

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HESAPLAMALI ZEKÂ TABANLI HİBRİT
METOTLAR İLE GÖRÜNTÜ EŞLEME

Mahmut DİRİK

Yüksek Lisans Tezi
Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalı
Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Davut HANBAY

ARALIK-2012

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HESAPLAMALI ZEKÂ TABANLI HİBRİT METOTLAR İLE
GÖRÜNTÜ EŞLEME

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mahmut DİRİK
101131107

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 07/12/2012

Tezin Savunulduğu Tarih: 20/12/2012

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Davut HANBAY
Diğer Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Engin AVCI
Yrd. Doç. Dr. Murat KARABATAK

ARALIK-2012

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında yapay sinir ağı tabanlı yüz tanıma sistemi gerçekleştirilmiştir. Nesne Tanıma Sistemleri, Şablon Eşlemede Kullanılan Yöntemler, Görüntü İşleme, Kuramsal Temelleri teorik olarak anlatılmıştır. Görüntülerde yüz bölgesi bulunarak görüntü karşılaştırması yapılmış ve doğruluk analizi yapılmıştır.

Çalışmanın her aşamasında bana her türlü desteğini esirgemeyen, hoşgörü, destek, bilgi birikimini ve tecrübelerini benimle paylaşan değerli danışmanım Yrd. Doç. Dr. Davut HANBAY' a,

Tez çalışması boyunca desteklerini ve hoşgörülerini esirgemeyen çalışma arkadaşlarıma ve bölüm hocalarıma,

Özellikle çalışma boyunca beni sürekli teşvik eden, maddi ve manevi desteklerinden yararlandığım tüm aileme teşekkürlerimi sunarım.

Mahmut DİRİK
ELAZIĞ- 2012

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET	VII
ABSTRACT	VII
ŞEKİLLER LİSTESİ	VIII
KISALTMALAR LİSTESİ	XII
SEMBOLLER LİSTESİ	XIII
1. GİRİŞ	1
2. GÖRÜNTÜ İŞLEME.....	4
2.1. Görüntü İşleme Uygulama Alanları	6
2.1.1. Bilim ve Uzay	6
2.1.2. Sinema ve Yayıncılık Sektörü	6
2.1.3. Medikal Endüstri.....	7
2.2. Görüntü İşlemenin Temelleri	7
2.2.1. Görüntünün Tanımı.....	7
2.2.1.1. Piksel.....	8
2.2.1.2. İkili Görüntü.....	8
2.2.1.3. Gri Seviyeli Görüntü.....	9
2.2.1.4. Renkli Görüntü.....	9
2.2.2. Görüntü Bölgeleri	10
2.2.2.1. RGB Bölgesi	10
2.2.2.2. Karşıt Renk Uzayları	11
2.2.3. Renk Dönüşümleri	11
2.2.3.1. Renkli Görüntünün Gri Skala Dönüşümü.....	12
2.2.3.2. Gri Skala Siyah Beyaz Resim Dönüşümü.....	12
3. KURAMSAL TEMELLER.....	13
3.1. Görüntü	13
3.1.1. Sayısal Resim.....	14
3.1.2. Renkli Resim İşleme	16
3.1.3. Nokta İşlemleri.....	18

3.1.3.1. Eşikleme (Tresholding).....	18
3.1.3.2. Histogram Eşitleme.....	18
3.1.4. Digital Filtreler.....	19
3.1.4.1. Ortalama (Average) Filtre	20
3.1.4.2. Orta Değer (Median) Fitre.....	21
3.1.4.3. Gauss (Gaussian) Fitre	22
3.1.5. Matematiksel Morfoloji.....	22
3.1.5.1. Genleşme (Dilation) İşlemi	23
3.1.5.2. Aşınma (Erosion) İşlemi.....	23
3.2. Görüntü Eşleme	24
3.2.1. Görüntü Eşleme Yöntemleri	24
3.3. Yapay Zeka İle Örüntü Tanıma	27
3.3.1. Optik Karakter Tanıma (OKT)	27
3.3.2. Karakter Tanıma	28
3.3.3. Karakter Tanıma Ön İşlemleri	29
3.3.3.1. Tarama	29
3.3.3.2. Eşik Çıkartma.....	29
3.3.3.3. Segmantasyon	30
3.3.3.4. Normalizasyon	31
3.3.3.5. Sınıflandırma.....	31
3.3.4. Karakter Tanıma Yöntemleri	31
3.3.4.1. Korelasyon	32
3.3.4.2. Kontur Çıkarma.....	32
3.3.4.3. Tekleştirme Modeline Dayalı Tanıma	33
4. NESNE TANIMA SİSTEMLERİ.....	35
4.1. Klasik Nesne Tanıma Yaklaşımı.....	35
4.1.1. Şablon Kullanarak Eşleştirme	35
4.1.1.1. Literatür Taraması	39
4.1.1.2. Benzerlik Ölçümleri	39
4.1.1.3. Mutlak Farklar Toplamı	39
4.1.1.4. Kare Farklar Toplamı.....	39
4.1.1.5. Çapraz Korelasyon	40
4.1.1.6. Çapraz Korelasyon Normalizasyonu (ÇKN)	41

4.1.1.7.	Faz Korelasyonu	42
5.	ŞABLON EŞLEMEDE KULLANILAN YÖNTEMLER.....	45
5.1.	Geometrik Özellik Tabanlı Yöntemler	45
5.2.	Şablon Eşleme Tabanlı Yönyemler	46
5.2.1.	Kenar Bulma Teknikleri.....	47
5.2.1.1.	Roberts Kenar Bulma Yöntemi.....	47
5.2.1.2.	Sobel Kenar Bulma Yöntemi	48
5.2.1.3.	Prewitt Kenar Bulma Yöntemi.....	48
5.2.1.4.	Canny Kenar Bulma Yöntemi.....	49
5.2.2.	Özellik Çıkartımı.....	50
5.2.2.1.	Dalgacık Kodlama.....	51
5.2.2.2.	Gabor Süzgeçleri	51
5.2.2.3.	Log-Gabor Süzgeçleri	52
5.2.2.4.	Haar Dalgacığı	53
5.2.2.5.	Gauss Süzgecinin Laplasyonu	53
5.3.	Yapay Sinir Ağları	53
5.3.1.	Temel Yapay Sinir Ağları	55
5.3.1.1.	Tek Katmanlı Algılayıcı(TKA)	55
5.3.1.2.	Çok Katmanlı Algılayıcı(ÇKA).....	56
6.	MATERYAL VE YÖNTEM.....	57
6.1.	Giriş.....	57
6.2.	Grafiksel Kullanıcı Arabirimi (GUI) Tabanlı Uygulama Tasarımı	57
6.2.1.	Veri Tabanı Oluşturma.....	59
6.2.2.	Ağ Tanımlama.....	59
6.2.3.	Ağ (net) Eğitim.....	60
6.2.4.	Resim Taraması.....	60
6.2.4.1.	Resim Öntaraması	61
6.2.4.2.	Gabor Dalgacık Dönüşümü.....	61
6.2.4.3.	Histogram Eşitleme	62
6.2.4.4.	Aranan Alanı Göster	63
6.2.5.	Resim Belirleme.....	68
6.2.6.	Aranan Resim.....	69

6.2.7.	Şablon Resim	70
6.2.8.	Şablon Bulma	70
6.2.9.	Görüntü Karşılaştırma	72
7.	SONUÇ.....	74
	KAYNAKLAR.....	75
	ÖZGEÇMİŞ	82

ÖZET

Teknolojinin gelişmesiyle akıllı sistemlerin, insan taklitli makinelerin icatları hız kazanmıştır. Sanal yaşantının arttığı günümüzde, dünya küçük bir ekrana sığar olmuştur. Bu ilerlemeler ile birlikte güvenlik vazgeçilmez unsurlar arasında yerini almıştır. Sistem güvenliğinin artırıcı değişik algoritmalar geliştirilmiş ve alternatif formüller araştırılmıştır. Kişinin sadece kendisinin sahip olduğu, değişmeyen ve ayırt edici fizyolojik özelliklerin tanınması prensipleri ile çalışan biyometri, şirketlerin kaynaklarını tehdit eden güvenlik açıkları, giriş için kullanılan parola ve kart gibi tanıtıcıların unutulması, kaybolması vs. nedenler biyometrik sistemlerin kullanımına olan talebi artırmıştır. Görüntü işleme temelli çalışan sistemlerin anlaşılabilmesi ve uygulamanın verimliliği için bu tez çalışmasında YSA, Nesne Tanıma Sistemleri, Şablon Eşlemede Kullanılan Yöntemler, Kuramsal Temeller ele alınmış, görüntü karelerinden yüz bulma algoritmaları geliştirilmiş ve şablon eşleştirme algoritmaları ile doğrulaması yapılmıştır.

Bu tez çalışmasında MATLAB 7.10.0 (R2010a) programı kullanılarak Grafik Kullanıcı Arayüzü(GUI) tasarlanmış ve veri taban bağlantısı için kod geliştirilmiştir. Çeşitli fonksiyonlar icra edilerek ön işlem adımı oluşturmuş, filtreleme için Gabor dalgacıkları, sınıflandırma için de Yapay Sinir Ağları (YSA) kullanılmıştır.

Özellik vektörleri çıkartmak için Gabor dalgacıkları, sınıflandırma için de Yapay sinir ağları kullanılmıştır. Belirlenen alanlar içerisinde istenen alanın ayrıntısını görmek, analizini yapmak ve aynı olup olmadığı tespitini yapabilmek için faz korelasyon denklemleri kullanılarak oluşturulan arama algoritması ile hedef alan araması ve doğrulanması gerçekleştirilmiştir.

Grafik Kullanıcı Arayüzü (GUI) kullanılarak görüntü elde edilir, eğitilmiş net ağı kullanılarak taranır ve algılanan yüz kare içerisinde gösterilir. Bulunan görüntü ile aranan şablonun aynı olup olmadığı faz korelasyon denklemleri ile doğrulanması yapılır.

Anahtar Kelimeler: Yapay Sinir Ağları, Grafik Kullanıcı Arayüzü, Gabor Dalgacıkları, Şablon Eşleme, Faz Korelasyon, Nesne Tanıma

ABSTRACT

IMAGE MATCHING VIA HYBRID METHODS OF COMPUTATIONAL INTELLIGENCE BASEMENT

By the Development of technology, intelligent systems, human imitative inventions of machines have gained velocity. Throughout increase in virtual life today, the World has become a small screen fits. With this advanced security has become one of the indispensable elements. The security of the system developed with different algorithms and alternative formulation investigated. Only for his own personality, not changes and works with principles of the recognition of the distinctive features of physiological biometrics, vulnerabilities the companies resources that threaten, descriptors, such as forgetting the password used to Access the card loss etc. factors increased the demand for the use of biometric systems.

In this thesis, for the efficiency of working systems based on image processing, understanding and application of ANN, Object Recognition Systems, the methods used in Template Matching, Theoretical foundations are discussed and picture frames with face detection algorithms have been developed and template matching algorithms were validated.

In this study, MATLAB 7.10.0 (R2010a) program was used and Graphical User Interface (GUI) was designed. MATLAB code has been developed for the connection of the data base. Created a pre-processing step the various functions performed by Gabor wavelets for filtering, for the classification, Artificial Neural Networks (ANN) was used. To extract the feature vectors Gabor wavelets, for classification artificial neural networks. are used. In the desired area to see the detail of the designated areas, and to analyze the correlation equations of the same phase to be able to detect whether a new search algorithm by using the search and verification was carried out with the target area. Use the Graphical User Interface (GUI) to obtain the image. Network trained using the detected face is scanned and displayed within a frame. The template is the same as that shown in the image sought to be confirmed in phase correlation equations is done.

Keywords: Artificial Neural Networks, Graphical User Interface, Gabor wavelet, Pattern Matching, Phase Correlation, Object Recognition.

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1. Görüntü İşlemede Temel Basamaklar	4
Şekil 2.2. Görüntünün Sayısallaştırılması	5
Şekil 2.3. Renkli ve gri resimde piksel durumu göstergesi	8
Şekil 2.4. a) ikili görüntü, b) piksel gösterimi	8
Şekil 2.5. Gri seviyeli görüntü, Piksel gösterimi	9
Şekil 2.6. Renkli görüntüyü oluşturan renk kanalları	10
Şekil 2.7. Bir resmin RGB kanallarındaki görünüşleri	10
Şekil 2.8. RGB renk dağılım göstergesi	11
Şekil 3.1. Sayısal resmin temel gösterimi	15
Şekil 3.2. Sürekli bir görüntünün sayısallaştırılması	15
Şekil 3.3. Sayısal resim örnekleri	16
Şekil 3.4. RGB renk bileşenleri	16
Şekil 3.5. a) Merkez piksel dördü komşuluk, b) Merkez piksel sekizli komşuluk, c) Merkez piksel altı komşuluk ilişkisini göstermektedir	17
Şekil 3.6. a) Resim, b) Eşik değeri=80, c) Eşik değeri=120, d) Uygulanabilir Eşik	18
Şekil 3.7. Histogram Eşitleme	19
Şekil 3.8. Görüntü Filtreleme, a) Gürültülü resim, b) Ortalama filtre uygulanmış görüntü	20
Şekil 3.9. Median filtre; a)Gürültü eklenmiş resim, b) Median filtre uygulanmış resim	21
Şekil 3.10. a) Gauss çekirdek örneği, b) gürültü eklenmiş resim, c) $(\sigma)=0.01$ Değerine İçin Elde Edilen Gaussian Filtre İle Elde Edilen Görüntü, d) $\sigma(\sigma)=1$ Değerine İçin Elde Edilen Gaussian Filtre İle Elde Edilen Görüntü	22
Şekil 3.11. Genleşme işlemi a) Orijinal Görüntü, b)Genleşme işlemi uygulanmış görüntü	23
Şekil 3.12. Aşınma işlemi a) Orijinal görüntü, b)Aşınma işlemi uygulanmış görüntü	24
Şekil 3.13. Görüntü Eşleme	26
Şekil 3.14. Nokta Detaylar	26
Şekil 3.15. Alan bulma yöntemleri	26
Şekil 3.16. OKT sistemlerinin genel yapısı	28
Şekil 3.17. Karakter tanıma sisteminin akış şeması	29
Şekil 3.18. a) taranan belgenin siyah-beyaz imgesi b) eşik noktası	30
Şekil 3.19. Karakterlerin Örüntüden Ayrılması	30

Şekil 3.20. M ve H harf imgelerinin sınıflandırılması.....	31
Şekil 3.21. Kontur Çıkartma.....	33
Şekil 3.22. Tekleştirme Modeli ile Tanıma Sisteminin Genel Yapısı	33
Şekil 3.23. “C” karakteri için DTV ve YTV’ nin elde edilişi	34
Şekil 4.1. Konvolüsyon kernelinin görüntü üzerine yerleştirilmesi	37
Şekil 4.2. Korelasyon kernelinin görüntü üzerine yerleştirilmesi	37
Şekil 4.3. Şablon nesne.....	38
Şekil 4.4. Renkli beyaz kan hücresi(akyuvar) resmi	38
Şekil 4.5. Şablonun görüntüye uygulanması	38
Şekil 4.6. Karşılıklı ilişki prensibi.....	40
Şekil 4.7. a) ÇKN için şablon resim, b) ÇKN için test görüntüsü, c) a ve b görüntüleri için normalleştirilmiş çapraz korelasyon gösterimi.....	42
Şekil 4.8. N1xN2 boyutlu resimler.....	42
Şekil 4.9.Çapraz korelasyon, a) Aynı iki görüntüden elde edilen çapraz korelasyon, b) Farklı ve mutlak genliksiz farklı iki görüntüden elde edilen çapraz korelasyon.....	44
Şekil 4.10.Çapraz korelasyon, a) Aynı iki görüntüden elde edilen çapraz korelasyon, b) Farklı iki görüntü ve mutlak karekök ile elde edilen iki görüntünün çapraz korelasyonu ..	44
Şekil 5.1. Yüz belirlemede kullanılan geometrik özellikler	45
Şekil 5.2. Geometrik karakteristik özelliklerin yüz resminde gösterilmesi.....	46
Şekil 5.3. Resim üzerinde şablon eşleştirme uygulaması.....	46
Şekil 5.4. Roberts kenar bulma operatörü kullanarak a) orijinal resim, b) kenar olmayan, c) kenar çizgilerini göstermektedir	47
Şekil 5.5. X ve Y koordinat konvolüsyon maskeleri.....	48
Şekil 5.6. Sobel kenar bulma operatörü kullanarak a) orijinal resim, b) kenar olmayan, c) kenar çizgilerini göstermektedir	48
Şekil 5.7. Prewitt kenar bulma operatöründe kullanılan maskeler	48
Şekil 5.8. Prewitt kenar bulma operatörü kullanarak a) orijinal resim, b) kenar olmayan, c) kenar çizgilerini göstermektedir.	49
Şekil 5.9. Canny kenar bulma operatörü kullanarak a) orijinal resim, b) kenar olmayan, c) kenar çizgilerini göstermektedir.	49
Şekil 5.10. Bir görüntü tanıma sisteminin blok diyagramı.....	50
Şekil 5.11. Dalgacık Dönüşümü.....	51
Şekil 5.12. 2 tane 4 seviyeli 2B Gabor süzgecinin a) gerçek bileşeni b) sanal bileşeni	52

Şekil 5.13. Bir YSA hücresi modeli	54
Şekil 5.14. Eşik fonksiyonları: a) lineer ,b) rampa, c) basamak, d) sigmoid.....	54
Şekil 5.15. Basit TKA modeli	55
Şekil 5.16. ÇKA modeli	55
Şekil 6.1. Yüz Belirleme GUI Arayüzü.....	58
Şekil 6.2. GUI inspector düzenlemesi	58
Şekil 6.3. YSA ağ eğitimi.....	60
Şekil 6.4. Gabor Dalgacıklar a) 8 yönelimli Gabor süzgeçlerin gerçek kısmı, b) 5 farklı ölçekte Gabor süzgeçlerin büyüklüğü	62
Şekil 6.5. Histogram eşitleme, a) Giriş görüntüsü, b) Histogram eşitlenen resim	63
Şekil 6.6. GUI Yuz_tanıma penceresi	64
Şekil 6.7. Resim Seçme Penceresi.....	64
Şekil 6.8. Yüz Bölgesinin Kare İçerisinde Gösterilmesi	65
Şekil 6.9. Resim Seçme Penceresi.....	65
Şekil 6.10. a), b), c) MIT+CMU veri tabanından alınan örnek resimlerin	67
Şekil 6.11. a), b) Yüz algılama test sonuçları.....	68
Şekil 6.12. Resim belirleme.....	69
Şekil 6.13. Resim Kesme.....	69
Şekil 6.14. a), b), c) Aranan resimde yer alan şablon resmin tespit edilmesi.....	71
Şekil 6.15. Faz korelasyonu a) Aranan resim, b) Şablon Resim, c) Aynı iki görüntü için elde edilen faz korelasyonu	72
Şekil 6.16. Faz korelasyonu a) Aranan resim, b) Şablon Resim, c) Farklı iki görüntü için elde edilen faz korelasyonu	73

KISALTMALAR LİSTESİ

CT	: Bilgisayar Tomografi
MRI	: Manyetik Rezonans Görüntüleme
PET	: Pozitron Emisyon Tomografisi
USG	: Ultrasonograf
SPECT	: Tek Foton Emisyon Bilgisayar Tomografisi
RGB	: Red-Green-Blue
ABIM	: Alana Dayalı Görüntü Eşleme Yöntemi
FBIM	: Özelliğe Dayalı Görüntü Eşleme Yöntemi
RIM	: İlişkisel Görüntü Eşleme Yöntemi
LSM	: En Küçük Karesel Eşleme
CC	: Karşılıklı İlişki
OKT	: Optik karakter tanıma
ICR	: Akıllı Karakter Tanıma
ACR	: Otomatik karakter Tanıma
DTV	: Dikey Tanımlama Vektörü
YTV	: Yatay Tanımlama Vektörü
MFT	: Mutlak farklar toplamı
KFT	: Kare farklılıkların toplamı
ÇK	: Çapraz korelasyon
FFT	: Hızlı Fourier Dönüşümü
YSA	: Yapay sinir ağları
TKA	: Tek katmanlı algılayıcılar
ÇKA	: Çok katmanlı algılayıcılar
GUI	: Grafiksel Kullanıcı Arabirimi

SEMBOLLER LİSTESİ

$I_{\text{grey}}(\mathbf{p})$	: RGB değerleri gri tonlarına dönüştürme denklemi
$I_{\text{bin}}(\mathbf{p})$	: Gri tonları ise ikili resimlere dönüştürür
$N_4(\mathbf{p})$	: 4'lü komşuluk ilişkisi
σ	: Görüntüde bulanıklık etkisi
$\mathbf{p}$	: Korelasyon katsayısı
$G(\mathbf{x}, \mathbf{y})$	: Ağırlık merkezlerinin bileşen hesaplaması
$A_F(\mathbf{k}_1, \mathbf{k}_2)$	: Genlik
$\theta_F(\mathbf{k}_1, \mathbf{k}_2)$	: Faz
$R_{FG}(\mathbf{k}_1, \mathbf{k}_2)$	: Çapraz Faz Korelasyonu
w_0	: Uzamsal frekans
∇G	: Gauss süzgecinin Laplasyanı
X_i	: Ağ girişi
w_i	: Ağırlıklar
$f(\cdot)$	: Aktivasyon Fonksiyonu
Σ	: Toplama Fonksiyonu
θ	: Eşik değer
$\Psi_g(\mathbf{x}, \mathbf{y})$	: Gabor dalgacık süzgeci

1. GİRİŞ

Çağdaş insan, yaşamın her basamağında bilgi kaynaklarından yararlanmakta, değerlendirmekte ve bunları başkalarının istifadesine sunmaktadır. Doğadaki muhteşem devinimden ilham alan bilim, insanoğlunun yaşamını kolaylaştıracak yenilikler yapmıştır. En karmaşık ve harikulade bir yapıya sahip olan insan, yaptığı icatlar ile kendi kompleks yapısını anlamaya yönelmiştir. En dikkat çekici konuların başında robotlar, akıllı sistemler, sınıflandırıcılar gelmektedir. Yazılı, görsel, işitsel ve elektronik ortamlarda gün geçtikçe üretilen bilgi sayısı artmakta ve insanın istifadesine sunulmaktadır. Bilhassa son yüzyılda, tüm zamanların sahip olduğundan daha çok bilgi üretilmiş ve bilgiye duyulan ihtiyaç o nispette artmıştır.

İnsan kendi gibi düşünen ve davranan bir sistem üretmek için çok uzun zamandan beri çalışmaktadır. Bilim insanları bir yandan insan beyninin çalışma gizemini anlamaya çalışırken diğer taraftan, edindikleri bilgileri makineler üzerinde denemişlerdir. İnsan beyninin asıl görevi olan düşünme ve karar verme yaşadığımız bu teknolojik çağda dahi tam manasıyla anlaşılmış değildir. Bu kompleks yapının araştırılmasıyla Yapay Sinir Ağları (YSA) teknolojisi gelişmiş ve bu konuda binlerce araştırma yapılmış, gelişmeler yaşanmış, bu gelişmelerin büyük bir kısmı sayısal bilgisayarların yetersiz kaldığı gerçek hayat problemlerine çare önermişlerdir.

Sayısal bilgisayarların günlük hayatta kolaylık getirdiği konulardan biri de görüntü işlemedir. Görüntülerin karşılaştırılması ve tanınması, karakter tanıma, şablon eşleştirme, biyometrik sistemlerin gelişimi gibi konular bu makineler aracılığıyla yapılmaktadır. Bu tezde üzerinde durulan konular, görüntü tanıma teknolojilerinin kullanım alanları olan; karakter tanıma, kenar bulma, yüz tanıma ve doğrulama konularıdır.

Bu konularla ilgili literatürde çok sayıda araştırma yapılmıştır. Bunlardan şablon eşleme, görüntü işleme ve örüntü tanıma kullanılan en yaygın tekniklerden; Şablon eşleştirme uygulamaları görüntü alımı [1], görüntü kaydı [2], görüntü tanıma [3], nesne algılama [4], tıbbi görüntüleme [5], yüz tanıma [6] ve doğrulama [7] konularını içermektedir.

Şablon eşleştirmede en büyük problem hesaplama zamanının yüksek olmasıdır. Bu hesaplama zamanını azaltmaya yönelik birçok teknik geliştirilmiştir. Bu tekniklerden biri olan iriden inceye taktığı [4,8,9], arama uzayını azaltmak için geliştirilmiş bir yöntemdir. Farklı çözünürlükteki şablon ve görüntünün performans analizi için farklı çözünürlükteki versiyonları oluşturularak karşılaştırılır. Orijinal çözünürlükteki görüntü alanı bulmak için, arama en düşük komşu pikselden başlayarak en yükseğine kadar alan taraması yapar.

Rosenfeld ve VanderBrug yüksek çözünürlüklü şablon ile giriş görüntüsü arasında ancak yüksek benzerlik olması durumunda eşleşmenin uygulanabilirliğini savunmuşlardır [8]. Ancak yüksekten düşüğe hesaplama maliyetini azaltmak için hassasiyet zayıfladığından en iyi eşleştirme yapılmış olmaz. Dolayısıyla hesaplama ve hassasiyet arasında ters orantı bulunmaktadır.

Şablon eşlemeyi hızlandırmak için diğer bir strateji, eşleştirme derecesini düşüren gereksiz pozisyonları ortadan kaldırmaktır. Gharavi-Alkhansari, bu strateji ile çözünürlük farkı metodunu birleştirerek belirli eşik değerler ile tahmin etme yöntemini önermişlerdir [9]. Son yıllarda Omachi, cebirsel şablon eşleştirme olarak adlandırılan bir yöntem önermiştir [10].

Şablon eşlemede başka bir sorun da dönme veya diğer bozukluklara karşı dayanıklı olmamasıdır. Bu sorunu çözmenin basit bir yolu, dönme değişmezliği olmadan, mümkün olan her rotasyon, varyans ve bozulma için çok sayıda şablonlar kullanmaktır, ancak bu hesaplama çok pahalı ve genel olarak kabul edilemez. Bu sorun nedeniyle büyük hesaplama zamanını azaltmak için literatürde bazı çalışmalar olmuştur. Rotasyonlar ve çarpıtmalar değişen sorunu çözmek için literatürde çeşitli çalışmalar olmasına rağmen, aslında problem çözme yerine, hesaplama süresini azaltmak için temel yaklaşımlardır.

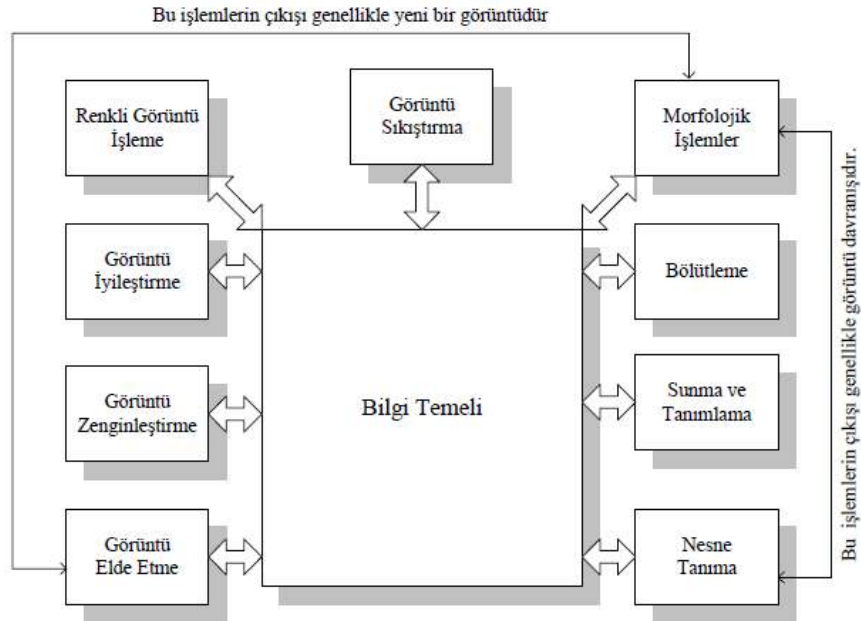
Fiziksel işaretlerin tahlilinde bölgesel bilgiye gereksinim duyulmaktadır. İşaretlerin bölgesel karakteristiğini elde etmede birçok işaret işleme yöntemi geliştirilmiştir. Bunlardan görüntü işleme uygulamalarında yaygın olarak kullanılan filtreler, zaman ve frekans bant genişliğinin olası en minimum değeri karşılayabilmesi nedeniyle bu amaç için kullanılmaya en uygun operatörlerdir. Bu operatörün kullanıldığı literatür çalışmaları; Çeşmeli ve diğerleri, doku görüntülerinin bölütlenmesini yapmak için Gauss Markov rasgele alanları ve Gabor filtrelerini kullanmışlardır [11,12]. Huang ve diğerleri tarafından yüz algılama ve uygulaması için Gabor dalgacıkları kullanılmıştır [13]. Lim ve diğerleri özellik çıkarımı için Haar dalgacık dönüşümünü kullanmışlardır [14]. Dalgacık dönüşümü kullanılarak gerçekleştirilen doku bölütleme uygulamaları da literatürde mevcuttur [15,16]. İmge verisine Gauss süzgecinin laplasyonu uygulanmasından elde edilen bant sınırlı ayrıştırmayı Wildes'in çalışmalarında görülmektedir [17]. Biyometrik sistemlerin geliştirilmesi ve uygulamanın verimliliği için YSA algoritmaları geliştirilmiştir. Literatürde YSA kullanılarak gerçekleştirilen bazı çalışmalar; Rowley, yapay sinir ağlarını kullanarak yüz algılamanın sorunları üzerinde çözümler önermiştir [18]. Öznitelik çıkarımı doğrusal ayrıştırma çözümlemesi Kobayashi ve Zhao tarafından gerçekleştirilip sinir ağlarının sınıflandırma için kullanılmıştır [19]. YSA Biyometrik tanıma sistemlerinde kullanımı yaygındır [20,21].

Bu tez çalışmasında sırasıyla; Görüntü İşleme, Kuramsal Temeller, Nesne Tanıma Sistemleri, Şablon Eşlemede Kullanılan Yöntemler anlatılmıştır. 6. Bölümde, Özellik vektörleri çıkartmak için Gabor dalgacıkları, sınıflandırma için de Yapay sinir ağları kullanılarak, belirlenen alanlar içerisinde istenen alanın ayrıntısını görmek, analizini yapmak ve aynı olup olmadığı tespitini yapabilmek için faz korelasyon denklemleri kullanılmış, arama algoritması ile hedef alan araması ve doğrulanması gerçekleştirilmiştir. Grafik Kullanıcı Arayüzü (GUI) kullanarak görüntü elde edilir, eğitilmiş net ağı kullanarak taranır ve algılanan yüz kare içerisinde gösterilir.

2. GÖRÜNTÜ İŞLEME

Görüntü işleme, sayısal bir imge haline getirilmiş gerçek yaşamdaki görüntülerin bir girdi imge olarak değerlendirilerek, o imgenin özelliklerinin ve yansımasının değiştirilmesidir [22]. Ölçülmüş veya depolanmış olan sayısal görüntü verilerinin, elektronik ortamda amaca uygun şekilde değiştirmeye yönelik olarak yapılan bilgisayar çalışması bu işlemin tanımı olarak değerlendirilir. Resimler genellikle analog ortamdan sayısal ortama geçirildiği için gürültü (bozukluk) içerir. Görüntü işleme, oluşan bu eksiklikleri düzeltmek için kullanılabilir. Sayısal görüntü sayısal değerlerden oluşur. Sayısal görüntü işlemenin iki önemli uygulama alanı vardır; Görüntünün kalitesinin artırımı ve görüntünün depolanması, iletim ve otomatik makine algılaması için hazırlanmasıdır. İnsan algılaması için görüntü kalitesindeki iyileştirme amacına yönelik uygulamalara tıp, uzay programları, nükleer tıp, biyoloji, jeoloji, arkeoloji, astronomi, savunma ve endüstriyel uygulamalar örnek olarak verilebilir.

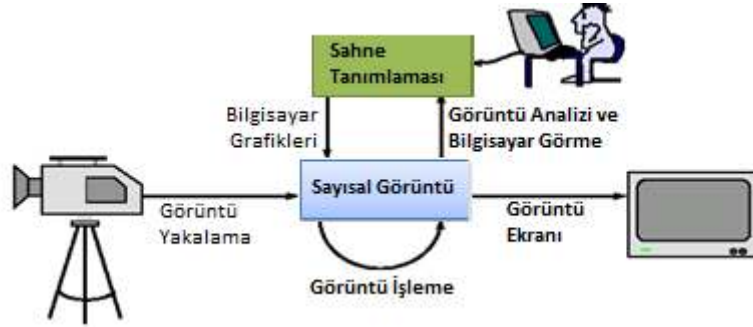
Görüntülerin bilgisayar ortamında kullanılabilmesi için veri formatlarının bilgisayar ortamına uygun hale getirilmesi gerekmektedir [23]. Görüntü işleme sistemlerinin çalışmasında kullanılan birçok işlem basamakları vardır. Bu basamakları Şekil 2.1’de gösterilmiştir [24].



Şekil 2.1. Görüntü İşlemede Temel Basamaklar [25].

Görüntü Elde Etme; Görüntünün elde edilmesi ve sayısal forma getirilmesi, görüntü işlemenin ilk adımıdır. Bilgisayar ile işlem yapmaya başlamadan önce görüntü sayısal biçime getirilmelidir. Fiziksel görüntü, resim elemanları piksel (nokta, dot) adı verilen küçük

bölgelere ayrılırlar. En genel anlamda, alt bölümlere ayırma şeması olarak verilen iki boyutlu bir dizi şeklinde yapılır. Görüntünün elde edilmesinin görsel ifadesi şekil 2.2’de verilmiştir.



Şekil 2.2. Görüntünün Sayısallaştırılması

Görüntü birbirinden bağımsız piksellerden oluşacak şekilde yatay çizgiler halinde bölünür. Sayısal görüntüye, her piksel bölgesinde girilen rakam, o resimde ilgili noktaya ait parlaklığı göstermektedir.

Görüntü Zenginleştirme; Görüntü işleme bölümleri içinde hem en kolay hem de en çok ilgi çeken bölüm olmuştur. Görüntü zenginleştirmenin temel amacı, görüntüde çıplak gözle ayırt edilmesi mümkün olmayan kısımların incelenebilir bir duruma getirilmesidir. Örneğin bir görüntünün parlaklığının artırılması, görüntünün daha iyi sunulmasını sağlar.

Görüntü iyileştirme; Görüntü zenginleştirme gibi görüntünün daha iyi sunulması için yapılan işlem basamağıdır. Görüntü zenginleştirmeden farkı, matematiksel ve olasılık teorisine dayanmasıdır. Görüntü zenginleştirme daha çok kullanıcının değerlendirme yöntemine göre düzenlenirken, görüntü iyileştirme objektifliği daha çok baskındır.

Renkli Görüntü İşleme; Bu blok, internet üzerinde sayısal görüntünün kullanılmaya başlanmasıyla önem kazanmıştır.

Görüntü Sıkıştırma; Adından da anlaşılacağı gibi, görüntülerin depolanması için gerekli olan hafıza miktarının azaltılmasında kullanılan çalışmalar bu basamakta devreye girmektedir. Örneğin; Bilgisayarlarda kullanılan JPEG biçimi aslında görüntülerin daha az yer kaplamaları için kullanılan bir sıkıştırma yöntemidir.

Morfolojik İşlemler; Herhangi bir görüntü içindeki şekillerin belirlenmesi ve bildirilmesi için morfolojik işlemler kullanılır. Bu bölümde sistemin girişi bir görüntü, çıkışı ise bir görüntü tarzı olarak ifade edilir.

Segmantasyon; Bir görüntüyü bileşenlerine veya görüntüyü oluşturan objelerine ayırma işlemi olarak ifade edilebilir. Aslında, görüntü segmantasyon işlemi oldukça zor bir işlemdir. Güçlü segmantasyon işlemleri, ayrıştırılmak istenen nesneyi, görüntüden başarılı bir şekilde

ayrıştırırken, zaman yönünden dezavantaj getirebilir. Diğer taraftan sıradan segmentasyon tekniklerinde her zaman belirli bir hata oluşmaktadır.

Sunma ve Tanımlama; Genellikle segmentasyon işlemleri sonrasında elde edilen görüntünün bilgisayarın anlayabileceği forma getirilmesi işlemidir.

Nesne Tanıma; Bir nesnenin belirleyicisine bağlı bir sınıfa atanması olarak ifade edilebilir. Belirli Özellikleri göz önüne alarak görüntü içindeki nesneyi etiketleme ifadesidir nesne tanıma [26].

2.1. Görüntü İşleme Uygulama Alanları

Görüntü işleme, teknolojik ilerlemelere paralel olarak ilerleme kaydetmiş, birçok alanda görüntü üzerinde değişiklik yapma ihtiyacından dolayı üzerinde durulması gerekli bir konu haline gelmiştir. Biyometrik ayırt edicilik ve güvenlik gibi sebepler konunun bilimselliğini ortaya çıkartmıştır. Birçok alanda kullanım sahası bulmuş bu teknoloji, her alanda kendine has yaklaşımlarla kullanıldığı alana göre özelleşerek farklılaşmıştır. Aşağıda görüntü işlemenin kullanım alanları aktarılmıştır.

2.1.1. Bilim ve Uzay

Bilimsel çalışmaların uzay araştırmaları konusundaki ilerlemelerle birlikte bir takım inceleme programlarındaki gereklilikler, görüntü işleme tekniklerinden birçoğunu günümüze taşımıştır. Güneş sistemlerinin başarılı bir şekilde incelenmesinde görüntü işlemenin etkisi büyüktür. Farklı uzay araştırma araçlarından yeryüzüne gönderilen görüntüler, durgun veya hareketli olayların (çevre şartları) etkisinden dolayı sürekli kesintiye uğrayarak görüntülerde bozulma ve görüntüde gürültünün oluşmasına sebep olmaktadır. Geliştirilen görüntü onarım ve gürültü giderme yöntemleri bu görüntülerin daha sağlıklı ve kullanılabilirlik özelliğinin artmasını sağlamıştır.

2.1.2. Sinema ve Yayıncılık Sektörü

Sinema sektöründe çekim alanlarının değişkenlik göstermesi ve giderek artan maliyetler görüntü işleme teknolojileri yardımıyla daha çok insanın daha rahat yararlanabileceği sanal ortam imkânı sunmuştur. Film kalitesinin artırımı ve insanlara cazip gelen efektlerin ve boyut geliştirilmenin görüntü işleme sayesinde sunulduğu görülmektedir. Diğer taraftan, baskılarda

görüntülerin sıkıcı gelmesi ve müşterilere animasyonun çekiciliğini keşfeden birçok yayıncılık sektörü firmaları, görüntü işlemeden faydalanarak dikkatleri üzerine çekmeyi başarmıştır [27].

2.1.3. Medikal Endüstri

Günümüzde kullanılan Medikal Endüstri görüntüleme cihazları çok çeşitlidir. Bu görüntüleme cihazları vücudun belli bölgeleri ile etkileşim sağlamak için X-ışınları, radyo dalgaları gibi enerjinin bazı biçimlerinden yararlanarak sağlarlar. Daha sonra bu etkileşimlerle ilgili ölçümler kaydedilerek, matematiksel hesaplaması yapılan sonucun iki veya üç boyutlu olarak görülmesinin sağlanması görüntü işleme ile olmaktadır [27].

Vücut iç görüntülerin elde edilmesinde X-ışını görüntüleme cihazları kullanılırken, günümüz teknolojisi ile Bilgisayar Tomografi (CT), Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRI), Ultrasonografi (USG), Pozitron Emisyon Tomografisi (PET), Tek Foton Emisyon Bilgisayar Tomografisi (SPECT) gibi cihazlar sağlık sahasında görüntü elde etmede kullanılan önemli cihazlardır [28].

Omurga ve kafatası gibi kemiksi yapılarının incelenmesinde yer alan bilgisayarlı tomografinin yanı sıra MRI da yumuşak dokular ve kalbin görüntülenmesinde kullanılmaktadır. Bunların yanında PET (Pozitron Emisyon Tomografisi), MSI (Magnetic Source Imaging) ve nükleer tıp teknolojileri de medikal endüstride görüntü işlemenin önemini ortaya koymaktadır. İfade edilen tüm bu görüntüler bilgisayar ortamında depolanarak görüntü işleme teknolojileri vesilesiyle Tıp doktorları tarafından hastaya daha erken teşhis koyma veya görüntüyü üç boyutlu görebilme imkânını sunmuştur. Ayrıca görüntülerin sayısal ortama taşınmasının Tele Tıp Teknolojisi ile desteklenmesi ile de uzak mesafelerdeki doktorların hasta ile ilgili bilgilere ulaşma imkânını sağlamıştır [27].

2.2. Görüntü İşlemenin Temelleri

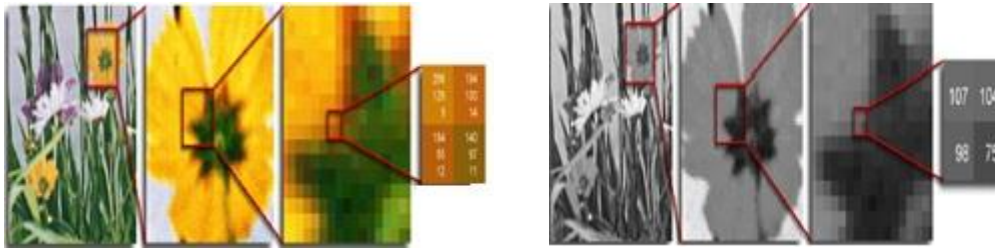
Görüntü ile ilgili temel tanımların bilinmesi, renk unsurlarının ve renk alanlarının algılanması görüntü işleme çalışmalarının yapılabilmesi için öncelikli koşullardan bazılarıdır.

2.2.1. Görüntünün Tanımı

Görüntü, nesnelerden yansıyan ışığın, ışığa duyarlı bir yüzey üzerine düşmesi ve düştüğü yerde iz bırakması ile meydana gelmektedir. Bir görüntünün temel bileşeni piksel-resim elemanı (pixel-picture element)'dir. Dolayısı ile görüntü deyince $M \times N$ boyutlu 1 ve 0 dan oluşan sayısal değerler kümesi anlaşılır.

2.2.1.1. Piksel

Görüntü, piksel denen temel bileşenden oluşur. Dolayısıyla görüntü denince akla $M \times N$ boyutlu bir matris gelmektedir. Renkli görüntülerde piksel başına 3 değer düşmektedir. Bunlar RGB olarak bilinen renk katmanlarıdır. Gri resimlerde ise piksel başına 1 değer düşmektedir. Şekil 2.3'te verilen resim, renk gurubuna bağlı piksel durumunu ifade etmektedir.



Şekil 2.3. Renkli ve gri resimde piksel durumu göstergesi

2.2.1.2. İkili Görüntü

Bir görüntü sayısal ifadelerden oluştuğunun anlaşılması, ifade olarak öncelikle ikili görüntü denen 1 ve 0 dan oluşan siyah- beyaz görüntü göz önünde bulundurulmalıdır. İkili görüntüde her bir piksel ya siyah ya da beyazdır. Şekil 2.4'te ikili görüntü ve piksel gösterimi verilmiştir. Bu şekilde 0 ve 1 kodlanmış piksellerden oluşan görüntülere *ikili görüntü (binary image)* adı verilir.



Şekil 2.4. a) İkili görüntü, b) Piksel gösterimi

2.2.1.3. Gri Seviyeli Görüntü

Gri Seviyeli Görüntüler ikili görüntülerden farklı olarak ara değerler yani gri renk tonları kullanılır. Renk kodları 0-255 arasında sayısal değere karşılık düşen siyahtan beyaza doğru genişlemektedir. Diğer gri renk kodları da siyah-beyaz renk tonları arasındaki koda karşılık gelir [23]. Gri resimler için her bir pikselin alabileceği en büyük ve en küçük değer sırası ile 0 ve 255'tir. Bu ifade şekil 2.5'te gösterilmiştir.



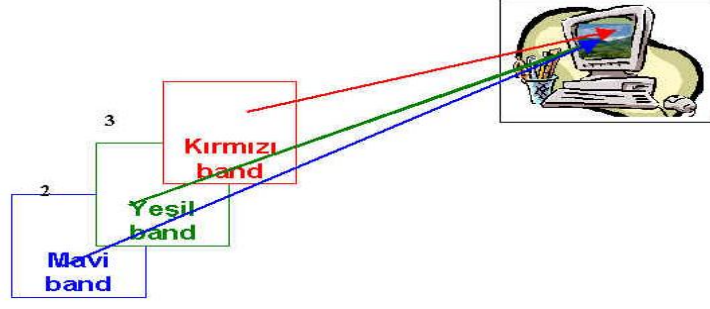
6	127	107	87	79	81	80	82	79	75	6
15	146	129	105	88	83	75	71	68	61	6
19	157	152	135	115	103	79	70	68	67	7
30	160	161	155	143	133	115	95	76	68	6
30	157	159	160	157	156	148	134	113	100	84
15	155	156	156	158	162	167	160	143	128	109
11	155	158	154	152	157	157	160	156	149	143
11	153	155	159	161	159	160	161	162	162	160

Şekil 2.5. a) Gri seviyeli görüntü, b) Piksel gösterimi

2.2.1.4. Renkli Görüntü

Renkli görüntüler bilgisayar ekranında 24 bitlik veri olarak görüntülenebilir. Görüntüleme R (red), G (green) ,B (blue) olarak kodlanmış aynı objeye ait üç adet gri seviyeli görüntünün üst üste ekrana gelmesi ile oluşur [23, 29]. Renkli görüntüler genellikle çeşitli renk kodlarının üst üste gelmesiyle oluşur. Her bir pikselin sahip olacağı gerçek renk bu piksele denk gelen renk kodlarındaki renklerin bir algoritma ile birleştirilmesi neticesi oluşur. RGB (Red-Green-Blue) ana renk bileşenlerinin her biri ayrı ayrı üç farklı matriste tutulur. Bu üç matrisin üst üste gelmesiyle gerçek renk meydana gelir.

Elektro manyetik spektrumda 0.4-0.5µm dalga boyu mavi renge; 0.5-0.6µm dalga boyu yeşil renge; 0.6-0.7µm dalga boyu kırmızı renge karşılık gelir. Bu dalga boylarından elde edilmiş üç gri düzeyli görüntü bilgisayar ekranında sırasıyla kırmızı-yeşil-mavi renk kombinasyonunun üst üste gelmesiyle meydana gelir.



Şekil 2.6. Renkli görüntüyü oluşturan renk kanalları.



Şekil 2.7. Bir Resmin RGB kanallarındaki görünimleri

2.2.2. Görüntü Bölgeleri

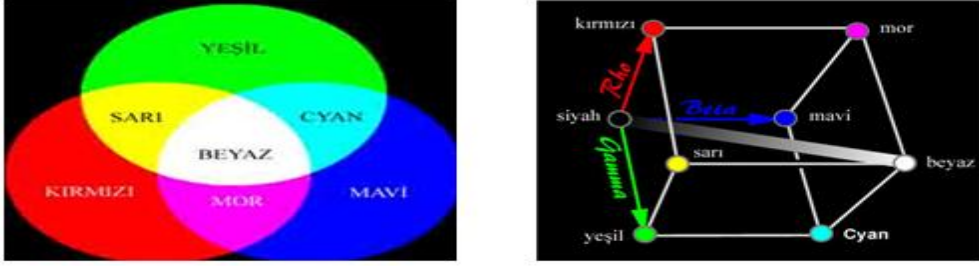
Aralarında ortak özellik bulunan ve ilişki kurulabilen karmaşık işaret örneklerini veya imgeleri, bazı tespit edilmiş özellikler veya karakterler vasıtası ile tanımlama veya sınıflandırılmasıdır. Bu tanıma bağlı olarak, görüntü bölgesi tanımanın en önemli amaçları; bilinmeyen örüntü sınıflarına belirli bir şekil vermek ve bilinen bir sınıfa ait olan örüntüyü teşhis etmektir [24].

Görüntü bölgelerinin belirlenmesi, neticeler bakımından oldukça önemlidir. Renk bölgelerinin teori kısmının biliniyor olması, neticenin elde edilmesi çalışmasının operasyonel açıdan kolaylıkları beraberinde getirmektedir. Renk bölgeleri, elektromanyetik tayf üzerinde tanımlayabildiği renkleri sınıflandırması esasına dayanmaktadır [23].

2.2.2.1. RGB Bölgesi

RGB renk modelinde her renk kırmızı, yeşil ve mavi renk bileşenlerinden meydana gelmektedir. Bu model, Kartezyen koordinat sistemi kullanılarak açıklanmaktadır. Şekil 2,8’de küpün kartezyen koordinatlardaki (0,0,0) orijin noktası siyah, orijinden en uzakta

bulunan (1,1,1) noktası beyaz olarak gösterilmiştir. Bu gösterimden anlaşılacağı gibi beyaz tüm ana renklerin bir araya gelmesi sonucu oluşmaktadır. Ters durumda siyah meydana gelir. Bu modelde üç boyutlu uzayın bileşenleri kırmızı, yeşil ve mavidir. Bu yüzden küpün eksenleri R, G ve B'yi göstermektedir. Saf mavi (0.0.1) şeklinde gösterilmektedir. Diğerleri de aynı şekilde bir uç noktayı temsil eder. Gri değerler ise siyahtan beyaza doğru çizilen doğru üzerinde gösterilmektedir [22].



Şekil 2.8. RGB renk dağılım göstergesi

2.2.2.2. Karşıt Renk Uzayları

Bazı renkler asla bir arada anılmazlar ya da birbirlerine karıştırılmazlar [30]. Siyah-beyaz, sarı-mavi ve kırmızı-yeşil olarak üç tip ışık algılayıcı olduğu Hering tarafından varsayılmıştır. İnsanın görme sisteminde bulunan bir katmanın, zıt renk vektörleri içinden seçtiği değerleri, RGB değerlerine çeviren koni hücrelerinin varlığı tespit edilmiştir [23].

Renkmetri biliminin temelini oluşturan Grassmann'ın birinci kuralına göre, bir rengi belirlemek için birbirinden bağımsız 3 değişkene ihtiyaç vardır. Bu yüzden renk uzayları 3 boyutlu olarak tasarlanmaktadır. En popüler üç renk modeli bilgisayar grafiklerinde kullanılan RGB, video sistemlerinde kullanılan YCbCr ve renkli dökümlerde kullanılan CMYK'dır. Tüm renk uzayları, kamera ve tarayıcı gibi aygıt kaynaklı RGB bilgisi kullanılarak elde edilmektedir [31].

2.2.3. Renk Dönüşümleri

Görüntünün işlenebilmesi ve amaca yönelik olarak kullanılabilmesi için, işlem hızını düşürmek adına gerçek renk bileşenlerinden gri veya ikili renk kodlarına dönüştürme işlemi gerçekleştirilir. İşlem sayısı ve performans artışı için renk dönüşümü yapılır.

2.2.3.1. Renkli Görüntünün Gri Skala Dönüşümü

Renkli görüntünün Gri gösterge çizelgesi dönüşümü, RGB renk katmanlarının belli kat sayılarla çarpılarak renk ve yoğunluk değerinin sıfıra çekmesi neticesi elde edilen yeni değer ifadesi olarak tanımlanabilir.

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,30 & 0,59 & 0,11 \\ 0,610 & -0,207 & -0,32 \\ 0,21 & -0,52 & 0,31 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

Eşitlik (2.1)'de verilen I ve Q renk fark göstergeleridir. I ve Q değerlerinin sıfıra çekilmesi durumunda Y gri renk değeri şöyle hesaplanır;

$$Y=0,30R+0,59G+0,11B$$

$$I=a(R-Y), Q=b(B-Y) \text{ olur [23].}$$

Gri tonlu görüntülerde, görüntü renk tonları 0,1.....255 değer aralığında sayısal ifadelerden oluşur. Bu gri tonlu görüntülerin 256 tane farklı gri ton değeri ihtiva etmektedir. Burada 256 gri değeri bir bayt olarak ifade edilir.

2.2.3.2. Gri Skala Siyah Beyaz Resim Dönüşümü

İkili renk dönüşümü, resimdeki tüm bilgileri 0 veya 1'e dönüştürülmesi işlemidir. Bu durum, görüntüde sadece siyah ve beyaz renk ikilisinden oluşur. Renkli görüntünün ikili formata çevrilebilmesi için görüntü gri forma çevrilmelidir. Gri görüntü renk ton aralığı olan 0...255 değerleri için bir eşik değeri seçilerek, seçilen referans değere göre diğer ifadeler yuvarlatılır. Resimdeki tüm pikseller 0 ve 1 değerlerinden oluşması sağlanır.

3. KURAMSAL TEMELLER

Görüntü işleme, sayısal bir imge haline getirilmiş gerçek yaşamdaki örüntülerin bir girdi imge olarak değerlendirilip, o imgenin özelliklerinin ve yansımasının değiştirilmesidir. Resimler genellikle analog ortamdan sayısal ortama geçirildiği için gürültü (bozukluk) içerir. Görüntü işleme oluşan bu eksiklikleri düzeltmek için kullanılabilir. Görüntü işleme sistemlerinin çalışmasında kullanılan birçok işlem basamakları vardır [22].

3.1. Görüntü

Görüntü, iki boyutlu $f(x,y)$ fonksiyonu olarak tanımlanabilir ve herhangi bir (x,y) koordinatı için f fonksiyonunun genliği, o noktada, görüntünün yoğunluğu (intensity ya da gray level) olarak adlandırılır. Bütün x , y ve fonksiyon genlikleri sonlu ve tamsayı ise bu görüntü, Sayısal resim olarak adlandırılır [32].

Bilgisayar görüşü insan görme duyusunu taklide çalışan bir alandır. Görüntü analizi ise görüntü işleme ile bilgisayar görüşü arasında bir yeredir. Görüntü işleme ile diğer alanlar arasında kesin çizgiler olmamakla birlikte, bilgisayarla gerçekleştirilen işlem üç farklı seviyede incelenebilir.

Düşük-seviye işleme, gürültü azaltma, karışıklık artırımı ve görüntü keskinleştirme gibi giriş seviyesi işlemlerdir. Adından da anlaşıldığı gibi ön-işleme, elde edilen sayısal resmi kullanmadan önce daha başarılı bir sonuç elde edebilmek için, resmin bazı ön işlemlerden geçirilmesidir.

Orta-seviye işleme, segmentasyon ve nesnelerin tasnif edilmesi gibi işlemleri ifade eder. Orta-seviye işlemede, giriş bir görüntü iken çıkış genellikle bu girişten elde edilen, giriş görüntüsünün kenarları, dış sınırları veya nesnelerin benzerlik durumları gibi özelliklerdir.

Yüksek-seviye işleme ise bilinen nesnelerin gruplandırılması gibi işlemlerdir. Bir metnin otomatik analizi görüntü işlemenin açıklayıcı bir örneği olarak verilebilir. Metni içeren alanın bir görüntü olarak elde edilmesi, bu görüntünün ön işlemeye tabi tutulması, karakterlerin tek tek ayrıştırılması (segmentasyon) ve sonunda bu karakterlerin tanınması görüntü işlemenin görevidir. Metnin anlamının çıkarılması ise bu anlamın karmaşıklık derecesine göre görüntü analizi hatta bilgisayar görüşü alanına girebilir [33].

Ön-işlemler bittikten sonra segmentasyon basamağına geçilir. Segmentasyon, bir resimdeki nesne ve artalanın veya resim içerisindeki ilgilenilen değişik özelliklere sahip bölgelerin birbirinden ayrıştırılması işlemidir. Segmentasyon görüntü işlemenin en zor uygulamasıdır ve

segmentasyon tekniklerinin sonuçlarında belli bir hata oranı olabilmektedir. Segmentasyon bir resimdeki nesnenin sınırları, şekli veya o nesnenin alanı gibi ham bilgiler üretir. Eğer objelerin şekilleriyle ilgileniliyorsa, segmentasyonun bize o nesnenin kenarları, köşeleri ve sınırları hakkında bilgi vermesi beklenir. Fakat resim içerisindeki nesnenin yüzey kaplaması, alanı, renkleri, iskeleti gibi iç özellikleriyle ilgileniliyorsa bölgesel segmentasyonun kullanılması gerekir [34].

Karakter veya genel olarak örüntü, model tanıma gibi oldukça karmaşık problemlerinin çözümü için her iki segmentasyon metodunun da bir arada kullanılması gerekebilir.

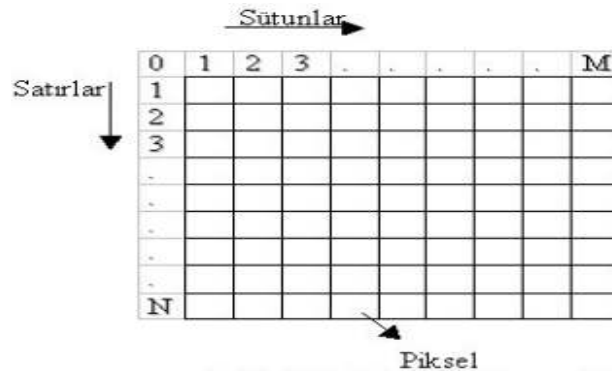
Segmentasyondan sonraki basamak, resmin gösterimi ve resmin tanımlanmasıdır. Ham bilgiler resimde ilgilenilen ayrıntı ve bilgilerin ön plana çıkarılması bu aşamada yapılır. En son kısım ise tanıma ve yorumlamadır. Bu aşamada ise resmin içerisindeki nesnelerin veya bölgelerin önceden belirlenen tanımlamalara göre etiketlenilmesidir.

Görüntünün alınması ve gösterilmesi dışında, görüntü işleme fonksiyonlarının çoğu, temel görüntü işleme algoritmalarına göre yazılmış yazılımlardan ibarettir. Bilgisayarların bazı kısıtlamalarını aşmak ve işlem hızının daha da artırılmasının istendiği durumlarda, görüntü işleme fonksiyonları, donanımla elde edilmeye çalışılabilir [35].

3.1.1. Sayısal Resim

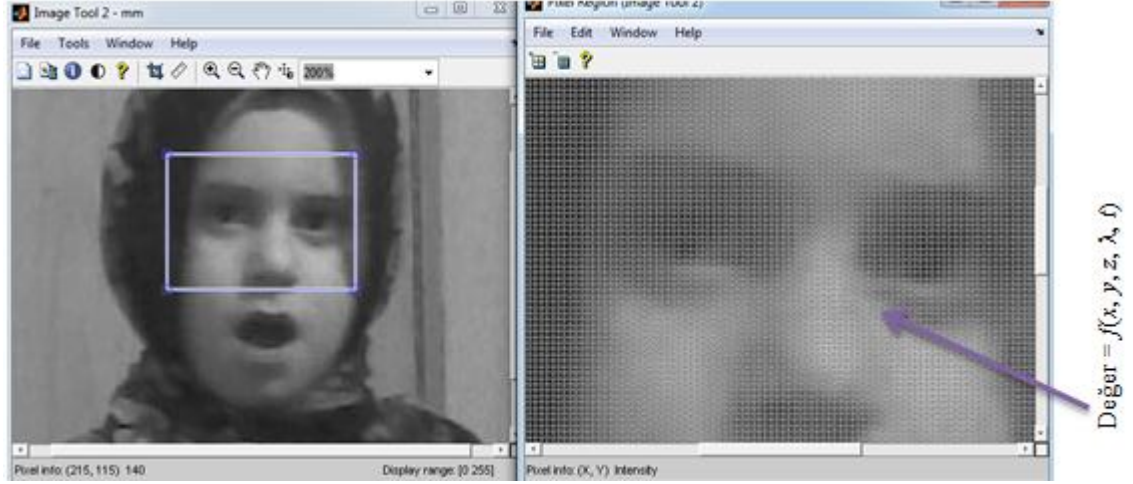
Sayısal görüntülerin Sayısal bilgisayar ile işlenmesi Sayısal görüntü anlamını taşır. Her Sayısal görüntü sonlu sayıda elemandan oluşur ve her bir elemanın kendine özel bir yeri ve değeri vardır. Bu elemanlar resim elemanı olup (Picture element–image elements–pels–pixels) en yaygın kullanılanı piksel olarak adlandırılır [22].

Sayısal resim $M \times N$ boyutunda matris olarak düşünülebilir. Burada satır; ($m=0, 1, 2, \dots, M-1$), sütun da ($n= 0, 1, 2, \dots, N-1$) uzunluğundadır. Her bir pikselin değeri bir dizinin i ve j 'inci terimi olarak ifade edilebilir. Şekil 3.1'de verilen sayısal resim temel gösterimi verilmiştir.



Şekil 3.1. Sayısal Resmin Temel Gösterimi

Sayısal görüntümüz M ve N sayılarında satır ve sütunlardan oluşur. Satır ve sütunların kesiştiği her bölgeye piksel denir. O pikseldeki değer ise derinlik (z) , renk (λ) ve zamanın (t) bir fonksiyonudur [36]. Bu durum şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Sürekli Bir görüntünün Sayısallaştırılması

En basit durumda pikseller 0 veya 1 değerini alırlar. Bu piksellerden oluşan resimlere binary (ikili) resim denir [36]. Böylece her pikselin parlaklık değerinin farklı olması ile gri tonda bir resim elde edilir. En parlak nokta 255 beyaz, en karanlık nokta 0 siyah bunların arasındakiler ise gri renk değerlerini alırlar.

Görüntü piksel değerlerinin belirli aralıklarda olması, meydana gelen görüntünün niteliğini değiştirir. Örneğin 0 beyazı ve n-1 de siyahı temsil eder ve bu değerler arası gri tonlarını ifade eder. b değeri görüntünün 1 pikselini ifade etmek için gereken bit sayısı olmak üzere $n = 2^b$ adet gri ton vardır. Örneğin b=8 ise 256 adet gri tonu bulunmaktadır. En parlak nokta 255 beyaz, en karanlık nokta 0 siyah, bunların arasındakiler ise gri renk değerlerini alırlar. b=1 ise resim sadece 0 ve 1’lerden oluşur. Şekil 3.3’te b=3, 4, 5, 6, 7 değerlerine karşılık gelen n=8, 16, 32, 64, 128 için elde edilmiş görüntüler verilmiştir.

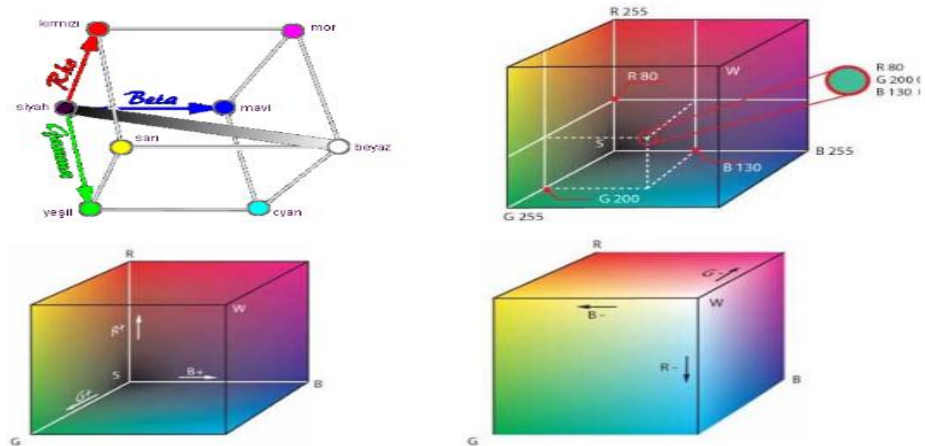


Şekil 3.3. Sayısal resim örnekleri

3.1.2. Renkli Resim İşleme

Renkli resimler üç ana rengin karışımı ile oluşurlar. RGB renk modelinde her renk kırmızı, yeşil ve mavi renk bileşenlerinden meydana gelmektedir. Bu model, kartezyen koordinat sistemi kullanılarak açıklanmaktadır. Şekil 3.4'te küpün kartezyen koordinatlardaki (0,0,0) orijin noktası siyah, orijinden en uzakta bulunan (1,1,1) noktası beyaz olarak gösterilmiştir.

Bu gösterimden anlaşılabacağı gibi beyaz tüm ana renklerin bir araya gelmesi sonucu oluşmaktadır. Tersisi durumda ise siyah meydana gelir. Bu modelde üç boyutlu uzayın bileşenleri kırmızı, yeşil ve mavidir. Bu yüzden küpün eksenleri R, G ve B'yi göstermektedir. Saf mavi (0,0,1) şeklinde gösterilmektedir. Diğerleri de aynı şekilde bir uç noktayı temsil eder. Gri değerler ise siyahtan beyaza doğru çizilen doğru üzerinde gösterilmektedir.



Şekil 3.4. RGB Renk Bileşenleri

RGB değerleri gri tonlarına (3.1) eşitliğindeki gibi dönüştürülür.

$$I_{\text{grey}}(p) = \frac{I_R(p) + I_G(p) + I_B(p)}{3} \quad (3.1)$$

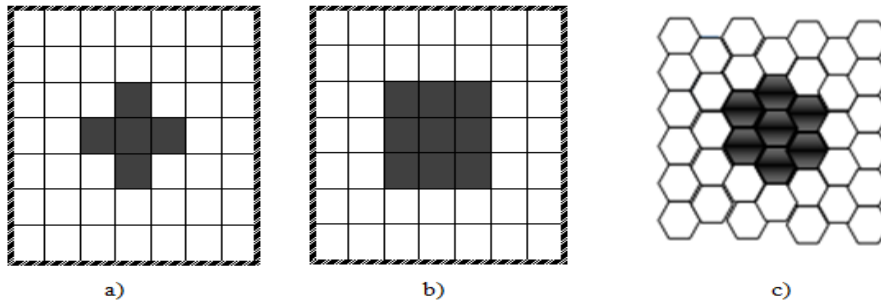
Gri tonları ise ikili resimlere (3. 2) eşitliğindeki gibi dönüştürülür.

$$I_{\text{bin}}(p) = \begin{cases} 1 & I_{\text{grey}}(p) \geq d \\ 0 & I_{\text{grey}}(p) < d \end{cases} \quad (3.2)$$

Burada d belirli bir eşik değeridir (threshold) ve bu değer, dönüşüm için önemli bir değerdir. Eşik noktalarının kullanılması hesaplama işlemini kolaylaştırırken bilgiyi yeterli kullanmaması ve genellikle elle girilen bir değer oluşturması bir dezavantajdır. Tüm renklerin [0,1] kapalı aralığında gösteriminin sebebi renklerin bu aralığa normalize edilmiş olmalarıdır. Renkliden gri seviyeye geçiş eşitlik (3. 3)'teki ifade ile de gerçekleştirilebilir [22].

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B \quad (3. 3)$$

Sayısal görüntü işlemede komşuluk ilişkileri de çok önemlidir. Komşuluk ilişkileri ise ancak görüntü örnekleme yapılarak elde edilebilir. Temel örnekleme yöntemleri dikdörtgensel ve altıgensel örneklemedir. Dikdörtgensel örneklemede resmin üzerinde dikdörtgensel bir ızgara olduğu düşünülür. Altıgensel örneklemede ise resmin altıgenlerden oluşmuş parçalar içerdiği düşünülür. Dikdörtgensel örnekleme, donanımsal açıdan daha rahat gerçekleştirile bilindiği için uygulamalarda daha çok tercih edilir.



Şekil 3.5. a) Merkez piksel dörtlü komşuluk, b) Merkez piksel sekizli komşuluk, c) Merkez piksel altılı komşuluk ilişkisini göstermektedir.

Yerel görüntü işleme operasyonları, çıkış piksel değeri olan $b[m=m_0, n=n_0]$ değerini, giriş pikseli $a[m=m_0, n=n_0]$ değerinin komşularını kullanarak hesaplar. Şekil 3.5'te 4'lü, 8'li ve 6'lı komşuluk ilişkileri gösterilmiştir. Piksel komşuluğunun gösterimi iki veya daha fazla piksel arasındaki ilişkiyi açıklar. (x, y) koordinatlarına sahip p pikselinin 4'lü komşuluk ilişkisi eşitlik (3.4)'deki gibi 8'li komşuluk ilişkisi de eşitlik (3.5)'teki gibidir [32].

$$N4(p) = \{(x + 1, y), (x - 1, y), (x, y + 1), (x, y - 1)\} \quad (3.4)$$

$$N8(p) = N4 \cup \{(x + 1, y + 1), (x + 1, y - 1), (x - 1, y + 1), (x - 1, y - 1)\} \quad (3.5)$$

3.1.3. Nokta İşlemleri

3.1.3.1. Eşikleme (Thresholding)

Eşikleme, bir görüntüdeki farklı yoğunluktaki veya renkteki ön ve arka plan bölgelerini ayırmada kullanılan en temel yöntemdir [37]. Gri seviyeli ya da renkli resimlere uygulanabilir. Belirlenen eşik seviyesinin altında kalan değerler 0, üstünde olan değerler 1 olarak kabul edilir ve resim ikili resme dönüştürülmüş olur. Eşiklemenin iyi sonuç vermediği durumlarda uyarlanabilir eşik yöntemi kullanılır.

Görüldüğü gibi Eşiklemenin cevap veremediği durumlarda daha karmaşık bir yöntem de olsa uyarlanabilir eşik kullanmak gerekebilir [38]. Bu durum şekil 3.6'da verilmiştir.

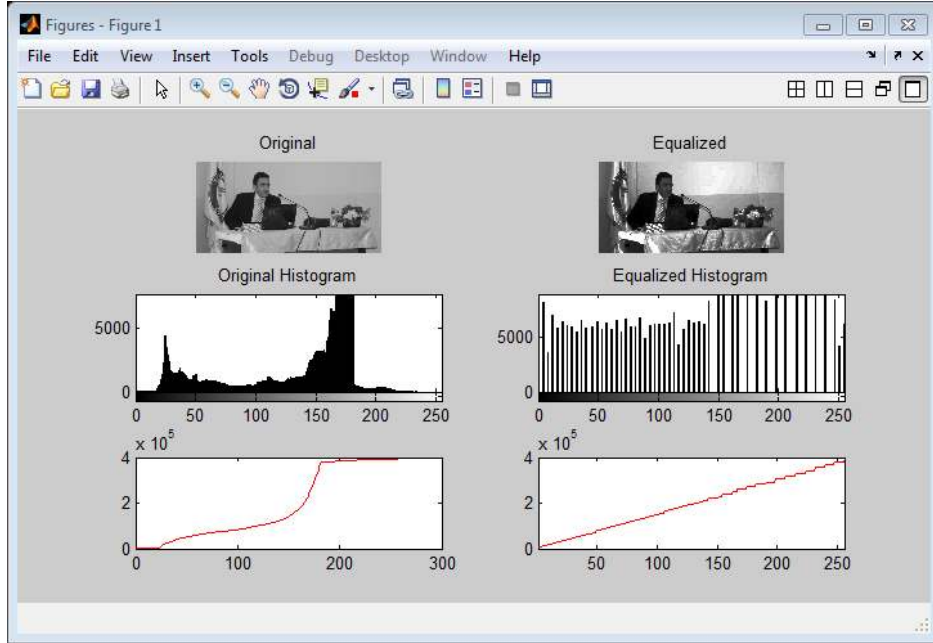


Şekil 3.6. a) Resim, b) Eşik değeri =80, c) Eşik değeri=120, d) Uyarlanabilir Eşik

3.1.3.2. Histogram Eşitleme

Histogram, sayısal bir resim içerisinde her renk değerinden kaç adet olduğunu gösteren grafiklerdir. Bu grafiğe bakılarak resmin parlaklık durumu ya da tonları hakkında bilgi sahibi

olunabilir. Resimlerin renk değeri dağılımlarının bir birine yakın olmasını sağlamak için görüntü iyileştirme metodu olarak Histogram eşitleme kullanılır. Resmin tümüne uygulanabileceği gibi sadece belli bir bölgesine de uygulanabilir ki buna lokal histogram denir [39].



Şekil 3.7. Histogram Eşitleme

Şekil 3.7’de gösterildiği gibi, bu yöntem histogramı dar olan resimler ya da resim içindeki bölgeler için daha iyi sonuç verir. Önce resmin histogramı bulunur. Histogramdan yararlanılarak kümülâtif histogram bulunur. Kümülâtif histogram, histogramın her değerinin kendisinden öncekiler ve kendisinin toplamı ile elde edilen değerleri içeren grafikdir. Kümülâtif histogram değerleri yeni resimde olmasını istediğimiz maksimum renk değerleri ile çarpılıp resimdeki toplam nokta sayısına bölünerek normalize edilir. Daha sonra normalize olmuş histogram değerleri ile resmin renk değerlerini tekrar güncellenirse o resme histogram eşitleme metodu uygulanmış olur [40].

3.1.4. Dijital Filtreler

Filtreler resmin içerisindeki bazı ayrıntıları ortaya çıkartmak veya resim içerisindeki istenmeyen gürültülerin yok edilmesini sağlamak için kullanılmaktadır. Özellikle resimleri sayısal olarak kaydeden cihazların görüntüyü hatalı bir şekilde elde etmeleri ve aydınlatma

gibi çevre koşullarının yetersizliğinden kaynaklanan birçok kayıp ya da pürüz görüntü işleme filtreleri kullanılarak en aza indirilebilmektedir.

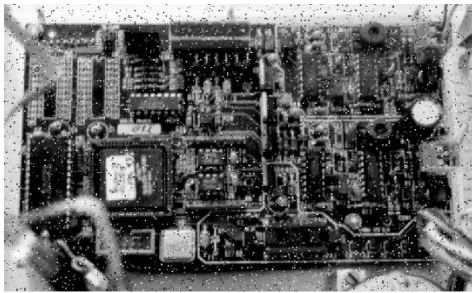
Filtreleme resmin üzerinde bir filtre varmış gibi düşünüp her piksel değerinin yeniden hesaplanmasıdır. Filtreler sayesinde değişik efektler verilerek girdi resminden yeni resim elde edilir. Filtreleme işlemi (3.6) eşitliğindeki gibi elde edilebilir. Eşitlikteki h fonksiyonu filtredir [22].

$$f'(x, y) = \sum_{i=-\infty}^{+\infty} \sum_{j=-\infty}^{+\infty} h(i, j) * f(x - i, y - j) \quad (3.6)$$

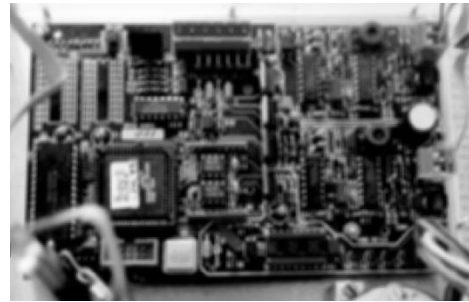
Genelde 3x3 (piksel) matris halinde bir maske görüntü üzerinde gezdirilir. Her piksel değeri gezdirilen nesnenin altında kalan değer ile çarpılır ve filtre içindeki elemanların toplamına bölünür. Filtreleme işlemi, görüntü komşuluk bölgesine dayalı bir görüntüdeki istenen nesnelerin belirginleşmesi ya da bastırılması amacıyla kullanılır. Düzleştirme (smoothing) için alçak geçiren filtre, keskinleştirme (sharpening) için yüksek geçiren filtre kullanılır. Örneğin, alçak geçiren bir filtre, benzer tonda homojen alanları düzleştirerek, küçük detayları azaltıp sadeleştirmeye yarar [28]. Yüksek geçiren filtreler ise kenar belirginliği (detay) mümkün hale getirerek netleştirmeyi sağlar. Görüntü üzerine filtrelerin uygulanması; kontrastı arttırma, gürültü kaldırma, kenarlar bulma, şekli değiştirme gibi amaçlar içerir.

3.1.4.1. Ortalama (Average) Filtre

Gaussian tipi gürültü gidermede alçak geçiren filtre olarak ortalama filtre kullanılır. Bir görüntüye konvolusyon fonksiyonu uygulanırsa, görüntüde gürültü gideren bir alçak geçiren filtre elde edilir. Bu durum şekil 3.8’de gösterilmiştir.



a)



b)

Şekil 3.8. Görüntü Filtreleme a) Gürültülü resim, b) Ortalama Filtre Uygulanmış Görüntü

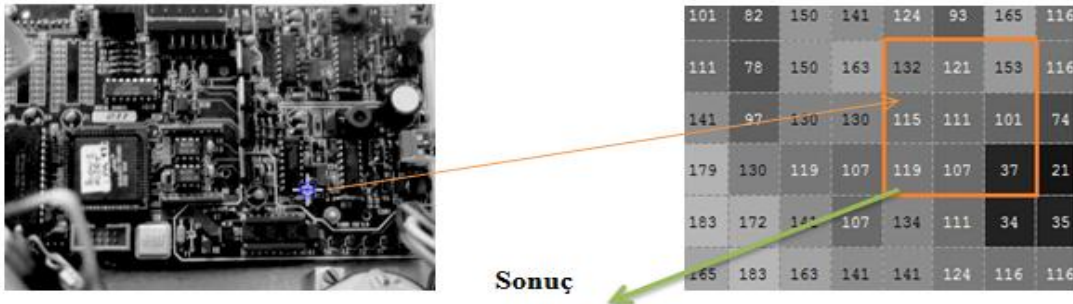
3.1.4.2. Orta Değer (Median) Filtre

Blok içerisindeki ışıklılık değerine herhangi bir matematiksel işlem uygulanmadan pikselin yeni değeri hesaplanır. Aşağıda 3x3 bloklar kullanılarak yapılan bir medyan süzgeci işlemi görülmektedir [41].

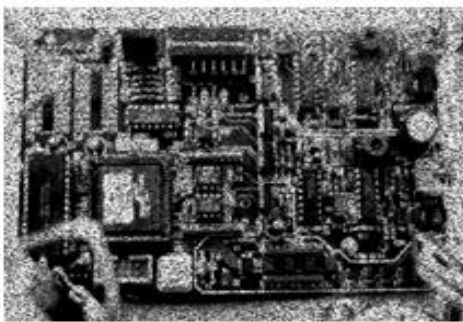
25	28	34	x	x
45	41	56	x	x
38	46	29	x	x
x	x	x	x	x

25 28 29 34 38 41 45 46 56

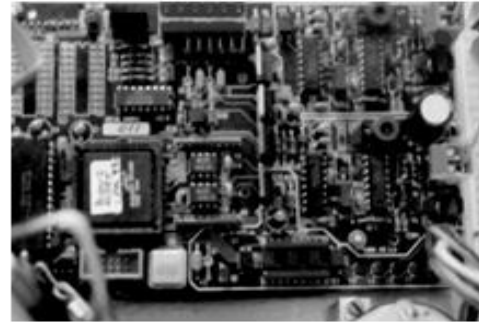
Görüntü değerleri, komşu pikseller arasında kaydırma yöntemiyle hesaplanır. Merkez pikselin bulunmasıyla diğer komşu piksellerle beraber sıralanır. Sıralanan piksellerden ortancası çıkış piksel değeri olarak, görüntüde işlenen giriş piksel değerine atanır [28].



Komşuluk bölgesi değerleri: 37 101 107 111 **115** 119 121 132 153



a)



b)

Şekil 3.9. Median Filtre, a) Gürültü Eklenmiş Resim, b) Median Filtre Uygulanmış Resim

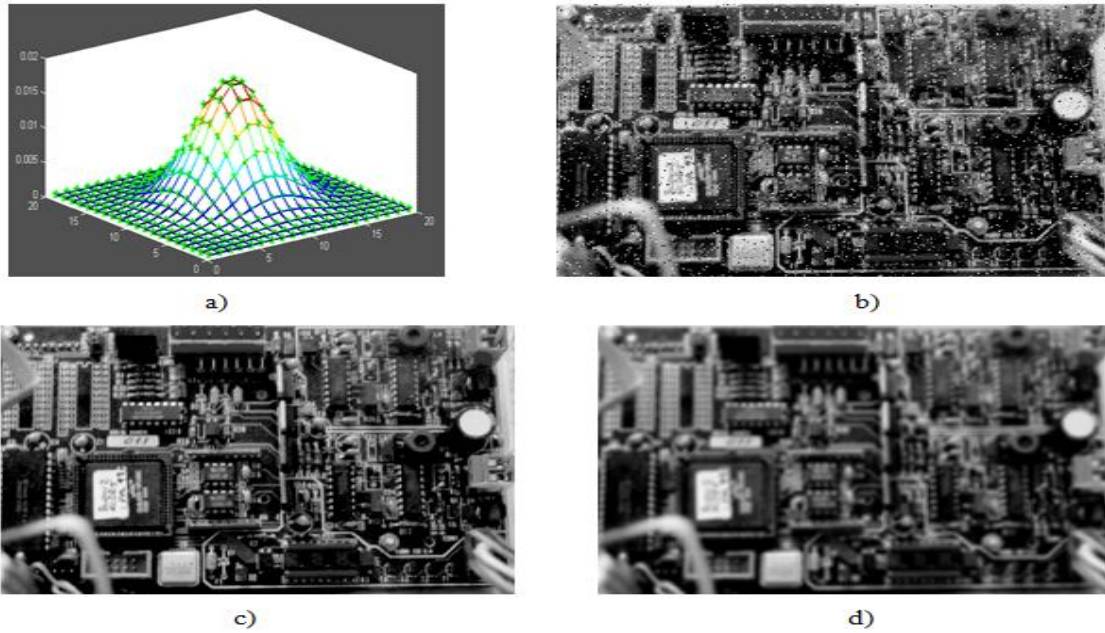
3.1.4.3. Gauss (Gaussian) Filtre

Standart sapmanın genişliğine bağlı olarak oluşturulan çekirdeğin görüntüye uygulanması durumunda, görüntüde düzleştirme ve bulanıklık etkisi oluşturan alçak geçiren gauss dağılım fonksiyonu oluşturulmuş olur. Görüntüde bulanıklık etkisini σ (sigma) belirler. Ortalama filtrede olduğu gibi taneli yapıdaki gürültüyü ortadan kaldırır. Gauss dağılım formülü eşitlik (3.8)'de verildiği gibidir [28].

$$G(i, j) = k * \exp\left(-\frac{i^2 + j^2}{2\sigma^2}\right) \quad (3.8)$$

k, skaler bir sabit olup görüntü yoğunluğunun ağırlık fonksiyonunun toplamından elde edilir.

`h = fspecial('gaussian', [20 20],3)`



Şekil 3.10. a) Gauss Çekirdek Örneği, b) Gürültü Eklenmiş Resim, c) $\sigma(\text{sigma})=0.01$ Değerine İçin Elde Edilen Gaussian Filtre İle Elde Edilen Görüntü, d) $\sigma(\text{sigma})=1$ Değerine İçin Elde Edilen Gaussian Filtre İle Elde Edilen Görüntü

3.1.5. Matematiksel Morfoloji

İlk olarak 1980'li yıllarda Georges Matheron ve Jean Serra tarafından Matematiksel morfoloji teorisi tanıtılmıştır. Görüntü işleme operatörlerine geniş ölçüde katkı yapan

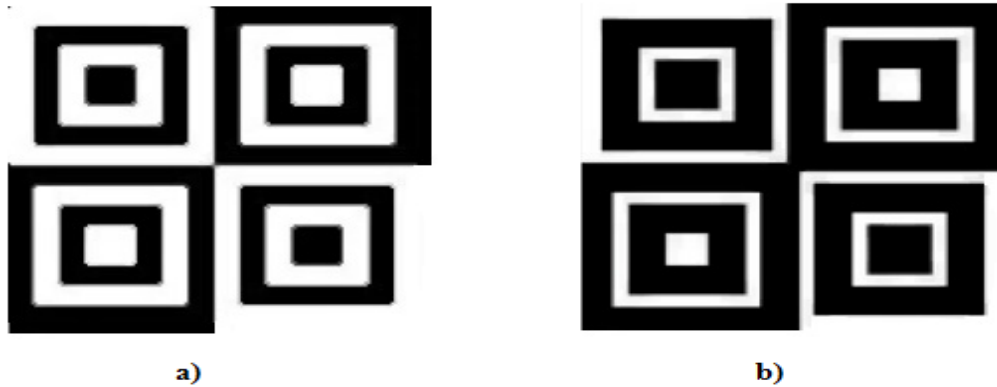
matematiksel morfoloji, özellikle ikili resimlerin analizinde ve kenar belirleme, gürültü giderme, görüntü iyileştirme ve segmantasyonu gibi ortak işlemlerde kullanılır. Matematiksel morfolojide iki temel işlem olarak aşındırma(erosion) ve genişletme(dilation) kullanılır. Her iki işlemde de iki giriş değişkeni kullanılır. Bunlardan biri genişletilecek veya aşındırılacak görüntü, maske ya da kernel olarak isimlendirilen biçimsel ifadedir [32].

3.1.5.1. Genleşme (Dilation) İşlemi

İkili görüntüdeki nesneyi büyötmeye veya kalınlaştırmaya yarayan matematiksel işlemdir. Sayısal bir görüntüyü yapısal elemanla kesiştiği bölümler kadar genişletmektir. İşlenecek görüntünün her bir pikseli, yapısal elemanın merkez noktasına oturtularak genleşme işlemi yapılır. Genleşme işleminin nasıl yapılacağını yapısal eleman belirler [42].

Bir X kümesi ile B yapısal elemanı üzerinde uygulanan genleşme işlemi $X \oplus B$ şeklinde gösterilir. Tanım olarak genleşme işlemi; $X \oplus B = \{p \in Z^2: p = x + b, x \in X, b \in B\}$ verilebilir.

Şekil 3.11’de gösterildiği gibi genleşme işlemi uygulanmış bir görüntünün köşe noktalarının yumuşadığı ve boşlukların dolduğu görölmektedir [42].



Şekil 3.11. Genleşme İşlemi a) Orijinal Görüntü, b) Genleşme İşlemi Uygulanmış Görüntü

3.1.5.2. Aşınma (Erosion) İşlemi

İkili görüntüdeki nesneyi küçölmeye ya da inceltmeye yarayan morfolojik bir yaklaşımdır. Genleşmenin tersi olarak düşünölebilir. Görüntüdeki nesnelerin küçölmesi, varsa deliklerin genişlemesi ve bağılı nesnelerin ayrılması durumu ortaya çıkar [42]. Aşınma işlemi Minkowski küme çıkarma işlemi olarak tanımlanır ve $\ominus$ işareti ile gösterilir. Tanım olarak;

$X \ominus B = \{p \in Z^2: p + b \in X, \forall b \in B\}$ şeklinde ifade edilir.

Aşınma işlemi sonunda B kümesi içindeki her b noktası için bütün $p + b$ noktaları X kümesi içerisinde olacak şekilde p noktası elde edilir. Bu durum sonrasında elde edilen görüntü orijinal görüntüye göre daha az dolu piksele sahiptir. Görüntüdeki bazı ayrıntılar kaybolduğu görülür. Şekil 3.12’de yapısal bir görüntünün aşınma işlemi sonucunda elde edilen son durumu gösterilmiştir [43].



Şekil 3.12. Aşınma İşlemi a) Orijinal Görüntü, b) Aşınma İşlemi Uygulanmış Görüntü

3.2. Görüntü Eşleme

Pikselin fotoğrafta karşılık geldiği bir radyometrik değeri vardır. Bu radyometrik değerler pikselin belirli renklerdeki sayısal gri değerleridir. Fotogrametri, şekil ve konumuna göre bir cismin çekim vasıtasıyla yeniden oluşturulması işlemidir. Teknolojik çağda ilerlerken sadece harita sektöründe değil diğer sektörlerde de bilgisayarlar teknolojilerindeki gelişmelere paralel olarak sayısal veriye olan ihtiyaç, fotogrametri bilimine olan ilgiyi artırmıştır. Son yıllarda fotogrametri işlemlerinin tamamının bilgisayar ortamında yapıldığı dijital fotogrametri yöntemiyle kullanılmaktadır. Dijital fotogrametri yöntemiyle analog ve analitik değerlendirme yöntemlerine göre veri üretimi daha kolay ve az maliyetle elde edilmektedir [32].

3.2.1. Görüntü Eşleme Yöntemleri

Bir resimdeki görüntü parçasının diğer resimdeki yerinin araştırılması işlemine görüntü eşleme adı verilir [44]. Analog ve analitik aletlerle yapılan, resim koordinatları ve resim orta noktasının ölçülmesi gibi işlemler Dijital Fotogrametri için de önemlidir. Dış yöneltmenin otomatik olarak yapılabilmesi için bir stereo modelde aynı cisme karşılık gelen noktalar

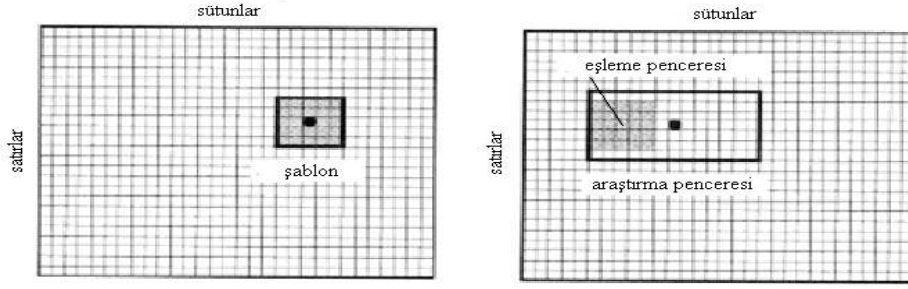
otomatik olarak bulunmalıdır. Bu işlemin yapılabilmesi için bir resimdeki görüntü parçasının diğer resimdeki yerinin araştırılması gerekir. Yapılan bu araştırma işlemine Görüntü Eşleme (Image Matching) denir. Görüntü Eşleme yöntemleri aşağıdaki gibi sıralanabilir [45].

- Alana Dayalı Görüntü Eşleme Yöntemi: ABIM(Area Based Image Matching)
- Özelliğe Dayalı Görüntü Eşleme Yöntemi: FBIM(Feature Based Image Matching)
- İlişkisel Görüntü Eşleme Yöntemi: RIM (Relational Image Matching)

En Küçük Karesel Eşleme (LSM) ve Karşılıklı İlişki (CC), Alana Dayalı Görüntü Eşleme yöntemlerindendir. Eşleme yöntemlerinde ilk olarak, sol resimdeki bir noktanın sağ resimdeki yaklaşık konumunun bulunması gereklidir. Bunun için en iyi çözüm Affin dönüşümüdür. İki resimdeki ortak noktalar yardımı ile Affin dönüşümü yapılarak resimlerin birbirlerine göre durumları, yani iki resim arasındaki Affin dönüşüm parametreleri belirlenir. Bu işlem için en az 3 nokta yeterlidir. Daha fazla nokta kullanıldığında, parametreler En Küçük Kareler dengelemesiyle bulunabilir. Bu işlem bindirmeli her resim çifti için yapılır [45].

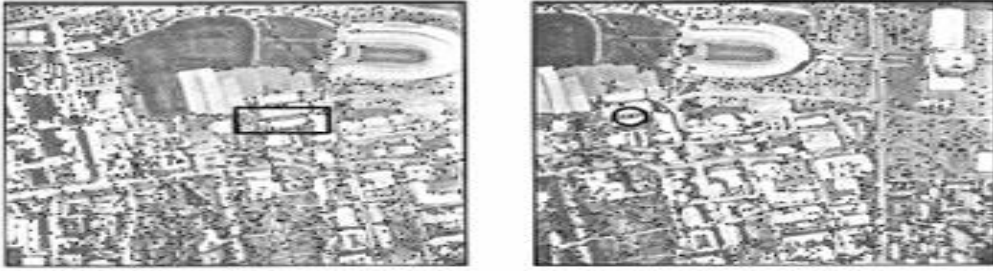
Alana Dayalı Görüntü Eşleme yöntemi, piksellerin gri değerleri dikkate alınarak yapılır. Örneğin Karşılıklı İlişki yönteminde, resim çiftlerinin çekim sırasına göre önce olan sol resim üzerinde operatör noktanın yerini belirler. Bu noktanın sağ resim üzerindeki yerinin bulunmasında, sol resimde seçilen noktanın etrafındaki piksellerle sağ resimdeki yaklaşık yerinin etrafındaki piksellerin gri değerleri arasındaki farklarından faydalanılarak sağ resim üzerindeki noktanın yeri bulunur. En Küçük Karesel Eşlemede ise, sol resimde işaretlenen noktanın etrafındaki piksellerle bu noktaya karşılık gelen sağ resimdeki yaklaşık yerinin etrafındaki piksellerin gri değer farkları minimum olacak şekilde eşleme yapılır [46].

Alana dayalı eşleme dijital fotoğrometrideki en popüler eşleme metodudur. Gri değerler eşleme varlıkları olarak kabul edilirler. Şekil 3.13'te verilen şekilde mantık olarak iki görüntü arasındaki gri değer değişimlerini kıyaslamak ve korelasyon ya da en küçük kareler yöntemiyle ortak noktaları tespit edildiği görülmektedir. Alana dayalı eşleme yönteminde çapraz ilişki ve en küçük kareler eşlemesi kullanılır. Detaya dayalı görüntü eşleme tekniğinde görüntülerin simgesel tanımlamaları kullanılır. Detaya dayalı görüntü eşleme iki aşamadan meydana gelir. Birincisi, tüm görüntülerde ilgili detayların ve özelliklerinin çıkarılması, ikincisi ise benzer detayların tüm görüntülerde tanımlanmasıdır. Detay bazlı eşleştirme gri değerli görüntüden varlıkların detaylarını çıkarmak için kullanılır [32].



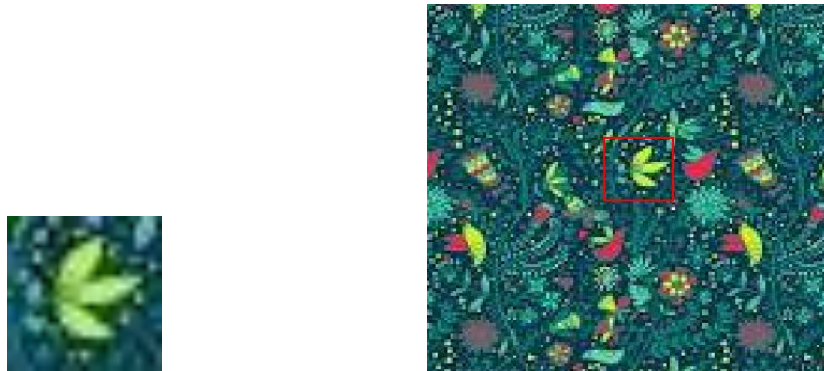
Şekil 3.13. Görüntü Eşleme [32]

Nokta detaylar: Bu yöntemin ana fikri ayrı ayrı görüntüdeki noktaları yüksek olasılıklı bölgelerde tanımlamaktır. Detay noktalarını eşleştirmenin kolay yolu bölge bazlı eşleştirmedir. Detay noktalarını sınırlandırmanın en uygun yolu yeterli bilgiye sahip görüntü parçalarını bulmakla olur. Bu sayede korelasyon başarılı olmak için en yüksek şansa sahiptir [43]. Nokta detaylar şekil 3.14’te verilmiştir.



Şekil 3.14. Nokta Detaylar

Alan bulma: Alan bulma işlemi görüntünün segmentlere ayrılması, histogram ile eşik belirleme veya ten bulma gibi farklı çözüm metotları geliştirilebilir. Alanları eşleştirmede ideal durum perspektif görüntüler ve farklı aydınlatmalara sahip her biri küçük ayrı ve uyuşan görüntülerin bulunduğu alanları bulmakla olur [42]. Şekil 3.15’te alan bulma yöntemi kullanılan işlem çıktısı görülmektedir.



Şekil 3.15. Alan Bulma Yöntemi

3.3. Yapay Zekâ İle Örüntü Tanıma

Yapay zekâ; Psikolojik, biyolojik, fiziksel ve işlevsel açısından insanı taklit eden sibernetik, robotik ve bilgisayar kontrollü akıllı makinalardır.

Gelişen teknoloji ile birlikte bir takım çevre şartlarının ihtiyaç duyulan problemlerin kesin netice verme olanağının olmadığı, çoğu zaman bulanık karar ortamlarında değerlendirilen girdi değerlerine karşılık belirli neticeler veren akıllı sistemler yapay zekâ çalışmaları olarak bilinir. Robot teknolojisindeki gelişmelerin yapay zekâ çalışmalarında gelinecek noktanın altını çizmektedir. Düşünebilen, verilen komutlarla yön bulabilen, tanıyabilen ve duygulara karşılık durum belirleyen robotlar geliştirilmiştir. Bu durum insanoğlunun kendini tanımasıyla birlikte biyolojik ve sinirsel ağ yapılarının anlaşılmasıyla taklitsel yapay zekâ ürünleridir. Günlük hayatta karşılaşılan birçok probleme çözüm üretmek için yapay zekâ tekniği, sonuç üretimi noktasında önemli bir yer tutmaktadır [37].

Karmaşık işaret örneklerini veya cisimlerin ortak özellikleri tespit edilmiş karakterlerle aralarında ortak ilişki bulunan nesnelerin sınıflandırılması olayına örüntü tanıma denir [47].

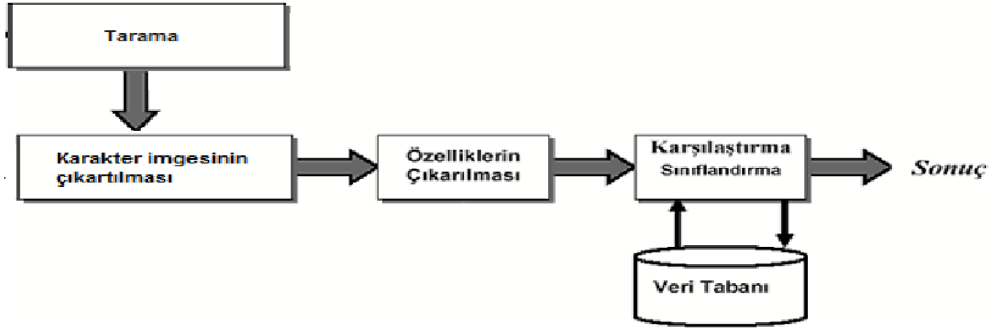
İlgilenilen nesnenin, ilgili değerlendirilebilir ve hesaplanabilir veriler topluluğu örüntü olarak ifade edilir. Örüntünün ilgilenilen tarafı genellikle verilerin nicel tanımlamaya bağlı çeşitli ses, şekil ve biçimsel tüm örüntü şekillerinin çıkardıkları dilsel betimlemelerdir. Geniş anlamda günlük hayatta mühendisliğin, bilimin etkinliğini kapsamaktadır. Tecrübelerle dayalı olarak pratikte karşılaşılan örüntü tanıma hadiseleri insanlar tarafından değerlendirilebilir [50].

Analog ifadelerin sayısallaştırılması ve bilgisayarın anlayabileceği forma getirme işlemi, optik karakter tanıma (OKT) performansına bağlı olmaktadır. Basılı karakter tanıma başarı oranı, baskılı ve el yazması karakterlerden daha yüksektir. Yapay zekâ uygulamalarında örüntü tanıma geniş yer tutmaktadır. Bankacılık ve kriminolojide imza tanıma, optik karakter tanıma, uzay, biyoloji, tıp, mühendislik bilim yapısında görüntülerin değerlendirilmesi örüntü tanımının yapay zekâ uygulamalarındandır [32,33].

3.3.1. Optik Karakter Tanıma (OKT)

Optik Karakter Tanıma (OKT), örüntü ifadelerindeki metin veya karakterin ASCILL koda dönüştürme, el yazısı işaret ve karakterlerin OCR metodolojisi ile tanınmasını sağlayan ICR (İntelligent Character Recognition) teknolojidir. OCR (Optic Character Recognition) ve metin Tanıma olmak üzere iki sınıfa ayrılabilir [48].

Optik karakter tanıma sistem yapısı birkaç modülden oluşmaktadır. Bunlar; belge tarama, karakter imgesini ayırt etme, karakter imgelerinin sınıflandırılması şeklinde sıralanır. Genel anlamda optik karakter tanıma sisteminin genel yapısı, basılı belgeyi tarar, taranan veride bulunan karakter imgelerinin önceden bilinen karakterlerle karşılaştırarak bu ifadenin hangi karaktere ait olduğunu sonucunu üretir. Sistem önceden tanımlanmış karakter imgelerini kendi veri tabanında tutar.



Şekil 3.16 OKT sistemlerinin genel yapısı [49]

Şekil 3.16’da Optik karakter tanıma sisteminin genel yapısından görüldüğü gibi, metnin taranması ile başlayan veri tabanı karşılaştırması yapıp sonuç üreten algoritmik basamaklarla devam eden süreç olduğu görülmektedir. Her bir karakterin ölçüleri farklı ölçü ve şekillerde olabilir [49].

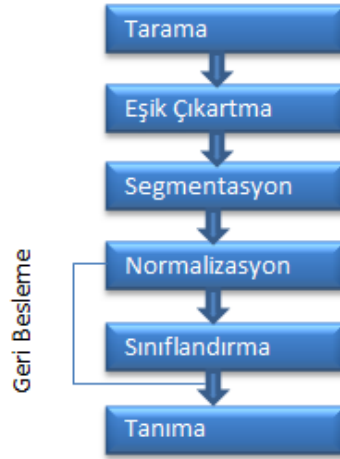
3.3.2. Karakter Tanıma

Makine veya elle yazılmış karakterlerin bilgisayar tarafından tanınması işlemi karakter tanıma olarak ifade edilir. Metin tabanlı giriş örüntülerinin anlamlı çıktılar üretme işlemi karakter tanıma tanımına girmektedir. Makine tarafından okunabilecek forma getirmek için dokümanların tarama, kamera ile görüntüleme veya dokunma duyarlılıklı ekrana doğrudan yazma gibi yöntemler mevcuttur. Bilgisayarlara insanlar gibi örüntüleri ayırt edebilme gibi fonksiyonel özellik kazandırabilmek için birçok çalışma yapılmıştır. Yorumlanması zor veya değerlendirilmesi insan açısından külfet getiren bir takım problemler bilgisayarlı tanıma ile daha rahat çözülebilir. Şablon eşleme örüntü tanımanın en kolay metodudur. Hafızada saklanan her bir örüntü için küçük alt şablon kümeleri oluşturulur. Örüntü tanımanın veri tabanında karşılaştırma basamağına gelince bilinmeyen sınıf her sınıfın şablonu ile kıyaslaması yapılır. Örüntünün seçilen bazı özellikleriyle şablon karşılaştırması yapılırsa

arama performansı artacağından, özellik çıkartımı ve sınıflandırma örüntü tanımada iki ayrı aşamada değerlendirilmektedir. Özellik çıkartma; örüntü üzerinde bazı hesaplamalar yaparak bir özellik vektörü oluşturulur. Problemin yapısına göre özellik vektörü farklılık göstermektedir. Sınıflandırma aşamasında çıkarılan özellikler dikkate alınarak örüntünün hangi sınıfa ait olduğu tespit edilir. Sınıflandırıcılar belirli gruplara göre ayrılmışlardır [32,49].

3.3.3. Karakter Tanıma Ön İşlemleri

Karakter tanıma ön işlemlerinden bazıları; tarama, eşik çıkartma, segmentasyon, normalizasyon ve sınıflandırma olarak verilebilir. Bunların akış şeması şekil 3.17’de gösterilmiştir.



Şekil 3.17. Karakter Tanıma Sisteminin Akış Şeması [49]

3.3.3.1. Tarama

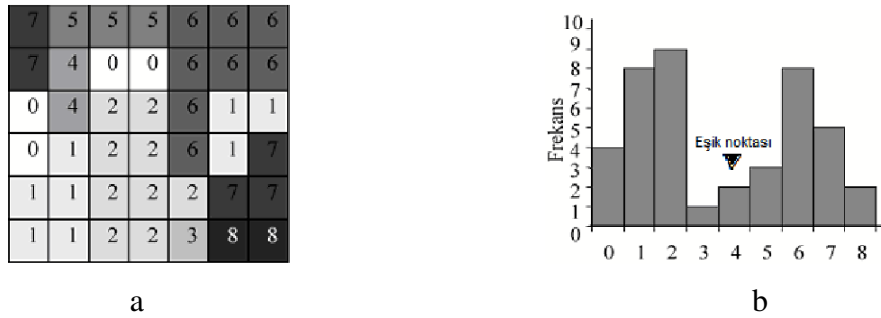
Tarama işlemi, örüntü imgesi tarayıcı ve dijital kamera ile taranarak ikili imge halinde elde edilir. Karakterlerin anlamlı okunabilmesi, tanımlanabilmesi için kaliteli taramanın yapılması önemlidir. Doğru sonuç elde edilmesi oranı genellikle örüntü 100dpi çözünürlük kalitesinde tarama yapmaya bağlı olmaktadır [49,50].

3.3.3.2. Eşik Çıkartma

Giriş karakterlerinin ikili görüntüsünün elde edilmesi için eşikleme kullanılır. Her bir karakterin bilgisayar ekranında karşılık geldiği piksel parlaklık derecesi vardır. Piksel

parlaklık derecesinden oluşan bir örüntü, matris şeklinde tutulur. Birçok karakter tanıma sistemleri gri seviyelerini ikili seviyeye indirgemektedir. Akış şemasındaki bu adımın amacı siyah beyaz resimlerden ikili (0,1) resim oluşturup, arka plan (0) ve karakter resmini (1) elde etmektir. Burada değeri belli eşik değerinden aşağı olan piksel sıfır, yüksek olan piksel ise bir olarak değerlendirilir.

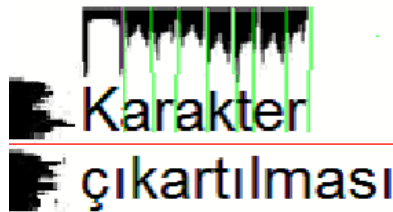
Piksel Histogram metodu kullanılarak, giriş imgesindeki aynı rengi temsil eden piksellerin toplam sayıları bulunarak histogram oluşturma yöntemi ile 0 ve 1 arasındaki eşik değeri hesaplanır [49,51,52].



Şekil 3.18. a) Taranan belgenin siyah-beyaz imgesi b) eşik noktası [49]

3.3.3.3. Segmantasyon

Karakterlerin çerçevelenmesi için ilk olarak metnin satırlara ayrılması gerekmektedir. Satırların ayırt edilebilmesi için örüntünün dikey başlangıç noktasından başlamak üzere her bir yatay piksel taraması soldan sağa doğru yapılır. İlk rastlanılan siyah piksel satır başı kabul edilir. Bundan sonra gelen ilk piksel içermeyen piksel satırı, metin satırının içine aldığı yatay piksel satırını, diğer bir ifadeyle satır yüksekliğini belirler. Satırın başlangıç ve son pikselleri arasında yatay başlangıç noktasından başlanarak dikey tarama yapılır. Satır belirlemek için benzer şekilde, rastlanan ilk siyah piksel içeren sütun karakterin sol başlangıcı kabul edilir. Sol ve sağ kenarlarından boşluk olmayan çerçevenin içine alınarak karakter genişliği tespit edilmiş olur [32]. Her bir karakter imgesinin ikili imgeden ayrılması işlemi Şekil 3.19’da verildiği gibi, ayrılan resim iki yönlü dizin şeklinde verilir.



Şekil 3.19. Karakterlerin Örüntüden Ayrılması

Harflerin birbirlerine yakın olması veya bitişiklik olabilmesi durumu optik karakter tanıma sisteminin, harflerin yapısı konusunda eğitilmemiş ayırıcı sistemin harfleri ayırt edebilmesi güçleşebilmektedir. Bu durumu ortadan kaldırmak için basit ve kullanışlı bir yöntem olarak karakterler dikey ve yatay boşluklara göre belirlenir. Aynı yöntem satırların ayrılmasında da kullanılır.

3.3.3.4. Normalizasyon

Karakter geometrisindeki değişim olarak ifade edilen normalizasyon, pozisyon, boyut ve konum durumları değişim parametreleridir. 15x8 ve 12x10 boyutlarındaki bir imgenin 30x30 bir alana taşınması normalizasyon işlemi için verilebilecek bir örnektir [52].

3.3.3.5. Sınıflandırma

Örüntü özellik kümesinin indirgendiği ve hesaplandığı tanımlayıcı karar basamağını sınıflandırma teşkil eder. Özellik vektörü çıkartıldıktan sonra tanımlanma modülü basamağına geçilir. Karakterler Şekil 3.20’de görüldüğü gibi farklı ölçü ve şekillerde olabilir. Karakterler, sisteme tanımlı ve veri tabanında bulunan karakter imgelerini nazara alarak yapılan bu işlem sınıflandırma işlemidir.



Şekil 3.20. M ve H harf imgelerinin sınıflandırılması

Sınıflandırma aşaması sonrası tanıma işlemi gerçekleştirilir. Tanınmayan veya yanlış tanınan imgeler tekrar ayrılma işleminden geçirilip tanımaya gönderilir. Gürültü, karakter bitişikliği, sistemde kayıtlı olmayan imgeler vb. sebeplerden dolayı geri besleme işlemine gerek duyulur.

3.3.4. Karakter Tanıma Yöntemleri

Karakter tanıma uygulama çalışmaları birçok alanda kullanılmasından dolayı yaygınlık kazanmış ve uzun zamandır üzerinde epey çalışmalar yapıp çeşitli yöntemler geliştirilmiştir.

3.3.4.1. Korelasyon

Karakter tanıma sahasında ilk yaklaşımlardan biri basit optik şablon eşlemedir. Karakter tanıma literatüründe sıkça kullanılan korelasyon, en basit anlamda iki ikili örüntü arasındaki Hamming uzaklığının belirlenmesi olarak ifade edilir [53].

$$X = \{x_1, \dots, x_i, \dots, x_n\} \quad \text{ve} \quad X' = \{x_1', \dots, x_i', \dots, x_n'\} \quad \text{vektör değerleri için}$$

$$e_i = \begin{cases} -1, & \text{eğer } x_i \neq x_i' \\ 0, & \text{eğer } x_i = x_i' \end{cases} \quad \text{olsun. Bu durumda } X \text{ ve } X' \text{ arasındaki Hamming uzaklığı}$$

$\sum_{i=1}^n e_i$ 'ye eşittir. Özet olarak, bu uzaklık ikili değişimler sayısını ifade etmektedir.

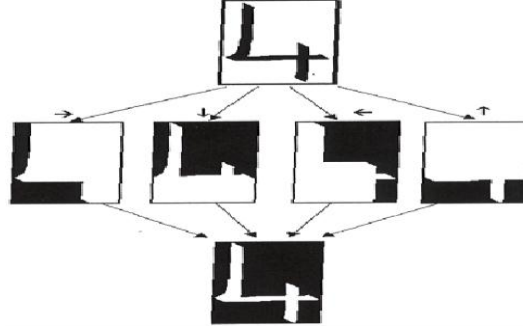
3.3.4.2. Kontur Çıkarma

Çerçevenilmiş karakterin dört yönlü(sol, sağ, üst, alt) incelenmesine dayalı bir algoritma yapısıdır. Bu dört yönlü iz düşümü bilgilerinin karşılaştırılması ile karakter tanıma gerçekleştirilir. Arama performansını artırmak için dört yönde elde edilen uzaklık bilgileri toplanarak toplam iz düşüm değerleri elde edilir. Aynı değerli birkaç karakter bulunması durumunda oluşturulmuş yön bilgilerini içeren dört vektörün farkları değerlendirilir. Dört yönde normalize edilmiş karakterlerin iz düşüm farklarının toplamı alınarak minimum olanı olası sonuç kabul edilir [53].

$$\begin{aligned} r_{sol} &= \{x_1, x_2, \dots, x_n\} \\ r_{üst} &= \{x_1, x_2, \dots, x_m\} \\ r_{sağ} &= \{x_1, x_2, \dots, x_n\} \\ r_{alt} &= \{x_1, x_2, \dots, x_m\} \end{aligned} \tag{3.10}$$

$$\varphi = \min \sum_i^4 (r_{taban(i)} - r_{girilen\ karakter(i)}), i = (\text{sol, üst, sağ, alt})$$

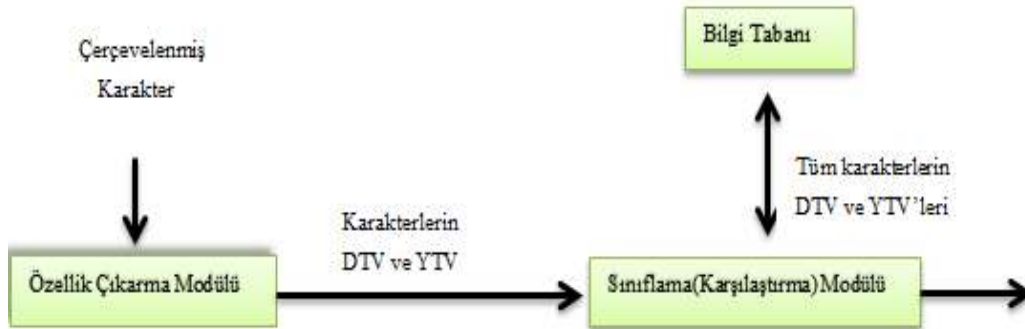
Şekil 3.21'de bu dört yönde oluşan iz düşüm bilgilerinin ve toplam sonuç bilgilerinin elde edilmesi gösterilmiştir [32].



Şekil 3.21. Kontur Çıkartma

3.3.4.3. Tekleştirme Modeline Dayalı Tanıma

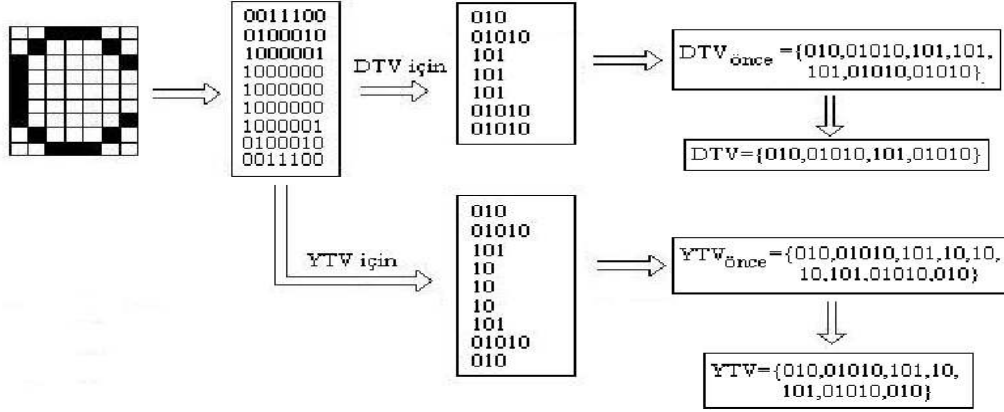
Bu modelleme yöntemi, karakterlerin iskeletlerinin modellenmesi çalışmasıdır. Yalnız bu kontur görüntüdeki yatay ve dikey yönlerden ayrı ayrı sıkıştırılan değişimleri ifade etmektedir. Diğer yöntemlerde kullanılan inceltme, ölçekleme problemleri bu yöntem ile zıtlık ifade etmemektedir. Bu modelin sistem genel yapısı olarak, doküman parçalama modülünden gelen çerçevelenmiş siyah beyaz karakter görüntüsünü giriş olarak alır, dikey ve yatay olarak taranıp, sırasıyla Dikey Tanımlama Vektörü (DTV) ve Yatay Tanımlama Vektörü (YTV) elde edilir. Burada diğer tanıma yöntemlerinde olduğu gibi, bilinen karakterlerin özellik vektörlerinden oluşan bir bilgi tabanı bulunmaktadır. Bilgi tabanındaki bu vektörlerle, araştırılan karakterden çıkarılan DTV ve YTV karşılaştırılarak sınıflandırma işlemi gerçekleştirilir. Şekil 3.22’de tekleştirme modeline dayalı tanıma sisteminin genel yapısı gösterilmiştir [32,53].



Şekil 3.22. Tekleştirme Modeli İle Tanıma Sisteminin Genel Yapısı

Özellik Çıkarma

Yukarıda bahsedildiği gibi karakter iskeletini modellemek üzere DTV ve YTV olmak üzere iki ayrı özellik vektörü kullanılmaktadır. Siyahtan beyaza ve beyazdan siyaha geçme sayısı ve sırası görüntüdeki vektör belirleyicilerdendir. Çerçevelemiş bir karakterin özellik vektörlerinin elde edilişi Şekil 3.23'te verilmiştir [53].



Şekil 3.23. “C” karakteri için DTV ve YTV’nin elde edilişi [53]

Karakter görüntüsünün her sütunu sol alt köşeden başlanarak aşağıdan yukarıya doğru sırası ile taramak suretiyle DTV elde edilmiş olur. “C” karakteri örnek olarak verilen yukarıdaki görüntünün ilk sütun için “001111100” dizisi elde edilmiştir. Bu dizideki ardışık “0” ve “1” lerin tekleştirilmesi durumunda “010” dizisi elde edilir. Bu durum tüm sütunlar için yapılırsa, ilk olarak DTV bulunur.

DTV’ye benzer Şekilde YTV de görüntünün her satırının, sol üst köşeden başlamak üzere soldan sağa doğru taranması neticesinde elde edilir. Biçimsel ve şablona dayalı karakter tanıma metotlarından farklı olarak, bu modellemeye yalnız ayırık türev değerleri tutulduğundan daha az işlem adımlarına ihtiyaç duyulur. Fakat burada bilgiler yatay ve dikey yönde tekleştirme metoduyla sıkıştırılarak genelleme yapılmaktadır. Bu durumun doğal sonuç olarak bilgi kaybı yaşanır [53].

4. NESNE TANIMA SİSTEMLERİ

Gerçek bir görüntüden hareketle bir nesnenin belirlenmesi işlemine nesne tanıma denir. Makinelerin insan gibi içgüdüsel olarak bu farkı yakalamadıklarından belli algoritmalarla işlem gerçekleştirirler. Önceden bilinen nesne modelleri üzerine kurulu bir etiketleme sorunu olarak nesne tanıma problemi değerlendirmek mümkündür. Daha açık bir ifadeyle, üzerinde durulan nesnelerin özelliklerine bağlı olarak sınıflandırma işleminin gerçekleştirilmesidir.

Nesne tanıma sistemleri genellikle şu özellikleri içerir;

- Modelleri tanımlama
- Karakteristik özellik yakalayıcı
- Hipotez oluşturucu
- Hipotez doğrulayıcı

Doğrusal olmayan el yazısı gibi nesnelerin tanınması durumunda, nesne modellerinin saklandığı bir veri tabanı sistemi gerekmektedir. Nesnelerin kesin sınırlara sahip olmamasından dolayı hipotez oluşturma ve doğrulama aşaması gerçekleştirilir. Karakteristik değerlendirmeler yapılarak, karakteristik özellik olabileceği bölgeler belirlenerek hipotez oluşturulur. Bu karakteristik özellik tanımlanmak istenen nesnenin özelliklerine bağlıdır [54]. Karakteristikleri kullanan hipotez oluşturucu her olası nesneye ihtimal katarak işlem kolaylığı için veri biçiminin de olası olmayan elemanları geçersizliğini ispatlayacak yapıda olmasına önem arz etmektedir. Bu aşamadan sonra hipotez doğrulayıcı, veri tabanı bilgilerini kullanarak hipotez doğruluğu ölçülür. En yüksek olasılık değerine sahip nesne doğru olarak alınır [54].

4.1. Klasik Nesne Tanıma Yaklaşımı

4.1.1. Şablon Kullanarak Eşleştirme

Bir görüntüdeki özel bir şablon, şekli bulmak veya görüntü ön işlem adımlarını incelemek için kullanılan bir tekniktir. Şablon eşleme çalışmaları, nesneler üzerindeki değişimleri inceleyen ve çeşitli benzerlik algoritmaları kullanarak iki nesne arasındaki benzerlikleri hesaplamayı amaçlayan çalışmalardır. Bu anlatımdan hareketle benzerlik ölçümü şablon eşleme çalışmalarında en önemli aşamayı ifade ettiği söylenebilir. Bu tür çalışmalarda genellikle benzerlik kelimesi ifade edilse de iki şablon arasındaki uzaklığı bulmak için benzerlik terimi kullanılmaktadır. Burada küçük uzaklık küçük benzersizliği, büyük uzaklık

ise büyük benzersizliği ifade etmektedir. En çok kullanılan benzerlik veya farklılık yöntemler Mutlak farklar toplamı (MFT), Kare farklar toplamı (KFT) ve Çapraz korelasyon (ÇK) yöntemidir [55,56].

Şekil eşleme işlemleri için birçok yöntem geliştirilmiştir. Bu durum iki farklı özellikten yararlanarak yapılabilir. Bu tür eşleştirmeler parlaklık veya renk değerleri kullanılarak yapılan eşlemelerdir [22].

Şablon eşleme, görüntü işleme ve sinyal uygulamalarında önemli bir kullanım alanına sahiptir. Şablon eşleştirme de kullanılan önemli iki yöntem konvolüsyon ve korelasyon tekniğidir. Konvolüsyon işleminin hızı için Hızlı Fourier Dönüşümü (FFT) kullanılır [55].

Konvolüsyon: Görüntü sinyalinin ideal bir filtreden geçirilerek yapılan işlem konvolüsyon tekniği olarak bilinir. Bu işlem, çıkış imgesindeki her bir pikselin, giriş imgesindeki aynı pikselin komşuluğundaki piksellerin ağırlıklı toplamına eşit olduğu bir komşuluk operasyonudur. Filtrelenecek imgenin konvolüsyon işleminden geçirileceği fonksiyon konvolüsyon kerneli ya da konvolüsyon kalıbı olarak tanımlanır. Bir giriş görüntüsü aşağıdaki gibi bir fonksiyon iken;

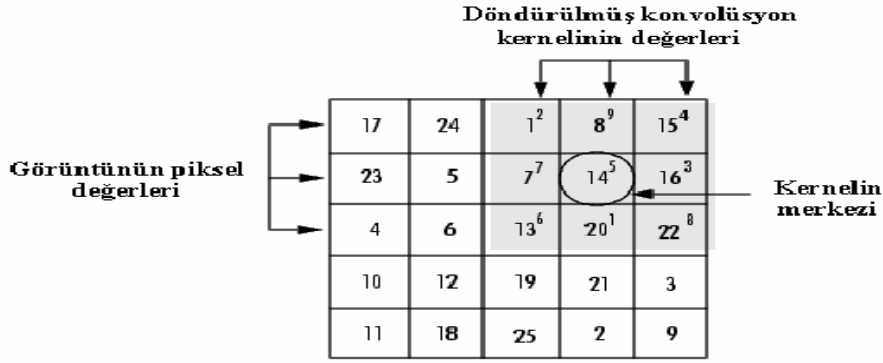
$$A = \begin{bmatrix} 17 & 24 & 1 & 8 & 15 \\ 23 & 5 & 7 & 14 & 16 \\ 4 & 6 & 13 & 20 & 22 \\ 10 & 12 & 19 & 21 & 3 \\ 11 & 18 & 25 & 2 & 9 \end{bmatrix}$$

konvolüsyon kerneli:

$$h = \begin{bmatrix} 8 & 1 & 6 \\ 3 & 5 & 7 \\ 4 & 9 & 2 \end{bmatrix}$$

Şeklinde gösterirsek A(2,4) piksel çıktısını hesaplamak için yapılan işlem adımları;

- Konvolüsyon kerneli, merkez eleman etrafında 180^0 döndürülür.
- A(2,4) pikseli ile kernel merkez pikseli üst üste gelecek şekilde kernel görüntü üstüne yerleştirilir.
- 180^0 döndürülmüş konvolüsyon kernelin her bir değeri denk geldiği pikseller ile çarpılır.
- Çarpım sonrası değerler toplanır [57].



Şekil 4.1. Konvolüsyon kernelinin görüntü üzerine yerleştirilmesi [55]

Böylece(2,4) için piksel çıkış hesaplaması;

$1.2 + 8.9 + 15.4 + 7.7 + 14.5 + 16.3 + 13.6 + 20.1 + 22.8 = 575$ şeklinde hesaplanır.

Korelasyon tekniği: Konvolüsyona benzerliği olan korelasyon işlemi, çıkış görüntü piksellerinin her biri, giriş görüntü piksel komşuluğundaki piksellerin ağırlıklı toplamına eşittir. Konvolüsyondan farkı, korelasyon kernelinin döndürme işlemine tabi tutulmamasıdır.

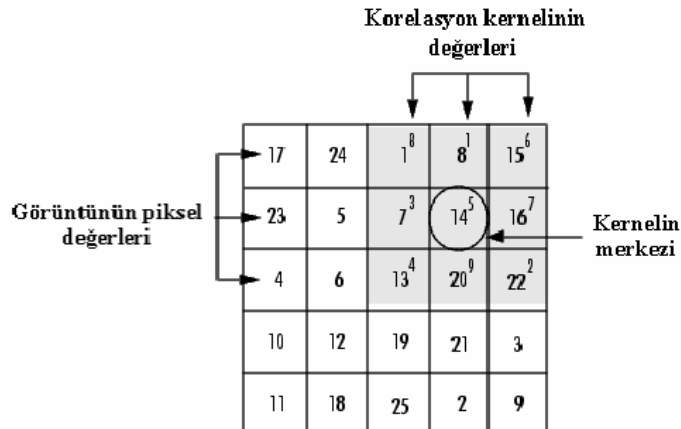
Giriş görüntüsü;

$A = \begin{bmatrix} 17 & 24 & 1 & 8 & 15 \\ 23 & 5 & 7 & 14 & 16 \\ 4 & 6 & 13 & 20 & 22 \\ 10 & 12 & 19 & 21 & 3 \\ 11 & 18 & 25 & 2 & 9 \end{bmatrix}$

Kullanılacak kernel;

$h = \begin{bmatrix} 8 & 1 & 6 \\ 3 & 5 & 7 \\ 4 & 9 & 2 \end{bmatrix}$

Yukarıda verilen görüntü ve kernel değerlerine karşılık A(2,4) pikselin çıkış değeri Şekil 4.2’de verildiği Şekilde hesaplanır [43,45].

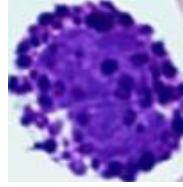


Şekil 4.2. Korelasyon kernelinin görüntü üzerine yerleştirilmesi [55]

A(2,4) için korelasyon çıkış piksel değeri;

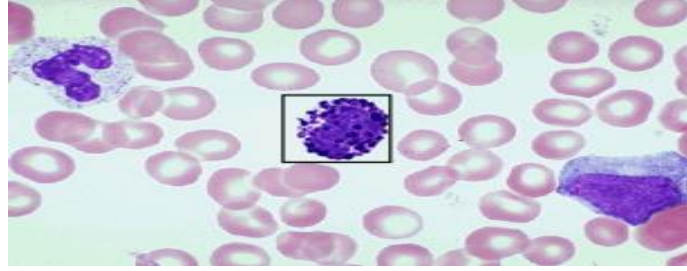
$1.8 + 8.1 + 15.6 + 7.3 + 14.5 + 16.7 + 13.4 + 20.9 + 22.2 = 585$ olarak elde edilir.

Şablon kullanarak eşleştirme uygulamasının asıl amacı, verilen görüntü içinde belirli bir nesneye ait örnekler yerine görüntü üzerine bir şablon uygulayarak bulabilmektir. Görüntü içinde aranan nesnenin bir örneği kullanarak yapılan arama tekniği şablon eşleştirmedir. Örnek olarak Şekil 4.3'te renkli beyaz kan hücresi(akyuvar) verilmiş, burada verilen şablon, görüntüde bulmak istenen nesneye ait bir örnektir.



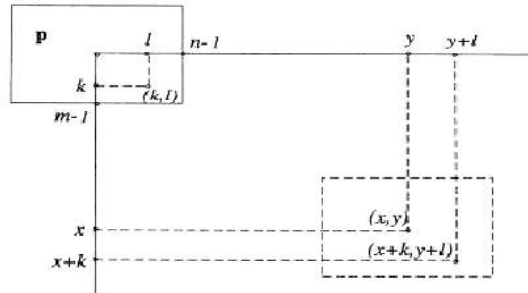
Şekil 4.3. Şablon nesne [61]

Şekil 4.3'teki nesnenin verilen görüntü içerisinde bulunması amaçlanmıştır. Bunun için şablon olarak verilen renkli beyaz kan hücresi görüntüsünü şablon maskesi olarak şekil 4.4'teki resim içerisinde arama yapmak için kullanılır.



Şekil 4.4. Renkli beyaz kan hücresi(akyuvar) resmi [61]

İstenen nesnenin yerini tespit etmek için renkli beyaz kan hücresi maskesi ile görüntü içinde eşleşen piksel grupları dikdörtgen içerisine alınacak Şekilde işaretlenir. Bir şablonun grafiğe nasıl uygulandığı Şekil 4.5'te gösterilmektedir.



Şekil 4.5. Şablonun görüntüye uygulanması[54]

4.1.1.1. Literatür Taraması

Bu konularla ilgili literatürde çok sayıda araştırma yapılmıştır. Bunlardan şablon eşleme, görüntü işleme ve örüntü tanıma kullanılan en yaygın tekniklerden; Şablon eşleştirme uygulamaları görüntü alımı [1], görüntü kaydı [2], görüntü tanıma [3], nesne algılama [4], tıbbi görüntüleme [5], yüz tanıma [6] ve doğrulama [7] olduğu görülmüştür.

4.1.1.2. Benzerlik Ölçümleri

Şablon eşleştirme uygulamalarında birçok benzerlik metrikleri kullanılmıştır. Çok kullanılan benzerlik ölçüm yöntemleri, Faz korelasyonu ve Çapraz korelasyon ölçüm yöntemleridir.

4.1.1.3. Mutlak Farklar Toplamı (MFT)

Mutlak farklar toplamı (MFT), benzersiz ve farklı metriklerdir. MFT içinde her bir şablon ve nesnenin pikseller arasındaki farkı her bir piksel için merkez ve karşılaştırmada kullanılan bloğa karşılık gelen piksel bu metriği oluşturmak için toplanır. Boyutu WxH olan bir görüntü I, MxN olan bir şablon T ile gösterilirse, T için (M<W,N<H) ve MFT'deki x,y pozisyonu ise eşitlik (4.1)'deki gibi formülize etmek mümkündür [56].

$$MFT(x, y) = \sum_{j=0}^{N-1} \sum_{i=0}^{M-1} |I(x + i, y + j) - T(i, j)| \quad (4.1)$$

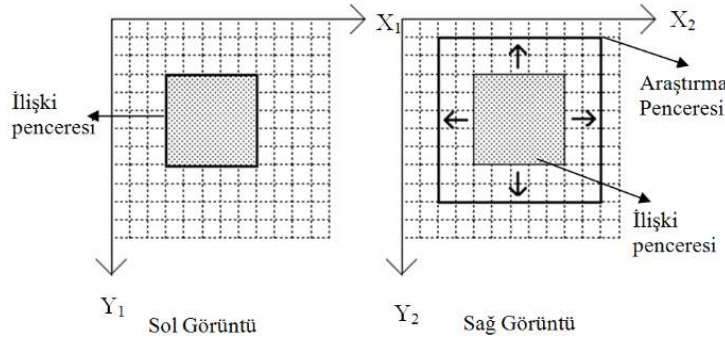
4.1.1.4. Kare Farklar Toplamı (KFT)

Kare farkları toplamı (KFT) da mutlak farklar toplamına benzer olarak metrik bir bozulma, yani farklılık vardır. KFT'de, üzerinde çalışılan nesne ve şablon özgün blok içinde her bir piksel arasındaki farkın kare değerini piksel için merkez ve karşılaştırmada kullanılan bloka karşılık gelen piksellerin bu metriği oluşturmak için toplamından oluşur. Boyutu WxH olan bir görüntü I, MxN olan bir şablon T ile gösterilirse, KFT formülü için x, y pozisyon hesaplaması eşitlik (4.2)'deki gibi tanımlanır [56].

$$KFT(x, y) = \sum_{j=0}^{N-1} \sum_{i=0}^{M-1} (I(x + i, y + j) - T(i, j))^2 \quad (4.2)$$

4.1.1.5. Çapraz Korelasyon(ÇK)

İki görüntüdeki karşılıklı(sağ-sol) korelasyon(ilişki) değerlerinin hesaplanması işlemi olarak tarif edilir. Sol görüntüde alınan referans bir parça seçilir ve sağ görüntüdeki yeri yaklaşık olarak karşılık gelen değeri piksel piksel araştırılarak bulunur. Genel anlamda çerçevenin her bir piksel pozisyonunda merkezleştirilmiş veya normalize edilmiş karşılıklı ilişki katsayısı hesaplanır. Bu durumda katsayısının maksimum olduğu piksel model ve parça arasındaki en iyi eşlemenin yerini gösterir [58].



Şekil 4.6. Karşılıklı İlişki prensibi [58]

Şablon eşleştirme için çapraz korelasyon kullanımı, kare farklar toplamı yöntemine referans olmuştur. ÇK toplam kare farkına benzerliği, Öklid uzaklığı uygulamasına daha verimli bir Şekilde uygulanabilir. Kare farklar toplamı denklemi eşitlik (4.3)'te verilmiştir.

$$d_{f,t}^2(u, v) = \sum_{x,y} [f(x, y) - t(x - u, y - v)]^2 \quad (4.3)$$

$$d_{f,t}^2(u, v) = \sum_{x,y} [f^2(x, y) - 2f(x, y)t(x - u, y - v) + t^2(x - u, y - v)]$$

Parantez içindeki üçüncü terim sabit ve ilk terim yaklaşık değeri ifade eder. Dolayısıyla çapraz korelasyon formülü eşitlik (4.4)'te gösterilmiştir.

$$\text{ÇK}(x, y) = \sum_{j=0}^{N-1} \sum_{i=0}^{M-1} |f(x + i, y + j) \cdot T(i, j)| \quad (4.4)$$

Çapraz korelasyonun bazı dez avantajları vardır:

- Görüntü enerji ise, parantez içinde ilk terimin pozisyonu değişir, böylece ÇK başarısız olur.
- ÇK aralığı, (x,y) özelliği büyüklüğüne bağlıdır.
- Görüntü sırası boyunca aydınlatma koşulları değiştirerek görüntü genliğini değiştirmek için çapraz korelasyon değişmez değildir [56,59].

4.1.1.6. Çapraz Korelasyon Normalizasyonu (ÇKN)

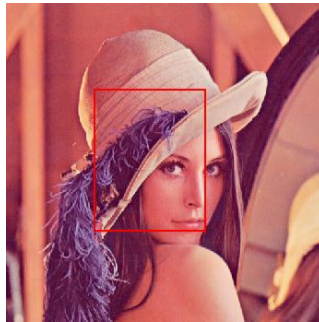
Normalize çapraz korelasyon problemi, yukarıda bahsedilen çapraz korelasyonun çözüm uygulama alanı bakımından daha gelişmiş olduğu söylenebilir. ÇKN denklemi eşitlik (4.5)'te verilmiştir.

$$\text{ÇKN}(x, y) = \frac{\sum_{j=0}^{N-1} \sum_{i=0}^{M-1} (I(x+i, y+j) - \bar{I}) \cdot (T(i, j) - \bar{T})}{\sqrt{\sum_{j=0}^{N-1} \sum_{i=0}^{M-1} (I(x+i, y+j) - \bar{I})^2} \cdot \sqrt{\sum_{j=0}^{N-1} \sum_{i=0}^{M-1} (T(i, j) - \bar{T})^2}} \quad (4.5)$$

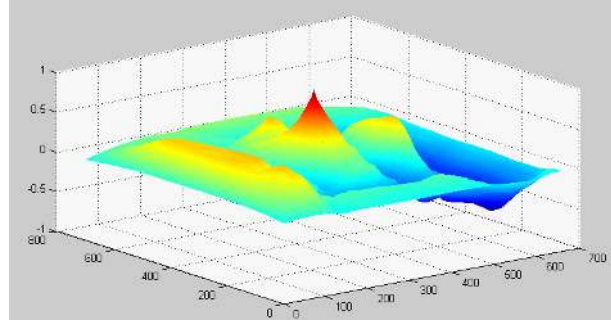
Görüntü ve şablon ÇKN birim uzunluğu kadar normalize edilir. MFT, KFT ve Çapraz korelasyon sabit parlaklık değerinde olduğu unutulmamalıdır. ÇKN lineer parlaklık ve normalleşme nedeniyle kontrast değişimleri için değişmezdir. Benzerlik ölçümlerinde en çok kullanılan yöntemdir. Aşağıdaki görüntü örneklerinde bu yöntem kullanılarak şablon eşleştirme gerçekleştirilmiştir [56].



a)



b)



c)

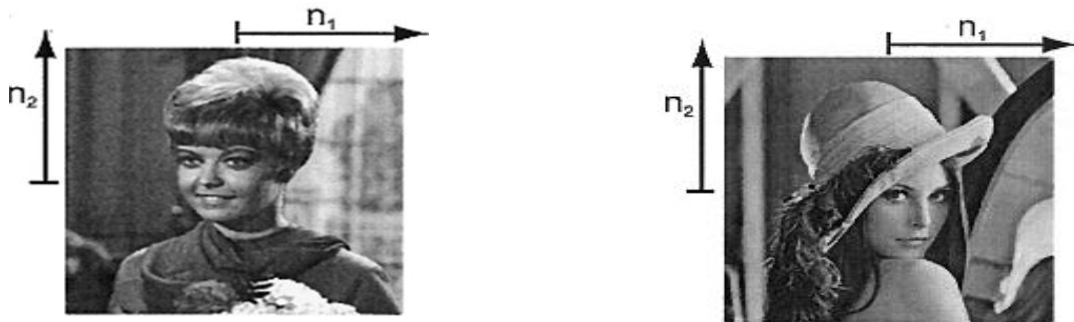
Şekil 4.7. a) ÇKN için şablon resim, b) ÇKN için test görüntüsü, c) a ve b görüntüleri için normalleştirilmiş çapraz korelasyon gösterimi

Çapraz Korelasyon Normalizasyonu şablon eşleştirme de çok kullanılan yöntemlerdendir. Eşleştirme süresinin azaltılması noktasında birçok çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda amaç; ardışık eliminasyon algoritmasını geliştirmek ve kısmi bozulmaların elimine edilmesi için geliştirilen ön adımlar olarak görülebilir. Veri bağlantı yöntemleri sınırlı kısmi korelasyon tanımlamasına girmektedir. ÇKN’de kullanılan veri bağlantı yöntemleri en iyi arama yöntemi olarak eşleştirmeyi garantilediği göz ardı edilmemelidir [56,60].

4.1.1.7. Faz Korelasyonu (FK)

Faz korelasyonu, ayrık Fourier dönüşümünün temel özelliklerini kullanarak iki ayrık işaretin veya imgenin benzerliğini test etmek için kullanılan bir ilinti yöntemidir. Temel anlamda iki işaret arasındaki benzerlik ölçümünü bulmak için Fourier Dönüşüm özelliklerini kullanmaktadır. Şekil 4.8’de Faz korelasyonunun iki imge arasındaki hesaplaması gösterilmiştir [61,62-64].

$N_1 \times N_2$ boyutunda $f(n_1, n_2)$ ve $g(n_1, n_2)$ iki imgenin varlığı düşünülürse;



Şekil 4.8. $N_1 \times N_2$ boyutlu resimler [64]

n_1 ve n_2 ifadeleri sırasıyla $n_1 = -M_1, \dots, M_1 (M_1 > 0)$ ve $n_2 = -M_2, \dots, M_2 (M_2 > 0)$ aralığında değer aldığı düşünülürse, bu durumdan $N_1 = 2M_1 + 1$ ve $N_2 = 2M_2 + 1$ değerini alır. Bu durum $g(n_1, n_2)$ için de aynı şekilde hesaplanır. İki görüntü için iki boyutlu Ayrık Fourier Dönüşümü (AFD) hesaplaması $F(k_1, k_2)$ ve $G(k_1, k_2)$ şeklinde formülize edilirse [61];

$$\begin{aligned} F(k_1, k_2) &= \sum_{n_1=-M_1}^{M_1} \sum_{n_2=-M_2}^{M_2} f(n_1, n_2) W_{N_1}^{k_1 n_1} W_{N_2}^{k_2 n_2} \\ &= A_F(k_1, k_2) e^{j\theta_F(k_1, k_2)} \end{aligned}$$

bu denklemde verilen ifadeleri sırasıyla; $k_1 = -M_1, \dots, M_1$, $k_2 = -M_2, \dots, M_2$, $W_{N_1} = e^{\frac{-j2\pi}{N_1}}$ ve $W_{N_2} = e^{\frac{-j2\pi}{N_2}}$ olarak ifade edilir. $A_F(k_1, k_2)$ genliği, $\theta_F(k_1, k_2)$ ise fazı göstermektedir.

$$\begin{aligned} G(k_1, k_2) &= \sum_{n_1=-M_1}^{M_1} \sum_{n_2=-M_2}^{M_2} g(n_1, n_2) W_{N_1}^{k_1 n_1} W_{N_2}^{k_2 n_2} \\ &= A_G(k_1, k_2) e^{j\theta_G(k_1, k_2)} \end{aligned}$$

burada; ; $k_1 = -M_1, \dots, M_1$, $k_2 = -M_2, \dots, M_2$, $W_{N_1} = e^{\frac{-j2\pi}{N_1}}$ ve $W_{N_2} = e^{\frac{-j2\pi}{N_2}}$ ve

$A_F(k_1, k_2)$, $\theta_F(k_1, k_2)$ ise sırasıyla genlik ve faz göstergeleridir [61,62].

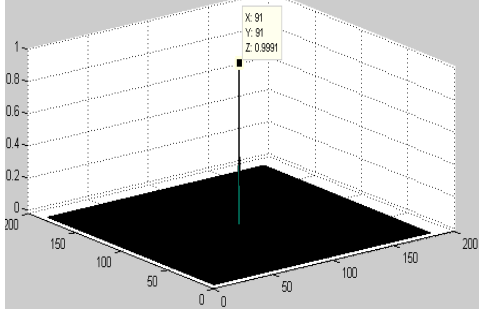
Çapraz Faz Korelasyonu $R_{FG}(k_1, k_2)$ aşağıda ki gibi formülize edilir.

$$R_{FG}(k_1, k_2) = F(k_1, k_2) \overline{G(k_1, k_2)}$$

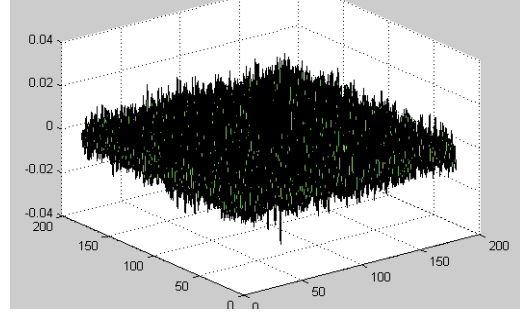
$= A_F(k_1, k_2) A_F(k_1, k_2) e^{j\theta(k_1, k_2)}$ burada $\overline{G(k_1, k_2)}$, $G(k_1, k_2)$ nin karmaşık eşleniğini gösterirken $\theta(k_1, k_2)$ faz farkını gösterir. $R_{FG}(k_1, k_2)$ 'nin Ters AFD si alınarak çapraz korelasyon denklemi aşağıdaki gibi gösterilir.

$$r_{fg}(n_1, n_2) = \frac{1}{N_1 N_2} \sum_{k_1=-M_1}^{M_1} \sum_{k_2=-M_2}^{M_2} R_{FG}(k_1, k_2) W_{N_1}^{-k_1 n_1} W_{N_2}^{-k_2 n_2}$$

Eğer $f(n_1, n_2)$ ve $g(n_1, n_2)$ iki benzer görüntü ise bu görüntülerin çapraz korelasyonu belirgin bir genlik oluşturur. Görüntüler benzer değilse, elde edilen genlik değeri belirgin bir şekilde küçülür.



a)

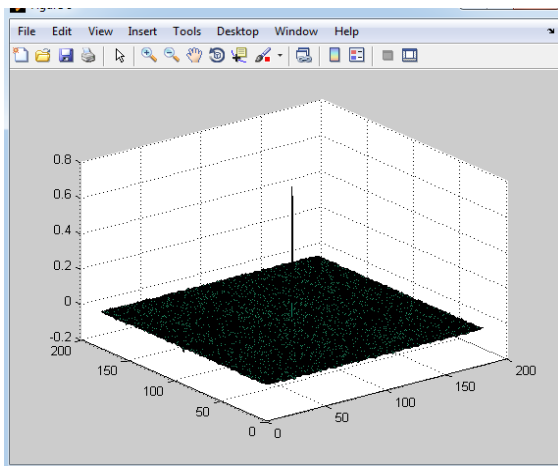


b)

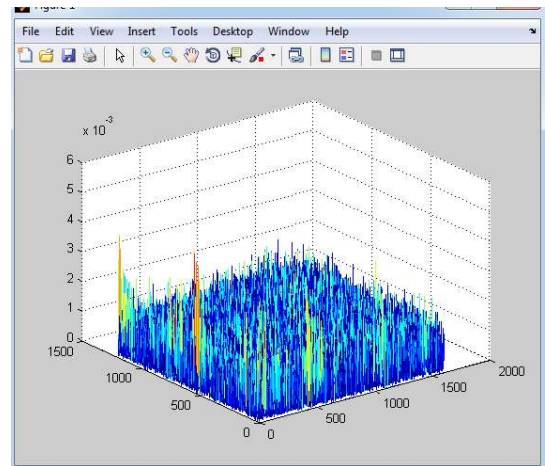
Şekil 4.9. Çapraz korelasyon, a) Aynı iki görüntüden elde edilen çapraz korelasyon, b) Farklı ve mutlak genliksiz farklı iki görüntüden elde edilen çapraz korelasyon.

$f(n_1, n_2)$, $g(n_1, n_2)$ iki görüntünün benzerlik ölçümlerinin hesaplanması için çapraz korelasyon hesaplamasında kullanılan yöntemlerden elde edilen Şekil 4.9’da verildiği gibi aynı ve farklı resimler için iki farklı çıktılardır.

$f(n_1, n_2)$, $g(n_1, n_2)$ görüntülerine Ayrık Fourier Dönüşümü (AFD) uygulanması durumunda elde edilen $F_w(k_1, k_2)$ ve $G_w(k_1, k_2)$ ’nin genlik değerinin karekökü hesaplanması $\sqrt{|F_w(k_1, k_2)|}$ ve $\sqrt{|G_w(k_1, k_2)|}$ şeklindedir. AFD’nin genlik değerinin karekökü ile elde edilen görüntü Şekil 4.10’da gösterildiği gibidir [61,64].



a)



b)

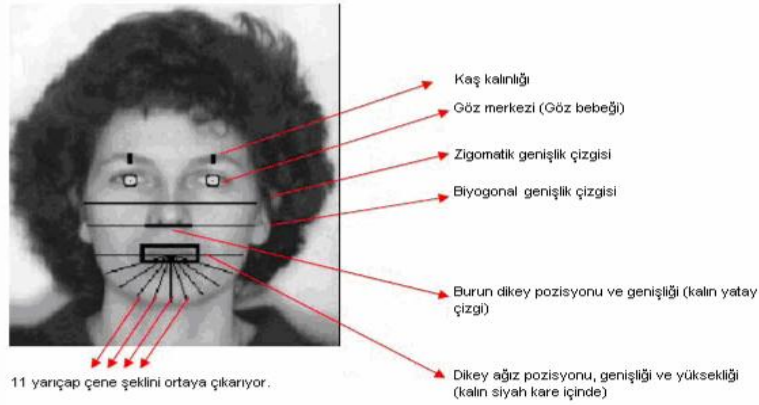
Şekil 4.10. Çapraz korelasyon, a) Aynı iki görüntüden elde edilen çapraz korelasyon, b) Farklı iki görüntü ve mutlak karekök ile elde edilen iki görüntünün çapraz korelasyonu.

5. ŞABLON EŞLEMEDE KULLANILAN YÖNTEMLER

5.1. Geometrik Özellik Tabanlı Yöntemler

Geometrik özellik tabanlı eşleştirmenin biyometrik tanıma, şablon eşleştirme, resim karşılaştırma vs. birçok alanda kullanıldığı bilinmektedir. Birçok uygulamanın olduğu bu konu, yüz tanıma sistemi örnekleri ile incelenecektir. Görsel olarak incelendiğinde biyometrik tanıma olarak yüz en önemli kısımlar arasında yer almaktadır. Fizyolojik değişim sürecinde her insanın yüz yapısı birbirinden farklı olarak değişim göstermektedir. Özellik çıkarma yöntemi ile net olmayan duyu organları (göz, kaş, çene vb.), geometrik kısımlarının belirlenmesiyle tanıma işlemi gerçekleşir.

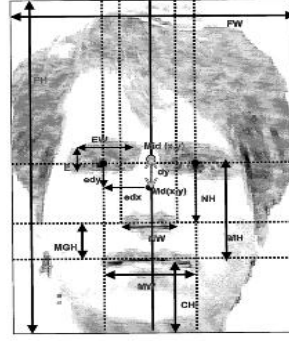
Geometrik tanıma, belirleyici özelliğe sahip bölgelerin ebatlarının birbirlerine göre durumları, geometrisi veya bunlara bağlı oluşturulan vektörlerin kıyaslanması ile gerçekleşen tanıma yöntemi geometrik tanıma olarak ifade edilir. Geometrik tanımanın yüz üzerinde gerçekleştirmek için R.Brunelli ve T.Poggio tarafından kullanılan belirleyici faktörlere sahip noktalar gösterilmektedir [65]. Şekil 5.1’de verilen resimde, geometrik tanıma için kullanılan belirleyici karakteristiğe sahip noktalar kümesi verilmiştir.



Şekil 5.1. Yüz belirlemede kullanılan geometrik özellikler [66]

Geometrik özellik çıkarımından kullanılan Şekil 5.1’deki resimden elde edilen değerler, en yakın komşu (Nearest Neighbour , NN) algoritması kullanılarak şablon resimle en küçük değere sahip normal resim eşleştirilir [66].

Yüz geometrisinin bir örneği Şekil 5.2’de verilmiştir. Bu Şekilde karakteristik özelliklerin belirlenmesi ile tanıma işlemi gerçekleştirilme işlemi gösterilmiştir.

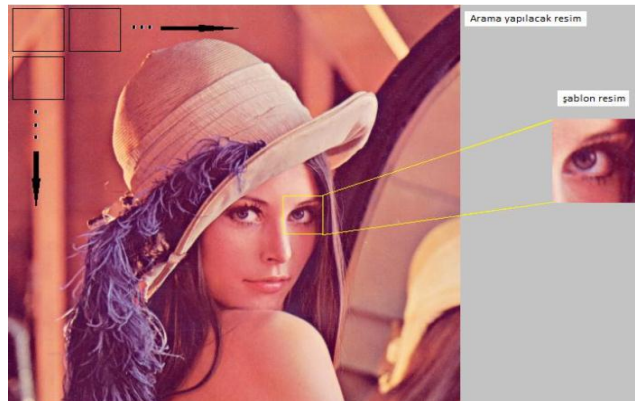


Şekil 5.2 Geometrik karakteristik özelliklerin yüz resminde gösterilmesi [66]

5.2. Şablon Eşleme Tabanlı Yöntemler

Şablon eşleme, mevcut bir görüntüden şablon görüntüsüne benzeyen küçük görüntü parçalarının olup olmadığı araştırılması esasına dayanır [67].

İki farklı resim arasındaki piksel farkının, kullanılan belirli algoritmalarla karşılaştırılması işlemidir. Geometrik tanıma şablon eşlemeye göre daha zor bir uygulamadır. Örüntü tanıma tabanlı kullanışlı bir imge karşılaştırılmasıdır. Eşleme algoritması, eğitim ve test veri kümeleri arasındaki farkları ve benzerlikleri gri renk düzleminde hesaplar. Şablon eşleme yapılırken en çok benzerlik veya farklılık gösteren noktalar dikkate alınmaktadır. Bu benzerliklerin veya farklılıkların belirlenmesi test örüntüsü ile veri örüntüsü karşılaştırılmasıyla yapılır. Resim içerisinde alınan bir parçanın belirli algoritmalarla taranarak yerinin tespit edilmesi şablon eşleştirmede en yüksek başarıyı veren yöntemdir. Aranılan şablon, resmin sol üst köşesinden başlamak üzere, resim üzerinde gezdirilen çerçevelerle piksel olarak resmin sağ alt köşesine kadar gezdirilerek sayısal değer karşılaştırması yapılır. Benzerlik durumu sayının 1 veya 0'a yaklaşmasına bağlı olarak değerlendirilir.



Şekil 5.3. Resim üzerinde şablon eşleştirme uygulaması [68]

5.2.1. Kenar Bulma Teknikleri

Bir imgedeki nesnelerin kenarlarını belirlemek için kullanılan nesne test tekniği olarak ifade edilebilir. Aranılan nesnenin bulunmasında veri miktarının azaltılması ve hızlı erişim sağlaması için geliştirilmiş, görüntü işleme alanında önemli bir konu haline gelmiştir. Kenar bulma algoritmaları, bölütleme işleminden önce uygulanır, gri seviye renk yoğunluk farkının aralığı kenar bilgisini içermektedir. İki piksel arasındaki yoğunluk farkı ne kadar büyükse, fark bölgesinin kenar olma yakınlığı o nispete artar [69-71].

5.2.1.1. Roberts Kenar Bulma Yöntemi

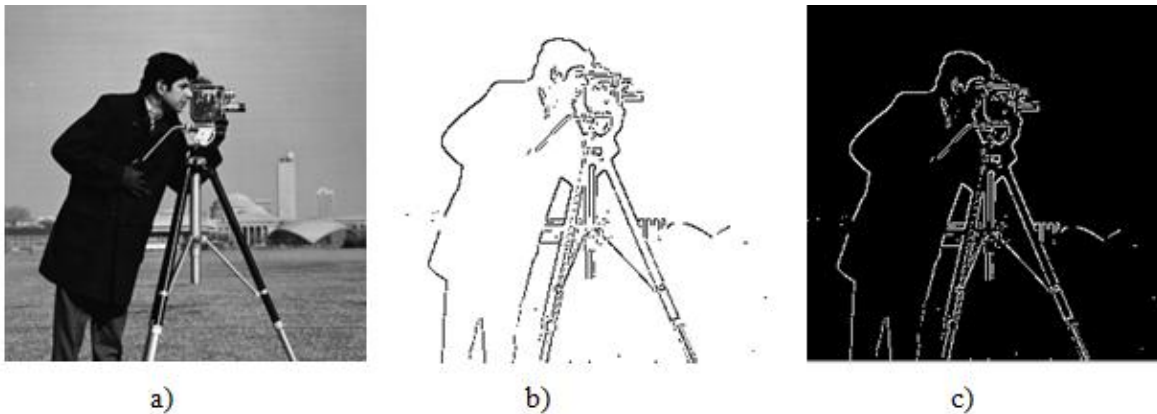
Kenar bulmada kullanılan operatörlerin en iyi bilinen yöntemdir. Kenar yönleri ile ilgili bilgi vermeyen bu yöntem, kenar noktalarını işaretlemeye kullanılır. Gri seviyeli imgelere oranla ikili resimlerde performansı daha yüksektir bu yöntemin. Bu operatör iki şekilde çalışır

1. Çapraz komşulukların toplamının karekökü
2. Çapraz komşulukların farkının toplamı

Matematiksel olarak bu yöntemin denklemleri eşitlik (5.1) ve (5.2)'de verilmiştir.

$$\sqrt{[I(r, c) - I(r - 1, c - 1)]^2 + [I(r, c - 1) - I(r - 1, c)]^2} \quad (5.1)$$

$$|I(r, c) - I(r - 1, c - 1)| + |I(r, c - 1) - I(r - 1, c)| \quad (5.2)$$



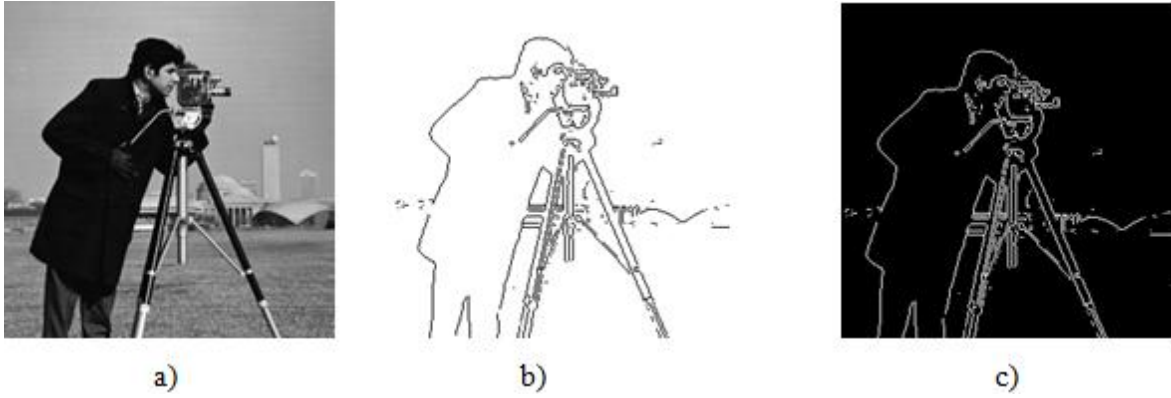
Şekil 5.4. Roberts kenar bulma operatörü kullanarak a) orijinal resim, b) kenar olmayan, c) kenar çizgilerini göstermektedir.

5.2.1.2. Sobel Kenar Bulma Yöntemi

Bu operatör 3x3 boyutunda yatay ve dikey konvolüsyon maskeleri uygulanan en iyi kenar bulma operatörüdür. X ve Y ekseninde elde edilen kenar bilgileri birleştirilerek geometrik nesnelerin kenarları tespit edilir. Belirtilen koordinat konvolüsyon maskeleri Şekil 5.4'te gösterilmiştir [70].

$$\begin{bmatrix} -1 & 2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Şekil 5.5. X ve Y koordinat konvolüsyon maskeleri [69].



Şekil 5.6. Sobel kenar bulma operatörü kullanarak a) orijinal resim, b) kenar olmayan, c) kenar çizgilerini göstermektedir.

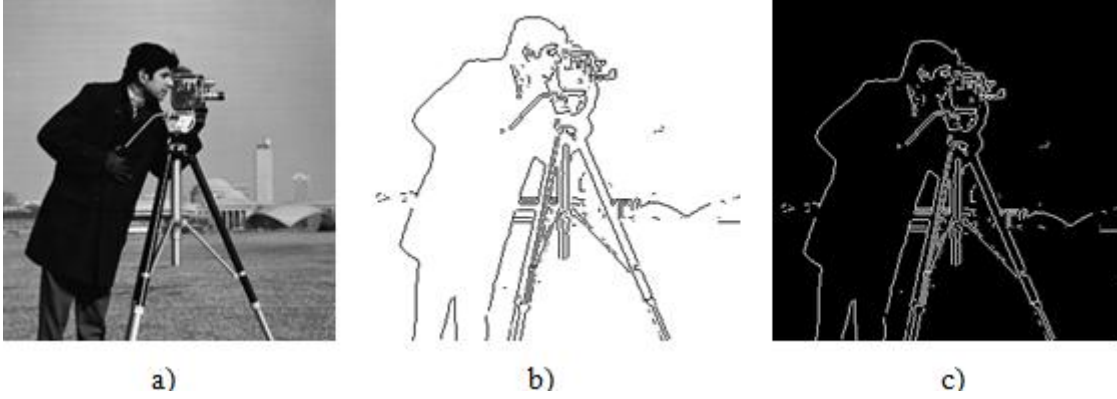
5.2.1.3. Prewitt Kenar Bulma Yöntemi

Sobel operatörüne benzer mantıkla çalışan bu yöntemin sobelden yönteminden farkı, kullanılan konvolüsyon maskesindeki katsayılarıdır. Bu operatör için kullanılan maskeler aşağıdaki gibidir.

$$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Şekil 5.7. Prewitt kenar bulma operatöründe kullanılan maskeler [69].

Sobel operatörü ile aynı mantıkla çalışan bu yöntem; İmgedeki satır ve sütun için farklı değerler kullanarak, kenar yönü ve büyüklüğü hesaplanır.



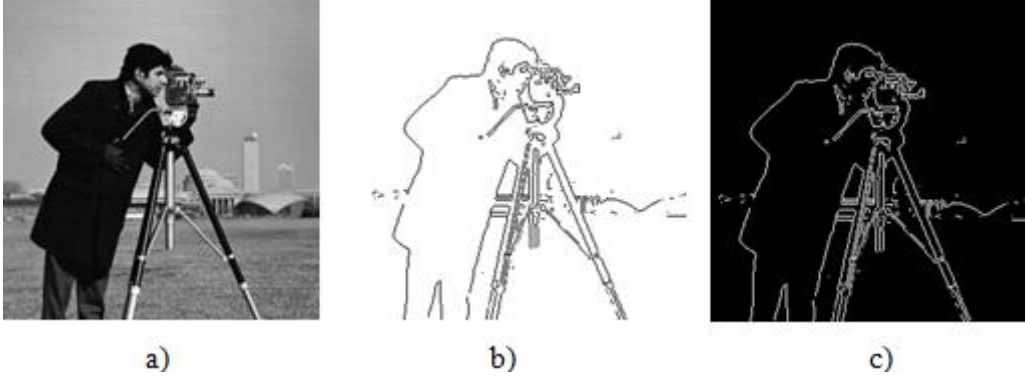
Şekil 5.8. Prewitt kenar bulma operatörü kullanarak a) orijinal resim, b) kenar olmayan, c) kenar çizgilerini göstermektedir.

5.2.1.4. Canny Kenar Bulma Yöntemi

Canny kenar belirleme operatörü yukarıda anlatılan kenar tespit için kullanılan yöntemlerin en gelişmişidir. Canny kendi ismini verdiği bu yöntem, mevcut kenar tespit için geliştirilen algoritmaların eksikliklerini dikkate alarak yeni bir yöntem geliştirmiştir. Bu yöntem aşağıdaki adımlardan oluşur.

1. Görüntüye Gaussian filtresi ile yumuşatma işlemi uygulanır.
2. Kısmi türev için sonlu fark yaklaşımı kullanarak gradyentin büyüklüğü ve yönü belirlenir.
3. Görüntünün büyüklük değerinde maksimum olmayan değer baskılanır.
4. Köşe pikselleri bulmak için çift eşikleme kullanılır.

Gauss düzgünleştirme süzgeci ise kenar belirleyicinin gürültüye duyarlılığını azaltmak için kullanılmaktadır. Gauss süzgecinin boyutunun artırılması operatörün gürültüden daha az etkilenmesini sağlasa da zayıf kenarların belirlenmesi yeteneğini azaltmaktadır [69].



Şekil 5.9. Canny kenar bulma operatörü kullanarak a) orijinal resim, b) kenar olmayan, c) kenar çizgilerini göstermektedir.

5.2.2. Özellik Çıkartımı

Bir görüntüye ait karakteristik farklılıkların analiz edilebilmesi, görüntü tanıma uygulamaları için gerekli görüntü bilgisini elde etmeye bağlıdır. Elde edilen bu görüntünün karşılaştırma veya sınıflandırma yapmak için kullanılır. Bir görüntünün ayırt edici özelliklerinin sayısal olarak gösterilmesi işlemine özellik çıkartma işlemi denir. Görüntünün fiziksel yapısına (renk bilgisi, geometrik yapısı vs.) veya bunlar arasındaki ilişkiye bakılarak elde edilen bilgiler vektörel olarak gösterilir ve en az olması tercih edilir. Bu durum sınıflandırma veya karşılaştırma basamaklarında performansı artırmaktadır. Görüntünün anlamlı özelliklerinin kodlanması, şablonlar arasında kıyaslama yapmaya imkân tanımaktadır. Bir görüntü tanıma sisteminin blok diyagramı ve özellik çıkartımı basamağının gösterimi Şekil 5.10'da verilmiştir.



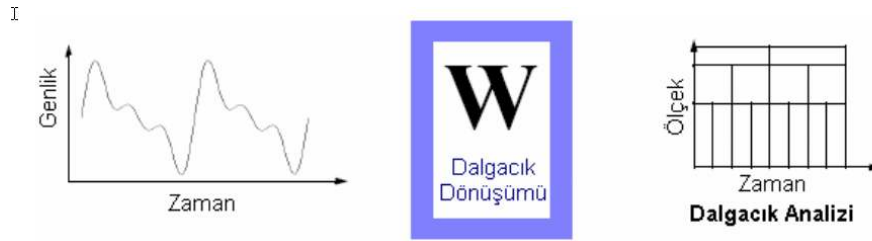
Şekil 5.10. Bir görüntü tanıma sisteminin blok diyagramı

Giriş uzayından algılayıcılarla özellik çıkartımı basamağına iletilen verilerin, veri tabanındaki diğer verilerle karşılaştırılarak aralarındaki benzerlikler tespit edilerek sınıflandırma basamağına gidilir. Aynı resimden üretilmiş şablonlar karşılaştırıldığında elde edilen sonuç ile farklı şablonlar karşılaştırıldığında elde edilen netice birbirinden ayırt edilebilecek farklılıkta olmalıdır. Bu durumda şablonların aynı resimden mi, yoksa farklı bir resimden mi oluşturulduğuna karar verilir [69,72]. Özellik çıkartımı için kullanılan en temel teknikler aşağıda sırasıyla anlatılmıştır.

5.2.2.1. Dalgacık Kodlama

Bir işaretin ölçeklenebilir zaman frekans gösterimi ile analizi sağlarken geleneksel işaret işleme teknikleri tarafından görülmeyen detayların görülmesini sağlar. Dalgacık dönüşümü, ölçeklenebilir temel bir dalgacık fonksiyonu kullanıp sabit çözünürlük problemini çözerken, işaretin değişik çözünürlüklerde daha uyumlu bir zaman bölgesi tahlilini yapar [73-77]. Dalgacık kuramı, genel bir fonksiyonu farklı ölçek ve durumlarda sabit bloklar halinde daha basit olarak temsil edebilmeyi sağlar.

Dalgacık dönüşümü, bir fonksiyonun ötelenme ve yayılması ile meydana getirilen esas fonksiyonlarına işaretin iz düşümünün alınması ile tespit edilir [78]. Esas fonksiyonların doğru olarak ayrıştırılabilmesi için, yüksek frekanslarda kısa süreli, düşük frekanslarda uzun süreli. Sürekli işaretlerden çok ayrık zamanlı işaretlerin incelenmesinde kullanılır. Dalgacık dönüşümünün aynı zaman dilimi ve genlikteki sinyallerin sıkıştırılıp açılması durumu aşağıdaki Şekilde gösterilmiştir [78].



Şekil 5.11. Dalgacık Dönüşümü [78]

5.2.2.2. Gabor Süzgeçleri

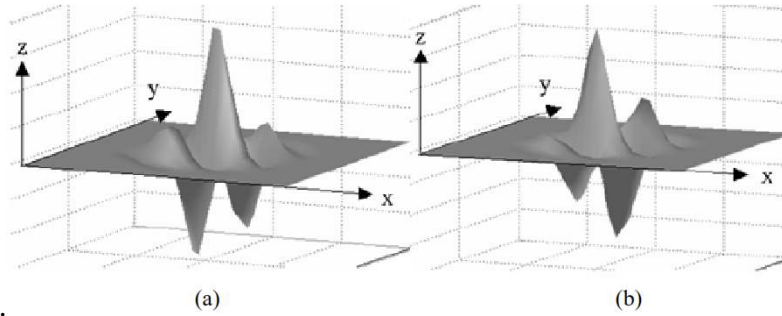
Görüntü analizinde kullanılan önemli yöntemlerden biri gabor filtresidir. Bir görüntü üzerinde belli yönlerdeki ayrıntılar gabor filtresi ile tespit edilebilmektedir. Biyometrik tanıma gibi görüntü işleme tekniklerine dayalı pek çok yöntem için önem arz etmektedir.

Gabor süzgeci, bir sinüs veya kosinüs dalgasının Gauss işleviyle modüle edilmesi yoluyla oluşturulur. Bu Şekilde, frekans düzleminde iyi bir Şekilde yeri tespit edilen, fakat zaman bölgesinde yeri tespit edilemeyen sinüs dalgasının, zaman ve frekans bölgelerinin her ikisinde de en belirgin Şekilde birleşik yer tespiti yapılmaktadır. Sinüs dalgasının Gauss işlevi ile kiplenmesi, frekans bölgesinde yer belirleme kaybına yol açsa da, zaman bölgesinde yer tespitini yapmaktadır. Bir işaretin ayrıştırılması, Gauss işleviyle kiplenmiş bir kosinüs ile verilen gerçek kısım ve Gauss işleviyle kiplenmiş bir sinüs ile verilen sanal kısımdan oluşan

iki tane dört seviyeli Gabor süzgeci kullanılarak gerçekleştirilmektedir [69,71,79]. Gerçek ve sanal süzgeçler, çift simetrik ve tek simetrik olarak adlandırılırlar. Süzgecin merkez frekansını sinüs/kosinüs dalgasının frekansı, süzgecin bant genişliği ise Gauss işlevinin genişliği belirler [69]. (x,y) görüntü seviyesi üzerindeki 2D Gabor süzgeci denklem (5.3)'deki gibi verilmiştir.

$$G(x,y) = e^{-\pi[(x-x_0)^2\alpha^2+(y-y_0)^2\beta^2]}e^{-2\pi j[u_0(x-x_0)+v_0(y-y_0)]} \quad (5.3)$$

Burada (x_0,y_0) resimdeki koordinatları, (α,β) etkin genişliği ve uzunluğu, (u_0,v_0) ise kiplemeyi işaret etmektedir. Tek simetrik ve çift simetrik 2D Gabor süzgeçleri Şekil 5.12'de verilmiştir.



Şekil 5.12 2 tane 4 seviyeli 2B Gabor süzgecinin a) gerçek bileşeni b) sanal bileşeni [69].

5.2.2.3. Log-Gabor Süzgeçleri

Bant genişliğinin bir oktavdan büyük olduğu durumlarda çift simetrik süzgecin DC bileşene sahip olması, Gabor süzgecinin avantajlarından biridir. Her bant genişliği için sıfır DC bileşen elde edebilmek için Log-Gabor olarak isimlendirilen Gabor süzgeci kullanılır. Log-Gabor süzgecinin frekans tepkisi gösterimi denklem (5.4)'te verilmiştir [69,71].

$$G(f) = \exp\left(\frac{-\left(\log\left(\frac{f}{f_0}\right)\right)^2}{2\left(\log\left(\frac{\sigma}{f_0}\right)\right)^2}\right) \quad (5.4)$$

Denklemden verilen f_0 merkez frekansını, σ süzgecin bant genişliğini ifade etmektedir.

5.2.2.4. Haar Dalgacı

Dalgacık dönüşümü kullanılarak, görüntü özellik çıkarımında bu yöntem Lim ve diğerleri tarafından kullanılmıştır. Haar dalgacı da Gabor dönüşümü gibi ana dalgacık olarak kabul edilir. Çok boyutlu süzgeçlemeyle -1.0 ile +1.0 arasında değişen gerçek değere sahip 87 boyutlu bittin oluşan, her pozitif değere karşılık 1 ve negatif değere karşılık olarak 0 işaret yönünde nicemlenen öznitelik vektörü hesaplanmaktadır [69,71]. Haar dalgacık dönüşümü Gabor dönüşümüne göre % 0.9 oranında tanıma performansı olarak daha iyi olduğu Lim ve diğerleri tarafından gösterilmiştir [80,81].

5.2.2.5. Gauss Süzgecinin Laplasyonu

Biyometrik tanıma yöntemlerinden iris tanıma, iris bölgesi resmine Gauss süzgecinin Laplasyonu uygulanarak iris bölgesi analizi wildes ve diğerlerinin, sistem özellik çıkartımı için uygulanan yöntemdir. Bu süzgecin matematiksel gösterimi denklem (5.5)'te verilmiştir.

$$\nabla G = -\frac{1}{\pi\sigma^4} \left(1 - \frac{\rho^2}{2\sigma^2}\right) e^{-\frac{\rho^2}{2\sigma^2}} \quad (5.5)$$

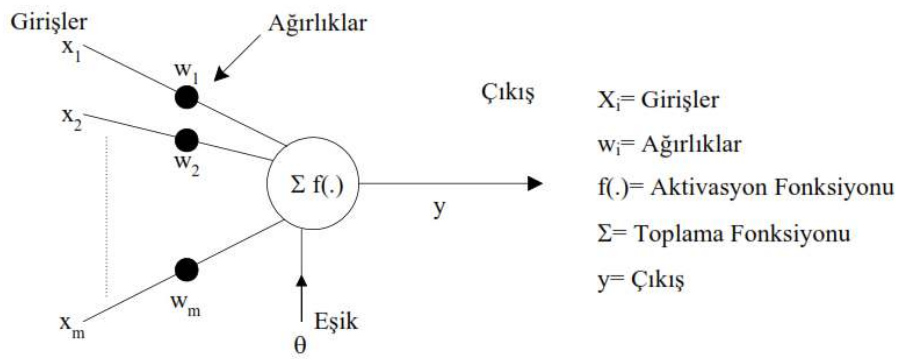
Denklemden verilen σ standart sapmayı, ρ ise süzgecin merkezinden herhangi bir noktaya olan radyal uzaklığı ifade etmektedir. Süzgeçlenmiş resim, veriyi sıkıştırabilen Laplas piramidi şeklinde temsil edildiğinden, arta kalan sadece anlamlı veri olur [69].

5.3. Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağları(YSA) canlıların sinir sisteminin çalışma mantığını elektronik ortamda uygulanması ve simüle edilerek programlanması çalışmasıdır.

YSA, Örüntünün özellik vektörünü giriş olarak alan ve her bir giriş için bir çıkış üreten, birçok hesaplama elemanlarının lineersiz mantıklı işleyişinden oluşan entegre yapılardır [82]. İnsan beyni nazara alınıp onun çalışma mantığıyla yola çıkarak birbirine paralel bağlanmış işlem elemanlarıyla hiyerarşik bir yapı meydana getirmektedir. Her ne kadar insan beyni taklitli çalışsa da, YSA sadece benzerlik kurma modeli olduğunu unutmamak gerekir. YSA mevcut halleri ile insan beynini ne tam nede yaklaşık bir modeli oluşturamamaktadır [82-86].

Birçok kompleks problemler bilgisayarlarla doğru ve kısa zamanda çözülebildiği halde, YSA ile beynin çözdüğü kompleks problemlerin bilgisayar ile çözme çalışması, ne yazık ki bu kompleks yapılar (duyma, koklama vs.) karşısında çözüm üretememektedir. Teknik anlamda ifade edilirse; YSA'nın görevi, giriş olarak gösterilen veri setine karşılık gelebilecek bir çıktı seti belirlenerek ilgili olayın örnekleri ile öğrenme gerçekleştirilir ve genelleştirilerek benzer olaylar için çıktı oluşturulur [82]. Mimari olarak YSA, biyolojik sinir ağları gibi yapay sinir hücrelerinin bir araya gelmesiyle oluşur. Şekil 5.13'te bir yapay sinir hücresi modeli görülmektedir.

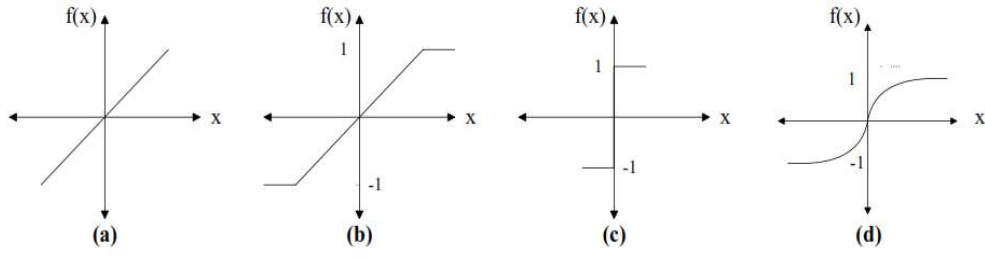


Şekil 5.13. bir YSA hücresi modeli [82].

Bir nöronun fonksiyonunu yerine getirebilmesi için, aktivasyon fonksiyonu ve giriş-çıkış sinyalleri üzerindeki ağırlıklı bağlantı yapısının matematiksel yapısının doğru modellenmiş olması gerekmektedir. Bu matematiksel denklem yapısı eşitlik (5.6)'da verilmiştir.

$$y = f \left(\left(\sum_{i=1}^m w_i \cdot x_i = w_1 \cdot x_1 + w_2 \cdot x_2 + \dots + w_m \cdot x_m \right) + \theta \right) \quad (5.6)$$

Denklemden görüldüğü gibi, birden fazla giriş olmasına rağmen tek çıkış üretmektedir. Her bağlantının karşılık geldiği bir ağırlık bulunur. Çıkışın sıfıra gitmesini engellemek için giriş değerleri eşik fonksiyonu ile toplanır. En çok kullanılan eşik fonksiyonları Şekil 5.14'te verilmiştir.



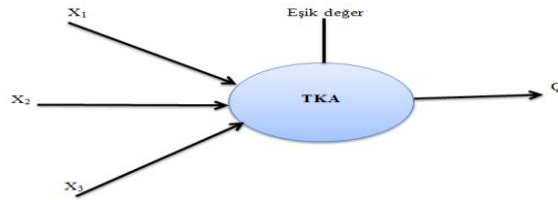
Şekil 5.14. Eşik fonksiyonları: a) lineer, b) rampa, c) basamak, d) sigmoid

5.3.1. Temel Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağları, tek katmanlı algılayıcılar (TKA) ve çok katmanlı algılayıcılar (ÇKA) olmak üzere iki başlıkta ele alınacaktır.

5.3.1.1. Tek Katmanlı Algılayıcı (TKA)

Sadece girdi ve çıktı katmanlarından oluşan TKA, her bağlantı bir ağırlık taşımakta ve çıktı üniteleri bütün girdi ünitelerine bağlanmak suretiyle oluşturulmaktadır. TKA modelini Şekil 5.15'te verilmiştir.

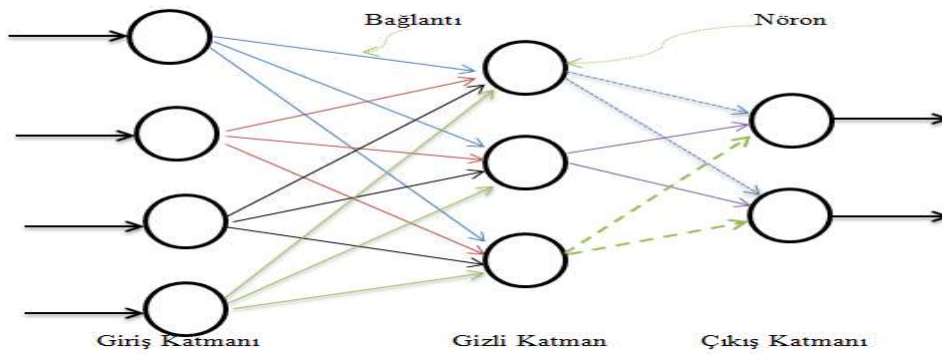


Şekil 5.15. Basit TKA modeli

Şekilde görüldüğü gibi ağın çıkışının sıfırdan farklı olmasını sağlayan bir eşik değeri girdisi verilmiştir. Ağın çıktısı ağırlıklandırılmış girdi değeri ile eşik değerin toplamından meydana gelir. Bir aktivasyon fonksiyonundan geçirilerek ağın çıktısı bulunur. TKA'ya örnek olarak, perseptron (basit algılayıcı modeli), Adaline ve Madaline verilebilir. Doğrusal problemlerin çözümünde tek katmanlı algılayıcı kullanılır [66].

5.3.1.2. Çok Katmanlı Algılayıcı (ÇKA)

Mühendislik uygulamalarında en çok kullanılan YSA modelidir. Birçok öğrenme algoritmasının bu ağın eğitiminde kolay kullanılabilmesi bu modelin yaygın kullanılmasını sağlamıştır. Bu modelin bir adı da hata yayma modeli veya geri yayım modeli (backpropagation network)dir. *Delta öğrenme kuralı* öğrenme modeli kullanılarak, ağın beklenen çıktısı ile ürettiği çıktı arasındaki hatayı minimize etme amaçlanmıştır. Şekil 5.16’da bir ÇKA modeli gösterilmiştir.



Şekil 5.16. ÇKA modeli

ÇKA modeli şeklinden görüleceği üzere, model ileriye doğru bağlantılar ve üç katmandan meydana gelmiştir. Bu katmanlar;

1. **Giriş Katmanı:** Dış dünyadan aldığı bilgileri ara katmana transfer eder.
2. **Gizli Katman:** Giriş katmanı ile çıkış katmanı arasında köprü görevini görür. Bilginin işlenmesi ara katmanda olmaktadır. Ara katman sayısı seçilen programa veya uzman kişi/kişilere göre değişmektedir.
3. **Çıkış Katmanı:** Ara katmandan gelen bilgileri işleyerek, girdi seti için sonuç üreterek dış dünyaya gönderen katmandır.

Geri yayılım algoritması, anlaşılması kolay ve en yaygın öğrenme algoritmasıdır. İstenen çıkışla giriş değerine karşılık çıkan değer farkını azaltmak için hataları girişten çıkışa doğru azaltma mantığıyla çalışmaktadır. Çıkıştaki hata düzeyine göre ağırlıklar yenilenir ve problemin özelliklerine göre gizli katman sayısı artırılabilir. Ara katmanları atlayarak katmanlar arası geçiş mümkün değildir.

Çıkış katmanı nöronlarına gelen ağırlıklandırılmış değerler de hesaplama sonrası taşıma fonksiyonundan geçirilerek yapılan karşılaştırmada hata minimize edilir. Hata belirli bir eşik değere ininceye kadar iterasyon tekrarlanır ve ağ eğitimi tamamlanır [66,83-86].

6. MATERYAL VE YÖNTEMLER

6.1. Giriş

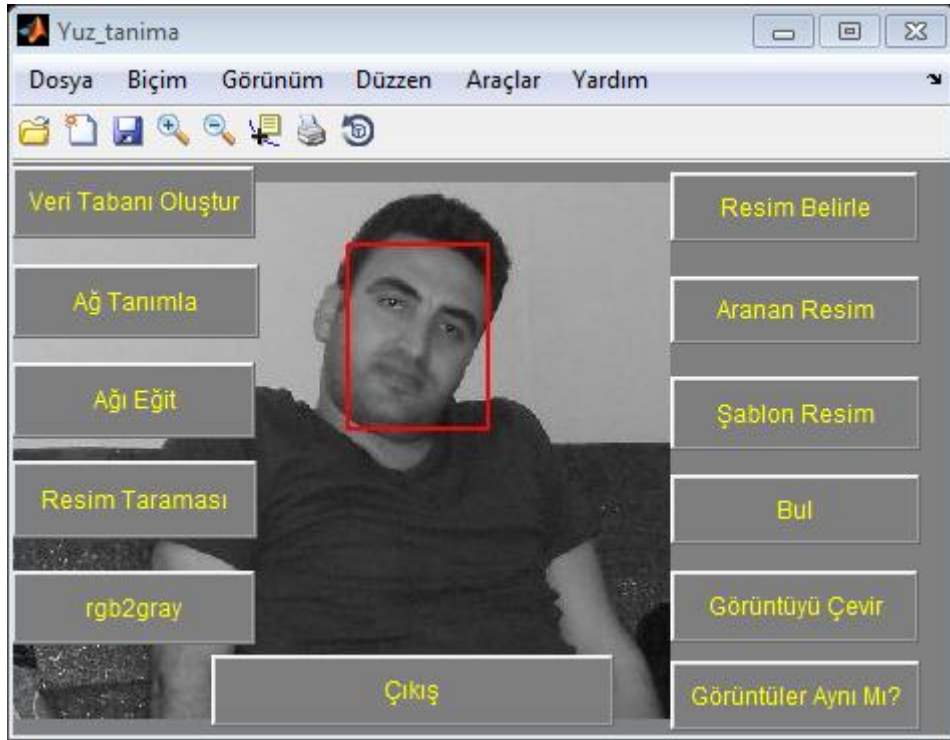
Bu bölümde, Grafik Kullanıcı Ara yüz tanımlaması, tezde kullanılan algoritma, veri tabanı oluşturulması, ağ tanımlama ve eğitilmesi, faz korelasyonu ve kullanılan filtreler ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Resim taraması basamağında, uygulama zamanını azaltmaya yönelik ön tarama işlemi gerçekleştirilmiştir. Ön tarama işlemi, aranan nesnenin tespit etme olasılığı yüksek olduğu alanların belirlenmesi ve geri kalan kısımların yok sayılması mantığıyla çalışmaktadır. Özellik vektörleri çıkartmak için Gabor dalgacıkları, sınıflandırma için de Yapay sinir ağları kullanılmıştır. Belirlenen alanlar içerisinde istenen alanın ayrıntısını görmek, analizini yapmak ve aynı olup olmadığı tespitini yapabilmek için faz korelasyon denklemleri kullanılarak yeni bir arama algoritması ile hedef alan araması ve doğrulanması gerçekleştirilmiştir.

6.2. Grafiksel Kullanıcı Arabirimi Tabanlı Uygulama Tasarımı

GUI (Graphical User Interface), kullanıcıya etkileşimli iletişim sağlayan içerisindeki nesnelerin kullanılmasıyla bir işin veya bir programın yürütülmesini sağlayan grafiksel bir program ara yüzüdür. GUI penceresinde yer alan nesnelerden; araç çubukları, radio buttonlar, liste kutuları, menüler, kaydırıcılar sayılabilir. GUI oluşturmak için aşağıdaki yollardan biri tercih edilebilir.

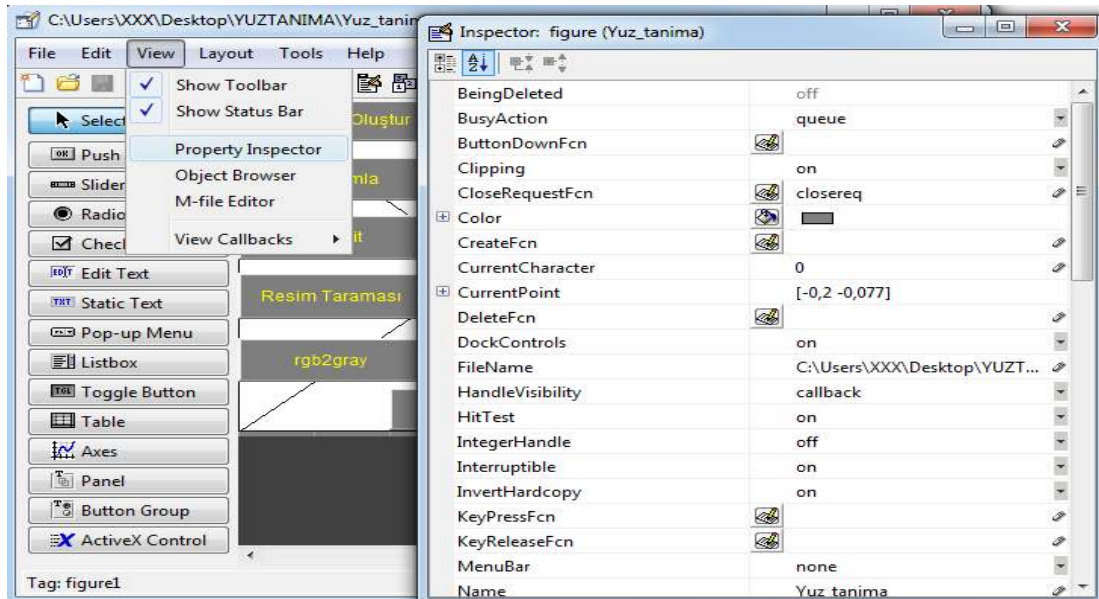
1. MATLAB GUIDE aracı kullanarak
2. Komut Penceresinden (Command window) GUIDE yazarak
3. M-File Programlama yöntemi kullanılarak
4. Start > MATLAB > GUIDE(GUI Builder) yolu kullanılarak GUI tasarım penceresi açılabilir.

Tezde kullanılan GUI Arayüzü Şekil 6.1’de gösterilmiştir.



Şekil 6.1. Yüz Belirleme GUI Arayüzü

Her bir bileşen (component), “Callback” denen GUI için tanımlanan programlama dosyasında ayrı bir alt program parçalarını barındırır. Hem bir arayüz hem de M-file çağrılarını uygulama yapıları olarak çalışırlar. Şekil 6.2’de GUI tasarım düzenleme özellik (inspector) penceresi gösterilmiştir.



Şekil 6.2. GUI inspector düzenlemesi

Şekil 6.1’de verilen Grafiksel Kullanıcı Arabiriminin her bir bileşeni ayrıntılı olarak aşağıda anlatılmıştır.

6.2.1. Veri Tabanı Oluşturma

Veri tabanı oluşturma, ilgili dosyalardan yüz ve yüz olmayan nesneleri okuyarak onları ”imgdb” veri tabanına kaydeden ” imload” fonksiyonunu çağırarak, her bir görüntü daha sonra YSA’nın eğitiminde kullanılmak üzere görüntülere Gabor dalgacık dönüşümü uygulanarak vektör olarak kaydedilmektedir.

6.2.2. Ağ Tanımlama

Gabor dalgacık dönüşümü kullanılarak hazırlanan görüntü veri tabanı “net.mat”, geri besleme algoritması için bazı parametreler ile sinir ağlarının hazırlanması için kullanılmaktadır. Gabor dalgacıkları ile ağ eğitimi yapıldıktan sonra eğitilmiş ağ test edilmek üzere kaydedilmektedir. Oluşturulan ağ (net) mimarisi aşağıda verilmiştir.

```
net = network;

net.numInputs = 1;
net.numLayers = 2;
net.biasConnect = [1;1];
net.inputConnect = [1;0];
net.layerConnect = [0 0;1 0];
net.outputConnect = [0 1];
net.targetConnect = [0 1];

netInputs = ones (2160,2);% vektör uzunluğu
netInputs (1:2160,1)= -1;
net.inputs{1}.range = netInputs;

net.layers{1}.size = 100;%saklı katman nöronları
net.layers{2}.size = 1; %çıkış Nöronları

net.layers{1:2}.transferFcn = 'tansig';%transfer fonksiyonu
net.layers{1:2}.initFcn = 'initnw';
net.initFcn = 'initlay';
net.performFcn = 'msereg';
net.trainFcn = 'trainscg';

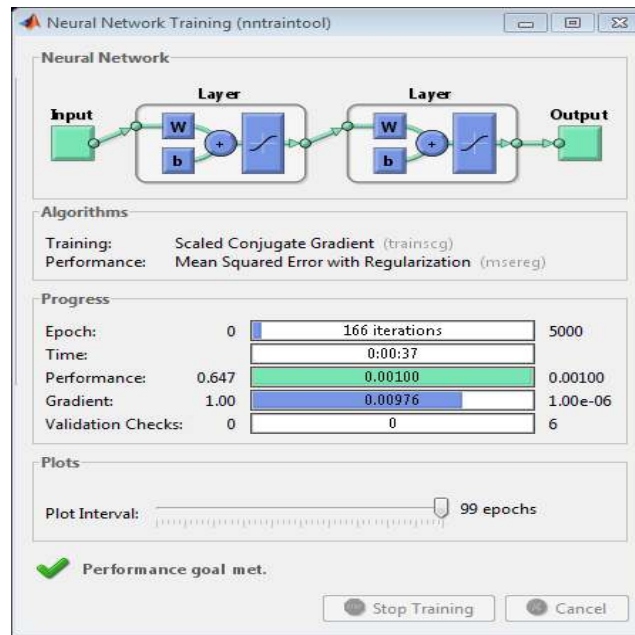
net = init(net)
save netnet
```

6.2.3. Ağ (net) Eğitme

Nesne tanıma işlemlerinin en önemli basamağını sınıflandırma oluşturmaktadır. Sınıflandırma için bu çalışmada geri yayılım (*backpropagation*) öğrenme algoritmasıyla beraber ileri beslemeli (*feedforward*) YSA kullanılmıştır. Arzu edilen çıkış değerleri; yüz görüntüsü için 0.9 olurken, yüz olmayan örnekler için -0.9 olmaktadır. Ağ eğitimi için kullanılan parametreler;

```
net.trainFcn          'trainscg'  
net.trainParam.lr     0.4;      % öğrenme oranı  
net.trainParam.mc     0.4;      % momentum  
net.trainParam.epochs 5000;     % epoch  
net.trainParam.show    10;  
net.trainParam.goal    1e-3;     % hedef hata
```

İterasyon sayısı maksimum değere ulaştığında veya hedef hata elde edildiğinde ağ eğitiminin tamamlandığı ve katmanlar arası ağırlık değerleri kaydedildiği anlaşılmaktadır. Eğitilmiş ağıın eğitim performansı Şekil 6.3'te verilmiştir.



Şekil 6.3. YSA ağ eğitimi

6.2.4. Resim Taraması

Resim tarama işleminde, belirli algoritmalar kullanılarak aranan resmin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Arama alanının azaltılması için resmin istenmeyen kısmının çıkarılmasında ön

tarama işlemi gerçekleştirilir. Tarama penceresi ile görüntü taranarak farklı ölçeklerden elde edilen sonuçlar birleştirilerek üst üste gelen alanlar elenerek algılanan alanlar kare içerisinde gösterilir.

6.2.4.1. Resim Öntaraması

Öntarama işlemi genellikle giriş görüntüsünün alt bloklarının bir pencere kullanılarak resmin taranmasından oluşur. Görüntü ve pencerenin boyutuna bağlı olarak tarama zamanı hesaplanır. Pencere, görüntünün bütün pikselleri üstünden gezdirilir. Pencerenin altındaki alan standart sapma ve varyans değerleri hesaplanarak; tanımlanan eşik değerinden büyük olursa o alanın merkez pikseli kalmakta, eşik değerin küçük olması durumunda merkez piksel yok sayılmaktadır. Aranılan alanın olma olasılığının yüksek olduğu bölgelerin tespit edilmesinde uygulama zamanının azalması öntarama işleminin avantajlarından biridir. Görüntü kenarlarına yakın bölgelerin elenmesi uygulama zamanının azalması için gerekli bir başka seçenektir çünkü kenar bölgelerinde yüz olma olasılığı düşük bir ihtimaldir.

6.2.4.2. Gabor Dalgacık Dönüşümü

Gabor dalgacıkları, uzaysal frekans ve Yönsel seçicilik özelliklerinden yararlanarak hazırlanan, etkin bir nesne analiz süzgecidir. Sinüzoidal düzlem dalgası tarafından modüle edilmiş çekirdek fonksiyonu olan Gabor dalgacık süzgeci eşitlik (6.1)'de formülize edilmiştir [87].

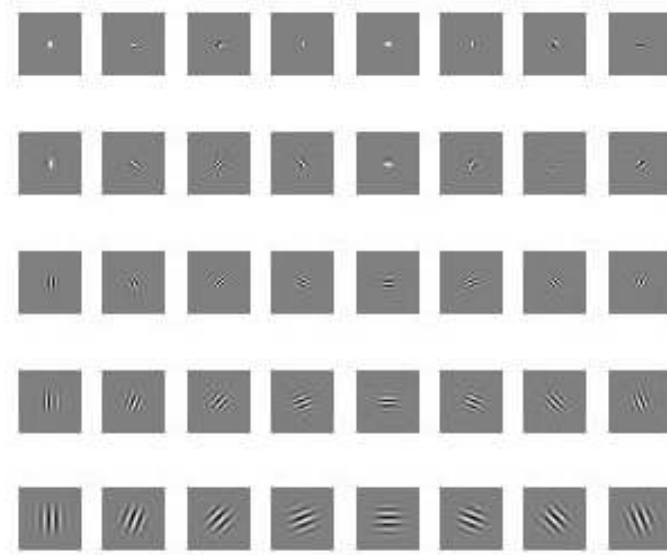
$$\Psi_g(x, y) = \frac{f^2}{\eta\gamma\pi} \exp(\beta^2 y'^2 - \alpha^2 x'^2) \exp(2\pi j f x') \quad (6.1)$$

$$x' = x \cos \theta + y \sin \theta, \quad y' = y \cos \theta - x \sin \theta$$

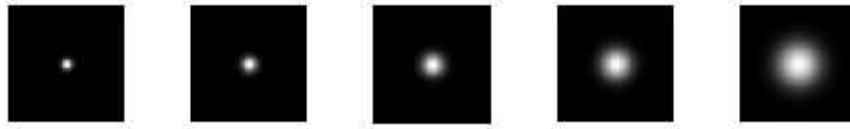
Denklemden verilen;

- f = sinüzoidal düzlem dalgasının merkez frekansı,
- θ = gauss'un saat yönünün tersine döndürülmüş dalgası,
- α = büyük eksen boyunca dalgaya paralel gauss'un tepe noktası,
- β = büyük eksen boyunca dalgaya dik gauss'un sivriliğini göstermektedir.

İstenilen herhangi bir yönde mükemmel yönsel seçicilik özelliğine sahip olması, döndürmeden bağımsız, uzaysal ve frekans ayrışması arasında en iyi denge kurulmasının yapılabilmesi Gabor dalgacıklarının avantajlarından biridir. Şekil 6.4'te 8 yönelimli ve 5 ölçekli Gabor dalgacıklar gösterilmiştir.



a)



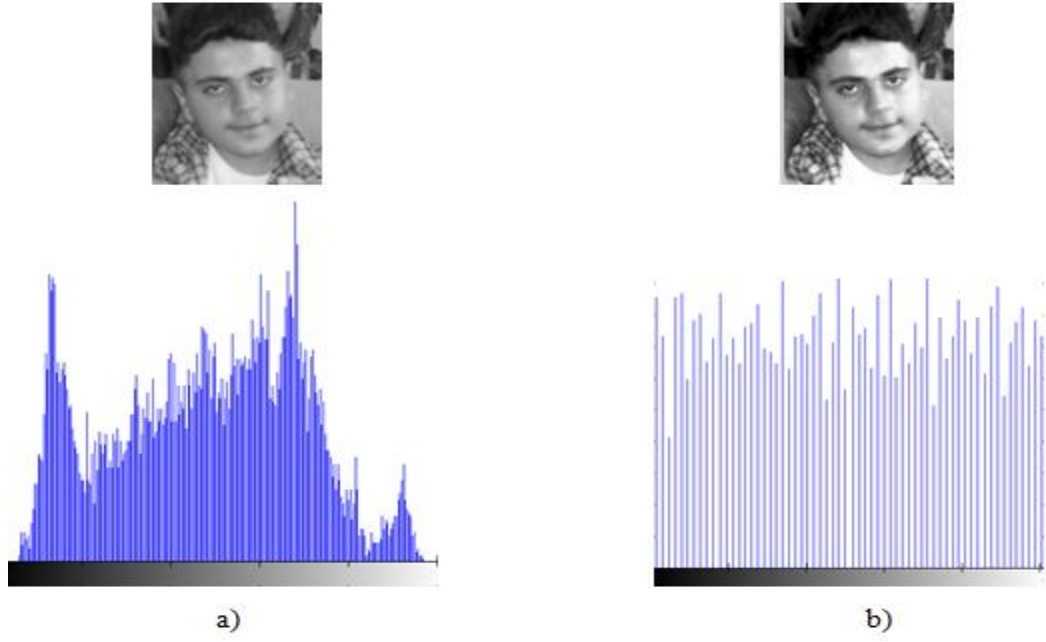
b)

Şekil 6.4. Gabor Dalgacıklar a) 8 yönelimli Gabor süzgeçlerin gerçek kısmı, b) 5 farklı ölçekte Gabor süzgeçlerin Büyüklüğü

Gabor dalgacık dönüşümünün hesap yükünün ve hafıza ihtiyacının fazla olması dezavantaj olarak bilinmektedir. 8 yönelim ve 5 ölçekli olan bu vektör 40 farklı dalgacık ile katlama yapılan nesnelerden elde edilen vektörlerin ard arda eklenmesinden oluşur.

6.2.4.3. Histogram Eşitleme

Histogram eşitleme, bir resimdeki renk değerlerinin belli bir yerde kümelenmiş olmasından kaynaklanan renk dağılımının homojenleştirilmesi için yapılan kontrast artırma yöntemidir. Eksen boyunca gri renk dağılımları yayılır.



Şekil 6.5. Histogram eşitleme, a) Giriş görüntüsü, b) Histogram eşitlenen resim

Gabor dalgacık dönüşümü yüklendikten sonra, görüntüler frekans bölgesinde çarpılmakta ve zaman bölgesinde geri dönülmektedir. Görüntü algılama işleminde her test görüntüsü Histogram eşitleme uygulamasından geçirilmiştir.

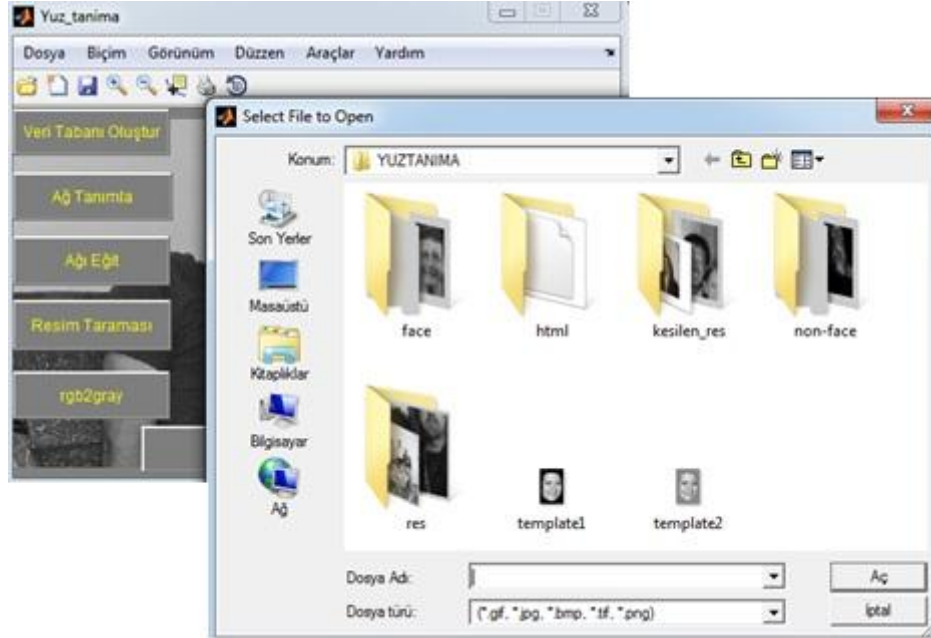
6.2.4.4. Aranan Alanı Göster

Test görüntüsünde algılanan yüz bölgesini kare içerisinde gösteren, iki boyutlu ortalama değerin üst ve alt eşik değerlerine bağlı gösterim için “drawrec” fonksiyonunu çağırır. Resim taraması başlığı altında anlatılan uygulama tanımlamalarının çıktıları Şekil 6.6’da gösterilmiştir.



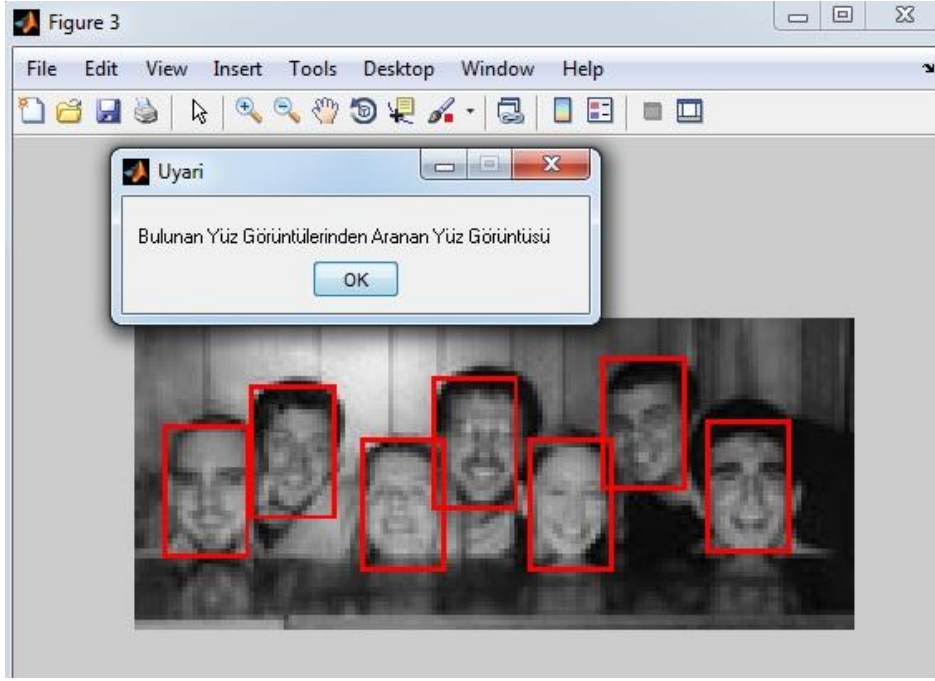
Şekil 6.6. GUI Yuz_tanima penceresi

GUI Yuz_tanima penceresinde görüldüğü gibi “Resim Taraması” butonu tıklanınca, resim seçmemiz için Şekil 6.7 penceresi açılır. Resim ve Dosya türü belirledikten sonra arama işlemi başlar.



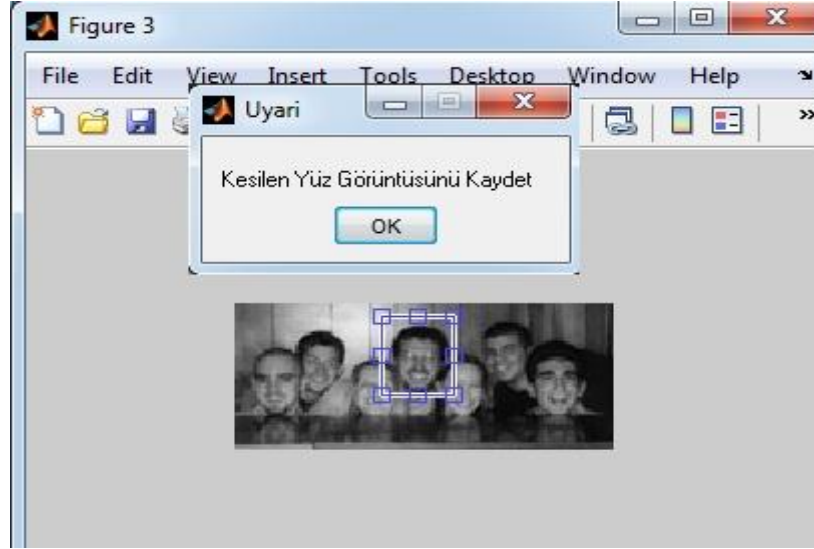
Şekil 6.7. Resim Seçme Penceresi

Arama işlemi tamamlanınca, iki boyutlu ortalama değerin üst ve alt eşik değerlerine bağlı yüz bölgesi tespit edilip Şekil 6.8’de kare içerisinde gösterilmiştir.



Şekil 6.8. Yüz Bölgesinin Kare İçerisinde Gösterilmesi

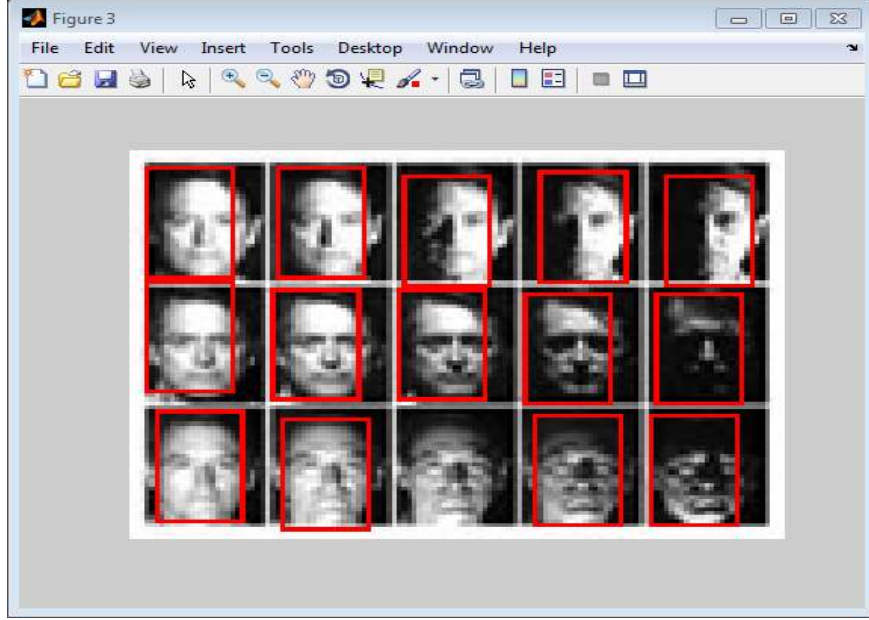
“Uyari” mesaj kutusu açılarak kare içerisinde gösterilen yüz resimlerinden daha sonra aranacak resmin tespit edilmesi için seçim yapmamızı sağlayan Şekil 6.9’da gösterilen seçim penceresi açılacaktır.



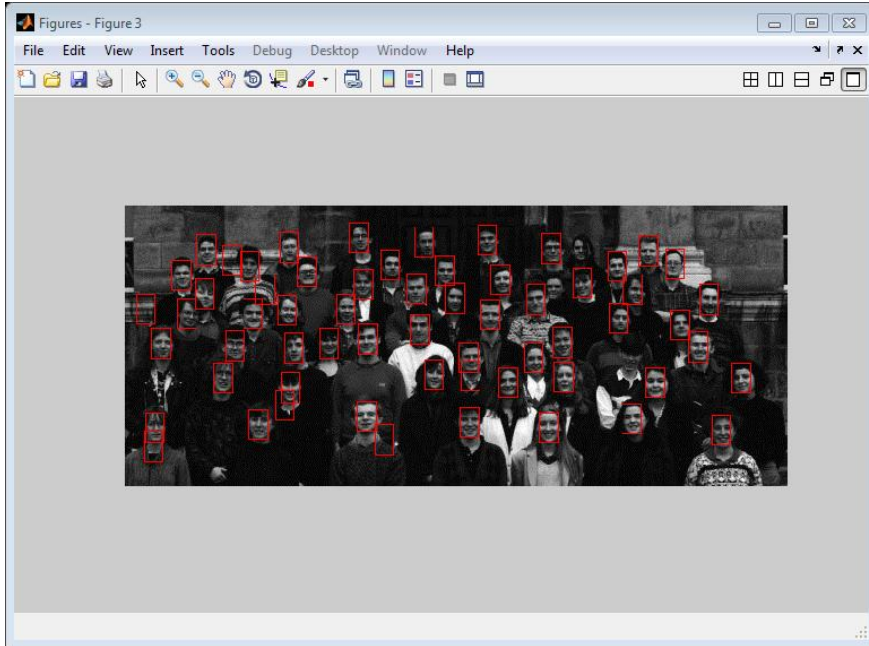
Şekil 6.9. Resim Seçme Penceresi

Kesilen görüntünün kaydedilmesi için “Uyari” mesajı gösterildikten sonra görüntü “Şablon Resim” belirlemek üzere kaydedilir.

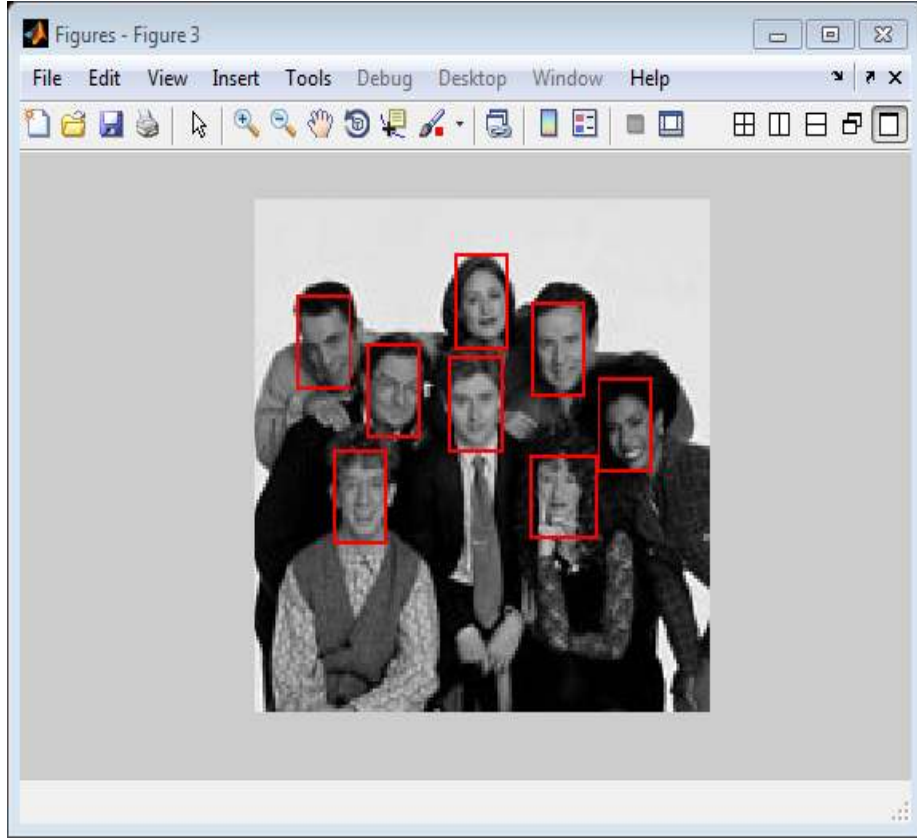
Yukarıda anlatılan uygulama adımları takip edilerek farklı resimler için elde edilen; özellik çıkarımı için Gabor Dalgacık Dönüşümü (GWT), sınıflandırma için Yapay Sinir Ağları (YSA) kullanıldığı test çıktıları verilmiştir.



a)

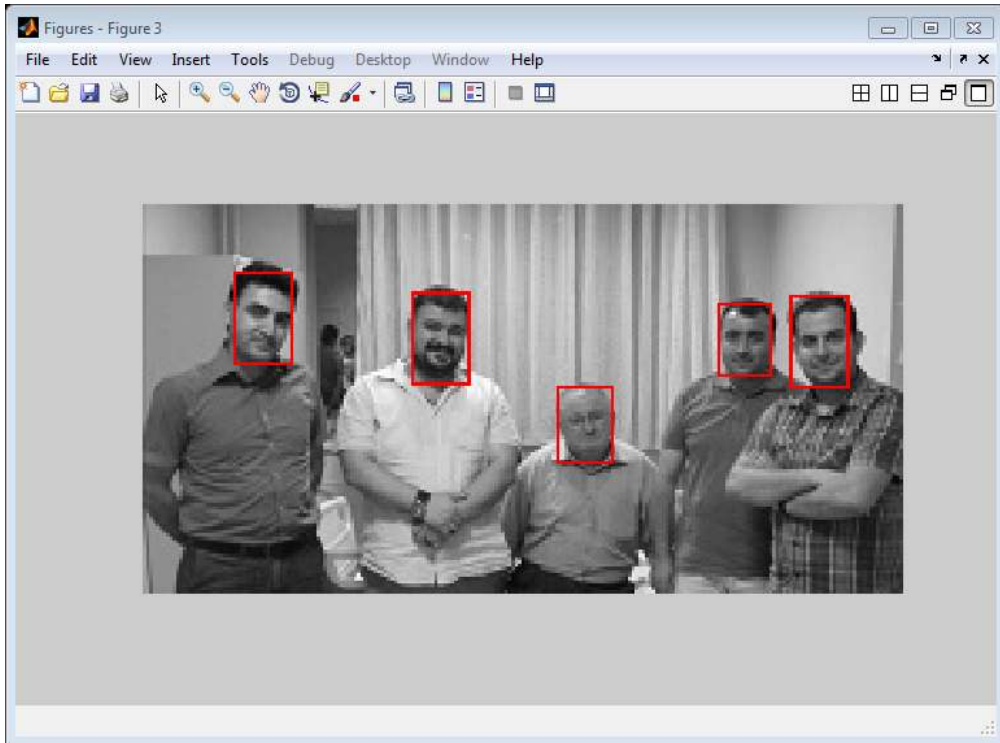


b)

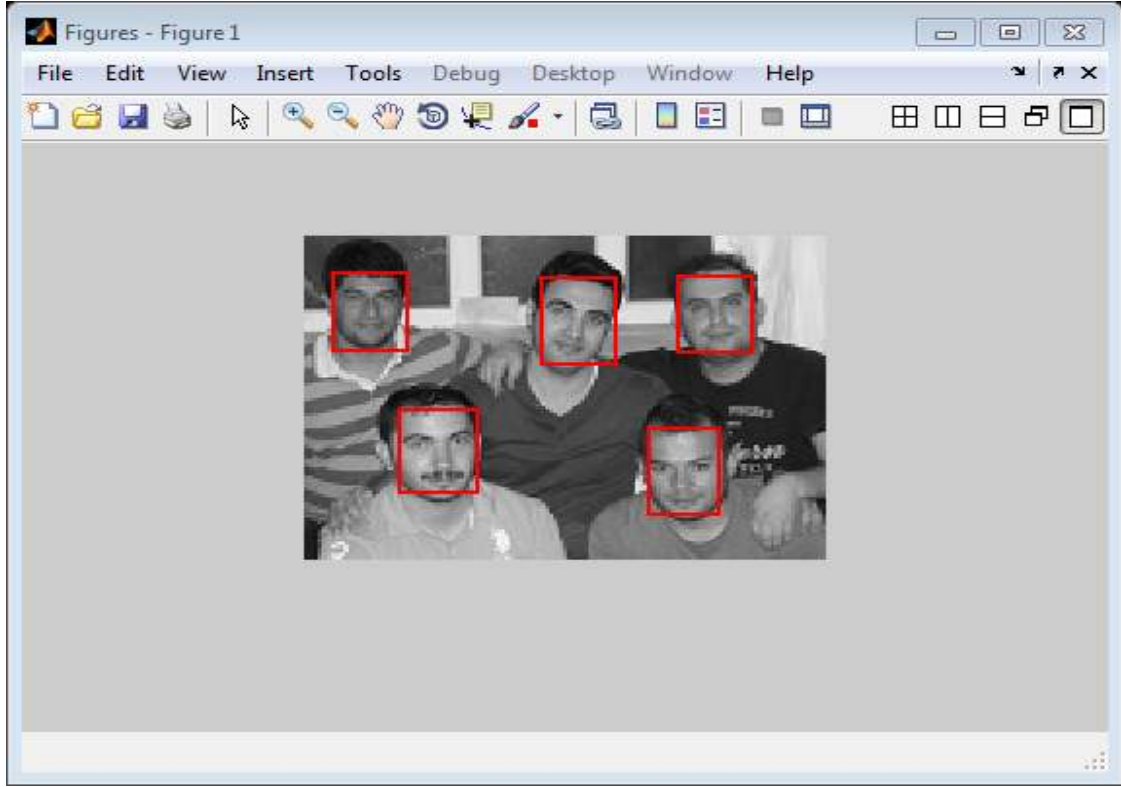


c)

Şekil 6.10. a), b), c) MIT+CMU veri tabanından alınan örnek resimler



a)

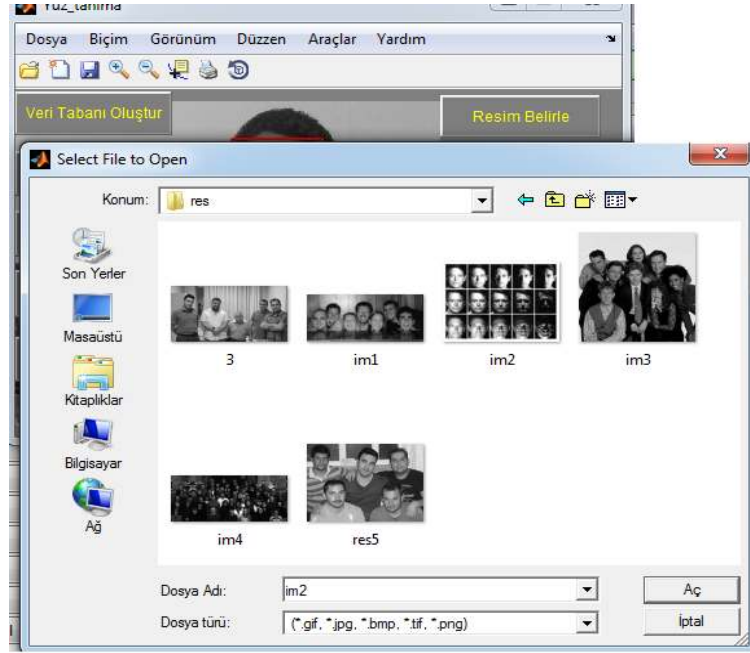


b)

Şekil 6.11. a), b) Yüz algılama test sonuçları

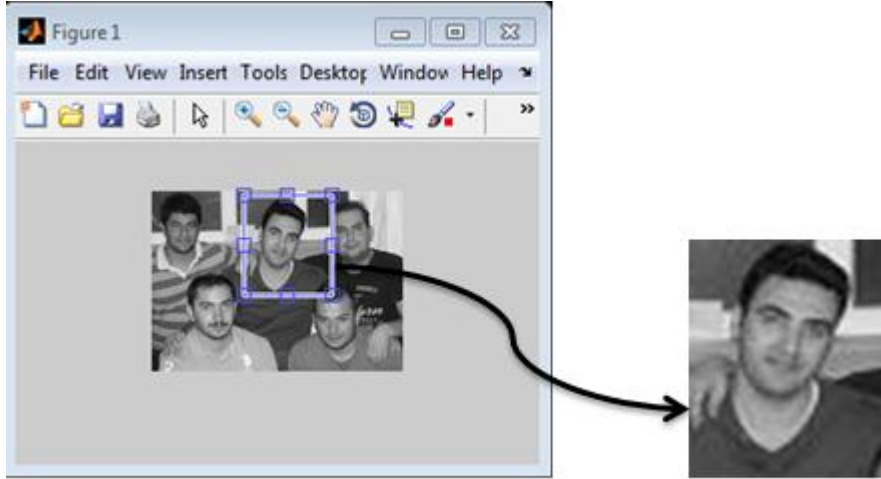
6.2.5. Resim Belirleme

Resim belirleme, aranacak veya düzenlenecek resimlerin elde edilmesinde ve kaydedilmesinde kullanılır. “Resim Belirle” butonu tıklanınca *callback* M-file Editor sayfasında icra edilen komutlar işlenir ve Şekil 6.12 sayfası açılır.



Şekil 6.12. Resim Belirleme

İstenen resim seçildikten sonra, görüntüyü kesmek için seçim aracı aktif hale gelerek “imcrop” komutu ile istenen kare Şekil 6.13’te gösterildiği gibi kesilip kaydedilmektedir.



Şekil 6.13. Resim Kesme

6.2.6. Aranan Resim

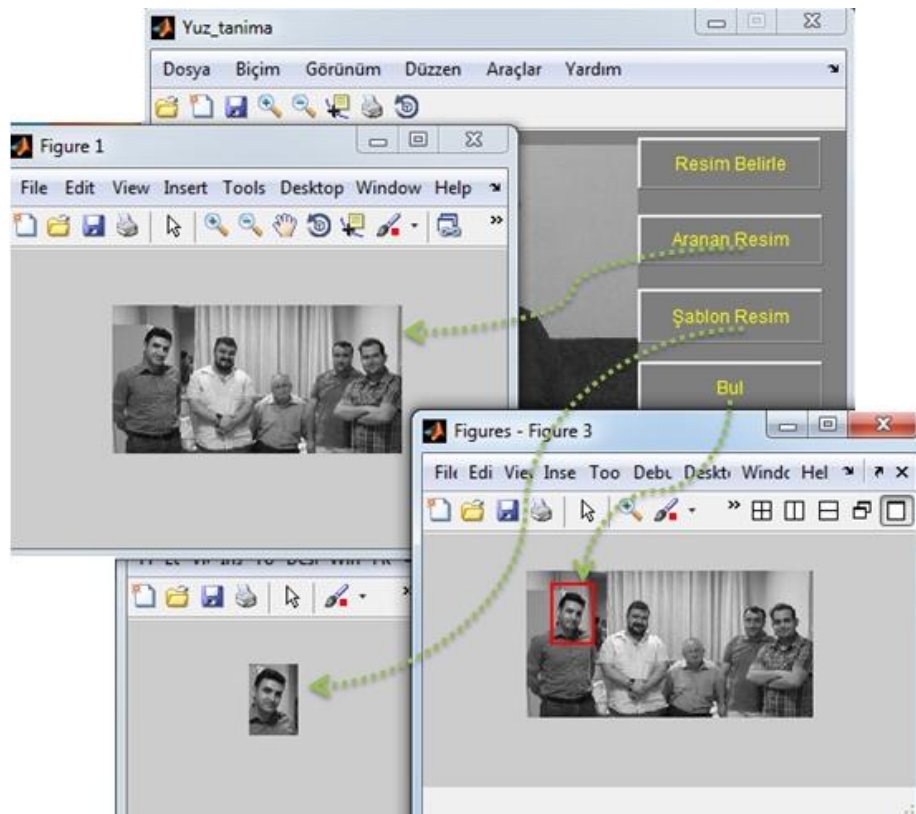
Bir görüntü topluluğundan aranan resmin tespit edilmesi ve daha sonra doğruluğunun ölçülmesi için geliştirilen yöntemlerin, denenerek kesinleşmesinde kullanılmak üzere görüntü seçmemizi sağlamaktadır. Çeşitli algoritmalar kullanılarak elde edilen yüz görüntülerinden, aranan yüz karesinin tespit edilmesinde kullanılmaktadır.

6.2.7. Şablon Resim

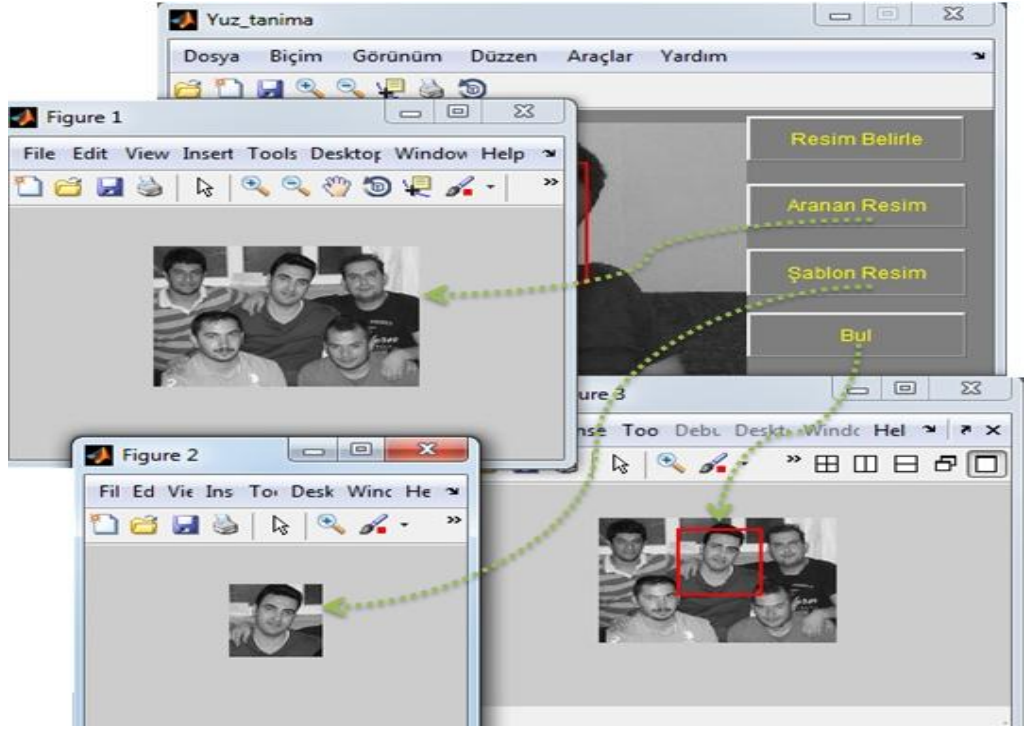
Aranan Resim penceresinden elde edilen görüntü Şekil 6.8’de gösterildiği gibi bir şablon belirlenir ve belirlenen şablon kaydedilir. Faz korelasyon denklemleri kullanarak daha önce bulunan yüz bölgeleri ile karşılaştırılması yapılır ve aranan resmin doğruluğu test edilir.

6.2.8. Şablon Bulma

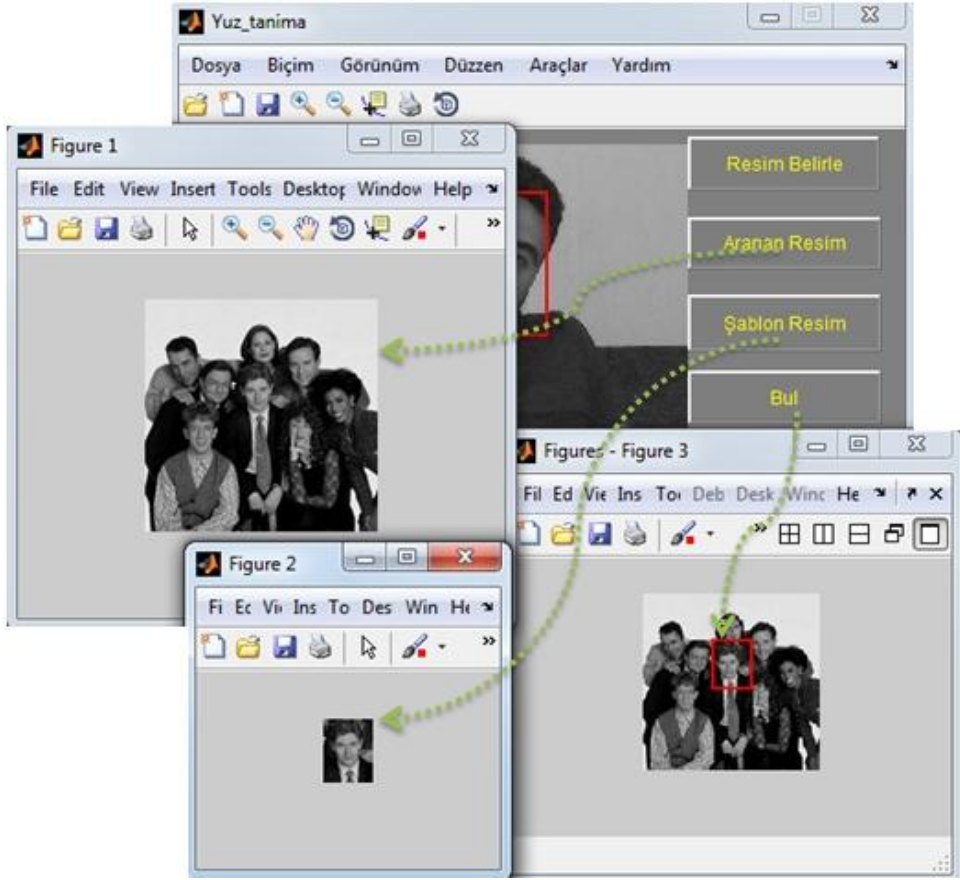
İki görüntü eşleştirilirken, iki işaretin benzerliği test edilerek sonuca gidilir. Fourier dönüşümünün özellikleri kullanılarak faz korelasyon tabanlı görüntü eşleştirilerek şablon alan tespit edilir. Çapraz korelasyon yöntemi kullanılarak eşleştirmede kullanılan görüntü genlik değerlerine göre benzerlikleri test edilir. Eşleştirilecek görüntüler aynı olması durumunda genlik değeri belirli bir doruk oluşturur. Doruk değeri düşük olması görüntünün benzer olmadığına işaret eder. Bu başlıkta resim taramasında elde edilen yüz alanlarından aranan yüz bölgesinin daha yakından incelenmesi veya eldeki görüntülerle karşılaştırıp kesinliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Yapılan çalışmadan elde edilen eşleştirme örnek çıktılarından bazıları gösterilmiştir.



a)



b)



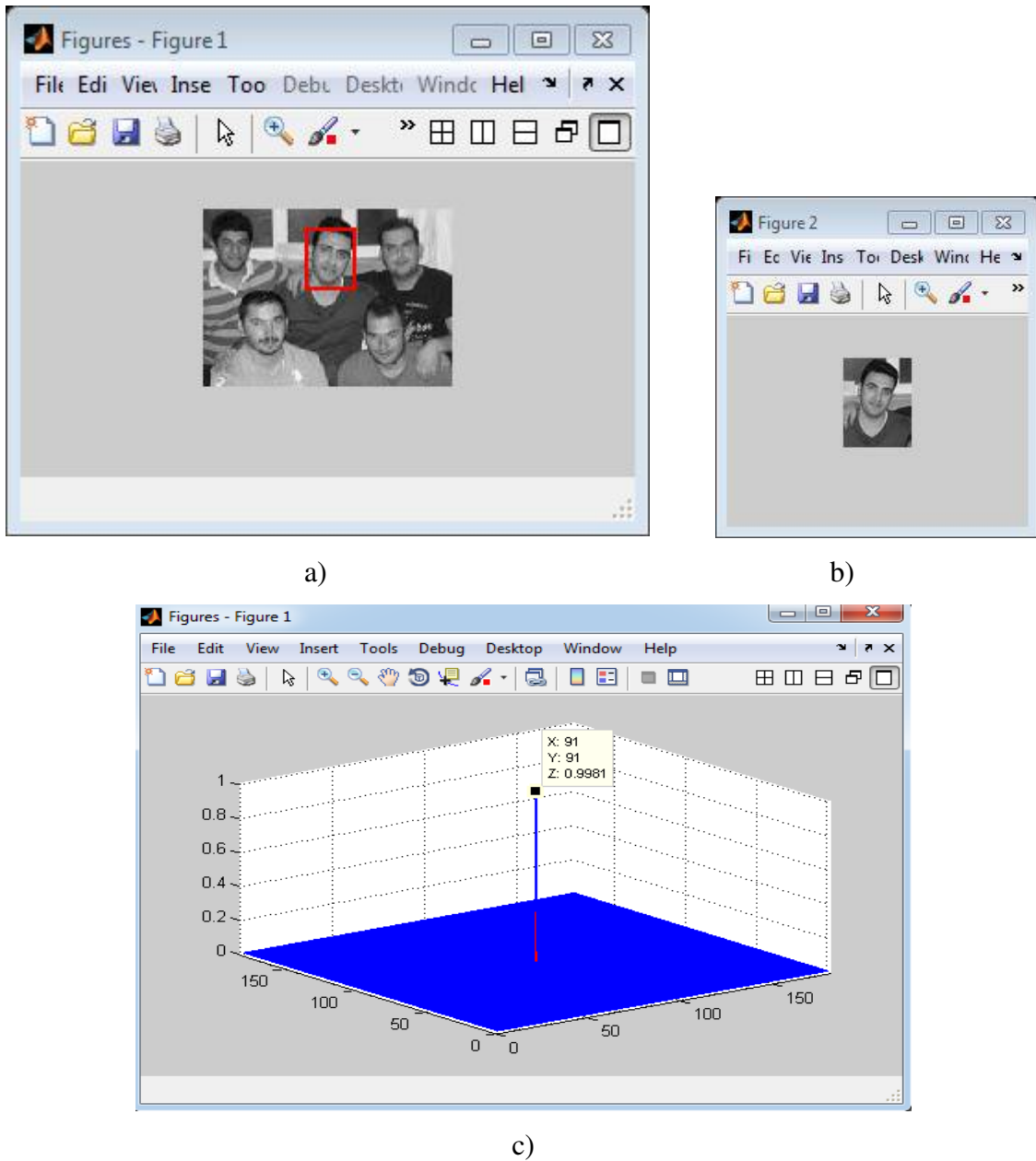
c)

Şekil 6.14. a), b), c) Aranan resimde yer alan şablon resmin tespit edilmesi

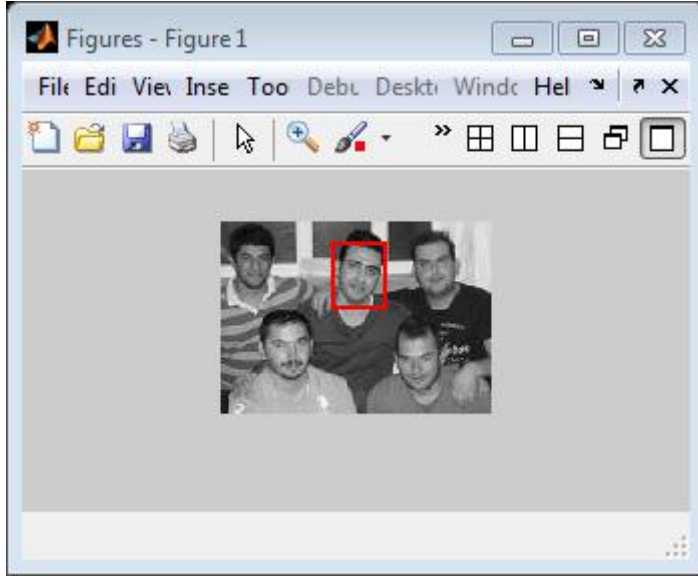
6.2.9. Görüntü Karşılaştırma

Görüntü eşleştirmede Faz korelasyonu, ayrık Fourier dönüşümünün temel özelliklerini kullanarak iki ayrık işaretin veya imgenin benzerliğini test etmek için kullanılan bir benzerlik yöntemidir. Temel anlamda iki işaret arasındaki benzerlik ölçümünü bulmak için Fourier Dönüşüm özellikleri kullanılmaktadır. Bu konu ile ilgili ayrıntılı bilgi 4. Bölümde “Nesne Tanıma Sistemleri” başlığı altında verilmiştir.

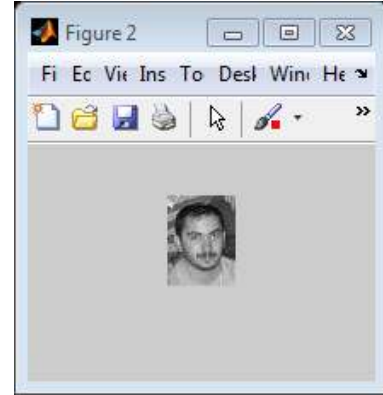
Faz korelasyonunun iki imge arasındaki karşılaştırması gösterilmiştir.



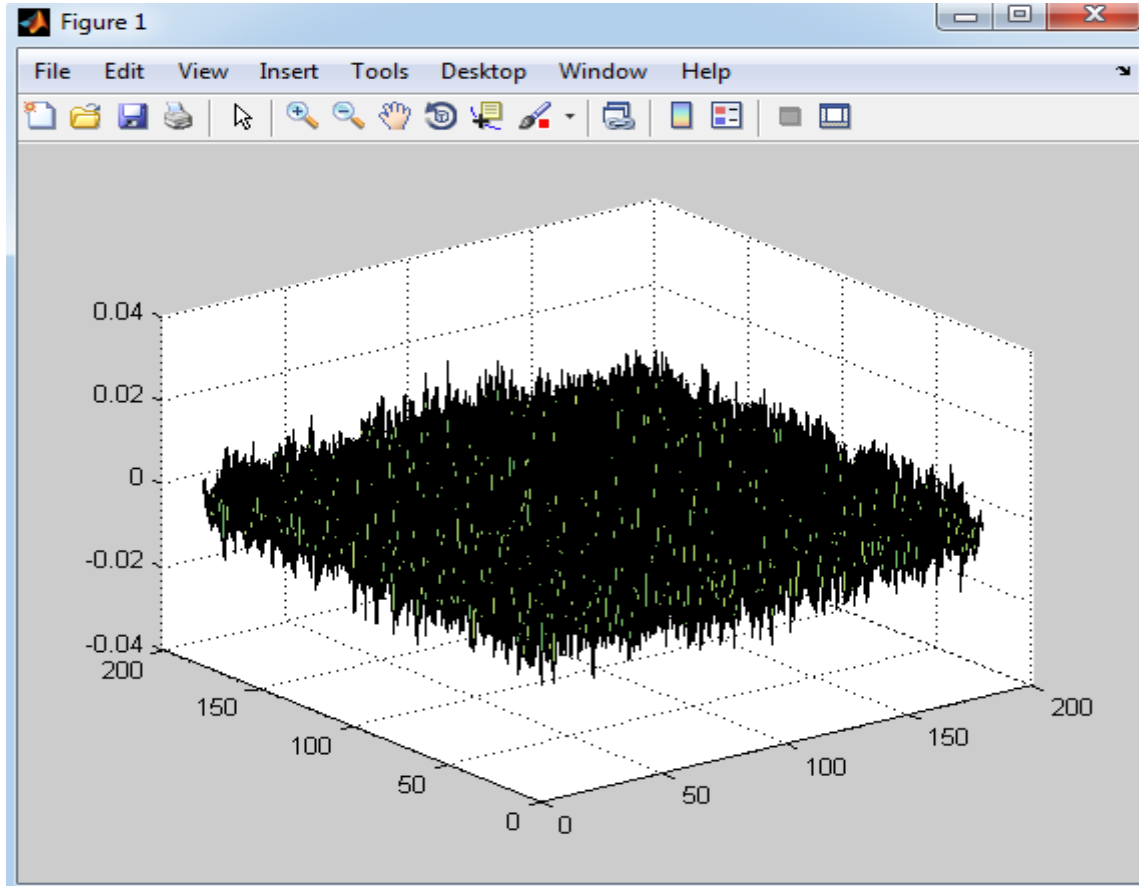
Şekil 6.15. Faz korelasyonu a) Aranan resim, b) Şablon Resim, c) Aynı iki görüntü için elde edilen faz korelasyonu



a)



b)



c)

Şekil 6.16. Faz korelasyonu a) Aranılan resim, b) Şablon Resim, c) Farklı iki görüntü için elde edilen faz korelasyonu

8. SONUÇ

Bu çalışmada yüz algılama ve doğrulama sorunu için yapay sinir ağları ile birlikte dalgacık dönüşümü ve faz korelasyonu kullanılması önerilmiştir. Özellik çıkartımı aşamasında Gabor dalgacık dönüşümleri kullanılmıştır. Gabor özellik vektörlerinin büyük boyutlu olmasından dolayı uygulama zamanı uzun sürmektedir. Bu vektörler üzerinde farklı oranlarda boyut indirgeme gerçekleştirilerek performans analizi yapılabilir.

Bu tez çalışmasında MATLAB 7.10.0 (R2010a) programı kullanılarak Grafik Kullanıcı Arayüzü(GUI) tasarlanmıştır. Yazılımın gerçekleştirildiği bilgisayar; Casper bilgisayar sistemleri, işlemci: Intel(R) Core(TM) i5-2410M CPU @ 2.30 GHz 2.30 GHz, Yüklü bellek: 8,00 GB, Sistem Türü: 64 bit işletim sistemi özelliklidir.

Uygulama aşamasında GUI tanımlaması, kullanılan algoritma, veri tabanı oluşturulması, ağ tanımlama ve eğitilmesi, faz korelasyonu ve kullanılan filtreler gösterilmiştir. Resim taraması basamağında, uygulama zamanını azaltmaya yönelik ön tarama işlemi gerçekleştirilmiştir. Ön tarama işleminde, aranan nesnenin tespit etme olasılığı yüksek olduğu alanların belirlenmesi ve geri kalan kısımların yok sayılması esasına dayanır. Belirlenen alanlar içerisinde istenen alanın ayrıntısını görmek, analizini yapmak ve aynı olup olmadığı tespitini yapabilmek için faz ilgileşim denklemleri kullanılarak arama algoritması ile hedef alan araması ve doğrulanması gerçekleştirilmiştir.

Uygulama zamanının fazla olması önerilen sistemin dezavantaj olarak görülmektedir. Bu dezavantajı ortadan kaldırmak için farklı yöntemler geliştirilebilir. Daha iyi bir Öntarama ile yüz olma olasılığı yüksek olan alanlar küçültülerek, sınıflandırma adımında kullanılan YSA ile birlikte farklı akıllı metotlar kullanılarak performans analizi yapılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] **Tao,B. and Dickinson,B.,**1996. Template-based image retrieval, *IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*,Vol. 3, pp. 871 – 874.
- [2] **Bentoutou, Y., Taleb, N., Kpalma, K. and Ronsin, J.,** 2005. An automatic image registration for applications in remotesensing, *IEEE Transactions on Geoscienceand Remote Sensing*, Vol. 43, pp. 2127-2137.
- [3] **Peng, H., Long, F. and Chi, Z.,** 2003. Document Image Recognition based on template matching of component block projections, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 25, pp. 1188-1192.
- [4] **Dufour, R. M., Miller, E. L. and Galatsanos, N. P.,** 2002. Template matching based Object recognition with unknown geometric parameters, *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 11, pp. 1385-2396.
- [5] **Tagare, H. D.,**1 997. Deformable 2-D template matching using orthogonal curves, *IEEE Transactions on Medical Imaging*, Vol. 16, pp. 108 – 117.
- [6] **Brunelli, R., Poggio, T.,** 1993. Face recognition: features versus templates, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.15, pp. 1042-1052.
- [7] **Sao, A. K. and Yegnanarayana, B.,** 2007. Face verification using template matching, *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, Vol. 2, pp. 636-64.
- [8] **Vanderbrug, G. J. and Rosenfeld, A.,** 1977. Two-stage template matching, *IEEE Transactions on Computers*,Vol. C-26, No. 4.
- [9] **Gharavi-Alkhansari, M.,** 2001. A Fast globally optimal algorithm for template matching using low-resolution pruning, *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 10, pp. 526-533.
- [10] **Omachi, S. and Omachi, M.,** 2007. Fast template matching with polynomials, *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 16, pp. 2139-2149.
- [11] **Cesmeli, E. and Wang, D.,** 1997. Texture segmentation using Gaussian Markov random fields and LEGION, *IEEE conference*.The Ohio State University, Columbus,OH 43210, USA.
- [12] **Cesmeli, E. and Wang, D.,** 2001. Texture Segmentation Using Gaussian–Markov Random Fields and Neural Oscillator Networks, *IEEE Transactions On Neural Networks*, VOL. 12, NO. 2.1045–9227.

- [13] **Huang, L.L., Shimizu, A. and Kobatake, H.** 2005. Robust Face Detection Using Gabor Filter Features, *Pattern Recognition Letters*, vol. 26, pp. 1641-1649.
- [14] **Lim, S., Lee, K., Byeon, O. and Kim, T.,** 2001. Efficient iris recognition through improvement of feature vector and classifier, *Electronics and Telecommunications Research Institute Journal*, Vol. 23, No. 2, Korea.
- [15] **Mojsilovic, A., Rackov, D. and Popovic, M.,** 2000. On the selection of an optimal wavelet basis for texture characterization, *IEEE Trans. On Image Processing*, vol. 9, no. 12, December.
- [16] **Arivazhagan, S. and Ganesan, L.,** 2003. Texture classification using wavelet transform, *Pattern Recog. Lett.* 24, pp. 1513-1521.
- [17] **Wildes, R.,** 1999. Iris Recognition: An Emerging Biometric Technology, *Proceeding of the IEEE*, Vol. 85, No. 9, 1348-1363.
- [18] **Rowley, H., Baluja, S. and Kanade, T.** 1998. Neural network-based face detection. *IEEE Patt. Anal. Mach. Intell.*, 20: pp. 22–38.
- [19] **Kobayashi, H. and Zhao, Q.** 2007. Face Detection Based on LDA and NN, *Proc. Japan China Joint Workshop on Frontier of Computer Science and Technology*, pp. 146-154.
- [20] **Jand A. K., Pankant, S.,** 2001. Automated Fingerprint Identification and Imaging Systems, *Advances in Fingerprint Technology*, 2nd Ed. (H. C. Lee and R. E. Gaensslen), Elsevier Science, New York.
- [21] **Hong, L., Wan Y., Jand, A. K.,** 1998. Fingerprint Image Enhancement: Algorithms and Performance Evaluation, *IEEE Transactions on PAMI*, 20, No. 8, 777-789.
- [22] **Dirik, M.,** 2012. Görüntü Eşleştirme Sürecinin İncelenmesi Fırat Üniversitesi, *Yüksek Lisans Semineri*, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- [23] **Yavuz, G.,** 2008. Plaka Tanıma Sistemi, Sakarya Üniversitesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- [24] **Toraman, S.,** 2006. Histopatolojik İmgelerin Değerlendirilmesinde Örüntü Tanıma Temelli Karar Destek Sistemleri, Fırat Üniversitesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- [25] **Toraman, S.,** 2006. Histopatolojik İmgelerin Değerlendirilmesinde Örüntü Tanıma Temelli Karar Destek Sistemleri, Fırat Üniversitesi, *Yüksek Lisans Tezi*. Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.

- [26] **Türkoğlu, İ.**, 1996. Yapay Sinir Ağları ile Nesne Tanıma, Fırat Üniversitesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- [27] **Polar, R.**, 2007. Biyomedikal Görüntü Bölütleme, Fırat Üniversitesi, *Yüksek Lisans Tezi* Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- [28] **Korkmaz, N.**, 2008. Omurga Şekil Bozukluğu Analiz Ve Teşhisine Yönelik yazılım geliştirme, Marmara Üniversitesi, *Doktora Tezi*, Fen bilimleri enstitüsü, İstanbul.
- [29] <http://www.yildiz.edu.tr/~bayram/sgi/saygi.htm>, Sayısal görüntü işleme. 09 Şubat 2012.
- [30] **Tkalcic, M., Tasic, J.**, 2003. Colour spaces - perceptual, historical and applicational background, Eurocon Ljubljana, Slovenia.
- [31] **Yılmaz, İ.**, 2002. Renk Sistemleri, renk uzayları ve dönüşümler, *Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Öğretiminde 30. Yıl Sempozyumu*, Konya.
- [32] **Akar, F.**, 2009. Şablon Eşleme Yöntemi ile Plaka Tanıma ve değerlendirme Sistemi, Atatürk Üniversitesi, *Doktora Tezi*, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- [33] **Davies, E. R.**, 2005. Machine Vision : Theory, Algorithms, Practicalities. Amsterdam, Elsevier, Boston.
- [34] **Shi, J., Malik, J.**, 1997. Normalized Cuts and Image Segmentation, *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 731-737.
- [35] <http://www.cse.msu.edu/~stockman/Book/contents.pdf> **Shapiro, L., Stockman, G.**, 2000. March, Computer Vision. Ch 3. 30. Mart. 2012.
- [36] **Young, I. T., Gerbrands, J. J., and Vliet, L. J.** 2007. Fundamentals of Image Processing *Delft University of Technology, 1995-2007*.
- [37] **Hanbay, D.**, 2007. Yapay Sinir Ağı Tabanlı Akıllı Yöntemlerle Karmaşık Sistemlerin Modellenmesi, Fırat Üniversitesi, *Doktora Tezi* , Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- [38] **Akan, H.**, 2007. Sayısal Görüntü İşlemeye Dayalı Proses Kontrolü İçin Bir Sistem Tasarımı, Marmara Üniversitesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [39] <http://www.goruntuisleme.org/index.php> Görüntü İşleme. 14 Mart 2012.
- [40] **Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, Steven L. Eddins**, 2003. Digital Image Processing Using MATLAB. Pages, 609.
- [41] **Ertürk, S. ve Urhan, O.**, 2004-2005. İmge İşleme, Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Kocaeli.

- [42] **Karhan, M., Oktay, M. O., Karhan, Z. Ve Demir H.,** 2011. Morfolojik Görüntü İşleme Yöntemleri ile Kayıslarda Yaprak Delen (Çil) Hastalığı Sonucu Oluşan Lekelerin Tespiti, (*IATS'11*), 16-18 ,Elazığ.
- [43] **Özşen, Ö.,** 2002. Matematiksel Morfoloji Kullanılarak Göğüs Kanserinin Erken Teşhisi, Anadolu Üniversitesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- [44]. **Chang, S. L.,Chen, L. S., Chung Y. C. and Chen S. W.,** 2004. Automatic License Plate Recognition, *IEEE Transactions On Intelligent transportation systems*, vol. 5, no. 1.
- [45] **Uysal, M.,** 1999. Dijital Fotoğrametride Alana Dayalı Görüntü Eşleme Metotlarıyla Yarı Otomatik Havai Nirengi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon.
- [46] **Varlık, A., Uysal M., Karalar, F. ve CAN, Z.C.,** 2009. Dijital Fotoğrametride yapısal görüntü eşleştirme, *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi* Cilt:1, No:3,21-33.
- [47] **Türkoğlu, İ. ve Hanbay, D.,** 2001. Yapay Sinir Ağı ve HFD Kullanarak DTMF Sinyal Örüntülerini Tanıma Sistemi, *Elektrik - Elektronik – Bilgisayar Mühendisliği 9. UlusalKongresi*, 431-434, Kocaeli.
- [50] **Şengür A.** 2006. Endoskopik Görüntülerin Değerlendirilmesinde Görüntü İşleme Temelli Akıllı Karar Destek Sistemi, Fırat Üniversitesi, *Doktora Tezi*, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- [48] <http://www.kets.com/tr/sss/ocr.faq.htm> Optik Karakter Tanıma (OCR) Hakkında Sıkça Sorulan Sorular. 2 Nisan 2012.
- [49] **Musayev, E.,** 2004. Bilgisayar Destekli Karakter Tanıma Sistemi Tasarımı, İstanbul Üniversitesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [50] **Simpson, P.,** 1990. Artificial Neural Systems, *Pergamon Press, New York, NY*.
- [51] **Martinsky, O.,** 2007. Algorithmic and Mathematical Principles of Automatic Number Plate Recognition Systems. *B.Sc. Thesis, BrnoUniversity of Technology, Brno*.
- [52] **Aras, P.,** 2006. Bilgisayar Destekli El Yazısı Karakterlerini Tanıma Sistemi Tasarımı, İstanbul Üniversitesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [53] **Nabiyev, V.V.,** 2010. Yapay Zeka, insan bilgisayar etkileşimi, *Seçkin Yayıncılık*, Ankara.
- [54] **Soykan, F.,** 2005. Nesne Tanıma ve Aralarındaki Topolojik İlişkilerin Semantik Düzeyde İncelenmesi, Trakya Üniversitesi, *Yüksek Lisans Tezi*. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trakya.

- [55] **Akar, E. O.**, 2006. Tarihi görüntülerin kalitesinin görüntü işleme teknikleri kullanılarak artırılması, Selçuk Üniversitesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- [56] **Ertürk, A.**, 2010. Rotation, Scale And Translation Invariant Automatic Target Recognition Using Template Matching For Satellite Imagery, A *Thesis Submitted To The Graduate School Of Natural And Applied Sciences Of Middle East Technical University*.
- [57] <http://www.mathworks.com/help/images/designing-and-implementing-linear-filters-in-the-spatial-domain.html> Matworks. 20 Ekim 2012.
- [58] **Varlık, A., Uysal, M., Karalar, F., Can, Z. C.**, 2009. Dijital Fotogrametride Alana Dayalı Görüntü Eşleme yöntemleri, *Electronic Journal of Map Technologies*.
- [59] **Lewis, J. P.**, 1995. Fast normalized cross-correlation, *Vision Interface.95 Vision Interface 95, Canadian Image Processing and Pattern Recognition Society, Canada*, pp. 120-123.
- [60] **Stefano, L. D., Mattoccia, S.**, 2001. Fast template matching using bounded partial correlation, *DEIS-ARCES*. Volume 13, Issue 4, pp 213-221.
- [61] **Şengür, A., Karabatak, M.**, 2010. Rotational Invariant Image Matching Based On Phase Only Correlation, *SIU, Diyarbakır*. pp. 153 – 156.
- [62] **Çeşmeci, D. and Güllü, M. K.**, 2009. Phase Correlation Based Hyperspectral Image Classification Using Different Number of Multiple Class Representatives, *Signal Processing and Communications Applications Conference, SIU IEEE 17th* pp.53 – 56.
- [63] **Durmuş, S., Çelebi, A. T. and Güllü, M. K.**, 2010. Bant-Sınırlı Faz Korelasyonu Uyumlaması Temelli iris Tanıma, *SIU2010 - IEEE 18. Sinyal işleme ve iletişim uygulamaları kurultayı – Diyarbakır* pp. 878 – 881.
- [64] **Ito, K., Nakajima, H., Kobayashi, K., Aoki, T. and Higuchi. T.**, 2004. A Fingerprint Matching Algorithm Using Phase-Only Correlation, *Ieice Trans. Fundamentals, Vol. E87-A, No.3 March*.
- [65] **Brunelli, R. and Poggio, T.**, 1993. FaceRecognition: Features Versus Templates, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 15 no. 10, pp. 1042-1052.
- [66] **Tuna, S.**, 2008. Şablon eşleme ve çok katmanlı algılayıcı kullanılarak yüz tanıma sisteminin gerçekleştirilmesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- [67] **Demir, Ö., Çamurcu, A. Y.**, 2010. Lung Nodule Detection Using Template Matching and Similarity Measurement, *Biomedical Engineering Meeting (BIYOMUT), 2010 15th National*, pp.1-4.
- [68] **Çetin, F., H.**, 2011. Bir Görüntüdeki Nesnenin Bir Başka Görüntüde Bulunması, Başkent Üniversitesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [69] **Bulut, S.**, 2011. İris Görüntülerinin Analiziyle Kimlik Tanıma, Marmara Üniversitesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [70] **Koçer, E.**, 2007. İris Deseninin Yapay Zeka Yöntemleri İle Tanınması, Selçuk Üniversitesi, *Doktora Tezi*, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- [71] **Özer D. S.**, 2010. İristen Kimlik Tanıma, Kocaeli Üniversitesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- [72] **Masek, L.**, 2003. Recognition of Human Iris Patterns for Biometric Identification, *The University of Western Australia*.
- [73] **Turkoğlu, İ.**, 2002. Durağan Olmayan İşaretler İçin Zaman-Frekans Entropilerine Dayalı Akıllı Örüntü Tanıma, Fırat Üniversitesi, *Doktora Tezi*, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- [74] **Şengür, A. ve Türkoğlu, İ.**, 2003. Classifing Analogue Modulated Communication Signals Using Bayes Decision Criterion, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7(3), 32-36.
- [75] **Avcı, E., Türkoğlu, İ. ve Poyraz, M.**, 2005. Intelligent Target Recognition Based on Wavelet Packet Neural Network, *Expert Systems with Applications*, 29(1), 175-182.
- [76] **Erdoğan, A., Pekçakar A.**, 2009. Feature Extraction Of Ecg Signals With Wavelet Transform And Signal Classification With Artificial Neural Network, *IATS'09*, Karabük.
- [77] **Şengür, A.**, 2006. Endoskopik Görüntülerin Değerlendirilmesinde Görüntü İşleme Temelli Akıllı Karar Destek Sistemi, Fırat Üniversitesi, *Doktora Tezi*, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- [78] **Akıncı, T. Ç.**, 2005. Dalgacık tabanlı Dağıtım Sistemleri Koruma Algoritması, Marmara Üniversitesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [79] **Daugman, J.**, 2002. How iris recognition works, *Proceedings of 2002 International Conference on Image Processing, Vol. 1*. pp33- 36.
- [80] **Masek, L.**, 2003. Recognition of Human Iris Patterns for Biometric Identification, *The University of Western Australia*.

- [81] **Lim, S., Lee, K., Byeon, O., Kim, T.,** 2001. Efficient iris recognition through improvement of feature vector and classifier, *ETRI Journal*, Vol. 23, No.2, Korea.
- [82] **Hanbay, D.,** 2007. Yapay Sinir Ağı Tabanlı Akıllı Yöntemlerle Karmaşık Sistemlerin Modellenmesi, Fırat Üniversitesi, *Doktora Tezi*, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- [83] **Türkoğlu, İ.,** 1996. Yapay Sinir Ağları İle Nesne Tanıma, Fırat Üniversitesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- [84] **Avcı, E.,** 2005. Akıllı Radar İle Hedef Tanıma Sistemi, Fırat Üniversitesi, *Doktora Tezi*, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- [85] **Türkoğlu, İ.,** 2002. Durağan Olmayan İşaretler İçin Zaman-Frekans Entropilerine Dayalı Akıllı Örüntü Tanıma, Fırat Üniversitesi, *Doktora Tezi*, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- [86] **Hanbay, D., Türkoğlu, İ. ve Demir, Y.,** 2008. Prediction of wastewater treatment plant performance based on wavelet packet decomposition and neural networks, *Expert Systems with Applications*, Vol.34, Issue 2, pp. 1038–1043.
- [87] **Eleyan, G.,** 2010. Görüntü Çerçevelerinde Yüz Algılama Ve Veritabanı İle Eşleme Yapılması, Ankara Üniversitesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi :29/09/1986

Doğum Yeri :BİNGÖL

Lise :Bingöl Lisesi (YDA Lise) (2000–2004)

Lisans :Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektronik ve Bilgisayar
Öğretmenliği (2005– 2009)

Yüksek Lisans :Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik ve Bilgisayar
Eğitimi Anabilim Dalı (2010-2012)

İş Tecrübesi :Şırnak Üniversitesi Araştırma Görevlisi(2010-Devam)