

**GECE GÖRÜŞ CİHAZINDAN ALINAN GÖRÜNTÜLERİN
İYİLEŞTİRİLMESİ**

Aşir BAHÇEBAŞI

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HAZİRAN 2006
ANKARA**

Aşir BAHEBASĐI tarafından hazırlanan GECE GÖRÜş CİHAZINDAN ALINAN GÖRÜNTÜLERİN İYİLEşTİRİLMESİ adlı bu tezin yüksek lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof.Dr.Müzeyyen SARITAş
Tez Yöneticisi

Bu alıőma, jürimiz tarafından Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof.Dr.Nihal Fatma GÜLER

Üye : Prof.Dr.Müzeyyen SARITAş (Danışman)

Üye : Doç.Dr.İrfan KARAGÖZ

Tarih : 27.06.2006

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Aşır BAHÇEBAŞI

GECE GÖRÜŞ CİHAZINDAN ALINAN GÖRÜNTÜLERİN İYİLEŞTİRİLMESİ
(Yüksek Lisans Tezi)

Aşir BAHÇEBAŞI

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Haziran 2006

ÖZET

Gece görüş kameraları, insan gözünün göremediği bandlarda görüntü alarak görülebilir hale getiren sistemlerdir. Gece görüş kamerasıyla kaydedilen görüntülerin parlaklık seviyesinin yüksek olduğu, kontrastının iyi olmadığı, gürültülü olduğu ve istenmeyen yatay siyah çizgilerin bulunduğu tespit edilmiştir. Öncelikle, bu olumsuzluklar görüntü iyileştirme teknikleri (Wiener, Laplacian kenar belirginleştirme, Gaussian gürültü giderme filtreleri ve histogram genişletme) kullanılarak giderilmiştir. Ayrıca, YSA'nın bütün ve parçalara bölünmüş görüntüleri iyileştirmedeki başarısını da göstermek için çalışmalar yapılmış ve uygulama sonucunda, YSA'nın histogram genişletme ile kontrast ayarı, kenarların belirginleştirilmesi konularında başarılı olduğu, ancak istenmeyen yatay çizgilerin yok edilmesinde aynı başarıyı gösteremediği görülmüştür.

Bilim Kodu : 905.1.035
Anahtar Kelimeler : Gece Görüş, görüntü iyileştirme, yapay sinir ağı
Sayfa Adedi : 138
Tez Yöneticisi : Prof.Dr.Müzeyyen SARITAŞ

IMAGE ENHANCEMENT OF NIGHT VISION IMAGE**(M.Sc.Thesis)****Aşir BAHÇEBAŞI****GAZI UNIVERSITY****INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY****June 2006****ABSTRACT**

Night vision equipments are used to see the objects by using the bands which can not be seen by human eye. Some problems associated with a kind of night vision cameras are high brightness level, poor contrast, noise and undesired black lines. Image enhancement techniques (Wiener, Laplacian edge enhancement, Gaussian noise reduction and histogram stretching) are used to solve the problems. Then, it is observed that the same techniques can be successfully used for the other images taken by the same camera. In addition, Neural Networks have also been used in image enhancement of both the complete image and subdivided images. Finally, the results show that Neural Networks are successful for contrast enhancement, and edge sharpening, however, unsuccessful to remove the undesired black lines.

Science Code : 905.1.035**Key Words : Night vision, image enhancement, neural network****Page Number : 138****Advisor : Prof.Dr.Müzeyyen SARITAŞ**

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren Hocam Prof.Dr.Müzeyyen SARITAŞ'a, çalışmalarına destek olan işyerimde görevli tüm çalışma arkadaşlarıma ve komutanlarıma, manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan eşim Fatma BAHÇEBAŞI'na teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xi
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xv
1. GİRİŞ	1
2. IR SİSTEMLER	4
2.1. Optik Spektrum.....	4
2.2. Gece Görüş Sistemleri	8
2.2.1. Görüntü yoğunlaştırıcı tüpler	8
2.2.2. Termal sistemler.....	8
2.2.3. CCD	18
3. GÖRÜNTÜ ÖZELLİKLERİ VE GÖRÜNTÜ İŞLEME	20
3.1. Görüntü Özellikleri	20
3.1.1. Genel özellikler.....	20
3.1.2. Görüntülerin sınıflandırılması	26
3.1.3. İstatistiksel analiz	28
3.2. Görüntü İşleme Teknikleri.....	30
3.2.1. Görüntü elde etme.....	32

	Sayfa
3.2.2. Görüntü iyileştirme	32
3.2.3. Görüntü analizi	51
3.2.4. Görüntü anlama.....	52
4. YAPAY SİNİR AĞLARI	53
4.1. Yapay Sinir Ağı Hücresi.....	54
4.2. Yapay Sinir Ağlarının Mimarisi.....	56
4.3. Aktivasyon Fonksiyonları	57
4.3.1. Eşik ve signum aktivasyon fonksiyonları	57
4.3.2. Doğrusal aktivasyon fonksiyonu	57
4.3.3. Logaritma sigmoid aktivasyon fonksiyonu	58
4.4. Yapay Sinir Ağı Modelleri	58
4.5. Yapay Sinir Ağlarında Öğrenme	60
4.5.1. Danışmanlı öğrenme	60
4.5.2. Öğrenme oranları	62
4.5.3. Geri yayımlı öğrenme	63
4.5.4. Danışmansız öğrenme	65
4.5.5. Karma öğrenme.....	66
4.5.6. Yarışmacı öğrenme	66
4.6. Yapay Sinir Ağlarının Üstünlükleri	66
4.6.1. Paralellik.....	67
4.6.2. Gerçekleştirilebilirlik.....	67
4.6.3. Yerel bilgi işleme	67
4.6.4. Hata toleransı	67

Sayfa

4.6.5. Öğrenebilirlik	68
4.7. Yapay Sinir Ağlarının Kullanım Alanları	68
5. UYGULAMA.....	70
5.1. Termal Görüntü Alma	70
5.2. Görüntülerin Sorunları	70
5.3. Görüntü İyileştirme Tekniklerinin Uygulanması	74
5.3.1. Kontrast artırma.....	74
5.3.2. Gürültü azaltma.....	77
5.3.3. Kenar belirginleştirme	84
5.4. Termal Görüntü İyileştirmede Kullanılan Tekniklerin Karma Uygulaması	94
5.5. YSA Kullanarak Termal Görüntünün İyileştirilmesi	96
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	107
KAYNAKLAR	111
EKLER	114
EK-1 Görüntü iyileştirme yazılımları	115
EK-2 İstatistiksel analiz yazılımı	127
EK-3 YSA ile görüntü iyileştirme yazılımı	128
EK-4 İnternet kaynaklarının ilk sayfaları.....	131
ÖZGEÇMİŞ.....	137

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Görünür bölgedeki renkler ve dalga boyları	6
Çizelge 2.2. Bazı maddelerin yayma faktörleri	10
Çizelge 2.3. Dedektör teknolojileri.....	14
Çizelge 3.1. Histogram modifikasyon transfer fonksiyonları	35
Çizelge 5.1. Gece görüş cihazı ile kaydedilen görüntülerle ilgili bazı istatistiksel veriler	73
Çizelge 5.2. YSA modelleme sonuçları	98
Çizelge 5.3. YSA eğitimi süreleri.....	99

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Optik spektrum	4
Şekil 2.2. Atmosferik geçirgenlik pencereleri	5
Şekil 2.3. Wein şeması	9
Şekil 2.4. Bir soğutucu ve soğuk parmak	15
Şekil 2.5. CCD'nin kullanımı	18
Şekil 3.1. Analog sayısal çevirme adımları	20
Şekil 3.2. Sayısal görüntünün eksenleri	21
Şekil 3.3. Bir görüntünün a) matris ve b) sayı matrisi olarak gösterilmesi	22
Şekil 3.4. Görüntü histogramlarının gösterilmesi..	30
Şekil 3.5. Bir pikselin komşulukları.....	31
Şekil 3.6. Görüntü işlemenin adımları	32
Şekil 3.7. Kuwahara filtresinde bölgeler	40
Şekil 4.1. Basitleştirilmiş bir biyolojik nöron.....	53
Şekil 4.2. Temel yapay sinir ağı hücresi.....	55
Şekil 4.3. Aktivasyon fonksiyonları.....	57
Şekil 4.4. Doğrusal aktivasyon fonksiyonu	58
Şekil 4.5. Logaritma sigmoid aktivasyon fonksiyonu	58
Şekil 4.6. İleri beslemeli YSA yapısı.....	59
Şekil 4.7. Geri beslemeli YSA yapısı.....	59
Şekil 4.8. Danışmanlı öğrenme	62
Şekil 4.9. Geri yayılım ağı örneği	63

Şekil	Sayfa
Şekil 4.10. Genel bir geri yayılım ağ yapısı	64
Şekil 4.11. Danışmansız öğrenme	65
Şekil 5.1. Termal görüntü alma deney düzeneği	70
Şekil 5.2. Termal görüntünün iyileştirilmesi sürecinde kullanılan teknikler ve uygulama sıraları	94
Şekil 5.3. YSA'nın modellenmesi	97
Şekil 5.4. Modellenmiş YSA ile görüntü iyileştirme	97
Şekil 5.5. Sırasıyla a) 256x256, b) 128x128, c) 64x64, d) 32x32, e)16x16 görüntüler için tohum sayısı-YSA MSE sonucu	99
Şekil 5.6. YSA ile elde edilen en iyi iyileştirilmiş görüntünün MSE değerleri	101

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. a) NIR, b) SWIR ve c) LWIR bandlarında çekilmiş görüntüler	7
Resim 2.2. Bir termal kameranın optik bölümünün kesiti	12
Resim 2.3. Gündüz görüş kamerası ve termal kamera tarafından alınan bazı görüntülerin karşılaştırılması	17
Resim 2.4. CCD'nin yakından görünümü	19
Resim 3.1. Uzaysal çözünürlük değerlerinin karşılaştırılması	22
Resim 3.2. Parlaklık seviyesinin karşılaştırılması	23
Resim 3.3. Kontrast seviyesinin karşılaştırılması	24
Resim 3.4. İki renk seviyesini kullanan görüntü	26
Resim 3.5. Gri seviyeli görüntü	27
Resim 3.6. Bit sayısının netliğe etkisinin göz tarafından algılanmamasının gösterilmesi	27
Resim 5.1. Gece görüş cihazı ile kaydedilen görüntüler ve histogramları	71
Resim 5.2. Farklı yüzdelilerle histogram genişletme	75
Resim 5.3. Histogram eşitleme yapılmış görüntü	76
Resim 5.4. Histogram kaydırma yapılmış görüntüler	76
Resim 5.5. Düzgün dağıtılmış filtrenin a) 3x3 ve b) 5x5 kernellerinin bir görüntüye uygulanmasının sonucu	77
Resim 5.6. Üçgen filtrenin a) kare ve b) çember kernellerinin bir görüntüye uygulanmasının sonucu	78
Resim 5.7. Wiener filtrenin a) 2x1, b) 3x1, c) 4x1, d) 5x1 dikey kernellerinin bir görüntüye uygulanması sonucu	79
Resim 5.8. Wiener filtrenin a) 1x2, b) 1x3, c) 1x4, d) 1x5 yatay kernellerinin bir görüntüye uygulanması sonucu	80

Resim	Sayfa
Resim 5.9. Wiener filtrenin 2x2 (a), 3x3 (b), 4x4 (c), 5x5 (d) karesel kernellerinin bir görüntüye uygulanmasının sonucu	81
Resim 5.10. Gaussian filtrenin bir görüntüye uygulanması sonucu.....	82
Resim 5.11. Medyan filtrenin a) 3x3, b) 5x5, c) 7x7 kernellerinin bir görüntüye uygulanması sonucu	82
Resim 5.12. Minimum filtrenin a) 3x3, b) 5x5 kernellerinin bir görüntüye uygulanmasının sonucu	83
Resim 5.13. Maksimum filtrenin 3x3 (a), 5x5 (b) kernellerinin bir görüntüye uygulanmasının sonucu	84
Resim 5.14. Gradient filtre ile kenar iyileştirilmiş görüntüler	85
Resim 5.15. Prewitt filtre ile kenar iyileştirilmiş görüntüler	86
Resim 5.16. Sobel filtre ile kenar iyileştirilmiş görüntüler	87
Resim 5.17. Robert filtre ile kenar iyileştirilmiş görüntüler	88
Resim 5.18. İzotropik filtre ile kenar iyileştirilmiş görüntüler.....	88
Resim 5.19. Frei-Chen filtre ile kenar iyileştirilmiş görüntüler	89
Resim 5.20. DroG filtre ile kenar iyileştirilmiş görüntüler	91
Resim 5.21. LoG filtrenin uygulama sonuçları	91
Resim 5.22. Kirsch filtre ile kenar iyileştirilmiş görüntüler	92
Resim 5.23. a) Termal kameradan alınan orijinal görüntü, b) ilk Wiener filtresi çıkışı, c) histogram genişletme bloğu çıkışı, d) Wiener filtresi çıkışı, e) Laplacian kenar belirginleştirme filtresi çıkışı, f) Gaussian filtresi çıkışında elde edilen iyileştirilmiş görüntü	95
Resim 5.24. a) 256x256, b) 128x128, c) 64x64, d) 32x32, e) 16x16 piksel görüntü kullanarak YSA ile elde edilen en iyi iyileştirilmiş görüntü ve histogramları	102

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
$a(x)$	Histogramı eşitlenecek görüntü
$a[m,n]$	Kontrast modifikasyon öncesi gri seviye
B	Bir pikseldeki bit cinsinden veri sayısı
B	Bias
$b(x)$	Histogramı eşitlenmiş görüntü
$b[m,n]$	Kontrast modifikasyon sonrası gri seviye
$c[m,n]$	Orijinal görüntü gri seviye değerleri
$c(x)$	Her bir komşu pikselin parlaklık değeri
$d(y)$	y komşuluğundaki parlaklık ortalaması
$d[m,n]$	İyileştirilmiş görüntü gri seviye değerleri
$F(x,y)$	Bir cismin görünme fonksiyonu
$f_x(x,y)$	$f(x,y)$ fonksiyonunun x'e göre türevi
$f_y(x,y)$	$f(x,y)$ fonksiyonunun y'e göre türevi
$\tilde{f}_x$	f görüntüsünün x yönündeki türevi
$\tilde{f}_y$	f görüntüsünün y yönündeki türevi
$G_x(x)$	Gaussian Kernelinin x yönündeki türevi
$G_y(y)$	Gaussian Kernelinin y yönündeki türevi
$G(x,y)$	Gaussian Fonksiyonu
$g(x,y)$	Homomorfik filtre uygulama sonucu
g	Histogram modifikasyon sonucu
gm	Görüntünün maksimum gri seviyesi
$g1$	Görüntünün minimum gri seviyesi
$h[m,n]$	Filtre kerneli
$l(w,v)$	$i(x,y)$ 'nin Fourier Dönüşümü sonucu

Simgeler	Açıklama
$i(x,y)$	Aydınlatma
j	Gri seviye parlaklık değeri
k	Sabit sayı
M	Bir görüntüdeki satır sayısı
m	Bir pikselin satır eksenindeki yeri
MP	Orijinal görüntüdeki piksel sayısı
N	Bir görüntüdeki sütun sayısı
NP	İyileştirilmiş görüntüdeki piksel sayısı
$N(y)$	Piksel parlaklık değerleri
n	Bir pikselin sütun eksenindeki yeri
np	Görüntünün toplam piksel adedi
n_k	Bir gri seviyeye sahip toplam piksel adedi,
n_j	j gri seviyesine sahip piksel sayısı
O	Çıkış
$o(t)$	Ağın t anındaki çıkışı
P	Ağırlıklandırılmış giriş sayısı
$P(z)$	Giriş görüntüsünün olasılık dağılımı
$P(r_k)$	Sayısal görüntü histogramı
r	Giriş sayısı
r_k	k 'inci gri seviye,
$r(x,y)$	Yansıma
$R(w,v)$	$r(x,y)$ 'nin Fourier Dönüşümü sonucu
s	Komşuluktaki piksel sayısı
t	Zaman
$T(z)$	Transfer fonksiyonu
X	Girişler matrisi
x	Apsis
$x(t)$	Giriş
$x_1, x_2, \dots, x_r$	Girişler
W	Ağırlıklar matrisi

Simgeler**Açıklama** $w_1, w_2, \dots, w_k$

Ağırlıklar

 y

Ordinat

 Z

Sabit sayı

 $Z(w,v)$ $F(x,y)$ 'nin Fourier Dönüşümü sonucu α

Sabit sayı

 $\alpha_{\max}$

Maksimum piksel seviyesi

 $\alpha_{\min}$

Minimum piksel seviyesi

 $\alpha[m,n]$

Her bir piksel değeri

 $\otimes$

Konvolüsyon

 Δ

Gecikme süresi

 σ

Standart sapma

Kısaltmalar**Açıklama****CCD**

Yük bağlantılı alet (Charge coupled device)

CFA

Renkli filtreli dizi (Colored filtered array)

CID

Yük enjekteli alet (Charge injection device)

dB

Desibel

DroG

Gaussian'ın türevi

DPI

İnç başına nokta sayısı

DSP

Sayısal işaret işleme

FPGA

Alan programlamalı kapı dizisi

IR

Kızılötesi

LED

Işık yayan diyot

LoG

Gaussian'ın Laplacian'ı

LWIR

Uzun dalga kızılötesi (Long wavelength IR)

MCP

Mikrokanallı plaka

MCT

Civa kadmiyum telürid

MWIR

Orta dalga kızılötesi

Kısaltmalar**Açıklama****NIR**

Yakın kızılötesi

PC

Foto iletken

PV

Foto voltaik

QWIP

Kuantum kuyulu kızılötesi foton

SNR

Sinyal gürültü oranı

STD

Standart sapma

SWIR

Kısa dalga kızılötesi (Short wavelength IR)

TDI

Zaman gecikmeli entegrasyon

UV

Morötesi

VLWIR

Çok uzun dalgaboylu IR

YSA

Yapay Sinir Ağı

1. GİRİŞ

Gece görüş sistemleri, insan gözünün göremediği bantlardaki görüntüyü alarak bu görüntünün görülebilir hale getirilmesini sağlayan sistemlerdir. Askeri amaçlı kullanıldıkları gibi, çok bandlı uzaktan algılama sistemleri, tıp, özel güvenlik gibi alanlarda da yaygın olarak kullanılmaktadır.

Görüntü üretme ve/veya aktarma esnasında, sayısal görüntüleme işlemindeki bir takım elverişsiz şartlar nedeniyle görüntülerde bozulmalar oluşmaktadır. Bu bozulmaların bir kısmı ortamdan kaynaklandığı gibi, bir kısmı da kameranın yapısından kaynaklanmakta ve bozulma, o kameradan çekilen bütün görüntülerde tekrarlanmaktadır.

Görüntü iyileştirme teknikleri kullanılarak görüntü üzerindeki bozulmaların giderilmesine yönelik çok sayıda araştırma yapılmış ve bir çok yöntem geliştirilmiştir. Bu teknikler gürültüyü azaltan, kenar belirginleştiren, kontrast artıran teknikler şeklinde sınıflandırılmaktadır. Ancak, görüntüdeki bozulmanın özelliklerine uygun tekniklerin kullanılması gerekmektedir.

Görüntü işleme esnasında, görüntünün bazı özellikleri iyileştirilirken, kullanılan filtrelerin görüntüdeki yararlı veriyi bozmaması ve görüntüdeki detay ve dokuları koruması gerektiğinden çoğu görüntü işleme filtresi için bu bir sorun olmaktadır. Geleneksel gürültü giderme filtrelerinin, gürültü giderme işlemi esnasında, görüntüye arzu edilmeyen bozulma ve bulanıklaştırma etkileri bulunmaktadır.

Görüntü üzerindeki olumsuzlukların görüntü işleme teknikleri ile giderilebilmesine rağmen, görüntü işleme tekniklerinin bir çoğunun zaman ve bellek ihtiyacından dolayı gerçek zamanlı olarak uygulanamaması, paralel işlem mantığını kullanan, bir çok tekniği aynı anda uygulayabilen yöntemler üzerinde araştırmalar yapılmasına neden olmuştur.

Son yıllarda, sayısal görüntü işleme problemlerinde, yapay zekaya dayalı esnek hesaplama tekniklerinin kullanımında belirgin bir artış görülmektedir. Yapay Zeka (YZ), düşünme, anlama, kavrama, yorumlama ve öğrenme yapılarının programlama ile taklit edilerek problemlerin çözümüne uygulanmasıdır. YZ araştırmalarının ana amacı, insanın bilgi işleme prensiplerinin anlaşılması ve biyolojik sinir sistemlerinin çalışması iken bu disiplinin daha esnek yetenekleri ile bilgisayarların gerek çalışmasına ve gerekse yapısına yeni yaklaşımlar kazandırmaktır.

Bu çalışmada, cisimlerin yaydığı ısıya duyarlı olarak çalışan bir termal kameradan alınan siyah beyaz görüntü incelenmiş; kaydedilen görüntülerin parlaklık seviyesinin yüksek olduğu, kontrastının iyi olmadığı, gürültülü olduğu, ölü dedektörlerden ve mekanik tarama sisteminden kaynaklanan istenmeyen yatay siyah çizgilerin bulunduğu tespit edilmiştir. Bu olumsuzlukların görüntü iyileştirme teknikleri (Wiener, Laplacian kenar belirginleştirme ve Gaussian gürültü giderme filtreleri ile histogram genişletme teknikleri) kullanılarak giderilmesine çalışılmış ve kontrastın artırılması, gürültünün azaltılması ve istenmeyen yatay siyah çizgilerin yok edilmesi sağlanmıştır.

Bu çalışmada, ayrıca, YSA'nın termal kameradan alınan görüntüleri iyileştirmedeki başarısı da incelenmiştir. YSA ağ modeli olarak, danışmanlı ağ modeli seçilmiştir. Bu yüzden, termal kameradan alınan orijinal görüntü YSA'ya giriş olarak verilip görüntü iyileştirme teknikleri ile iyileştirilen görüntü YSA'ya olması istenilen çıkış (hedef) olarak sunulmuştur. Böylece YSA'nın modellenmesi sağlandıktan sonra verilen görüntüler modellenen YSA ile iyileştirilerek YSA'nın başarısı incelenmiştir. Daha sonra, kullanılan görüntüler parçalara bölünerek aynı teknikler uygulanmış ve YSA'nın parçalı görüntülerle yaptığı iyileştirmenin etkisi de incelenmiştir.

Bölüm 2'de, gece görüş sistemleri ile ilgili temel bilgiler, kızılötesi bandda çalışan kameralar ve çalışma prensipleri hakkında bilgi verilmiştir.

Bölüm 3’de, görüntü ile ilgili temel kavramlar açıklanmış ve sayısal görüntü işleme teknikleri anlatılmıştır.

Bölüm 4’de, YSA’nın biyolojik beyin ile karşılaştırılması, YSA mimarileri ve YSA’da eğitime işlemleri anlatılmış ve uygulama alanları verilmiştir.

Bölüm 5’de, tez çalışmasında yapılan uygulamalar sunulmuştur.

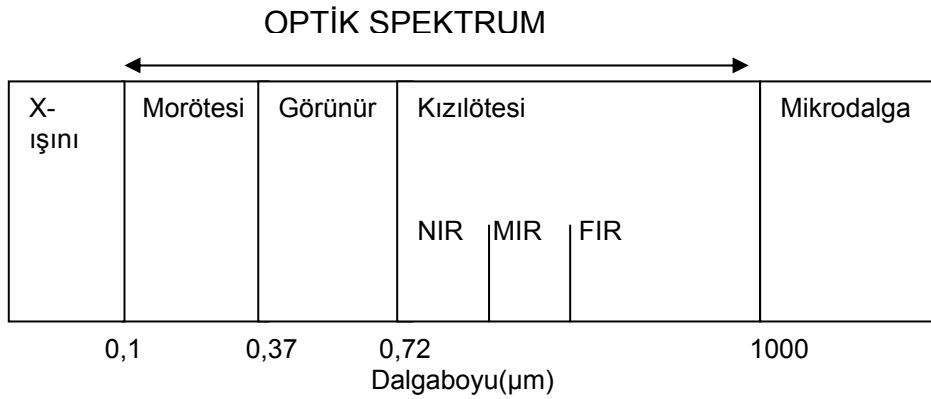
Bölüm 6’da, elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

2. GECE GÖRÜŞ TEKNOLOJİLERİ

Elektro-optik sistemler, elektromanyetik spektrumun IR (Infrared, kızılötesi), UV (Ultraviyole, morötesi) ve görünür bandında çalışan ve çevrenin gözetlenmesinde kullanılan sistemlerdir.

2.1. Optik Spektrum

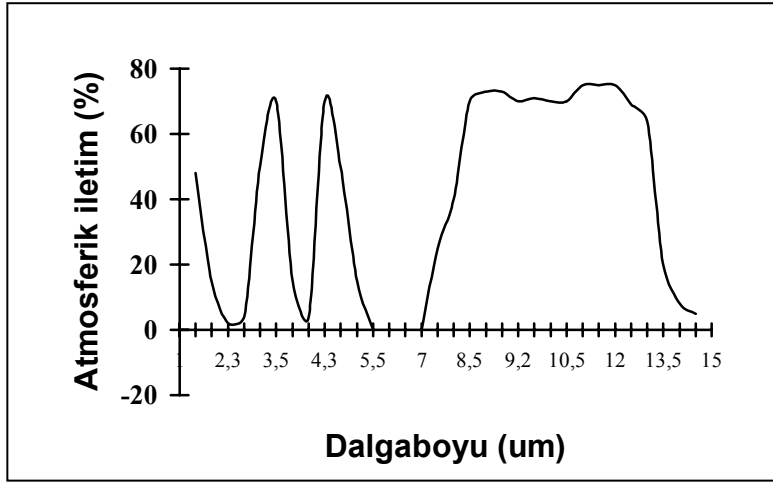
Şekil 2.1’de verilen optik spektrum, morötesi (UV), kızılötesi (IR) ve görünür bandlardan oluşur.



Şekil 2.1. Optik spektrum [1]

Şekil 2.2’den de görüldüğü gibi IR bandı, atmosferdeki gazlardan dolayı tamamen kullanıma açık değildir. Atmosferin izin verdiği iletim bandına atmosferik geçirgenlik penceresi denir.

Atmosferik geçirgenlik pencereleri de dikkate alınarak, optik spektrum şu şekilde incelenmektedir.



Şekil 2.2. Atmosferik geçirgenlik pencereleri [1]

Morötesi (Ultraviyole, UV)

Morötesi, optik spektrumda, 0,1-0,37 μm arasındaki bölgeye verilen isimdir. Bazı maddeler (kaya, mineral) UV ışık kaynağı ile aydınlatılınca görünür ışık yayarlar. Bunun dışında uçak, füze vb. cisimlerin motorlarından çıkan alevde de UV bandına ait sinyaller bulunmaktadır. Bununla birlikte IR bandı UV bandından daha geniş olduğu için IR, UV'den daha fazla bilgi içermektedir [2].

Görünür bölge

Görünür bölge, optik spektrumun 0,4-0,7 μm arasındaki insan gözünün algıladığı bölgedir. Bu bölgedeki renkler ve bu renklere ait dalgaboyları Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Görünür bölgedeki renkler ve dalgaboyları

Renk	Dalgaboyu aralığı (μm)
Mor	0,400-0,466
Mavi	0,466-0,500
Yeşil	0,500-0,578
Sarı	0,578-0,592
Turuncu	0,592-0,620
Kırmızı	0,620-0,700

Kızılötesi (Infrared, IR)

Kızılötesi, 0,7-1000 μm arasındaki bölgedir [1] ve genel olarak yakın IR (NIR), orta IR (MIR) ve uzak IR (FIR) olarak üçe ayrılır [3]. IR bandı, kısa dalga (short wavelength) IR (SWIR), orta dalga (medium wavelength) IR (MWIR), uzun dalga (long wavelength) IR (LWIR) ve çok uzun dalga IR (VLWIR) olmak üzere 4 bölgede de incelenebilmektedir [4, 5]. Aşağıdaki bölümde bu IR bandları ile ilgili temel bilgiler verilmiştir.

NIR

NIR, optik spektrumun 0,7-1,1 μm aralığındaki bölgesidir. Bu bandda güneş ışınlarının yansımaları çok etkilidir. Görüntü yoğunlaştırma ile çalışan gece görüş cihazları bu bölgeyi kullanmaktadır.

SWIR

SWIR, optik spektrumun 0,8-3 μm [5] aralığındaki bölgesidir. Bu bandın özellikle, 1-2 μm aralığının kullanımı önem kazanmıştır. Çünkü, bu aralıkta göze zararlı olmayan laserler kullanılmaktadır. Ayrıca, güneş ışınlarının yansımalarının etkili olduğu bir banddır. Bazı görüntü yoğunlaştırma sistemleri ve termal gece görüş cihazları bu bölgeyi kullanmaktadır. Resim 2.1’de SWIR bandında çekilmiş örnek bir görüntü verilmiştir.

MWIR

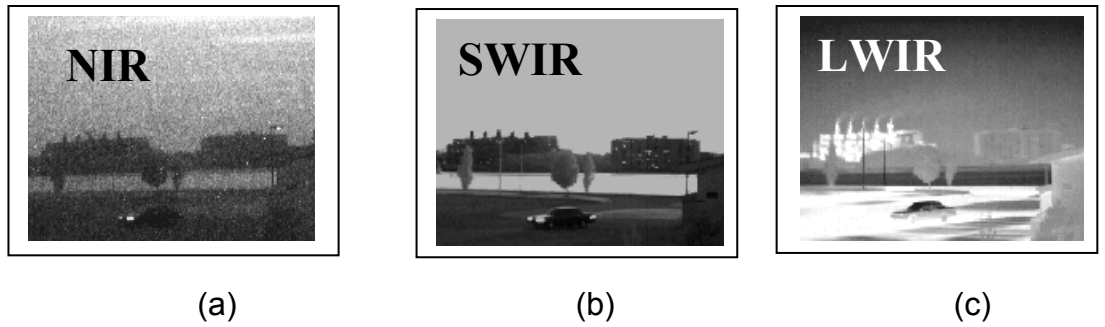
Optik spektrumun 3-5 μm [5] aralığındaki bölgesi olarak tanımlanan MWIR bandında birkaç tane atmosferik pencere vardır. Bu aralıktan, uçak motorları gibi yüksek enerji üreten nesnelerin görüntülenmesinde yararlanılmaktadır. Bu bandın dezavantajı, güneş patlaması, yangın, sis, duman, toz, pus, hava kirliliğinden etkilenmesidir.

LWIR

Optik spektrumun 8-12 μm [5] aralığı olan LWIR bölgesi, atmosferik geçirgenliğin en iyi olduğu banddır. Bu aralık, çoğunlukla düşük sıcaklıklara sahip cisimlerin görüntülenmesi ve uzay uygulamaları için kullanılmaktadır. Bu bandın dezavantajı, nemli (tropikal) ortamlardan çok fazla etkilenmesidir. Resim 2.1'de LWIR bandında çekilmiş örnek bir görüntü verilmiştir.

VLWIR

VLWIR, optik spektrumun 12-25 μm [5] arası olarak tanımlanan bölgedir.



Resim 2.2. a) NIR, b) SWIR ve c) LWIR bandlarında çekilmiş görüntüler

Yukarıda verilen bilgilerden de açıkça anlaşıldığı gibi, her bandın özellikleri farklı olduğundan kullanım amacına göre uygun bandın seçilmesi ve seçilen banda göre farklı görüntü iyileştirme tekniğinin uygulanması gerekmektedir.

Ayrıca, gece görüş sistemlerinin çalışma prensibinin bilinmesi de gerekmektedir. Aşağıda gece görüş sistemleri hakkında bilgi verilmektedir.

2.2. Gece Görüş Sistemleri

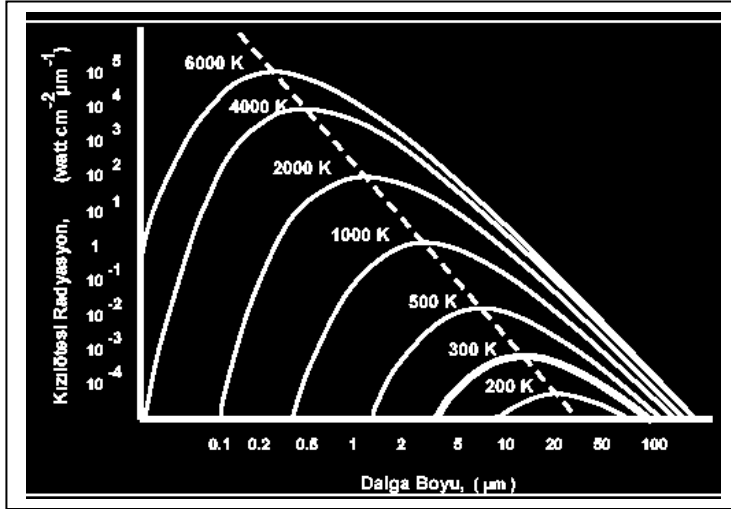
Gece şartlarının yanı sıra; sis, nem, toz gibi şartlarda kısmen görme olanağı sağlayan gece görüş sistemleri; görüntü yoğunlaştırıcı tüpler ve termal görüntü sistemleri olarak ikiye ayrılmaktadır.

2.2.1. Görüntü yoğunlaştırıcı tüpler

Görüntü yoğunlaştırıcı tüpler, insan gözünün algılamakta zorluk çektiği (insan gözünün algılayabileceğinden daha düşük ışık şiddeti olan) veya hiç algılayamadığı düşük enerjili yakın IR bandındaki fotonları algılayıp görünür dalga boyu bandına çeviren ve ortamdaki düşük ışık şiddetini gözle görülebilir seviyeye yükselten cihazlardır. Bu cihazlar, ay veya yıldız ışığında cisimlerin görülmesini sağlamaktadır. Bir görüntü yoğunlaştırıcı tüp giriş optiği, foto katot, iyon tutucu tabaka, mikro kanallı plaka ve çıkış optiğinden oluşur [6].

2.2.2. Termal sistemler

Sıcaklığı mutlak sıfırın (-273°C) üzerinde olan her nesne görünür ışıktan bağımsız elektromagnetik radyasyon yayar. Fotonlardan oluşan bu enerji geniş bir frekans aralığını kapsar. Bir cisimden yayılan enerji, cismin sıcaklığına, yayma (emissivity) özelliğine ve dışarı yayılan enerjinin dalgaboyuna 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 kısalır. Sıcaklık iki kat arttığında, yayılan enerji 16 kat artar. Şekil 2.3'de sıcaklık-dalgaboyu-kızılötesi radyasyon arasındaki ilişki Wein şeması ile gösterilmektedir.



Şekil 2.3. Wein şeması [4]

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. Çizelge 2.2'de bazı maddelerin IR yayma faktörleri görülmektedir.

Çizelge 2.2'den de anlaşıldığı gibi, yayma özelliği zayıf olan maddelerin yansıtma özelliği fazladır. 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.

Çizelge 2.2. Bazı maddelerin yayma faktörleri [1]

	Madde	Yayma Faktörü
Su ve toprak yüzeyleri	Su	0,92-0,96
	Yeni yağmış kar	0,82-0,99
	Buzlanmış kar	0,89
	Buz	0,96
	Donmuş toprak,	0,93-0,94
	Kuru kum	0,84
	Hafif kuru kum	0,89-0,90
	Islak kum	0,95
	Taşlık kum	0,91-0,92
	Hafif koyu gri çakmaktaşı	0,91-0,92
	Kuru çimento	0,71-0,88
	Nemli ve çıplak yeryüzü	0,95-0,98
Doğal yüzeyler	Çöl	0,90-0,91
	Kuru ot	0,90
	Tarla ve çalılık	0,90
	Meşe ağacı	0,90
Bitkiler	Yonca	0,95
	Meşe yaprağı	0,91-0,95
Diğerleri	Beyaz kağıt	0,89-0,95
	Düz cam	0,87-0,94
	Kırmızı tuğla	0,92
	Beyaz sıva	0,91
	Odun	0,90
	Beyaz boya	0,91-0,95
	Siyah boya	0,88-0,95
	Bronz boya	0,80
	Alüminyum boya	0,43-0,55
	Alüminyum kağıt	0,01-0,05
	Galvanezli demir	0,13-0,28
	iyice parlatılmış gümüş	0,02
	iyice parlatılmış alüminyum	0,08
	İnsan derisi	0,95

Atmosferik geçirgenlik

Atmosferin IR'yi geçirgenliği, onu oluşturan azot, oksijen, su buharı, karbondioksit, metan, karbonmonoksit, ozon ve toz gibi parçacıklarla yakından ilgilidir. IR dalgaboyu bölgesinde bazı dalgaboyları CO₂ ve H₂O

partikülleri ile aynı veya birbirine yakın boyutlardadır. Bundan dolayı IR enerjiyi yutan temel faktör su buharı ve karbondioksittir.

Havanın geçirgenliği aslında değişken bir yapıya sahiptir. Çünkü havanın kendisi dinamiktir. Bu nedenle farklı modellemeler yapılmıştır. En çok kabul gören modellemeye göre 0,72-15 μm arasında sekiz adet atmosferik pencere tanımlanmıştır (Bkz. Şekil 2.2).

Bütün cisimler, 3-12 μm dalga boyu aralığında termal radyasyon yaymaktadır. Ancak, Şekil 2.2'den de açıkça görüldüğü gibi, 5-8 μm dalga boylarındaki radyasyon ışımaları atmosfer tarafından soğurulduğundan 3-5 μm ile 8-12 μm dalgaboyu aralığındaki radyasyon algılanabilecek seviyededir. 8-12 μm dalgaboyuna düşen radyasyon ise, 3-5 μm bandına düşen radyasyona göre 30 kat daha güçlüdür. Ayrıca, 8-12 μm bandına düşen radyasyon, 3-5 μm bandına düşen radyasyona göre sis, nem ve duman gibi kötü hava şartlarından daha az etkilenir. Bu nedenle 8-12 μm 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.

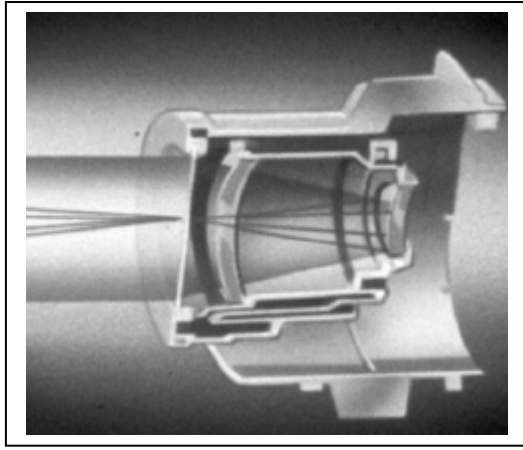
Termal sistemler aktif ve pasif olmak üzere ikiye ayrılır. Aktif sistemlerde hedef, yapay bir IR kaynağı ile aydınlatılır ve sistem, hedeften geri dönen IR enerjisini kullanır. Laser mesafe bulucu ve IR güdümlü füzeler buna birer örnektir. Pasif termal sistemlerde ise, yapay bir kaynak kullanmaksızın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

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. Resim 2.2'de 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.



Resim 2.2. Bir termal kameranın optik bölümünün kesiti

Mekanik birimler

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

Dedektör

Dedektör, üzerine düşen ışığı veya IR radyasyonu elektriğe dönüştüren, matris şeklinde tasarlanmış sensör dizisidir. IR dedektörler içerdikleri teknolojilere ve kullandıkları malzemelere göre sınıflandırılırlar. Genel olarak dedektör tipleri termal ve foton dedektör olarak sınıflandırılır.

Termal dedektörler

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

Foton dedektörler

Foton dedektörlerde foton-elektron(hole) dönüştürme işlemi yapılır, bu sırada elektron veya akımı (foto iletken veya foto voltaik yarıiletken) değiştirilir. Bu dedektörler -269°C ile -73°C sıcaklık aralığında çalışır, fiyatı pahalı, hassaslığı ise yüksektir. Saf kristal (intrinsic) dedektör 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) dedektörlerdir. Çizelge 2.3'de dedektör teknolojileri özetlenmiştir.

Yaygın olarak üretilen dedektör tipleri [4]; 3-5 μm bandı için PtSi (128x128, 256x256), InSb (256x256, 512x512, 320x240, 640x480), HgCdTe (320x240, 640x480, 288x4) ve 8-12 μm bandı için; HgCdTe (1nci nesil, 60x1), HgCdTe (BST, soğutmasız; 320x240, 256x256, 640x480) ve HgCdTe (2nci nesil, 240x4, 288x4, 480x4, 576x4)dir.

Çizelge 2.3. Dedektör teknolojileri

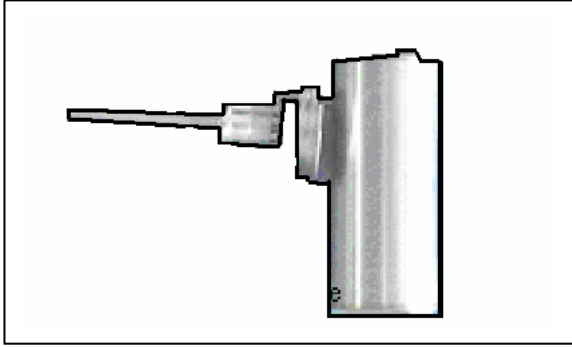
Foton dedektörleri		Termal dedektörler (enerji dedektörleri)	
Saf Kristal (Intrinsic, PV)	Civa Kadmiyum Telirür (MCT(HgCdTe))	Direnç (bolometer)	Vanadyum Oksit(V_2O_5)
	Silisyum (Si), germanyum (Ge)		Poly-SiGe
	İndiyum garyum Arsenit (InGaAs)		Poly-Si
	InSb, InAsSb		Şekilsiz silisyum (AmorphSi)
Saf Kristal (Intrinsic, PC)	MCT	Termopil (thermopile)	Bi/Sb
	PbS, PbSe	Piroelektrik (pyroelectric)	LiTa
Katkılı (Extrinsic)	SiX		PbZrT
Foton yayıcı (photo emissive)	PtSi	Mıknatıs (ferroelectric)	BST
Kuantum kuyulu (QWIP)	GaAs/A1GaAs	Mikro dirsek (microcantilever)	Çift metalli (bimetal)

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. Şekil 2.4'de örnek bir soğutucu ve soğuk parmak görülmektedir. Soğutucu sayesinde dahili gürültü azaltılmış olur. Harici gürültüden kurtulmak için hızlı mikroişlemciler, işaret işleme teknikleri ve sayısal imza kütüphanesi kullanılmaktadır.



Şekil 2.4. Bir soğutucu ve soğuk parmak

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

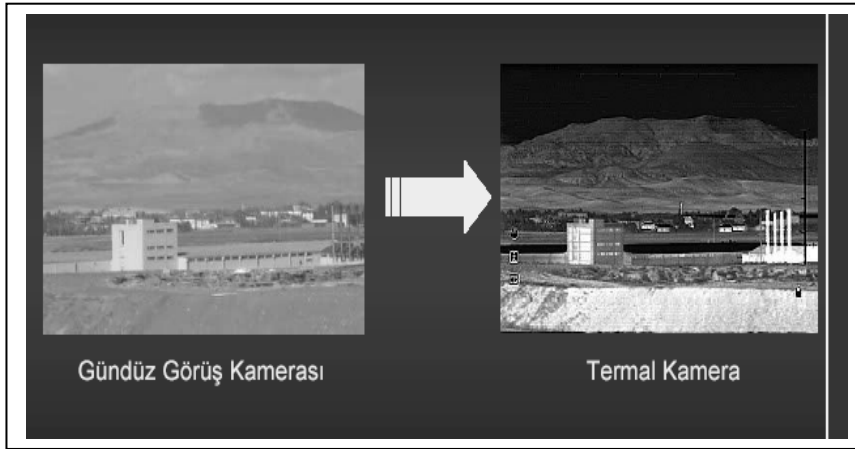
Monitör, elektrik sinyalinin görüntü haline getirildiği birimdir.

Termal sistemlerin çalışma prensibi

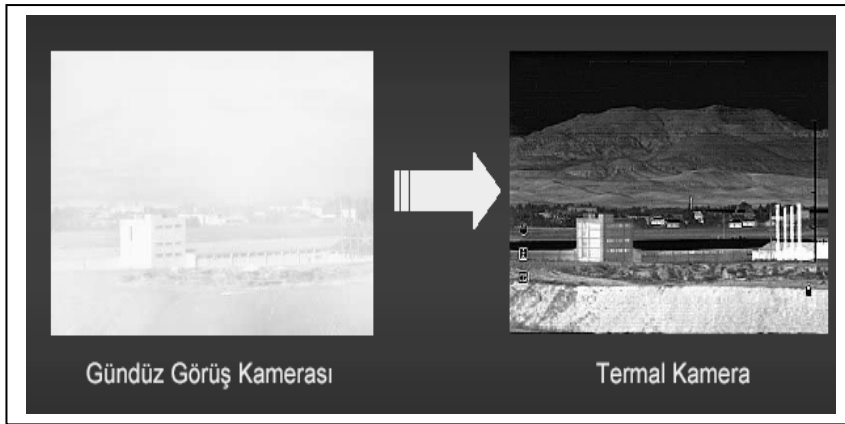
Hedeften yayınlanan IR enerji özel IR mercekler tarafından toplanır ve dönen bir ayna üzerine düşürülür. Bu ayna, IR radyasyonu, dedektör üzerine düşürür. Dedektör üzerine düşen bu enerji dedektör yüzeyinden elektron sökülmesine neden olur. Böylece ışık, elektrik sinyaline dönüştürülmüş olur.

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.

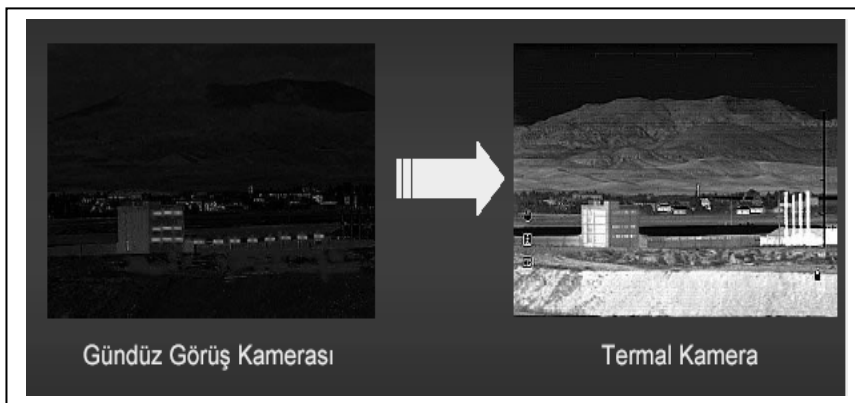
Resim 2.3'de gündüz, sisli hava ve karanlıkta, gündüz görüş kamerası ve termal kamera tarafından çekilen bazı görüntülerin karşılaştırılması görülmektedir.



(a)



(b)



(c)

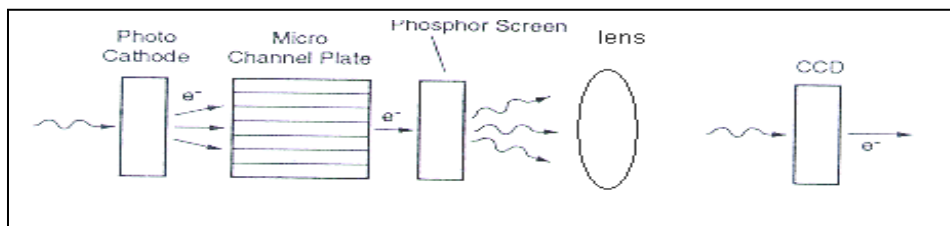
Resim 2.3. Sırasıyla a) gündüz , b) sisli hava ve c) karanlıkta gündüz görüş kamerası ve termal kamera tarafından alınan bazı görüntülerin karşılaştırılması [4]

Gece görüş cihazlarından alınan görüntünün mercek sisteminden alınarak kaydedilmesi, sayısala çevrilmesi gibi işlemler için CCD (Charge Coupled Device) kameralar yaygın olarak kullanılmaktadır. Aşağıda CCD hakkında bilgi verilmektedir.

2.2.3. CCD

1970'li yılların başında, Williard S. Boyle ve George E. Smith, geliştirdikleri yarıiletken silikon yongadaki bir elektronik elemanın ışığa duyarlı sinyaller ürettiğini ve bu sinyalin uygun şekilde işlenerek sayısal görüntüleme amacıyla kullanılabileceğini keşfettiler (Bell Laboratuvarları'nda ilk dedektör 1x8 pikseldir) [6].

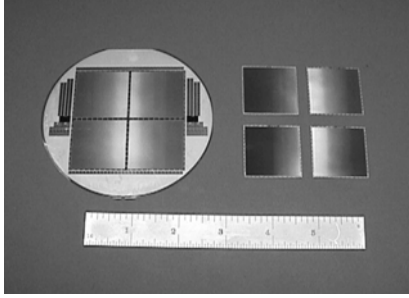
Özellikle, CCD teknolojisindeki saat (clock) ve görüntü işlemedeki gelişmeler, CCD teknolojisini ön plana çıkarmış; ticari alanlarda daha çok uygulama alanı bularak diğer yarı iletken görüntüleme yöntemlerinin önüne geçmiştir. Günümüzde, CCD'ler, bütün görüntüleme cihazlarının (mikroskoplar, fotoğraf makineleri, video kameralar, bilgisayar ve tıp alanında kullanılan tarayıcılar vs.) vazgeçilmez mekanik gözü haline gelerek klasik elektronik görüntüleme elemanlarının ve filmin yerini almıştır (Şekil 2.5) [6].



Şekil 2.5. CCD'nin kullanımı [6]

CCD'ler ışığa duyarlı bir silikon yüzeyin piksel olarak adlandırılan elemanlarla (ışık hücreleri) n satır ve m sütun (nxm) şeklinde organize edilmesiyle oluşturulur (Resim 2.4). CCD'ler, üzerine düşen ışık miktarının elektronik bir

devre yardımıyla ölçülerek (read-out) sayısal halde görüntülenmesi prensibine göre çalışmaktadır.



Resim 2.4. CCD'nin yakından görünümü [6]

Hücreleri matris şeklinde organize edilerek, her bir pikselde biriken elektronlar (sinyal yükü) uygulanan saat darbeleri ile yatay bir şekilde pikselden piksele taşınırlar.

Her bir piksel sırasının sonunda, çıkış kaydedici adlı bir elektronik devre kendisine ulaşan elektronları aynı sırada güçlendirici ve sayıcı bir diğer devreye yollar. Burada piksel koordinatları ve içerdikleri elektron sayıları hesaplanır ve sayısal hale dönüştürülerek okuyucuya (bilgisayar) gönderilir. CCD kontrol yazılımı, piksellere düşen ışık şiddetlerini temsil eden bu veriyi görüntüye dönüştürür. Görüntü, her pikselin aldığı sayısal değere karşılık gelen renk veya gri tonlarından oluşmuş bir şekilde ekranda görünür.

3. GÖRÜNTÜ ÖZELLİKLERİ VE GÖRÜNTÜ İŞLEME

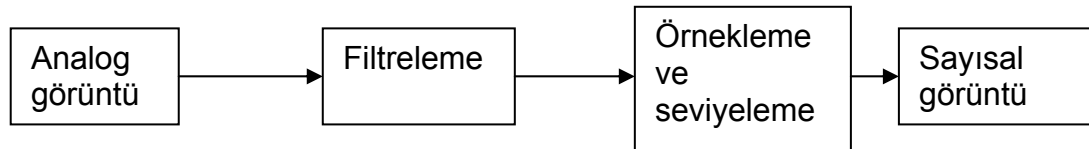
3.1. Görüntü Özellikleri

3.1.1. Genel özellikler

Bilgisayarlar sayısal işaretlerle çalıştığı için, bu işaretlerin bilgisayarla işlenmesi sayısal işaret işleme, görüntü ve resim işlenmesi de sayısal görüntü işleme olarak tanımlanmaktadır. Sayısal kameraların gelişimi CCD (charge coupled device) kameralarla birlikte olmuştur. CCD kameranın analog kameraya göre avantajları; ışığa daha hassas olması, dinamik aralığının (maksimum ve minimum değer aralığı) ve doğrusallık özelliğinin fazla olması, yüksek kaliteli, kararlı işaret üretmesi ve gürültü seviyesinin düşük olması olarak özetlenebilir [7].

Analog sayısal çevirme

Analog bir işaretin bozulmadan sayısala çevrilebilmesi için alçak geçiren bir filtre ile analog işaretin üst frekansı sınırlandırılır ve analog işaretin en yüksek frekansının iki katı frekansta örnekleme yapılır [7]. Daha sonra örnekleme ve seviyeleme (quantalama) yapılarak sayısal işaret elde edilir. Şekil 3.1'de analog sayısal çevirme adımları görülmektedir.



Şekil 3.1. Analog sayısal çevirme adımları

Piksel

Piksel, bir görüntünün en küçük parçasıdır [8]. En yaygın kullanılan siyah beyaz görüntülerde her bir piksel 8 bittir. 8 bit 256 gri ton seviyesine karşılık

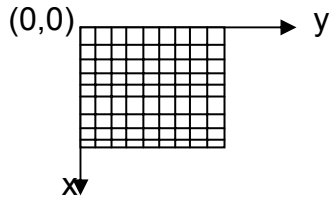
gelmektedir [9].

Renkli görüntülerde ise her piksel üç renkten oluşur. R (red, kırmızı), G (green, yeşil), B (blue, mavi) ve her biri sekizer bitten oluşur. Bu nedenle her bir piksel $8+8+8=24$ bitten oluşur ve her bir rengin seviyesi 256'dır. Bütün renk kombinasyonu ise $2^{24}=16\ 777\ 216$ renktir [10].

Her bir pikselin seviyesini belirten fonksiyon o pikselin koordinatlarına göre tanımlanır (Eş.3.1). Buna göre bir görüntü farklı koordinatlardaki piksellerin değerlerini ifade eden bir fonksiyon olarak da ifade edilir. Bir hareketli görüntü ise değişken listesine zamanın da eklendiği bir resim olarak tanımlanır (Eş.3.2).

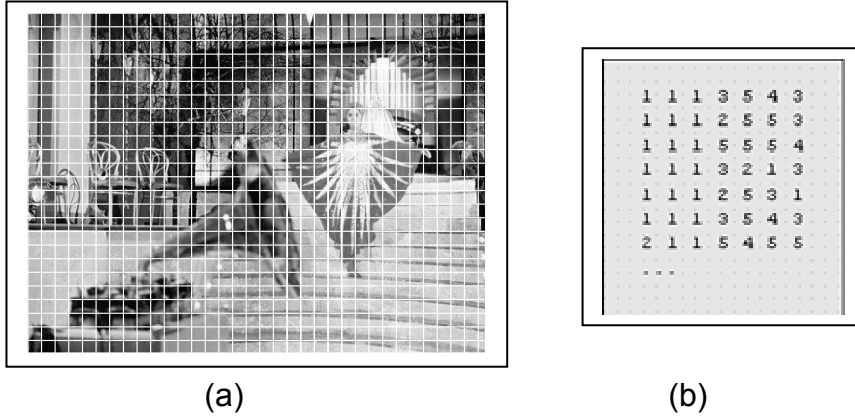
$$f(x,y)=f(\text{satır},\text{sütun}) \quad (3.1)$$

$$f(x,y,t)=f(\text{satır},\text{sütun},t) \quad (3.2)$$



Şekil 3.2. Sayısal görüntünün eksenleri [7]

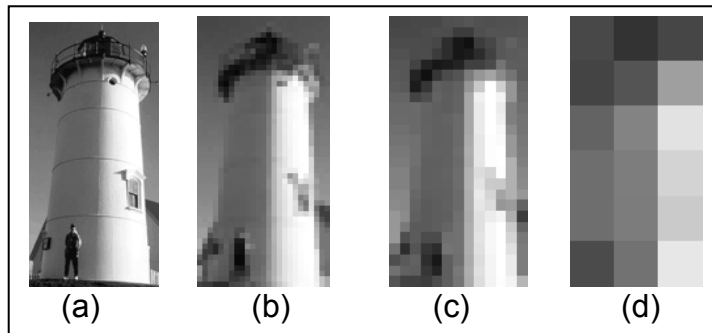
Aslında her sayısal görüntü gerçekte her bir pikselin seviye ve konumunun belirlendiği bir sayı matrisidir (Şekil 3.3)[10].



Şekil 3.3. Bir görüntünün a) matris ve b) sayı matrisi olarak gösterilmesi [7]

Uzaysal çözünürlük

Uzaysal (spatial) çözünürlük, görüntüyü oluşturan toplam piksel sayısıdır [10]. Aynı boyutta farklı uzaysal çözünürlük değerine sahip örnek görüntüler Resim 3.1'de verilmiştir.



Resim 3.1. Uzaysal çözünürlük değerlerinin karşılaştırılması; a) 100x200, b) 25x50, c) 13x25, d) 3x6 [10].

Piksel çözünürlüğü

Piksel çözünürlüğü, görüntünün boyutuna dikkat etmeksizin toplam piksel sayısıdır. Sözelimi kullanılan monitor 15 inç veya 21 inç olabilmesine rağmen genelde kullanılan monitor çözünürlüğü (piksel çözünürlüğü) 1024 x 768 pikseldir.

Gri seviye çözünürlüğü

Her bir pikselin alabildiği gri seviye değerine gri seviye çözünürlüğü denir. Bu seviye arttıkça gri seviye çözünürlüğü de artar. Gri seviye çözünürlüğüne 64, 128, 256 gibi gri seviye değerleri örnek olarak verilebilir. Bu değer kullanılacak görüntüde her piksel için ayrılacak maksimum bit değerini belirler.

Radyans / yoğunluk (radiance / intensity)

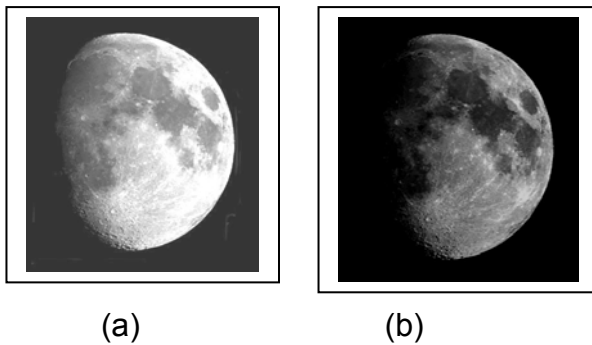
Radyans, enerji kaynağından elektromanyetik spektrumun ilgili bölgesinde yayılan güç yoğunluğudur. Birimi watt'dır.

Aydınlık (luminance)

Aydınlık, insan gözünün özelliklerindendir ve gözlemcinin ışık kaynağından aldığı gücü ifade eder. Birimi lümen'dir.

Parlaklık (brightness)

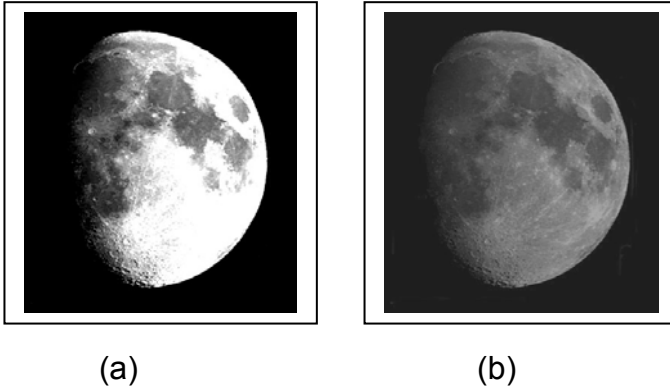
Parlaklık, görüntünün aydınlık seviyesinin gözle algılanabilme derecesidir. Parlaklık değeri farklı örnek görüntüler Resim 3.2'de verilmiştir.



Resim 3.2. Parlaklık seviyesinin karşılaştırılması, parlaklık seviyesi a) yüksek ve b) düşük [10]

Kontrast (contrast)

Kontrast, bir görüntüdeki en parlak ve en koyu renk arasındaki fark olarak tanımlanmaktadır. Kontrast değeri farklı örnek görüntüler Resim 3.3'de verilmiştir.



Resim 3.3. Kontrast seviyesinin karşılaştırılması, kontrast seviyesi
a) yüksek ve b) düşük [10]

Konvolüsyon

Konvolüsyon (convolution), bir pikselin $n \times n$ komşulukta bulunan piksellerin gri seviyelerinin ağırlıklı çarpımının toplamı ile değiştirilmesi işlemidir [11]. Konvolüsyon, görüntü işlemede çok yaygın olarak kullanılmaktadır.

Gürültü

Modern sensörler tarafından alınan işaretler farklı gürültü kaynaklarından etkilenirler. Bazı gürültü çeşitleri şunlardır [7]:

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 [7]. Her ne kadar teknoloji ile bazı gürültülerin seviyesi çok düşürülmüş olsa da özellikle foton gürültüsü etkisini sürdürmektedir.

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 [7].

Elektronik gürültü

Elektronik gürültü, dedektörden bilgi işaretinin okunması sırasında, kullanılan elektronik devre elemanlarından kaynaklanan gürültüdür [7].

Yükselteç gürültüsü

Yükselteç gürültüsü, dedektörden alınan işaretin yükseltilmesi sırasında gürültünün de yükseltilmesinden kaynaklanmaktadır. Bu durum modern elektronik devrelerde ihmal edilebilir seviyeye kadar düşürülebilmektedir [7].

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 [7].

Gaussian gürültüsü

Olasılık yoğunluk fonksiyonu (probability density function) Gaussian Eğrisi şeklinde olan rastgele gürültü Gaussian Gürültüsü olarak tanımlanmaktadır [8]. Gaussian gürültüsünü yok etmek için geometric ortalama filtreleri kullanılabilmektedir [12].

3.1.2. Görüntülerin sınıflandırılması

Görüntüler, özelliklerine göre farklı şekillerde sınıflandırılırlar.

İki seviye(siyah-beyaz)(binary)

İki seviye görüntü, sadece siyah veya beyaz olmak üzere iki rengin kullanıldığı ve hiçbir gri seviyenin kullanılmadığı görüntü olarak tanımlanır. Resim 3.4'te örnek bir iki seviye görüntü görülmektedir.



Resim 3.4. İki renk seviyesini kullanan görüntü

Tek renk(monochrome)

Tek renk görüntü, sadece bir rengin ve gri tonlarının kullanıldığı görüntü çeşidi olarak tanımlanmaktadır. Bir çok görüntü işleme tekniğinde bu görüntü çeşidi kullanılmaktadır. Gece görüş cihazları da yaygın olarak bu görüntü

çeşidini kullanmaktadır. Resim 3.5'te örnek bir tek renk gri seviyeli görüntü görülmektedir.



Resim 3.5. Gri seviyeli görüntü

İnsan gözü 100 gri seviyeyi algılayabilmektedir. Bu nedenle 100 seviyeden daha çok seviyeye sahip bir görüntü daha çok bilgi içermesine rağmen göz tarafından algılanamamaktadır (Resim 3.6) [10].



(a)

(b)

(c)

Resim 3.6. Bit sayısının netliğe etkisinin göz tarafından algılanmamasının gösterilmesi, a) 8bit, b) 12bit, c) 16bit

Renkli görüntü

Üç temel rengin kombinasyonu ile elde edilen görüntüdür. Bu tür görüntülerde her piksel üç farklı renk pikselinden oluşur.

Çok bandlı(multi spectral) görüntü

Çok bandlı görüntü, elektromanyetik spektrumun morötesi, kızılötesi, mikrodalga ve X-ışını gibi bandlarından bir kaçını içeren görüntü olarak

tanımlanmaktadır. Birden fazla bandın kullanılması ile gözle görülemeyen özelliklerin de görülebilir olması sağlanmaktadır. Yeni nesil uzaktan algılama sistemlerinde kullanılan bir tekniktir.

3.1.3. İstatistiksel analiz

Ortalama

Ortalama, bütün piksel değerlerinin toplam piksel sayısına bölünmesi olarak tanımlanmaktadır [7].

Medyan

Medyan, en yüksek piksel seviyesi ile en düşük piksel seviyesinin toplamının yarısı olarak tanımlanmaktadır [13].

Standart sapma (STD)

M satırlı, N sütunlu ve her bir piksel değeri $\alpha[m,n]$ olan bir görüntünün standart sapması Eş.3.3'te verilmiştir [7].

$$STD = \sqrt{\frac{\sum_{m,n=1}^{M,N} (\alpha[m,n] - \text{ortalama})^2}{M \times N}} \quad (3.3)$$

Sinyal gürültü oranı (SNR)

Maksimum piksel seviyesi $\alpha_{\max}$, minimum piksel seviyesi $\alpha_{\min}$ ve standart sapması STD olan bir görüntünün Sinyal Gürültü Oranı Eş.3.4'te verilmiştir [7].

$$SNR = 20 \log_{10} \left(\frac{\alpha_{\max} - \alpha_{\min}}{STD} \right) \text{ dB} \quad (3.4)$$

Histogram

Histogram, görüntü üzerindeki piksel değerlerinin grafiksel ifadesidir. Histogram, görüntü histogramı veya gri-düzey histogramı olarak da adlandırılmaktadır. Görüntü histogramı, görüntünün herbir noktasındaki pikselin seviyesinin tespiti ile bu seviyedeki piksellerin sayısının ne olduğunu gösterir. Bu sayede histogram üzerinden görüntü ile ilgili olarak gri seviye dağılımı, görüntünün parlaklık ve kontrast durumu (Şekil 3.4) ile kontrast iyileştirme olabilirliği gibi çeşitli bilgilerin çıkartılması sağlanır. Bu bilgiler bir nesnenin parmak izinin belirlenmesi gibi bir çok alanda kullanılmaktadır. Histograma bakılarak görüntü üzerindeki piksellerin nerede yerleştiği ise tam olarak çıkartılamaz. Matematiksel olarak, bir sayısal görüntü histogramı Eş.3.5'teki gibi tanımlanmaktadır [14]:

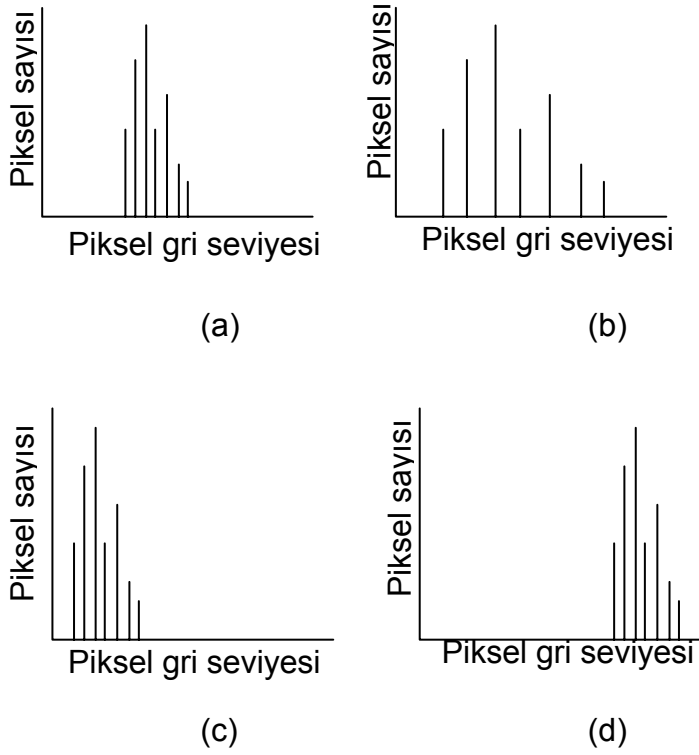
$$P(r_k) = \frac{n_k}{np} \quad (3.5)$$

Burada;

r_k : k'inci gri seviye,

n_k : bu gri seviyeye sahip toplam piksel adedi,

np : görüntü üzerindeki toplam piksel adedi olarak tanımlanmıştır.



Şekil 3.4. a) Düşük kontrastlı, b) yüksek kontrastlı, c) karanlık, d) parlak görüntü histogramlarının gösterilmesi

Karesel ortalama hata

Orijinal görüntü gri seviye değerleri $c[m,n]$, iyileştirilmiş görüntü gri seviye değerleri $d[m,n]$, MP ve NP sırasıyla orijinal ve iyileştirilmiş görüntü piksel sayısı ise;

$$\text{Karesel Ortalama Hata} = \frac{\sum_{m=1}^{MP} \sum_{n=1}^{NP} |c[m,n] - d[m,n]|^2}{MP \times NP} \quad (3.6)$$

olarak tanımlanmaktadır.

3.2. Görüntü İşleme Teknikleri

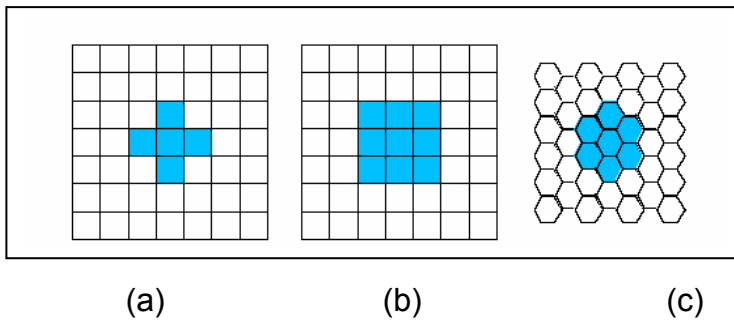
Görüntü bir veya daha fazla resimin birbirini takip etmesiyle insanın beyinde oluşan bir olgudur. Görüntü işleme ise iki boyutlu, üç boyutlu, renkli, siyah

beyaz, gri tonlamalı resimlerin işlenmesinden gerçek zamanlı görüntünün işlenmesine kadar bir çok konuyu kapsayan bir manipülasyon tekniğidir.

Görüntü işlemenin amaçları şunlardır:

- Görüntüyü iyileştirmek: Kenar keskinleştirmek, bozuklukları onarmak, gürültüyü temizlemek, kontrastı artırmak,
- Bir resimdeki ilgi duyulan nesneleri ölçmek: Nesne tanımak ve görüntü anlamak,
- Hedef tespit etmek: Parmak izi tanımak ve kişi tanımak,
- Görünmeyen nesnelerin görülmesini sağlamak: Gözün algılamadığı, ancak görüntünün içinde bulunan bilginin göz tarafından algılanmasını sağlamak.

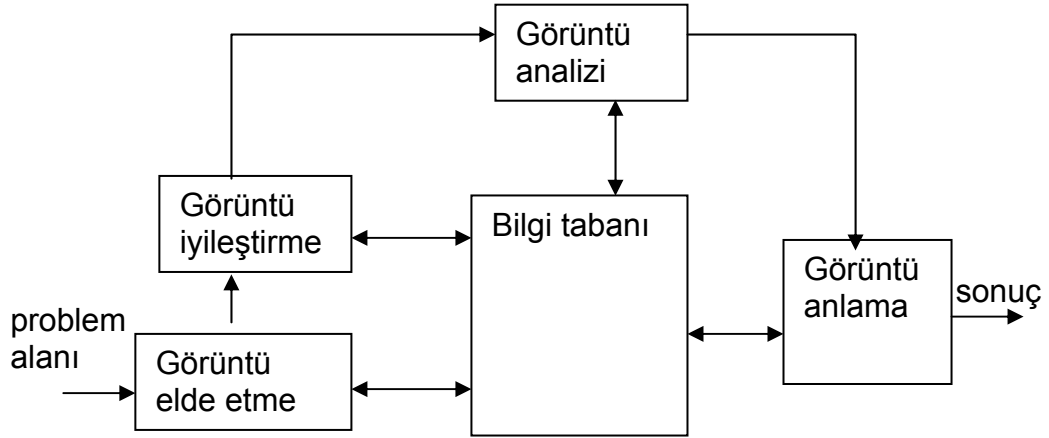
Görüntü ile ilgili işlemler noktasal (point), bölgesel (local) ve genel (global) olmak üzere üç şekilde sınıflandırılır. Noktasal işlemlerde bir piksele bir işlem gerçekleştirilip çıkış değeri yine o piksele uygulanır. Bölgesel işlemlerde bir pikselin komşusu olan piksellere bir işlem gerçekleştirilir ve çıkış değeri o piksele uygulanır. Genel işlemlerde ise görüntüyü oluşturan bütün piksellere gerçekleştirilen işlemin sonucu bir piksele uygulanır [7]. Bir pikselin üç farklı komşuluğu vardır. Bunlar 4, 6 ve 8 komşuluğudur (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Bir pikselin komşulukları: a) 4, b) 8, c) 6 komşuluğu [7]

Görüntü işleme teknikleri görüntüyü elde etme (capture), iyileştirme (enhancement), analiz etme (analysis) ve anlama (understanding) gibi

görüntü işleme adımlarına (Şekil 3.6) göre sınıflandırıldığı gibi, histogram, matematik, konvolüsyon, türev ve morfoloji tabanlı olarak yapılan işlemlere göre de sınıflandırılmaktadır.



Şekil 3.6. Görüntü işlemenin adımları

3.2.1. Görüntü elde etme (image acquisition)

Görüntü işlemenin ilk adımı görüntünün elde edilmesidir. Bunun için analog veya sayısal sistemler kullanılmaktadır.

3.2.2. Görüntü iyileştirme (image enhancement)

Görüntü iyileştirme görüntünün daha iyi anlaşılması, görüntü içerisindeki gürültünün azaltılması, kenarların belirginleştirilmesi, kontrastın artırılması, insan gözünün fark edemediği ancak görüntünün içinde bulunan bilgilerin göz ile fark edilebilir şekle dönüştürülmesi v.b. için kullanılan tekniklerdir. Genelde kontrast modifikasyonu (contrast enhancement, contrast stretching), histogram modifikasyonu (histogram equalization, histogram stretching), gürültü azaltma (filtreleme), görüntü keskinleştirme (edge enhancement), sahte renklendirme (false color) ve değişiklikleri büyütme (zumlama) gibi teknikler kullanılmaktadır. İşlenecek görüntünün özelliklerine ve amaca uygun görüntü işleme tekniklerinin belirlenmesi bir zorunluluktur.

Kontrast modifikasyonu

Genelde bir görüntünün minimum ve maksimum parlaklık değerleri kullanılabilecek dinamik aralığın çok az bir bölümünü kapsamaktadır. Bu durum ise görüntünün anlaşılabilirliğini azaltmaktadır. Bunu önlemek için kontrast genişletme işlemi gerçekleştirilir. Kontrast genişletme, bir görüntüdeki gri seviye dinamik aralığının artırılmasıdır [7]. Kontrast sıkıştırma ise, işlenen görüntünün dinamik aralığının gösterge (ekran) biriminin dinamik aralığına düşürülmesi olarak tanımlanır. B bir pikseldeki bit sayısı olarak tanımlanırsa, kontrast genişletme işleminde, minimum parlaklık seviyesi 0, maksimum parlaklık değeri $2^B - 1$ yapılır ve diğer parlaklık değerleri ise Eş.3.7'teki gibi transfer edilir [7]. Doğrusal olarak kontrast genişletme işleminde alt ve üst sınırlarda doyum olma olasılığı bulunmaktadır. Bu nedenle üst ve alt sınırlar ile diğer bölümlerdeki genişletme oranı farklıdır. Bu türlü kontrast genişletme (contrast stretching) doğrusal olmayan bir işlemdir. Kontrast genişletmede kare, küp, karekök, küpkök veya üstel fonksiyonlar cinsinden de genişletme yapılabilir [13]. Eğer kontrast genişletmede çok az sayıda doyuma ulaşan piksel varsa bunlar kırılabilirdiği gibi doğrusal olmayan genişletme de tercih edilebilmektedir.

$$b[m,n] = (2^B - 1) \frac{a[m,n] - \text{minimum}}{\text{maksimum} - \text{minimum}} \quad (3.7)$$

Histogram modifikasyonu

Histogramın tanımı Eş.3.8'de gösterilmiştir [11].

$$b(x) = \frac{255}{np^2} \sum_{j=0}^{a(x)} n_j \quad (3.8)$$

$b(x)$: Histogramı eşitlenmiş görüntü

$a(x)$: Histogramı eşitlenecek görüntü

j : Gri seviye parlaklık değeri
 n_j : j gri seviyesine sahip piksel sayısı
 n_p : Toplam piksel sayısı

Histogramla ilgili işlemler genel olarak histogramın sağa veya sola kaydırılması (histogram kaydırma), doğrusal veya doğrusal olmayan yöntemlerle histogramın genişletilmesi (histogram stretching) veya daraltılması (histogram compression) ile histogramın eşitlenmesi (histogram equalization) şeklinde özetlenmektedir [11].

Histogram genişletme işlemi görüntünün tamamı veya bir bölümündeki parlaklık değerlerinin histogramının genişletilmesidir (histogram stretching)[6]. Bu tanımdan kontrast genişletme ile histogram genişletmenin aynı işlemle elde edildiği anlaşılmaktadır. Histogramın doğrusal genişletilmesi Eş.3.9'da gösterilmiştir.

$$b(x)=ka(x)+z \quad (3.9)$$

Histogramın doğrusal olmayan genişletilmesi Eş.3.10'da gösterilmiştir.

$$b(x)=k\log(a(x))+z \quad (3.10)$$

Genel olarak kontrastın artırılması için histogramın genişletilmesi yeterli olmaktadır [15]. Ayrıca, histogram eşitleme ile elde edilen sonuç, kontrast genişletme ile de elde edilebilmektedir.

Histogram modifikasyonu genel bir transfer fonksiyonu olarak Eş.3.11'deki gibi genelleştirilebilir [16].

$$g = T(z) \quad (3.11)$$

Histogram modifikasyonu için tanımlanmış bazı özel transfer fonksiyonları çizelge 3.1’de verilmiştir [16].

Çizelge 3.1. Histogram modifikasyon transfer fonksiyonları

Modifikasyonun ismi	Transfer fonksiyonu (T(z))
Düzgün dağıtılmış (uniform) modifikasyon	$g = [g_m - g_1]P(z) + g_1 \quad (3.12)$
Ekspansiyon modifikasyon	$g = g_1 - \frac{1}{\alpha} \ln[1 - P(z)] \quad (3.13)$
Rayleigh modifikasyon	$g = g_1 + \left[2\alpha^2 \ln\left(\frac{1}{1 - P(z)}\right) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3.14)$
Hiperbolik köp kök modifikasyonu	$g = \left(\left[g_m^{\frac{1}{3}} - g_1^{\frac{1}{3}} \right] [P(z)] + g_1^{\frac{1}{3}} \right)^3 \quad (3.15)$
Hiperbolik logaritmik modifikasyon	$g = g_1 \left[\frac{g_m}{g_1} \right]^{P(z)} \quad (3.16)$

$P(z)$: Giriş görüntüsünün olasılık dağılımı

g : Histogram modifikasyon sonucu

g_m : Modifikasyon yapılmış görüntünün maksimum gri seviyesi

g_1 : Modifikasyon yapılmış görüntünün minimum gri seviyesi

α : Sabit sayı

Gürültü azaltma (filtreleme)

Gürültü azaltma, görüntünün iyileştirilmesini sağlayan, görüntüden gürültülerin çıkarılmasına katkıda bulunan ve nesne tanıma vb. farklı işlemler için ilk adım olan tekniktir.

Filtreleme işleminde filtre parametrelerini belirleyen ve bir pikselin komşuluğundaki her bir pikselin hangi katsayı ile çarpılacağını belirleyen matris kernel denir. Filtreleme ise, kernel ile görüntünün konvolüsyonunun

sonucu olarak tanımlanır [9].

Doğrusal ve doğrusal olmayan filtreleme yöntemleri vardır [7]. Doğrusal filtreler konvolüsyon veya fourier dönüşümleri kullanılarak uygulanır [9] ve Düzgün Dağıtılmış (uniform), Üçgen (triangular), Gaussian ve Wiener filtre gibi çeşitleri bulunur. Doğrusal olmayan filtreler ise, doğrusal filtrelerin yetersiz kaldığı durumlarda etkin olarak kullanılan ve Medyan ve Kuwahara gibi çeşitleri bulunan filtrelerdir.

Alçak geçiren filtrelerin ortalama olarak 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.

Düzgün dağıtılmış (uniform) filtre

Düzgün dağıtılmış filtre, bir görüntünün bölgesel olarak ortalamasının alınması olarak tanımlanan filtreleme şeklidir. Lokal ortalama (local averaging) olarak da tanımlanmaktadır [7]. Eş.3.17’de düzgün dağıtılmış filtrenin fonksiyonu gösterilmektedir [16].

$$d(y) = \frac{1}{s \in N(y)} \sum c(x) \quad (3.17)$$

$d(y)$: y pikselinin komşuluğundaki piksel parlaklık değerlerinin ortalaması

$N(y)$: y pikselinin komşuluğundaki piksel parlaklık değerleri

s :Komşuluktaki piksel sayısı

$c(x)$:Her bir komşu pikselin parlaklık değeri

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. Eş.3.18'de örnek 5x5 kare filtre ve Eş.3.19'da yarıçapı 2,5 olan örnek çember filtre kerneli görülmektedir [7]. 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 [17].

$$h_{\text{Kare}}[m,n] = \frac{1}{25} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (3.18)$$

$$h_{\text{Çember}}[m,n] = \frac{1}{21} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (3.19)$$

Bir diğer ortalama filtresi ise zamana göre aynı piksel değerinin ortalamasının alınması ile gerçekleştirilmektedir.

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 komşularındakinden

daha fazla olduğu için Düzgün Dağıtılmış Filtredeki olumsuzluklar bu filtrede daha az bulunmaktadır. Eş.3.20'de örnek 5x5 piramit filtre ve Eş.3.21'de yarıçapı 2,5 olan örnek koni filtre kerneli görülmektedir [7].

$$h_{\text{Kare}}[m,n] = \frac{1}{81} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 6 & 4 & 2 \\ 3 & 6 & 9 & 6 & 3 \\ 2 & 4 & 6 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 3 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad (3.20)$$

$$h_{\text{Çember}}[m,n] = \frac{1}{25} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 2 & 2 & 0 \\ 1 & 2 & 5 & 2 & 1 \\ 0 & 2 & 2 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (3.21)$$

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. 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. Eş.3.22'de Gaussian filtresinin fonksiyonu [18], Eş.3.23-Eş.3.26'da ise örnek Gaussian kernelleri [11, 19] gösterilmektedir.

$$G(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right) \cdot \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma^2}\right) \quad (3.22)$$

$G(x,y)$: Gaussian Fonksiyonu

x : Satır sayısını gösteren eksen (apsis)

y : Sütun sayısını gösteren eksen (ordinat)

σ : Standart sapma

$$[h_{\text{Gauss}}] = \frac{1}{6} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (3.23)$$

$$[h_{\text{Gauss}}] = \frac{1}{8} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (3.24)$$

$$[h_{\text{Gauss}}] = \frac{1}{12} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 4 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (3.25)$$

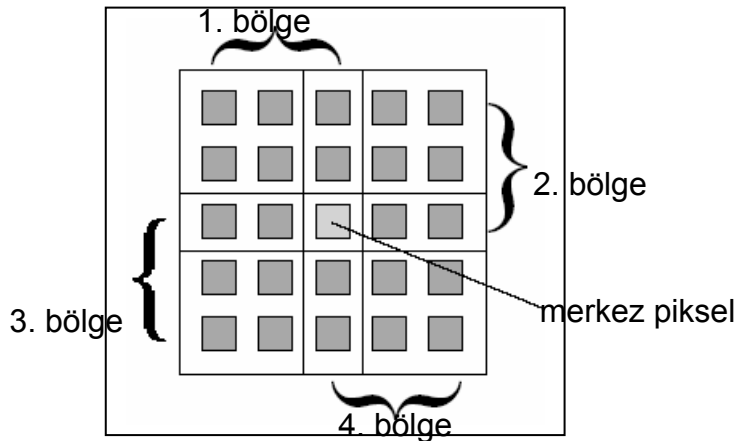
$$[h_{\text{Gauss}}] = \frac{1}{16} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad (3.26)$$

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 [7].

Kuwahara

Genel olarak alçak geçiren filtreleme sonunda kenarların keskinliği kaybolmaktadır. Bu nedenle hem gürültüyü azaltan hem de kenarların netliğini koruyan Kuwahara filtresi geliştirilmiştir. Kuwahara filtresi gibi kenarların yerini ve keskinliğini değiştirmeyen filtreler kenar koruyan filtre (edge preserving filter) olarak tanımlanmaktadır. Kuwahara filtresi doğrusal olmayan bir filtre çeşididir. Bu yöntemde bir merkez piksel etrafında 4 bölge oluşturulur (Şekil 3.7). Her bölgenin parlaklık değerinin ortalaması ve varyansı hesaplanır. Merkez pikselin yeni değeri varyansı en düşük olan bölgenin parlaklık değerinin ortalaması olarak belirlenir [7].



Şekil 3.7. Kuwahara filtresinde bölgeler [7]

Medyan filtre

Doğrusal filtreler Gaussian gürültüsünü etkili olarak yok ederken binary gürültüyü yok etmede etkisiz kalmaktadır [17]. Bundan dolayı bu tür gürültüleri yok etmek amacıyla Medyan filtre gibi doğrusal olmayan filtreler kullanılmaktadır.

Medyan filtre bir pikselin değerini komşusu olan piksellerin medyanının 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. Bu tür filtreler üzerinde bir çok çalışma yapılmıştır [7]. Bütün bunlara rağmen Medyan filtre Gaussian gürültüsünü yok etmede etkisiz kalmaktadır [17]. Genelde Wiener ve Gaussian filtreleri; Kuwahara, Medyan ve Morphological filtreler göre daha düşük rms hata elde edebilmektedir.

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 [16]. Görüntüde bulunan ve istenmeyen periyodik beyaz çizgilerin azaltılmasında faydalıdır. Literatürde Minimum filtre histogram tabanlı bir filtre olarak da tanımlanmaktadır.

Maksimum filtre

Bir pikselin komşuluğundaki piksellerin parlaklık değerlerinden en büyük olanını o pikselin yeni parlaklık değeri olarak belirleyen bir filtredir. İzole edilmiş çukurları yumuşatır [16]. Görüntüde bulunan ve istenmeyen periyodik siyah çizgilerin azaltılmasında faydalıdır. Literatürde Maksimum Filtre histogram tabanlı bir filtre olarak da tanımlanmaktadır. Bir görüntüye önce maksimum sonra minimum uygulanabileceği gibi $\{\min[\max(N(y))]\}$, önce minimum sonra maksimum da uygulanabilmektedir $\{\max[\min(N(y))]\}$ [11].

Görüntü keskinleştirme (edge enhancement)

Bir görüntüdeki kenar, görüntü parlaklığının lokal olarak maksimum olduğu noktalar şeklinde tanımlanmaktadır [18]. Bu noktalar, görüntünün birinci türevinin (Eş.3.27-Eş.3.28) maksimum veya ikinci türevinin sıfır olduğu noktalardır. Hem kenar bulma hem de kenar iyileştirme, bir çok görüntü analiz işleminden önce yapılması zorunlu tekniklerdir.

$$f_x(x,y) \approx f(x,y) - f(x-1,y) \quad (3.27)$$

$$f_y(x,y) \approx f(x,y) - f(x,y-1) \quad (3.28)$$

X : apsis

Y :ordinat

$f_x(x,y)$: $f(x,y)$ fonksiyonunun x'e göre türevi

$f_y(x,y)$: $f(x,y)$ fonksiyonunun y'e göre türevi

Kenar bulma, görüntüdeki kenar piksellerinin bulunması işlemidir [18]. Bir görüntüdeki kenarlar ise band geçiren filtre ve yüksek geçiren filtreler kullanılarak bulunabilmektedir. Kenar bulma filtreleri gradient tabanlı filtreler olarak da tanımlanmaktadır.

Kenar iyileştirme ise kenar pikselleri ile arkaplan arasındaki kontrast seviyenin artırılmasıdır. Görüntü keskinleştirmede önce kenarlar bulunur, sonra yükseltilir ve orijinal görüntüye eklenir.

Birinci türev kullanan kenar bulma filtrelerinden bazıları Gradient, Prewitt, Sobel, Robert, İzotropik, Frei-Chen, Gaussian ve alternatif gradient filtreleridir. İkinci türev kullanan kenar bulma filtrelerinden bazıları ise temel ikinci türev filtresi, Gaussian İkinci Türev Filtresi, Frekans Uzayı Laplacian'ı ve Alternatif Laplacian Filtreleridir.

Gradient filtre

Eş.3.29-Eş.3.30'da Gradient filtre kernelleri verilmiştir [11]

$$[h_{\text{Gradient}}] = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3.29)$$

$$[h_{\text{Gradient}}] = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (3.30)$$

Prewitt gradient filtre

Eş.3.31-Eş.3.33'de Prewitt gradient filtre kernelleri görülmektedir [7, 20].

$$[h_x] = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \quad (3.31)$$

$$[h_y] = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} \quad (3.32)$$

$$[h] = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & -1 & 0 \end{bmatrix} \quad (3.33)$$

Sobel gradient filtre

Sobel filtre bazı gerçek zamanlı askeri sistemlerde tercih edilmektedir. Eş.3.34-Eş.3.36'da Sobel gradient filtre kernelleri verilmiştir [7, 20, 21].

$$[h_x] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \quad (3.34)$$

$$[h_y] = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} \quad (3.35)$$

$$[h] = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \\ -2 & -1 & 0 \end{bmatrix} \quad (3.36)$$

Robert kenar bulma

Eş.3.37-Eş.3.38'de Robert kenar bulma filtre kernelleri verilmiştir [20].

$$[h_{\text{Robert yatay}}] = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix} \quad (3.37)$$

$$[h_{\text{Robert dikey}}] = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \quad (3.38)$$

İzotropik

Eş.3.39-Eş.3.40'da İzotropik kenar bulma filtre kernelleri verilmiştir [22].

$$[h_{\text{izotropik yatay}}] = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -\sqrt{2} & 0 & \sqrt{2} \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3.39)$$

$$[h_{\text{izotropik dikey}}] = \begin{bmatrix} -1 & -\sqrt{2} & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & \sqrt{2} & 1 \end{bmatrix} \quad (3.40)$$

Frei-Chen filtreleri

Eş.3.41-Eş.3.49'da Frei-Chen filtre kernelleri verilmiştir [11, 13, 23].

$$[h_{\text{Frei-Chen}}] = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (3.41)$$

$$[h_{\text{Frei-Chen}}] = \begin{bmatrix} \sqrt{2} & -1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & -\sqrt{2} \end{bmatrix} \quad (3.42)$$

$$[h_{\text{Frei-Chen}}] = \begin{bmatrix} -1 & -\sqrt{2} & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & \sqrt{2} & 1 \end{bmatrix} \quad (3.43)$$

$$[h_{\text{Frei-Chen}}] = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \quad (3.44)$$

$$[h_{\text{Frei-Chen}}] = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -\sqrt{2} & 0 & \sqrt{2} \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (3.45)$$

$$[h_{\text{Frei-Chen}}] = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \quad (3.46)$$

$$[h_{\text{Frei-Chen}}] = \begin{bmatrix} 0 & -1 & \sqrt{2} \\ 1 & 0 & -1 \\ -\sqrt{2} & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (3.47)$$

$$[h_{\text{Frei-Chen}}] = \begin{bmatrix} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 4 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{bmatrix} \quad (3.48)$$

$$[h_{\text{Frei-Chen}}] = \begin{bmatrix} -2 & 1 & -2 \\ 1 & 4 & 1 \\ -2 & 1 & -2 \end{bmatrix} \quad (3.49)$$

Gaussian Gradient Filtre (Derivative of Gaussian, DroG)

Gaussian Gradient Filtre, çok yaygın olarak kullanılan bir filtredir. Bu filtre, x veya y yönündeki kenarların iyileştirilmesinde çok kullanışlıdır. Çünkü bir ekseninde kenar bulurken diğer ekseninde gürültüyü temizlemektedir. Eş.3.50'de bu filtrenin fonksiyonu görülmektedir [18].

$$\nabla(G \otimes f) = \begin{cases} \tilde{f}_x = G_x(x) \otimes G(y) \otimes f \\ \tilde{f}_y = G(x) \otimes G_y(y) \otimes f \end{cases} \quad (3.50)$$

$\otimes$: Konvolüsyon

$\tilde{f}_x$: f görüntüsünün x yönündeki türevi ve y yönündeki filtrelenmiş halidir.

$\tilde{f}_y$: f görüntüsünün y yönündeki türevi ve x yönündeki filtrelenmiş halidir.

$G_x(x)$: Gaussian Kernelinin x yönündeki türevi

$G_y(y)$: Gaussian Kernelinin y yönündeki türevi

Gaussian'ın Laplacian'ı (Laplacian of Gaussian, LoG)

Gaussian'ın Laplacian'ı, insan görme sistemine benzer bir yöntemi kullanarak kenar bulan bir filtredir, Meksika Şapkası Filtresi olarak da adlandırılmaktadır [18]. Eş.3.51-Eş.3.52'de LoG filtre fonksiyonları verilmiştir. LoG'yi hesaplamamanın bir yolu da iki farklı σ değeri için görüntünün Gaussian değerinin hesaplanıp birbirinden çıkarılmasıdır.

$$\nabla(f \otimes G(x, y)) = f \otimes \Delta(G(x, y)) \quad (3.51)$$

$$\Delta(G(x, y)) = \frac{1}{\pi\sigma^4} \left[1 - \frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2} \right] \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right) \cdot \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma^2}\right) \quad (3.52)$$

x : Satır sayısını gösteren eksen (apsis)

y : Sütun sayısını gösteren eksen (ordinat)

σ : Standart sapma

Canny filtresi

Canny, görüntünün birinci dereceden türevinin değerini inceleyen, Gaussian tabanlı [21] olan gelişmiş bir kenar bulma filtresidir.

Temel ikinci türev filtresi [7]

Eş.3.53'de temel ikinci türev filtre kerneli verilmiştir [7].

$$[h_y] = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (3.53)$$

Gaussian ikinci türev filtresi

Gaussian ikinci türev filtresi, Gaussian Gradient Filtrenin iki ekseninde de uygulanmış şeklidir.

Laplacian filtresi

Laplacian filtresi, ikinci dereceden türev özelliğindedir ve bütün yönlerdeki kenarları bulur. Eğer kerneldeki bütün katsayıların toplamı sıfır ise sadece kenarları bulur, merkezdeki katsayı diğer katsayıların toplamından büyükse hem kenarları bulur hem de orijinal görüntüyü ekler.

Laplacian filtresi, gradient operatörlerinden daha hassastır, ancak kenarları ikiye katlamaktadır. Gürültüye karşı da hassas olmasından dolayı görüntüye öncelikle alçak geçiren bir filtreden geçirildikten sonra Laplacian uygulanması önerilir. Kenarları belirginleştirme orijinal görüntüden Laplacian'ı alınmış görüntünün çıkarılması olarak da gerçekleştirilebilmektedir [11]. Laplacian'ın yaklaşık tanımı Eş.3.54'de verilmiştir [18]. Yüksek geçiren filtre olan Laplacian kernelleri Eş.3.55-Eş.3.57'de verilmiştir [13, 20, 22, 24].

$$\Delta f(x, y) \approx f(x+1, y) - f(x-1, y) + f(x, y+1) - f(x, y-1) - 4f(x, y) \quad (3.54)$$

$$[h_{\text{Laplas}}] = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \quad (3.55)$$

$$[h_{\text{Laplas}}] = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} \quad (3.56)$$

$$[h_{\text{Laplas}}] = \begin{bmatrix} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 4 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{bmatrix} \quad (3.57)$$

Kirsch kenar bulma (Kirsch operatörleri)

Kirsch kenar bulma filtresi, gri seviye değişimlerini tespit eden bir filtredir. Sekiz farklı yöndeki değişimin tespiti için kullanılan filtre kernelleri Eş.3.58-Eş.3.65'de verilmiştir [13, 21].

$$[h_{\text{Kirsch}}] = \begin{bmatrix} 5 & -3 & -3 \\ 5 & 0 & -3 \\ 5 & -3 & -3 \end{bmatrix} \quad (3.58)$$

$$[h_{\text{Kirsch}}] = \begin{bmatrix} 5 & 5 & -3 \\ 5 & 0 & -3 \\ -3 & -3 & -3 \end{bmatrix} \quad (3.59)$$

$$[h_{\text{Kirsch}}] = \begin{bmatrix} 5 & 5 & 5 \\ -3 & 0 & -3 \\ -3 & -3 & -3 \end{bmatrix} \quad (3.60)$$

$$[h_{\text{Kirsch}}] = \begin{bmatrix} -3 & -3 & 5 \\ -3 & 0 & 5 \\ -3 & -3 & 5 \end{bmatrix} \quad (3.61)$$

$$[h_{\text{Kirsch}}] = \begin{bmatrix} -3 & 5 & 5 \\ -3 & 0 & 5 \\ -3 & -3 & -3 \end{bmatrix} \quad (3.62)$$

$$[h_{\text{Kirsch}}] = \begin{bmatrix} -3 & -3 & -3 \\ 5 & 0 & -3 \\ 5 & 5 & -3 \end{bmatrix} \quad (3.63)$$

$$[h_{\text{Kirsch}}] = \begin{bmatrix} -3 & -3 & -3 \\ -3 & 0 & -3 \\ 5 & 5 & 5 \end{bmatrix} \quad (3.64)$$

$$[h_{\text{Kirsch}}] = \begin{bmatrix} -3 & -3 & -3 \\ -3 & 0 & 5 \\ -3 & 5 & 5 \end{bmatrix} \quad (3.65)$$

Frekans düzlemi işlemleri

Frekans düzleminde filtreleme işlemleri sadece çarpma şeklindedir. Uzaysal düzlemde ise bunun karşılığı konvolüsyondur. Frekans düzleminde çarpma

işlemi yapılan bir görüntünün ters fourier transformu alınarak iyileştirilmiş görüntü elde edilir. Yüksek frekansların zayıflatılması gürültüyü azaltırken, kenarların belirginleşmesini sağlar. Ancak frekans düzleminde ideal olarak tanımlanan bir filtre uzaysal düzlemde osilasyonlu bir özelliğe sahiptir.

Homomorfik filtre

Homomorfik filtre, gölge giderme (shading correction) amaçlı bir filtredir ve Oppenheim, Schafer ve Stockham tarafından geliştirilmiştir [7].

Bir görüntünün temel doğasında aydınlatma $i(x,y)$ ve yansıma $r(x,y)$ vardır. Görünen görüntü $i(x,y)$ ile $r(x,y)$ 'nin çarpımıdır (Eş.3.66)[25].

3.2.3. Görüntü analizi

Görüntü detayının ölçülerek, sayılarak ve boyutlandırılarak nesnelerin tanınması işlemidir. Görüntü analizinde giriş görüntü iken, çıkışta görüntüden elde edilen özellikler vardır. Nesnelerin arkaplandan ayrılmasında bu yöntem kullanılmaktadır. Bunun için kenar bulma, çizgi bulma (kontur), bölge bulma ve eşikleme gibi yöntemlerden faydalanılmaktadır.

Eşikleme

Sabit eşikleme, histogramdan türetilmiş eşikleme, Isodata algoritması, arkaplan simetrik algoritma, üçgen algoritma, P-kuyruk metodu, kenar piksel metodu ve İteratif metot gibi çeşitleri bulunmaktadır.

Morfolojik görüntü işleme

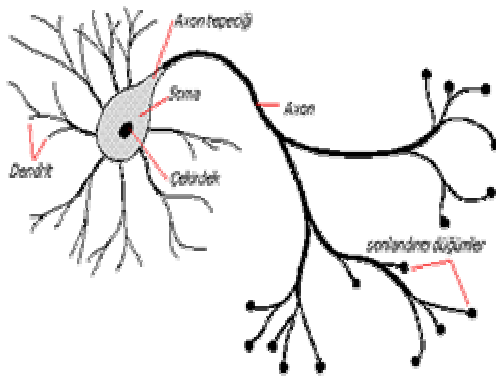
Bir görüntüdeki istenen nesnelerin tespit edilmesine yarayan görüntü işleme tekniğidir. Doğrusal olmayan bir filtreleme tekniği kullanılmaktadır.

3.2.4. Görüntü anlama

Görüntü işlemenin bu seviyesinde girişe görüntü verilirken, çıkıştan anlam elde edilmektedir. Görüntü tanıma, karakter tanıma, bilgisayarda görme, patern tanıma, bilgisayarlı grafik, hedef tanıma, hedef takibi, yüz tanıma ve parmak izi tanıma gibi uygulamaları bulunmaktadır.

4. YAPAY SİNİR AĞLARI

Yapay sinir ağı (YSA), insan beyninin çalışma mekanizması taklit edilerek geliştirilen ve biyolojik olarak insan beyninin yaptığı temel işlemleri belirli bir yazılımla gerçekleştirmeyi amaçlayan bir mantıksal programlama tekniğidir. Bilgisayar ortamında, beynin yaptığı işlemleri yapabilen, karar veren, sonuç çıkaran, yetersiz veri durumunda var olan mevcut bilgiden yola çıkarak sonuca ulaşan, sürekli veri girişini kabul eden, öğrenen, hatırlayan bir algoritma kısaca “Yapay Sinir Ağları” olarak adlandırılır. YSA’nın temel yapısı, beyne, sıradan bir bilgisayarinkinden daha çok benzemektedir. Beynin temel işlemci elemanları nöronlardır. Nöronlar dendrit, soma, akson ve sinapsis (sonlandırıcı düğümler) adı verilen 4 kısımdan oluşur. Dendrit olarak adlandırılan yapı, diğer hücrelerden bilgiyi alan nöron girişleri olarak görev yapar. Diğer hücrelere bilgiyi transfer eden eleman ise aksonlardır. Dolayısıyla aksonlar, nöron çıkışları olarak görev yaparlar. Akson ile dendrit arasındaki bağlantı ise sinapsisler tarafından gerçekleştirilir. Şekil 4.1’de basitleştirilmiş bir biyolojik nöron görülmektedir.



Şekil 4.1. Basitleştirilmiş bir biyolojik nöron

Biyolojik bir nöron, temel olarak, diğer kaynaklardan aldığı girişleri bazı yollarla birleştirir ve genel olarak doğrusal olmayan bir işleme tabi tuttukten sonra çıkışı üretir.

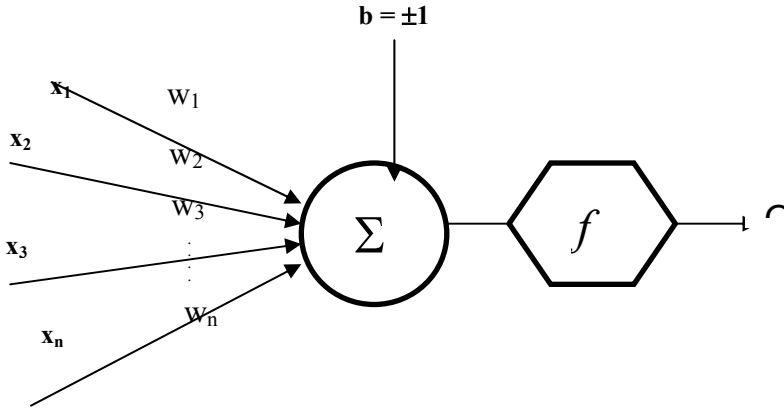
YSA'nın temel birimi olan yapay nöronlar ise biyolojik nöronlarda bulunan 4 temel fonksiyonu simule ederler, ancak yine de gerçek nöronlar kadar karmaşık değildir. YSA'nın işleyişi de gerçek nöronların çalışmasına benzer olarak gerçekleşmektedir. 1940 yılında McCulloch ve Pitts nöronun, mantık sistemlerinde basit eş değer yapısıyla modellenebileceğini ortaya atmışlardır. Bu modele göre, bir nöron P tane ağırlıklandırılmış girişi toplamakta, bir eşik değeri bu toplamdan çıkartıp sonucu lineer olmayan bir fonksiyondan geçirmektedir.

Başka bir anlatımla, YSA'daki her bir işlem birimi, basit bir anahtar görevi yapar ve şiddetine göre, gelen sinyalleri söndürür ya da iletir. Böylece sistem içindeki her birim belli bir yüke sahip olur. Her birim, sinyalin gücüne göre açık ya da kapalı duruma geçerek basit bir tetikleyici görevi üstlenir. Yükler, sistem içinde bir bütün teşkil ederek, karakterler arasında ilgi kurmayı sağlar. YSA araştırmalarının odağındaki soru, yüklerin sinyalleri nasıl değiştirmesi gerektiğidir. Bu noktada herhangi bir formdaki bilgi girişinin, ne tür bir çıkışa çevrileceği, değişik modellerde farklılık göstermektedir. Diğer önemli bir farklılık ise, verilerin sistemde depolanma şeklidir. Nöral bir tasarımda, bilgisayarda saklı olan bilgiyi, tüm sisteme yayılmış küçük yük birimlerinin birleşerek oluşturduğu bir bütün evre (epoch) temsil etmektedir. Ortama yeni bir bilgi aktarıldığında ise, yerel büyük bir değişiklik yerine tüm sistemde küçük bir değişiklik yapılmaktadır.

4.1. Yapay Sinir Ağı Hücresi

Temel bir YSA hücresi biyolojik sinir hücresine göre çok daha basit bir yapıya sahiptir. En temel nöron modeli Şekil 4.2'de görülmektedir. YSA hücresinde temel olarak dış ortamdan ya da diğer nöronlardan alınan veriler yani girişler, ağırlıklar, toplama fonksiyonu, aktivasyon fonksiyonu ve çıkışlar bulunmaktadır. Dış ortamdan alınan veri ağırlıklar aracılığıyla nörona bağlanır ve bu ağırlıklar ilgili girişin etkisini belirler. Toplam fonksiyonu ise net

giriş hesaplar. Net giriş; girişlerle, ilgili ağırlıkların çarpımının bir sonucudur. Aktivasyon fonksiyonu, işlem süresince net çıkışı hesaplar ve bu işlem aynı zamanda nöron çıkışı verir. Aktivasyon fonksiyonu, genelde doğrusal olmayan bir fonksiyondur.



Şekil 4.2. Temel yapay sinir ağı hücresi

O, çıkış, b, bias, r giriş sayısı, $(x_1, x_2, \dots, x_r)$ girişler, ve $(w_1, w_2, \dots, w_k)$ ağırlıklıklar olmak üzere nöronun matematiksel modeli,

$$O = f(W.X + b) \quad (4.1)$$

ile verilir. Burada, W ağırlıklar matrisini, X ise girişler matrisini temsil etmektedir. Eş. 4.1 daha açık bir ifade ile

$$\text{net} = \sum_{i=1}^k w_i x_i + b \quad (4.2)$$

$$O = f(\text{net}) = f\left(\sum_{i=1}^k w_i x_i + b\right) \quad (4.3)$$

şeklinde bir nöronun çıkışı matematiksel olarak elde edilir. Eş. 4.1-4.3'de verilen "f" aktivasyon fonksiyonudur.

4.2. Yapay Sinir Ağlarının Mimarisi

Yapay Sinir Ağların çalışma hızlarını etkileyen en önemli etken yapay sinir ağlarının iç mimarisine ait olan katmanların (tabaka ya da layer) ve düğümlerin (node) sayısıdır. Her katmanda 1 ya da daha fazla düğüm bulunur, ki genelde 1'den fazladır. Her katmandaki düğüm sayısı ve katman sayısı sonuç olarak toplam düğüm sayısını etkiler. Toplam düğüm sayısı ve düğümler arasındaki bağlantılar ne kadar çok ise yapay sinir ağlarının çalışma hızı buna paralel olarak, ama üstel bir şekilde azalır.

Yapay sinir ağlarındaki düğümlerin bir çıkışları ve genelde birden fazla girişleri vardır. Bu çıkış ve girişler diğer düğümlere, yapay sinir ağlarının çıkışına veya yapay sinir ağlarının girişine bağlanabilir. Düğümlerinin tamamı yapay sinir ağlarının girişini oluşturan ve bu düğümlerin kendi girişi olmayan katman giriş katmanı, düğümlerinin tamamı çıkışı oluşturan ve bu düğümlerin kendi çıkışı olmayan katman çıkış katmanı olarak, diğer katmanlar ise ara katmanlar ya da dışardan görünmedikleri için gizli katmanlar olarak adlandırılır.

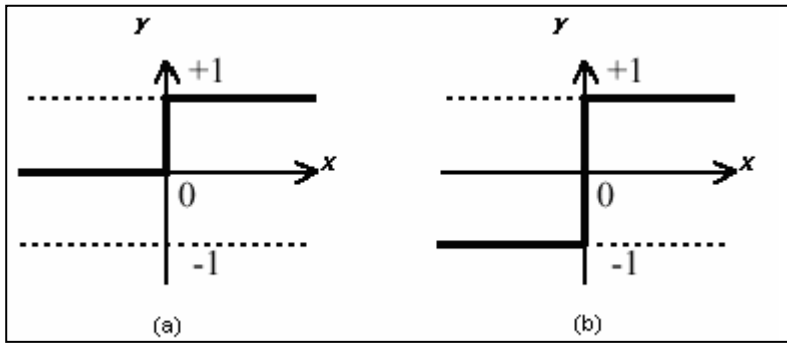
YSA düğümünün görevi, girişindeki sayıları kendi ağırlık değerleri ile çarpıp, sonra çarpımları toplayıp, toplamı bir aktivasyon fonksiyonundan (genelde sigmoid veya tanjant hiperbolik) geçirdikten sonra çıkışa vermektir. Ancak giriş ve çıkış katmanındaki nöronlar bu kuraldan hariçtir. Giriş katmanındaki nöronlar sadece içerdikleri değeri çıkışa aktarırlar. Çıkış katmanındaki nöronlar ise sadece kendi girişlerindeki verilerin uygun ağırlıklarla çarpılmış hallerini toplayıp saklarlar. Bu işleme yayılım (propagation) denilir. Burada aktivasyon fonksiyonunun görevi, hem çıkışları belirli değerler arasında tutmak hem de sürekli bir fonksiyon oluşturmaktır. Fonksiyonun sürekli olması türevinin alınması için, türevinin alınması ise eğitme aşamasındaki algoritmalar için gereklidir. Fonksiyonun türev karakteristikleri, eğitme aşamasının hızını ve başarısını da etkiler. Bu nedenle yaygın olarak kullanılan aktivasyon fonksiyonları sigmoid ve hiperbolik tanjant fonksiyonlarıdır.

4.3. Aktivasyon Fonksiyonları

YSA'da hangi katman için hangi aktivasyon fonksiyonunun kullanılacağı uygulamaya bağlı olarak seçilmektedir. Bununla beraber, aşağıda verilen aktivasyon fonksiyonları en genel aktivasyon fonksiyonlarıdır.

4.3.1. Eşik ve signum aktivasyon fonksiyonları

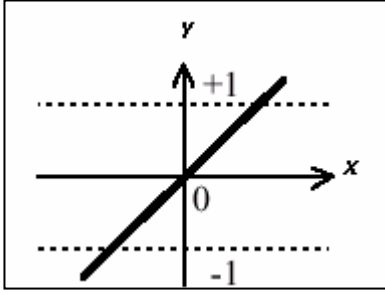
Eşik aktivasyon fonksiyonu net giriş değeri sıfırdan küçükse net çıkışında sıfır, sıfırdan daha büyük bir değer ise net çıkışında +1 değeri üretir. Şekil 4.3.a'da eşik aktivasyon fonksiyonunun grafiği görülmektedir. Eşik aktivasyon fonksiyonuna benzeyen ve -1 ile $+1$ arasında değişen diğer bir aktivasyon fonksiyonu ise Şekil 4.3.b'de verilen Signum (işaret) aktivasyon fonksiyonudur. Signum aktivasyon fonksiyonu, net giriş değeri sıfırdan büyükse $+1$, sıfırdan küçükse -1 , sıfıra eşitse sıfır değerini verir.



Şekil 4.3. Aktivasyon fonksiyonları a) eşik ve b) signum

4.3.2. Doğrusal aktivasyon fonksiyonu

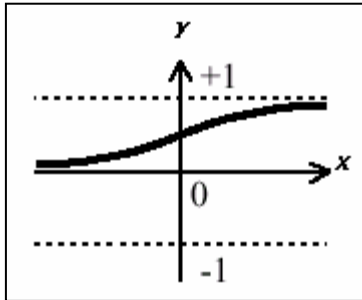
Şekil 4.4'de giriş-çıkış grafiği verilen doğrusal aktivasyon fonksiyonunda çıkış girişi eşittir. Sürekli çıkışlar gerektiği zaman çıkış katmanındaki aktivasyon fonksiyonunun doğrusal aktivasyon fonksiyonu olabilmektedir.



Şekil 4.4. Doğrusal aktivasyon fonksiyonu

4.3.3. Logaritma sigmoid aktivasyon fonksiyonu

Lojistik fonksiyon olarak da adlandırılan ve grafiği Şekil 4.5’de verilen logaritma sigmoid aktivasyon fonksiyonunun doğrusal olmamasından dolayı türevi alınabilmektedir. Lojistik fonksiyona benzeyen ancak -1 ile +1 arasında değişen bir aktivasyon fonksiyonu olan hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu da doğrusal olmayan türevi alınabilir bir fonksiyondur. Bu yüzden bu iki fonksiyon, daha sonraki bölümlerde anlatılacak olan geri yayımlı ağlarda sıklıkla tercih edilen aktivasyon fonksiyonlarıdır.

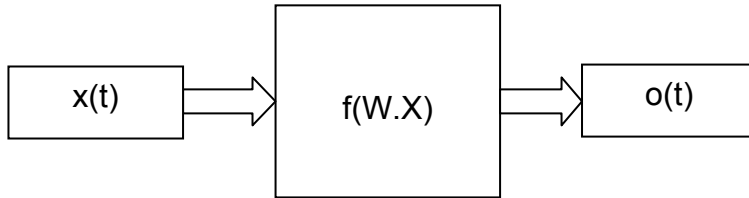


Şekil 4.5. Logaritma sigmoid aktivasyon fonksiyonu

4.4. Yapay Sinir Ağı Modelleri

En basit ve en genel YSA, tek yönlü sinyal akışını kullanır. YSA modelleri temel olarak iki grupta toplanmaktadır. İleri beslemeli YSA ve geri beslemeli YSA. İleri beslemeli YSA’da gecikmeler yoktur, işlem girişlerden çıkışlara

doğru ilerler. Çıkış değerleri, eğiticiden alınan istenen çıkış değeriyle karşılaştırılarak bir hata sinyali elde edilir ve ağ ağırlıkları güncellenir. Şekil 4.6'da ileri beslemeli bir YSA yapısına ait blok gösterim verilmiştir.

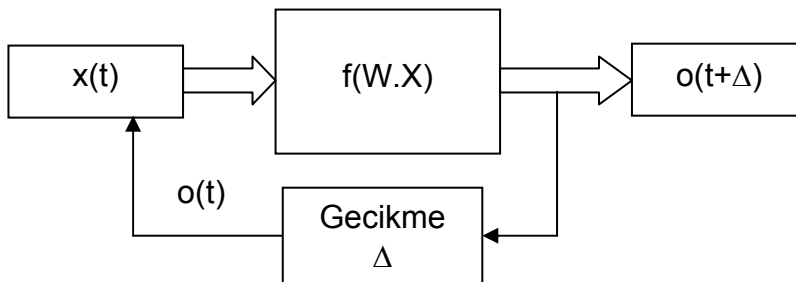


Şekil 4.6. İleri beslemeli YSA yapısı [23]

Geri beslemeli YSA'da ise tıpkı kontrol uygulamalarında olduğu gibi gecikmeler söz konusudur. Geri beslemeli YSA, çıkışlar girişlere bağlanarak ileri beslemeli bir ağdan elde edilir. Δ sabiti gecikme süresi olmak üzere ağın t anındaki çıkışı $o(t)$ ise, $t+\Delta$ anındaki çıkışı:

$$o(t + \Delta) = f [W.o(t)] \quad (4.4)$$

ile ifade edilir. Dikkat edilmesi gereken nokta başlangıç anında $x(t)$ 'ye ihtiyaç duyulmasıdır. Şekil 4.7'de verilen blok diyagram, ileri beslemeli bir YSA'nın akış yönünü göstermektedir.



Şekil 4.7. Geri beslemeli YSA yapısı [23]

4.5. Yapay Sinir Ağlarında Öğrenme

McCulluch ve Pitts'in sinir ağıının temel problemi olan öğrenmenin nasıl olacağına, Donald Hebb 1949 yılında yayınladığı “The Organization of Behavior” isimli kitabında çözüm getirmiştir. Bu kitapta sinapsların şartlara uyum sağlama yeteneği incelenmiş ve Hebb kuralı adı verilen öğrenme kuralı anlatılmıştır. Bu kuralda temel fikir, iki sinir bağlantısı arasındaki kuvvet (ağırlığın değeri), sinirlerin aynı zamanda etkinleştirilmesine bağlıdır. Hebb, sinir faaliyetlerini örnek alarak bunların hafızadaki basit bir yerde yerleşebileceğini varsaymış ve bu kurama göre sinirlerin birbirlerini ortaklaşa uyardıklarını ve bu uyarma neticesinde aralarındaki sinaptik bağlantı kuvvetinin (ağırlıkların) kendi etkinlikleri çarpımı oranında artacağını ortaya koymuştur [26].

YSA'da bilgi, ağdaki bağlantıların ağırlıklarında depolanır. Bir ağda öğrenme kısaca, istenen bir işlevi yerine getirecek şekilde ağırlıkların ayarlanması sürecidir. YSA'da öğrenme, sinirler arasındaki ağırlıkların değiştirilmesi ile gerçekleşmektedir. Buna göre sinirler arası bağlantılar üzerindeki ağırlıkları belirli bir yöntem (öğrenme kuralları) ile dinamik olarak değiştirilebilen ağlar eğitilebilir. Eğitilebilen yani öğrenebilen ağlar, yeni şekilleri tanıyabilir (örüntü tanıma) veya verilen bir girişin hangi sınıfa ait olduğuna karar verebilir (sınıflandırma). YSA'da öğrenme, düğümler arasındaki ağırlıkların, düğümlerdeki aktivasyon ya da transfer fonksiyonlarının ayarlanmasıyla yapılmaktadır. YSA'da öğrenme yöntemleri, danışmanlı ve danışmansız olarak ikiye ayrılır.

4.5.1. Danışmanlı öğrenme

Danışmanlı öğrenmede, kullanılan YSA'daki gerçek çıkış, istenilen çıkışla kıyaslanır. İlk başta rasgele seçilen ağırlıklar, ağ tarafından öyle ayarlanır ki, bir sonraki döngüde (epoch) gerçek çıkış (ağ tarafından üretilen çıkış) ile istenilen çıkış arasındaki fark daha azalsın. Öğrenme yöntemi, bütün işleme

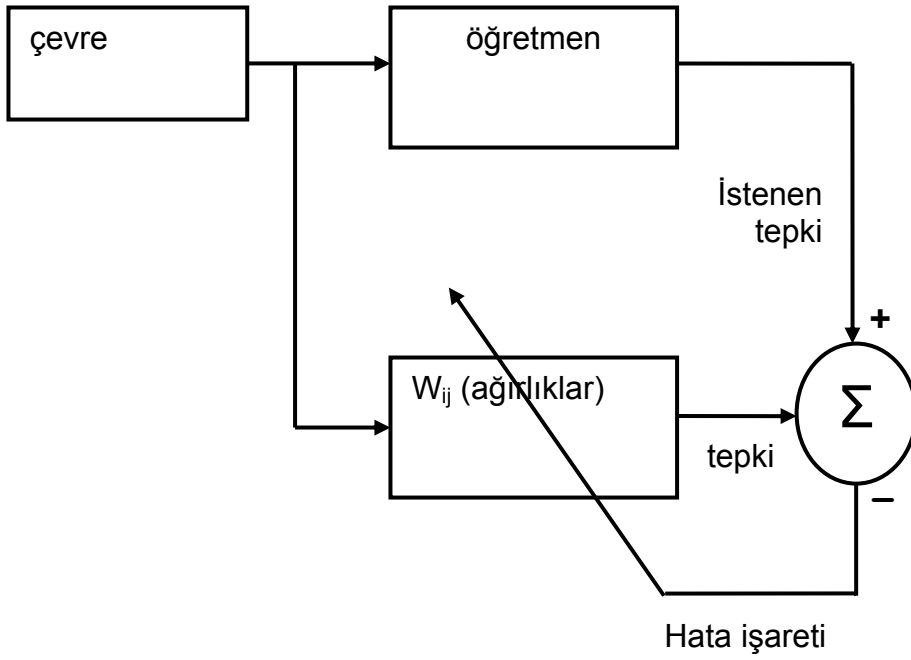
elemanlarının anlık hatalarını en aza indirmeye çalışır. Bu hata azaltma işlemi, kabul edilebilir doğruluğa ulaşana kadar ağırlıklar devamlı olarak güncellenir.

Danışmanlı öğrenmede YSA, kullanılmadan önce eğitilmelidir. Eğitim işlemine, sinir ağına giriş ve çıkış bilgileri sunularak başlanır. Bu bilgiler genellikle eğitim kümesi olarak tanımlanır. Yani, her bir giriş kümesi için uygun çıkış kümesi ağı sağlanmalıdır.

Eğitim işleminde ne kadar çok veri kullanılırsa ağ o kadar hassas eğitilir, ancak bu eğitim safhasının uzun sürmesine neden olacaktır. Sinir ağı, belirli bir sıralamadaki girişler için istenen istatistiksel doğruluğu elde ettiği zaman eğitim işlemi tamamlanmış kabul edilir ve eğitim işlemi bitirilir. Eğitim aşaması tamamlandıktan sonra ağ kullanılmaya başlandığında, bulunan ağırlıkların değeri sabit olarak alınır ve bir daha değiştirilmezler. Bazı ağ yapılarında ağ çalışırken çok düşük oranda eğitmeye izin verilir. Bu işlem ağların değişken koşullara uyum sağlamasına yardımcı olur [26].

Eğer sistemin önemli olan özellikleri ve ilişkileri öğrenmesi gerekiyorsa, o zaman eğitim kümesinin, bütün ihtiyaç duyulan bilgileri içermesi gerekir. Eğer ağ sadece belirli bir aralıktaki örnekler ile eğitilirse, bu aralıkta verilen girişler için oldukça iyi çözümler üretse de bu aralık dışındaki farklı bir giriş ya da giriş seti için yeterli çözümler vermez. Yeni şeyler öğrenme safhasında eski olayları unutabilir. Sonuç olarak, sistem gerekli bilgilerle öğrenmek zorundadır.

Giriş ve çıkış bilgilerinin nasıl sunulacağı veya nasıl kodlanacağı, bir ağı bir şekilde yönlendirmek için önemli bir unsurdur. YSA sadece sayısal giriş bilgileri ile çalışırlar. Bu yüzden ham bilgiler genellikle ölçeklendirilmelidir (normalizasyon). Danışmanlı öğrenmenin işleyişini gösteren blok diyagram Şekil 4.8'de verilmiştir.



Şekil 4.8. Danışmanlı öğrenme [26]

4.5.2. Öğrenme oranları

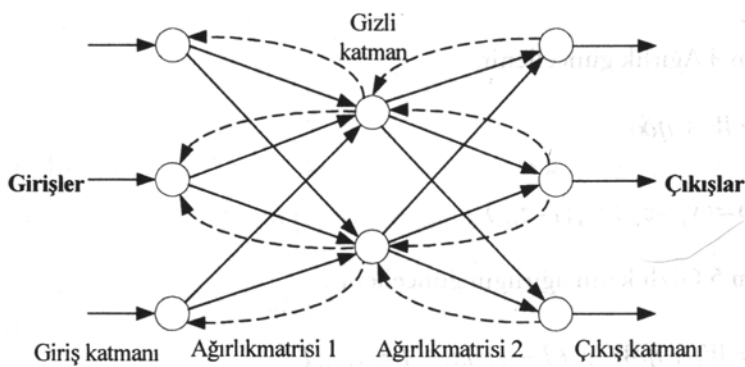
YSA'daki öğrenme oranı denetlenebilir birkaç etkene bağlıdır. Düşük bir öğrenme oranı, yeterli derecede eğitilmiş bir sistem üretmek için daha fazla zaman harcanacağı anlamına gelmektedir. Ancak, daha yüksek öğrenme oranında bir ağ, daha yavaş öğrenen bir ağa göre gerçek ayrımlar yapamayabilir [26].

Bir çok öğrenme işleminde, öğrenme oranı veya öğrenme sabiti kullanılır. Öğrenme oranı genellikle pozitif ve sıfır ile bir arasında bir değer olmaktadır. Eğer birden büyük öğrenme oranı seçilirse ağırlıkları uyarlayacak öğrenme algoritmasını ayarlamak kolay olur, ancak ağda salınımlar ortaya çıkar. Küçük öğrenme oranı, o anki hataları hızlı bir şekilde düzeltmemesine rağmen en iyi sonuca ulaşma şansını yükseltmektedir [26].

4.5.3. Geri yayımlı öğrenme

Geri yayılım (back propagation) ağı, Geoffrey Hinton ve James McClelland tarafından geliştirilmiştir. Geri yayımlı öğrenen ağlar hiyerarşik yapıdadır. Giriş, çıkış ve en az bir gizli katman olmak üzere üç katmandan oluşurlar. Gizli katman ve gizli katmandaki düğüm sayısı değiştirilebilir. Düğüm sayısının artması ağın hatırlama yeteneğini artırmakla birlikte öğrenme işleminin süresini uzatmaktadır. Düğüm sayısının azaltılması eğitim süresini kısaltmakta fakat hatırlama yeteneğini de azaltmaktadır. Giriş katmanındaki her bir düğüm gizli katmandaki her düğüme, gizli katman birden fazla ise bu katmandaki her bir düğüm kendisinden sonra gelen katmandaki her düğüme ve gizli katman çıkışındaki her düğüm çıkış katmanındaki her düğüme bağlıdır.

Bir katmandaki hiçbir düğüm kendi katmanındaki diğer bir düğüme bağlı değildir. Her katmanın çıkış değerleri bir sonraki katmanın giriş değeridir. Bu şekilde giriş değerlerinin ağın girişinden çıkışına doğru ilerlemesine ileri besleme denilir. Şekil 4.9'da bir geri yayılım ağı örneği görülmektedir [26].

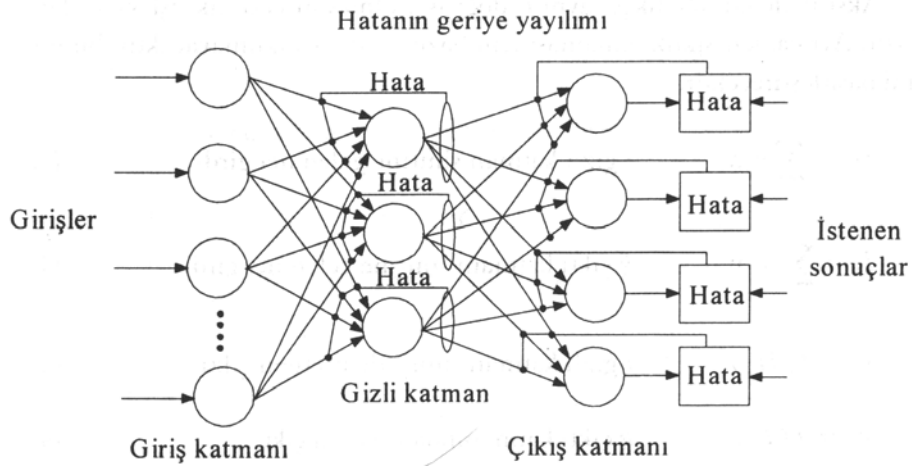


Şekil 4.9. Geri yayılım ağı örneği

Geri yayılım ağında hatalar, ileri besleme aktivasyon fonksiyonunun türevi tarafından, ileri besleme mekanizması içinde kullanılan aynı

bağlantılar aracılığıyla, geriye doğru yayılmaktadır. Öğrenme işlemi, bu ağda basit çift yönlü hafıza birleştirmeye dayanmaktadır [26].

Geri yayılım öğrenme yönteminde sistem hatasını veya maliyet işlevini azaltma esasına dayanan bir eniyileme (optimizasyon) işlemi yapılır. Bu yöntemde ağırlık ayarlamaları yapıldığı için 'geri yayılım' ismi kullanılmıştır. Öğrenme fazında, giriş örnekleri ağa belli bir sırada sunulur. Her bir çalışma örneği çıktı örneği hesaplanana kadar katman katman ileri yayılır. Hesaplanan çıktı daha sonra olması beklenenle karşılaştırılıp aradaki fark 'hata' olarak bulunur. Hatalar, katman katman sinaptik ayarlamaların yapıldığı geri besleme bağlantılarında 'girdiler' olarak kullanılır. Şekil 4.10 geri yayılım çalışması için değiştirilmiş bir çok katmanlı ileri beslemeli ağ göstermektedir. Geriye doğru olan bağlantılar sadece 'öğrenme fazı' için kullanılırken, ileri doğru olan bağlantılar hem öğrenme amacıyla hem de işlemsel fazlar için kullanılır [26].



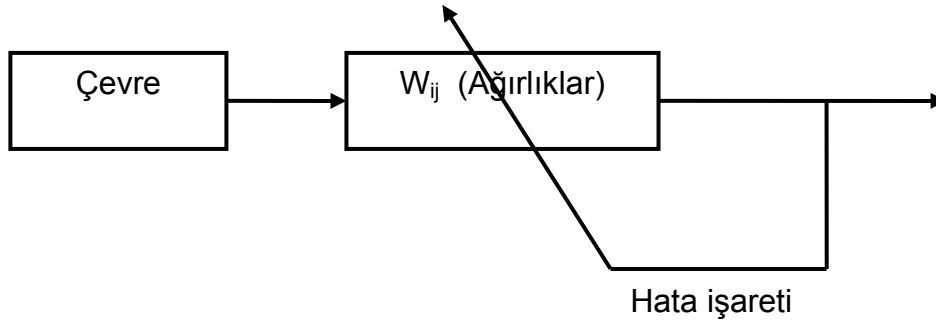
Şekil 4.10. Genel bir geri yayılım ağ yapısı [26]

Geri yayılım öğrenme kullanıldığında, sonraki katmanların hataları kullanarak gizli katmanın ağırlıkları ayarlanır. Böylece çıkış katmanında hesaplanan hatalar son gizli katman ile çıkış katmanı arasındaki ağırlıklar ayarlanır. Aynı biçimde, bu işlemler ilk gizli katmana kadar tekrarlanır. Bu yolla hatalar katman katman ilgili katmanın ağırlık düzeltmeleri yapılarak

geriye doğru yayılır. Tamamlanan çalışma süresi içinde 'toplam hata' en aza indirilinceye kadar bu işlemler tekrarlanır.

4.5.4. Danışmansız öğrenme

Danışmansız öğrenmede sistemin doğru çıkış hakkında bilgisi yoktur ve girişlere göre kendi kendisini örnekler. Danışmansız olarak eğitilebilen ağlar istenen ya da hedef çıkış olmadan giriş bilgilerinin özelliklerine göre ağırlık değerlerini ayarlar. Danışmansız öğrenmeye, Hebbian öğrenme, Grossberg öğrenme, Kohonen'in öz örgütlemeli harita ağı örnek olarak verilebilir. Kohonen tarafından geliştirilen danışmansız öğrenme yönteminin kullanıldığı öz örgütlemeli harita ağı da biyolojik sistemlerdeki öğrenmeden esinlenilmiştir. Bu yöntemde sinirler öğrenmek için elverişli durum ya da ölçülerini güncellemek için yarışır. En büyük çıkış ile işlenen sinir, kazananı belirler ve komşularına bağlantı boyutlarını güncellemeleri için izin verir. Şekil 4.11'de danışmansız öğrenme ana hatlarıyla gösterilmiştir [26].



Şekil 4.11. Danışmansız öğrenme

Danışmansız öğrenmede ağ istenen dış verilerle değil girilen bilgilerle çalışır. Bu tür öğrenmede gizli sinirler dışardan yardım almaksızın kendilerini örgütlemek için bir yol bulmalıdırlar. Bu yaklaşımda, verilen giriş vektörleri için önceden bilinebilen performansını ölçebilecek ağ için hiçbir çıkış örneği sağlanmaz, yani ağ, yaparak öğrenmektedir.

Danışmansız öğrenme için belli başlı örneklerden birisi Kohonen ağıdır. Kohonen ağında, giriş katmanına ek olarak, birbiriyle topolojik olarak ilişkili sinirlerden oluşan tek bir çıkış katmanı vardır. Her bir giriş, çıkış katmanındaki her bir sinire bağlıdır. Ağ rasgele ağırlıklarla çalışmaya başlar. Herhangi bir giriş uygulandığında, giriş vektörüne Öklid uzaklığı en az olan sinir seçilir ve bu sinire gelen bağlantı giriş ağırlıkları giriş vektörüne yaklaşacak şekilde yenilenir. Bu kazanan sinirle birlikte, onun topolojik komşuluğunda bulunan belli sayıda sinire gelen ağırlıklar da benzeri şekilde değiştirilir.

4.5.5. Karma öğrenme kuralı

Karma öğrenme kuralında değişik uygulamalarda kullanılabilecek iki çeşit öğrenme örneği vardır. Bunlardan birincisi çevrim dışı öğrenme (off-line learning) ya da öbek öğrenme (batch learning) olarak adlandırılır. İkincisi ise çevrim içi öğrenme (on-line learning) ya da örnek örneğe öğrenme (pattern by pattern learning) olup, değişkenler her bir giriş, çıkış veri parçalarının sunulmasından sonra derhal güncelleştirilir [26].

Her iki öğrenme tarzını da birleştirmek ve değişkenleri belli bir eğitim veri girişi yapıldıktan sonra güncelleştirmek mümkündür. Bu güncelleştirme aralığına çağ büyüklüğü (epoch size) denir [26].

4.5.6. Yarışmacı öğrenme

Yarışmacı öğrenim, girişte yer alan örnekleri ayırd etmede kullanılabilir. Yarışmacı öğrenim sistemine bazı eğitici bilgi / örnekler verilerek (örneğin; rakamlar (el yazısıyla), resimler, ses) bunları bilgi yapılarına göre sınıflandırmada kullanılan bir öğrenme yöntemidir [26].

4.6. Yapay Sinir Ağlarının Üstünlükleri

Sinir sisteminin modellenmesi için yapılan çalışmalar sonucu oluşturulan

YSA, biyolojik sinir sisteminin üstünlüklerine de sahiptir. Bu üstünlükleri şu şekillerde özetleyebilmek mümkündür:

4.6.1. Paralellik

Alışılmış bilgi işlem yöntemlerinin çoğu seri işlemlerden oluşmaktadır. Bu da hız ve güvenilirlik sorunlarını beraberinde getirmektedir. Seri bir işlem gerçekleşirken herhangi bir birimin yavaş oluşu tüm sistemi doğrudan yavaşlatırken, paralel bir sistemde yavaş bir birimin etkisi çok azdır.

4.6.2. Gerçekleştirilebilirlik

YSA'da basit işlemler gerçekleştiren türden hücrelerden oluşması ve bağlantıların düzgün olması, ağların gerçekleştirilmesi açısından büyük kolaylık sağlamaktadır.

4.6.3. Yerel bilgi işleme

YSA'da her bir işlem birimi, çözülecek problemin tümü ile ilgilenmek yerine, sadece problemin gerekli parçası ile ilgilenmektedir ve problemin bir parçası işlemektedir. Hücrelerin çok basit işlem yapmalarına rağmen, sağlanan görev paylaşımı sayesinde, çok karmaşık problemler çözülebilmektedir.

4.6.4. Hata toleransı

Paralel bilgi işleme yapan bir sistemde ise, sistemin ayrı ayrı işlem elemanlarında meydana gelecek olan hatalı çalışma veya hasar, sistemin performansında keskin bir düşüşe yol açmadan, performansın sadece hata birimlerinin bir oranınca düşmesine sebep olur.

4.6.5. Öğrenebilirlik

Alışıl gelmiş veri işleme yöntemlerinin çoğu programlama yolu ile hesaplamaya dayanmaktadır. Bu yöntemler ile, tam tanımlı olmayan bir problemin çözümü yapılamaz. Bunun yanında, herhangi bir problemin çözümü için probleme yönelik bir algoritmanın geliştirilmesi gerekmektedir. YSA, problemleri verilen örneklerle çözer.

4.7. Yapay Sinir Ağlarının Kullanım Alanları

Halen uygulanabilirliği, gelecekte uygulanabileceği hususunda ümit veren aktif çalışmalar göz önünde bulundurulduğunda, yapay sinir ağlarının kullanım alanları ve uygulamaları kısaca şu şekilde özetlenebilir:

Biyoloji;

- Beyni ve diğer sistemleri daha iyi anlama
- Retina ve kornea'yı modelleme

İş Dünyası;

- Petrol ve jeolojik yapı değişimlerinin tahmini
- Özel durumlar için toplum eğilimlerinin tanımı
- Veri tabanı oluşturulması
- Hava yolları ve ücret düzenlemesi
- El yazısı karakterini tanıma

Çevresel;

- Numuneleri analiz etme
- Hava tahmini

Finans;

- Kredi riski değerlendirilmesi
- Sahte para ve evrak tanımı

- El yazısı formların değerlendirilmesi
- Yatırım eğilimleri ve portföy analizi

Üretim;

- Robot ve kontrol sistemlerini otomatikleştirme
- Üretim işlem kontrolü
- Kalite kontrolü
- Montaj hattında parça seçimi

Tıp;

- Sağırılar için ses analizi
- Semptom hastalıkların teşhis ve tedavisi
- Ameliyat görüntüleme
- İlaçların yan etkilerinin analizi
- X-ışınlarını okuma
- Epileptik felcin nedenlerini anlama

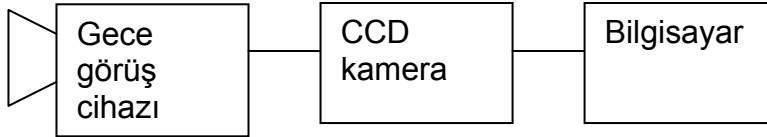
Askeri;

- Radar sinyallerini anlama
- Yeni ve gelişmiş silahlar yaratma
- Keşif yapma
- Kıt kaynakların kullanımını optimize etme
- Hedef tanıma ve izleme

5. UYGULAMA

5.1. Termal Görüntü Alma

Bu çalışmada kullanılan deney düzeneği, görüntü almak için bir gece görüş cihazı, gece görüş cihazı tarafından alınan görüntüyü kaydetmek için bir CCD kamera ve görüntü işleme tekniklerini uygulayabilmek için bir bilgisayardan oluşmaktadır. Kullanılan CCD kamera Pulnix TM-6 model ve 3639 parça numaralı bir kameradır. Görüntü işleme ve yapay sinir ağı uygulaması için MATLAB 6.5 programı kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan deney düzeneği Şekil 5.1'de görülmektedir.



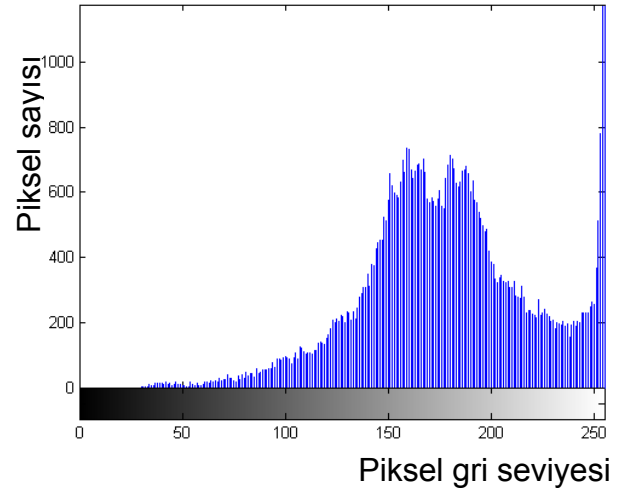
Şekil 5.1. Termal görüntü alma deney düzeneği

Kullanılan gece görüş cihazının teknik özellikleri:

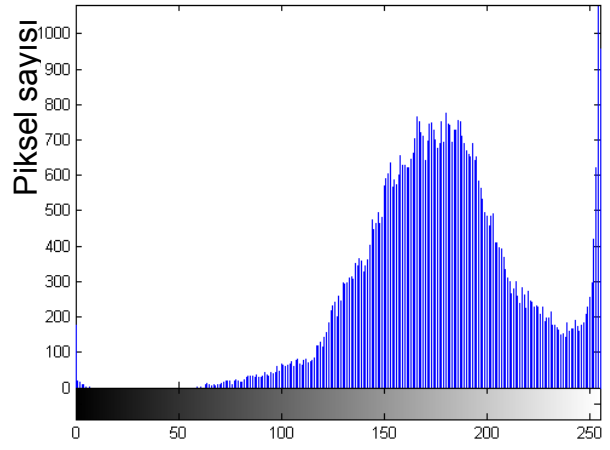
Band aralığı	:8-12 μm
Dedektör tipi	:HgCdTe
Dedektör Sayısı	:60x1
Tarama Tipi	:Paralel ve 2:1 ara girişimli
Soğutma Tipi	:Mekanik soğutma
Video Çıkışı	:CCIR, PAL

5.2. Görüntülerin sorunları

Bu çalışmada, öncelikle gece görüş cihazı ile alınan görüntüler ve bu görüntülerin histogramları (Resim 5.1) ile bazı istatistiksel verileri (Çizelge 5.1) incelenerek görüntülerin sorunları belirlenmeye çalışılmıştır.

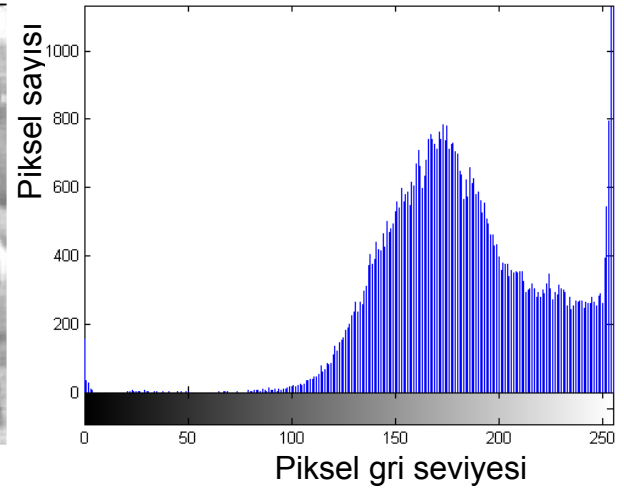
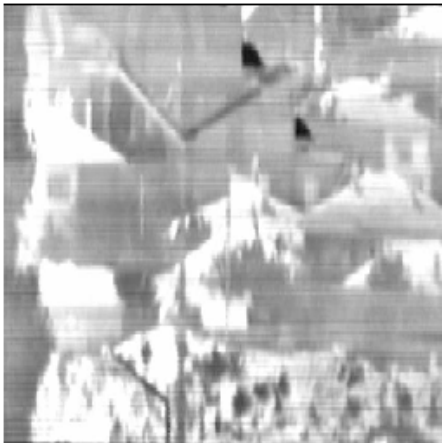


(a)



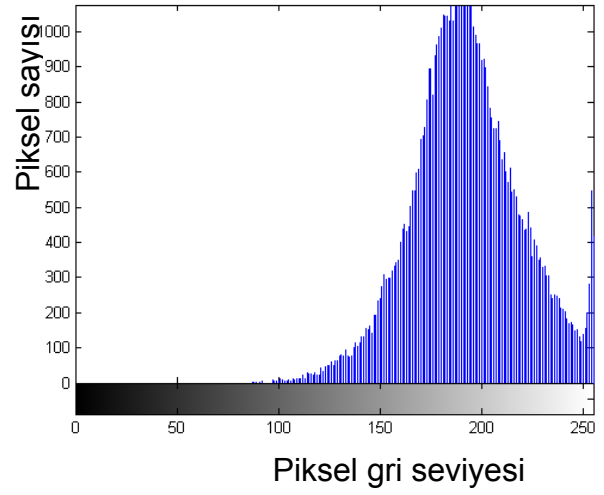
(b)

Piksel gri seviyesi

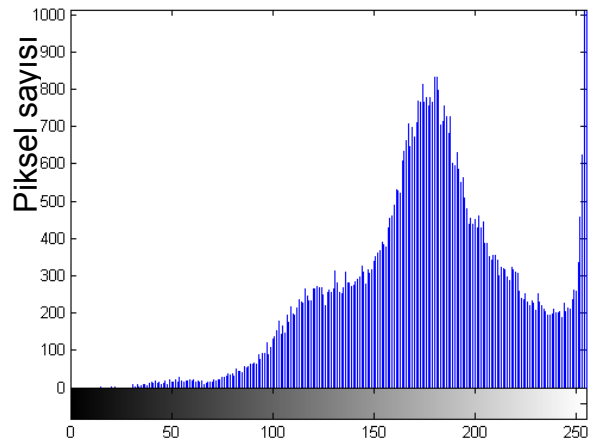


(c)

Resim 5.1. Gece görüş cihazı ile kaydedilen görüntüler ve histogramları

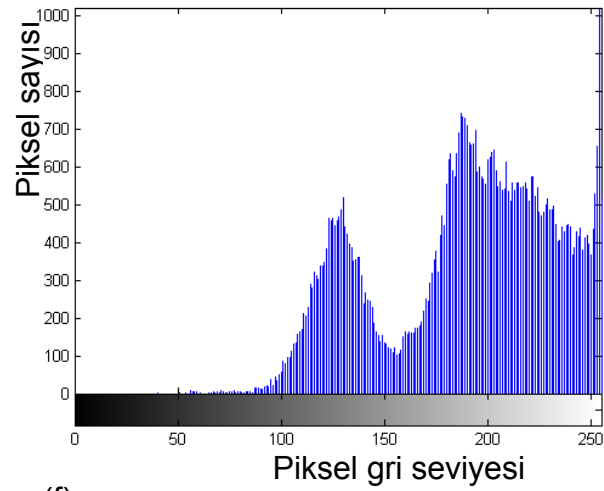


(d)



Piksel gri seviyesi

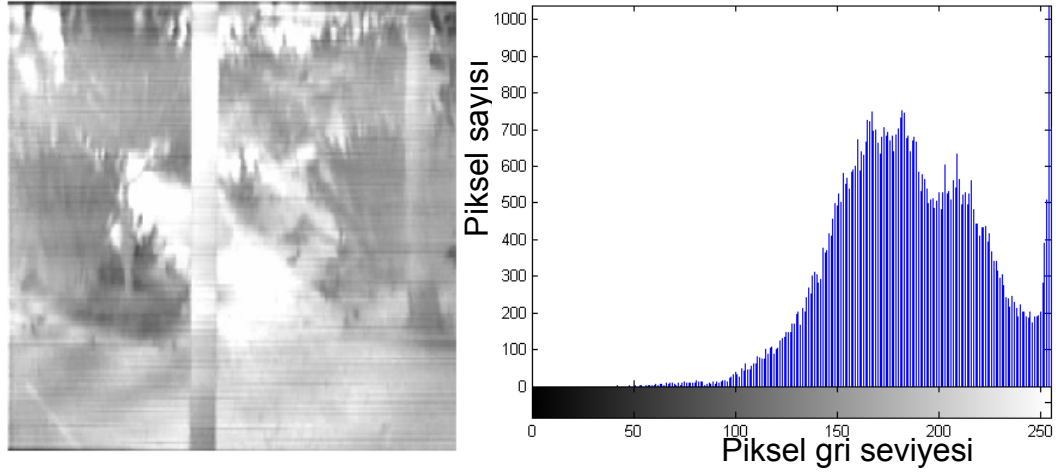
(e)



Piksel gri seviyesi

(f)

Resim 5.1. (Devam) Gece görüş cihazı ile kaydedilen görüntüler ve histogramları



(g)

Resim 5.1. (Devam) Gece görüş cihazı ile kaydedilen görüntüler ve Histogramları

Çizelge 5.1. Gece görüş cihazı ile kaydedilen görüntülerle ilgili bazı istatistiksel veriler

Görüntü no	En düşük gri seviye	En yüksek gri seviye	Ortalama Gri seviye	Gri seviye medyanı	Standart sapma	S/N oranı
1	8	255	183,4196	180	44,3875	14,9087
2	0	255	182,3226	180	40,9646	15,8826
3	0	255	187,7940	182	41,4282	15,7849
4	83	255	192,3030	191	27,0195	16,0770
5	5	255	180,3545	180	44,4290	15,0055
6	29	255	191,6373	197	43,8627	14,2403
7	28	255	187,8518	185	37,5205	15,6352

Gece görüş cihazı ile kaydedilen görüntülerin incelenmesi sonucunda; görüntülerin parlaklık seviyesinin yüksek olduğu, kontrastının iyi olmadığı, gürültülü olduğu tespit edilmiştir. Ek olarak insan görme sistemi için önemli bir özellik olan kenarların yeterince belirgin olmadığı, çok önemli olduğu değerlendirilen ölü dedektörlerden ve mekanik tarama sisteminden kaynaklanan istenmeyen yatay siyah çizgilerin bulunduğu görülmüştür.

5.3. Görüntü iyileştirme tekniklerinin uygulanması

Öncelikle yukarıda belirtilen sorunların giderilmesi için bir görüntü üzerinde görüntü iyileştirme teknikleri uygulanmış, daha sonra bu tekniklerin, aynı kameradan alınan diğer görüntülerde de başarılı olup olmadığı incelenmiştir. Kullanılan görüntü iyileştirme teknikleri ile ilgili matlab program dosyaları EK-1'de sunulmuştur. Uygulanan görüntü iyileştirme teknikleri kontrast artırma, gürültü azaltma ve kenar belirginleştirme şeklinde sınıflandırılarak aşağıda sırasıyla incelenmiştir.

5.3.1. Kontrast artırma

Görüntülerin tamamının parlaklık seviyesinin yüksek olması ve kontrastının iyi olmamasının nedeni incelendiğinde, görüntülerin tamamının histogramlarının 100 gri seviyesinin üzerinde toplandığı görülmüştür (Bkz. Resim 5.1). Kontrastın artırılmasına yönelik histogram genişletme, eşitleme ve kaydırma yöntemleri uygulanmış ve aşağıda sırasıyla verilmiştir.

Histogram genişletme

Histogram genişletme işlemi sadece dinamik aralığı genişletmek için yapılmamakta, aynı zamanda kontrast iyileştirme de sağlamaktadır. Histogram genişletme işlemleri yüzde olarak yapıldığı için 100 gri seviyesinin %40 olduğu hesaplanmıştır ($100 \times 100 / 250$). Görüntülerin tamamında %40'ın altında çok az veri olması nedeniyle, bu veriler atıldığında çok az veri kaybı olmuştur. %40-%100 arası histogram, farklı yüzde oranları arasına genişletilerek en iyi sonucun %0-%100 arasına yapılan genişletme olduğu Resim 5.2'de görülmüştür.



(a)



(b)



(c)

Resim 5.2. Farklı yüzdelilerle histogram genişletme a) % 40-% 100
b) % 20- % 100, c) % 0-% 100

Histogram eşitleme

Histogram eşitleme tekniğinin görüntülerdeki kontrastın artırılmasına etkisini incelemek için histogram eşitleme yapılmış ve sonuçları Resim 5.3'de verilmiştir. Histogram eşitleme sonucunda görüntülerdeki kontrastın arttığı ancak histogram genişletme ile karşılaştırıldığında daha fazla bilginin kaybolduğu görülmüştür.



Resim 5.3. Histogram eşitleme yapılmış görüntü

Histogram kaydırma

Görüntülerdeki parlaklığın azaltılması ve kontrastın artırılması amacıyla histogram kaydırma yöntemi de denenmiştir. Resim 5.4'de, Histogram kaydırmanın parlaklığı azaltmasına rağmen kontrastı artırmadığı görülmüştür.



(a)



(b)

Resim 5.4. Histogram kaydırma yapılmış görüntüler a) % 30-% 90, b) % 0-% 60

Yukarıda uygulanan görüntü iyileştirme teknikleri arasından en uygun kontrast artırma yöntemi olarak histogram genişletme yöntemi seçilmiştir.

5.3.2. Gürültü azaltma

Gece görüş cihazındaki bazı dedektörlerin ölü olmasından dolayı bu dedektörlere denk gelen görüntü pikselleri siyah renkte görünmektedir. Ancak, cihazda mekanik tarama sistemi kullanılması nedeniyle bu siyah noktalar istenmeyen yatay çizgiler şeklinde ortaya çıkmaktadır. İstenmeyen yatay çizgilerin yok edilmesi ve gürültünün azaltılması amacıyla Düzgün dağıtılmış, Üçgen, Gaussian, Wiener, Medyan, Minimum, Maksimum filtre gibi farklı gürültü azaltma teknikleri denenmiş ve aşağıda sırasıyla verilmiştir.

Düzgün dağıtılmış filtre

Düzgün dağıtılmış filtrenin (Bkz. Eş.3.18) 3x3 ve 5x5 kernellerinin uygulanması Resim 5.5'de verilmiştir. Filtrenin, istenmeyen yatay çizgileri azaltırken görüntünün netliğini de azalttığı görülmüştür. Filtre kerneli büyüdükçe netlik daha da azalmaktadır.



(a)

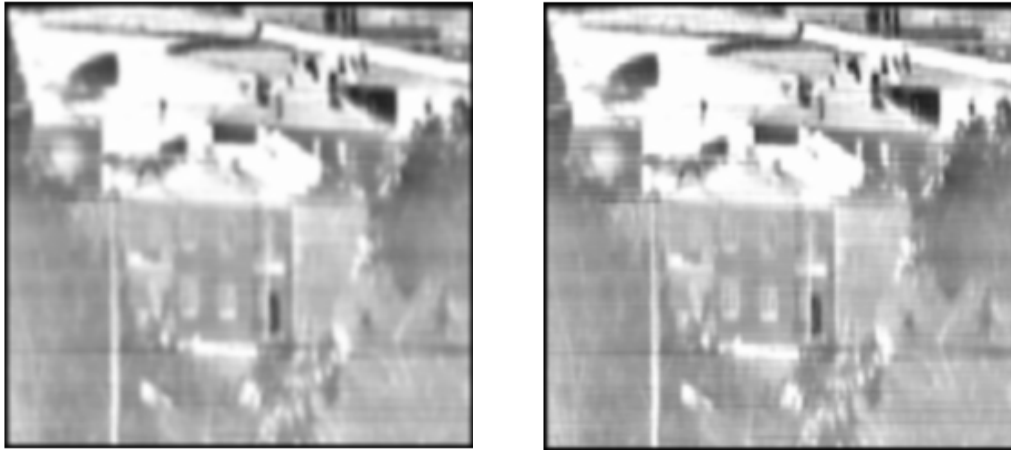


(b)

Resim 5.5. Düzgün dağıtılmış filtrenin a) 3x3 ve b) 5x5 kernellerinin bir görüntüye uygulanmasının sonucu

Üçgen filtre

Üçgen filtrenin (Bkz. Eş.3.20, Eş.3.21), işlenmemiş görüntüye uygulanmasının sonucu Resim 5.6'da verilmiştir. Filtrenin, istenmeyen yatay çizgileri azaltırken görüntünün netliğini de büyük oranda azalttığı görülmektedir.



(a)

(b)

Resim 5.6. Üçgen filtrenin a) kare ve b) çember kernellerinin bir görüntüye uygulanmasının sonucu

Wiener filtre

Wiener filtrenin, işlenmemiş görüntüye uygulanması Resim 5.7-Resim 5.9'da verilmiştir. Wiener filtresinin, istenmeyen çizgilerin yok edilmesinde başarılı olduğu görülmektedir. Farklı kernellere sahip olan wiener filtresinin, yatay çizgileri dikey kernelle, dikey çizgileri yatay kernelle, karışık çizgileri ise karesel kernelle azalttığı Resim 5.7-Resim 5.9'da görülmektedir. Bunun yanı sıra yatay kernelin yatay çizgilere, dikey kernelin de dikey çizgilere etkisi bulunmamaktadır. Karesel kerneller ise istenmeyen yatay çizgileri azaltırken istenen dikey çizgileri de azaltmaktadır. Bu nedenle görüntü işlemede, bu filtrenin 5x1 kerneli tercih edilmiştir. Ancak, filtrenin, istenmeyen çizgileri azaltırken görüntünün netliğini de azalttığı görülmektedir.



(a)



(b)



(c)



(d)

Resim 5.7. Wiener filtrenin a) 2x1, b) 3x1, c) 4x1, d) 5x1 dikey kernellerinin bir görüntüye uygulanması sonucu



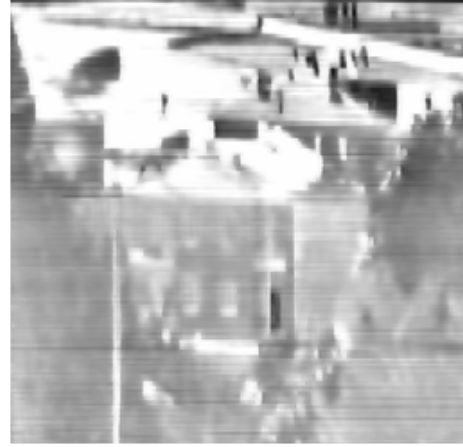
(a)



(b)



(c)



(d)

Resim 5.8. Wiener filtrenin a) 1x2, b) 1x3, c) 1x4, d) 1x5 yatay kernellerinin bir görüntüye uygulanması sonucu



(a)



(b)



(c)



(d)

Resim 5.9. Wiener filtrenin 2x2 (a), 3x3 (b), 4x4 (c), 5x5 (d) karesel kernellerinin bir görüntüye uygulanmasının sonucu

Gaussian filtre

Gaussian filtrenin, işlenmemiş görüntüye uygulanması Resim 5.10'da verilmiştir. Filtrenin, gürültüyü azaltırken görüntünün netliğini de çok az azalttığı, istenmeyen çizgileri gideremediği görülmüştür.



Resim 5.10. Gaussian filtrenin bir görüntüye uygulanması sonucu

Medyan filtre

Medyan filtrenin 3x3, 5x5 ve 7x7 kernellerinin işlenmemiş görüntüye uygulanması Resim 5.11'de gösterilmiştir. Medyan filtresinin literatürde tuz biber gürültüsüne çok etkili olduğu belirtilmektedir. Ancak, aynı başarıyı istenmeyen çizgilerin yok edilmesinde gösterememiştir. Medyan filtrenin 3x3 kernelinin istenmeyen yatay çizgileri yok edemediği, 5x5 kernelinin istenmeyen çizgileri yok etmesine rağmen görüntünün netliğini çok azalttığı, 7x7 kernelinin ise görüntünün netliğini çok fazla azalttığı görülmüştür.



(a)



(b)

Resim 5.11. Medyan filtrenin a) 3x3, b) 5x5, c) 7x7 kernellerinin bir görüntüye uygulanması sonucu

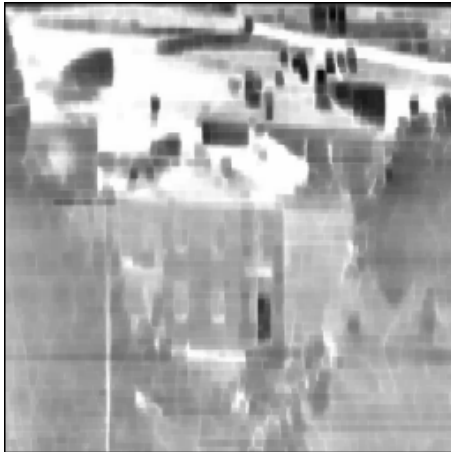


(c)

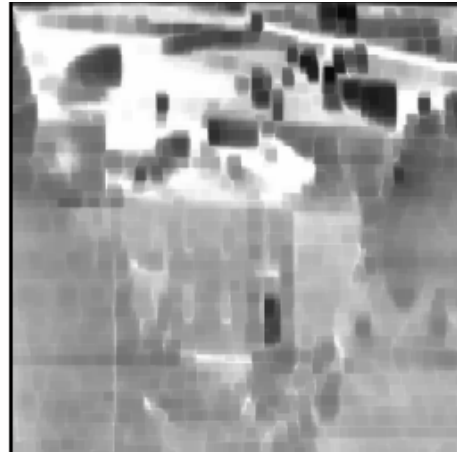
Resim 5.11. (Devam)Medyan filtrenin a) 3x3, b) 5x5, c) 7x7 kernellerinin bir görüntüye uygulanması sonucu

Minimum filtre

Minimum filtrenin 3x3 ve 5x5 kernellerinin işlenmemiş görüntüye uygulanması Resim 5.12'de gösterilmiştir. Minimum filtrenin, yatay çizgilerin kalınlığını artırdığı ve görüntünün bozulmasına yol açtığı görülmüştür.



(a)



(b)

Resim 5.12. Minimum filtrenin a) 3x3, b) 5x5 kernellerinin bir görüntüye uygulanmasının sonucu

Maksimum filtre

Maksimum filtrenin 3x3 ve 5x5 kernellerinin işlenmemiş görüntüye uygulanması Resim 5.13'de gösterilmiştir. Maksimum filtrenin, görüntünün yatay çizgilerini çok az gidermesine rağmen, görüntünün büyük oranda bozulmasına yol açtığı görülmüştür.



(a)



(b)

Resim 5.13. Maksimum filtrenin 3x3 (a), 5x5 (b) kernellerinin bir görüntüye uygulanmasının sonucu

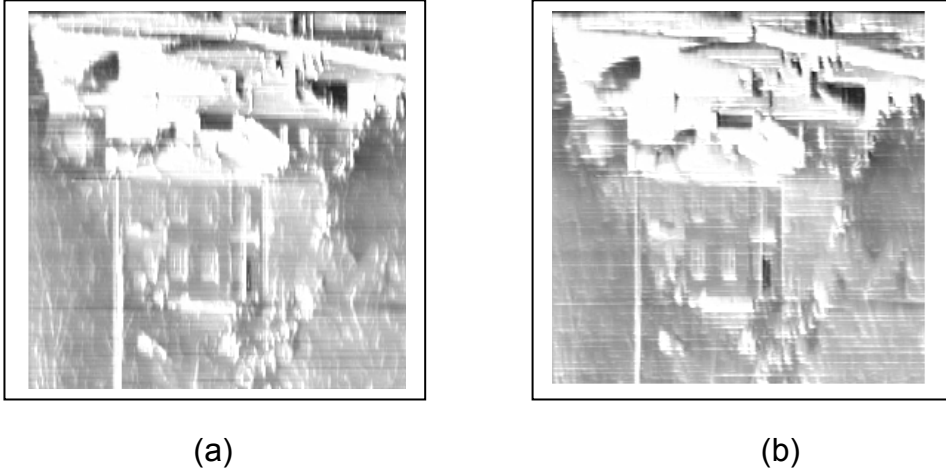
5.3.3. Kenar belirginleştirme

İstenmeyen yatay çizgilerin yok edilmesi, gürültünün azaltılması, kontrastın artırılması amacıyla uygulanan filtre ve tekniklerin görüntüdeki kenarlarda bulunan pusluluğu artırdığı görülmüştür. Bu nedenle kenar belirginleştirme işlemine ihtiyaç duyulmuş ve bununla ilgili Gradient, Prewitt, Sobel, Robert, İzotropik, Frei-Chen, DroG, LoG ve Kirsch filtreleri ile denemeler yapılmış ve elde edilen sonuçlar aşağıda sırasıyla verilmiştir.

Gradient filtre

Gradient filtrelerin (Bkz. Eş.3.29, Eş.3.30) uygulanması Resim 5.14'de

gösterilmiştir. Bu filtrelerden bir tanesi (Bkz. Eş.3.29) dikey kenarları belirginleştirirken, diğeri (Bkz. Eş.3.30) yatay kenarları belirginleştirmektedir. Ancak, her iki filtrenin de istenmeyen beyaz çizgiler ortaya çıkardığı ve daha da belirginleştiği görülmüştür.



Resim 5.14. Gradient filtre ile kenar iyileştirilmiş görüntüler

Prewitt filtre

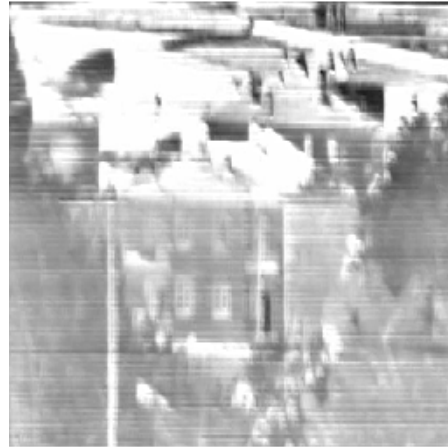
Prewitt filtrelerin (Bkz. Eş.3.31-Eş.3.33) işlenmemiş görüntüye uygulanması Resim 5.15'de gösterilmiştir. Bu filtrelerden bir tanesinin (Bkz. Eş.3.31) dikey kenarları, ikincisinin (Bkz. Eş.3.32) yatay kenarları ve üçüncüsünün (Bkz. Eş.3.33) hem yatay hem de dikey kenarları belirginleştirdiği görülmüştür. Dikey kenarları belirginleştiren filtrenin görüntüde puslanma meydana getirdiği, yatay kenarları belirginleştiren filtrenin istenmeyen çizgileri azaltırken, az da olsa kenar iyileşmesi sağladığı, hem yatay hem de dikey kenarları belirginleştiren filtrenin ise istenmeyen beyaz çizgiler ortaya çıkardığı ve daha da belirginleştirdiği görülmüştür.



(a)



(b)



(c)

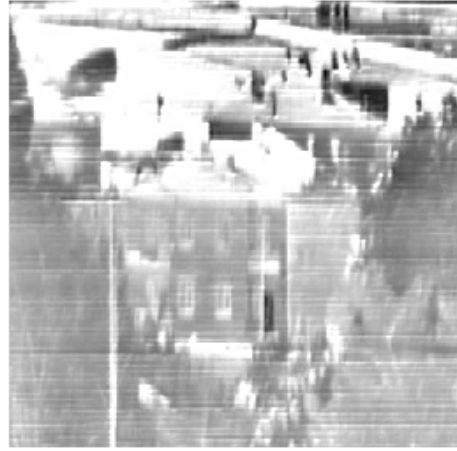
Resim 5.15. Prewitt filtre ile kenar iyileştirilmiş görüntüler

Sobel filtre

Sobel filtrelerin (Bkz. Eş.3.34-Eş.3.36) işlenmemiş görüntüye uygulanması Resim 5.16'da gösterilmiştir. Bu filtrelerden bir tanesinin (Bkz. Eş.3.34) dikey kenarları, ikincisinin (Bkz. Eş.3.35) yatay kenarları ve üçüncüsünün (Bkz. Eş.3.36) hem yatay hem de dikey kenarları belirginleştirdiği görülmüştür. Dikey kenarları belirginleştiren filtrenin dikey beyaz çizgileri kalınlaştırdığı, diğer iki filtrenin ise istenmeyen beyaz çizgileri daha da belirginleştirdiği görülmüştür.



(a)



(b)



(c)

Resim 5.16. Sobel filtre ile kenar iyileştirilmiş görüntüler

Robert filtre

Robert filtrelerin (Bkz. Eş.3.37, Eş.3.38) işlenmemiş görüntüye uygulanması Resim 5.17'de gösterilmiştir. Bu filtrelerin herikisi de hem yatay hem de dikey kenarları belirginleştirebilmektedir. Ancak, heriki filtrenin de istenmeyen çizgilerin artmasına neden olduğu görülmüştür.



(a)



(b)

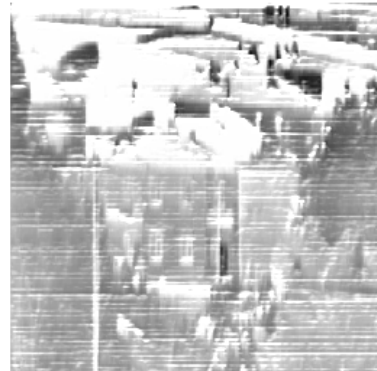
Resim 5.17. Robert filtre ile kenar iyileştirilmiş görüntüler

İzotropik filtre

İzotropik filtrelerin (Bkz. Eş.3.39, Eş.3.40) işlenmemiş görüntüye uygulanması Resim 5.18'de gösterilmiştir. Bu filtrelerden bir tanesinin (Bkz. Eş.3.39) dikey kenarları, ikincisinin (Bkz. Eş.3.40) ise yatay kenarları belirginleştirdiği görülmüştür. Dikey kenarları belirginleştiren filtrenin istenmeyen dikey beyaz çizgileri, yatay kenarları belirginleştiren filtrenin ise istenmeyen yatay beyaz çizgileri belirginleştirdiği görülmüştür.



(a)



(b)

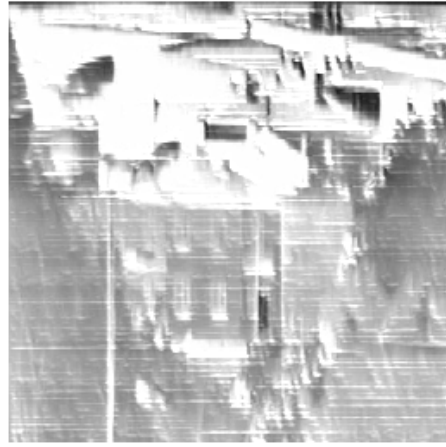
Resim 5.18. İzotropik filtre ile kenar iyileştirilmiş görüntüler

Frei-Chen filtre

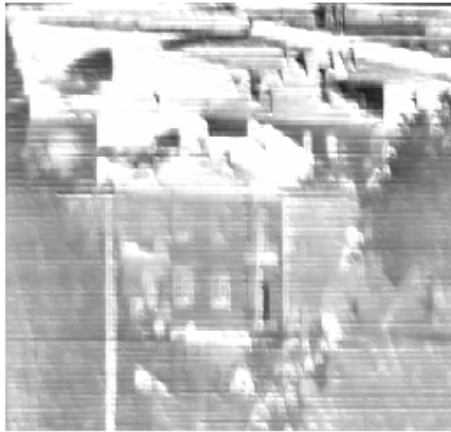
Frei-Chen filtrelerin (Bkz. Eş.3.41-Eş.3.49) işlenmemiş görüntüye uygulanması Resim 5.19'da gösterilmiştir. Resim 5.19 (a), (e), (f), (g)'de gösterilen görüntülerde az da olsa kenar belirginleşmesi olduğu, (b), (c), (d), (h)'de gösterilen görüntülerde istenmeyen çizgilerin artmasına sebep olduğu görülmüştür.



(a)



(b)



(c)



(d)

Resim 5.19. Frei-Chen filtre ile kenar iyileştirilmiş görüntüler



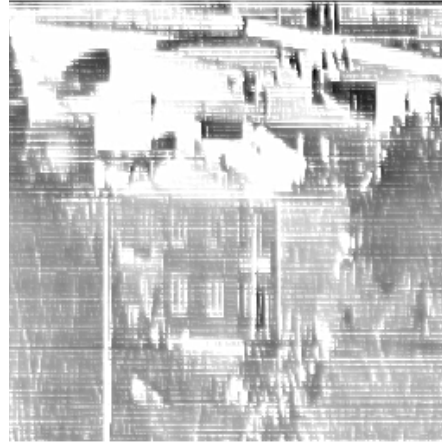
(e)



(f)



(g)



(h)

Resim 5.19. (Devam) Frei-Chen filtre ile kenar iyileştirilmiş görüntüler

DroG filtre

DroG filtrelerin işlenmemiş görüntüye uygulanması Resim 5.20'de gösterilmiştir. Gaussian filtresi uygulanmış görüntüye Gradient filtresinin uygulanması şeklinde gerçekleştirilen DroG filtresinde 1.Gradient filtre (Bkz. Eş.3.29) kullanıldığında elde edilen görüntüde parlak çizgilerin çift hale geldiği ancak, 2. Gradient filtre (Bkz. 3.30) kullanıldığında az da olsa bir kenar iyileşmesi sağladığı görülmüştür.



(a)



(b)

Resim 5.20. DroG filtre ile kenar iyileştirilmiş görüntüler

LoG filtresi

LoG filtrelerin işlenmemiş görüntüye uygulanması Resim 5.21'de gösterilmiştir. Gaussian filtresi uygulanmış görüntüye Laplacian filtrelerinin (Bkz. Eş.3.55, Eş.3.56) uygulanması şeklinde gerçekleştirilen LoG filtresi ile elde edilen görüntüde bozucu bir etki olmaksızın az da olsa iyileşme gerçekleştiği görülmüştür. Böylece Laplacian filtresinin kenar iyileştirmesi ile Gaussian filtresinin gürültü azaltma özellikleri birleştirilmiş olmaktadır.



(a)



(b)

Resim 5.21. LoG filtrenin uygulama sonuçları



(c)

Resim 5.21. (Devam) LoG filtrenin uygulama sonuçları

Kirsch filtreleri

Kirsch filtrelerin (Bkz. Eş.3.58-3.65) işlenmemiş görüntüye uygulanması Resim 5.22'de gösterilmiştir. Kirsch filtrelerinin görüntüler üzerinde çok az bozucu etki yaparken, az da olsa bir iyileşme sağladığı görülmüştür.

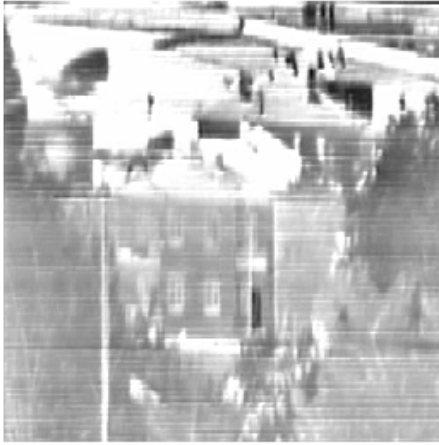


(a)



(b)

Resim 5.22. Kirsch filtre ile kenar iyileştirilmiş görüntüler



(c)



(d)



(e)



(f)



(g)

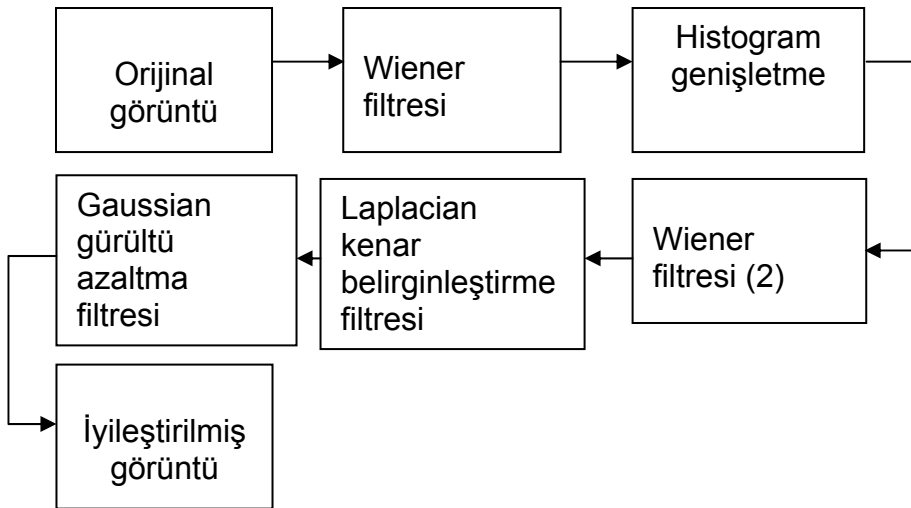


(h)

Resim 5.22. (Devam) Kirsch filtre ile kenar iyileştirilmiş görüntüler

5.4. Termal Görüntü İyileştirmede Kullanılan Tekniklerin Karma Uygulaması

Tek tek uygulanan görüntü iyileştirme tekniklerinin iyileştirme oranlarının farklı olduğu görülmüştür. Burada seçilen yöntemler gürültünün azaltılması, kenarların ve kontrastın iyileştirilmesi ve istenmeyen çizgilerin yokedilmesi gibi amaçları gerçekleştirebilecek birçok görüntü işleme tekniğine sadece birer örnek olarak seçilmiştir. 5x1 Wiener filtresi kullanılarak istenmeyen yatay çizgilerin yok edilmesinde başarı sağlanmıştır. Histogram genişletme yöntemi ile görüntünün kontrastı başarılı bir şekilde artırılmıştır. Ancak, histogram genişletme sonunda istenmeyen yatay çizgilerde de belirginleşme meydana gelmiştir. Bu olumsuzluğu gidermek için ikinci defa 5x1 Wiener filtresi uygulanmıştır. Laplacian filtresi ile kenar belirginliği kısmen artırılmış ve Gaussian filtresi ile de gürültünün kısmen giderilmesi sağlanmıştır. Seçilen tekniklerin karması (Şekil 5.2) önce bir görüntüye uygulanmış (Resim 5.23), daha sonra diğer görüntülere de uygulanarak tekniklerin başarısı ölçülmüştür.



Şekil 5.2. Termal görüntünün iyileştirilmesi sürecinde kullanılan teknikler ve uygulama sıraları



(a)



(b)



(c)



(d)

Resim 5.23. a) Termal kameradan alınan orijinal görüntü, b) ilk Wiener filtresi çıkışı, c) histogram genişletme bloğu çıkışı, d) Wiener filtresi çıkışı, e) Laplacian kenar belirginleştirme filtresi çıkışı, f) Gaussian filtresi çıkışında elde edilen iyileştirilmiş görüntü



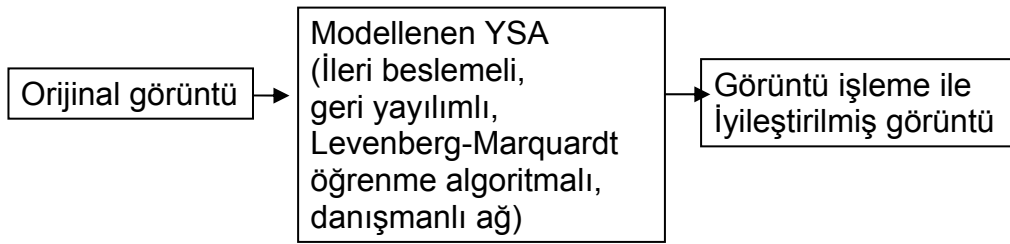
Resim 5.23. (Devam) a) Termal kameradan alınan orijinal görüntü, b) ilk Wiener filtresi çıkışı, c) histogram genişletme bloğu çıkışı, d) Wiener filtresi çıkışı, e) Laplacian kenar belirginleştirme filtresi çıkışı, f) Gaussian filtresi çıkışında elde edilen iyileştirilmiş görüntü

Sadece birinci görüntü için uygulanan bu görüntü işleme tekniklerinin aynı gece görüş cihazından alınmış diğer görüntülerde de aynı derecede etkili olduğu görülmüştür.

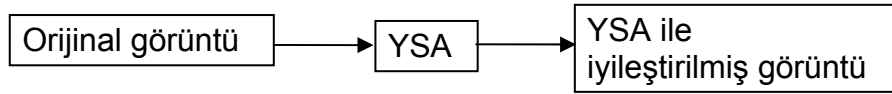
5.5. YSA Kullanarak Termal Görüntünün İyileştirilmesi

YSA'nın termal kameradan alınan görüntüleri iyileştirmedeki başarısını göstermek için de çalışmalar yapılmıştır. Görüntü işlemede kullanılan birden fazla görüntü işleme tekniğinin kombinasyonu yerine tek YSA modeli kullanılması ve böylece YSA'nın paralel işlem gücü ile görüntü iyileştirmesi hedeflenmiştir. Burada elde edilecek başarının, gerçek zamanlı uygulamalarda kullanılamayan bir çok görüntü işleme tekniğinin sonucunun YSA ile elde edilebilirliği konusunda da fikir vermesi amaçlanmıştır. YSA ağ modeli olarak danışmanlı ağ modeli seçilmiştir. Bu yüzden, termal kameradan alınan orijinal görüntü YSA'ya giriş olarak verilmiş ve bu görüntüdeki gözle görülen ve istenmeyen yatay çizgilerin oluşması, gürültü ve kontrast ayarı ile kenar belirginliğinin iyi olmaması gibi olumsuzluklar

klasik görüntü işleme teknikleri kullanılarak mümkün olduğu kadar iyileştirilmiş ve iyileştirilen bu görüntü YSA'ya olması istenilen çıkış (hedef) olarak sunulmuştur. Böylece YSA'nın modellenmesi sağlanmış (Şekil 5.3) ve daha sonra verilen görüntüler modellenen YSA ile iyileştirilmiştir (Şekil 5.4). Şekil 5.3'de YSA ile iyileştirme sürecinde kullanılan teknikler ve uygulama sıraları verilmiştir.



Şekil 5.3. YSA'nın modellenmesi



Şekil 5.4. Modellenmiş YSA ile görüntü iyileştirme

YSA modeli olarak, birçok mühendislik problemlerinin çözümünde başarısını ispatlamış ve literatürde en çok kullanılan YSA tiplerinden biri olan ileri beslemeli geri yayımlı (feed-forward back-propagation) ağ modeli seçilmiştir. Eğitim algoritması olarak ise en kısa sürede en doğru çözümleri üreten Levenberg-Marquardt metodu kullanılmıştır.

YSA'ya giriş olarak görüntünün tamamı verilerek YSA'nın elde ettiği sonuç incelenmiştir. Ancak, YSA'nın giriş çıkış veri sayısını azaltarak başarısını karşılaştırmak amacıyla sırasıyla 128x128, 64x64, 32x32 ve 16x16 piksel parçalara ayrılmış görüntülerden birer tanesi ile YSA modellemesi yapılmış, diğer parçalar modellenmiş YSA ile iyileştirilip birleştirilerek bütün görüntü elde edilmiştir.

YSA modellemesinde, 1 gizli katmanlı ağ yapısı kullanılmıştır. Gizli

katmandaki düğüm sayısı 256x256 piksel görüntü için 2-13 arası, diğerleri için ise 10, 20 ve 30 seçilerek düğüm sayısının performansa etkisi incelenmiştir. YSA'nın tohum olarak kullandığı sayı rastgele verilmemiş, 1-200 arasında verilerek sonuçların karşılaştırılabilir olması sağlanmıştır. İterasyon sayısı 256x256 piksel görüntü için 300, 128x128 piksel görüntü için 1000 ve diğerleri için 10 000 olarak kullanılmıştır. Elde edilen görüntülerin ortalama karesel hata değerleri (MSE) de her bir düğüm sayısına, iterasyon sayısına ve tohum değerine göre Matlab ortamında oluşturulmuş programlar (EK-3) tarafından hesaplanmış ve elde edilen sonuçların özeti Çizelge 5.2'de verilmiştir.

Çizelge 5.2. YSA modelleme sonuçları

Görüntü piksel sayısı	Düğüm noktası sayısı	MSE<1000 olan sonuç sayısı	Minimum MSE değeri
256x256	2	3	543
	3	24	541
	4	29	539
	5	40	539
	6	48	539
	7	76	538
	8	92	536
	9	87	536
	10	88	535
	11	105	535
	12	99	535
	13	129	536
128x128	10	112	393
	20	140	392
	30	176	392
64x64	10	103	594
	20	140	590
	30	176	590
32x32	10	80	734
	20	161	723
	30	192	710
16x16	10	60	1400
	20	96	1328
	30	137	1293

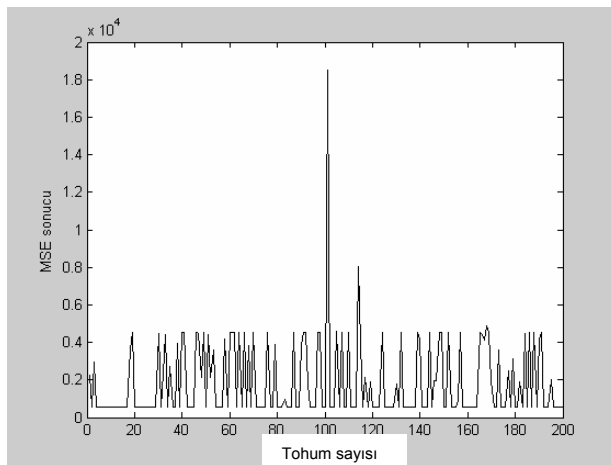
Bu çizelgelerdeki verilere göre, ağın düğüm sayısı, iterasyon sayısı artırıldıkça iyi sonuç alınan tohum sayısı artmakta, minimum MSE değeri ise düşmektedir. Uygulama sırasında düğüm noktasının veya iterasyon sayısının artmasının YSA'nın modellenmesi için gereken süreyi artırdığı görülmüştür.

Eğitim süresi ile ilgili yapılan uygulama sonuçları Çizelge 5.3'de verilmiştir. YSA eğitiminde kullanılan görüntü boyutu küçüldükçe eğitim süresinin de kısaldığı görülmüştür.

Çizelge 5.3. YSA eğitimi süreleri

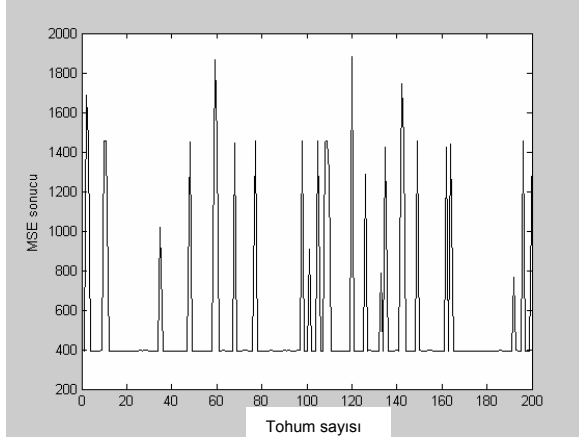
Görüntü piksel sayısı	Düğüm sayısı	Tohum değeri	Epok sayısı	YSA eğitim süresi
256x256	10	69	200	54dak 54sn
128x128	30	62	200	22dak 31sn
64x64	30	2	200	5dak 16sn
32x32	30	85	200	1dak 21sn
16x16	30	33	200	27sn

Sırasıyla 256x256, 128x128, 64x64, 32x32 ve 16x16 piksel değerindeki görüntülere uygulanan YSA sonucunda, tohum sayısına göre MSE değerlerini gösteren örnek grafikler Şekil 5.5'te verilmiştir.

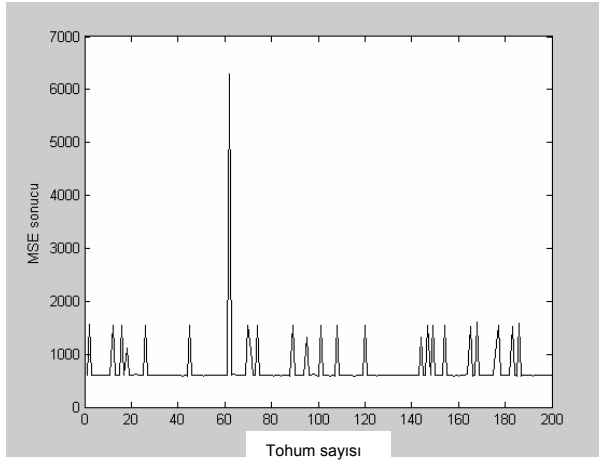


(a)

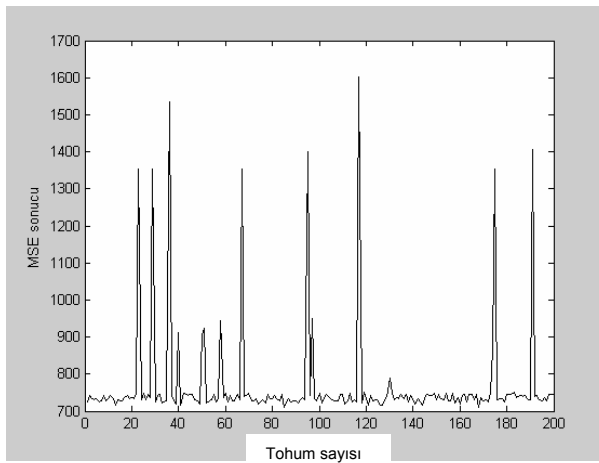
Şekil 5.5. Sırasıyla a) 256x256, b) 128x128, c) 64x64, d) 32x32, e) 16x16 görüntüler için tohum sayısı-YSA MSE sonucu



(b)

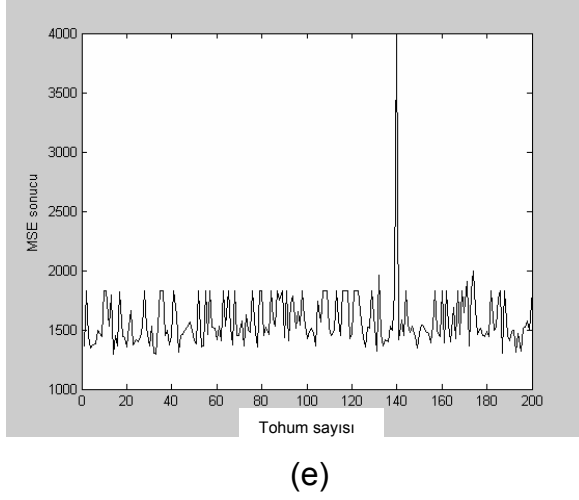


(c)



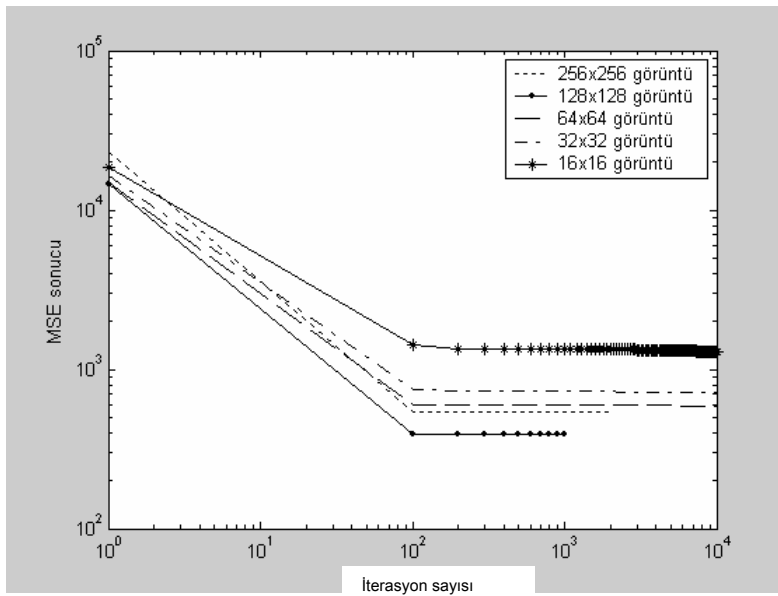
(d)

Şekil 5.5. (Devam) Sırasıyla a) 256x256, b) 128x128, c) 64x64, d) 32x32, e) 16x16 görüntüler için tohum sayısı-YSA MSE sonucu



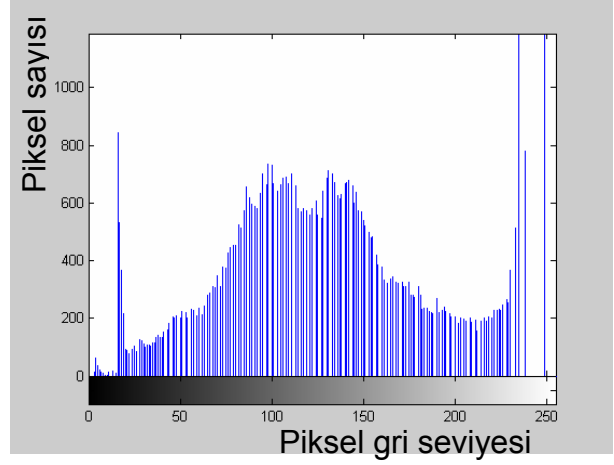
Şekil 5.5. (Devam) Sırasıyla a) 256x256, b) 128x128, c) 64x64, d) 32x32, e)16x16 görüntüler için tohum sayısı-YSA MSE sonucu

256x256, 128x128, 64x64, 32x32 ve 16x16 piksel görüntü kullanarak yapılan çalışmada elde edilen en iyi sonuçlar sırasıyla 69, 62, 2, 85 ve 33 tohum değerlerinde elde edilmiş, 256x256 piksel görüntü için 69 tohum sayısında 2000 iterasyonda yeniden hesaplama yapılarak elde edilen bütün görüntülerin MSE değerlerinin iterasyon sayısına göre değişimi Şekil 5.6'da verilmiştir.

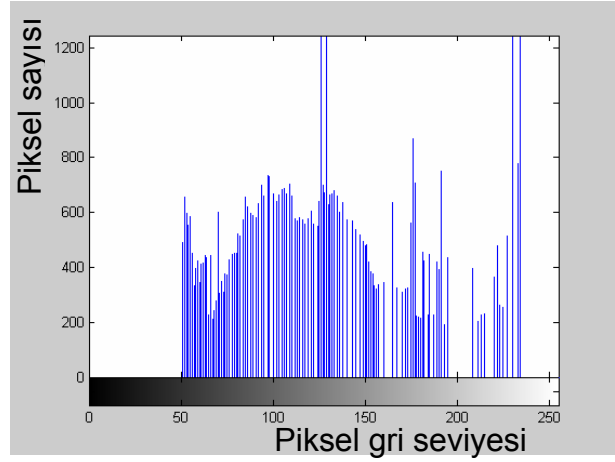


Şekil 5.6. YSA ile elde edilen en iyi iyileştirilmiş görüntünün MSE değerleri

Elde edilen en iyi iyileştirilmiş görüntüler ve histogramları Resim 5.24'de verilmiştir.

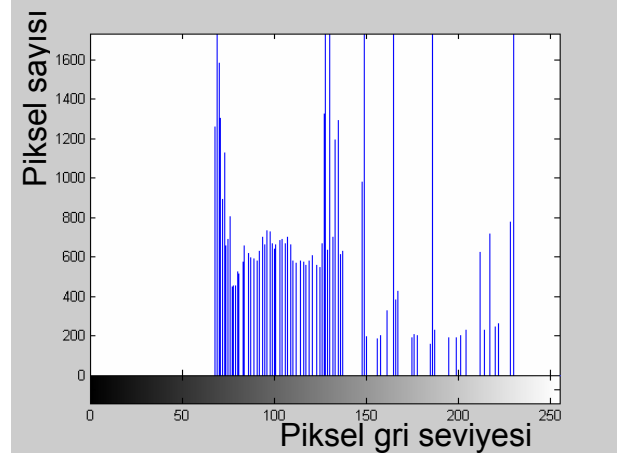


(a)

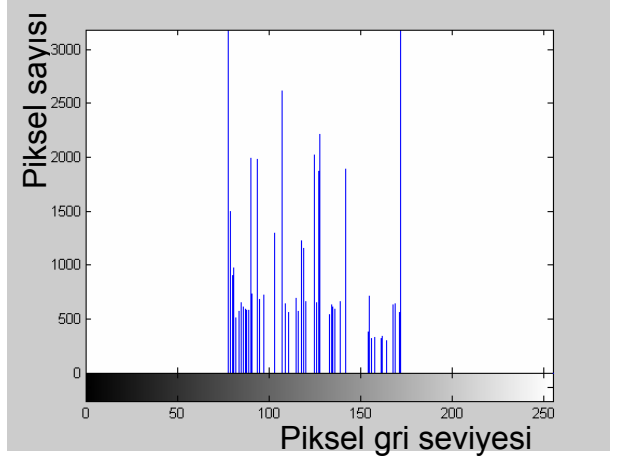
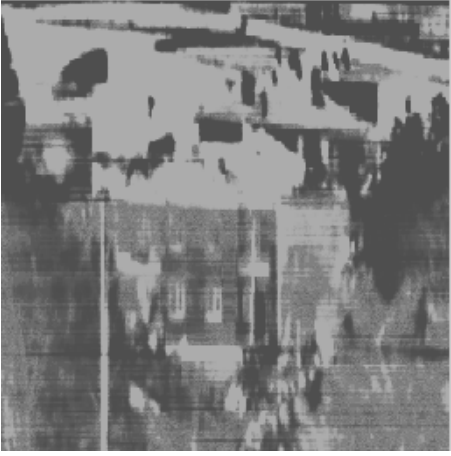


(b)

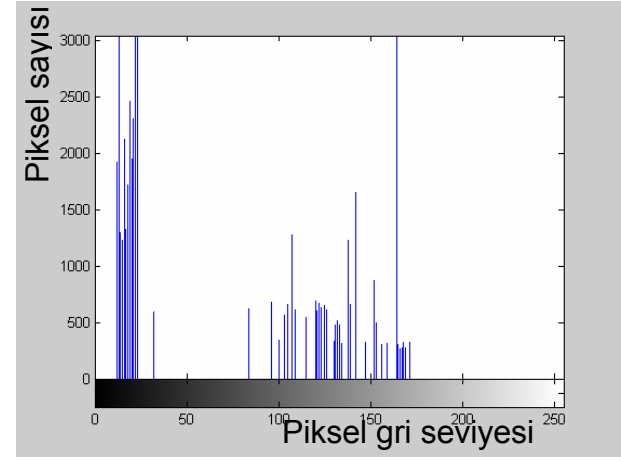
Resim 5.24. a) 256x256, b) 128x128, c) 64x64, d) 32x32, e) 16x16 piksel görüntü kullanarak YSA ile elde edilen en iyi iyileştirilmiş görüntü ve histogramları



(c)



(d)



(e)

Resim 5.24. (Devam) a) 256x256, b) 128x128, c) 64x64, d) 32x32, e) 16x16 piksel görüntü kullanarak YSA ile elde edilen en iyi iyileştirilmiş görüntü ve histogramları

128x128 ve 256x256 piksel görüntünün YSA'nın modellenmesinde kullanılması sonucunda, YSA'nın histogram genişletme ile kontrast ayarı, kenarların belirginleştirilmesi konularında başarılı olduğu, ancak istenmeyen yatay çizgilerin yokedilmesinde aynı başarıyı gösteremediği görülmüştür.

32x32 ve 64x64 piksel görüntünün YSA'nın modellenmesinde kullanılması sonucunda, YSA'nın histogram genişletme ile kontrast ayarı, kenarların belirginleştirilmesi konularında başarılı olduğu, istenmeyen yatay çizgilerin yokedilmesinde kısmen başarılı olduğu, ancak, bilgi kaybının da gözle görülebilir derecede olduğu görülmüştür.

16x16 piksel görüntünün YSA'nın modellenmesinde kullanılması sonucunda, istenmeyen yatay çizgilerin yokedilmesinde kısmen başarılı olduğu görülmüştür. Ancak, 16x16 piksel görüntünün yapay sinir ağına yeterli sayıda giriş sağlamaması nedeniyle ağın yeterince eğitilemediği, bunun sonucu olarak 32x32, 64x64, 128x128, 256x256 görüntülere göre daha az başarılı olduğu, görüntülerin koyuluğunun artmasına rağmen kontrastının azaldığı ve görüntüdeki bilgi kaybının fazla olduğu görülmüştür. Bununla birlikte, 16x16 piksel görüntü için elde edilen YSA sonucunda, görüntüdeki nesnelerin genel karakteristiğinin kaybolmadığı görülmüş, otomatik takip sistemleri gibi çok hızlı işlem gerektiren yerlerde uygulanabileceği değerlendirilmiştir.

Uygulama sırasında karşılaşılan ve çok önemli olduğu değerlendirilen bir nokta şudur ki; görüntü parçalara ayrılarak YSA eğitildiğinde daha az sayıda giriş ve çıkış olması nedeniyle ağın öğrenme hızı çok artmaktadır. Yani, 256x256 görüntü için yaklaşık ortalama 60 dakika süren ağın eğitimi, aynı iterasyon ve düğüm noktası sayısında 16x16 görüntü için birkaç on saniye sürmektedir. Bunun dışında, diğer bir önemli nokta da, parçalara ayrılarak yapılan YSA öğrenme işleminin sonucunda elde edilen ve aynı görüntünün diğer parçaları da dikkate alındığında büyük görüntünün bütünlüğünün bozulmayışı ve parçalar arasında bir süreksizliğin olmayışıdır. Klasik görüntü

işleme teknikleri kullanılarak parçalı görüntülere iyileştirme uygulandığında bir çok yöntemde görüntü bütünlüğü bozulmaktadır.

Literatürde, K.Arakawa ve H.Harasima sadece Gaussian gürültüsü ile bozulmuş görüntülerin temizlenmesi için nöral filtreleri önermiştir [27].

M.; Tsujii, S.; Hinamoto ise Gaussian ve impuls gürültüsünü yok edebilmek için 2-D IIR lineer filtre ile nöral ağı hibrit olarak kullanmıştır [28].

Xue, K.; Breznik, C.W. gri seviyeli bir görüntüde kenarların bulunması için (hopfield) nöral ağı kullanmıştır [29].

Uchiyama, Y.; Haseyama, M.; Kitajima, H tarafından kenar bulma için Hopfield nöral ağı kullanılmıştır [30]. Bu makalede birkaç kenar bulma için birkaç nöral ağı bulunduğu ancak bunların hiçbirisinin hopfield nöral ağı kadar başarılı olamadığı, özellikle bulanıklık yapan filtrelerin uygulanmasından sonra klasik nöral ağların kenarları bulamadığı belirtilmektedir.

T.Fechner tarafından gürültülü bir işaret ile wiener uygulanmış bir işaret MLP bir nöral ağı eğretilmiş, sonra da nöral ağı tarafından gürültülü test işaretlerinin temizlenmesi başarılı olarak gerçekleştirilmiştir [31].

Terry, P.J. ve Vu, D. tarafından BP kullanılarak nöral ağı ile iki seviyeli (binary) bir görüntünün kenar bulma işlemi gerçekleştirilmiştir. Uygulanan teknik sadece iki seviyeli bir görüntüye uygulanmıştır [32].

Curtis, K.M.; Ramalho, M.A.S.N. tarafından farklı kenar bulma algoritmalarının (Robert, Sobel, Prewitt, Marr, Canny, Deriche gibi) ikişerli kombinasyonu MLP geriyayılımlı nöral ağı başarı ile uygulanmıştır [33].

Horiba, I.; Sugie, N.; Suzuki, K. tarafından danışmanlı bir ağı kullanılarak kenar bulma işlemi gerçekleştirilmiştir. Sistemin girişine Gaussian gürültüsü

eklenerek elde edilmiş gürültülü bir görüntü, çıkışına ise Sobel filtresi uygulanarak elde edilmiş kenarlar verilerek ve geri besleme algoritması kullanılarak ağıın modellenmesi gerçekleştirilmiştir. Sisteme orijinal görüntüler test görüntüsü olarak verilmiş, sistemin çıkışında kenarlar başarı ile bulunmuştur [34].

Almeida, L.B.; Pinho, A.J. tarafından ileri beslemeli MLP nöral ağı danışmanlı algoritma olan BP algoritması ile eğitilmiştir. Eğitimde kenarlarla ilgili sentetik görüntüler kullanılmış ve nöral ağıın lineer filtrelerden daha iyi kenar bulabildiği görülmüştür [35].

Literatürde yapılan YSA çalışmalarında bir veya iki sorunu gidermeye yönelik YSA çalışmaları yapıldığı, bütün sorunları çözecek bir YSA modelinin henüz yapılamadığı görülmektedir. Bu durum tez çalışmasında da ortaya konulmuştur.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sunulan tez çalışmasında kızılötesi banddaki görüntüleri alıp görünür banda çeviren gece görüş cihazının kaydettiği görüntüler ve bu görüntülerin histogramları ile bazı istatistiksel verileri incelenerek görüntülerin sorunları belirlenmeye çalışılmıştır. İnceleme sonucunda; görüntülerin parlaklık seviyesinin yüksek olduğu, kontrastının iyi olmadığı, gürültülü olduğu, kenarların yeterince belirgin olmadığı, ölü dedektörlerden ve mekanik tarama sisteminden kaynaklanan istenmeyen yatay siyah çizgilerin bulunduğu tespit edilmiştir. Benzer dedektör yapılarını ve tarama yöntemini kullanan bütün kameralar incelendiğinde aynı sorunlarla karşılaşıldığı görülmüştür.

Görüntülerin parlaklık seviyesinin yüksek olmasının ve kontrastının iyi olmamasının nedeni incelendiğinde, görüntülerin tamamının histogramlarının 100 gri seviyesinin üzerinde toplandığı görülmüştür. Bu olumsuzluğu gidermek için histogram genişletmenin en başarılı teknik olduğu görülmüştür.

İstenmeyen yatay siyah çizgilerin giderilmesi için uygulanan filtrelerden Wiener filtresinin en başarılı olduğu görülmüş ve iki defa Wiener filtresi uygulanarak istenmeyen yatay siyah çizgiler giderilmiştir.

Gürültünün azaltılması için görüntüde kenarları en az etkileyen Gaussian filtresi seçilmiştir.

Kenarların belirginleştirilmesi için başarılı olan filtrelerden bir tanesi olan Laplacian filtresi tercih edilmiştir.

Bir görüntüye uygulanan bu tekniklerin aynı kameradan alınan diğer görüntülerde de başarılı olduğu görülmüştür.

Görüntü işleme teknikleri ile görüntünün iyileştirilmesine ek olarak Yapay Sinir Ağlarının da bu konudaki başarısı incelenmiştir. Görüntü işlemede

kullanılan birden fazla görüntü işleme tekniğinin kombinasyonu yerine tek YSA modeli kullanılması ve böylece YSA'nın paralel işlem gücü ile görüntü iyileştirmesi hedeflenmiştir. Burada elde edilecek başarının, gerçek zamanlı uygulamalarda kullanılamayan bir çok görüntü işleme tekniğinin sonucunun YSA ile elde edilebilirliği konusunda da fikir vermesi amaçlanmıştır.

YSA ağ yapısı olarak danışmanlı ağ yapısı seçilmiştir. Bu yüzden, termal kameradan alınan orijinal görüntü YSA'ya giriş olarak verilmiş ve klasik görüntü işleme teknikleri kullanılarak iyileştirilmiş bir görüntü YSA'ya olması istenilen çıkış (hedef) olarak sunulmuştur. YSA modeli olarak, birçok mühendislik problemlerinin çözümünde başarısını ispatlamış ve literatürde en çok kullanılan YSA tiplerinden biri olan ileri beslemeli geri yayımlı (feed-forward back-propagation) ağ modeli seçilmiştir. Eğitim algoritması olarak, en kısa sürede en doğru çözümleri üreten Levenberg-Marquardt metodu kullanılmıştır. Ağ katmanı olarak, 1 gizli katman kullanılmış, gizli katmandaki düğüm sayısı değiştirilerek performansa etkisi incelenmiştir. YSA'nın tohum olarak kullandığı sayı rastgele seçilmemiş, 1-200 arasında verilerek sonuçların karşılaştırılabilir olması sağlanmıştır. Elde edilen görüntülerin ortalama karesel hata değerleri de her bir düğüm sayısına, iterasyon sayısına ve tohum değerine göre program tarafından hesaplanmıştır. Böylece YSA'nın modellenmesi sağlanmış ve daha sonra verilen görüntüler modellenen YSA ile iyileştirilmiştir.

YSA'ya giriş olarak görüntünün tamamı verilerek YSA'nın elde ettiği sonuç incelenmiştir. Bunun yanısıra, YSA'nın giriş, çıkış veri sayısını azaltarak başarısını karşılaştırabilmek amacıyla sırasıyla 128x128, 64x64, 32x32 ve 16x16 piksel parçalara ayrılmış görüntülerden birer tanesi ile YSA modellenmesi yapılmış, diğer parçalar modellenmiş YSA ile iyileştirilip birleştirilerek bütün görüntü elde edilmiştir. İterasyon sayısı olarak, 256x256 piksel görüntü için önce 300 iterasyonda, daha sonra en iyi sonuç için 2000 iterasyonda, 128x128 piksel görüntü için 1000 iterasyonda, 64x64, 32x32, 16x16 piksel görüntüler için 10000 iterasyonda deneme yapılmıştır.

YSA ile yapılan iyileştirmede iterasyon, düğüm noktası ve YSA eğitiminde kullanılan görüntü piksel sayısının YSA eğitimi için gereken süreyle doğru orantılı olduğu, ayrıca, iterasyon ve düğüm noktası sayısı arttıkça MSE değerinin daha çok düştüğü ve MSE değeri düşük olan tohum sayısının arttığı görülmüştür.

256x256 ve 128x128 piksel görüntülerin YSA'nın modellenmesinde kullanılması sonucunda, en iyi sonuç sırasıyla 69 ve 62 iterasyon sayısında elde edilmiş, YSA'nın histogram genişletme ile kontrast ayarı, kenarların belirginleştirilmesi konularında başarılı olduğu, ancak istenmeyen yatay çizgilerin yok edilmesinde aynı başarıyı gösteremediği görülmüştür.

64x64 ve 32x32 piksel görüntünün YSA'nın modellenmesinde kullanılması sonucunda, en iyi sonuç sırasıyla 2 ve 85 iterasyon sayısında elde edilmiş, YSA'nın histogram genişletme ile kontrast ayarı, kenarların belirginleştirilmesi konularında başarılı olduğu, istenmeyen yatay çizgilerin yok edilmesinde kısmen başarılı olduğu bununla birlikte, bilgi kaybının gözle görülebilir derecede olduğu görülmüştür.

16x16 piksel görüntünün YSA'nın modellenmesinde kullanılması sonucunda ise, en iyi sonuç 33 iterasyon sayısında elde edilmiş, istenmeyen yatay çizgilerin yok edilmesinde kısmen başarılı olduğu, görüntülerin koyuluğunun arttığı ancak kontrastının azaldığı, bilgi kaybının ise fazla olduğu görülmüştür.

Görüntünün parçalanarak iyileştirme yapılması, 16x16 piksel görüntünün kullanılarak ağıın eğitilmesinde yapay sinir ağıının yeterli sayıda giriş sağlamaması nedeniyle yeterince eğitilemediği, bunun sonucu olarak 32x32, 64x64, 128x128, 256x256 görüntülere göre daha az başarılı olduğu ve görüntüdeki kaybın daha fazla olduğu, ancak, görüntüdeki nesnelerin genel özelliklerini kaybetmediği görülmüştür.

Uygulama sırasında karşılaşılan ve çok önemli olduğu değerlendirilen bir nokta şudur ki; görüntü parçalara ayrılarak YSA eğitildiğinde daha az sayıda giriş ve çıkış olması nedeniyle ağın öğrenme hızı çok artmaktadır. Diğer bir nokta ise, danışmanlı ağın özelliği olarak, yapay sinir ağına gösterilen ideal görüntüden daha iyi bir görüntü elde edilememiştir. Bu da bu tür ağların doğası gereğidir.

Sonuç olarak; YSA ile elde edilen sonuçlar, nöral modellerin çok yönlülüğünü, güçlülüğünü ve hesaplama verimliliğini göstermektedir. Ağ yapıları bir defa eğitildikten sonra kullanıcı, farklı bir termal görüntüyü giriş olarak kullanarak birden fazla görüntü işleme tekniğini kullanmaksızın bir kaç saniyede iyileştirilmiş görüntüyü alabilmektedir.

Ayrıca, tez çalışmasında tek bir termal kameradan alınan görüntüdeki olumsuzlukları gidermek üzerinde durulmuş ve bu amaç doğrultusunda özel bir uygulama yapılmıştır. Ancak, farklı sistemler ile elde edilen görüntüler için de başarılı sonuçların elde edileceği, kullanılan YSA'nın yapısından ve tez çalışmasında verilen sonuçlardan açıktır.

Tez çalışması sırasında fark edilen ancak literatürde karşılaşılmayan bir nokta da, YSA eğitiminin görüntünün bir parçası ile yapılıp, diğerlerinin bu eğitilmiş YSA ile iyileştirilmesine rağmen, parçalar birleştirildiğinde görüntünün bütünlüğünün bozulmadığı, parçalar arasında bir süreksizliğin olmadığıdır. Bu sayede özellikle uzaktan algılama, uydu görüntüleri gibi hafızada çok büyük yer kaplayan görüntülere yapılacak işlemlerde çok büyük kolaylık sağlayacaktır.

İleriye yönelik olarak, bu tez çalışmasında kullanılan tekniklerin gerçek zamanlı görüntü işlemede de kullanılması, parçalı görüntülere uygulanan işlemlerin gerçek zamanlı görüntü işlemede sağlayacağı kolaylıkların belirlenmesi, adaptif yapay sinir ağları kullanılarak istenmeyen yatay çizgilerin yok edilmesi konularında çalışma yapılması önerilir.

KAYNAKLAR

1. Turan, F., "Introduction to IR technology", **Optik Sempozyumu 2003**, Ankara, 3, 5, 16 (2003).
2. İnternet: Infrared (IR) Spectroscopy. <http://www.pharmacy.ualberta.ca/pharm325/>, 16 (2001).
3. Waynant, W., Ediger, N., "Electro-Optics Handbook", **McGraw-Hill**, New York, 2.1, 18.8, 18.10, 18.12 (2000).
4. Turan, F., "Termal Görüntüleme Teknolojisi", **AFCEA Türkiye konferansı**, Ankara, 6, 8-10, 19, 20 (2000).
5. KOÇER, H., "Kızılötesi Dedektör Teknolojileri", **KKK.İlğı basımevi**, Ankara, 5 (2006).
6. Gül, N., "İnsan gözü, ICCD, CCD kamera ve gece görüş cihazlarının kıyaslanması ve MTF iyileştirmesi", **Optik Sempozyumu 2003**, Ankara, 3, 5-7, 14, 17 (2003).
7. Young, I., Gerbrands, J., Lucas J., "Fundamentals of Image Processing", **Delft University of Technology**, Hollanda, 5, 6, 17, 18, 29, 32-43, 45, 54, 55, 59, 63, 66, 87, 90 (1998).
8. Steven, W. S., "The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing Second Edition", **California Technical Publishing**, California, 24, 373 (1999).
9. İnternet: An Introduction to Digital Image Processing. <http://www.cognex.com> (2000).
10. İnternet: Bozzola, Russell Digital Imaging and Image Analysis. <http://www.uga.edu/caur/maflect.htm> 20, 21, 27, 29, 30, 39, 44 (2002).
11. İnternet: Digital Image Processing and Analysis. <http://www.ph.tn.tudelft.nl/~lucas> 25, 26, 29, 32, 35 (2002).
12. İnternet: Parallel low-level image processing on a distributed-memory system. <http://ipdps.cc.gatech.edu/2000/pdvim/18000227.pdf> (2006)
13. Pratt, W., "Digital Image Processing", **John Wiley and Sons Inc**, New York, 249-250, 271, 456, 462, 472 (2001).
14. Yaman, K., Sarucan, A., Atak, M., Aktürk, N., "Dinamik çizelgeleme için görüntü işleme ve arama modelleri yardımıyla veri hazırlama", **Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi**, 16(1): 19-40 (2001).

15. Costa, M., "Application of Image Processing to the Characterisation of Nanostructures", **International Conference Nanomaterials and Nanotechnologies**, 6(2004):12-20 (2003).
16. Ritter, G., Wilson, J., "Handbook of Computer Vision Algorithms in Image Algebra", **CRC Press**, Florida, 93 (1996).
17. Jahne, B., "Digital Image Processing", **Springer-Verlag Berlin Heidelberg**, Almany, 333 (2002).
18. İnternet: A DSP Aplication. <http://www.mee.tcd.ie/~sigmedia>, 2, 4, 5, 6 (2003).
19. Klinger, T., "Image Processing with LabVIEW™ and IMAQ™ Vision", **Prentice Hall**, New Jersey, 17 (2003).
20. İnternet: Image Processing and Edge Detection. <http://www.doc.ic.ac.uk/~gzy>, 3, 4 (2002).
21. İnternet: Image Processing Techniques for Machine Vision. http://www.eng.fiu.edu/mmerobotics/elib/am_st_fiu_ppr_2000.pdf, (2006).
22. İnternet:Image Processing Lecture. http://humanresources.web.cern.ch/humanresources/external/training/tech/special/DISP2003/DISP-2003_L23A_14May03.pdf, 22, 23 (2003).
23. Sağıroğlu, Ş., Beşdok, E., Erler, M., "Mühendislikte Yapay Zeka Uygulamaları-1", **Ufuk Kitap Kirtasiye**, Kayseri, 234, 235 (2003).
24. İnternet: Image Processing Tutorial. <http://pharyngula.org/~pzmyers/MyersLab/imaging/ip/index.html>, 27 (2005).
25. İnternet: Frequency Domain Methods. [http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/CVonline/LOCAL_COPIES/OWENS/LECT5/node4.html# SECTION00042000000000000000](http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/CVonline/LOCAL_COPIES/OWENS/LECT5/node4.html#SECTION00042000000000000000) (1997).
26. Elmas, Ç., "Yapay Sinir Ağları", **Seçkin Yayıncılık**, Ankara, 95-97, 100, 101, 124, 125, 149, 151, (2003).
27. Arakawa, K. ve Harasima, H., "Design of Layered- Neural Nonlinear Filters Using Back Propagation Algorithm", **Trans IEICE**, J74-A (3): 421-429 (1991).
28. Muneyasu, M., Tsujii, S., Hinamoto, T., "A 2-D IIR neural hybrid filter for image processing", **Speech and Signal Processing**, ICASSP-94., 5: V/57 - V/60 (1994).

29. Xue, K., Breznik, C. W., "A neural-net computing algorithm for detecting edges in a gray scale image", **C.W. Decision and Control**, 4:2368 - 2373 (1990).
30. Uchiyama, Y., Haseyama, M., Kitajima, H., "Hopfield neural networks for edge detection", **Circuits and Systems**, 2: 608 -611 (2001).
31. Fechner, T., "Nonlinear noise filtering with neural networks: comparison with Wiener optimal filtering", **IEE conference on Artificial Neural Networks**, 143 -147 (1993).
32. Terry, P. J., Vu, D., "Edge detection using neural networks", **Signals, Systems and Computers**, 1:391 -395 (1993).
33. Curtis, K.M., Ramalho, M.A.S.N., "Edge detection using neural network arbitration", **Image Processing and its Applications**, 410: 514 -518 (1995).
34. Horiba, I., Sugie, N., Suzuki, K., "Edge detection from noisy images using a neural edge detector", **Neural Networks for Signal Processing X**, 2: 487 -496 (2000).
35. Almeida, L.B., Pinho, A.J., "Some results on edge enhancement with neural networks", **Image Processing**, ICIP-94.,3: 893 -897 (1994).

EKLER

EK-1 Görüntü iyileştirme yazılımları

Kontrast artırma

Histogram genişletme

```

a=imread('D:\resim1.jpg');
b=imresize(a,[256 256]);
e0=imadjust(b,[0.4 1],[0.4 1]);
e1=imadjust(b,[0.4 1],[0.35 1]);
e2=imadjust(b,[0.4 1],[0.3 1]);
e3=imadjust(b,[0.4 1],[0.25 1]);
e4=imadjust(b,[0.4 1],[0.20 1]);
e5=imadjust(b,[0.4 1],[0.15 1]);
e6=imadjust(b,[0.4 1],[0.1 1]);
e7=imadjust(b,[0.4 1],[0.05 1]);
e8=imadjust(b,[0.4 1],[0 1]);
figure;imshow(e0);title('0.4-1');figure;imshow(e1);title('0.35-1');
figure;imshow(e2);title('0.3-1');figure;imshow(e3);title('0.25-1');
figure;imshow(e4);title('0.2-1');figure;imshow(e5);title('0.15-1');
figure;imshow(e6);title('0.1-1');figure;imshow(e7);title('0.05-1');
figure;imshow(e8);title('0-1');
a=imread('D:\resim1.jpg');
b=imresize(a,[256 256]);
figure;imshow(imadjust(b,[0.4 1],[0 1]));

```

Histogram eşitleme

```

a=imread('D:\resim1.jpg');
b=imresize(a,[256 256]);
imshow(histeq(b)); title('hist-esitlenmis');

```

EK-1 (Devam) Görüntü iyileştirme yazılımları

Histogram kaydırma

```

a=imread('D:\resim1.jpg');
b=imresize(a,[256 256]);
e0=imadjust(b,[0.4 1],[0.4 1]);
e1=imadjust(b,[0.4 1],[0.35 0.95]);
e2=imadjust(b,[0.4 1],[0.3 0.9]);
e3=imadjust(b,[0.4 1],[0.25 0.85]);
e4=imadjust(b,[0.4 1],[0.20 0.8]);
e5=imadjust(b,[0.4 1],[0.15 0.75]);
e6=imadjust(b,[0.4 1],[0.1 0.7]);
e7=imadjust(b,[0.4 1],[0.05 0.65]);
e8=imadjust(b,[0.4 1],[0 0.6]);
figure;imshow(e0);title('0.4-1');
figure;imshow(e1);title('0.35-0.95');
figure;imshow(e2);title('0.3-0.9');
figure;imshow(e3);title('0.25-0.85');
figure;imshow(e4);title('0.2-0.8');
figure;imshow(e5);title('0.15-0.75');
figure;imshow(e6);title('0.1-0.7');
figure;imshow(e7);title('0.05-0.65');
figure;imshow(e8);title('0-0.6');

```

Gürültü azaltma

Düzgün dağıtılmış filtre

```

a=imread('D:\resim1.jpg');
b=imresize(a,[256 256]);
h33=fspecial('average',[3 3]);

```

EK-1 (Devam) Görüntü iyileştirme yazılımları

```
h55=fspecial('average',[5 5]);
j33=imfilter(b,h33);
j55=imfilter(b,h55);
figure; imshow(j33);title('3-3 ortalama')
figure; imshow(j55);title('5-5 ortalama');
```

Üçgen filtre

```
a=imread('D:\resim1.jpg');
b=imresize(a,[256 256]);
h1=[1 2 3 2 1;2 4 6 4 2;3 6 9 6 3;2 4 6 4 2;1 2 3 2 1]/81;
h2=[0 0 1 0 0;0 2 2 2 0;1 2 5 2 1;0 2 2 2 0; 0 0 1 0 0]/25;
c1=uint8(conv2(b,h1));
c2=uint8(conv2(b,h2));
imshow(c1);title('triangular-kare');
figure;imshow(c2);title('triangular-cember');
```

Gauss filtre

```
a=imread('D:\resim1.jpg');
b=imresize(a,[256 256]);
h1=[0 1 0;1 2 1;0 1 0]/6;
c=uint8(conv2(b,h1));
imshow(c);title('gaussian');
```

Wiener filtre

```
a=imread('D:\resim1.jpg');
b=imresize(a,[256 256]);
c21=wiener2(b,[2 1]);
```

EK-1 (Devam) Görüntü iyileştirme yazılımları

```

c31=wiener2(b,[3 1]);
c41=wiener2(b,[4 1]);
c51=wiener2(b,[5 1]);
c12=wiener2(b,[1 2]);
c13=wiener2(b,[1 3]);
c14=wiener2(b,[1 4]);
c15=wiener2(b,[1 5]);
c22=wiener2(b,[2 2]);
c33=wiener2(b,[3 3]);
c44=wiener2(b,[4 4]);
c55=wiener2(b,[5 5]);
figure;imshow(c21);title('wiener 2-1');
figure;imshow(c31);title('wiener 3-1');
figure;imshow(c41);title('wiener 4-1');
figure;imshow(c51);title('wiener 5-1');
figure;imshow(c12);title('wiener 1-2');
figure;imshow(c13);title('wiener 1-3');
figure;imshow(c14);title('wiener 1-4');
figure;imshow(c15);title('wiener 1-5');
figure;imshow(c22);title('wiener 2-2');
figure;imshow(c33);title('wiener 3-3');
figure;imshow(c44);title('wiener 4-4');
figure;imshow(c55);title('wiener 5-5');

```

Medyan filtre

```

a=imread('D:\resim1.jpg');
b=imresize(a,[256 256]);
g33=medfilt2(b,[3 3]);
g55=medfilt2(b,[5 5]);

```

EK-1 (Devam) Görüntü iyileştirme yazılımları

```
g77=medfilt2(b,[7 7]);
figure;imshow(g33);title('Medyan 3-3');
figure;imshow(g55);title('Medyan 5-5');
figure;imshow(g77);title('Medyan 7-7');
```

Minimum filtre

```
a=imread('D:\resim1.jpg');
b=imresize(a,[256 256]);
g33=ordfilt2(b,1,ones(3,3));
g55=ordfilt2(b,1,ones(5,5));
figure;imshow(g33);title('Minimum 3-3');
figure;imshow(g55);title('Minimum 5-5');
```

Maksimum filtre

```
a=imread('D:\resim1.jpg');
b=imresize(a,[256 256]);
g33=ordfilt2(b,9,ones(3,3));
g55=ordfilt2(b,9,ones(5,5));
figure;imshow(g33);title('Maksimum 3-3');
figure;imshow(g55);title('Maksimum 5-5');
```

Kenar belirginleştirme

Gradient filtre

```
a=imread('D:\resim1.jpg');
b=imresize(a,[256 256]);
h1=[-1 0 1;-1 0 1;-1 0 1]/3;
```

EK-1 (Devam) Görüntü iyileştirme yazılımları

```

h2=[-1 -1 -1;0 0 0;1 1 1]/3;
d1=uint8(conv2(b,h1));
d2=uint8(conv2(b,h2));
imshow(b);title('orijinal');
figure;imshow(d1);title('gradient1');
figure;imshow(d2);title('gradient2');
e1=uint8(double(b)+double(d1(1:256,1:256)));
e2=uint8(double(b)+double(d2(1:256,1:256)));
figure;imshow(e1);title('gradient1-edge enhanced');
figure;imshow(e2);title('gradient2-edge enhanced');

```

Prewitt filtre

```

a=imread('D:\resim1.jpg');
b=imresize(a,[256 256]);
h1=[-1 0 1;-1 0 1;-1 0 1]/3;
h2=[-1 -1 -1;0 0 0;1 1 1]/3;
h3=[0 1 1;-1 0 1;-1 -1 0]/3;
d1=uint8(conv2(b,h1));
d2=uint8(conv2(b,h2));
d3=uint8(conv2(b,h3));
figure;imshow(d1);title('prewitt1');
figure;imshow(d2);title('prewitt2');
figure;imshow(d3);title('prewitt3');
e1=uint8(double(b)+double(d1(1:256,1:256)));
e2=uint8(double(b)+double(d2(1:256,1:256)));
e3=uint8(double(b)+double(d3(1:256,1:256)));
figure;imshow(e1);title('prewitt1-edge enhanced');
figure;imshow(e2);title('prewitt2-edge enhanced');
figure;imshow(e3);title('prewitt3-edge enhanced');

```

EK-1 (Devam) Görüntü iyileştirme yazılımları

Sobel filtre

```

a=imread('D:\resim1.jpg');
b=imresize(a,[256 256]);figure;imshow(b);title('b');
h1=[-1 0 1;-2 0 2;-1 0 1]/4;
h2=[1 2 1;0 0 0;-1 -2 -1]/4;
h3=[0 1 2;-1 0 1;-2 -1 0]/4;
d1=uint8(conv2(b,h1));
d2=uint8(conv2(b,h2));
d3=uint8(conv2(b,h3));
figure;imshow(d1);title('Sobel1');
figure;imshow(d2);title('Sobel2');
figure;imshow(d3);title('Sobel3');
e1=uint8(double(b)+double(d1(1:256,1:256)));
e2=uint8(double(b)+double(d2(1:256,1:256)));
e3=uint8(double(b)+double(d3(1:256,1:256)));
figure;imshow(e1);title('Sobel1-edge enhanced');
figure;imshow(e2);title('Sobel2-edge enhanced');
figure;imshow(e3);title('Sobel3-edge enhanced');

```

Robert filtre

```

a=imread('D:\resim1.jpg');
b=imresize(a,[256 256]);figure;imshow(b);title('b');
h1=[0 1;-1 0];
h2=[1 0; 0 -1];
d1=uint8(conv2(b,h1));
d2=uint8(conv2(b,h2));
figure;imshow(d1);title('Robert1');
figure;imshow(d2);title('Robert2');

```

EK-1 (Devam) Görüntü iyileştirme yazılımları

```
e1=uint8(double(b)+double(d1(1:256,1:256)));
e2=uint8(double(b)+double(d2(1:256,1:256)));
figure;imshow(e1);title('Robert1-edge enhanced');
figure;imshow(e2);title('Robert2-edge enhanced');
```

İzotropik filtre

```
a=imread('D:\resim1.jpg');
b=imresize(a,[256 256]);figure;imshow(b);title('b');
h1=[-1 0 1;-sqrt(2) 0 sqrt(2);-1 0 1];
h2=[1 sqrt(2) 1;0 0 0;-1 -sqrt(2) -1];
d1=uint8(conv2(b,h1));
d2=uint8(conv2(b,h2));
figure;imshow(d1);title('Izotropik1');
figure;imshow(d2);title('Izotropik2');
e1=uint8(double(b)+double(d1(1:256,1:256)));
e2=uint8(double(b)+double(d2(1:256,1:256)));
figure;imshow(e1);title('Izotropik1-edge enhanced');
figure;imshow(e2);title('Izotropik2-edge enhanced');
```

Frei-Chen filtre

```
a=imread('D:\resim1.jpg');
b=imresize(a,[256 256]);figure;imshow(b);title('b');
h1=[sqrt(2) -1 0;-1 0 1;0 1 -sqrt(2)]/(sqrt(2));
h2=[-1 -sqrt(2) -1 ; 0 0 0 ; 1 sqrt(2) 1 ]/(sqrt(2));
h3=[0 1 0;-1 0 1; 0 -1 0];
h4=[-1 0 1; -sqrt(2) 0 sqrt(2); -1 0 1]/(sqrt(2));
h5=[-1 0 1;0 0 0;1 0 -1];
h6=[0 -1 sqrt(2);1 0 -1 ; -sqrt(2) 1 0]/(sqrt(2));
```

EK-1 (Devam) Görüntü iyileştirme yazılımları

```

h7=[1 -2 1;-2 4 -2; 1 -2 1]/2;
h8=[-2 1 -2;1 4 1; -2 1 -2]/2;
d1=uint8(conv2(b,h1));
d2=uint8(conv2(b,h2));
d3=uint8(conv2(b,h3));
d4=uint8(conv2(b,h4));
d5=uint8(conv2(b,h5));
d6=uint8(conv2(b,h6));
d7=uint8(conv2(b,h7));
d8=uint8(conv2(b,h8));
figure;imshow(d1);title('Frei-Chen1');
figure;imshow(d2);title('Frei-Chen2');
figure;imshow(d3);title('Frei-Chen3');
figure;imshow(d4);title('Frei-Chen4');
figure;imshow(d5);title('Frei-Chen5');
figure;imshow(d6);title('Frei-Chen6');
figure;imshow(d7);title('Frei-Chen7');
figure;imshow(d8);title('Frei-Chen8');
e1=uint8(double(b)+double(d1(1:256,1:256)));
e2=uint8(double(b)+double(d2(1:256,1:256)));
e3=uint8(double(b)+double(d3(1:256,1:256)));
e4=uint8(double(b)+double(d4(1:256,1:256)));
e5=uint8(double(b)+double(d5(1:256,1:256)));
e6=uint8(double(b)+double(d6(1:256,1:256)));
e7=uint8(double(b)+double(d7(1:256,1:256)));
e8=uint8(double(b)+double(d8(1:256,1:256)));
figure;imshow(e1);title('Frei-Chen1-edge enhanced');
figure;imshow(e2);title('Frei-Chen2-edge enhanced');
figure;imshow(e3);title('Frei-Chen3-edge enhanced');
figure;imshow(e4);title('Frei-Chen4-edge enhanced');

```

EK-1 (Devam) Görüntü iyileştirme yazılımları

```
figure;imshow(e5);title('Frei-Chen5-edge enhanced');
figure;imshow(e6);title('Frei-Chen6-edge enhanced');
figure;imshow(e7);title('Frei-Chen7-edge enhanced');
figure;imshow(e8);title('Frei-Chen8-edge enhanced');
```

DroG filtre

```
a=imread('D:\resim1.jpg');
b=imresize(a,[256 256]);figure;imshow(b);title('b');
h1=[0 1 0;1 2 1;0 1 0]/6;
c1=uint8(conv2(b,h1));
h5=[-1 0 1;-1 0 1;-1 0 1]/3;
h6=[-1 -1 -1;0 0 0;1 1 1]/3;
d1=uint8(conv2(c1,h5));
d2=uint8(conv2(c1,h6));
figure;imshow(d1);title('gradient1(gaussian1)');
figure;imshow(d2);title('gradient2(gaussian1)');
e1=uint8(double(b)+double(d1(1:256,1:256)));
e2=uint8(double(b)+double(d2(1:256,1:256)));
figure;imshow(e1);title('gradient1-edge enhanced(gaussian1)');
figure;imshow(e2);title('gradient2-edge enhanced(gaussian1)');
```

LoG filtresi

```
a=imread('D:\resim1.jpg');
b=imresize(a,[256 256]);figure;imshow(b);title('b');
h1=[0 1 0;1 2 1;0 1 0]/6;
c1=uint8(conv2(b,h1));
h4=[0 -1 0;-1 4 -1;0 -1 0]/4;
h5=[-1 -1 -1;-1 8 -1;-1 -1 -1]/8;
```

EK-1 (Devam) Görüntü iyileştirme yazılımları

```

h6=[1 -2 1;-2 4 -2;1 -2 1]/8;
d1=uint8(conv2(c1,h4));
d2=uint8(conv2(c1,h5));
d3=uint8(conv2(c1,h6));
figure;imshow(d1);title('Laplas1(Gauss1)');
figure;imshow(d2);title('Laplas2(Gauss1)');
figure;imshow(d3);title('Laplas3(Gauss1)');
figure;imshow(uint8(double(d1(1:256,1:256))+double(b)));
title('Laplas1-edge enhanced(Gauss1)');
figure;imshow(uint8(double(d2(1:256,1:256))+double(b)));
title('Laplas2-edge enhanced(Gauss1)');
figure;imshow(uint8(double(d3(1:256,1:256))+double(b)));
title('Laplas3-edge enhanced(Gauss1)');

```

Kirsch filtreleri

```

a=imread('D:\resim1.jpg');
b=imresize(a,[256 256]);figure;imshow(b);title('b');
h1=[+5 -3 -3; +5 0 -3;+5 -3 -3]/15;
h2=[ +5 +5 -3; +5 0 -3; -3 -3 -3]/15;
h3=[+5 +5 +5; -3 0 -3;-3 -3 -3]/15;
h4=[-3 -3 5;-3 0 5;-3 -3 5]/15;
h5=[-3 5 5;-3 0 5;-3 -3 -3]/15;
h6=[-3 -3 -3;5 0 -3;5 5 -3]/15;
h7=[-3 -3 -3;-3 0 -3;5 5 5]/15;
h8=[-3 -3 -3;-3 0 5;-3 5 5]/15;
d1=uint8(conv2(b,h1));
d2=uint8(conv2(b,h2));
d3=uint8(conv2(b,h3));
d4=uint8(conv2(b,h4));

```

EK-1 (Devam) Görüntü iyileştirme yazılımları

```

d5=uint8(conv2(b,h5));
d6=uint8(conv2(b,h6));
d7=uint8(conv2(b,h7));
d8=uint8(conv2(b,h8));
figure;imshow(d1);title('Kirsch1');
figure;imshow(d2);title('Kirsch2');
figure;imshow(d3);title('Kirsch3');
figure;imshow(d4);title('Kirsch4');
figure;imshow(d5);title('Kirsch5');
figure;imshow(d6);title('Kirsch6');
figure;imshow(d7);title('Kirsch7');
figure;imshow(d8);title('Kirsch8');
figure;imshow(uint8(double(d1(1:256,1:256))+double(b))));
title('Kirsch1-edge enhanced');
figure;imshow(uint8(double(d2(1:256,1:256))+double(b))));
title('Kirsch2-edge enhanced');
figure;imshow(uint8(double(d3(1:256,1:256))+double(b))));
title('Kirsch3-edge enhanced');
figure;imshow(uint8(double(d4(1:256,1:256))+double(b))));
title('Kirsch4-edge enhanced');
figure;imshow(uint8(double(d5(1:256,1:256))+double(b))));
title('Kirsch5-edge enhanced');
figure;imshow(uint8(double(d6(1:256,1:256))+double(b))));
title('Kirsch6-edge enhanced');
figure;imshow(uint8(double(d7(1:256,1:256))+double(b))));
title('Kirsch7-edge enhanced');
figure;imshow(uint8(double(d8(1:256,1:256))+double(b))));
title('Kirsch8-edge enhanced');

```

EK-2 İstatistiksel analiz yazılımı

```
[yukseklighesap,enhesap]=size(son);  
hesapboyut=yukseklighesap*enhesap;  
hesap1=reshape(son,1,hesapboyut);  
  
ortalama=mean(hesap1)  
medyan=median(double(hesap1))  
en_az=min(hesap1)  
en_cok=max(hesap1)  
standart_sapma=std(double(hesap1))  
snr=20*log10((double(en_cok)-double(en_az))/double(standart_sapma))
```

EK-3 YSA ile görüntü iyileştirme yazılımı

```

k=16; % Görüntü kaç piksel x piksel formatında ysa'a öğretilecekse o rakam
% yazılır.
son=zeros(256); % YSA ile iyileştirme sonunda elde edilecek görüntü matrisi
a=imread('D:\resim1.jpg');
b=imresize(a,[256 256]);
son2=b;
b=b(256-k+1:256,1:k);
%Görüntü işleme-----
% wiener-----
c51=wiener2(b,[5 1]);
%histogram genişletme-----
e8=imadjust(c51,[0.4 1],[0 1]);
% wiener-----
c51=wiener2(e8,[5 1]);
%Laplas ile kenar belirginleştirme-----
h3=[1 -2 1;-2 4 -2;1 -2 1];
d3=uint8(conv2(c51,h3));
d4=uint8(double(d3(1:k,1:k))+double(c51));
%Gaussian-----
h1=[1 2 1;2 4 2;1 2 1]/16;
c=uint8(conv2(d4,h1));
%-----
g=c(1:k,1:k);
warning off;
%-----
%Yapay Sinir ağı
for sayi=1:200,
sayi
g=double(g);% g görüntü işleme ile iyileştirilmiş sonuç
b=double(b);% b iyileştirilecek görüntü

```

EK-3 (Devam) YSA ile görüntünün iyileştirilme yazılımı

```
[yukseklık,en]=size(b);
boyut=yukseklık*en;
giris1=reshape(b,1,boyut);
sonuc1=reshape(g,boyut,1);
rand('seed',sayı);
fnc1='tansig'; fnc2='logsig'; fnc3='purelin';
net=newff([0 255], [1,30,1],{fnc1,fnc2,fnc3},'trainlm');
%net parametreleri
net.trainParam.show =100;
net.trainParam.lr = 0.60;
net.trainParam.lr_inc = 1.02;
net.trainParam.epochs =10000;
net.trainParam.goal = 0.1;
net=train(net,giris1,sonuc1');
giris1=reshape(giris1,yukseklık,en);giris1=uint8(giris1);
sonuc1=reshape(sonuc1,yukseklık,en);
sonuc1=uint8(sonuc1);
giris2=imread('D:\resim1.jpg');
giris2=imresize(giris2,[256 256]);
parca=zeros(k);
sonuc=zeros(k);
for m=1:256/k
n=1+k*(m-1);
for p=1:256/k
r=1+k*(p-1);
parca=giris2(n:n+k-1,r:r+k-1);
parca=reshape(parca,1,boyut);
parca=double(parca);
sonuc=sim(net,parca);
sonuc=reshape(sonuc,yukseklık,en);
```

EK-3 (Devam) YSA ile görüntünün iyileştirilme yazılımı

```
sonuc=uint8(sonuc);  
son(n:n+k-1,r:r+k-1)=sonuc;  
end  
end  
end
```

EK-4 İnternet kaynaklarının ilk sayfaları

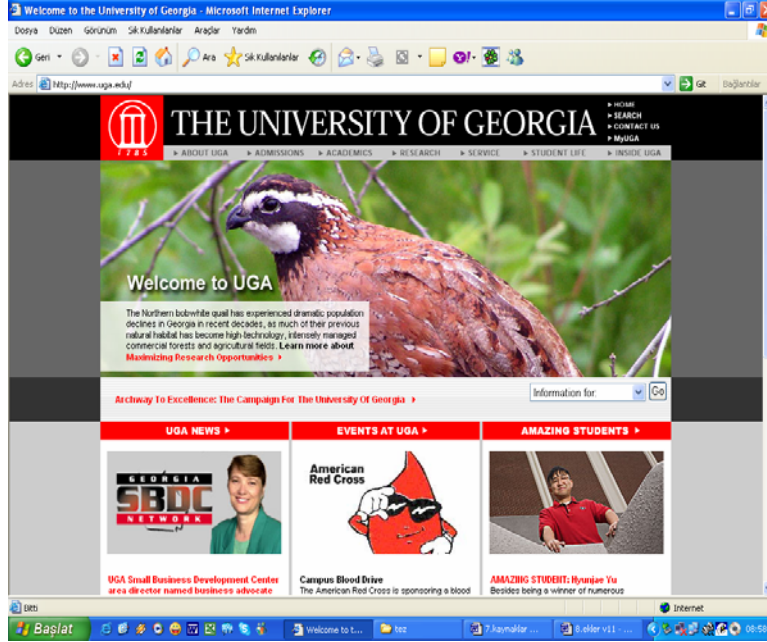


Şekil 4.1. 2 nolu kaynağın internet ana sayfası

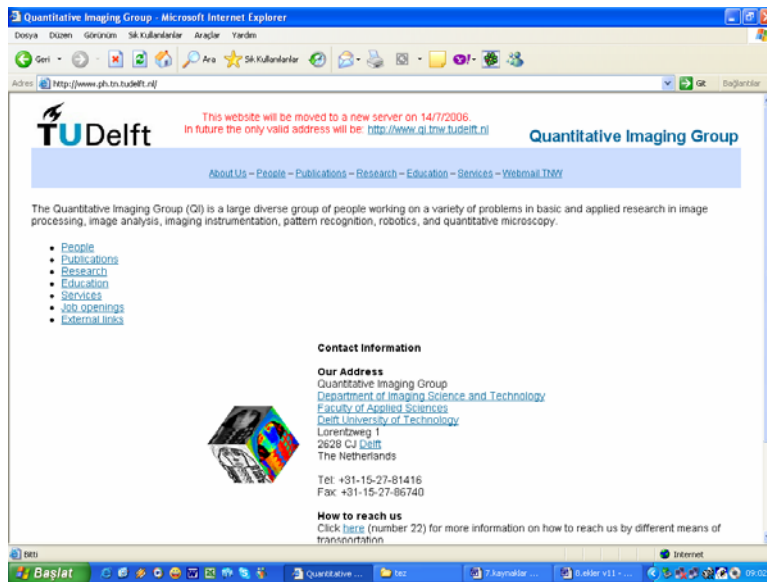


Şekil 4.2. 9 nolu kaynağın internet ana sayfası

EK-4 (Devam) İnternet kaynaklarının ilk sayfaları

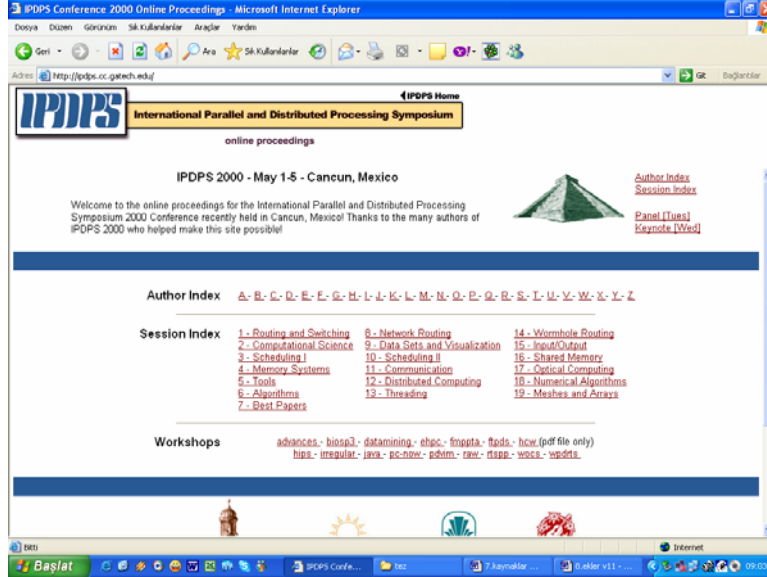


Şekil 4.3. 10 nolu kaynağın internet ana sayfası

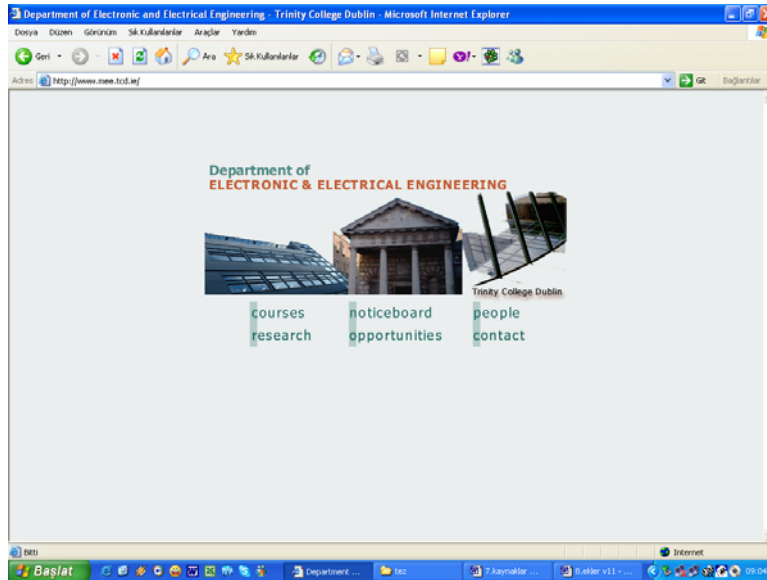


Şekil 4.4. 11 nolu kaynağın internet ana sayfası

EK-4 (Devam) İnternet kaynaklarının ilk sayfaları

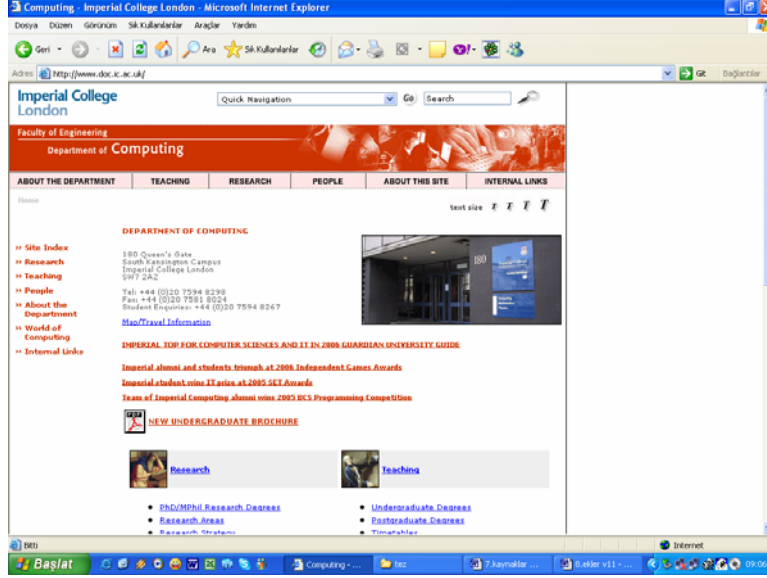


Şekil 4.5. 12 nolu kaynağın internet ana sayfası



Şekil 4.6. 18 nolu kaynağın internet ana sayfası

EK-4 (Devam) İnternet kaynaklarının ilk sayfaları



Şekil 4.7. 20 nolu kaynağın internet ana sayfası

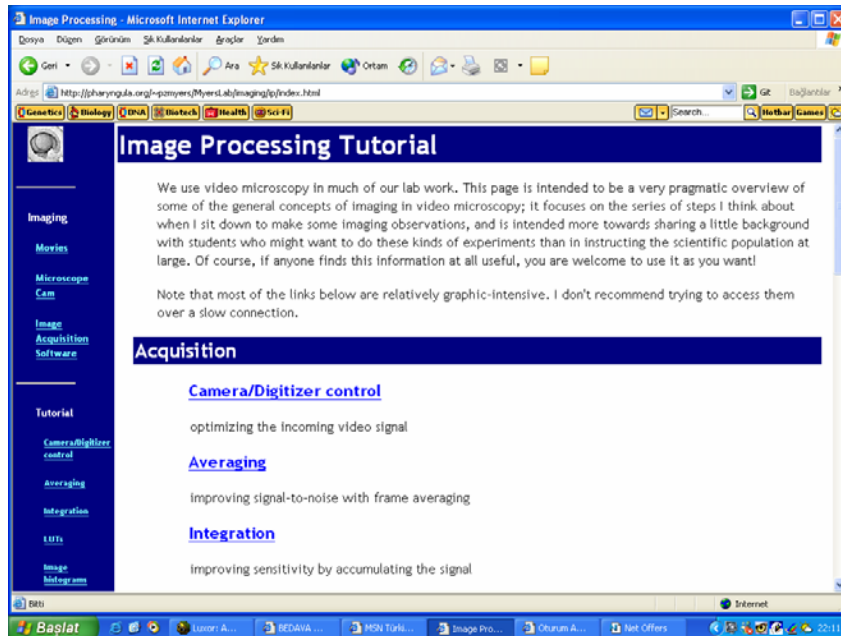


Şekil 4.8. 21 nolu kaynağın internet ana sayfası

EK-4 (Devam) İnternet kaynaklarının ilk sayfaları

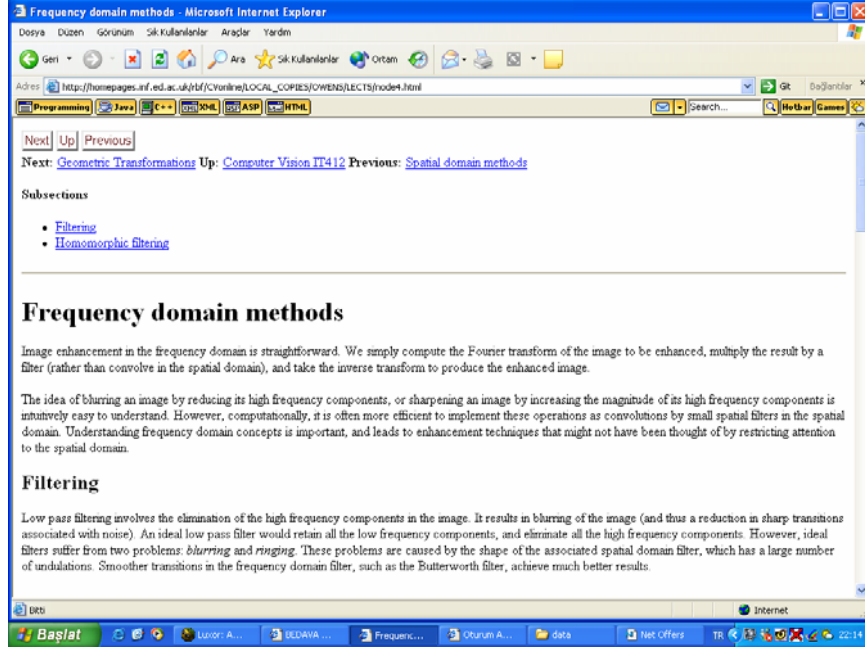


Şekil 4.9. 22 nolu kaynağın internet ana sayfası



Şekil 4.10. 24 nolu kaynağın internet ana sayfası

EK-4 (Devam) İnternet kaynaklarının ilk sayfaları



Şekil 4.11. 25 nolu kaynağın internet ana sayfası

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : BAHÇEBAŞI, Aşir
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 15.05.1971 Kayseri
 Medeni hali : Evli
 Telefon : 0 (312) 315 90 63
 Faks : -
 e-mail : abahcebasi@kkk.tsk.mil.tr

Eğitim

Derece

Lisans

Eğitim Birimi

Boğaziçi Üniversitesi/
 Elektrik-Elektronik Mühendisliği
 Bölümü

Mezuniyet tarihi

1994

Lise

Mimarsinan Öğretmen Lisesi

1988

İş Deneyimi

Yıl

1994-2003

Yer

KKK.İlğı

Görev

Sayısal Elektronik,
 Mikroişlemciler,
 Haberleşme Sist.
 Uydu Sistemleri
 Öğretmenliği

2003-2006

KKK.İlğı

Mühendis

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

1. BAHÇEBAŞI,A., "Uydu Haberleşme Tekniğı", KKK.İlğı basımevi, Ankara, 2002
2. BAHÇEBAŞI,A., "Taşınabilir Uydu Yer Terminali", KKK.İlğı basımevi, Ankara, 2002

Hobiler

Bilgisayar teknolojileri, internet, satranç