

**İRİS GÖRÜNTÜLERİNİ ANALİZ
EDEREK KİMLİK TANIMA**

Zeinab SAEEDNİA

**Yüksek Lisans Tezi
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı
Yrd. Doç. Dr. Tolga AYDIN
2015
Her hakkı saklıdır**

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İRİS GÖRÜNTÜLERİNİ ANALİZ EDEREK KİMLİK TANIMA

Zeinab SAEEDNİA

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ERZURUM
2015**

Her hakkı saklıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

İRİS GÖRÜNTÜLERİNİ ANALİZ EDEREK KİMLİK TANIMA

Yrd. Doç. Dr. Tolga AYDIN danışmanlığında, Zeinab SAEEDNIA tarafından hazırlanan bu çalışma 27/05/2015 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak **oybirliği (3/0)** ile kabul edilmiştir.

Başkan : Yrd. Doç. Dr. Tolga AYDIN

İmza

Üye : Yrd. Doç. Dr. Gülşah TÜRÜKLÜ ÖZYER

İmza

Üye : Yrd. Doç. Dr. Ahmet DURLU

İmza

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu 09.07.2015 tarih ve 27.919 nolu kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Ertan YILDIRIM
Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

İRİS GÖRÜNTÜLERİNİ ANALİZ EDEREK KİMLİK TANIMA

Zeinab SAEEDNİA

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Tolga AYDIN

Modern yaşamın ve artan teknoloji kullanımının beraberinde getirdiği önemli gereksinimlerden biri bilgi güvenliğidir. Bilgi güvenliği için kullanılan kimlik doğrulama işleminin en hızlı ve güvenli yolu biyometrik temellidir. Biyometrik sistemler kişinin sadece kendisinin sahip olduğu, değiştiremediği ve diğerlerinden ayırt edici olan, fiziksel veya davranışsal bir özelliğinin tanınması ile çalışmaktadırlar. Bu tez kapsamında kişiler arasında yüksek derecede ayırt ediciliğe sahip olması, görüntüsünün elde edilmesinin kolaylığı, kişinin yetişkinlik hayatı boyunca değişmezliği gibi nedenlerden dolayı en güvenilir biyometrik özniteliklerden biri olan iris tanıma sistemleri ile ilgili çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, CASIA veritabanlarından alınan imgelerden iris bölgesi sınırlarının elde edilebilmesi için, irisin iç ve dış sınırları belirlenir. Analiz sırasında istenmeyen kısımları yok edebilmek için Gamma fonksiyonu, kenar haritasını oluşturmak için Canny kenar bulma algoritması ve irisin dairesel yapıda olduğu kabul edilerek dairesel Hough dönüşümü kullanılmaktadır. Karşılaştırma yapılabilmesi için bulunan iris bölgesi Daugman'ın lastik levha modeli kullanılarak sabit boyutlu bir yapıya dönüştürülmüştür. Öznitelik çıkarma işleminde, görüntüdeki belirgin ve ayırt edici özellikleri elde edebilmek için 1D Haar Dalgacık Dönüşümü ve Log-Gabor Dalgacığı kullanılarak her birinin avantaj ve dezavantajları, ayrıca doğruluk ve çalışma zamanları karşılaştırılmıştır. Son olarak eşleştirme için Hamming uzaklığı kullanılmıştır. Bu tez çalışmasında kullanılan algoritmalar, Matlab yazılımı ile gerçekleştirilerek 249 kişinin farklı iris örneği kullanılmıştır.

2015, 101 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Biyometrik Tanıma, İris Tanıma, Bölütleme, Öznitelik çıkarma, Eşleştirme

ABSTRACT

Master Thesis

IDENTIFICATION BY ANALYSING IRIS IMAGES

Zeinab SAEEDNIA

Atatürk University
Institute of Applied Sciences
Department of Computer Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Tolga AYDIN

Information security is one of the important requirements imposed by modern life and increased usage of technology. The fastest and safest way for the authentication process for information security is biometric based. Biometric systems work with the recognition of a physical or behavioral characteristics that is owned by a particular person, can not be changed and has distinguishing properties from others. In this thesis, studies have been implemented for iris recognition systems, one of the most reliable biometric characteristics, since (1) it has high discriminating properties, (2) capture of iris images is easy and (3) iris images do not vary during the life time of human beings. In the study, images taken from CASIA database are used and inner-outer borders of iris are determined. During the analysis, Gamma function is used to destroy the unwanted parts; Canny edge detection algorithm is used to generate the edge map and Hough transform is used assuming iris to be in circular structure. The iris region is then converted into a fixed-dimensional structure by using Daugman's Rubber Sheet model. During feature extraction phase, in order to obtain prominent and distinctive features in the image, 1D Haar wavelet transform and Log-Gabor wavelet are used. Their respective advantage and disadvantages, accuracy and running time parameters are elaborated. Finally, Hamming distance is used for matching phase. Algorithms employed in this thesis were developed with Matlab software and 249 different iris samples were used to test the system.

2015, 101 pages

Keywords: Biometrics Recognition, Iris Recognition, segmentation, feature extraction, matching

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans tezimin belirlenmesi ve tamamlanması aşamalarında öncelikle tezimi değerlendiren, yardımlarını eksik etmeyen ve her türlü ilgi ve desteğini esirgemeyen danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Tolga AYDIN'a teşekkürlerimi sunarım.

Bu süreçte bana hep destek ve moral veren, yardımlarını hiç esirgemeyen, yüksek lisansı bitirmemi benden çok isteyen ve bitirdiğimde benden daha çok sevineceklerini düşündüğümde çalışma azmimi kazandıran sayın aileme, her koşulda yanımda olan, stresli zamanlarımda beni yatıştırmaya ve moral vermeye çalışan, ve sıkıştığım da hep yanımda bulduğum sevgili eşim Akbar SAEEDNIA'ya ve tüm arkadaşlarıma en derin sevgi ve saygılarımı sunarım.

Zeinab SAEEDNIA

Mayıs , 2015

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Biyometrik Sistemler.....	3
1.1.1. Biometrik tanıma sistemlerinin çalışma yöntemi.....	3
1.1.2. Biometrik sistemlerin çalışma prensipleri.....	4
1.1.3. Biyometrik sistemlerin avantajları.....	5
1.1.4. Biyometrik sistemlerin dezavantajları.....	5
1.1.5. Biyometrik sistemlerin çeşitleri.....	6
2. KURAMSAL TEMELLER.....	8
2.1. İrisin Yapısı.....	8
2.2. İris Tanıma Sistemi.....	10
2.3. İris Tanıma ile İlgili Literatürdeki Çalışmalar.....	11
2.4. İris Tanıma Sistemin Aşamaları.....	14
2.4.1. Görüntünün alınması.....	14
2.4.2. İris bölütleme.....	15
2.4.2.a. Görüntü ön-işleme teknikleri.....	16
2.4.2.b. Görüntünün filtrelenmesi.....	17
2.4.2.c. Kenar bulma teknikleri.....	18
2.4.2.d. Segmentasyon.....	19
2.4.3. Normalizasyon.....	20
2.4.3.a. Daugman'ın lastik levha (rubber sheet) modeli.....	21
2.4.4. İris görüntüsünün özneliklerinin çıkarılması.....	22
2.4.4.a. Log-gabor süzgeçleri.....	22

2.4.4.b. Haar dalgacığı.....	23
2.4.5. Eşleştirme	25
2.4.5.a. Hamming mesafesi	25
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	27
3.1. Materyal.....	27
3.1.1. Veri toplama	27
3.1.2. İris sınırlarının bulunması için yapılan çalışmalar	28
3.1.2.a. İris iç sınırı belirlemesi	28
3.1.2.b. İris dış sınırı belirlemesi	31
3.1.3. Normalizasyon işlemi için yapılan çalışmalar.....	34
3.1.4. Öznitelik işlemi için yapılan işlemler.....	37
3.1.4.a. Log-Gabor	37
3.1.4.b. Haar dalgacığı.....	38
3.1.5. Eşleştirme işlemi için yapılan işlemler.....	39
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	42
4.1. Analiz Çalışmaları.....	42
4.1.1. Veri toplama	42
4.1.2. İris bölütleme.....	42
4.1.3. Normalizasyon.....	47
4.1.4. Öznitelik çıkarımı	47
4.1.4.a. Log-Gabor	47
4.1.4.b. Haar dalgacığı.....	48
4.1.4.c. Kullanılan iki yöntemin karşılaştırılması	51
4.1.5. Eşleştirme	53
4.2. Programın Çalıştırılması.....	54
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	58
KAYNAKLAR	61
EKLER.....	64
EK 1.....	64
ÖZGEÇMİŞ	89

KISALTMALAR DİZİNİ

ARP	: Açısal Radyal Parçalama
CASIA	: Çin Akademisi Otomasyon Bilim Enstitüsü
EHO	: Eşit Hata Oranı
FAR	: Yanlış Kabul Etme Oranı
FRR	: Yanlış Reddetme Oranı
GFC	: Genel Özelliği Temel Alan Sınıflama
HKO	: Hatalı Kabul Oranı
HM	: Hamming Mesafesi
HRO	: Hatalı Ret Oranı
LFC	: Sınırlı Özelliği Temel Alan Sınıflama
MATLAB	: Matris Laboratuvarı
ROC	: Alıcı İşletim Karakteristiği

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Bilgi gizliliği.....	1
Şekil 1.2. Kişi tanıma.....	2
Şekil 1.3. Biyometrik sistemin çalışma prensibi.....	3
Şekil 1.4. Biometrik sistemlerin iki çeşit çalışma prensipleri karşılaştırma işlemi	4
Şekil 1.5. HRO, HKO eğrileri.....	6
Şekil 1.6. Biyometrik karakteristikler	7
Şekil 2.1. Gözün yapısı	8
Şekil 2.2. Gözün anatomik yapısı	8
Şekil 2.3. İrisin üzerindeki bölgeler ve geometrik şekiller	9
Şekil 2.4. (a) CASIA tarafından geliştirilen iris kamerası (b) CASIA veritabanından örnek bir göz imgesi	15
Şekil 2.5. Daugman'ın lastik levha (rubber-sheet) modeli	22
Şekil 2.6. Gabor filtreleri ve log-Gabor filtrelerin bir frekans tepkisi profilleri.....	23
Şekil 2.7. Haar dalgacığı.....	24
Şekil 3.1. a) CASIA veritabanından alınmış orijinal imge örnekleri, b) Gamma fonksiyonunun uygulanmış hali.....	29
Şekil 3.2. a) Tahmin ettiğimiz gözbebeğinin yeri, b) görüntü üzerinde ters alma işlemi uyguladıktan sonra, c) delikleri doldurduktan sonra, d) objeleri büyütmüş hali, e)canny algoritması uygulanmış ve gözbebeğinin kenarları bulunmuş hali	30
Şekil 3.3. Gözbebeği sınırları çizilmiş göz resmi	31
Şekil 3.4. a) CASIA veritabanından alınmış orijinal imge örneği, b) Histogram Equalization fonksiyonu uygulandıktan sonra, c) Adaptif Histogram Equalization fonksiyonu uygulandıktan sonra	32
Şekil 3.5. a) Canny algoritması uygulandıktan sonra, b) optimum ve daha iyileşmiş canny algoritması uygulandıktan sonra	33
Şekil 3.6. İrisin iç ve dış sınırı belirlenmiş hali	33
Şekil 3.7. Kartezyen–Polar koordinat dönüşümü	34

Şekil 3.8. Aynı merkez noktaya sahip olmayan iris ve gözbebeği görüntüsü ve görüntünün normalizasyon işlemiyle dairesel formdan sabit boyutlu dikdörtgen forma dönüştürülmesi.....	36
Şekil 3.9. İris imgesinin normalize edilmiş halı	36
Şekil 3.10. İris imgesi özneliklerinin Log–Gabor yöntemi kullanarak kodlaması	37
Şekil 3.11. Özellik kodlama işleminin bir örneği	38
Şekil 3.12. İris imgesi özneliklerinin Haar dalgacığı yöntemi kullanarak kodlaması ..	39
Şekil 3.13. Hamming uzaklığı yönteminde bit kaydırma işlemi	40
Şekil 4.1. a) Sütunları topladıktan sonra, b) Gaussian fonksiyonu uyguladıktan sonra, c) Findpeaks fonksiyonunu kullanarak bulduğumuz iki pik (peak)	43
Şekil 4.2. a) Tahmin ettiğimiz gözbebeğinin yeri üzerinde ters alma işlemi uyguladıktan sonra, c) delikleri doldurduktan sonra, d) objeleri büyütmüş hali, e)canny algoritması uygulanmış ve gözbebeğinin kenarları bulunmuş hali	44
Şekil 4.3. İris iç sınırının çizilmiş hali	44
Şekil 4.4. Canny algoritması uygulandıktan sonra, optimum ve daha iyileşmiş canny algoritması uygulandıktan sonra.....	45
Şekil 4.5. Log-Gabor yönteminin ROC eğrisi	47
Şekil 4.6. Adaptive Histogram Equalization fonksiyonu uyguladıktan sonra	48
Şekil 4.7. Her sinyalin 7 seviyede elde edilen yaklaşık ve detay vektörleri.....	50
Şekil 4.8. Haar dalgacık yönteminin çeşitli ayrıştırma aşamaları ve bileşiklerinin ROC eğrisi	51
Şekil 4.9. Haar ve Log-Gabor yöntemlerinin karşılaştırılması.....	52
Şekil 4.10. Haar ve Log-Gabor yöntemlerinin çalışma zamanının karşılaştırılması	52
Şekil 4.11. Haar ve Log-Gabor yöntemlerinin doğruluk karşılaştırması.....	53
Şekil 4.12. Programın çalıştırılmasının ilk aşaması.....	55
Şekil 4.13. Programın çalıştırılmasının ikinci aşaması.....	55
Şekil 4.14. Sistemin ürettiği çıktılar	57

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Biyometrik tanımda kullanılan özellikler	7
Çizelge 2.1. İris tanıma sistemleri ve tanıma performans sonuçları (FAR–Yanlış Kabul etme oranı/FRR–Yanlış reddetme oranı).....	14



1. GİRİŞ

İnsanın fizyolojik ihtiyaçlarından sonra en önemli ihtiyacı güvenlidir. Modern yaşamın ve artan teknoloji kullanımının beraberinde getirdiği önemli gereksinimlerden biri bilgi güvenliğidir. Kriptoloji biliminden ya da herhangi bir güvenlik sisteminden bahsedilirken, bilginin gizliliği kavramından söz edilir. Mevcut bilginin her yıl katlandığı, giderek daha stratejik ve ekonomik bir değer kazandığı günümüzde ulusal, kişisel, kurumsal bilgilerin güvenliğinin sağlanması büyük önem taşımakta, bilgileri güvenli bir ortamda tutabilmek için ve bu bilgiyi kullanmak, geliştirmek, saklamak, korumak için büyük çabalar ve paralar harcanmaktadır.



Şekil 1.1. Bilgi gizliliği

Son yıllarda bilgi teknolojilerinde yaşanan hızlı gelişmeler ve oluşturulan yeni uygulamalarda bireysel kullanım güvenliğinin gerekli oluşu, kişiye özgü akıllı kişi tanıma sistemlerinin önemini artırmıştır. Kişi tanıma sistemlerinin ortak amacı, bilgisayar, cep telefonu, ATM gibi cihazların veya belirli bir yere erişimi sağlayan geçişlerin (örneğin bina veya oda kapısı) sadece yetkili kişi tarafından kullanılmasını sağlamaktır. Kişi tanıma sistemi, ancak yetkili kişinin sahip olduğu bilgiye bakarak tanıma yapan sistemdir.



Şekil 1.2. Kişi tanıma

Bunlara bakıldığında gizliliğin en kritik noktalarından birinin, yalnızca yetki verilmiş kişiler tarafından bilgiye erişilmesi olduğu açıktır. Kişi tanıma aynı zamanda bir güvenlik aracı olarak kullanılmaktadır. Bilgi güvenliği için kullanılan kimlik doğrulama işlemi genel olarak bilgi temelli, aidiyet temelli ve biyometrik temelli olmak üzere üç farklı şekilde incelenebilir.

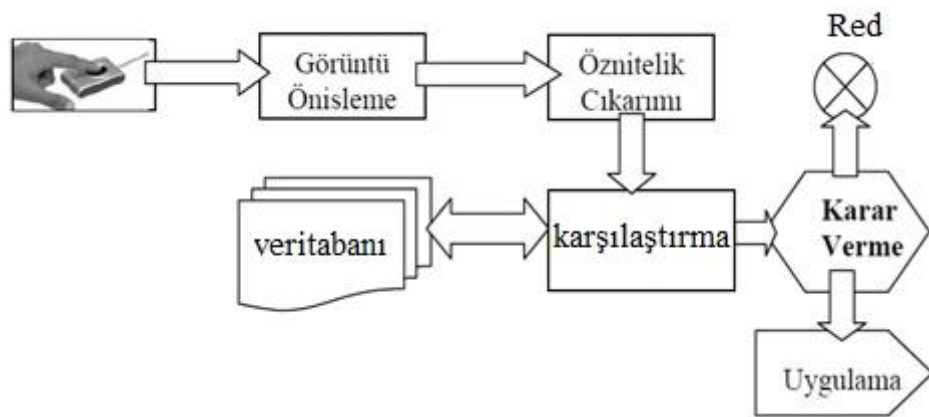
Bilgi temelli kimliklendirmede kullanıcıların belirli bilgilere sahip olması gerekir. Bu tip sistemlerin en önemli dezavantajı kullanıcının şifre-bilgilerini unutmasının ya da bu bilgilerin bir başkası tarafından elde edilmesinin kolay oluşudur. Kimlik doğrulamanın diğer bir çeşidi olan aidiyet temelli kimliklendirmede; kullanıcılar kendileri ile eşleşen bir objeye sahiptirler. Bu obje genelde manyetik kart, rozet veya anahtardır. Bu çeşit sistemlerde de kişinin sözkonusu objeyi unutması, kaybetmesi, çaldırması ihtimali bir dezavantaj yaratmaktadır. Biyometrik temelli kimliklendirme sistemlerinde kullanıcı sisteme kendisine ait olan ve üzerinde her daim taşıdığı bir fizyolojik özelliğini veya bir davranışsal özelliğini kullanarak giriş yapar. Kullanıcı bu şekildeki bir sisteme giriş yapmak istediğinde, sistem tarafından kullanıcının uygun biyometrik bilgisi alınır. Alınan bu bilgi aynı kişiden alınıp veritabanına kaydedilmiş biyometrik bilgi ile karşılaştırılır. Karşılaştırma sonucu doğru ise aynı kişinin kimlik doğrulandırılması gerçekleştirilmiş olur (Şamlı ve Yüksel 2009).

1.1. Biyometrik Sistemler

Biometrik, insan tanımlamadır. Biyometrik kelimesi “bio” (yaşam) ve “metron” (ölçüm) kelimelerinden türemiştir ve biyolojik veriyi ölçme ve istatistiksel olarak analiz etme bilimidir. Biyometrik sistemler şifre yaklaşımının aksine kişinin bildiği bir bilgi veya taşıdığı bir objeyle değil; kişinin sadece kendisinin sahip olduğu, değiştiremediği ve diğerlerinden ayırt edici olan, fiziksel veya davranışsal bir özelliğinin tanınması ile çalışmaktadırlar. Biometrik bilgiler; kaybolmamak, unutulmamak ve bir başkası tarafından kullanılmamak gibi özelliklerinin yanı sıra taklit edilememesi gibi çok önemli olan bir özelliğe de sahiptir.

1.1.1. Biyometrik tanıma sistemlerinin çalışma yöntemi

Önce kayıtlı bir imge alınır. Bu imge dijital koda çevrilir. Bu kod da gerekirse yapılan işleme göre şifrelenir ve bilgisayara kaydedilir. Daha sonra kullanıcı herhangi bir cihaz aracı ile kendini sisteme tanıtır. Girilen kod, sistemde kayıtlı bulunan kodlarla karşılaştırılır. Gereken yüzde yakalandığında şahıs tanınır ve işlem için onay verilir.



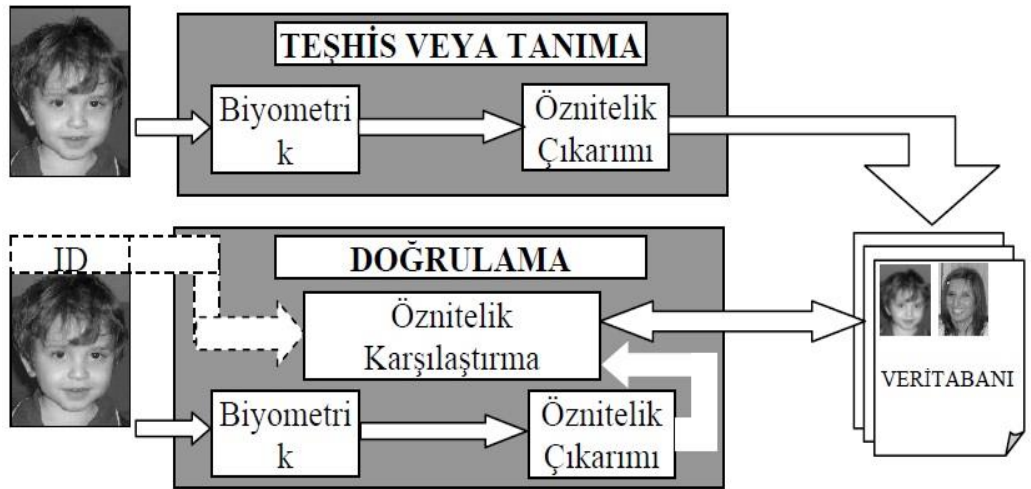
Şekil 1.3. Biyometrik sistemin çalışma prensibi

1.1.2. Biyometrik sistemlerin çalışma prensipleri

Biyometrik sistemlerin güvenilir olmalarının yanı sıra pratik olmaları da gerekir ve bu yüzden kişileri hangi yöntemlerle tanıdıkları da önemli bir etkidir. Bu yöntemlere örnek olarak aşağıdakiler verilebilir:

Teşhis prensibi: Bu prensibe göre, kullanıcıdan elde edilen biyometrik veri, sisteme sunulur ve sistem bu bilgiyi, tüm veri tabanındaki verilerle karşılaştırarak, bu verinin kime ait olduğu bulunmaya çalışılır. Bu sistemlerde çıkış verisi, bulunan kullanıcının kimliğidir. Eğer böyle bir kullanıcı veri tabanında yoksa sistem çıkışında kayıt bulunamadı şeklinde bir çıkış alınmaktadır.

Doğrulama prensibi: Bu prensibe göre bir kimse sisteme kimliğini girer. Sistem bu kimsenin gerçekten girilen kimliğin sahibi olup olmadığını, o kimliğe ait olan kayıtları inceleyerek karar vermeye çalışır. Bu sistemlerde çıkış verisi doğru-yanlış şeklinde olmaktadır.



Şekil 1.4. Biyometrik sistemlerin iki çeşit çalışma prensipleri karşılaştırma işlemi

1.1.3. Biyometrik sistemlerin avantajları

- Kişinin kendisi dışında ek bir donanım, yazılım, şifre, araç kullanmak zorunluluğunun olmaması, ve çalınma, unutulma, kaybolma gibi tehlikelerin yok denecek kadar azalması.
- Kesin olarak kimlik tespiti yapmaktadır.
- 1 saniyeden daha kısa sürede yaptığı tanımlama esnasında aynı zamanda canlılık testi de yapılır.

1.1.4. Biyometrik sistemlerin dezavantajları

- Biyometrik güvenlik sistemleri genelde ek maliyet gerektirir.
- Kullanımları bazen uzmanlık gerektirir.
- Biyometrik bilgiler ele geçirildiği anda yenilenmesi sözkonusu olmadığından geçerliliği kalmaz (Bolle *et al.* 2004).

Aşağıdaki gereksinimleri karşıladığı sürece insanın fizyolojik veya davranışsal karakteristiği, biyometrik karakteristik olarak kullanılabilir:

- Evrensellik : Her insan bu karakteristiğe sahip olmalıdır.
- Ayırdedicilik: Herhangi iki insan aynı karakteristikte yeterince farklı olmalıdır.
- Süreklilik: Karakteristik belli bir zaman dilimi içinde yeterince değişmez olmalıdır.
- Ölçülebilirlik: Karakteristik ölçülebilir olmalıdır (Tekyıldız 2011).

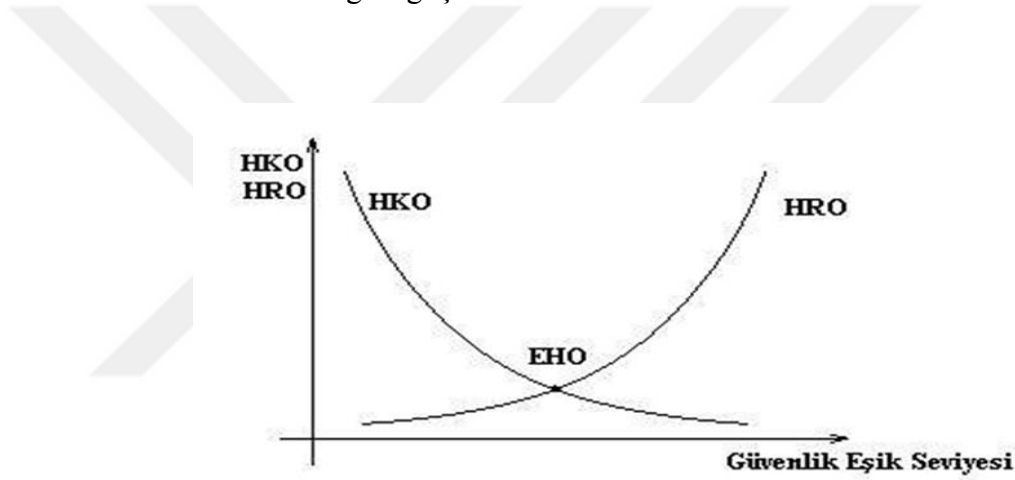
Biyometrik sistemlerde başarımlar oranları ise yapılan iki tür hatanın tespiti ile belirlenmektedir. Bunlar:

- Hatalı Ret (Tip 1 hata) : Yetkili bir kullanıcıya ait biyometrik bilginin sistem tarafından veritabanındakilere yeterince benzer bulunmaması durumudur.
- Hatalı Kabul (Tip 2 hata) : Yetkili olmayan bir kullanıcının sistem tarafından üye

olmuş olarak kabul edilmesidir.

Hatalı ret ve kabul sayıları belirli bir sayıdaki yetkili ve yetkili olmayan kişi ile yapılan denemeler sonucu elde edilir ve yüzde oranları biçimden ifade edilir. Bu oranlar Hatalı Ret Oranı (*HRO, False Rejection Rate - FRR*) ve Hatalı Kabul Oranı (*HKO, False Acceptance Rate - FAR*) olarak isimlendirilir (Gürkan 2005; Kakıcı 2008).

Sistem birden fazla güvenlik eşik seviyesini destekliyorsa bu değere bağlı olarak sistemin HRO ve HKO grafiği çizilebilir.



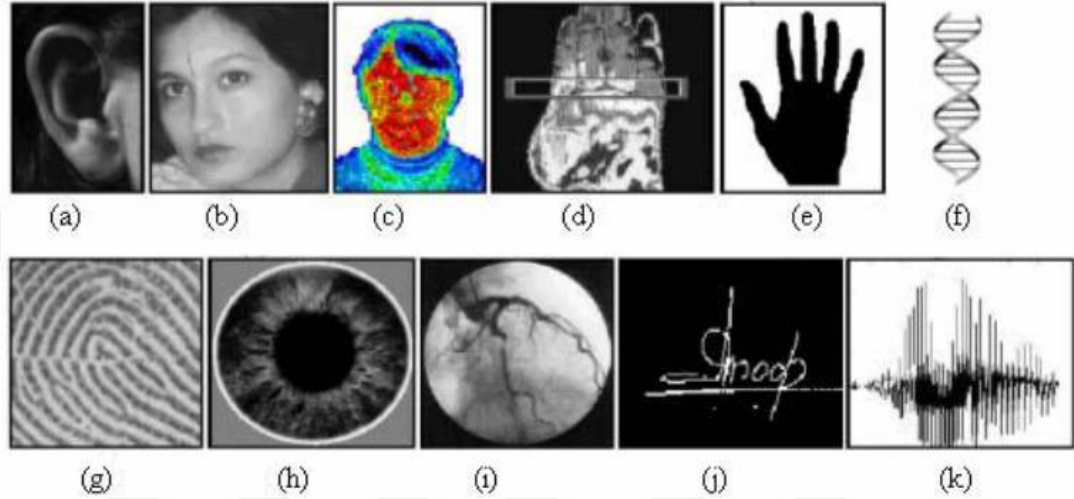
Şekil 1.5. HRO, HKO eğrileri

HKO ve HRO eğrilerinin kesiştiği noktadaki hata oranı Eşit Hata Oranı (EHO) olarak isimlendirilir. Bu değer sistemin ne kadar kesin bir karar verebildiğinin bir göstergesidir. Örneğin EHO değerleri %1 ve %10 olan iki sistemden birincisinin daha kesin karar verdiği söylenebilir (Gürkan 2005; Çiçek 2011).

1.1.5. Biyometrik sistemlerin çeşitleri

Biyometrik sistemler, fiziksel (pasif) ve davranışsal (aktif) biyometrik sistemler olmak üzere temelde 2 gruba ayrılır. Fiziksel biyometrik sistemler; parmakizi, el geometrisi,

yüz, ses, iris ve retina gibi kişide bulunan sabit fiziksel özellikler üzerine kurulmuştur. Davranışsal biyometrik sistemler ise; imza, yazı dinamiği, konuşma esnasındaki dudak hareketleri, yürüyüş şekli tanıma gibi belli bir zamanda belli amaçlar için gerçekleştirilmiş davranışlar üzerine kurulmuştur (Şamlı ve Yüksel 2009).



Şekil 1.6. Biyometrik karakteristikler

a) Kulak b) Yüz c) Yüz Isı Dağılımı d) El Isı Dağılımı e) El Geometrisi f) DNA g) Parmak İzi h) İris i) Retina j) İmza k) Ses

Biyometrik alanında kullanılan genel fizyolojik ve davranışsal özellikler aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir.

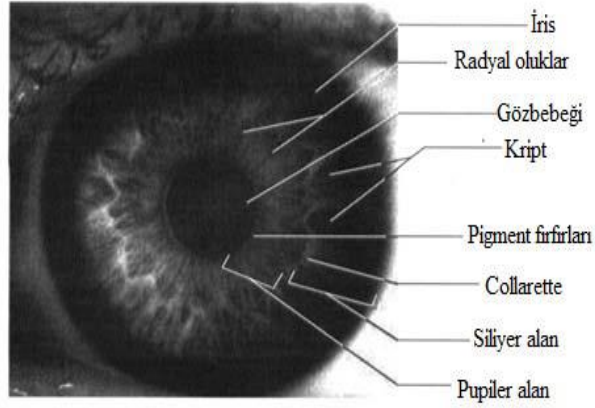
Çizelge 1.1. Biyometrik tanımda kullanılan özellikler

Sık Kullanılan Biyometrikler	
Fizyolojik	Davranışsal
İris	Ses
Parmakizi	El Yazısı ve İmza
Yüz	
El Geometrisi	

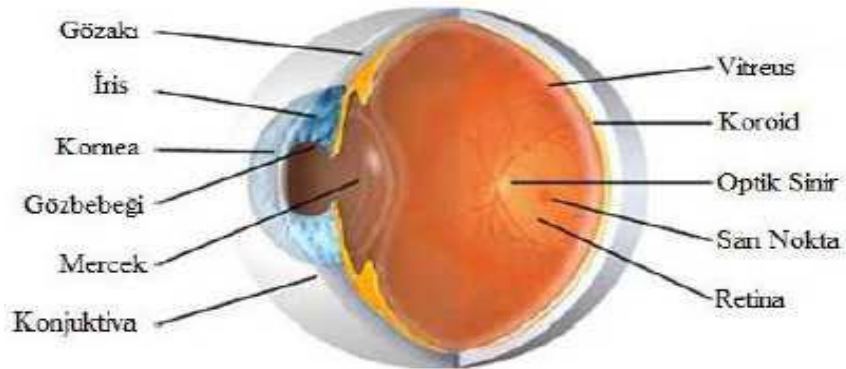
Az Sıklıkta Kullanılan Biyometrikler	
Fizyolojik	Davranışsal
Retina	Yürüyüş
Kulak Şekli	Dudak Hareketi
DNA	
Termogram(Isı)	

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1. İrisin Yapısı



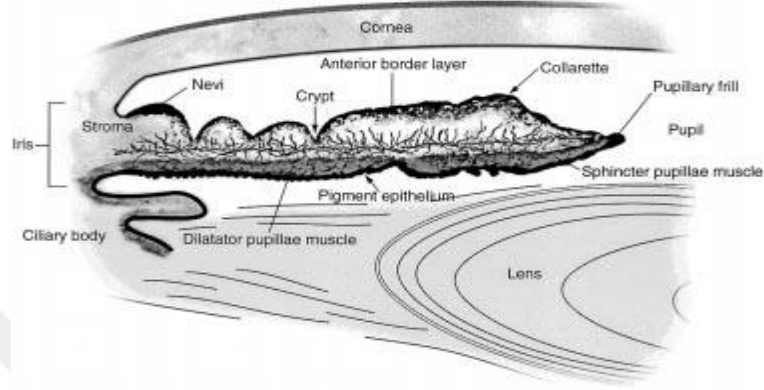
Şekil 2.1. Gözün yapısı



Şekil 2.2. Gözün anatomik yapısı

İris, gözbebeğinin önünde bulunan daire şeklinde, göze rengini veren renkli tabakadır. Asıl görevi içerdiği kaslarla hareket ederek gözbebeğinin büyüklüğünü ayarlamaktır. İrisin ortalama çapı 12mm'dir ve gözbebeğinin boyutu irisın çapının %10'undan %80'ine kadar değişebilir. Gözbebeği tam olarak irisın merkezinde değildir, hafifçe daha aşağıdadır (Durmuş 2010; Yıldız ve Baykan 2011).

İrisin desen tanıma uygulamaları için ne kadar zengin özelliklere sahip olduğunu anlamak için irisi yapısal olarak daha detaylı incelemek gerekir.



Şekil 2.3. İrisin üzerindeki bölgeler ve geometrik şekiller

İrisin renk ve yapı olarak insandan insana yüksek oranda farklılık gösterdiği bulunmuştur. İrisin oluşumu, embriyonik hayatın üçüncü ayında başlar. İrisin belirli kısımları bebeğin anne karnında gelişim sürecinde tamamen oluşmuş haldedir ve ölüme kadar aynı kalır. Bunun yanında bazı kısımlar bebeğin iki yaşına erişmesine kadar değişebilmektedir (Durmuş 2010).

İristeki benzersiz örüntülerin oluşumu rastgeledir ve herhangi bir genetik etkene bağlı değildir. Genetiğe bağlı olan tek karakteristik, irisin rengini de belirleyen pigmentasyondur. İris örüntülerinin epigenetik doğasından dolayı, aynı bireyin sağ ve sol gözü birbirinden tamamen farklı iris örüntüleri içerir ve özdeş ikizler de bağıntısız iris örüntülerine sahiptirler. Biyometrik açıdan bakıldığında irisin bir diğer ilginç özelliği de dinamik bir yapıya sahip olmasıdır. İriste bulunan kasların karmaşık etkileşimi sayesinde gözbeğinin çapı düşük seviyeli sabit osilasyonlar yapar. Bu hareketlilik bir canlılık örneğidir. Ayrıca irisin ışığın şiddetine çok hızlı bir şekilde cevap vermesi (birkaç yüz milisaniye civarında kasılma hızı) bu dinamikliliğin iyi bir göstergesidir (Koçer 2007).

İrisin yapısal olarak her insanda farklı ve yaşa bağlı olarak zamanla değişmeyen bir özellikte olduğu farklı kaynaklar tarafından iddia edilmektedir. İlki klinik gözlemlerdir. Çok fazla sayıda göz deseni üzerinde yapılan çalışmalarda, anatomist (Adler 1965) ve oftalmojistler (Flom and Safir 1987), bir insanın sağ ve sol gözünün bile çok farklı yapıda olduğunu gözlemlemişlerdir.

2.2. İris Tanıma Sistemi

Otomatik iris tanıma sistemlerinin tasarım özellikleri teknik olarak dört kısma ayrılabilir. İlk kısımda görüntü elde etme işlemi yapılır. Bunun için genellikle optik tarayıcılar veya kameralar kullanılır. İkinci kısım elde edilen görüntü üzerinde lokalizasyon (belirli bir bölgenin alınması) yapılması ile ilgilidir. Görüntü içerisinde iris bölgesi tespit edilerek resimden ayrıştırılır. Üçüncü kısımda ise elde edilen yeni iris deseninin öznelik çıkarımı işlemi yapılır ve elde edilen sayısal değer veritabanına kaydedilir. Son aşamada ise giriş iris bilgisi önceden kaydedilmiş olan iris bilgileriyle karşılaştırılır ve karar verme işlemi yapılır (Daugman 1993).

Son yıllarda irisin biyometrik tanıma amacıyla çok sık tercih edilmesinin birçok sebebi vardır. Bunlar;

1. İrisin kişinin doğumundan itibaren bir yaşında tam olarak belirgin hale gelmesi ve ölümüne kadar değişmemesi;
2. İris deseninin ayırt edici özelliklerinin diğer biyometrik tekniklere göre çok daha fazla olması (Aynı iris desenine sahip olma olasılığı 1/1078 dir.);
3. İris deseninin oldukça yüksek rastgeleliğe sahip olması;
4. Irk, cinsiyet, renk gibi demografik özelliklerden etkilenmemesi;
5. Gözün, insan yaşamını yitirmesinin ardından canlılığını en çabuk (3 sn) kaybeden organ olması.
6. İris tanıma sisteminde görüntü alınırken herhangi bir temas olmadan kolayca alınabilmesi;

7. Yapılan çalışmalarda iris tanıma sistemlerinin başarı oranlarının %100'e çok yakın değerlere ulaşması;
olarak sıralanabilir (Koçer 2007).

Biyometri için iris kullanımı bazı dezavantajlara da sahiptir;

- Uzaktan imgesinin elde edilebilmesi için oldukça küçüktür.
- Hareket eden bir hedeftir.
- İris ıslak, yansıtıcı ve eğimli bir yüzey olan korneanın arkasında bulunduğu için elde edilen imgelerde optik bozulma olabilmektedir.
- İrisin gözbebeği çapının değişmesi ile oluşan şekil bozulmaları elastik değildir.
- İris, göz kapağı, kirpikler ve korneadan gelen yansımalar ile engellenmektedir (Bulut 2011).

İris tanıma sistemleri; karakollar, havaalanları vb. güvenlik gerektiren noktalarda kullanılmaktadır. Ayrıca üniversiteler, şirketler, kuruluşlar personel ve öğrenci takibi için bu sistemi kullanmaktadır (Çiçek 2011).

2.3. İris Tanıma ile İlgili Literatürdeki Çalışmalar

Literatürde iris tanıma ile ilgili yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. İris tanıma ile ilgili ilk çalışma oldukça eski olup, 1880'de Fransız fizikçi Albert Bertillon tarafından yapılmıştır. Bertillon suçluların biyometrik özelliklerinden yakalanabileceğini, göz renginin ve deseninin de ayırt edici olabileceği fikrini ortaya atmıştır (Gürkan 2005).

Flom and Safir (1987) adlı iki göz uzmanları tarafından insanların irisleri ile ayırt edilebileceği kanıtlanmıştır. Patentli olan bu çalışma iris deseninin her insan için tek olduğunu ortaya koymuştur.

Daugman (1993) iris tanıma konusunda bir algoritma öneren ilk kişidir. Önışleme adımında irisin iç ve dış sınırları bulunur. Tümlleşik-türev operatörü kullanılarak irisin merkezi ve çapı, sonra da türev operatörleri kullanılarak gözbebeği belirlenir, iris bölgesinin belirlenmesi amacıyla Hough dönüşümü ve bu dönüşümün bir çeşidi olarak bilinen integrodiferansiyel operatör kullanılmıştır. Alt ve üst kirpik yaylarının tespiti için parabolic Hough dönüşümü algoritması kullanılmıştır. Bulunan iris bölgesi kartezyenden kutupsal koordinatlara dönüştürölür. Öznitelik çıkarımında, değiştirilmiş karmaşık değerli 2-B Gabor dalgacıkları kullanılır. Bu uygulama sonucunda “iriscode” diye adlandırılan 2048 bit (256 byte) uzunluğunda bir iris vektörü elde edilmiştir. Eşleşirme için, mantıksal XOR işlemini kullanan Hamming Mesafesi (HM) hesaplanır ve mükemmel eşleşme için HM sıfır olmalıdır. Algoritma %99.9’dan daha büyük bir doğruluk verir. Ayrıca iris tanıma için gereken zaman 1 saniyeden daha kısadır.

Wildes (1997) iris lokalizasyonu için kenar belirleme ve Hough dönüşümü yöntemlerini kullanmıştır. Wildes, Gauss süzgeçlerinin Laplace’ının imge verisine uygulanmasından türetilen, yön bağımsız bant-sınırlı ayırıştırmaı kullanmaktadır. Daugman gibi Wildes de irisin sınırlarına karşılık gelen kenarların yerini bulmak için imge yoğunluğunun ilk türevini kullanmaktadır. Wildes’in sistemi alt ve üst gözkapaklarını parabolik eğriler olarak modellemektedir. Öznitelik çıkarımı aşamasında, Laplas piramidi olarak adlandırılan ve görüntüye önce Gauss filtresi uygulanması, daha sonra yeni görüntünün Laplas fonksiyonunun alınması şeklinde geliştirilen algoritmayı uygulamıştır. Wildes’in prototip sistemi, 520 iris imgesinde kusursuz performans sergilemektedir.

Boles *et al.* (1998) tek boyutlu dalgacık dönüşümleri ve sıfır geçiş temsilleri ile bir sınıflandırma yöntemi geliştirmişlerdir. Bu yöntemeye göre iris imgesi üzerinde kullanılabilir alanda tanımladıkları belirli bir kalınlık ve çaptaki sanal iris halkasındaki genlik değerlerini 256 elemanlı vektör haline dönüştürüp, bu vektöre çeşitli çözünürlükteki dalgacık dönüşümlerini uygulamışlardır. Daha sonra oluşan dalgacık dönüşümlerinin sıfır geçiş temsillerini kullanmışlardır. Boles’in sunduğu algoritmada, karar verme için temsiller arasındaki farklılık baz alınmaktadır. Hesaplanan farklılıklardan en küçüğü veren değerlerin aynı irisi temsil ettiğine karar verilir. Boles *et*

al. yayınladıkları çalışmalarında, 4 iris görüntüsünün tümünün doğru olarak tanındığını belirtmişlerdir.

Lim *et al.* (2001) iris imgelerinden öznitelik çıkarımı için Haar dalgacık dönüşümünü kullanmaktadırlar. 450x60 boyutlu imge üzerine Haar dönüşümünü 4 kez uygulayarak ve öznitelikleri birleştirerek 87-bitlik öznitelik vektörü elde etmektedirler. Bu öznitelik vektörü, iris imgesinin sıkıştırılmış temsilidir. Öznitelik vektörünün sınıflandırılması için; karşılık gelen ağırlık başlangıç vektörü oluşturulup, doğru eşleşme durumu taranmaktadır. Elde edilen tanıma oranı %98.4'tür.

Yu *et al.* (2002) karşılaştırma aşamasında fraksiyonlu fourier dönüşümü kullanarak iki iris bilgisinin benzerliğine bakmıştır. Yapılan uygulama sonuçları Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Chen *et al.* (2003) öznitelik analizi için tek boyutlu dalgacık dönüşümü yöntemini uygulamışlardır. İris bölgesi, belirli küçük kesimlere ayrılmaktadır ve buralardaki öznitelikler iris kodu olarak oluşturulmaktadır. Bu iris kodları, k-ortalama algoritması ve sinir ağları kullanılarak eşleştirilmektedir. Sonuçlar, tanımlı kişiler için %91.8 doğru eşleştirme, tanımsız kişiler içinse %100 red şeklindedir.

Masek (2003) yaptığı çalışmada iki farklı iris veritabanı ile iris tanıma gerçekleştirmiştir. Öznitelik çıkarımı için Gabor dalgacık dönüşümü, karşılaştırma aşamasında Hamming uzaklığı yöntemini uygulamıştır. Aldığı uygulama sonuçları Çizelge 2.1'de gösterilmiştir.

Sun *et al.* (2005) iki farklı sınıflandırma algoritmasını iris verileri üzerinde denemiştir. Bu algoritmalar yerel öznitelik tabanlı sınıflandırma (LFC–Local feature based classifier) ve genel öznitelik tabanlı sınıflandırma (GFC–Global feature based classifier) olarak alınmıştır. Yapılan testlere göre, iyi kalitede alınmış iris görüntüleri için önce LFC sonra GFC uygulanması daha iyi sonuç vermektedir. Buna karşılık kötü kalitede alınmış iris görüntüleri için önce GFC ardından LFC uygulanması daha iyi sonuç

vermiştir. Yaptıkları uygulamadan aldıkları doğrulama sonuçları Çizelge 2.1’de verilmiştir.

Miyazawa *et al.* (2006) karşılaştırma aşamasında faz tabanlı görüntü karşılaştırma algoritmasını kullanmışlardır. 108 kişiye ait iris görüntülerinin kullanıldığı uygulama sonuçlarına göre %0.0032 (FAR/FRR) doğrulama oranları elde etmişlerdir.

Çizelge 2.1. İris tanıma sistemleri ve tanıma performans sonuçları (FAR–Yanlış Kabul etme oranı/FRR–Yanlış reddetme oranı)

Araştırmacı	Yıl	Tanıma Yöntemi	Veritabanı	Performans
Daugman	1993	Hamming Uzak.	592 iris	(FAR)<0.0001 - (FRR) <0.0001
Boles <i>et al.</i>	1998	Benzersizlik fonk.	4 iris	%100
Lim <i>et al.</i>	2001	YSA (LVQ)	200 kişi	%94.4 (doğru sınıflandırma)
Yu <i>et al.</i>	2002	Fovrier Dönüşümü	10 kişi	%0.26 (FAR) - %1.79 (FRR)
Chen <i>et al.</i>	2003	K-Means	40 kişi	%3.67 (FAR) - %8.82 (FRR)
Masek	2003	Hamming Uzak.	756 iris 120 iris	%0.005(FAR) - %0.238(FRR) %0 (FAR) - %0(FRR)
Sun <i>et al.</i>	2005	Hamming Uzak.	306 kişi	%0.01(FAR)- %0.01(FRR)
Miyazawa <i>et al.</i>	2006	Faz tabanlı karş.	108 kişi	%0.0032 (FAR/FRR)

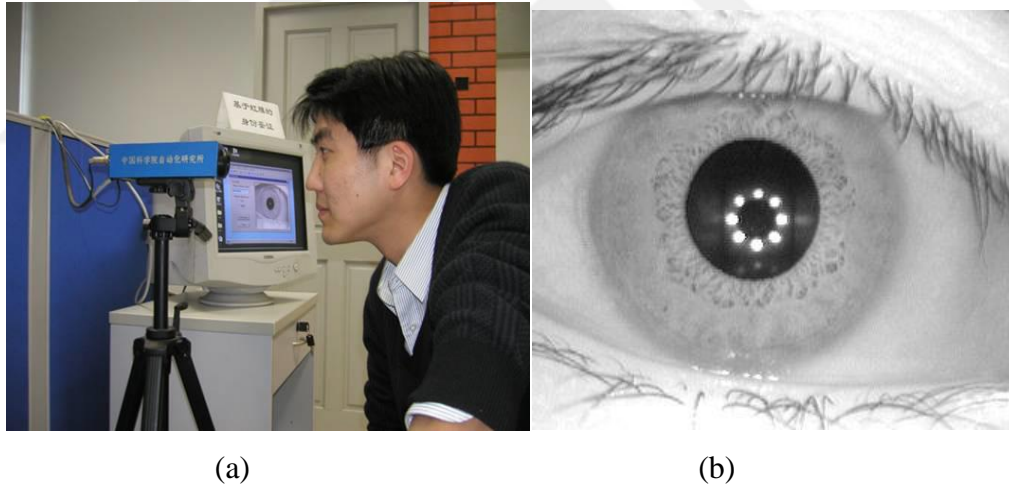
2.4. İris Tanıma Sistemin Aşamaları

2.4.1. Görüntünün alınması

İris tanıma sisteminin ilk aşaması, veri toplama aşamasıdır. Bu aşamada, iris resmi bir kamera ile alınır ve işlemek üzere veri tabanına kaydedilir. Kullanılacak kamera yakın mesafeden iris görüntüsünü, iris dokusunda veri kaybı olmadan alabilecek özellikte olmalıdır. En iyi iris görüntüsü kızılötesi ile aydınlatılarak çekilir. Göz kızılötesini algılayamaz, fakat kamera algılar. Bu sayede alınan farklı resimlerde göz bebeği büyüklüğü birbirine çok yakın olur (Manav 2010).

Otomatik iris tanıma sistemlerinde karşılaşılan temel zorluklardan biri de irisin görüntüsünün kişiye zarar vermeden elde edilmesidir. Bilindiği gibi, iris oldukça küçük

(yaklaşık 1 cm çapa sahip) ve karanlık bir nesnedir (Daugman 1993). Bununla birlikte insanlar gözleri konusunda oldukça hassastırlar. Bu nedenlerden dolayı iris görüntüsünün elde edilmesi oldukça dikkatli ve hassas bir teknik gerektirmektedir. Bu konu ile ilgili birçok endişe bulunmaktadır. İlk olarak, iris görüntüsünün tanımlama alanında kullanılabilmesi için yeterli çözünürlük ve keskinlikte olması istenir. İkinci olarak, kişiyi rahatsız edecek derecede yüksek seviyeli aydınlatmaya başvurulmadan iris deseninin yeterli netlikte ve kontrastta alınması önemli bir noktadır. Üçüncü husus ise kişiyi gereksiz yere zorlamadan iris görüntüsünün kamera karşısında en iyi şekilde çerçevelenmesinin gerekliliğidir. Tercihen kişinin gözünün, çenesinin veya diğer kısımlarının tarayıcı cihaza dokunmadan görüntünün yakalanması istenir. Bununla birlikte, merceksele yansımalar, optik yanılgılar gibi görüntünün net elde edilmesini engelleyen etkenler olabildiğince yok edilmelidir (Koçer 2007).



Şekil 2.4. (a) CASIA tarafından geliştirilen iris kamerası (b) CASIA veritabanından örnek bir göz imgesi

2.4.2. İris bölütleme

İris tanımanın ikinci aşaması, sayısal göz imgesi içindeki gerçek iris bölgesinin ayrılmasıdır. İris bölgesini bulabilmek için iris iç sınırını (iris-gözbebeği sınırı) ve iris dış sınırını (iris-gözakı sınırı) belirlemek gerekir. İris görüntüsü elde edilirken oldukça geniş bir bölgenin görüntüsü yakalanır. Bu görüntü içerisinde iris etrafındaki tüm

nesneler (göz kapağı, kirpikler v.s.) yer almaktadır. Göz kapakları irisin bazı bölgelerinin görünmesini engellemektedir. Bu yüzden, üst göz kapağının altındaki ve alt göz kapağının üst kısmındaki iris bölgesi alınmalıdır. Genellikle, yüksek kontrastlı görüntüdeki keskin ton farklılıkları belirlenerek kenar çizgileri işaretlenir. Bu kenar çizgilerinin alt ve üst kısımları gözkapağı tarafından engellenmiş haldedir. Göz bebeği kenar çizgileri daha zor tanımlanmaktadır. Göz bebeği ile pigmentli iris arasındaki kontrast farklılıkları çok az olduğundan dolayı ayırıştırma zor yapılıdır. Göz bebeği kenar çizgisi gibi göz kapağı derisinin renginin koyu olması da irisle gözkapağı arasındaki kontrast farklılığını azaltır. Göz kapağı sınır çizgisi, kirpiklerin yoğunluk durumuna göre düzensiz bir hal alabilir. Bütün bu etkenler göz önünde bulundurulduğunda, iris lokalizasyonunun oldukça dikkatli bir şekilde yapılması gerektiği görülmektedir (Daugman 1993, 2001, 2003).

Bölütlemenin başarısı, göz imgelerinin yakalanma kalitesine de bağlıdır. İris görüntüsünün hatalı bir şekilde bölütlenip kodlanması, oluşturulan biyometrik şablonları bozup düşük tanıma oranı sonuçlarına yol açacağı için, bölütleme aşaması, iris tanıma sisteminin başarısı için kritiktir.

2.4.2.a. Görüntü ön-işleme teknikleri

Görüntünün analizi sırasında karşılaşılabilecek bazı zorlukları (örneğin görüntüde yer alan gürültüler, görüntünün bulanık, çok parlak veya çok karanlık olması v.b.) ortadan kaldırmak ve analizi kolaylaştıracak iyileştirmelerin yapılabilmesi için kullanılan tekniklere “Görüntü ön-işleme teknikleri” denmektedir. Bunun için seçilen bir operatörün görüntüde yer alan tüm piksellere uygulanması gerekmektedir (Leondes 1998). Görüntünün ön işlenmesinde çoğunlukla filtreler kullanılır. Bunlardan en temel kullanılan filtreleme tekniklere değinelim (Koçer 2007).

2.4.2.b. Görüntünün filtrelenmesi

Görüntü işlemede filtre kullanımının en temel amacı, giriş görüntüsünde yer alan çeşitli tipteki gürültülerin yok edilmesidir. Gürültüler, görüntü elde edilirken oluşan ve analiz sırasında hatalara neden olan istenmeyen kısımlardır. Bununla birlikte, görüntüdeki yüksek veya düşük frekansların bastırılarak kenar değerlerini ortaya çıkarmak amacıyla da filtreler kullanılmaktadır. Bir görüntüyü filtrelerken, görüntüdeki her bir piksel için konvolüsyon denilen $n*n$ boyutlu matrissel bir maske kullanılır. Bu maske merkezi pikselin komşuluk değerlerine bakarak yeni bir değer elde eder ve elde edilen bu değer önceki pikselin yerini alır. Uygulanan konvolüsyon maskesinin boyutu değişkendir ve uygulanacak filtrenin amacına göre kullanıcı tarafından seçilir (Umbaugh 1999).

En temel kullanılan filtreleme tekniklerinden Ortalama (Mean) Filter, Orta Değer (Median) Filter, Gauss (Gaussian) Filtresini sayabiliriz.

Gauss (gaussian) filtresi

Bu filtre daha çok görüntüde yer alan dairesel gürültüleri yok etmede kullanılır ve bunu gerçekleştirirken görüntüde yumuşatma (smoothing) işlemi gerçekleştirir. Gaussian filtresi görüntüdeki her bir piksel için ağırlıklı ortalama değerleri üretir. Bunu belirlerken merkezi pikselin etrafındaki $k*k$ komşuluk değerlerine bakılır. Merkezdeki pikseller kenar piksellerine göre daha fazla ağırlığa veya anlama sahiptirler. $K*k$ boyutlu bir filtre maskesine sahip bir Gaussian filtresinin katsayıları şu şekilde elde edilir (Karabörk 2002).

$$HG(i, j) = \exp[-1/2(d/\sigma)^2] \quad (2.1)$$

Burada $d=(i^2+j^2)^{1/2}$ 'dir. Sadece σ standart sapma filtre tasarımında kontrol edilebilir. σ düşük değerli olursa filtreleme oranı o derece artar. σ nin yüksek olması durumunda Gaussian filtresi basit bir filtre gibi çalışır (Koçer 2007).

2.4.2.c. Kenar bulma teknikleri

Kenar bulma; önemli bilgileri tutarken işlenecek veri miktarını belirgin ölçüde azaltan ve bir imgedeki nesnelerin kenarlarını bulmak için kullanılan temel bir imge analiz tekniğidir. Segmentasyon işleminde genellikle kenar bulma algoritmaları kullanılır. Bir resimdeki gri seviyelerin yoğunluğundaki farkın büyüklüğü bize kenar bilgisini verir. Piksel arasındaki yoğunluk değişimi ne kadar büyükse, değişim bölgesi o kadar kenar olarak ifade edilir (Koçer 2007).

Kenar bulma işlemi için çeşitli operatörler geliştirilmiştir. Bunlardan en sık kullanılanları Roberts operatörü, Sobel operatörü, Prewitt operatörü ve Canny algoritmasıdır.

Canny algoritması

Canny operatörü, sadece bir kenar gücü tahmininin eşiklendirilmesinden çok daha akıllı bir şekilde, bir yoğunluk imgesinden ikili kenar haritası oluşturmak için tasarlanan başarılı bir kenar belirleyici operatördür. Algoritma 3 aşamadan oluşmaktadır:

1. İmgede Gauss süzgeciyle konvolüsyon yoluyla gürültü azaltılmaktadır.
2. Sobel süzgeci kullanılarak kenar gücü tahmin edilmektedir.
3. Sonrada imgedeki $T1$ gibi belirli bir eşikten daha büyük bir kenar gücüne sahip koordinatlardan başlamak üzere imgedeki kenarlar boyunca kenar izleme gerçekleştirilmektedir. Kenar gücü $T2$ gibi diğer bir eşik altına düşene kadar, sadece yerel kenar maksimumlarını kenar olarak belirleyerek kenar izleme devam etmektedir.

Eğer yüksek eşik değeri $T1$ çok düşük seçilirse, kenar bilgilerini içeren ikili imgede, iris sınırına ait olmayan istenmeyen birçok kenar bulunacaktır veya $T2$ düşük eşik değeri çok yüksek seçilirse, bu gürültülü bölgeler parçalara ayrılacaktır. Eşik değerlerinin uygun bir şekilde belirlenmemesi; irisin sınırlarının hatalı bulunmasına neden olmaktadır. Eşik değerleri uygun bir şekilde belirlendiğinde ise zayıf kenarlar, sadece

güçlü kenarlarla bağlantılıysa çıkışa dahil edilmektedir. Bu yüzden Canny yöntemi, diğer kenar bulma yöntemlerine göre gürültüden daha az etkilenmekte, gerçek zayıf kenarları algılayabilmektedir (Canny 1986).

2.4.2.d. Segmentasyon

Görüntü işlemede kullanılan resimlerde gürültü olarak tanımlanan ve uygulamada gerekli olmayan birçok bilgi içermesi resmin bölgelere ayrıştırılmasını zorunlu kılmaktadır. İris tanıma işleminde kullanılan orijinal görüntüde iris bölgesi dışında gözbebeği, gözakı, alt ve üst kirpikler, gibi kullanılmayan bilgiler yer alır. Bu bilgilerin atılması veya uygulamada kullanılacak bölgenin tespitine segmentasyon işlemi denilmektedir. İris deseninin karşılaştırılması işleminde görüntü içerisinde irisin tam olarak yerinin belirlenmesi oldukça önemlidir (Bulut 2010).

En temel kullanılan segmentasyon teknikleri olarak Hough Dönüşümü, Daugman'ın Tümleşik-Türev Operatörleri, Aktif Çevrit Modelleri, Kirpik ve Gürültü Algılama sayılabilir.

Hough dönüşümü

Hough Dönüşümü İlk defa 1962 tarihinde, Paul V.C. Hough tarafından geliştirilmiş ve patenti alınmış bir algoritmadır. Temel olarak siyah-beyaz görüntülerdeki düzgün doğruları tespit etmek için geliştirilmiştir. Bunun yanı sıra, doğrusal olmayan düzensiz eğrilerin tespitinde de kullanılmaktadır. Hough dönüşümünü günümüzde kullanılan haline dönüştürenler ise Richard O. Duda ve Peter E. Hart olmuştur.

Daire gibi geometrik şekillerin tespitinde Hough dönüşümü oldukça başarılıdır. Dairesel Hough dönüşümünün (circular Hough transform) normal dönüşümden farkı algoritmada dairenin merkez noktası (x,y) ve yarıçapın (r) işleme girmesidir. Kaynak görüntüler üzerinde dairesel şekil arandığından kullanılan akümülatör matrisi çemberin

merkezi olan $[a,b]$ noktaları ve yarıçap değeri $[r]$ olmak üzere üç boyuttan oluşmaktadır (Daugman 1993, 2001, 2003).

$$r^2 = (x - a)^2 + (y - b)^2 \quad (2.2)$$

$$\begin{aligned} x &= a + r \times \sin(\theta) \\ y &= b + r \times \cos(\theta) \end{aligned} \quad (2.3)$$

Kullanılan açı değeri $0-2\pi$ aralığında değiştirilerek bir noktanın, yarıçapı bilinen bir çember üzerinde yer alıp almadığı tespit edilebilmektedir. Yarıçap değerinin bilinmesi durumunda çember merkezini ifade eden $[a,b]$ değerlerinin iki boyutlu bir akümülatör matrisi üzerinde tutulması yeterli olacaktır.

Hough dönüşüm yönteminde birçok sorun vardır. Öncelikle kenar algılama için eşik değerlerine gereksinim duymaktadır ve bu eşik değeri seçimi, kritik kenar noktalarının belirlenememesi, sonrasında da dairelerin ve eğrilerin hatalı algılanmasıyla sonuçlanabilmektedir. İkinci olarak da Hough dönüşümünün hesapsal yükü fazladır ve bu yüzden gerçek zamanlı uygulamalar için uygun olmayabilir (Koçer 2007; Durmuş 2010).

2.4.3. Normalizasyon

Tanımda kullanılacak iris bölgesinin göz imgesinden başarıyla ayrılmasından sonraki adım, karşılaştırmaların yapılabilmesi için iris bölgesinin sabit boyutlu bir yapıya dönüştürülmesidir. Çoğunlukla göz imgeleri arasındaki boyutsal tutarsızlıklar, değişen ışık seviyelerinden dolayı gözbebeğinin küçülmesinden veya genişlemesinden kaynaklanan irisin esnemesine bağlıdır. Tutarsızlığın diğer kaynakları ise görüntüleme uzaklığının değişmesi, kameranın döndürülmesi, başın oynaması, göz yuvasında gözün döndürülmesi şeklinde sayılabilir. Standartlaştırma işlemi, aynı boyutlara sahip iris bölgeleri oluşturmayı amaçlamaktadır. Böylece aynı irisin farklı koşullar altındaki iki

fotoğrafi, aynı uzamsal konumda benzer karakteristiklere sahip olacaktır (Durmuş 2010; Bulut 2011).

En temel kullanılan normalizasyon teknikleri olarak Daugman'ın Lastik Levha (Rubber Sheet) Modeli, Wildes'in İmge Kayıt Sistemi, Boles'un Sanal Daireleri sayılabilir.

2.4.3.a. Daugman'ın lastik levha (rubber sheet) modeli

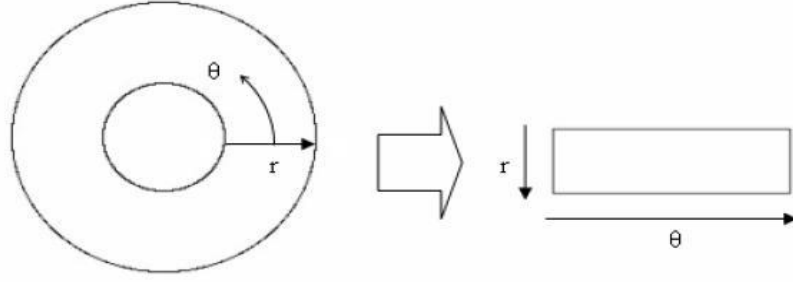
Daugman'ın bulduğu lastik levha modeli, Şekil 2.5'de de gösterildiği gibi; r , irisin iç ve dış sınırları arasındaki uzunluk ve Θ , $[0,2\pi]$ aralığında bir açı olmak üzere, iris bölgesindeki her noktayı bir çift kutupsal koordinata (r,Θ) dönüştürmektedir. İris bölgesinin (x,y) kartezyen koordinatlarından standartlaştırılmış kutupsal gösterime dönüştürülmesi,

$$\begin{aligned} x(r,\theta) &= (1-r) x_p(\theta) + rx_1(\theta) \\ y(r,\theta) &= (1-r) y_p(\theta) + ry_1(\theta) \end{aligned} \quad (2.4)$$

olmak üzere,

$$I(x(r, \theta), y(r, \theta)) \longrightarrow I(r, \theta) \quad (2.5)$$

şeklinde modellenmektedir. Burada $I(x, y)$, (x, y) koordinatlarındaki piksel değerini; $I(r,\Theta)$ standartlaştırılmış dikdörtgensel koordinat sistemindeki (r,Θ) koordinatlarındaki piksel değerini, (x_p, y_p) ve (x_1, y_1) ise Θ yönündeki gözbebeği ve iris kenar koordinatlarını göstermektedir. Lastik levha modeli, sabit boyutlu standart bir gösterim oluşturmak adına, gözbebeği büyümesini ve boyut tutarsızlıklarını da dikkate almaktadır. Bu şekilde iris bölgesi, gözbebeği merkezi referans noktası olmak üzere, iris sınırında kesilen esnek bir lastik levha şeklinde modellenmektedir (Durmuş 2010).



Şekil 2.5. Daugman'ın lastik levha (rubber-sheet) modeli

2.4.4. İris görüntüsünün özniteliklerinin çıkarılması

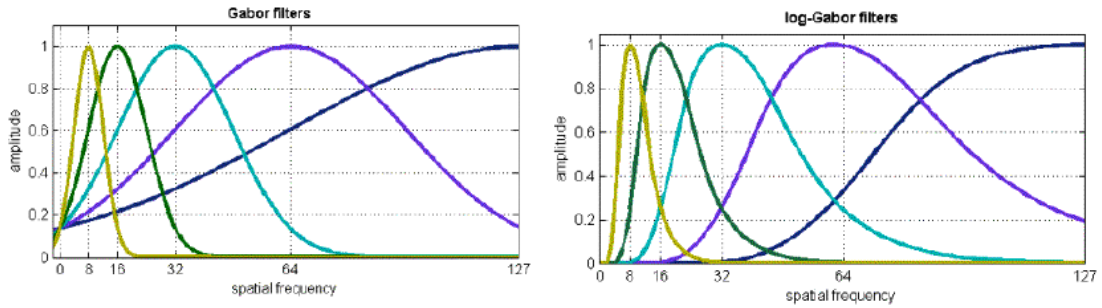
Herhangi bir görüntünün belirgin ve ayırt edici özelliklerinin sayısal olarak ifade edilmesi işlemine öznitelik çıkarımı denilmektedir. Öznitelik çıkarımında görüntünün renk bilgilerine, görüntüde yer alan geometrik şekillere veya bunlar arasındaki ilişkilere bakılır. Bu işlemler yapılırken elde edilecek bilginin vektörel anlamda en az boyutta olması istenir. Böylece karşılaştırma veya sınıflandırma aşamasında çok daha hızlı sonuç alınabilecektir. Öznitelik çıkarımı yapılırken giriş verilerinin hangilerinin daha önemli olduğunu doğru bir şekilde analiz etmek gerekir. Analizin hatalı olarak yapılması verilerin hatalı alınmasına ve dolayısıyla karşılaştırmada yanlış sonuçların alınmasına neden olacaktır (Mira and Mayer 2003; Koçer 2007).

Şimdi en temel kullanılan öznitelik çıkarma teknikleri: Dalgacık Kodlaması, Gabor Süzgeçleri, Log-Gabor Süzgeçleri, 1-Boyutlu Dalgacıkların Sıfır Geçişleri, Haar Dalgacığ, Gauss Süzgeçlerinin Laplasyanı, Ortalama Mutlak Sapma, Açısız Radyal Parçalama (ARP)'dir.

2.4.4.a. Log-gabor süzgeçleri

Gabor fonksiyonu için bir alternatif, 1987 yılında Field tarafından önerilen Log-Gabor fonksiyonudur. Log-Gabor filtreleri her bant genişliği ile kurulabilir ve bant genişliği minimum mekansal ölçüde bir filtre üretmek için optimize edilebilir.

Gabor süzgecinin dezavantajlarından biri, bant genişliğinin bir oktavdan büyük olduğu her durumda çift simetrik süzgecin DC bir bileşene sahip olmasıdır. Bununla birlikte, logaritmik ölçekte tanımlı bir Gauss işlevi olan, Log-Gabor olarak da adlandırılan bir Gabor süzgeci kullanılarak her bant genişliği için sıfır DC bileşeni elde edilebilmektedir.



Şekil 2.6. Gabor filtreleri ve log-Gabor filtrelerin bir frekans tepkisi profilleri

Log-Gabor süzgecinin frekans tepkisi denklem (2.6)'da verilmektedir.

$$G(f)=\exp\left[\frac{-(\log(\frac{f}{f_0}))^2}{2(\log(\frac{\sigma}{f_0}))^2}\right] \quad (2.6)$$

Bu denklemde f_0 merkez frekansını, σ süzgecin bant genişliğini temsil etmektedir (Field 1987; Durmuş 2010).

2.4.4.b. Haar dalgacı

Bilinen en basit dalgacık vektörleri olup, 1910 yılında Haar'ın doktora tezinin ekler bölümünde ortaya çıkmıştır. Lim ve diğerleri iris bölgesindeki öznelikleri ortaya çıkarmak için dalgacık dönüşümünü kullanmaktadırlar (Lim 2001). İlk ve en basit dalgacık türü Haar dalgacık modelidir. Haar dalgacık süreksiz ve bir adım fonksiyonuna benzer. Gabor dönüşümü gibi Haar dalgacı da ana dalgacık olarak kabul edilmektedir.

Haar dalgacık fonksiyonunun en önemli özelliği, sıkı desteğe sahip olmasıdır. Buna karşın Haar dalgacık fonksiyonu sürekli türevelere sahip değildir.

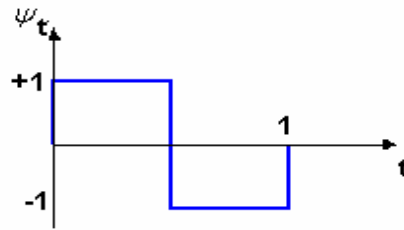
Çok boyutlu bir süzgeçleme sonucu 87 boyutlu bir öznitelik vektörü hesaplanmaktadır. Her bir boyut -1.0 ile +1.0 arasında değişen bir gerçek değere sahip olduğundan, öznitelik vektörü, her pozitif değer “1” ve her negatif değer “0” olacak şekilde işaret yönünden nicelenmektedir. Bunun sonucunda sadece 87 bitten oluşan sıkıştırılmış bir biyometrik şablon elde edilmektedir.

Şekil 2.7’de görüldüğü gibi bir takım dik (ortogonal) vektörlerden oluşmaktadır. Bu vektörler belirli bir aralıklarda 1 değerini alıp, diğerlerinde sıfır seviyesindedir. Çok sayıda “sıfır” elemanlar içermesinden ötürü hızlı bir algoritmadır.

$$\psi(a,b) = +1 \quad (0 \leq t \leq 0.5)$$

$$\psi(a,b) = -1 \quad (0.5 \leq t \leq 1)$$

$$\psi(a,b) = 0 \quad (\text{bunların dışında})$$



Şekil 2.7. Haar dalgacığı

Gabor dönüşümü ile Haar dalgacık dönüşümünü karşılaştırarak, Haar dalgacık dönüşümünün tanıma oranının Gabor dönüşümüne göre %0.9 daha iyi olduğu gösterilmiştir (Çetin 2005; Durmuş 2010).

2.4.5. Eşleştirme

Eşleştirme, görüntü tanıma algoritmaları kullanılarak görüntünün analiz edilmesi, karşılaştırılması ve sınıflandırılması anlamına gelmektedir. Tanıma işlemi, iki görüntünün karşılaştırılması şeklinde olmaktadır ve sınıflandırma yapılmamaktadır. Tanıma amacıyla görüntünün benzerlikleri analiz edilir ve benzerlik oranına göre görüntünün aynı kişiye ait olup olmadığı belirlenir.

En temel kullanılan tanıma yöntemlerinden Hamming Mesafesi, Ağırlıklı Öklid Mesafesi, Normalleştirilmiş Korelasyon sayılabilir.

2.4.5.a. Hamming mesafesi

Hamming kodlama sistemi bir çeşit doğrusal hata kontrol ve düzeltme yöntemidir. Hamming kelimesi bu yöntemi bulan kişi olan Richard Hamming'den gelmektedir. İki veya daha fazla bitin değişmesiyle meydana gelen hatalar “mesafe” (distance) olarak tanımlanmıştır ki bu terim “Hamming’s Distance” olarak anılmaktadır. *HM*, Daugman tarafından uygulanan eşleştirme ölçütüdür ve sadece gerçek iris bölgesinden üretilen bitler için hesaplanmaktadır. Hamming mesafesi kullanılarak iki bit örüntüsünün farklı ya da aynı iris oldukları kararı verilebilmektedir.

X ve Y bit örüntüleri karşılaştırılırken, N bit örüntüsündeki toplam bit sayısını göstermek üzere Hamming mesafesi (*HM*), denklem (2.7)'de gösterildiği gibi farklı olan bitlerin toplamının (X ve Y arasındaki XOR'ların toplamı) N 'e bölümü olarak tanımlanmaktadır.

$$HM = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N X_j(\text{XOR})Y_j \quad (2.7)$$

0 ile 1 arasında bir değer veren *HM* yönteminde sonuç değer 0'a yaklaştıkça benzerlik oranı artmaktadır. Yani birebir aynı iki görüntü karşılaştırıldığında sonuç 0 olmaktadır.

Eğer iki bit örüntüsü, iris şablonlarının farklı irislerden üretildiği durumda olduğu gibi birbirinden tamamen bağımsız ise, iki örüntü arasındaki HM 0.5'e eşit olmalıdır. Bağımsızlık, iki bit örüntüsünün tamamen gelişigüzel olması anlamına geldiğinden dolayı bu sonuca varılmaktadır, yani herhangi bir biti "1" ya da "0" yapmak için 0.5'lik bir şans bulunmaktadır. Bu yüzden iki örüntü arasındaki bitlerin yarısı aynı, yarısı farklı çıkabilecektir. Eğer iki örüntü aynı iristen türetilmişse, ikisi arasındaki HM sıfıra yakın olacaktır, çünkü yüksek derecede benzerlik göstermektedirler (Manav 2010; Durmuş 2010; Bulut 2011).



3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Birinci aşama göz imgesinin alınması aşamasıdır. Göz imgesinin alınması için Çin Bilimleri Akademisi Otomasyon Enstitüsü'nünden (The Chinese Academy of Sciences' Institute of Automation-CASIA) alınmış hazır iris veritabanı kullanılmıştır. İkinci aşama, iris sınırlarının bulunmasıdır. İris sınırlarının bulunması iki aşamada yapılır: iris iç sınırı belirlemesi ve iris dış sınırı belirlemesi. Üçüncü aşama, normalizasyondur. Normalizasyon sayesinde, karşılaştırma yapılabilmesi için iris bölgesi sabit boyutlu bir yapıya dönüştürülmüştür. Dördüncü aşama öznelik çıkarılmasıdır. Öznelik çıkarılması ile görüntüdeki belirgin ve ayırt edici özellikler elde edilmiştir. Böylece karşılaştırma aşamasında tüm verilerin karşılaştırılması yerine öznelik çıkarılarak elde edilen belli özellikler karşılaştırılacaktır. Bu da işlem yükünü azaltacak ve dolayısıyla zaman tasarrufu sağlayacaktır. Öznelik çıkarma işlemi için Haar Dalgacık Dönüşümü ve Log-Gabor Dalgacığı kullanılır. Beşinci aşama eşleştirme aşamasıdır. Girişteki iris görüntüsü veri tabanındaki bütün iris görüntüleri ile tek tek karşılaştırılarak eşleşme durumuna göre her karşılaştırma için bir değer verilir. Karşılaştırma değeri eğer sıfıra yakın ise sisteme giriş yapan iris veritabanında kayıtlı demektir.

3.1.1. Veri toplama

Yüksek doğruluğu nedeniyle iris tanımlama son yıllarda aktif araştırma konusu olmuştur. Yüz ve parmak ile ilgili birçok database varken irisle ilgili yayının olmaması iris tanıma araştırmalarını engellemiştir. Bu araştırmaları desteklemek için National Laboratory of Pattern Recognition (NLPR), Institute of Automation (IA), Chinese Academy of Sciences (CAS) ücretsiz olarak iris veritabanı sağlamaktadırlar. Sistemi test etmek için Çin Bilimleri Akademisi Otomasyon Enstitüsü'nünden (The Chinese Academy of Sciences Institute of Automation-CASIA) alınmış iris veritabanı kullanılmıştır. CASIA veri bankası CASIA1, CASIA2 ve CASIA3 olmak üzere üç ayrı

veri bankasından oluşmaktadır. Bu veritabanındaki bütün göz imgeleri gri renkli görüntüler olup, kızılötesi ışık altında elde edilmiş 8-bitlik gri-tonlu JPEG formatında kayıtlı imgelerdir. Bu göz imgeleri, CASIA'nın kendi geliştirdiği iris yakalama kameralarıyla elde edilmiştir. Çekimler iç mekanda gerçekleştirilmiştir. Veritabanı oluşturulurken en az bir ay aralıklarla aynı kişiden birden fazla göz imgesi elde edilmiştir. İmgelerin çözünürlükleri 320x280 pikseldir (CASIA 2005).

Yapılan çalışmada önerilen yöntemin başarımını test etmek için CASIA İris Veritabanı Interval-V3.0 kullanılmaktadır.

3.1.2. İris sınırlarının bulunması için yapılan çalışmalar

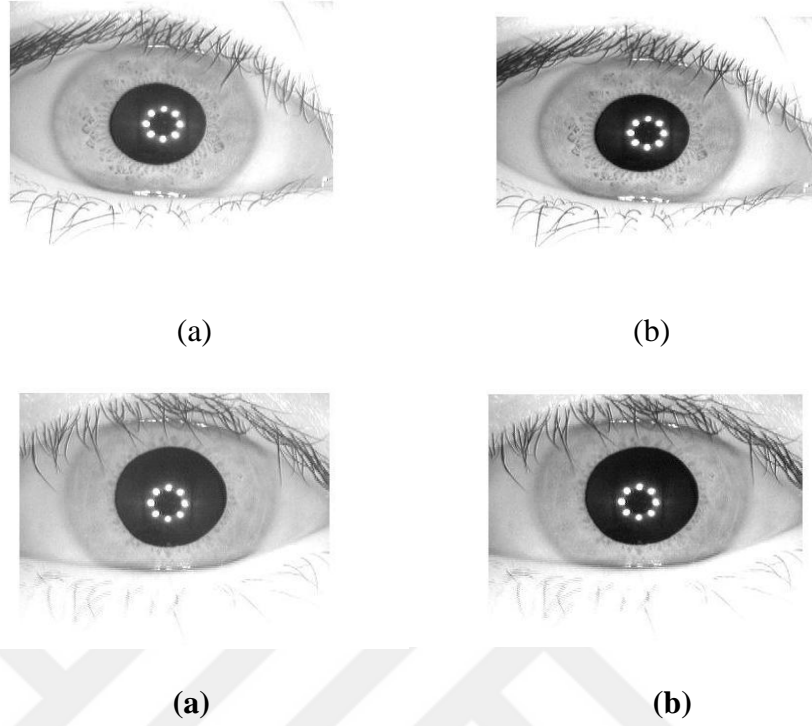
Bu çalışmada önerilen yöntemde segmentasyon aşaması iki kısımda yapılır:

1. İris iç sınırı belirlemek (iris-gözbebeği sınırı)
2. İris dış sınırı belirlemek (iris-gözakı sınırı)

3.1.2.a. İris iç sınırı belirlemesi

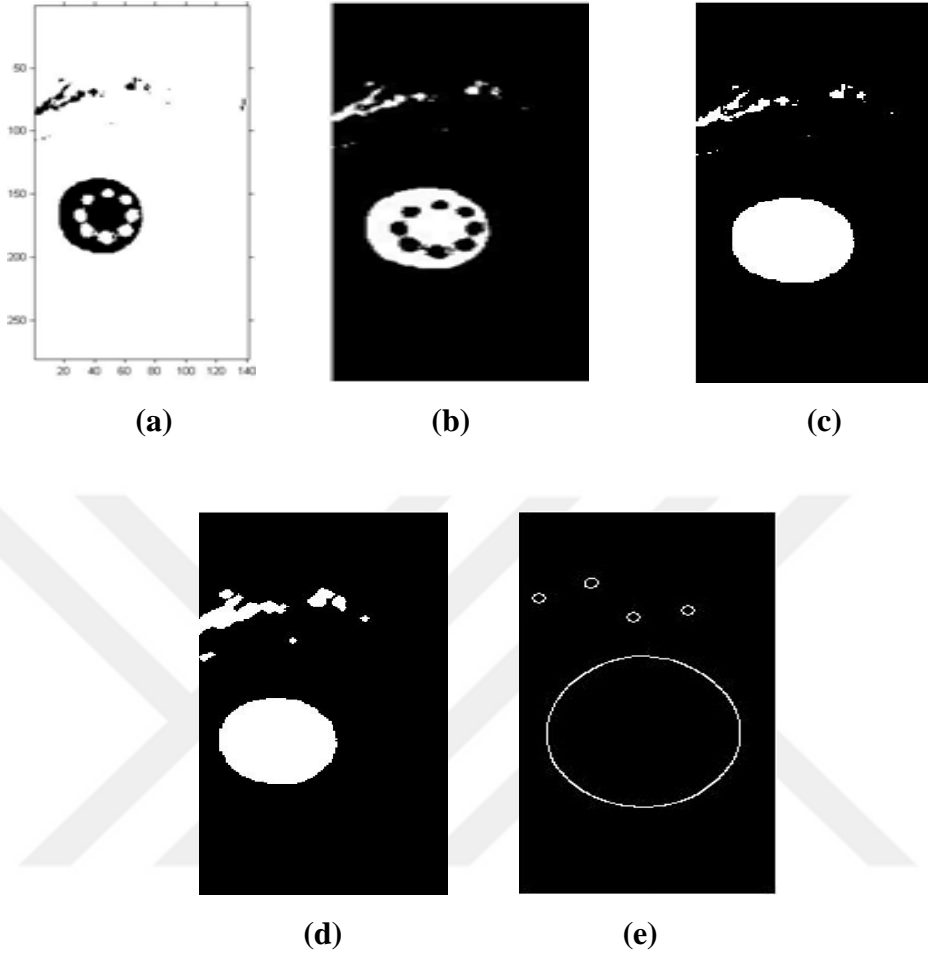
Tez çalışmasında kullanılan CASIA-İrisV3-Interval veritabanı kızılötesi ışık altında elde edildiğinden gözbebeği-iris sınırı oldukça belirgindir. Bu yüzden önce irisin iç sınırı bulunur.

İlk amaç, imgedeki detayları azaltıp açık olarak seçilebilen iris ve gözbebeği sınırlarını vurgulamaktır. Böylece analiz sırasında hatalara neden olabilecek istenmeyen kısımlar yok edilir. Bu işi yapmak için ilk olarak gerçekleştirilen işlem, Gamma fonksiyonudur. Bu fonksiyonu kullanılarak gözbebeği daha koyu ve sınırı daha belirgin olur.



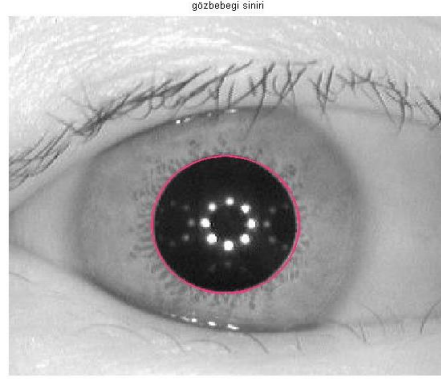
Şekil 3.1. a) CASIA veritabanından alınmış orjinal imge örnekleri, b) Gamma fonksiyonunun uygulanmış halı

Gamma fonksiyonu uygulandıktan sonra, gözbebeğinin yerini tahmin edip, gözbebeğinin yaklaşık yerini, ikili (binary) bir imge olarak elde ediyoruz. Daha sonra görüntü üzerinde ters alma işlemi (Complement) yapıp birler sıfıra ve sıfırlar birle çevirilir. Dairesel gözbebeği tespitinde hata oranını azaltmak için görüntüdeki delikleri doldurup, belirlenen objeleri büyütüyoruz. Sonraki adımda ise kenar haritasını oluşturmak için Canny kenar bulma algoritması kullanılmaktadır. Canny kenar bulma algoritması kullanılarak, işlenecek veri miktarı belirgin ölçüde azaltılmıştır ve kenar keşfi yapılmaktadır. kenar keşfi yapılmış görüntünün kontrast değeri artırılmaktadır ve piksel arasındaki yoğunluk değişimi ne kadar büyükse, değişim bölgesi o kadar kenar olarak göze alınır.



Şekil 3.2. a) Tahmin ettiğimiz gözbebeğinin yeri, b) görüntü üzerinde ters alma işlemi uygulanıp, c) delikleri doldurduktan sonra, d) objeleri büyütmüş hali, e) canny algoritması uygulanmış ve gözbebeğinin kenarları bulunmuş hali

Gözbebeğinin dairesel yapıda olduğu kabul edilerek, bir sonraki adımda ise gözbebeğinin sınırlarını kesin olarak bulmak için dairesel Hough dönüşümü kullanılmaktadır. Hough dönüşümünü kullanıp gözbebeği dairesinin merkezinin koordinatları ve yarıçapı elde edilir ve gözbebeği sınırları çizilir.



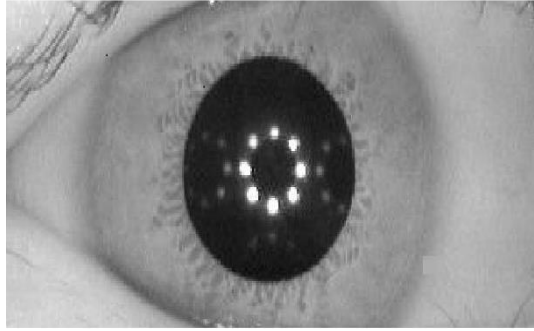
Şekil 3.3. Gözbebeği sınırları çizilmiş göz resmi

İlk başta gözbebeğinin yerini tahmin ettiğimiz için Hough dönüşümünün hesaplamaları azaltılıp, doğruluk ve hızı artırılmıştır.

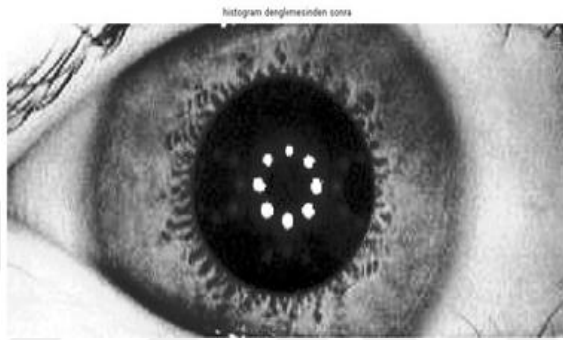
3.1.2.b. İris dış sınırı belirlemesi

İriste bulunan ve kişileri ayırt etmede kullanılan benzersiz bilgi, yoğun olarak gözbebeğine yakın bölgede bulunduğundan irisin dış sınırının bulunması eşleştirme performansını etkilemeyecektir.

İrisin yaklaşık yerini tahmin etmek ve gözkapağı ve kirpikleri ortadan kaldırmak için resmin bir parçasını ayırırız. Ardından *Histogram Equalization* fonksiyonu ve *Adaptive Histogram Equalization* fonksiyonu kullanarak irisin tahmin ettiğimiz yerinin kontrastı arttığı için dış sınırı daha belirgin oluyor.



(a)



(b)



(c)

Şekil 3.4. a) CASIA veritabanından alınmış orjinal imge örneği, b) Histogram Equalization fonksiyonu uygulandıktan sonra, c) Adaptif Histogram Equalization fonksiyonu uygulandıktan sonra

Canny kenar bulma algoritmasını kullanarak kenarları bulup, ve gürültüleri ve işe yaramayan kenar noktalarını ortadan kaldırmak için, Canny operatörü ile elde edilen kenar bilgilerini içeren ikili imge içerisinde bazı kenar noktalarını azaltıp, dikkate almıyoruz.



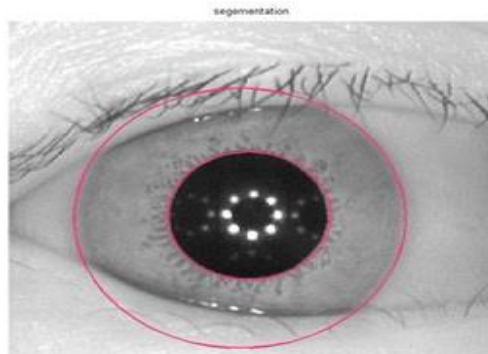
(a)



(b)

Şekil 3.5. a) Canny algoritması uygulandıktan sonra, b) optimum ve daha iyileşmiş canny algoritması uygulandıktan sonra

İrisin de dairesel yapıda olduğu kabul edilerek, bir sonraki adımda ise irisin sınırlarını bulmak için dairesel Hough dönüşümü kullanılmaktadır. Hough dönüşümün hesaplama yükünü azaltıp, hızını arttırmak için kenar noktalarının üzerinde bazı işlemler yapıp, merkezi gözbebeği merkezine en yakın olan daire, irisin dış sınırı olarak seçilir. Elde edilen miktarı, irisin dış sınırı özellikleri olarak (irisin merkezinin koordinatları ve yarıçapı) kabul edilip, iris sınırları çizilir.



Şekil 3.6. İrisin iç ve dış sınırı belirlenmiş hali

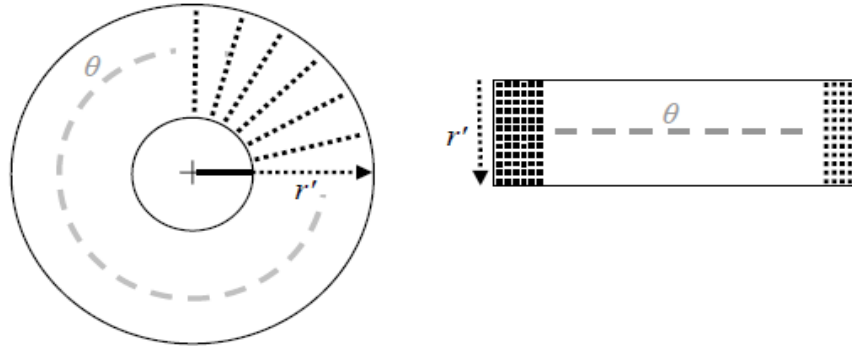
Bu aşamada da irisin yaklaşık yerini tahmin ettiğimiz ve kenar noktalarını azalttığımız için, Hough dönüşümünün doğruluk ve hızı artmaktadır.

İris lokalizasyonu yapıldıktan sonra kalan görüntü dijitalleştirilerek veritabanına aktarılır.

3.1.3. Normalizasyon işlemi için yapılan çalışmalar

İris bölgesinin sınır çizgileri elde edildikten sonra dairesel formda olan iris görüntüsü dikdörtgen forma dönüştürülür. Bu dönüşümün en büyük avantajı, görüntülerin alınması sırasında oluşabilecek hataları yok edebilmesidir. Bu amaçla, Kartezyen–Polar koordinat dönüşümü uygulanır. Böylece karşılaştırma yapılabilmesi için iris bölgesi sabit boyutlu bir yapıya dönüştürülür.

Tez çalışmasında standartlaştırma için Daugman’ın lastik levha modelini temel alan bir yöntem kullanılmaktadır. Bu algorithmada, göz bebeğinin merkezi referans noktası alınmak suretiyle, belirlenen radyal vektörler iris bölgesi üzerinden geçirilir. Her bir radial vektörün üzerinde yer alan noktasal veriler alınır ve dikdörtgenin x ve y koordinatlarına yazılarak dönüşüm gerçekleştirilir. Dönüşüm işlemi Şekil 3.7’de şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Kartezyen–Polar koordinat dönüşümü

Birkaç veri noktası her bir radyal satır boyunca seçilir ve radyal çözünürlük olarak tanımlanır. İris bölgesinin etrafında olan radyal çizgilerin sayısı açısal çözünürlük olarak tanımlanır.

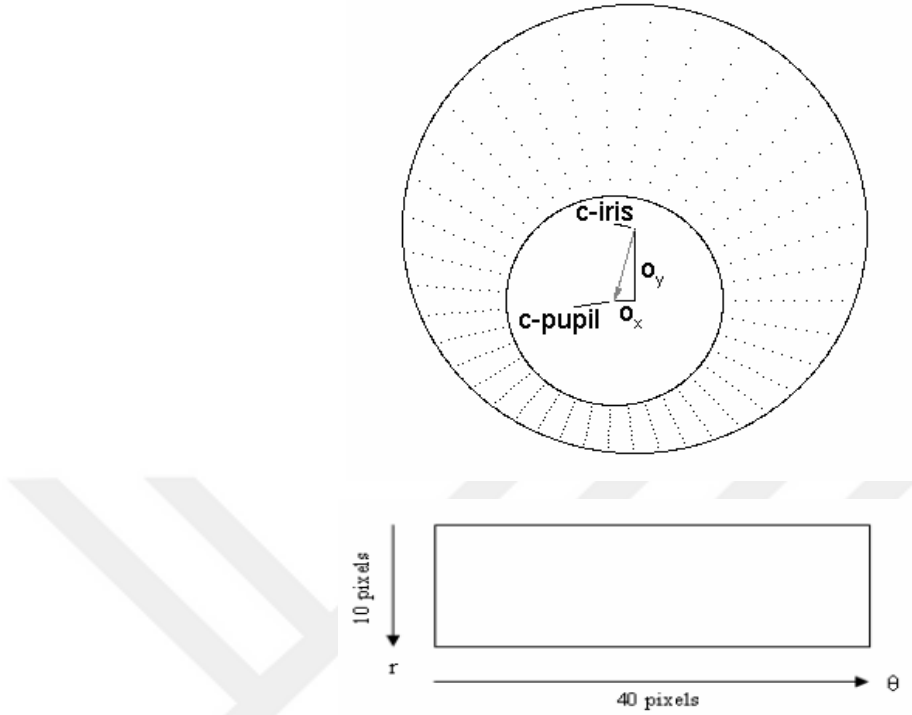
Göz bebeği ile iris aynı merkez noktasına sahip olmayabilir. Dolayısıyla dönüşüm işleminde alınan noktaların uygulanan açısal değere göre yeniden ölçütlenmesi gereklidir. Bunun için aşağıdaki denklem (3.1) kullanılmıştır.

$$r' = \sqrt{\alpha}\beta \pm \sqrt{\alpha\beta^2 - \alpha - r_i^2} \quad (3.1)$$

Burada r_i irisin yarıçapıdır. α ve β şu şekilde bulunmaktadır.

$$\begin{aligned} \alpha &= \sqrt{cx^2 + cy^2} \\ \beta &= \cos(\pi - \arctan(cy/cx) - \theta) \end{aligned} \quad (3.2)$$

Bu denklemde cx ve cy göz bebeği ile irisin merkez noktalarını ifade etmektedir. r' ise irisin dış kenar çizgisi ile göz bebeği dış kenar çizgisi arasında kalan yarıçaptır (Masek 2003) .



Şekil 3.8. Aynı merkez noktaya sahip olmayan iris ve gözbebeği görüntüsü ve görüntünün normalizasyon işlemiyle dairesel formdan sabit boyutlu dikdörtgen forma dönüştürülmesi

Normalizasyon, iris bölgesinden bir 2D dizi üretir. Bu dizinin yatay boyutları açısıl çözünürlükten ve dikey boyutları radyal çözünürlüktendir.

Her ne kadar lastik levha modeli; gözbebeğinin büyümesini veya küçülmesini, görüntüleme uzaklığını ve gözbebeğinin irisle eş merkezli olmamasını dikkate alsa da, irisin dönmesinden kaynaklanan tutarsızlıkları gidermemektedir. Daugman, bu tutarsızlıkları gidermek için, eşleştirme sırasında iris şablonunu, karşılaştırılacağı şablonla aynı hizaya getirene kadar θ yönünde kaydırmaktadır .



Şekil 3.9. Iris imgesinin normalize edilmiş hali

3.1.4. Öznitelik çıkarma için yapılan işlemler

Kişilerin doğru bir şekilde tanınmasını sağlamak için, iris örüntüsü içindeki en ayırt edici bilgi ortaya çıkarılmalıdır. Bu çalışmada öznitelik çıkarımı işlemi için 2 yöntem kullanmıştır: tek boyutlu Haar dalgacık dönüşümü ve tek boyutlu Log-Gabor dalgacığı.

Bu yöntemler kullanılarak iris görüntüsünün özniteliklerinin elde edilmesi amacıyla yapılan çıkarım işlemleri ve alınan sonuçlar verilmiştir.

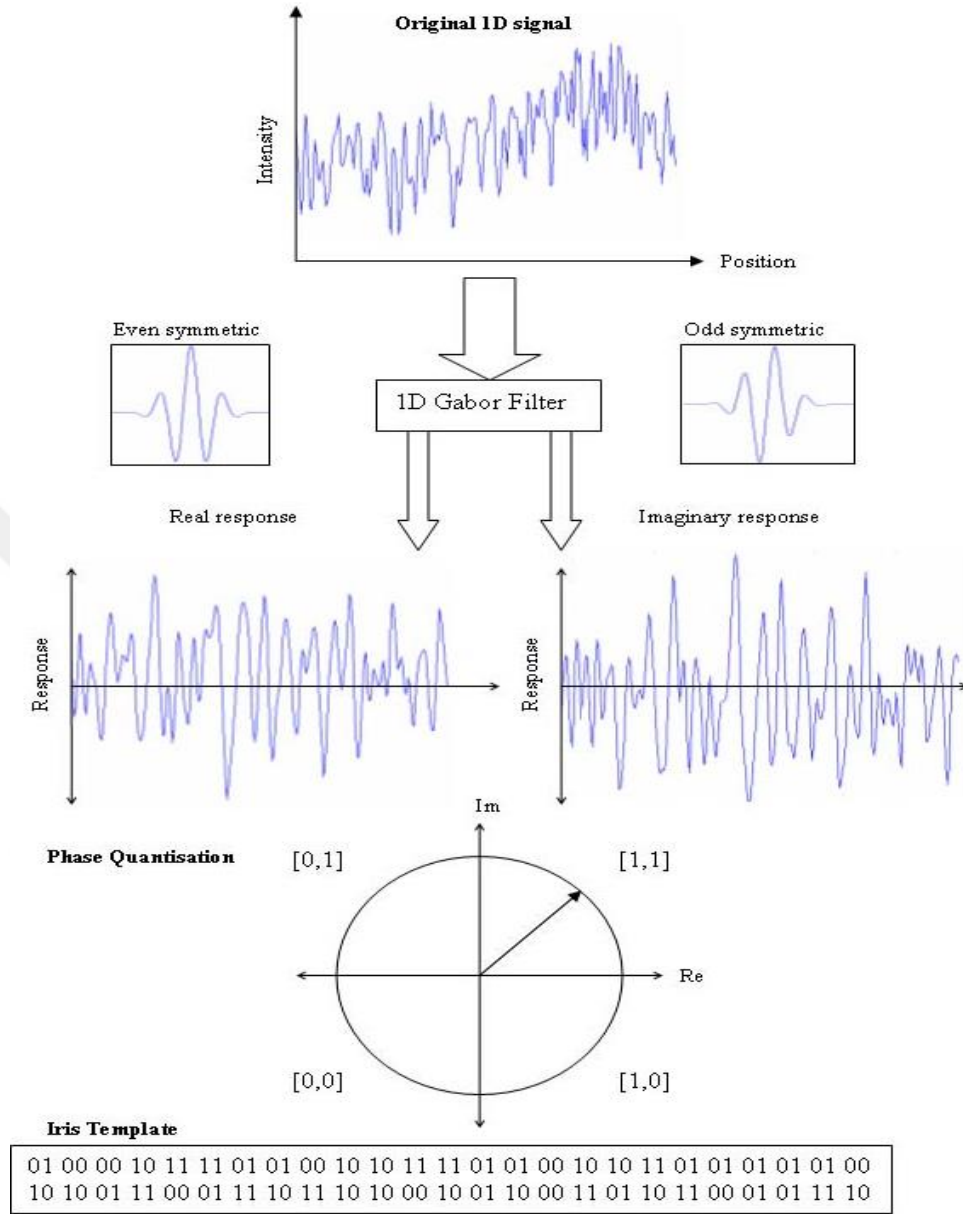
3.1.4.a. Log-Gabor

Özellik kodlaması, normalleştirilmiş iris deseni ve 1D Log-Gabor dalgacıklarının konvolve edilmesiyle gerçekleştirilmiştir. 2D normalleştirilmiş desen birkaç 1D sinyaline bölünür ve sonra bu 1D sinyaller 1D Gabor filtreleri ile konvolve edilir. Normalleştirilmiş 2D deseninin satırları 1D sinyal olarak alınır. Her bir satır iris bölgesinde dairesel bir halkaya tekabül eder. Radyal açı yerine, açılal yönde maksimum bağımsızlık oluştuğı için, normalleştirilmiş desen sütunlarına denk gelen açılal yön alınır.

Normalleştirilmiş desen içindeki bilinen gürültü alanındaki yoğunluk değerleri, filtre çıkışındaki gürültünün etkisini önlemek için çevrenmiş piksellerin ortalama yoğunluğu olarak alınır. Filtrelemenin çıktısı daha sonra Daugman'ın metodu kullanılarak, her bir fazör için iki data biti üreten filtre ile, dört seviyeye nicemlenir. Bu işlemin çıktısı gri kod olarak seçilir. Böylelikle, bir çeyrek alandan diğerine giderken sadece bir bit değişir. Özellik kodlama işlemi Şekil 3.11'de gösterilmiştir (Masek 2003).



Şekil 3.10. İris imgesi özniteliklerinin Log-Gabor yöntemi kullanarak kodlaması



Şekil 3.11. Özellik kodlama işleminin bir örneği

3.1.4.b. Haar dalgacı

Bu çalışmada, iris görüntüleri özellikleri elde etmek için önerilen yöntem, ana dalgacıklar arasında, tek boyutlu Haar dalgacık dönüşümüdür.

Normalize edilmiş görüntünün her satırını tek boyutlu bir sinyal olarak varsayıyoruz. Bu sinyal Haar Dalgacık Dönüşümü kullanılarak birkaç aşamada ayrıştırılabilir. Her aşaması için yaklaşık (approximate) vektörler ve detay (detail) vektörleri elde edilir. Bir kaç optimum sonuç üreten aşama da detay vektörlerinin türevini hesaplayıp, -1.0 ve 1.0 arasında gerçek değerler üretmesiyle sonuçlanır. pozitif değerleri 1 ve negatif değerleri 0'a dönüştürüp her gerçek değeri ikili forma niceliyoruz.



Şekil 3.12. İris imgesi özniteliklerinin Haar dalgacığı yöntemi kullanarak kodlaması

3.1.5. Eşleştirme işlemi için yapılan işlemler

Her bir iris bölgesi yüksek derecede kendine özgü öznitelik bilgisi içerdiğinden, her iris bölgesinin oluşturacağı bit örüntüsü diğer irislerinkinden bağımsız olacaktır. Diğer taraftan aynı iristen oluşturulan iki iris kodu birbirleriyle yüksek derecede benzerlik gösterecektir.

Bu yaklaşımda, tanıma amacıyla görüntülerin benzerlikleri analiz edilir ve benzerlik oranına göre görüntülerin aynı kişiye ait olup olmadığı belirlenir.

Bu çalışmada, CASIA veritabanlarından alınan iris görüntülerine Hamming uzaklığı (HU) yöntemi ile karşılaştırma işlemi uygulanmıştır. CASIA iris veritabanından alınan bir kişiye ait 7 görüntüden 1 tanesi sisteme tanıtılmış, diğer 6 tanesi ise tanıma aşamasında kullanılmıştır. Hamming uzaklığı (Hamming distance) yöntemi en sık kullanılan tekniktir. Bu bölümde, Hamming uzaklığı yöntemi ayrıntılarıyla anlatılacak ve tez çalışmasında bu yöntemle alınan uygulama sonuçları sunulacaktır.

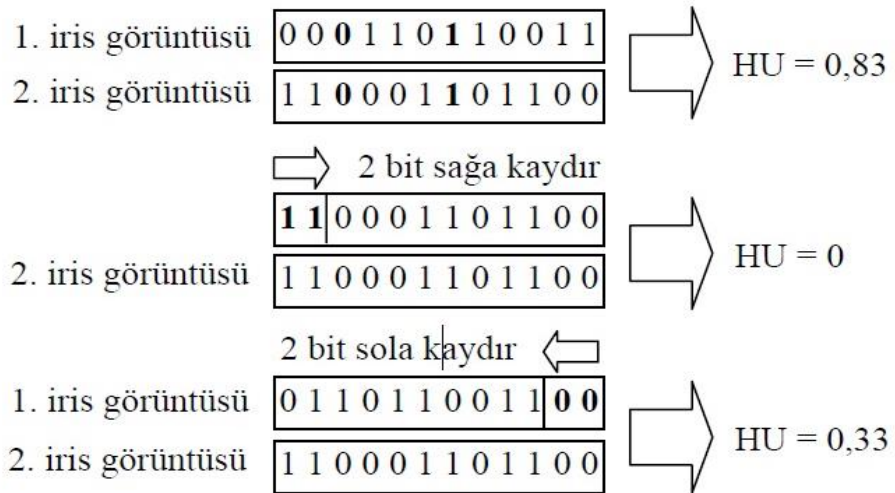
Hamming mesafesi algoritması kullanımı ayrıca gürültü maskesi içermektedir, böylece iki iris şablonu arasındaki Hamming mesafesi hesaplanmasında belirgin bitler kullanılır.

Hamming mesafesi hesaplaması sadece gerçek iris bölgesi tarafından oluşturulmuş bitler kullanılarak yapılacaktır.

Teoride aynı iris tarafından oluşturulan iki iris örneğinin Hamming mesafesi 0.0 olsa da pratikte bu olmaz. Normalleştirme mükemmel değildir. Ayrıca tespit edilemeyen bazı gürültüler olacaktır. Bu nedenle iki iris örneği karşılaştırılırken bazı varvasyonlar olacaktır.

İki örneğin iris mesafesi hesaplandığında, rotasyonel uyumsuzlukları hesaplamak için bir örnek bitsel olarak sola ve sağa kaydırılır ve Hamming mesafesi değerinin miktarı bu ardı ardına kaydırmalardan hesaplanır. Bit kaydırma işlemi yatay yönde yapılır ve genellikle 2-3 bit sağa ve sola kaydırma şeklinde gerçekleştirilir. Bu metod, Daugman tarafından önerilir ve görüntüleme sırasında rotasyonel farklılıkların sebep olduğu normalleştirilmiş iris deseni içindeki sapmaları düzeltir. Hamming mesafesi değeri hesaplamalarında, iki örnek arasındaki en iyi eşleşmeye karşılık geldiği için sadece en düşük değer alınır (Koçer 2007; Bulut 2011).

Şekil 3.13’de 2 bit sağa ve sola kaydırma işlemi ile elde edilen HU sonuçları verilmiştir (Masek 2003).



Şekil 3.13. Hamming uzaklığı yönteminde bit kaydırma işlemi

Her bir filtre, normalleştirilmiş bölgenin bir pikselinden iki bilgi biti oluşturacağı için kaydırma esnasında hareket eden bitlerin miktarı, kullanılan filtreler tarafından iki kere verilir. Rotasyonel tutarsızlıkları normalleştirmek için kaydırmaların gerçek sayısı gereklidir. Bu, aynı gözün iki görüntüsü arasındaki fark maksimum açı tarafından belirlenecektir ve bir sağa bir sola kaydırma olarak belirlenecektir.



4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Analiz Çalışmaları

Bu bölümde her aşamada kullanılan yöntemler için en uygun ve optimum miktar, bu miktarın optimum olmasının nedeni, kullanılan yöntemlerin kolaylaştırma ve doğru bir cevap üretme yolları, kullanılan yöntemlerin karşılaştırılması ve uygulanan her bir işlem ayrıntıları ile anlatılmaktadır.

4.1.1. Veri toplama

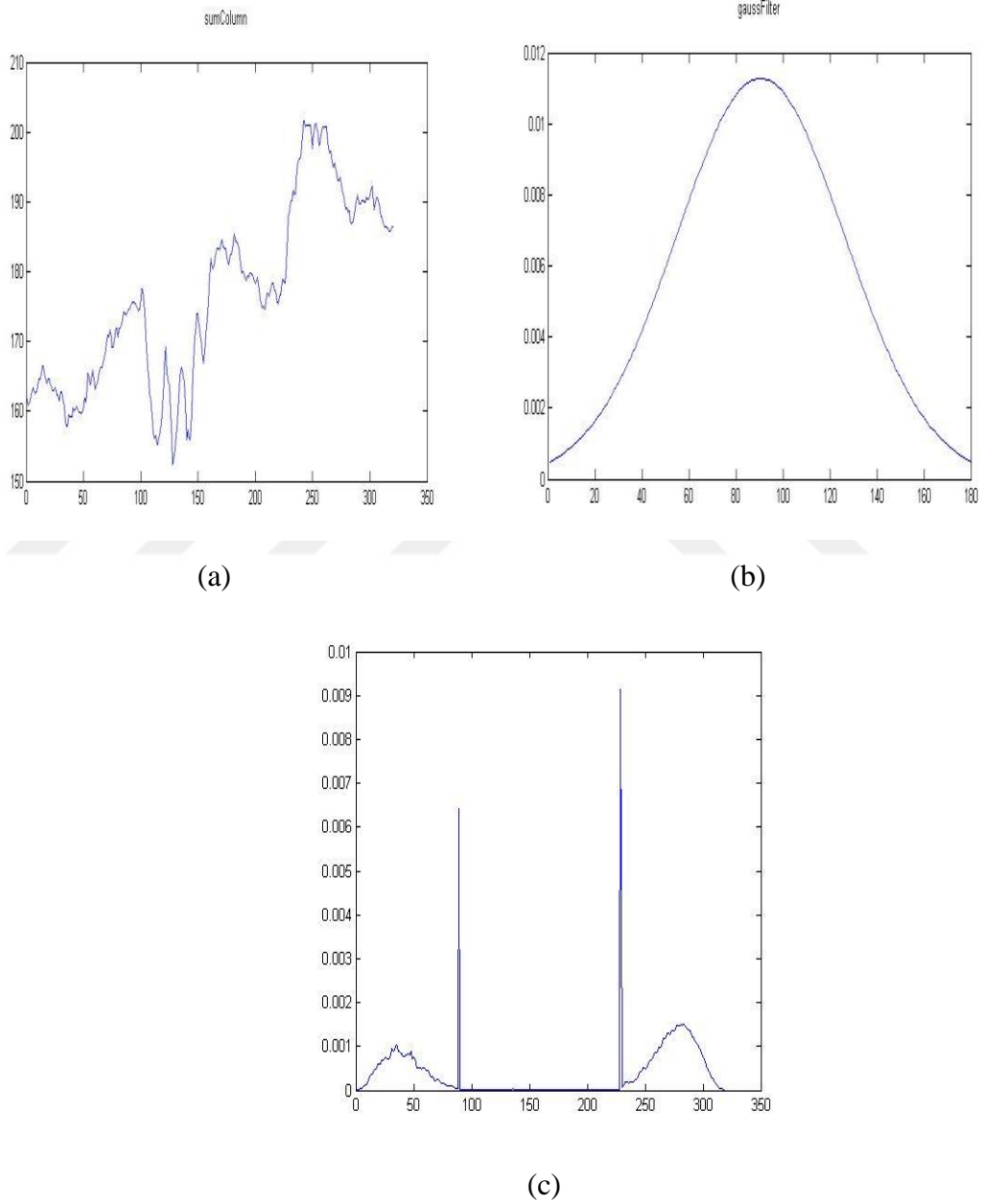
Geçen bölümde açıkladığımız gibi, Çin Bilimleri Akademisi Otomasyon Enstitüsü'nden (The Chinese Academy of Sciences Institute of Automation-CASIA) alınmış CASIA3 iris veritabanı kullanılarak, bir iris görüntüsünün, alınan veritabanlarında olup olmadığının araştırılması için doğrulama yaklaşımı kullanılarak testler yapılmıştır.

Bu veritabanı, 249 ayrı kişiye ait sol ve sağ göz imgelerinden oluşmaktadır. Ama her kullanıcının eşit sayıda göz imgesi bulunmamaktadır. Bir insanın sağ ve sol gözü farklı yapıda olduğu için bu çalışmada bir kişinin sağ ve sol gözünü 2 farklı sınıf sayıyoruz. Bu durumda, kullanılan veritabanı 395 sınıftan ve her grupta 1 den 19' a kadar farklı sayıda gri ölçekli göz imgesi örnekten oluşmaktadır.

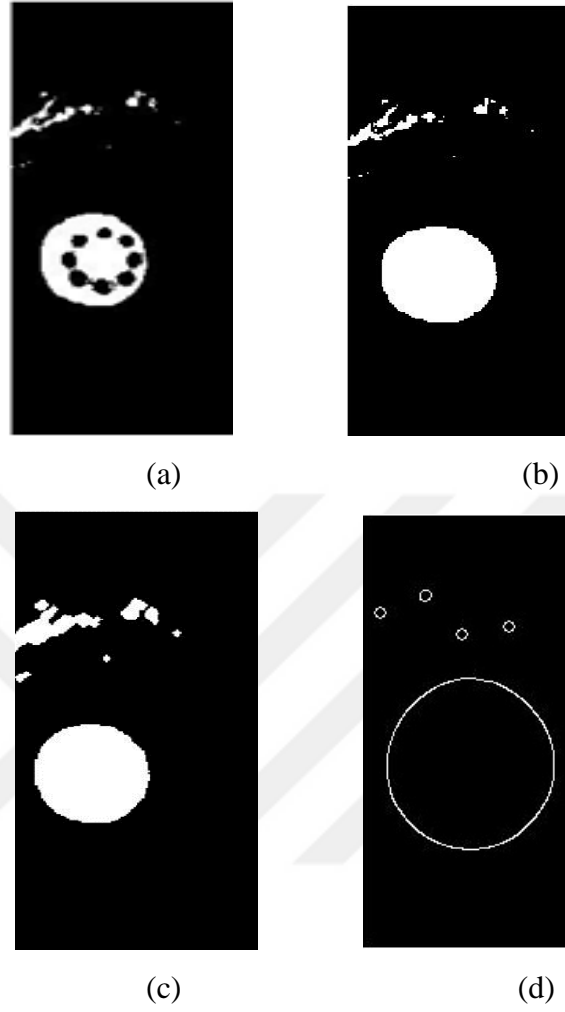
4.1.2. İris bölütleme

Geçen bölümde açıkladığımız gibi iris iç sınırı belirlemede yaptığımız en önemli ve temel iş gözbebeğinin yerini tahmin etmektir. İlk olarak Gamma fonksiyonu kullanılarak gözbebeği daha koyu ve sınırı daha belirgin edilir. Gözbebeğinin yerini tahmin etmek için görüntünün tüm sütunlarını topluyoruz. Elde edilen vektörü yumuşatmak için Gaussian fonksiyonu kullanılır ve iki kez türev (derivative) hesaplayıp elde edilen vektörün tam değerlerinin pozitif olması için karesini hesaplayıp, ardından

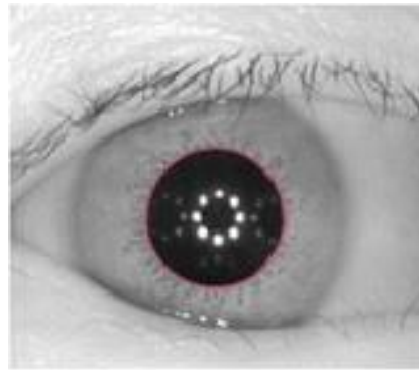
da Findpeaks fonksiyonu kullanarak iki pikin (peak) miktarı elde edilir. 0.3 olan eşik (threshold) değeri ile eşikleme kullanılarak iki pikin arasındaki görüntüyü gözbebeğinin yaklaşık yeri olarak tanımlanır. Sonraki adımlarda Canny kenar bulma algoritması ve Hough Dönüşümü kullanılarak gözbebeği ve irisin arasındaki sınır çizilir.



Şekil 4.1. a) Sütunları topladıktan sonra, b) Gaussian fonksiyonu uyguladıktan sonra, c) Findpeaks fonksiyonunu kullanarak bulduğumuz iki pik (peak)



Şekil 4.2. a) Tahmin ettiğimiz gözbebeğinin yeri üzerinde tamamlama işlemi uygulandıktan sonra, b) delikleri doldurduktan sonra, c) objeleri büyütmüş hali, canny algoritması uygulanmış hali, d) gözbebeği sınırının bulunan hali



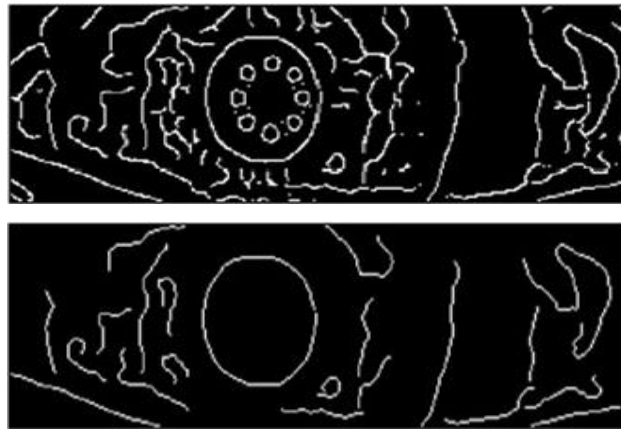
Şekil 4.3. İris iç sınırının çizilmiş hali

İris dış sınırı belirlemesi özellikle lens kullanan gözler için çok zordur. Ama bu çalışmada önerilen yöntemi kullanarak daha kolay, doğru ve kesin olarak bulabiliriz.

İlk önce gözkapağı ve kirpikleri ortadan kaldırmak için irisin yaklaşık yeri tahmin edilip, resmin bir parçasını ayırırız. Elde edilen deneysel verilere göre, bu bölümün satırları gözbebeğinin merkezinden yarıçapın 1.5 katı kadar üstte ve yarıçapı+20 piksel kadar altındadır.

Veritabanı görüntülerinin farklı göz kapaması olduğu için, göz kapakları ve kirpikleri de çıkartıp silsek, görüntüler arasında ortak bilgiler çok azalır ve bazı yararlı bilgiler kaybolur. Bu yüzden göz kapakları ve kirpikler cinsinden gürültüler dikkate alınmamıştır (Dougman 2007).

Canny kenar bulma algoritmasını kullanarak kenarları bulup değersiz ve işe yaramayan kenar noktalarını ortadan kaldırmak için, Canny operatörü ile elde edilen kenar bilgilerini içeren ikili imge içerisinde birbirine 30 pikselden fazla bağlantısı olan piksellerden oluşan her bir nesne etiketlenmektedir ve kenar bilgilerinde birbirine 30 pikselden az bağlantısı olan piksellerden oluşan her bir nesne göze alınmıyor. Bu işlemi yaparak Canny operatörü ile elde edilen bazı kenar noktalar azaltılıp daha verimli çalışması söylenmiştir.



Şekil 4.4. Canny algoritması uygulandıktan sonra, optimum ve daha iyileşmiş canny algoritması uygulandıktan sonra

İrisin dairesel yapıda olduğu kabul edilerek, irisin sınırlarını bulmak için dairesel Hough dönüşümü kullanılmaktadır.

Hough dönüşümünü kolaylaştırıp, hesaplama yükünü azaltıp, hızını artırmak için, kenar noktalarının üzerinde 2 şart uyguluyoruz:

1. Kenar noktalarının miktarının $1/3$ 'ü kadar, en çok oy alan daireleri seçiyoruz.
2. Gözbebeği merkezi ile iris merkezi arasında olan mesafe en çok 10 piksel olmalıdır. (etrafa çok kayan bazı gözler için, bu mesafe 10 piksel daha büyüktür. Bu özel durumlar için dış daire bulunana kadar, bir döngü ile, her adımda, mesafeye 0.1 ekliyoruz)

Birinci ve ikinci şarttan ele gelen miktarı, irisin dış sınır özellikleri olarak (irisin merkezinin koordinatları ve yarıçapı) kabul ediyoruz.

Bu çalışmada kullandığımız Hough Dönüşümünün 3 avantajı vardır:

1. İris iç sınırının belirlemede gözbebeğinin yaklaşık yerini tahmin ettiğimiz için görüntü küçültülür, kenar noktaların sayısı azalır ve Hough Dönüşümün hızı artırılır.
2. İris dış sınırının belirlemede irisin yaklaşık yerini tahmin ettiğimiz için piksel sayısı belirli bir miktardan (30 piksel) az olan kenar noktaları silinip Hough dönüşümün hızı artırılır.
3. İris dış sınırının belirlenmesinde merkezi gözbebeği merkezine yakın olan daire irisin dış sınırı olarak seçilir.

Bu tez çalışmasında, 249 kişiye ait 395 sınıfta olan gri tonlamada göz imgesi üzerinde çalışılmış ve yukarıda anlatılan yaklaşım kullanılarak, irisin bulunmasında %100 başarı elde edilmiştir.

4.1.3. Normalizasyon

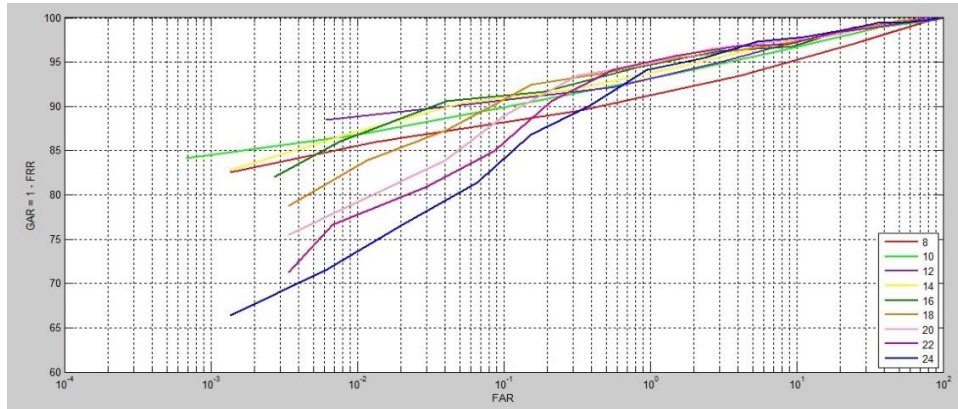
Daugman'ın lastik levha modelinde, Masek'in çalışmasına göre CASIA veritabanı için en uygun şablon boyutu 32x240 piksel olarak belirlenmiştir (Masek 2003). Biz bu çalışmada daha dikkatli olmak için 40x250 piksel miktarında (40 piksel radyal çözünürlük (r) ve 250 piksel bir açısal çözünürlük (Θ) normalize ediyoruz. Çünkü bu miktardan az olursa dikkati azaltır ve ondan fazlası hesaplama yükünü artırır.

4.1.4. Öznitelik çıkarımı

Bu çalışmada öznitelik çıkarma aşamasında 2 yöntem kullanılmıştır. Bu bölümde ilk başta her yöntemde her parametre için kullanılan optimum miktar ve bu miktarın seçilme nedeni açıklanmış ve sonrada bu iki yöntem avantaj ve dezavantajları bakımından karşılaştırılmıştır.

4.1.4.a. Log-Gabor

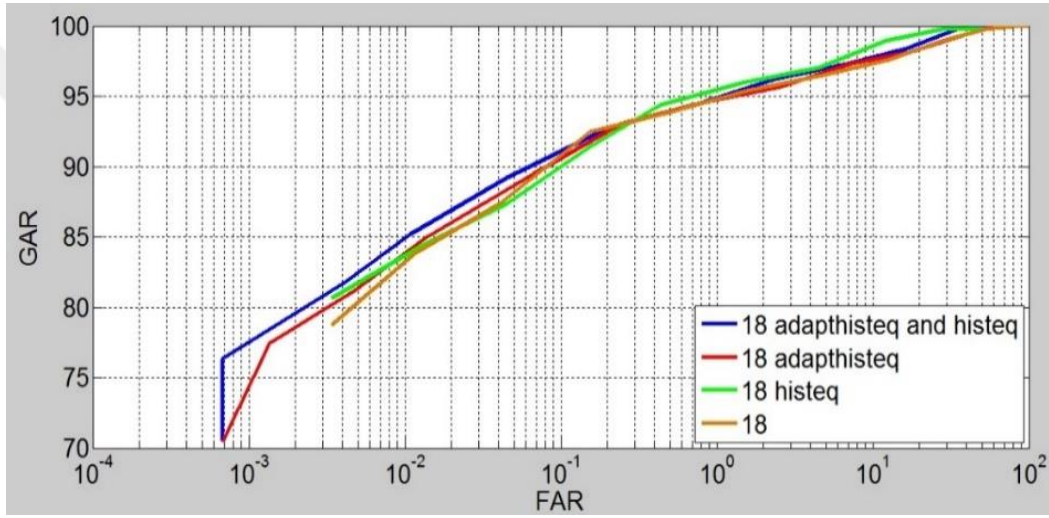
Masek'in çalışmasında kimlik doğrulama modunda, maksimum saptanabilirlik üreten bir optimum dalga boyu (Wavelength) seçilmiştir. Bu çalışmada optimum filtre parametreleri, kimlik tanımlama modunda ve ROC eğrisine göre seçilir.



Şekil 4.5. Log-Gabor yönteminin ROC eğrisi

Şekil 4.5’de görüldüğü gibi farklı dalga boyutları için ROC eğilimi çizilmiş ve bu eğriye göre minimum dalga boyu için 18 ve optimum bant genişliği (σ/F) parametresi için 0.67 değeri seçilmiştir.

CASIA Veritabanının normalize edilmiş görüntüleri düşük kontrastlı olduğu için, kodlamadan önce *Adaptive Histogram Equalization* fonksiyonu kullanılarak görüntünün kontrastı iyiye yönlendirilerek kodlama yapılır.

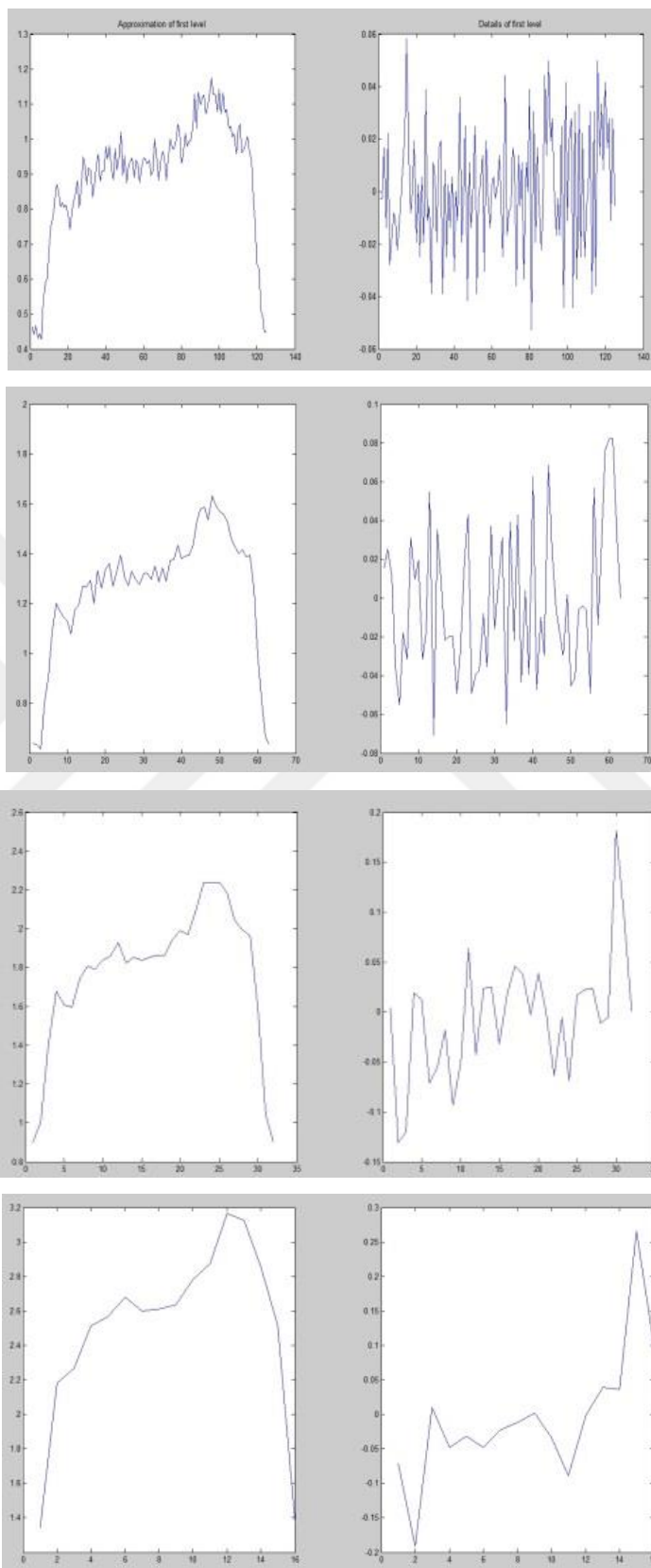


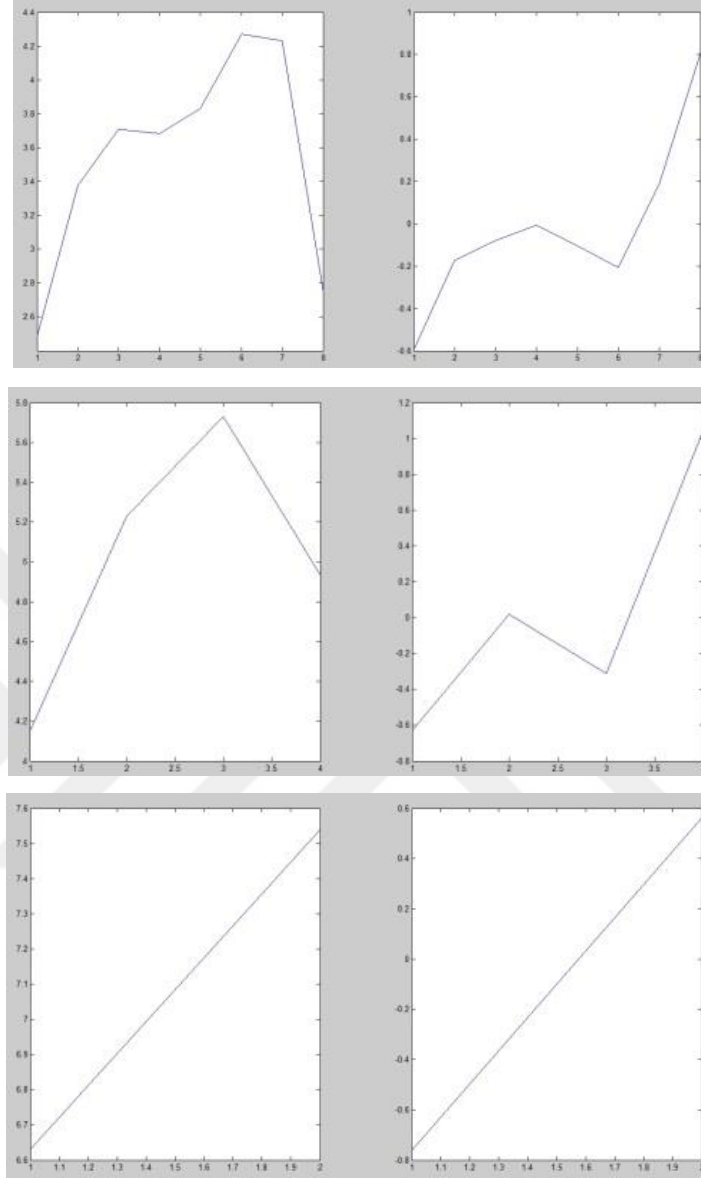
Şekil 4.6. Adaptive Histogram Equalization fonksiyonu uyguladıktan sonra

4.1.4.b. Haar dalgacı

Normalize edilmiş görüntünün her satırını tek boyutlu bir sinyal olarak varsayıyoruz.

Ayrıştırma aşamalarının sayısı, her sinyalin boyutuna (görüntünün satırlarının boyutu) bağlı olduğundan ve bu çalışmada kutupsel koordinatlarda her sinyalin boyutu 1x250 olduğu için, tüm detay ve yaklaşık katsayıları gösteren 7 seviye dalgacık ağacı elde ederiz. Her sinyali 7 aşamada ayrıştırırsak elde edilen vektörlerin boyutları, 1x125, 1x62, 1x32, 1x16, 1x8, 1x4, 1x2 olur.

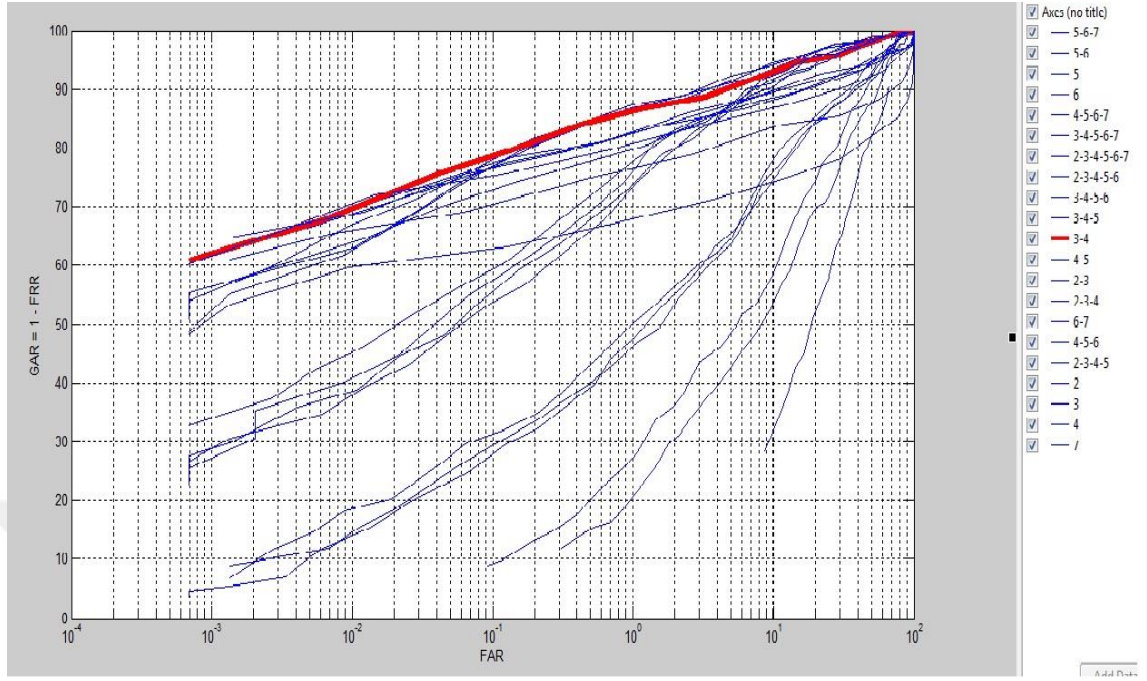




Şekil 4.7. Her sinyalin 7 seviyede elde edilen yaklaşık ve detay vektörleri

Kullanılan aşamanın sayısı ve numarası, tanıma doğruluğunda etkili olduğu için, onun optimum miktarı seçilmelidir.

ROC eğilime göre, çeşitli ayrıştırma aşamaları ve bileşiklerinin içinde 3 ve 4. aşamanın bileşimi, en doğru tespiti göstermektedir.

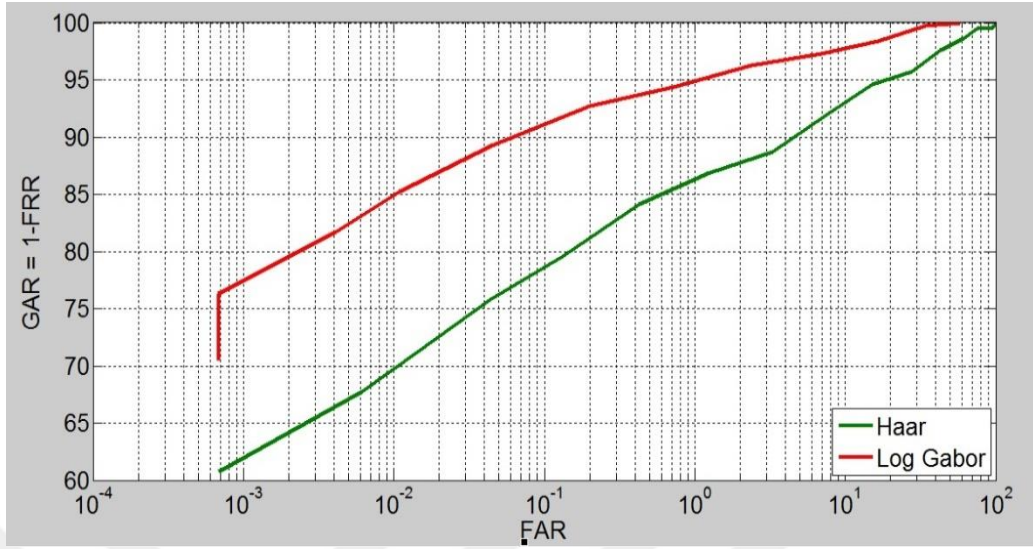


Şekil 4.8. Haar dalgacık yönteminin çeşitli ayrıştırma aşamaları ve bileşiklerinin ROC eğrisi

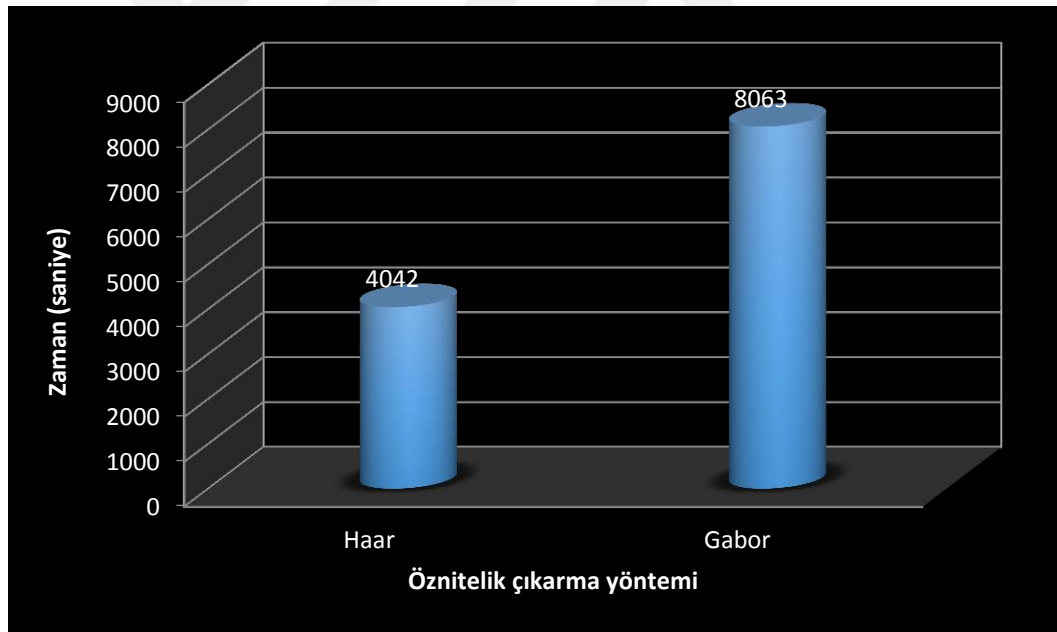
4.1.4.c. Kullanılan iki yöntemin karşılaştırılması

1. Aşağıdaki eğilimde her iki yöntemin doğru cevap belirleyebilmesi gösterilmiştir. Bu eğilime göre Log-Gabor yönteminin doğruluğu daha iyidir.
2. Oluşturulan biyometrik şablonun büyüklüğü Log-Gabor yönteminde $40 \times 500 = 1 \times 20000$ ' dir. Ama Haar yönteminde 3 ve 4. ayrıştırma aşamalarının bileşimini kullandığımız zaman oluşturulan biyometrik şablonun büyüklüğü 1×1840 ' dir. Bu nedenle Haar yöntemi daha az bilgisayar belleği kullanır.
3. Log-Gabor yönteminde karşılaştırma aşamasında 5 piksel kaydırma işlemi yaptığımız için hesaplama karmaşıklığı bu yöntemde Haar yönteminden daha çoktur.

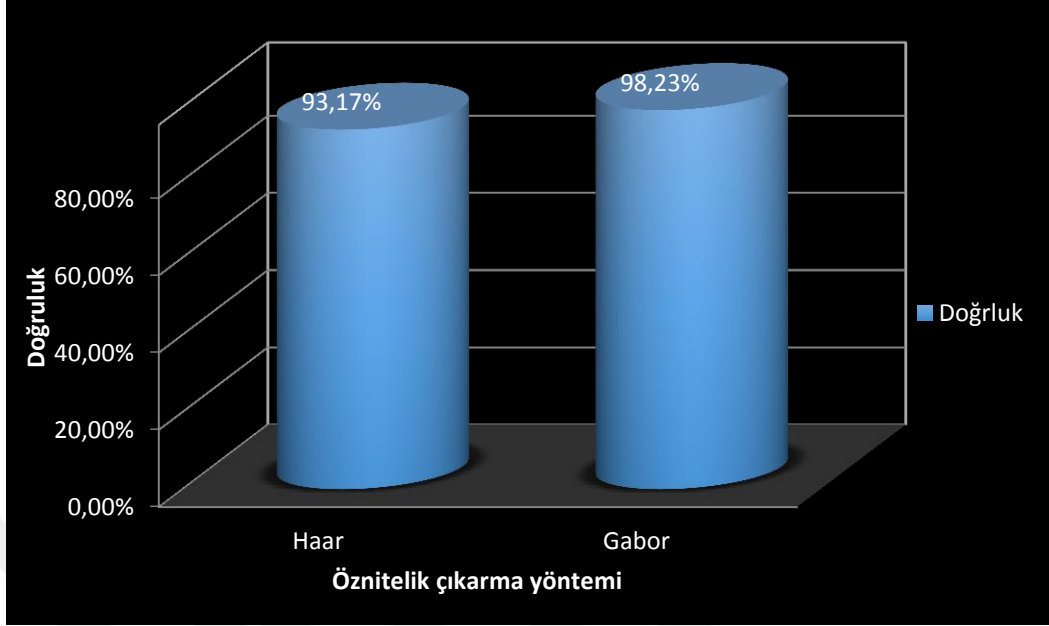
Öznitelik çıkarma aşamasında Log-Gabor yönteminin doğruluğu diğer yöntemlerden daha çoktur (Kumar and Passi 2010).



Şekil 4.9. Haar ve Log-Gabor yöntemlerinin karşılaştırılması



Şekil 4.10. Haar ve Log-Gabor yöntemlerinin çalışma zamanının karşılaştırması



Şekil 4.11. Haar ve Log-Gabor yöntemlerinin doğruluk karşılaştırılması

Tüm veritabanının görüntülerini test ettiğimizde, öznitelik çıkarma yöntemi kullanıldığında programın çalışma zamanı 4042 saniye ve doğruluk miktarı %93,17; Log_Gabor yöntemi kullanıldığında çalışma zamanı 8063 saniye ve doğruluk miktarı %98,23'dür.

4.1.5. Eşleştirme

Bu çalışmada öznitelik çıkarma aşamasında 2 yöntem kullanılmıştır. Sadece Log-gabor yönteminin çıktısı olan kodlarda bit kaydırma işlemi yapılır ve Haar dalgacık dönüşümünün çıktısı kodları için bu işlem gerekli değildir. Çünkü dalgacık dönüşümü her ayrıştırma aşamasında her sinyalden genel bir form elde eder ve bir kaç pikselin yer değiştirmesinin onda hiç bir etkisi yoktur.

Rotasyonel tutarsızlıkları normalleştirmek için kaydırma sayısı 5 pikseldir.

Sisteme girilen görüntü, tüm sınıflar ve numuneleri ile karşılaştırılır. Bir sınıf içinde görüntü ile numuneler arasındaki farkın minimumunu, o sınıf için minimum fark olarak düşünüp, 1x395 büyüklüğündeki bir vektörde kaydediyoruz.

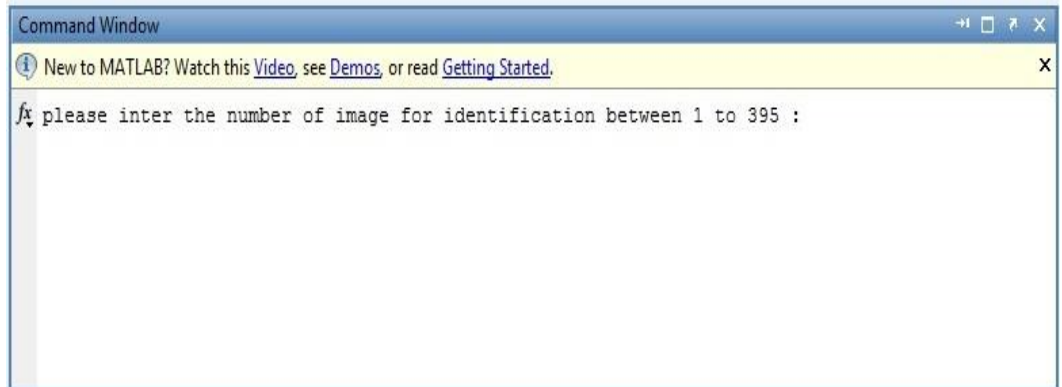
Eşik aralığını 0.1 – 0.5 arasında ve 0.01 adımları ile tanımlanır. vektörün her hücresi için, fark miktarı eşik değerinden az olan sınıfı seçiyor; eğer bir miktar bulunmazsa eşik değeri bir adım (0.01) arttırılır. Görünütü herhangi sınıfın numunelerine yakın olursa, o sınıfın numarası çıktı olarak üretilir ve görüntünün o sınıfa ait olduğu belirtilir.

4.2. Programın Çalıştırılması

Bu tez çalışmasında kullanılan algoritmalar, Matlab yazılımı ile yazılmış Intel (R) Core (TM) CPU M450 2.40 GHz işlemci ve 4GB Ram konfigürasyonuna sahip bir PC kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Test işlemi, doğal olarak kullanılan makinenin hız ve bellek özelliklerine bağlı olarak değişiklik gösterecektir.

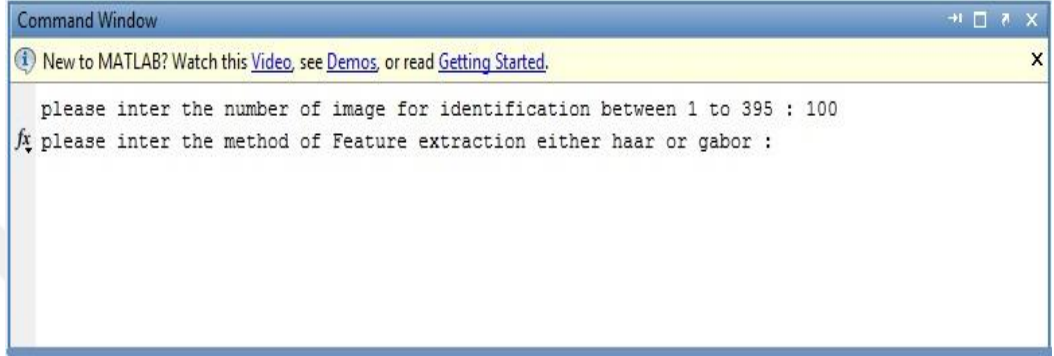
Programı çalıştırdığımızda, ilk olarak, kullanıcıdan bir göz resminin girilmesi istenir. (**EK 1**'de verilmiştir)

Bu çalışmada CASIA veritabanının resimleri giriş olarak kullanıldığı için kullanıcıdan 1 ve 395 arasında bir numaranın girilmesi istenir. 395 veritabanında olan sınıfların (göz görüntülerinin) sayısıdır.



Şekil 4.12. Programın çalıştırılmasının ilk aşaması

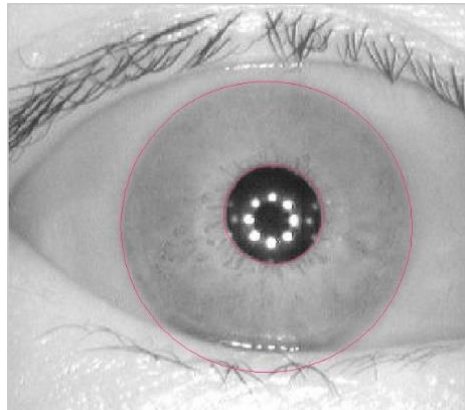
Kullanıcı görüntünün numarasını girdikten sonra, program kullanıcıdan öznelik çıkarma yönteminin adını, ya Haar ya da Log-Gabor olarak girmesini istiyor.



```
Command Window
New to MATLAB? Watch this Video, see Demos, or read Getting Started.
please enter the number of image for identification between 1 to 395 : 100
fx please enter the method of Feature extraction either haar or gabor :
```

Şekil 4.13. Programın çalıştırılmasının ikinci aşaması

Program kullanıcıdan istenen gerekli bilgileri aldıktan sonra, iris tanımlama sisteminin her 4 aşaması (Bölütme ve iris sınırlarını belirleme, normalizasyon, öznelik çıkarımı ve karşılaştırma) o görüntü üzerinde uygulanır. Ardından çıktılar üretilerek sırasıyla veritabanındaki bütün resimler taranarak girilen görüntünün sınıf numarası ve kayıtlı olan bilgileri verilir.



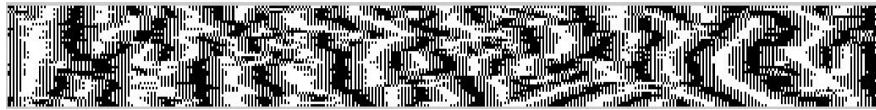
a



b



c



d

MATLAB R2013a

HOME PLOTS APPS VARIABLE VIEW

E: \Tez \my tez

Variables - Result

Result

Result <395x1 cell>

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
94													
95													
96													
97													
98													
99													
100													
101													
102													
103													
104													
105													
106													
107													
108													
109													
110													
111													
112													
113													
114													
115													
116													
117													
118													
119													

e1

```

Command Window
please enter the number of image for identification : 100
please enter the method of Feature extraction either haar or gabor : haar
Warning: Integer operands are required for colon operator when used as index
> In IrisSegment at 38
   In IrisIdentification at 21
   In IrisSample2 at 27
Warning: Image is too big to fit on screen; displaying at 50%
> In imuitools\private\initSize at 72
   In imshow at 283
   In IrisIdentification at 32
   In IrisSample2 at 27
resimi girilen kisinin kodi 100 ve adi .....
Elapsed time is 18.375982 seconds.
fx >>

```

e2

Şekil 4.14. Sistemin ürettiği çıktılar

(a) Bölütleme ve iris sınırlarını belirleme, (b) Normalizasyon, (c) Haar yöntemi ile öznelik çıkarımı (d) Log_Gabor yöntemi ile öznelik çıkarımı (e) Karşılaştırma ve kişiyi tanıma

Bu çalışmada kolaylık açısından her kişiye sadece bir numara kullanılmış ve başka özellikleri (adı, soyadı, görevi, ...) yazılmamıştır. Üretilen çıktıda sadece o resmin hangi sınıfa ait olduğu (sınıf numarası) yazılmaktadır. Eğer veritabanında kişinin başka özellikleri yazılırsa üretilen sonuçta, onlar da belirlenerek çıktı olarak yazılabilir.

Tarif ettiğimiz sistemi kullanırken, eşik değerleri 0.01 artış miktarı ile büyüdüğü için yanlış reddetme hatası (FRR) sıfırdır. Yani, hiç bir görüntüyü yanlış olarak reddetmemektedir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada CASIA3 iris veritabanı kullanılarak, bir iris görüntüsünün, alınan veritabanlarında olup olmadığının araştırılması için doğrulama yaklaşımı kullanılarak testler yapılmıştır. Bu veritabanı, 249 ayrı kişiye ait sol ve sağ göz imgelerinden oluşmaktadır. Bir insanın sağ ve sol gözü farklı yapıda olduğu için bu çalışmada bir kişinin sağ ve sol gözünü 2 farklı sınıf sayıyoruz. Bu durumda, kullanılan veritabanı 395 sınıftan ve her grupta 1'den 19'a kadar farklı sayıda gri ölçekli göz imgesi örneklerinden oluşmaktadır.

Segmentasyon aşamasında iris iç sınırı belirlemede yaptığımız en önemli ve temel iş gözbebeğinin yerini tahmin etmektir. Sonraki adımlarda Canny kenar bulma algoritması ve Hough Dönüşümü kullanarak gözbebeği ve irisin arasındaki sınır çizilir. İris dış sınırı belirlemesi bu çalışmada önerilen yöntemi kullanarak daha kolay ve daha doğru olarak bulunur. İlk önce gözkapağı ve kirpikleri ortadan kaldırmak için irisin yaklaşık yeri tahmin edilip, resmin bir parçasını ayırırız. Veritabanı görüntülerinin farklı göz kapaması olduğu için, göz kapakları ve kirpikleri de çıkarıp silerseniz, görüntüler arasında ortak bilgiler oldukça azalır ve bazı yararlı bilgiler kaybolur. Bu yüzden göz kapakları ve kirpikler cinsinden gürültüler dikkate alınmamıştır. Canny kenar bulma algoritmasını kullanarak kenarları bulup ve değersiz ve işe yaramayan kenar noktalarını ortadan kaldırarak, bu algoritmanın daha verimli ve optimum çalışması sağlanır. İrisin dairesel yapıda olduğu kabul edilerek, irisin sınırlarını bulmak için dairesel Hough dönüşümü kullanılmaktadır. Biz bu çalışmada, Hough dönüşümünü kolaylaştırarak, hesaplama yükünü azaltıp, hızını artırıyoruz.

Bu çalışmada kullandığımız Hough Dönüşümünün 3 avantajı vardır:

1. İris iç sınırının belirlenmesinde gözbebeğinin yaklaşık yerini tahmin ettiğimiz için görüntü küçültülür, kenar noktaların sayısı azaltılır ve Hough dönüşümün hızı artar.

2. İris dış sınırının belirlenmesinde irisin yaklaşık yerini tahmin ettiğimiz için, piksel sayısı belirli bir miktardan (30 piksel) az olan kenar noktaları, silinip Hough dönüşümünün hızı artırılır.
3. İris dış sınırının belirlenmesinde merkezi gözbebeği merkezine yakın olan daire irisin dış sınırı olarak seçilir.

Bu tez çalışmasında, 249 kişiye ait 395 sınıfta olan gri tonlamada göz imgeleri üzerinde çalışılmış ve yukarıda anlatılan yaklaşım kullanılarak, irisin bulunmasında %100 başarı elde edilmiştir.

Daugman'ın lastik levha modelinde, daha dikkatli olmak için şablon boyutu 40x250 piksel miktarında (40 piksel radyal çözünürlük (r) ve 250 piksel bir açısız çözünürlük(θ)) normalize edilmiştir. Çünkü bu miktardan az olursa dikkati azaltır ve ondan fazlası hesaplama yükünü artırır.

Öznelik çıkarma aşamasında 2 yöntem kullanılmıştır. Log-Gabor yönteminde farklı dalga boyutları için ROC eğilimi çizilmiş ve bu eğriye göre minimum dalga boyu için 18 ve optimum bant genişliği (σ/F) parametresi için 0.67 değeri seçilmiştir. Haar Dalgacı yönteminde tüm detay ve yaklaşık katsayıları gösteren 7 seviye dalgacık ağacı elde ederiz. Her sinyali 7 aşamada ayrıştırınca elde edilen vektörlerin boyutları, 1x125, 1x62, 1x32, 1x16, 1x8, 1x4, 1x2 olur. Kullanan aşamanın sayısı ve numarası, tanıma doğruluğunda etkili olduğu için, onun optimum miktarı seçilmelidir. ROC eğilimine göre, çeşitli ayrıştırma aşamaları ve bileşiklerinin içinde 3 ve 4. aşamanın bileşimi, en doğru tesbiti göstermektedir.

Kullanılan iki yöntemi karşılaştıracak olursak,

1. ROC eğilime göre Log-Gabor yönteminin doğruluğu daha iyidir.
2. Oluşturulan biyometrik şablonun büyüklüğü Log-Gabor yönteminde 40x500 = 1x20000' dır. Ama Haar yönteminde 3 ve 4. ayrıştırma aşamalarının bileşimini

kullandığımız zaman oluşturulan biyometrik şablonun büyüklüğü 1x1840'dır. Bu nedenle Haar yöntemi daha az bilgisayar belleği kullanır.

3. Log-Gabor yönteminde karşılaştırma aşamasında 5 piksel kaydırma işlemi yaptığımız için hesaplama karmaşıklığı bu yöntemde Haar yönteminden daha çoktur.

Tüm veritabanının görüntülerini test ettiğimizde öznitelik çıkarma yöntemi kullandığımızda programın çalışma zamanı 4042 saniye ve doğruluk miktarı %93,17; Log_Gabor yöntemi kullandığında çalışma zamanı 8063 saniye ve doğruluk miktarı %98,23'dür.

Eşleştirme aşamasında, Hamming mesafesi kullanılarak sadece Log-gabor yönteminin çıktısı olan kodlarda bit kaydırma işlemi yapılır. Haar dalgacık dönüşümünün çıktısı kodları için bu işlem gerekli değildir. Rotasyonel tutarsızlıkları normalleştirmek için kaydırma sayısı 5 pikseldir. Tarif ettiğimiz sistemi kullanırken eşik değerleri 0.01 adımlar ile büyüdüğü için yanlış reddetme hatası (FRR) sıfırdır. Yani, hiç bir görüntüyü yanlış olarak reddetmemektedir.

Bu çalışmada kolaylık açısından her kişiye sadece bir numara kullanılarak başka özellikleri (adı, soyadı, görevi, ...) yazılmamıştır ve üretilen çıktı da sadece o resmin hangi sınıfa ait olduğu (sınıf numarası) yazılmaktadır. Eğer veritabanında kişinin başka özellikleri yazılırsa üretilen sonuçta, onlar da belirlenerek çıktı olarak yazılabilir.

KAYNAKLAR

- Adler, F. H. 1965. *Physiology of the Eye*. St. Louis, MO: Mosby
- Alim, O., Sharkas M. 2002. Texture classification of the human iris recognition using artificial neural Networks. Proc. of IEEE Melecon Cairo.
- Boles, W., Boashash, B., 1998. A Human Identification Technique Using Images of the Iris and Wavelet Transform, *IEEE Transactions on Signal Processing*, 46(4), 1185-1188.
- Bolle, R.M., Connell J. H., Pankanti S., Ratha N. K., Andrew W. S., 2004. *Guide To Biometrics*, Springer-Verlag New York, Inc.
- Bulut, S., 2011. *Iris Görüntülerinin Analiziyle Kimlik Tanıma*, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Marmara, Türkiye.
- Canny, J., 1986., A Computational Approach to Edge Detection, *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 8(6):679–698.
- Chen, W. and Yuan S., 2003. A Novel Personal Biometric Authentication Technique Using Human Iris based on Fractal Dimension Features, *Proc. Of Int. Conf. On Acoustics, Speech and Signal Processing*, (3), 201-204.
- Çelebi, A.T., 2008. *Biometrik Tanıma*, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, Türkiye.
- Çiçek, F., 2011. *Fiziksel Özelliklerinden Yararlanarak Kimlik Tespit Etme*, <http://www.elektroteknoloji.com>
- Chinese Academy of Sciences Institute of Automation (CASIA) iris database, 2005, [Online] Available at: <<http://www.cbsr.ia.ac.cn/english/IrisDatabase.asp>>.
- Daugman, J. 1985., Uncertainty relation for resolution in space, spatial frequency, and orientation optimized by two-dimensional visual cortical filters. *Journal of the Optical Society of America A* 2(7): 1160-1169.
- Daugman, J. 1988., Complete discrete 2D Gabor transforms by neural networks for image analysis and compression. *Trans. Acous. Sp. Sig. Proc.* 36(7), 1169- 1179.
- Daugman, J., 1993., High confidence visual recognition of persons by a test of statistical independence. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 15, No. 11.
- Daugman, J., 1994., *Biometric Personal Identification System Based on Iris Analysis*, U.S. Patent, 5, 291-560.
- Daugman, J., 2001., Statistical Richness of Visual Phase Information: Update on Recognizing Persons by Iris Patterns, *Int. Journal of Computer Vision* 45 (1), Kluwer Academic, 25-38.
- Daugman, J., 2002., —How Iris Recognition Works, *Proc. of 2002 International Conference on Image Processing*, Vol I.
- Daugman, J., 2003., The importance of being random: statistical principles of iris recognition. *Journal of Pattern Recognition Society*, Elsevier, 279-291.
- Daugman, J., 2007., *New Methods in Iris Recognition*, *IEEE Transaction On Transaction On Systems, Man, And Cybernetics-Part B: Cybernetics*, 37(5).
- Dede, G., Sazlı, M., 2010., *Biyometrik Sistemlerin Örüntü Tanıma Perspektifinden İncelenmesi ve Ses Tanıma Modülü Simülasyonu*, <http://www.emo.org.tr>.

- Durmuş, Ö., 2010., İristen Kimlik Tanıma. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye.
- Ergen, B., Çalışkan, A., 2011., Biyometrik Sistemler ve El Tabanlı Biyometrik Tanıma Karakteristikleri, 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11).
- Flom, L. and Safir, A. 1987., Iris recognition system. U.S. Patent 4 641 349.
- Gürkan, G., 2005., Gabor Filterler Kullanılarak Iris Tanıma. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi, Türkiye.
- Huang, Y.P., Luo, S.W. and Chen, E.Y. 2002., An efficient iris recognition system. Proc.1st Int. Conf. Mach. Learning and Cybernetics, Beijing.
- Jain, A., Ross, A., Prabhakar, S., 2004., An Introduction to Biometric Recognition, IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 14(1), 4-20.
- Jain, A.K., Hong, L., Pankanti, S., Bolle, R., 1997., An Identity-Authentication System Using Fingerprints, Proceedings of the IEEE, 85(9), 1365-1388.
- Kakıcı, A., 2008., Biyometrik Tanıma Sistemleri, <http://www.ahmetkakici.com>.
- Kıymacı, K., 2010., Yüz Tanıma Sistemi Algoritmalarının Geliştirilmesi, Kocaeli Üniversitesi, <http://www.kutayzorlu.com>.
- Ko, T., 2005., Multimodal Biometric Identification for Large User Population Using Fingerprint, Face and Iris Recognition. Proc. of 34rd Applied Imagery and Pattern Recognition Workshop.
- Koçer, H. E., 2007., İris Deseninin Yapay Zeka Yöntemleri İle Tanınması. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye.
- Kong, W.K., Zhang, D. 2001., Accurate iris segmentation based on novel reflection and eyelash detection model, in Proceedings of Int. Symp. Ov Intelligent Multimedia, Video and Speech Processing, Honk Kong, 263-266.
- Kumar, A., Passi, A., 2010., Comparison and Combination of Iris Matchers for Reliable Personal Authentication, Pattern Recognition, 43, 1016-1026.
- Liam, L., Chekima, A., Fan, L. and Dargham, J., 2002., Iris recognition using selforganizing neural network. In IEEE, 2002., Student Conference on Research and Developing Systems, pp. 169-172, Malaysia.
- Lim, S., Lee, K., Byeon, O., Kim, T., 2001., Efficient Iris Recognition through Improvement of Feature Vector and Classifier, ETRI Journal, vol. 23, no. 2, Korea
- Manav, C., 2010., Görüntü İşleme Yardımı İle Kimlik Tespiti. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye.
- Masek, L., 2003., Recognition of Human Iris Pattern for Biometric Identification, B. Eng. Thesis, University of Western Australia, [Online] Available at: <<http://www.csse.uwa.edu.au/~pk/studentprojects/libor/index.html>>.
- Mira, J. and Mayer, J. 2003., Image Feature Extraction for Application of Biometric Identification of Iris – A morphological Approach. Proc. of 16rd Brazilian Symposium on Computer Graphics and Image Processing, Brasil.
- Miyazawa, K., Ito, K., Aoki, T., Kobayashi, K. and Nakajima, H. 2006., An implementation-oriented iris recognition algorithm using phase-based image matching. Int. Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems, Japan, pp. 231-234.

- Noh, S., Bae, K. and Kim, J., 2003., A novel method to extract features for iris recognition system, in Proc. 4th Int. Conf. Audio- and Video-Based Biometric Person Authentication, 838-844.
- Özkaya, N., 2003., Otomatik Parmakizi Tanıma Sistemi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erciyes Üniversitesi, Kayseri.
- Patil, C. M., 2009., An Approach of Iris Feature Extraction for Personal Identification. International Conference on Advances in Recent Technologies in Communication and Computing.
- Saday, T., Akhan, N., 2003., Bilgisayar Destekli Kimlik Tespit Sistemlerinde Biometrik Yöntemlerin Değerlendirilmesi, Selçuk Üniversitesi, Konya, <http://www.ab.org.tr>
- Sanchez-Avila, C., Sanchez-Reillo, R., Martin-Roche, D., 2001., Iris recognition for biometric identification using dyadic wavelet transform zero-crossing, Proceedings of the IEEE 35th International. Camahan Conference on Security Technology, 272-277.
- Sun, Z., Wang, Y., Tan, T. and Cui, J., 2005., Improving iris recognition accuracy via cascaded classifiers. IEEE Trans. on Systems, Man. and Cybernetics, 35(3), 435-441.
- Şamlı, R., Yuksel, M., 2009., Biyometrik Güvenlik Sistemleri. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa.
- Tekyıldız A., 2011., Faz Korelasyonu Temelli Gömülü İris Tanıma Sistemi., Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Türkiye.
- Tisse, C., Torres, L., Robert, M., 2002., Person Identification Technique Using Human Iris Recognition, Proceedings of the 15th International Conference on Vision Interface.
- Umbaugh, S.E. 1999., Computer Vision and Image Processing A Practical Approach using CVIP tools, Prentice Hall, New Jersey.
- Vatsa, M., Singh, R. and Gupta, P., 2004., Comparison of iris recognition algorithms. International Conference on Intelligent Sensing and Information Processing India, 354-358.
- Wildes, R.P., 1997., Iris Recognition: An Emerging Biometric Technology, Proceedings of the IEEE 85 (9).
- Yıldız, F., Baykan, N. A., 2011., Çapraz İlişki Metoduyla İris Tanıma. Selçuk Üniversitesi ISSN 1302/6178 Teknik-Online Dergi, 10(1-2011).
- Yu, L., Wang, K., Wang, C. And Zhang, D. 2002., Iris verification based on fractional fourier transform. Proc. of 1st Int. Conf. on Machine Learning and Cybernetics, Beijing.

ÖZGEÇMİŞ

1986 yılında İran'da doğdu. İlk, orta ve lise tahsilini Khoy'da tamamladı. 2008 yılında KHOY Üniversitesi'n den Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalından mezun oldu. 2010 yılında Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans öğrenimine başladı.

