

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ *FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOMETRİK TANIMA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektronik ve Haberleşme Mühendisi Aysun Taşyapı ÇELEBİ

Anabilim Dalı: Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği

Danışman: Prof. Dr. Sarp Ertürk

KOCAELİ, 2008

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ*FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOMETRİK TANIMA

YÜKSEK LİSANS TEZİ


Elektronik ve Haberleşme Mühendisi Aysun Taşyapı ÇELEBİ

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 30.05.2008

Tezin Savunulduğu Tarih: 07.07.2008


Tez Danışmanı

**Prof. Dr.
Sarp ERTÜRK**


(.....)


Üye

**Yrd. Doç. Dr
Cabir VURAL**


(.....)

Üye

**Yrd. Doç. Dr
M. Kemal GÜLLÜ**


(.....)

KOCAELİ, 2008

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Bu tez kapsamında biyometrik tanıma ve özellikle de yüz tanıma ve iris tanıma ile ilgili gerçekleştirilen çalışmaların gelecekte bu konu üzerinde çalışmak isteyen araştırmacılara ve öğrencilere faydalı olmasını dilerim.

Yüksek lisans eğitimim boyunca beni desteklediği, içine düştüğüm kısır döngülerden kolayca çıkmamı sağlayan danışman hocam, sayın Prof. Dr. Sarp Ertürk'e teşekkür ederim. Tez çalışmalarım boyunca yardımlarını eksik etmeyen Yrd. Doç. Kemal Güllü' ye, bana her zaman moral destek veren Yrd. Doç. Oguzhan Urhan'a, işimi çokça kolaylaştıran çalışmalarını benimle paylaşarak az zamanda daha fazla şey ortaya çıkarmamı sağlayan sevgili arkadaşım Arş. Gör Begüm Demir'e ve son olarak her geçen gün daha da büyüyen güçlenen KULIS ekibindeki çalışma arkadaşlarıma bu güzel ortamda beraber olduğumuz her saniye için teşekkür ederim.

Ve !

Beni her zaman cesaretlendiren, destek ve sabırlarını esirgemeyen, başaramayacağımı düşündüğüm anlarda bana karşı hep güler yüzlü olan ve bana hep inanan biricik eşim Anıl'a ve bu tezin başarılı bir şekilde tamamlanmasını dört gözle bekleyen aileme gösterdikleri sabırdan ve verdikleri destekten ötürü teşekkür ediyorum.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
TABLolar DİZİNİ	vi
SİMGELER DİZİNİ	vii
KISALTMALAR	vii
BİYOMETRİK TANIMA.....	viii
BIOMETRICS RECOGNITION	ix
1. GİRİŞ	1
2. YÜZ TANIMA	4
2.1 Giriş	4
2.2 Yüz Tanıma İçin Litaratürde Kullanılan Yöntemler	5
2.2.1 Yüz tespitinde kullanılan yöntemler	5
2.2.2 Özellik çıkartımı için kullanılan yöntemler	6
2.2.3 Tanıma aşamasında kullanılan yöntemler.....	7
2.3 Önerilen Yöntem	7
2.3.1 Ten rengine bağlı yüz tespiti.....	8
2.3.2 Yüzdeki Önemli Bölgelerin Tespiti	12
2.3.3 1-Bit dönüşümü için en küçük kareler yöntemiyle en uygun çekirdeğin bulunması ve 1-Bit dönüşümünün uygulanması	12
2.3.4 K-ortalama yöntemi ile göz ve ağız bölgelerinin bulunması	15
2.3.5 Ayırık dalgacık dönüşümü ve ayırık kosinüs dönüşümü ile özellik çıkartımı	17
2.3.6 Destek vektör makineleri ile sınıflandırma	21
2.4 Deneysel Sonuçlar	22
3. İRİS TANIMA	26
3.1 Giriş	26
3.2 Gözün Yapısı	27
3.3 İris Tanımayla İlgili Literatürdeki Çalışmalar	28
3.4 Önerilen Yöntem	32
3.4.1 İris ve gözbebeğinin bölütlenmesi	32
3.5 Özellik Çıkartımı	33
3.5.1 1-Bit dönüşümü.....	34
3.5.2 Açısal Radyal Parçalama (ARP).....	35
3.6 Deneysel Sonuçlar	37
3.6.1 Kullanılan veritabanları	37
3.6.2 İris ve gözbebeğinin bölütlenmesi	38
3.6.3 Açısal Radyal Parçalama	39

3.6.4 Tanıma başarımı.....	40
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	47
KAYNAKLAR.....	48
KİŞİSEL YAYINLAR ve ESERLER.....	53
ÖZGEÇMİŞ.....	54

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1: Basit bir biyometrik tanıma sistemi	1
Şekil 2.1:Yüz görüntülerinde karşılaşılan çeşitli durumlar (a) orijinal görüntü, (b) ışıklılık problemi olan görüntü; (c) ve (d) değişik aksesuar kullanılmış görüntüler....	4
Şekil 2.2: Temel bir yüz tanıma sisteminin blok diyagramı	5
Şekil 2.3: AŞM için hazırlanmış örnek bir şablon	7
Şekil 2.4: (a)Orijinal yüz imgesi, (b) Eşikleme sonucu elde edilen ikili imge	9
Şekil 2.5: (a) Yüz ve boyun bölgesi (b) Elde edilen yüz bölgesi.....	10
Şekil 2.6: (a)Ten rengi ile bölütlemde problem yaşanan bir imge, (b) Elde edilen maske, (c) Elde edilen yüz imgesi.....	11
Şekil 2.7: (a) Ten rengine bağlı bölütlenmiş ikili imge (b) Morfolojik işlemler sonrasında elde edilen yüz imgesi.....	11
Şekil 2.8: (a) Orijinal imge, (b) 1-BD sonrasında elde edilen ikili imge	13
Şekil 2.9: (a) Elle kesilen göz bölgesi. (b) Işıklılığı değiştirilmiş göz bölgesi	13
Şekil 2.10: g filtresinin frekans spektrumu	14
Şekil 2.11: (a) Bulunan yüz imgesi, (b) süzgeçlenmiş imge, (c) 1-BD ile oluşturulan ikili imge, d) morfolojik işlemler sonrası elde edilen ikili imge.....	14
Şekil 2.12: K-ortalama algoritması için belirlenen kümeler	16
Şekil 2.13: 1-BD dönüşümü ve k-ortalama sonrasında elde edilen yüz imgesi.....	16
Şekil 2.14: İmgelere dalgacık dönüşümü uygulanması.....	18
Şekil 2.15: (a) Elde edilen yüz imgesi (b) ADD çıkışı	18
Şekil 2.16: (a)Orijinal imge, (b) AFD çıkışı, (c) AKD çıkışı	19
Şekil 2.17: DCT'nin 2 boyutlu frekans bilgisi.....	20
Şekil 2.18: (a) Yüz imgesi (b) AKD çıkışı (c) Zik-zak tarama çıkışı	21
Şekil 2.19: (a) İki sınıflı veriyi ayıran bir alt düzlem, (b) en iyi alt düzlem	21
Şekil 2.20: (a) Kontrollü imgeler (b) Kontrolsüz imgeler (c) 3-B imgeler	23
Şekil 2.21: Laboratuvar ortamında olusturalan veritabanından elde edilen örnek yüz imgeleri	24
Şekil 2.22: FRGC v2. veritabanından elde edilmiş yüz imgeleri.....	25
Şekil 3.1: Basit bir iris tanıma sistemi	27
Şekil 3.2: Gözün anatomik yapısı	27
Şekil 3.3: Daugman'ın rubber-sheet modeli	29
Şekil 3.4: Daugman'ın Quadratic Faz kuantalama yöntemi.	30
Şekil 3.5: Daugman'ın sistemine göre bulunmuş ve kodlanmış örnek iris verisi.....	31
Şekil 3.6: (a) UBİRİS veritabanından orijinal iris imgesi (b) İris ve gözbebeği bulunmuş imge(c)UPOOL veritabanından orijinal iris imgesi (d) İris ve gözbebeği bulunmuş imge.....	33
Şekil 3.7: (a) Bölütlenen iris bölgesi (b) Histogram yayma yapılmış hali.....	34
Şekil 3.8: 1-BD yapılmış imge.....	34
Şekil 3.9: İmgeye Canny kenar bulma algoritması sonra da ARP uygulanmış hali ..	35
Şekil 3.10: M açısız N radyal parçaya bölerek yapılan açısız radyal parçalama.....	36
Şekil 3.11: (a) $M \times N$ parçaya bölünmüş iris ($M=6$, $N=12$ için), (b) elde edilen iris kodu.....	36

Şekil 3.12: UBIRIS veritabanından örnekler	38
Şekil 3.13: UPOL veritabanından örnek irisler.....	38
Şekil 3.14:UBIRIS veritabanından bölütlenmiş örnek irisler	39
Şekil 3.15: UBIRIS için 1-bit dönüşümü temelli yaklaşım sonucunda elde edile FAR-FRR grafiği (a) M=6, N=18 için, (b) M=8, N=10 için, (c) M=10, N=18 için	41
Şekil 3.16: UBIRIS için Canny kenar bulma sonucunda elde edile FAR-FRR grafiği	41
Şekil 3.17(a) Birinci grup FAR-FRR grafiği , (b) İkinci grup için FAR-FRR grafiği	42
Şekil 3.18 UBIRIS veritabanında tanınamayan imgelere örnek	43
Şekil 3.19 UPOL veritabanından örnekler (a) Orijinal imge (b) İrisi bölütlenmiş imge (c) 1-BD yapılmış imge (d) Canny kenar bulma algoritması uygulanan imge	43
Şekil 3.20 UPOL veritabanı için 1-BD sonucunda elde edile FAR-FRR grafiği	44
Şekil 3.21: UBIRIS için Canny kenar bulma sonucunda elde edile FAR-FRR grafiği	44
Şekil 3.22: UPOL veritabanında tanınamayan örnek iris imgesi.....	45
Şekil 3.23: (a) UBİRİS veritabanı sınıfıçi histogram, (b) UBİRİS veritabanı sınıflar arasi histogram, (c) UPOL veritabanı sınıfıçi histogram, (d) UPOL veritabanı sınıflar arasi histogram,ni sınıfıçi histogram, (d) UPOL veritabanı sınıflar arasi histogram, 46	

TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.1: Sınıflandırma sonucunda elde edilen başarımlar	24
Tablo 3.1: UBIRIS veritabanındaki imgelerin özellikleri.....	37
Tablo 3.2: Literatürde yapılan çalışmalar ve önerilen yöntemin UBIRIS veritabanı için FRR değerleri.....	42
Tablo 3.3: UPOL veritabanı kullanılarak elde edilen CMR değerleri (%)	45

SİMGELER DİZİNİ

k	: Sınıf sayısı
K	: Küme Sayısı
$K()$: Kernel fonksiyonu
r_i	: x_i verisinin sınıf bilgisi
S_i	: i . sınıf
x_i	: Eğitim setindeki i . Veri
γ	: Radyal temel fonksiyonu ve çokterimli kernel fonksiyonu kernel parametresi
I_F	: Süzgeçlenmiş imge

KISALTMALAR

1-BD	: 1-bit dönüşümü
A.D.D.	: İki boyutlu ayrık Dalgacık dönüşümü
A.K.D.	: İki boyutlu ayrık Kosinüs dönüşümü
A.R.P.	: Açısal Radyal Parçalama
B.B.A.	: Bağımsız bileşen analizi
Ç.T.K.	: Çokterimli kernel fonksiyonu
D.V.M.	: Destek vektör makinaları
F.R.G.C.	: Face Recognition Grand Challenge
H.M.	: Hamming Distance
T.B.A.	: Temel bileşen analizi
FAR	: False Accept Rate
FRR	: False Reject Rate

BIYOMETRİK TANIMA

Aysun Taşyapı ÇELEBİ

Anahtar Kelimeler: Biyometrik Tanıma, Yüz Tanıma, İris Tanıma, 1-bit Dönüşümü, Destek Vektör Makineleri, Açısal Radyal Bölümleme, K-Ortalama Kümeleme.

Özet: Biyometrik sistemler, bireylerin fiziksel ve davranışsal özelliklerini tanıyarak kimlik saptamak için geliştirilmiş bilgisayar kontrollü sistemler olarak tanımlanabilir. Günümüzde kişiye özgü bilgileri kullandığı için biyometrik sistemlere artan bir ilgi vardır. Güvenlik sistemleri, kredi kartı doğrulama ve kriminal kimlik tanımlama gibi pek çok uygulamada kullanılmaktadır. Bu tez kapsamında güvenlik sistemleri içerisinde en çok tercih edilip kullanılan yüz tanıma ve iris tanıma yaklaşımları ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Yüz tanıma için yüz özelliklerinin konumlarını ve yüzün yönlenmesini tespit etmek üzere yüz özelliklerine uygun bir 1-bit dönüşümü önerilmiştir. 1-bit dönüşüm sonucunda oluşturulan ikili imgede önceden tanımlanmış bölgeler kapsamında k-ortalama yöntemi uygulanarak göz ve ağız kümeleri belirlenmiş ve daha sonra özellik çıkartımı için kullanılacak yüz imgesi elde edilmiştir. Yüz imgesine ayrık dalgacık dönüşümü ve ayrık kosinüs dönüşümü uygulanarak özellik vektörleri bulunmuş, destek vektör makineleri kullanılarak da sınıflandırma işlemi yapılmıştır. İris tanıma için de 1-bit dönüşümüne dayalı bir sistem önerilmiştir. 1-bit dönüşümü alınan iris bölgesi açısal ve radyal parçalama yöntemi ile bölümlenmiş ve özellik vektörleri elde edilmiştir. Bu tezde 1-bit dönüşümünün, yüz ve iris tanıma sistemlerinin başarımlarına katkısı gösterilmiştir. Özellikle iris tanıma için 1-bit dönüşümünün, literatürde yapılan çalışmalara göre çok iyi sonuçlar verdiği gösterilmiştir.

BIOMETRICS RECOGNITION

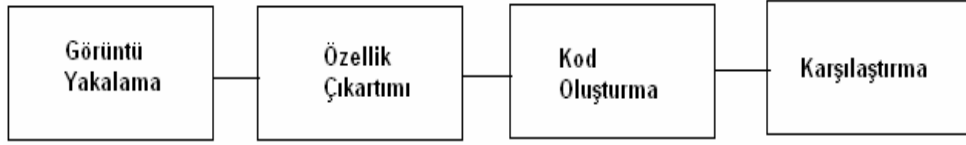
Aysun Taşyapı ÇELEBİ

Keywords: Biometrics Recognition, Face Recognition, Iris Recognition, One-Bit Transform, Angular Radial Partitioning, Support Vector Machines, *K*-Means Clustering .

Abstract: Biometric systems can be identified as systems that are controlled by a computer to identify humans by recognising their physical or behavioral features. There is an increasing demand for biometric identification systems today because of their fundamental operation principle that is primarily based on human's characteristic features. Security systems, credit card validation and criminal identification applications are some of the typical applications of biometric systems. In the scope of this thesis, iris and face recognition algorithms have been used for biometric identification purposes. A 1-bit transform is proposed in this thesis to obtain the position of the face features and the direction of the face. Eye and mouth clusters are identified using k-means clustering on the predefined regions of the binary face image that is obtained by the 1-bit transform to determine the face region that is used for feature extraction. Feature vectors are obtained using the discrete wavelet and discrete cosine transforms which are applied to the face image and then classification is performed using support vector machines. Furthermore, again a 1-bit transform based method is proposed for iris identification. The iris region that is obtained by 1-bit transform operation is then segmented and then the feature vectors are obtained. The performance comparison of the proposed methods to already available methods is also made in this thesis. It has been especially shown that the 1-bit transform based iris identification method has better performance compared to methods proposed in the literature.

1. GİRİŞ

Biyometrik kelimesi “bio”(yaşam) ve “metron”(ölçüm) kelimelerinden türemiştir ve biyolojik veriyi ölçme ve istatistiksel olarak analiz etme bilimidir. Biyometrik sistemler [1], bireylerin fiziksel ve davranışsal özelliklerini tanıyarak kimlik saptamak için geliştirilmiş bilgisayar kontrollü sistemler olarak tanımlanabilir. Bu sistemler kişinin sahip olduğu ve hiçbir zaman değişmeyen ayırt edici özelliklerinden faydalanmaktadır. Biyometrik sistemlerde öncelikle bilgiler toplanmaktadır. Sonra toplanan bu veriler, sadece o kişiye özgü tek ve benzersiz bir koda çevirilerek veritabanında saklanır. Bundan sonra sorgulanacak kişi veritabanındaki kayıtlar ile karşılaştırılarak sonuca varılır. Şekil 1’de temel bir şekilde biyometrik tanıma sisteminin blok diyagramı gösterilmektedir.



Şekil 1.1: Basit bir biyometrik tanıma sistemi

Biyometrik sistemlerin en büyük avantajları kişinin kendini tanıtmak için nüfus kağıdı gibi tanıtıcıları taşımak mecburiyetinde olmaması ve şifre gibi bilgileri ezberlemek zorunda kalmaması olarak söylenebilir. Biyometrik bilgiler asla kopyalanamaz ve asla başkasına devredilemez ve bu sebepten en yüksek güvenlik seviyesini sağlar.

Farklı bir çok çok farklı biyometrik özellik kullanılarak kimlik tespiti yapılabilmektedir. En yaygın kullanılan Biyometrik tanıma sistemleri genel olarak aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- İris Tanıma
- Parmak İzi Tanıma

- Yüz Tanıma
- El Geometrisi Tanıma.
- Ses Tanıma

Bu sistemler içerisinde en güvenilir olanı iris tanıma sistemidir ancak halen çok pahalı bir teknoloji olmasının yanında genellikle özel görüntüleme donanımları gerektirmektedir. Yüz tanıma ise yıllardır üzerinde çalışılan bir konudur ve bu konuda büyük ilerlemeler elde edilmiştir fakat halen üzerinde çalışılan birçok problem mevcuttur. Parmak izi tanıma sistemleri günümüzde en çok kullanılan biyometrik tanıma sistemidir. Bu sistemler kullanım kolaylığı ve düşük maliyeti ile ev, ofis vb. yerlerde çok tercih edilmektedir. El geometrisi ile çalışan sistemler parmak izi tanıma ve iris tanıma sistemleri kadar hassas ve güvenilir değildir. Günümüzde biyometrik sistemler özellikle güvenlik amacıyla bir çok yerde kullanılmaktadır:

- İnternet bankacılığında kullanıcı tanımlama
- ATM'lerde kullanıcı tanımlama
- Personel takibi
- Hastanelerde hasta takibi
- Havaalanlarındaki giriş ve çıkış işlemleri
- Kredi kartı uygulamaları

Bu tez kapsamında, biyometrik sistemlerden yüz tanıma ve iristen kimlik tespiti için 1-bit dönüşümü (1-BD) temelli yeni yöntemler geliştirilmiş ve yöntemlerin başarımları literatürde mevcut yöntemler ile karşılaştırılmıştır.

Bölüm 2'de yüz tanıma sistemi hakkında literatür taraması yapılarak genel bir bilgi verilmekte ve yüz tanıma için geliştirilen 1-BD temelli yöntem anlatılmaktadır. İmgeden yüz bölgesi adaylarının tespiti için renk bilgisinden faydalanılmakta ve 1-BD kullanılarak yüz bölgesi istenilen biçimde tespit edilmektedir. Elde edilen yüz imgesinden, Ayrık Dalgacık Dönüşümü (ADD) ve Ayrık Kosinüs Dönüşümü (AKD) kullanılarak özellik çıkartımı yapılmakta ve en son tanıma aşamasında Destek Vektör Makineleri (DVM) kullanılarak sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmektedir.

Algoritmanın başarımını test etmek için literatürde sıkça kullanılan FRGC veritabanı ve laboratuvar ortamında oluşturulan bir veritabanı kullanılmıştır.

Bölüm 3' de ise başka bir biyometrik tanıma yöntemi olan iristen kimlik tespiti anlatılmaktadır. Öncelikle iris tanıma için literatürde yapılmış çalışmalardan bahsedilmektedir. Ardından iris bölgesinin tespiti ve 1-BD kullanılarak irise bağlı özelliklerin çıkartılması anlatılmaktadır. Elde edilen iris bölgesine Açısız Radyal Parçalama (ARP) uygulanarak, dönmeden bağımsız iris özellikleri elde edilmektedir. Son olarak Manhattan Uzaklığı kullanılarak en yakın komşu tabanlı bir sınıflandırma yapılmaktadır. Yöntemin başarımı UBIRIS ve UPOL iris veritabanları kullanılarak literatürdeki çalışmalar ile karşılaştırılmıştır.

Bölüm 4'de, bu tez kapsamında geliştirilen yüz ve iris tanıma yöntemlerinin başarımları değerlendirilmekte ve ileride yapılması planlanan çalışmalara değinilmektedir.

2. YÜZ TANIMA

2.1 Giriş

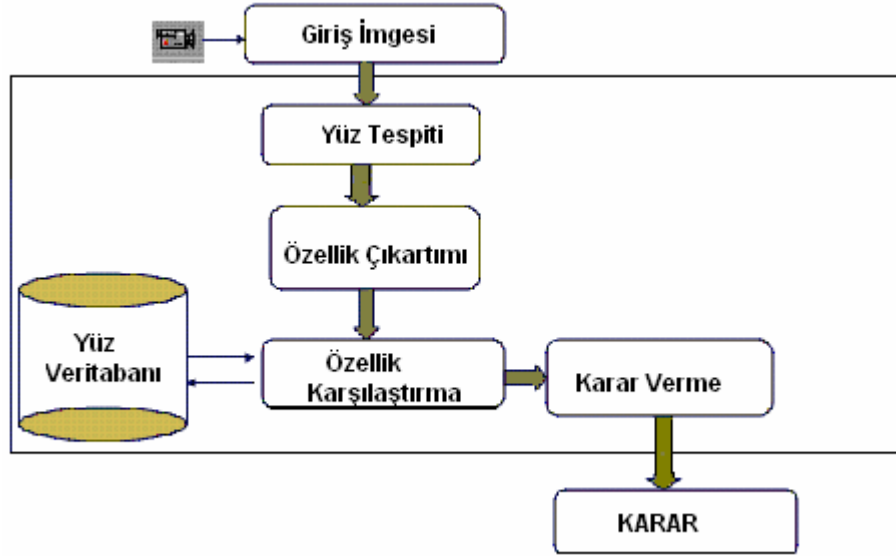
Yüz tanıma [2], uzun yıllardır üzerinde çalışılan ve ilgi çeken örüntü tanıma konularından birisi olmuş ve bir araştırma konusu olarak önemini halen korumaktadır. Güvenlik sistemleri, kredi kartı doğrulama ve kriminal kimlik tanımlama gibi pek çok uygulamada yüz tanıma kullanılabilir. Günümüzde belli koşullar altında oldukça yüksek başarımlar gösteren sistemler geliştirilmiştir. Bu sistemler kontrollü ortamlarda iyi sonuçlar verseler de ilerleyen kısımlarda kısaca bahsedilecek olan bazı problemler karşısında başarımları düşmektedir.

Bir yüz tanıma sisteminde karşılaşılan en önemli problemler; Şekil 2.1’de gösterildiği gibi farklı poz, ifade, uzaklık, ışıklandırma, değişik aksesuar kullanımı (bıyık, atkı, gözlük, makyaj gibi) ve arka planın çok karışık olması gibi durumlardır. Dünyada birçok araştırma grubu bu konu üzerinde çalışmalar yapmakta, özellikle yukarıda bahsedilen tanımayı zorlaştıran etkenler altında gürbüz çalışacak yüz tanıma sistemlerinin geliştirilmesi üzerine çalışmalarını devam ettirmektedirler. Son yıllarda ise genellikle poz ve ışıklandırma etkisini azaltmak için yüzün üç boyutlu şekil bilgisinden faydalanılmaktadır.



Şekil 2.1: Yüz görüntülerinde karşılaşılan çeşitli durumlar (a) orijinal görüntü, (b) ışıklılık problemi olan görüntü; (c) ve (d) değişik aksesuar kullanılmış görüntüler

Bir yüz tanıma sistemi temelde farklı üç kısımdan oluşmaktadır. İlk kısım, yakalanan görüntüden yüz bölgesinin tespiti. Bu kısım oldukça zordur çünkü yakalanan imgelede yüzün konumu, yüzün açısı, arka plan ve ışıklandırma farklı olabilir. İkinci kısım, tespit edilen yüz bölgesinden özellik çıkartımının yapılmasıdır. Burada yüz görüntüsünü ifade edebilecek en iyi öznelik vektörü çeşitli yöntemler ile elde edilir. Son aşama ise, bu özellik vektörlerine göre, verilen bir yüz görüntüsünün mevcut veritabandaki görüntülerle karşılaştırarak yüzün kimin yüzü olduğunu belirleme yani sınıflandırılması adıdır. Şekil 2.2' de yüz tanıma sisteminin blok gösterimi verilmektedir. Bu işlemler bir sonraki bölümde detaylı olarak açıklanacak ve literatürde bu konuda yapılan çalışmalara değinilecektir.



Şekil 2.2: Temel bir yüz tanıma sisteminin blok diyagramı

2.2 Yüz Tanıma İçin Litaratürde Kullanılan Yöntemler

2.2.1 Yüz tespitinde kullanılan yöntemler

Yüz tespiti için literatürde bu zamana kadar yapılan yöntemler dört grupta toplanabilir:

- Görünüş Temelli Yöntemler : Bu yöntemlerde bir grup eğitim seti kullanılarak yüz bölgesi belirlenir. Özyüzler [3], sinir ağları [4], destek vektör makineleri [5], saklı

markov modelleri [6], Bayes sınıflandırıcılar [7] görünüş temelli yöntemlerden bir kısmıdır.

- **Bilgi Tabanlı Yöntemler:** Bu yöntemlerde yüzdeki yapısal bölgelerin belli kurallara göre çözümlenmesi yapılmaktadır. Yüzdeki bu bölgelerin (ağız, göz, burun) birbirleriyle olan ilişkisi [8] ile ilgilenilmektedir. Yüz imgesinde bu bölgeler öncelikle aranıp, ilişki kurulup ona göre yüz bölgesi tespit edilmektedir. Bu yöntemlerin doğruluğu çok yüksek değildir. Örneğin, farklı kafa açılarında başta tanımlanan kurallar geçerli olmayabilir ve bu sebepten dolayı yüz bölgesi doğru tespit edilemeyebilir.

- **Değişmeyen Özelliklere Dayalı Yöntemler:** Bu yöntemlerde ten rengi [9], yüz şekli [10] gibi özellikler yüzün tespiti için kullanılmaktadır. Bunlardan özellikle ten rengi yüz tespitinde çok kullanılan bir yöntemdir. Uygulaması kolaydır ama tek başına çoğu zaman yeterli olmamaktadır. Başka bir yöntem ile birleştirilerek daha iyi sonuçlar alınabilmektedir.

- **Şablon Eşleştirme Yöntemi:** Burada elle veya bir fonksiyona bağlı yüz modeli oluşturulur. Elde edilen bu şablon imge ile test resmi arasındaki ilintiye göre yüzün yeri tespit edilir [11].

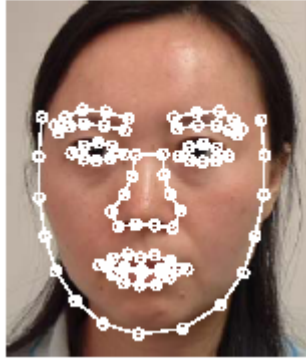
2.2.2 Özellik çıkartımı için kullanılan yöntemler

Bugüne kadar yapılan çalışmalarda özellik çıkartımı için birçok yöntem denenmiştir. Bunları iki grupta toplayabiliriz:

- **İstatiksel Yolla Özellik Çıkartım Yöntemleri:** Bunların başında akla ilk gelen, temel bileşen analizi (TBA) [12] yöntemidir. Temel bileşen analizi yönteminde yüz imgelerinin izdüşümleri hesaplanır ve bir alt uzaya geçirilir. Özyüzler [3] yöntemi TBA yönteminin kullanıldığı en önemli çalışmadır. Özyüzler yönteminde yüzler arasındaki farkları en iyi şekilde gösterecek bir alt uzaya, özyüz uzayına geçilmektedir. Yeni geçilen bu uzayın özvektörleri elde edilir ve bu özvektörlere özyüzler denilmektedir. Bağımsız bileşen analizinde (BBA) [13] ise normal dağılımlı

olmayan verinin istatistiksel olarak bağımsız olmasını sağlayacak şekilde bir doğrusal dönüşüm yapılmaktadır. Kısacası BBA ve TBA, özellik çıkartımı ve boyut indirgemedeki kullanılan önemli iki yöntemdir.

- Geometrik Tabanlı Özellik Çıkartım Yöntemleri: Bu yöntemler yüzün önemli bölgelerini dikkate alıp bu bölgelerin birbiri ile ilişkisine bakarlar. Literatürde bu yöntemlerden en çok kullanılan aktif şekil modelidir (AŞM) [14]. Şekil 2.3’de AŞM için örnek bir yüz modeli gösterilmektedir.



Şekil 2.3: AŞM için hazırlanmış örnek bir şablon

Tüm bu yöntemlere ek olarak özellik çıkartımı için ayrık kosinüs dönüşümü, ayrık dalgacık dönüşümü, Gabor süzgeçler [52] de kullanılmaktadır.

2.2.3 Tanıma aşamasında kullanılan yöntemler

Tanıma amaçlı olarak kullanılan sınıflandırma yöntemlerinden sıkça kullanılanlar ise Destek vektör makineleri [15], sinir ağları [16] ve saklı markov modelleri [17]’dir.

2.3 Önerilen Yöntem

Bu tez kapsamında 1-BD [18] temelli bir yüz tanıma sistemi önerilmiştir. Bu sistemde ten rengine bağlı olarak yüzün tespiti yapıldıktan sonra 1-BD uygulanmaktadır. Elde edilen ikili imgeye k-ortalama algoritması uygulanıp özellik çıkartımında kullanılacak yüz bölgesi elde edilmektedir. Bu yüz bölgesine de özellik

çıkartımı için ayırık kosinüs dönüşümü ve ayırık dalgacık dönüşümü uygulanıp son olarak destek vektör makineleri kullanılarak sınıflandırma yapılmaktadır.

2.3.1 Ten rengine bağlı yüz tespiti

Renk bilgisi, yüz bölgesi tespiti için sıkça kullanılan bir yöntemdir. Birçok avantaj ve dezavantajı vardır. Mesela hesaplaması çok kolay ve hızlı bir yöntemdir. Geometrik değişikliklerden, rotasyondan, ölçeklendirmeden bağımsızdır. Ama bunun yanında ten bulma yöntemleri bazen tek başına yetersiz kalmaktadır. Yüz olmayan ama ten rengine çok yakın bölgeler yüz bölgesi olarak karşımıza çıkabilmektedir. Örneğin yüz bölgesi olarak eller veya ten rengine yakın bir tişört giyilirse bu bölgeler karşımıza yüz bölgesi olarak çıkabilmektedir. Genelde bu sebeple ten rengi yanında diğer bir yöntem kullanılarak yüz tespiti başarımları arttırılmaktadır. Bunun için ten rengi kullanılarak aday yüz bölgeleri elde edilmekte bu aday bölgeler için başka bir yöntem kullanılarak yüz bölgesi belirlenebilmektedir.

Ten rengine bağlı yüz tespiti için yapılan çalışmalarda RGB [19], HSI [20], YCbCr [21], LAB gibi çeşitli renk uzayları kullanılmaktadır. Bu çalışmada,yüz tespiti için renk uzaylarının ayrı ayrı kullanılması yerine, renk uzaylarını birleştirerek kullanılması ile algılama başarımlarını arttırmayı hedefledik. Bu amaçla renge bağlı ayırt ediciliği arttırmak için HSI uzayının yanında YCbCr uzayından da faydalanılmaktadır.

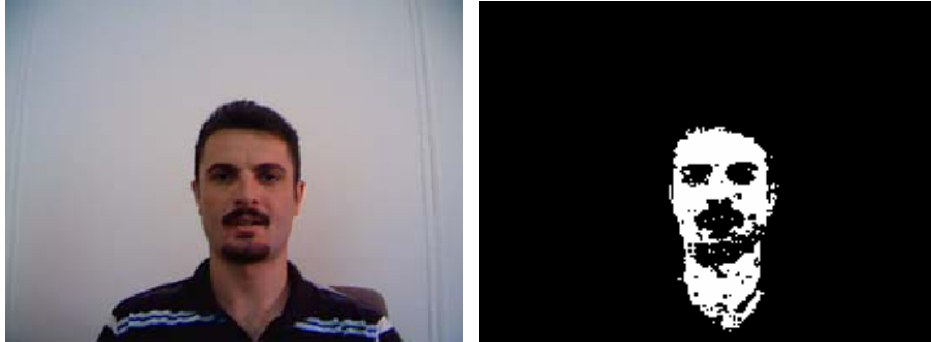
HSI (Hue, Saturation, Intensity) renk uzayı, renkleri sırasıyla renk özü, doygunluk ve parlaklık olarak tanımlamaktadır. Renk özü, rengin baskın dalga uzunluğunu belirler ve açısal $[0^\circ, 360^\circ]$ bir değerdir. Doymunluk, rengin canlılığını belirler. Saf rengin beyaz ışık ile hangi oranda karıştığını gösterir ve dairesel gösterimde yarıçapa karşılık gelir. Parlaklık ise ışık miktarını gösterir.

Kullanılan yüz veritabanları ve çekilen görüntüler üzerinde yapılan deneysel çalışmalarda, yüz bölgesinin tespitinde doymunluk ve renk özü bileşenlerinin kullanılması uygun bulunmuştur.

YCbCr renk uzayında Y bileşeni parlaklık bilgisini, Cb ve Cr bileşenleri de mavi ve kırmızı fark renklilik bilgilerini tutar. Bu uzayda ten renginin kırmızı ağırlıklı olmasından dolayı sadece Cr bileşenin kullanılması yeterli olmaktadır. HSI ve YCbCr uzayları kullanılarak yüz bölgesinin bulunması için yapılan eşikleme (2.1)'de verilmektedir.

$$I_m = (T_l < H < T_h) \& (S < T_s) \& (C_r > T_{cr}) \quad (2.1)$$

Denklem (2.1)'de, I_m yüz bölgesi adaylarını tutan maskeyi, H ve S , HSI uzayındaki renk özü ve doygunluk bileşenlerini, C_r ise YCbCr uzayındaki Cr bileşenini göstermektedir. T parametreleri ise deneysel sonuçlarla belirlenen eşik değerlerini göstermektedir. Eşikleme sonucunda ikili imge elde edilmektedir. Ten bölgesi olarak yüz, el ve kol bulunmaktadır

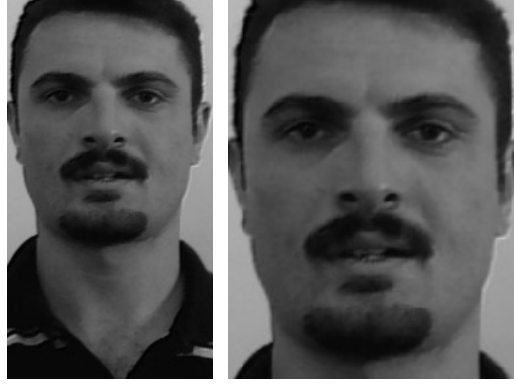


Şekil 2.4 (a)Orijinal yüz imgesi, (b) Eşikleme sonucu elde edilen ikili imge

Şekil 2.4 (a)'da orijinal yüz imgesi bulunmaktadır. Bu imgenin denklem (2.1)' de gösterilen eşikleme sonucunda elde edilen ve yüz bölgesinin bulunduğu ikili imge de Şekil 2.4 (b)' de görülmektedir. Bu imgede ten rengi bölütleme sonucunda sadece yüz bölgesi elde edilmektedir. Ama el ve kol bölgesini kapsayan imgelerde ayrıca aday yüz bölgesi olarak onlar da karşımıza çıkabilmektedir.

Şekil 2.4 (b)' de elde edilen ikili imge öncelikle morfolojik işlemlerden geçirilerek gürültü gibi bozucu etkilerden kaynaklanan hatalı algılamalar bastırılmakta ve sonra da bağlı bileşen analizi (etiketleme yöntemi) ile yüz aday bölgeleri belirlenmektedir.

Bu işlemler sonrasında genellikle yüz, boyun ve varsa el bölgeleri geriye kalmaktadır. Bu aday bölgeler içinden yüz bölgesini seçebilmek için piksel boyutu olarak belirlenen sınırlar içerisinde kalan bölge tercih edilmektedir. Elde edilen bu bölge genelde yüz bölgesi ve boyun bölgesini içermektedir. Boyun bölgesini atabilmek için literatürde genellikle en-boy oranından faydalanılmıştır. Bu oran genellikle 1.2 veya 1.3 civarında tutulmuştur. Bu çalışmada da yüz bölgesinin en-boy oranını kontrol ederek boyun bölgesinin belirli kısmı atılmakta ve kaba bir şekilde yüz bölgesi elde edilmektedir. Bu işlemler sonrası elde edilen bir yüz imgesi şekli Şekil 2.5’de görülmektedir.



Şekil 2.5: (a) Yüz ve boyun bölgesi (b) Elde edilen yüz bölgesi

Genelde ten rengine bağlı yüz tespiti sırasında bir takım problemler yaşanmaktadır. Örneğin ten rengine yakın bir arka plan mevcut ise veya ten rengine benzer renkte bir tişört giyildiyse bölütleme sonucunda yüz bölgesi olarak bu bölgeler de elde edilmektedir. Ne kadar en boy oranı kontrol edilse de bu gereksiz bölgelerden kurtulunamamaktadır. Bu sebepten çoğunlukla ikinci bir yöntem kullanılarak yüz tespitinin doğruluğunu arttırmak gerekmektedir.



Şekil 2.6: (a)Ten rengi ile bölütlemde problem yaşanan bir imge, (b) Elde edilen maske, (c) Elde edilen yüz imgesi

Şekil 2.6 (a)'da, tişört rengi ten rengine yakın olan bir imge bulunmaktadır. Bu imge (2.1)'deki fonksiyon ile eşiklendikten ve birtakım morfolojik işlemlerden geçirilerek elde edilen maske ve yüz imgesi de Şekil 2.6 (b) ve Şekil 2.6 (c)'de sırası ile görülmektedir. Görüldüğü gibi en boy oranı kontrol edilse de elde edilen imgede ten rengine yakın olan tişört bölgesi de bulunmaktadır.

Bu problemi gidermek amacıyla bu tez kapsamında ikili imge elde edildikten sonra etiketleme işlemi sonucundaki aday bölgeler için birtakım kısıtlamalar getirilmektedir. İmgelerin belirli uzaklıktan çekildiği varsayılarak aday bölgelerin eni, boyu ve en-boy oranının belirli sınırlar içindeki kalacak şekilde morfolojik işlemlere devam edilmektedir. Burada yapılan morfolojik işlem aşındırma işlemidir. Şekil 2.7(a)'da, Şekil 2.6 (a)'daki imgenin yinelemeli şekilde morfolojik işlemler uygulandıktan sonra elde edilen maskesi ve Şekil 2.7 (b)'de ise elde edilen yüz bölgesi görülmektedir.



Şekil 2.7: (a) Ten rengine bağlı bölütlenmiş ikili imge (b) Morfolojik işlemler sonrasında elde edilen yüz imgesi

2.3.2 Yüzdeki Önemli Bölgelerin Tespiti

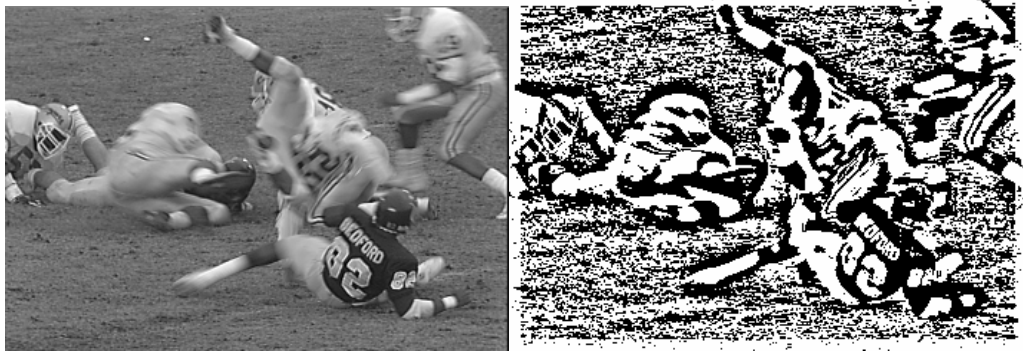
Bu tezde, yüz imgesinde göz ve ağız gibi önemli bölgelerin bulunması için önerilen yöntem literatürdeki yöntemlerden farklı olarak 1-BD yaklaşımını kullanılarak imgedeki belirli özelliklerin çıkartılmasıdır. Elde edilen ikili imge üzerinde bölgesel k-ortalama yöntemi uygulanarak ağız ve göz bölgeleri tespit edilmektedir.

2.3.3 1-Bit dönüşümü için en küçük kareler yöntemiyle en uygun çekirdeğin bulunması ve 1-Bit dönüşümünün uygulanması

1-BD genelde hareket kestirimi çalışmalarında kullanılmaktadır. 1-BD'nin amacı imgeleri ikili düzeyde göstermek, böylece piksel değerlerinin bit derinliğini azaltmaktır. 1BD yaklaşımında imgeler bir çekirdek (kernel) kullanılarak süzgeçlenmektedir. Kullanılan çekirdek çoklu bant geçiren bir süzgeç yapısına sahiptir. İmge çekirdek ile süzgeçlendikten sonra denklem (2.2)' de verilen karşılaştırma ifadesi ile sadece "0" ve "1" değerlerinden oluşan ikili imgeye dönüştürülmektedir.

$$B(i, j) = \begin{cases} 1, & I(i, j) \geq I_F(i, j) \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases} \quad (2.2)$$

Burada I orijinal imgeyi, I_F süzgeçlenmiş imgeyi göstermektedir. Şekil 2.8 (a)'da orijinal imge, (b)'de ise bir bit dönüşümü sonucunda elde edilen ikili imge gösterilmektedir. 1BD sonucunda elde edilen ikili imge incelendiğinde, detayların oldukça iyi korunduğu gözlemlenmektedir. Bunun nedeni, çekirdek süzgecinin ikili imgenin elde edilmesi sırasında uyarlamalı eşik özelliği göstermesidir. Diğer bir ifadeyle, ikili imgeye dönüştürülecek olan orijinal imge üzerinde, sabit bir eşik değeri yerine değişken bir eşik değeri kullanılmaktadır. İkili imge, sabit eşik değeri kullanılarak elde edildiğinde ise detaylar kaybolmaktadır.



Şekil 2.8: (a) Orijinal imge, (b) 1-BD sonrasında elde edilen ikili imge

Bu çalışmada 1-BD için kullanılan süzgeç çekirdeği olarak, yüz bölgesinde ağız ve göz bölgelerini ön plana çıkaracak bir çekirdek yapısı elde edilmiştir. Bu işlemi gerçekleştirecek en uygun çekirdeği elde etmek için örnek bir yüz imgesinde göz bölgelerinin ışıklılık değeri arttırılmış, diğer bölgelerin ise düşürülmüş olduğu yapay imge Şekil 2.9 (b)'deki gibi oluşturulmaktadır.



Şekil 2.9: (a) Elle kesilen göz bölgesi. (b) Işıklılığı değiştirilmiş göz bölgesi

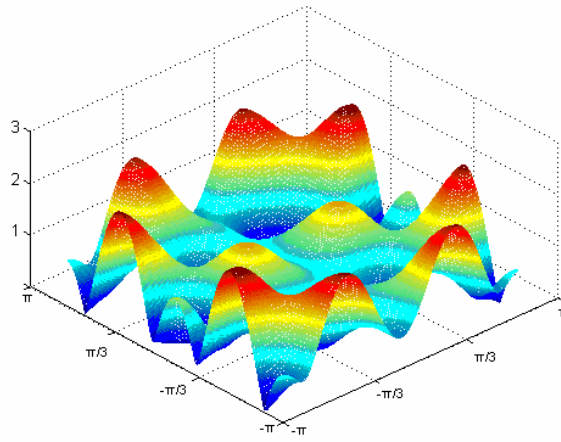
Yapay olarak oluşturulan imge I_f olarak düşünüldüğünde ;

$$I_f = I * g \quad (2.3)$$

eşitliğini sağlayacak $l \times l$ boyutlu çekirdek (g), en iyi çekirdek olarak düşünülmektedir. g ' yi bulmak için en küçük kareler yaklaşımıyla [22]'deki gibi özyineli ön-koşullanmış eşlenik gradyanlar (iteratively preconditioned conjugate gradients - IPCG) yöntemi ile (2.4)'de verilen eşitlik çözümlenmelidir. Çekirdeğin boyutu işlem yükü ve görüntü çözünürlüğü dikkate alınarak 5×5 olarak seçilmiştir. Elde edilen süzgeç katsayıları (2.5)'de verilmektedir. Şekil 2.10'da g filtresinin frekans spektrumu verilmektedir.

$$\min \|I_f - I * g\|_2^2 \quad (2.4)$$

$$g = \begin{bmatrix} -0.323 & 0.351 & -0.040 & 0.161 & -0.015 \\ 0.067 & -0.006 & 0.088 & 0.064 & -0.115 \\ -0.088 & 0.021 & 0.916 & 0.057 & -0.112 \\ 0.125 & 0.006 & -0.095 & 0.124 & 0.101 \\ -0.209 & 0.177 & -0.025 & 0.149 & -0.245 \end{bmatrix} \quad (2.5)$$



Şekil 2.10: g filtresinin frekans spektrumu

1-BD kullanılarak oluşturulan ikili imgenin iyileştirilmesi aşamasında morfolojik kapama işlemi kullanılarak istenen bölgeler birbirine bağlanmakta, sonrasında yapılan morfolojik açma işlemi ile gürültülü pikseller atılmaktadır. Şekil 2.11'da örnek bir yüz imgesi için en uygun süzgeçleme, 1-BD ve morfolojik işlemler sonucunda oluşan imgeler verilmektedir.



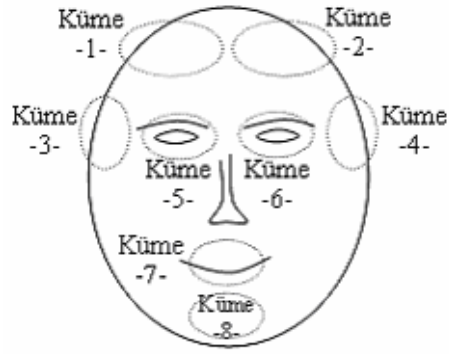
Şekil 2.11: (a) Bulunan yüz imgesi, (b) süzgeçlenmiş imge, (c) 1-BD ile oluşturulan ikili imge, d) morfolojik işlemler sonrası elde edilen ikili imge

2.3.4 K-ortalama yöntemi ile göz ve ağız bölgelerinin bulunması

Şekil 2.11 (d)' de, 1-BD sonrasında yüzdeki gözler, ağız, burun gibi bölgelerin öbek şeklinde ortaya çıktığı görülmektedir. Dolayısıyla yüz tespiti için göz ve ağız bölgelerinin sınırları gereklidir. Bu bölgeleri kümelemek ve sınırlarını bulmak için k-ortalama algoritması uygulanmıştır.

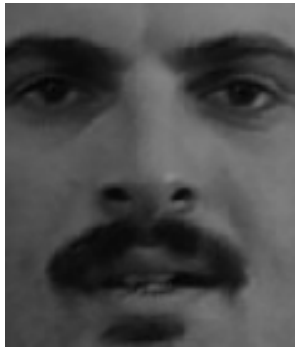
K-ortalama algoritmasında; öncelikle küme sayısı (K) belirlenmektedir daha sonra K adet küme için küme merkezleri belirlenmektedir. Her verinin merkez noktalarına olan uzaklığı hesaplanmakta ve elde edilen sonuçlara göre tüm veriler K adet kümeden kendilerine en yakın olan kümeye dahil edilmektedir. Oluşan kümelerin ağırlık merkezleri hesaplanır ve kümelerin yeni merkez noktalarına artık bu ağırlık merkezleri atanır. Bu işlem merkez noktaları değişmeyene kadar tekrarlanmaktadır.

Göz ve ağız bölgelerinin ortaya çıkarıldığı ikili imgede istenilen bölgelerin yanında, saç, sakal gibi istenilmeyen bölgelerin bilgisini içeren pikseller de belirgin şekildedir. Yüz imgesinde sınıflandırma aşamasında kullanılacak bölgeyi en iyi şekilde seçebilmek için göz ve ağız bölgelerinin tam olarak bulunması gerekmektedir. Bu amaçla öncelikle elde edilen ikili imge standart bir boyuta düşürülmektedir ve kümeler için yaklaşık küme merkezleri atanmaktadır. Bu küme merkezlerini belirlerken farklı birkaç imge için küme merkezi bulunup bunların ortalaması alınarak küme merkezi olarak belirlenmektedir. Daha sonra, belirli ön bölgeler için k-ortalama algoritması çalıştırılarak, her bir bölgenin merkezinin yinelemeler arasındaki değişimin sıfır olduğu durumda ilgili bölüt için yineleme işlemi durdurulmakta ve bulunan merkez nokta, küme merkezi olarak belirlenmektedir. Yüz bölgesi için seçilen kümeler Şekil 2.12' de verilmektedir.



Şekil 2.12: K-ortalama algoritması için belirlenen kümeler

Şekil 2.12’deki kümeler, aynı boyutlu farklı yüz imgelerinden alınan bilgiler doğrultusunda seçilmiştir. Saç bölgesini kümeleyebilmek için, bu bölgeye karşılık gelecek dört ayrı küme atanmıştır. Böylece, bulunan saç bölgeleri, kaş ve göz kümelerinden kolayca ayırt edilebilmektedir. Şekil 2.11 (b)’deki ikili imgeden de görüldüğü gibi, göz ve kaş bölgelerini ayırt etmek oldukça zordur. Sınıflandırmaya sokulacak özelliklerin çıkartılacağı yüz bölgesinin yataydaki başlangıç noktasını, sol göz-kaş kümesinin yataydaki ilk konumu; bitiş noktasını, sağ göz-kaş kümesinin yataydaki son konumu; düşey eksenindeki başlangıç noktasını, sol ya da sağ göz-kaş kümelerinden düşeyde en küçük nokta; bitiş noktasını ise ağız kümesinin alt noktası olarak belirlenmektedir. Şekil 2.11 (b)’deki örnek imgeden elde edilen yüz imgesi Şekil 2.13’de görülmektedir.

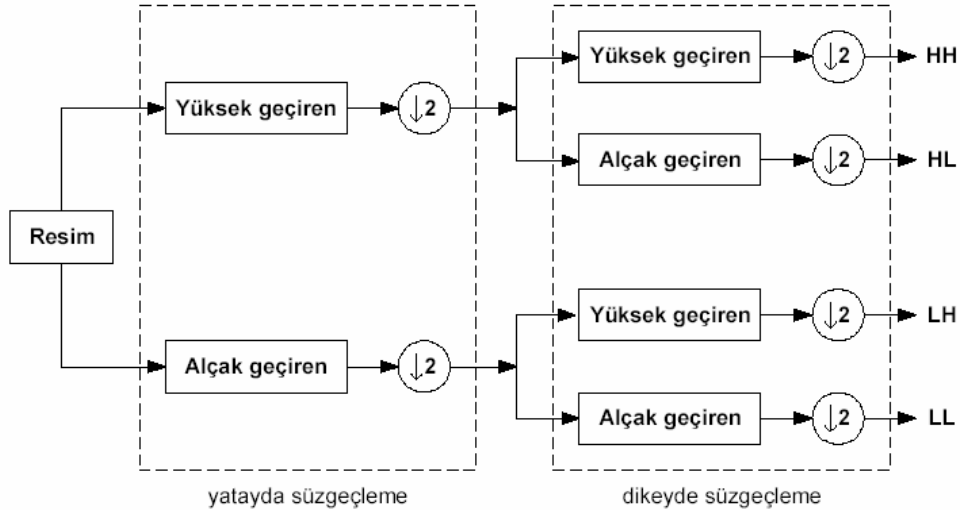


Şekil 2.13: 1-BD dönüşümü ve k-ortalama sonrasında elde edilen yüz imgesi

2.3.5 Ayırık dalgacık dönüşümü ve ayırık kosinüs dönüşümü ile özellik çıkartımı

Yüz imgesinde çeşitli geometrik parametreler özellik çıkartımında kullanılabilceği gibi, özellik vektörlerinin bulunmasında dönüşüm temelli yöntemler de sıkça kullanılmaktadır [23-24]. Dönüşüm temelli yöntemlerden en sık kullanılanlar, ADD (discrete wavelet transform-DWT) ve AKD (discrete cosine transform-DCT)'dir. [23]' deki çalışmada, yalnızca AKD veya ADD' nin kullanılması yerine, iki dönüşümün bir arada kullanılması ile daha başarılı tanıma sonuçlarının elde edildiği gösterilmiştir. Bu tezde ise [23]' deki çalışmaya benzer şekilde ADD ve AKD birlikte kullanılarak yüz imgesinden özellik vektörlerinin çıkartılması yoluna gidilmiştir.

ADD genellikle özellik çıkartımı, imge sıkıştırma, gürültü giderimi gibi uygulamalarda çok sık kullanılan bir yöntemdir. Ayrıca yüz imgelerinden özellik çıkartımı sırasında da çok sık kullanılan bir yöntemdir [26-30]. Dalgacık dönüşümünde bir adet alçak, bir adet yüksek geçiren süzgeç çifti bulunmaktadır. Dönüşüm işlemi sonucunda imge dört alt banda (LL, LH, HL ve HH) ayrılmaktadır. LL bandı her iki yönde alçak geçiren süzgeçleme ile elde edildiğinden orijinal resmin düşük frekanslı, düşük çözünürlüklü bir kopyası gibidir. LH bandı, yatayda alçak geçiren süzgeçleme, dikeyde yüksek geçiren süzgeçleme ile elde edilmekte ve imgenin yatay özelliklerini taşımaktadır. HL bandı, yatayda yüksek geçiren süzgeçleme, dikeyde alçak geçiren süzgeçleme ile elde edilmekte ve imgenin dikey özelliklerini taşımaktadır. HH bandı ise imgenin diyagonal özelliklerini taşımaktadır.



Şekil 2.14: İmgelere dalgacık dönüşümü uygulanması

ADD'nın imgeye bir kez uygulanması ile bir seviyeli dönüşüm yapılmış olmaktadır. Eğer aynı süzgeç çifti LL bandına tekrar uygulanırsa dönüşüm iki seviyeli olmaktadır. Bu şekilde süzgeç çiftinin LL bandına tekrar uygulanması ile seviye istenildiği kadar arttırılabilir. Şekil 2.14'de bir seviyeli dalgacık dönüşümü blok diyagramı gösterilmektedir.

Bu tez kapsamında, Haar dalgacıkları kullanılarak yüz imgesinin iki seviyeli ADD'si alındıktan sonra, alçak geçiren süzgeç çıkışı (LL_2 bileşeni) kullanılmaktadır. LL_2 bileşeni, orjinal imgenin alçak frekans bileşenlerini tutmakta olup imge hakkındaki genel bilgiyi içerir. Şekil 2.15'de elde edilen yüz imgesine ADD uygulanıldıktan sonraki altbantlar bulunmaktadır.



Şekil 2.15: (a) Elde edilen yüz imgesi (b) ADD çıkışı

Son yıllarda Ayırık Kosinüs Dönüşümü (AKD), sağladığı yüksek sıkıştırma oranı sayesinde gerçek zamanlı uygulamalarda tercih edilmektedir. Denklem (2.6)'da ileri dönüşüm, denklem (2.7)'de ise geri dönüşüm formülleri verilmektedir. AKD tabanlı sıkıştırma tekniğinde imge öncelikle 8×8 'lik bloklara ayrılır ve sonra denklem (2.6)'de verilen ileri dönüşüm (2.7)'de verilen ters dönüşüm yapılır. LL_1

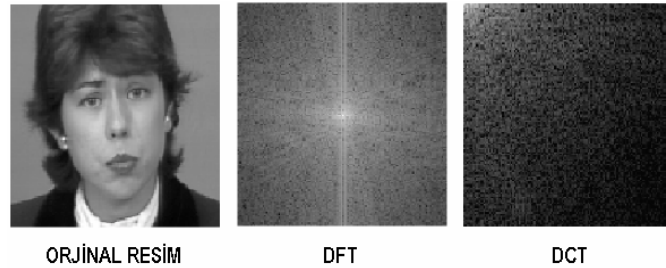
$$S(k_1, k_2) = \sqrt{\frac{4}{N^2}} C(k_1) C(k_2) \sum_{n_1=0}^{N-1} \sum_{n_2=0}^{N-1} s(n_1, n_2) \cos\left(\frac{\pi(2n_1+1)k_1}{2N}\right) \cos\left(\frac{\pi(2n_2+1)k_2}{2N}\right) \quad (2.6)$$

$$k_1, k_2, n_1, n_2 = 0, 1, \dots, N-1, \quad C(k) = \begin{cases} 1/\sqrt{2} & k=0 \\ 1 & k \neq 0 \end{cases}$$

$$s(k_1, k_2) = \sqrt{\frac{4}{N^2}} \sum_{n_1=0}^{N-1} \sum_{n_2=0}^{N-1} C(n_1) C(n_2) S(n_1, n_2) \cos\left(\frac{\pi(2k_1+1)n_1}{2N}\right) \cos\left(\frac{\pi(2k_2+1)n_2}{2N}\right) \quad (2.7)$$

$$k_1, k_2, n_1, n_2 = 0, 1, \dots, N-1, \quad C(n) = \begin{cases} 1/\sqrt{2} & n=0 \\ 1 & n \neq 0 \end{cases}$$

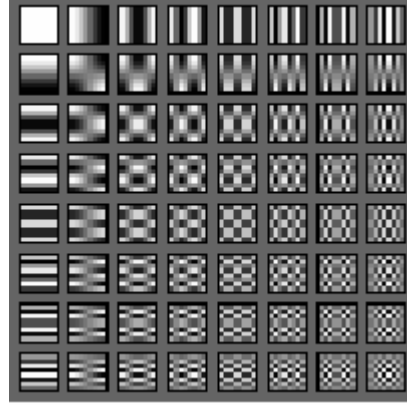
AKD temelde Fourier Dönüşümüne çok benzemektedir. Ama AKD'de AFD'den farklı olarak sadece gerçek (reel) değerler mevcuttur. Şekil 2.16'de bir imgenin AFD ve AKD sonucunda elde edilen çıkış frekans imgeleri gösterilmektedir



Şekil 2.16: (a)Orijinal imge, (b) AFD çıkışı, (c) AKD çıkışı

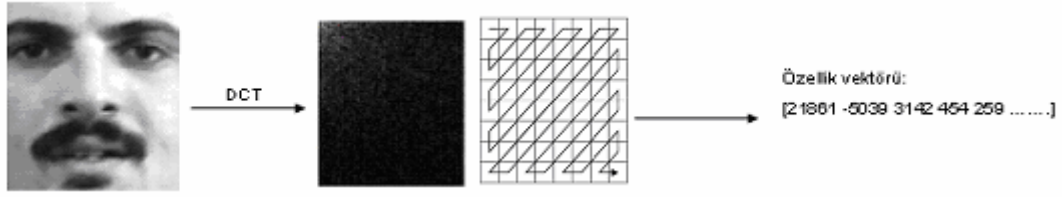
AKD'de kullanılan taban fonksiyonlarının Şekil 2.17'da gösterilen 2 boyutlu frekans bilgisi incelendiğinde sol üstte DC bileşeni bulunmaktadır. Diğer bileşenler ise AC bileşenlerdir. Bununla birlikte soldan sağa gidildikçe düşey frekans artmakta,

yukarıdan aşağıya doğru gidildikçe ise yatay frekans artmaktadır. En yüksek frekans bileşenleri ise sağ alt köşede toplanmıştır.



Şekil 2.17: DCT'nin 2 boyutlu frekans bilgisi

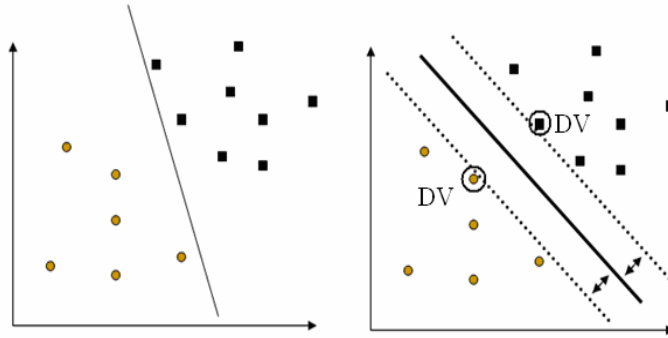
Ayrık Kosinüs Dönüşümünde dar bantta enerji yoğunluğunun fazla olmasından dolayı, dönüşüm katsayıları ile veri miktarı oldukça azaltılabilmektedir. Bu çalışmada, AKD'nin bu özelliğinden faydalanılarak, yüz imgesi için özellik vektörü belirlenmektedir. Bu amaçla, iki seviyeli ADD sonrasında elde edilen LL_2 bileşenine AKD uygulanmaktadır. Burada blok tabanlı AKD kullanılmamaktadır. Tek seferde imgenin AKD'si alınmaktadır. Elde edilen AKD katsayı imgesinde zik-zak tarama yapılarak, katsayı vektörü oluşturulmaktadır. Oluşturulan katsayı vektörü, $\left(\frac{N}{4} \times \frac{M}{4}\right)$ elemanlıdır. Burada M ve N ADD sonucunda elde edilen LL_2 imgesinin satır ve sütünü göstermektedir. Bu vektörün ilk elemanı DC bileşenini göstermekte olup, indis arttıkça bileşenin frekans değeri de artmaktadır. İnsan gözü özellikle düşük frekans bileşenlerinin değişimlerine çok duyarlı olduğu için, AKD vektöründeki ilk n eleman, yüz bölgesine ait özellik vektörü olarak seçilmiştir. Burada kullanılan n değeri, deneysel sonuçlarla belirlenmiştir. Şekil 2.18'de yüz imgesine AKD uygulanıp zikzak tarama ile özellik vektörünün elde edilmesi işlemleri görülmektedir.



Şekil 2.18: (a) Yüz imgesi (b) AKD çıkışı (c) Zik-zak tarama çıkışı

2.3.6 Destek vektör makineleri ile sınıflandırma

Destek vektör makineleri (DVM), sınıflandırma ve uyumlama problemlerini çözmek için [26]'de önerilmiştir. Hipspektral görüntülerin sınıflandırılması, el yazısı tanıma, yüz tanıma, kanser hücrelerinin tanınması gibi farklı alanlarda uygulamaları bulunmaktadır. DVM eğitilmiş bir sınıflandırma yöntemidir ve eğitim aşamasında, eğitim kümesini kullanarak destek vektörlerini içeren bir model geliştirmektedir. Sınıflandırma aşamasında ise destek vektörleri kullanılarak yeni giriş verileri sınıflandırılmaktadır. DVM'ler temelde iki sınıflı sınıflandırma problemlerini çözmektedir ve iki sınıfa ait örnek noktalar arasındaki karar yüzeyini oluştururken yüzeyin sınıflara olan uzaklığını en büyükmeye çalışmaktadır. Şekil 2.19 (a)'da iki sınıflı veriyi ayıran bir düzlem, Şekil 2.19 (b)'de ise en iyi alt düzlem ve daire içerisine alınan destek vektörleri gösterilmektedir.



Şekil 2.19: (a) İki sınıflı veriyi ayıran bir alt düzlem, (b) en iyi alt düzlem

DVM ile sınıflandırma yaparken verilerin doğrusal ayrılabilmesi durumunda, çekirdekler kullanılarak veriler yüksek boyutlu uzaya taşınabilmektedir. Literatürde çok çeşitli çekirdek fonksiyonları değişik uygulamalar için kullanılmaktadır. DVM'de kullanılan çekirdekler Mercer koşullarını sağlamalı ve simetrik kesin

pozitif olmalıdır. Bu çalışmada çok terimli çekirdek (ÇTÇ) fonksiyonu (2.8) kullanılmıştır.

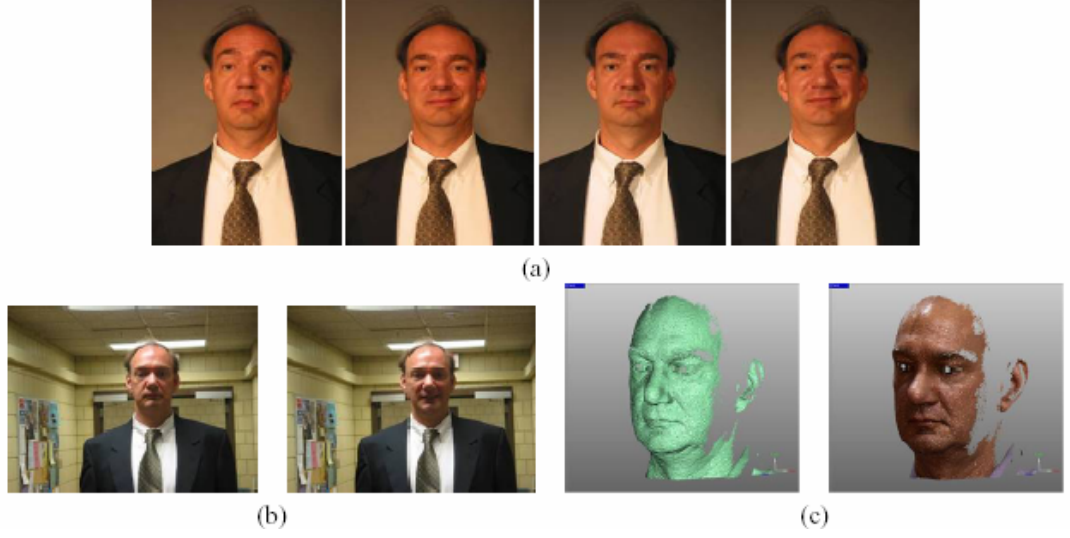
$$K(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_j) = (\gamma \mathbf{x}_i \cdot \mathbf{x}_j)^d \quad (2.8)$$

Burada K , çekirdek fonksiyonunu göstermektedir, γ ve d ise ÇTÇ fonksiyonu parametreleridir. DVM ile ilgili detaylı bilgi için [31] incelenebilir.

2.4 Deneysel Sonuçlar

Bu çalışmada önerilen yöntemin tanıma başarımını değerlendirmek amacıyla iki ayrı veritabanı kullanılmıştır. İlk veritabanı laboratuvar ortamında oluşturulmuştur. Bu veritabanında 23 farklı kişiye ait 10 adet görüntü bulunmaktadır. Alınan görüntüler genellikle farklı yüz mimikleri içermektedir ancak poz açısındaki değişiklik sınırlı tutulmuştur. Burada destek vektör makinelerinin eğitimi için her kişiye ait 5 adet yüz imgesi kullanılmıştır. Geri kalan 5 yüz imgesi de tanıma amaçlı kullanılmıştır.

Diğer bir veritabanı olarak FRGC v2.0 (The Face Recognition Grand Challenge) [32] kullanılmıştır. Bu veritabanındaki imgeler farklı mevsimlerde çekilmiş imgelerden oluşmaktadır. Bu mevsimlerde çekilen imgeler, kontrollü ve kontrolsüz ortamda çekilmiş ve üç boyutlu imgelerden oluşmaktadır. Kontrollü imgeler stüdyo ortamında, tamamen önden ve iki yüz ifadesinde (gülerken ve doğal) çekilmiştir. Kontrolsüz imgeler işe değişen ışık koşullarında mesela koridorda, holde vs. çekilmiş ve iki yüz ifadesine sahiptir (doğal ve gülümeseyen). Ayrıca bir de üç boyutlu imgeler bulunmaktadır. Şekil 2.20’de FRGC veritabanından kontrollü, kontrolsüz ortamlarda çekilmiş ve üç boyutlu olan yüz imgelerinden örnek bir set gösterilmektedir.



Şekil 2.20: (a) Kontrollü imgeler (b) Kontrolsüz imgeler (c) 3-B imgeler

Kullanılan FRGC v2.0 veritabanındaki kontrollü çekilmiş imgelerden, 150 kişiye ait 30 görüntü alınmıştır. Bu imgelerden 15 tanesi eğitim aşaması için geri kalan 15 tanesi ise tanıma amaçlı kullanılmaktadır.

Önerilen yöntemde AKD katsayı miktarını belirleyen n değeri seçilirken, farklı n değerleri için sınıflandırma başarımları elde edilmiş ve $n \geq 50$ değerleri için sınıflandırıcı başarımının değişmediği gözlemlenmiştir. Bu nedenle deneylerde $n=50$ kullanılmıştır. DVM ile sınıflandırmada ikinci dereceden ÇTÇ fonksiyonu için $\gamma = 1$ alınarak kullanılmıştır ve DVM düzenleme parametresi 10 olarak seçilmiştir. Çoklu DVM sınıflandırma için bire bir çoklu DVM [31] kullanılmaktadır. Tablo 2.1’de geliştirilen yöntemle elde edilen sınıflandırma başarımları gösterilmektedir. Geliştirilen yöntem laboratuvar ortamında oluşturulan veri kümesinde %96.5, FRGC v2.0 veritabanında ise %92 sınıflandırma başarımı vermiştir.

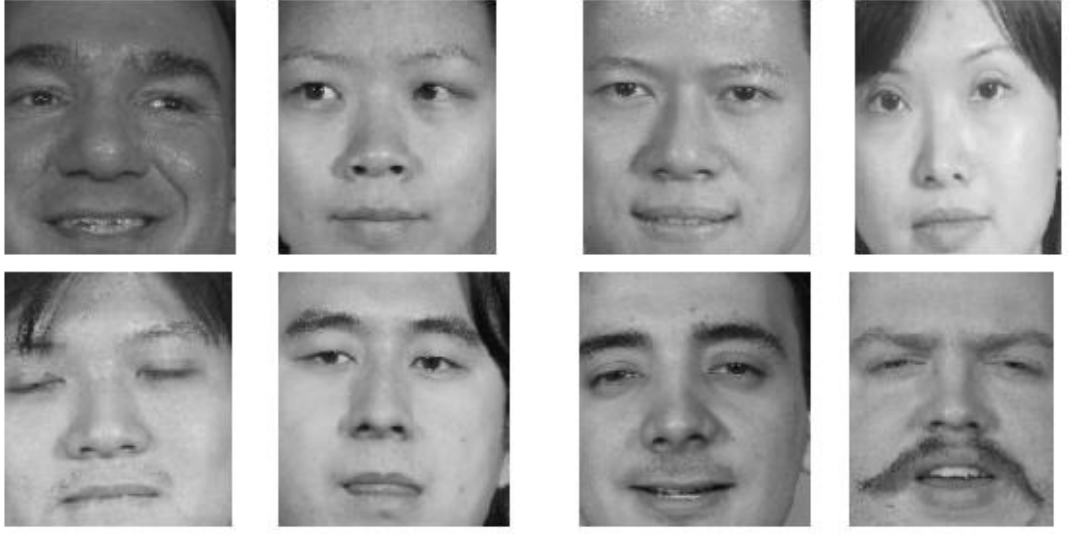
Tablo 2.1: Sınıflandırma sonucunda elde edilen başarımlar

Veritabanı	Kişi sayısı	Eğitimde kullanılan imge sayısı	Tanımda kullanılan imge sayısı	Başarım
Lab. ortamında veritabanı	23 kişi	5	5	%96.5
FRGC v2.0	150 kişi	15	15	%92

Geliştirilen sistem sadece düz açıdan çekilmiş imgeler üzerinde denenmiş olup, sistemin poz açısı değişimlerine karşı gürbüzlüğü konusunda çalışma yapılmamıştır. Bu sebepten, sisteme poz farklılığı olan imge girildiğinde bu imge sistem tarafından değerlendirilmeyip kullanılmamaktadır. Bunun için K-ortalama algoritması ile tespit edilen merkezlerin düz açıdan çekilmiş imgelerde bulunması gereken konumlardan sapmasına bakılır, eğer sapma belirlenen değerlerden fazla ise poz farklılığı kararı verilir.



Şekil 2.21: Laboratuvar ortamında oluşturalan veritabanından elde edilen örnek yüz imgeleri



Şekil 2.22: FRGC v2. veritabanından elde edilmiş yüz imgeleri

Şekil 2.21’de laboratuvar ortamında çekilen yüz veritabanından Şekil 2.22’de ise FRGC yüz veritabanından önerilen yöntem sonunda elde edilen örnek yüz imgeleri bulunmaktadır.

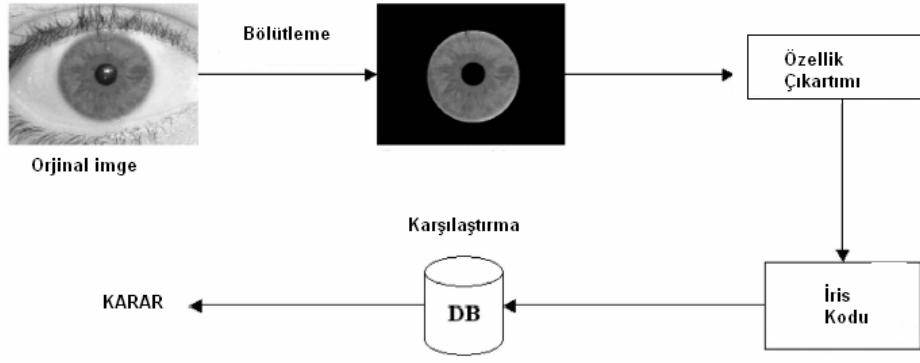
3. İRİS TANIMA

3.1 Giriş

Son yıllarda geliştirilen biyometrik sistemlerde iristen kimlik tespitinin diğer biyometrik sistemlere göre daha güvenilir olduğu gösterilmiştir. Bu biyometrik sistemin diğer sistemlere göre birçok avantajı vardır: yüz tanıma da problem yaşanan tek yumurta ikizlerinde iris yapısı birbirlerinden farklıdır, insan yaşamı boyunca iris yapısı hiçbir değişiklik göstermez, cerrahi operasyon ile dahi irisin yapısı değiştirilemez, göz kapağı ile korunduğu için dışarıdan gelecek problemlere karşı da korunan bir organımızdır. Bu sebeplerden dolayı da iristen kimlik tespiti, birçok biyometrik sisteme göre daha güvenilirdir.

İrsten kimlik tespitinin bu avantajların yanında birtakım dezavantajları da vardır. En önemli dezavantaj ise gelen ışık miktarına göre göz bebeğinin çapının küçülüp büyümesidir. Fazla ışık gelmesi durumunda retina zarar görebileceği için kaslar kasılıp gevşeyerek gelen ışık miktarı ayarlanır. Örneğin aydınlık ortamda kaslar kasılır böylece gözbebeği küçülür, karanlık ortamda ise kaslar gevşer ve gözbebeğinin çapı artar. Bu sebepten dolayı tanıma aşamasında gözbebeğinin çapının değişmesi ile irisin yapısında bir şekil değişikliği oluşmaktadır.

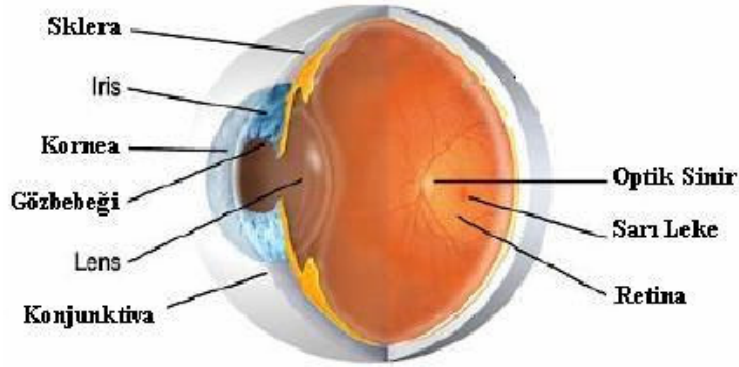
Üç aşamadan oluşan basit bir iris tanıma sistemi Şekil 3.1 de gösterilmektedir. İlk aşamada asıl imgeden iris bölgesinin bölütlenmesi, ikinci kısımda bölütlenen imgeye özellik çıkartımı algoritmasının uygulanması, en son olarak da elde edilen özellik vektörünün elimizdeki veritabanı ile karşılaştırılması ve karar verilmesi yapılır.



Şekil 3.1: Basit bir iris tanıma sistemi

3.2 Gözün Yapısı

İris, gözbebeğinin önünde korneanın hemen arkasında bulunan ince ve dairesel bir katmandır. Hamileliğin üçüncü ayında gelişmeye başlayarak sekizinci ayda gelişimini tamamlar ve doğumdan onaltı ay sonra değişmez yapısını kazanır. Şekil 3.2 de gözün yapısı gösterilmektedir.



Şekil 3.2: Gözün anatomik yapısı

Göz, [32] kafatası içerisinde “orbita” adı verilen bir kemik yuvaya yerleşmiştir. Etrafı yumuşak yağ dokusuna sarılıdır. Üzerinde bulunan kaslar aracılığı ile göz hareketleri sağlanmaktadır. Kaslar haricinde göz yapısı içerisinde kornea, iris, gözbebeği, lens, retina ve göz sinirleri mevcuttur. Gözde bulunan temel yapılar aşağıdaki gibidir:

- Sklera: Gözün en dışta bulunan tabakasıdır. Göz akı da denilmektedir.
- Konjunktiva: Skleranın dışını kaplayan şeffaf zar. Konjunktiva gözün ön bölümünü nemli ve temiz tutmaya yarayan çok küçük bir bez içerir. Göz küresini dış etkilere korumaya yarar.
- Kornea (Saydam Tabaka): Skleranın, irisin önünde bulunan şeffaf bölümü. Gözü dış etkilere korur. Işığı geçirir. Mercekle birlikte optik görüntüyü retinaya odaklar. Gözün ışık ışınlarını en güçlü kıran bölümüdür.
- İris: Gözün renkli kısmı. Korneanın arkasında bulunur. İrisin ortasında gözbebeği denen açıklık bulunur. Gözbebeği büyüyüp küçülerek göze giren ışığın miktarını ayarlar.
- Koroid (Damar Tabaka): Sklera ve retina arasındaki tabaka. Birçok kan damarı taşır ve gözü besler. Görme ile ilgili doğrudan görevi yoktur.
- Retina (Ağ Tabaka): Gözün en içteki bölümüdür. Retinanın arka tarafında, ışığı algılayan çubuk ve koni hücreleri bulunur. Bu iki tip hücrenin görevi, üzerlerine düşen ışığı elektrik işaretlerine çevirmektir. Çubuk hücreler büyük şekil ve ayrıntılara duyarlıdır. Görülenin ne olduğunun anlaşılmasından sorumludur. Gün ışığında ve iyi aydınlatma koşullarında iyi işlevde bulunur. Koni hücreler ise retinanın ortasında olup merkezi görüşü ve görüntümüzdeki değişik renkleri algılamamızı sağlar.
- Kör Nokta (Optik Disk): Optik sinirinin başlangıcıdır.
- Optik Sinir: Retinada kör nokta ile başlar. Koni ve çubuk hücrelerden aldığı mesajı beyine iletir.

3.3 İris Tanımayla İlgili Literatürdeki Çalışmalar

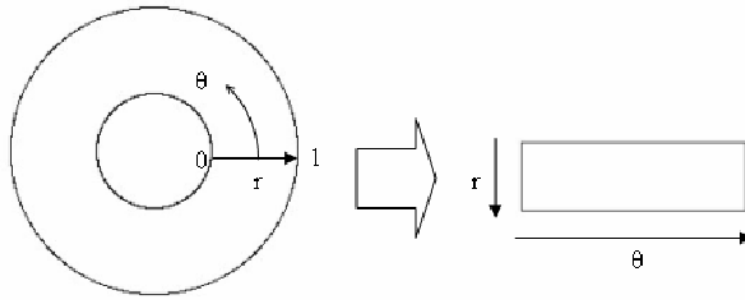
İrisin kimlik tespiti için kullanılabileceği fikri ilk kez Fransız göz doktoru olan Alphonse Bertillon [33] tarafından ortaya atıldı. Daha sonra 1980'lerde ise göz doktoru olan Dr. Leonard Flom ve Dr Aran Safir, her bireyin irisinin tek olduğunu ispatlayarak bu fikrin patentini aldılar. 1991 de Cambridge Üniversitesinden Prof. Dr. John Daugman [34] ve ekibi Dr. Leonard Flom ve Dr Aran Safir ile birlikte çalışarak iristen bir kod oluşturan ve tanıma işlemini gerçekleştiren bir algoritma geliştirdiler ve bu teknoloji için patent aldılar. Daha sonra Dr. Daugman' ın geliştirdiği bu sistem Amerika, Japonya, İngiltere gibi birçok ülkede ATM

sistemlerinde, bankacılık sektöründe ve devlet uygulamalarında kullanılmaya başlandı.

Daugman'ın yönteminde iris imgeleri CCD kamera ile kızılötesi ışık altında 640x480 piksel çözünürlüğünde alınmaktadır. İris bölgesini bölütlemek amacıyla (3.1)'de verilen tümleşik-türev operatörü kullanılmaktadır.

$$\max_{(r,x_0,y_0)} \left| G_\sigma(r) * \frac{\partial}{\partial r} \oint_{r,x_0,y_0} \frac{I(x,y)}{2\pi r} ds \right| \quad (3.1)$$

$G(r)$, Gauss gibi yumuşatma fonksiyonudur. $I(x,y)$ giriş iris imgesidir ve operatör artan yarıçap ve (x_0,y_0) merkez noktası için geçerli olan bulanıklaştırılmış kısmi türev işleminin maksimum değerini armaktadır. Bu işlem ile iris ve gözbebeğinin merkezleri ile yarıçapı bulunmaktadır. Bulunan iris bölgesi dikdörtgensel koordinat sistemine taşınmaktadır. Daugman'ın bu yöntemine rubber-sheet modeli denilmektedir. Şekil 3.3'de Daugman'ın rubber-sheet modeli gösterilmektedir.



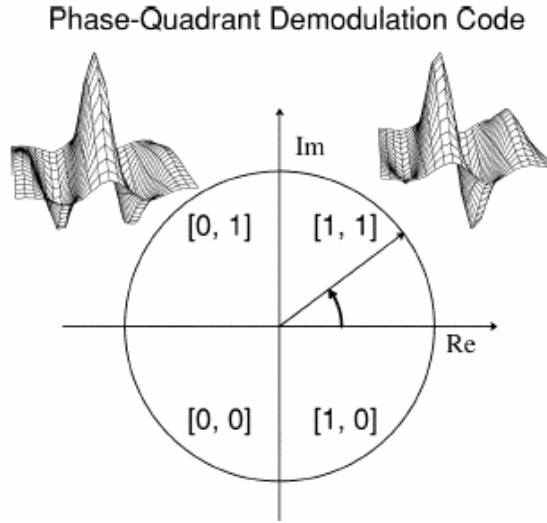
Şekil 3.3: Daugman'ın rubber-sheet modeli

Rubber-sheet modeli matematiksel olarak

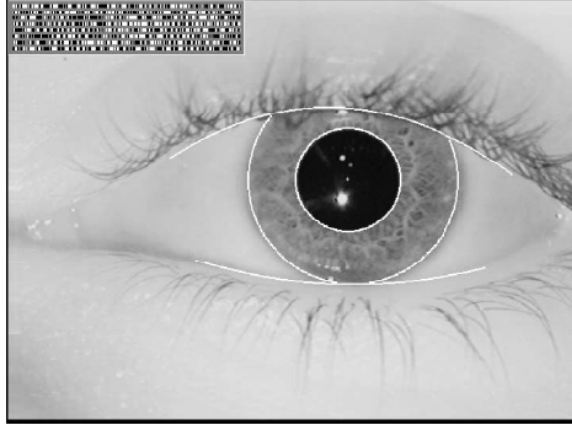
$$\begin{aligned} I(x(r,\theta), y(r,\theta)) &\rightarrow I(r,\theta) \\ x(r,\theta) &= (1-r)x_p(\theta) + rx_s(\theta) \\ y(r,\theta) &= (1-r)y_p(\theta) + ry_s(\theta) \end{aligned} \quad (3.2)$$

şeklinde ifade edilebilmektedir. Burada $I(x, y)$, (x, y) koordinatlarındaki piksel değerini; $I(r, \theta)$ normalize edilmiş dikdörtgensel koordinat sistemindeki (r, θ) koordinatlarındaki piksel değerini; (x_p, y_p) ve (x_t, y_t) ise θ yönündeki gözbebeği ve iris kenar koordinatlarını göstermektedir. İris ve gözbebeği eşmerkezli olmadığından, bu yöntemde merkezler arasındaki kaymalar hesaplanarak normalize edilmektedir.

Daugman özellik çıkartımında irisi kodlamak için 2-B Gabor süzgeçleri kullanmıştır. Çeşitli frekans ve çeşitli yönlerdeki gabor dalgacıklarıyla irisi süzgeçlemekte ve Gabor süzgeç çıkışından da faz bilgisini kullanmaktadır. Bu faz bilgisine dört seviyeli nicemleme yapmaktadır. Bu şekilde 256 byte'lık (2048 bit) iris kodu oluşturmuş ayrıca bir de karşılaştırmanın hangi bitler arasında yapılacağını söylemek için maske kodu oluşturmuştur. Şekil 3.4'de Daugman'ın Quadratic Faz kuantalama yöntemi gösterilmekte şekil 3.5'de ise bir iris imgesi ve elde edilen kod bulunmaktadır.



Şekil 3.4: Daugman'ın Quadratic Faz kuantalama yöntemi.



Şekil 3.5: Daugman'ın sistemine göre bulunmuş ve kodlanmış örnek iris verisi

Daugman yönteminde karşılaştırma için (3.3)'de gösterilen Hamming mesafesi (HM) kullanmıştır. Test edilecek kişinin iris kodu veritabanındaki diğer iris kodları ile EXOR işlemine sokulmaktadır. Burada HM iki iris kodu arasındaki farklı bit sayısını göstermektedir. Eşitlikteki maskeler ise iris kodunda hangi bitlerin HM hesabı sırasında dikkate alınacağını göstermektedir.

$$HM = \frac{\|kodA \otimes kodB \cap maskeA \cap maskeB\|}{maskeA \cap maskeB} \quad (3.3)$$

Daugman'dan sonra bu işle Wildes ve ekibi uğraşmıştır. Wildes [35], irisi bölütlemek amaçlı Gauss filtresi kullanmaktadır ve irisi kodlamak için de Laplacian of Gaussian süzgeç kullanmaktadır. Boles ve Boashash [36] ise irisi sınıflandırmak için iris imgesi üzerindeki sanal çemberlerin çeşitli çözünürlüklerdeki 1B dalgacık dönüşümünü ve sıfır geçişlerini kullanmaktadır.

Libor Masek yaptığı çalışmasının [34] Matlab kodlarını karşılaştırma yapılması için açık olarak vermektedir. Masek çalışmasında irisin iç ve dış sınırlarını belirlemek için Hough transformu kullanmış, iris dokusunu kodlamak için de bir boyutlu Log Gabor filtreden faydalanmaktadır. Tanıma kısmı Daugman'ın yöntemi ile aynı olup bu çalışmada da benzerlik kriteri olarak Hamming uzaklığı kullanılmaktadır.

[45]'daki çalışmada irisin sınırlarının tespiti için iki seviyeli bir iris bölütleme algoritması uygulanmaktadır. İlk seviyede irisin eliptik sınırlarını belirlemek için ışıklılık eşikleme yapılırken ikinci seviyede ise doğru bir şekilde iris sınırları elde etmek için Mumford-Shah fonksiyonu [52] uygulanmaktadır. Dokusal özellikler 1-B log polar Gabor süzgeç kullanılarak, topolojik özelliklerde Euler sayı tekniği kullanılarak çıkartılmaktadır.

[46]'deki çalışmada ise iki imge arasında seçilmiş bölgeler arasındaki ilişkiye bakılarak maximum ilişkinin eşik değerine göre kıyası yapılarak karar verilir.

3.4 Önerilen Yöntem

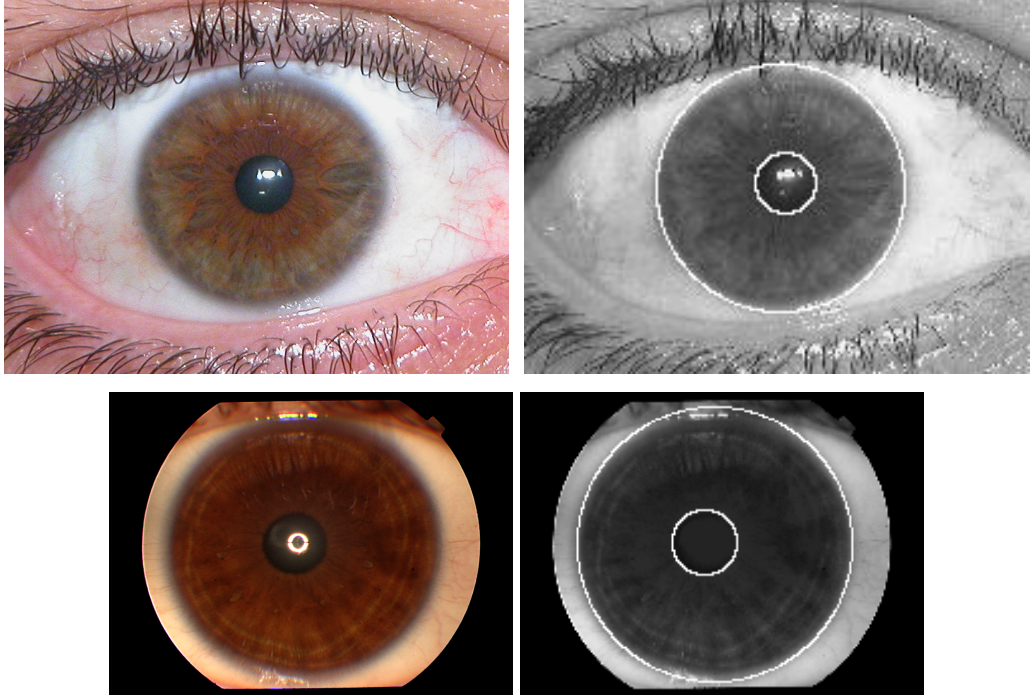
Bu kısımda iristen kimlik tespiti için geliştirilmiş yöntem anlatılmaktadır. Öncelikle irisin bölütlenmesi, ardından özellik çıkartımı için geliştirilen yeni bir yöntem ve en sonunda ise elde edilen sonuçlar karşılaştırmalı olarak verilmektedir.

3.4.1 İris ve gözbebeğinin bölütlenmesi

Kullandığımız iris imgelerinde gözbebeği ile irisin sınırlarını, merkezini ve yarıçapını bulmak için Daugman tarafından kullanılan tümeşik-türev yöntemi kullanılmaktadır. İmgelerin birinci türevini kullanarak, istenen geometrik parametrelerin bulunmasını sağlayan tümeşik-türev, aslında Hough dönüşümünün bir başka şeklidir.

İris ve gözbebeğinin kesin merkez koordinatlarını ve yarıçaplarını bulmak için kabadan inceye doğru bir tarama yapılır. İris taraması sonucunda elde edilen bölgede iris ve gözbebeğinin eşmerkezli olmayacağı ihtimali göz önünde bulundurularak gözbebeği taraması yapılmaktadır. Gözbebeği yarıçapının iris yarıçapının 0.1 ile 0.8 aralığında değişim gösterdiği kabul edilmektedir. Bu kabullenme sonucunda irisin girilen bilgileri kullanılarak çok rahat bir şekilde gözbebeği bilgileri elde edilmektedir. Kullanılan tümeşik-türev operatörünü sağlayan fonksiyon eşitlik (3.1)'de verilmektedir.

Şekil 3.6’da örnek bir iris imgesi ve bölütleme sonucunda elde edilen imge gösterilmektedir.



Şekil 3.6: (a) UBİRİS veritabanından orijinal iris imgesi (b) İris ve gözbebeği bulunmuş imge(c)UPOL veritabanından orijinal iris imgesi (d) İris ve gözbebeği bulunmuş imge

3.5 Özellik Çıkartımı

İris ve gözbebeğinin yarıçapı ve merkez koordinatları bulunduktan sonra elde edilen bölgeden iris kodu çıkarılmaktadır. Bu tez çalışmasında iris kodunun çıkartılması için yeni bir yöntem önerilmiştir. Bu yöntemde, bulunan iris bölgesine 1-BD uygulanır ve elde edilen ikili imgeye daha sonra Açısal Radyal Parçalama (Angular Radial Partitioning, ARP) uygulanır. Burada 1-BD için standart bir bit çekirdeği kullanılmaktadır. Denklem (3.4)’de 1-BD için kullanılan standart çekirdek ifadesi gösterilmektedir.

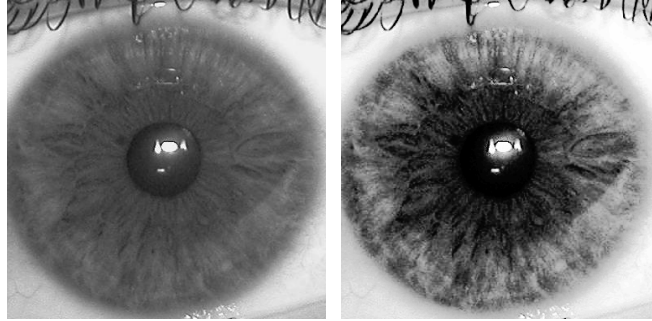
$$K(i, j) = \begin{cases} 1/25, & \text{if } i, j \in [1,4,8,12,16] \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases} \quad (3.4)$$

3.5.1 1-Bit dönüşümü

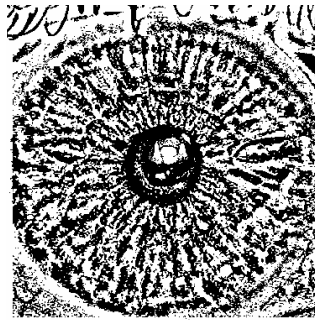
1-BD ile ilgili bilgi bölüm 2.3.3' de detaylı olarak anlatılmaktadır. 1-BD'deki temel amaç, imgeleri ikili düzeyde göstermek ve böylece piksel değerlerinin bit derinliğini azaltmaktır. 1-BD'de, orijinal imge çoklu bant geçiren süzgeçten geçirildikten sonra orijinal imge ile karşılaştırılarak ikili imge elde edilmektedir.

İris imgesine 1-BD yapılmadan önce bazı ön işlemler yapılmaktadır. İlk olarak imgeye histogram eşitlemesi yapılmaktadır. Histogram eşitlemesi ile imgede gri seviyeler arasında düzenli bir dağılım sağlanır. Böylece gri seviye genişletilerek zıtlık dağıtılır.

Histogram eşitlemesi yapılmış imgeye daha sonra gürültü giderimi yapmak için doğrusal bir süzgeç kullanılmaktadır. Bunun içinde standart Gauss süzgeci kullanılmıştır. Şekil 3.7 de bölütlenen iris ve histogram yayma sonucunda elde edilen imge gösterilmektedir. Şekil 3.8'de ise 1-BD sonucunda elde edilen imge gösterilmektedir.



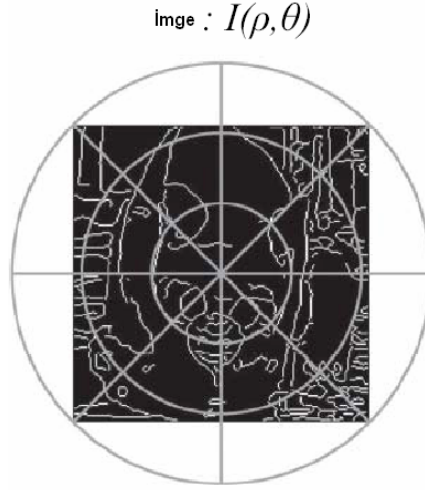
Şekil 3.7: (a) Bölütlenen iris bölgesi (b) Histogram yayma yapılmış hali



Şekil 3.8: 1-BD yapılmış imge

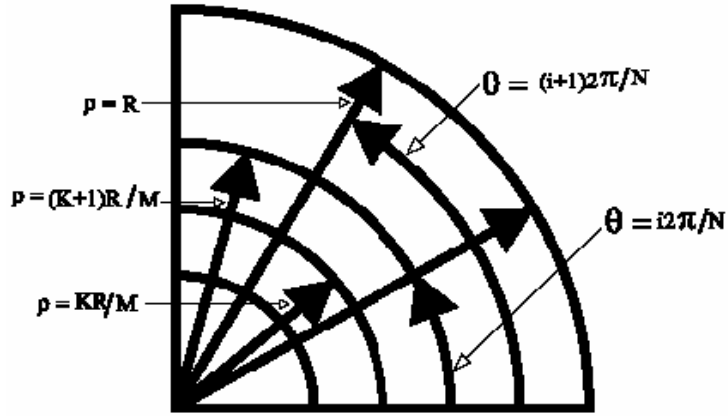
3.5.2 Açısal Radyal Parçalama (ARP)

Angular Radial Partitioning (ARP) [37], imgenin diğer imgelerle arasındaki benzerliği doğru, kolay ve hızlı biçimde ölçmeyi sağlayacak yeni bir yapıya dönüştürmeyi sağlayan bir yöntemdir. Dönme ve ölçekleme etkisine karşı gürbüz çalışır.



Şekil 3.9: İmgeye Canny kenar bulma algoritması sonra da ARP uygulanmış hali

Bu yöntemde öncelikle imge kare boyutlara ($S \times S$) gelecek şekilde yeniden boyutlandırılmaktadır. [37]' de verilen çalışmada imgenin Canny kenar bulma algoritması ile kenar haritası çıkartılmaktadır. Bu tez çalışmasında ise 1-BD yapılarak imgenin bir haritası çıkartılmaktadır. Yöntemde I imgesinde oluşturulan bir daire $M \times N$ parçaya bölünmektedir. Buradaki M radyal bölüm sayısını, N ise açısal bölüm sayısını göstermektedir. Şekil 3.9'da, imgeye Canny ve sonrasında ARP uygulanmış hali gösterilmektedir. Birbirine komşu açısal bölümler arasındaki açı $\theta = 2\pi/N$ ve eşmerkezli daireler arasındaki yarıçap ise $\rho = R/M$ olarak bulunmaktadır. Burada R , I imgesinde oluşturulan dairenin yarıçapıdır. Şekil 3.10'da bu yapı gösterilmektedir.

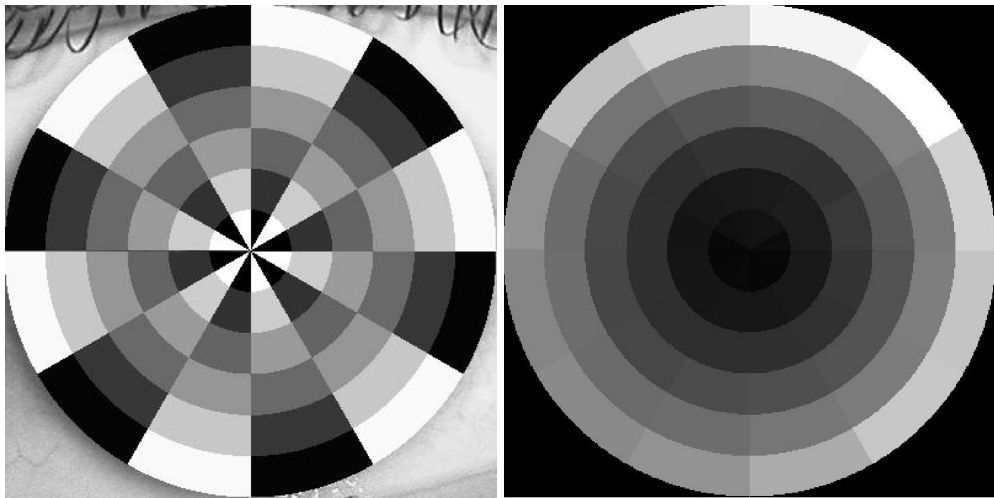


Şekil 3.10: M açısıl N radyal parçaya bölerek yapılan açısıl radyal parçalama

Bir sonraki aşamada, herbir bölümdeki kenar sayısı o bölümün özellik vektörü olarak elde edilmektedir. Bu işlem

$$f(k,i) = \sum_{\rho=\frac{kR}{M}}^{\frac{(k+1)R}{M}} \sum_{\theta=\frac{i2\pi}{N}}^{\frac{(i+1)2\pi}{N}} I(\rho,\theta), \quad k = 0,1,2,\dots,M-1, \quad i = 0,1,2,\dots,N-1 \quad (3.5)$$

şeklinde gösterilebilir. Sonuçta $M \times N$ 'lik bir özellik vektörü elde edilmektedir. Şekil 3.11'de, Şekil 3.7(b)'deki iris imgesinde kod çıkartımı için kullanılan $M \times N$ sayıdaki bölge ve bu imge için elde edilen iris kodu gösterilmektedir.



Şekil 3.11: (a) $M \times N$ parçaya bölünmüş iris ($M=6, N=12$ için), (b) elde edilen iris kodu

3.6 Deneysel Sonuçlar

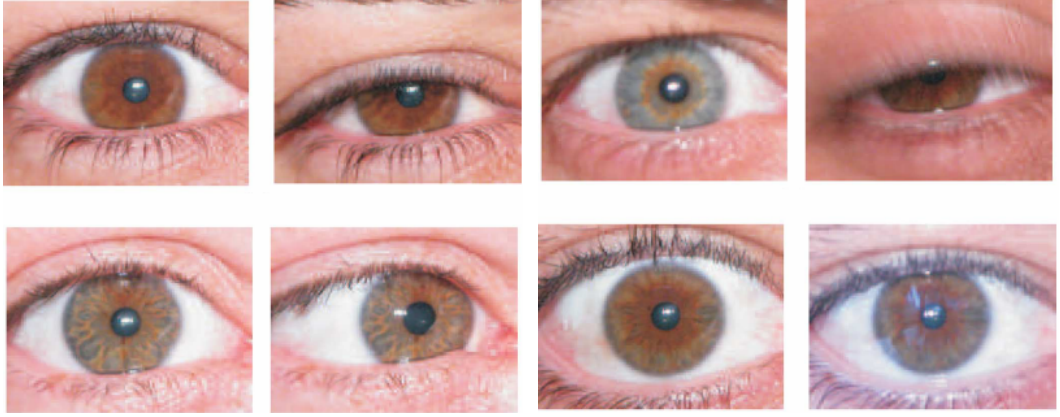
3.6.1 Kullanılan veritabanları

İris tanıma yöntemlerin başarımlarının karşılaştırmasında sıkça kullanılan yedi adet iris veritabanı bulunmaktadır. Bunlardan en çok kullanılanı 'Chinese Academy of Sciences' tarafından hazırlanan CASIA [38] veritabanıdır. Bu veritabanındaki imgeler kızılötesi ışıkta çekilmiştir. Casia dışında kullanılan veritabanları, MMU [39], BATH [40], ICE [41], UPOL [42], WVU ve UBIRIS [43] 'dır. Bunlar içerisinde MMU, BATH , ICE , WVU veritabanları da kızılötesi ışık altında çekilerek hazırlanmış veritabanlarıdır. Bu tez çalışmasında önerilen yöntem kızılötesi altında çekilen imgelere uygun olmadığı için bu veritabanları kullanılmamıştır. Bu nedenle başarımlar değerlendirilmesinde doğal ışık altında çekilen UBIRIS ve UPOL veritabanları kullanılmıştır.

UBIRIS veritabanı 241 kişiye ait 1877 imgeden oluşmaktadır. Veritabanının en önde gelen karakteristiği çok farklı gürültülere maruz kalmış imgelerden oluşmasıdır. İmgeler iki farklı grupta toplanmıştır. İlk gruptaki imgelerde gürültü miktarı az olup ikinci gruba göre kaliteli imgelerdir. İkinci gruptaki imgeler ise doğal ışık altında çekilmiştir. İkinci grup, odaklama probleminin, kontrast probleminin ayrıca yansımaların çok olduğu imgelerden oluşmaktadır. Tablo3-1'de, UBIRIS veritabanındaki imgelerin özellikleri hakkında genel bir dağılım verilmektedir ve bu veritabanından farklı özelliklerdeki örnek imgeler Şekil 3.12'de verilmektedir.

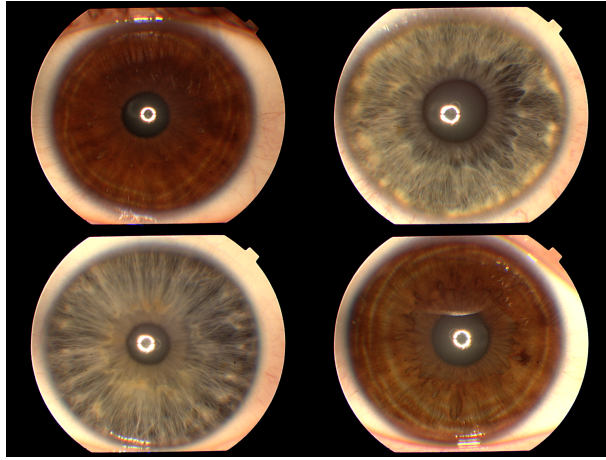
Tablo 3.1: UBIRIS veritabanındaki imgelerin özellikleri

Parametre	İyi	Ortalama	Kötü
Odaklama	%73,83	%17,53	%8,63
Yansıma	%58,87	%36,78	%4,34
Görünen iris	%36,73	%47,83	%15,44



Şekil 3.12: UBIRIS veritabanından örnekler

İkinci veritabanı olarak UPOL veritabanı kullanılmaktadır. Bu veritabanında 3×128 iris imgesi bulunmaktadır. İmgeler 24 bit 576×768 piksel çözünürlüğünde ve SONY DXC-950P 3CCD kamera ile çekilmiştir. Şekil 3.13'de UPOL veritabanından örnek iris imgeleri gösterilmektedir.



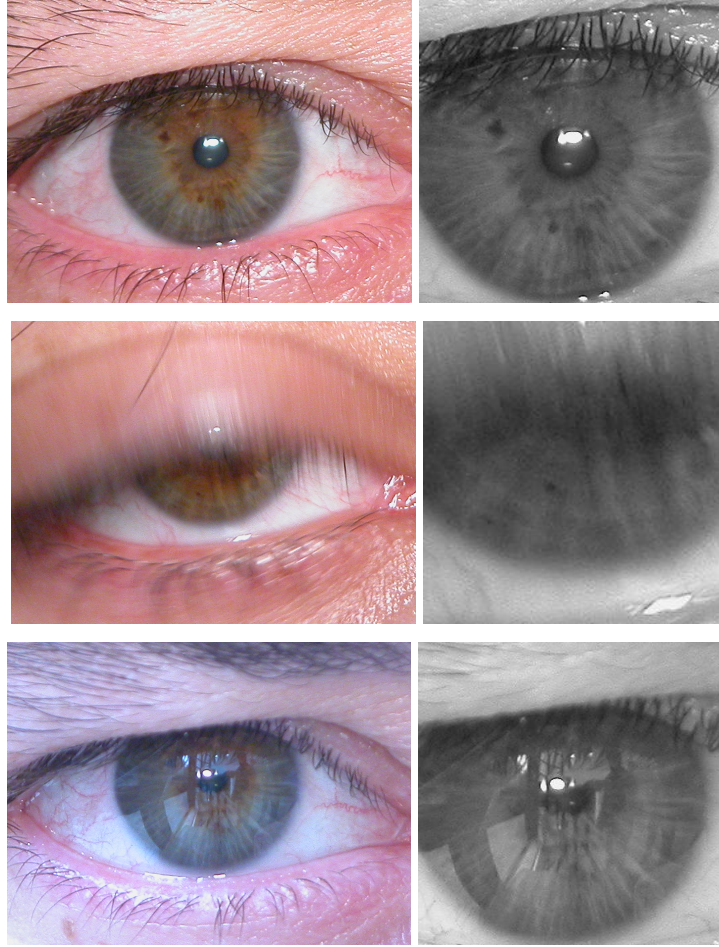
Şekil 3.13: UPOL veritabanından örnek irisler

3.6.2 İris ve gözbebeğinin bölütlenmesi

İris ve gözbebeğinin sınırlarını bulmak için Daugman'ın tümlleşik-türev operatörü kullanılmaktadır. Bölütleme aşamasında önemli olan gözbebeğinin merkezidir çünkü iris bölgesinin merkezi merkez kabul edilirse ARP kısmında her bir iris için farklı bölgeler oluşabilir. Bu da tanıma başarımını etkiler. Bu sebepten dolayı bu tez

çalışmasında iris bölgesi seçilirken gözbebeğinin merkezi merkez kabul edilip buradan irisin yarıçapına kadar bölge alınmaktadır.

Bölütleme algoritması irisin belirgin olduğu imgelerde çok iyi çalışmaktadır ancak kullanılan UBİRİS veritabanı gürültülü bir veritabanı olduğu için bazı imgelerde iris görülmediği için bölütleme tam yapılamamaktadır. Şekil 3.14’de UBİRİS veritabanından bölütlenme sonucu elde edilen örnek imgeler gösterilmektedir.



Şekil 3.14:UBİRİS veritabanından bölütlenmiş örnek irisler

3.6.3 Açısal Radyal Parçalama

Bölütlenmiş imgeye ön işlemler uygulanıp 1-BD uyguladıktan sonra imge $M \times N$ parçaya ayrılmaktadır. Burada M ve N’ in tespiti için çeşitli deneyler yapılmıştır. En iyi sonuçlar M=10 ve N=18 için alınmıştır. Yani 10 radyal parçalama, 18 açısal

parçalama yapılmıştır. Bunun yanında bazen son radyal kısımda gereksiz bilgiler bulunabilmektedir. Örneğin kirpikler bu kısmın üstüne geldiği için tanıma başarımı, bu durumdan kötü etkilenmektedir. Bu nedenle özellik vektörünü oluştururken son radyal kısım dikkate alınmamaktadır. Ayrıca ilk radyal kısım gözbebeğini içine aldığı için bu kısımdan gelen bilgi etkili olmamaktadır. Bu tez çalışmasında ilk radyal kısım da özellik vektöründe dikkate alınmadığından oluşan özellik vektörü $(M-2) \times N$ boyutlarında olmaktadır.

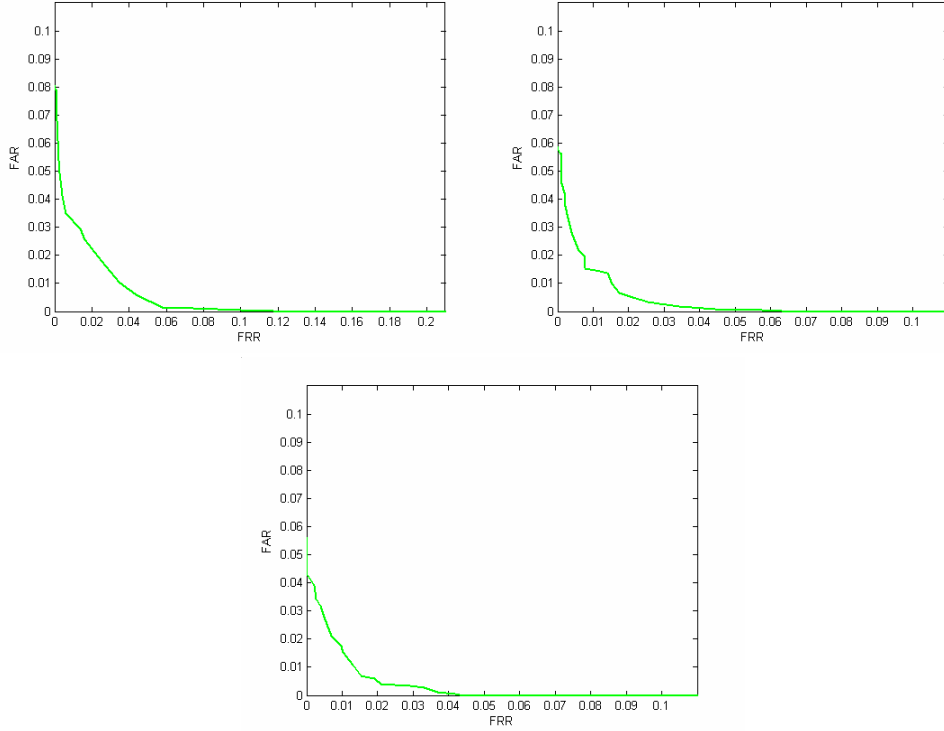
3.6.4 Tanıma başarımı

Biyometrik sistemlerde genelde tanıma başarımı iki ölçüte göre değerlendirilir. Bunlar; yanlış kabul oranı (false accept rate – FAR) ve yanlış ret oranı (false reject rate- FRR) dir. False Acceptance Rate (FAR) ve False Reject Rate (FRR) olarak bilinen bu istatistiksel ölçümler, bir biyometrik sistemin güvenilirliği hakkındaki en doğru bilgiyi verirler. Yanlış kabul oranı, yetkili olmayan kişilerin giriş izni alma olasılığıdır. Yanlış red oranı ise yetkili bir kişiye giriş izni verilmemesi olasılığıdır. Biyometrik sistemlerde, karşılaştırılan örneklerin benzer karakteristiklerinin sayısı önceden belirlenen bir eşik değeriyle karşılaştırılır. Bu eşik değerinden fazla ortak karakteristik varsa geçiş izni verilir, yoksa reddedilir. Bu eşik değeri istenildiği gibi değiştirilebilir. Bu sayede sistemin hassasiyeti de değiştirilebilir. FAR ve FRR değerleri ters orantılıdır. Yani örneğin eşik değerini çok yükseltirsek sistem daha hassas olacak, bunun sonucunda yanlış kabul oranı düşecek ama yanlış red oranı artacaktır. Tam tersine sistem daha az hassas yapılırsa bu sefer de yanlış red oranı düşecek ama yanlış kabul oranı artacaktır.

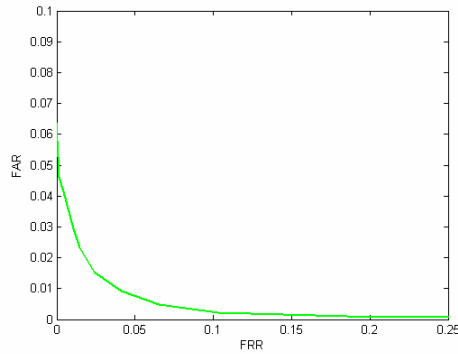
Veritabanındaki imgelerin karşılaştırılması için (3.6)'de verilen Manhattan uzaklığı kullanılmaktadır. Karşılaştırma yapılacak imgenin veritabanındaki diğer imgelerle arasındaki Manhattan uzaklığına bakılıp küçükten büyüğe göre sıralanır. Arasındaki Manhattan uzaklığı en küçük olan imge en benzer imge olarak atanır.

$$d(x, y) = \sum_{m=1}^k |x[m] - y[m]| \quad (3.6)$$

UBIRIS veritabanında 1877 imge kullanılarak değişik M ve N değerleri için elde edilen FAR-FRR grafiği Şekil 3-15’ de verilmektedir. Bu grafiklerde M=10 N=18 değeri için en iyi sonucu verdiği görülmektedir.



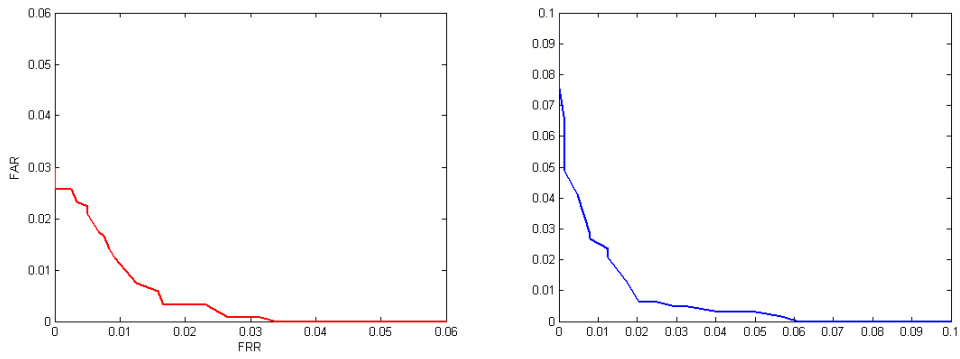
Şekil 3.15: UBIRIS için 1-bit dönüşümü temelli yaklaşım sonucunda elde edile FAR-FRR grafiği (a) M=6, N=18 için, (b) M=8, N=10 için, (c) M=10, N=18 için



Şekil 3.16: UBIRIS için Canny kenar bulma sonucunda elde edile FAR-FRR grafiği

Şekil 3.16'da ise aynı veritabanı için Canny kenar bulma algoritması kullanılarak elde edilen FAR-FRR grafiği bulunmaktadır. Görüldüğü üzere 1-BD dönüşümü Canny kenar bulma ile elde edilen sonuçlara göre daha iyi başarımla vermektedir.

Önerilen yöntem için UBIRIS veritabanındaki iki farklı grup için ayrı ayrı FAR-FRR grafiklerini şekil 3.17'de görülmektedir. İlk grafik gürültüsü daha az olan ilk grubun sonuçlarını, ikinci grafik ise doğal ışık altında çekilen, yansımaların çok olduğu ikinci grubun sonuçlarını göstermektedir. İkinci grafiğin FAR değerleri görüldüğü gibi birinci gruba göre kötüdür.



Şekil 3.17(a) Birinci grup FAR-FRR grafiği , (b) İkinci grup için FAR-FRR grafiği

Tablo 3.2: Literatürde yapılan çalışmalar ve önerilen yöntemin UBIRIS veritabanı için FRR değerleri

FAR≈0.0001 için elde edilen FRR sonuçları (%)				
	Daugman [34]	Masek [44]	Vatsa [45]	Önerilen
UBIRIS	12.96	18,85	7.35	4.46

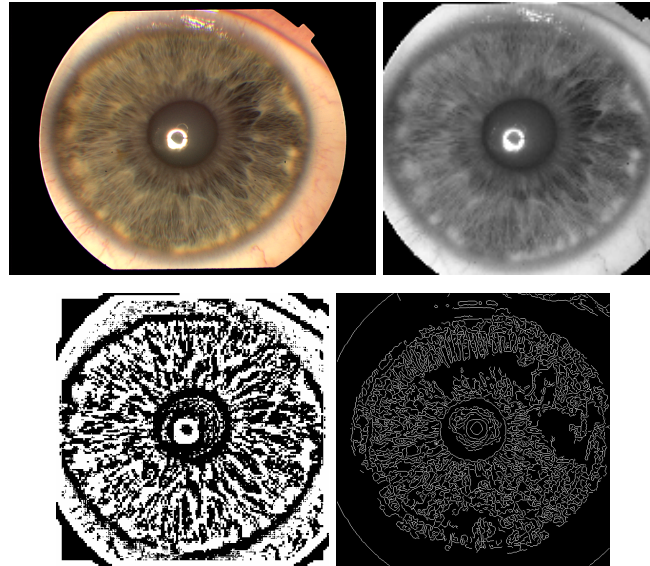
Tablo 3.2'de UBİRİS veritabanı için elde edilen sonuçlar görülmektedir. Daugman'ın yöntemi bu veritabanı için yaklaşık FAR=0 için FRR=12,96 verirken, Libor Masek'in yöntemi FRR=18,85 gibi daha kötü bir sonuç vermektedir. [45] deki çalışmada ise FRR= 7,35 elde edilmiştir. Önerilen yöntem bu sonuçlardan çok iyi başarımla vermektedir. FAR=0 için FRR=4,2 değeri vermektedir.

Şekil 3.18 da sistemin UBİRİS veritabanında tanımadığı örnek imgeler gösterilmektedir. İmgelerin bazılarında gözler tamamen kapalı bulunmaktadır.



Şekil 3.18 UBİRİS veritabanında tanınamayan imgelere örnek

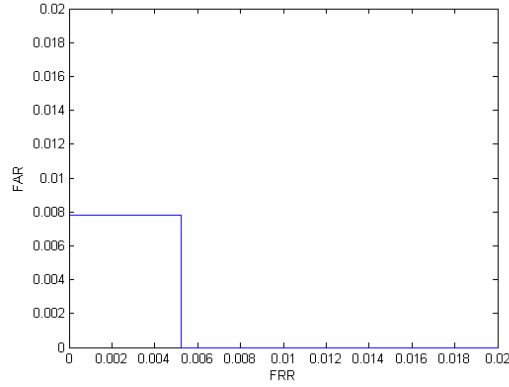
UBİRİS veritabanı dışında ikinci bir veritabanı olarak UPOL iris veritabanı kullanılmaktadır. Bu veritabanı için örnek bir iris ve bu iristen elde edilen 1-BD ve Canny kenar bulma elde edilen imgeler Şekil 3.19’de gösterilmektedir.



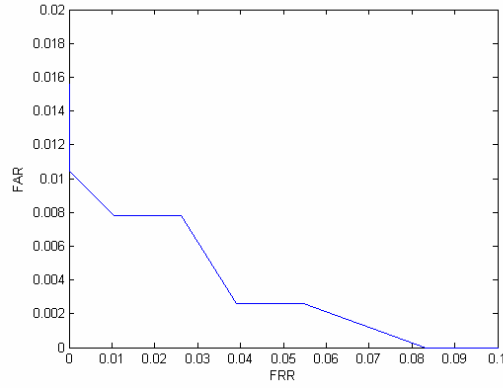
Şekil 3.19 UPOL veritabanından örnekler (a) Orijinal imge (b) İrisi bölütlenmiş imge (c) 1-BD yapılmış imge (d) Canny kenar bulma algoritması uygulanan imge

Bu veritabanındaki imgeler çok kaliteli çekildiği için tanıma başarısı çok yüksek çıkmaktadır. Şekil 3.20’de FAR-FRR grafiği bulunamaktadır. FAR=0 için

FRR=%0.6 bulunmaktadır. Doğru tanıma yapılamayan iris de ise düzgün bölütleme yapılamamaktadır. Eğer iris ve gözbebeğinin merkezi doğru tespit edilmiş olsa idi bu veritabanında %100 başarı elde edilirdi. Şekil 3.21’de ise Canny kenar bulma algoritmesası uygulanarak elde edilen grafik görülmektedir. Bu veritabanı içinde Canny’e göre 1-BD dönüşümü daha başarılıdır.

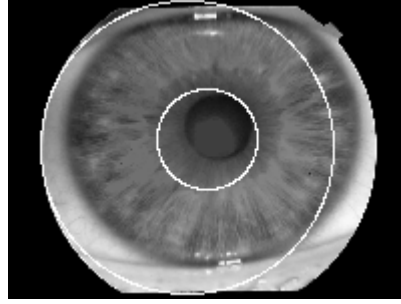


Şekil 3.20 UPOL veritabanı için 1-BD sonucunda elde edilen FAR-FRR grafiği



Şekil 3.21: UBIRIS için Canny kenar bulma sonucunda elde edilen FAR-FRR grafiği

Upol veritabanında doğru tespit edilemeyen iris imgesi Şekil 3.22 de gösterilmektedir. Bu imgede bölütlemenin iyi yapılmadığı görülmektedir.



Şekil 3.22: UPOL veritabanında tanınmayan örnek iris imgesi

UPOL veritabanını kullanan [46]'deki çalışmada sonuçlar (3.7)'daki eşitlikte verilen CMR (Correct match rate) kriterine göre verilmektedir. Bu çalışmada da optimum eşik değerinde CMR hesaplanmaktadır.

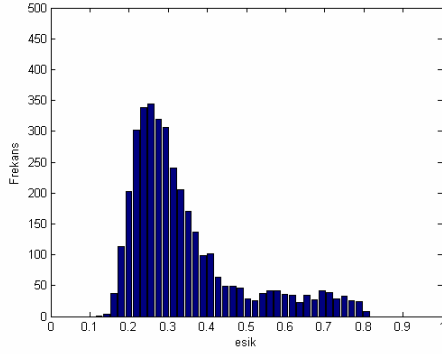
$$\text{CMR} = 1 - [\text{FAR}(\text{esik}) + \text{FRR}(\text{esik})] \quad (\text{CMR:Correct match rate}) \quad (3.7)$$
$$\text{CMR} = 1 - [0.26 + 0.52] = 99,22$$

Tablo 3.3: UPOL veritabanı kullanılarak elde edilen CMR değerleri (%)

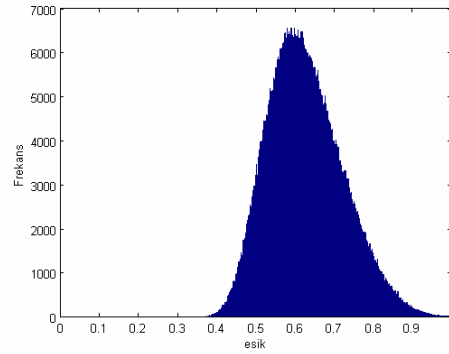
	Daugman [34]	Dobeš [46]	Muron [47]	Liam [48]	Sanchez [49]	Ma L. [50]	Önerilen
UPOL	100	99.09	98.6	97	95.45	83	99.22

Tablo 3.3'de literatürde yapılan çalışmaların UPOL veritabanı için verdikleri CMR değeri görülmektedir. Daugman'ın yöntemi bu veritabanında %100 başarı vermektedir. Bunu [46] 'deki çalışma takip etmektedir. Bu yöntem ile de CMR=%99,09 değeri elde edilmektedir. Bu çalışmada önerilen yöntemde ise CMR=%99,22 elde edilmektedir.

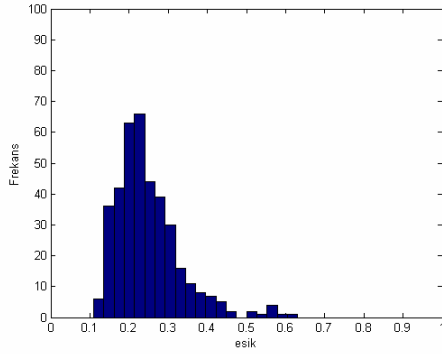
Şekil 3.23'de UBİRİS ve UPOL veritabanları için elde edilen histogramlar bulunmaktadır.



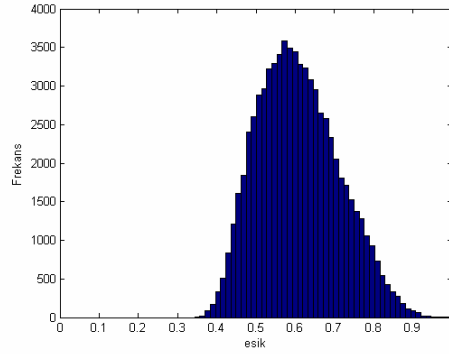
(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 3.23: (a) UBİRİS veritabanı sınıfıçi histogram, (b) UBİRİS veritabanı sınıflar arası histogram, (c) UPOL veritabanı sınıfıçi histogram, (d) UPOL veritabanı sınıflar arası histogram,

UBİRİS veritabanı ve UPOL veritabanı için sonuçlar yukarıda verilmiştir. Görüldüğü gibi UBİRİS veritabanı için çıkan sonuçlar UPOL'a göre çok kötüdür. Bunun sebebi de UBİRİS'deki imgelerin çok gürültülü olmasıdır. Ama iki veritabanı için elde edilen sonuçlar literatürde yapılan diğer yöntemler ile karşılaştırılırsa 1-BD dönüşümü ile ARP uygulanması diğer yöntemlere göre daha başarılı sonuçlar vermektedir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışması kapsamında biyometrik sistemler tanıtılmış, bu sistemlerden yüz tanıma ve iris tanıma ayrıntılı bir şekilde anlatılmıştır. Öncelikle iki sistem için literatür taraması yapılmış daha sonra 1-BD'ye dayalı özgün yöntemler önerilmiştir.

İmgeden yüz bölgesi adaylarının tespiti için renk bilgisinden faydalanılmakta ve 1-BD kullanılarak yüz bölgesi istenilen biçimde tespit edilmektedir. Elde edilen yüz imgesinden, Ayrık Dalgacık Dönüşümü (ADD) ve Ayrık Kosinüs Dönüşümleri (AKD) kullanılarak özellik çıkartımı yapılmakta ve en son tanıma aşamasında Destek Vektör Makineleri (DVM) kullanılarak sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmektedir. Yüz tanıma için 1-BD iyi sonuçlar vermesine rağmen literatürdeki çalışmalara göre sonuçlar daha kötü çıkmıştır. Bunun sebebi de yüzdeki göz ve ağız gibi bölgelerin 1-BD ile bulunması işlemindeki problemlerdir. İleriki çalışmalarda bu problemlerin üzerinde durularak, yöntemin başarımının artırılması mümkündür.

İris tanıma aşamasında, iris bölgesinin tespiti ve 1-BD kullanılarak irise bağlı özelliklerin çıkartılması sonrasında, elde edilen iris özelliklerine ARP uygulanarak, dönmeden bağımsız iris özellikleri elde edilmektedir. Manhattan Uzaklığı kullanılarak en yakın komşu sınıflandırma yapılmaktadır. İris tanımada 1-BD temelli özellik çıkartımı çok iyi sonuçlar vermiştir. Bunun nedeni, iris dokusundaki ayrıntıların histogram eşitleme sonrasında belirginleşmesi ve 1-BD'nin uyarlamalı eşikleme yapmasıdır. Ancak önerilen sistem sadece doğal ışık altında çekilmiş imgeler için çalışmaktadır. Kızılötesi ışık altında çekilen iris imgelerinin 1-BD sonucunda elde edilen ikili imgeleri açısız radyal dönüşüm ile birleşince elde edilen sonuçlar daha kötü olmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Jain, A.K., Ross, A., Prabhakar, S., “An introduction to biometric recognition”, *Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions on Volume 14, Issue 1*, Page(s):4 – 20, Jan. 2004.
- [2] Yongsheng Gao, Leung, M.K.H., “Face recognition using line edge map”, *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on Volume 24, Issue 6*, Page(s):764 – 779, June 2002.
- [3] M. Turk and A.P.Pentland, “Eigenfaces for recognition” *Journal of Cognitive Neuroscience, vol. 3*, no. 1 pp. 71-86, 1991.
- [4] Byung-Joo Oh, “Face recognition by using neural network classifiers based on PCA and LDA” *Systems, Man and Cybernetics, 2005 IEEE International Conference on Volume 2*, 10-12 Page(s):1699 - 1703 Vol. 2, Oct. 2005.
- [5] Guodong Guo, Stan Z. Li, C. Kapluk, “Face Recognition by Support Vector Machines”, *Fourth IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition 2000* p. 196.
- [6] Nefian, A.V.; Hayes, M.H., III; “Face detection and recognition using hidden Markov models” *Image Processing, 1998. ICIP 98. Proceedings. 1998 International Conference on Volume 1*, 4-7 Page(s):141 - 145 vol.1, Oct. 1998.
- [7] Xudong Jiang; Mandal, B.; Kot, A. ” Improved Bayesian Approach for Face Recognition” *Information, Communications and Signal Processing, 2005 Fifth International Conference on* 06-09 Page(s):162 – 166. Dec. 2005
- [8] G. Yang and T. S. Huang, “Human Face Detection in Complex Background”, *Pattern Recognition, vol. 27, no. 1, pp. 53-63*, 1994.
- [9] Kumar, C. N. Ravi, Bindu, A., "An Efficient Skin Illumination Compensation Model for Efficient Face Detection", *IEEE Industrial Electronics, IECON 2006 - 32nd Annual Conference on Volume , Issue , Page(s):3444 – 3449*, Nov. 2006.
- [10] Sobottka, K., Pitas, I. “Face Localization And Facial Feature Extraction Based On Shape and Color Information” *Image Processing, 1996. Proceedings., International Conference on Volume 3, Issue , 16-19 Page(s):483 - 486 vol.3 Sep 1996*.
- [11] I. Craw, H. Ellis, and J. Lishman, “Automatic Extraction of Face Features”, *Pattern Recognition Letters, vol. 5*, pp. 183-187, 1987.

- [12] Riaz, Z.; Mirza, S.M.; Gilgiti, A.; “Face recognition: using principal components and independent components” *Multitopic Conference, 2004. Proceedings of INMIC 2004. 8th International* Page(s):14 – 19 24-26 Dec. 2004.
- [13] Marian Stewart Bartlett, Javier R. Movellan, and Terrence J. Sejnowski, “Face Recognition by Independent Component Analysis” *Neural Networks, IEEE Transactions on* Vol:13, pp:1450-1464, 2002.
- [14] Mahoor, M.H.; Abdel-Mottaleb, M.; “Facial features extraction in color images using enhanced active shape model” , *Automatic Face and Gesture Recognition, 2006. FGR 2006. 7th International Conference on* Page(s):5 pp,10-12 April 2006.
- [15] Shaoyan Zhang; Hong Qiao; “Face recognition with support vector machine” *Robotics, Intelligent Systems and Signal Processing, 2003. Proceedings. 2003 IEEE International Conference on* Volume 2, Page(s):726 - 730 vol.2, 8-13 Oct. 2003.
- [16] Byung-Joo Oh, “Face recognition by using neural network classifiers based on PCA and LDA” Systems, *Man and Cybernetics, 2005 IEEE International Conference on Volume 2*, Page(s):1699 - 1703 Vol. 2,10-12 Oct. 2005.
- [17] Nefian, A.V.; Hayes, M.H., III; “Face detection and recognition using hidden Markov models” *Image Processing, 1998. ICIP 98. Proceedings. 1998 International Conference on Volume 1*, Page(s):141 - 145 vol.1,4-7 Oct. 1998.
- [18] Natarajan, B., Bhaskaran, V. and Konstantinides, “Low-complexity block-based motion estimation via one-bit transforms”, *IEEE Trans. Circuit Syst. Video Technol.*, 7(4): 702 - 706, 1997.
- [19] Phuong-Trinh Pham-Ngoc; Kang-Hyun Jo; “Color-based Face Detection using Combination of Modified Local Binary Patterns and embedded Hidden Markov Models”, *SICE-ICASE, 2006. International Joint Conference* Oct. 2006 Page(s):5598 – 5603
- [20] Sobottka, K., Pitas, I. “Face Localization And Facial Feature Extraction Based On Shape and Color Information” *Image Processing, 1996. Proceedings., International Conference on Volume 3*, Issue , 16-19 Sep 1996 Page(s):483 - 486 vol.3
- [21] Kumar, C. N. Ravi, Bindu, A., "An Efficient Skin Illumination Compensation Model for Efficient Face Detection", *IEEE Industrial Electronics, IECON 2006 - 32nd Annual Conference on Volume* , Issue , Page(s):3444 – 3449, Nov. 2006.
- [22] S.Erturk, and T. J. Dennis , “Image sequence stabilisation based on DFT filtering,” *IEEE Proc. on Vision, Image, and Signal Processing*, 147 (2), pp. 95-102, 2000.

- [23] Ming Yu, Gang Yan, Qing-When Zhu ,”New Face Recognition Method Based On DWT/DCT Combined Feature Selection”, *Machine Learning and Cybernetics, 2006 International Conference on Volume* , Issue , Page(s):3233 – 3236, Aug. 2006.
- [24] B. Gökberk, M.O. İrfanoğlu, L. Akarun, E. Alpaydın, “Optimal Gabor kernel location selection for face recognition”, *Proc. ICIP, Barcelona, Spain*, September 2003.
- [25] Ekenel, H. K., Stiefelwagen, Rainer, “Local Wavelet Analysis For Face Recognition”, *SIU 2007*, page:1-4
- [26] Podilchuk, C., Xiaoyu Zhang, “Face Recognition Using DCT-Based Feature Vectors”, *Acoustics, Speech, and Signal Processing, 1996. ICASSP-96. Conference Proceedings., 1996 IEEE International Conference on Volume 4*, Issue , Page(s):2144 - 2147 vol. 4, 7-10 May 1996.
- [27] C. Garcia, G. Zikos, G. Tziritas, “Wavelet Packet Analysis For Face Recognition”, *IEEE International Conference on Multimedia Computing and Systems, volume 1*, p.9703.
- [28] Shabaan Samra, A.; El Taweel Gad Allah, S.; Mahmoud Ibrahim, R.; “Face recognition using wavelet transform, fast Fourier transform and discrete cosine transform”, *Circuits and Systems, 2003. MWSCAS '03. Proceedings of the 46th IEEE International Midwest Symposium on Volume 1*, 27-30 p(s):272 - 275 Vol. 1, Dec. 2003.
- [29] Meral Başak Türkeç, “Bayes Sınıflandırıcı Kullanarak Yüz Sezimi”
- [30] Boser, B. E., Guyon, I. M., and Vapnik, V., “A Training Algorithm for Optimal Margin Classifiers,” *Proceedings of the 5th Annual ACM Workshop on Computational Learning Theory*, 144-152 (1992), Pittsburgh, PA,
- [31] P.J.Phillips, P.J. Flynn, T.Scruggs, K.Bowyer, J.Chang, K.Ho.man, J.Marques, J.Min and W.Worek, “Overview of the Face Recognition Grand Challenge”, *IEEE CVPPR*, 2005.
- [32] <http://websitem.gazi.edu.tr/mustafakurt/dosyaindir/> (Ziyaret Tarihi: 20 Ocak 2008).
- [33] Muron, J. Possibil, 2000, “Human Iris Structure and Its usages” *Univ. Placki.Olomus, Fac.Rer. Nat*, pp.87-95.
- [34] J.G. Daugman , “How Iris Recognition Works”, *Prec of 2002 International Conference on Image Proccessing*, Vol 1., 2002.
- [35] R.P.Wildes, Asmuth, J.C., “A system for Automated Iris recognition”, *Proc of The Second IEEE Workshop on Applications of Computer Vision*, pp.121-128, 1994.

- [36] W.Boles and B.Boashash, “A Human Identification Technique Using Images of the Iris and Wavelet Transform”, *IEEE Trans. on Signal Processing, Vol 46*, No.4, 1185-1188, 1998.
- [37] Chalechale, A.; Mertins, A.; Naghdy, G.; “Edge image description using angular radial partitioning” *Vision, Image and Signal Processing, IEE Proceedings - Volume 151, Issue 2*, Page(s):93 – 101, 30 April 2004.
- [38] “Casia Iris Image Database”, Inst. Of Automation, Chinese Academy of Sciences, <http://www.sinobiometrics.com> (**Ziyaret Tarihi: 25 Şubat 2008**).
- [39] “MMU Iris Image Database”, Multimedia Univ., <http://mmu.edu.my/ccteo> (**Ziyaret Tarihi: 25 Şubat 2008**).
- [40] “University of Bath Iris Image Database,” Univ. of Bath , <http://www.bath.ac.uk/elec-eng/pages/sipg/> (**Ziyaret Tarihi: 25 Şubat 2008**).
- [41] M. Dobes and L.Machala, “UPOL Iris Image Database,” <http://phoenix.inf.upol.cz/iris/> (**Ziyaret Tarihi: 25 Şubat 2008**).
- [42] “Iris Challenge Evaluation,” Nat’l Inst. of Standards and Technology, <http://iris.nist.gov/ICE/>, 2006 (**Ziyaret Tarihi: 25 Şubat 2008**).
- [43] “UBIRIS:A noisy iris image database,” <http://iris.di.ubi.pt/> (**Ziyaret Tarihi: 25 Şubat 2008**).
- [44] L. Masek and P. Kovesi, MATLAB Source Code for a Biometric Identification System Based on Iris Patterns. Perth, Australia: School Comput. Sci. Softw. Eng., Univ. Western Australia, <http://www.csse.uwa.edu.au/pk/studentprojects/libor/sourcecode.html> 2003.
- [45] Vatsa, M.M.; Singh, R.R.; Noore, A.A.; “Improving Iris Recognition Performance Using Segmentation, Quality Enhancement, Match Score Fusion, and Indexing”, *Systems, Man, and Cybernetics, Part B, IEEE Transactions on, Volume PP, Forthcoming*, Page(s):1 – 1, 2003.
- [46] Dobeš M., Machala L., Tichavský P., Pospíšil J., “Human Eye Iris Recognition Using the Mutual Information.” *Optik Volume 115*, No.9, p.399-405, Elsevier 2004, ISSN 0030-4026.
- [47] Muron A, Kois P, Pospíšil J, “Identification of persons by means of the Fourier spectra of the optical transmission binary models of the human irises”, *Opt. Commun.* 192 161–167, (2001).
- [48] Liam LW, Chekima A, Fan LCh, Dargham JA, “Iris recognition using self-organizing neural network,” *In: Proc. Student on Research and Development, Shah Alam*, Malaysia, 169–172, 2002.

- [49] Sanchez-Avila C, Sanchez-Reillo R, de Martin-Roche D, “Iris-based biometric recognition using dyadic wavelet transform”. *IEEE Aerosp. and Electron. Syst. Mag.* **17 No. 10** 3–6, (2002).
- [50] Ma L, Wang Y, Tan T: “Iris recognition based on multichannel Gabor filtering”. *In: Proc. of the Fifth Asian Conference on Computer Vision, Vol. I*, , 279–283, 2002.
- [51] Berk Gökberk, M. Okan İrfanoğlu, Lale Akarun, Ethem Alpaydın, “Optimal Gabor Kernel Selection for Face Recognition”, *Proceedings of the IEEE International Conference on Image Processing*, , pp. 677-680, Barcelona, Spain, 2003.
- [52] A. Tsai, A. Yezzi, Jr., and A. Willsky, “Curve evolution implementation of the Mumford–Shah functional for image segmentation, denoising, interpolation, and magnification,” *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 10, no. 8, pp. 1169–1186, Aug. 2001.

KİŞİSEL YAYINLAR ve ESERLER

1. Aysun Taşyapı Çelebi, Begüm DEMİR, M.Kemal Güllü, Sarp ERTÜRK, “Yüz Tanıma için Yüz Özelliklerine Uyumlu Bir-bit Dönüşümü”, **IEEE 16. Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı (SIU'2008)**, Nisan 2008, Nisan 2008, Yayınlanmak üzere kabul edildi.

ÖZGEÇMİŞ

1980 yılında Çanakkale’de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Çanakkale’de tamamladı. 1998 yılında girdiği Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü’nden 2002 yılında mezun oldu. 2006 yılından beri Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü’nde Yüksek Lisans’a devam etmektedir. Ekim 2006 tarihinden itibaren Kocaeli Üniversitesi İşaret ve Görüntü İşleme Laboratuvarı’nda (KULİS) tam zamanlı araştırmacı olarak çalışmaktadır.