaktadır. Bu filtrede merkez pikselin ağırlığı komşularınkinden daha fazla olduğu için Düzgün Dağıtılmış Filtredeki olumsuzluklar bu filtrede daha az bulunmaktadır.

#### 4.5.2.3.Gaussian Filtre

Gürültü gideren ideal bir filtrenin iki özelliği olmalıdır. Yüksek frekanslı gürültüleri temizleyebilmek için, frekans düzleminde, bir filtrenin bandı mümkün olduğu kadar dar olmalı, kenarları belirleyebilmek için ise uzay düzleminde mümkün olduğu kadar dar olmalıdır. Her iki özelliği de sağlayan en iyi filtre Gaussian filtresidir. Bundan dolayı gürültü gidermede Gaussian filtresi çok kullanılan ve en iyi doğrusal filtrelerden birisidir. [12]

Genel olarak Gaussian kerneli alçak geçiren bir filtredir ancak, kenar bulma amacıyla da kullanılmaktadır. Bu filtrede merkez pikselin ağırlığı komşularınkinden daha fazla olduğu için Düzgün Dağıtılmış Filtredeki olumsuzluklar bu filtrede daha az bulunmaktadır.

#### 4.5.2.4.Wiener filtre

Doğrusal filtrelerden bir tanesi de Wiener Filtresidir. Bu filtre minimum ortalama karesel hata karekökünü (root mean square (rms) error) bulmaya çalışarak gürültüyü azaltan filtre çeşididir [12].

#### 4.5.2.5.Medyan filtre

Doğrusal filtreler Gaussian gürültüsünü etkili olarak yok ederken binary gürültüyü yok etmede etkisiz kalmaktadır [12]. Bundan dolayı bu tür gürültüleri yok etmek amacıyla Medyan filtre gibi doğrusal olmayan filtreler kullanılmaktadır.

Medyan filtre bir pikselin değerini komşusu olan piksellerin medyanınının değeri

ile değiştiren filtre çeşididir. Bu filtrede, konvolüsyonda olduğu gibi bir pencere görüntü üzerinde hareket ettirilir ve penceredeki parlaklık değerlerinin medyanı alınıp elde edilen değer bir pikselin parlaklık değeri olarak belirlenir. Literatürde Medyan filtre histogram tabanlı bir filtre olarak da tanımlanmaktadır. Bu filtre kenarları fazla etkilemeden gürültü temizleyebilme, görüntü içerisindeki ani değişimleri yok edebilme gibi özelliklere sahiptir ve özellikle tuz biber gürültüsü için çok etkilidir.

Doğrusal olmayan bir filtre olduğu için fourier dönüşümünü kullanmaz. Merkez piksel değerinin ağırlığı %50 yerine minimumdan maksimuma kadar farklı değerlerde seçilerek farklı medyan filtreler elde edilebilmektedir.

#### **4.5.2.6.Minimum filtre**

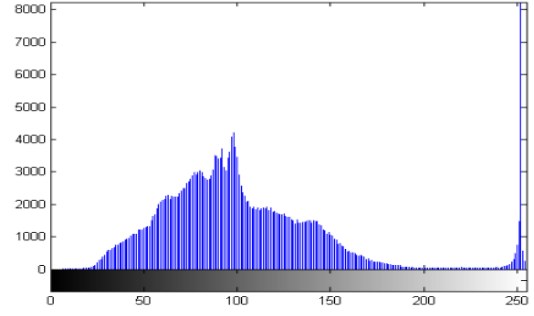
Bir pikselin komşuluğundaki piksellerin parlaklık değerlerinden en küçük olanını o pikselin yeni parlaklık değeri olarak belirleyen bir filtredir. İzole edilmiş tepeleri yumuşatmakta etkilidir[12]. Görüntüde bulunan ve istenmeyen periyodik beyaz çizgilerin azaltılmasında faydalıdır. Literatürde Minimum filtre histogram tabanlı bir filtre olarak da tanımlanmaktadır.

#### **4.5.2.7.Maksimum filtre**

Bir pikselin komşuluğundaki piksellerin parlaklık değerlerinden en büyük olanını o pikselin yeni parlaklık değeri olarak belirleyen bir filtredir. İzole edilmiş çukurları yumuşatır [12]. Görüntüde bulunan ve istenmeyen periyodik siyah çizgilerin azaltılmasında faydalıdır. Literatürde Maksimum Filtre histogram tabanlı bir filtre olarak da tanımlanmaktadır.

#### **4.5.3.Histogramlar**

Histogram bir görüntüdeki yansıma değerlerinin grafik gösterimidir. Bir görüntünün belli dağılıma sahip yansıma değerleri üzerinde işlemler yapılarak görüntüde istenen özellikler daha belirgin hale getirilebilir. Şekil 70'de bina gösteren bir görüntü ve görüntünün histogramı gösterilmiştir.[12]

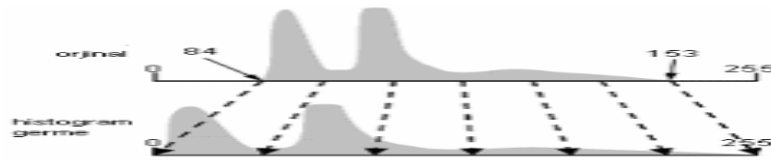


**Şekil-69** Görüntü ve Histogram

Histogramlar, sayısal görüntülerin metrik özelliklerinden biridir. Bir görüntünün histogramı piksel değerlerinin sahip olduğu renk değerlerinin dağılımını ifade eder. Görüntü kalitesi ve gürültü, sayısal görüntünün önemli metrik özelliklerindedir. Çoğu çalışmada analizciler, görüntü üzerinde yapılan görüntü iyileştirme ve çeşitli uygulamalardan önce ve sonra histogram oluştururlar. Histogramlar görüntüyü anlamının önemli bir grafiksel aracıdır.

Bir sayısal görüntünün parlaklığını değiştirmek için görüntünün histogramının değiştirilmesi gerekir. Histogramın sağa kaydırılması görüntünün parlaklığını artırır, sola kaydırılması ise azaltır. Histogram eşitleme işlemi ile görüntü yalnızca sadeleşir daha fazla bilgi içermez, Histogram eşitlemenin etkisi, bir görüntünün bütün gri düzey oranları yerine küçük bir alt kümesi ile gri düzey dağılım piksellerinin kontrastını değiştirmektir.

Histogram germe, histogram sıkıştırma gibi yöntemlerle de görüntünün parlaklığı değiştirilebilir. Şekil 71’de histogram germe ile gri düzey değerleri belirli bir bölgede toplanmış bir histogramın gri düzey değerlerinin arasının açıldığı görülmektedir.



**Şekil-70** Histogram Germe [12]

## 5. TEMEL İSTATİSTİKSEL KAVRAMLAR VE VERİ MADENCİLİĞİ

1970'lerden günümüze, bilgisayarın keşfi ve 1990'larda itibaren veri depolama ortamlarının geliştirilmesi neticesinde, organizasyonların daha fazla veri depolaya bilmelerine olanak sağlamıştır.

Organizasyonların karar vericileri için verilen kararın doğruluğu, onun yeteneklerine, deneyimine ve bilgi birikimine olduğu kadar, sahip olduğu veri kümesinin yeterliliğine de bağımlı hale gelmiştir.

Karar vericiler için önemli olan bilgilerin elde edilmesinde ve doğru kararın alınmasının yanında, verilerin depolanması, sınıflanması, ayıklanması, işlenmesi ve yorumlanmasının da doğru yapılması çok önemlidir.

Veri madenciliği, daha önceden bilinmeyen, geçerli ve uygulanabilir bilgilerin geniş veri tabanlarından elde edilmesi ve bu bilgilerin işletme kararları verilirken kullanılmasıdır[25]. Pazarlama, Bankacılık, Sigortacılık, Elektronik Ticaret, Eğitim-Öğretim, Taşımacılık-Ulaşım-Konaklama, Finansal servisler vb alanlarda kullanılmaktadır.

Veri madenciliğinde temel olarak üç modelden bahsedilir[25]. . Değer Tahmini Modeli, Veri Tabanı Kümeleme Modeli ve Bağlantı Analizidir. Veri içindeki gizli örüntülerin ortaya çıkarılması amacıyla Değer Tahmini modelleri kullanılır. Verinin kendi aralarındaki benzerliklerinden yola çıkarak gruplandırılması Veri Tabanı Kümeleme ile gerçekleşir. Gözlemlerin birbiriyle olan ilişkisi ele alınarak hangi olayların birlikte gerçekleştiği Bağlantı Analizi yöntemi ile ortaya konur.

Sonuç olarak günümüzde; özellikle görüntü işleme konusunda öğrenim metodları kullanılmaktadır. Bu nedenle temel istatistik kavramları ve öğrenim metodlarının bilinmesi konunun daha iyi anlaşılmasını sağlayacaktır. Bu bölümde özellikle, temel kavramlar, veri madenciliği, ve öğrenim metodları ( En yakın komşu (KNN), Nöron Network vb.) anlatılacaktır.

## 5.1. Temel Kavramlar:

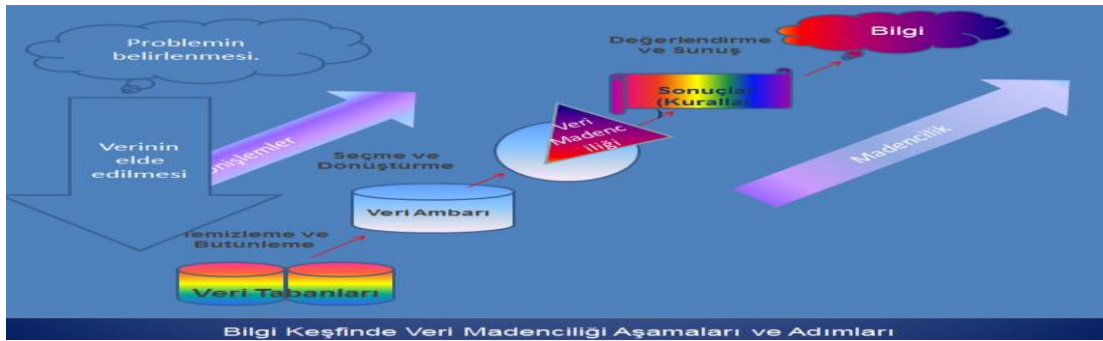
### 5.1.1 İstatistik Temel Kavramları

EK-C'de yer almaktadır.

### 5.1.2 Veri Madenciliği Temel Kavramları

EK-C'de yer almaktadır.

## 5.2. Veri Madenciliği Aşamaları



Şekil-71 Veri Madenciliği Aşamaları[26]

### 5.2.1. Veri Temizleme ve Bütünleştirme

Gürültülü ve tutarsız verileri çıkarmak, birçok veri kaynağını birleştirebilmektir.

### 5.2.2. Veri Seçme ve Dönüşümü

Verinin seçimi, ön işleme, dönüşüm, tanımlanan sorun için gerekli olduğu düşünülen verilerin ve bu verilerin toplanacağı veri kaynaklarının belirlenmesi adıımıdır. Hangi veri kaynaklarından yararlanılacağı önemli bir karardır. Çünkü gereğinden az veri kaynağı veri madenciliği çalışmasını eksik bırakacağı gibi, gereğinden fazla veri kaynağı sürecin uzamasına neden olabilecek veri kirliliğine yol açabilecektir.

### 5.2.3. Veri Madenciliği

Veri madenciliği konusunda çok sayıda yöntem ve algoritma geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin birçoğu istatistiksel tabanlıdır. Tanımlanan problem için en uygun modelin bulunabilmesi, olabildiğince çok sayıda modelin kurularak denenmesi ile

mümkündür. Bu nedenle veri hazırlama ve model kurma aşamaları, en iyi olduğu düşünülen modele varılıncaya kadar tekrarlanan bir süreçtir. Değer Tahmini Modeli, Veri Tabanı Kümeleme Modeli ve Bağlantı Analizi olarak üç ana başlıkta incelenirler.

Değer Tahmini Modeli, daha çok bir insanın öğrenmesine benzer, sürekli olarak çevrenin gözetlenmesi sonucu edinilen bilgilerden faydalanmayı içerir. Denetimli öğrenme olarak da ifade edilir.

Veri Tabanı Kümeleme Modelinde, mevcut verilerin birbirlerine olan benzerlikleri veya yakınlıklarından hareket edilerek gruplandırma işleminin yapılmasıdır. Denetimsiz öğrenme olarak da ifade edilir. Önceden belirlenmiş sınıflar yoktur, bu nedenle küme içindeki elemanlar arasında ilişki ve benzerlik öne çıkarılarak, nesnelere kümelere ayrıştırılması sağlanır.

Küme elemanlarının birbirleri ile olan ilişkilerinin nesnel ve zamansal incelenerek belirli kuralların oluşturulmasına ise Birliktelik Analizi denir. Ortaya çıkan bu bağlantıların yarattığı kurallara da örüntü adı verilir.

#### **5.2.4. Örüntü değerlendirme ve Bilgi sunumu**

Bazı ölçümlere göre elde edilmiş bilgiyi temsil eden ilginç örüntüleri tanımlamak, madenciliği yapılmış olan elde edilmiş bilginin kullanıcıya sunumunu gerçekleştirmektir. Verinin elde edilmesinden ziyade yorumlanması ve kullanıcıya sunulması daha önem arz edilmektedir. Yapılan çalışma kullanıcıya uygun şekilde aktarılamamışsa yapılmamış da sayılabilir.

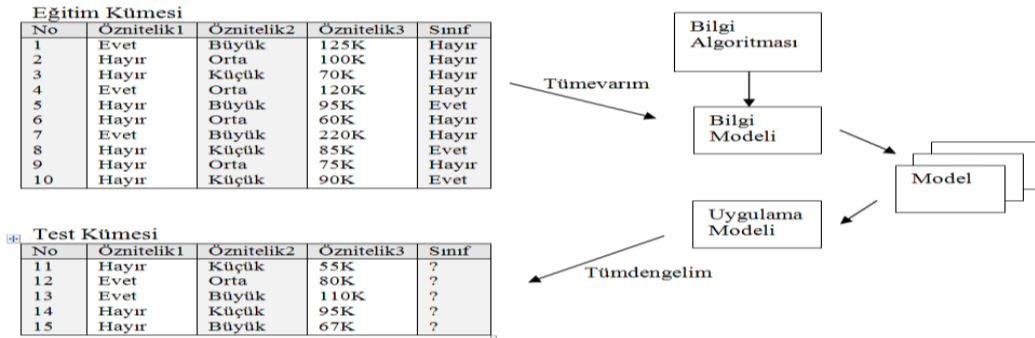
Piksel etiketlemede iki yaklaşım kullanılır, denetimli öğrenme (supervised-classification) ve denetimsiz öğrenme (unsupervised- clustering) işlemi olarak bilinir. Ancak bütün durumlarda sınıflandırılacak pikselin özellikleri, bu pikseli etiketlemek için kullanılır. Bu yöntemlerde genellikle spektral veri kullanılır. En basit şekilde bir piksel, elemanları onun her bir spektral banttaki gri seviyeleri olan bir vektör tarafından tanımlanır. Bu vektör pikselin spektral özelliklerini gösterir.

#### **5.3. Değer Tahmini Modeli(Denetimli Öğrenme/Sınıflandırma)**

Denetimli öğrenmede, bir denetçi tarafından ilgili sınıflar önceden belirlenen bir kıstasa göre ayrılarak, her sınıf için çeşitli örnekler verilir. Sistemin amacı verilen örneklerden hareket ederek her bir sınıfa ilişkin özelliklerin bulunması ve bu özelliklerin kural cümleleri ile ifade edilmesidir. Denetimli öğrenme sonucunda elde



edilen verinin doğruluğunu teyit etmek maksadı ile işlem görmemiş bir grup veri ile test edilmesine ihtiyaç duyar.



**Şekil-72** Sınıflandırma Modeli Kurulumu İçin Genel Yaklaşım

Karar ağaçları, İstatistiğe Dayalı Sınıflandırma Algoritmaları, Mesafeye Dayalı Sınıflandırma Algoritmaları, Yapay Sinir Ağları, Genetik algoritma ile sınıflandırma yöntemi denetimli öğrenme yöntemleridir.

### 5.3.1. Denetimli Sınıflandırma Yöntemleri

#### 5.3.1.1. Karar ağacı ile sınıflandırma yöntemi

Karar ağacı, her iç düğümün (internal node) bir nitelik üzerindeki testini ve her dalın bu testin çıktısını gösterdiği, her yaprak düğümünün (leaf node) ise sınıfları ya da sınıf dağılımlarını temsil ettiği ağaç yapılı akış şemasıdır. En üstteki düğüm ise kök düğüm (root node) olarak adlandırılır.

Temel olarak iki aşamadan oluşur. Birincisi ağacın kurulması, ikincisi verilen değerlerin teker teker ağaca uygulanarak sınıflandırmanın gerçekleştirilmesi şeklindedir. [25]. Karar ağaçları, veri madenciliğinde aşağıdaki sebeplerden dolayı yaygın olarak kullanılmaktadır [26] :

- Kuruluşlarının ucuz olması,
- Yorumlanmalarının kolay olması,
- Veri tabanı sistemleri ile kolayca bütünleşebilmeleri,,
- Güvenilirliklerinin iyi olması vb. nedenleri ile sınıflandırma modelleri içerisinde en yaygın kullanıma sahiptir.

Karar ağacı oluşturulurken kullanılacak algoritmalar (ID3, C4.5, C5, CART, SLIQ, SPRIANT) sonucu da etkileyecektir. Bu nedenle kullanılacak algoritmanın seçimi de önemlidir. [25]

### 5.3.1.2. İstatistiğe Dayalı Sınıflandırma Yöntemleri

Önceden verilen sınıflara göre gelecekteki verilerin hesaplanması aslında bir tahmin işlemidir. Regresyon, lojistik regresyon, zaman serileri analizi ve bayesyen yaklaşım gibi istatistiksel yöntemler kullanılarak bu sınıflandırma işlemleri gerçekleştirilebilir.[25]

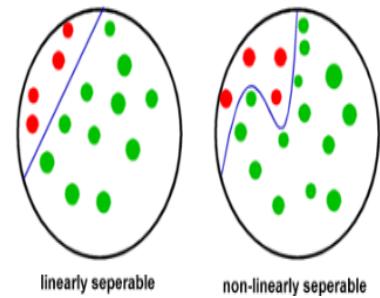
Bayes sınıflandırıcılar istatistikselidir. Verilen bir üyeliğin belli bir sınıfa ait olup olmaması gibi sınıf üyeliği olasılıklarını tahmin ederler.

Naive Bayes, hem tahmin edici hem de tanımlayıcı bir sınıflama tekniğidir. Her ilişkide koşullu bir olasılık üretmek için bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi analiz eder.

Regresyon Analizi, herhangi bir değişkenin bir veya daha fazla değişkenler arasındaki ilişkinin matematiksel denklem şeklinde yazılmasıdır. Yazılan bu denkleme regresyon denklemi adı verilir. Regresyon sınıflandırma için aşağıdaki iki yaklaşım çerçevesinde kullanılır. Veriler sınıfa bağlı olarak **bölgelere** ayrılır veya Çıktı değerinin hesaplanması için **formüller** üretilir.[25] Değişken sayısına göre basit veya çoklu regresyon analizi adını alır.

Destek Vektör Makineleri – DVM (Support Vector Machines - Svm), Vladimir Vapnik ve Alexey Chervonenkis tarafından 1960'lı yıllarda başlatılıp, 1970'li yıllarda gelişen başarılı bir çalışmanın ürünüdür.

DVM'nin temel mantığı şekilde solda yer alan doğrusal olarak ayrıştırılabilen veri yapıları için en iyi ayırıcı düzlemin belirlenmesidir. Şekilde sağda yer alan doğrusal olarak ayrıştırılmayan veri yapıları dönüşüm tekniği ile farklı bir boyuta taşınarak çözülür.[27]



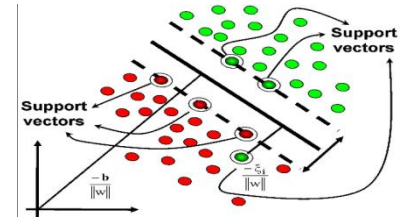
**Şekil 73** Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Ayrıştırma

DVM'lerde kullanılacak örnek sayısı önemli değildir. DVM eğitim esnasında görülmemiş verileri de sorunsuz olarak sınıflandırır. Genelleştirebilme özelliği

DVM'yi diğer tekniklere göre (YSA, karar ağacı vs..) iyi bir alternatif yapmaktadır.

DVM temelinde, öncelik değişkenini bir özellekle çağırıp, çok boyutlu düzlemde kullanılan niteliğe dönüştürür. En uygun temsili seçmenin amacı, özellik seçimi olarak bilinir. Bundan dolayı DVM modelinin amacı, hedef değişkeninin bir kategorisiyle olayların vektör kümelerini ayıran en uygun düzlemi bulmaktır. Düzlemin yanındaki vektörler destek vektörleridir. 2 boyutlu bir örnek üzerinde algoritmanın çalışmasını inceleyecek olursak:

Sınıflandırma için 2 kategorili hedef değişkeni ele alınır. X ekseninde öncelik değişkenlerinden birini Y ekseninde diğerini kullanarak veri noktalarını oluşturulur ve aşağıdaki şekil elde edilir.



Şekil 74 Destek Vektörü

Hedef değişkeninin bir kategorisi bir renk/şekil (yeşiller) ile, diğer kategorileri farklı bir renk/şekil (kırmızılar) ile temsil edilir.

İki grubu ayıracak mümkün çizgilerin sınırsız sayısı vardır. İki aday çizgi yukarıdaki gibi kesikli gösterilir. Hangi çizginin, daha iyi olduğunu ve en uygun çizgiyi nasıl bulacağı önemlidir. En yakın vektörler arasında mesafeyi ayıran çizgiye paralel olarak Noktalı gösterilen çizgiler çekilir. Kenarın genişliğini zorlayan vektörler, destek vektörleridir. Şekil-76'da destek vektörleri ve elde edilen maksimum sınırlar gösterilmiştir. Yukarıdaki örnekte 2 boyut için iki öncelik değişkeni kullanılıp, düzlem üzerinde çözüm bulunmuştur. Bu işlem 1 boyut için çizgi şeklindedir. Veri noktaları N boyutlu uzayda temsil edilebilir ve (N-1) ayırıcı düzlem, onları ayırabilir. İki grubu bölmek için en basit yol, Şekil xx de gösterildiği gibi düz bir çizgi veya N-boyutlu bir düzlemdir.



**Şekil-75 SVM N Boyutlu Düzlem**

Ama noktalar doğrusal çizgiyle ayıramayacak şekilde bulunursa bu işlem yapılamaz. Bu durumda doğrusal olmayan bir çizgiye ihtiyaç duyulur. Veriye doğrusal olmayan eğrilerle uymaktansa, DVM'yi başka bir uzaya çekirdek fonksiyonu aracılığıyla taşıyarak daha tutarlı bir şekilde ayırım sağlanmış olunur. Çekirdek fonksiyonu, sınıflandırmanın yapılabilmesi için veriyi daha yüksek boyutlara taşıyabilir.

Çekirdek fonksiyonları sınıflandırmanın daha yüksek boyutlarda yapılabilmesi için taşıma işlemi kullanılabılır. Uygulamaların büyük çoğunluğunda birçok çekirdek fonksiyonu iyi sonuçlar verir. Sık kullanılan çekirdek fonksiyonları Doğrusal, Polinomial, Radyal Tabanlı ve Sigmoid Fonksiyonlarıdır.

### **5.3.1.3.Mesafeye Dayalı Sınıflandırma Yöntemleri(K- En Yakın Komşuluk)**

En yakın komşuluk (K-NN), sınıflama modelleri için uygun olan tahmin edici tekniklerden biridir. Modelde yeni bir vaka ortaya çıktığında; algoritmanın tüm veriyi inceleyerek buna en çok benzeyen vakaların bir altkümelerini oluşturduğu ve onları çıktığı tahmin etmek için kullandığı benzerlik ile öğrenmeye dayanan bir yöntemdir. Her bir kaydın diğer kayıtlar la olan uzaklığı hesaplanır. Ancak bir kayıt için diğer kayıtlardan sadece k adedi göz önüne alınır. Algoritmanın isminden de anlaşılacağı gibi bu k adet kayıt başka bir deyişle veri tabanındaki nokta, mesafesi hesaplanan noktaya diğer kayıtlara nazaran yakın olan kayıtlardır. Bu yöntem coğrafi bilgi sisteminde çok kullanılır.[25] Algoritmanın çalışma ilkesi aşağıda verilen adımlarla özetlenebilir:

Uygun bir ölçüm uzayı belirle,  
Birbirine yakın k adet noktayı belirle,

Belirlenen grubun en çok rastlandığı sınıfı belirle,  
Bu gruba belirlenen sınıfın adını ata.

#### 5.3.1.4.Yapay Sinir Ağları

Biyolojik sinir ağlarında esinlenerek geliştirilmiş bir bilgi işleme sistemidir. Sinir hücrelerinin bir birleri ile değişik şekillerde bağlanmaları esas alınarak katman katman oluşturulmuştur.

İnsan sinir sistemi, içerden veya dışardan algıladıkları uyarıları elektriksel sinyallere dönüştüren ve beyne bilgi ileten alıcı sinirler, iletilen elektriksel sinyalleri yorumlayan ve uygun bir karar üreten beynin merkezi ve üretilen bu elektriksel darbeleri uygun tepkilere dönüştüren tepki sinirlerinden oluşur. Merkezi sinir ağının temel işlem elemanı, sinir hücresidir. Şekil 78’de bir nöronun yapısı verilmiştir.



Şekil-76 Biyolojik Sinir Hücresi

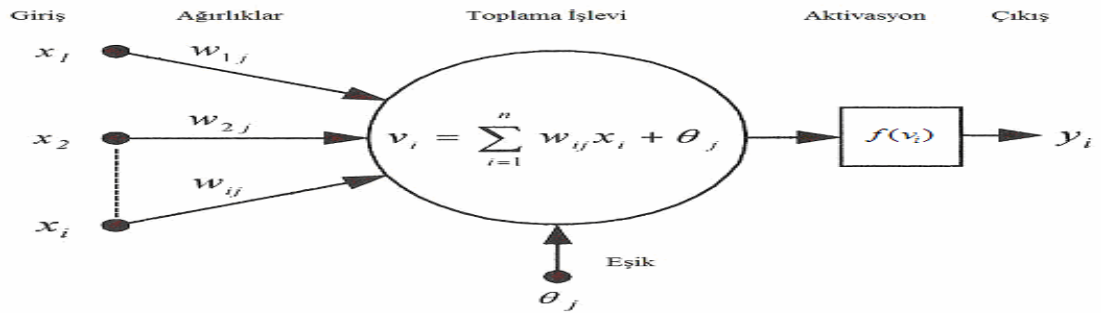
Sinir hücresi, hücre çekirdeğini saran bir hücre gövdesinden oluşur. Hücre gövdesinden çıkan ve akson olarak adlandırılan uzantılar, diğer hücrelere bağlanan çok sayıda dallara ayrılır. Aksonlar, hücre gövdesinden dışarı diğer nöronlara sinyalleri taşıyan uzantılardır. Bu uzantılar dallar üzerinden diğer hücrelerle bağlanarak (eşleşerek) bir hücreden diğerine bilgi aktarır. Eşleşen bağ, diğer hücrenin bilgi alıcı uzantısı olan dendrit ile sonlanır. Dendritler, diğer hücrelerden aldığı bilgileri hücre gövdesine bir ağaç yapısı şeklinde ince yollarla iletir. Aksonların bitimi, ince yollara ayrılabilir ve bu yollar, diğer hücreler için dendritleri oluşturan yollardır. Akson-dendrit bağlantı elemanı sinaps olarak isimlendirilir. Sinaps’a gelen ve dendritler tarafından alınan bilgiler genellikle elektriksel darbelerdir. Belirli bir sürede bir hücreye gelen girişlerin değerleri toplamı, belirli bir eşik değerine ulaştığında hücre bir tepki üretir. Hücrenin tepkisini artırıcı yöndeki girişler uyarıcı, azaltıcı yöndeki girişler ise önleyici girişler olarak isimlendirilir ve bu etkiyi sinaps belirler (27).

Birçok YSA tipi bulunmakla birlikte bazılarının kullanımı diğerlerinden daha yaygındır. En çok kullanılan YSA, Geri Yayımlı YSA' dır. Bu tip yapay sinir ağı tahmin ve sınıflandırma işlemlerinde çok iyi sonuçlar vermektedir.

#### Yapay Sinir Ağının Öğeleri

Sinir ağları Girdi, Gizli ve Çıktı olmak üzere üç ana katmandan oluşur.

Girişler  $x_i$  sembolüyle gösterilmiştir. Bu girişlerin her biri uygun ağırlık  $w_{ij}$  ile çarpılır ve sonuçlar toplanır. Bulunan toplam eşik değeri  $\theta_j$  ile toplanır ve sonucu oluşturmak için aktivasyon fonksiyonu ile işlem yapılır ve  $y_j$  çıkışı alınır.[25]



Şekil-77 Yapay Bir Sinir Hücresi Modeli

Bir YSA aşağıdaki öğelerden oluşmaktadır:

Girişler: Girişler ( $x_1, x_2, \dots, x_n$ ) çevreden aldığı bilgiyi sinire getirir.

Girişler, kendinden önceki sinirlerden veya dış dünyadan sinir ağına gelebilir. Ağırlıklar ( $w_1, w_2, \dots, w_i$ ), yapay sinir tarafından alınan girişlerin sinir üzerindeki etkisini belirleyen uygun katsayılarıdır. Her bir giriş kendine ait bir ağırlığa sahiptir. Bu ağırlığın değerinin büyük olması o girişin yapay sinire güçlü bağlanması yada önemli olması, küçük olması zayıf bağlanması yada önemli olmaması anlamına gelmektedir.

Toplama İşlemi, birleştirme işlemi olarak da adlandırılan toplama işlemi, sinirde her bir ağırlığın ait olduğu girişle çarpımının toplamlarını nöronun  $\theta_j$  eşik değeri ile toplayarak elde ettiği  $v_i$  değerini aktivasyon işlemine gönderir. Etkinleştirme fonksiyonu, transfer fonksiyonu olarak da adlandırılan aktivasyon fonksiyonu toplama işleminin sonucunu, işlemden geçirip çıkışa iletir. Etkinleştirme fonksiyonu genellikle doğrusal olmayan bir  $f$  işlemidir.

Çıkış İşlemi  $y_i=f(v_i)$  aktivasyon işleminin sonucunda elde edilen verinin dış dünyaya veya diğer sınırlara gönderildiği yer / işlemdir.

### **5.3.1.5.Bulanık Sınıflandırma(Fuzzy Classifiers)**

Bulanık sınıflandırma bulanık mantığın önemli uygulamalarından biridir. Bulanık sınıflandırma sistemleri sınıflandırma problemlerinin içerdiği anlam bulanıklığı ve belirsizliği gibi algısal kararsızlıkları işletebilir. Bir bulanık sınıflandırma sistemini başarmadaki en önemli görev bir belirli sınıflandırma problemi için uygun bulanık kurallar kümesini bulmaktır.

Bulanık sınıflandırma sistemleri, sınıflandırma problemlerindeki anlam belirsizliği gibi algısal kararsızlığı yapabilir. Bulanık kuralların kümesini bulmada iki yaklaşım vardır.

Birinci yaklaşım, uzmanlardan bilgiyi elde etme ve onların bilgisini doğrudan bulanık kurallara çevirmedir. Bununla birlikte bilgi edinme ve doğrulama işlemi zordur ve zaman alır. Uzmanın, bilgisinin açık ve doğru olmama ihtimali vardır.

Diğer yaklaşım, örneklerden veya örnek durumlardan otomatik çıkarılabilen bilginin bir makine öğrenmesi işleminden geçirilerek bulanık kuralları üretmektir. Sınıflandırma metotları uygun bilgiden sınıflandırma kuralları elde etmeden oluşan bir öğrenme aşamasıyla karakterize edilir.

Bu aşamada tümevarım ve tümdengelim yaklaşımları kullanılır. Tümevarım yaklaşımıyla, sınıflandırma kuralları örneklerden elde edilir ve her örnek iyi bilinen bir sınıfa aittir. Bu yaklaşımın amacı sınıflara yeni örnekler atamak için sınıflandırma kuralları üretmektir. Tümevarım yaklaşımını kullanan birçok metot vardır. Örnek olarak k-en yakın komşuluk kuralı, Bayes teknikleri, diskriminant analiz, nöral network ve karar ağacı verilebilir.[26] Tümdengelim yaklaşımıyla kurallara bir uzman veya kural oluşturucu tarafından bir öncelik verilir. Bu kurallar sayesinde nesnelerin hangi sınıfa atanacağı belirlenir. Bir bulanık

sınıflandırma sisteminde, bir durum veya bir nesne, onun özelliklerinin dilsel değerlerine dayanan bulanık kuralların bir kümesinin uygulanmasıyla sınıflandırılabilir. Uygun bulanık kuralların nasıl elde edilebildiği bir bulanık sınıflandırma işlemi çok önemlidir. Bu problemin üstesinden gelmek için başlıca iki yaklaşım vardır: biri doğrudan işletmenin veya uzmanın deneyimlerini özetleme ve onların bilgisini bulanık kuralların içine çevirmedir. Bilgi edinme ve doğrulama işlemi zordur ve zaman alır. Diğer yaklaşım, örnek durum ve örneklerden bilgi çıkaran veya otomatik olarak üreten makine öğrenmesi içinden bulanık kuralların elde edilmesidir.

### **5.3.1.6.Genetik Algoritma ile Sınıflandırma Yöntemi**

Genetik ortamın, programlama teknikleri kullanılarak kodlanması genetik algoritma olarak adlandırılır. En iyinin korunumu ve doğal seçilim ilkesinin benzetim yoluyla bilgisayarlara uygulanması ile elde edilen bir arama yöntemidir. Genetik algoritmaların bugünkü biçimi ilk olarak Holland tarafından 1975 yılında ortaya konulmuştur [25].

Genetik algoritma (GA), bir problemin olası çözümlerinden oluşan sabit büyüklükte bir çözüm grubu içinde tekrarlanarak yürütülen işlemlerden oluşan bir yöntemdir. Çözüm grubu popülasyon, çözümlerin kodları kromozom, tekrarlanan her basamağa ise jenerasyon adı verilir. Genetik algoritmalar, klasik optimizasyon algoritmalarından dört temel noktada ayrılır:

GA, bir noktadan değil bir arama uzayını kullanarak aramaya başlar. Yani GA çalışmaya başladığında popülasyonda olası çözümler mevcuttur.

GA, olasılık kurallarına göre çalışır.

GA, her problem yapısına göre parametrelerin kodlanmış haliyle çalışır.

GA, zor matematiksel işlemler kullanmaz. Her problemin kendi yapısına uygun olarak oluşturulan bir değerlendirme fonksiyonu kullanır. GA'ların parametreleri; çaprazlama oranı, mutasyon oranı, popülasyon büyüklüğü, seçim, kodlama, çaprazlama ve mutasyon tipi gibi genel parametrelerdir. Çaprazlama oranı yüksek olmalıdır. Buna karşılık mutasyon oran da çok düşük olmalıdır. Standart bir GA yönteminin adımları aşağıdaki gibi verilebilir:



Başlangıç, n adet kromozom içeren popülasyonun oluşturulması (problemin potansiyel çözümü),

Uygunluk, her x kromozomu için uygunluğun  $f(x)$  değerlendirilmesi,

Yeni popülasyon: yeni popülasyon oluşuncaya kadar aşağıdaki adımların tekrar edilmesi,

Seçim, iki ebeveyn kromozomun uygunluklarına göre seçimi (daha iyi uyum seçilme şansını artırır),

Çaprazlama, yeni bir fert oluşturmak için ebeveynlerin bir çaprazlama olasılığına göre çaprazlanması. Eğer çaprazlama yapılmazsa, yeni fert anne veya babanın kopyası olacaktır.

Mutasyon, yeni ferdin mutasyon olasılığına göre kromozom içindeki konumu (lokus) değiştirilir.

Ekleme, yeni bireyin yeni popülasyona eklenmesi.

Değiştirme, algoritmanın yeniden çalıştırılmasında oluşan yeni popülasyonun kullanılması,

Test, eğer sonuç tatmin ediyorsa, algoritmanın sona erdirilmesi ve son popülasyonun çözüm olarak sunulması.

Döngü, uygunluk adımına geri dönülmesidir.

### **5.3.2. Denetimli Öğrenme Aşamaları**

Denetimli öğrenmede sınıflandırma eğitim aşaması, sınıflandırma aşaması ve çıktı aşaması şeklinde üç adımdan oluşur.

#### **5.3.2.1. Eğitim Aşaması (training stage)**

Bu aşamada incelenecek alanda bilinen sınıfları temsil edecek eğitim alanları seçilir. Bu alanlar, sınıflandırmada kullanılacak her bilgi sınıfı için yeterli düzeyde homojen ve temsil edici şekilde belirlenir. Eğitim alanları her özellik tipi ile ilgili spektral özellikleri tanımlayan bir sayısal yorumlama anahtarı (interpretation key) düzenlemek için kullanılır.

### 5.3.2.2.Sınıflandırma Aşaması (classification stage)

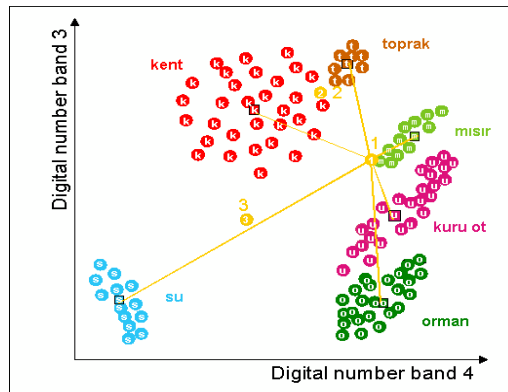
Görüntüdeki her piksel sayısal olarak yorumlama anahtarları içindeki her bir sınıf ile karşılaştırılarak, sınıflardan en çok hangisine benzediği saptanır ve ilgili sınıfın adı ile etiketlenir. Bilinmeyen pikseller ve araştırma seti pikselleri arasındaki bu karşılaştırmayı yapmak için kullanılabilen çok sayıda sayısal yöntem vardır. Bu çalışmada istatistiksel kavramlara dayalı sınıflandırma yöntemleri olarak; Ortalamaya En Az Uzaklık Yöntemi, Paralel kenar Yöntemi, En Yüksek Olasılık Yöntemi ve ayrıca Yapay Sinir Ağlarına dayalı yöntemler sunulmuştur.

### 5.3.2.3.Çıktı Aşaması (output stage)

Çıktı ürünleri sınırsız sayıda üretilebilir. En yaygın kullanılan çıktı formları; grafik ürünler, çizelge çıktı ürünler ve sayısal bilgi dosyaları şeklindedir.

### 5.3.3. Ortalamaya En Az Uzaklık Yöntemi

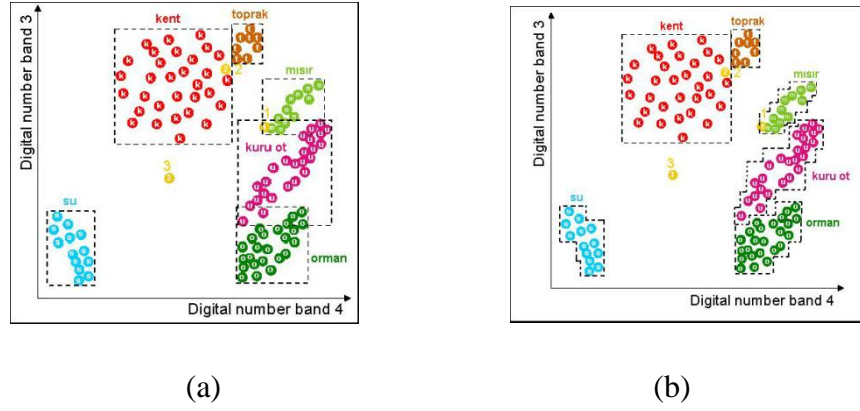
Yöntemde, öncelikle her bir sınıfın tüm bantlardaki ortalama parlaklık değeri hesaplanır. Bu değerler her bir sınıfa ait ortalama vektörü oluşturur. Sınıflara ait bu ortalama değerler Şekil-74 üzerinde siyah çerçeveli kareler ile gösterilmiştir. Sınıfların kovaryans matrislerinin eşit olduğu varsayımı ile sınıfı bilinmeyen bir piksel sınıf ortalamaları ve bilinmeyen pikselin değeri arasındaki uzaklık hesaplanarak sınıflandırılabilir. Bu işlem sonucu her piksel n boyutlu uzayda, kendisine en yakın ortalama vektöre sahip sınıfa atanır. Eğer piksel herhangi bir sınıf ortalamasından önceden belirlenmiş bir uzaklık, eşik (threshold) değerinden daha uzaksa bu piksel bilinmeyen olarak sınıflandırılır.



Şekil-78 Ortalamaya En Az Uzaklık Yöntemi

### 5.3.4. Paralel Kenar Yöntemi

Bu yöntemde, her sınıf için eğitim alanlarındaki sınıf varyanslarına dayalı parlaklık değerlerinin sınırları belirlenir. Bu sınırlar her bir bant için en yüksek ve en düşük parlaklık değerleri ile tanımlanır. Bu sınır değerleri iki boyutlu özellik uzayında paralel kenarlarla ifade edilen bir alan olarak ortaya çıkar. Bilinmeyen bir piksel bu sınır değerleri kullanılarak oluşturulan karar bölgelerine göre sınıflandırılır. Eğer piksel bütün karar bölgelerinin dışında kalıyorsa bilinmeyen olarak sınıflandırılır. Paralel kenarlı bölgelerin çok boyutlu olanları paralel yüzler (paralelepeds) olarak adlandırılır.



Şekil-79 (a) Paralel Kenar Yöntemi (b) Basamaklandırılmış Paralel Kenar Yöntemi

Kovaryans ifadesi spektral sınıfların eğilimini ifade eder. Kovaryansın varlığı durumunda eğitim aşamasında elde edilen verilerden oluşturulan karar bölgelerini paralel kenarlar ile ifade etmek yetersiz kalabilir. Üst üste binen kısımlarda meydana gelen bilinmeyen piksel gözlemleri şüpheli olarak sınıflandırılır yada iki üst üste binen sınıflardan birine (yada her ikisine) keyfi olarak atanır.

### 5.3.5. En Yüksek Olasılık Yöntemi

En yüksek olasılık yönteminde, bilinmeyen bir pikselin sınıflandırılmasında sınıflandırılacak spektral desenlerin hem varyansı hem de kovaryansı değerlendirilir. Bu değerlendirme sırasında, nokta kümelerinin normal dağılımda olduğu varsayılır. Bu varsayım altında sınıf deseninin dağılımı, ortalama vektör ve kovaryans matrisi yardımı ile tanımlanabilir. Herhangi bir pikselin, örnek sınıflardan herhangi birisinde yer alma olasılığı istatistiksel olarak hesaplanabilir. Her bir sınıf için olasılıkların

değerlendirilmesinden sonra, piksel bunlardan en olası sınıfa atanır. Eğer pikselin herhangi bir sınıfa ait olma olasılığı, belirlenen bir eşiğin altında ise bilinmeyen olarak sınıflandırılır.

En yüksek olasılık sınıflandırma yönteminin gelişmiş bir şekli Bayesian sınıflandırıcısıdır. Bu teknik, olasılık tahminleri için iki ağırlık faktörü kullanır. İlk olarak, bir ön olasılık belirlenir ve bu değer verilen görüntüdeki her sınıf için beklenen meydana gelme olasılığıdır. İkincisi yanlış sınıflandırma değeri ile ilişkili bir ağırlık her sınıfa uygulanır. Bu iki faktör birlikte optimum sınıflandırmayı oluşturur.

#### **5.4. Denetimsiz Öğrenme**

Sınıfı bilinen yeterince örnek piksel, ya da bunlarla ilgili olasılık dağılım bilgisinin bulunmadığı durumlarda, kümeleme yöntemleri kullanılarak yapılan sınıflandırmalara eğitimsiz sınıflandırma adı verilir. Bu sınıflandırmada, her spektral sınıftan gelen verilerin özellik uzayında kümeler oluşturacağı varsayımı ile veriler incelenerek kümelenmeler aranır ve her küme bir sınıf olarak tanımlanır. Denetimsiz Öğrenme genel olarak iki adımdan oluşur.

Birinci adımda veri kümelere ayrılır. Benzer yeryüzü nesnelерinden yansıyan spektral değerler yakın bir gruplaşma gösterir. İkinci adımda, kümeler isim belirlenir.

Kümeleme metodları genel olarak hiyerarşik ve bölümlenmeli olmak üzere ikiye ayrılır.

Hiyerarşik Yöntemler, Toplaşım(Agglomerative) ve Bölünür(Divisive) olmak üzere ikiye, Bölümlenmeli (Partitioning) Yöntemler: Yer değiştiren, Olasılıksal, K-medoid, K-means, Yoğunluğa Dayalı ,Grid Temelli ve diğer olmak üzere yedi ana başlıkta incelenir.

##### **5.4.1.Hiyerşik Yöntemler**

Hiyerarşik Yöntemler bir karar ağacı yaratırlar, Aşağıdan yukarıya toplaşım kümeleme ve yukarda aşağıya bölüşüm kümeleme algolaritmaları olarak iki grupta toplanır.

#### **5.4.1.1.Toplaşım(Agglomerative)**

Başlangıçtan itibaren her bir nokta bir küme olarak görülür, kümeler birbirlerine yakınlıklarına göre birleştirilir.[25]

#### **5.4.1.2. Bölünür(Divisive)**

Başlangıçtan itibaren bütün noktalar bir küme olarak görülür, veri tabanı tarandıkça kümeler birbirlerine yakınlıklarına göre, uygun olmayan eleman küme dışına atılır ve yeni küme oluşturulur.[25]

Hiyerarşik metodlar ile benzerlik ve mesafe ölçülerini kullandıkları için her türlü veri türüne göre esnek ve kullanımı kolaydır. Dez avantajı ise yapıları gereği oluşturdukları kümeleri kontrol etmezler. SLİNK (tek bağlantı, en yakın komşu), CURE (uç verilerden etkilenmeyecek şekilde), CHAMELİON (iki küme benzerliğini, kümelerin kendi iç benzerlikleri ile kıyaslayarak), BİRC (çok büyük veri tabanlarının kümelenmesi için),

#### **5.4.2.Bölümlemeli Yöntemler**

N adet nokta önceden verilen k küme sayısına ( $k < n$ ) göre kümelere ayrılır. Kullanıcı algoritmaya kümeler arasındaki minimum/maksimum mesafeyi ve kümelerin iç benzerlik kriterlerini de vermek zorundadır. Bölümlemeli algoritmalar hiyerarşik algoritmalara göre hızlı çalışırlar.[25]

##### **5.4.2.1.K-Means(Ortalama)**

Eldeki k adet kümede ve kümelerin ortalamalarına göre kümelere ayırır.

##### **5.4.2.2.K-Medoid(PAM)**

K adet kümeyi bulmak için seçilen temsilcilerin etrafına ana kümedeki tüm elemanları toplayarak ve her defasında bu temsilcileri değiştirerek kümeleme işlemi yapar. Temsilci olarak seçilen noktaya medoid adı verilir. Kümeleme işlemine k adet küme için k adet medoit seçimi ile başlanır.

### **5.4.2.3.Clara**

Bütün veri tabanı taranmadan rastgele alınan temsilciler ile kümelere PAM algoritması uygulanır.

### **5.4.2.4.Yoğunluğa Dayalı Algoritmalar**

Aşırı uç değerlerin mevcut kümlere etkisinin kaldırılması maksadı ile geliştirilmişlerdir. DBSCAN, OPTICS, DENCLUE yoğunluğa dayalı algoritmalarıdır.

### **5.4.2.5.Grid Temelli Algoritmalar**

Kümelemenin yapılabilmesi için çok yüksek miktarda bellek gerektiren büyük veritabanlarının, kümelere ayrılması için numaralandırılmış çizgilerden oluşan hücresel yapılar yardımı ile yapılan kümelemedir. STING, Dalga Kümeleme, CLIQUE(Clustering Quest) grid temelli algoritmalarıdır.

## 6. GÖRÜNTÜ BİRLEŞTİRME, GÖRÜNTÜLERDE HEDEF TAKİBİ VE GÖRÜNTÜLERİN ANLAMLI HALE GETİRİLMESİ İLE İLGİLİ ÇALIŞMALAR

### 6.1.Çok Bantlı Görüntü Birleştirme

Durumsal farkındalığı, görev performansını ve görüntü kalitesini arttırmak maksadı ile yakın kızıl ötesi, kısa dalga kızıl ötesi ve uzun dalga kızılötesi görüntüler gerçek zamanlı olarak çok bantlı görüntü birleştirme yapılır. Birleştirilmiş görüntünün kalitesi sahne aydınlatma, yansıtma kontrastı (reflectance contrast), termal kontrast (thermal contrast), sensor çözünürlüğü, gürültü-kısıtlama çözünürlüğü, yerel uyumlu kazanç ve kontrast zenginleştirme, gürültü temizleme ve birleştirme metodolojisi olarak çok boyutlu etkilenir. Gece görüş(low light visible) ve termal görüntünün gerçek zamanlı olarak birleştirilmesi gece görmesi açısından yeni bir çağın başlangıcı olarak görülmektedir.

1993 yılında Allen WAXMAN ve arkadaşları bu konuda bir çalışma başlatmıştır. Çalışmalarda kullanılan kamera ve bilgisayarın özellikleri aşağıda yer almaktadır;

	Low light CCD imager	SWIR (InGaAs)	MWIR (InSb)	LWIR (uncooled microbolometer)
Hassasiyet (microns)	0.4 to 1.0	0.9 to 1.7	3 to 5	7 to 13
Çözünürlük (bit digital data)	12	12	12	15
Çözünürlük (piksel )	640x480	320x240	256x256	320x240
Çalışma hızı (frames per second (fps) )	60	60	60	60
Üretici firma	Lincoln Laboratory	Sensors Unlimited, Inc	Raytheon Amber Corp.	Sanders (Lockheed Martin) Corp.
Gerçek Zamanlı Görüntü Besleme hızı(fps)	30	30	30	30
Bilgisayar; 16 bitlik, 1.5 ghz işlemcili, TI C80 DSP çipli GENESİS anakart, 16MB of SDRAM, iki VIA (Video Interface ASIC) çipi taşımaktadır.				

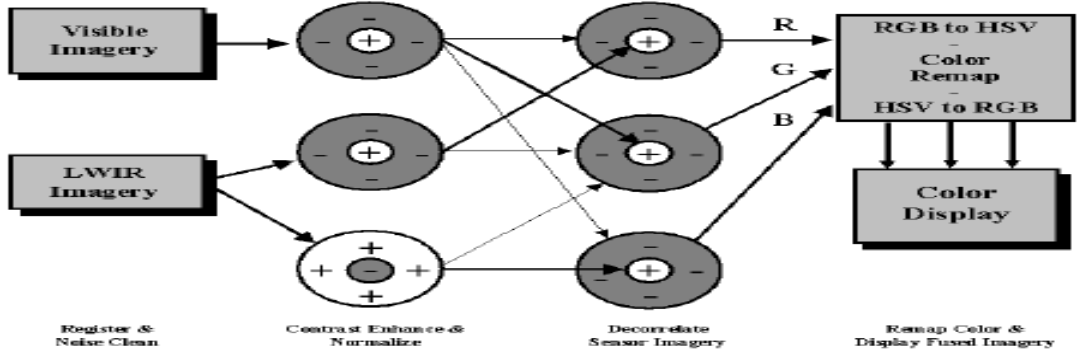
**Tablo-7** Çok Bantlı Görüntü Birleştirme Cihaz Özellikleri[28]

Yakın Kızılötesinde (VNIR) hedef tespiti ve tanımlaması, düşük ışık altında gürültü kısıtlama çözünürlüğü, hedef ile arka plan kontrastı ve belirli bir ışık altında yansıyan ışığın bir fonksiyonudur[28]. Uzun dalga kızıl ötesinde hedef tespiti ise, hedef ile arka plan termal kontrastı ve gürültü eşleniği ısı farkı ve örneklemenin bir fonksiyonudur. Bu Ölçülebilir metrikler formülize edilmiş ve bilgisayar kodlaması ile uygulaması yapılmıştır.

WAXMAN ve arkadaşları tarafından tanıtılan Karşıt Renk Nörön Yaklaşımı (Opponent color neural approach) esası ise piton ve çingiraklı yılan görünür/termal görme sistemleri üzerinde yapılan çalışmalarına dayanmaktadır. Çalışmalarda öncelikle ikili, müteakiben üçlü ve dörtlü birleştirmeler yapılmıştır.

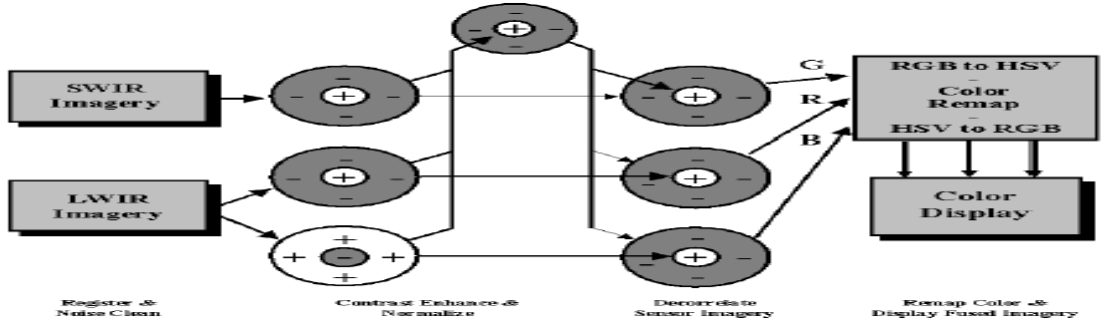
FAY'ın yapmış olduğu ikili, üçlü ve dörtlü görüntü birleştirme aşamaları şu şekilde yer almaktadır. İkili görüntü birleştirme çalışmalarda, Gece görüş(Low-light Visible)/ Uzundalga kızılötesi (LWIR) ve Kısadalga kızılötesi (SWIR) / Uzundalga kızılötesi (LWIR) görüntülerin birleştirme algoritmaları aşağıdaki şekilde yer almaktadır. İlk aşama görüntülerin kaydı ve gürültülerin temizlenmesi işlemidir. Müteakiben, her bantta kontrast zenginleştirme ve merkezi çevreleyen kısımda uyumlu normalizasyon (adaptively normalized by shunting centersurround) yapılır. Uzundalga kızıl ötesinde ise her iki kısımda merkez ve merkezi çevreleyen kısımlarda ayrı ayrı uyumlu normalizasyon (ON-center / OFF-surround ve OFF-center / ON-surround) yapılır. Bu işlem kontrast açısından zenginleştirir ve her iki görüntü açısından önemlidir. üçüncü aşamada merkez çevreleme işleminde gri seviye birleştirilmiş tek karşıt kontrast görüntüsü oluşturulur. Bu üç aşama renkli birleştirilmiş resmin kırmızı, yeşil ve mavi parçalarını oluştururlar. Zenginleştirilmiş görünür kısım kısıtlı çevreyi besler iken güçlendirilmiş uzun dalga kızıl ötesi merkezi (ON-center LWIR (+LWIR) ) kırmızı kanalı (**R**) besler. Yeşil kanal (**Y**) zenginleştirilmiş görünür kısmı merkeze alırken, zenginleştirilmiş uzun dalga kızıl ötesi (+LWIR and the OFF-center LWIR (-LWIR)) çevreyi besler, Son olarak, uzun dalga kızıl ötesi (-LWIR) mavi kanalı (**B**) beslerken, zenginleştirilmiş görünür kısım çevreyi besler. Ortaya çıkan sonuç sensör görüntülerinin renk kontrastlarının gösterilmesinde kullanılan de korelasyondur. Son aşama ise arka plan görüntülerinin daha doğal görünmesini sağlamak maksadı ile RGB den HSV ye dönüşüm aşamasıdır.





Şekil-80 Gece Görüş/ Uzun Dalga Kıızıl Ötesi Birleştirme[29]

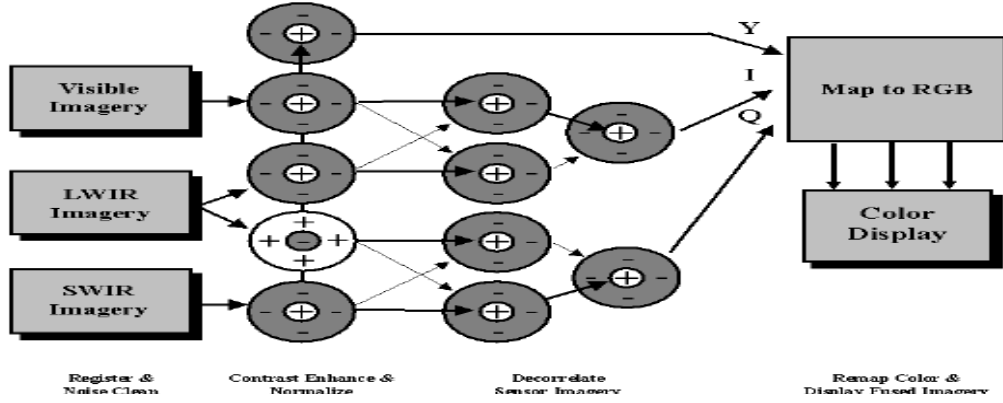
Kısa dalga kızıl ötesi / Uzun dalga kızıl ötesi görüntü birleştirme mimarisi aşağıda yer almaktadır. Ana değişiklik ise görüntü zenginleştirme ve normalizasyon safhasından sonra zenginleştirilmiş üç görüntü parçası geniş band ortalama görüntü (*broad band average image (+Avg)*) kontrast arttırma işlemine tabi tutulur. Kısa dalga kızıl ötesi ile karşılaştırması yeşil kanalı (**G**), zenginleştirilmiş uzun dalga kızıl ötesi (*+LWIR*)nin (*+Avg*)'ye göre kontrastı kırmızı kanalı (**R**), zenginleştirilmemiş uzun dalga kızıl ötesinin (*-LWIR*) (*+Avg*)'ye göre kontrastı mavi kanalı (**B**) oluşturur.



Şekil-81 Kısa Dalga Kıızıl Ötesi / Uzun Dalga Kıızıl Ötesi Birleştirme[29]

Üçlü ve dördü birleştirme şekilleri aşağıda yer almaktadır. İkili birleştirmeler ile üçlü ve dördü birleştirmeler arasında iki önemli fark bulunmaktadır. Birincisi de-korelasyon safhasında ilave olarak ikili birleştirmelerin yapıldığı üçüncü katmanın eklenmesidir. İkincisi ise gri birleştirilmiş görüntünün RGB yerine **YIQ** formatında gösterilmesidir. Bu değişiklik, de-korelasyon safhasında elde edilen ikili set halindeki sonuçlardan kaynaklanmaktadır. YIQ renk modeli, insan renk algılamasına basit bir yaklaşımdır. Y Parlaklık, I kırmızı-yeşil kontrastı, Q mavi-yeşil kontrastı ifade eder. Üç sensörlü görüntü birleştirmede (*+Vis- LWIR*) sonucu *I*

kanalını, (+SWIR+LWIR) sonucu  $Q$  kanalını besler. Bu kombinasyonlar neticesinde görünür ve uzun dalga kızılötesi kırmızı-yeşil kontrastını, kısa-uzun dalga kızıl ötesi mavi yeşil renk kontrastını oluşturur. Eşleştirmeler yansıtma ve yayma bantlarından maksimum seviyede faydalanmak maksadı ile seçilerek yapılmıştır.

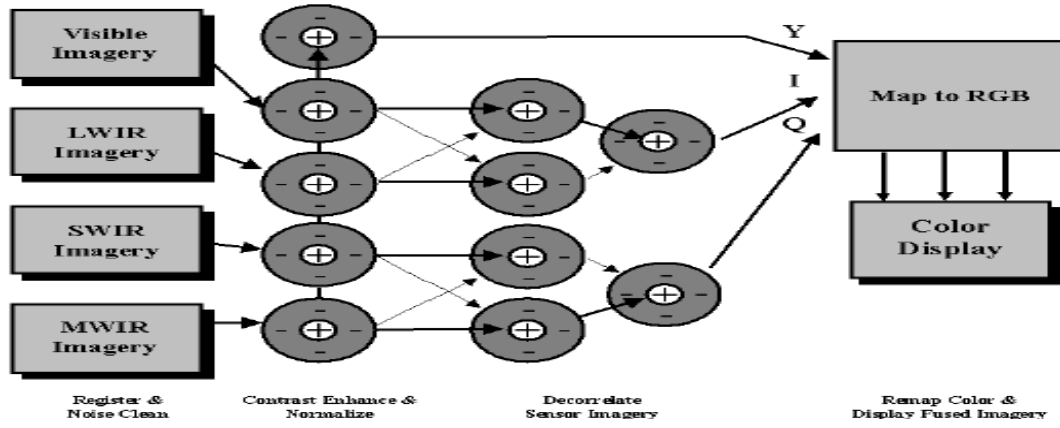


Şekil-82 Görünür/Kısa Dalga Kızıl Ötesi/ Uzun Dalga Kızıl Ötesi Birleştirme[29]

Dörtlü görüntü birleştirmede, araç, insan, gökyüzü ve arka plan bitki örtüsü arasında renk kontrastı ile doğal bir görünümü söz konusudur. Düşük ışık görünür/Uzun dalga kızıl ötesi renk birleştirme sonucunda araç gökyüzü ve ağaçlar arasında iyi bir ayırım yapmayı sağlar. Fakat araç ve çimenler arasında ayırım yapmayı sağlayacak yeterli kontrast sağlamaz. Kısa dalga kızıl ötesi/Uzun dalga kızıl ötesi birleştirme sistemi araç ve çimenler arasında güçlü bir kontrast sağlar fakat ağaç ve çimenler arasında sağlamaz.

Düşük ışık görünür/ Kısa dalga kızıl ötesi /Uzun dalga kızıl ötesi birleştirme her iki sistemin iyi taraflarını alarak gökyüzü, araç, ağaç ve çimenler arasında ayırım yapmayı sağlayacak kontrast sağlar. Sisteme orta dalga kızıl ötesi görüntünün eklenmesi durumunda çimenlerin ağaçlardan ayırt edilmesi konusunda gün ışığına en yakın, en doğal görüntünün elde edilmesini sağlar.

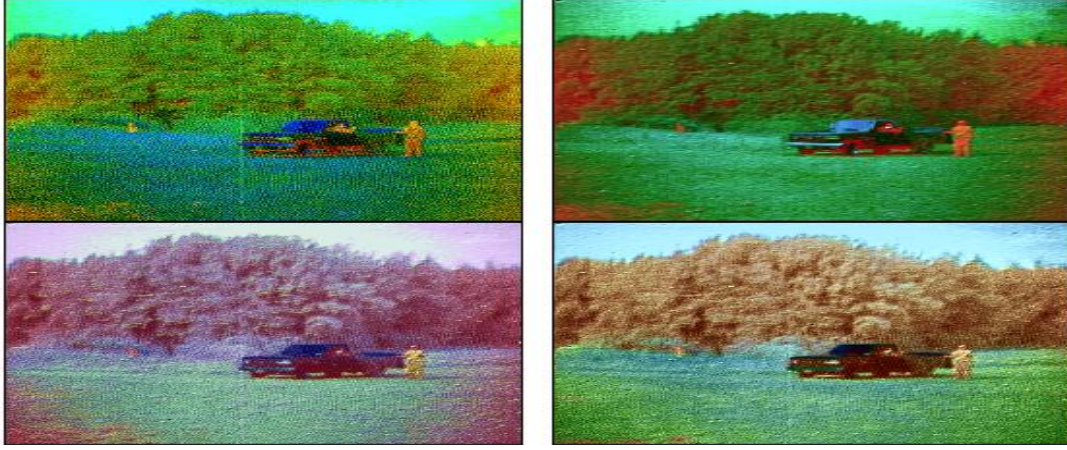
Hatırlanması gereken ise görüntülerin 2/3 ay ışığı konumunda alınmış olmasıdır. Bu görüntüler sadece görsel açıdan değil aynı zamanda hedef tespiti ve takibi konusunda da yararlıdır. Sistem bulanık(Fuzzy ARTMAP) nöron network üzerine kuruludur.



**Şekil-83** Görünür/Kısa /Orta/ Uzun Dalga Kızıl Ötesi Birleştirme[29]

Her bir sensör birleştirme mimarisinde, işlem süresince her safhanın sonuçları veri küpü oluşturulmak üzere birleştirilmektedir. Her piksel özellik vektörünü temsil etmektedir. Vektörler ise Fuzzy ARTMAP için girdi olarak kullanılmaktadır. Kullanıcıya hedef veya hedef olmayan renkli birleştirilmiş görüntü pikselleri java ile kodlanmış grafik arayüzü ile sağlanmaktadır. Bu özellik vektörleri nöron sınıflandırıcı için eğitim seti olarak kullanılır. Şebekenin doyum seviyesine ulaşmış olmadığını test etmek maksadı ile görüntünün bir alt kümesi üzerine bir ön arama yapılabilir. Eğer doyuma ulaşmamış ise aşamalı süreçlerde daha çok örnekler ve karşı örnekler seçilebilir. Bu işlemi yapmak sadece birkaç saniye alır. Eğitim seti'nin doyuma ulaşmasını müteakip bütün resim taranabilir. Sınıflandırılmış pikseller şebekenin(Nerwork) güvenilirlik seviyesine göre vurgulanır. Çünkü giriş vektörlerinin sunum sırası Fuzzy ARTMAP için önemlidir. Çoklu şebekeler değişik giriş setleri ile eğitilmektedirler. Şebeke verilen pikselin hedef olup olmadığını yada hangi sınıfa ait olduğuna karar verir. Karar vericilerin ortak kararı verilen pikselin sınıflandırmasındaki güvenlik derecesi olarak tanımlanır. Sistem ayrıca tanımlamada kullanılan örnek ve karşı örnek özellik vektörü arasında kesişen kısmını test eden algoritma kullanır. Bu içeriğe bağlı olarak hedefin fark imzasını somut hale getiren özellik vektörünü azaltır. Birleştirilmiş görüntünün müteakip safhalarında hedef araması yaparken, işlem sürecini önemli oranda hızlandırır. Bu sistem hedef takibi ve görüntüye geliş ve gidiş zamanlarını tanımlamada kullanılabilir.

Aşağıdaki görüntülerde dörtlü birleştirme uygulanmış resimler yer almaktadır. Sahnede sadece bir insan vardır. Ayakta duran insan eğitim amaçlı kullanılmıştır. Sonuçlarda ayakta duran bir insan ve araç içindeki insan algılanmaktadır, fakat arka planda yer alan geyik tespit edilmemektedir. İkili sensör sisteminde araç içindeki insanın bazı bölümleri araç motor ısısından dolayı tespit edilememektedir. Üçüncü ve dördüncü sensör verileri eklendiğinde ise fark ortaya çıkmaktadır. İnsanlar tespit ve takip edilebilmektedir.

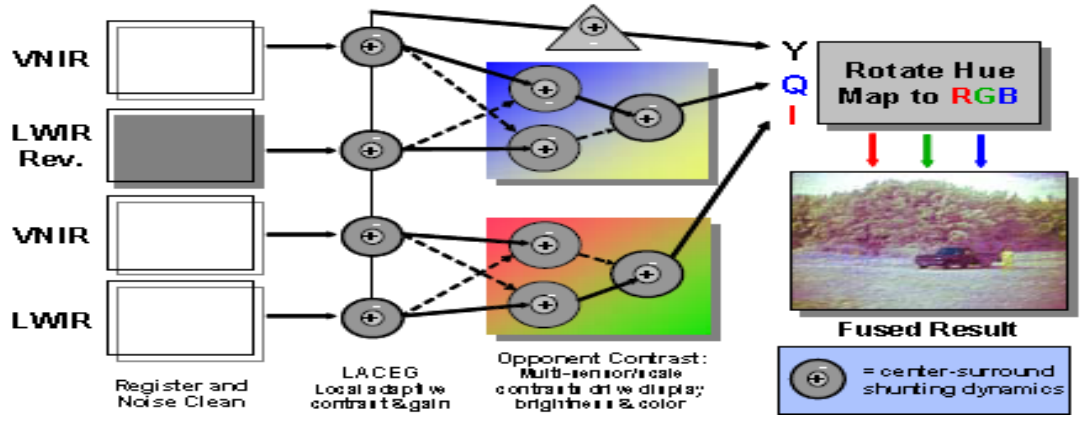


Sol üst resim görünür/uzun dalga kızıl ötesi, Sağ üst resim kısa/uzun dalga kızıl ötesi, Sol alt resim görünür/kısa/uzun dalga kızıl ötesi, Sağ alt resim görünür /kısa /orta /uzun dalga kızıl ötesi

#### Şekil-84 2li/3lü/4lü Birleştirilmiş Sensör Görüntüsü[29]

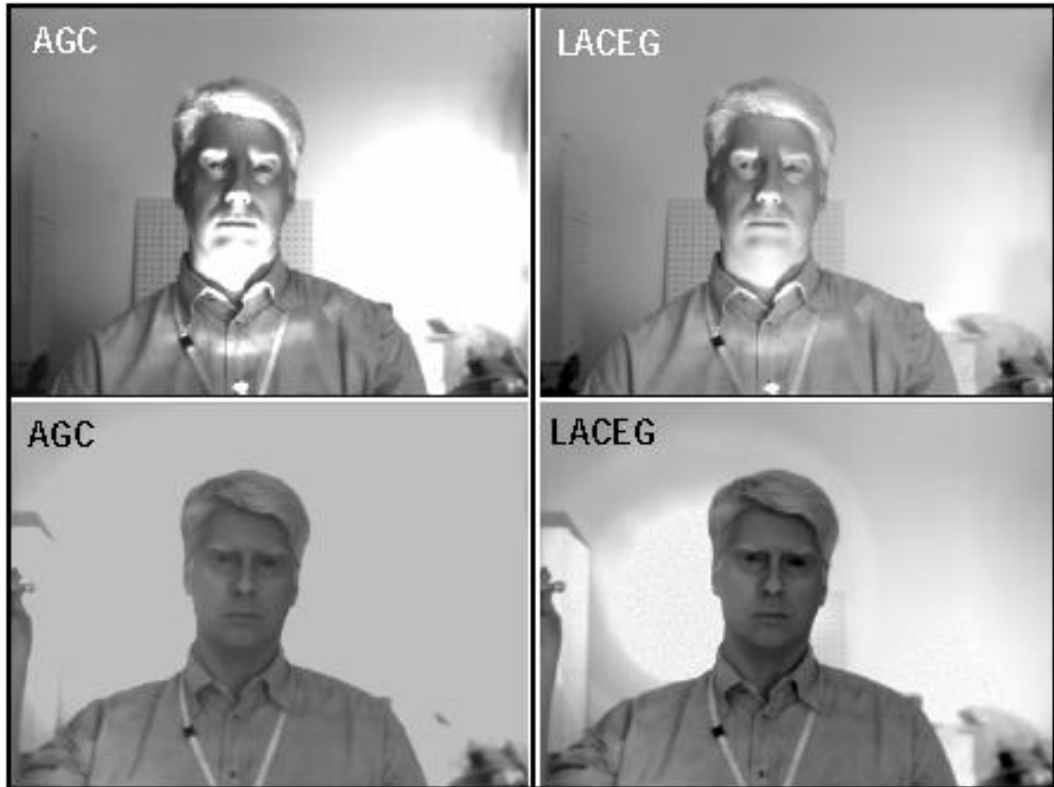
Sonuç olarak, FAN'a göre insan görme sistemine biyolojik modeli esas alınarak çok bantlı sensör birleştirme sistemi görsellik, hedef öğrenimi ve arama yapmak maksadı ile geliştirilmiştir. Bu sistemin görüntü tazeleme hızı 30 frame/sec olarak tanımlanmıştır. Bu yaklaşım multi-hiper spektral, termal, görünür vb sistemlerin birleştirilmesine ve bunlardan faydalanma amaçlı olarak kullanılmıştır.

WAXMAN'a göre çoklu görüntü birleştirme, Local Adaptive Contrast Enhancement & Gain (LACEG) aşağıdaki şekilde yer alan aşamalardan oluşmaktadır. Kayıt ve temizlik aşamasını müteakip, LACEG adı verilen aşamaya geçilmektedir. Bu aşamada görüntü kalitesi kenar keskinlikleri artırılır ve yerel kontrast korunurken, yerel geniş dinamik aralık verileri sıkıştırılır.



Şekil-85 WAXMAN 2li/3lü/4lü Birleştirilmiş Sensör Görüntüsü[28]

Kamera otomatik kazanç kontrolünde kullanılan histogram eşitlemesinden farklı olarak, LACEG yerel kontrastları koruyarak işlem yapar ve keyfi geniş dinamik aralığı boyunca lokal parlaklık açısından yeniden normalize eder. Aşağıdaki şekilde LACEG ve AGC arasındaki farkı gösterecek şekil bulunmaktadır. Kısa dalga kızıl ötesi görüntüde solda yer alan resimde AGC uygulanmış ve yerel kontrastlar kaybedilmiştir. Sağda ise yerel kontrastları koruyan LACEG uygulaması yer almaktadır.



Şekil-86 AGC/LACEG Karşılaştırması[28]

WAXMAN'ın üzerinde durduğu ikinci kavram ise gürültü-sınırlı çözünürlük (*noise-limited resolution (NLR)*) olmuştur. Sensör çözünürlüğünün görüntü kalitesi ile doğrudan ilişkili olduğu öğretilmiş olmasına rağmen, 640x480 piksel çözünürlüğe sahip bir kısa dalga kızıl ötesi kamera, 1280x960 çözünürlükteki gündüz/gece kamerasından daha iyi performans gösterir. Birinci ve ikinci nesil gece görüş cihazları yapıları gereği kontrast hassasiyeti açısından birbirinden farklıdır. Yapılardaki bu değişiklikler görüntü kalitesini etkiler ve en iyi görüntüyü ise kısa ve uzun dalga kızıl ötesi verir. Sensör çözünürlüğü kavramı yerini gürültü-sınırlı çözünürlüğe (*noise-limited resolution (NLR)*) bırakır. Gürültü-sınırlı çözünürlüğü, ortalama sinyal oranına eşit kontrastı olan, en az uzaysal eleman olarak anlaşılabilir. Sinyal seviyesi düştükçe, gürültü kaynaklarının birçoğu(sinyal foton dalgalanmaları dahil) birleşir ve insan görme sistemi görüntü birleştirme anında gürültü ortalamasının üzerinde bir elemana ihtiyaç duyar. Bu nedenle düşük ışık görüntüleyicilerin(Low-Light Imager) NLR'sinin tanımlanması için aydınlatma spektrumu(güneş, ay ışığı, yıldız ışığı, galaktik arka plan ve SWIR özellikle güçlü airglow) da dahil olmak üzere bir çok faktör bir araya gelir. SAVOYE'un NLR modeli bu etkilerin tamamını içerir. Aşağıdaki şekil konrollü ışık kaynağı altında laboratuvarında güçlendirilmiş CCD yakın kızıl ötesi kamera ile yapılmış görünen çözünürlüğün kaybını göstermektedir.[28]

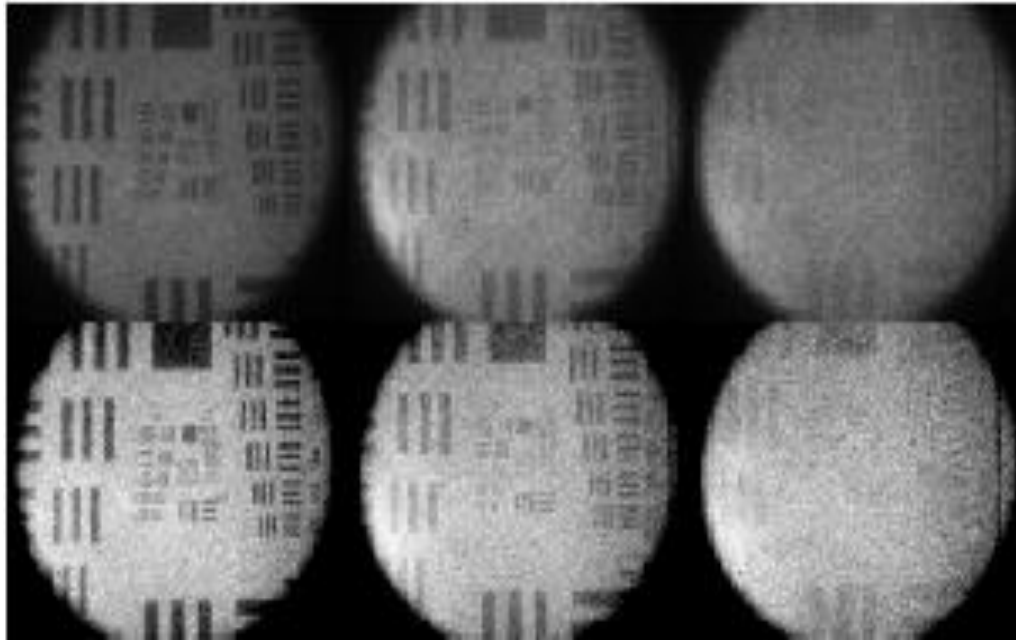
% 80

% 40

% 20

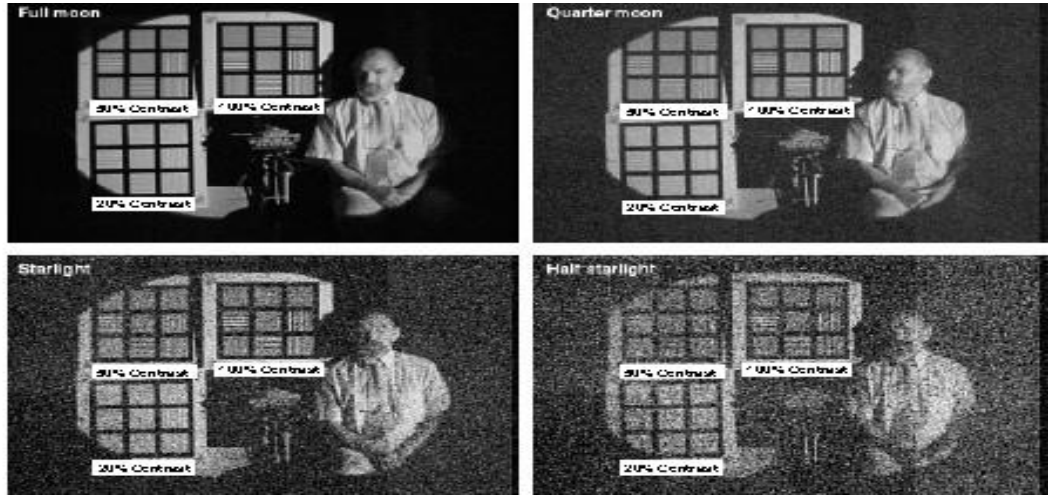
AGC

LACEG



## Şekil-87 Düşük Işık Altında Bilinen Çözünürlüğün Kaybı.[28]

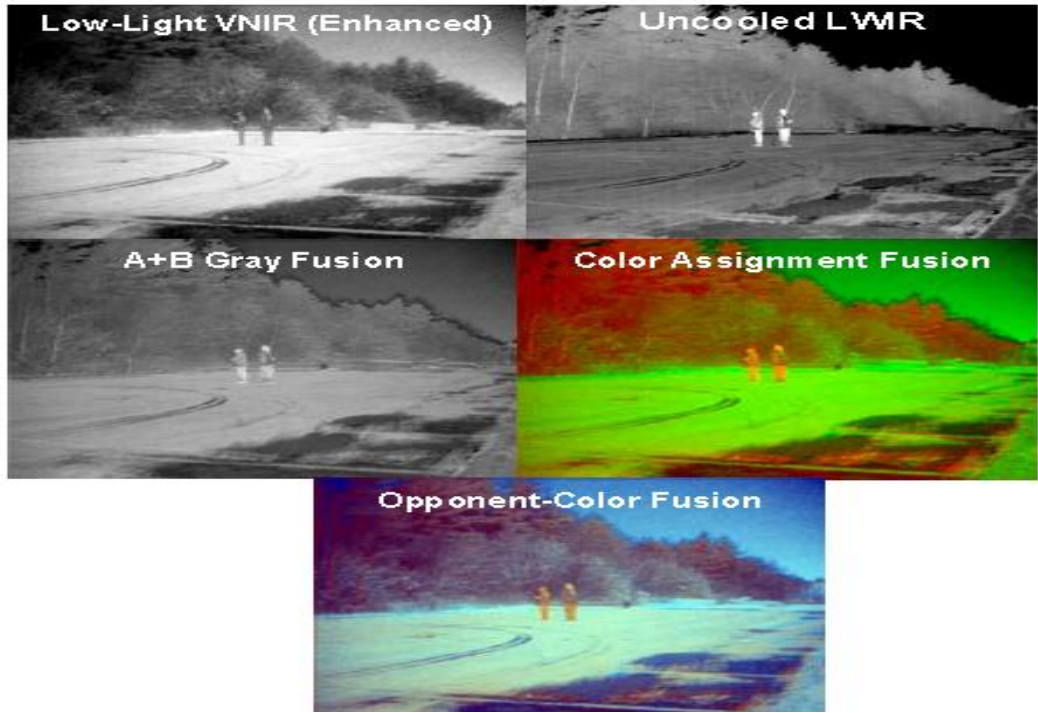
LACEG yerel uyumlu işlemenin, uzaysal kontrastı arttırdığı, yıldız ışığı gibi düşük ışık seviyelerinde benek gürültüsünü kaldırdığı gözlemlenmiştir. Aşağıda yeni nesil düşük ışık yakın kızıl ötesi görüntüleyicinin görüntüsü almaktadır. Burada da düşük ışık altında benzer kayıplar yaşanmaktadır.



Şekil-88 Yeni Nesil Düşük Işık Yakın Kızıl Ötesi Görüntüleyicinin Görüntüsü

CCD kameralar 1990'ların ortasında MIT laboratuvarında geliştirilmiştir. Yüksek kuantum-verimlilik, arka aydınlatma, inceltmiş CCD bu dört düşük gürültü okuma portlarından yaralanmıştır. Bu tür performansları bir bütün olarak elde etmek için, düşük güç sensörü, yeni ortaya çıkan CMOS elektron bombardıman ve hatta mikro kanal plaka CMOS görüntüleyiciler geliştirilmektedir. Savoye'nin gürültü sınırlı çözünürlük (NLR) modeli fotokatod spektral duyarlılık, 0,4-2,0 mikron aydınlatıcı spektral ve daha fazla gürültü kaynakları modeli tam olarak içeren, NVESD modeline dönüşmektedir. Termal LWIR görüntüleri ile gürültü-sınırlı düşük ışık görüntüsü birleştirilerek görüntü kalitesi her iki yolla artırır. Birincisi, geliştirilmiş kontrast ve herhangi bir aydınlatma koşulunda renk birleştirmenin doğasında var olan hedefin dikkat çekmesidir. Diğeri ise yaratılan şeklin renk ve parlaklığının alansal zamansal gürültü ile değil, nesnenin sınır ve özelliği tarafından algısal olarak doldurulduğudur. Renk birleşme yöntemi kullanıcı tarafından algılanan birleştirilmiş görüntü kalitesini çok etkileyebilir. Aşağıdaki şekilde görüntü birleştirmelerini örnekleri karşılaştırılmaktadır.

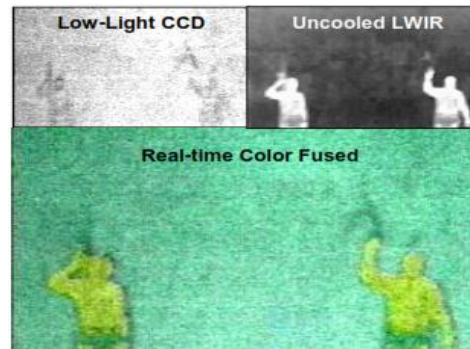
Gri seviye toplamalı model renksiz görüntü birleştirme metotlarının temeli sayılır. Yakın kızıl ötesi renkli görüntü birleştirme işlemi genelde Yeşil renk kanalı üzerinde, Uzun dalga kızıl ötesi renkli görüntü birleştirme işlemi ise kırmızı kanalı yapılır. Bu tür birleştirmeler yüksek kontrast sağlamasına rağmen aydınlatma şartlarının değişimine karşı hassastır. Son olarak ise karşılıklı sensörlerin kontrastlarının insan görme sistemine uyarlandığı karşıt renk birleştirme (opponent color fusion) birleştirilmiş üç ayrı renkli görüntüyü tek renk sisteminde birleştiren sistemdir.



**Şekil-89** Görüntü karşılaştırmaları[28]

1998 yılında ABD Özel Kuvvetlerinde yıldız ışığı altında yapılan testlerin sonucunda yapılan testler sonucunda görüntü birleştirme çalışmaları 15 personelin katılımı ile test edilmiştir.

Bu testler kara ve deniz yüzeyinde gerçekleştirilmiştir. Yan tarafta zorlu koşullar altında elde edilen görüntüler mevcuttur. VNIR ve LWIR görüntüsü kolayca görülebilir olandır.





## Şekil-90 1998 yılında Yapılan Test Görüntüleri[28]

1998 yılında ABD Özel Kuvvetlerinin icra ettiği Görev performans matrisi aşağıdaki şekilde yer almaktadır. Görev performansı matrisinde Yeşil=Kolay, Sarı=Zor ve Kırmızı= olanaksız'ı ifade etmektedir.

Distance(m)	TASK	Low-Light Visible					Thermal Infrared					Color Fused							
		Wide fov			Narrow fov		Wide fov			Narrow fov		Wide fov			Narrow fov				
		35	70	100	100	300	500	35	70	100	100	300	500	35	70	100	100	300	500
	<b>Men:</b>																		
	Track																		
	Identify																		
	Discriminate																		
	Identify activities																		
	<b>Vehicles:</b>																		
	Detect																		
	Identify																		
	<b>Uniforms:</b>																		
	Identify																		
	Discriminate																		
	<b>Weapons:</b>																		
	Identify																		
	Discriminate																		
	<b>Camouflage</b>																		
	Detection																		
	<b>Obscurants</b>																		
	Vegetation																		
	Smokescreen																		

**Tablo-8** ABD Özel Kuvvetler Görev Analiz Şeması[28]

WAXMAN'a göre yapılan deneyler neticesinde; birleştirilmiş görüntü kalitesinin niceleyici ölçümler, algısal metrikler ve görev odaklı ölçütleri kapsadığı açık bir şekilde ortaya çıkmıştır. Görüntü kalitesi seçilen sensörlerden, mevcut aydınlatma ve termal koşulları, geliştirme şekli ve veriye uygulanan birleştirme işlemlerinden etkilenmektedir. Görüntü kalitesi modelleri olgusallık, sensöre ilişkin parametreleri ve çeşitli görüntü kalitesi ölçütlerinin doğal koşullarını yakalamaya çalışır. Müteakip safhada değişik görev yapılarında insan performansının tahmini çalışmalarındaki boşlukların kapatılması ve birleştirilmiş görüntü metriklerinin oluşturulmasıdır.

### 6.2.Görüntülerde Hareketli Nesne Takibi

Zdenek KALAL'ın 2011 yılında doktora tezi olarak hazırladığı ve açık kaynak kodlu MATLAB 7.0 ile çalışan PREDATOR[30] isimli proje veya Tracking Learning Detection (TLD)[31] olarak ifade edilen tezde, video görüntülerinde bilinmeyen nesnelerin uzun zamanlı takibi araştırılmıştır. Söz konusu çalışmada hem hedef, hem takipçi hareketli olduğundan, özellikle hareketli platformlardan nesnelerin nasıl takip edileceğini anlatmaktadır. Sisteme veri girişi, nesnenin kare kutu (bounding box) ile işaretlenmesi sonucunda oluşan tanımlama (Detecting) ile denetimli öğrenme işlemine başlamaktadır. Birbirini takip eden her video karesinde takip işlemi yapılmaktadır.

Tanımlayıcı, her karede takip edilen nesnedeki değişimleri kaydeder ve tanımlayıcıyı günceller. Öğrenme algoritması tanımlayıcıdaki hataları tahmin eder ve müteakip karelerde bu hatalardan kaçınır. Takip süresi arttıkça öğrenme kalitesi ve nesnenin teşhis/takip yüzdesi de artmaktadır. Öğrenme işlemi ayrık dinamik bir sistem olarak modellenmiştir.

Projenin en ayırt edici özelliği ise uzun dönemli takip işlemi yapabilmesidir. Bu konuda karşılaşılan bir takım zorluklar vardır;

İlk karede yer alan hedefin video süresi boyunca sürekli olarak değişmesi,

Hedefin video çerçevesi dışına çıkması,

Hedefin uzun süre çerçeve dışında kalması ve müteakiben çerçeveye girmesi,

Takip işleminin yeniden başlatılması,

Hedefte meydana gelen büyüklük, ışık, arka plan değişimleri ve diğer nesneler ile meydana gelen kesişimdir.

Takip algoritmaları hedefin bir sonraki yerini bulma konusunda hızlıdır, ancak hedefin görüntüden çıkması durumunda yeniden başlatılmaya ihtiyaç duyarlar. Tanımlama algoritmaları her karede bağımsız çalışırlar, bu nedenle hedefin ekrandan çıkmasından etkilenmezler. Bu iki algoritma tek başlarına uzun dönemli takip işlemi yapamazlar, bu nedenle aynı zamanda çalışmalı ve bunları birbirine bağlayacak, birbirlerine yardım etmelerini sağlayacak üçüncü bir algoritmaya ihtiyaç duyarlar. Takip algoritması, tanımlama işlemi kolaylaştırabilir ve tanımlama algoritması ise

takipçiyi yeniden başlatabilir. Tanımlama algoritmasının hatalarını tahmin eder ve bu hataları yapmasını engeller. Bu nedenle bu projede çalışan paralel üç algoritma vardır. En önemli algoritma ise hataları minimize ederek takip ve tanımlamayı daha etkin hale getiren öğrenme algoritmasıdır.

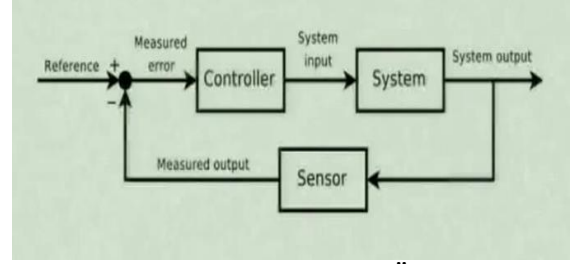
Zdenek KALAL'in öğrenme algoritmasının temelinde 1948'de Norbert Wiener'in yazdığı Cybernetics adlı eserde yer alan ve Kontrol Teorisinin konusu olan Geri Beslemeye Dayalı Öğrenme İşlemi yer almaktadır.



a) Top & Çubuk



b) Top & Yüzey

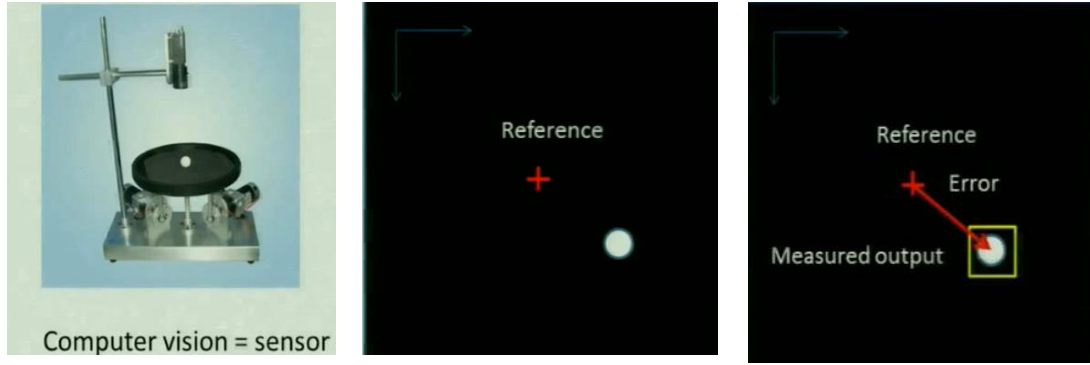


c) Geri Beslemeye Dayalı Öğrenme İşlemi

**Şekil-91** Geri Beslemeye Dayalı Öğrenme[30]

Top ve düzlem deneylerinin temelinde topu merkezde tutmak fikri referans olarak verilmiş ve sistem bunu başarmak için çıktılarını sürekli girdi olarak kullanmakta ve geri beslemeye dayalı öğrenme işlemi yapmaktadır. Çıktı'nın sisteme girmesi ile sensörler tarafından referans noktasına olan uzaklık yeniden ölçülür ve yeniden referans noktasına yöneltme işlemi yapılır. Bu işlem sisteme, hatalardan öğrenme olarak kaydedilir.

Geri Beslemeye Dayalı Öğrenme İşleminde, top ve düzlem deneyine geri dönecek olursak, bilgisayar ile görü işlemi burada devreye girmektedir. Solda görülen resimde kamera ile düzlemdeki topun görüntüsü çekilmektedir. Bu görüntüde bütün zemin siyah ve top beyazdır. Referans noktası olarak ekranın ortası seçilmiş ve kırmızı bir artı ile gösterilmiştir. Amaç topun bulunduğu yeri tespit etmektir. Yapılan ölçüm neticesinde; topun ekranda bulunduğu yerin tespiti ve referans noktasına göre hatasını tespit mümkün olacaktır. Burada Bilgisayar ile görü sensör olarak görev yapmaktadır.



**Şekil-92** Bilgisayar ile Görünün Top-Zemin Deneyinde Kullanımı[30]

Topun tespitini yapan algoritma Kayan Pencere (Sliding Window) metodu kullanılmaktadır. Sol üst (0,0) noktadan başlayarak pencere büyüklüğüne bağlı olarak (3X3,5X5,11X11 vb.), x ve y değerleri artırılarak ekran taranır. Zdenek KALAL bu fikirden yola çıkarak, P-N öğrenme sistemini geliştirmiştir.

### **6.2.1. TLD Öncesi Çalışmalar**

#### **6.2.1.1 Nesne Takibi (Tracking)**

Nesne hareketini tahmin etme işlemidir. Pratikte nesnenin ifadesi için HAREKET alanı, optik akış kullanılmıştır. Optik akış konusunda Kanade-Lucas-Tomassi algoritması esas oluşturmaktadır. Aslında yapılan adımlar birer cümle ile özetlenirse: hedef görüntüye Gaus filtresi uygulanarak görüntü yumuşaltılır, Yüksek çözünürlüklü görüntü, düşük çözünürlüklü görüntü haline getirilir. Lucas-Kanade algoritması görüntüye uygulanır. İzleme sonuçları bir sonraki görüntünün başlangıç noktası olacak şekilde yapılandırılır. Görüntüdeki hareket miktarının sınırlı olması durumunda başarılı sonuçlar vermektedir. Bu çalışmada takip işlemi için örnek (kare kutu) takibi metodu kullanılmıştır. Kare kutu ile tanımlanan nesne, örnek olarak kabul edilmiş ve hareket ise, müteakip video görüntülerindeki muhtemel hedef ile mevcut hedef karesi arasındaki uyumsuzlukların minimize edildiği bir dönüşüm olarak ifade edilmiştir. Örnek takibi, sabit ve/veya uyumlu olabilir. Sabit örnek algoritması takibi sınırlamaktadır. Uyumlu modelde ise güvenilirlik sorunu ortaya çıkmaktadır. İkisinin ortak kullanıldığı modellemeler mevcuttur. Üretici/Yaratıcı (Generative) modellemede ise hedefin daha çok ve değişik görüntüsü ile takip işlemi, anlık veya kayıt üzerinden yapılabilmektedir. Bu modellemede görüntüde hedefin olması durumunda başarılı, ancak hedefin kısmi olarak çevresel faktörlerle

engellenmesi durumunda başarısız olmaktadır. Bu problem ile başa çıkabilmek maksadı ile iki yaklaşım söz konusudur. Birinci yaklaşım, nesnenin hareketini destekleyecek ve nesne ile ilişkili, hedef nesnenin kaybolması durumunda takibini kolaylaştıracak olan nesne parçaları aramak, İkinci yaklaşım ise takip algoritmasının ayırt etmesini sağlayacak (discriminative) şekilde çevrenin negatif sınıf olarak işaretlenmesidir. Fark gözeten takipçi algoritmalar, hedef nesne ve çevre olmak üzere ikili sınıflandırma yaparlar. Statik fark gözeten takipçi algoritmalar, nesne sınıflandırıcıyı kendilerini sınırlayacak şekilde bilinen nesnelere göre eğitirler. Uyumlu fark gözeten algoritmalar ise takip esnasında sınıflandırmayı yaparlar. En önemli safhası ise hedef nesnenin mevcut yerinin pozitif, çevresinin ise negatif olarak işaretlenmesi ve her video karesinde güncellenmesidir. Bu güncelleme işlemi takip açısından, kısa süreli hedef kaybı ve dağınık arka plan için önemli değişiklikler yaratsa da hedef nesnenin uzun süreli kaybını telafi edememektedir. Bu sorunların çözümü için takip algoritmasını güncellemek ilk karede eğitilen yardımcı sınıflandırıcı veya bir çift bağımsız sınıflandırıcı ile kısıtlanmıştır.

#### **6.2.1.2. Tanımlama (Detecting)**

Dedef nesnenin yerinin bulunması işlemidir. Hedef nesne kavramı, bir tek kareden, nesnelere oluşan sınıfa kadar değişken olabilir. Nesne tanımlama metotları, nesnenin yerel özelliklerinin tespiti veya kayan penceredir.

Nesnenin yerel özelliklerinin tespiti, özellik tanımlama, özellik tanıma ve modelleme safhalarını içerir. Düzlemsel veya üç boyutlu modellemelerde faydalanılır. En önemli sınırlama ise hedef nesne özelliklerinin tanımlanması ve nesne geometrisinin önceden bilinmesi ihtiyacıdır.

Kayan pencere metodu yaklaşımında, mevcut görüntüde hedef nesnenin bulunup bulunmadığına karar verebilmek maksadı ile hedef nesnenin değişik büyüklüklerinin taranmasıdır. QVGA görüntüde, her bir görüntü karesinde yaklaşık olarak 50000 adet büyüklükleri farklı hedef nesne araması anlamına gelmektedir. Anlık görüntülerde bu işlemin yapılabilmesi için kayan pencere tabanlı kademeli algoritma kullanılmıştır. Arka planın, hedef nesneden daha fazla görünmesinden faydalanarak sınıflandırıcı birkaç kademeye bölümlendirilmiştir. Uygun olmayan arka planın reddedilmesi kademeli işlemini kısaltmaktadır. Tanımlayıcının eğitilmesi için çok sayıda örneğe ve eğitim safhasında yoğun hesaplama ihtiyacı

vardır. Alternatif bir yaklaşım ise örneklerden oluşan bir koleksiyon ile nesneyi modellemektir. Bu modellemede koleksiyona bir örnek daha eklemekten oluşur.

### **6.2.1.3. Öğrenme (Learning)**

Nesne tanımlayıcılar geleneksel olarak, bütün örneklerin etiketlendiği varsayımı ile öğrenirler. Takip-Öğrenme-Tanımlama algoritması için çok güçlü bir varsayımdır. Çünkü incelenen algoritmada, eğitim tek bir karede işaretlenmiş hedef nesne ve video ile yapılmaktadır. Bu nedenle etiketlenmiş ve etiketlenmemiş örneklerin kullanımını esas alan yarı denetimli öğrenme olarak ifade edilir. Bu metotlar birbirinden bağımsız ve belirli özellikleri olan benzer dağıtılmış örnekler olduğu varsayımını kabul eder. Geçmişte öne sürülen, Eş zamanlı öğrenme (Co-training), kendi kendine öğrenme (Self Learning) ve beklenti maksimizasyonu (Expectation Maximization) algoritmaları da benzer faraziyelere dayanmaktadır.

Beklenti Maksimizasyonu (BM), etiketlenmemiş verinin parametrelerini tahmin etmek amacıyla oluşturulmuş genel bir methodur. BM ikili sınıflandırma sürecinde etiketlenmemiş verinin tahmininde kullanılan aşamalı bir süreçtir. BM belge sınıflandırması ve nesne kategorilerinin öğrenilmesinde başarılı olarak kullanılmıştır.

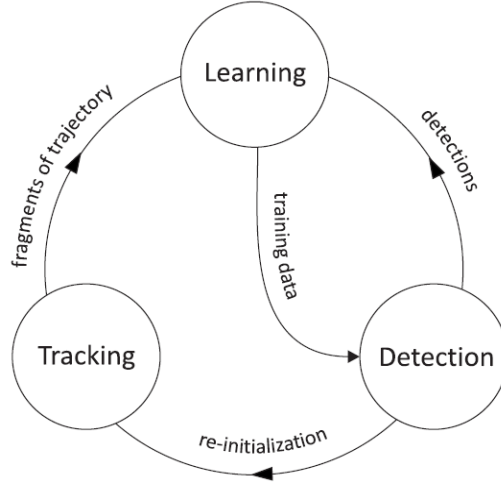
Yarı denetimli öğrenmede, BM “düşük yoğunluklu ayrıştırma” faraziyesine dayanmaktadır. BM kendi kendine öğrenmenin yazılım sürümüdür. Eş zamanlı eğitim ile bağımsız sınıflandırıcılar birbirini eğitebilirler fikri üzerine kurulmuş bir öğrenim metodudur. Bağımsız sınıflandırıcılar için eş zamanlı eğitim iki bağımsız özellik uzayı olduğu faraziyesi ile mümkün olur. Öğrenim iki bağımsız sınıflandırma ve etiketlenmemiş verinin kullanımı ile başlar ve daha sonra iki sınıflandırıcı değerlendirmeye tabi tutulur. Birinci sınıf tarafından güvenli etiketlenen örnekler ikinci sınıflandırıcının eğitim sürecinde güçlendirmede kullanılır. Eş zamanlı eğitim bağımsız evreleri olan problemlerde daha iyi çalışır. Tek bir görüntü karesinden çıkarılan özellikler bağımlı olabilir ve eş zamanlı eğitim faraziyesini ihlal edebilir.

### **6.2.2. Takip-Öğrenme-Tanıma (Tracking- Learning-Detecting)**

TLD video görüntülerinde bilinmeyen nesnelerin uzun süreli takibi maksadı ile oluşturulmuş bir yapıdır. Aşağıdaki şekilde Takip-Öğrenme-Tanımlama işlemini göstermektedir.

Takip; nesnenin ekranda bulunduğu ve hareketin sınırlı olduğu varsayımı ile bir sonraki karede nesnenin hareketini tahmin eder.

Tanımlayıcı; bir önceki karede veya daha önce öğrendiği hedef resmi, her video karesinde bağımsız olarak kayan pencere metodu ile tarar. Tarayıcının hata yapma olasılığı iki türdür; Hatalı Doğrular (False Pozitives) ve Hatalı Yanlışlar (False Negatives).



**Şekil-93** TLD Şeması[31]

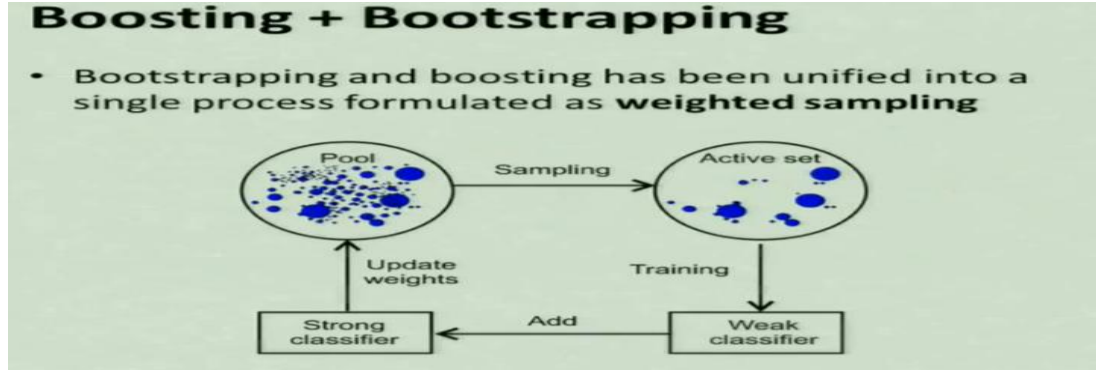
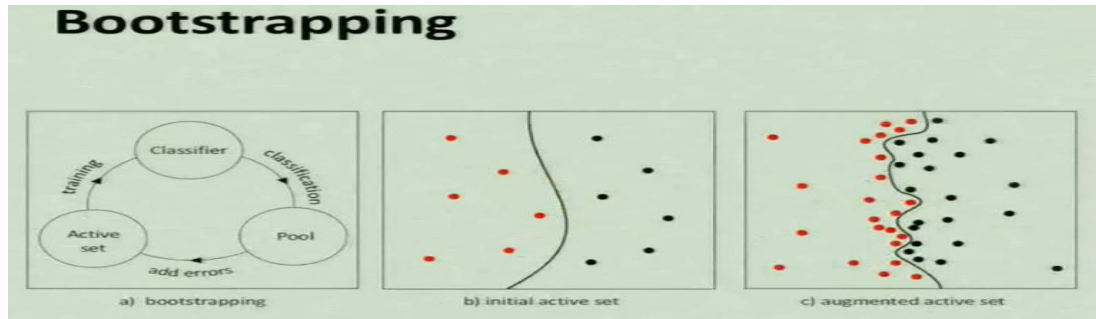
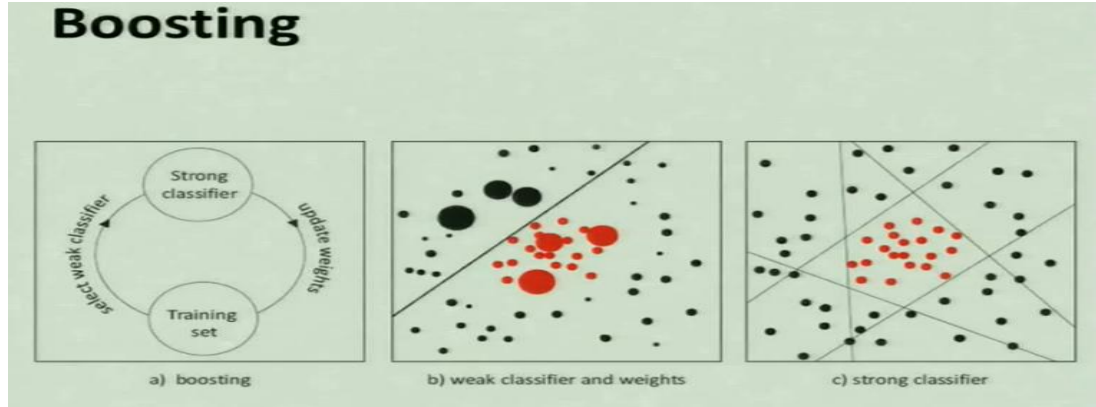
Öğrenim; her iki algoritmanın (Takip ve Tanımlayıcı) performanslarını gözetleyerek, tanımlayıcının hatalarını tahmin eder ve eğitim verilerini üreterek bu hataların yapılmasını önlemeye çalışır. Öğrenim algoritması her iki algoritmanın da hata yapabileceği faraziyesi ile çalışır.

### **6.2.2.1 Tanıma**

Basit ve Karmaşık Nesnelerin Tanımlanması, Basit nesnelerin kenarlarının bulunması (Blob Extractions) işlemi sadece renk histogramı ile basit bir şekilde yapılabilir. Yüz tanımlama/bulma gibi karmaşık nesnelerin kenarlarının bulunması (Blob Extractions) işlemi milyonlarca parametreye bağlı olduğu için makine öğrenmesi (Machine learning) ile binlerce yüz resminin ve yüz olmayan nesnelerin sisteme tanıtılması ve uzun ve karmaşık bir denetimli öğrenme metodu ile yapılabilir. Yüz tanımlayıcılarda genelde iki ana yaklaşım söz konusudur.

Boosting; yüz ve yüz olmayan kenarlara ağırlıklarına göre karar verir.

Boost Strapping; benzer bir şekilde yüz ve yüz olmayan kenarlara, örneklere göre karar verir.



Şekil-94 Yüz Tanımlama Denetimli Öğrenme Algoritmaları[32]

Zdenek KALAL, Krystian Mikolojczyk ve Jiri Mates (KMM) bu iki yöntemi birleştirerek bir süreç haline getirmişlerdir. Bu süreç ağırlıklandırılmış örnekler (weighted sampling) olarak adlandırılmıştır. Bu yöntem yüz tanımlama işleminde, normal ve infrared görüntüye şekil-97 de olduğu gibi uygulanmıştır. Ayrıca araç ve plaka tespiti sistemlerine de uygulanmış ve daha iyi sonuçlar alınmıştır.

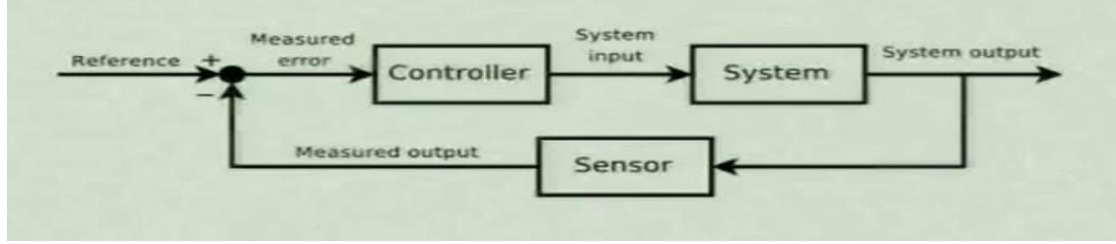
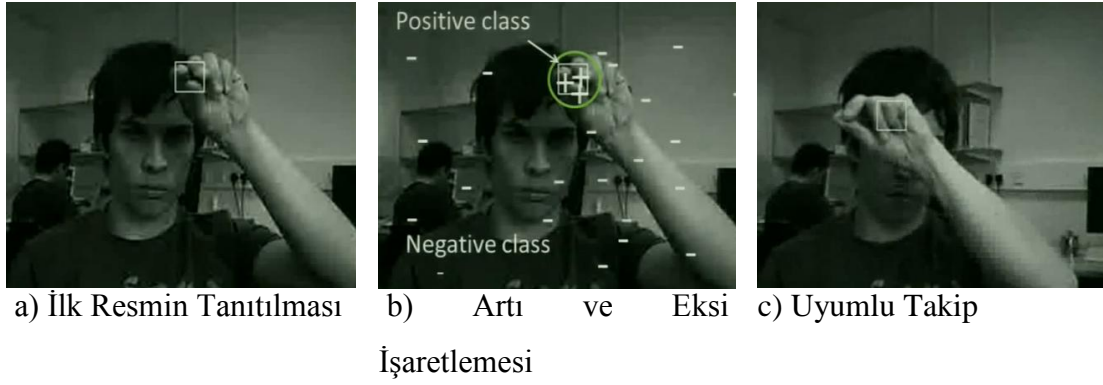




**Şekil-95** Normal ve IR Yüz Tanımlama Sisteminin Uygulanması[31]

Tanımlama sistemleri sensörlere ihtiyaç duymaktadır. Sistem verileri alır, çıktıları üretir ve çok hızlı olabilir. Fakat sisteminizin çok büyük veri tabanına ihtiyacı olabilir. Asıl sorun nesne tanımlamayı kontrolsüz nesnelere, denetimli öğrenme olmadan nasıl uygulanacağıdır. KMM'in başlangıçta ele aldığı temel sorun; başlangıçta yapılmış denetimli öğrenme olmadan, ilk referans kare ile kayıt süresi arttıkça öğrenme seviyesi artan bir algoritma tasarlamaktır.

KMM'in veri olarak, parmakların olduğu bölgeyi içeren tek bir karenin sisteme tanıtılmasını müteakip, ekranın her yerinde bu karenin bulunması işlemidir. Gerekli öğrenim verileri olmamasına rağmen, bu veriler canlı olarak yaratılabilir. Bu işlemi basitleştirmek ve hızlandırmak maksadı ile sisteme verilen tek kare referans olarak kabul edilir ve gerekli ilköğrenim verileri alınır.



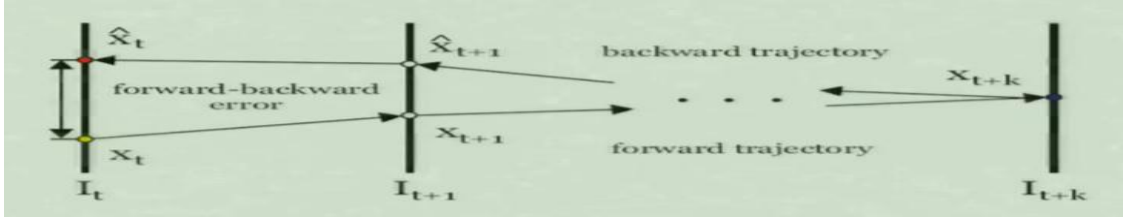
**Şekil-96** Predatör Sistemine İlk Karenin Girilmesi[30]

### 6.2.2.2 Takip

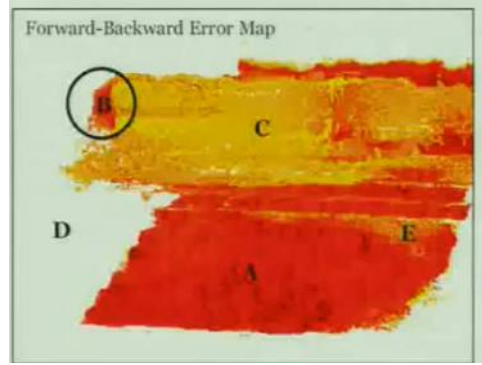
Referans kısmı pozitif, diğer kısımlar negatif olarak işaretlenir. Bu işlem temel olarak uyumlu takip (Adaptive Tracking) olarak bilinir. Ve her video işlemi süresince sınıflandırıcı güncellenir, aynı zamanda öğrenim veri tabanı anlık olarak artırılır. Ama her hâlükârda belirli bir süre sonunda hataya düşer ve başarısız olur. Buradan çıkarılacak ders; uyumlu takip sistemleri de hata yapar, ama siz doğru olduğunu düşünerek ve sorunu düzeltemeyebilirsiniz. Bu sorunu çözebilmek için, en iyi çözüm olmadığı düşünülmesine rağmen, araştırma ekibinin tam olarak yapmak istediği şey, takip hatalarının tespitini yaparak, sadece nesne tanımlama doğru ise gerekli sınıflandırıcıların güncellemelerinin yapılmasını sağlamaktır. Eğer tanımlama hatalarını bulmak istiyorsak, çözümü basit hale getirmek maksadıyla sınıf takip algoritması yerine standart Lucas-Kanade takip algoritması kullanılmalıdır. Buradaki sorun  $t$  anından  $t+1$  anına geçerken hangi noktanın doğru hangi noktanın yanlış takip edildiğini otomatik olarak bulan bir algoritma geliştirmektir.

Zamansal ileri geri hedef nesne kontrollerinin  $k$  adet çoğaltıldığı;  $k$  adet ileri ve  $k$  adet geri yapılan kontrollerle yeterli bilgi elde edilebilir ve bu bilgi takibini kolaylaştırır. Örnekte hem yayalar hem kamera hareket etmektedir. Mesela 50 adet

ileri ve geri zamansal kare ele alındığında, elde edilen hata haritasında sağda görüldüğü gibi olacaktır.



a) Güvenilir Noktalar

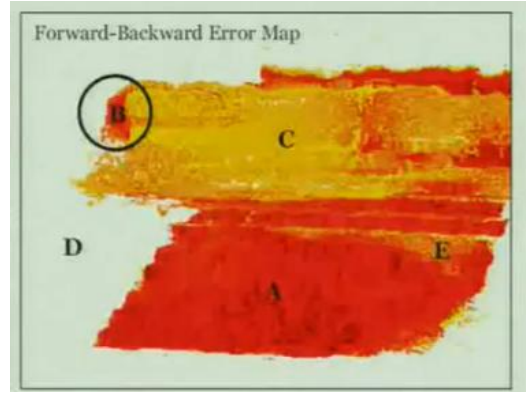


b) İleri-Geri Hata Haritası

(Kırmızı Bölgeler = Az İG Hatalar)



a) Güvenilir Noktalar



b) İG Hata Haritası

(Kırmızı Bölgeler = Az İG Hatalar)

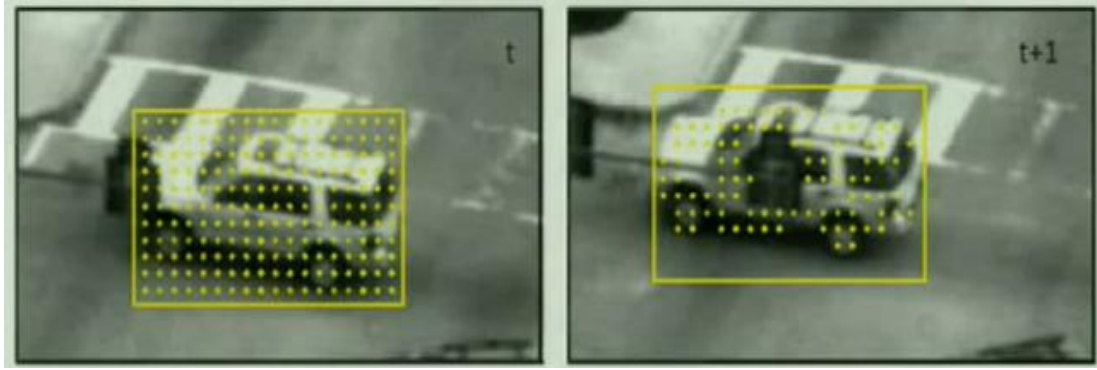
**Şekil-97** İleri-Geri Hata Tespiti[33]

Sol resimde görülen kırmızı noktalar sizin güvenilir bir şekilde takip edebildiğiniz bölgeyi göstermektedir. Sağ tarafta Halka içine alınmış B bölgesinde yayalar yer almaktadır. Yayaların alt kısmının hareketi fazla olduğundan, üst kısmı kadar güvenilir bir şekilde takip edilememektedir. Kırmızı ve sarı ile gösterilmeyen

alanlar ise kamera hareketi nedeniyle  $t+50$  anında çerçeveye giren ve henüz karşılaştırılması yapılamamış ilköğrenim verisi olarak yer almaktadır.

#### Medyan Akış Takibi (Median-Flow Tracker)

Sistem 5 aşama ile sonuca ulaşmaktadır. İşaretlenmiş kareye ait noktaların bir matrise taşınması, 50 çerçeve (frame) arasında takip noktalarının bulunması, Noktaların güvenilirliğinin hesaplanması, Güvenilirliği %50 altında olan uç noktanın ayıklanması, İşaretlenmiş karenin hareketinin tespitidir. Görüntüdeki bozulma çok ise, bu algoritma da takip işlemini yapamaz duruma gelecektir.



**Şekil-98** Medyan Filtre Uygulaması

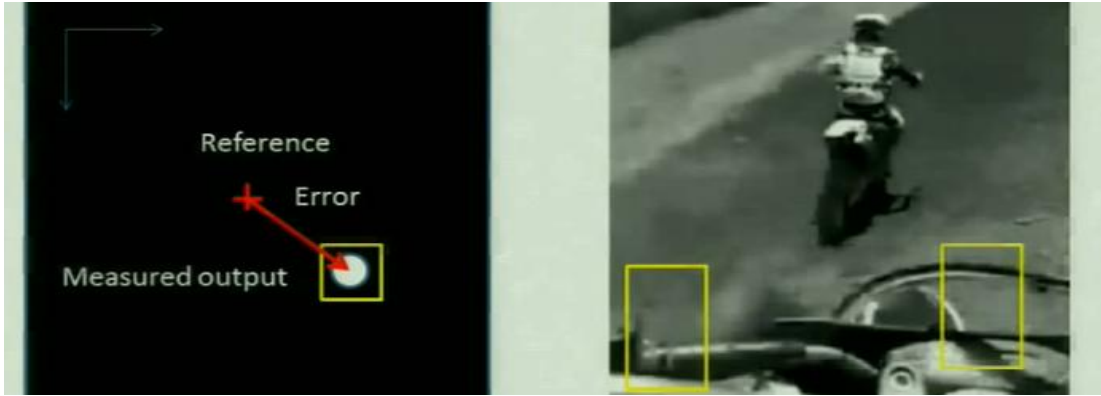
Sonuç olarak, takip hatalarının tanımlanmasının da takibe faydası vardır. Fakat her takip algoritmasının referans tanımlayıcıya gereksinim duymaktadır. Bu nedenle genelde takip algoritmaları nesne tanımlayan algoritmalar ile beraber çalıştırılır. Fakat genel olmasa da, takip ve tanımlama algoritmalarının yanı sıra bütün bilgiyi toplayan ve takip/tanımlama algoritmalarının daha güvenilir veriye sahip olmasını sağlayan ve nesne tanımlamayı öğrenen algoritmaların da paralel çalıştırılması bir başka ihtiyaçtır.

#### 6.2.2.3 Öğrenme

Denetimli öğrenen tanımlama algoritmaları ile denetimsiz öğrenen tanımlama algoritmaları arasında farklar vardır. Denetimli öğrenen algoritmalarda milyonlarca örnek, etiket ve bolca zaman bulunmaktadır. Geleneksel olarak denetimli öğrenen sistemler yanlıştan kaçınarak öğrenme üzerine kuruludur. Denetimsiz öğrenmede ise tek bir kare ile başlanır, etiketleme bilgisi yoktur ve en önemlisi bol hatalı gerçek zamanlı veri girdisi ile icra edilir. Denetimli öğrenmeden farkı ise hatalardan kaçınılmaz aksine nesne sınıflandırıcı hataları tanımlar ve öğrenme, yapılan

hatalardan çıkarılan bilgi üzerine kuruludur. Algoritmada esas tek bir kare ile sınıflandırıcı, öğrenmeye başlar. Sistem ne kadar çok hata tespit ederse o kadar sağlıklı çalışmaktadır. Her çerçevede sırası ile şu işlemler gerçekleştirilir; sınıflandırıcının değerlendirilmesi, hataların tahmini (ileri ve geri zamansal kayma ile), sınıflandırıcının güncellenmesidir.

- Sınıflandırıcıyı değerlendirme; mevcut sınıflandırma teknikleri (En Yakın Komşu (KNN)) ile yapılır.
- İleri ve geri zamansal kayma ile hataların tahmini;
- Sınıflandırıcının güncellenmesi,



**Şekil-99** Referans Noktası

Referans noktası var ve düzenli/devamlı hata takibi söz konusudur.

Referans noktamız yok ve hatalar ayırık bu nedenle ilk karşılaştığımız durumdan tamamen farklıdır.

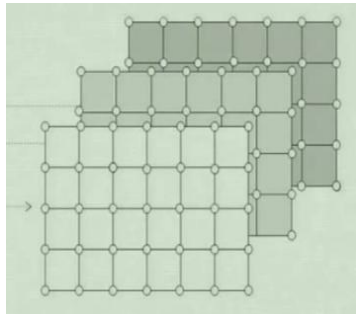
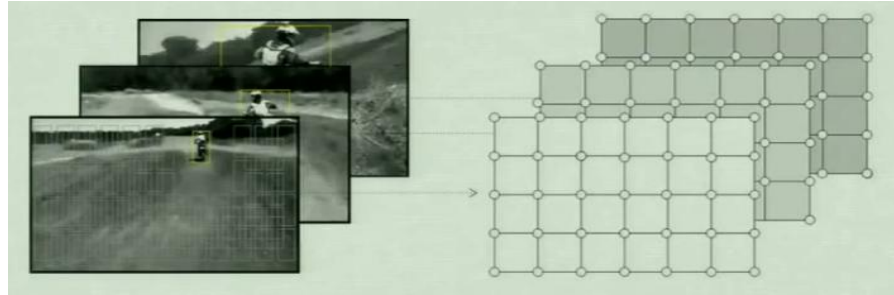
Bu durumda iki türlü hata yapılması söz konusudur. Hedef nesnelerin sınıflandırılması sonucunda;

- Olmayanı var kabul etmek (False alarm; Sarı ile işaretli),
- Var olanı tespit edememek (Missed detection; Kırmızı ile işaretli),

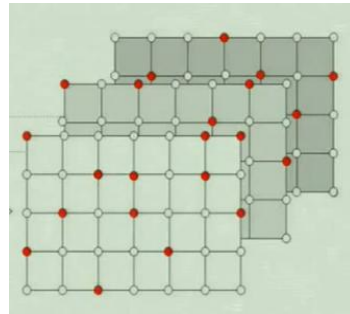


**Şekil-100** Hata Tespiti [31]

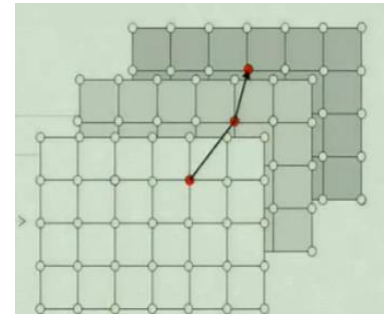
Bu hataları bize verecek bir geri besleme sistemi ya da algoritmasına ihtiyacımız vardır. Tek bir görüntü karesi ile hatalardan sağlıklı öğrenme yapılamayacaktır, ancak bir video ve bir seri çerçeve söz konusu ise, faydalanılacak çok veri var demektir. Her bir çerçeveye karşılık Şekil-103 a'da yer alan bir grid ızgarası olduğu var sayılır. Her çerçeve işaretli nesnelerin tespiti için Kayan Pencere (Sliding Window) algoritması ile sol baştan taranır. Her kare zamandan bağımsız olarak, işaretli nesnenin yerinin tespiti maksadı ile kendi içinde taranır. Bu şekilde bir seri veri elde edilir. Bu aşamada; hedef nesnelerin sınıflandırılması işlemine devam edilir. Bu sınıflandırma işlemi bizim kullandığımız bilgidir. Eğer sınıflandırıcı bize Şekil 103 b'de yer alan birden fazla noktada olacak şekilde sonuç üretiyor ise bir şeylerin yanlış olduğunu kabul edebiliriz. Çünkü nesnenin aynı anda 4-5 farklı noktada bulunması söz konusu değildir. Ayrıca zamansal olarak bakıldığında sürekliliği bulunmamaktadır. Eğer sınıflandırıcı bize şekil 101 c) de yer alan sonucu üretiyor ise sınıflandırıcının doğru sonuçlar ürettiğini kabul edebiliriz. Çünkü nesnenin her çerçevede bir eşleniği vardır ve zamansal olarak bakıldığında sürekliliği bulunmaktadır.



a) Her bir zaman/görüntü karesine karşılık bir grid ızgarası



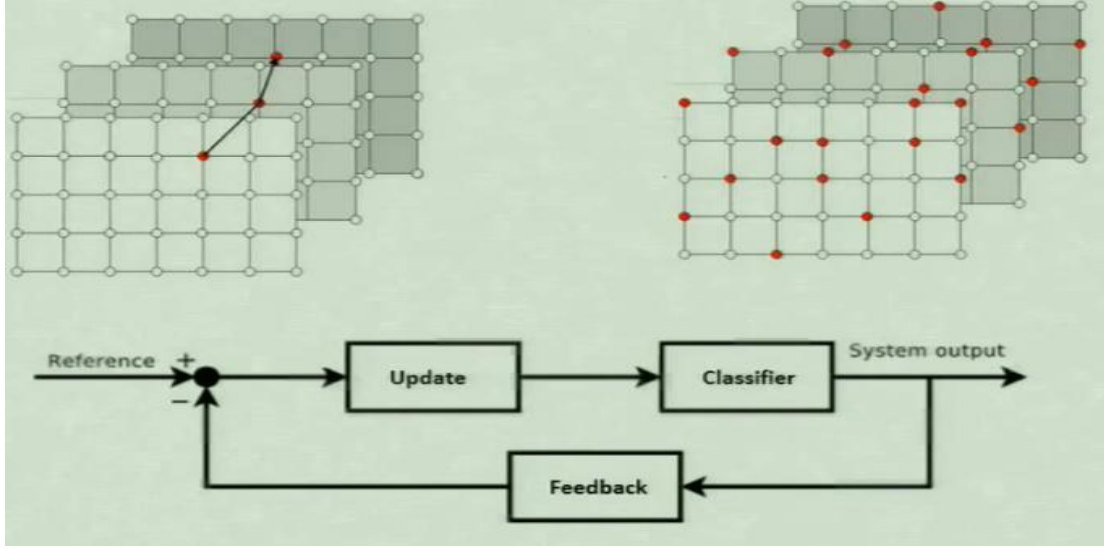
b) Hatalı sınıflandırma



c) Doğru sınıflandırma

Şekil-101 Takip Tahmini[31]

Sonuç olarak, sınıflandırıcının doğru sınıflandırma yapıp yapmadığını belirlenebiliriz. Sistemin kontrol teorisi ile ilişkisi ise burada ortaya çıkmaktadır. Sistemin nasıl davranmasını gerektiği kısmı referans noktası olacaktır, Sistemin nasıl davranmaması gerektiği kısmı (Sınıflandırıcının davranışı) ise öğrenme sisteminin girdisi (feed back) olacaktır. Referans ve geri besleme girdisi bir şekilde karşılaştırılır ve sınıflandırıcı için yeni sınıflandırma verileri üretilerek gerekli güncelleme yapılır. Bu sistemin temel çalışma prensibi bu aşağıdaki şekilde yer almaktadır.

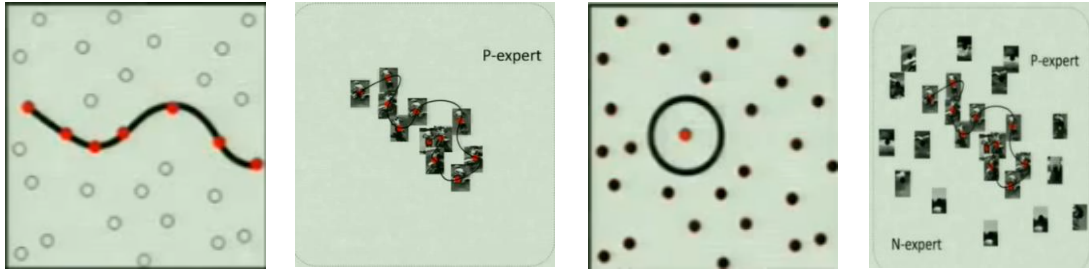


**Şekil-102** Geri Beslemeye Dayalı Takip Şeması[31]

Geri beslemenin elde edilmesi için gerekli hatalara ilişkin sorunun daha basit hale getirilmesi amacıyla, birbirinden bağımsız iki parça halinde ele alınır.

Pozitif Hatalar (P-Expert (Zamansal yapı)); takip algoritması tarafından aynı etiketle etiketlenmiş ve  $t$  anından  $t+k$  anına kadar geçen süre içinde birbiri ile bağlantıları olan hedef nesnelere tespit edememe durumu (Takip edilememiş doğru parçaları tahmin eder).

Negatif Hatalar (N-Expert (Mekânsal yapı)); her bir çerçevede nesnenin bir izdüşümü olabilir (her bir çerçevede yanlış olarak etiketlenmiş nesnelere tahmin eder). Birden fazla yerde gözüküyor ise bir tanesi pozitif olarak, diğerleri negatif olarak işaretlenir. Negatif olanlar sınıflandırmaya tabi tutulur. Bu kurallar her zaman doğru olmayabilir, ama bizim uygulayacağımız ve yapıyı oluşturan basit kurallardır.



**Şekil-103** P/N Expert[32]

Bu kurallar öğrenme işlemine uygulandığında, motosikletli kişinin işaretlenmesi ile süreç başlar. Motosikletli personel burada bir nokta ile temsil edilmektedir. Daha sonra süreç olarak en çok yer kaplayan sınıflandırıcı algoritma bulunmaktadır. Öğrenme işlemi esnasında P-Expert vasıtası ile mekânsal olarak araştırma yapılır. Bağımsız N-Expert vasıtası ile de kısmi olarak mekânlarla kesişmektedir. Bu iki bağımsız algoritma ile uygun seviyede nesne barındıracak şekilde daha önce sahip olunmayan nesnelere uzayını şekillendirir.

Öğrenme kısmını sonuçlandırarak olursak; Sistemin nasıl davranması gerektiğini gözlemlediğimizde, onun hatalarını tahmin edebiliriz. Böylece bu hatalarda öğrenim yapabiliriz. İkinci olarak tek bir kare ile mantıklı nesne tanımlayıcıyı öğretebilir ve etiketlenmemiş video verilerini işleyebiliriz.

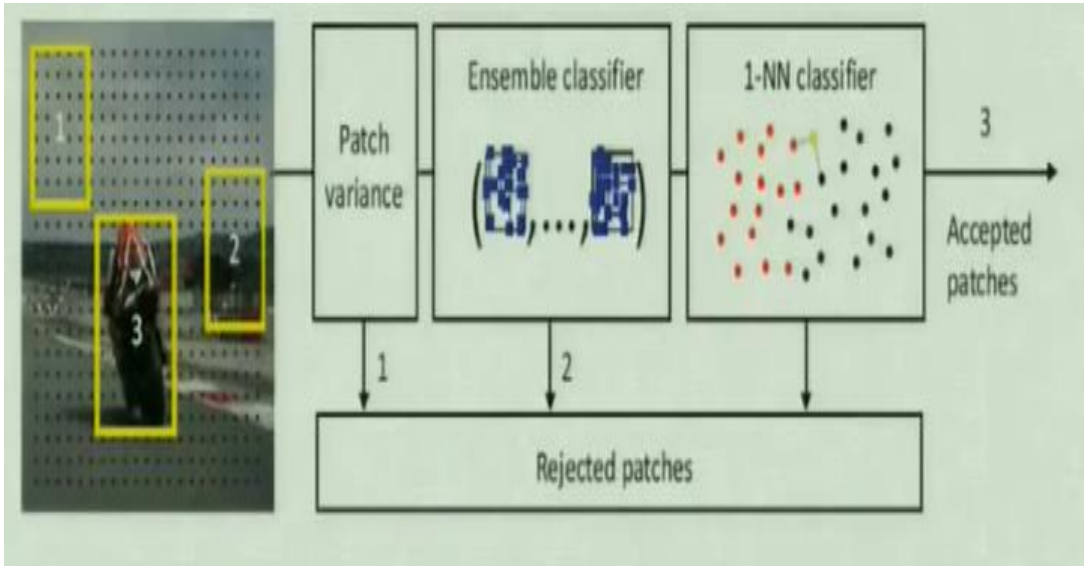
Özetle Sistem; Öğrenme, Tanıma ve Takip olmak üzere, üç parçadan oluşmaktadır. Takip kısmında KLT Akış Algoritması, tanıma kısmında ağırlıklandırılmış örnekler tanıma algoritması ve öğrenme kısmında ise takip ve tanıma algoritmalarının öğrenmesini sağlayan P-N algoritması bulunmaktadır. Biz bunları bir araya getiriyoruz ve sistemin akışı şekilde görüldüğü gibidir. Nesne takibi yapılırken, aynı zamanda tanımlama yapılmaktadır. Takip sistemi bize nesnenin izdüşümünü vermektedir. Tanımlayıcı ise bize başlangıçta aldığı ilk kare bilgisi ile tanımlama bilgilerini vermektedir. Bu iki bilgi birleştirilir ve doğru olan noktaların seçilmesini sağlar.

Öğrenme kurallarını kullanarak hataları tespit eder ve tanımlayıcıyı geliştirir. Nesne takipten çıksa bile, Tanımlayıcı bilgisi bulunduğu için yeniden takip işlemi başlatılabilir. Sisteme verilen tek kare tanımlama bilgisi ile sistem; P expert vasıtası ile doğru olan parçaları, N expert vasıtası ile yanlış olan parçaları bulmakta ve



bunları karşılaştırarak tanımlama verilerini güncellemektedir. Sistemde ilk verilen hedef nesne noktalarla temsil edilmektedir. En Yakın Komşu sınıflandırma algoritması kullanılarak, bir sonraki noktanın hangi gruba ait olduğu tespit edilir.

Ancak bu işlem çok hızlı bir şekilde yapılmamaktadır, bu nedenle işlemi basitleştirme maksadı ile iyileştirmeye ihtiyaç vardır. İlk iki safhada çok daha hızlı işlemler yapılır. Üçüncü safha olduğu gibi kabul edilir. Hedef nesnelerin varyansları karşılaştırılır, örnek varyansına yakın olanlar genel sınıflandırmaya gider diğerleri elenir. Genel sınıflandırıcı basit piksel işlemleri yaparak hedef nesneyi bulmaya çalışır, hedef nesneye yakın olanları ayıklar, diğerlerini eler ve en yakın komşu sınıflandırıcısı ise gerekli kararı verir. Program Açık kaynak kodlu olup, MATLAB ile yazılmıştır. Halen GPL lisansı 3.0 versiyonu bulunmaktadır. 600'den fazla kullanıcısı bulunmaktadır.



Şekil-104 TLD Şeması

### 6.3.Görüntü Etiketleme

Anlık veya kaydedilmiş görüntülerin İHA operatörü, sistem analizcisi ve karar verici açısından anlamlı hale getirilmesi ve veri madenciliğinden istifade etmek maksadı ile coğrafik konum bilgisi esas alınarak, daha önce veri tabanına kaydedilmiş verilerin video üzerinde etiket şeklinde kullanılmasını esas almaktadır. Orijinal adı UAVs in Wilderness Search and Rescue (WISARS)[35] olan projenin geliştirilmesi işlemi Brigham Üniversitesinde görevli olan Michael A.GOODRICH tarafından yönetilen bir ekip tarafından, orijinal adı “Online Annotation of Airborne

Surveillance and Reconnaissance Videos”[36] olan ve Research Establishment for Applied Science, Ettlingen/Germany görevli SOLBRIG P., BULATOV D., MEADOW J., WERNERUS P., THONNESSEN U., tarafından halen devam ettirilmektedir.

Söz konusu “UAVs in WİSAR” projesinde, 127 cm kanat açıklığı olan 0.9 kg ağırlığında, iletişimi telsiz ile 900 Mhz, görüntü aktarımı ise 2.4 Ghz da yapılmakta olan kamera ile donatılmış mini İHA vasıtası ile arazide kaybolan insanların araştırılması ve bulunması esas alınmaktadır. Bu maksatla GPS verileri ve 3 boyutlu Arazi Kütüphaneleri kullanılmaktadır. Uçuş esnasında görüntü mozaikleri oluşturulur ve bu görüntüler üzerinde etiketleme işlemi yapılmaktadır. Fırtına ve Doğal afetlerin yarattığı hasarın mini rotorlu İHA ile tespiti, İHA ile sistematik araştırma metotlarının geliştirilmesi, arama ve kurtarma faaliyetlerinde karakteristik davranışların ve askeri uygulamalar bu konuda yapılan çalışmalardandır.[35]

Bu çalışmanın sonucunda elde edilen birinci ders, arama güzergâhının oluşturulmasının önemli olduğu; mevcut mini İHA ile 60m altında ve 100m üstünde yapılan uçuşlardan verim alınamadığı,

Video görüntüsünün titremesi ve videoda kalma süresinin yeterli olmaması nedeni ile nesne tanımlamanın zor olduğu,

Uçuş süresinin 45-105 dakika arasında olması sebebiyle etkin arama süresinin 30-90 dakika olduğu,

İkinci ders, arazi taraması yapan grup ile İHA grubu arasında telsiz telefon vb cihazlarla anlık veri akışının önemli olduğu ,

Üçüncü ders, geliştirme öncelikleri açısından bakıldığında ise donanımsal gelişmelerin öncelikli olduğu tespit edilmiştir. En önemli konunun ise görüntü geliştirme/zenginleştirme ve İHA'lara entegrasyonu olduğu tespit edilmiştir.

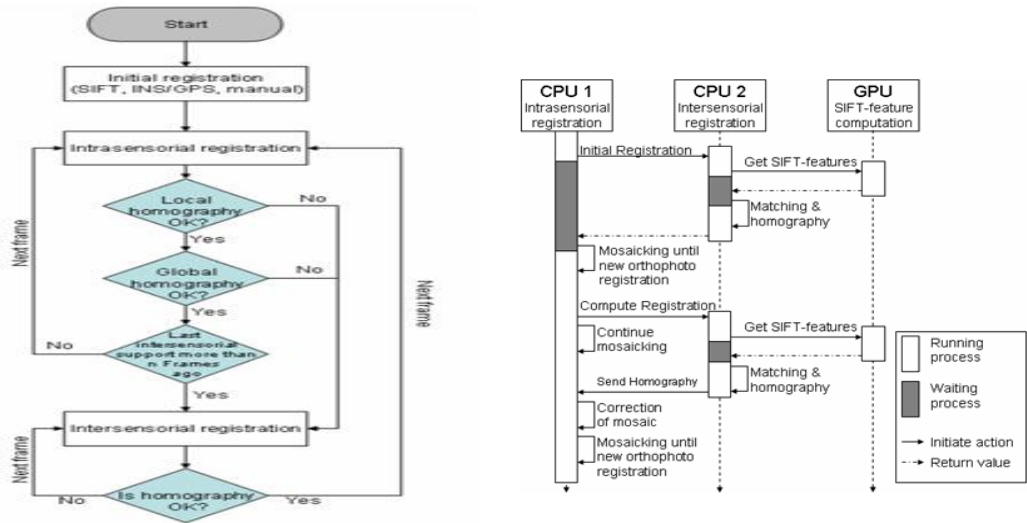
Bu konuda daha önce yapılmış en önemli teknolojik gelişmenin ise görüntü mozağinin oluşturulması, bilişsel görev analizi olmuştur.

Hali hazırda ise “augmented virtuality” adı verilen arazi bilgilerini, haritayı ve uydu görüntülerini bütünleştiren güçlendirilmiş sanal ortam geliştirilmektedir.

Özetle, gerçek zamanlı görüntülerin harita yüzeyine yansıtılması olarak ifade edilebilir.

Online Annotation of Airborne Surveillance and Reconnaissance Videos” çalışmasında İHA’lardan alınan görüntülerin coğrafik koordinat referanslı olarak zenginleştirilmesi esas alınmıştır. İlk görüntünün ortofoto olarak kaydını müteakip diğer görüntülerle mozaikleme işlemi yapılmaktadır. Görüntüler arasında benzer noktaların bulunması maksadı ile Scale Invariant Feature Transform (SIFT) kullanılmaktadır. Benzer noktaların bulunmasını müteakip, bu noktaların takibi Kanade-Lucas Tomassi takip algoritması ile yapılır. KLT mozaikleme işleminde kullanılan genel yöntemdir.

İşlemci çekirdeklerinden biri mozaikleme işlemi ile meşgul olurken Grafik işlemcisi SİFT hesaplamaları ve diğer çekirdekler ise diğer işlemler ile meşgul olurlar.



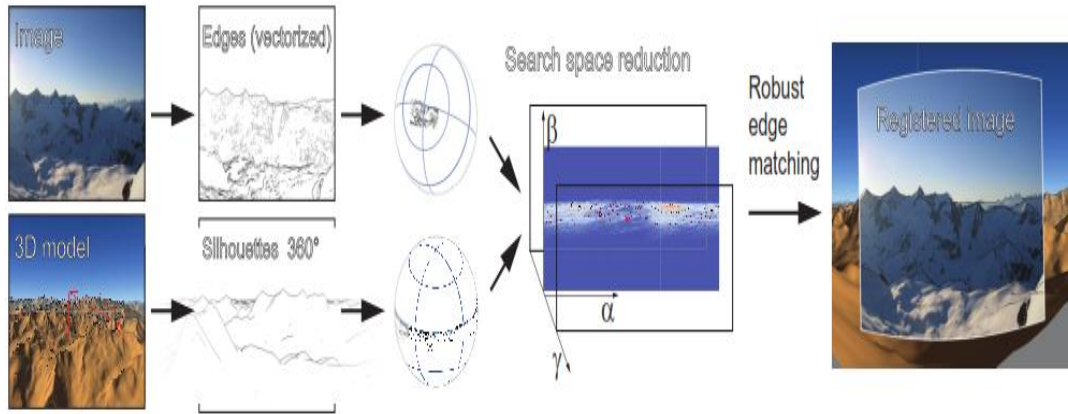
Şekil-106 Anlık Video Etiketlemesi[36]

Şekil-105 Mozaikleme Akış Şeması[36]

Anlık alınan verilerden oluşturulan mozaikleme sistemi ile yapılan etikleme Analizci ve operatöre kolaylık sağlayacağı değerlendirilmektedir.

BABAUD ve arkadaşları ise sabit bir noktadan yapmış oldukları 360 derecelik çevresel görüntü çekimine veri tabanından çekilen yükseklik verilerini işleyerek,

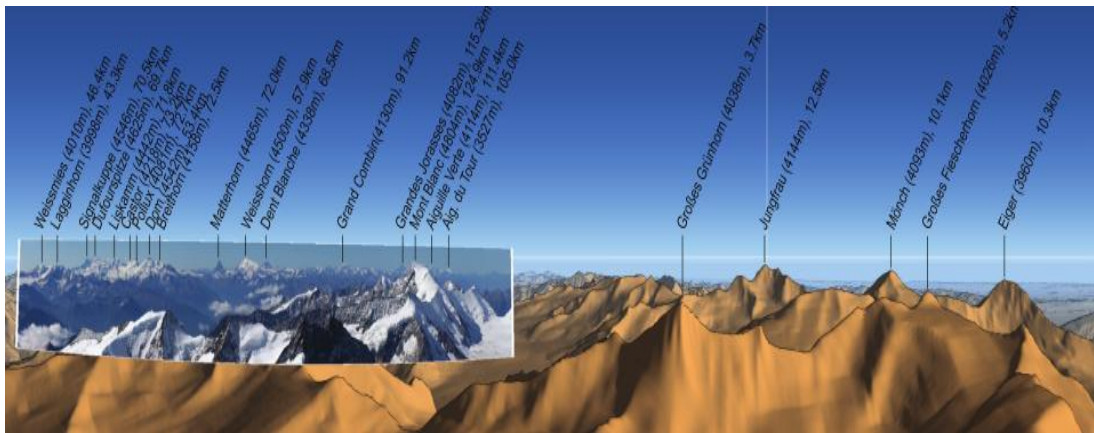
Anlık video görüntülerinde dağ isimlerinin görünmesini sağlamışlardır. Birleştirme işlemi şekil 107’de yer almaktadır.



**Şekil-107 Görüntülerde Etiketleme[37]**

Arazinin sentetik 3D modellemesi yapılır ve siluet çıkarma işlemine tabii tutulur, aynı zamanda çekimi yapılan arazi görüntüsü ise kenar bulma işlemlerine tabii tutulur eşik uygulaması yapılır. SIFT algoritması ile silueti çıkarılan 3D sentetik arazi modellemesi ile gerçek görüntüde benzer noktaların aranması işlemi yapılır. Eşlemenin yapılmasını müteakip KLT ile takip işlemine devam edilir. Veri tabanından arazi yükseklikleri ve koordinatlarına göre dağ isimleri gerçek görüntü üzerine bindirilir ve şekil 108’de yer alan görüntü elde edilir.

Bu işlem bize, hiç bilinmeyen bir arazide uçuş kolaylığı sağlayacağı değerlendirilmektedir. Aşağıda görüntüsü bulunan bu görevi sayısal ortamda yerine getirmek zor olsa da kullanıcı açısından sağlam ve kesin bir çözüm olacaktır. [37]



**Şekil-108 Görüntülerde Etiketleme**

## 7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, İHA görüntülerinin anlamlandırılması maksadıyla yapılmış olan çalışmalar ve bu çalışmalara esas olan literatür üzerinde tümden gelim metodu ile sistem analizi yapılmıştır. Bu analiz neticesinde;

İkinci bölümde, İHA'larında kapsayan Uzaktan algılama kısmı incelenmiştir. Söz konusu inceleme neticesinde, UA'da özellikle uydulardan elde edilen görüntülerde kullanılan görüntü işleme tekniklerinin (piksel tabanlı ve nesne tabanlı yaklaşımların tekniklerinin) İHA'larda kullanılan ve kullanılacak görüntü işleme tekniklerine esas teşkil ettiği tespit edilmiştir.

Üçüncü bölümde, İsrailin etkin İHA kullanımının neticesinde, ABD'nin birinci körfez harekâtında, İsrailden aldığı destekten sonra artan miktarlarda insan, para ve zaman planlaması yaparak, İHA çalışmalarında öncü konuma geldiği ve harekâtı başka boyuta taşıdığı tespit edilmektedir. Önümüzdeki 25 yıllık planlamalarında ise yapay zeka (AI) uygulamalarını, kara hava deniz platformlarında yaygınlaştırarak, harekâtı insansız boyuta veya uzaktan yarı kontrollü boyuta taşıyacağı değerlendirilmektedir.

Dördüncü bölümde, mikroişlemci teknolojisindeki gelişmelerin gece/gündüz algılama sistemlerinde de etkili olduğu ve kapasitesi daha yüksek algılama sistemlerinin üretildiği tespit edilmiştir. Donanımda meydana gelen bu gelişmelerin yazılıma ve algoritmalara yansıdığı görülmüştür.

Beşinci bölümde, yazılısal gelişmelerin temelinde yer alan veri madenciliği teknikleri ve bunların görüntü işlemeye katkısı görülmüştür. Daha hızlı çalışan algoritmalar ile görüntüde yer alan pikseller arasındaki ayrımın daha iyi yapılabildiği, özellikle çok işlem gerektiren hareketin takibi ve görüntü birleştirme çalışmalarında etkili olduğu gözlemlenmiştir.

Altıncı bölümde, WAXMAN ve FAN'ın tamamladıkları görüntü birleştirme çalışmalarından yılan gözü görme sistemi esas alınarak geliştirilen bu sistem sayesinde yoğunlaştırılmış tüp ve termal sistemlerin müşterek sinerjisinden faydalanılmış ve daha etkin bir algılama sistemi ortaya çıkarılmıştır.

ZDENEK KALAL ve arkadaşlarının 2011 yılında ilk sürümünü açık kaynak kodlu olarak tanıttıkları PREDATÖR isimli çalışma takip konusunda çok başarılı olduğu tespit edilmiştir. Görüntülerde nesne takibi konusunda George NEBEHAY'ın 2012 yılında KALAL'in yapmış olduğu çalışmaları bir kademe ilerleterek, daha az zamanda, daha çok işlem yapan ve daha etkin çalışabilir bir algoritmaya tasarladığı tespit edilmiştir.

Michael GOODRICH ve arkadaşlarının 2006'dan beri devam ettirdikleri "Kırsalda arama kurtarma faaliyetlerinde İHA kullanımı" konusundaki çalışmalarının operatör, görüntü analizcisi, karar verici personel ve arazide arama yapan personel açısından, 6 yıllık çok değerli deneyimleri olduğu tespit edilmiştir. Bu deneyimler, özellikle minimum uçuş güzergâhı planlaması ile maksimum görüntülerin elde edilmesi, görüntülerin etiketlenmesi ve hava-yer müşterek çalışmalarını kapsamaktadır. Hedef takibi konusunda denetimsiz/denetimli öğrenme metotlarının paralel kullanıldığı tespit edilmiştir.

SOLBRIG ve arkadaşlarının anlık görüntülerde coğrafik referans temelli etiketleme çalışmaları ve ve BABAUD ve arkadaşlarının dağların anlık video görüntülerinde etiketlenmesi temelli isimli eserlerinde ise görüntülerde işlem yapacak veya karar alacak operatör, görüntü analizcisi, karar verici personel açısından değerli olduğu tespit edilmiştir. Coğrafik referans sistemi ile görüntünün anlamalı hale getirilmesi için denetimli öğrenme metodu kullanılmaktadır. Anlık veya kaydedilmiş görüntülerin İHA operatörü, sistem analizcisi ve karar verici açısından anlamlı hale getirilmesi işleminin askeri açıdan değeri göz ardı edilmemelidir. BABAUD ve arkadaşları tarafından öne sürülen "Augmented Reality" kavramı önümüzdeki dönemde zihinlerimizi meşgul ederken, söz konusu projenin askeri istihbarat faaliyetlerine uyarlanması neticesinde;

İHA operatörüne anlık görüntü üzerinde daha önce meydana gelmiş mayınlama, çatışma, geçiş güzergâhları ve mevcut arazi arızalarının koordinat temelli olarak sunulması sağlanabilir. Bu uçuş esnasında operatörün daha esnek davranmasını sağlayacaktır.

Sistem analizcisinin anlık sorgulamalar yaparak muhtemel hedefleri seçmesine yardımcı olur ve mevcut etiketleme sayesinde ihtiyaca binaen operatöre daha uygun uçuş güzergâhı seçmesinde yardımcı olmasını sağlar.

Komutan veya Karar verici personelin, mevcut görüntüdeki etiketleme sayesinde görüntüye aşina olmasını ve karar alırken anlık görüntüden daha etkin faydalanmasını sağlar.

Bu konu ile ilgili bilgi işlem personelinin Veri Madenciliği ve MATLAB konusunda eğitilmesi veya ilgili eğitim kurumlarında (Üniversiteler/Sınıf okulları) temel olarak verilmesinin teknolojik gelişmeleri takip ve açık kaynak kodlu programlardan daha fazla yararlanarak milli algoritmaların geliştirilmesine faydalı olacağı değerlendirilmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] İşlem Şirketler Grubu, (Şubat 2013), "Uzaktan Algılama Ders Notu", [http://harita.aksaray.edu.tr/personel\\_web/SE/turkce/dokumanlar/UA\\_Giris/UA\\_ek\\_dokuman.pdf](http://harita.aksaray.edu.tr/personel_web/SE/turkce/dokumanlar/UA_Giris/UA_ek_dokuman.pdf)
- [2] KINCAY,O., (Şubat 2013), "Güneş Enerjisi Sunumu", <http://www.yildiz.edu.tr/~okincay/dersnotu/gun-uc.pdf>
- [3] DÜZGÜN, Ş., (Şubat 2013), "Uzaktan Algılama Ders Notu", <http://ocw.metu.edu.tr/course/view.php?id=128>
- [4] KURTDARCAN, B., (Şubat 2013), "İnsansız Hava Araçlarının Kısa Tarihi", <http://www.ntvmsnbc.com/id/25118464/>
- [5] RICHARD K. B., STEPHEN B. H.,(2012), "Introduction to Unmanned Aircraft Systems" , CRC Press,Taylor and Fracis Group
- [6] GERTLER, J., (Ocak 2013), "U.S. Unmanned Aerial Systems", <http://www.fas.org/sgp/crs/natsec/R42136.pdf>
- [7] KENDALL, F.,(2011), "Unmanned Systems Integrated Roadmap FY2011-2036", DoD, U.S.A
- [8] UYAR, T., (Şubat 2013), "ANKA Başarısı ve İnsansız Hava Araçları", <http://www.savunmasanayi.net/anka-basarisi-ve-insansiz-hava-araclari/>
- [9] VALDES, R., (2013), "How the Predator UAV Works", <http://science.howstuffworks.com/predator.htm>
- [10] SEUNGWON, J., JOONGWOOK, K., (2008), "Survey of Electro-Optical Infrared Sensor for UAV", Smart UAV Development Center, Korea Aerospace Research Institute,KOREA.
- [11] RUFINO, G., MOCCIA, A., (26 Eylül 2005), "Integrated VIS-NIR Hyperspectral / Thermal-IR Electro-Optical Payload System for a Mini-UAV", University of Naples Napoli, Italy



- [12] ŞAYKOL, E., (Mart 2012), “Bilgisayar Görüsü Ders Notları” Beykent Üniversitesi, İstanbul
- [13] KAMIŞ, Umit, OKKA, Mehmet, KÜÇÜKÇELİK, Hasan, 22.05.2001 ,”Kontrast, Duyarlılık ve Renk Görme”, Selçuk Üniversitesi, Konya
- [14] KAYAOĞLU, H.S., (Şubat 2013), “Görseller: Hayvanlar Çevreyi Nasıl Görüyor”, <http://www.hasansabrikayaoglu.com/gorseller-hayvanlar-cevreyi-nasil-goruyor/>
- [15] YOUNG, I.,GERBRANDS, J., LUCAS, J., 1998, “Fundamentals of Image Processing”, Delft University of Technology, Hollanda
- [16] POPULERBILGI, (Şubat 2013), “Gözden Fotoğraf Makinasına:Görmenin Teknolojisi”,  
[http://www.populerbilgi.com/genel/biyomimetik\\_goz\\_fotografmak.php](http://www.populerbilgi.com/genel/biyomimetik_goz_fotografmak.php)
- [17] MEDINA, J., (Subat 2013), ”Sensor CCD o CMOS? ¿Qué significa todo esto?”  
[http://www.parentesis.com/tutoriales/Sensor\\_CCD\\_o\\_CMOS\\_Que\\_significa\\_todo\\_esto](http://www.parentesis.com/tutoriales/Sensor_CCD_o_CMOS_Que_significa_todo_esto)
- [18] DE MOOR, P., (Şubat 2013), “ADVANCED CMOS-BASED PIXEL SENSORS”,  
<http://indico.cern.ch/getFile.py/access?contribId=38&sessionId=1&resId=0&materialId=slides&confId=122027>
- [19] INFRAMET, (Subat 2013), “ 1 Types of image intensifier tubes”,  
[http://www.inframet.pl/eimage\\_intensifier\\_tubes.htm](http://www.inframet.pl/eimage_intensifier_tubes.htm)
- [20] BAYRAM, B., (Şubat 2013), “Uzaktan Algılama Ders Notu”,  
[http://www.yildiz.edu.tr/~bayram/uz\\_al/uzal.htm](http://www.yildiz.edu.tr/~bayram/uz_al/uzal.htm)
- [21] BAHÇEBAŞI, A.,2006, “gece görüş cihazından alınan görüntülerin iyileştirilmesi” Gazi Üniversitesi, Ankara, TÜRKİYE
- [22] BERND, J, (1997), “Practical Handbook on Image Processing for Scientific Applications”, CRC Press, , ISBN:0-8493-8906-2

- [23] BALLARD, D.H., BROWN, C.M., 1982, "Computer Vision", Prentice Hall inc., NEWJERSEY.
- [24] WIKIPEDIA, (Şubat 2013), "Von Neumann neighborhood", [http://en.wikipedia.org/wiki/Von\\_Neumann\\_neighborhood](http://en.wikipedia.org/wiki/Von_Neumann_neighborhood)
- [25] SİLAHTAROĞLU, G., (Mayıs 2008), "Kavram ve Algoritmaları ile Temel Veri Madenciliği", PAPATYA Yayıncılık, İstanbul
- [26] SİLAHTAROĞLU, G., (2011), "Kavram ve Algoritmaları ile Temel Veri Madenciliği Ders Notları", Beykent Üniversitesi, İstanbul
- [27] KARAGÜLLE, F.,(2008), "Destek Vektör Makinelerini Kullanarak Yüz Bulma", Yüksek Lisans Tezi, EDİRNE Üniversitesi
- [28] WAXMAN, A., FAY, D., SAVOYE, D., BİEHL, R., GRAU, D., (2006), "Sensor Fused Night Vision", BEA SYSTEMS Advanced Information Technologies Burlington, MA, U.S.A
- [29] FAY, D., WAXMAN, A., AGUİLAR, M., IRELAND, D.B., RACAMATO, J.P., ROSS, W.D., STREİLEİN, W.W., BRAUN, M.I., (2000), "Fusion of Multi-Sensor Imagery for Night Vision:Color Visualization, Target Learning and Search1", Massachusetts Institute of Technology, Lincoln Laboratory, Lexington, MA 02420,USA
- [30] KALAL, Z., (Şubat 2013), "PREDATOR video and TLD open source code", <http://info.ee.surrey.ac.uk/Personal/Z.Kalal/>
- [31] KALAL, Z., MİKOLAJCZYK, K., MATAS, J., (2011), "Tracking Learning Detection", Centre for Vision, Guildford, UK
- [32] KALAL, Z., MİKOLAJCZYK, K., MATAS, J., (June 2010), "P-N learning: Bootstrapping binary classifiers by structural constraints". In 2010 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), pages 49–56. IEEE,

- [33] KALAL, Z., MIKOLAJCZYK, K., MATAS, J., (2010), "Forward-Backward Error: Automatic Detection of Tracking Failures." In International Conference on Pattern Recognition, Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)
- [34] NEBEHAY, G., (2012), "Robust Object Tracking Based On TLD", Technische Universitat Wien, Austria
- [35] GOODRICH, M. A., MORSE, B. S., CAMERON, E.,(2012)," UAV's in WISAR", Brigham Young University, Provo
- [36] SOLBRIG, P., BULATOV, D., MEIDOW, J., WERNERUS, P., THONNESSEN, U., (2012), "Online Annotation of Airborne Surveillance and Reconnaissance Videos", Research Institute for Optronics and Pattern Recognition, Research Establishment for Applied Science, Ettlingen/Germany
- [37] BABAUD, L., CADIK, M., EISEMANN, E., SEIDEL, P.H., (2011), "Automatic Photo to Terrain Alignment of Mountain Pictures", Max Planck Institute Informatik, Germany, Telecom Paris Tech, France

## EKLER

EK-A

<b>ASKERİ AMAÇLI GÖRÜNEN BANDDAKİ MİLLİ GÖRÜNTÜ KIYMETLENDİRMESİNE YÖNELİK SEVİYELER ( Visible National Imagery Interpretability Rating Scale (NIIRS)</b>
<b>SINIFLANDIRMA SEVİYESİ 1</b> <ul style="list-style-type: none"><li>Orta büyüklükteki liman tesisini tesbit ve/veya büyük bir hava meydanındaki pist ve taksirutları belirlemek</li></ul>
<b>SINIFLANDIRMA SEVİYESİ 2</b> <ul style="list-style-type: none"><li>Hava meydanındaki büyük bir hangarı tesbit</li><li>Büyük sabit radarları tesbit (AN/FPS 85, CUBRA, DANE, PECHORA, HENHOSE)</li><li>Askeri talim sahalarını tesbit</li><li>Yol paternine dayalı SA-5 güdümlü mermi mevziini teşhis ve tüm mevziin konfigürasyonunu belirlemek<ul style="list-style-type: none"><li>Deniz tesislerindeki büyük binaları tesbit (Atelyeler, İmalat binaları)</li><li>Büyük binaları tesbit (Hastahane Fabrika)</li></ul></li></ul>
<b>SINIFLANDIRMA SEVİYESİ 3</b> <ul style="list-style-type: none"><li>Tüm büyük uçakların kanat yapısını teşhis (Düz, Ok, Delta) (707, CONCORD, BEAR)</li><li>Radarları ve SAM mevzilerindeki güdüm sahalarını teşhis</li><li>Helikopter iniş sahalarını tesbit</li><li>Mobil güdümlü mermi üslerindeki destek vasıtalarının varlığını/yokluğunu tesbit</li><li>Limandaki büyük harp gemilerinin tipini teşhis (Kruvazör, yardımcı ve ticari gemiler)<ul style="list-style-type: none"><li>Trenleri veya demiryolu üzerindeki katarları tesbit</li></ul></li></ul>
<b>SINIFLANDIRMA SEVİYESİ 4</b> <ul style="list-style-type: none"><li>Tüm büyük avcı uçak tiplerini teşhis (FENCER, FOXBAT, F-15, F-14))</li><li>Büyük münferit radarları antenlerini tesbit (TALL KING)</li><li>Paletli vasıtaları, sahra topçusu büyük nehir geçme teçhizatı grup halindeki tekerlekli vasıtaların genel tiplerini teşhis<ul style="list-style-type: none"><li>Açık güdümlü mermi silo kapısını tesbit</li><li>Orta büyüklükteki deniz altıların baş şeklini tesbit (ROMEO, HAN, Type 209, ECHOII)<ul style="list-style-type: none"><li>Demiryolu rayları, münferit vasıtaları, kontrol kulesi, makas kontrol noktalarını teşhis</li></ul></li></ul></li></ul>

**ASKERİ AMAÇLI GÖRÜNEN BANDDAKİ MİLLİ GÖRÜNTÜ  
KIYMETLENDİRMESİNE YÖNELİK SEVİYELER  
( Visible National Imagery Interpretability Rating Scale (NIIRS))**

**SINIFLANDIRMA SEVİYESİ 5**

- Vasıtaya veya treylere monteli radarları teşhis radarları antenlerini tesbit (TALL KING)
- Taktik SSM sistemlerini tipini teşhis (FROG, SS-21, SCUD)
- Kamufle edilmemiş SS-25 güdüm sistemlerindeki TEL ve ve güdüm destek venlerini ayırmak
- KIROV, SOVREMENNY, KIEV, SLAVA, MOSKVA, KARA VEYA KRESTA sınıfı harp gemilerindeki hava arama radarlarını (TOP STEER veya TOP SAIL) teşhis
- Münferit demiryolu vasıtalarının tipini (Gondol, düz kutu) ve/veya lokomotif tiplerini (buharlı, dizel) teşhis

**SINIFLANDIRMA SEVİYESİ 6**

- Küçük ve orta helikopter modellerini ayırmak (HELIX A/B/C, HIND D/E, HAZE A/B/C)
- EW/GCA/ACQ Radarlarının anten şekillerini teşhis (parabolik, dikdörtgen, köşeli)
- Orta ebatlardaki paletli vasıtaları teşhis
- SA-6, SA-11 ve SA-17 güdümlü mermileri birbirinden ayırmak
- SA-N-6 ve SLAVA sınıfı harp gemilerindeki dikey lançerleri teşhis
- Otomobillerin sedan veya station wagon tiplerini teşhis

**SINIFLANDIRMA SEVİYESİ 7**

- Av uçaklarını teşhis (FULCRUM, FOXHOUND)
- Limanları gemilerdeki bordo iskelesini, elektronik venlerdeki havalandırma bacalarını teşhis
- Vasıtalara monte edilmiş antitank güdümlü mermilerini tesbit ( BMP-1 üzerindeki SAGGER)
- Güdümlü mermi depo kapılarındaki menteşe mekanizmasını ve kontrol silolarının detaylarını tesbit
- KIROV, KARA, KRIOV tipi harp gemileri üzerindeki münferit torpito tüplerini teşhis
- Demiryolu bağlantılarını teşhis

**ASKERİ AMAÇLI GÖRÜNEN BANDDAKİ MİLLİ GÖRÜNTÜ  
KIYMETLENDİRMESİNE YÖNELİK SEVİYELER  
( Visible National Imagery Interpretability Rating Scale (NIIRS))**

**SINIFLANDIRMA SEVİYESİ 8**

- Bombardman uçakları üzerindeki perçinleri teşhis
- Horn ve W tipi antenleri tesbit (BACKTRAP ve BACKNET)
- Elde taşınan SAM'ları teşhis ( SA-7/14, REDEYE, STINGER)
- Güverteye monteli vinçlerin kablolarını tesbit
- Vasıtaların ön çamındaki silecekleri teşhis

**SINIFLANDIRMA SEVİYESİ 9**

- Uçak gövdesine bağlanmış slotları ayırtetmek
- Anten kanopileri hat bağlantısını sağlayan küçük seramik izalator fincanlarını teşhis
- Vasıtaların plakalarını teşhis
- Gülümlü mermi kısımları üzerindeki vida ve civataları teşhis
- 1-3 inç çapındaki halatların örgüsünü teşhis
- Demiryolu bağlantı materyalini tesbit

<b>SİVİL AMAÇLI GÖRÜNEN BANDDAKİ MİLLİ GÖRÜNTÜ KIYMETLENDİRMESİNE YÖNELİK SEVİYELER (Civil National Imagery Interpretability Rating Scale (NIIRS))</b>
<p style="text-align: center;"><b>SINIFLANDIRMA SEVİYESİ 0</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Engeller veya çok zayıf çözümlene nedeniyle görüntü kıymetlendirilememektedir.</li></ul>
<p style="text-align: center;"><b>SINIFLANDIRMA SEVİYESİ 1</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Arazi kullanımı sınıflarını birbirinden ayırt etmek (İskan, ziraii, orman, su ve çıplak arazi)</li><li>• Orta ebatlardaki liman tesislerini tesbit</li><li>• Büyük meydanlardaki taksirut ve pisti ayırt etmek</li><li>• Büyük sahalardaki drenaj paternlerini teşhis</li></ul>
<p style="text-align: center;"><b>SINIFLANDIRMA SEVİYESİ 2</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• 160 acre'den daha büyük sulama yapılan tarlaları teşhis</li><li>• Büyük binaları tesbit (Hastahane Fabrika)</li><li>• Büyük otoyol sistemleri üzerindeki yonca yaprağı gibi yol paternlerini teşhis</li><li>• Buz kırıcı deniz vasıtalarını tesbit</li><li>• 300 fitden daha büyük gemilerin dümen suyunu tesbit</li></ul>
<p style="text-align: center;"><b>SINIFLANDIRMA SEVİYESİ 3</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• 160 acre'den daha büyük tarlalarda sürülme izlerini tesbit</li><li>• İskan bölgelerindeki münferit binaları tesbit</li><li>• Demiryolu hatları üzerindeki tren katar halindeki demiryolu araçlarını tesbit</li><li>• Seyrüsefer yapılabilen dahili su yolları üzerindeki mavunaları teşhis</li><li>• Tabii ormanları ve meyva bahçelerini birbirinden ayırt etmek</li></ul>
<p style="text-align: center;"><b>SINIFLANDIRMA SEVİYESİ 4</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Ambarlar, silolar ve evleri gibi çiftlik binalarını teşhis</li><li>• Demiryolu tasnif sahalarındaki demiryolu hatlarını saymak</li><li>• Yerleşim sahalarındaki basketbol, tenis ve voleybol sahalarını tesbit</li><li>• Demiryolu rayları, münferit vasıtaları, kontrol kulesi, makas kontrol noktalarını teşhis</li><li>• Çimenlik arazideki jip izlerini tesbit</li></ul>
<p style="text-align: center;"><b>SINIFLANDIRMA SEVİYESİ 5</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Münferit demiryolu vasıtalarının tipini (Gondol, düz kutu) ve/veya lokomotif tiplerini (buharlı, dizel) teşhis</li><li>• Vasıta depolama binalarını tesbit</li><li>• Kamp ve eğlence mahallerindeki çadırları teşhis</li><li>• İğne yapraklı ve yayvan yapraklı ağaçları birbirinden ayırt etmek</li><li>• Otlaklardaki fil, gergedan ve zürafa gibi büyük hayvanları tesbit</li></ul>

**SİVİL AMAÇLI GÖRÜNEN BANDDAKİ MİLLİ GÖRÜNTÜ  
KIYMETLENDİRMESİNE YÖNELİK SEVİYELER  
(Civil National Imagery Interpretability Rating Scale (NIIRS))**

**SINIFLANDIRMA SEVİYESİ 6**

- Narkotik madde içeren bitki örtüsünü tesbit
- Mısır, soya fasulyası ürünleri ve buğday, yulaf gibi küçük taneli tahılları ayırt etmek
- Otomobillerin sedan veya station wagon tiplerini teşhis
- Yerleşim sahalarındaki münferit telefon / elektrik direklerini teşhis
- Çıplak arazi üzerindeki ayak izlerini tesbit

**SINIFLANDIRMA SEVİYESİ 7**

- Pamuk tarlalarındaki yetişmiş pamuğu teşhis
- Münferit demiryolu bağlantılarını teşhis
- Merdivenlerdeki basamakları tesbit
- Orman kesimi sonuçundaki ortaya çıkan kütük ve kayaları tesbit

**SINIFLANDIRMA SEVİYESİ 8**

- Domuz yavrularını saymak
- Asfalt kaplı satırlar üzerine çizilmiş işaretleri teşhis
- Otobüs/kamyonların plakalarını teşhis
- Münferit çam fidanlarını teşhis
- Su rezervelerindeki münferit zambakları teşhis
- Vasıtaların ön çamındaki silecekleri teşhis

**SINIFLANDIRMA SEVİYESİ 9**

- Buğday, yulaf ve arpa gibi küçük ürünlerin başaklarını teşhis
- Tel örgü çitlerindeki münferit tel örgülerini teşhis
- Demiryolu bağlantı materyalini tesbit
- Çam ağaçlarındaki iğne yapraklı dalları münferiden teşhis



<b>INFRARED GÖRÜNTÜ KIYMETLENDİRMESİNE YÖNELİK SEVİYELER</b> <b>(Infrared National Imagery Interpretability Rating Scale (NIIRS))</b>
<b>SINIFLANDIRMA SEVİYESİ 1</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Büyük meydanlardaki pist ve taksirutları ayırt etmek</li><li>• Sık ağaçlık sahalarda 1 kilometre kareden daha büyük seyreltmeyi tesbit</li><li>• Açık denizlerdeki uçak gemisi, super tanker ve KIROV tipi gemileri tesbit</li><li>• 1 kilometre kareden daha büyük bataklıkları tesbit</li></ul>
<b>SINIFLANDIRMA SEVİYESİ 2</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Büyük uçakları tesbit (C-141, 707, BEAR, CANDID, CLASSIC)</li><li>• Yerleşim sahalarındaki hastahane ve fabrika gibi büyük binaları tesbit</li><li>• Sık, seyrek ağaçları ve açık alanları ayırt etmek</li><li>• SS-25 üslerindeki bina ve yolları teşhis</li><li>• Askeri ve ticari limanları ayırt etmek</li></ul>
<b>SINIFLANDIRMA SEVİYESİ 3</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Büyük ve küçük tip uçakları ayırt etmek (C-141, 707, BEAR, A300, AIRBUS / A-4, FISHBED, L-39)</li><li>• Termik takat kaynaklarındaki kazan dairesi, baca faaliyetlerini teşhis</li><li>• Büyük hava erken ihbar radarlarını tesbit</li><li>• Büyük askeri garnizonlardaki eğitim sahalarında kullanılan vasıtaların izlerini tesbit</li><li>• SA-5 lgüdümlü mermi kompleksindeki tesisleri teşhis</li><li>• 200 metreden daha büyük şilep ve tankerleri ayırt etmek</li></ul>
<b>SINIFLANDIRMA SEVİYESİ 4</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Küçük av uçaklarının kanat konfigürasyonunu teşhis (FROGFOOT, F-16, FISHBED)</li><li>• İskan sahalarındaki 50 metre çapından daha küçük transformatorleri tesbit</li><li>• Elektronik tesislerdeki 10 metre çapından daha büyük dome’ları tesbit</li><li>• Askeri garnizonlardaki vasıtaların termik faaliyetini tesbit</li><li>• Askeri garnizonlardaki SS-25 MSV’nin termik faaliyetini tesbit</li><li>• Büyük ticari gemilerdeki kapalı ambar kapaklarını teşhis</li></ul>

<b>INFRARED GÖRÜNTÜ KIYMETLENDİRMESİNE YÖNELİK SEVİYELER</b> <b>(Infrared National Imagery Interpretability Rating Scale (NIIRS))</b>
<b>SINIFLANDIRMA SEVİYESİ 5</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Tek ve ikiz kuyruklu av uçaklarını ayırt etmek ( FLOGGER, F-16, TORNADO / F-15, FLANKER, FOXBAT)</li><li>• Tenis kortlarını teşhis</li><li>• Büyük Radyo role metal kafes direklerini teşhis</li><li>• Koruma duvarları içindeki zırhlı vasıtaları tesbit</li><li>• SA-10 mevziindeki elektronik kuleyi tesbit</li><li>• 200 metreden daha büyük ticari gemilerin baca tipini teşhis (kare, yuvarlak, oval)</li></ul>
<b>SINIFLANDIRMA SEVİYESİ 6</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Dizel lokomotiflerinin termik faaliyetini teşhis</li><li>• FIX FOUR ve FIX SIX mevzilerindeki anten şekillerini ayırt etmek</li><li>• Tank ve zırhlı personel taşıyıcılardaki termik faaliyeti ayırt etmek</li><li>• 2 raylı ve 4 raylı SA-3 lançerlerini ayırt etmek</li><li>• Denizaltılardaki güdümlü mermi tüpü kapaklarını teşhis</li></ul>
<b>SINIFLANDIRMA SEVİYESİ 7</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• MIG-23 FLOGGER uçaklarının yer taarruz ve önleme tiplerini ayırt etmek</li><li>• Otomobillerin sedan veya station wagon tiplerini teşhis</li><li>• Radyo role kulelerindeki 3 metre çapından daha küçük çanak antenleri teşhis</li><li>• SA-6 mevzilerindeki güdümlü mermi aktarma vinçlerini teşhis</li><li>• 2 raylı ve 4 raylı SA-3 lançerlerini ayırt etmek</li><li>• İskelelerdeki bağlama teçhizatını (baba) tesbit</li></ul>
<b>SINIFLANDIRMA SEVİYESİ 8</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Radar antenlerinin dikey ve yatay desteklerini teşhis</li><li>• Tank taretleri kapalı kapılarını tesbit</li></ul>
<b>SINIFLANDIRMA SEVİYESİ 9</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Av uçakları üzerindeki giriş panellerini teşhis</li><li>• BIRDS EYE ve BELL LACE antenlerini ayırt etmek</li><li>• Zırhlı vasıtalar üzerindeki taret kapaklarının menteşelerini teşhis</li><li>• SA-2/CSA-1 güdümlü mermileri sistemindeki komuta güdüm antenlerini teşhis</li></ul>

## EK-B

## İHA SINIFLANDIRMASI

Kategori	İsmi	İrtifa (Ft.)	Uçuş Süresi	Faydalı Yük (kg)	Ağırlık (kg)	Üretici Ülke
Mikro	FanCopter		25 dk.		1,5	
	Black Widow	769	2 dk.		0,05	ABD
	MicroStar				11,8	ABD
	Wasp	50-1000	45 dk.		0,43	ABD
	gMAV / T-Hawk	10000	50 dk.			ABD
	QuattroCopter		10 dk.	0,28	0,94	
Mini	ScanEagle	19500	24+	20	13,1	ABD
	Skylark	15000	2		5,5	İsrail
	DragonEye RQ-14A	1000	1		2,7	ABD
	Pointer 2 FQM-151A	985	1		4,3	ABD
	RoboCopter 300			294	500	Japonya
	Raven (RQ-11)	15000	1,5		1,9	ABD
	R-Max Type 2		1	30	58	Japonya
	Efe					Türkiye
	Gözcü (Bayraktar Mini)	12000	60dk.		3,5	Türkiye
Aladin	14760	>1		<4	Almanya	
Küçük	SUAS AECV Puma	100-500	2			ABD
	Hermes 900	15000	12-15	55	110	İsrail
	Scorpio 6/30	>6560	1		13	Fransa
	Luna	16400	6-8		<40	Almanya
	SilverFox	12000	>8	2,2	11,8	ABD
	Neptune	8000	4	92	613	ABD
	GoldenEye 80	15000	3	12	57	ABD
Firebird	30000	40	14	90	ABD	
Taktiksel	Sperwer	15000	>6	45	285	Fransa
	Watchkeeper	16000	17	150	450	İsrail/Fransa
	Hunter	20000	21	100	785	İsrail
	Aerostar	18000	<12	50	200	İsrail
	Falco	20000	14	70	420	Italy
	Shadow 200	15000	9	82	131	ABD
	Eagle Eye	20000	6	533	828	ABD
	Karayel	18000	10			Türkiye
	Çaldıran (Bayraktar-Çaldıran)	30000	16	40	350	Türkiye
	Mücke	11500	3,5	35	130	Almanya
Operatif (MALE)	Heron Tp	45000	36	1000	3650	İsrail
	Predator	25000	40	204	567	ABD
	Darkstar	65000	12	1880	1980	ABD
	Grey Eagle (MQ-1C)*	25 000	40	1452	363	ABD
	Dominator	30000	28	410	790	İsrail
	ANKA	30000	24	200	1368	Türkiye
Stratejik (HALE)	Hermes 1500	33000	>26	350	1300	İsrail
	Global Hawk (RQ-4)	60000	28	1361	14630	ABD
	EuroHawk	65000	>30	1360		ABD/Almanya
	Predator (MQ-1)*	25000	24+	205	1021	ABD
	BAMS (RQ-7)	60000	34+	1450	14630	
	Reaper (MQ-9), Predator B*	50000	24	1700	4763	ABD
	Pathfinder Plus	81000	15	67.5	247.5	ABD
	Global Observer	70000	2 hafta	454	4536	ABD
Helios	100000	40	330	600	ABD	
Mercator	70000	82	2.5	53	İngiltere	
Saldırı	Pegasus X-47A	40000+		472	1740	ABD
Rotorlu	Fire Scout (MQ-8)	20000	6+	273	1429	ABD
	Malazgirt	12000	90 dk.	2	12	Türkiye
	A160T Hummingbird	30000	20+	1850	1134	ABD

\* Silahlı İHA olarak bilinmektedir.

### 5.1.1. Temel İstatistikî Kavramlar:

Temel kavramlar kısmı iki bölümde ele alınacaktır. Birinci bölüm veri madenciliğinin de faydalandığı istatistikî temel kavramlar, ikinci bölümde ise veri madenciliği temel kavramlarıdır.

### 5.1.1. Temel İstatistikî Kavramlar:

Çalışmaya alınan deneklerin oluşturduğu gruba **örneklem**, bu grubun temsil ettiği topluma **evren** denir. Örneklemdeki deneklerin evrenden tesadüfi (random) olarak seçilmesi gerekir.

Basit tesadüfi (random) örnekleme: Tesadüfi sayılar tablosundan ya da bilgisayardaki örnekleme modüllerinden yararlanılarak yapılır.

Sistematiik örnekleme: Evrendeki denek sayısı örneklemdaki denek sayısına (n) bölünerek elde edilecek rakam kullanılarak örnekleme alınacak denekler belirlenir.

Tabakalı örnekleme: Örneklem seçimine başlamadan önce, evren, belirlenmiş özellikler açısından tabakalara ayrılır ve her tabakadan tesadüfi seçim yapılır.

Küme tipi örnekleme: Önce evren küme adı verilen alt birimlere bölünür. Daha sonra her kümedeki tüm denekler ya da randomizasyon yöntemlerinden birine göre seçilen denekler örnekleme alınır.

Değişkenler, deneklere ait özelliklerdir. Deneğin ait olduğu grup, yaşı, cinsiyeti, boyu, ağırlığı vb. birer değişkendir. Değişkenler, ölçüm özelliklerine göre nominal, ordinal ve sayısal olabilir.

Nominal değişkende, ölçüm düzeyleri (değişkenin alabileceği değerler) arasında bir sıralama ya da uzaklık-yakınlık gibi belirli bir mesafe yoktur. Grup, cinsiyet...

Ordinal değişkende ölçüm düzeyleri arasında bir sıralama vardır, ama düzeyler arasındaki mesafeler belirli değildir.

Sayısal değişkende ölçüm düzeyleri arasında hem sıralama hem de belirli bir mesafe vardır.

#### **EK-C'NİN DEVAMI**

Merkezi eğilim ölçütleri (dağılımın yer gösteren ölçütleri) ve yayılma ölçütleri (dağılımın yaygınlık ölçütleri) tanımlayıcı istatistiğin iki grubudur.

Aritmetik ortalama ( $\bar{x}$ ,  $\mu$ ): Değerler toplamı/denek sayısı. Standart hata ile birlikte gösterilmelidir.

Ortanca (medyan): Dağılımın orta noktasındaki değer

Tepe değeri (mod): Dağılımda en çok görülen değer

Geometrik ortalama: Logaritmik skalada ölçümlerde.

Çeyrek ve yüzdellikler (persentil): %25-%50-%75

Değer aralığı (range, w): En büyük değer – en küçük değer

Standart sapma ( $s$ ,  $\sigma$ ): veri değerlerinin aritmetik ortalamadan farklarının karelerinin toplamının veri sayısı -1'e bölümünün kareköküdür. Kesinliği tanımlar.

Standart hata ( $s/\sqrt{n}$ ) Bir ana kütle hakkında bilgi edinilmek istenirken çoğu zaman birimlerin tamamını incelemek mümkün değildir. Zaman, para, işgücü gibi etkenlerden dolayı çoğu kez Örnekleme işlemine başvurulur. Seçilebilecek tüm örneklemlerden sadece bir tanesi ele alındığından dolayı yapılan kestirimler bir hata içerir. İşte bu kestirim hatasının ortalama ölçüsü Standart Hata dır. Standart hata ne kadar küçükse örnekleme istatistiği anakütle parametresine o derece yakın , parametre hakkında o kadar duyarlı bir kestirim olacaktır. Standart hata büyüdükçe bu kestirimin duyarlılığı o derece duyarlı olmaktan çıkacaktır.

Varyans ( $s^2$ ,  $\sigma^2$ ): standart sapmanın karesine eşittir.

Varyasyon katsayısı (Coefficient of variation, CV): Standart sapmanın ortalamaya göre % değişimi [ $CV= 100 \cdot (s/x)$ ]

Ortalama=ortanca=mod ise dağılım normal dağılımdır.

Çarpıklık (skewness): bir reel-değerli rassal değişkenin olasılık dağılımının simetrik olamayışının ölçülmesidir. Mod<ortanca<ortalama ise dağılım sağdan çarpık; ortalama<ortanca<mod ise dağılım soldan çarpıktır.

## EK-C'İN DEVAMI

Sivrilik-basıklık (kurtosis): Eğrinin tepesi sivriyse dağılım leptokurtik; tepesi basıksa dağılım platikurtiktir.

Doğruluk (accuracy): Bir sonucun gerçek değere ne kadar yaklaştığının ölçütüdür. Mutlak veya bağıl hata ile verilir.  $MH = x_{\bar{o}} - x_g$ ;  $\%BH = 100 \cdot (x_{\bar{o}} - x_g) / x_g$

Kesinlik (precision): Sonuçların tekrarlarına bilirliliğinin bir ölçüsüdür. Standart sapma ile bulunabilir. Standart sapma ne kadar küçükse değerler o kadar kesindir. Doğruluk ve kesinlik birbirinden bağımsız iki parametredir. Bir analiz sonucu doğru olduğu halde kesin veya kesin olduğu halde doğru olmayabilir.

Güven aralığı (confidence interval): Standart sapma ve ölçme sayısına bağlı gerçek ortalama değeri içine alan sınırların (güven sınırları) belirlediği aralık.

Güven seviyesi: Gerçek ortalama değer, belirlenen sınırlar içerisinde olma olasılığını belirleyen büyüklük.

$X - \sigma$  ile  $x + \sigma$  güven aralığı için güven seviyesi %68

$X - 2\sigma$  ile  $x + 2\sigma$  güven aralığı için güven seviyesi %96

$X - 3\sigma$  ile  $x + 3\sigma$  güven aralığı için güven seviyesi %99,7

Büyük hatalar: Yanlış deney planlama ve hesaplama ile ilgili. Deney tekrarlanmalı veya sonuçlar iptal edilmeli. Çoklu ölçümlerde şüpheli değerlerin atılması için Q testinden yararlanılır.  $[Q_{\text{hesaplanan}} = |X_{\text{şüpheli}} - X_{\text{şüpheli değere en yakın değer}}| / (\text{Max} - \text{Min})] > Q_{\text{kriter}}$  ise, şüpheli değer verilen güven seviyesinde atılabilir.

Sistemik hatalar (SE): Analiz sonucunu sabit ve belirli düzeyde değiştiren, nedeni bilinen ve ölçülebilen kesin değerlere sahip hatalar. Sabit ve oransal hata (CE ve PE) olmak üzere iki tiptir. Analiz sonucunun doğruluğunu etkilerler.

Rasgele hatalar (RE): Düzeltilemeyen ve kontrol edilemeyen birçok değişkene bağlı hatalar. Analizin kesinliğine etki ederler, standart sapmanın büyük olmasına neden olurlar.  $N > 30$  ise hataların birbirlerini götüreceği ve sonuçlar üzerine pek yansımayaacağı kabul edilir.

## EK-C'NİN DEVAMI

Parametrik testler: Dağılımın normal ve varyansların eşit olduğu durumlarda uygulanır. Bağımlı t-Testi, Bağımsız t-Testi, Tek yönlü varyans analizi (One way ANOVA)

Nonparametrik testler: Nitel verilerle dağılımın normal olmadığı ve denek sayısının 30'dan küçük olduğu nicel veriler için uygulanır. Wilcoxon-Signed-Rank Test, Mann-Whitney U Testi, Kruskal-Wallis Varyans Analizi

Grupların varyanslarının eşit olup olmadığı F-Testi (Levene Testi) ile saptanır. Yanılma düzeyi 0.05, 0.01, 0.001 gibi rakamlarla (p) belirlenir.

T Testi; Grupların normal dağıldığı ve denek sayısının 30 ya da daha fazla olduğu durumlarda; İki laboratuvar yöntemi arasındaki farkın önemli olup olmadığının araştırılması, Kalite kontrol verilerindeki kaymaların araştırılması, Kontrol grubu ve deney grubu arasındaki farkın önemli olup olmadığının araştırılması için yapılır.

Wilcoxon-Signed-Rank ;İki grubun ortanca değerleri arasında fark olup olmadığını araştırmak için yapılır.

Sign Testi; Eşleştirilmiş örneklere uygulanır. Bir grup örneğe uygulanan iki laboratuvar yöntemi arasındaki farkın signifikant olup olmadığını hızlı bir şekilde tayin etmek için, Aynı yöntemle iki farklı örnek tipinden elde edilen sonuçlar arasındaki farkın signifikant olup olmadığını hızlı bir şekilde tayin etmek için uygulanır.

Varyans Analizi; İkiden çok bağımsız grubun karşılaştırılmasında kullanılır. (t-Testi, Mann-Whitney U testi, Wilcoxon testleri, bağımlı veya bağımsız iki grubun karşılaştırılmasında kullanılmaktadır.)

Tek yönlü varyans analizi, tek değişken ile birbirinden ayrılan ikiden çok bağımsız grubu karşılaştırmak için yapılır.

One way ANOVA: Grup içi dağılımın normale uyması veya gruplardaki denek sayılarının eşit olması durumunda ortalamaların karşılaştırılması için yapılır. Parametrik testtir, niteliksel verilere uygulanmaz.

#### EK-C'NİN DEVAMI

Kruskal-Wallis tek yönlü varyans analizi: Grup içi dağılımın normale uymaması veya gruplardaki denek sayılarının eşit olmaması durumunda ortancaların karşılaştırılması için yapılır. Nonparametrik testtir.  $p < 0.05$  bulunursa, ikili karşılaştırmalar daha düşük yanılma düzeyinde Mann-Whitney U testi ile yapılır.

İki yönlü varyans analizi, iki veya daha çok değişken ile birbirinden ayrılan ikiden çok bağımsız grubu karşılaştırmak için yapılır.

Friedman iki yönlü varyans analizi: Bir denekten çok sayıda tekrarlanan ölçümler söz konusu olduğunda yapılan nonparametrik testtir.  $p < 0.05$  bulunursa, ikili karşılaştırmalar daha düşük yanılma düzeyinde Wilcoxon testi ile yapılır. Varyans analizinde kaç grup olursa olsun tek bir F değeri ve buna karşılık gelen tek bir p değeri vardır.  $P < 0.05$  ise, grup ortalamaları eşit değildir. Çoklu karşılaştırma testleri (post-hoc yöntemler) ile hangi grupların birbirinden farklı olduğu araştırılır.  $P > 0.05$  ise, grup ortalamaları eşittir ve çoklu karşılaştırma testlerine gerek yoktur.

Korelasyon Analizi; hesaplanan r, korelasyon (bağıntı) katsayısı ile, iki veya daha çok değişken arasında ilişki olup olmadığını, eğer ilişki varsa bunun yönünü ve gücünü incelemektir. Pozitif tam ilişki:  $r = +1$ , Negatif tam ilişki:  $r = -1$

Regresyon Analizi; iki değişkenden biri belirli bir birim değiştiğinde diğerinin nasıl bir değişim gösterdiğini inceler. Bağımlı değişken (y) ile bağımsız değişken (x) arasındaki ilişki,  $y = a + bx$  denkleminin (a, doğrunun y eksenini kestiği nokta (y-intercept, y-kesişim): Analitik yöntemde sabit hata ölçüsü, b, regresyon katsayısı (eğim): Analitik yöntemde oransal (proporsiyonel) hata ölçüsü.) (regresyon denklemi) formüle ettiği doğru (regresyon doğrusu) ile gösterilir.

#### 5.1.2. Veri Madenciliği Temel Kavramlar;

Kavramsal anlamda veri, kayıt altına alınmış her türlü olay, durum, fikirdir. Veri, oldukça esnek bir yapıdadır. Temel olarak varlığı bilinen, işlenmemiş, ham haldeki kayıtlar olarak adlandırılırlar. Bu kayıtlar ilişkilendirilmemiş, düzenlenmemiş yani anlamlandırılmamışlardır.



## **EK-C'NİN DEVAMI**

Bilgi/Enformasyon (Information): verilerin ilişkilendirilmiş, düzenlenmiş, anlamlandırılmış, işlenmiş halidir. Bu haliyle enformasyon, potansiyel olarak içinde bilgi barından bir veri halindedir. Enformasyonun, bilgiye dönüşmesi, bireyin onu algılaması, özümsemesi ve sonuç çıkarmasıyla gerçekleşir.

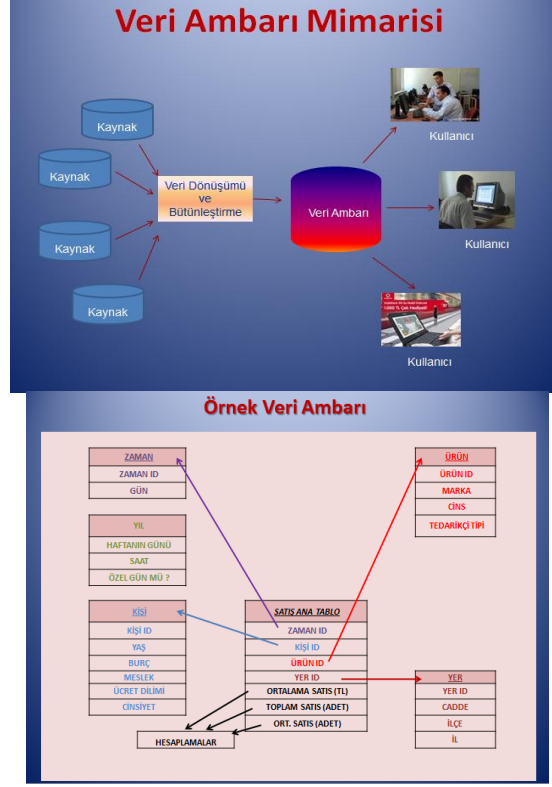
Bilgelik(Knowledge); bu kavramların zirvesinde yer alır. Bilgilerin kişi tarafından toplanıp bir sentez haline getirilmesiyle ortaya çıkan bir olgudur. Yetenek, tecrübe gibi kişisel nitelikler birer bilgelik elemanıdır.

Veri, kaydedilen ve sezgisel anlamı olan bilinen gerçeklerdir. Veri tabanı ise mantıksal olarak ilişkili verilerin koleksiyonudur.

Veri tabanı incelemesi iki türlü yapılır. İlişkisel Veri Tabanı İşlemleri (Online Transaction Processing (OLTP)), Alt seviye yöneticileri tarafından, günlük ve haftalık, okuma, yazma ve güncelleme işlemleri yapılabilir. İlişkisel veri SQL Server, Oracle ve IBM DB2 gibi RDMS(relational database management system) ile organize edilen ve verilerin birbirleriyle ilişkili olarak tutulduğu sistemlerdir.

Analitik Veri Tabanı incelemesi( On-Line Analytical Process (OLAP)), çeşitli taktik ve stratejik konular hakkında karar vermeye yardımcı olacak, veri analizi ve sorgulamaları içerir.

Normal bir veri tabanındaki veriler birçok ayrıntıyı içermektedir ve analiz işlemleri normal bir veri tabanı üzerinde uygulandığı takdirde bir takım zorluklar ortaya çıkaracağından(Mevcut verilerin kaybolması/ değişmesi), veri ambarı oluşturularak yapılır. Veri ambarı, karar verme sürecinde yöneticilere destek vermek üzere hazırlanmış; konu odaklı, bütünleşik, zaman boyutu olan, kalıcı ve sadece okunabilen veri topluluğudur. Yıldız, kar tanesi ve ana tablo birliği olmak üzere, üç çeşit mimari söz konusudur.



Şekil 72 VeriAmbarıMimarisi[26]

Tahmin doğruluğu(Predictive Accuracy): Modelin yeni ya da daha önceden bilinmeyen bir verinin sınıf etiketinin doğru olarak tahmin edilme yeteneğidir.

Hız (speed): Modelin geliştirilmesindeki hesaplama maliyetine karşılık gelir.

Sağlamlık (Robustness): Modelin, gürültülü ya da kayıp veri verildiğinde doğru tahmin yapma yeteneğidir.

Ölçeklendirilebilirlik (Scalability): Büyük miktarlarda veri verildiğinde, modeli etkin bir şekilde kurma yeteneğidir.

Yorumlanabilirlik (Interpretability): Model tarafından sağlanan anlaşılma seviyesidir.

Gürültülü veri: Veri girişi ya da veri toplanması sırasında oluşan sistem dışı hatalara gürültü adı verilir. Eğer veri kümesi gürültülü ise sistem bozuk veriyi

tanımalı ve ihmal etmelidir.

## EK-C'NİN DEVAMI

Eksik veri: Örneklem kümesindeki kayıtların eksik olması ya da bazı kayıtlar için bazı niteliklerin veya nitelik değerlerinin olmamasıdır.

Artık veri: Örneklem kümesi, eldeki probleme uygun olmayan, gereksiz nitelikler içerebilir, bunlara artık veri denir. Artık nitelikleri elemek için geliştirilmiş algoritmalar özellik seçimi olarak adlandırılır. Özellik seçimi, hedef bağlamı tanımlamak için yeterli ve gerekli olan niteliklerin küçük bir alt kümesinin seçilmesidir.

Null değerler: Niteliğin bilinmeyen ve uygulanamaz bir değere sahip olduğunu gösterir. Veri kümelerinde yer alan null değerleri için çeşitli çözümler söz konusudur. Bunlar; null değerli kayıtlar tamamıyla ihmal edilebilir, null değerler yerine olası bir değer atanabilir. Bu değerler o nitelikteki en fazla frekansa sahip bir değer veya ortalama bir değer olabilir, varsayılan bir değer olabilir, null değerın kendisine en yakın değer olabilir.

- *Dinamik veri:* İçeriği sürekli olarak değişen veri tabanlarına dinamik veri tabanları denir. Bu veri tabanlarında veri madenciliği örüntüleri elde edildikten sonra değişen verilerin örüntülere yansımaları gerekmektedir. Bu işlem, veri madenciliği uygulamasının ürettiği örüntüleri değişen veriye göre, gereken yerlerini güncleme yeteneğine sahip olmasını gerektirir.

Normalizasyon: Bir nesneye ait bütün değerleri belirli bir tanımlanmış aralıkta yer alacak şekilde boyutlandırılmasıdır. Uzaklık ölçümü metotları nesnelere başlangıçta çok yüksek değerler almasını başlangıçta verilen daha küçük aralık değerlerini kullanarak engeller.

## FORMÜLLER

$$(2.1) \quad c = \lambda \times v$$

$\lambda$  : Dalga uzunluğu (m)

$v$  : Frekans (saniyedeki devir, Hz)

$c$  : Işığın Sürati ( $3 \times 10^8$  m/s)

$$(2.2) \quad M_{\lambda}(\lambda, T) = \left( \frac{2 \pi h c^2}{\lambda^5} \right) \left[ \exp \left( \frac{hc}{\lambda K T} \right) - 1 \right]^{-1}$$

$h$ =Plank Sabiti( $6.626 \times 10^{-34}$  J/K)

$K$ =Boltzman Sabiti( $1.381 \times 10^{-23}$  J/K)

$T$ =Mutlak Sıcaklık(Kelvin Cinsinden)

$$(2.3) \quad W = \frac{K}{T}$$

$W$ =Azami Yayımın Dalga Boyu

$K$ =Wien Sabiti(2897)

$$(2.4) \quad W = \sigma T^4$$

$W$ = Radyometrik Sıcaklık

$\sigma$  = Boltzman Sabiti ( $5.66961 \times 10^{-8}$ )

$T$  = Cismin Mutlak Sıcaklığı

**(4.1)**  $f(x,y) = i(x,y) * r(x,y)$

i= aydınlatma (illumination)

r=yansıma (reflectance)

**(4.2)**  $\text{Kontrast} = \frac{I_{\text{max}} - I_{\text{min}}}{I_{\text{max}} + I_{\text{min}}}$

I= Işık Şiddeti

## ÖZGEÇMİŞ

20 Haziran 1973 Elazığ doğumludur. İlk ve ortaokul öğreniminden sonra 1986 yılında Kuleli Askeri Lisesi'nde öğrenci olmaya hak kazanmıştır. 1986-1991 yılları arasında İSTANBUL'da askeri lise eğitimini müteakip, 1991-1995 yılları arasında Kara Harp Okulu/ANKARA–Sistem mühendisliği bölümünde okumuş ve 1995 yılında mezun olmuştur. 1996 -2011 yılları arasında subay olarak görev yapmıştır. 2011 yılında ise Beykent Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans eğitimine başlamıştır.

Zafer KİP