

**ÜÇ KATMANLI GÜVENLİK ANALİZİ  
YAKLAŞIMINA DAYANAN İRİS TANIMA İLE  
KİMLİK DOĞRULAMA**

**2017  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ**

**Yasemin SANDAL**

**ÜÇ KATMANLI GÜVENLİK ANALİZİ YAKLAŞIMINA DAYANAN İRİS  
TANIMA İLE KİMLİK DOĞRULAMA**

**Yasemin SANDAL**

**Karabük Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü**

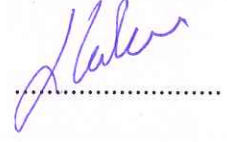
**Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında  
Yüksek Lisans Tezi  
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK  
Aralık 2017**

Yasemin SANDAL tarafından hazırlanan “ÜÇ KATMANLI GÜVENLİK ANALİZİ YAKLAŞIMINA DAYANAN İRİS TANIMA İLE KİMLİK DOĞRULAMA” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Hakan KUTUCU

Tez Danışmanı, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

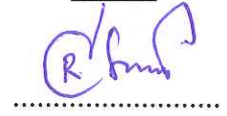


Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 25/12/2017

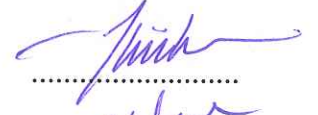
Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Prof. Dr. Refik SAMET (AÜ)



Üye : Yrd. Doç. Dr. İlker TÜRKER (KBÜ)



Üye : Yrd. Doç. Dr. Hakan KUTUCU (KBÜ)



...../...../2018

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Filiz ERSÖZ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdür V.





*“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”*

Yasemin SANDAL

## ÖZET

**Yüksek Lisans Tezi**

### **ÜÇ KATMANLI GÜVENLİK ANALİZİ YAKLAŞIMINA DAYANAN İRİS TANIMA İLE KİMLİK DOĞRULAMA**

**Yasemin SANDAL**

**Karabük Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı:**

**Yrd. Doç. Dr. Hakan KUTUCU**

**Aralık 2017, 93 sayfa**

Bu tez çalışması kapsamında biyometrik sistemlerden biri olan iris tanıma sistemi için bir uygulama geliştirilmiştir. Çalışmada; insan yaşamı boyunca değişmemesi, çok fazla sayıda ayırt edici özelliğe sahip olması, iyi korunması, bir benzerinin olmasının imkansız olması, rastgelelik oranının yüksek olması, kalıtsal hastalıklardan etkilenmemesi ve uzaktan da algılanabilmesi gibi özelliklere sahip olmasından dolayı biyometrik özellik olarak tanıma işlemi için iris seçilmiştir. Tez için gerçekleştirilen bu uygulamada her bir kişinin irisinin tanınması için o kişiye ait 3 adet iris özelliği çıkarılmıştır. Bu özelliklerden birincisi iris dokusundan üretilen iris kodu, ikincisi iris alanı ile göz küresi alanı oranından elde edilen ölçüm değeri, üçüncüsü de iris renk değeridir. Çalışmanın güvenlik analizi katmanları bu 3 parametreden oluşmaktadır. Sistemin gerçek zamanlı olarak çalışabilmesi için donanım kısmı üzerinde de çalışılmış, canlı gözden görüntü alabilmek için en düşük maliyetli olacak şekilde bir donanım tasarlanmıştır. Geliştirilen uygulamada iris sınırlarının tespit edilmesi

aşamasında literatürde bulunan diğer birçok sistemden farklı olarak kenar belirleme algoritmaları yerine threshold metodu kullanılmıştır. Sadece irisin olduğu görüntüden 60x240 piksel boyutlarında alınan iris kesit alanının 6 farklı Gabor filtresi ile konvüle edilmesiyle iris doku kodu üretilmiştir. İris renk analizi için ısı haritasından, göz küresinin belirlenmesi için de haarcascade metodundan yararlanılmıştır.

Yapılan iris tanıma uygulamasının gri seviyeli görüntülerdeki test aşaması için CASIA veritabanında yer alan 30 kişiye ait farklı zaman ve farklı açılardan çekilmiş 150 görüntü kullanılmıştır. Gerçek zamanlı olarak çalışan kısım için ise 20 kişiye ait 50 görüntü üzerinde test işlemi gerçekleştirilmiştir. Sonuçların analiz edilmesiyle CASIA veritabanı için % 90, gerçek zamanlı çalışma için ise % 92 oranında doğru tanıma görüldüğü tespit edilmiştir. Çalışma süresince açık kaynak kodlu görüntü işleme kütüphanesi olan OpenCV, EmguCV ve Aforge kütüphanelerinin çeşitli metodları kullanılmış ve çalışmanın yazılımı C # dilinde gerçekleştirilmiştir.

**Anahtar Sözcükler :** Biyometrik güvenlik, doku eşleme, kimlik doğrulama, artırılmış güvenlik.

**Bilim Kodu** :902.1.014

## **ABSTRACT**

**M. Sc. Thesis**

### **AUTHENTICATION WITH IRIS RECOGNITION BASED ON A 3-TIER SECURITY ANALYSIS APPROACH**

**Yasemin SANDAL**

**Karabük University**

**Graduate School of Natural and Applied Sciences**

**Department of Computer Engineering**

**Thesis Advisor:**

**Asst. Prof. Dr. Hakan KUTUCU**

**December 2017, 93 pages**

An application for the iris recognition system which is one of the biometric systems is developed in the scope of this thesis study. Iris is selected as a biometric feature for the recognition process, because it has characteristics such as not changing during human life, having many distinguishing features, good preservation, impossible to have a similarity one, high randomness, unaffected by inherited diseases and possible to sense remote, in the study. 3 pieces of iris feature that belong to person are extracted for recognition of each person's iris in this application conducted the aim of the thesis. The first one of these properties is the iris code generated from the iris texture, the second is the measurement value obtained from the iris area to the eyeball area, and the third is the iris color value. The study's security analysis layers consist of these 3 parameters. It is also worked on the hardware part for the system to work in real-time, a hardware to be the lowest cost is designed to get an image from live eye. Threshold

is used instead of edge detection algorithms contrast to many other systems in the literature, during the detection of iris boundaries in the developed application. The iris texture code is produced by convolving the iris cross-sectional area taken from the image that has only iris which is 60x240 pixel size with 6 different Gabor filters. Heat map for the iris color analysis, haarcascade for the determination of the eyeball is used.

150 images taken at various times and different angles belonging to 30 persons in the CASIA database is used for the iris recognition application's test phase in the gray level images. The test process is carried out on 50 images of 20 persons for the real-time part. It is determined that % 90 correct recognition for CASIA database and % 92 for real-time part by analyzing the results. Various methods of OpenCV which is open source image processing library, EmguCV and Aforge are used during the study, and the software of studying is realized in C#.

**Key Word** : Biometric security, Pattern recognition, Authentication, Augmented security.

**Science Code** : 902.1.014



## TEŞEKKÜR

Bu tez alıőmasının planlanmasında, araőtırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle alıőmamı bilimsel temeller ışığında őekillendiren sayın danıőman hocam Yrd. Doç. Dr. Hakan KUTUCU'ya sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Çalıőmalarım sırasında moral ve yönlendirici desteğini esirgemeyerek, araőtırmalarımda yardımcı olan, yüksek lisans arkadaőım Mustafa AKCA'ya göstermiő olduğu ilgi, sabır ve manevi destekten dolayı içtenlikle teşekkür ederim.

Çalışmada test verileri elde etmemde bana yardımcı olan bölüm öğrencilerimize ayrıca teşekkür ederim.

Sevgili aileme maddi ve manevi hiçbir yardımı esirgmeden her an ve her koşulda yanımda oldukları için tüm kalbimle teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

	<b><u>Sayfa</u></b>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER .....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	xvi
BÖLÜM 1 .....	1
GİRİŞ .....	1
BÖLÜM 2 .....	4
LİTERATÜR ARAŞTIRMASI .....	4
BÖLÜM 3 .....	10
BİYOMETRİK SİSTEMLER.....	10
3.1. BİYOMETRİK SİSTEM TÜRLERİ.....	13
3.1.1. Parmak İzi.....	14
3.1.2. Yüz Tanıma .....	15
3.1.3. El Geometrisi .....	16
3.1.4. İris Tanıma.....	18
3.1.4.1. Gözün Yapısı ve Kısımları.....	18
3.1.4.2. İrisin Yapısı.....	20
3.1.4.3. Biyometrik Özellik Olarak İris Seçimi .....	24
3.1.4.4. İris Tanıma Sisteminin Kullanım Alanları.....	25
3.1.5. Retina Tanıma.....	25
3.1.6. Ses Tanıma.....	26
3.1.7. El Yazısı ve İmza Tanıma.....	26

3.1.8. DNA Tanıma .....	27
3.1.9. Tuş Basma Ritmini Tanıma .....	27
3.1.10. Vücut Isısı ve Yürüyüş Tanıma .....	28
3.1.11. Avuç İçi Tanıma .....	28
3.1.12. Çoklu Biyometrik Tanıma .....	29
3.2. BİYOMETRİK SİSTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI .....	30
BÖLÜM 4 .....	32
GÖRÜNTÜ İŞLEME .....	32
4.1. GÖRÜNTÜNÜN BAZI TEMEL KAVRAMLARI .....	33
4.1.1. Piksel .....	33
4.1.2. Çözünürlük .....	34
4.1.3. Sayısal Görüntü .....	35
4.2. RENK UZAYLARI .....	36
4.2.1. Gri Tonlu Renk Uzayı .....	37
4.2.2. RGB Renk Uzayı .....	37
4.2.3. CMYK Renk Uzayı .....	38
4.2.4. YUV Renk Uzayı .....	39
4.2.5. YCbCrUV Renk Uzayı .....	40
4.2.6. HSV ya da HSB Renk Uzayı .....	40
4.2.7. HSL Renk Uzayı .....	41
4.2.8. HSI Renk Uzayı .....	42
4.3. GÖRÜNTÜ İŞLEMEDE ÖN İŞLEME (PRE-PROCESSİNG) .....	43
4.3.1. Histogram Eşitleme (Histogram Equalization) .....	43
4.3.2. Eşik Değeri Belirleme (Threshold) .....	44
4.3.3. Kenar Belirleme (Edge Detection) .....	45
4.3.3.1. Roberts Algoritması .....	46
4.3.3.2. Laplace Algoritması .....	46
4.3.3.3. Sobel Algoritması .....	47
4.3.3.4. Prewit Algoritması .....	47
4.3.3.5. Log Algoritması .....	48
4.3.3.6. Canny Kenar Belirleme Algoritması .....	48
4.4. GÖRÜNTÜ İŞLEMEDE FİLTRELEME ALGORİTMALARI .....	49

4.4.1. Ortalama (Mean) Filtreleme Algoritması .....	49
4.4.2. Ortadeğer (Medean) Filtreleme Algoritması .....	50
4.4.3. Gauss (Gaussian) Filtreleme Algoritması.....	50
4.4.4. Lowpass (Alçak Geçiren) Filtreleme Algoritması.....	51
4.4.5. Highpass (Yüksek Geçiren) Filtreleme Algoritması .....	51
BÖLÜM 5 .....	52
3 KATMANLI GÜVENLİK ANALİZİ YAKLAŞIMINA DAYANAN İRİS TANIMA İLE KİMLİK DOĞRULAMA: METODOLOJİ.....	52
5.1. KATMANLARIN OLUŞTURULMASI .....	52
5.1.1. İris Dokusunun Kodunun Elde Edilmesi (Katman 1).....	52
5.1.1.1. İrisin Sınırlarının Bulunması.....	53
5.1.1.2. Normalizasyon .....	58
5.1.1.3. ROI (Region of Interest)in Belirlenmesi.....	58
5.1.1.4. ROI'ye Gabor Filtresinin Uygulanması.....	59
5.1.2. Ölçü Oranının Belirlenmesi (Katman 2) .....	60
5.1.2.1. İris Alanının Hesaplanması.....	61
5.1.2.2. Göz Küresi Alanının Hesaplanması.....	61
5.1.3. Renk Değerinin Hesaplanması (Katman 3) .....	63
4.2. KARŞILAŞTIRMA İŞLEMLERİ.....	64
5.2.1. İris Doku Kodunun Karşılaştırılması.....	65
5.2.2. Ölçüm Oranı Karşılaştırması .....	67
5.2.3. Renk Değeri Karşılaştırması.....	67
5.3. ÇALIŞMADA KULLANILAN YAZILIMLAR .....	68
5.3.1. OpenCV .....	68
5.3.2. EmguCV .....	69
5.3.3. Aforge.NET .....	70
BÖLÜM 6 .....	71
GELİŞTİRİLEN UYGULAMA.....	71
6.1. UYGULAMANIN DONANIM KISMI.....	71
6.2. UYGULAMANIN KULLANIMI.....	72
6.3. İRİS ÖZELLİKLERİ ÇIKARTMA ARAYÜZÜ.....	73

6.4. BULUNAN İRİSİN VERİTABANINA EKLENMESİ.....	75
6.5. ÖZELLİK KARŞILAŞTIRMA PROGRAM ARAYÜZÜ .....	76
BÖLÜM 7 .....	77
DENEYSEL ÇALIŞMALAR VE ELDE EDİLEN BULGULAR .....	77
7.1. CASIA VERİ TABANI.....	77
7.2. REAL TIME.....	81
BÖLÜM 8 .....	83
SONUÇLAR.....	83
KAYNAKLAR .....	85
EK AÇIKLAMALAR A.....	91
AKIŞ DİAGRAMLARI.....	91
ÖZGEÇMİŞ .....	93

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 3.1. Biyometrik sistemlerin çalışma modeli .....	12
Şekil 3.2. Parmakizi yapısı .....	15
Şekil 3.3. Yüz tanımada kullanılan referans noktaları .....	16
Şekil 3.4. El geometrisi tanıma sistemi .....	17
Şekil 3.5. Anatomik göz yapısı .....	19
Şekil 3.6. İris kaslarının kasılması sırasında gözbebeğinin durumu .....	21
Şekil 3.7. İris tabakalarını gösteren bir iris kesiti.....	22
Şekil 3.8. İris üzerindeki karakteristik bölgeler.....	23
Şekil 3.9. Avuç içi damar ağ örüntüsü .....	29
Şekil 3.10. Yüz tanıma ve parmak izinin birlikte kullanıldığı çoklu sistem .....	29
Şekil 4.1. Görüntü işlemenin genel çalışma mekanizması .....	32
Şekil 4.2. Bir görüntüdeki pikseller.....	34
Şekil 4.3. Farklı piksel değerlerindeki çözünürlükler .....	35
Şekil 4.4. Gerçek görüntü ve sayısallatırılmış şekli.....	36
Şekil 4.5. Grinin farklı değerlerdeki renk tonları.....	37
Şekil 4.6. Red, Green, Blue renk uzayı .....	38
Şekil 4.7. Cyan, Magenta, Yellow renk uzayı .....	39
Şekil 4.8. YUV renk uzayı .....	40
Şekil 4.9. HSB renk uzayı .....	41
Şekil 4.10. HSL renk uzayı .....	42
Şekil 4.11. HSI renk uzayı.....	42
Şekil 4.12. Histogram grafiğinin okunması.....	44
Şekil 4.13. Histogram eşitlemeyle netleşen görüntü ve histogram grafikleri .....	44
Şekil 4.14. Eşikleme yapılmış bir göz imgesi .....	45
Şekil 4.15. Prewit filtresi uygulanmış göz imgesi .....	48
Şekil 4.16. Kaynak görüntü ve orta değer filtresi uygulanmış sonuç görüntü.....	50
Şekil 5.1. İris kodu üretimi akış diagram .....	53
Şekil 5.2. (a) Gürültüsü giderilmiş kaynak resim (b) Ters alınmış resim. ....	54
Şekil 5.3. (a) Graya dönüştürülmüş resim (b) Threshold uygulanmış resim. ....	56

Şekil 5.4. Blobcounter ile objeleri filtreleme.....	56
Şekil 5.5. (a) Blobcounter çıktıları (b) Shapechecker çıktısı.....	57
Şekil 5.6. Tespit edilen iris sınırları. ....	58
Şekil 5.7. Bulunan iris ve normalize edilmiş görünümü. ....	58
Şekil 5.8. (a) ROI kesiti (b) Gabor filtresi çıktısı (c) Üretilen iris kodu. ....	60
Şekil 5.9. Ölçü oranının hesaplanması (2. katman). ....	61
Şekil 5.10. Göz küresi alanı ve iris alanı (katman 2). ....	63
Şekil 5.11. Renk değerinin hesaplanması (katman 3). ....	63
Şekil 5.12. OpenCV colormap çeşitleri.....	64
Şekil 5.13. (a) Normalize edilmiş iris (b) Irisin renk ısı haritası.....	64
Şekil 5.14. Karşılaştırma işlemleri akış diagramı. ....	65
Şekil 5.15. (a) İris kodu-1 (b) iris kodu-2 (c) XOR çıktısı.....	67
Şekil 5.16. Yüz tanıma ve parmak izinin birlikte kullanıldığı çoklu sistem .....	70
Şekil 6.1. Çalışmada kullanılan webcam ve sanal gerçeklik gözlüğü.....	71
Şekil 6.2. Çalışmanın donanım kısmı.....	72
Şekil 6.3. Kaynak görüntünün seçilmesi.....	72
Şekil 6.4. Kaynak görüntünün özelliğinin seçilmesi.....	73
Şekil 6.5. Gri görüntü iris çıkartma arayüzü. ....	74
Şekil 6.6. Renkli görüntü iris çıkartma arayüzü. ....	74
Şekil 6.7. Real time iris çıkartma arayüzü.....	75
Şekil 6.8. Veritabanına kayıt ekleme ekranı.....	75
Şekil 6.9. Karşılaştırma ekranı.....	76
Şekil 7.1. Doku eşleşmesi yüzdesi analizi sonuçları.....	77
Şekil 7.2. Ölçüm değeri eşleşme yüzde grafiği.....	78
Şekil 7.3. Renk değeri eşleşme yüzde grafiği.....	79
Şekil 7.4. Genel benzerlik yüzde grafiği.....	79
Şekil 7.5. Görüntü tanınma grafiği.....	80
Şekil 7.6. Real time benzerlik yüzdesi grafiği .....	82
Şekil 7.7. Real time benzerlik zaman grafiği .....	82
Şekil Ek A.1. İris çıkartma işlemi akış diagramı. ....	92
Şekil Ek A.2. Karşılaştırma İşlemi akış diagramı.....	92

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Çizelge 2.1. İris tanıma çalışmaları ve çalışmaların performans sonuçları.....	9
Çizelge 3.1. Bazı biyometrik sistemlerin birkaç durum açısından karşılaştırılması.....	30
Çizelge 3.2. Başarı oranlarına göre biyometrik sistemler .....	31
Çizelge 4.1. Farklı karışım oranlarıyla elde edilen RGB uzayındaki renk tonları .....	38
Çizelge 5.1. XOR işlem sonuçları. ....	66
Çizelge 7.1. Elde edilen analiz sonuçları CASIA.....	80
Çizelge 7.2. Literatürdeki iris tanıma çalışmaları ve başarı yüzdeleri.....	81
Çizelge 7.3. Elde edilen analiz sonuçları real time.....	81



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### SİMGELER

H	: hue (renk özü)
S	: saturation (doygunluk)
B	: brightness (parlaklık)
I	: intensity (yoğunluk)
L	: lightness (aydınlık)
Y	: luminance (parlaklık bilgisi)
Cb	: chrominance blue
Cr	: chrominance red
C	: cyan
M	: magenta
K	: key

## KISALTMALAR

HM	: Hamming Mesafesi
RBF	: Radial Basis Function (Radyal Temelli Fonksiyon)
LVQ	: Learning Vector Quantization
FAR	: False Acceptance Ratio (Yanlış Kabul etme Oranı)
FRR	: False Rejection Ratio (Yanlış Reddetme Oranı)
SOM	: Self Organizing Map
LFC	: Local Feature based Classifier (Yerel Öznitelik tabanlı Sınıflandırma)
GFC	: Global Feature based Classifier (Genel Öznitelik tabanlı Sınıflandırma)
PIS	: Personal Identification System (Kişisel Tanımlama Sistemi)
CASIA	: Institute of Automation Chinese Academy of Science
RGB	: Red Green Blue
DNA	: Deoksribo Nükleik Asit
BGR	: Blue Green Red
ROI	: Region of Interest (İlgilenilen Alan)
OpenCV	: Opensource Computer Vision
VR	: Virtual Reality (Sanal Gerçeklik)
LBP	: Local Binary Pattern
IRS	: Iris Recognition System (İris Tanıma Sistemi)
GLCM	: Gray Level Co-occurrence Matrix
INCITS	: International Committee for Information Technology Standarts (Uluslararası Bilgi Teknolojileri Standartları Komitesi)

## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

Son zamanlarda özellikle son birkaç yılda teknolojinin bilgiye erişim alanında hızla gelişmesi birçok alanda güvenliğe olan ihtiyacı artırır hale getirmiştir. Geliştirilen uygulamalarda bireysel güvenli erişime olan gereksinim “akıllı kişi tanımlama” problemini beraberinde getirmiştir. Kişi tanımlama ile ilgili alışlagelmiş yöntemler olan kişiye has belirli bir imge (kimlik kartı, anahtar vs) yada bir bilgi (şifre, parola vs) artık günümüz şartlarında yetersiz ve güvenilirlikten uzak kalmaktadır. Ayrıca bu yöntemler pratiklikten çok yoksundur. Anahtar ve kimlik kartlarının kaybolması, şifrelerin unutulması gibi birçok etken bu yöntemlerin kullanılmasında problemlere neden olmaktadır. Bu problemlerin üstesinden gelebilmek için araştırmacılar bireylerin davranışsal ve fiziksel özelliklerinden yararlanarak kişi tanımlama için yeni yöntemler bulma yoluna gitmişlerdir. Bu araştırmalar sonucunda biyometrik ölçüm adı verilen güvenilirliği yüksek ve daha pratik metodlar elde edilmiştir.

Biyometrik tanıma, bir işlemi yapabilme izni olan ve olmayan kişiyi belirlemek için kullanılan güvenilir yöntemlerdir. Biyometrik tanımanın temeli her bir kişi için farklı olan davranışsal ve fiziksel özelliklerin tanımlanmasına dayanmaktadır. Biyometrik ölçüm olarak kullanılabilen bu davranışsal ve fiziksel özelliklere insan vücudunun koku bileşenleri, sıcaklık yayılımı, yüz yapısı özellikleri, iris ve retina gibi göze ait yapılar, avuçiçi ve parmak izi, el geometrisi, bireye ait ses, imza ve yürüyüş biçimi vs. örnek olarak verilebilir [1]. Bu biyometrik ölçümler arasında son birkaç yıl içerisinde ses tanıma ve parmak izi en çok ilgi gösterilenler arasında olmasına rağmen değişen talepler iris tanıma ile ilgili yapılan çalışmalara hız kazandırmıştır.

İris, göz içerisindeki daire şeklinde yer alan renkli bölgeye verilen isimdir. İrisin insan yaşamı boyunca değişmediği gerçeği baz alınarak iris tanıma sistemi geliştirilmiştir. Bu sistemde birden fazla sayıda referans noktasından yararlanılabilmektedir. Örneğin

mutlak bir başarı için parmak izi ayrımı kullanan bir biyometrik sistemde 60 70 arasında karşılaştırma noktası yer alırken, iris tanımda bu karşılaştırma için 200 civarında referans noktası yer almaktadır [2].

İris tanıma sistemi günümüzde birçok alanda kullanılır duruma gelmiştir. Öncelikli olarak karakollar, havaalanları gibi sıkı güvenlik önlemi gerektiren alanlarda tercih edilmektedir. Bunların yanısıra kuruluşlar, şirketler ve üniversiteler öğrenci ve personel takibi için iris tanıma sisteminden yararlanmaktadırlar [3]. İrisin diğer biyometrik tanıma sistemleri arasında en çok tercih edilenler arasında olmasının en temel nedeni kendine has özelliklere sahip olması ve dış etkenlerden kolay etkilenmemesinden dolayı en güvenilir olanlardan biri olmasıdır [4].

Kimlik doğrulama, bilginin güvenliği ve gizliliğinden söz edebilmek için oldukça önemli bir kavramdır. Biyometrik tabanlı kimlik doğrulama yapılarında kullanıcı sisteme giriş yapabilmek için kendisine ait olan fizyolojik veya davranışsal özelliklerini kullanır. Kişi bu şekilde çalışan bir sisteme erişmek istediğinde, sistem tarafından bireyin uygun biyometrik verisi (ses, iris, parmak izi, retina vd.) alınır [5]. Alınmış olunan bu veri, aynı bireyden alınıp daha önceden veritabanına eklenmiş biyometrik veri ile eşleştirilir. Eşleştirme sonucu olumlu ise bireyin kimlik doğrulanması yapılmış olur.

Bu yüksek lisans tez çalışmasında, bir fiziksel biyometrik yapı olma özelliğine sahip olan ve kişinin doğumundan ölüm anına kadar değişmeden kalabilen iris dokusundan yararlanılarak kimlik tanımlanması yapılması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda bu alanda yapılmış çalışmaların avantaj ve dezavantajları incelenmiş ve yüksek başarı yüzdesine sahip bir iris tanıma uygulaması gerçekleştirilmeye çalışılmıştır.

Biyometrik tanıma sistemlerinin genel amacı, bilgi teknolojileri alanına güvenlik anlamında pratik çözümler kazandırmaktır. Kişilerin kimliklerinin tanımlanabilmesi için, ezberlemeleri gereken herhangi bir parolaya ya da beraberlerinde taşımak zorunda oldukları bir kart gibi araçlara gerekliliğin önüne geçilmesi hedeflenmektedir. Çünkü insanlar şifreyi unutabilmekte anahtar, kart gibi gereçleri kaybedebilmektedir. Bu durum da insan yaşamında istenmeyen sonuçlar

doğurabilmektedir. Biyometrik tanıma sistemleri ile kişilerin davranışsal ve fiziksel özelliklerinden esinlenilerek taklit edilme veya kopyalanma ihtimali çok düşük hatta imkansız olan özellikleri kullanılmaktadır.

Bu çalışmada iris tanımlama ile kişi doğrulama işlemi için üç katmanlı güvenlik seviyesi artırılmış doku analizi temelli bir yöntem sunulmaktadır. Bununla birlikte bu çalışmayla bu sisteme ihtiyacı olan öğrenci personel giriş çıkış takibi, ülke sınırları, banka gibi sıkı güvenlik kontrolüne ihtiyacı olan alanlara, ameliyathane girişleri gibi sağlık alanlarına avantajlar sağlayarak bu alanlara katkıda bulunulması hedeflenmektedir.

Bilgisayar mühendisliği anabilim dalında yüksek lisans tezi olarak çalışılmış bu projenin “Giriş” bölümü olan bu bölümünde iris tanıma sistemi hakkında kısaca bilgiler verilmiştir. Çalışmanın konusuna ve amacına değinilmiştir. İkinci bölümde ise yapılan literatür çalışması anlatılmıştır.

Üçüncü bölümde iris ve gözün fiziki yapısı incelenmiştir. Biyometrik tanıma sistemleri anlatılmış olup, iris tanıma sistemi detaylı olarak ele alınmıştır.

Dördüncü bölümde çalışmada yararlanılan tekniklere ve yazılımlara değinilmiştir. Temel görüntü işleme kavramları tanımlanmış, kenar bulma ve filtreleme algoritmaları anlatılmıştır. Beşinci bölümde ise çalışmanın metodolojisi anlatılmıştır.

Yapılan çalışmanın altıncı bölümünde, geliştirilen uygulama tanıtılmış, çalışmanın oluşturulma şekli adım adım anlatılmış, temel kullanımı gösterilmiştir. Projenin metodundan bahsedilmiştir.

Yedinci bölümde ise uygulamanın test aşamasına geçilmiş olup, test verileri karşılaştırılmıştır. ve son bölümde de çıkan sonuçlar yorumlanmış, grafik gösterimleriyle başarı yüzdesi hesaplanmıştır.

## BÖLÜM 2

### LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

İrisi kimlik doğrulama için kullanma fikrini ilk ortaya çıkaran Fransız bir göz doktoru olan Alphonse Bertillon'dur [6]. 1981 yılında Aran Safir ile Leonard Flom adındaki göz doktorları irisin, biyometrik sistemler için bir özellik olarak kullanılabileceğini savunmuşlardır. 1989 yılında bu iki göz doktoru Cambridge Üniversitesinde çalışan Dr. John Dugman'ın liderliğinde toplanan bir grup araştırmacı ile birlikte iris tanımının algoritmasını oluşturarak sistemini geliştirmişler ve iki yıl sonra bu düşüncelerinin patentini almışlardır. 1992 yılında ise bu araştırmacı grup, İngiltere'de iris tanıma sistemi hakkında ilk başarılı çalışmalarını gerçekleştirmişlerdir [7]. İris son yıllarda araştırmacıların ilgisinin arttığı ve sıklıkla kullanılmaya başlanılan bir biyometrik özellik olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunda bu biyometrik özelliğin işlenmek için elde edilmesinde eskiye nazaran kolaylaşmaların sağlanması önemli bir unsurdur [3].

Daugman ve ekibi tarafından geliştirilmiş olan algoritma, bugün hala iris tanıma alanında şu ana kadarki en başarılı çalışma sonuçlarını vermektedir [8]. Daugman'ın algoritmasının temelini iris kodları oluşturmaktadır. İris yapısının dış ve iç sınırları ön işleme aşamasında bulunmaktadır. Göz bebeği belirlenmeden önce irisin orta noktası ve çapı tümeşik türevden yararlanılarak bulunmaktadır. Belirlenen iris bölgesi kutupsal koordinatlara transform edilmektedir. Öznitelik çıkarma işleminde gabor dalgacıkları kullanılmış, eşleşme aşamasında ise hamming mesafesi (HM) hesaplanarak mükemmel eşleşme sağlanmıştır. Duagman'ın algoritması % 99,9'dan daha fazla bir başarı yüzdesiyle çalışmasına ek olarak sistem iris tanımlamayı 0-1 saniye aralığı gibi çok kısa bir sürede gerçekleştirmektedir [9].

Wildes 1997 yılında iris bölgesinin yerini tespit etmek için yaptığı çalışmada hough transformu ve kenar bulma metodlarından yararlanmıştır. Gauss filtresi ile laplas

pramidini kullanarak öznitelik çıkarma işlemini gerçekleştirdiği bir algoritma uygulamıştır. Eşleştirme safhasında ise öklid uzaklığı metodunu kullanmayı tercih etmiştir. Wildes geliştirdiği uygulamayı 520 imge üzerinde test etmiş ve başarılı sonuçlar elde etmiştir [10].

Wang ve arkadaşları iris tanımlama için yaptıkları çalışmada ışıklandırma değişimlerinden ve gözün göz çukuru içerisinden dönmesinden bağımsız bir yöntem geliştirmişlerdir. Çalışmanın öznitelik çıkarımında gabor filtresi ve dalgacık transformunu kullanmışlardır. Deneysel çalışmanın sonucunda Gabor ile % 98,3; dalgacık transform ile % 82.51 başarı oranı elde etmişlerdir [11].

2001 yılında Lim ve araştırma ekibi, diğer araştırmacıların çoğunun başvurduğu gibi irisin sınırlarını bulabilmek için kenar bulma yöntemlerine başvurmuşlardır. Eşleştirme aşamasında bir öğrenme algoritması olan LVQ tabanlı yapay sinir ağı kullanmayı tercih edip, öznitelik çıkarımında ise Haar dalgacık transformunu kullanmışlardır. Yaptıkları çalışmada 200 kişiden oluşan bir veritabanı kullanmışlar ve % 94.4 oranında başarı elde etmişlerdir.

2001 yılında El-Bakary yapay sinir ağlarını kullanarak verilen bir fotoğraf içerisinde irisin görüntüsünün olup olmadığını incelemiştir. Yine aynı yıl bir başka araştırma ekibi görüntüde yer alan yansıma, kirpik gibi gürültüleri tespit eden bir algoritma önererek iris sınırlarını bulmak için performansı iyileştirmeyi amaçlamışlardır.

Dargham ve ekibi diğerlerinden farklı olarak çalışmalarında irisi çevresinden ayırt etmek amacıyla eşiklemeyi kullanmışlardır. Daha sonrasında çevresinden ayrılan bölgenin koordinatlarını kartezyen formdan kutupsal hale dönüştürmüşlerdir. Örüntü tanıma işlemi için de kendi kendini düzenleyebilen harita ağları kullanmışlardır. Çalışma sonucunda bu ağların kullanımıyla yaklaşık % 83'lük bir doğruluk elde etmişlerdir [12].

Robert ve arkadaşları, iris bölgesinin yerinin tespit edilmesi ve çıkarılması amacıyla hough dönüşümü ve bütünleşik trürev operatörlerinin birleşiminden oluşan yeni bir yöntem geliştirmişlerdir. Öznitelik çıkarımı aşamasında ise ani faz unsurunu

kullanmışlardır. Oluşturulmak istenen iris kodu, bu ani faz etkeninin sanal ve gerçek bölgeleri eşiklendirilerek üretilmiştir. Daha sonra karşılaştırma aşamasında hamming distance kullanılmıştır. Robert'ın bu çalışmasında veritabanındaki kayıtlı verileri eşleştirmesiyle elde ettiği başarı % 89'dur [9].

Li Ma ve araştırma ekibi tarafından dairesel simetri süzgeçlerinin kullanıldığı iris örüntüsü tanımlamak amacıyla farklı bir yaklaşımda bulunulmuştur. Örüntünün öznitelik vektörü sabit boyutlu olarak çıkarılmıştır. Gabor filtresini ortalama mutlak sapma ile kombine ederek öznitelik çıkarım aşamasında uygulamışlardır. Çalışma sonucunda hatalı karşılaştırma oranı % 0,01; veritabanında kayıtlı olan verileri eşleştirememeye derecesi ise % 2,17 olarak elde edilmiştir [13].

2002 yılında Huang yaptığı çalışmada iris bölgesinin çıkarılabilmesi için integro diferansiyel kavramından yararlanmıştır. Eşleştirme basamağında öklid uzaklığı metodunu kullanmış ve 10 veri üzerinde test ettiği uygulamasında % 100'lük bir başarı elde ettiğini görmüştür. Aynı yıl Aim ve ekibi, 159 veri üzerinde çalıştıkları uygulamalarında % 96,1 uygun sınıflandırma derecesini yakalamışlardır.

Liam tarafından 2002 yılında yapılan bir çalışmada irisin dış ve iç olmak üzere her iki sınırını bulmak için kenar belirleme algoritmaları kullanılmıştır. Karşılaştırma safhasında ise bir yapay zeka metodu olan SOM modelinden yararlanılmıştır. Yapılan çalışma 30 bireyden temin edilen iris imgeleri üzerinde denenmiş ve % 83 civarında doğru eşleşme sağlanabilmiştir.

2003 yılında bir biyometrik özellik olan irise kimlik doğrulama alanında araştırmacıların ilgisi daha da artmış ve bu alanda birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalardan biri Mira ve araştırma ekibine aittir. Bu ekip, iris lokalizasyonunu belirlemek için kenar belirleme algoritmaları kullanmışlar ve histogram analizi yapmışlardır. Eşleştirmeyi gerçekleştirmek için öznitelik benzerlik denklemine bakmışlardır. Aynı yıl Chen yaptığı çalışmasında yapay sinir ağları ve k-ortalama metodunu kullanarak oluşturduğu iris kodlarını karşılaştırmıştır. Deneysel sonuçlarda tanımlı bireyler için % 91,8 doğru sınıflandırma elde etmiştir [14].



2005’de Sun yaptığı bir çalışmada iris imgeleri üzerinde farklı iki sınıflandırma metodunu denemiştir. Bu metodlar, GFC ile LFC’dir. Elde ettiği test sonuçlarına göre LFC metodunun daha başarılı sonuçlar verdiğini saptamıştır.

Ko, parmak izi, yüz ve iris biyometrik özelliklerini bir arada kullanarak bir çoklu tanıma sistemi geliştirmiştir. Yaptığı deneysel sonuçlardan sonra bu özelliklerin bir arada kullanılmasının sistem performansını yükselttiğini elde etmiştir.

Ahmad ve Al-Raisi 2006 yılında yayımladıkları bir makalede Birleşik Arap Emirliklerinin sınır kontrollerinin güvenliğinin artırılmasında iris tanıma sistemlerinin bir uygulamasını tartışmışlardır. Sınırdaki kullanılan sistem, günlük 6,2 milyondan fazla iris kıyaslama performansı ve 900 bin civarındaki kaydedilen iris imge sayısı ile şu anda dünyadaki en büyük iris tanıma teknolojisine sahiptir [15].

Li, Tao ve Wang 2012 yılında iris tanımayla ilgili yaptıkları bir çalışmada önerdikleri algoritmada öncelikle irisin iç sınırını tanımlamak için dalgacık analizi ve daire denkeleminin birleşik yöntemini, dış sınırı tanımlamak için ise algılama operatörü yöntemini uygulamışlardır. Irisin konumu tespit edildikten sonra, dalgacık paketinin ayrıştırılması ve RBF sinir ağına dayalı bir tanıma yöntemi önerilmiştir. Deneysel sonuçlarda önerilen algoritma ile iris tanıma hızı ve doğruluğu artırılmış etkili bir yöntem elde edildiği tespit edilmiştir [16].

Seetharaman ve Ragupathy yaptıkları çalışmada yenilikçi bir yaklaşımda bulunmuşlardır. Bu yaklaşımın yeniliği, iris segmentasyonunun hızını ve doğruluğunu artırmayı, tanımlamadaki hatayı azaltmak için iris görüntüsünü alarak ayırt edici doku özelliklerine sahip bir özellik vektörü üretmeyi, tanıma doğruluğu ve hesaplama verimliliğini artırmak için ise uygun bir boyutluluk üretmeyi içermektedir. Sistem performansını test etmek için CASIA ve UBIRIS veritabanlarındaki iris imgelerini incelemişler ve üretilen algoritmanın verimli çalıştığını ispat etmişlerdir [17].

2014 yılında Hamouchene ve Aouat yaptıkları çalışmada yeni bir öznelik çıkarma yöntemi kullanarak yeni bir iris tanıma sistemi önermişlerdir. Önerilen yöntem olan komşuluk tabanlı ikili pattern, merkez pikseldeki her bir komşuyu bir sonraki komşu

ile karşılaştırarak 1 ile kodlamaktadır. Değerlendirme bölümünde önerilen IRS'nin performansını değerlendirmek için CASIA iris veritabanını kullanmışlardır [18]. Deneyle önerilen yöntemin özellikle özütleme yönteminin başarılı sonuçlar verdiğini göstermiştir.

Hajari ve Ujvala yakın zamanda 2015 yılında gerçekleştirdikleri bir çalışmalarında ilk olarak gürültülü bir görüntüleme ortamında çalışabilen, veri setlerinde iris tanıma oranını artıracak güvenilir bir iris tanıma sistemi geliştirmeye odaklanmışlardır. Bunu gerçekleştirmek amacıyla iki algoritma öne sürmüşlerdir. Birincisi iris imgesi üzerindeki gürültüleri yok etmek için yeni bir method, ikincisi ise GLCM (Gray Level Co-occurrence Matrix) ve LBP (Local Binary Pattern) yaklaşımlarının birleşiminden oluşan bir doku öznetelik çıkarma metodudur [19]. Deneysel bulgular önerilen yaklaşımın % 96,5'lik bir tanıma oranı sağladığını ve kısa bir çalışma zamanı gerektirdiğini göstermiştir.

Thomas ve George 2016 yılında gerçekleştirdikleri bir çalışmalarında hough dönüşümüne dayanan yöntemlerden daha doğru olarak yuvarlak olmayan iris sınırlarını eliptik forma uygulayarak random sample consensus adlı daha doğru bir yöntemi tanıtmaktadırlar [20]. Ayrıca çalışmalarında iris normalleştirme ve eliptik açma için Daugman'ın kauçuk levha modelini kullanmışlardır. Sınıf içi ve sınıflar arası mesafe için ise korelasyon filtresi tabanlı eşleşme yapmışlardır. Peak Side Lobe Ratio, şablonları eşleştirmek için kullandıkları benzerlik ölçüsü olarak yorumlamışlardır. Yapılan deneysel sonuçlarda Daugman'ın yöntemine kıyasla daha gelişmiş bir metod elde ettiklerini görmüşlerdir.

Aşağıda Çizelge 2.1'de iris tanıma sistemi hakkında bugüne kadar araştırmacıların yapmış oldukları çalışmaların hangi yıllarda kim tarafından yapıldığı, tanıma yöntemi, veritabanındaki veri sayısı ve çalışmaların performans sonuçları yorumlanmaktadır.

Çizelge 2.1. İris tanıma çalışmaları ve çalışmaların performans sonuçları [9].

Araştırmacı	Yıl	Tanıma Yöntemi	Veritabanı	Performans
Daugman	1993 2001 2003	Hamming Uzak. Hamming Uzak. Hamming Uzak.	592 iris gör. 2150 iris gör. 4258 iris gör.	<0.0001 (FAR) - <0.0001 (FRR) <0.0001(FAR) - <0.0001(FRR) <0.0001(FAR) - <0.0001(FRR)
Boles ve ark.	1998	Benzersizlik fonk.	4 iris gör.	% 100
Reillo ve ark.	2000 2002	Hamming Uzak. Hamming Uzak. Öklid Uzaklığı	10 kişi 10 kişi	% 98.3 % 98.7 % 96.7
Tisse ve ark.	2002	Hamming Uzak.	300 iris gör.	% 1 (FAR) – % 3 (FRR)
Lim ve ark.	2001	YSA (LVQ)	200 kişi	% 94.4 (Doğru sınıflandırma)
Li Ma ve ark.	2002	NFL Öklid Uzaklığı	109 kişi 25 kişi	% 0.1 (FAR) – % 0.83 (FRR) % 99.09
Huang ve ark.	2002	Öklid Uzaklığı	10 kişi	% 100 (Doğru sınıflandırma)
Liam ve ark.	2002	YSA (SOM)	30 kişi	% 83 (Doğru sınıflandırma)
Alim ve ark.	2002	YSA (MLP)	159 kişi	% 96.1 (Doğru sınıflandırma)
Yu ve ark.	2002	Fourier Dönüşümü	10 kişi	% 0.26 (FAR) – % 1.79 (FRR)
Chen ve ark.	2003	K-Means	40 kişi	% 3.67 (FAR) – % 8.82 (FRR)
Noh ve ark.	2003	Öklid Uzaklığı	16 kişi	% 93.8 (Doğru sınıflandırma)
Masek	2003	Hamming Uzak.	756 iris gör. 120 iris gör.	% 0.005 (FAR) – % 0.238 (FRR) % 0 (FAR) – % 0 (FRR)
Sun ve ark.	2005	Hamming Uzak.	306 kişi	% 0.01 (FAR) – % 0.01 (FRR)
Miyazawa ve ark.	2006	Faz tabanlı karş. (Phase Based)	108 kişi	% 0.0032 (FAR / FRR)

## BÖLÜM 3

### BİYOMETRİK SİSTEMLER

Biyometri, bireylerin birbirlerinden ayırt edilebilmelerini sağlayan davranışsal ve fiziksel özelliklerini inceleyen bir bilim dalıdır [21]. Biometri, ölçü manasına gelen “Metron” ve Yunanca anlamı yaşam olan “Bios” kelimelerinin birleşmesinden meydana gelmektedir [22]. Biyometrik sistemler ise kişilerin davranışsal ve fiziksel özelliklerinden yararlanarak tanımlama yapıp kimliklendirme işlemini yapan sistemlerdir.

Bu sistemlerin en ilkel halleri ile kullanımı yüzlerce yıl öncesine dayanmaktadır. Kişileri tanımlamak için göz ve ten rengi, boy ölçüsü gibi kişilerin kendilerine ait fizyolojik özelliklerinden yararlanıldığı belirtilmektedir [23]. Bireylerin fiziksel özelliklerinin ve karakteristik yapılarının suça yönelmelerinde bir etkisi var mı sorusu araştırmacıların yakın zamanda biyometri alanına olan ilgisini artırmıştır. Biyometrik incelemelerin kullanım alanlarının ve çeşitliliğinin artması sayesinde birçok yeni kimlik tanımlama sistemi yapılmıştır.

Biyometrik sistemler, aynı insan beyninin yapabildiği gibi karşısındaki nesneyi tanımlayıp onu ayırt edebilmektedir. Şifre, parola, kart gibi çalınma, kaybolma, unutulma ihtimali yüksek olan güvenilirlikten uzak unsurlar yerine bireye ait özelliklerin direkt kullanılması daha güvenli ve kullanışlı bir sistem meydana getirmektedir.

Biyometrik tanımlama yapan sistemler, kişilerin yalnızca kendilerine ait özelliklerinin kanıtlanmasına imkan vermektedirler [24]. Bu sistemler kaybolması ya da herhangi bir başka kişi tarafından kullanılması imkansız olan bir kimlik doğrulama yoludur. Bu sayede kişilerin kendilerini tanımlamak için kullandıkları tüm kartların yerini alabilecek daha güvenli sistemler geliştirilmektedir.

Biyometrik yöntemler, diğer metodlarla kıyaslandığında daha az risk değerine sahip olduğu görülmektedir. Ancak bu sistemleri oluşturabilmek için Uluslararası Bilgi Teknolojileri Standartları Komitesi (INCITS) tarafından konulmuş bazı standart ölçülere uyma zorunluluğu vardır. Bu ölçütler sayesinde herhangi bir ülkede kaydı bulunan banka hesabına parmak izi ile giriş yapabilen bir kişi, başka bir ülkedeki bankanın ülkesindeki hesabına erişerek işlem yapabilmektedir.

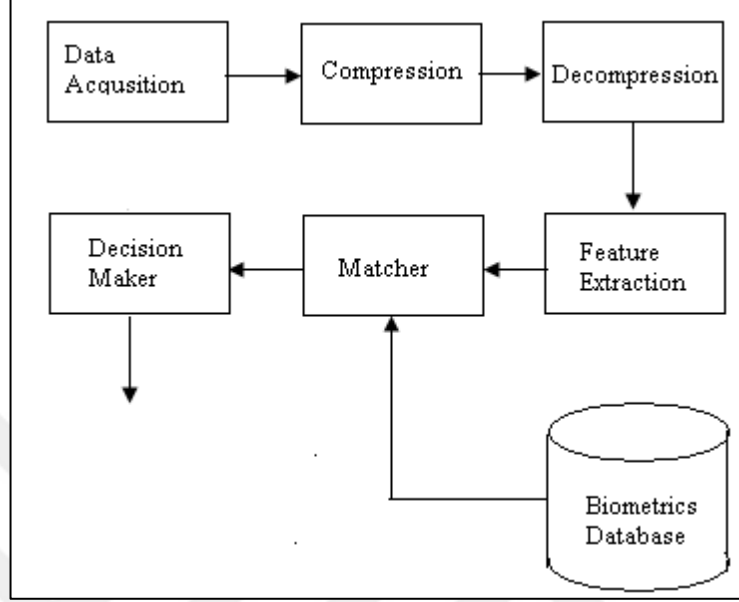
Biyometrik sistemler çalışma mantığına göre üçe ayrılmaktadırlar.

- Bire çok karşılaştırma (1-N): Bu yöntem veri tanıma (identification) olarak tanımlanıp bire çok eşleştirme yapmaktadır. Bu sistemde sisteme erişmek isteyen kullanıcının verisi, veritabanındaki önceden tanımlanmış verilerin hepsi ile karşılaştırılarak sisteme erişim onayı verilip verilmeyeceği incelenmektedir.
- Bire bir karşılaştırma (1-1): Bu yöntem ise bilgi doğrulama (verification) diye tanımlanıp bire-bir eşleştirme yapmaktadır. Sisteme erişmek isteyen kullanıcıdan iki adet biyometrik veri alınır. Bunlardan ikincisinin sistemde daha önceden kayıtlı olanlar arasından karşılığı aranır. Daha sonra erişim izni isteyen kişiden sistem tarafından alınan veri, bu veri ile karşılaştırılıp erişim onayı için incelenir.
- Sınıflandırma (classification): Üçüncü yöntemde çok büyük yapıdaki veritabanlarında kayıtlı olan biyometrik veriler benzerliklerine göre sınıflandırılmaktadır [25].

Birinci ve ikinci yöntemin her ikisi de dezavantajlara sahiplerdir. Bire çok eşleştirme metodunda veritabanında kıyaslanması gereken kayıtlı veri sayısı fazla miktarda ise sistem performansı çok düşecektir. Birebir eşleştirme olan ikinci yöntemde ise karşılaştırma sayısını azaltmak için gerekli olan ikinci veri kaybolma veyahut unutulma gibi risklere sahiptir.

Biyometrik sistemlerde hassasiyet önemli bir etkidir. Bundan dolayı ortamdaki nem, istenmeyen gürültüler, kullanılan makinenin temizliği gibi faktörlerin etkisiyle birebir aynı kod üretilmeyeceğinden sistemin karşılaştırması % 100 başarıyla

sonuçlanmayabilir. Bir biyometrik sistemin genel çalışma modeli Şekil 3.1’de gösterilmektedir.



Şekil 3.1. Biyometrik sistemlerin çalışma modeli [5].

Bir özelliğin yüksek doğruluk yüzdesiyle çalışabilecek bir biyometrik sistemde kullanılabilmesi için aşağıda sıralanan özelliklere sahip olması gerekmektedir.

- Evrensellik: Her bireyde var olan bir biyometrik özellik olmalıdır.
- Benzersiz olma: Biyometrik özelliğin her bireyde diğer bireylerden ayırt ettirecek farklı bir yapıda olmasıdır.
- Süreklilik: Kullanılan karakteristik zaman geçtikçe değişmemelidir.
- Elde edilebilirlik: Karakteristik özelliğin ölçümünün erişilebilir olmasıdır.
- Performans: Kullanılan teknolojinin dayanıklılığı, doğruluk ve hızıdır.
- Kabul edilebilirlik: Günlük yaşamda kabul edilen bir sistem olmalıdır.
- Tuzak: Aldatıcı yöntemler kullanıldığında sistemin etkilenme ölçüsüdür [26].

Kullanıcıya uygunluk, çalışma zamanı ve maliyet, yeterli güvenlik derecesi ve doğruluk gibi gereksinimler dikkatlice değerlendirilip biyometrik sistem ona göre seçilmelidir.

Biyometrik sistemler günümüzde birçok farklı alanda kendisine uygulama alanı bulmuştur. Bu alanlara; ülke sınırlarının giriş çıkış kontrolü, kriminal amaçlı tespitler, sigorta şirketleri, e-ticaret, uzaktan eğitim uygulamaları, personel ve hasta takibi, bilgisayarlarda veri güvenliği, havaalanlarındaki giriş çıkışlar, kredi kartı işlemleri, vergi, sosyal güvenlik gibi devlet hizmetleri, çağrı merkezlerinde kişi tanımlama, internet bankacılığı ve ATM'ler için kullanıcı tanımlama, askeri verilerin takibi, elektronik imza, yüksek güvenlik önlemi gerektiren binalara giriş çıkışlar, akıllı ev sistemi uygulamaları, cep telefonları ve fotoğraf makineleri, pasaport ve ehliyetlerde kimlik tespiti örnek olarak verilebilir.

### **3.1. BİYOMETRİK SİSTEM TÜRLERİ**

Biyometrik sistemler kişiye ait kullandıkları özelliğe göre davranışsal ve fiziksel olarak iki gruba ayrılmaktadır. Bazı kaynaklar biyokimyasal özelliği de dahil ederek biyometrik sistemleri üç grupta sınıflandırmıştır [2]. Fizyolojik özellikler, insan vücuduna ait, göz ile ayırt edilebilen, fiziksel özellikleri ölçülebilen bir parçadan edinilen veriler olarak tanımlanmaktadır. Bu fizyolojik özelliklere verilebilecek örnekler aşağıda maddelenmiştir.

- İris
- Parmak izi
- El geometrisi
- DNA
- Yüz
- Ses
- Retina
- Damar vd.

Bunlardan başka ayrıca kulak şekli, kılcak ve toplardamar yapısı, cilt gözenekleri de yaygın olarak kullanılsa da biyometrik sistemlerde kullanılabilen fizyolojik özellikler arasında gösterilmektedir.

Kişilerin fiziki davranışlarının incelenerek belirli ölçümler sonucunda ulaşılan özellikler ise davranışsal özellikler olarak adlandırılmaktadır. İnsanlara ait davranışsal özelliklerin birkaçı aşağıda örneklendirilmiştir.

- Bireyin el yazısı
- Islak imza
- Yürüme biçimi
- Tuş vuruşu veya yazma ritmi vd.

İnsan vücudunun bazı bölümlerinin kimyasal özelliklerinin belirli ölçümler çerçevesinde incelenip yorumlanmasıyla elde edilen bulgular, biyokimyasal özellikler başlığı altında değerlendirilmektedir [27]. İnsan vücudunun ısısı ve kokusu, kalp atış ritmi, DNA yapısal özelliği ve hatta yüz ısısı biyokimyasal özelliklerden bazılarıdır.

Bazı sistemler sadece bir biyometrik özelliği sorgulamak yerine birkaç özelliğin birden sorgulandığı yapıya sahiptirler. Bu biyometrik yapılar “çoklu model” sistemler olarak tanımlanmaktadır. Örneğin, ses tanıma analizinin yanında yüz tanımanın da beraber yapıldığı bir model çoklu model yapısında bir sistemdir.

### **3.1.1. Parmak İzi**

Parmak izi şu an dünyada birçok alanda en fazla yararlanılan, taklit edilmesi imkansız olan bir biyometrik veridir. Her bir birey için benzersiz olmasından dolayı kimlik doğrulamada güvenli bir mteodur [16, 28]. Parmak izi birbirlerinden farklı olan oluklar ve sırtlar serisinden meydana gelmektedir. Parmak izi tanıma işlemi genellikle bu özelliklerin ve bu özelliklere ait parametrelerin eşleştirilmesi mantığına dayanmaktadır [29]. Tek yumurta ikizlerinde bile parmak izi ayırt edicidir. Örnek bir parmak izi yapısı Şekil 3.2’de gösterilmektedir.

Kullanılmaya başlandığı anlardan günümüze dek hem yazılım hem donanım anlamında parmak izi tanıma sistemlerinde önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Ancak bu gelişmelere rağmen sistem birçok dezavantaja sahiptir. Bunlardan en önemlisi taklit bir parmak izinin sistemi yanıltabilmesidir. Bu olumsuz durumu yok etmek amacıyla,



parmak izi alınmak istenen parmağın canlı olduğunu test edebilecek gelişmiş yapıda sensörler kullanılmaktadır. Bundan dolayı yalnızca parmak ucu desen yapısını inceleyen sistemin daha gelişmiş ve detaycı olacak şekilde iyileştirilmesi gerekmektedir. Mesela termal görüntüleme yapan sistemlerde parmak canlılığını anlayabilmek için parmak ısısından yararlanılmaktadır. Bu sistemdeki bir diğer olumsuzluk ise bazı bireylerdeki deri rahatsızlıkları, organ yoksunluğu ve yanma gibi nedenlerden dolayı parmakizlerinin tanınamamasıdır.

Yapılan çalışmalar sonucunda parmakizinin yaşa bağlı olarak değişkenlik gösterdiği yani kararlılık değerinin düşük olduğu ve bundan dolayı yüksek verili veritabanlarında hatalar verdiği gözlemlenmiştir [9]. Ayrıca izi alınacak parmağın ıslak ya da kirli olması, tarayıcıyla temas etmesi gibi görüntü verimliliğini azaltan etmenlerin olması ve sürtünmeden dolayı izlerin kaybolması gibi unsurlar bu tanıma sistemini diğer biyometrik tanıma sistemlerine göre daha az güvenli kılmaktadır.

Parmakizi sistemleri genel olarak üniversitelerin kampüs, yurt ve yemekhane gibi yerlerinde kontrollü giriş çıkışı sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Amerikadaki Rutgers Üniversitesi'nde araştırma amaçlı kullanılan teçhizatların kontrol ve gözlemi için bu sistemi kullanmaktadır.



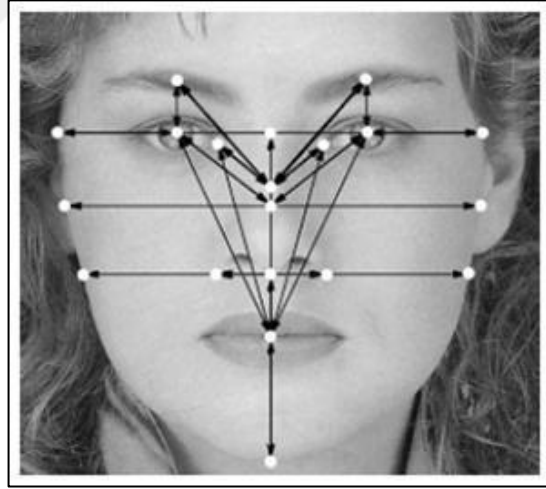
Şekil 3.2. Parmakizi yapısı [5].

### 3.1.2. Yüz Tanıma

Yüz, kişi tanıma amacıyla biyometrik karakteristiklerinden yaygın olarak yararlanılan bir yöntemdir. Yüz tanımanın temel yaklaşımı, yüzdeki göz, dudak, kaş, burun, çene gibi yapıları ve bunların aralarındaki ilişkileri incelemektir.

Yüz tanıma gelişmekte olan diğer bütün teknolojilerdeki gibi ilk olarak askeri alanda kullanılmıştır. Amerikada ileri düzeydeki teknolojilerle üretilmiş silahların yönetiminde kullanılmasının yanında caddelere yerleştirilmiş olan kameralarla caddeler taranarak aranan suçluları yakalamak için geliştirilen uygulamalarda da kullanılmaktadır. Sağlık alanında ise alzheimer hastalarına yardım amaçlı yüz tanıma yazılımlarından yararlanılmaktadır. Hasta gözlüğüne takılan bir kamera ve içine yerleştirilen yazılım ile hastaların gördükleri kişileri tanımları sağlanmaktadır [30].

Yüz tanımda görüntüyü elde etmek için kullanılan cihaz ile fiziksel temas olmaması bu sistemi avantajlı kılmaktadır. Yüzün çok fazla sayıda yaklaşık 50 tane (Şekil 3.3.) gibi biyometrik özelliğe sahip olması ve bundan dolayı çok fazla miktarda karşılaştırma yapılmasının gerekliliği bu sistemde eşleştirmeyi zorlaştırmaktadır. Kilo değişimi, sakal bıyık çıkması, ikizinin olması şeklindeki tanıma problemleri bu sistemde sınırlı bir başarı elde edilmesine neden olmaktadır.



Şekil 3.3. Yüz tanımda kullanılan referans noktaları [30].

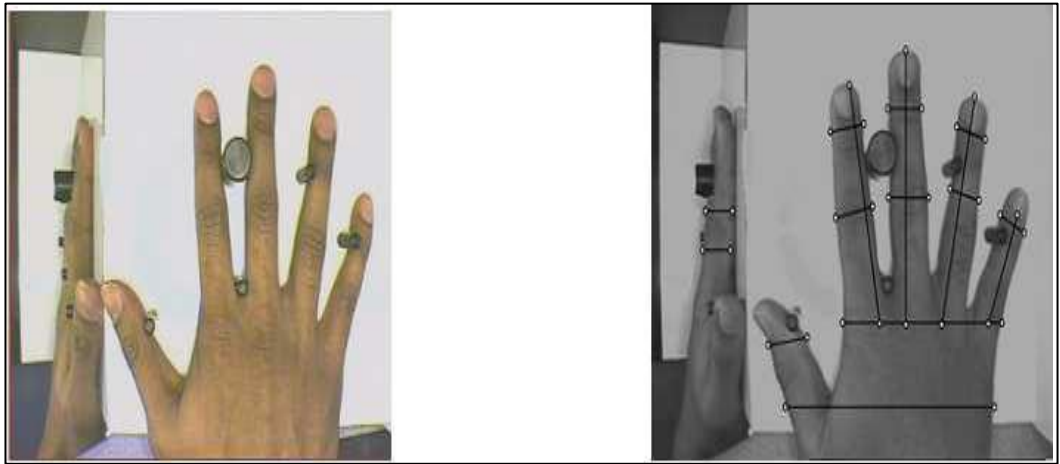
### 3.1.3. El Geometrisi

El geometrisi bir diğer anlamıyla el taraması, elin geometrik yapısının kullanılarak üç boyutlu taramasının yapıldığı, parmak ve el yapısının fiziksel özelliklerinin analiz edildiği bir biyometrik sistemdir. Tarama anında dikkat edilen noktalar, parmakların eni ve uzunluğu, parmakların büküm yerlerinin geometrisi ve birleşme noktalarının

arasındaki mesafedir. Bazı sistemlerde işaret, baş ve orta olmak üzere sadece üç parmağın taraması yapılırken bazılarında ise yüze yakın ölçüm yapılmaktadır [9]. El taramasında kullanılan kamera ile elin üst ve yan bölgesinden çekilen fotoğraflardan oluşturulan şablon, veritabanında daha önceden kayıtlı olan diğer veriler ile karşılaştırılmaktadır.

El geometrisini kullanan sistemlerin kullanımı diğer biyometrik sistemlere göre daha kolaydır ve veritabanında tutulan veriler daha az yer kapladığından dolayı fazla sayıda kullanıcıya sahip sistemler tarafından daha fazla tercih edilmektedirler. Fakat el taramasında kullanılan cihazlar en az bir elin büyüklüğünde olup kapladıkları alan büyüktür. Bundan dolayı alan kullanımının bir problem olduğu durumlarda tercih edilmemektedirler. Bir başka ifadeyle el geometrisi, doğruluk oranı yüksek bir metod olmasına rağmen büyük tanıma cihazından dolayı maliyet ve kullanılabilirlik açısından dezavantajlı bir sistemdir [5]. Ayrıca parmakların olmaması, yaralanma, kireçlenme gibi hastalıklar sistem performansını olumsuz yönde etkileyen unsurlardır. Çocuklar ile el ayak hızlı büyümesine sebep olan hastalığa sahip bireylerde bu sistem uygulanamamaktadır.

1996 yılındaki olimpiyat oyunlarında ve San Francisco havaalanındaki kişi taramalarında, Amerika'daki Keene State Üniversitesi'nin yemekhanesinde el geometrisi kullanılmaktadır [2].



Şekil 3.4. El geometrisi tanıma sistemi [5].

### 3.1.4. İris Tanıma

İris tanıma, yüksek çözünürlükteki kameralar aracılığıyla irisin taranarak okuma anında karşılaştırma yapılması yöntemine dayanmaktadır. Yaklaşık 30 yıldır birçok farklı alanda kullanılmakta olan iris tanıma irisin şeklinin kişinin yaşamı boyunca değişmeden kalması ve gözün dış faktörlerden daha az etkilenecek zarar göreceği bir yapıda olması bu sistemin çıkış noktasını oluşturmaktadır [31].

Hastalık, gözyaşı ve uykusuzluk gibi durumlar diğer biyometrik yöntemlerde olduğu kadar irisi etkilememektedir. Bu yöntem elbette ki irisi olmayan, gözlerinin titremesine neden olan hastalığa sahip ve gözleri görmeyen kişilerde uygulanamamaktadır. Fakat bu kişiler haricinde kimlik doğrulamanın büyük öneme sahip olduğu yüksek güvenlik tedbiri gereken yerlerde yüksek doğruluk payı ile uygulanabilmektedir. Genel çalışma şekli itibarı ile parmakizine benzetilse de, parmakizine kıyasla daha fazla referans noktasına sahip olmasından dolayı daha avantajlıdır. Nitekim parmakizinde 60 ile 70 arasında referans noktası bulunurken iris de bu sayı 200 civarındadır [5].

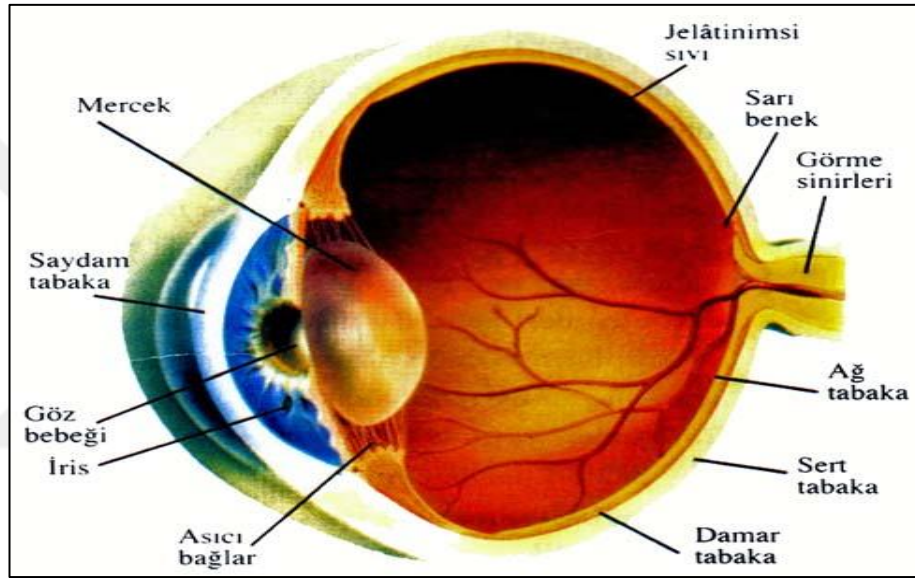
Biyometrik sistemler içerisinde iris kullanma diğerlerine göre daha basit ve kolay bir yoldur. Çözünürlüğü iyi bir kamera ile 20 cm mesafeden çok rahat tarama işlemi yapılabilmektedir. İrisin güvenilir bir desen olması, gözlük kullanan kişilerde bile hatasız çalışması ve sistemlere kolay uyum sağlaması gibi özellikler iris tanımayı diğer biyometrik sistemler arasında en tercih edilir duruma getirmiştir.

#### 3.1.4.1. Gözün Yapısı ve Kısımları

Göz, kafatasının içerisindeki “orbita” adındaki bir kemik yapıya yerleşmiş olan bir organdır. Yumuşak bir yağ dokusu tarafından etrafı sarılıdır. Göz hareketleri üzerindeki kaslar sayesinde gerçekleştirilmektedir. Küre şeklindeki göz, göz kapakları ile korunmaktadır. Dış kısmında beyaz renkteki sklera ve devamında kornea yer almaktadır. Saydam bir yapı olan korneanın alt kısmında ise insanın göz rengini aldığı iris bulunmaktadır. Işık yoğunluğuna göre boyutu değişen pupil yani gözbebeği ise irisin orta kısmında yer almaktadır [32].

Saydam yapıda ve disk şeklinde olan göz merceği yani lens ise irisın arka kısmında konumlanmıştır. Skleranın alt kısmında damarsal tabaka ve bu tabakanın altında görmeyi gerçekleştiren retina yani ağ tabaka yer almaktadır. Optik sinirler aracılığıyla görsel dalgalar retinadan beyne doğru iletilmektedir. Gözün fiziksel yapısı ve bölümleri Şekil 3.5’de gösterilmektedir.

Göz her biri farklı görevlere sahip ağ tabaka (retina), sert tabaka ve damar tabaka olarak üç bölümden meydana gelmektedir.



Şekil 3.5. Anatomik göz yapısı [32].

### Sert Tabaka

Gözün yuvarlak kısmının en dışında bulunan ve onu saran, beyaz renkteki sert bir tabakadır. Bu tabaka gözün iç kısmını korumakla görevlidir. Göz yuvarlağının öne doğru bombeleştiği kısımdır ve burası kornea olarak da adlandırılmaktadır. Kornea, dağınık haldeki fiberleri içerdiğinden dolayı saydamdır ve ışığı geçirebilmektedir. Korneanın etrafında sünger yapısında devamlı sıvı üreten bir bölüm vardır ve bu kısım korneanın arka bölgesini sıvıyla doldurmaktadır. Bu sıvının içerisinde ise iris bir diğer adıyla halka kaslar yer almaktadır [33].

## **Damar Tabaka**

Damar tabaka pigment hücrelerini içinde barındıran bir zarıdır. Birçok sayıda kan dmarını taşımasının yanında gözü de beslemektedir. Görme olayında doğrudan bir etkisi bulunmamaktadır. Sert tabakanın alt bölgesinde yer alan bu tabaka, irisi oluşturmaktadır. İrisin ortasında yer alan boşluğa da gözbebeği adı verilmektedir. İris göze gelen ışık miktarına göre gözbebeğinin kasılarak büyüyüp küçülmesini sağlayan yapıdır [34]. Saydam, canlı ve esnek bir yapıda olan göz merceği de bu tabakada yer almaktadır. Göze gelen ışığın ağ tabakaya geçmesini sağlayan göz merceği, kaslarla bu tabakaya bağlı konumdadır. Damar tabakanın iç tarafında siyah renk taşıyan hücreler bulunmaktadır. Gözün iç tarafında karanlık bir bölge oluşturarak fazla ışığın bu tabakada emilmesini sağlamaktadır.

## **Ağ Tabaka (Retina)**

Işığa karşı hassas olan reseptörlerin yer aldığı en içteki kısımdır. Bu reseptörlerin bazıları koni bazıları ise çomak şeklindedir. Koni şeklindekiler parlak ışıkta ve renkli görmeyi sağlarken çomak şeklindekiler düşük şiddetli ışıkta görmeyi sağlamaktadırlar. Görme sinirlerinin bu tabakada bir ağ gibi yayılmasından dolayı bu isimle anılmaktadır. Bu tabakadaki sinirler göz çukurunun arka bölgesinden birleşerek beyne gitmektedirler. Sinirlerin göz yuvarlağından çıkış yaptığı yere kör nokta denilmektedir. Bu noktanın ışığa duyarlı olmamasından dolayı bu bölgede görüntü oluşmamaktadır [35].

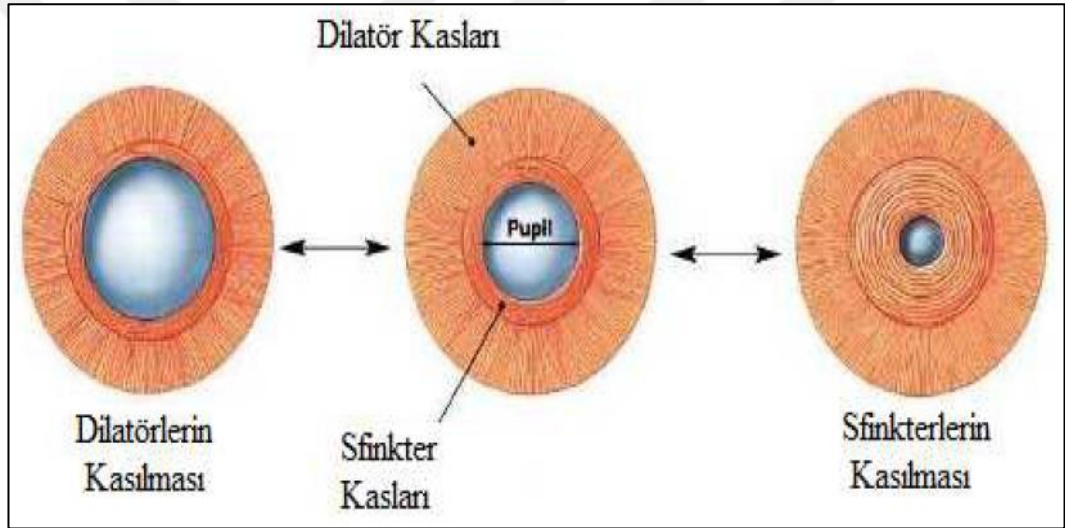
Gözbebeğiyle aynı hizada, kör noktanın ise üst bölgesinde yer alan çukur alana sarı leke denilmektedir. Görüntü burada meydana gelmektedir. Görüntüler, elektrik sinyalleri halinde ağ tabakadan alınarak sinirlere verilmektedir. Görüntü sinirler aracılığıyla beyne iletdikten sonra beyinde algılanmaktadır.

### **3.1.4.2. İrisin Yapısı**

İris gözün ön tarafında yer alan ve lifli dokuya sahip renkli tabakadır. İriste 200 civarında görsel karakteristik yer almaktadır. Bunlar çizgi, benek, daire gibi belirleyici

yapılardır. İris kişinin doğumunun 16. haftasından başlayıp ölümüne kadar değişmemesine karşın ölümünden sonra ise yaklaşık 3 sn gibi kısa bir zamanda canlılığını yitirmektedir [31]. İris her kişide farklılık göstermektedir. Aynı DNA'ya sahip ikizlerde dahi iris tabakası farklıdır. İnsanın sağ ve sol gözünün her ikisinde iris yapısı, deseni birbirinin aynısı değildir. İrisin yapısı cerrahi operasyonlarla bile değiştirilememektedir.

İris, göze gelen ışık miktarını ayarlayan dilator ve sfinkter olarak tanımlanan iki tane şerit kastan meydana gelmektedir. Şekil 3.6'da bu kasların kasılma anında gözbebeğine olan etkileri örneklendirilmektedir.



Şekil 3.6. İris kaslarının kasılması sırasında gözbebeğinin durumu [9].

İrisin en temel görevi; gözbebeğini büyülterek veya küçülterek göze gelen ışığın şiddetini ayarlamaktır. Işığın yoğun olduğu aydınlık bir ortamda sfinkter kası kasılarak gözbebeğinin küçülmesini sağlamaktadır. Böylece retinaya düşen ışık miktarı sınırlanmış olmaktadır. Bunun tam tersi durumda ise yani ışığın zayıf olduğu bir ortamda dilator kası devreye girmekte ve istem dışı kasılarak gözbebeğini büyütmektedir. Genişleyen gözbebeği de retina üzerine düşen ışık miktarını artırmaktadır [36].

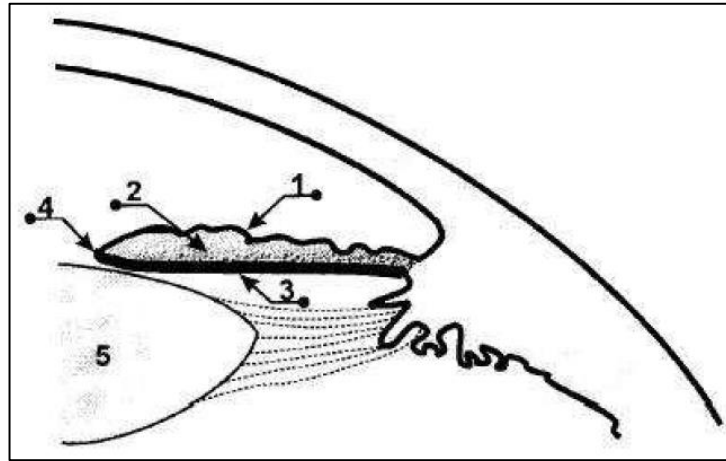
Gözbebeğinin büyüklüğünün değişimi ışık yoğunluğuna bağlı olmasının yanında kişinin baktığı nesne ile arasındaki mesafeye de bağlıdır. Yakındaki bir nesneye

bakıldığında gözbebeği küçülürken, uzaktaki bir nesnede ise tam tersine çap büyümektedir.

İris çapı ortalama 12 mm'dir. Gözbebeğinin boyutu kasılmalara bağlı olarak iris çapının % 10 ile % 80 arasında kalan değeri kadar değişebilmektedir. Yapılan araştırmalarda gözbebeğinin yerinin irisin tam merkezinde değil, biraz daha aşağıda olduğu tespit edilmiştir [37].

Şekil 3.7'de iris tabakalarının gösterildiği bir iris kesiti sunulmaktadır. Kesitteki yapılar;

- Ön tabaka; Dışarıdan görülebilen kısım
- Arka tabaka; Ön tabakaya kıyasla daha koyu renkte olan ve dışarıdan bakıldığında görülemeyen kısım
- Pigment fırfırı (irisin iç sınırı); Gözbebeğini iristen ayıran kısım
- Stroma; iris yumuşak doku yapısı olarak tanımlanmaktadır [38].



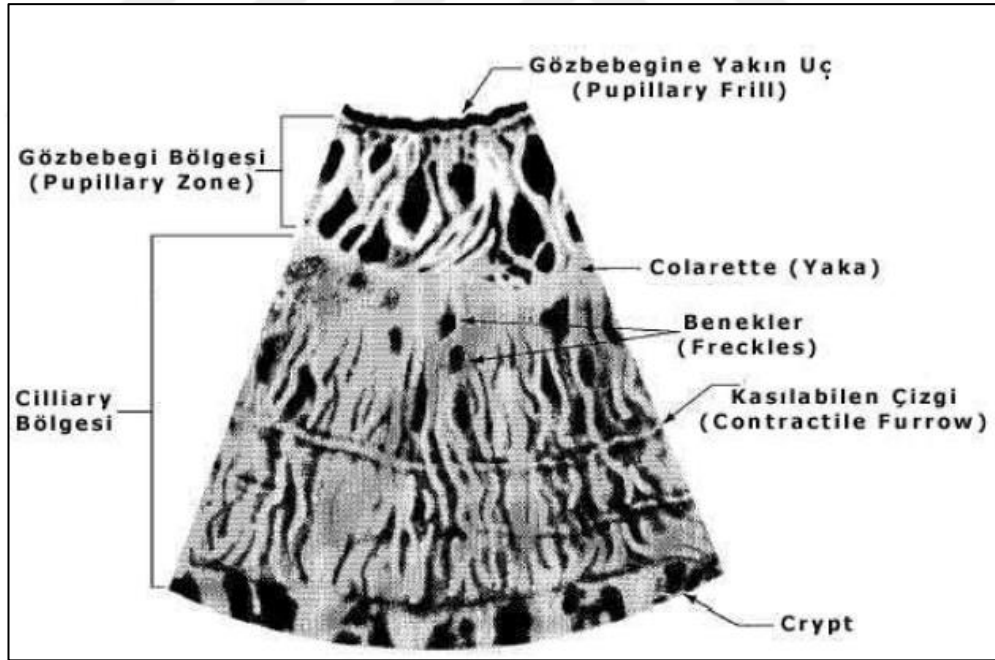
Şekil 3.7. İris tabakalarını gösteren bir iris kesiti (1. ön tabaka, 2. stroma, 3. arka tabaka, 4. pigment fırfırı, 5. lens (mercek)) [9].

İrisin arka yüzeyi yoğun pigmentli ışığa karşı hassas olan epitel hücrelerden oluşmaktadır. Bu kısım gelen ışığın şiddetine göre daralıp genişlemektedir. Buranın hemen ön kısmında gözbebeğinin hareketlerini takip eden iki tane kas yer almaktadır. Bir sonraki katman stroma yani gövdedir. Bu katmanın orta kısmında burgulu şekilde



yaraçapa benzer bir halde kan damarları mevcuttur. Biraz daha ön tarafta ise kramatofor adı verilen özel pigmentlere sahip bir katman bulunmaktadır. Bu çoklu katman yapı özelliği irisin farklı bir görünüme sahip olmasını sağlamaktadır [39]. İris ön yüzeyi gözbebeği ve ciliary olmak üzere iki bölgeden oluşmaktadır.

İrisin üzerinde referans noktası olarak alınabileceği ayırt edici diğer özelliklerine; kenar katmanında düzensiz halde bulunan çukurlar ve tepecikler, kramatoforların toplu hali örnek olarak verilebilir. Buna rağmen pupillary bölgesi epeyce sade bir yapıdadır. Şekil 3.8’de de gösterildiği üzere bu bölgede genel olarak sigara dumanına benzer şekilde yayılmış tepecikler yer almaktadır. Ön kenar katmanında yer alan pigmentli hücrelerce ışığın farklı oranlarda emilmesi, irise rengini vermektedir. İristeki tamamen birbirinden farklı olan örüntülerin oluşması rastsal bir olaydır ve hiçbir genetik faktörden etkilenmemektedir [40]. Genetik faktörlerden etkilenen tek iris karakteristiği, irisin rengine karar veren pigmentasyondur.



Şekil 3.8. İris üzerindeki karakteristik bölgeler [9].

İris yapısal olarak çok küçük olduğundan iris tanıma sistemlerinde irisi bulmak bazen zor olabilmektedir. Bu tarz durumlarda görüntünün daha kısa zamanda yakalanabilmesi için hareket edebilen kameralar ya da birden çok kamera kullanılmaktadır. Kamera açıları çok küçük olduğunda milim hareketler dahi

yakalama işini zorlaştırmaktadır. Gözlük kullanan kişilerde tarama işlemi bazen uzun sürebilmekte ve kameraya daha yakın bakmaları gerekebilmektedir [41].

### 3.1.4.3. Biyometrik Özellik Olarak İris Seçimi

Kullanılan diğer biyometrik karakteristikler arasında irisin daha fazla ayırt edici özelliğe sahip olması, onu biyometrik sistemlerde daha çok tercih edilir hale getirmiştir. Yapılan araştırmalar sonucunda parmakizinden bile daha karakteristik özelliklere sahip olduğu gözlemlenmiştir. İrisin bir biyometrik teknoloji olmasının nedenleri şunlardır;

- Dünya üzerinde yaşayan her bireyin gözü benzersizdir.
- Dünyada aynı iris yapısına rastlanma olasılığı  $1/10^{78}$ 'dir.
- Tek yumurta ikizlerinin bile DNA yapıları aynı olmasına rağmen iris yapıları farklıdır.
- Genetik faktörler ve kalıtsal hastalıklar irisi en az derecede etkilemektedir.
- İris gözle görülebilmekte ve hassasiyet ile ölçülebilmektedir.
- İnsan yaşamının 16. haftasından ölüm anına kadar ömür boyu değişmeden kalabilen tek organdır.
- Göz, yapısı itibarı ile göz kapağı gibi koruması olan bir organdır.
- Göz, insanın yaşamını yitirdiği anda 3 sn gibi kısa bir süre sonra canlılığını kaybetmektedir.
- İris tanıma kişiye zarar vermeyen bir sistemdir. Lazer ve buna benzer görüntü alma teknolojilerine gerek olmadan yüksek çözünürlüklü sade bir kamera ile görüntü yakalanabilmektedir.
- Sistemin çalışmasının hatalı kabul oranı  $1/10^{42}$ 'dir.
- Direkt temas olmaması sebebiyle diğer biyometrik sistemlere göre hijyeniktir.
- Göze hiçbir şekilde zarar vermediği hem ulusal hem uluslararası raporlar ile onaylanmıştır.
- İriste karşılaştırma yapabilmek için 200 civarında referans noktası bulunmaktadır [3].

- Ameliyathane, nükleer tesis ve laboratuvar gibi özel koruyucu kıyafetlerin giyilmesinin zorunlu olduğu ve steril yerlerde biyometrik sistem olarak sadece iris kullanılabilir.

#### **3.1.4.4. İris Tanıma Sisteminin Kullanım Alanları**

İrisden yararlanılarak geliştirilen sistemler, birçok ülkede genellikle farklı alanlarda kimlik tespit etmek amacıyla kullanılmaktadır. Genellikle konsolosluklar, bankalar ve havaalanları başta olmak üzere yüksek güvenlik tedbiri gerektiren yerlerin giriş çıkışlarında kullanılmaktadır. Örneğin Amerika’da birçok hapisane ziyaretçi, mahkum ve personellerin kimlik tespitinde, İngiltere ve Japonya’da ise bankalar müşterileri için ATM erişimlerinde bu sistemi kullanmaktadırlar.

Son yıllarda bu sistemi en etkin kullanan ise Amsterdam Hava Limanı’dır. Bu hava limanı yurt dışına çıkışlarda pasaport kontrollerini iris teknolojisini kullanarak yapan ilk havaalanı ünvanını kazanmıştır [42]. Bunun yanında Amerika’daki California Üniversitesi’nde temiz oda adını verdikleri iletkenler alanında uzmanlaşmış araştırma laboratuvarlarının giriş çıkış kontrollerinde iris tanıma kullanılmaktadır. Ayrıca giriş yapan personelin giriş zamanı da kaydedilebilmektedir.

Türkiye’de ise Akbank, Koç Sistem, Emniyet Genel Müdürlüğü, Hacettepe Hastanesi, Yaysat ve Adalet Bakanlığı gibi birçok kurum ve kuruluşta bu sistem kullanılmaktadır. Gelecek yıllarda ise bu sistemin kişilerin bilet alım satımında, otel rezervasyonu veya oto kiralama gibi hizmet alanlarında geliştirilerek turizme katkı sağlanması beklenmektedir.

#### **3.1.5. Retina Tanıma**

Retina, gözbebeğininin arka tarafında bulunan ince damarların yer aldığı ağ tabakadır. Retina tarama, tarayıcı cihazlar ile gözbebeği içerisinden yapılmaktadır. Bu tarama işlemi esnasında kişinin yaklaşık 1 cm boyutundaki bir aralıktan hiç hareket etmeden bakması gerekmektedir. Retina tarayıcısı tarama anında döndüğü her turda belirli noktaları kaydetmektedir. Daha sonradan bu kaydedilen bilgiler dijitalleştirilmektedir

[43]. Fakat tarama anında göz ile tarayıcı arasında fiziksel temas olması, retina ve göz yapısının zarar görmesine neden olacak travmaların oluşabilmesi, tarama işleminin çok zaman alması ve uğraştırıcı olması gibi faktörlerden dolayı bu sistem çok fazla tercih edilmemektedir.

### **3.1.6. Ses Tanıma**

Ses tanıma, davranışsal bir biyometrik sistemdir. Ses sinyali, konuşan kişinin ağzından dinleyen kişinin kulağına doğru oluşan hava basıncıdır. Bu basıncın, bireyin fizyolojik, psikolojik ve anatomik yapısına bağlı olarak ayırt ediciliği bulunmaktadır. Sesle alakalı çalışmalar, ses ve konuşmacı tanıma diye sınıflandırılmaktadır.

Bu sistemde tanıma işlemi sadece bir mikrofon ve ses kartından meydana gelen basit bir sistemle gerçekleştirilmektedir [44]. Bu sistemde kişilere ait sesin perde, ton, frekans gibi değerleri kaydedilip, daha sonradan dijitalleştirilmektedir. Kullanıcı önce sistemin belirlediği bir metni okuyarak sesini tanıtmaktadır. Kullanıcı daha sonradan sisteme giriş yapabilmek için bu metni kullanmaktadır.

Konuşmacıların seslerinin sisteme kayıtları sırasında oluşan istenmeyen gürültüler konuşma sinyalinin bozulmasına sebep olmakta ve bu da sistemi olumsuz yönde etkilemektedir. Bunun yanında kişinin duygusal durumunun değişmesinin sesine yansması sonucu farklı vurgu ve tonlamada konuşması gibi olumsuzluklar sistemi etkileyen bir başka dezavantajdır. Bu olumsuz durumlar sistemin güvensiz ve kullanışsız olmasına neden olduğu için ses tanıma pek tercih edilen bir biyometrik sistem çeşidi değildir.

### **3.1.7. El Yazısı ve İmza Tanıma**

Bu sistemlerin diğer biyometrik teknolojiler kadar yaygın kullanım alanları bulunmamaktadır. Belge kullanılmasının gerekli olduğu güvenlik sistemlerinde daha çok tercih edilmektedir. Kişinin imzası ya da el yazısı taranarak kalemin basıncı ve hızı, imzadaki çizgilerin yapısı, yazıdaki karakterlerin şekilleri gibi karakteristik özellikleri çıkarılmaktadır. Bu sistem diğer biyometrik sistemlere kıyasla çok az

güvenlidir [5]. Sistemin kullanıcının davranışsal özelliklerini ve hızını öğrenebilmesi için yeterli miktarda uygun örneğe gereksinim duyması, imza atmanın insan yaşamı boyunca ruh hali, sağlık durumu ve yaşlanmaya bağlı olarak zaman içerisinde sabit kalmayıp değişebilen bir biyometrik olması sistemin dezavantajları arasında gösterilmektedir.

### **3.1.8. DNA Tanıma**

Deoksiribonükleik asit bir kişiyi tanımlamanın en mutlak şekli olabilmektedir. Her insan, vücudun her bir hücresinde bulunabilen blueprinte bir diğer isimle bireysel haritaya sahiptir [2].

Bu sistemde kişiye ait kan, saç teli, deri parçası, tırnak, tükürük ya da herhangi bir biyolojik dokudaki hücreler içerisinde yer alan DNA moleküllerinin dizilimi araştırılmaktadır. Özellikle emniyet birimlerince katili yakalayabilmek için cinayet alanındaki biyolojik dokular incelenmekte ve babalık davalarında kullanılmaktadır. Oldukça yüksek bir doğruluk oranına sahip bir sistem olmasına rağmen birçok da olumsuz yönüne sahiptir. Bunlardan bir tanesi DNA'nın alınacağı dokunun kirlenmesi durumunda incelenecek örneğin kalitesi düşük olacağından analiz etmenin çok zor olmasıdır [45]. Aynı DNA yapısına sahip tek yumurta ikizlerinin durumu bu sistemin eksik kalmış yönüdür. DNA'nın elde edilmesi çok uzun süren ve çok zahmetli olan bir işlem olduğundan çok maliyetlidir. Bütün bu olumsuz durumlar, DNA'nın biyometrik tanımda kullanılmasının önünde duran büyük engellerdir.

### **3.1.9. Tuş Basma Ritmini Tanıma**

Bir kişinin klavye üzerinde yazı yazarken gezinme hareketi ritmi kişiden kişiye farklılık göstermektedir. Bu yöntemde kişilerin klavyede yazı yazarken girdikleri karakterler arasındaki zaman farkı ölçülerek yazma ritimleri hesaplanmaya çalışılmaktadır. Bu sistemin avantajı, tek girdi aracı olarak klavyeden başka bir donanım aygıtına ihtiyacı olmamasıdır. Karar verme aşamasında tek bir parametreyi baz alması ise sistemin en büyük olumsuz yanındır.

Bir kullanıcıdan yazılması istenen kelimenin yazılım aşamasında tespit edilen geçen sürede, kullanıcının t ve e harflerini yazım aralığında epey süre kaybederken n-s ve s-o harfleri aralığındaki geçişlerin ise oldukça hızlı olduğu gözlemlenmiştir [5].

### **3.1.10. Vücut Isısı ve Yürüyüş Tanıma**

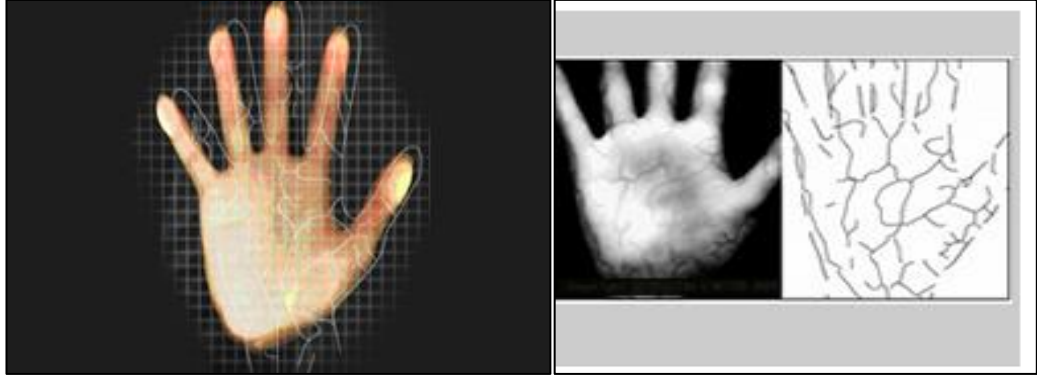
Vücut ısısı alanında yapılmış olan ilk çalışmalarda yüzün ya da elin termal görüntülerinden yararlanılmıştır. Yüzdeki çıkıntı ve oyukların termal olarak daha belirgin olması yüz tanıma olumlu bir durumdur. Diğer taraftan vücut ısısının sabit olmayışı bu sistemin en negatif yanısıdır.

Yürüyüş tanıma, davranışsal biyometrik şekillerden biridir. Genellikle yürüyüş şekli video görüntülerinden elde edilmektedir [9]. Kişilerin tanınmasında yürüyüş şekillerinin ayırt edici olabileceği düşüncesinin ortaya atılması yirminci yüzyılın sonlarına dayanmaktadır. Yürüyüş şeklinin sabit olmayıp zamanla değişebilir olması bu tarz bir sistemin tanıma teknolojisi için güvensiz olduğunu göstermektedir.

### **3.1.11. Avuç İçi Tanıma**

Avuç içi, her bireyin kendine özgüdür. Avuç içi tanıma, avuç içindeki çizgilerin konumları, sayıları, eğimleri ve çizgilerin karşılıklı ilişkileri gibi avuç çizgilerinin niteliklerinin incelenmesi üzerine çalışan bir sistemdir [46].

Bu sistemde az sayıdaki veri kısa zamanda işlenebildiğinden çalışma süresi kısadır. Ayrıca basit bir sistem ve kullanıcı etkileşimine sahip olduğundan hatalı kayıt oranı da düşüktür. Yüksek kullanıcı onayına sahip bir tarama teknolojisidir. Bu sistemin maliyeti düşük, basit ve kullanımı kolay donanımlar ile uygulanabilmesi bu biyometriğin bir başka olumlu yönleridir. Şekil 3.9'da avuç içindeki damarların ağ örüntüsüne, çizgilerin dağılışı şekline örnek olarak gösterilebilecek bir fotoğraf resmedilmektedir.



Şekil 3.9. Avuç içi damar ağ örüntüsü [47].

### 3.1.12. Çoklu Biyometrik Tanıma

En az iki biyometrik özelliğin bir arada kullanıldığı yapılar çoklu biyometrik sistemler olarak adlandırılır. Bu sistemler, bir biyometrik özellik kullanılarak oluşturulan teknolojilerden daha güvenli yapılar oluşturmak için düşünülmüştür. Gerçekte bu sistemlerin çalışma mantığındaki iki biyometrik özellikten biri akıllı kart, pin veya şifre gibi kişiyi tanıtan bilgiler diğeri ise biyometrik özelliktir. Karşılaştırmanın neticesine göre kullanıcının erişimi onaylanır ya da reddedilir.

Çoklu model sistemlerde birden çok ekipman, veritabanı, sensör ve analiz gerekli olduğu için maliyet tekli modellere göre oldukça fazladır. Şekil 3.10'da yüz tanıma ve parmak izi biyometrik özelliklerinin birlikte kullanıldığı bir çoklu sistem görülmektedir.



Şekil 3.10. Yüz tanıma ve parmak izinin birlikte kullanıldığı çoklu sistem [2].

### 3.2. BİYOMETRİK SİSTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

Daha çok tercih edilen biyometrik özellikler kullanılarak geliştirilen sistemlerden bazıları; dayanıklılık, kullanım kolaylığı, güvenlik seviyesi, maliyet, hata oranı ve kullanıcıya uygunluk gibi birkaç durum bakımından değerlendirme ölçüsü olarak düşük, orta, yüksek, çok yüksek şeklinde karşılaştırılmış ve Çizelge 3.1’de elde edilen sonuçlar gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Bazı biyometrik sistemlerin birkaç durum açısından karşılaştırılması [9].

	<b>Yüz</b>	<b>Parmak İzi</b>	<b>El</b>	<b>Ses</b>	<b>İris</b>	<b>El Yazısı</b>
<b>Güvenlik Seviyesi</b>	Orta	Yüksek	Orta	Orta	Çok Yüksek	Düşük
<b>Kullanım Kolaylığı</b>	Orta	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek
<b>Kullanıcıya Uygunluk</b>	Orta	Yüksek	Orta	Yüksek	Orta	Yüksek
<b>Dayanıklılık</b>	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Çok Yüksek	Yüksek
<b>Hatayı Arttıran Etkenler</b>	Yaşlanma, Saç, Sakal, Gözlük	Kirlilik, Nemlilik, Yaşlanma	Kaza, Yaşlanma	Gürültü, Hastalık, Yaşlanma	Düşük Aydınlatma	El yazısının değişmesi
<b>Maliyet (tarayıcı)</b>	< \$200	< \$100	< \$500	< \$5	<\$ 300	-<\$ 300

Biyometrik sistemlerin başarı yüzdelerini sistemin çalışma anında yapılan ret ve hatalı kabullerin oranı belirlemektedir [48]. Yüksek doğrulukla çalışan bir biyometrik sistemden, oluşabilecek hatalı kabullerin minimum sayıda olması beklenmektedir. Hatalı retlerin sayısı ise epeyce yüksek hassasiyet gerektiren bu durumdan dolayı artabilmektedir. Bundan dolayı geliştirilecek biyometrik sistemin mümkün olan optimum düzeyde hataya yer vermeyecek şekilde planlanıp bu iki önemli durumun en dengeli biçimde birleştirilmesi gerekmektedir.



Başarı oranları dikkate alınarak karşılaştırılan bazı biyometrik özelliklerden varılan sonuçlar Çizelge 3.2’de gösterilmektedir.

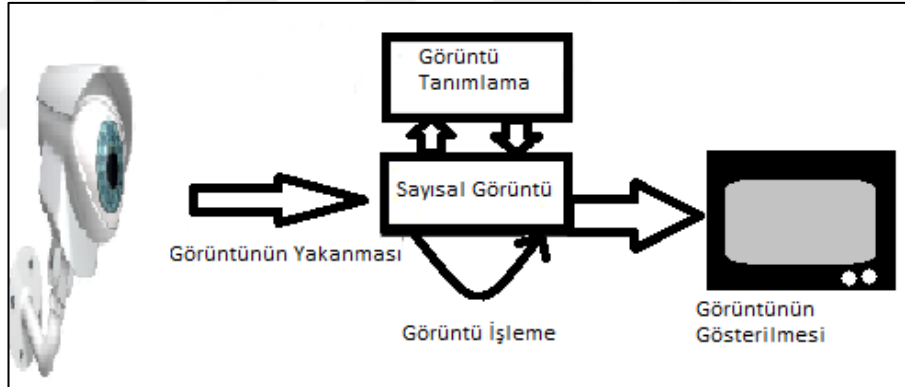
Çizelge 3.2. Başarı oranlarına göre biyometrik sistemler

<b>Biyometrik Sistem</b>	<b>Başarı</b>
Retina Tanıma	1:10 000 00+
İris Tanıma	1: 131 000
Parmak İzi Tanıma	1: 500
El Tanıma	1: 500
İmza Tanıma	1:50
Ses Tanıma	1:50

## BÖLÜM 4

### GÖRÜNTÜ İŞLEME

Görüntü işleme, bir resim halindeki gerçek yaşam görüntülerinin, girdi verisi olarak alınarak resme ait bazı özelliklerin ve görüntünün birtakım teknikler uygulanarak değiştirilmesiyle çıktı olarak yeni bir verinin oluşturulması işlemidir [49]. İlerleyen teknoloji sayesinde görüntü işleme ile bir görüntüdeki nesnelere üzerinde ayırt etme, şekillendirme ve tanıma gibi işlemler yapılabilmektedir. Bu işlemler ile güvenlik, tıp, robotik ve askeri gibi birçok alanda insanlığa faydalı işler gerçekleştirilmektedir. Şekil 4.1’de görüntü işlemenin genel çalışma mekanizması gösterilmektedir.



Şekil 4.1. Görüntü işlemenin genel çalışma mekanizması.

Görüntü işleme, dijital teknolojide orjinal imgeden yeni bir imge meydana getirmek için kullanılan bir kavramdır. Bu teknolojiye teknikler gerçek görüntünün netliğinin ve kalitesinin iyileştirilmesi, orjinal bir görüntü üretilmesi gibi işlemleri içermektedir. Bu görüntü işleme metodlarından bazıları aşağıda açıklanmaktadır;

- Görüntünün boyutlarının değiştirilerek yeniden örmeklenmesi
- Renk düzenleme
- Kontrast ve parlaklığın değiştirilmesi

- Histogram eşitleme
- Gamma düzeltmesi
- Filtreleme teknikleri
- Eşik değeri belirleme (threshold)
- İstenilen açıda görüntünün döndürülmesi

#### **4.1. GÖRÜNTÜNÜN BAZI TEMEL KAVRAMLARI**

Gerçek yaşamdan alınan ve görüntü işlemede giriş verisi olarak kullanılan resim, görüntü olarak adlandırılmaktadır. Bir diğer ifadeyle çeşitli şekillerde elde edilen verilerin görüntüsel olarak depolanmasına ve gösterimine imkan tanıyan resimlerdir.

2 boyutlu olan her türlü veri görüntü olarak değerlendirilebilir [50]. Görüntü, fotoğrafların taranması ya da dijital kameraların kullanılması gibi iki farklı yoldan elde edilmektedir. Bir görüntüyü meydana getiren temel bileşenler arasında renk uzayları ve kanalları, çerçeve, nokta, çözünürlük, piksel ve nokta aralığı gibi kavramlar sayılabilir.

Görüntü aynı zamanda kanal sayısı, yükseklik ve genişlik değerlerinden oluşan 3 boyutlu bir matristir. Görüntünün derinliğini int, float gibi değerlerin türü belirler. Bir görüntüden baheserken görsel nitelikler ve üst veriden de bahsetmek gerekir.

##### **4.1.1. Piksel**

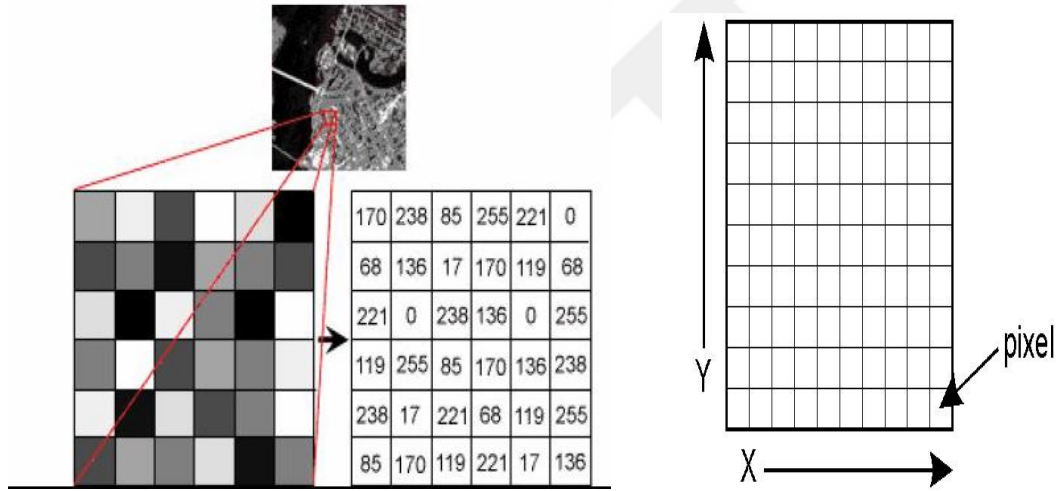
Görüntüler kare biçimindeki noktalardan meydana gelmektedir. Bu noktalar ancak yakından bakıldığında ya da görüntü yakınlaştırıldığında görülebilmektedir. Piksel, görüntüyü meydana getiren bu noktalara verilen isimdir. Resim parçası demek olan piksel, picture element İngilizce kelimelerinin ilk birkaç harfi alınarak türetilmiştir [51]. Renkli görüntülerde, bazı piksellerde üç bazılarında ise dört renk kullanılarak istenilen renk oluşturulabilmektedir. Kullanılan bu üç renk mavi, kırmızı ve yeşil iken dördüncü renk ise sarı, ciyan, siyah ve eflatun gibi renklendir.

Görüntünün netleşmesi için piksel yoğunluğunun artırılması gerekmektedir. Tek başına kullanılan piksel sayısı ölçü olarak bir anlam ifade etmez. Belirtilen piksel sayısı verilmiş olan belirli alan içindeki sayıdır. Örneğin;

5 cm yer için 10 piksel verildiğinde piksel boyutu 5 mm,

5 cm yer için 20 piksel verildiğinde ise piksel boyutu 2.5 mm olarak değişmektedir.

Yukarıdaki örnekte de görüldüğü gibi verilen belirli bir alan içerisindeki piksel sayısı değiştikçe piksel boyutu da değişmektedir. Bu durum da piksel boyutunun sabit bir değer olmadığını göstermektedir. Satırın ve sütunun numaraları pikselin koordinatını belirtmektedir. Şekil 4.2’de bir görüntünün en önemli unsuru olan pikselin örneği gösterilmektedir.

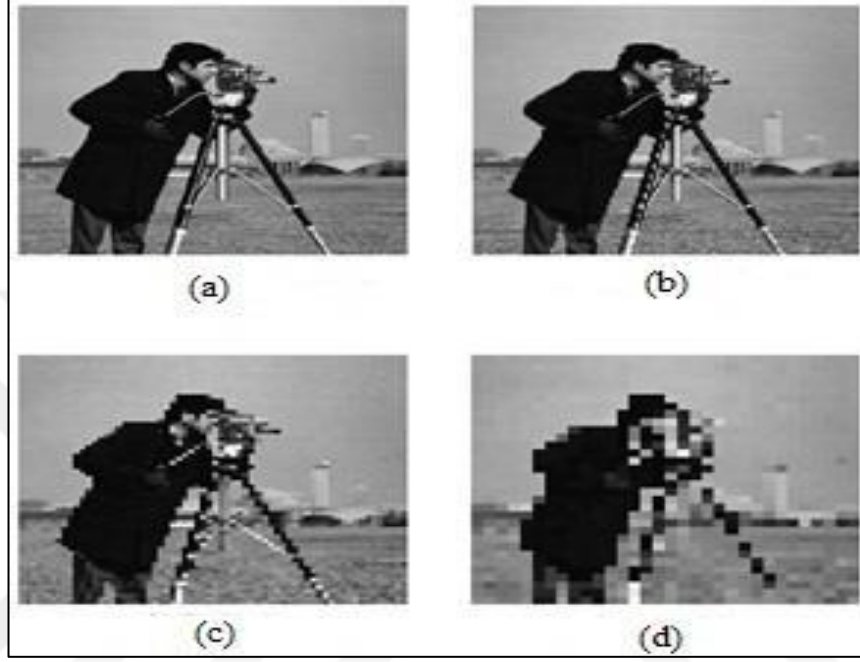


Şekil 4.2. Bir görüntüdeki pikseller [52].

#### 4.1.2. Çözünürlük

Çözünürlük en küçük detayların farkedilebilmesidir. Bir diğer ifadeyle ekranda tek seferde görülebilen piksel sayısıdır. Ekrandaki dikey ve yatay piksel değerleri çarpılarak çözünürlük miktarı elde edilmektedir. 1024x768, 64x64 gibi çarpımlar çözünürlük değerini ifade etmektedir. Fiziksel büyüklüğü aynı olan görüntüler, farklı çözünürlük değerlerine sahip olabilmektedir [50]. Çözünürlük değerinin artması bir diğer söyleyişle piksel sayısının artması görüntünün kalitesini de artırmaktadır. Örnek vermek gerekirse; 400x200 ifadesi bir görüntü için kullanıldığında burada bu

görüntünün 400 satır, 200 sütundan oluştuğu ve toplamda bu çarpım değeri kadar piksele sahip olduğu anlaşılmaktadır. Şekil 4.3’de farklı piksel değerlerindeki çözünürlüklere örnek verilmektedir. Örnek görüntülerdeki a) 256 x 256, b) 128 x 128, c) 64 x 64 ve d) 32 x 32 piksel değerlerine sahip görüntüleri sembolize etmektedir.



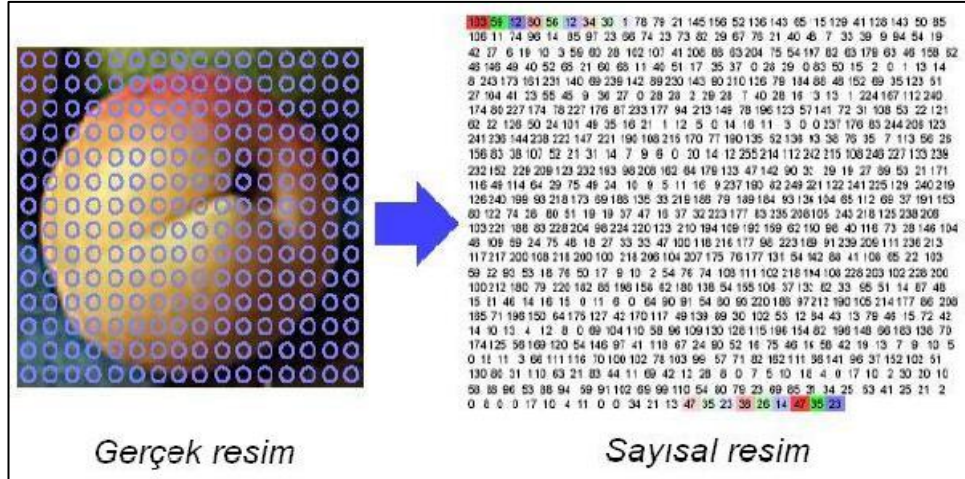
Şekil 4.3. Farklı piksel değerlerindeki çözünürlükler [50].

#### 4.1.3. Sayısal Görüntü

Sayısal görüntü en genel tanımıyla bilgisayarda görüntülenebilen nümerik değerlerden oluşmuş görüntüdür. Bir analog görüntü  $I(x, y)$  şeklindeki iki parametreden oluşan bir fonksiyonla tanımlandığında;

- $I$ , parlaklık gibi bir şiddeti gösteren birim
- $x, y$  parametreleri ise koordinat eksenlerine düşen değerlerdir.

Sütun ve satırlardan oluşmuş şekilde örneklenen analog görüntüye sayısal görüntü denilmektedir. Sonuç itibarıyla sayısal görüntü haline getirilmiş olan bir resim  $N \times M$  tane pikselden oluşmaktadır. Gerçek bir resim ve bu resmin sayısal görüntü haline dönüştürülmüş matriksel içeriği Şekil 4.4’de örnek olarak verilmektedir.



Şekil 4.4. Gerçek görüntü ve sayısallandırılmış şekli [53].

## 4.2. RENK UZAYLARI

Renk uzayları, görüntülerdeki renkleri tanımlayabilmek için kullanılmaktadır. Her renk uzayı belirli bir renk aralığı ile temsil edilmektedir. Yazıcı, monitor gibi cihazların da kullandıkları kendilerine ait bir renk uzayı vardır. Bu aralık dışındaki renkleri üretmezler. Her cihazın kendine has bir renk uzayı olduğundan bir görüntünün rengi de cihazdan cihaza değişebilmektedir.

Her pikseldeki bit miktarı rengin kalitesini de etkilemektedir. Sayısal görüntüler; renkli, gri ve siyah beyaz gibi üç tondan birinden olmaktadır [43]. Siyah beyaz görüntülerdeki her piksel bir bit taşımaktadır. Bu bitlerden 1 değeri beyazı, 0 ise siyahı temsil etmektedir.

Gri tondaki görüntülerde ise her piksel için 2 ile 8 aralığında ya da daha fazla sayıda bit kullanılmaktadır. Örneğin 2 bitlik görüntü için oluşan kombinasyonlar aşağıda örneklendirilmiştir.

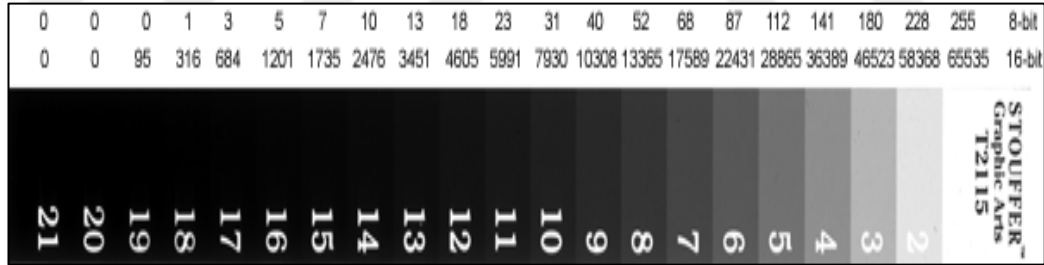
- 00 Siyah
- 01 Koyu Gri
- 10 Açık Gri
- 11 Beyaz

Renkli görüntülerde ise her piksel için 8 ile 24 arasında ya da daha fazla sayıda bit kullanılmaktadır. Bu bitler 8 kırmızı, 8 mavi ve 8 de yeşil olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. Bu 24 bitin kombinasyonundan toplamda;

$$2^{24} = 16,7 \text{ milyon farklı renk tonu elde edilebilmektedir [54].}$$

#### 4.2.1. Gri Tonlu Renk Uzayı

Bir imajda 0 ile 255 aralığında gri rengin toplam 256 farklı renk tonunun kullanılabildiği renk uzayıdır. Gri tonlamalı görüntülerin derinliği 8 bittir. Bu görüntülerdeki her piksel 0 ile 255 arasında değişen bir parlaklık değerine sahiptir. Beyaz renk 255 siyah ise 0 değeri ile gösterilmekte olup grinin farklı renk tonları da bu iki değer arasındaki değerlerle ifade edilmektedir. Işık yoğunluğuna bağlı olarak siyahtan beyaza doğru gidildikçe gri tonlu renk uzayı, grinin farklı tonlarını ayarlamaktadır. Şekil 4.5’de grinin farklı değerlerde aldığı renk tonları gösterilmektedir.

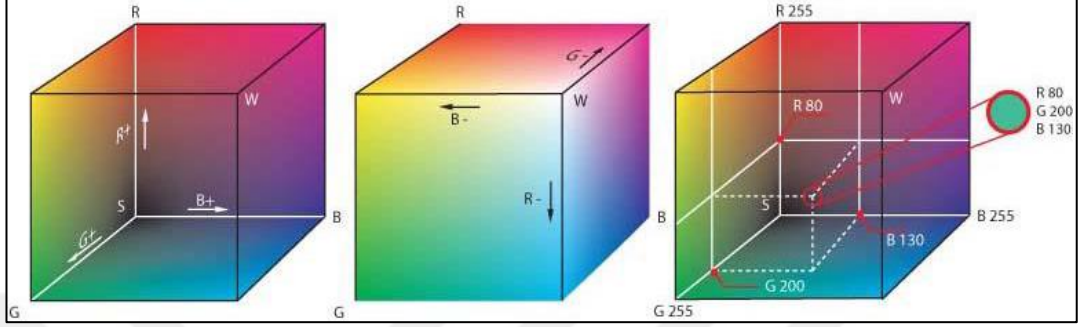


Şekil 4.5. Grinin farklı değerlerdeki renk tonları [50].

#### 4.2.2. RGB Renk Uzayı

En çok kullanılan renk uzayıdır. Bu renk uzayı ismini kırmızı, yeşil ve mavi renklerinin ingilizce karşılıkları olan Red, Green, Blue kelimelerinin baş harflerinden almıştır. Bu renk uzayında bu üç ana rengin belirli miktarlarda karışmasından meydana gelen ortalama 17 milyon tane farklı renk bulunmaktadır. Bu ana renkler % 100 oranında karıştırıldığında beyaz, % 0 oranında karıştırıldığında ise siyah renk elde edilmektedir. Farklı oranlardaki karışımlardan da farklı renk tonlarına ulaşılmaktadır. Ancak doğada bulunan her renk tonunun karşılığı mevcut değildir. Çizelge 4.1 karışım

oranlarına göre meydana gelen renkleri göstermektedir. RGB, koordinat eksenlerinin üç ana renkten oluştuğu bir uzay olarak düşünüldüğünde kullanılmak istenilen diğer renkler kırmızı, yeşil ve mavinin koordinatları türünden ifade edilebilmektedir [52,55]. Şekil 4.6’da bu durum örneklendirilmektedir.



Şekil 4.6. Red, Green, Blue renk uzayı [52,55].

RGB uzayındaki bir görüntünün işlenmesi zahmetli ve süre gerektiren bir işlemdir. Görüntüdeki renkte değişiklik yapılmak istendiğinde bu üç ana renk üzerinde işlem yapılması gerekmektedir. Bu olumsuzluğun üstesinden gelebilmek bazı işlemleri daha hızlı yapabilmek için farklı renk uzayları kullanılmaktadır. İki değişik renk sinyali ile parlaklık kullanan HSV, YUV gibi renk uzayları bunlara örnek olarak verilebilir.

Çizelge 4.1. Farklı karışım oranlarıyla elde edilen RGB uzayındaki renk tonları [50].

	Aralık	Beyaz	Sarı	Camgöbeği	Yeşil	Eflatun	Kırmızı	Mavi	Siyah
R	0- 255	255	255	0	0	255	255	0	0
G	0- 255	255	255	255	255	0	0	0	0
B	0- 255	255	0	255	0	255	0	255	0

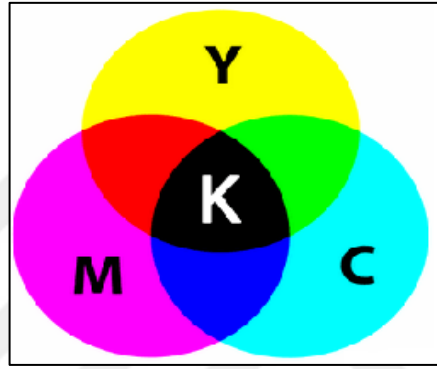
#### 4.2.3. CMYK Renk Uzayı

Renk uzayının ismindeki harflerin açılımı Cyan, Magenta, Yellow ve Key şeklindedir. Buradaki key siyahı, cyan mavi rengi, magenta ise kırmızı ve morun karışımından oluşan rengi ifade etmektedir. Bu renk uzayındaki tüm renkler uzaya ismini veren bu



dört rengin karışımından elde edilmektedir. Genellikle renkli baskılarda kullanılan bu renk uzayı, RGB uzayının bir alt grubu durumundadır.

CMYK yansımanın RGB ise ışığın rengidir. CMYK uzayında boş zemin için beyaz renk kullanılırken RGB de ise siyah kullanılmaktadır [55]. Normalde bu uzayın temel renkleri cyan, magenta ve yellowdur. Teorikte bu üç rengin karışımının siyahı vermesi beklenirken pratikte siyahın tam elde edilememesi bu rengin sonradan ilave edilmesine neden olmuştur.

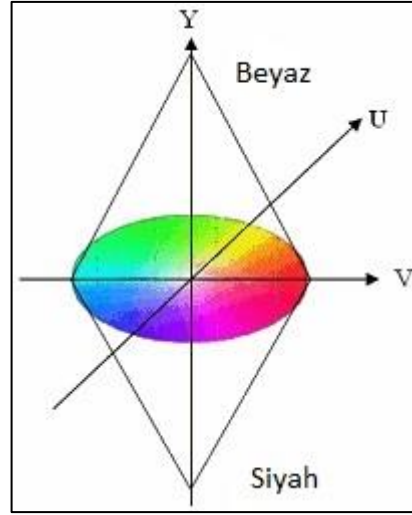


Şekil 4.7. Cyan, Magenta, Yellow renk uzayı [55].

#### 4.2.4. YUV Renk Uzayı

Bu renk uzayında siyah beyaz bir resim için Y bileşeni parlaklık bilgisini, U ve V bileşenleri ise renk bilgisini tutmaktadır. Renkli video sinyallerinin siyah beyaz alıcılarda gösterilebilmesi için YUV renk uzayı geliştirilmiştir. Renk uzayındaki bileşenlerin açılımı aşağıdaki gibidir.

- Y bileşeni Luminance
- U bileşeni Chrominance 1
- V bileşeni Chrominance 2



Şekil 4.8. YUV renk uzayı [55].

#### 4.2.5. YCbCrUV Renk Uzayı

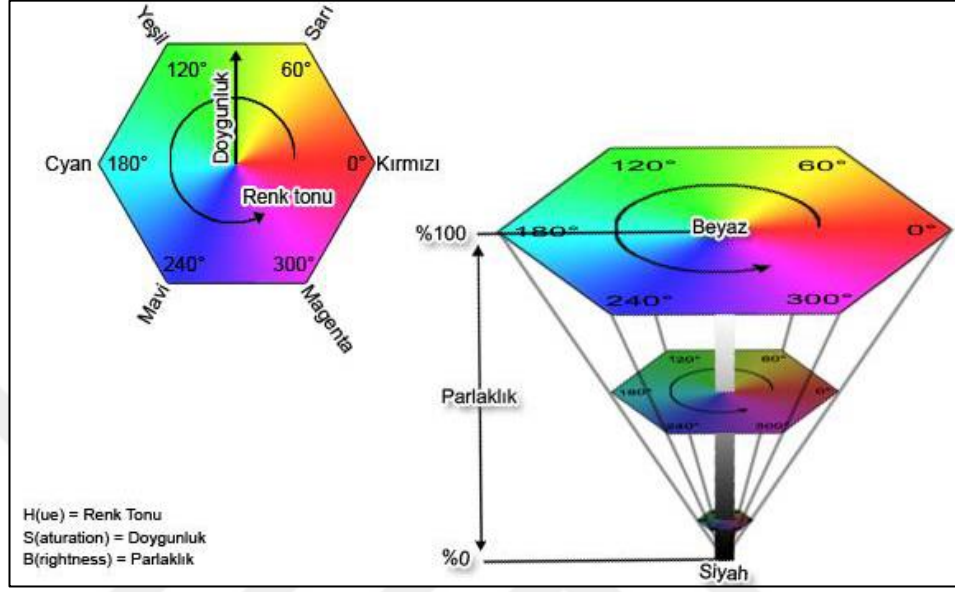
Y değerinde parlaklık sinyalini, Cr bile Cb bileşenlerinde ise renk bilgilerini barındıran renk uzayıdır. Bu renk uzayı, sayısal video oluşturma çalışmaları aşamasında meydana gelmiştir. Y bileşeni 16 ile 235 değerleri arasında 8 bitlik olarak, Cb ile Cr ise 16 ile 240 değerleri arasında tanımlanmaktadır [56]. Renk uzayındaki Y sembolü luminance, Cb sembolü Chrominance blue ve Cr sembolü ise Chrominance red ifadelerini sembolize etmektedir.

#### 4.2.6. HSV ya da HSB Renk Uzayı

Renklerin üç kanalda ifade edildiği renk uzayıdır. Bu renk uzayında renkler rakamlarla ifade edilebilmektedir. Üç kanaldan her biri 0 ile 255 aralığında değişen değerler almaktadır. Tüm değerler 255 ise renk beyaz, 0 ise renk siyah olmaktadır.

Bu renk uzayında renkler parlaklık, doygunluk ve renk özü gibi tanımlamalarla ifade edilir. Rengin dominant dalga boyu renk özüyle, canlılığı doygunlukla, aydınlığı bir diğer deyişle içerisindeki beyaz renk oranı ise parlaklık deyimleri ile belirlenmektedir [56]. Doğunluğun yüksek olması rengin canlı olmasını sağlarken düşük olması daha gri tonlu bir renk oluşmasına neden olmaktadır. Bu renk uzayındaki bileşenlerin neyi sembolize ettikleri aşağıda gösterilmektedir.

- H bileşeni Hue (renk özü)
- S bileşeni Saturation (doygunluk)
- V bileşeni Value, B bileşeni Brightness (parlaklık)

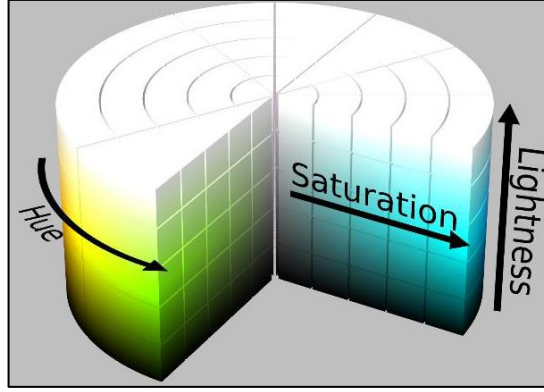


Şekil 4.9. HSB renk uzayı [50].

#### 4.2.7. HSL Renk Uzayı

Parlaklık değerinin yerine aydınlığın kullanılması dışında HSB renk uzayı ile hemen hemen benzer özelliklere sahip bir renk modelidir. Aydınlık değerinin düşük olması daha koyu renkler elde edilmesine, yüksek olması daha beyaz bir renge yaklaşılmasına, % 50 bir değerde olması ise nötr bir renge ulaşılmasına imkan vermektedir [50].

HSL uzayındaki H ve S bileşenleri HSV de olduğu gibi Hue ve Saturation anlamını taşırken L ise Lightness yani aydınlığı simgelemektedir. Şekil 4.10'da bu renk uzayı gösterilmektedir.

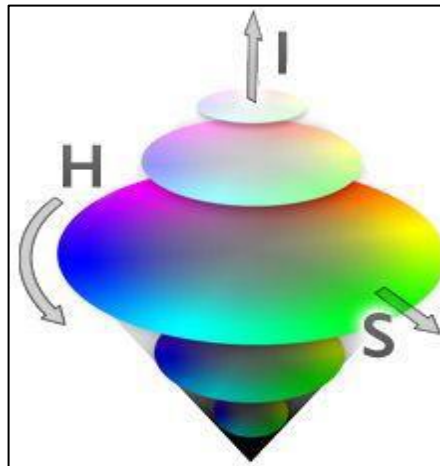


Şekil 4.10. HSL renk uzayı

#### 4.2.8. HSI Renk Uzayı

HSL uzayındaki aydınlık bileşeni olan L yerine HSI renk uzayında yoğunluk bileşeni I gelmiştir. Bu sembol yoğunluk kelimesinin İngilizce karşılığı olan intensity kelimesinden gelmektedir. Bu renk uzayı, histogram eşitleme gibi genel görüntü işleme yöntemleri için diğer renk uzayları arasında en iyisidir.

- Hue (H); Baskın rengin dalga boyunu ifade eden ve açısal olarak 0 ile 360 derece aralığındaki renk özünü tanımlamaktadır.
- Saturation (S); Beyaz ışık ile saf rengin karışma oranını göstermektedir. Değer aralığı [0,1] dir ve yarıçapa denk gelmektedir.
- Intensity (I); Işık yoğunluğunu ifade etmektedir [57].



Şekil 4.11.HSI renk uzayı [57].

### 4.3. GÖRÜNTÜ İŞLEMEDE ÖN İŞLEME (PRE-PROCESSING)

Ön işleme basamağında sayısal resim üzerindeki istenmeyen, gereksiz bilgilerden kurtulma ya da resim üzerindeki bazı alanları belirginleştirme, iyileştirme gibi işlemler gerçekleştirilmektedir. Eşikleme, histogram eşitleme ve kenar bulma denilen edge detection bu ön işleme aşamalarına örnek olarak verilebilir.

#### 4.3.1. Histogram Eşitleme (Histogram Equalization)

Histogram, bir görüntü içerisindeki piksellerin ağırlığının grafiksel bir şekilde gösterilmesidir. Bir diğer ifadeyle görüntü içerisindeki renk değerlerinin dağılımının grafik ortamına aktarılmasıdır. Histogram eşitleme de görüntü içerisindeki renk değerlerinin orantısız bir şekilde belli bir alanda yığılmasından dolayı meydana gelen renk dağılımındaki dengesizliği ortadan kaldırmak amacıyla kullanılan bir methodur. Histogramlardan yararlanılarak görüntüler daha net bir duruma getirilebilmektedir. Histogram eşitleme ile bir görüntüdeki parlaklık ve kontrast artırılabilir. Histogram eşitlemenin formülü aşağıdaki gibidir;

$$S_k = T(r_k) = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n} (L - 1) \quad (4.1)$$

Eşitlik 4.1'deki sembollerin ifade ettiği terimler;

$k = 0, 1, 2, 3, 4, \dots, L-1$

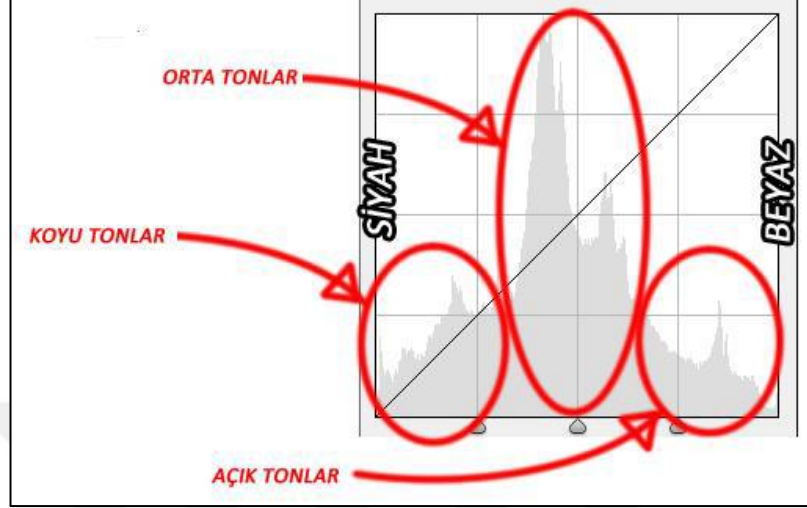
$L =$  Görüntü içerisindeki gri düzeylerin sayısı

$n_j =$  Görüntüdeki  $j$  numaralı gri piksel değeri

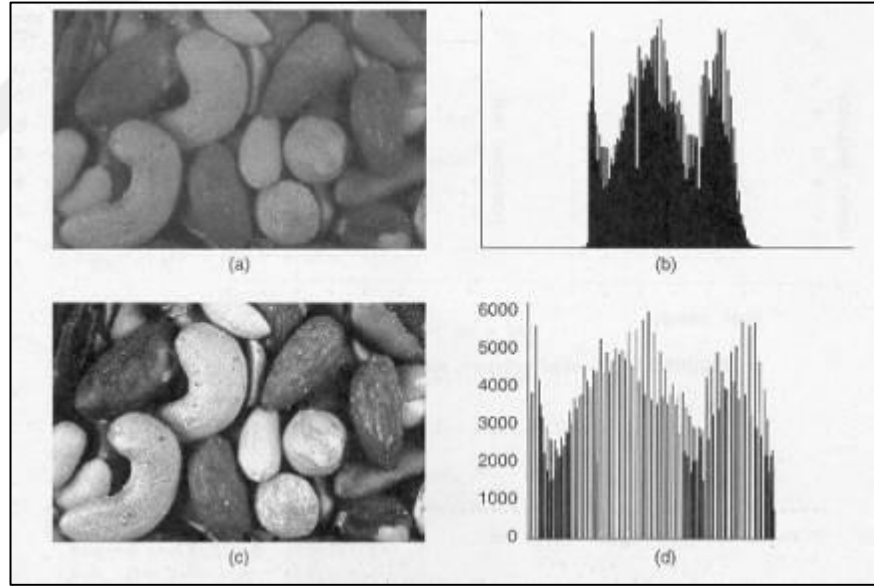
$n =$  Görüntüdeki piksellerin toplam sayısı şeklindedir [50].

Bir histogram grafiğinde aydınlık yani beyaz renkler sağ tarafta yer alırken daha koyu siyaha yakın renkler ise sol tarafta yer almaktadır. Bir histogram grafiğini yorumlarken bu özelliğin göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Şekil 4.12'de bir histogram grafiğinin nasıl okunacağı, Şekil 4.13'de ise net olmayan bir görüntüye histogram

eşitlemesi uygulandıktan sonraki hali ve her iki resme ait histogram grafikleri gösterilmektedir.



Şekil 4.12. Histogram grafiğinin okunması [50].



Şekil 4.13. Histogram eşitlemeyle netleşen görüntü ve histogram grafikleri [53].

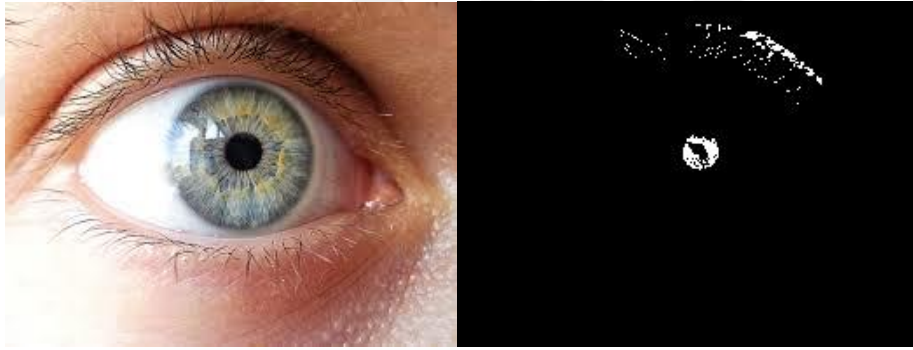
#### 4.3.2. Eşik Değeri Belirleme (Threshold)

Bir görüntü içerisindeki objeleri arka plandan ayırma amaçlı yapılan bir işlemdir. Genellikle gri tondaki bir imgeden ikili imge oluşturmak için ve görüntüdeki gürültüleri yok etmek için kullanılmaktadır. Belirli bir eşik değeri belirlenerek bu

değerin altındaki piksel değerlerine sahip olanlara "0", üstündeki piksel değerlerine ise "1" değeri atanmaktadır. Eşikleme işleminin formüsel yapısı ise aşağıdaki gibi verilmektedir.

$$\begin{aligned} G(i, j) &= 1 & f(i, j) &\geq T \text{ olduğunda} \\ G(i, j) &= 0 & f(i, j) &\leq T \text{ olduğunda} \end{aligned} \quad (4.2)$$

Eşitlik 3.2’de T değeri eşik değerini, G (i, j) ise nesnenin görüntü elemanlarını temsil etmektedir [58]. Eşik değerinin doğru seçimi çalışmanın başarı yüzdesini önemli derecede etkilemektedir. Bu değerin belirlenmesi bazı algoritmalar ile hesaplanmaktadır. Genellikle tüm bir görüntü için sadece bir eşik değeri kullanılmamaktadır. Şekil 4.14’de yapılan çalışmada iris çıkarma aşamasında bir göz imgesine uygulanan eşikleme sonucu gösterilmektedir. Eşikleme ile göz imgesindeki nesnelerin arka plandan ayırt edilmesi amaçlanmıştır.



Şekil 4.14. Eşikleme yapılmış bir göz imgesi

### 3.3.3. Kenar Belirleme (Edge Detection)

Kenar belirleme, gerekli verileri saklarken işlenmesi gereken veriyi önemli ölçüde azaltan ve ayrıca bir görüntü içerisindeki objelerin kenar kısımlarını belirlemek için başvurulan bir görüntü analiz yöntemidir. Bir görüntüdeki kenar bilgisine gri düzeylerin yoğunluk fark miktarıyla ulaşılabilmektedir. Pikseller arasındaki yoğunluğun ani değişimi bize o bölgenin kenar olabileceği hakkında ipuçları vermektedir [9]. Bir görüntü içerisindeki kenarların bulunabilmesi için birçok algoritma geliştirilmiştir. Bu algoritmalarla görüntüdeki her pikselin değeri ayrı ayrı

yeniden hesaplanmaktadır. Kenar bulma algoritmalarının genel denklemi Eşitlik 3.3'de verilmektedir.

$$\sum_{i=-\infty}^{+\infty} \sum_{j=-\infty}^{+\infty} h(i,j) \times f(x-i, y-j) \quad (4.3)$$

Eşitlik 4.3'deki h, görüntüye uygulanan filtreleme fonksiyonunu ifade etmektedir. Genel olarak 3 x 3 matris şeklindeki filtreler kullanılmaktadır. Filtre boyutunun büyük olması hesaplanması gereken komşu değer sayısını artırdığından işlem yükünü çoğaltır ve ayrıntıların kaybolmasına sebep olur. Bundan dolayı filtre boyutunun büyük olması pek tercih edilen bir durum değildir. Kenar belirleme işlemlerinde en çok kullanılan algoritmalar; Laplace, Canny, Robert, Sobel, Log ve Prewittir.

#### 4.3.3.1. Roberts Algoritması

Kenar belirlemede çok tercih edilen en eski algoritmalarından biridir. Sınırları, kenar noktalarının belirlenmesiyle tespit etmektedir. Fakat kenar bilgisinin doğrultusu hakkında herhangi bir bilgi içermemektedir. Siyah beyaz görüntülerde daha başarılı sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Roberts algoritmasında kullanılan matrisin yapısı aşağıdaki gibidir [43].

a matrisi

1	0
0	-1

b matrisi

0	1
-1	0

#### 4.3.3.2. Laplace Algoritması

Tüm yönlerde keskinleştirme yapmak için kullanılan bir algoritmadır. Bu algoritma işlem sırasında bir pencere kullanılmaktadır. Her hücredeki piksel değeri o hücrede bulunan katsayı ile çarpılıp sonuçlar toplanmakta ve bu değer ortadaki pikselin yeni değeri olmaktadır. Bu algoritmada kullanılan pencereler üç farklı matris içermektedir. Bu matrisler aşağıda gösterilmektedir [9].



0	-1	0
-1	4	-1
0	-1	0

L1

1	-2	1
-2	4	-2
1	-2	1

L2

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

L3

#### 4.3.3.3. Sobel Algoritması

Kenar bulma amaçlı kullanılan en iyi algoritmalarındandır. Genelde 3x3 lük hem yatay hem dikey boyutlarda 2 çeşit maske kullanmaktadır. Bu maskeler aşağıda gösterilmektedir. Daha sonra hem yatay hem dikey kenarlardan elde edilen bilgiler bir araya getirilerek geometrik şekillerin kenarlarının bulunmasında kullanılır.

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

Eşitlik 4.4'de kenar yönü ve büyüklüğünü bulmak için kullanılan formüller tanımlanmaktadır. Eşitlikteki P1 değeri birinci matristen elde edilen sonucu, P2 ise ikinci matristen elde edilen sonucu göstermektedir.

$$\begin{aligned} \sqrt{P1^2 + P2^2} & \quad (\text{kenar büyüklüğü}) \\ \tan^{-1} \frac{P1}{P2} & \quad (\text{kenar yönü}) \end{aligned} \quad (4.4)$$

#### 4.3.3.4. Prewit Algoritması

Sobel algoritmasının maskesindeki bir iki katsayı farklılığı dışında benzer özelliklere sahip bir filtreleme tekniğidir. Görüntüdeki her bir piksel için satır için ayrı sütun için ayrı olmak üzere iki değer vardır. Bu değerler Eşitlik 4.4'de verilen formülde hesaplandığı gibi kenar yönü ve büyüklüğünü elde etmek için kullanılır. Şekil 4.15'de gerçek bir göz resmi ve bu resmin prewit algoritması uygulanmış hali gösterilmektedir.



Şekil 4.15. Prewit filtresi uygulanmış göz imgesi

#### 4.3.3.5. Log Algoritması

Log algoritmasının açılımı Laplacion of Gussian olarak tanımlanmaktadır [50]. Gauss filtresine laplas uygulanarak elde edilmektedir. Bu algoritma görüntünün 2. dereceden türevini almaktadır. Bu algoritmada filtreleme işlemi Eşitlik 4.5’de verilen formül ile gerçekleştirilmektedir [50].

$$\log(x, y) = -\frac{1}{\pi\sigma^2} \left[ 1 - \frac{x^2+y^2}{2\sigma^2} \right] e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (4.5)$$

#### 4.3.3.6. Canny Kenar Belirleme Algoritması

Canny algoritması, bir görüntü içerisindeki net bir şekilde belirlenmiş olan kenarları tespit etmek için kullanılan ve aşamalardan oluşan bir kenar belirleme algoritmasıdır [59]. Görüntüye türev uygulanmadan önce görüntü bir yumuşatma filtresinden geçirilmektedir. Tek piksel genişliğinde kenarlar üretilmekte ve kırık olan çizgiler birleştirilmektedir. Algoritma aşağıdaki 3 adımdan meydana gelmektedir;

- Görüntüdeki gürültüler Gauss filtresi uygulanarak azaltılmaktadır.
- Kenar gücünü belirlemek için Sobel filtresi kullanılmaktadır.
- En son olarak da  $T_1$  şeklinde belirlenmiş olan bir eşik değerinden daha büyük değerden başlayarak görüntü içerisindeki kenarlar doğrultusunda kenar izleme işlemi gerçekleştirilmektedir. Bu değer  $T_2$  gibi bir eşik değerinin altına düşünceye kadar yerel maksimumlar kenar olarak belirlenip kenar izleme işlemine devam edilmektedir.

Canny ile diğer kenar belirleme algoritmalarına göre daha başarılı sonuçlar elde edildiğinden kenar belirleme çalışmalarında diğerlerine oranla daha çok tercih edilmektedir [50].

#### 4.4. GÖRÜNTÜ İŞLEMEDE FİLTRELEME ALGORİTMALARI

Görüntünün analizini zorlaştıran karanlık, parlaklık, bulanıklık vb gibi gürültülerin yok edilip görüntünün iyileştirilmesi için bazı teknikler uygulanmaktadır. Bu amaçla bu gürültüleri ortadan kaldırmak için imgeye bir maske yani filtre uygulanmaktadır. İmgedeki tüm pikseller üzerinde belirlenen bir operatör işlenmektedir. Bunlardan başka filtreler, imgedeki frekans değerlerinin bastırılarak kenarları ortaya çıkarmak için de kullanılmaktadır.

Görüntüyü filtrelerken kullanılan maske, görüntüdeki her piksel için  $n*n$  boyutlu ve matrissel yapıdadır. Uygulanacak olan maskenin boyutu sabit değildir ve seçilen filtreleme algoritmasına göre kullanıcı tarafından belirlenmektedir. Aşağıda en çok kullanılan filtreleme algoritmalarının bazılarına değinilmektedir.

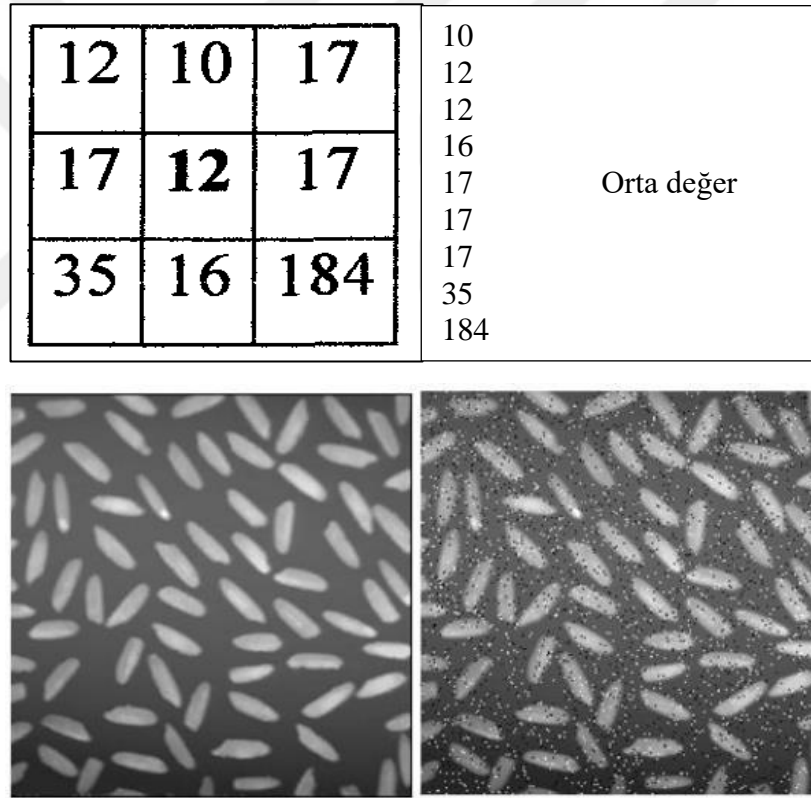
##### 4.4.1. Ortalama (Mean) Filtreleme Algoritması

Bu algoritmada, görüntüdeki her bir piksel değeri için uygulanan  $n*n$  boyuttaki maskenin komşu piksellerinin ortalaması hesaplanarak, bu değer ortadaki merkez pikselin yeni değeri olarak bulunmaktadır. Bu işlem aşağıda görüldüğü üzere  $3*3$  boyutlu bir komşuluk matrisi kullanılarak yapılabilir.

$$\frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

#### 4.4.2. Ortadeğer (Median) Filtreleme Algoritması

Ortadeğer algoritmasındaki temel düşünce, maskedeki gri ton değerlerini bir sıraya göre yazmaktır. Bu sıralama sonucunda ortada yer alan değer, sonuç imgesinin o anki piksel değeri için kullanılmaktadır. Bu algoritma genellikle görüntüde yer alan benekleri azaltmak için uygulanmaktadır. Aşağıda örneklendiği gibi belirlenen komşuluk matrisine göre imgedeki pikseller belirli bir sıraya göre sıralanmakta ve sıralanmış değerlerden ortadaki, ilgilenilen yerin ortasındaki piksel değerine yazılmaktadır [9]. Şekil 4.16'da gürültülü bir imge ve bu imgeye ortadeğer filtresi uygulandıktan sonraki sonuç görüntüsü gösterilmektedir.



Şekil 4.16. Kaynak görüntü ve orta değer filtresi uygulanmış sonuç görüntü [60].

#### 4.4.3. Gauss (Gaussian) Filtreleme Algoritması

Gauss filtresi görüntü üzerinde yumuşatma işlemi gerçekleştirerek genelde görüntüde daire şeklindeki gürültüleri ortadan kaldırmak için kullanılmaktadır. Gauss filtresi

katsayıları,  $n*n$  boyutlu bir fitreleme maskesi kullanıldığında Eşitlik 4.6'daki gibi olmaktadır.

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\{-(x^2 + y^2)/2\sigma^2\} \quad (4.6)$$

Eşitlikteki  $x$  ve  $y$  değerleri matristeki piksellerin koordinat değerlerini,  $\sigma$  değeri ise dağılımdaki standart sapmayı ifade etmektedir [9,52]. Farklı standart sapma değerleriyle literatürde birçok gauss maskesi bulunmaktadır. Gauss filtresinin olumsuz etkisi olarak görüntüler üzerinde bulanıklaşmaya neden olduğu söylenebilir.

#### **4.4.4. Lowpass (Alçak Geçiren) Filtreleme Algoritması**

Bu algoritma düşük frekanstaki değerleri sabit bırakıp yüksek frekanstaki değerleri ise ortadan kaldırmaktadır. Lowpass filtresi uygulanmış bir kaynak görüntünün sonuç görüntüsünde mutlak bir yumuşatma olduğu görülmektedir.

#### **4.4.5. Highpass (Yüksek Geçiren) Filtreleme Algoritması**

Bu filtre uygulandığı görüntüdeki kenar noktalarını keskinleştirmektedir. Bu durum bu filtrenin yüksek frekanstaki değerleri korumasından kaynaklanmaktadır. Böylece filtre uygulamasından sonra kontrastı artırılmış görüntü elde edilmektedir [43].

## BÖLÜM 5

### 3 KATMANLI GÜVENLİK ANALİZİ YAKLAŞIMINA DAYANAN İRİS TANIMA İLE KİMLİK DOĞRULAMA: METODOLOJİ

Tezin bu bölümünde ilk olarak çalışmanın konusu olan güvenlik katmanlarının nasıl oluşturulduğu anlatılmaktadır. Bölümün ikinci kısmında ise oluşturulan bu katmanların her biri için veritabanındaki karşılaştırma işlemlerine değinilmektedir. Son kısımda da tez çalışmasının gerçekleştirilmesinde yararlanılan yazılımlar tanıtılmaktadır.

#### 5.1. KATMANLARIN OLUŞTURULMASI

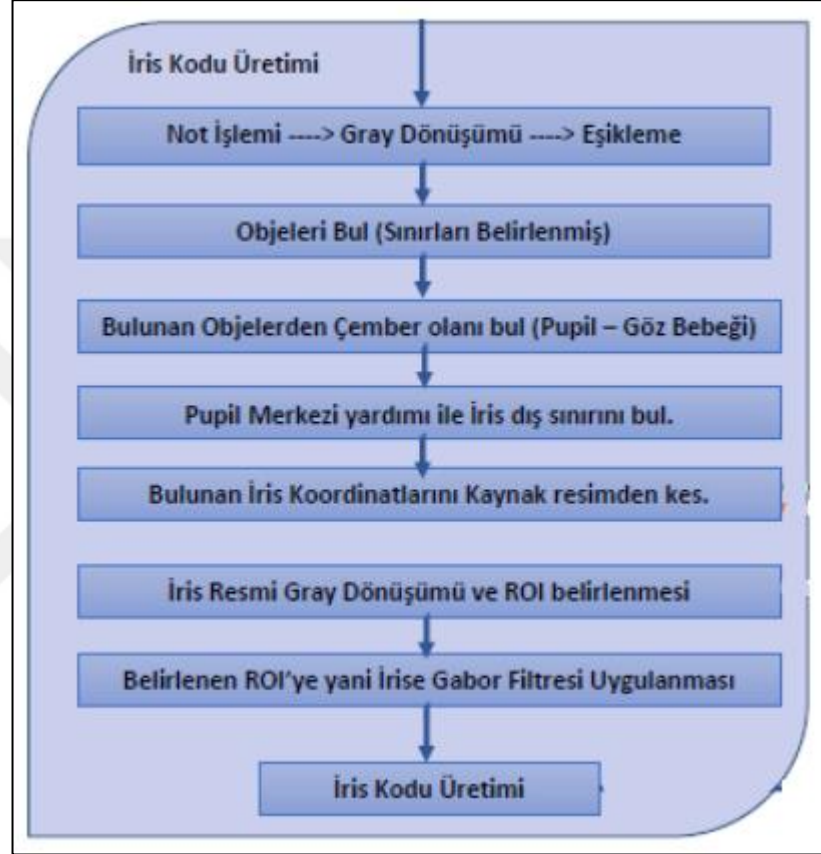
Yapılan tezin konusu kapsamında kimlik doğrulama amacıyla iris tanıma için üç güvenlik katmanı analiz edilmektedir. Katmanlardan birisini iris deseninin kodu oluşturmaktadır. İkinci katmanda ise iris alanı ve göz küresi alanı hesaplanmakta ve bu değerlerin birbirine oranından kişiye ait bir ölçüm oranı değeri elde edilmektedir. Üçüncü katmanda da renk analizi yapılmaktadır. Kişilerin iris renk değeri hesaplanarak çalışmada üçüncü parametre olarak kullanılmaktadır. Bu güvenlik analizi katmanlarını oluşturan değerler aşağıdaki gibidir;

- Birinci katman; İris dokusunun binary kodu
- İkinci katman; İris alanı ve göz küresi alanı oranından elde edilen ölçüm oranı
- Üçüncü katman; İris renk değeri

##### 5.1.1. İris Dokusunun Kodunun Elde Edilmesi (Katman 1)

İris dokusunun kodunun üretilebilmesi için öncelikli olarak göz imgesinden iris sınırlarının tespit edilip irisin çıkarılması gerekmektedir. İrisin iç ve dış olmak üzere bulunması gereken iki sınırı vardır [61]. Verilen kaynak resimden iris tespit edildikten

sonra normalizasyon işlemi gerçekleştirilmekte ve normalize edilmiş iristen bir ROI (Region of Interest) bölgesi seçilmektedir. Bu bölgenin gabor filtresi ile konvüle edilmesinden sonra iris kodu üretim katmanı tamamlanmaktadır. Bu işlemlerin nasıl gerçekleştirildiği bu bölümün alt bölümlerinde detaylı olarak açıklanmaktadır. Şekil 5.1'de iris kodunun üretim aşamaları şematize edilmiştir.



Şekil 5.1. İris kodu üretimi akış diyafram (katman 1).

#### 5.1.1.1. İrisin Sınırlarının Bulunması

Kaynak resmin ya da framein biririni takip eden bir dizi işlemden geçirilmesinden sonra iris sınırları bulunmaktadır. Bu işlemler sırası ile aşağıda anlatıldığı gibidir.

#### Gürültülerin Giderilmesi

Görüntünün gürültülerden arındırılması işlemi için gamma correction (gama düzeltilmesi) metodu ve gaussian filtreleme algoritması kullanılmıştır. Gaussian

filtreleme algoritması ile görüntüdeki keskin geçişlerin yumuşatılması sağlanmıştır. Bu algoritma ile ilgili detaylı bilgilere Bölüm 4.4.3’de yer verilmektedir.

Gamma correction, genel anlamda sinyal işleme alanında kullanılan bir uygulama olmasına rağmen görüntü işlemede de sıkça kullanılmaktadır. En genel tanımıyla görüntünün aydınlık değerini belirlemeye çalışan, bir değerın üssü olarak ifade edilen bir çarpandır [62]. Resmin parlaklığının ayarlanması olarak da ifade edilebilir.

$$X_{\text{sonuç}} = (X_{\text{giriş}})^{\gamma} \quad (5.1)$$

Eşitlik 5.1’de  $x$  değerleri görüntünün piksel değerlerini,  $\gamma$  ise gama çarpanını simgelemektedir. Gama çarpanı 0 ile 1 arasında bir değer almaktadır. Üssel değerin artması parlaklığın azalmasına, azalması ise parlaklığın artmasına neden olmaktadır. Tez çalışmasında da görüntünün parlaklık değeri, gama çarpanınının 0.8 olarak belirlenmesiyle en optimum hale getirilmiştir.

### **Görüntünün Tersinin Alınması (Not İşlemi)**

Görüntünün tersi, görüntüdeki her piksel değerinin 255 değerine tamamlanmasıyla alınmaktadır. RGB renk uzayındaki bir görüntü için bu işlem her renk bandı için yapılmaktadır. Örneğin, Red bandındaki 35 piksel değeri not işleminden sonra 220 değerine sahip olmaktadır. Şekil 5.2’de gürültüsü giderilmiş bir resim ve bu resmin not işleminden sonraki görünümü gösterilmektedir.



(a)



(b)

Şekil 5.2. (a) Gürültüsü giderilmiş kaynak resim (b) Ters alınmış resim.



## Gray Dönüşümünün Gerçekleştirilmesi

RGB (Red-Green-Blue) renk uzayındaki tersi alınmış görüntüye eşikleme (threshold) yapılabilmesi için önce görüntünün gray dönüşümünün gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bir pikselin gray renk uzayındaki değeri o pikselin RGB uzayındaki her renk bandındaki değerlerinin ortalaması alınarak bulunmaktadır. Eşitlik 5.2’de RGB uzayındaki x pikselinin gray renk uzayındaki piksel değerinin hesaplanması gösterilmektedir.

$$X_{Gray} = \frac{x_R + x_G + x_B}{3} \quad (5.2)$$

Gray dönüşümünden sonra görüntüdeki her piksel 0-255 aralığında değişen renk değerlerine sahip olmaktadır.

### Otsu Threshold

Belirli bir eşik (threshold) değeri belirlenerek bu değer üzerinde olan pikseller 1’e eşitlenerek yani beyaza dönüştürülerek, altında olanlar ise 0’a eşitlenerek yani siyaha dönüştürülerek gray formdaki görüntü binary (ikili) forma çevrilmektedir. Threshold ile ilgili detaylı açıklamalara Bölüm 4.3.2’de yer verilmiştir. Tüm görüntülerin aynı özelliklere sahip olmamasından dolayı sabit bir threshold değeri tüm görüntülerde etkin bir sonuç üretmeyebilmektedir. Bundan dolayı görüntüdeki renk dağılımına göre uygun bir eşik değerini bulabilecek bir metoda gereksinim duyulmaktadır [63].

Otsu metodu, gri görüntülerde uygun bir eşik değeri bulabilmek için uygulanan bir yöntemdir. Bu yöntem kullanılırken görüntünün histogram dizisinden yararlanılmaktadır. Piksel değerlerinin varyansı hesaplanarak, bu değer minimum olduğu durumdaki değer optimum eşik değeri olarak belirlenmektedir. Eşitlik 5.3’de varyans hesaplama formülüne yer verilmektedir.

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x}_i)^2 \Pr(x_i) \quad (5.3)$$

Eşitlikteki  $X_i$  üssü, ağırlıklı ortalama değeri,  $Pr(x_i)$  ise olasılık fonksiyonunu ifade etmektedir. Herhangi bir rengin görüntü üzerindeki olasılığı ise bu renk değerinin görüntüdeki sayısının toplam pixele bölünmesiyle bulunmaktadır. Şekil 5.3’de Şekil 5.2’deki not işlemi uygulanmış resmin gray forma dönüştürülmüş görünümü ve otsu threshold uygulandıktan sonraki görünümü gösterilmektedir. Değer 220 bulunmuştur.



Şekil 5.3. (a) Graya dönüştürülmüş resim (b) Threshold uygulanmış resim.

### **Blob Counter (Objelerin Bulunması)**

Resim içerisinde yer alan görüntü parçaları blob olarak adlandırılmaktadır [64]. Bir diğer ifadeyle piksel birlikteliklerine yani birbiri ile bağlantılı olan noktalar bütünlüğüne blob denilmektedir. Bir görüntü içerisindeki bloblar Aforge kütüphanesinde tanımlı olan blobcounter sınıfının metodlarından yararlanarak bulunabilmektedir. Blobcounter ayrıca blobların bulunmasından önce filtreleme uygulayarak istenmeyen büyüklükteki blobların bulunmasına engel olabilecek özelliğe de sahiptir. Örneğin Şekil 5.4’de blobcounter filtresi ile minimum yükseklik ve genişliği 15, maksimum ise 50 olan objelerin bulunması istenmiştir. Görüntü içerisinde bu aralığın dışında kalan nesnelerin bulunması engellenmiştir.

```
//objeleri bulma
BlobCounter blobCounter = new BlobCounter(kaynakTH_bmp);
blobCounter.FilterBlobs = true;
blobCounter.MinHeight = 15;
blobCounter.MinWidth = 15;
blobCounter.MaxHeight = 50;
blobCounter.MaxWidth = 50;
```

Şekil 5.4. Blobcounter ile objeleri filtreleme.

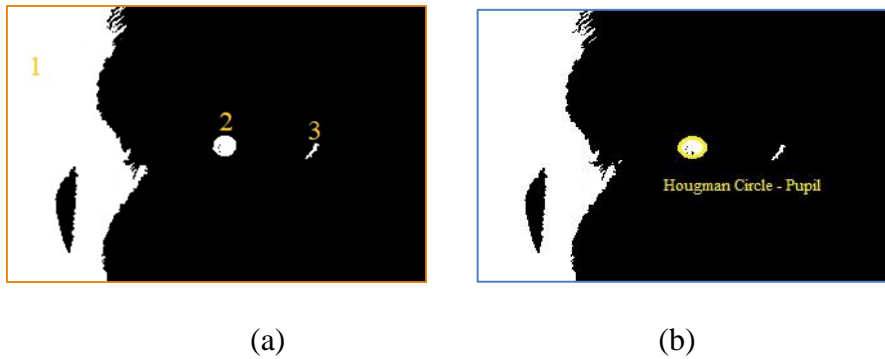
Yapılan tez çalışmasında Blobcounter filtreleme değerleri real timedeki görüntüler için Şekil 5.4'de tanımlandığı gibi, CASIA veritabanındaki imgelerin gözbebeklerinin daha büyük olmasından dolayı da minimum olarak 20 maksimum olarak ise yine 50 olarak belirlenmiştir.

### SimpleShapeChecker (Objelerden Çember Olanların Bulunması)

Aforge kütüphanesinde bulunan simpleshapechecker, kendisine gönderilen objelerin şekillerini tespit etmek amacıyla kullanılan bir sınıftır [65]. Bu sınıfın IsCircle metodu kullanılarak objelerden sadece çember olanların bulunması sağlanabilmektedir. EmguCv kütüphanesinde de bu işlemin aynısını HoughCircle sınıfı gerçekleştirmektedir. Yapılan çalışmada Blobcounter ile bulunan objeler IsCircle metoduna gönderilerek bu objelerden sadece çember olanların bulunması sağlanmıştır. Çember bulunduysa bulunan çemberin merkez koordinatları ve yarıçap bilgisi geri döndürülmektedir. Bu işlem sonucunda pupil (gözbebeği) yani iris iç sınırı bulunmuş olmaktadır. Yapılan literatur çalışmaları sonucunda iris yarıçapının pupilin en küçük olduğu durumda pupil yarıçapının 2.5 katı büyüklüğünde olduğu bilgisine varılmıştır. Bu bilgidan yola çıkılarak iris dış sınırı da pupil merkezi yardımıyla bulunmaktadır.

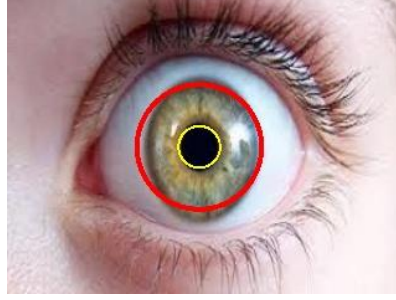
$$r_{iris} = r_{pupil} * 2.5 \quad (5.4)$$

Şekil 5.5'de Blobcounter uygulanması sonucu resimdeki objelerin bulunması ve bulunan bu objelerden shapechecker sınıfının IsCircle metodu aracılığıyla çember olanların bulunması gösterilmektedir.



Şekil 5.5. (a) Blobcounter çıktıları (b) Shapechecker çıktısı.

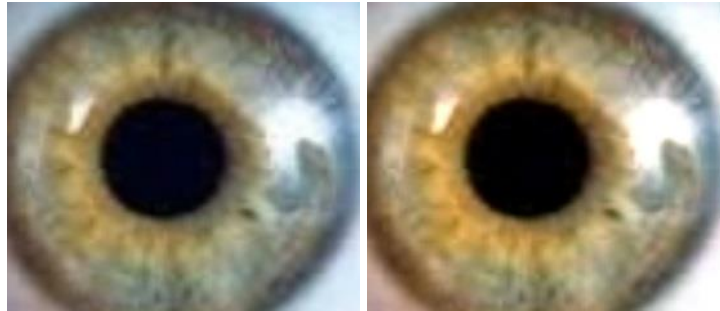
Bu işlemler sonucunda iris iç ve dış sınırları tespit edilmiş oldu. Bu aşamadan sonra bulunan iris dikdörtgen sınırları içine alınarak kaynak resimden kırılmaktadır. Şekil 5.6'da tespit edilen iris sınırlarına ait bir görüntü gösterilmektedir.



Şekil 5.6. Tespit edilen iris sınırları.

#### 5.1.1.2. Normalizasyon

Görüntü üzerinde daha çok bilgiye ulaşabilmek için görüntünün kontrastının artırılması gerekmektedir. Normalizasyon adı verilen bu işlem için yapılan tez çalışmasında histogram eşitleme yapılmıştır. Belirli bir alanda toplanmış olan piksel değerlerinin eşit olarak dağılması sağlanarak görüntüdeki ayrıntının artırılması hedeflenmiştir. Histogram eşitleme ile ilgili detaylı bilgiler Bölüm 4.3.1'de anlatılmaktadır. Şekil 5.7'de kaynak resimden çıkarılan iris ve bu irisin normalize edilmiş görünümü örneklendirilmektedir.



Şekil 5.7. Bulunan iris ve normalize edilmiş görünümü.

### 5.1.1.3. ROI (Region of Interest) in Belirlenmesi

ROI, Türkçe’de ilgilenilen alan, kesit anlamına gelmektedir. İris dokusunun kodunun üretimi kaynak resimden elde edilmiş olan iristen alınan kesit üzerinden gerçekleştirilmektedir. ROI’in büyüklüğü ve nereden alınacağı yapılan çalışmalarda elde edilen test sonuçlarına göre belirlenip her çalışmaya göre değişiklik göstermektedir. Yapılan tez çalışmasında pupil (gözbebeği) sol dış sınırının 25 piksel sağ tarafından sola doğru 60 piksel genişliğinde ve 240 piksel yüksekliğindeki alan en verimli bölge olarak belirlenmiş ve bu kısım ROI olarak seçilmiştir. İris kod üretimi bu alan üzerinden gerçekleştirilmektedir.

$$ROI_{Genişlik} = 60 \text{ piksel} \quad ROI_{Yükseklik} = 240 \text{ piksel} \quad (5.5)$$

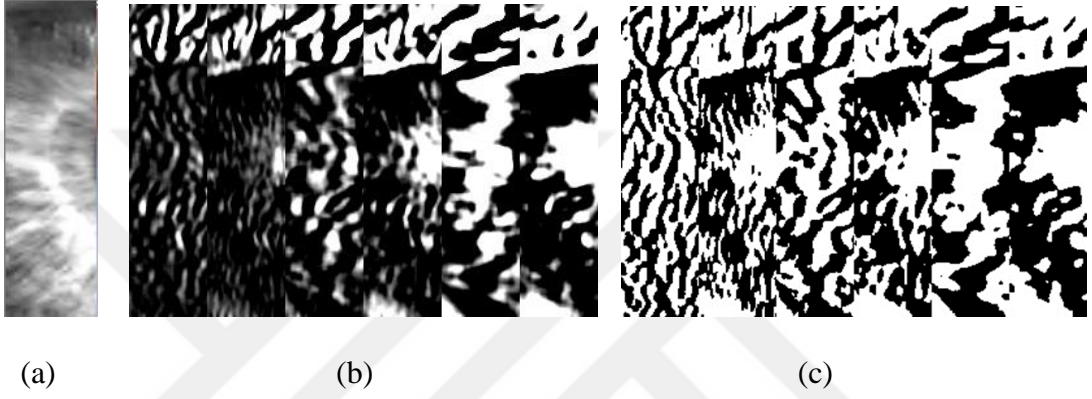
### 5.1.1.4. ROI’ye Gabor Filtresinin Uygulanması

Görüntü üzerinde belirli yönlerde ve belirli açılarda bulunan ayrıtları belirlemek amacıyla kullanılan ve bir görüntü işleme filtresi olan Gabor filtresi adını Dennis Gabor’dan almıştır [66]. Bu filtre yön tabanlı bir filtre olduğundan dolayı yüz tanıma, plaka tanıma, karakter tanıma, iris tanıma gibi uygulamalarda çok sık kullanılmaktadır. Gabor filtresi gaussian bir fonksiyon ile harmonik bir fonksiyonunun çarpılmasıyla meydana gelen doğrusal (linear) bir filtredir [67]. Hedef görüntünün farklı doğrultulardaki gabor filtreleriyle katlanması ve görüntülerin ortalamalarının alınmasıyla hedef görüntü üzerindeki açı bileşenlerine ulaşılabilmektedir [68]. Filtreleme işlemi, kaynak görüntü ile filtre matrisinin konvülyasyonuna dayanmaktadır. Eşitlik 5.6, 2 boyutlu bir gabor filtre matrisinin hesaplandığı formülü göstermektedir.

$$g(x, y; \lambda, \theta, \psi, \sigma, \gamma) = \exp\left(-\frac{x'^2 + \gamma^2 y'^2}{2\sigma^2}\right) \exp\left(i\left(2\pi \frac{x'}{\lambda} + \psi\right)\right) \quad (5.6)$$

Eşitlikteki gaussian fonksiyonu yani ilk üstel ifade,  $x'$  ve  $y'$  değerlerine bağlı olarak azalan bir ifadeyken 2. üssel ifade ise içerisinde karmaşık sayı bulunduran periyodik bir ifadedir.

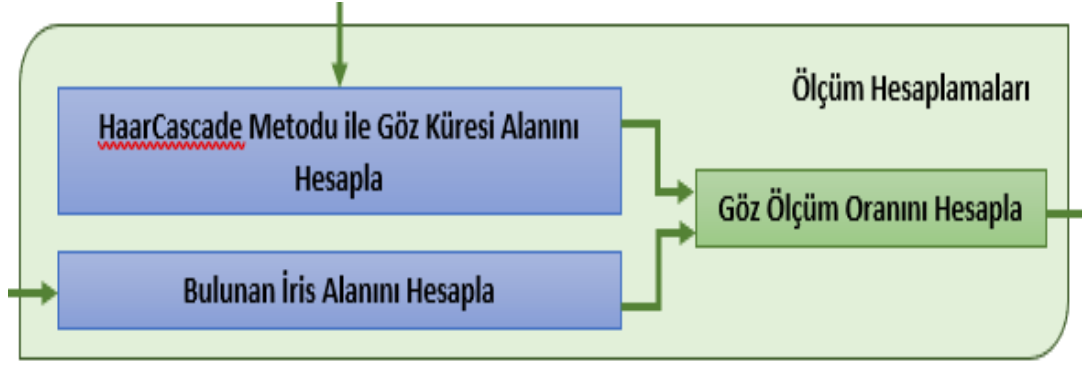
Yapılan tez çalışmasında oluşturulan ROI, farklı açılardaki ve farklı doğrultulardaki 6 farklı gabor filtresi kernel matrisleri ile konvülyasyon işlemine tabi tutularak gray formda bir görüntü elde edilmektedir. Bulunan bu gray görüntü threshold edilerek binary bir görüntüye ulaşılmaktadır ve bu da iris dokusunun bulunması istenen iris kodudur. Bulunan iris koduyla güvenlik analizi katmanlarından biri tamamlanmış olmaktadır. Şekil 5.8’de oluşturulan ROI kesiti, Gabor filtresi çıktısı ve üretilen iris kodu örneği gösterilmektedir.



Şekil 5.8. (a) ROI kesiti (b) Gabor filtresi çıktısı (c) Üretilen iris kodu.

### 5.1.2. Ölçü Oranının Belirlenmesi (Katman 2)

Yapılan tez çalışmasının güvenlik analizi katmanlarından ikinci katmanda kişinin iris alanı ile göz küresi alanı birbirine oranlanarak her insanda farklı bir değere sahip olan bir ölçü oranı hesaplanmaktadır. İrisin bulunması bir önceki bölümde detaylı olarak anlatılmaktadır. Bu bölümde daha çok göz küresi alanının nasıl hesaplandığı üzerinde durulmaktadır. İkinci katmanı oluşturan ölçü oranının nasıl hesaplandığını gösteren akış şeması Şekil 5.9’da gösterilmektedir.



Şekil 5.9. Ölçü oranının hesaplanması (2. katman).

### 5.1.2.1. İris Alanının Hesaplanması

Bu bölümün birinci kısmında iris doku kodunun üretiminin nasıl gerçekleştiği anlatılırken irisin sınırlarının bulunup kaynak resimden kırıldığı bilgisine de yer verilmektedir. Kırma işlemi irisin kare içine alınıp bu karenin kaynak görüntüden çıkarılmasına gerçekleşmektedir. Sol üst köşe koordinat bilgileri ile yükseklik ve genişlik bilgileri belirlenen karenin fonksiyon yardımı ile çizilmesi sağlanmaktadır. Pupilin merkezinin koordinat değerlerinin  $(x, y)$  ve yarıçapının da  $r$  olduğu varsayılırsa  $x-r$  değeri karenin sol üst köşe koordinatının  $x$  değeri,  $y-r$  değeri de karenin sol üst köşe koordinatının  $y$  değeri olarak bulunmaktadır. Karenin yükseklik ve genişlik değeri ise  $2r$  kadar alınmaktadır.

$$M(x, y); r \rightarrow \text{pupil} \quad K(x - r, y - r); 2r; 2r \rightarrow \text{iris kare}$$

Yukarıdaki ifade de merkezi  $x, y$  yarıçapı  $r$  olan pupil bilgilerinden sol üst köşe koordinatları  $x-r, y-r$  ve yükseklik-genişliği  $2r$  olan bir kare bilgilerinin elde edilmesi gösterilmektedir. İçinde irisin bulunduğu bu karenin yüksekliği ile genişliği çarpılarak iris alanı hesaplanmaktadır.

### 5.1.2.2. Göz Küresi Alanının Hesaplanması

Yapılan tez çalışmasında görüntü içerisinde göz küresini bulabilmek için haar cascade algoritmasından yararlanılmıştır. Haar cascade, herhangi bir resim veya videodaki

istenilen nesneyi bulmak amacıyla kullanılan, OpenCv kütüphanesi içerisinde yer alan bir sınıflandırıcıdır [69]. En basit anlamda bulunulması istenen objeler oluşturulmuş olan belirli bir algoritmaya göre öncelikle bilgisayara tanıtılmaktadır. Daha sonra içerisinde bu objelere benzer şekillerin bulunduğu resim ya da video frameleri taratılarak o objeler tespit edilmeye çalışılmaktadır.

Nesnelerin belirli özellikleri kullanılarak bu tanıma işlemi gerçekleştirilmektedir. Mesela burun bölgesinin yanaklara oranla daha parlak yapıda olması, göz bölgesinin etrafına göre daha karanlıkta olması gibi parametreler bu yapıların bilgisayara tanıtılması sırasında kullanılan özelliklerden bazılarıdır. Sınıflandırıcının eğitilmesi için kullanılan örnek sayısı ne kadar fazla olursa elde edilecek sonuçlar da o kadar iyi olmaktadır. Bunun yanısıra sınıflandırıcının iyi eğitilmesi için kullanılan parametrelerin neler olduğu da büyük önem taşımaktadır. Eğitim işlemi tamamlandıktan sonra eğitilen nesnelere ait özelliklerin içerisinde yer aldığı bir .xml dosyası oluşturulmaktadır. Bu dosya aracılığıyla Opencv kütüphanesinden yararlanılarak görüntü içerisinde bulunması istenen nesne tespit edilmeye çalışılmaktadır.

Yapılan tez çalışmasında göz bulma için sınıflandırıcı eğitim adımıyla uğraşılmamıştır. Opencv de göz bulmak için sınıflandırıcı eğitilmiş ve bu eğitim sonuçları haarcascade\_eye.xml dosyasında toplanmıştır. Çalışmaya bu dosya eklenerek kaynak görüntü taratılarak göz nesnesi bulunmaya çalışılmıştır. Daha sonra bulunan göz nesnesi dikdörtgen çerçeveye alınmıştır. Bu dikdörtgenin yükseklik ve genişliği çarpılarak alanı hesaplanarak göz alanı değeri bulunmaktadır. Aşağıdaki kod parçalarından ilki eklenen xml dosyasına göre kaynak görüntüde göz nesnesi aranmasını sağlamaktadır. Diğeri ise bulunan göz küresinin alanını hesaplamaktadır.

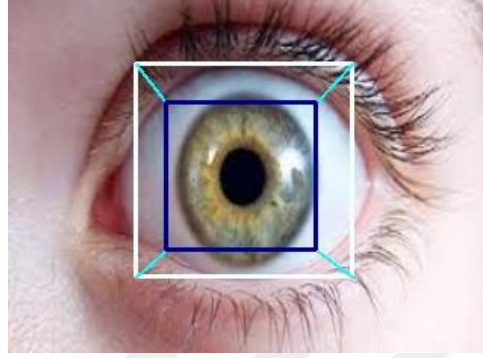
- HaarCascade hEyes = new HaarCascade("haarcascade\_eye.xml")
- gozAlan = (double) (hEye.rect. Width \* hEye.rect. Height)

$$\text{Ölçü oranı} = \frac{\text{Göz Küresi Alanı}}{\text{İris Alanı}} \quad (5.8)$$

Eşitlik 5.8'deki ifade ile göz küresi alanı ile iris alanının oranı hesaplanarak ikinci güvenlik analizi katmanının değeri bulunmaktadır. Şekil 5.10'da bulunan bu iki alan



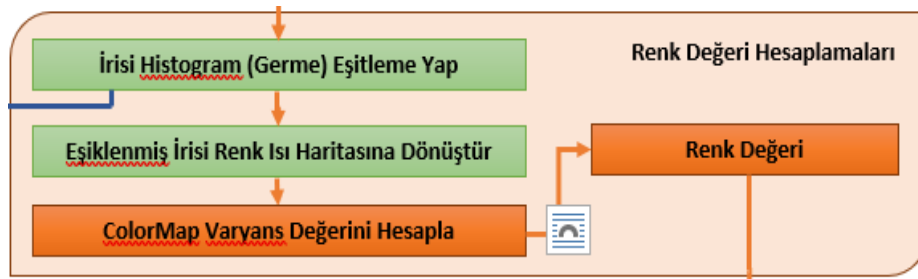
gösterilmektedir. Beyaz çizgilerle oluşturulmuş olan dikdörtgen bulunan gözküresi alanını, mavi olan ise bulunan iris alanını göstermektedir. Aradaki cyan renginde görülen çizgiler ise klavuz çizgileridir.



Şekil 5.10. Göz küresi alanı ve iris alanı (katman 2).

### 5.1.3. Renk Değerinin Hesaplanması (Katman 3)

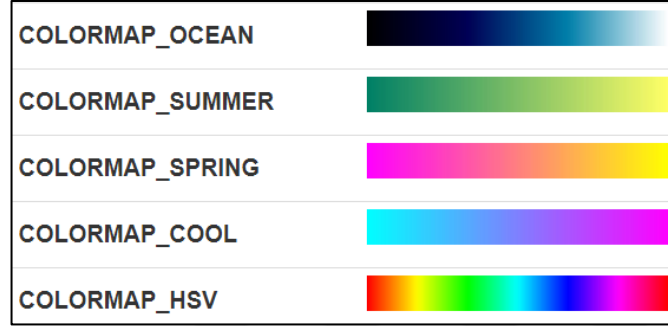
Yapılan çalışmada elde edilen iris imgelerinin renk değeri hesaplamaları renk ısı haritasından yararlanarak gerçekleştirilmektedir. Isı haritası, belirli piksel değerlerini daha önceden belirlenmiş renk skalalarına göre uygun değerlere çevirerek yeniden renklendirilmesini sağlayan bir methoddur [70]. Bu işlem EmguCV' nin ApplyColorMap metodundan yararlanarak gerçekleştirilmektedir. Çalışmanın üçüncü katmanını oluşturan iris renk analizi akış diyagramı Şekil 5.11'de verilmektedir.



Şekil 5.11. Renk değerinin hesaplanması (katman 3).

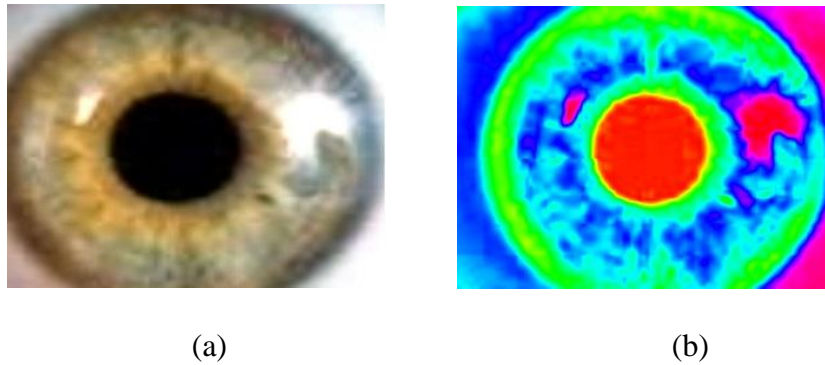
Birçok farklı ısı haritası çeşidi ve her haritanın farklı renk skalası vardır. Yapılan çalışmada sıcak ve soğuk renk ayrımı daha rahat yapılabildiği için HSV (Hue-Saturation-Value) renk skalası tercih edilmiştir. Bu renk skalasında sol sınır 0 ile sağ sınır ise 255 değerli piksellerle sınırlandırılmaktadır. Kaynak resimdeki piksel değeri

ne ise HSV de bu değere karşılık gelen renk ile gösterilmektedir. OpenCV, ApplyColorMap fonksiyonunu kullanarak gray formdaki bir görüntüye uygulanabilecek 12 farklı renk haritası sunmaktadır [71]. Bu renk haritalarından bazıları Şekil 5.12’de gösterilmektedir.



Şekil 5.12. OpenCV colormap çeşitleri [70].

Elde edilen renk ısı haritası graya çevrilerek otsu threshold ile varyans değeri elde edilir. Varyans hesplama formülüne otsu threshold açıklama kısmında değinilmektedir. Elde edilen varyans değeri ayırt edici bir değerdir ve renk değeri olarak belirlenmektedir. Renk değeri hesaplanırken otsu metodu kullanılarak fazla iş yükünden tasarruuf edilmektedir. Şekil 5.13’de normalize edilmiş bir iristen oluşturulan renk ısı haritası gösterilmektedir.

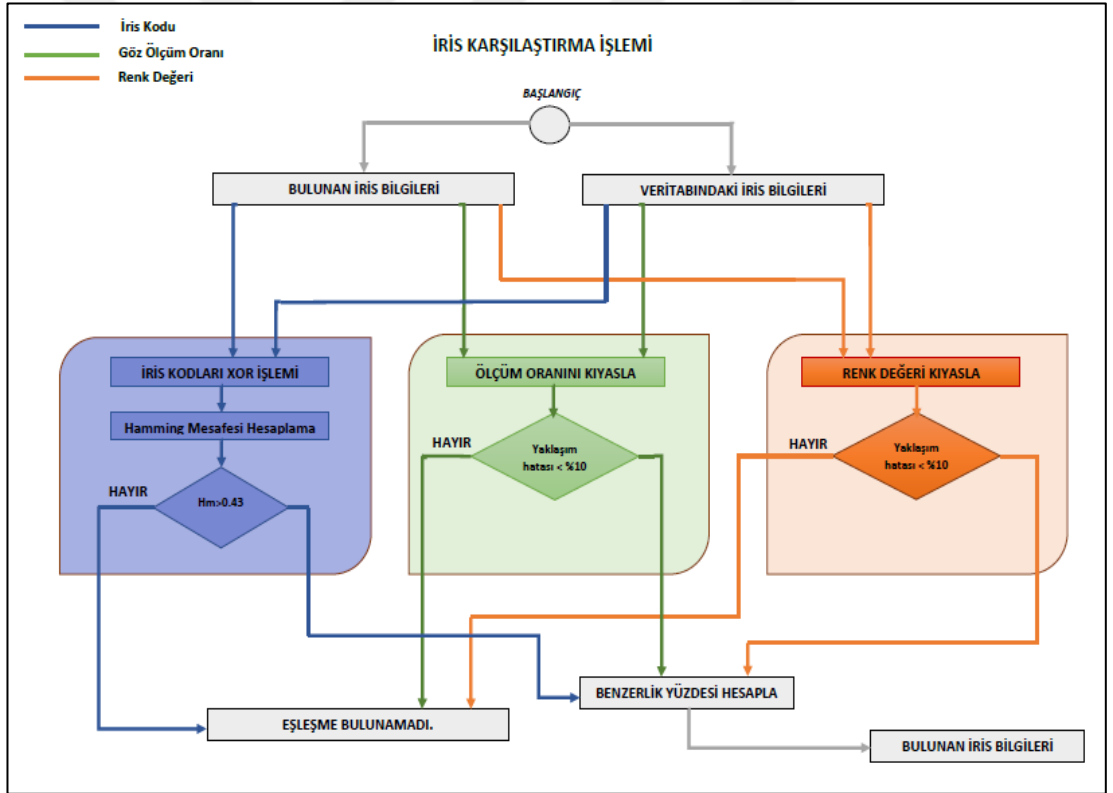


Şekil 5.13. (a) Normalize edilmiş iris (b) İrisin renk ısı haritası.

#### 4.2. KARŞILAŞTIRMA İŞLEMLERİ

İris doku kodu (1. katman), iris renk değeri (2. katman) ve alan oranlarından (3. katman) elde edilen ölçüm değeri olmak üzere kişi tanımlanması için tez çalışması

kapsamında her bireye özgü 3 parametre elde edilmektedir. Elde edilen bu veriler veritabanına kaydedilerek daha sonra karşılaştırma işlemi için kullanılmaktadır. Karşılaştırma işlemi her katman verisi için ayrı ayrı yapılmaktadır ve her katman için bir benzerlik yüzdesi hesaplanmaktadır. Karşılaştırılması istenen kişinin verileri ile veritabanındaki bilgiler kıyaslanarak elde edilen benzerlik yüzdesine göre kişinin kayıtlı kişiler arasında olup olmadığına karar verilmektedir. Tez çalışması kapsamında her katman için geliştirilen karşılaştırma işleminin akış diyagramı Şekil 5.14'de verilmektedir. Akış diyagramındaki mavi renkli bölge iris kodu karşılaştırma adımlarını, yeşil renkli bölge alanlardan elde edilen ölçüm oranı karşılaştırmasını, turuncu bölge ise renk analizinden elde edilen renk değerlerinin karşılaştırmasını göstermektedir.



Şekil 5.14. Karşılaştırma işlemleri akış diagramı.

### 5.2.1. İris Doku Kodunun Karşılaştırılması

Yapılan çalışmada binary yapıdaki iris kodlarının karşılaştırılma işlemi için Hamming Distance (Hamming Mesafesi) metodundan yararlanılmıştır. Haming mesafesi,

bilgisayar dilinde aynı boyuttaki iki ifadenin birbirine benzeyebilmesi için gereken yer değiştirme sayısıdır [72]. Basitçe tanımlamak gerekirse bir ifadenin diğer bir ifadeden ne kadar farklı olduğunu gösteren yapıdır.

Yapılan çalışmada da farklı bit sayısı bulunarak hamming mesafesi hesaplanmaktadır. Kaynak görüntüden elde edilen iris kodu ile veri tabanındaki iris kodları XOR işlemine tabi tutularak iki veri arasındaki farklı bit sayısı bulunmaktadır. Verilerin aldığı değerlere göre XOR işleminden elde edilen sonuç değerleri Çizelge 5.1’de gösterilmektedir. Daha sonra bulunan farklı bit sayısı toplam bit sayısına bölünerek iki veri arasındaki hamming mesafe değeri bulunmuş olmaktadır. Eşitlik 5.9’da hamming mesafe hesaplama formülü yer almaktadır.

$$\text{Hamming Distance} = \frac{\text{Farklı bit sayısı}}{\text{toplam bit sayısı}} \quad (5.9)$$

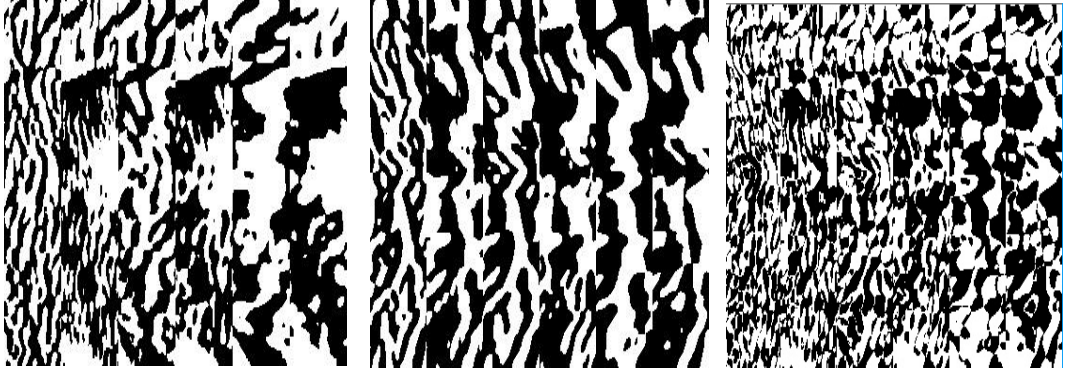
Haming mesafesi ne kadar küçükse iki veri arasındaki farklı bit sayısı o kadar az yani benzerlik oranı fazla anlamına gelmektedir. Tez çalışmasında yapılan deneyler sonucunda minimum kabul edilebilir haming meafesi 0.57 olarak hesaplanmıştır yani minimum kabul edilebilir benzerlik oranı 0.57’dir.

Çizelge 5.1. XOR işlem sonuçları.

XOR İŞLEMİ		
a	b	a XOR b
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Şekil 5.15’de iris kodu 1, veritabanında kayıtlı olup olmadığı öğrenilmek istenilen görüntüye ait iris kodunu, iris kodu 2 ise veritabanında kayıtlı verilerden o anki karşılaştırma yapılan görüntüye ait iris kodunu temsil etmektedir. Bu iki iris kodunun

XOR işlemine tabi tutulmasından sonra elde edilen görüntü de şekilde gösterilmektedir.



(a) (b) (c)

Şekil 5.15. (a) İris kodu-1 (b) iris kodu-2 (c) XOR çıktısı.

### 5.2.2. Ölçüm Oranı Karşılaştırması

Yapılan iris özellikleri çıkartma işlemi sonucunda kaynak görüntüden elde edilen ölçüm değeri, veritabanında kayıtlı olan ölçüm değeriyle kıyaslanmaktadır. İki değer arasındaki kabul edilebilir hata payı bu çalışmada % 10 olarak belirlenmiştir. Bu oranın altındaki bir değerde yaklaşım hatası elde edilmişse karşılaştırılan kişi veritabanında kayıtlı anlamına gelmektedir. Bu orandan büyük bir değer elde edilmişse eşleşme bulunamamış demektir.

$$\text{Yaklaşım Hatası} = \frac{\text{veritabanındaki ölçüm değeri} - \text{karşılaştırılan ölçüm değeri}}{\text{veritabanındaki ölçüm değeri}} \quad (5.10)$$

### 5.2.3. Renk Değeri Karşılaştırması

Yapılan iris özellikleri çıkartma işlemi sonucunda kaynak görüntüden elde edilen renk değeri, veritabanında kayıtlı olan renk değerleriyle karşılaştırılmaktadır. İki değer arasındaki kabul edilebilir hata payı ölçüm oranında olduğu gibi % 10 olarak belirlenmiştir. Renk değeri karşılaştırmasındaki yaklaşım hatası hesaplama formülü Eşitlik 5.10' da verilmektedir.

### 5.3. ÇALIŞMADA KULLANILAN YAZILIMLAR

Bu tez çalışması boyunca yazılım geliştirme platformu olarak visual studio, yazılım dili olarak da C# kullanılmıştır. Bir görüntü işleme kütüphanesi olan OpenCV ve OpenCV'nin C# türevi olan EmguCV kütüphanelerinin sınıfları ve metodlarının bazılarında çalışma boyunca yararlanılmıştır. Bunların yanısıra çalışmanın bazı bölümlerinde Aforge kütüphanesi metodlarına da başvurulmuştur. Bu bölümün alt bölümlerinde kullanılan bu kütüphanelere ayrıntılı bir şekilde değinilmektedir.

#### 5.3.1. OpenCV

OpenCV açılmış şekliyle Open Source Computer Vision, ilk olarak 1999 yılında Intel tarafından geliştirilen açık kaynak kodlu bir görüntü işleme kütüphanesidir [73]. Her ne kadar ilk başta kütüphane içerisindeki algoritmalar C programlama dili ile geliştirilmeye başlansa da zamanla C++ bu dilin yerine geçmiştir. Açık kaynak kodlu olmasından dolayı bu kütüphane istenilen çalışmalarda ücretsiz olarak kullanılabilir. OpenCV, Windows, IOS, Linux, Android gibi farklı platformlarda çalışabilen platformdan bağımsız bir kütüphanedir. Bu kütüphane içerisinde makine öğrenme ve görüntü işlemeye yönelik yaklaşık 2500 adet algoritma yer almaktadır. Bu algoritmalar kullanılarak yapılabilen işlemlerden bazıları aşağıda maddelenmektedir.

- Yüz tanıma
- Optik karakter tanımlama
- Görüntü karşılaştırma
- Plaka tanıma
- Nesneleri sınıflandırma ve ayırt edebilme
- İnsan hareketlerini belirleyebilme
- 3 boyutlu görüntülerde işlem yapabilme
- Artırılmış gerçeklik [73].

Bunlara ek olarak support vector machine, random forest, decision tree learning gibi birçok makine öğrenmesine dayalı uygulamalarda bu kütüphaneden yararlanarak geliştirilmektedir. Günümüzde OpenCv ile yeni geliştirilen algoritmaların ilerlemesi

C++ programlama diliyle sağlanmaktadır. Bu kütüphanenin Java, Matlab, Python gibi dillere doğrudan Ruby, C#, Haskell ve Perl gibi dillere ise dolaylı olarak desteği bulunmaktadır.

OpenCV; core, highgui, imgproc, imgcodecs ve videoio gibi birçok bileşenden oluşmaktadır [73]. OpenCv teknik doküman açısından oldukça fazla kaynak çeşitliliğine sahiptir. Google tarafından sokakları haritalandırmak amacıyla gerçekleştirilen projede, Mars yüzeyini görüntüleyerek yorumlamak ve buraya gönderilen aracın birtakım hareketlerini otonom yapabilmesini sağlayabilmek için OpenCV den yararlanılmıştır [74].

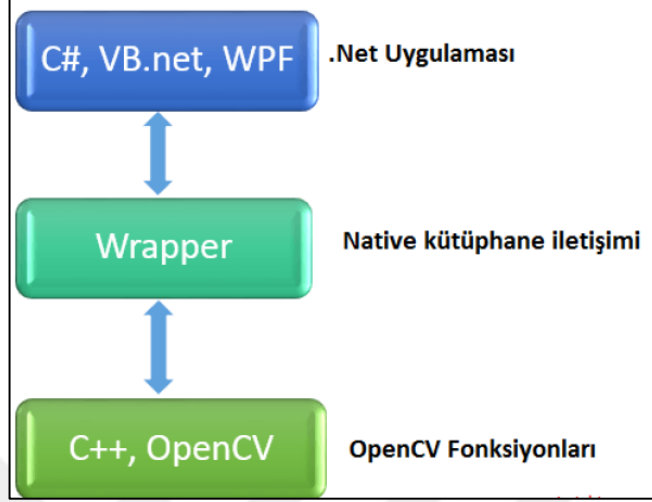
### 5.3.2. EmguCV

EmguCV, OpenCV'nin .net dillerinde de kullanılabilmesine olanak vermek için oluşturulan bir kütüphanedir [75]. Bu kütüphane ile C#, VB veya unity gibi dillerle görüntü işleme ile ilgili uygulamalar geliştirmek kolaylaştırılmıştır. EmguCv güncelliğini korumaya devam etmektedir. EmguCV nin alternatiflerine örnek olarak aşağıdaki kütüphaneler verilebilir.

- Opencvsharp
- openCvDotnet
- sharperCV [73].

EmguCv, OpenCV kütüphanesinde bulunan sınıfları, metodları ve algoritmaları alarak bu fonksiyonları istenilen platformda çalıştırılabilir hale getirmektedir. Bir .net geliştiricisi tarafından istekte bulunulan bir sınıf ya da metod ilk önce emgu dlline giderek burada işlenmekte ve daha sonrasında bu metod ya da sınıfın OpenCV kütüphanesindeki karşılığı bu kütüphane üzerinden çağrılmaktadır. Platform farklılıklarından dolayı bu iki kütüphane arasındaki sınıf ya da metodlar tam olarak birbirinin aynısı değildir. Net geliştiricileri için kullanılabilir yapıda olabilmesi amacıyla birtakım ekleme çıkartma işlemleriyle kullanılan sınıf ya da metodlar üzerinde değişiklikler yapılmıştır. Bundan dolayı bu iki kütüphane arasında kullanılan

algoritmaya göre performans farklılıkları görülebilmektedir [73]. Şekil 5.16'da OpenCv ve Emgu arasındaki bağlantı gösterilmektedir.



Şekil 5.16. OpenCV -EmguCV ilişkisi [73].

### 5.3.3. Aforge.NET

Aforge.Net, genetik algoritma, görüntü işleme ve yapay sinir ağları gibi alanlarda uygulama geliştirmek isteyen araştırmacılar ve kişiler için oluşturulmuş bir C# kütüphanesidir [76]. 2006 yılında Andrew Kiriilow tarafından yayınlanmıştır. Aforge da EmguCv gibi açık kaynaklı kodlu bir kütüphanedir. Bu kütüphaneyi aşağıda tanımlanan beş başlık oluşturmaktadır.

- Aforge.Imaging; görüntü işleme filtreleri ve rutinleri
- Aforge.Neuro; yapay sinir ağları
- Aforge.Genetic; evrimsel programlama ve genetik algoritma
- Aforge.Vision; bilgisayarlı görü
- Aforge.MachineLearning; makine öğrenmesi [76].



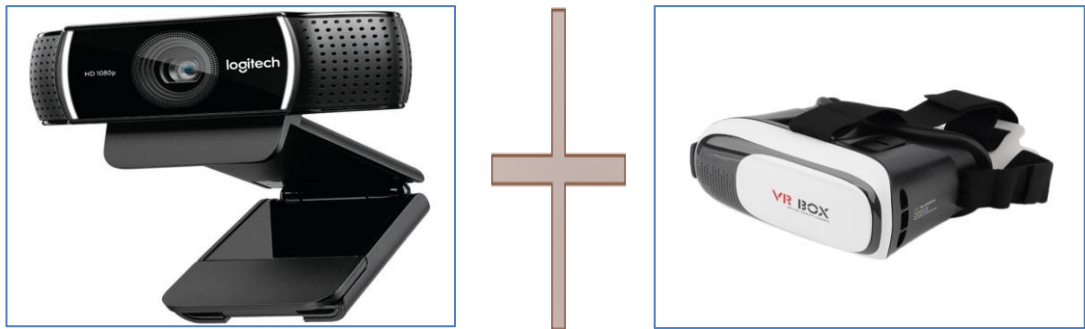
## BÖLÜM 6

### GELİŞTİRİLEN UYGULAMA

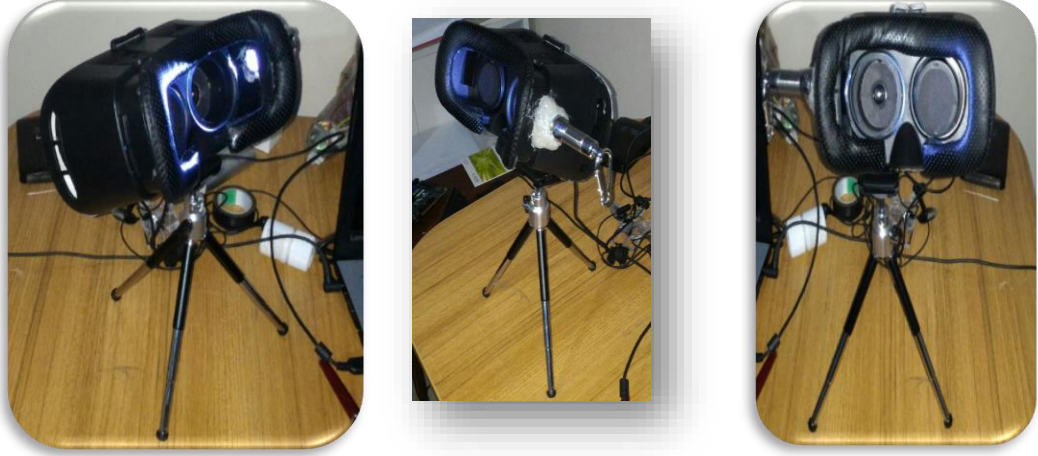
#### 6.1. UYGULAMANIN DONANIM KISMI

Çalışmanın real-time kısmında kişi doğrulama amacıyla canlı gözden görüntü alınarak iris tanımlanması yapılabilmesi için en düşük maliyetli olacak şekilde bir iris kamerası tasarlandı. Bu kamera sıradan bir webcam (logitech pro C922) ve mercekleri çıkarılmış bir sanal gerçeklik gözlüğü dış muhafazasından oluşmaktadır. Sadece webcam kullanıldığında ışık şiddeti ve kontrast farkından dolayı parlama problemi meydana gelmektedir. Bu problemin önüne geçmek ve ışık şiddetini sabitlemek için basit bir sanal gerçeklik (virtual reality) gözlüğünün dış muhafazası kullanılmıştır.

Sanal gerçeklik gözlüğü dış muhafazası içine webcam monte edilerek kamera kalibrasyonu ve optimum uzaklık ayarlamaları gerçekleştirilmiştir. Ayrıca harici bir led ışıkla da ışık şiddeti sabitlenmiştir. Kullanılan VR gözlüğü en basit yapıda olacak şekilde seçilmiştir. Yapılan literatür araştırmaları sonucunda iris tanıma çalışmalarında çalışmanın donanım kısmı üzerinde pek çalışılmadığı genelde hazır veritabanlarının kullanılmasının tercih edildiği görülmektedir. Şekil 6.1’de tez çalışmasında kullanılan webcam ve sanal gerçeklik gözlüğü, Şekil 6.2’de ise bu yapıların birbirine monte edilerek ve led ışıkla da geliştirilerek meydana getirilen donanım gösterilmektedir.



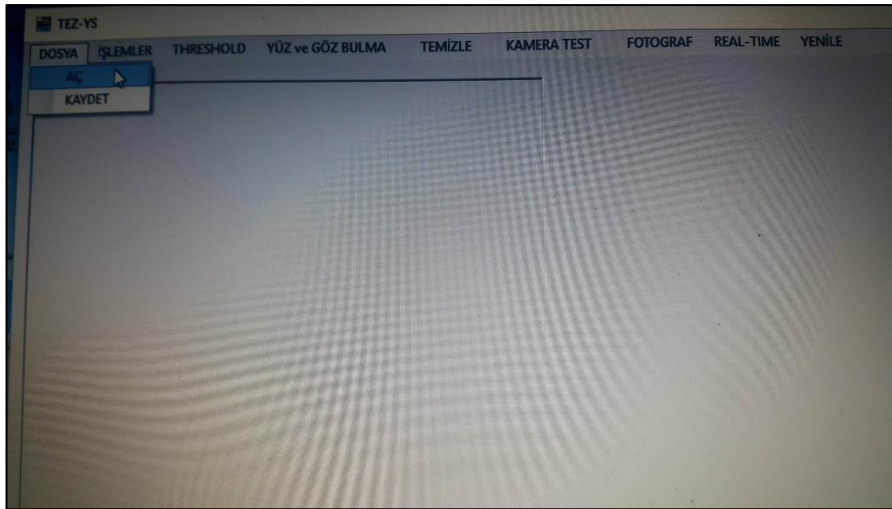
Şekil 6.1. Çalışmada kullanılan webcam ve sanal gerçeklik gözlüğü.



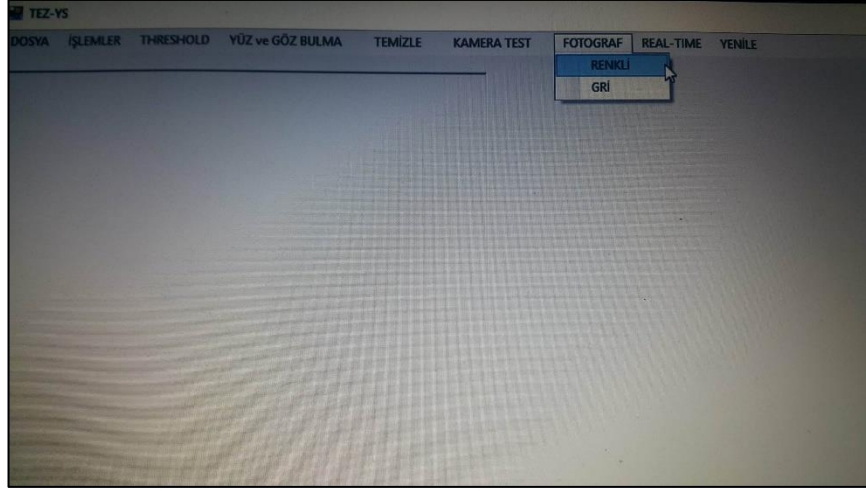
Şekil 6.2. Çalışmanın donanım kısmı.

## 6.2. UYGULAMANIN KULLANIMI

Geliştirilen uygulamanın arayüzünde üst menü istenilenlere cevap verebilecek ve herkesin anlayabileceği şekilde sade bir yapıda tasarlanmıştır. Dosya menüsünün aç sekmesinden iris özellikleri çıkarılması istenen kaynak görüntü istenilen dosyadan seçilerek imageboxa yüklenmektedir. Fotoğraf menüsü altında yer alan sekmeler ise seçilen görüntünün renkli ya da gri formda olmasına bağlı olarak kaynak görüntünün iris özelliklerinin çıkarılmasını sağlamaktadır. Bu menüler Şekil 6.3 ve 6.4’de gösterilmektedir.



Şekil 6.3. Kaynak görüntünün seçilmesi.



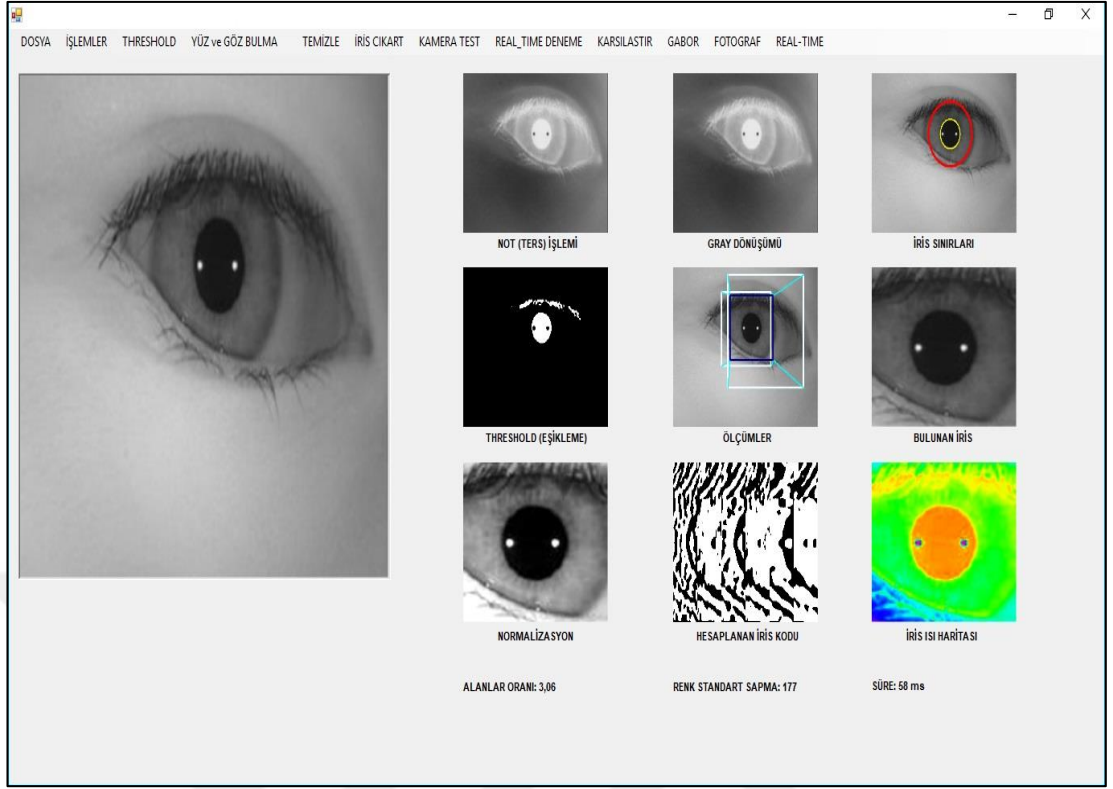
Şekil 6.4. Kaynak görüntünün özelliğinin seçilmesi.

Arayüzdeki işlemler, threshold, yüz ve göz bulma, kamera test gibi menüler uygulama geliştirme aşamalarında test etme, karar verme, uygun filtre seçimi gibi durumlar için oluşturulmuştur. Real time menüsü ise iris özellikleri çıkarılması istenen kaynak görüntünün bir dosyadan seçilerek değil de canlı gözden alınarak yapılması için kullanılmaktadır.

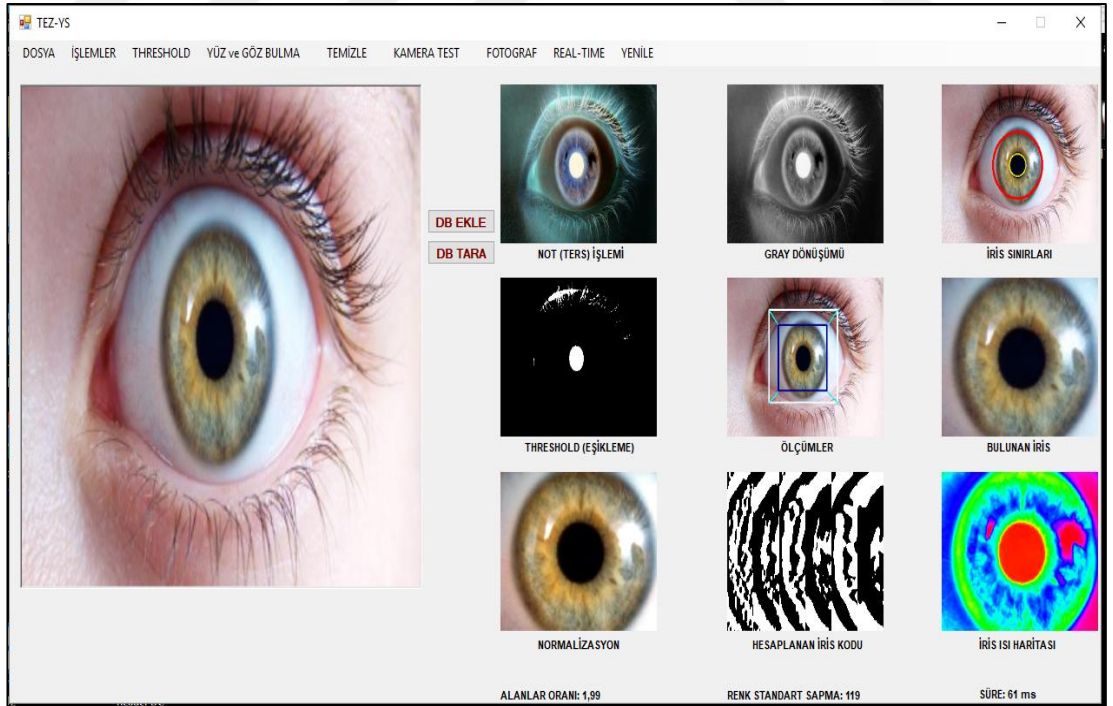
### 6.3. İRİS ÖZELLİKLERİ ÇIKARTMA ARAYÜZÜ

Arayüzde sol tarafta iris özellikleri çıkarılması istenen kaynak görüntü bölmesi yer almaktadır. Kaynak görüntü; real time (sn de 20 frame), gri formdaki resim ve renkli resim olmak üzere üç farklı yapıda olabilmektedir. Sağ tarafta ise iris sınırlarının belirlenmesi, iris kodunun üretimi, ölçüm oranı hesaplama ve renk değeri hesaplama işlemlerinin nasıl gerçekleştirildiği adım adım gösterilmektedir.

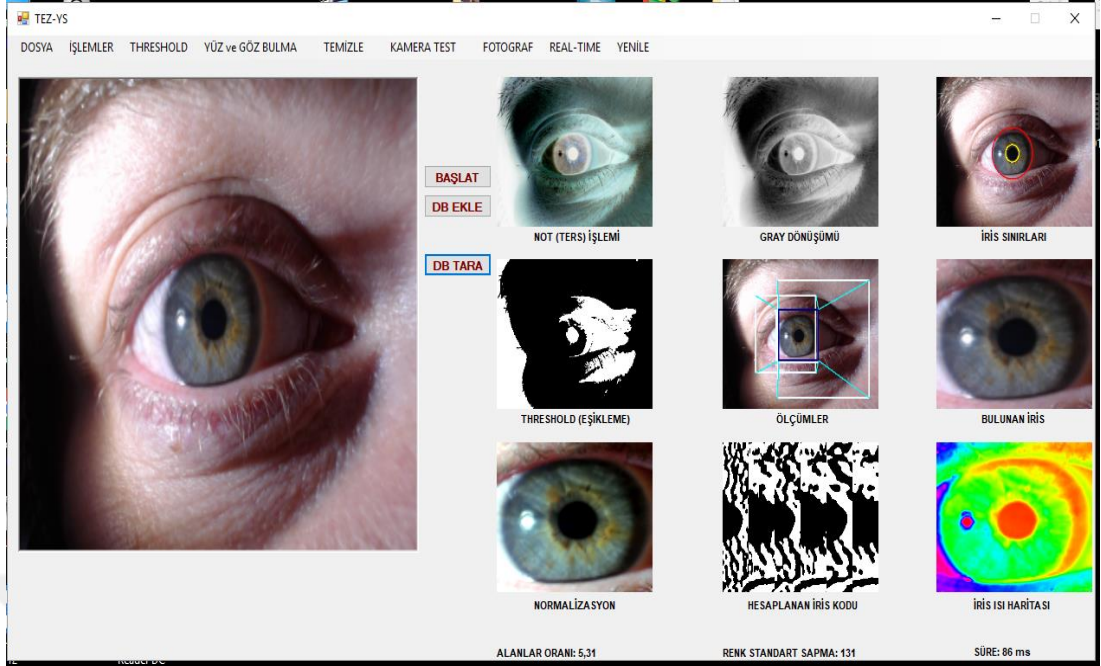
Arayüzde işlemin ne kadar zamanda gerçekleştirildiği de en altta belirtilmektedir. Arayüzün orta kısmında yer alan db ekle ve db tara butonları ise iris özellikleri çıkarılan görüntü ile ilgili sizden ne yapmak istediğiniz yolunda seçim yapmanızı istemektedir. Görüntü veritabanına eklenmek isteniyorsa db ekle butonu, veritabanındaki verilerle karşılaştırılmak isteniyorsa db tara butonu çalıştırılmalıdır. Şekil 6.5’de CASIAdan alınan gri formdaki bir kaynak görüntünün iris çıkartma arayüzü, Şekil 6.6’da renkli bir görüntünün, Şekil 6.7’de ise real timedaki anlık yakalanan bir framein iris çıkartma arayüzleri gösterilmektedir.



Şekil 6.5. Gri görüntü iris çıkartma arayüzü.



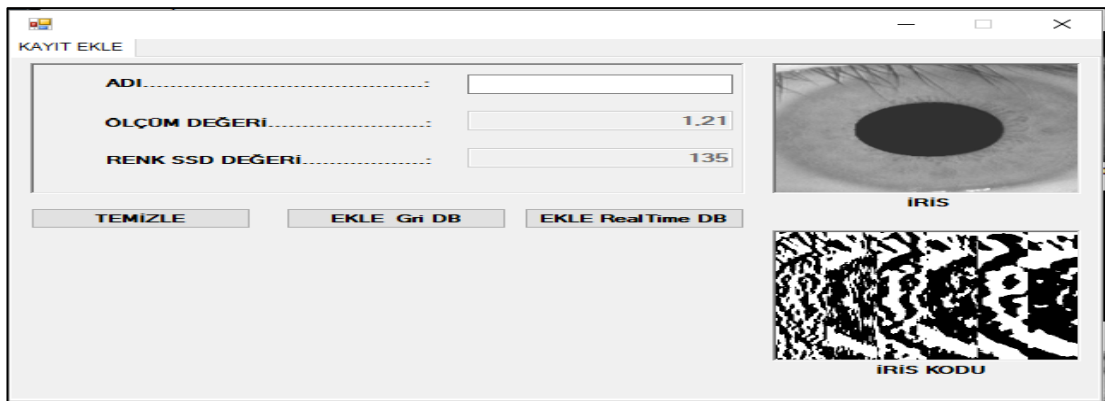
Şekil 6.6. Renkli görüntü iris çıkartma arayüzü.



Şekil 6.7. Real time iris çıkartma arayüzü.

#### 6.4. BULUNAN İRİSİN VERİTABANINA EKLENMESİ

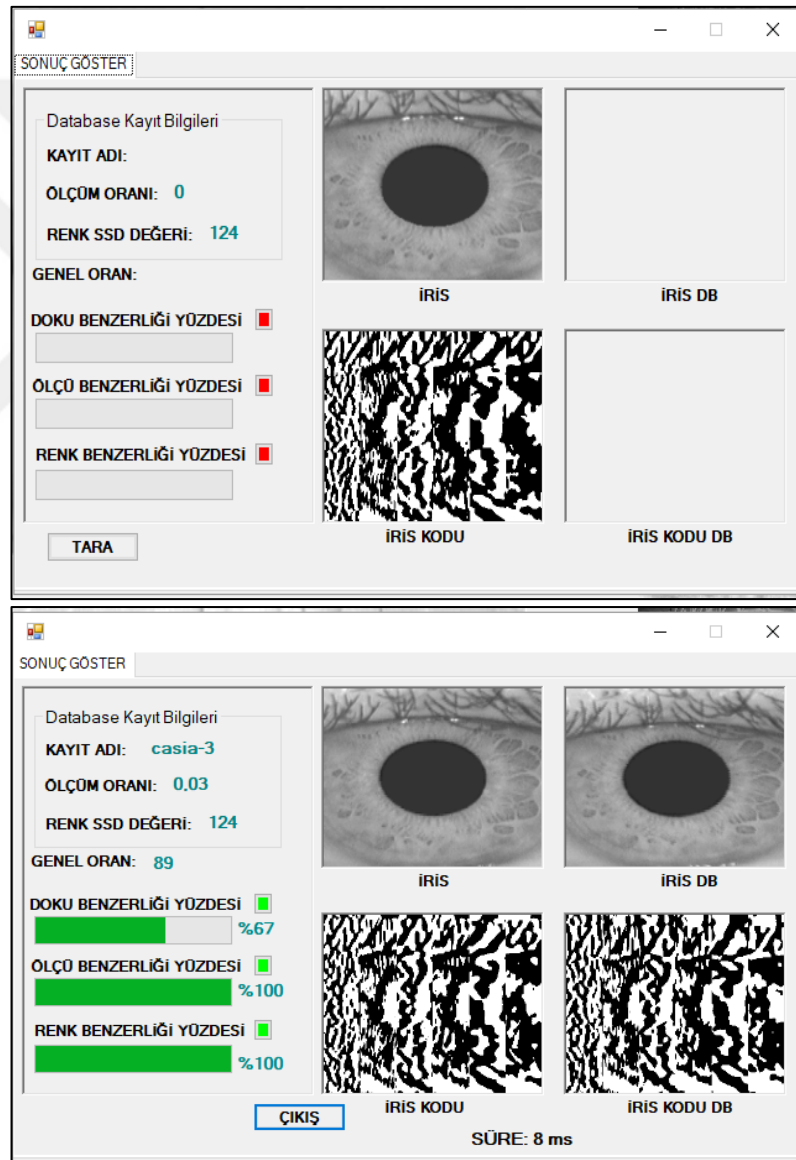
İris özellikleri çıkarma işleminden sonra görüntüye ait bilgiler veritabanına kaydedilmek istendiğinde db ekle butonunun aktifleştirilmesi gerekmektedir. Butona tıklandığında kayıt ekleme yapabilmek için bir arayüzle karşılaşılmaktadır. Bu arayüz Şekil 6.8’de gösterilmektedir. Bulunan iris ve üretilen iris kodu, ölçüm değeri ve renk değeri bilgileri kayıt adı girilerek kaynak görüntünün özelliğine göre gri resim kaynağı bilgilerinin olduğu database veya real time frame verilerinin olduğu database kaydedilmektedir.



Şekil 6.8. Veritabanına kayıt ekleme ekranı.

## 6.5. ÖZELLİK KARŞILAŞTIRMA PROGRAM ARAYÜZÜ

İris özellikleri çıkarılan görüntünün veritabanında kayıtlı verilerden biri olup olmadığını anlamak için veritabanındaki verilerle karşılaştırılması gerekmektedir. Bu karşılaştırma işlemi her üç katman değerleri için yapılmaktadır. Karşılaştırma işlemi sonucunda veritabanında eşleşen görüntünün çıkarılan irisi ve iris kodu resimleri ile birlikte her katman için benzerlik yüzdesi değerleri getirilmektedir. Geliştirilen bu arayüz Şekil 6.9’da gösterilmektedir.



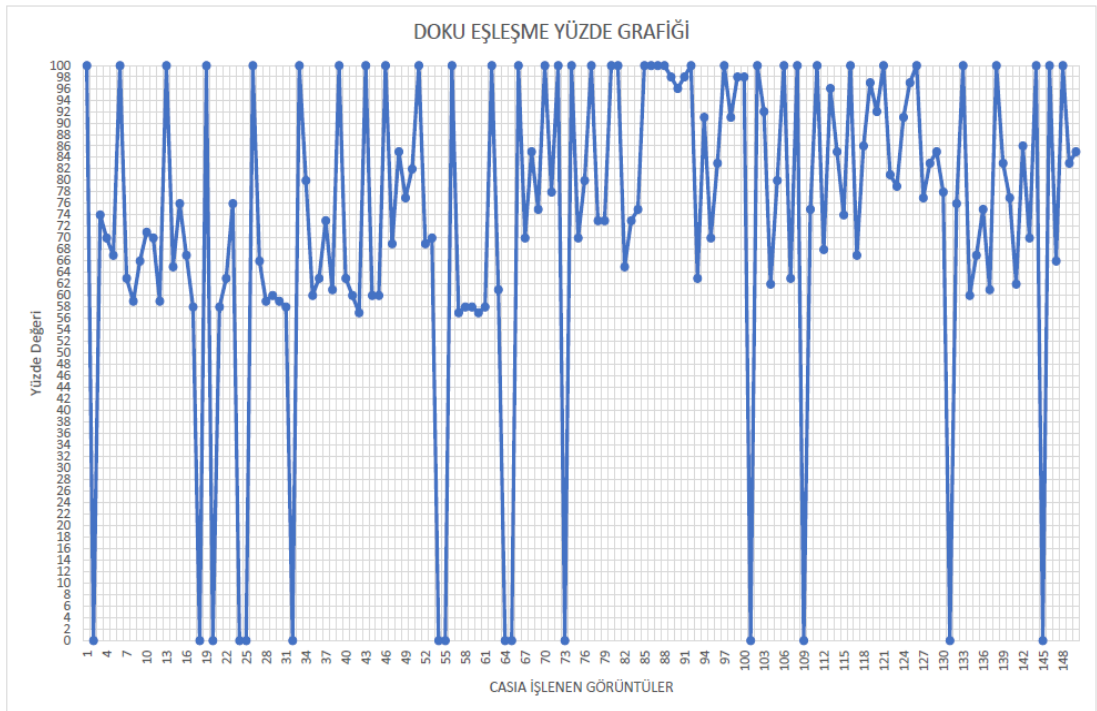
Şekil 6.9. Karşılaştırma ekranı.

## BÖLÜM 7

### DENEYSEL ÇALIŞMALAR VE ELDE EDİLEN BULGULAR

#### 7.1. CASIA VERİ TABANI

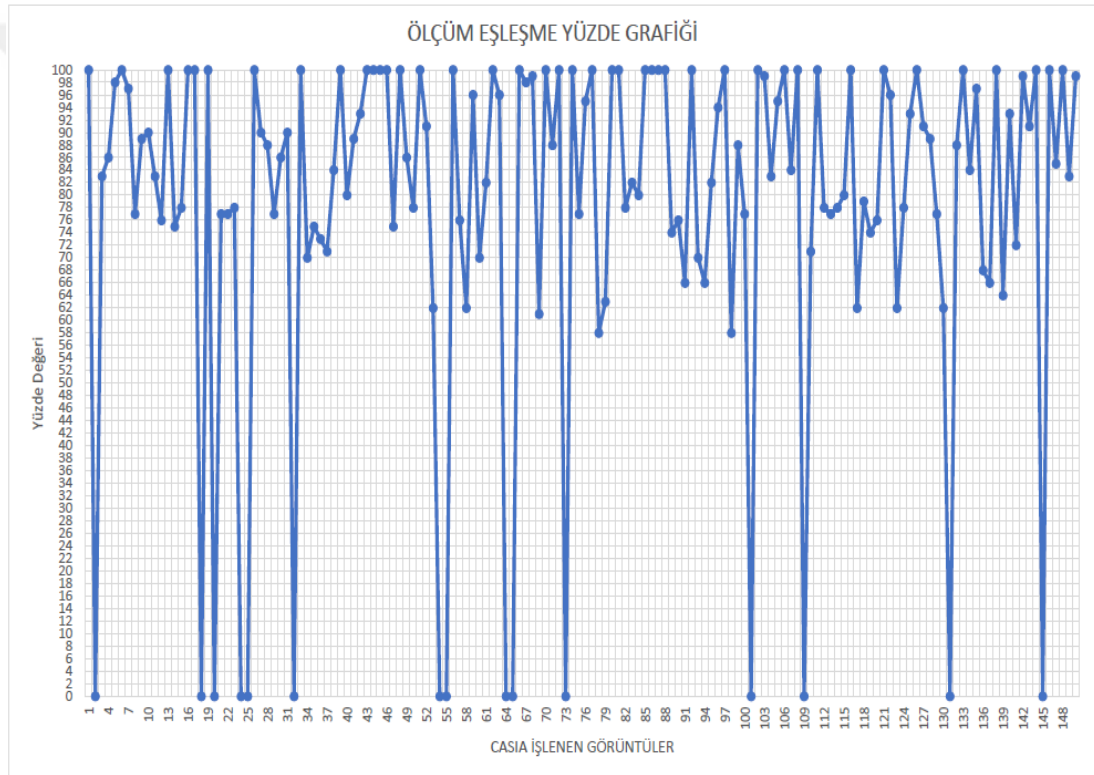
Yapılan çalışmanın test aşaması, CASIA veritabanındaki veriler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. CASIA (Institute of Automation Chinese Academy of Sciences), Çin akademisi tarafından oluşturulmuş, özel iris kameraları ile çekilmiş göz imgelerini içeren bir veritabanıdır. Veritabanındaki bu resimler 320 x 280 piksel boyutlarında gri seviye resimlerdir. Veritabanında bir kişiye ait farklı zamanlarda ve farklı açılarda çekilmiş yüzlerce resim yer almaktadır [44]. CASIA veritabanında bulunan 30 kişiye ait farklı zaman ve farklı açılardan alınan 150 görüntü işlenmiştir. Her katman için elde edilen bulgular grafiklerle gösterilerek ayrı ayrı yorumlanmıştır. Şekil 7.1’de iris doku eşleşmesi yüzdesi analiz sonuçları mevcuttur.



Şekil 7.1. Doku eşleşmesi yüzdesi analzi sonuçları.

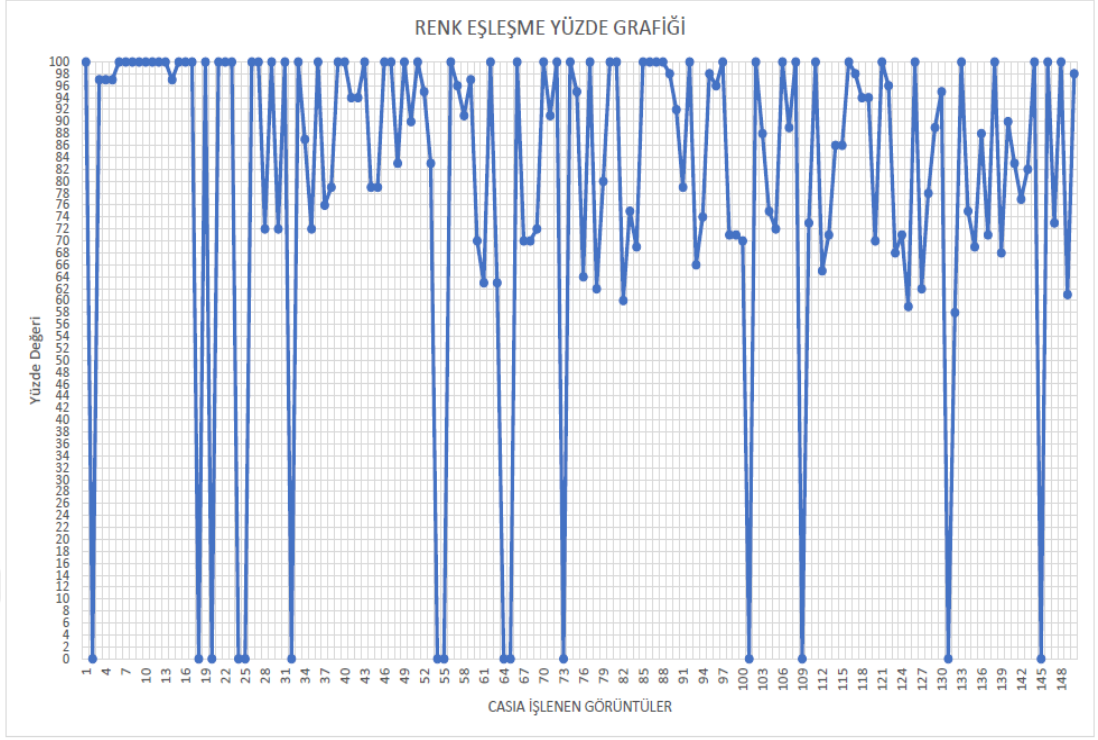
Grafikteki x eksenindeki değerler işlenen 150 görüntüyü, y eksenindeki değerler ise karşılaştırma sonucu bu değerlere karşılık gelen benzerlik yüzdesini göstermektedir. Grafiğe göre 1 numaralı görüntü % 100 benzerlik göstermiş, bu da bu kişinin veritabanındaki kişi olduğunu göstermektedir. 100 numaralı görüntü ise % 0 benzerlik göstermiş, bu da veritabanında böyle bir kişinin olmadığı bilgisini vermektedir.

Diğer iki katmanın yani ölüm değeri ve renk değeri katmanlarının eşleşme yüzde grafikleri de benzer şekilde yorumlanmaktadır. Bu katmanlara ait analiz sonucu grafikleri şekil 7.2 ve şekil 7.3'de verilmektedir.



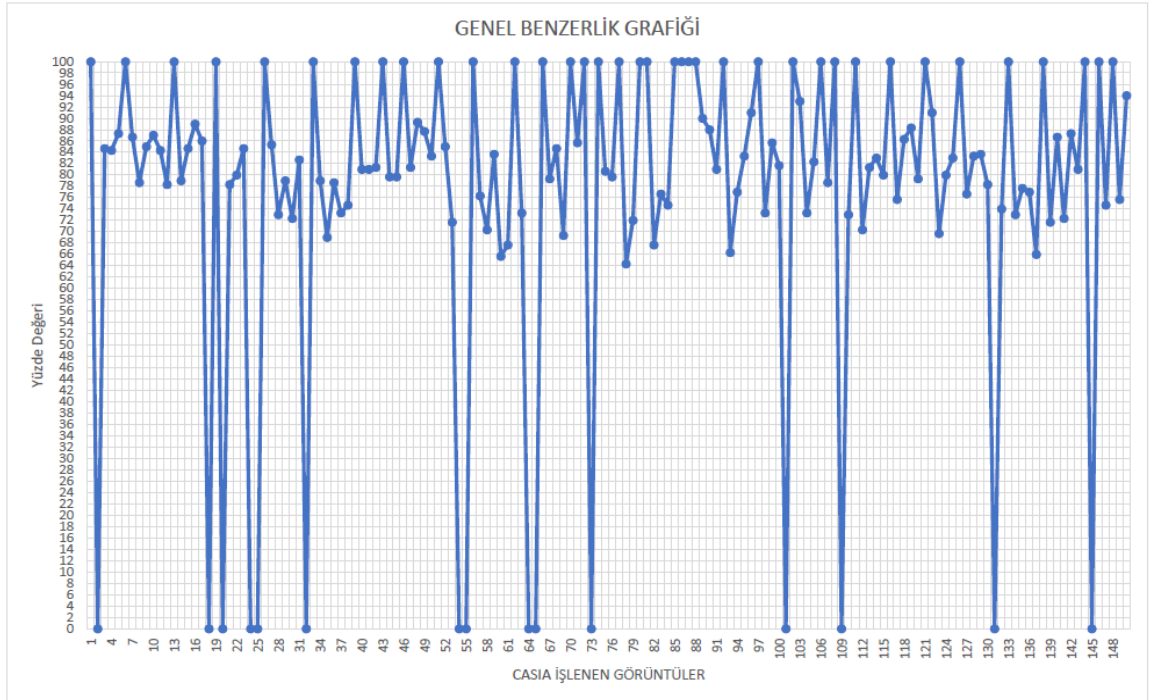
şekil 7.2. Ölüm değeri eşleşme yüzde grafiği.





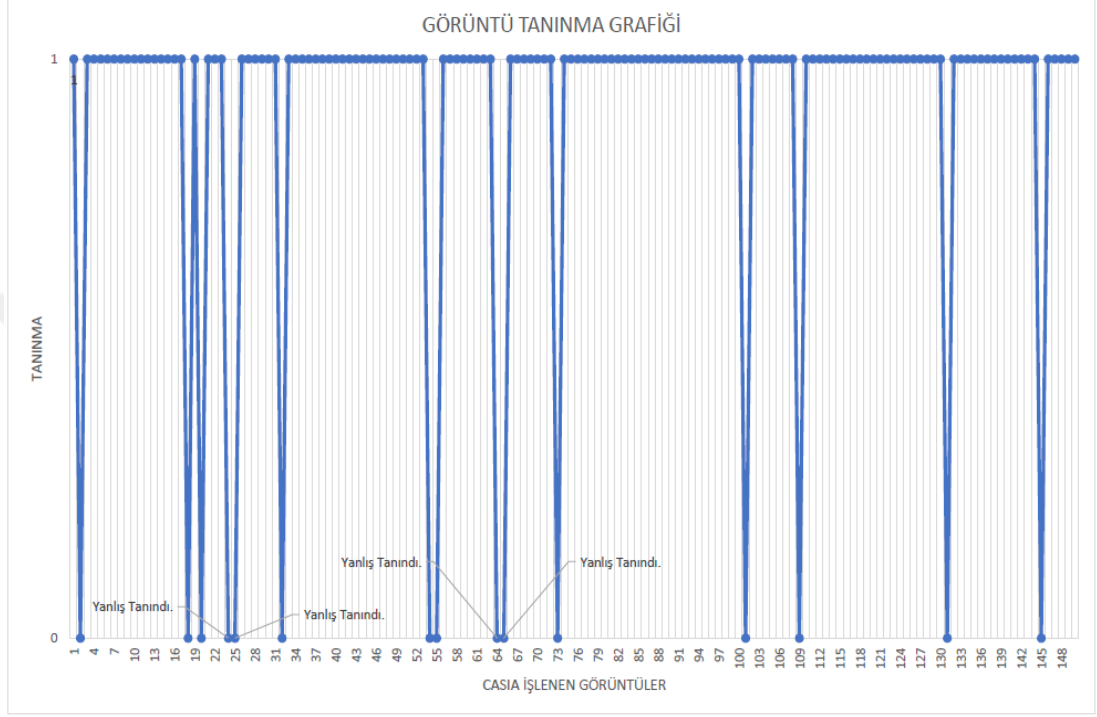
Şekil 7.3. Renk değeri eşleşme yüzde grafiği.

Bu üç katmanın eşleşme yüzde grafiklerinin ortalamaları alınarak genel bir benzerlik yüzde grafiği elde edilmiştir. Bu grafik Şekil 7.4’de gösterilmektedir.



Şekil 7.4. Genel benzerlik yüzde grafiği.

Şekil 7.5’de verilen grafik karşılaştırılan görüntülerin tanınıp tanınmama durumunu göstermektedir. Belirtilen görüntüye y ekseninde karşılık gelen değer “0” ise görüntünün tanınmadığını, “1” ise tanındığını beirtmektedir. Grafikte yanlış tanınmış olan görüntüler de tanınmamış olarak kabul edilmektedir.



Şekil 7.5. Görüntü tanınma grafiği.

Çizelge 7.1, 150 görüntünün işlenmesi sonucunda elde edilen analiz sonuçlarını göstermektedir.

Çizelge 7.1. Elde edilen analiz sonuçları CASIA

Sorunsuz tanınan toplam görüntü sayısı	135
Hiç tanınmayan görüntü sayısı	11
Yanlış tanınan, yanlış kişiyle eşleştirilen görüntü sayısı	4
Tanınma oranı	% 90
Tanınmama oranı	% 10
Güvensizlik oranı (yanlış tanınma oranı)	% 2.67

Çizelge 7.2. Literatürdeki iris tanıma çalışmaları ve başarı yüzdeleri.

Kaynak	İşlenen görüntü sayısı	Başarı yüzdesi
Daugman [77]	2.3 milyon	% 100
Sanchez-Avila [[78]]	200	% 97.2
Ma L. [79]	500	% 93.2
Shinyoung [80]	6000	% 98.4
Lim [81]	200	% 94.4
Hung [9]	10	% 100
Jiam [9]	30	% 83
Alim [9]	159	% 96.
Noh [9]	16	% 93.8

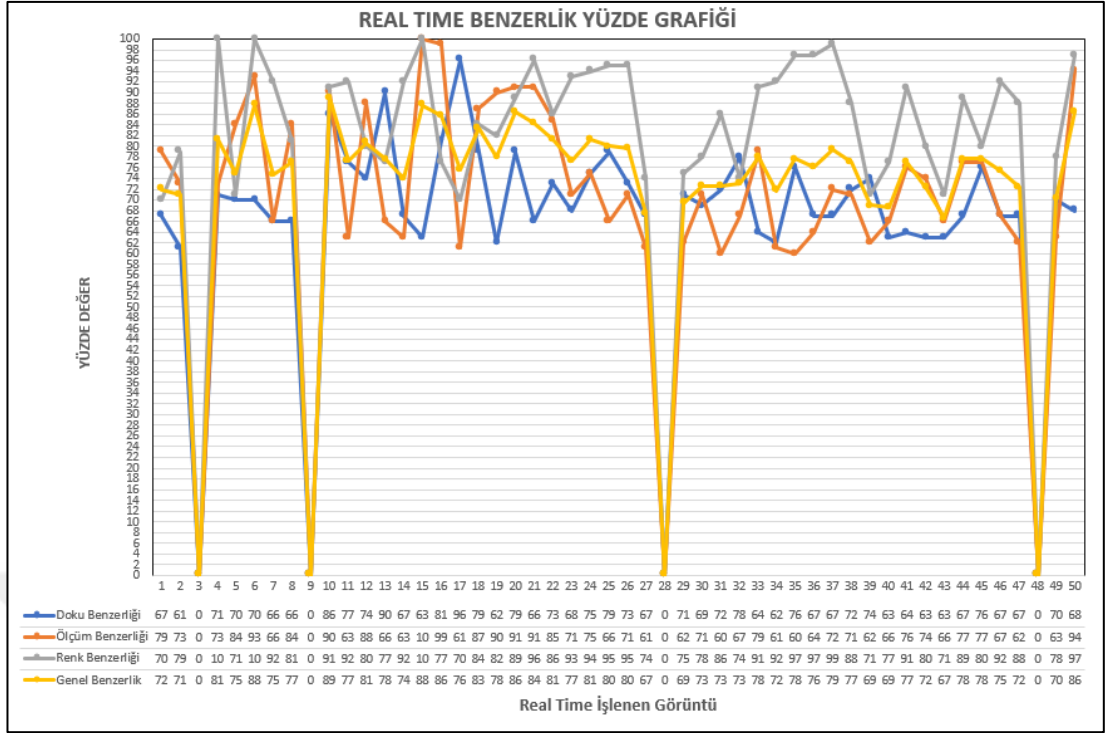
Çizelge 7.2'deki verilere bakıldığında literatürde yer alan iris tanıma ile ilgili yapılmış çalışmaların başarı yüzdeleri, yapılan tez çalışması sonucuyla kıyaslandığında birbirine yakın başarı oranı değerlerinin elde edildiği görülmektedir.

## 7.2. REAL TIME

Çalışmanın ikinci kısmı olan real time kısmında 20 kişi gerçek zamanlı olarak geliştirilen kamera donanımı ile iki farklı zaman diliminde toplamda 50 kez görüntü almak suretiyle test edilmiştir. Yapılan testlerde kullanılan deney grubu özelliği ve test sonuçlarına ait bulgular Çizelge 7.3'de gösterilmiştir.

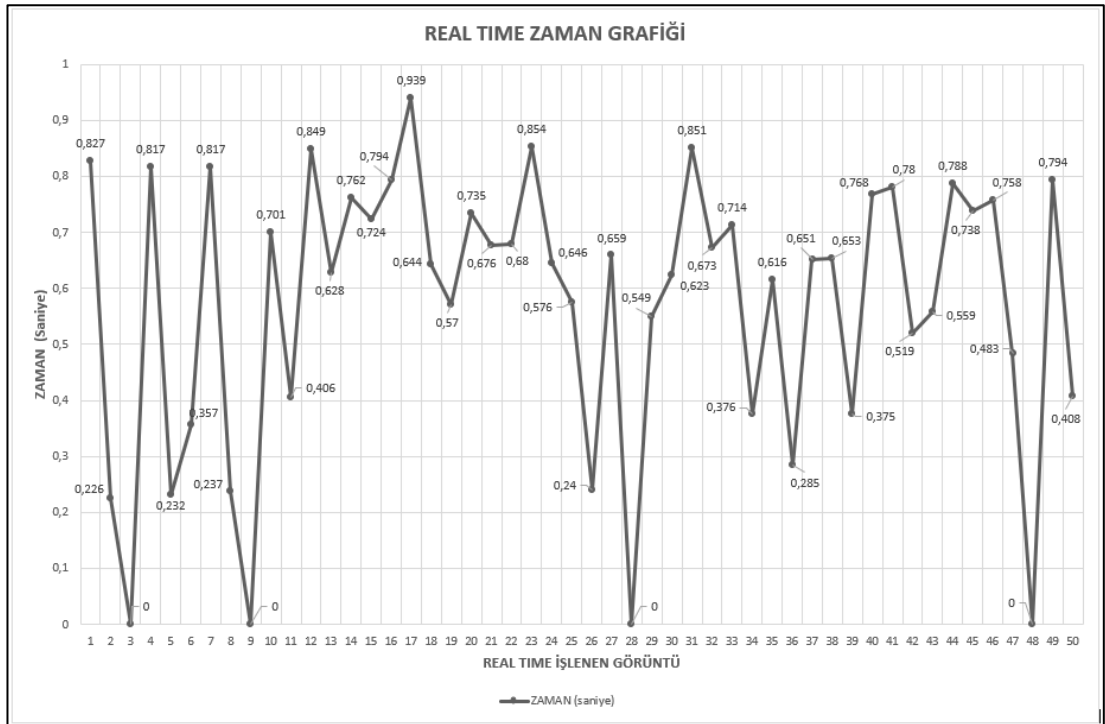
Çizelge 7.3. Elde edilen analiz sonuçları real time

Sorunsuz tanınan toplam görüntü sayısı	46
Hiç tanınmayan görüntü sayısı	4
Yanlış tanınan, yanlış kişiyle eşleştirilen görüntü sayısı	-
Tanınma oranı	% 92
Tanınmama oranı	% 8
Güvensizlik oranı (yanlış tanınma oranı)	% 0
Ortalama iris çıkartma ve tarama zamanı (ikisi birlikte)	0.571 sn



Şekil 7.6. Real time benzerlik grafiği.

Şekil 7.6’da elde edilen real time benzerlik grafiği verilmiştir. Grafikte sıfır değeri görüntünün tanınmadığını bildirmektedir.



Şekil 7.7. Real time zaman grafiği.

## BÖLÜM 8

### SONUÇLAR

Yapılan literatür araştırmaları soncunda akademik anlamda iris tanıma ile ilgili çok fazla bir çalışma yapılmadığı görölmektedir. IRS' nin, kullanılması daha çok tercih edilen diğer biyometrik sistemlere göre daha avantajlı yanlarının olduğu görölmüş fakat bu sistemin henüz yeteri kadar yaygın kullanılmadığı fark edilmiştir. Ancak şu anda kullanılması daha çok tercih edilen bir sistem olan parmak izi tarama sisteminden bile daha ayırt edici bir yapıda olduğunun belirlenmesi, insan yaşamı boyunca değişmeden kalabilmesi ve kalıtımsal faktörlerden etkilenmemesi zamanla bu alanda yapılan çalışmaların artacağını ve iris tanıma sisteminin daha geniş bir kullanım alanına sahip olacağını göstermektedir.

Gelişmiş özel kamera ve tarayıcılarla son derece yüksek kalitede görüntülerin alınabilmesi ve görüntü işleme teknolojsnin hızla gelişmesi biyometrik tanıma sistemlerinin her alanda kullanılabilmesini olanaklı hale getirmiştir. Güvenlik probleminin son zamanlarda büyük boyutlara ulaşması, dijital görüntü işleme teknolojsinin güvenlik sistemlerindeki kullanım oranını artırmıştır.

Biyometrik sistemlerden biri olan iris tanıma sistemi, hız ve kullanım kolaylığı açısından diğer biyometrik sistemlere kıyasla daha avantajlı olduğu göröldüğünden en çok tercih edilen biyometrik sistem olma konumunda ilerlemektedir. Biyometrik sistemlerin kullanılmasıyla güvenlik problemi çözümünde oldukça büyük adımlar atıldığı görölmektedir.

Bu tez çalışmasında iris tanıma amaçlı bir biyometrik sistem geliştirilmeye çalışılmıştır. Çalışmada kimlik doğrulama için kişiye ait iris doku kodu, iris alanı ve göz küresi alanı oranından elde edilen ölçüm oranı ve iris renk değeri olmak üzere 3 tane değer elde edilmiştir. Uygulama gri seviyeli görüntü bilgilerinin kaydedildiği ve

gerçek zamanlı görüntülerden elde edilen verilerin kaydedildiği 2 adet veritabanı içermektedir.

Tez kapsamında yapılan iris tanıma uygulamasının gri seviyeli görüntülerde test aşaması için CASIA veritabanında kayıtlı olan 30 farklı kişinin farklı zaman ve farklı açılardan çekilen görüntülerinden 150 tanesi kullanılmıştır. İlk olarak bu 30 kişiye ait görüntülerin iris özellikleri çıkarılarak veritabanına kaydedilmiştir. Daha sonra bu kişilere ait olan 150 görüntünün veritabanında taraması yapılmıştır. Her görüntünün her katman değerleri için elde edilen sonuçlar Bölüm 7'da grafiklerle gösterilmiştir. Tanınma grafiğinde sonuçların analiz edilmesiyle % 90 oranında bir başarı, % 2.67 oranında da bir güvensizlik oranı tespit edilmiştir. Real time kısmı için ise 20 kişi gerçek zamanlı olarak geliştirilen kamera donanımı ile iki farklı zaman diliminde toplamda 50 kez görüntü alınarak test edilmiştir ve % 92 oranında tanınma görüldüğü tespit edilmiştir.

Yapılan çalışmada iris sınırlarının tespit edilmesi aşaması literatürde yer alan birçok sistemden farklı olarak kenar belirleme algoritmalarına başvurulmadan threshold ile gerçekleştirilmiştir. Renk değerinin iris tanıma çalışmalarında bir parametre olarak alınamayacağı, alınsa bile bir etkisinin olmayacağı görüşünün doğru olmadığı yapılan çalışma sonucunda gösterilmiştir. Iris görüntüleri almak için geliştirilmiş olan pahalı iris kameraları olmadan düşük maliyetli bir donanımla da görüntülerin alınabileceği görülmüştür. Çalışmanın algoritmasında yapılabilecek iyileştirmelerle iris çıkarma işleminin daha kısa sürede gerçekleştirilebileceği öngörülmektedir.

## KAYNAKLAR

1. Gorkan, G. and Akan, A., "A new iris recognition method based on texture analysis", *Proceedings Of The IEEE 13th Signal Processing And Communications Applications Conference, 2005.*, 195–198 .
2. Yalçın, N. and Gürbüz, F., "Biyometrik Güvenlik Sistemlerinin İncelenmesi", *Düzce Üniversitesi Bilim Ve Teknoloji Dergisi*, 4 (Doğadan Esinlenen Optimizasyon Algoritmaları ve Optimizasyon Algoritmalarının Optimizasyonu): 293–304 (2016).
3. Çakır, A., Altıntaş, V., Akbulut, Ft., Bölümü, M., Bayar Üniversitesi, C., Meslek Yüksekokulu, A., Eğitim Bakanlığı, M., Ticaret Meslek Lisesi, B., Sözcükler, A., Tanıma Sistemleri, B., and Tanıma Sistemi, İ., "İris Tanıma Sistemleri ve Uygulama Alanları Iris Recognition Systems and Application Areas", *Akademik Bilişim*, (2013).
4. Tekyıldız, A., Güllü, M. K., Urhan, O., and Ertürk, S., "IRIS RECOGNITION SYSTEM BASED ON FAST IRIS LOCALIZATION AND PHASE CORRELATION MATHCHING", 1–4 (2008).
5. Şamlı, R., Erkan, M., "Biyometrik Güvenlik Sistemleri", Yıldız Teknik Üniversitesi (2009).
6. Tisse, C., Martin, L., Torres, L., and Robert, M., "Person identification technique using human iris recognition", *Advanced System Technology*", 294-299, (2002).
7. Daugman, J., "High confidence personal identification by rapid video analysis of iris texture", *Proceedings 1992 International Carnahan Conference On Security Technology: Crime Countermeasures*, 50–60 .
8. Yiğitbaşı, E. D. and Deniz, E., "Yapay arı kolonisi optimizasyonu ile kenar bulma", *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, (2014).
9. Bulut, S., "İris görüntülerinin analiziyle kimlik tanıma Ders Notu ", *Marmara Üniversitesi*, (2011).
10. Kang, J.-S., "Mobile iris recognition systems: An emerging biometric technology", *Procedia Computer Science*, 1 (1): 475–484 (2010).
11. S.Satpute, B. and D. Jadhav, B., "Automated Iris Recognition System: An Overview", *International Journal Of Computer Applications*, 115 (17): 50–54 (2015).

12. Dargham, J., A.; Chekima, A.; Liao, C. . L. W., "Iris recognition using sevorrganizing neural network", *Student Conference On Research And Development*, 169–172 (2002).
13. Li Ma, Yunhong Wang, and Tieniu Tan, "Iris recognition using circular symmetric filters", *Object Recognition Supported By User Interaction For Service Robots*, 2414–417 .
14. Wen-Shiung Chen and Shang-Yuan Yuan, "A novel personal biometric authentication technique using human iris based on fractal dimension features", *2003 IEEE International Conference On Acoustics, Speech, And Signal Processing, 2003. Proceedings. (ICASSP '03).*, 3III-201-4 .
15. Al-Raisi, A. N. and Al-Khourri, A. M., "Iris recognition and the challenge of homeland and border control security in UAE", *Telematics And Informatics*, 25 (2): 117–132 (2008).
16. Li, J., Tao, B., Wang, Y., and Li, X., "Research and implementation of iris recognition algorithm", *Procedia Engineering*, 293353–3358 (2012).
17. Sethanan, K. and Neungmatcha, W., "Multi-objective particle swarm optimization for mechanical harvester route planning of sugarcane field operations", *European Journal Of Operational Research*, 252 (3): 969–984 (2016).
18. Hamouchene, I. and Aouat, S., "A New Texture Analysis Approach for Iris Recognition", *AASRI Procedia*, 92–7 (2014).
19. Hajari, K., Gawande, U., and Golhar, Y., "Neural Network Approach to Iris Recognition in Noisy Environment", *Procedia Computer Science*, 78 (December 2015): 675–682 (2016).
20. Thomas, T., George, A., and Devi, K. P. I., "Effective Iris Recognition System", *Procedia Technology*, 25 (Raerest): 464–472 (2016).
21. Dede, G. and Hüsnü Sazlı, M., "Biyometrik Sistemlerin Örüntü Tanıma Perspektifinden İncelenmesi ve Ses Tanıma Modülü Simülasyonu", .
22. YAVANOĞLU, U., "PARMAK İZİNDEN YÜZ EŞKÂLİ BELİRLEME İÇİN YENİ YÖNTEM VE SİSTEM GELİŞTİRME", *Gazi Üniversitesi*, (2014).
23. Mehmet Semih UZUN, "AKILLI KART TEKNOLOJİSİYLE GELİŞTİRİLMİŞ ELEKTRONİK PASAPORT VE VİZE SİSTEMİ", *Yıldız Teknik Üniverstesi*, (2008).
24. Dandıl, E., İbrahim Kaplan, K., Şeyh Edebalı Üniversitesi, B., Yüksekokulu, M., Programcılığı Bölümü, B., Fakültesi, M., and Mühendisliği Bölümü, B., "Biyometrik İris Sınıflandırma Sistemleri Biometric Iris Classification Systems", *Akademik Bilişim*, (2013).



25. Akçay, M. and Çetinkaya, H. H., "Kampüslerde Uygulanan Yeni Biyometrik Sistemler", *Akademik Bilişim*, 385–389 (2011).
26. Bolle, R. M., Connell, J. H., Pankanti, S., Ratha, N. K., and Senior, A. W., "Selecting a Biometric", Guide to Biometrics, *Springer New York*, New York, NY, 129–153 (2004).
27. "Biometri", <http://www.ergosis.com.tr/biyometrik-nedir.html> (2017).
28. SONMEZ, Y. U., "Research on Retinal and Iris Identification Systems", *Makalenizi Yükleyebilmek İçin Lütfen İngilizce Dilini Seçiniz !!! EJENS*, 2 (1): 167–180 .
29. SAĞIROĞLU, Ş. and ÖZKAYA, N., "OTOMATİK PARMAKİZİ TANIMA SİSTEMLERİNDE KULLANILAN ÖNİŞLEMLER İÇİN YENİ YAKLAŞIMLAR", *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 21 (1): (2006).
30. Computer, I. and Symposium, I. T., "Yüz tanıma algoritmaları algorithms of face recognition", (September): 22–24 (2011).
31. Bansal, M., Hanmandlu, M., and Kumar, P., "IRIS based authentication using local principal independent components", *Optik*, 127 (11): 4808–4814 (2016).
32. İnternet: Kariyer Merkezi "GÖZÜN YAPISI VE ÖZELLİKLERİ", [http://www.kariyerdersleri.com/insan\\_vucudu/goz-yapisi-ve-ozellikleri.aspx](http://www.kariyerdersleri.com/insan_vucudu/goz-yapisi-ve-ozellikleri.aspx) (2017).
33. İnternet: Fen Okulu "GÖZÜN KISIMLARI", <http://fenokulucom.blogcu.com/gozun-kisimleri/9058491> (2017).
34. Chen, X. Z., Wu, C. Y., Xiong, L. L., and Yang, F., "The optimal matching algorithm for multi-scale iris recognition", *Energy Procedia*, 16 (PART B): 876–882 (2011).
35. İnternet: Bilgi Yelpazesi "GÖZ, GÖZÜN ÖZELLİKLERİ", [http://bilgiyelpazesi.com/egitim\\_ogretim/konu\\_anlatimli\\_dersler/biyoloji\\_dersi\\_konu\\_anlatimlar/goz\\_gozun\\_ozellikleri\\_gozun\\_tabakalari\\_1.asp](http://bilgiyelpazesi.com/egitim_ogretim/konu_anlatimli_dersler/biyoloji_dersi_konu_anlatimlar/goz_gozun_ozellikleri_gozun_tabakalari_1.asp) (2017).
36. Kaklauskas, A., "Student progress assessment with the help of an intelligent pupil analysis system", *Elsevier*, (2015).
37. Soliman, N. F., Mohamed, E., Magdi, F., El-Samie, F. E. A., and M, A., "Efficient iris localization and recognition", *Optik - International Journal For Light And Electron Optics*, 140469–475 (2017).
38. Doç, Y. and Aktaş, A., "Göz histolojisi Ders Notları", Marmara Üniversitesi (2005).

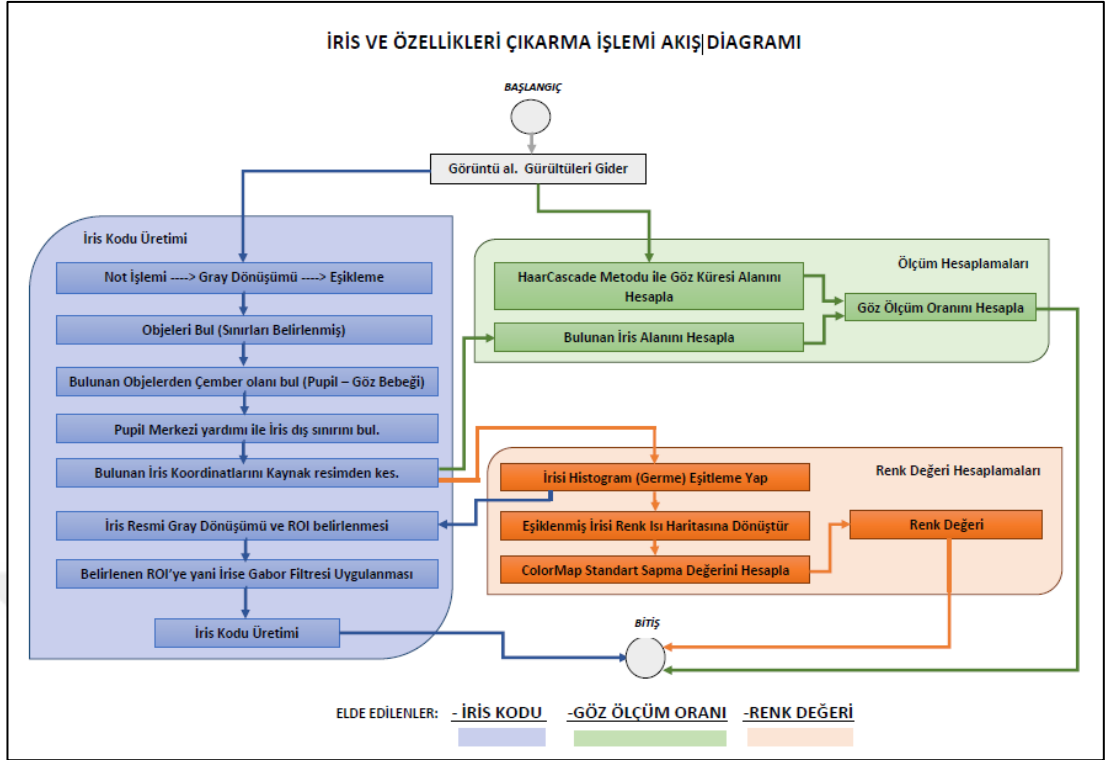
39. Şahin, M. "GÖZ ANATOMİ ve FİZYOLOJİSİ Ders Notu", Karadeniz Teknik Üniversitesi (2012).
40. Xu, G., Zhang, Z., and Ma, Y., "An image segmentation based method for iris feature extraction", *The Journal Of China Universities Of Posts And Telecommunications*, 15 (1): 96–117 (2008).
41. Karakaya, M., "A study of how gaze angle affects the performance of iris recognition", *Pattern Recognition Letters*, 82132–143 (2016).
42. "Biometrik Tanıma Sistemleri Nedir", <http://www.artelektronik.com/yuz-tanima-sistemleri-biyometrik-tanima-sistemleri-nedir.html> (2017).
43. Akhan, N. and Nurdan, "Bilgisayar destekli iris tanıma", *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, (2004).
44. Aydın, Ö., "Yapay sinir ağlarını kullanarak bir ses tanıma sistemi geliştirilmesi", Akademik Bilişim (2005).
45. Dr. Mergen, H., "Moleküler Biyoloji Ders Notu", Ortadoğu Teknik Üniversitesi (2010).
46. İnternet: SmtGüvenlik "Avuç İçi Damar Tanıma Sistemi", [http://www.smtguvenlik.com.tr/cms.php?id\\_cms=16](http://www.smtguvenlik.com.tr/cms.php?id_cms=16) (2017).
47. İnternet: Vegatek "Vegatek Avuç Tanıma", <http://www.vegatek.com.tr/tr/urunler/ÜRÜNLER> (2017).
48. Chen, X. Z., Yang, F., Wu, C. Y., and Xiong, L. L., "A novel unified-noise algorithm for iris recognition", *Energy Procedia*, 16 (PART B): 869–875 (2011).
49. İnternet: Bayram, B., "Sayısal Görüntü İşleme", <http://www.yildiz.edu.tr/~bayram/sgi/saygi.htm> (2017).
50. Okur, S., "Görüntü İşleme Yöntemleri Kullanılarak Gözdeki Damarların Tespit Edilmesi", *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek Lis(2015).
51. MEGEP, "Görüntü işleme 1, MESLEKİ EĞİTİM VE ÖĞRETİM SİSTEMİNİN GÜÇLENDİRİLMESİ PROJESİ", ANKARA, (2007).
52. KARAŞ, İ. R., "Cografi Bilgi Sistemleri Ders Notu", KARABÜK Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği, (2010).
53. Karakoç, M., "Görüntü işleme, teknolojiler ve uygulamaları Ders Notları", Aydın Üniversitesi, 1–30 (2012).
54. Edizer, E., "SAYISAL GÖRÜNTÜ İŞLEME YÖNTEMİ İLE TANE BOYUT DAĞILIMI ANALİZİ", *Çukurova Üniversitesi*, (2011).

55. İnternet: Mesut Pişkin "Renk Uzayları ", <http://mesutpiskin.com/blog/renk-uzaylari.html> (2017).
56. İnternet: Matlab Görüntü İşleme "Görüntü İşleme: RGB,HSV,YCbCr", <http://matlabgoruntuisleme.blogspot.com.tr/2012/09/rgbhsvycbcr-renk-uzaylar-md2.html> (2017).
57. GÜLLÜ, K., "İmge İşleme, Ders-6 Ders Notları ", Kocaeli Üniversitesi, (2017).
58. DOĞAN, T., "Araç Destek Sistemleri İçin Kuş Bakışı görüntü dönüşümü", *Akademik Bilişim-Antalya*, (2013).
59. İnternet: Kocaeli Üniversitesi "Canny Kenar Filtresi", <http://embedded.kocaeli.edu.tr/canny/> (2017).
60. Aydın, İ., "KOMŞULUK İLİŞKİLİ İŞLEMLERİ - BÖLGESEL İŞLEMLER - UZAYSAL FİLTRELEME", Görüntü İşleme Kongresi(2011).
61. Othman, N., Dorizzi, B., and Garcia-Salicetti, S., "OSIRIS: An open source iris recognition software", *Pattern Recognition Letters*, 82124–131 (2016).
62. İnternet: Sadi ŞEKER "Gama Doğrulaması", <http://bilgisayarkavramlari.sadievrenseker.com/2009/07/28/gama-dogrulamasi-gamma-correction/> (2017).
63. İnternet: AtasoyWeb "Otsu Eşik Belirleme Metodu", <http://www.atasoyweb.net/Otsu-Esik-Belirleme-Metodu> (2017).
64. İnternet: HdTeknoloji "Aforge Kütüphanesi Kullanarak Blob Bulma", <http://www.hdteknohaber.com/aforge-kutuphanesi-kullanarak-blob-bulma/> (2017).
65. İnternet: HdTeknoloji "AFORGE Kütüphanesi İle Şekil Tespiti", <http://www.hdteknohaber.com/aforge-kutuphanesi-ile-resimdeki-sekillerin-tespiti/> (2017).
66. İnternet: Cescrypt "C++ İle Gabor Filtre Uygulaması", <http://www.cescrypt.com/2012/09/c-ile-gabor-filtre-uygulamasi.html> (2017).
67. İnternet: Gabor "Gabor Filtresi Nedir?", [https://www.turkcebilgi.com/gabor\\_filtresi](https://www.turkcebilgi.com/gabor_filtresi) (2017).
68. İnternet: Matlab "Weblet Importer", <http://matlabserver.cs.rug.nl/cgi-bin/matweb.exe> (2017).
69. İnternet: Talha KOC "Haar CascadeNedir?", <http://talhakoc.net/opencv-haar-cascade-siniflandiricisi-nedir/> (2017).

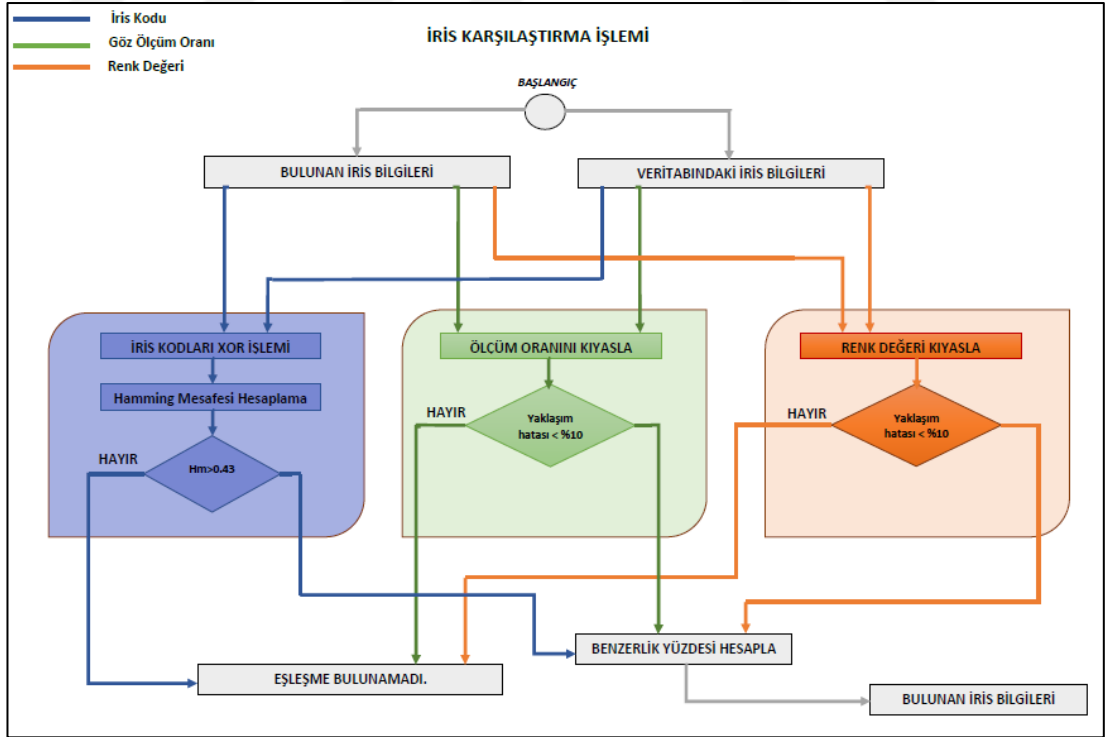
70. İnternet: OpenCV "applyColorMap for Pseudocoloring in OpenCV", <https://www.learnopencv.com/applycolormap-for-pseudocoloring-in-opencv-c-python/> (2017).
71. İnternet: OpenCV "OpenCV: ColorMaps in OpenCV", [https://docs.opencv.org/3.1.0/d3/d50/group\\_\\_imgproc\\_\\_colormap.html](https://docs.opencv.org/3.1.0/d3/d50/group__imgproc__colormap.html) (2017).
72. İnternet: Sadi ŞEKER "Hamming Mesafesi (Hamming Distance)", <http://bilgisayarkavramlari.sadievrenseker.com/2008/08/05/hamming-mesafesi-hamming-distance/> (2017).
73. Mesut, P., "Opencv ile görüntü işleme", Opencv İle Görüntü İşleme, Open SOurc. Ed., *Open SOurce*, 55–70 (2012).
74. İnternet: İlker Yasin AKSOY "OpenCV Nedir? ", <http://ilkeraksoy.net/opencv-nedir/> (2017).
75. İnternet: Emre ÖZGÜROĞLU "Emgu CV Nedir ve Emgu CV Kurulumu", <http://emreozguruoglu.blogspot.com.tr/2015/02/emgucv-nedir-ve-emgucv-kurulumu.html> (2017).
76. İnternet: Mekatronik Mühendisliği "AForge.NET", <http://mekatronik.wikidot.com/aforge> (2017).
77. Daugman, J., "High Confidence Recognition of Persons by Their Iris Patterns, Security Technology", *IEEE 35th International Carnahan Conference On.*, 254–263 (2001).
78. Sanchez-Avila C., S.-R. R., "Multiscale Analysis for Iris Biometrics, Security Technology", *36th Annual 2002 International Carnahan Conference*, 35–38 (2002).
79. Ma, L., Wang, Y., and Tan, T., "Iris Recognition Based On Multichannel Gabor Filtering", *ACCV'2002*, 279–283 (2002).
80. Shinyoung, L., Kwanyong, L., Okhwan, B., and Taiyun, K., "Efficient Recognition Through Improvement of Feature Vector and Classifier", *ETRI Journal*, 23 (2): 61–70 (2001).
81. Araabi, B. N., "EURASIP Journal on Applied Signal Processing.", EURASIP Journal on Applied Signal Processing, *Hind awi Pub. Corp*, 20-20 (2001).

**EK AÇIKLAMALAR A.**

**AKIŞ DİAGRAMLARI**



Şekil Ek A.1. İris çıkartma işlemi akış diagramı.



Şekil Ek A.2. Karşılaştırma işlemi akış diagramı.

## ÖZGEÇMİŞ

Yasemin SANDAL Samsun’da doğdu; ilk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı. Samsun Tülay Başaran Anadolu lisesinden mezun olduktan sonra Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümünde lisans eğitimine başladı ve bölüm ikincisi olarak bu bölümden mezun oldu. 2015 yılında Karabük Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümünde araştırma görevlisi olarak göreve başladı. Aynı yıl aynı üniversitede Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı’nda başlamış olduğu yüksek lisans eğitimini, 2017 yılında tamamladı.

### **ADRES BİLGİLERİ**

Adres : Karabük Üniversitesi  
Mühendislik Fakültesi  
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü  
Balıklarkayası Mevki/KARABÜK  
Tel : (370) 4187050 / 3869  
E-posta : yaseminsandal@karabuk.edu.tr