



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GABOR FİLTRELER KULLANILARAK İRİS TANIMA

Elektronik Müh. Güray GÜRKAN

Danışman

Doç. Dr. Aydın AKAN

Haziran, 2005

İSTANBUL



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GABOR FİLTRELER KULLANILARAK İRİS TANIMA

Elektronik Müh. Güray GÜRKAN

Danışman

Doç. Dr. Aydın AKAN

Haziran, 2005

İSTANBUL

Bu çalışma 04/ 07/ 2005 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Biyomedikal Mühendisliğı Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Doç.Dr. Aydın AKAN (Danışman)
İstanbul Üniversitesi

Prof.Dr. Sıddık YARMAN
İstanbul Üniversitesi

Prof.Dr. A.Fahri BURŞUK
İstanbul Üniversitesi

Prof.Dr. Mahmut ÜN
İstanbul Üniversitesi

Doç.Dr. Ahmet SERTBAŞ
İstanbul Üniversitesi

Bu alışma T.C. İstanbul Üniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterlięi tarafından desteklenmektedir.

Proje numaraları: T-609 / 17032005

ÖNSÖZ

Lisans ve yüksek lisans öğrenimim sırasında ve tez çalışmalarım boyunca gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli hocam Doç.Dr.Aydın AKAN'a en içten dileklerle teşekkür ederim.

Ayrıca tez çalışması için bu çalışma boyunca yardımlarını esirgemeyen çalışma arkadaşlarıma ve çalışmanın mali kısmını destekleyen İstanbul Üniversitesi'ne teşekkürü borç bilirim.

Haziran, 2005

Güray GÜRKAN

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİL LİSTESİ.....	iv
TABLO LİSTESİ	v
SEMBOL LİSTESİ	vi
ÖZET	vii
SUMMARY	viii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL KISIMLAR.....	2
2.1. Biyometri ve İris.....	2
2.1.1. İris ve Özellikleri.....	4
2.2. Biyometrik Sistemler ve Parametreleri.....	8
2.2.1. Biyometrik Sistemler.....	8
2.2.2. Kipler ve Başarım Parametreleri.....	9
2.3. Lİteratürdeki Çalışmalar.....	11
3. MALZEME VE YÖNTEM	16
3.1 İmgelerin elde edilMeSi.....	17
3.2 imge önişleme.....	19
3.2.1. İris Sınırlarının Kestirimi.....	19
3.2.2. Koordinat Dönüşümü.....	28
3.2.3. İmge İyileştirme.....	29
3.2.4. Dikey Logaritmik Örnekleme.....	31
3.3. Öznitelik çıkarımı.....	33
3.3.1. 2-B Gabor Filtreler.....	33
3.3.2. Öznitelik Matrisi.....	38
3.4 kayıt ve karar verme.....	40

4. BULGULAR	42
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	45
KAYNAKLAR	47
ÖZGEÇMİŞ	48

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	: Göz Anatomisi.....	5
Şekil 2.2	: İris Kesiti	5
Şekil 2.3	: İris ön tabakası.....	6
Şekil 2.4	: Retinaya gelen ışık miktarının ayarlanması	6
Şekil 2.5	: Biyometrik Sistemde Genel Adımlar	8
Şekil 2.6	: HRO, HKO eğrileri.....	10
Şekil 2.7	: J.Daugman'a ait patentten bir alıntı.....	12
Şekil 2.8	: Karmaşık izdüşüm değerlerine atanan bit değerleri.....	12
Şekil 2.9	: Boles ve diğ. önerdiği iris temsil adımları.....	14
Şekil 2.10	: Tisse ve diğ. önerdiği koordinat dönüşümü.....	14
Şekil 3.1	: Tasarlanan sistemin blok diyagramı.....	16
Şekil 3.2	: Tasarlanan Algılayıcı.....	17
Şekil 3.3	: Alınan İmge Örnekleri.....	18
Şekil 3.4	: İç ve dış sınırlar.....	19
Şekil 3.5	: Alçak Geçiren Filtre Yapısı.....	20
Şekil 3.6	: Kenar kestirimi sonucu elde edilen imge.....	21
Şekil 3.7	: Nokta Gruplama Yöntemi.....	21
Şekil 3.8	: CASIA'dan alınan imge örneği ve minimum nokta.....	22
Şekil 3.9	: $E = 30$ için maske imgesi.....	23
Şekil 3.10	: Maskenin normalize dikey izdüşüm vektörü.....	24
Şekil 3.11	: Maskenin normalize yatay izdüşüm vektörü.....	25
Şekil 3.12	: Açısal Histogram.....	26
Şekil 3.13	: Fark dizisi.....	27
Şekil 3.14	: Kestirilen İç ve Dış Sınırlar.....	27
Şekil 3.15	: Koordinat dönüşümü ve normalizasyon.....	28
Şekil 3.16	: Elde edilen ortalamalar imgesi.....	29
Şekil 3.17	: Aydınlanma Kestirimi.....	29
Şekil 3.18	: Histogram Eşitlemenin Etkisi.....	30
Şekil 3.19	: Histogram Değişimi.....	30
Şekil 3.20	: Literatürde mevcut kullanım sınırları.....	31
Şekil 3.21	: Dikey Logaritmik Örnekleme.....	32
Şekil 3.22	: Örnekleme Transfer Fonksiyonu.....	32
Şekil 3.23	: Elde edilen 30x512'lik yeni imge.....	32
Şekil 3.24	: Çift Simetrik Gabor Filtresi.....	35
Şekil 3.25	: Tek Simetrik Gabor Filtresi.....	36
Şekil 3.26	: Dairesel simetrik Gabor Filtresi.....	37
Şekil 3.27	: Öznitelik Çıkarımı.....	38
Şekil 3.28	: Kanal Çıkışları.....	39
Şekil 3.29	: OMS elde edilişi ve dairesel devamlılık.....	40
Şekil 4.1	: Oluşturulan Windows Uygulaması.....	43
Şekil 4.2	: 17. kişi için elde edilen skorlar.....	44

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1	: Bazı biyometri yöntemlerinin karşılaştırması	4
Tablo 4.1	: İlk MATLAB benzetim sonuçları	42
Tablo 4.2	: İşlem Süreleri	43

SEMBOL LİSTESİ

HM	: Hamming mesafesi
R_N	: normalize ilinti fonksiyonu
n_{Px}, n_{Py}	: imgenin yatay ve dikey izdüşüm indisleri
P_x, P_y	: normalize yatay ve dikey izdüşüm vektörleri
Mid_x, Mid_y	: irisin çemberinin orta noktaları
$r_{içsınır}$: iris iç sınır çemberinin yarıçapı
$I(x,y)$: elde edilen imge değişkeni
$I_M(x,y)$: maske imge değişkeni
I_{min}	: imgenin minimum nokta genliği
ϵ	: maskeleme eşik değeri için eklenen tolerans değeri
N	: elde edilen imgedeki dikey nokta sayısı
M	: elde edilen imgedeki yatay nokta sayısı
A_M	: maskede bulunan noktaların toplam alanı
H_A	: hesaplanan açısal histogram değer dizisi
F_A	: açısal histogram değer dizisinin türevi
$g(x,y)$: 2-B Gauss fonksiyonu
σ	: Gauss fonksiyonu yayılım parametresi
$F(w_x, w_y)$: $g(x,y)$ fonksiyonun 2-B Fourier dönüşümü
w_{x0}, w_{y0}	: dikey ve yatay normalize filtre frekansları
$h(x,y)$: elde edilen 2-B Gabor fonksiyonu
$H(w_x, w_y)$: 2-B Gabor filtresinin Fourier dönüşümü
R	: net normalize frekans yarıçapı
θ_o	: 2-B Gabor filtresinin frekans düzlemindeki yönelim açısı
θ_s	: 2-B Gabor filtresinin uzaysal düzlemdeki yönelim açısı
$L(x,y)$: kanal çıkışları
$W_i(x,y)$: i. kayan pencere
$L_i(x,y)$: kayan pencerenin kapsadığı alt imge
N_i	: alt imgedeki yatay nokta sayısı
M_i	: alt imgedeki dikey nokta sayısı
$O_{i,j}$: Öznitelik matrisi elemanları
D	: Öklit mesafesi

ÖZET

GABOR FİLTRELER KULLANILARAK İRİS TANIMA

Biyometrik kişi tanıma sistemleri, kişiden kişiye değişen özelliklerinden olan biyometrik özelliklerden birinin ya da birkaçının kullanılması ile belirli bir kişiyi tanıyan sistemlerdir. Bu biyometrik özelliklerden iris, güvenilirliği ve kullanım cazipliği bakımından en önemlisidir.

Bu tez çalışmasında, iris yardımı ile kişi tanıma sistemi sunulmaktadır. Sistem algoritması ilk aşamada, oluşturulan iris imge bankası ile daha sonra ise hazır olarak alınan imge bankası ile denenmiştir.

Oluşturulan sistem, iris imgelerinin alınması, bir ön işlemeden geçirilmesi ile devam edip, öznitelik vektörlerinin çıkarılması ve karar verme aşaması ile son bulmaktadır. Alınan göz imgelerinden kestirilen kutupsal şeklindeki iris imgeleri dikdörtgen bir şekle getirilir ve aydınlanma düzeltimi ve histogram eşitleme ile iyileştirilir. Daha sonra dikey logaritmik olarak örneklenir ve dairesel simetrik Gabor filtrelerinden geçirilir. Filtre çıkışları üzerinde kayan bir pencere altındaki piksellerin ortalama mutlak sapma değerleri öznitelik olarak elde edilir. Sunulan sistem, iris ile kişi tanıma sisteminde aranan önemli niteliklerden ölçek ve dönüş ile değişmezlik özelliklerine sahiptir.

Sistemin imge alım aşaması tasarlanan kızılötesi aydınlanmaya sahip CCD algılayıcı iris imge alım cihazı ile pratik olarak gerçekleştirilmektedir. Algoritma ilk olarak MATLAB, ilerleyen aşamalarda ise Delphi derleyicisi ile Windows ortamında benzetilmiştir.

Karar verme, oluşturulan öznitelik matris veritabanı ile araştırılan öznitelik matrisi arasındaki Öklit mesafelerine bakılarak yapılmaktadır. Çalışmalar sonucu sistem 30 kişilik imge bankasından 28 tanesini doğru bir şekilde tanımıştır.

SUMMARY

IRIS PATTERN RECOGNITION USING GABOR FILTERS

A biometric system provides automatic identification of an individual based on a unique feature or characteristic possessed by the individual. Iris recognition is regarded as the most reliable and accurate biometric identification system available.

The work presented in this thesis involved developing an iris recognition system. The system's algorithm is simulated with iris images from two distinct databases, one constructed in our work and one from a pre-constructed database.

Designed system starts with iris image acquisition followed by image preprocessing and ends with feature extraction and decision stages. Polar formed iris images, estimated from acquired eye images are remapped to a cartesian form and enhanced by means of illumination correction and local histogram equalization and then vertically log-sampled and filtered by circular symmetric Gabor filters. The outputs of each filter are windowed and mean absolute deviation of pixels in the window are calculated as the feature vectors which form the rows of the feature matrix. The proposed system has the desired properties of an iris recognition system such as scale and rotation invariance.

Iris image acquisition is realized by using a home-made iris image acquisition device composed of infrared illumination and a CCD sensor. The system's software is first realized in MATLAB, and to fasten the process, transferred to Windows platform using Delphi compiler.

Eucladian distances between the inspected iris feature matrix and database matrices are used for classification. As a result of tests, the proposed system performed 28 true matches from 30 tries.

1. GİRİŞ

Son yıllarda bilgi teknolojilerinde yaşanan hızlı gelişmeler ve oluşturulan yeni uygulamalarda bireysel kullanım güvenliğinin gerekli oluşu, akıllı kişi tanıma sistemlerinin önemini artırmıştır. Kişi tanıma sistemlerinin ortak amacı, bilgisayar, cep telefonu, ATM gibi cihazların veya belirli bir yere erişimi sağlayan geçişlerin (ör. Bina veya oda kapısı) sadece yetkili kişi tarafından kullanılmasını sağlamaktır. Gürbüz kişi tanıma sistemlerinin yokluğunda, oluşturulan uygulamalar yapılabilecek sahteciliklere oldukça hassastır. Gürbüz bir kişi tanıma sistemi, ancak yetkili kişinin sahip olduğu bilgiye bakarak tanıma yapan sistemdir ve ayrıca bu bilgi gerçekten sadece o yetkiliye aittir. Günümüzde sık olarak kullanılan banka kartı şifreleri, PIN kodu ve çeşitli parolalar bilginin sadece yetkili kişiye ait olduğunu garantileyemez. Bu türden tanıma sistemleri kişiden çok, kişinin neyi hatırladığına (şifre, parola vb.) ve neye sahip olduğuna (geçiş kartı vb.) önem verir. Biyometrik kişi tanıma ise kişilerin doğal olarak sahip olduğu davranışsal ve fizyolojik özellikleri baz alarak tanımadır.

Sunulan bu tezde ise fizyolojik biyometrik özelliklerden biri olan iris kullanılmaktadır. Genel kısımlar bölümünde biyometrinin tanımı, kişi tanıma için kullanılan kullanılan biyometrik özellikler ile iris yapısı ve biyometrik sistemlerin özellikleri ve yapılmış olan iris ile kişi tanıma çalışmaları hakkında bilgi verilmektedir.

Malzeme ve metot kısmında ise tasarlanan iris ile kişi tanıma sistemi anlatılmaktadır. Tez ile gerçekleştirilmek istenen iris ile kişi tanıma sisteminin yapısı, kullandığı bilgi işleme algoritmaları ile ilgili teorik bilgiler ve uygulamaları bu bölümde detaylı olarak incelenecektir.

Delphi ortamında oluşturulan yazılımla gerçekleştirilen benzetim ve ilgili sonuçlar ise dördüncü bölümde sunulmaktadır.

Denemeler sonucu elde edilen sonuçlar ise beşinci bölümde değerlendirilip, gelecek çalışmalar için fikirler verilmektedir.

Bu tez çalışması ile gerçekleştirilmek istenen iris ile kişi tanıma sistemi belirli bir gruptan alınan göz imgelerinden öznitelik veritabanı oluşturma ve bu veritabanından karar verme adımlarından oluşur. Sistem algoritmasını oluşturan; imge elde etme, imge önileme, Gabor filtrelerle öznitelik matrisinin oluşturulması, veritabanının oluşturulması ve karar verme aşamaları bu bölümde ayrı ayrı incelenmektedir. Bu tezde özgün olarak, dikey logaritmik örnekleme ve dairesel devamlılığa sahip kayan pencere ile ortalama mutlak değer çıkarım yöntemleri sunulmaktadır.

2. GENEL KISIMLAR

2.1 BİYOMETRİ VE İRİS

Biyometrik terimi yunanca “hayat” anlamına gelen “bios” ile “ölçü” anlamına gelen “metrikos” sözcüklerinden oluşmaktadır. Yani biyometri insanın doğal olarak sahip olduğu bireysel bir takım ölçütleri içerir. Biyometrik özellikler genel olarak davranışsal ve fizyolojik olarak iki ana guruba ayrılır. Davranışsal biyometrik özellikler konuşma, imza, el-kol hareketleri, yürüyüş biçimidir. Bu özellikler fiziksel özelliklerden farklı olarak taklit edilebilir olmakla beraber, karşılaştırma yapılacak üye veritabanının sürekli güncellenmesi durumunda gayet güvenilir olmaktadır. Davranışsal biyometrik özellikler konusunda yapılan çalışmalar devam etmektedir. Fizyolojik özellikler ise parmak izi , avuç izi, vücut kokusunun kimyasal dağılımı, el geometrisi, yüz şekli, termik ışınlamalar, iris ve retinadır. Bu özelliklerden parmak izi, yüz şekli, el geometrisi, retina ve iris hakkında oldukça yaygın çalışmalar yapılmış ve yapılmaktadır.

Biyometrik kişi tanımada ilk ve en yaygın olarak kullanılmaya başlanan özellik parmak izidir. Parmak izinin kolay elde edilebilir olması, bu yönde yapılan çalışmaları kolaylaştırmıştır. Yapılan çalışmalar parmak izinin belirli bir nüfus için güvenilir bir ayırt ediciliğe sahip olduğunu göstermektedir. Ancak parmak izinin yaşla değişkenliği yani kararlılığının az oluşu, çok üyeli veri tabanlarında uzun vadede hataya neden olmaktadır. Parmak izi bilindiği gibi suçluların tespiti için yaygın olarak kullanılabilen biyometrik özelliktir.

Yüz, el geometrisi ve iris ise son 20 yıl içerisinde ilginin arttığı ve kullanılmaya başlanan özelliklerdir. Bunda özelliklerin işlenmek üzere elde edilmesinin kolaylaşması önemli bir etkidir. Retina ise şüana dek yüksek güvenliğin gerektiği askeri alanlar dışında kullanılmayan ancak ayırt ediciliği en az diğerleri kadar iyi olan biyometrik bir özelliktir. Diğerleri kadar yaygın kullanılamamasının nedeni retina imgesinin elde edilmişindeki pratik zorluk ve kullanıcıya verilen rahatsızlıktır. Tablo 2.1 ‘de kullanılan bazı biyometrik özelliklerle ilgili kıyaslama gösterilmektedir.

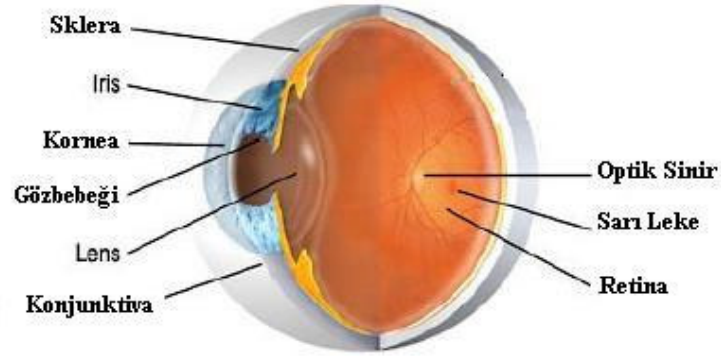
Tablo 2.1 Bazı biyometri yöntemlerinin karşılaştırması

Yöntem	Hata Oranı	Güvenlik Derecesi	Kullanım
Ses Tanıma	1 / 30	Zayıf	Telefon Hizmetleri
İmza	1 / 100	Zayıf	Düşük Seviye Güvenlik Uygulamaları
Yüz Tanıma	1 / 100	Zayıf	Düşük Seviye Güvenlik Uygulamaları
El Geometrisi	1 / 700	Zayıf	Düşük Seviye Güvenlik Uygulamaları
Parmak izi	1 / 1000	Orta	Genel
İris	1 / 220000	Yüksek	Yüksek Seviye Güvenlik Uygulamaları

2.1.1 İris ve özellikleri

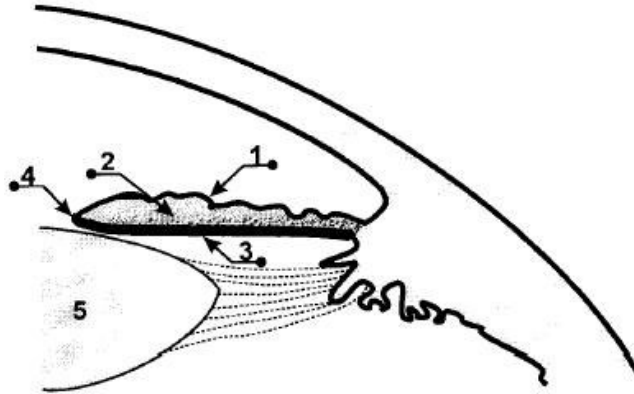
İris insanın korunan bir iç organı olup, göz merceğinin önünde korneanın hemen arkasında bulunur. Parmak izinde olduğu gibi irisin de görünebilen özelliği, taşıdığı desenin kişiye özel rastgeleliğidir. Kişide bulunan iris çiftinin ya da ikizlerde bulunan irislerin durumu gibi aynı genetik genotipte bulunan iki iris bile birbiri ile ilintili olmayan desenlere sahiptir. İris deseni hiçbir genetik anlama sahip olmayıp tamamiyle karışıktır. Bu durum iris deseninin aynı genotipten olsun ya da olmasın o bireye ait ve tek oluşunu gösterir [1].

İnsan gözü ön ve arka olmak üzere iki odadan oluşmaktadır. Bu iki oda iris ve göz merceği ile ayrılmaktadır. (Bkz. Şekil 2.1) İris gebeliğin üçüncü ayı ile birlikte oluşmaya başlayıp sekizinci ayı ile birlikte genel yapısını tamamlar. Ancak renk oluşumu doğumdan sonra bir yıl içerisinde de devam eder.



Şekil 2.1 Göz Anatomisi

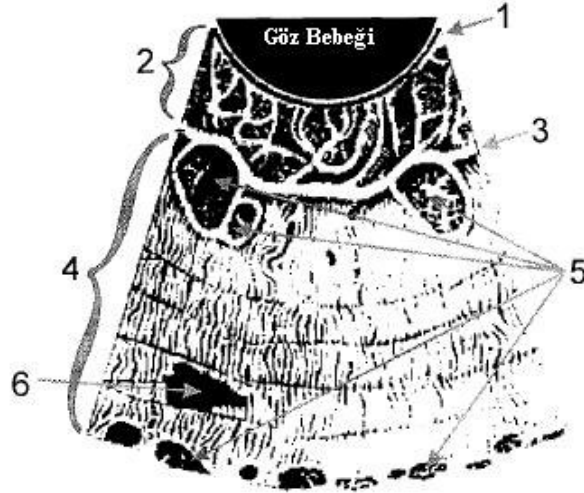
İris kesiti ise Şekil 2.2 de gösterilmektedir. Burada irise ait tabakalar görülmektedir. Dışarıdan görülebilen ön tabaka, görülemeyen kısım ise arka tabaka olarak isimlendirilir. Arka tabaka öntabakaya göre oldukça koyu bir renge sahiptir. Pigment fırfırı ise arka tabakanın görülebilen kısmı olup, göz bebeği ile irisi ayırmaktadır. Bu sınır iris iç sınırı olarak adlandırılır. İrisin yumuşak dokusu ise stroma olarak adlandırılır.



Şekil 2.2 İris Kesiti :1.Ön Tabaka, 2.Stroma, 3.Arka Tabaka, 4.Pigment Fırfırı, 5.Lens.

Kişi tanıma için kullanılan irisin ön tabakası (Bkz. Şekil 2.3) karmaşık deseni oluşturan yapılardan meydana gelmektedir. Desen detayı göz bebeği bölgesinde yoğun olmakla beraber kirpiksi bölgede daha azdır. Bu iki bölge “collarette sınır” ile birbirinden

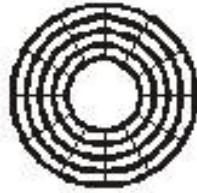
ayrılmaktadır. Çöküntüler ise ön tabakanın ince kısımlarıdır ve arka tabakanın etkisiyle oldukça koyu renkte görünürler.



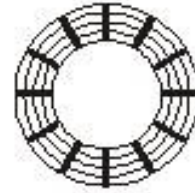
Şekil 2.3 İris ön tabakası: 1.Pigment Fırfırı 2.Göz Bebeği Alanı 3. Collarette Sınır
4.Kirpiksi Bölge 5.Çöküntüler 6. Pigment Lekesi

Koyu renkli irislerden görülebilen ışık tayfındaki aydınlatma altında alınan imgeler iris desenini gösterememekle beraber kızılötesi aydınlatma ile alınan imgeler oldukça zengin detay bilgisi sunmaktadır [2]. Bu tez çalışması esnasında geliştirilen iris imge algılayıcısında da kızılötesi aydınlatma kullanılmaktadır.

AYDINLIK ORTAM



KARANLIK ORTAM



Şekil 2.4 Retinaya gelen ışık miktarının ayarlanması

Gözde görüntünün oluştuğu nokta olan retina ışığa çok hassas olup, fazla ışık gelmesi durumunda zarar görebilmektedir. Gelen ışık miktarı iriste bulunan radyal ve dairesel

kasların antagonist olarak kasılıp gevşemesi ile ayarlanır. (Bkz Şekil 2.4) Aydınlik ortamda dairesel kaslar kasılırken, radyal kaslar gevşer. Böylece göz bebeği çapı küçültülerek daha az miktarda ışık retinaya ulaşmış olur. Karanlık ortamda ise radyal kaslar kasılırken dairesel kaslar gevşer, stroma büzülür ve gözbebeği çapı artmış olur. Işık miktarına göre oluşan bu istemsiz kas hareketleri aynı zamanda bireyin içinde bulunduğu psikolojik durumlara göre de değişim göstermektedir.

Biyometri için irisin kullanılmasındaki avantaj ve dezavantajlar [1];

- Avantajlar
 - Oldukça iyi korunan iç organdır
 - Uzaktan da görülebilmektedir
 - İris deseni oldukça yüksek rastgeleliğe sahiptir.
 - Genetik benzerlik azdır.
 - Yaşam boyu kararlıdır

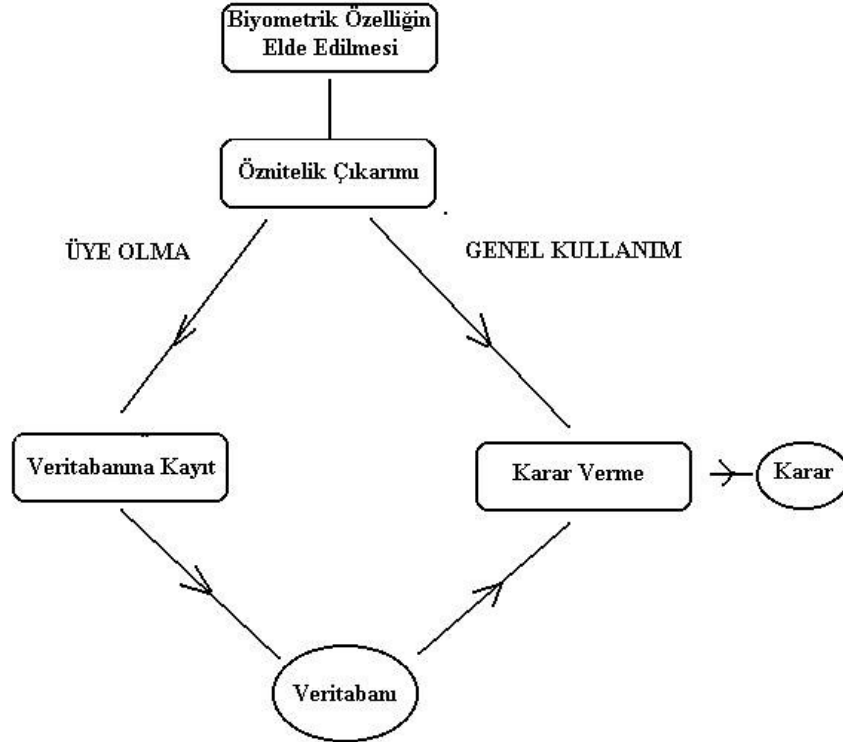
- Dezavantajlar
 - Uzaktan imgesinin elde edilebilmesi için oldukça küçüktür.
 - Hareket eden bir hedeftir
 - İris ıslak, yansıtıcı ve eğimli bir yüzey olan korneanın arkasında bulunduğundan elde edilen imgeler de optik bozunumla olabilmektedir.
 - İris göz kapağı, kirpikler ve korneadan gelen yansımalar ile engellenmektedir.
 - İriste göz bebeği çapının değişmesi ile oluşan şekil bozulmaları elastik değildir.

2.2 BİYOMETRİK SİSTEMLER VE PARAMETRELERİ

Bu bölümde biyometrik kişi tanıma sistemlerinin ortak özellikleri ile başarı oranlarının standard yapıları ele alınacaktır.

2.2.1. Biyometrik sistemler

Yetkili kişilere belirli bir hedefe (ATM, bilgisayar, kapı, cep telefonu) erişim izni veren yetkili olmayanlara ise izin vermeyen biyometrik kişi tanıma sistemleri, kullandıkları biyometrik özellikten bağımsız olarak ortak adımlardan oluşmaktadır. Şekil 2.5 de bir biyometrik sistemin genel adımları gösterilmektedir.



Şekil 2.5 Biyometrik Sistemde Genel Adımlar

Bir biyometrik sistem kullanılmaya başlanmadan önce ilk olarak veritabanında bulunması istenen yetkili kişiler veritabanına üye yapılır. Üye olma işlemi genel kullanım durumuna göre daha uzun süren kısımdır. Uzun sürmesinin nedeni sistemi eğitim amacıyla aynı kişiye ait özelliklerden birkaç örnek alma gereksinimidir. Çevrimdışı (Offline) işlem olarak adlandırılan üye olma işlemlerinin süresi sistem performansında baz alınmamaktadır. Yeni bir kişi için üyelik istenilen zamanda tekrar yapılabilir. Çevrimiçi (Online) işlem olarak adlandırılan genel kullanım durumunda, üyelik durumu ile ortak olan ama sadece bir örnek için yapılan öznelik çıkarım işlemini veritabanı ile yapılan kıyaslamaları içeren karar verme aşaması izler. Genel kullanım durumunda harcanan süre miktarı sistem başarımlarından biri olup, olabildiğince kısa olması istenir.

2.2.2 Kipler ve Başarım Parametreleri

Biyometrik sistemler iki farklı kipte çalışabilir [3,4]. Bu kiplerden ilki “Doğrulama” kipidir. Doğrulama kipinde şunda test altında olan kullanıcı daha önceden veritabanına üyeliğini yaptırmış durumdadır. Sistem sadece veritabanında bulunan öznelik kümesi ile şunki kullanıcının öznelik elemanını karşılaştırarak, kullanıcıya kim olduğunu söyler. Diğer bir kip olan “Tanıma” kipinde ise test altında olan kişinin veritabanına daha önceden üye olup olmadığı bilinmemektedir. Sistem yine elde edilen yeni öznelik elemanı ile veritabanını karşılaştırır ve “Kişi üye olmuştur ve şu kişidir” ya da “Kişi veritabanında bulunmamaktadır” şeklinde bir karar verir. Şüphesizdir ki “Tanıma” kipli sistemler gerçekleşmesi daha zor ve pahalı sistemlerdir. Ayrıca bu tür sistemlerde üye sayısının artışı başarımlarını düşürmektedir.

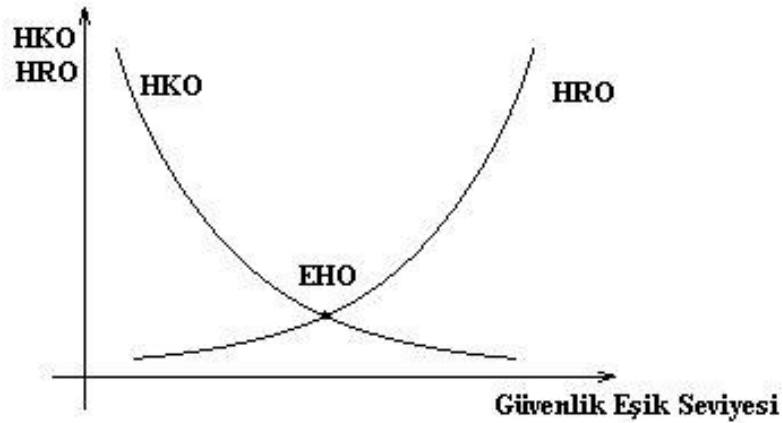
Biyometrik sistemlerde başarımlarını ise yapılan iki tür hatanın tespiti ile belirlenmektedir. Bunlar:

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

İdeal bir sistemde bu hatalara rastlanmaz. Ancak gerçekte bu hatalar sıfırdan farklı değerlere sahiptir ve sistemde uygulanan güvenlik eşik parametresine bağlı olarak değişim gösterir. Bu eşik seviyesi arttıkça hatalı ret sayısı artarken hatalı kabul sayısı azalır. Tersine durumda ise hatalı ret sayısı azalır ve hatalı kabul sayısı artar. Dolayısı ile hatalı kabul ve hatalı ret sayıları ters orantılıdır. Eşik seviyesi ise kullanılacak olan sistemin amacına bağlıdır. Seçim sistemin kullanılabilirliği ile güvenirliliği arasında bir tercihtir.

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. Oranlar belirli güvenlik eşik seviyeleri arasında tanımlanmaktadır.

Sistem birden fazla güvenlik eşik seviyesini destekliyorsa bu değere bağlı olarak sistemin HRO ve HKO grafiği çizilebilir.(Bkz. Şekil 2.6)



Şekil 2.6 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.

2.3 LİTERATÜRDEKİ ÇALIŞMALAR

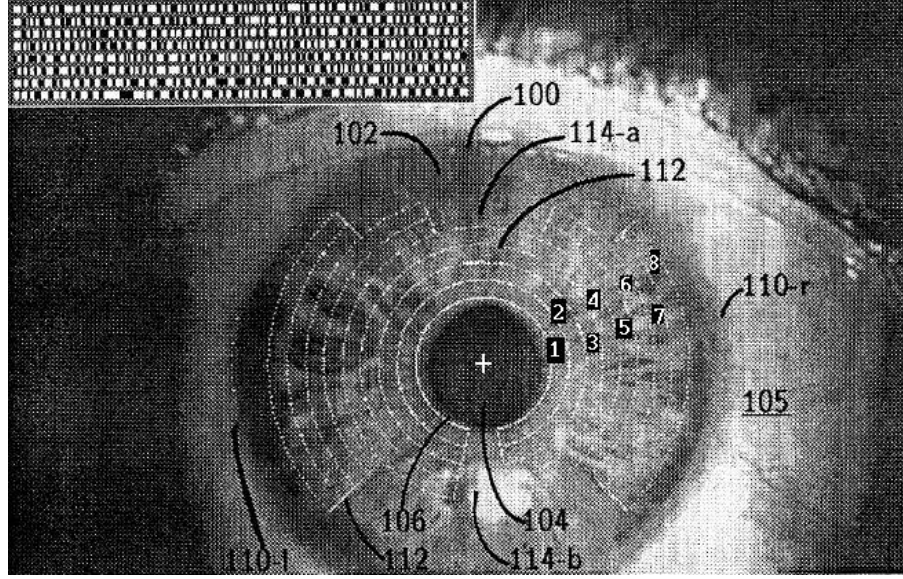
Literatürde iris tanıma ile ilgili yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. İris tanıma ile ilgili ilk çalışma oldukça eski olup, 1880’de Fransız fizikçi Albert Bertillon yapılmıştır [1]. Bertillon suçluların biyometrik özelliklerinden yakalanabileceğini, göz renginin ve desenin de ayırt edici olabileceği fikrini ortaya atmıştır.

1987’de Leonard Flom ve Alan Safır adlı iki göz uzmanları tarafından insanların irisleri ile ayırt edilebileceği kanıtlanmıştır [1]. Patentli olan bu çalışma iris deseninin her insan için tek olduğunu ortaya koymuştur.

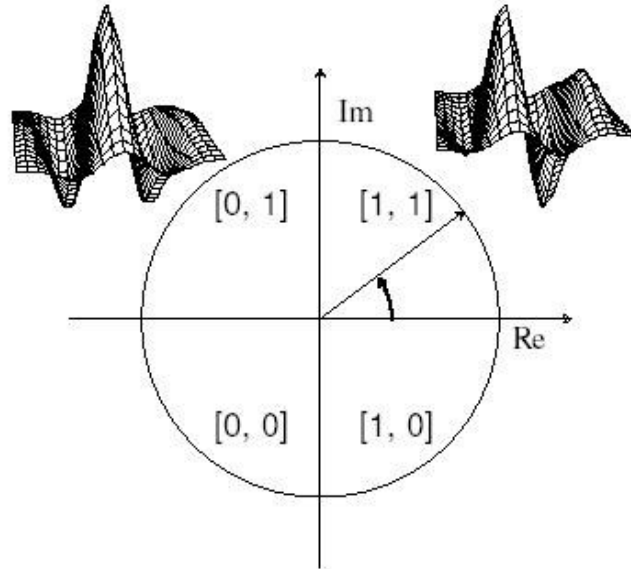
1994’de John Daugman [2], Flom ve Safır’dan edindiği bilgiler doğrultusunda iris ile kişi tanıma algoritması geliştirmiştir. Şuana dek bulunan en başarılı algoritma olan Daugman’ın algoritması da temelde Gabor dalgacıklarını kullanmaktadır. Gabor dalgacıkları iris desenini oluşturan iki boyutlu modülasyonların demodüle edilmesinde kullanılmaktadır. Böylece deseninin faz bilgisi elde edilmektedir [2]. Algoritma kızılötesi aydınlanma altında alınan göz imgelerinden irisin kestirilmesi ile başlar. Algoritmanın önceki şeklinde kestirilen iris üzerinde eş merkezli 8 adet sanal halka tanımlanmaktadır. Şekil 2.7’de gösterilen halkalardan, 1., 2.,3. ve 4. halka 330, 5. ve 6. halka 266, 7. ve 8. halkalar ise 180’er derecelik kullanılabilen alanı temsil etmektedir.

Kullanılabilen alanlara çeşitli frekans ve yönelimdeki Gabor dalgacıklarla izdüşümleri hesaplanır. İzdüşümlerin reel ve sanal kısımlarından elde edilen katsayılar, sahip oldukları değerin positif ya da negatif oluşuna göre 1 veya 0 bitleri ile eşleştirilir. İşlem Şekil 2.8 de gösterilmiştir.

Bu şekilde elde edilen toplam 2048 bitlik (256 bayt) iris kodunun yanı sıra bir de maske kodu oluşturulur. Buradaki amaç karşılaştımanın yapılabileceği bitleri maske bitleri ile belirlemektir.



Şekil 2.7 J.Daugman'a ait patentten bir alıntı [17]



Şekil 2.8 Karmaşık izdüşüm değerlerine atanan bit değerleri

Karşılaştırma Hamming mesafesi (HM) kullanılmaktadır.

$$HM = \frac{\| (kodA \otimes kodB) \cap maskeA \cap maskeB \|}{maskeA \cap maskeB} \quad (2.1)$$

1998'de Richard Wildes ve diğ.[5] 'nin geliştirdiği sistemde ise göz imgeleri iyileştirilmiş bir biçimde alınmış, gözden sistemin kendi aydınlatmasından yansıyan ışık önlenmiştir. İris temsili ise yine iris ile aynı boyuta sahip ve belirli frekans bandındaki bilgiyi içeren imge matrisi ile yapılmıştır.

Karar verme ise normalize ilinti katsayısına göre yapılmaktadır. Bu katsayı

$$R_N = \frac{\sum \sum (p_1[i, j] - \mu_1)(p_2[i, j] - \mu_2)}{nm\sigma_1\sigma_2} \quad (2.2)$$

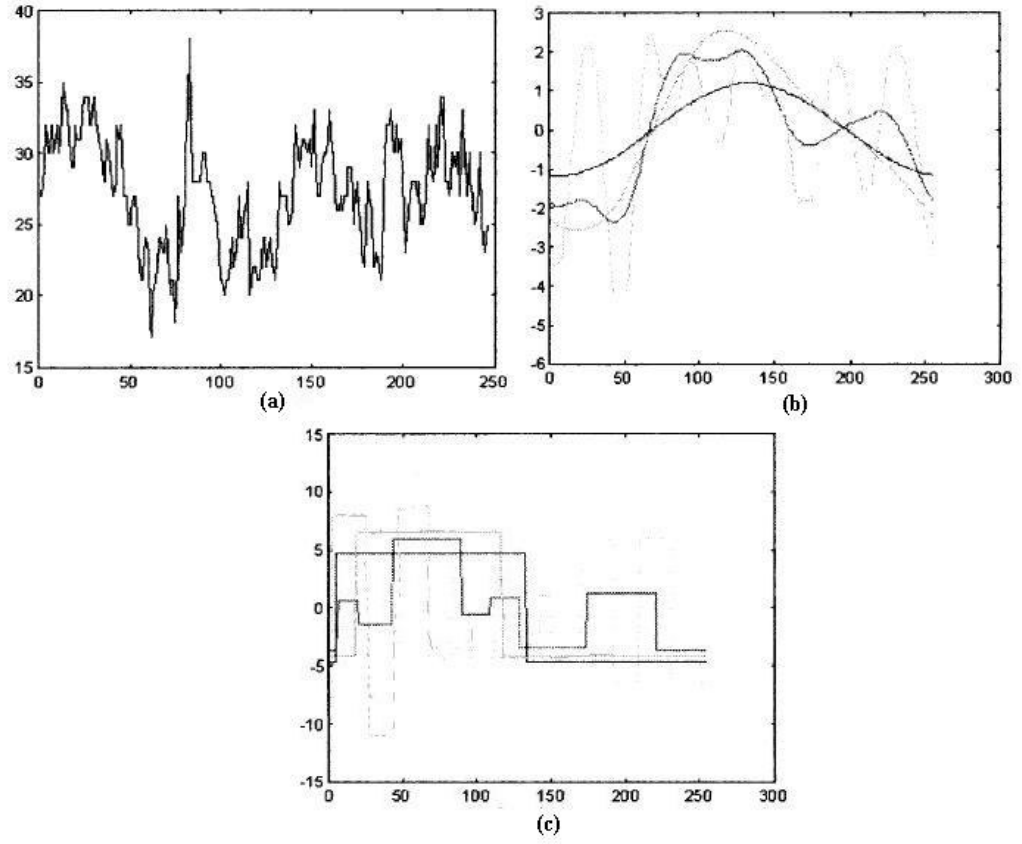
formülü ile hesaplanır. Burada p_1 ve p_2 sırasıyla bilinmeyen ve veritabanına ait iki boyutlu iris temsilleri, μ_1 ve μ_2 ortalama, σ_1 ve σ_2 ise standart sapma değerleridir.

Aynı yıl Boles ve diğ [6]. tek boyutlu dalgacık dönüşümleri ve sıfır geçiş temsilleri ile bir sınıflandırma yöntemi geliştirmişlerdir. Bu yöntemde 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, oluşturulan dalgacık dönüşümlerinin sıfır geçiş temsillerini kullanmışlardır. İris temsiline elde edilmiş aşamaları şekil 2.9 da gösterilmektedir.

Boles'un sunduğu algoritmada, karar verme için temsiller arasındaki farklılık baz alınmaktadır. Farklılıklar, K yüksek çözünürlük derecesinden, herhangi bir L düşük çözünürlük seviyesine kadar olan Q adet farklılığın ortalama değeridir.

$$FD = \sum_K^L \frac{d_j(f, g)}{Q} \quad (2.3)$$

Kullanılan $d(f, g)$ farklılık fonksiyonları (dissimilarity functions) [6]'da ayrıntılı olarak tanımlanmaktadır. Hesaplanan FD değerlerinden en küçüğünü veren f, g temsil çiftinin aynı irisi temsil ettiğine karar verilir[6].



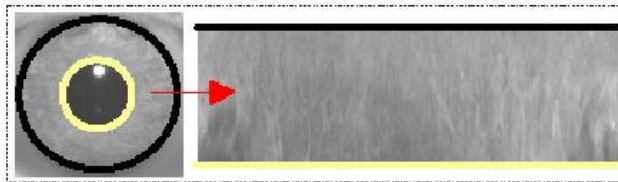
Şekil 2.9 Boles ve diğ. önerdiği iris temsil adımları [6]

a.Genlik vektörü

b. 4 farklı çözünürlükteki dalgacık dönüşümleri

c.Bu dönüşümlerin sıfır geçiş temsilleri

C. Tisse ve diğ. [18] ise Daugman'ın iris kestirimi için kullandığı algoritmayı iyileştirmiş ve iris temsili için koordinat dönüşümünden faydalanmışlardır. Tisse, diğerlerinden farklı olarak, kutupsal durumdaki iris imgesini, dikdörtgen hale aktarmıştır.(Şekil 2.10)



Şekil 2.10 Tisse ve diğ. önerdiği koordinat dönüşümü

Tisse'nin önerdiği bu aktarım, literatürde daha sonra mevcut olan yeni çalışmalarda kabul görmüş, sıkça kullanılmıştır. Aktarımın önemi, iris deseninin artık tamamıyla iki boyutlu olması, imge işleme uygulamaları için daha uygun hale getirilmesidir.

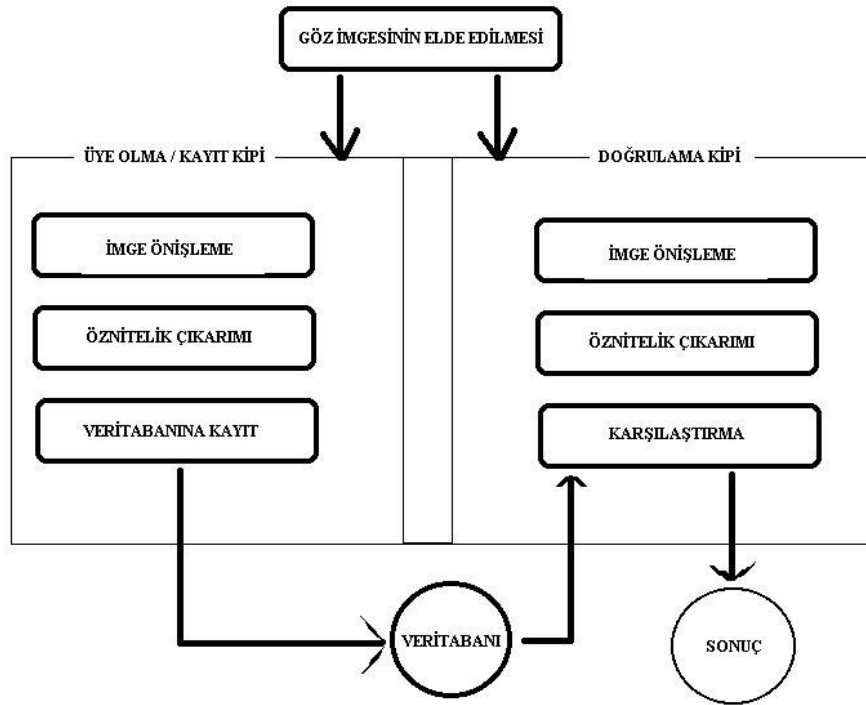
Sunduğu algoritmada Tisse, iris temsili için işlem bakımından daha az olan iki boyutlu Hilbert dönüşümünü kullanmıştır. Bu şekilde desendeki faz bilgisi kullanılmış olur.[18] Temsillerin veritabanına kaydı, Daugman'ın önerdiği kodlama yöntemine göre yapılmakta olup, karar verme de yine Hamming mesafesi ile gerçekleştirilir.

Çalışmalarında Gabor filtreleri kullanan ve bu tezin bir nevi alt yapısını oluşturan L. Ma, T.Tan ve diğ. [8,9,10,11,12] çalışmalarına ise 3. bölümde yeri geldikçe değinilecektir.

Literatürde mevcut algoritmalara gün geçtikçe yenileri eklense de, iris tanıma problemi daha çok Tisse'nin önerdiği şekle indirgenerek yeni çözümler aranmaya başlanmıştır.

3. MALZEME VE YÖNTEM

Bu bölümde tez esnasında geliştiren iris ile kişi tanıma sistemi ayrıntılı olarak incelenecektir. Kullanılan teorik bilgiler gerektiğinde ayrı olarak ele alınacaktır. Sistem iris imgesinin elde edilmesinde başlayıp karar aşamasında son bulmaktadır. Şekil 3.1 de sistemin blok diyagramı görülebilir.



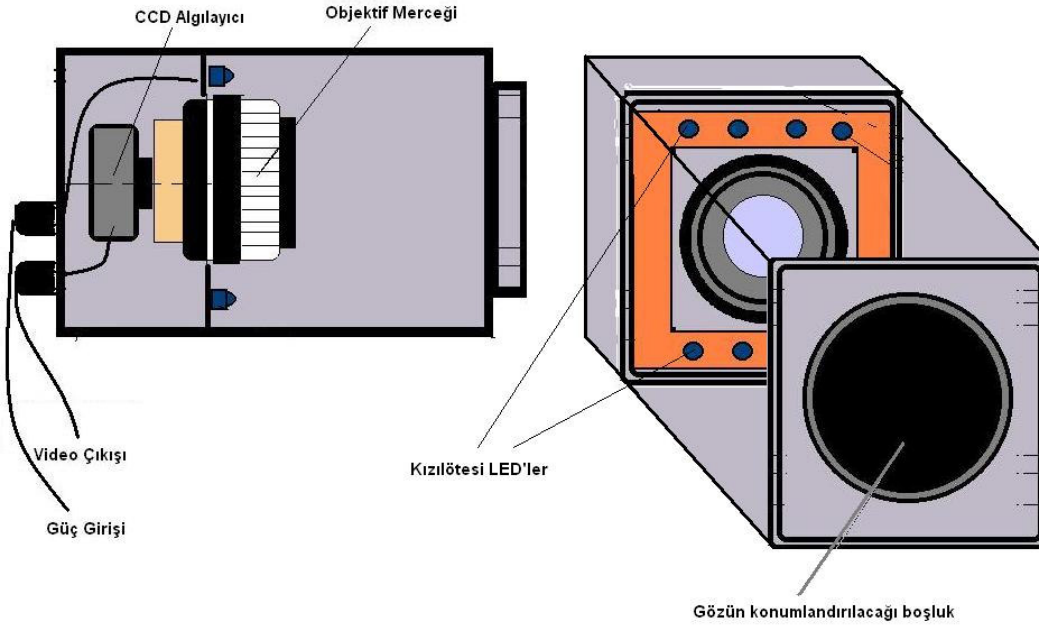
Şekil 3.1 – Tasarlanan sistemin blok diyagramı

Göz imgeleri elde edildikten sonra imge önışleme kısmına geçilir. Bu aşamada amaç göz imgesinden irisi kestirmek, çeşitli dönüşümlerin ardından görüntüyü iyileştirip öznitelik çıkarımı için hazır hale getirmektir. Gabor filtrelemeyle oluşturulan öznitelik matrisi çalışma kipine göre veritabanına kaydedilir veya karar verme aşaması için kullanılır.

3.1 İMGELERİN ELDE EDİLMESİ

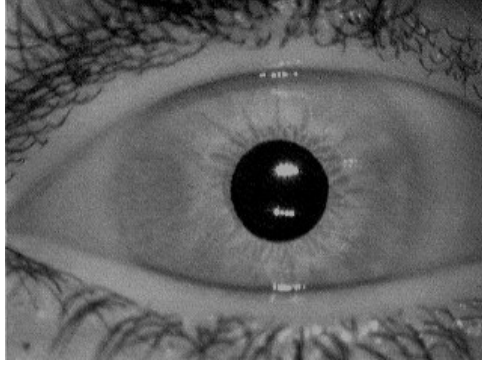
Sistemin ilk ve en önemli adımı irisi içeren göz imgesinin net bir şekilde elde edilmesidir. İrisin yaklaşık 10 mm çapında olması ayırt ediciliği yüksek bir algılayıcı gerektirmektedir. İrisin yoğunlaşmış desen bilgisinin elde edilmesi için 320 x 240 noktalı CCD (Charge Coupled Device) tür algılayıcı kullanılmaktadır. Mercek sistemi ise toplamda yaklaşık 20 mm odak uzaklığına sahiptir. Odaklama elle yapılmaktadır.

Daha önce de bahsedildiği gibi koyu renkli irislerin de görüntülenebilmesi için kızılötesi aydınlatma kullanılmıştır. Aydınlatma 50 mW'lık 8 adet kızılötesi LED'den oluşmaktadır. Tasarlanan algılayıcı Şekil 3.8 de gösterilmiştir.

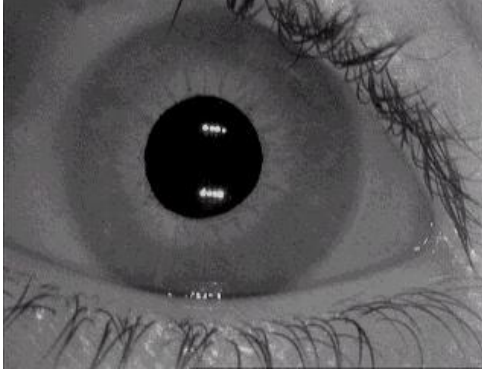


Şekil 3.2 Tasarlanan Algılayıcı

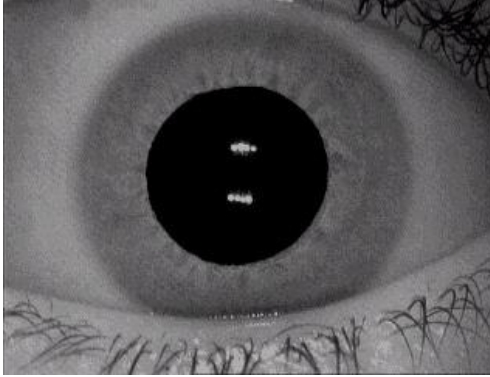
Alınan görüntüler gri-ton imgeler olup 320 x 280 'lik boyuta indirgenmiştir.(Şekil 3.3) İmgeler 8 bit/nokta hassasiyete sahiptir yani nokta genlik değerleri 0 (Siyah) ile 255 (Beyaz) arasındaki değerlerle temsil edilmektedir. Algılayıcı PAL kipte çalışmakta olup 25 kare/saniyelik veriyi PCI kartı aracılığı ile bilgisayara aktarmaktadır.



a



b



c

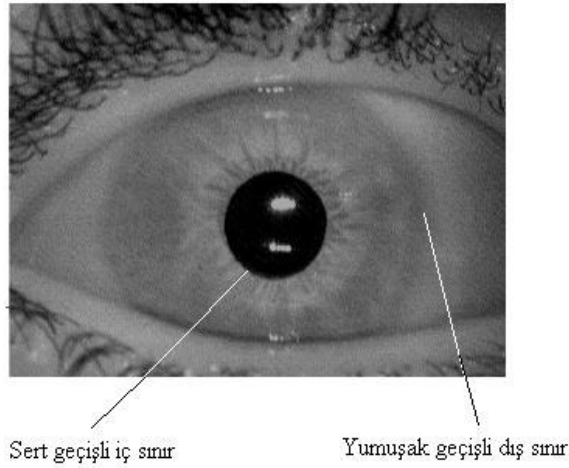
Şekil 3.3 Alınan İmge Örnekleri

3.2 İMGE ÖNİŞLEME

Alınan imgeler irisin dışında gözkapağı, kirpik, gözbebeği ve göz akını da içerir. (Şekil 3.3) Bu yüzden öncelikle irisin kestirilmesi gerekmektedir. Bu, irisin iç (iris-göz bebeği) ve dış (İris-göz akı (sklera)) sınırlarının kestirilmesi ile gerçekleşir. Daha sonra yüzük şeklinde olan iris deseni kutupsal koordinattan kartezyen koordinata aktarılır. Böylece iris dikdörtgen yapıya sahip dokuya indirgenmiş olur. Arka fon kestirimi ve yerel histogram eşitlemelerinin ardından uygulanan dikey logaritmik örnekleme ile imge öznitelik çıkarımına hazır hale gelir. Şimdi bu işlemler daha ayrıntılı incelenecektir.

3.2.1 İris Sınırlarının Kestirimi

İmgelerden iris sınırlarının kestirimi için olabildiğince hızlı ve yüksek kesinlikli bir algoritma gerekmektedir. İrisin göz bebeği ile olan iç sınırı kolayca kestirilebilmekle beraber bu sınıra göre daha yumuşak geçişe sahip olan dış sınırın kestirimi daha zordur. (Şekil 3.4)

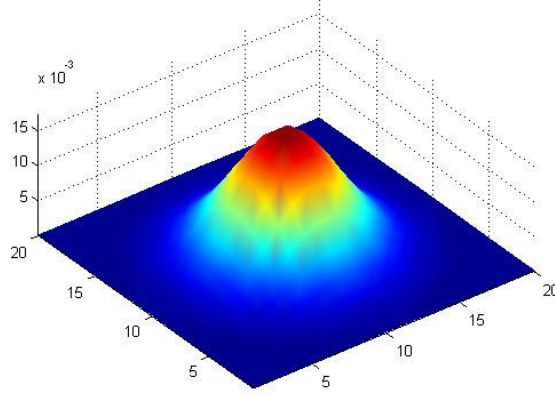


Şekil 3.4 –İç ve dış sınırlar

Çalışmalarda ilk olarak geliştirilen algoritmada imgeye iç sınır kestirimi için öncelikle alçak geçiren süzgeç uygulanır. Burada amaç imgedeki detayları azaltıp açık olarak seçilebilen iç sınırı vurgulamaktır. Alçak geçiren filtre yapısı:

$$F(x, y) = e^{-\frac{(x^2+y^2)}{2\sigma^2}} \quad (3.1)$$

şeklindedir. Filtrenin uzaysal koordinatlardaki görünümü Şekil 3.5'teki gibidir

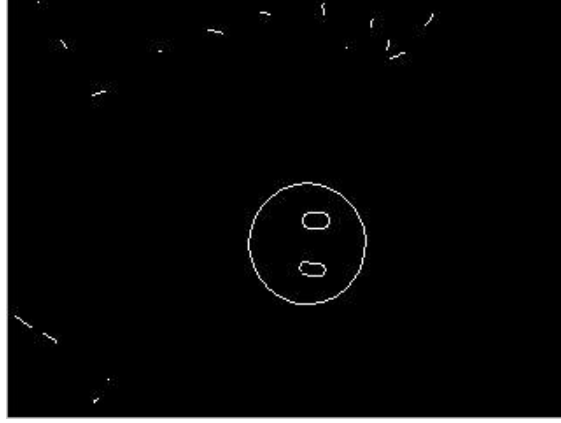


Şekil 3.5 Alçak Geçiren Filtre Yapısı

Filtrelemeden sonraki adımda ise kenar kestirim yöntemi uygulanır. Kullanılan kenar kestirim operatörü ise Sobel operatörüdür. Sobel türev matrisi:

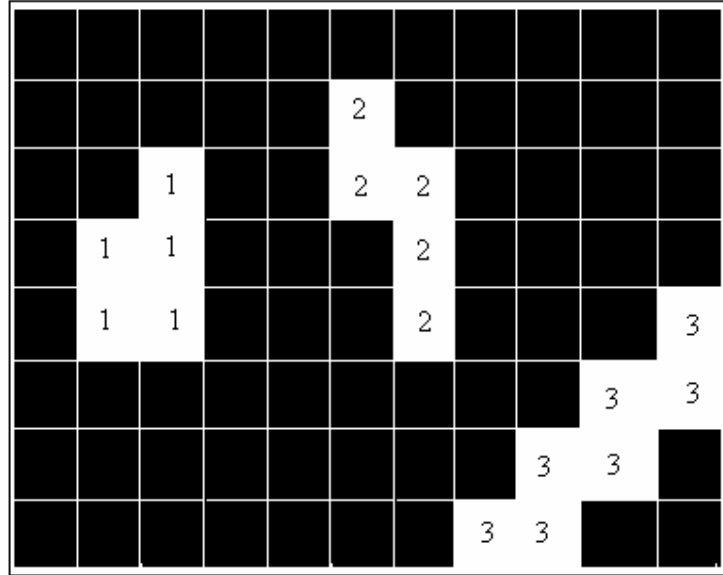
$$S = \frac{1}{8} \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} \quad (3.2)$$

şeklinde tanımlanır [13]. Kenar kestirim sonucu elde edilen imge Şekil 3.6'de gösterilmektedir.



Şekil 3.6 Kenar kestirimi sonucu elde edilen imge

Kenar kestiriminin ardından nokta gruplama uygulanır. Gruplama birbirine bitişik olan beyaz noktaların numaralandırılmasıdır. (Şekil 3.7) Örneğin bu yöntemle Şekil 3.6'daki imgede 19 farklı nokta grubu kestirilmiştir.



Şekil 3.7 Nokta Gruplama Yöntemi

Daha sonra nokta gruplarının yatay ve dikey izdüşüm uzunluklarının çarpımları hesaplanır. Şekil 3.7 'de birinci gruba ait yatay izdüşüm 2, dikey izdüşüm ise 3 nokta, net çarpım ise 6 nokta boyundadır. İkinci grubunki ise sırasıyla 2, 5 ve 10 nokta

boyundadır. Bu şekildeki hesaplamaların ardından en büyük çarpım değerine sahip olan grup iç sınır çemberini oluşturan nokta grubu olarak bulunmaktadır.

İç sınır çemberinin izdüşüm indisleri olan n_{Px} ve n_{Py} 'nin orta noktaları, çemberin merkezi, farkların ortalaması ise yarıçap olarak atanır.

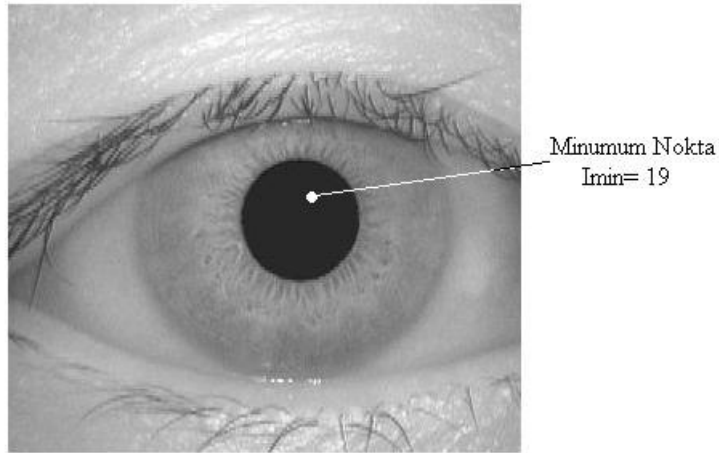
$$Mid_x = \min(n_{Px}) + \frac{1}{2} (\max(n_{Px}) - \min(n_{Px})) \quad (3.3)$$

$$Mid_y = \min(n_{Py}) + \frac{1}{2} (\max(n_{Py}) - \min(n_{Py})) \quad (3.4)$$

$$r_{I\zeta_{Sum}} = \frac{1}{2} (\max(n_{Py}) - \min(n_{Py})) \quad (3.5)$$

Şu ana dek sunulan iç sınır algoritması, çalışmaların ilerki aşamasında kullanılan CASIA [14] iris imge bankasından alınan imgeler için başarısız sonuç verdiği için bu imgelerde kullanılmak üzere ikinci bir algoritma daha geliştirilmiştir.

CASIA imgelerinde yapılan incelemeler sonucunda imgelerdeki en karanlık bölgenin göz bebeği bölgesi olduğu görülmüştür. Bu doğrultuda imgelerde minimum değeri barındıran bölgenin, göz bebeği bölgesi olduğu kabul edilerek algoritmaya başlamaktadır.



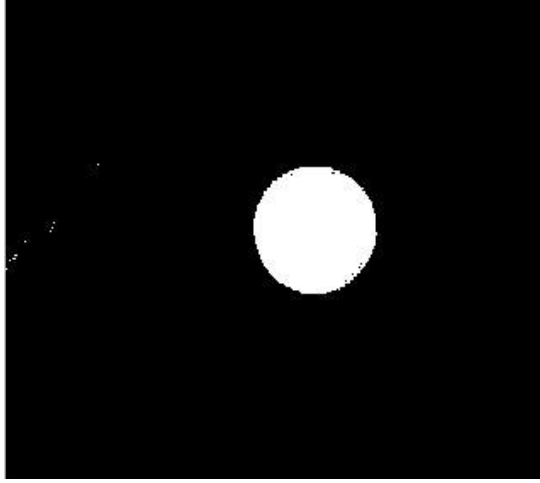
Şekil 3.8 CASIA'dan alınan imge örneği ve minimum nokta

İmgedeki minimum nokta genliği hesaplanır. Bu nokta göz bebeği bölgesindedir.

$$I_{\min} = \min (I(x,y)) \quad (3.6)$$

Bu ‘‘minumum genlik’’ değerinden belirli bir eřikteki aralıęa kadar olan noktalar maskelenir. Örnek maske Şekil 3.9 ‘de görülebilir.

$$I_M(x,y) = \begin{cases} 1 & \Rightarrow I(x,y) \leq (I_{MIN} + \epsilon) \\ 0 & \Rightarrow \text{dışında} \end{cases} \quad (3.7)$$



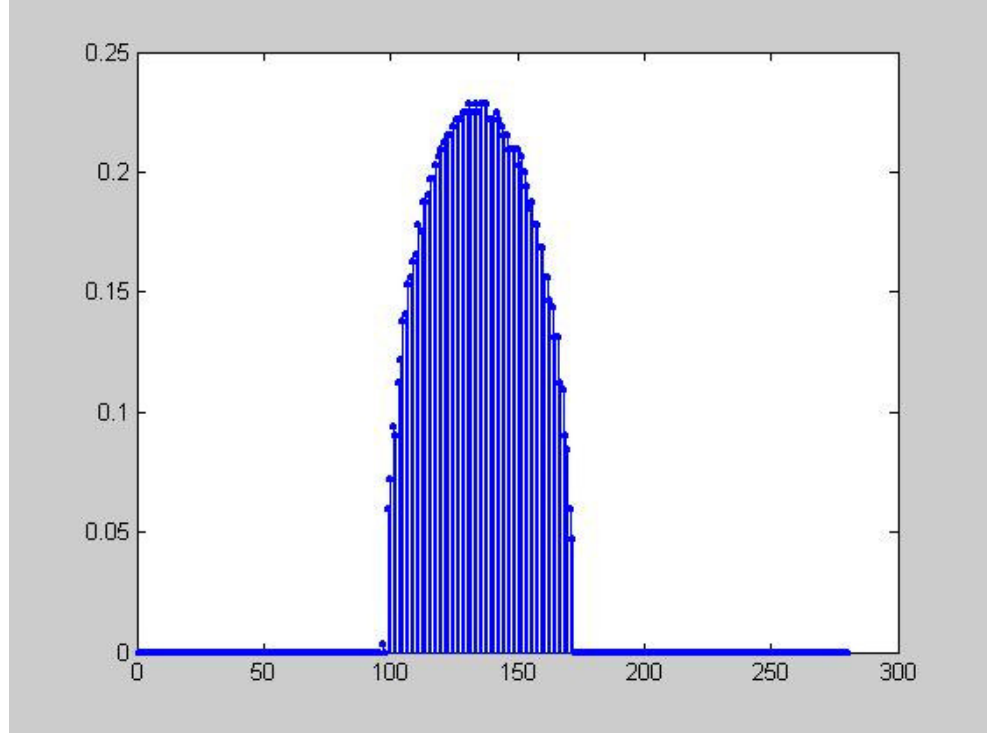
Şekil 3.9 $\epsilon = 30$ için maske imgesi

Ardından maskenin normalize yatay ve dikey izdüşüm vektörleri olan P_x ve P_y hesaplanır.

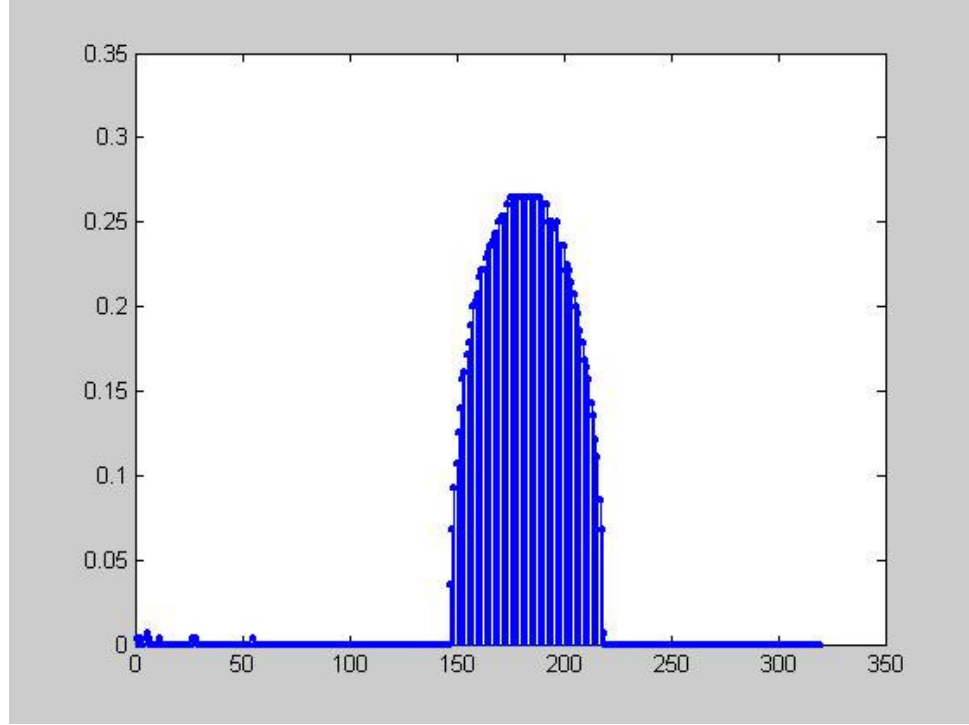
$$P_X(m) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} I(m,i) \quad \text{ve} \quad P_Y(n) = \frac{1}{M} \sum_{j=0}^{M-1} I(j,n) \quad (3.8)$$

Burada N ve M yatay ve dikey doğrultudaki toplam nokta sayılarıdır. Bu işlemlerle , yatay izdüşümde her satır hizasındaki, dikey izdüşümde ise her sütun hizasındaki sıfırdan farklı (yani 1 değerine sahip) nokta sayısı hesaplanır. Her iki hesaplamayı da imge boyutundan bağımsız kılmak için, yatay izdüşümde yatay boyutla (N), düşey izdüşümde düşey boyutla (M) ölçekleme yapılır. Çıkan izdüşüm Őekilleri belirli bir noktada tepe yapan simetrik eğriler olmaktadır (Şekil 3.10 ve 3.11).

Denemelerde maskelerden elde edilen izdüşüm vektörlerinin daima 0.1 değerinden büyük bir tepe değerine sahip olduğu görülmüştür. Bu tespit doğrultusunda, vektörlerin 0.1 değerini aştığı ve tekrar 0.1 değerinin altına düştüğü satır ve sütun indisleri simetri uçları kabul edilerek, (3.3) ve (3.4) eşitliklerindeki gibi iris merkezinin orta noktaları hesaplanır.



Şekil 3.10 Maskenin normalize dikey izdüşüm vektörü



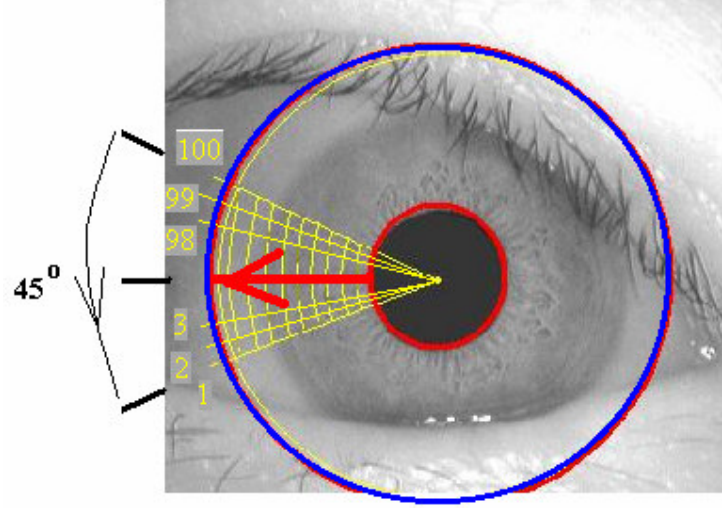
Şekil 3.11 Maskenin normalize yatay izdüşüm vektörü

Son olarak maskenin toplam alanı A_M olmak üzere, iç sınır çemberinin yarıçapı ise;

$$r_{İÇ SİNİR} = \sqrt{\frac{A_M}{\pi}} \quad (3.9)$$

ters dönüşümü ile bulunur.

Dış sınır kestirimi için ise türevli açısız histogram yöntemi geliştirilmiştir. Yöntem alınan sol göze ait imgeler için düzenlenmiştir. İç sınır çemberinden başlanarak iris yüzüğü üzerinde 45 derecelik 100 noktalı yaydaki belirli bir eşik değerini geçen nokta sayısı, her adımda yarıçap bir birim artırılarak kaydedilir. Bu işlem iç sınır çemberi ile aynı merkeze sahip olan işlem çemberi (Şekil 3.12’de mavi ile gösterilmiştir) imgenin herhangi kenarına teğet olana dek sürdürülür.



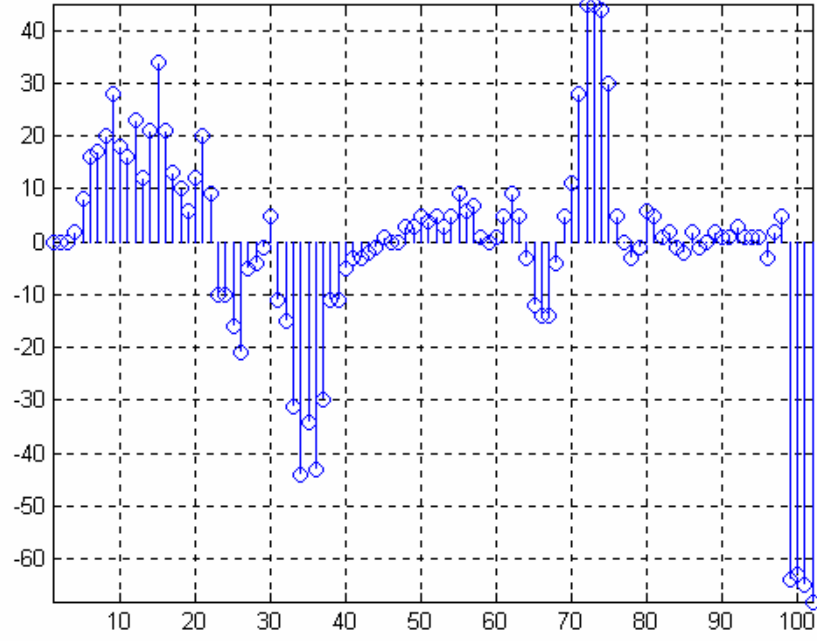
Şekil 3.12 Açısal Histogram

Elde edilen histogram değer dizisi H_A olmak üzere;

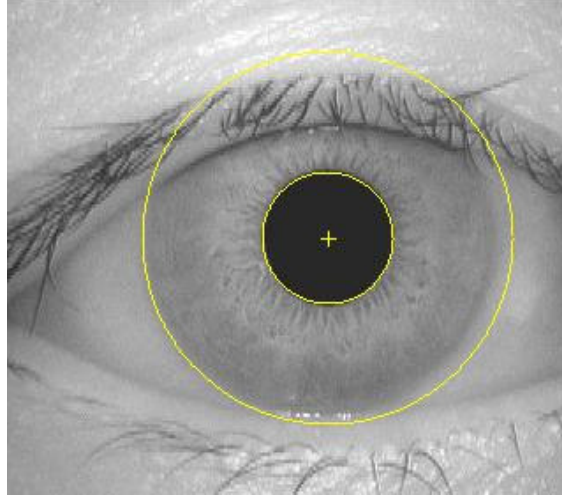
$$F_A = H_A * [1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1] \quad (3.10)$$

işlemi ile beşinci derece fark alınır. Şekil 3.13 elde edilen fark dizisi görülmektedir. Şekilde x ekseninde bulunan 103 sayısı F_A dizisinin eleman sayısı olup, toplam adım sayısının $103+1-5 = 99$ olduğunu gösterir. Dizi boyundaki artış konvolüsyonun bir sonucudur. Bu fark dizisinde maksimum değer indisine ait yarıçap değeri dış sınır yarıçap değeri olarak kabul edilir.

Dış sınır yarıçapının da bulunması ile iris sınırları tamamiyle belirlenmiş olur. Şekil 3.14'te kestirilen iris sınırlarını göstermektedir.



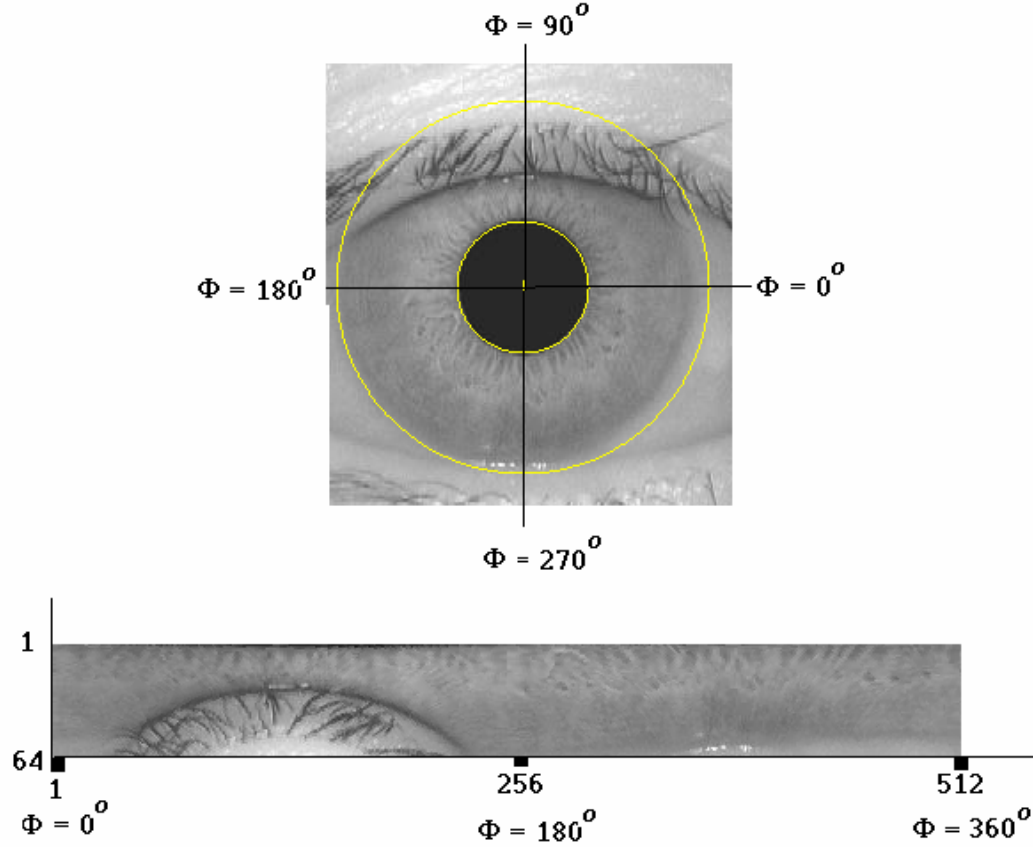
Şekil 3.13 Fark dizisi



Şekil 3.14 Kestirilen İç ve Dış Sınırlar

3.2.2 Koordinat Dönüşümü ve Normalizasyon

İris sınırlarının kestiriminin ardından halka şeklinde bulunan iris, [7,8,9,10,11]'de yapılmış olduğu gibi kartezyen koordinata aktarılır. Bu dönüşümün amacı sistemin, kişiden kişiye farklılık gösteren iris dış sınır çapından ve aynı kişide bile duruma göre değişen iç sınır çapından bağımsız olarak çalışabilmesini sağlamaktır. Böylece tüm irisler belirli bir ölçeğe indirgenmiş olur.



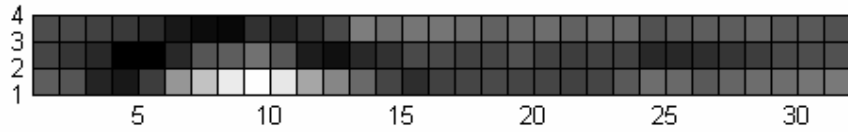
Şekil 3.15 Koordinat dönüşümü ve normalizasyon

Dönüşümde dış-ıç sınır nokta farkı 64 ayrı adıma bölünerek tarama yapılmaktadır. Tam bir dönüş ise toplam 512 adım seçilmiştir. Sonuç olarak ölçeklenmiş yeni imge 64x512 boyutlarına sahip olur.

3.2.3 İmge İyileştirme

Elde edilen 64x512 yeni dikdörtgen imge iris desenindeki ayrıntıları yeterince yansıtamamaktadır. Ayrıca iris üzerindeki ışık dağılımı eşit olarak dağılım göstermemektedir. Bu gibi olumsuz etkilerin giderilmesi için imge iyileştirme önemli bir adımdır. Sırasıyla bu adımlar incelenecektir.

Histogram eşitleme öncesinde, imgede eşit dağılım göstermeyen aydınlanma homojen hale getirilmelidir. Bunun için aydınlanma kestirim yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemde 64x512 boyutundaki imgeden 16x16'lık bloklar halinde ortalamalar alınır. Elde edilen 4x32'lik ortalama matrisi Şekil 3.16 de gösterilmektedir.



Şekil 3.16 Elde edilen ortalamalar imgesi

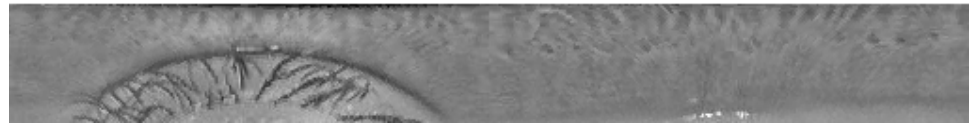
Bu matris biküçük aradeğer atama yöntemi ile 64x512'lik özgün imge boyutuna getirilir. Özgün imge boyutundaki bu imge ile özgün imgeden çıkarılarak homojen aydınlanmaya sahip imge elde edilmiş olur.(Şekil 3.17 a,b)



a



b

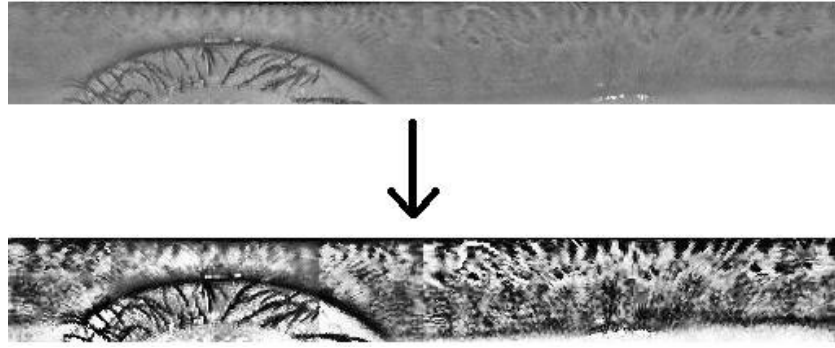


c

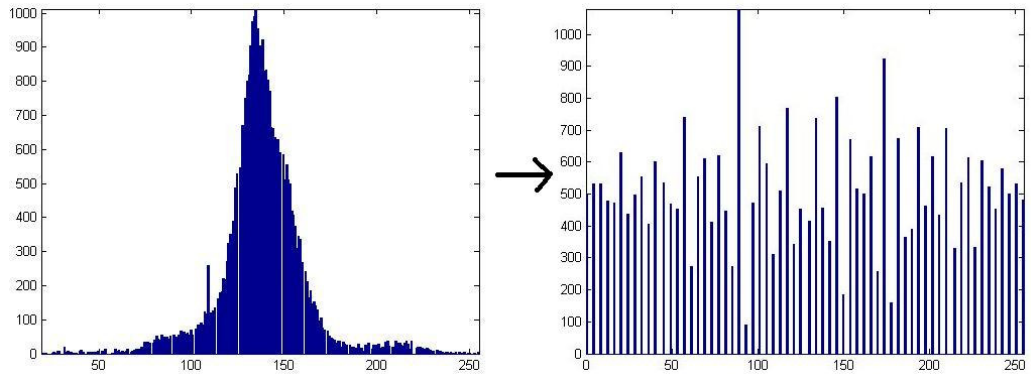
Şekil 3.17 Aydınlanma Kestirimi : a.Özgün İmge b.Kestirilen aydınlanma c. Son imge

Aydınlanma homojen hale getirildikten sonra imgeye yerel histogram eşitleme yöntemi uygulanır. Histogram, imgede bulunan noktaların 0-255 değerlerinden kaçar tane aldığını gösterir. İdeal olarak istenen bir imgede bu değerlerin homojen olarak dağılması, histogramın düzenli olmasıdır. Histogram eşitleme yöntemi ise, bir imgede açıkça seçilemeyen detayların ortaya çıkarılması için uygulanan bir yöntemdir [4].

İmgeye 32x32 'lik bloklar halinde histogram eşitleme uygulanmasının ardından elde edilen yeni imge ve histogram dağılım değişimleri Şekil 3.18 ve Şekil 3.19'de verilmiştir.



Şekil 3.18 Histogram Eşitlemenin Etkisi



Şekil 3.19 Histogram Değişimi

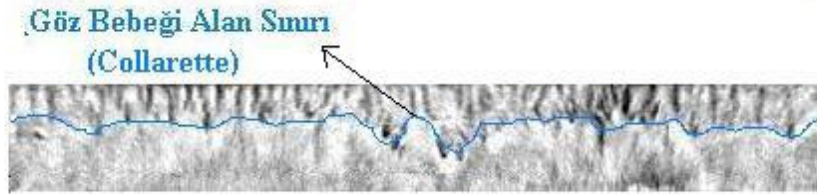
3.2.4 Dikey Logaritmik Örnekleme

Şuana dek yapılan imge önişleme yöntemleri literatürde [2,9,10,11,12,13] uygulanmakta olan ortak yöntemlerdir. Bir sonraki adım olan öznetelik çıkarımı için en son elde edilen imge kullanılmaktadır. Fakat şekil 3.18'deki imgeden de görüleceği gibi alınan imgelerde bulunabilen kirpik ve göz kapakları iris deseninde bozulmalara neden olmaktadır. Bu etkiyi azaltma amacıyla bazı çalışmalarda [8,9] elde edilen en son imgenin iç sınırdan başlayan % 80'lik kısmı kullanılmıştır. Buna alternatif olarak [10]'daki gibi irisin sadece çok yoğun desen bilgisi içeren göz bebeği alanının (Şekil 2.3) kullanılması da önerilmektedir. (Şekil 3.20 a ,b)



Kullanım Sınırı

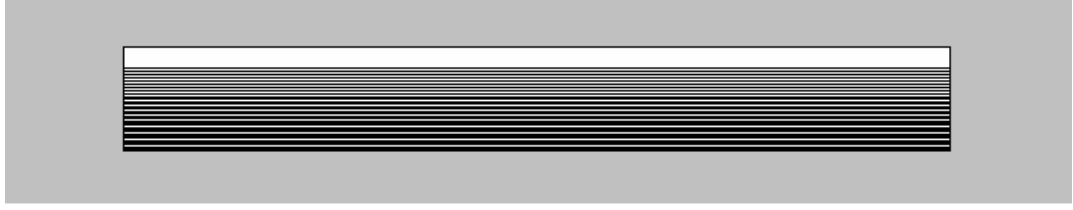
a



b

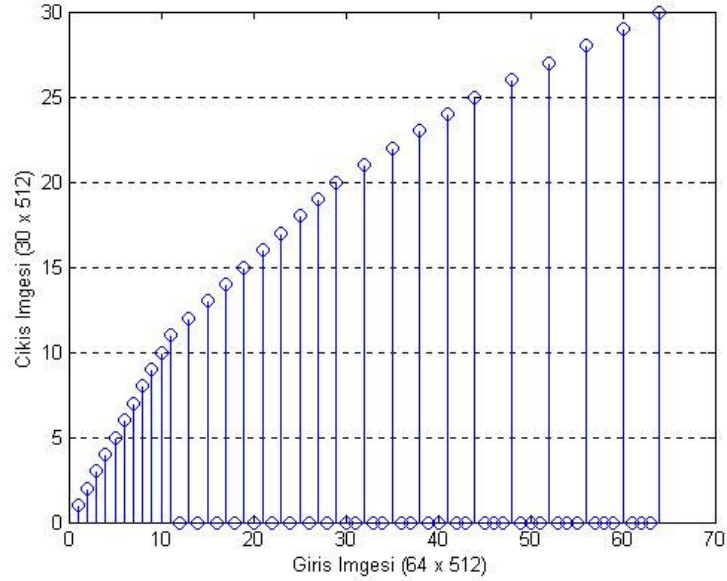
Şekil 3.20 a,b:Literatürde mevcut kullanım sınırları

Bu tezde önerilen sistemin özgün kısımlarından biri olan dikey logaritmik örnekleme ise varolan bu iki sınırı birleştiren bir yöntemdir. Yöntem 64x512'boyutundaki son imgeyi, en üst satırdan başlayarak 30 adım ile tekrar örnekleme yapar. Örnekleme adımı ilk başlarda bir satırken, 64. satıra yaklaştıkça adım aralığı 4 satıra çıkar. Şekil 3.21'de örnekleme için kullanılan satırlar beyaz, kullanılmayanlar ise siyah ile gösterilmiştir.



Şekil 3.21 Dikey Logaritmik Örnekleme (Kullanılan satırlar beyaz renkle gösterilmiştir.)

Bu tür örneklemedeki amaç iç sınıra yakın bölgeleri (yukarı kısımları) vurgulamak, dış sınırdaki göz kapağı ile örtüşmüş olabilecek bölgeyi ise bastırmaktır. Ancak dış sınırdaki bilgi tamamiyle kaybolmadığından, göz kapağı ile örtüşmeyen bölgelerden de yararlanılmış olunacaktır. Örnekleme için kullanılan transfer fonksiyonu ve elde edilen 30x512 boyutundaki imge Şekil 3.22 ve 3.23'te gösterilmektedir.



Şekil 3.22 Örnekleme Transfer Fonksiyonu



Şekil 3.23 Elde edilen 30x512'lik yeni imge

Görülmemektedir ki logaritmik örnekleme sonucunda göz kapağının kapladığı toplam alan azaltılırken, göz kapağının bulunmadığı sağ alt kısımdaki desen bilgisi de korunmuş olmaktadır. Aynı zamanda kullanılacak öznitelik çıkarımı için kullanılacak toplam nokta sayısının dolaylı yoldan azaltılması, işlem hızının artmasını sağlayacaktır.

İmge önışleme kısmı dikey logaritmik uygulama ile son bulmaktadır. Oluşturulan son imge artık öznitelik çıkarımına hazırdır.

3.3 ÖZİNİTELİK ÇIKARIMI

Literatürde mevcut herbir iris tanıma algoritmasını özgün kılan öznitelik çıkarımı için uygulanan yöntemdir. Öznitelik çıkarım sonucu elde edilmiş olan veri, olabildiğince iyi bir şekilde ve aynı zamanda olabildiğince az elemanla irisi temsil etmelidir. Sunulan çalışmada öznitelik çıkarımı için doku analizinde yaygın olarak kullanılan 2-B Gabor filtrelerden yararlanılmıştır. Gabor filtreye yapıları ile ilgili ayrıntı bir sonraki alt bölümde verilmektedir. Öznitelik matrisinin oluşturulma adımları ise 3.3.2 nolu alt kısımda incelenecektir.

3.3.1 2-B Gabor Filtreler

1-B Gabor filtreler , 1-B sinyalleri frekans ve zaman düzlemlerinde en az belirsizlikle tanımlamaya çalışan Dennis Gabor tarafından geliştirilmiştir. Fourier analizi için belirsizlik kuramını geliştiren Gabor'dan sonra, Daugman orijinal Gabor filtre yapısını iki boyutlu hale getirmiştir. Geliştirilen filtreler frekans ve yönelim seçiciliğine sahiptir. Daha sonra T.Tan ve diğ. [10,12] dairesel simetrik Gabor filtreleri öne geliştirmişlerdir. Dairesel simetrik Gabor filtreler sadece frekans seçiciliğine sahiptir.

Daugman'ın geliştirmiş olduğu 2-B Gabor filtre, 2-B Gauss zarfı ile modüle edilen belirli bir frekans ve yönelimdeki karmaşık sinusoidal dalgadır. 2-B Gauss zarfı $g(x,y)$ ve Fourier transformu $F(w_x, w_y)$ olmak üzere,

$$h(x, y) = g(x, y) e^{j(w_{x_0} x + w_{y_0} y)} \quad (3.11)$$

şeklinde tanımlanan $h(x,y)$ filtresinin Fourier dönüşümü ;

$$H(w_x, w_y) = F(w_x - w_{x_0}, w_y - w_{y_0}) \quad (3.12)$$

olmaktadır [15]. Bu modülasyonun Fourier dönüşümündeki öteleme etkisini göstermektedir.

$h(x,y)$ filtresinin 2-B frekans koordinatı (w_{x_0}, w_{y_0}) olup, net frekansı çapı

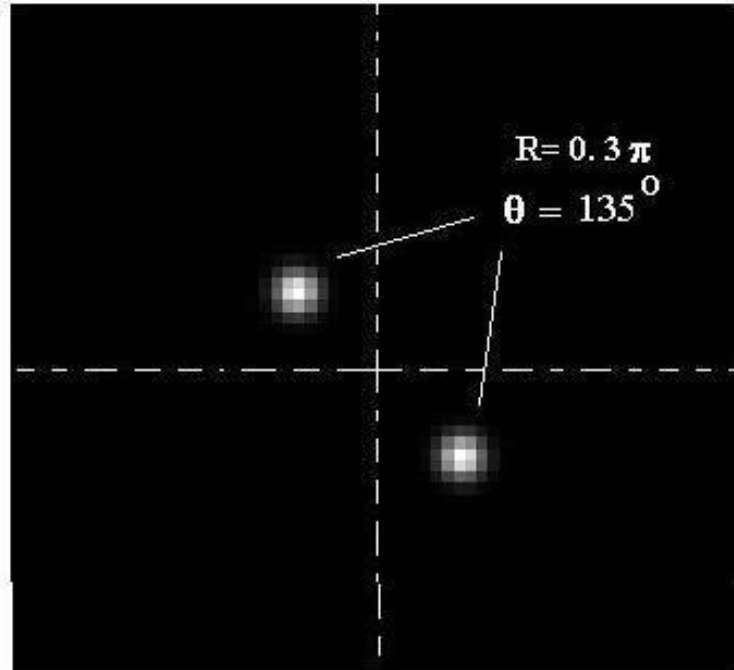
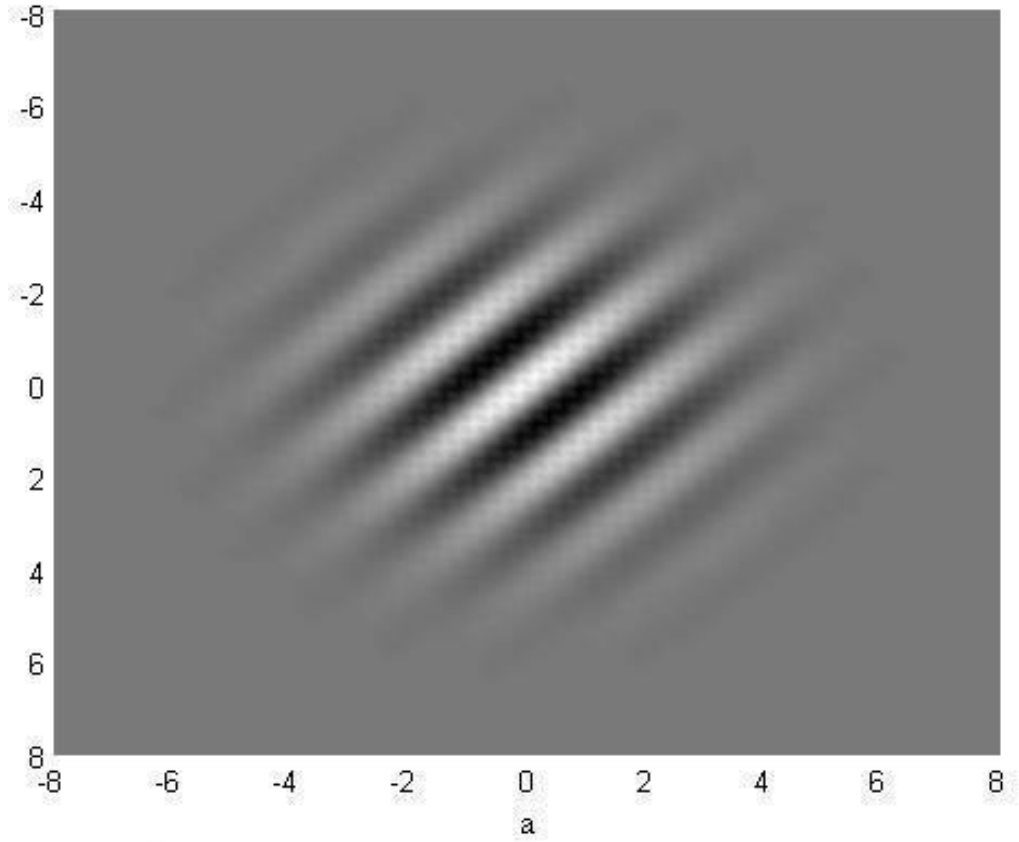
$$R = \sqrt{w_x^2 + w_y^2} \quad (3.13)$$

ve frekans düzlemindeki yönelim açısı:

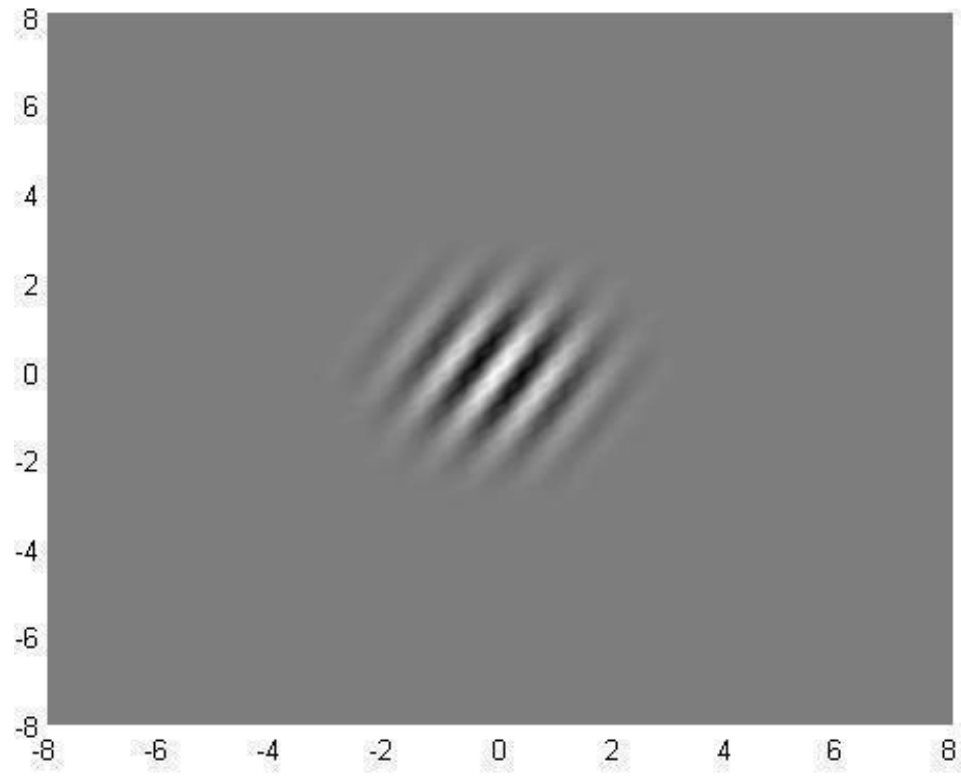
$$\theta_o = \arctan \left(\frac{w_{y_0}}{w_{x_0}} \right) \quad (3.14)$$

olarak yazılır.[15] Filtrenin uzaysal koordinatdaki yönelim açısı θ_s ise $\theta_o + \pi/2$ olmaktadır, yani arada 90 derecelik faz farkı mevcuttur. Filtre uygulandığı imgede kendisi ile aynı frekansa ve yönelime sahip bölgeleri vurgularken, diğer bölgeleri bastırır. 2-B Gabor filtrenin seçicilik özelliği bu şekilde sağlanmaktadır. Modüle olan karmaşık fonksiyonun kosinus ya da sinus şeklinde olması ise filtrenin çift ya da tek simetrik olmasını belirler.

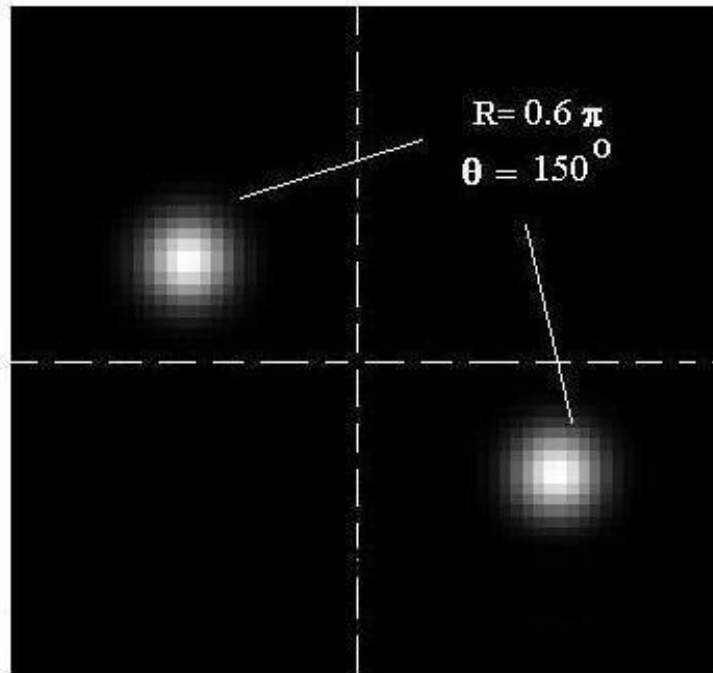
Şekil 3.24 ve 3.25'te filtre yapıları ve frekans cevaplarının genliği gösterilmektedir. Şekillerden uzaysal düzlem ile frekans düzlemindeki yönelim açıları arasındaki 90 derecelik fark açıkça görülebilir. Ayrıca Gauss zarfının σ değerinin artması uzaysal düzlemdeki cevabın daha geniş alana yayılımını sağlarken, frekans düzlemindeki cevabın aynı oranda daralmasına neden olmaktadır. Bunlar 2-B Fourier dönüşümünün öngördüğü bağlantılardır.



Şekil 3.24 Çift Simetrik Gabor Filtresi ($R=0.3 \pi$, $\theta_s=45^\circ$, $\sigma=8$)



a



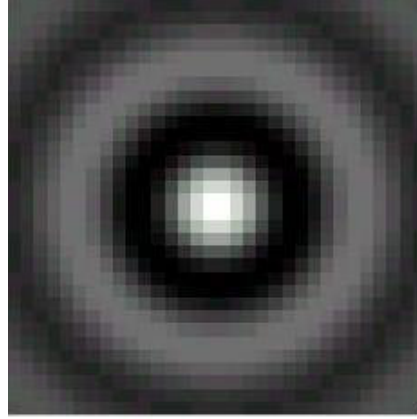
b

Şekil 3.25 Tek Simetrik Gabor Filtresi ($R=0.6 \pi$, $\theta_s = 60^\circ$, $\sigma = 4$)

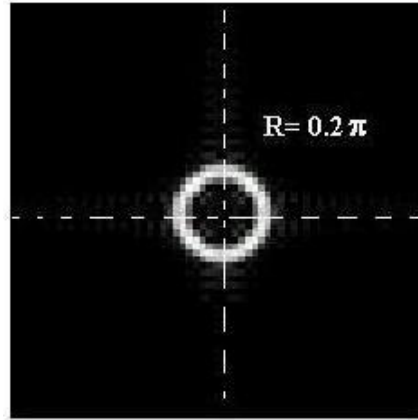
Dairesel simetrik Gabor filtreler ise şekil olarak su damlası ile oluşan dalga dizisi şekline benzemektedir. Filtrenin formülü aşağıdaki gibidir.[12]

$$h(x, y) = g(x, y) e^{jw\sqrt{x^2+y^2}} \quad (3.15)$$

Görüldüğü gibi Gauss zarfı olan $g(x,y)$ fonksiyonu çember denklemine benzeyen karmaşık yapıdaki fonksiyonla modüle edilmektedir. Şekil 3.26 da dairesel simetrik filtre yapısı gösterilmektedir.



a



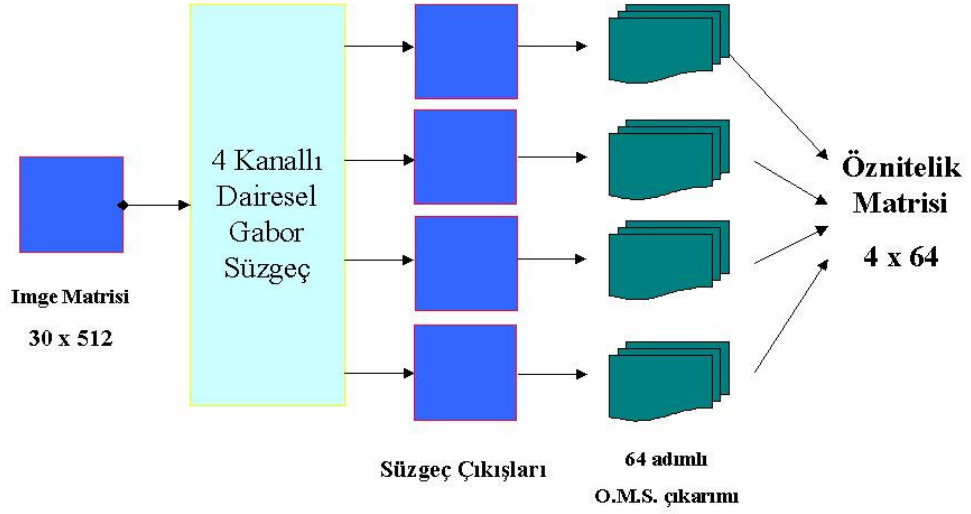
b

Şekil 3.26 Dairesel simetrik Gabor Filtresi ($R=0.2 \pi$, $\sigma = 8$)

2-B Gabor filtereler, doku bölütleme ve sınıflandırmada, yazı bölütlemde, kenar kestiriminde, imge sıkıştırma ve hareket kestirimi gibi birçok imge işleme alanlarında kullanılmaktadır [16] .

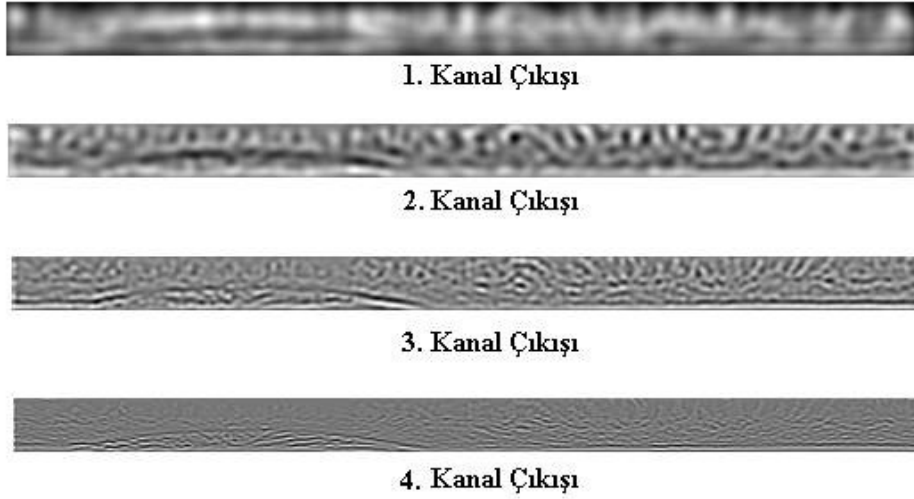
3.3.2 Öznitelik Matrisi

Dikey logaritmik örnekleme sonucu elde edilen imge öznitelik çıkarımı için iki ana adımdan geçer. Aşağıdaki şekilde işlemin blok diyagramı verilmektedir.



Şekil 3.27 Öznitelik Çıkarımı

İlk adımdaki 4 kanallı Gabor Filtre bankasındaki kanal frekansları 0.1π , 0.2π , 0.4π ve 0.8π dir. Sonuçta dört adet yeni imge elde edilir. Elde edilen kanal çıktıları olan $L(x,y)$ değişkenleri Şekil 3.28’de gösterilmiştir.



Şekil 3.28 Kanal Çıkışları

Dört kanalın çıkışından elde edilen imgelerin herbiri öznitelik matrisinin oluşturulmasında kullanılmaktadır. İmgeden, [9]'da olduğu gibi bloklar halinde değil, kayan bir pencere altında alt-imgelerden Ortalama Mutlak Sapma (OMS.) değerleri hesaplanır. Kayan pencere olarak 30 satır ve 64 sütundan oluşan dikdörtgen $W_i(x,y)$ penceresi kullanılmaktadır:

$$W_i(x,y) = \begin{cases} 1, & \forall x, 8i+1 \leq y \leq 8i+64 \\ 0, & \text{disında} \end{cases} \quad i=1, 2, \dots, 64 \quad (3.16)$$

ve buna göre alt imgeler,

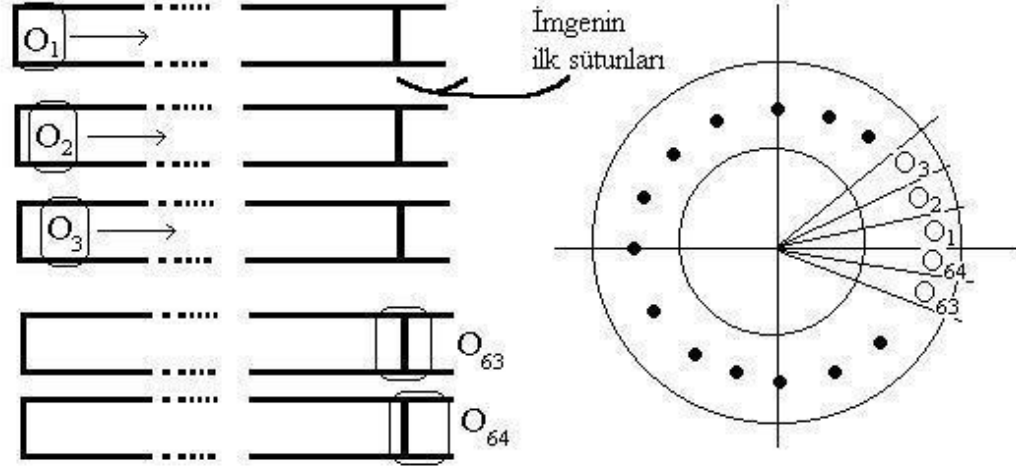
$$L_i(x,y) = L(x,y) W_i(x,y) \quad 1 \leq i \leq 64, \quad (3.17)$$

olarak elde edilir. $L_i(x,y)$ alt imgesinden herbir $W_i(x,y)$ penceresi için bir OMS değeri hesaplanır. Ortalama Mutlak Sapma ,

$$O_i = \frac{1}{M_i \cdot N_i} \sum_x \sum_y |L_i(x,y) - m_i| \quad (3.18)$$

ile ifade edilir [9]. $L_i(x,y)$ pencerelenmiş alt-imge, m_i alt-imgenin ortalaması, M_i ve N_i ise yatay ve dikeydeki toplam alt nokta sayısıdır. 8 sütun kayan pencere, son 64

sütundan sonra, boş kalan sütunlar yerine, Şekil 3.29’da gösterildiği gibi imge başındaki sütunları kullanır.



Şekil 3.29 OMS elde edilişi ve dairesel devamlılık

30 x 64 boyutlu alt imgelerden hesaplanan OMS değerleri, iris görüntüsünde $360 \cdot (8/512) \cong 5.5$ derecelik aralıklara karşı gelmektedir. Bu işlem sonucunda imgenin bloklar halinde örtüşmeyen alt imgelere bölütlenmesi yerine, her adımda 8 sütun kayan bir pencere ile, dairesel devamlılığa sahip 64 elemanlı OMS öznitelik vektörü elde edilmiş olur. Dört kanal için elde edilen vektörler, öznitelik matrisinin satırlarını oluşturur. Böylece öznitelik matrisi

$$O_{iris \times 4} = \begin{bmatrix} O_{1,1} & O_{1,2} & \dots & O_{1,64} \\ O_{2,1} & O_{2,2} & \dots & O_{2,64} \\ O_{3,1} & \dots & \dots & O_{3,64} \\ O_{4,1} & O_{4,2} & \dots & O_{4,64} \end{bmatrix} \quad (3.19)$$

şeklinde elde edilmiş olur.

3.4 KAYIT VE KARAR VERME

Üye olma kipi esnasında elde edilen öznitelik matrisleri veritabanına kimlik sahibinin adı ile birlikte kaydedilir. Geliştirilen sistem eğitim aşaması içermediğinden sadece bir adet öznitelik matrisi yeterli olmaktadır.

Sistem doğrulama kipinde çalıştığından karar verme aşaması daha önce sisteme üye olduğu bilinen kişileri kapsamaktadır. Karar verme için bilinmeyen matris ile veritabanı matrislerinin Öklit mesafelerine bakılır [9].

$$D(k) = \sqrt{\sum_i \sum_j (O_{i,j}^{IrisX} - O_{i,j}^k)^2} \quad i = 1 \dots 4, j = 1 \dots 64 \quad (3.20)$$

Formülde $k=1,2 \dots K$ olup K veri tabanındaki toplam matris sayısıdır. Ancak imge alınımı esnasında irisin yönelim açısı farklı olabileceğinden, öznelik matrisleri [8]'dekine benzer bir yolla, dairesel şekilde $\{-16, -8, 0, +8, +16\}$ noktalık ötelemeler uygulandıktan sonra, bu durumlarda hesaplanan beş farklı D uzaklığından en küçüğü $D(k)$ olarak alınmaktadır. Buradaki ötelemeler $\{-11, -5.5, 0, 5.5, 11\}$ derecelik dönüşlere denktir. Böylece sistem dönüşten bağımsız olarak karar verebilecektir.

4. BULGULAR

Çalışmaların ilk etabında, tasarlanan sistem, dört kişiden alınan ikişer adet iris imgesi üzerinde test edilmiştir. Alınan 8 imgeden farklı kişilere ait olan 4 tanesi veritabanı matrisi oluşturulması, diğerleri ise test için kullanılmıştır. Sonuçlar Tablo 4.1’de gösterilmektedir. Tabloda her satır, o satır numaralı imgenin veri tabanındaki tüm matrislerle hesaplanmış olan Öklit mesafelerini göstermektedir. Her satırda elde edilen maksimum değer 100’e normalize edilmiştir. İlk etap benzetimi MATLAB ortamında gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar göstermektedir ki her kişiye ait test imgesi, veri tabanındaki ilgili öznelik matrisine diğerlerine göre çok daha az mesafe vermektedir.

Tablo 4.1 İlk MATLAB benzetim sonuçları

Ref Örnek	1	2	3	4
1	40.99	100.00	76.57	68.78
2	90.28	65.69	100.00	95.41
3	73.57	100.00	35.16	78.03
4	84.49	100.00	97.15	69.69

Çalışmaların ikinci etabında ise, CASIA’dan [14] alınarak oluşturulan 30 kişilik veri tabanlı sistem, Delphi derleyicisiyle oluşturulan Windows® uygulamasıyla test edilmiştir. (Şekil 4.1). Testler P-II 350 MHz işlemcili bilgisayar üzerinde yapılmıştır. Uygulamadaki süreler Tablo 4.2’de verilmektedir.

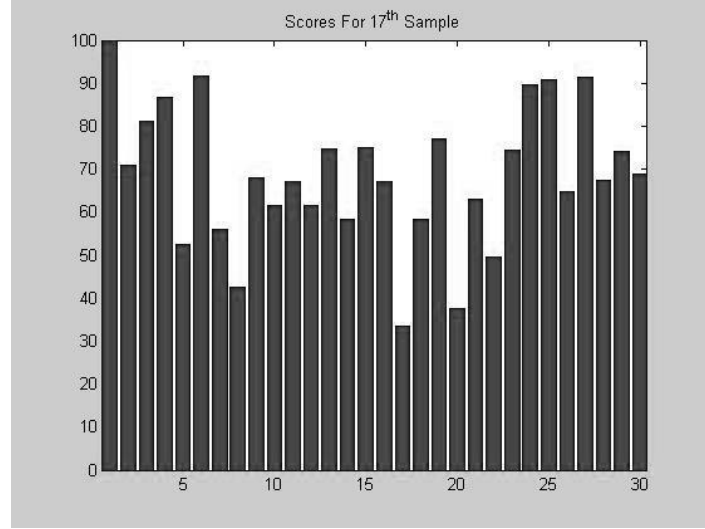


Şekil 4.1 Oluşturulan Windows Uygulaması

Tablo 4.2 İşlem Süreleri

İşlem	Süre (ms)
Sınır Kestirimi	460
İmge Önileme	250
Öznitelik Çıkarım	1560
Toplam	2270 ms

Yapılan testler sonucunda 30 adet imgeden 28 tanesi (% 93.3) başarılı bir şekilde doğrulanmıştır. Skorlara örnek olarak 17. kişi için elde edilen normalize Öklit mesafeleri Şekil 4.2’de gösterilmektedir.



Şekil 4.2 17. kişi için elde edilen skorlar

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu tez çalışmasında bir “iris ile kişi tanıma sistemi” sunulmuştur. Tez sonucu sistemin tamamiyle gerçekleştirilebilir olduğu gösterilmiştir. Sistemin ilk aşamasını oluşturan kızılötesi aydınlatma ile imge alımı, denenen tüm irisler için sağlıklı bir şekilde yapılabilmektedir. Aydınlanmayı sağlayan kızılötesi ledler, alınan imgelerde gözbebeğinin içinde yer alacak şekilde ayarlanmıştır. Böylece iris deseni aydınlanma ile bozunuma uğramamaktadır.

İmge alımının ardından, imgelerden irisin kestirimi için geliştirilen iç ve dış sınır algoritmaları tezin özgün kısımlarındandır. Her iki iris imge bankasında (tez sırasında oluşturulan ve CASIA [14] imge bankası) bulunan imgeler için iç ve dış sınır kestirimi hatasız olarak yapılmıştır.

İris sınırlarının kestiriminin ardından uygulanan ve Tisse [18] tarafından önerilen kartezyen koordinata dönüşüm, [7,8,9,10,11]’deki çalışmalarda da aynen uygulanmaktadır. Bu dönüşüme benzer olarak, imge iyileştirme aşamasında uygulanan arka fon kestirimi, yerel histogram eşitleme yöntemleri de bu çalışmalarda uygulanmaktadır.

Bu yöntemlerin ardından uygulanan dikey logaritmik örnekleme ise tezin bir diğer özgün kısmını oluşturmaktadır. Dikey logaritmik örnekleme ile iris iç sınırına yakın bölgeler, göz kapağı ve kirpiklerle örtüşmüş olabilecek iris dış sınır bölgesine göre vurgulanmış olurken, [7] ve [9]’dan farklı olarak dış sınır bölgesindeki desen bilgisi de kullanılmış olur. Aynı zamanda az bilgi taşıyan kısımlarının alt örnekleme sonucu hesap yükü azaltılmıştır.

Daha sonraki aşamayı doku analizine dayalı öznelik matrisinin elde edilmesi oluşturur. İlk adımda [10]’dan farklı olarak, dört kanallı dairesel simetrik Gabor filtreleri, logaritmik örnekleme sonucu elde edilen imgenin tümüne uygulanır. Filtre çıkışındaki imgeler, [8]’de olduğu gibi bloklar halinde örtüşmeyen alt imgelere bölütlenmesi yerine, herbir filtre çıkışı için, her adımda sadece 8 sütun kayan bir pencere ile bölütlenerek dairesel devamlılığa sahip, 64 adet öznelik elemanı çıkarılmaktadır.

Sonuç olarak 4x64 boyutundaki öznitelik matrisi elde edilmektedir. Örtüşen pencere kullanımı işlem yükünü artırmakla birlikte, istatistiksel olarak elde edilecek olan öznitelik elemanlarının birbirine benzer olma oranını düşürmekte, dolayısı ile ayırt ediciliği artırmaktadır. Elde edilen matris kullanım kipine bağlı olarak ya kaydedilmekte ya da karşılaştırma için kullanılmaktadır.

Karşılaştırma için [9]'da olduğu gibi, matrisler arasındaki Öklit mesafeleri tercih edilmiştir. Buna göre bilinmeyen irise ait matrisin, veritabanındaki her bir matrisle olan Öklit mesafeleri hesaplanır. Alınan imgeler dönüşüme uğramış olabileceğinden ve bu dönüşüm pratikte birkaç dereceyi geçmeyeceğinden, hesaplamalar matrisin dairesel olarak ötelenmiş 5 ayrı şekli için yapılır. (+/- 8, 0 ve +/- 16) noktalık dairesel ötelemelerle (+/- 5.5, 0 ve +/- 11) derecelik dönüşümlerin etkisi azaltılmaya çalışılmıştır.

Sistemin testi sonucu elde edilen 28/30'luk (% 93.3) başarı oranı test için kullanılan veritabanının büyümesi ile artabilir ya da azalabilir. Ancak, şuna dek oluşturulan iris tanıma sistemlerine kıyasla [2,5,7,8,9,10,11], sunulan sistemde veritabanı oluşturulması için sadece 1 adet imge kullanılmaktadır. Bunun nedeni ise sistemin son halinin eğitim aşaması içermemesi, alınan imgenin doğrudan veritabanı için kullanmasıdır. Bu oluşturulan sistemin önemli bir eksikliğidir. Bu eksikliğin giderilmesi sistem başarımlarını olumlu yönde etkileyecektir.

Yapılan logaritmik örnekleme sisteme katkısını göstermek amacıyla [8]'de önerilen ve çalışmamıza temel oluşturan yöntemin eğitim içermeyen şekli denenmiştir. Bu şekilde başarı oranı 26/30 (% 86.6) olarak bulunmuştur. Başarı oranındaki bu artış logaritmik örnekleme sisteminin getirisini açıkça göstermektedir.

Elde edilen test verilerine dayanarak ileriki çalışmalarda kırpık uzanım etkisini dolaylı yoldan azaltacak ya da tamamen ortadan kaldıracak yöntemler üzerinde çalışılması ve sisteme bir de eğitim aşamasının eklenmesi, elde edilen hatanın azaltılması için yapılması gereken öncelikli çalışmalar olmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] MURON, J. POSPÍŠIL, 2000, "*Human Iris Structure and Its Usages*", Univ.Palacki.Olomuc. Fac.Rer. Nat, pp. 87-95.
- [2] J. G. DAUGMAN, 2002, "*How Iris Recognition Works*", Prec. of 2002 International Conference on Image Processing, Vol I
- [3] ANIL K.JAIN, 2004 , "*Biometric Recognition:How Do I Know Who You Are?*", IEEE.
- [4] ANIL K.JAIN, 1999, "*Biometrics:Personal Identification in Networked Society*", Kluwer Academic Publishers.
- [5] R.P. WILDES, ASMUTH, J.C., 1994, "*A System for Automated Iris Recognition*", Proc of the Second IEEE Workshop on Applications of Computer Vision, pp.121 -128.
- [6] W.W. BOLES AND B. BOASHASH, , 1998, "*A Human Identification Technique Using Images of the Iris and Wavelet Transform*", IEEE Trans. on Signal Processing, 46(4), pp.1185-1188.
- [7] H.SUNG, J.LIM, J.PARK, Y.LEE, 2004, "*Iris Recognition Using Collarett Boundary Localization*", ICPR'04, 1051-4651/04
- [8] L. MA, Y. WANG, VE T. TAN, 2003, "*Personal Identification Based on Iris Texture Analysis*", IEEE Transaction on pattern analysis and machine intelligence, vol. 25, no. 12.
- [9] L.MA, Y. WANG, VE T. TAN, 2002, "*Personal Iris Recognition Based on Multichannel Gabor Filtering*" ACCV2002: The 5th Asian Conference on Computer Vision, 23-25 Ocak 2002, Melbourne, Avusturalya.
- [10] L. MA, Y. WANG, VE T. TAN , 2002, "*Iris Recognition Using Circular Symmetric Filters*," Proc. 16th Int'l Conf. Pattern Recognition, vol. II, pp. 414-417.
- [11] L. MA, T. TAN, Y. WANG, DEXIN ZHANG, 2004, "*Local Intensity Variation Analysis for Iris Recognition*", Pattern Recognition, 37 (6): 1287-1298.
- [12] JAINGUO ZHANG, TIENIU TAN, LI MA, 2002, "*Invariant Texture Segmentation Via Circular Gabor Filters*", ICPR-2002, 901-904.
- [13] WILLIAM K. PRATT, 2001, *Digital Image Processing: PIKS Inside*, Third Edition, John Wiley & Sons, Inc., ISBN: 0-471-37407-5
- [14] CASIA Iris Image Database (version 1.0): Institute of Automation (IA), Chinese Academy of Sciences (CAS), <http://www.sinobiometrics.com>
- [15] SAATÇI, ERTUĞRUL, 2003, "*Image Processing Using CNNs*", Thesis(Ph.D.), London South Bank University.
- [16] A .K. JAIN, 1998, "*Texture Analysis: The Handbook of Pattern Recognition and Computer Vision (2nd Edition)*, by C. H. Chen, L. F. Pau", World Scientific Publishing Co.
- [17] W.A.BARRETT, 2000, "*Daugman's Iris Scanning Algorithm*", Biometrics Test Center, San Jose StateUniversity.
- [18] C.TISSE, L.MARTIN, L.TORRES, "*Personal Identification Using Human Iris Recognition*", <http://www.cipps.org/vi2002/pdf/s6-1.pdf>

ÖZGEÇMİŞ

Tez sahibi Güray GÜRKAN 11 Ocak 1982’de dünyaya geldi. İlköğretimini Kırklareli Atatürk İlkokulu’nda ve ortaöğrenimini ise Kırklareli Anadolu Lisesi’nde 1999 yılında tamamladı. Aynı yıl İ.Ü. Elektronik Mühendisliği (İng.)’ne başlayıp Temmuz 2003’te Lisans öğrenimini tamamladı. Eylül 2003’te ise halen devam etmekte olduğu İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Biyomedikal Mühendisliği’nde Yüksek lisans öğrenimine başladı.

Yazarın yayımlanmış ve kabul edilmiş makaleleleri:

- G.Gürkan, A.Akan, “*Doku Analiz Yaklaşımına Dayanan Yeni Bir İris Tanıma Yöntemi*” , 13. Ulusal Sinyal İşleme ve Uygulamaları Kurultayı ,16-18 Mayıs 2005, Kayseri,Türkiye
- G.Gürkan, A.Akan “*Texture Analysis Based Iris Recognition*”, 9th International Research / Expert Conference, TMT 2005, Antalya, Türkiye 26-30 Eylül, 2005