

**PARMAK Z NDEN C NS YET TANIYAN ZEK S STEM**

**Eyüp Burak CEYHAN**

**YÜKSEK L SANS TEZ  
B LG SAYAR MÜHEND SL**

**GAZ ÜN VERS TES  
FEN B L MLER ENST TÜSÜ**

**A USTOS 2012  
ANKARA**

Eyüp Burak CEYHAN tarafından hazırlanan "PARMAK ZİNDEN ÇİNSİYET TANIMAN ZEKİ SİSTEM" adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylıyorum.

Prof. Dr. İbrahim SAĞIROĞLU .....  
Tez Danışmanı, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışmada, jürimiz tarafından oy birliği ile Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. İbrahim SAĞIROĞLU .....  
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Prof. Dr. Ali YAZICI .....  
Yazılım Mühendisliği Anabilim Dalı, Atılım Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Hasan Akir BİLGE .....  
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Tarih: 02/08/2012

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Bilal TOKLU .....  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## **TEZ B LD R M**

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranı ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunuldu unu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalı mada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kayna na eksiksiz atıf yapıldı ını bildiririm.

Eyüp Burak CEYHAN

**PARMAK ZİNDEN CİNSİYET TANIMAN ZEK SİSTEMİ**  
**(Yüksek Lisans Tezi)**

**Eyüp Burak CEYHAN**

**GAZ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**Ağustos 2012**

**ÖZET**

Parmak izi tanıma sistemleri suçlu tanımada, erişim denetiminde, kullanıcının bilgisayara girişinde, yoklamada ve benzeri uygulamalarda başarıyla kullanılmaktadır.

Literatürde parmak izi ile cinsiyet arasındaki ilişkinin varlığına dair çalışılmaları yer almaktadır, bu çalışmalarda parmak izi ile cinsiyet arasındaki ilişkiler belirli kesitteki parmak izi özellikleri baz alınarak incelenmiştir.

Yapılan bu tez çalışmasında, cinsiyet bilgileri hakkında hiçbir bilgisi bulunmayan bir kişinin, sadece parmak izi bilgilerine bakılarak cinsiyetinin sınıflandırılması yapılmıştır, ülkemiz için ortalama parmak izi tepe yoğunlukları ilk kez hesaplanmıştır ve bu bilgiler kullanılarak yapay sinir ağı tabanlı kişinin parmak izinden cinsiyetini tanıyan otomatik bir sistem ilk kez geliştirilmiştir. Geliştirilen sistemin başarısını belirlemek için on-kat çapraz doğrulama yaklaşımı kullanılarak sistemin ortalama başarıyı %78 olarak belirlenmiştir.

**Bu tez kapsamında elde edilen sonuçların, gelecekte parmak izinden farklı çalı maların yapılmasına ı ık tuta ı de erlendirilmektedir.**

**Bilim Kodu : 902.1.066**

**Anahtar Kelimeler : Biyometri, parmak izi, cinsiyet, tepe yo unlu u, tahmin, zeki sistem**

**Sayfa Adedi : 105**

**Tez Danı manı : Prof. Dr. erif SA İRO LU**

**INTELLIGENT SYSTEM FOR IDENTIFYING GENDER FROM  
FINGERPRINT  
(Thesis of MSc)**

**Eyüp Burak CEYHAN**

**GAZI UNIVERSITY  
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY  
August 2012**

**ABSTRACT**

**Fingerprint recognition systems are successfully being used for identifying the criminals, access control, user's entrance to computer, taking attendance and similar applications.**

**There are studies in literature which prove the existence of the relationship between fingerprint and gender. Also in this study, the relationship between the fingerprint and gender are examined on the basis of fingerprint properties on the specific region.**

**In this thesis, although there is no information about a person's gender information, investigating only the fingerprint information, gender of a person can be achieved, the average fingerprint ridge density of our country have been calculated for the first time and using these information, artificial neural network based an automatic gender recognition system from the person's fingerprint have been successfully developed for the first time. Success of the developed**

**system is achieved based on ten-fold cross-validation approach, the system's average performance is determined as %78.**

**It is expected that the results obtained in this thesis will help to do different studies from fingerprints in future.**

**Science Code : 902.1.066**  
**Keywords : Biometrics, fingerprint, gender, ridge density, prediction, intelligent system**  
**Page Number : 105**  
**Adviser : Prof. Dr.eref SA IRO LU**

## TE EKKÜR

Tez çalı mam boyunca de erli fikirlerini ve tecrübelerini bana aktaran çok de erli hocam ve danışmanım Sayın Prof. Dr. İref SA İRO LU'na te ekkürü bir borç bilirim. Yine bu zorlu çalı manın ba ından sonuna kadar bana her türlü deste i sa layan Ara . Gör. Y. Müh. Uraz YAVANO LU'na, Emre AKYIL'a, e im Zeliha CEYHAN'a ve aileme ükranlarımı sunarım.



**Ç NDEK LER**

	<b>Sayfa</b>
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TE EKKÜR.....	viii
Ç NDEK LER.....	ix
EK LLER N L STES .....	xii
Ç ZELGELER N L STES .....	xiv
S MGELER VE KISALTMALAR.....	xv
1. G R .....	1
2. B YOMETR K S STEMLER.....	6
2.1. Biyometrik Sistemlerin Çalı ma Prensipleri.....	7
2.2. Biyometrik Yöntemler ile Geleneksel Yöntemlerin Kar ıla tırılması.....	9
2.3. Biyometrik Özellikler.....	10
2.4. Biyometrik Sistemlerin Sınıflandırılması.....	11
2.5. Biyometrik Sistemlerin Çalı masını Engelleyen Faktörler.....	12
2.6. Biyometrik Uygulamaların Sınıflandırılması.....	14
2.7. Yaygın Kullanılan Biyometrik Özellikler.....	15
2.7.1. Parmak izi tanıma.....	16
2.7.2. DNA tanıma.....	21
2.7.3. Yüz tanıma.....	22
2.7.4. Retina tanıma.....	24

	<b>Sayfa</b>
2.7.5. İris tanıma.....	25
2.7.6. El geometrisi tanıma.....	29
2.7.7. Avuç içi tanıma.....	31
2.7.8. Miza tanıma.....	34
2.7.9. Ses tanıma.....	35
2.7.10. Damar tanıma.....	36
2.8. Biyometrik Sistemlerin Karşılaştırılması.....	37
2.9. Parmak izi Tanıma Algoritma Çeşitleri.....	39
2.10. Parmak izlerinin Sınıflandırılması.....	39
3. YAPAY SINIR ALGORİTMALARI.....	43
3.1. Biyolojik Sinir Ağları.....	43
3.2. Yapay Sinir Ağlarının Temel Özellikleri.....	44
3.3. İletici Eleman.....	46
3.4. Aktivasyon Fonksiyonları.....	47
3.5. YSA'ların Sınıflandırılması.....	48
3.5.1. YSA'ların ağ yapılarına göre sınıflandırılması.....	48
3.5.2. YSA'ların öğrenme algoritmalarına göre sınıflandırılması.....	50
3.5.3. Yapay Sinir Ağ Yapıları.....	52
3.6. Öğrenme Algoritmaları.....	53
3.7. K-kat Çapraz Doğrulama.....	54
4. PARMAK İZİNDEN CNS YETİ ÇIKARIMI LİTERATÜR ÇALIŞMALARI.....	56

	<b>Sayfa</b>
5. GELİTİRİLEN PARMAK ZİNDEN ÇİNSİYET TANIMAN ZEKİSİSTEM.....	67
5.1. Parmak izi Verilerinin Elde Edilmesi ve Önlemler.....	71
5.2. Parmak izi Kesitine Ait Verilerin Çıkarılması.....	71
5.3. Parmak izi Görüntüsünün İlenmesi.....	72
5.4. Yapay Sinir Ağı Tasarımı.....	74
5.5. Uygulama Tasarımı ve Geliştirilmesi.....	76
5.5.1. Kullanılacak YSA kütüphanesinin oluşturulması.....	76
5.5.2. Parmak izinin programsal analizi.....	79
5.5.3. Parmak izi verilerinin alınması ve kaydedilmesi.....	82
5.6. Cinsiyet Tahmini.....	83
5.7. Sistemin Testi.....	85
6. SONUÇ VE TARTIŞMA.....	90
KAYNAKLAR.....	93
ÖZGEÇMİŞ .....	105

## EK LLER N L STES

<b>ekil</b>	<b>Sayfa</b>
ekil 1.1. Biyometri endüstrisinin 2007-2015 yılları arasındaki kazanç tablosu.....	2
ekil 1.2. Biyometrik sistemler.....	3
ekil 2.1. Biyometrik sistemin kayıt ve doğrulama amaçları.....	8
ekil 2.2. İyi alınmış parmak izi görüntüsü ve kötü alınmış parmak izi görüntüsü.....	13
ekil 2.3. Biyometrik özellikler.....	16
ekil 2.4. Kizlere ait parmak izlerinin karışılması.....	17
ekil 2.5. Parmak izine ait tepeler ve vadiler.....	18
ekil 2.6. Parmak izine ait özellik noktaları.....	19
ekil 2.7. Parmak izi tanıma sistemlerinin tanıma için kullanılan uç ve çatal noktalar.....	20
ekil 2.8. DNA'nın iç yapısı.....	21
ekil 2.9. Yüz tanıma sisteminin amaçları.....	22
ekil 2.10. Yüz tanıma özellik noktaları.....	23
ekil 2.11. Yüz tanımayı zorlaştıracak etkenler.....	24
ekil 2.12. Retinanın yapısı.....	25
ekil 2.13. İrisin yapısı.....	26
ekil 2.14. İris tanıma sisteminin amaçları.....	27
ekil 2.15. İris tanımayı zorlaştıran durumlar.....	28
ekil 2.16. El geometrisi tanıma.....	30
ekil 2.17. Parmak izi sınıflarına ait örnek parmak izleri.....	41
ekil 3.1. Biyolojik sinir hücresinin yapısı.....	44

<b>ekil</b>	<b>Sayfa</b>
ekil 3.2. İlemci eleman yapısı.....	47
ekil 3.3. Aktivasyon fonksiyonları.....	48
ekil 3.4. İleri beslemeli a yapısı.....	49
ekil 3.5. Geri beslemeli a yapısı.....	49
ekil 3.6. Danı manlı ö renme metodu.....	50
ekil 3.7. Danı mansız ö renme metodu.....	51
ekil 3.8. Takviyeli ö renme metodu.....	52
ekil 3.9. MLP a yapısına bir örnek.....	53
ekil 4.1. 5x5 mm <sup>2</sup> kesiti alınan parmak izi görüntüsü.....	56
ekil 4.2. Bayanların ırka göre parmak izi tepe yo unlu u ortalamaları....	65
ekil 4.3. Bayların ırka göre parmak izi tepe yo unlu u ortalamaları.....	66
ekil 5.1. Parmak izinden otomatik cinsiyet tanıma i lemleri.....	70
ekil 5.2. Sa alt kö e merkez noktası alınarak kırpılan örnek kesit.....	72
ekil 5.3. Tüm parmak izlerini i leyerek çizgi sayılarını çizelgeye aktaran modül.....	74
ekil 5.4. İlenmi ve özellik noktaları çıkarılmış bir parmak izi.....	79
ekil 5.5. Uygulamaya gönderilmiş parmak izi.....	80
ekil 5.6. Parmak izini ve i lenmi halini gösteren arayüz.....	81
ekil 5.7. Parmak izi resimlerinden alınan örnek kesitler.....	82
ekil 5.8. Geli tirilen yazılımda girilen parmak izinin hangi cinsiyete ait oldu unun belirlendi i arayüz.....	84

## ÇİZELGELERİN LİSTESİ

<b>Çizelge</b>	<b>Sayfa</b>
Çizelge 2.1. Biyometrik sistemlerin kullanım alanları.....	6
Çizelge 2.2. Özellik noktası tabanlı ve iki tabanlı yaklaşımların karşılaştırılması.....	20
Çizelge 2.3. Biyometrik teknolojilerin karşılaştırılması.....	38
Çizelge 4.1. Parmak izinden cinsiyet tanıma çalışmalarının karşılaştırılması.....	62
Çizelge 4.2. Parmak izinden cinsiyet tanıma çalışmalarındaki ortalama tepe sayılarının cinsiyetlere ve ırklara göre karşılaştırılması.....	63
Çizelge 5.1. Eğitim veri setinin bir bölümünü içeren çizelge.....	78
Çizelge 5.2. Oluşturulan veri seti.....	83
Çizelge 5.3. YSA modeli tercihi için yapılan testler.....	86
Çizelge 5.4. (tan, log, pur) transfer fonksiyonları kullanarak ölçülen on-kat çapraz doğrulama sonuçları.....	87
Çizelge 5.5. (pur, log, pur) transfer fonksiyonları kullanarak ölçülen on-kat çapraz doğrulama sonuçları.....	88
Çizelge 5.6. (pur, log, log) transfer fonksiyonları kullanarak ölçülen on-kat çapraz doğrulama sonuçları.....	88
Çizelge 5.7. Kişilerden alınan canlı parmak izlerinin sahibine ait bilgiler ve sistemden elde edilen cinsiyet sınıflandırmasına ait örnek tablo.....	89

## SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılan bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

### Simgeler

### Açıklama

$\mu\text{m}$

Mikrometre

nm

Nanometre

mm

Milimetre

### Kısaltmalar

### Açıklama

DNA

Deoksi Ribo Nükleik Asit

FTER

Hatalı Kayıt Oranı

OPTS

Otomatik Parmak izi Tanıma Sistemi

IR

Kızılötesi

YSA

Yapay Sinir Ağı

VLSI

Çok Büyük Ölçekli Entegre Devre

MLP

Çok Katmanlı Perseptron

LVQ

Vektör Kuantalamalı Öğrenme

ART

Adaptif Rezonans Teorisi

<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklama</b>
<b>SLP</b>	Tek Katmanlı Perseptron
<b>SDK</b>	Yazılım Geliştirme Kiti
<b>AKS</b>	A Katman Sayısı
<b>HKNS</b>	Her Katmanda Nöron Sayısı
<b>TF</b>	Transfer Fonksiyonu
<b>ÖA</b>	Öğrenme Algoritması
<b>EP</b>	Epok
<b>LOG</b>	Logaritmik Transfer Fonksiyonu
<b>TAN</b>	Tanjant Hiperbolik Transfer Fonksiyonu
<b>PUR</b>	Dorsal Transfer Fonksiyonu
<b>SCG</b>	Ölçekli Eilenik Gradyan
<b>SOM</b>	Kendiliğinden Organize Haritası
<b>DS</b>	Doğru Sınıflandırma
<b>YS</b>	Yanlış Sınıflandırma
<b>LM</b>	Levenberg-Marquardt Algoritması



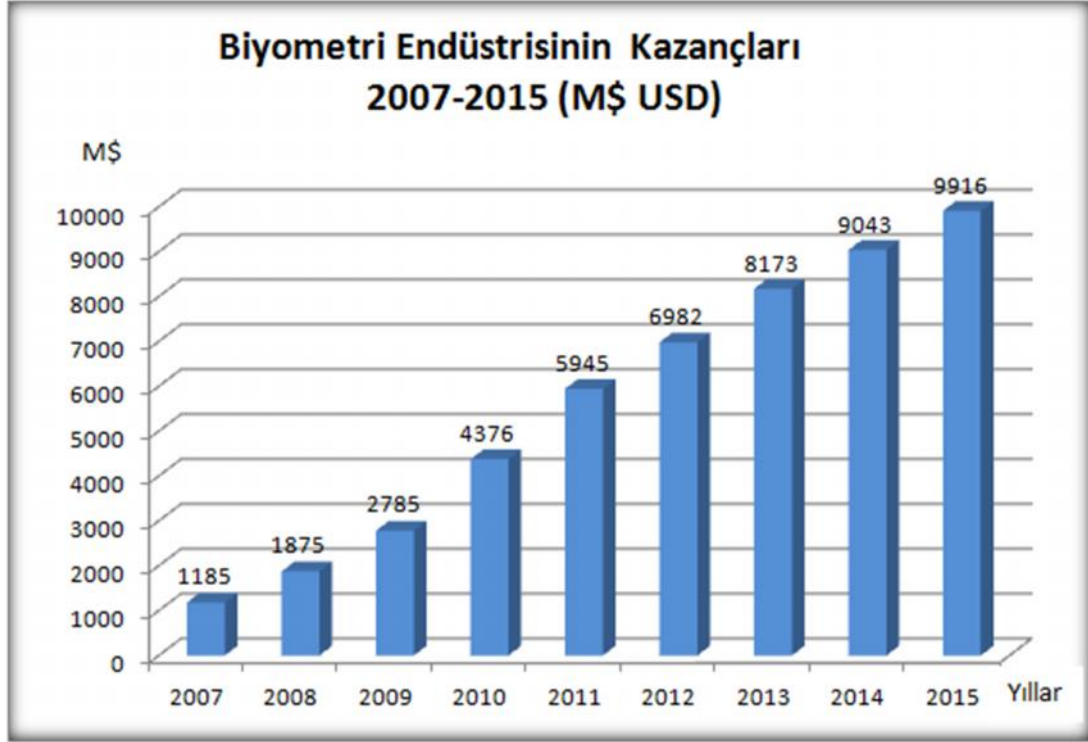
## 1. G R

Günümüzde bilginin ekonomik ve stratejik değeri her geçen yıl daha da artmaktadır. Bu bilgilerin; özellikle ulusal, kişisel ve kurumsal alanlarda güvenliğin sağlanması çok büyük önem taşımaktadır. Ayrıca bilginin güvenliğin sağlanması kolay olmamakta; bilgiyi saklamak, kullanmak, geliştirmek ve korumak için büyük çabalar harcanmaktadır [1]. Güvenli iletişimde geleneksel olarak kullanılan anahtarlar, şifreler ve tanıtım kartları çalınabilir, paylaşılabilir, kaybedilebilir ve unutulabilir olduğu için yetersizdir. Bu yüzden güvenli iletişim artırmak için parmak izi, imza, yüz, ses, DNA ve retina gibi biyometrik özellikler kullanılmaktadır. Bireylerin bu biyometrik özellikleri kaybedilmediği, çalınmadığı ve unutulmadığı için tercih edilerek güvenle kullanılmaktadır [2]. Ayrıca araştırmacılar yoğun olarak yorumlamaya dayalı akıllı tanıma sistemleri tasarımı üzerine çalışmaktadırlar [3].

Bir biyometrik sistemde istenilen özellikler, yüksek doğruluk oranı, kalıcılık, sıfır ya da sıfıra yakın hatalı kayıt oranı (FTER), çevre koşullarına karşı direnç, toplumda kabul görmesi, kullanılan cihazların ucuzluğu, küçük boyutlu ekran ve basit sistem arayüzüdür [4].

Biyometrik sistemler diğer yaklaşımlardan çok daha farklıdır [1]. Biyometrik sistemler kişiye has özellikler tabanlı geliştirilmektedir. Kişiye has özellikler ise transfer edilemediği için yüksek güvenlik sağlamaktadır [5]. Çünkü kişiye has özelliklere dayalı geliştirilmesi, benzerlerinin mümkün olmayacağına bir göstergesidir [6]. Durum böyle olunca kaybedilme, çalınma, unutulma, taklit edilme, paylaşılma ve ortak kullanım gibi riskler de ortadan kalkmaktadır. Bu açıdan da çok iyi bir teknolojidir [7]. Şifre yaklaşımında ise kişinin bildiği bir bilgi veya tanıdığı bir obje esas alınır ve o şifreler ile kimliklendirilmesi sağlanır [1]. Biyometri, sosyal hayatımızdaki uygulamalarda karşımıza oldukça sık çıkan, hızlı gelişen ve güvenilir bir teknoloji türüdür [8]. Yüksek güvenlik sağlayan biyometrik sistemler, pasaport kontrollerinde, bankacılıkta, giriş-çıkışlarda kimlik kontrolünün gerektiği kontrol sistemlerinde, yüksek

seviyede güvenlik gerektiren yerlerde ve daha birçok yerde mükemmel bir çözüm olmakta, ayrıca ara tırmacıların da ilgisini fazlasıyla çekmektedir [6, 8, 9]. ekil 1.1'de biyometri endüstrisinin 2007-2015 yılları arasındaki gerçekle en ve gerçekle mesi tahmin edilen kazanç tablosu verilmiştir.

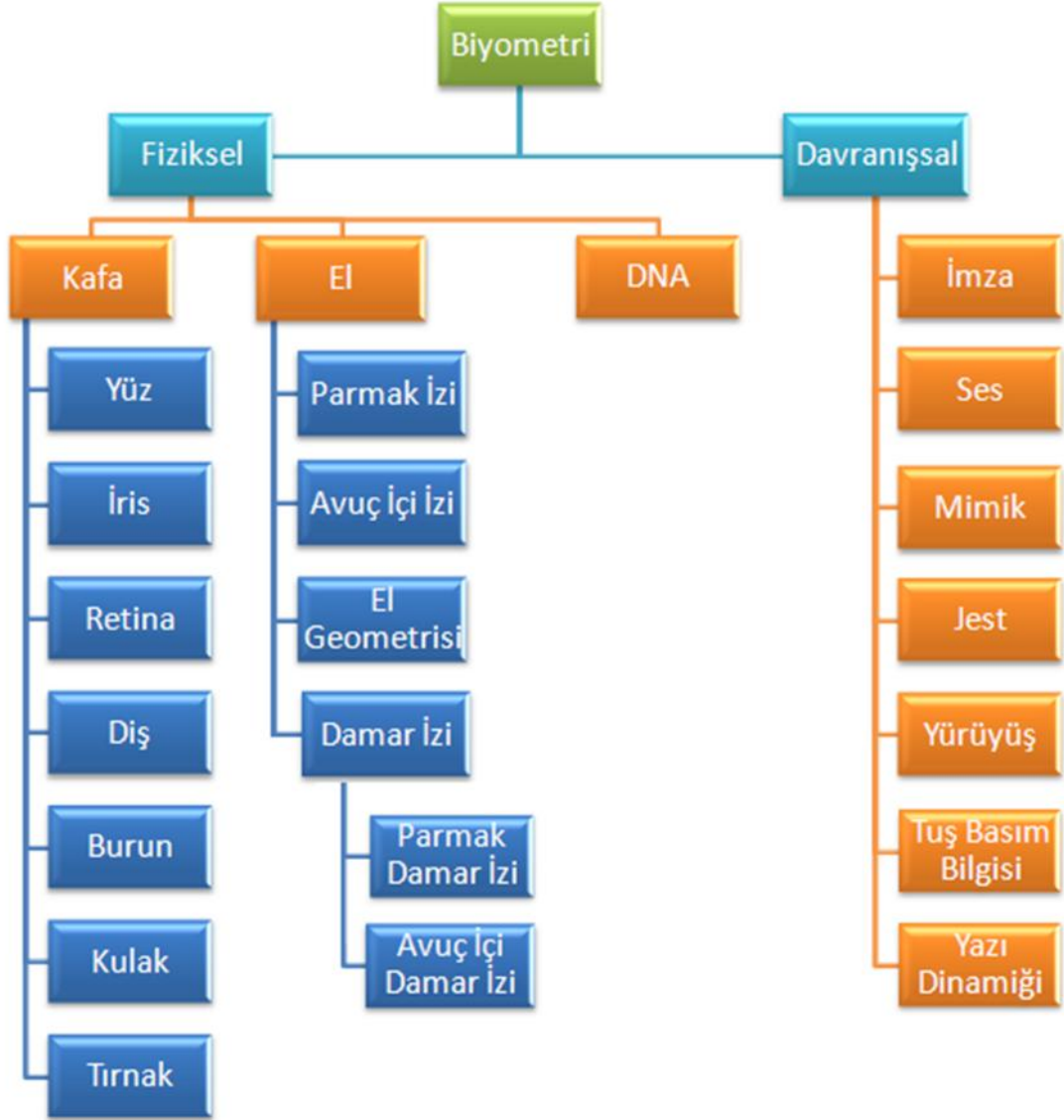


ekil 1.1. Biyometri endüstrisinin 2007-2015 yılları arasındaki kazanç tablosu [19].

Biyometrik tanıma araba içinde de kullanılabilir. Kişinin biyometrik özellikleri sayesinde aracın güvenliğini ve aracın ayarlarını kişiselleştirebilir [10].

Biyometrik sistemlerin tasarımı, fiziksel ve davranışsal olmak üzere iki temel grupta değerlendirilir. Fiziksel biyometrikler, iris, yüz, parmak izi, DNA, yüz termogramı, retina, el geometrisi ve damar izidir. Davranışsal biyometrikler ise, ses, yürüyüş, tutuş ve el yazısıdır [6, 11, 12]. Bireyin yaşı, sağlıklı veya ruhsal durumu fizyolojik/davranışsal özellikler ölçülürken deneyden arındırılmalıdır [13]. Bu biyometrikler hakkında bilgi tezin ikinci bölümünde

detaylı olarak anlatılacaktır. ekil 1.2'de biyometrik sistem çe itleri tablo halinde verilmi tir.



ekil 1.2. Biyometrik sistemler [87].

Biyometrik sistemler ki iye ait bilgileri kullandı ından çok fazla ilgi görmü ve ara tırmacılar tarafından verimlili inin artırılması amacıyla birçok algoritma geli tirilmi tir. Biyometrik verilerin kendi aralarında da bir ilgisi olabilece i üzerine de son zamanlarda yo unla ılmı tir. Bu konuda patent de almı olan Sayın Hocam Prof. Dr. eref SA İRO LU ve Sayın Hocam Yrd. Doç. Dr. Necla ÖZKAYA'nın, parmak iziyle yüz arasındaki ili kiyi do rular ekilde

yaptıkları deneysel çalı malar da ba arılı olmu tur [14, 61, 89, 109, 110, 111]. te bu noktadan hareketle bu tez çalı masında da biyometrik özelliklerden olan parmak izi ve cinsiyet arasında var olması muhtemel olan bir ili ki üzerinde durulmu tur.

Bu tez çalı ması kapsamında literatürde varlı ı deneysel olarak ispatlanmı parmak izi ve cinsiyet öz nitelik vektörleri arasındaki ili kinin gerekli sınıflandırma, analiz ve bu analiz sonuçları ile zeki bir sistem geli tirilerek parmak izinden cinsiyet tahmininin otomatik olarak gerçekle tirilmesi amaçlanmı tır.

kinci bölümde biyometrik sistemlerin bir bölümü incelenmi ve bu kapsamda bir literatür ara tırması yapılmı tır. Literatür ara tırması; parmak izi, DNA, yüz, retina, iris, el geometrisi, avuç içi, imza, ses ve damar biyometrik özelliklerini kapsamaktadır. Bu biyometrik özelliklerin geli imleri, kullanım alanları ve ekilleri hakkında bilgiler alt ba lıklar halinde yer almaktadır. Ayrıca biyometrik sistemlerin kar ıla tırılması, parmak izi tanıma algoritmaları ve parmak izlerinin sınıflandırılması hakkında da detaylı bir ara tırma sunulmu tur.

Üçüncü bölümde yapay sinir a ları hakkında kapsamlı bilgi verilerek sistemi tasarlamak için kullanılacak yöntem belirlenmeye çalı ılmı tır. Burada biyolojik sinir a ları, yapay sinir a larının temel özellikleri, i lemci eleman, aktivasyon fonksiyonları, YSA sınıfları,  renme algoritmaları ve k-kat çapraz do rulama detaylandırılmı tır.

Dördüncü bölümde daha önce sadece biyolojik ve istatistiksel deneylerle kanıtlanmı olan parmak izinden cinsiyet tanıma hakkında literatür taraması yapılmı tır. Çalı malarda bayanlarla erkeklerin parmak izlerinin bazı ayırt edici özelliklere sahip oldukları ortaya konulmu tur. Bu alı malar dikkate alınarak lkemizde ilk kez bay ve bayan parmak izleri ortalama tepe de erleri hesap edilmi tir. Sonuçlar tablo olarak sunulmu tur

Be inci bölümde parmak izinden cinsiyet tanıyan zeki sistem üzerine yapılan çalı malar hakkında bilgiler sunulmu tur. Hem sistemin tasarımı a amasında hem de yazılımın geli tirilmesi a amasında yapılan tasarımlar ve uygulamalar anlatılmı tır.

Altıncı bölümde ise tez çalı masından elde edilen sonuçlar ve kazanımlar üzerine görü ler aktarılmı tır. Gelecek çalı malarda hangi konular üzerinde durulması gerekti i hakkında görü sunulmu tur.

## 2. BİYOMETRİK SİSTEMLER

Biyometrik sistemler basit halleriyle binlerce yıldır kullanılmaktadır [15].

Biyometri uygulayıcıları bu sistemleri kimliklerini doğrulayabilmeleri için, akıllarında tutmaları gereken bilgi veya yanlarında taşımaları gereken kart, anahtar gibi araçların yerine; kopyalanması veya taklit edilmesi zor olan kişisel özelliklerini kullanmalarını sağlamaktadırlar [18].

Biyometrik sistemlerin günümüzde çok çeşitli kullanım alanları vardır [16]. Bu alanlar havaalanı giriş-çıkış işlemleri, kredi kartı uygulamaları, sigorta şirketleri, e-ticaret, e-imza, internet bankacılığı, vergi süreçleri gibi kamu hizmetleri, kriminal amaçlı teşhis ve tespit uygulamaları, güvenli veri iletişimi, sosyal güvenlik, ATM'ler, personel takibi, çağrı merkezleri ve hasta takibidir. Biyometrik sistemler bilgisayar, el bilgisayar (PDA), cep telefonları ve ev kilit sistemlerinde de kullanılmaktadır [17]. Parmak izi, iris veya yüz tanıma sistemi kurulu bir bilgisayara kimliğini doğrulayamayan bir kullanıcı bilgisayardaki verilere ulaşamaz ve işlem yapamaz. Biyometrik sistemlerde, bireyin fiziksel veya davranışsal özellikleri kullanıldığı için başkasına devredilmesi, unutulması ya da kaybedilmesi imkânsızdır.

Çizelge 2.1'de biyometrik sistemlerin kullanıldığı yer örnekleri verilmiştir.

Çizelge 2.1. Biyometrik sistemlerin kullanım alanları [87].

Adli Kurumlar	Vatandaşlık Uygulamaları	Ticari Uygulamalar
Suçlu Tespiti	Kimlik Kartı	Bilgisayar Güvenliği
Kadavra Tespiti	Sürücü Belgesi	Elektronik Veri Güvenliği
Terörist Tanımlama	Sosyal Güvenlik	E-Ticaret
Akrabalık Tespiti	Pasaport Kontrol	İnternet Erişimi
Kayıp Çocuk Tespiti		ATM, Kredi Kartı
		Cep Telefonları
		PDA
		Medikal Kayıt Yönetimi

ekil 2.1'de genel bir biyometrik sisteme ait blok diyagram verilmiştir. Burada görülebileceği gibi biyometrik sistemler çalışmaları ve uygulama alanlarına göre tanımlama, tanıma ve doğrulama olmak üzere üç gruba ayrılırlar. Bunlar aşağıda kısaca açıklanmıştır.

**Tanımlama Modu:** Kullanıcı kimliklerinin sisteme tanıtıldığı moddur. Kullanıcıların kimlik bilgileri ve biyometri bilgileri veritabanına uygun bir formatta kaydedilir.

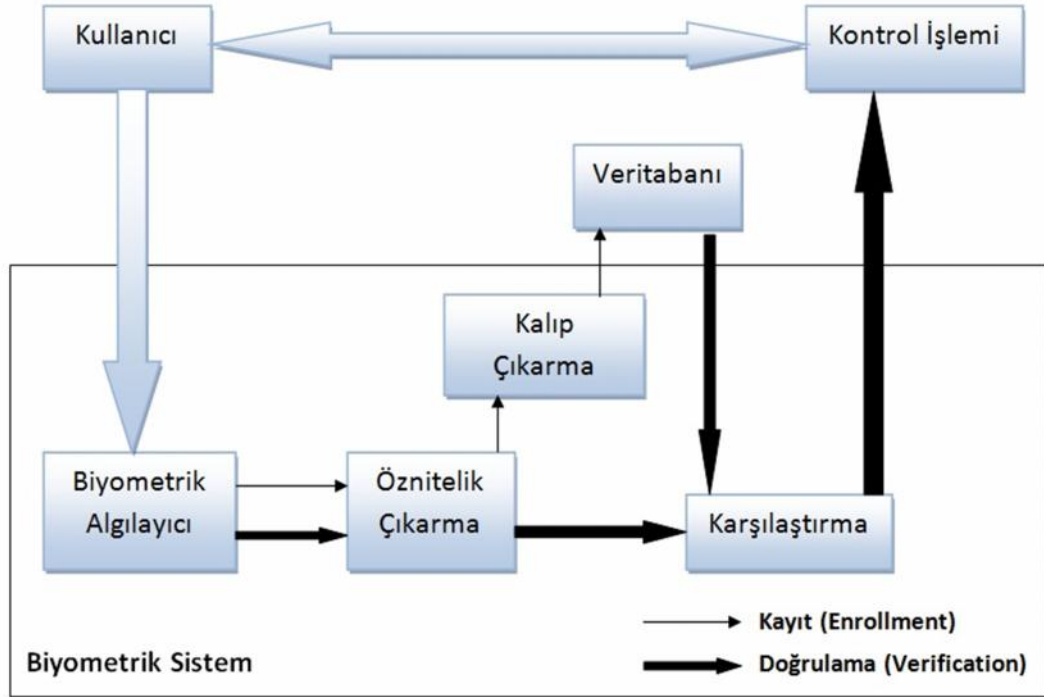
**Tanıma Modu:** Bu modda kullanıcı sisteme girmek istiyorsa, kullanıcının biyometri bilgisi alınır, tanımlama modunda veritabanına kaydedilen tüm kayıtlara bakılıp tek tek karşılaştırma yapılarak kullanıcının sistemde tanımlı olup olmadığı araştırılır.

**Doğrulama Modu:** Bu modda kullanıcı kendine ait, sistemde tanımlı olan bir belirteç ile (kimlik numarası, kullanıcı adı vs.) kullanıcıya ait biyometrinin o belirteçteki özellikleri karşılaştırılır. Aynı kullanıcıya ait daha önce alınmış ve veritabanına kaydedilmiş özelliklerine bakılarak kullanıcıya verilen hak gerektiren işlem için sistem cevabı üretilir [8].

## **2.1. Biyometrik Sistemlerin Çalışma Prensipleri**

Biyometrik sistemler, uygulamanın çeşidine göre farklı tasarlanabilmektedir. Biyometrik sistem beş aşamadan oluşmaktadır. Bunlar sırasıyla [6]:

- Veri toplama
- İletim
- Öznitelik çıkarımı
- Modelleme
- Eleştirme



ekil 2.1. Biyometrik sistemin kayıt ve doğrulama amaçları [87].

Veri toplama amaçlarında, sisteme dahil olacak kullanıcının, gereken biyometrik verileri kaydedilir.

İletimde, alınan biyometrik veriler sisteme sayısal olarak aktarılır.

Öznitelik çıkarımında, iletilen veri, girilen biyometrik veri türüne göre işlenir. Veri toplama ve iletim ile elde edilen sayısal sinyallerin, sinyal işleme teknikleriyle öznitelikleri çıkarılır. Böylece ilk örüntüdeki gereksiz kısımlar çıkarılarak sadeleştirilmiş olur.

Modellemede, farklı kişilere ait olan öznitelikler, farklı biyometrik modeller şeklinde sisteme depolanır. Bu amaçla depolama amaçları da denmektedir. Bu amaçla aynı zamanda sistem kullanıcılarına ait temel veri tabanının oluşturulduğu kısımdır.



E le tirmede, sistemi kullanmak isteyen bir ki inin, o anda toplanan biyometrik verisi kaydedilen modeller ile kar ıla tırılır. ki veri e le ir ise kullanıcıya onay verilir. Aksi takdirde kullanıcının sistemi kullanması engellenecektir [6].

Biyometrik sistemlerin i leyi ine baktı ımızda, bireylerden alınan parmak izi, retina gibi özelliklerin o ki iye has olan karakteristiklerinin sayısal de erlere çevrilerek sisteme kaydedildi i görülür. Sisteme kaydedilen kullanıcı tekrar sisteme giri yapmak istedi inde, o andaki karakteristik özellikleri ile daha önce kaydedilen özellikleri kar ıla tırılarak birbirine uygunlu u kontrol edilir. Sistemin güvenilirli ini belirleyen en önemli etken, referans noktalarının fazla olmasıdır. Referans noktalarının olması gereken en yüksek de erinden daha da çok olması ise tercih edilen bir durum de ildir. Çünkü sistemin yükünü artıracaktır.

Daha önceden kaydedilen veriler ile kullanıcının sisteme giri anındaki verilerinin birebir uyması pek de mümkün de ildir. Çünkü o andaki dı etkenler verilerin birebir uyu masını engelleyebilmektedir. Örne in; ses tanımada dı arıdan gelen sesler veya iris tanımada ki inin yüksek kan basıncına maruz kalması gibi sebeplerden dolayı referans noktası kaydı yapılırken, kayıt güvenli bir ekilde kaydedilmeli ve hiç kimse tarafından de i tirilmesine olanak verilmeyecek ekilde olmalıdır.

## **2.2. Biyometrik Yöntemler ile Geleneksel Yöntemlerin Kar ıla tırılması**

Geleneksel yöntemler ile biyometrik yöntemler arasında benzer yönler olmakla birlikte farklı oldukları noktalar da vardır. Biyometrik sistemlerin di er sistemlere göre avantajları, dezavantajları, benzer ve farklı yönleri unlardır [15]:

- Geleneksel yöntemlerde kullanıcının girdi i veri, sistem yöneticisinin iste i üzerine, güncelleme amaçlı veya herhangi bir sebeple kullanıcı tarafından

değiştirilebilir. Biyometrik sistemlerde ise kullanıcının biyometrik özellikleri üzerinde değişiklik yapılamadığı için değiştirilemez. Biyometrik verilerden bazıları sadece hastalık, kaza gibi durumlarda değiştirilebilir.

- Geleneksel yöntemler, genelde kullanılan mevcut sistemlerle uyumlu olduğundan ek bir maliyet gerektirmez. Fakat biyometrik sistemler genelde ek bir donanım ve yazılım gerektirdiğinden ek bir maliyet gerektirir.
- Geleneksel yöntemlerde veriler çalındığı, unutuldu mu veya benzer bir problemle karşılaşıldığı takdirde yeni bir tane oluşturulabilir fakat biyometrik veriler yeniden oluşturulamaz.
- Biyometrik veriler zaman içinde değiştirilebilir fakat geleneksel yöntemlerde böyle bir durum söz konusu değildir.

### 2.3. Biyometrik Özellikler

Biyometrik özelliklerin kişiye ait ve her kişide de değişiklik gösteren özellikler olduğu daha önce vurgulanmıştı. Bu özelliklerin kimlik tespitinde kullanılabilmesi için şu şartları sağlamalıdır [19]:

- Süreklilik,
- Genellik,
- Ölçülebilirlik,
- Ayırt edicilik.

Süreklilik: biyometrik özelliklerin zaman içerisinde değişmemesidir.

Genellik: her kişide, kişiye has biyometrik özellik bulunmalıdır.

Ölçülebilirlik: biyometrik özelliklerin ölçülebilir olmasıdır.

Ayırıcılık: rastgele iki kişinin biyometrik özellik karakteristiklerinin farklı olmasıdır.

Bu özellikler tüm biyometrik özelliklerde bulunmak zorundadır. Bunun yanında uygulamada farklı özellikler de hesaba katılmalıdır. Bunlar [19]:

- Güvenilirlik,
- Performans,
- Kabul edilebilirlik.

Güvenilirlik: tasarlanan biyometrik sistemin saldırı ve tehditleri engelleyebilmesidir.

Performans: Tanıma esnasında doğruluk oranı, hızı, operasyonel ve çevresel faktörlere karşı dayanıklılığı ve kaynak ihtiyacı biyometrik sistemin performansını etkiler.

Kabul edilebilirlik: Kişilerin biyometrik sistemi kullanırken, sistemi ne derece kabul edebilecekleridir.

Her biyometrik özellik farklı avantaj ve dezavantajlara sahiptir. Bunlar tezinde ilerleyen bölümlerinde detaylı şekilde anlatılacaktır.

## **2.4. Biyometrik Sistemlerin Sınıflandırılması**

Biyometrik sistemler iki şekilde çalışabilir [19]:

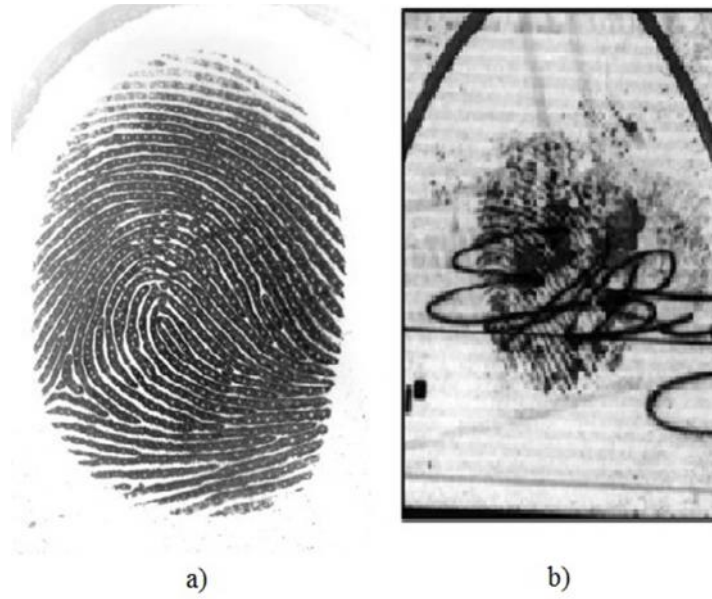
- Çevrimiçi Sistemler,
- Çevrimdışı Sistemler.

Çevrimiçi sistemde hız önemlidir. Fakat doğruluk oranı, sistemin hızlı olması için düşük kalitede görüntü kullanıldığından düşüktür.

Çevrimdışı sistemde ise doğruluk oranı önemlidir. Tanıma, arka planda yüksek kalitede görüntü ile gerçekleştirileceği için, sistem yavaş ama doğruluk oranı yüksek bir şekilde çalışmaktadır. Bu yüzden biyometrik sistemin kurulacağı uygulamada hız veya doğruluk oranından hangisi önem arz ediyorsa, çevrimiçi veya çevrimdışı olması ona göre belirlenir [19].

## 2.5. Biyometrik Sistemlerin Çalışmasını Engelleyen Faktörler

Kullanıcının sistemde kayıtlı olduğu kod ile kullanıcının sisteme kendini tanıttığı andaki elde edilen kodun birbiriyle tamamen aynı olma olasılığı çok düşüktür. Çünkü doğrulamada üretilen kod üzerinde kullanıcının o anki durumu ve çevre koşulları etkili olmaktadır [20,21]. Örnek olarak yüz tanıma veya iris tanıma sistemleri verilebilir. Bu sistemlerde kullanıcının bakış açısı veya ortamın ışıklandırılması daha önceden tanımlanmış kodla birebir uyuşmasına engel olacaktır. Parmak izi ve el tanıma sistemlerinde de cihazın kirli olması, parmağın ve elin kirli olması, ter, nem ve tanıtım açısı gibi unsurlar yine aynı kodun birebir tanımlanmasına engel olacaktır. Bu gibi durumlardan dolayı sistem yöneticisi tarafından belirlenen belli bir yüzde tutuncaya kadar iki kod karıştırılır [21]. Sistem güvenilirliği için, istenilen orana, düzenlenen algoritmaya göre ulaşıncaya kadar doğrulamayı tamamlanır ve kullanıcı sisteme girmek için onayını alabilir. İstenilen orana ulaşamazsa kullanıcı onay alamaz ve sisteme giremez.



ekil 2.2. a) iyi alınmı parmak izi görüntüsü b) kötü alınmı parmak izi görüntüsü [19].

Dolayısıyla sistemde aynı ki iye ait girilen kod ile kayıtlı olan kodun birebir tutmasını engelleyen faktörler u ekilde sıralanabilir:

- Kullanıcının bakı açısı,
- Ortamın ı klandırılması,
- Cihazın kirli olması,
- Uzuvarın kirli olması,
- Ter,
- Nem,
- Tanıtım açısı.

## 2.6. Biyometrik Uygulamaların Sınıflandırılması

Biyometrik uygulamalar Ulusal Biyometri Test Merkezi tarafından 7 farklı kategoride sınıflandırılmıştır. Bunlar [19]:

- Açık ve gizli uygulamalar,
- Katılımlı ve katılımsız uygulamalar,
- Ortak olan ve olmayan uygulamalar,
- Alı tırılmı ve alı tırılmamı uygulamalar,
- Genel ve özel uygulamalar,
- Standart işletim ortamına ve standart olmayan işletim ortamına sahip uygulamalar,
- Açık ve kapalı uygulamalardır.

Uygulamanın açık olması, biyometrik sistemi kullanan kişinin sistem tarafından tanındığını farkında olması durumudur. Gizli olması durumunda ise, kullanıcı sistem tarafından tanındığını farkında değildir. Açık uygulamalara örnek olarak ticari uygulamalar verilebilir. Gizli uygulamalar ise hükümet ya da yasaların zorunlu olarak uygulattığı uygulamalardır.

Katılımlı uygulamalarda sistemi kullanan kişiye rehberlik eden ve onu denetleyen bir insan vardır. Böyle birinin olmadığı durumlara katılımsız uygulama denmektedir.

Ortak olan ve olmayan uygulamalarda, parmak izi tanıma uygulamalarında dolandırıcıların davranışları ifade edilir. Dolandırıcının işine yarayacak uygulamalarda, örneğin elektronik uygulamalarda, dolandırıcı biyometrik

tanıma sistemine kendini tanıtmaya çalışır. Fakat, örneğin havaalanındaki kendini tanımlama biyometrik tanıma sistemlerinde, dolandırıcı kendini gizlemek istediği için uygulama ile tanıma yapamaz.

Alınması ve alınmaması biyometrik sistem uygulamalarında kullanıcılar sistemle etkileşim kurarlar. Sistemdeki özelliklerin biyometrik özellikleri önceden tanımlanmış ise bu uygulamalar alınması uygulamalara örnektir.

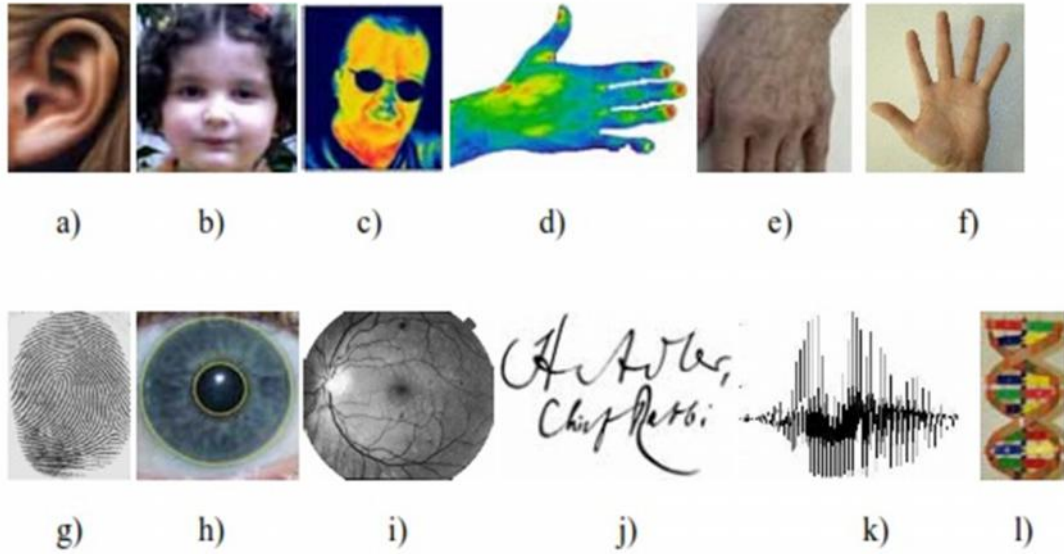
Şirket içindeki bir biyometrik uygulamaya dahil olma veya olmama kontrolü bilgi işlem yöneticisinde olduğundan özel uygulamadır. Fakat biyometrik özelliklerin yüklendiği elektronik kartların kullanılması genel uygulamadır.

Standart ortam sınıflandırmalarında uygulama, kontrollü bir ortamda çalışır. Kontrollü olmayan bir ortamda çalıştırılan bir uygulama ise standart olmayan ortam sınıflandırmasına dahildir. Çoğunlukla kapalı ortamlarda standart ortam uygulamaları çalıştırılırken, açık ortamlarda ise standart olmayan uygulamalar uygulanır.

Kullanıcının biyometrik özelliklerinin birden fazla uygulamada kullanılması durumunda açık uygulama, sadece bir uygulamada kullanılması durumunda ise kapalı uygulama sınıfına dahil edilir. Örneğin bir kişinin parmak izi hem elektronik ticarete hem de sınıf yoklama çizelgesinde kullanılabiliyorsa bu uygulama açık uygulama sınıfında yer alır.

## **2.7. Yaygın Kullanılan Biyometrik Özellikler**

Günümüzde en yaygın kullanılan biyometrik özellikler arasında parmak izi, yüz, iris, DNA, yüz termogramı, retina, ses, el geometrisi ve damar izi yer almaktadır. Herleyen kısımlarda bu özelliklerden en fazla kullanılanlar hakkında bilgiler verilecektir.

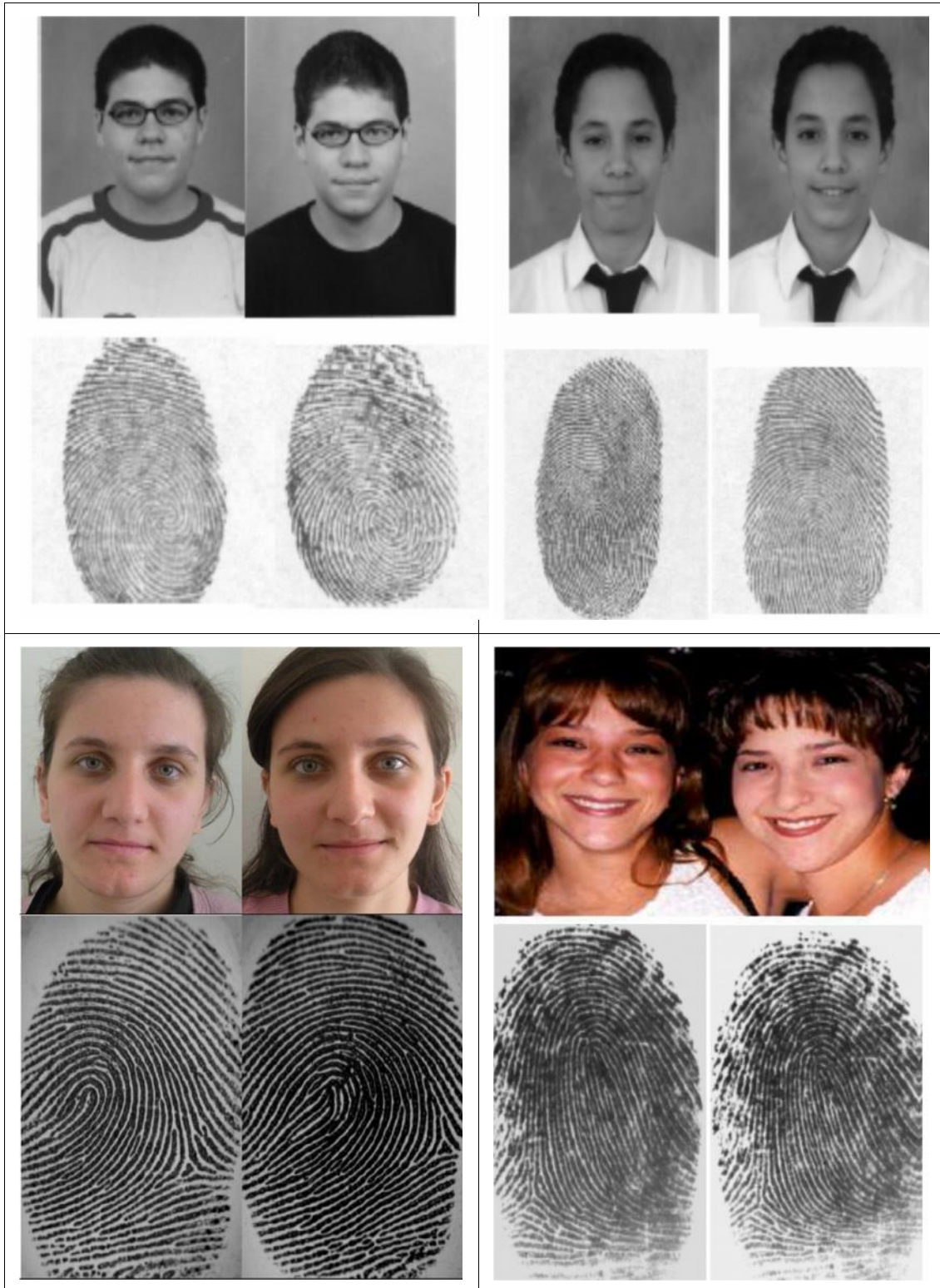


ekil 2.3. Biyometrik özellikler: a) kulak, b) yüz, c) yüz termogramı, d) el termogramı, e) el damar geometrisi, f) el geometrisi, g) parmak izi, h) iris, i) retina, j) imza, k) ses, l) DNA [88].

### 2.7.1. Parmak izi tanıma

Otomatik kimlik tanımda en sık kullanılan biyometrik tekniklerden biri parmak izi tabanlı tanıma sistemleridir [5, 22, 23]. 1960'lı yıllardan itibaren parmak izi tanıma sistemlerindeki yazılımsal ve donanımsal gelişmelerden dolayı artan performans ile, parmak izi tanıma sistemleri sadece suçlu tanımda değil aynı zamanda erişim denetimi, kullanıcının bilgisayara girişi, yoklama ve benzeri uygulamalarda da rahatlıkla kullanılmaya başlanmıştır [14]. Her insanın parmak izi farklıdır. Kızların bile parmak izleri aynı değildir. Ayrıca insan ya lansı bile parmak izleri de i medii için parmak izleri kimlik belirlemede sıkça kullanılmaktadır [24]. Parmak izlerinin kimlik belirlemede kullanılması yüz yılların süredir devam etmektedir [25].

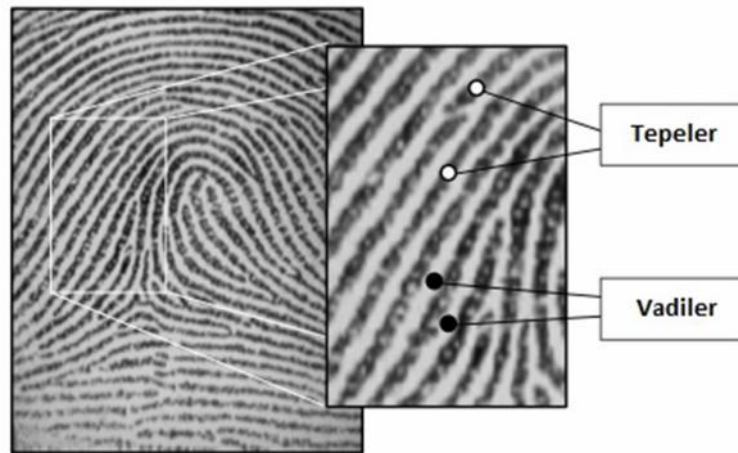




ekil 2.4. kizlere ait parmak izlerinin karılaştırılması [89].

Otomatik parmak izi tanıma sistemini (OPTS) örüntü tanıma sistemi olarak da tanımlayabiliriz. Otomatik parmak izi tanıma sistemlerinde, parmak izi görüntüleri elde edilir, analiz edilir ve sınıflandırılır. Tanıma, parmak izindeki özellik noktalarının ve bunlara ait parametrelerin karşılaştırılmasıyla gerçekleştirilir [26]. OPTS, gözle yapılan tanıma göre daha düşük maliyetli, daha hızlı ve daha güvenilir analiz etme ve elde etmeyi sağlar.

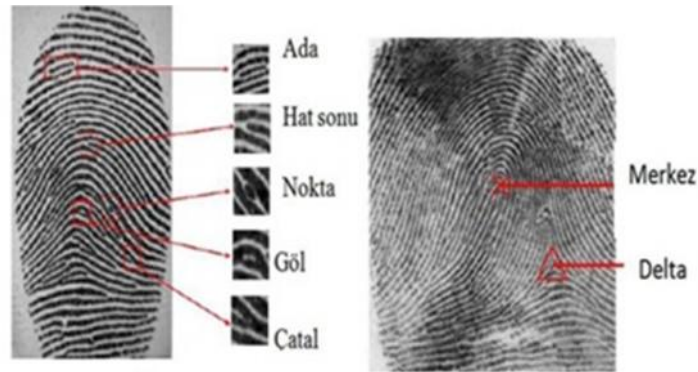
Parmak izi görüntüsü, parmak izinin taranarak veya resmi çekilerek elde edilen görüntüsü olarak tanımlanmaktadır. Parmak izinin görüntüsüne baktığımızda, tümsekteki bölgeler siyaha yakın, çukurda kalan bölgeler ise beyaza yakın renklerle ifade edilmektedir. Tümsekteki siyaha yakın bölgeler "tepe çizgileri", çukurdaki beyaza yakın bölgeler "vadi çizgileri" olarak isimlendirilmektedir. Tepe ve vadi çizgileri genellikle birbirine paralel olarak yer almakta ve genişliği 100-300 µm aralığında bulunmaktadır [27, 28].



ekil 2.5. Parmak izine ait tepeler ve vadiler [19].

Günümüzde parmak izi tanıma uygulamalarının çoğu, Henry sınıflandırmasını kullandıktan sonra Galton karakteristiklerini karşılaştırarak parmak izi tanınması yapar [29]. Galton karakteristikleri ise, parmak izinde bulunan tepe çizgilerindeki detay özelliklerdir [30]. Bir e ri parçası tepeyi oluşturur. Birkaç tepenin farklı kombinasyonları ile parmak izi oluşur. Bu tepe çizgilerinin sonlanması ve kesilmesiyle ise öznitelikler oluşur. Galton, tepe uç

noktaları, çatallar, adalar ve kapalı çevrimler gibi bazı karakteristikleri tanımlamıştır. Parmak izi veritabanında tanımlanırken yeterli sayıda karakteristik özellik benzediği takdirde tanıma gerçekleştirir.



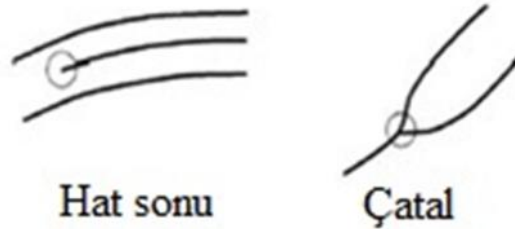
ekil 2.6. Parmak izine ait özellik noktaları [90].

Otomatik parmak izi tanıma için yapılan çalışmalar iki şekilde olabilir [24]:

- Yarı otomatik sistemler: Tepe çizgisi yoğunlukları benzerlik gösteren parmak izlerine ait Henry formüllerinin benzerlik oranları hesaplanırken bilgisayar kullanılır. Benzer formüllere sahip olan parmak izleri belirlenir. Fakat Henry formülleri, çok sayıda kayıt sınıflandırılırken yetersiz kaldığı için bu sistem yaygın değildir.
- Otomatik sistemler: Bu sistemde sayısal parmak izi görüntülerinden özelliklerin otomatik çıkarılması için görüntü işleme kullanılır. Parmak izlerinden çıkarılan özelliklerin tutulduğu veritabanında aranan parmak izinin benzerleri sorgulanır. Aranan parmak izi veritabanında birçok kayıt ile karşılaştırılır. Parmak izi görüntüleri kayıplı olduğu ve veritabanı büyük olduğu için yüksek işlem gereksinimi duyar.

Otomatik parmak izi tanıma sistemlerinde iki tür yaklaşım vardır. Bunlar, özellik tabanlı ve görüntü tabanlı yaklaşımlardır [31]. Özellik tabanlı yaklaşımda parmak izi görüntülerinden elde edilen tepe uç ve tepe çatal

noktaları kullanılmaktadır. Bu yöntemde tanıma için sırasıyla öni leme, özellik çıkartma ve e leme yapılır.



Şekil 2.7. Parmak izi tanıma sistemlerinin tanıma için kullandığı uç ve çatal noktalar [91].

Öni lemede tarayıcı ile alınan parmak izi görüntüsü iyileştirilir, iz yönleri bulunur, segmentasyon, binarizasyon ve inceltme işlemleri yapılır. Parmak izlerinden özellik çıkarılırken, inceltilmiş görüntüden uç ve çatal noktaları bulunur. İz yönleri yardımıyla merkez, delta ve referans noktalar tespit edilir. Çıkarılan bu özellikler sayesinde e leme sağlanır.

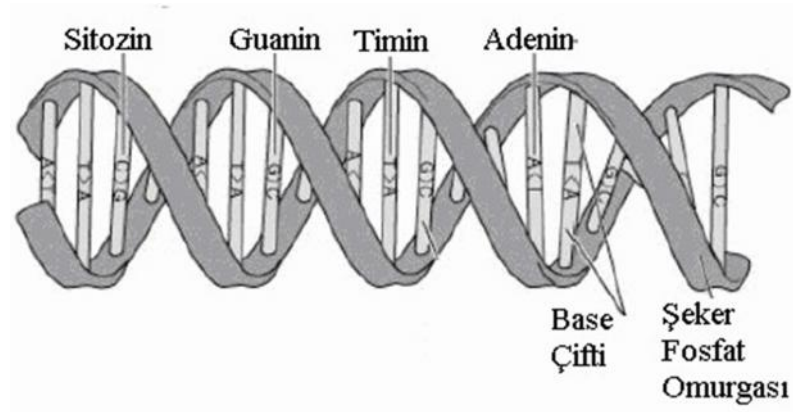
Çizelge 2.2. Özellik noktası tabanlı ve ilişki tabanlı yaklaşımların karşılaştırılması [90].

	Özellik Noktası Tabanlı	İlişki Tabanlı
Eşleme Tekniği	Nokta Model Eşleme	Görüntü Tabanlı Eşleme
Algoritma	Kompleks	Basit
Hassasiyet	Yüksek	Düşük
Hız	Yüksek	Yavaş
Uygunluk	Yüksek Kaliteli Parmak İzi	Düşük Kaliteli Parmak İzi

Görüntü tabanlı yaklaşımda, öni leme amaçları gerçekleştirilmeden parmak izi görüntüsünden çıkarılan iz yönleri, iz frekansları gibi veriler kullanılır [32].

### 2.7.2. DNA tanıma

DNA tanıma sistemlerinde ki inin saç, tırnak, kan, sperm, deri parçası veya herhangi bir biyolojik materyali alınarak hücredeki DNA moleküllerinin dizilimi incelenir. Emniyet güçlerinin, suçlunun suç mahallinde bıraktığı biyolojik kalıntıları inceleyerek suçlulara ulaşması veya babalık davalarının sonuçlanması için bu sistem kullanılabilir [18]. DNA tanıma i leminde öncelikle DNA'daki de i ken kısımların uzunlukları belirlenir, sonrasında bunlar farklı ki ilerinkiyle kar ıla tırılır. Bu yöntemle suçluların belirlenmesi kolayla ır ve bu yöntem yüksek do ruluk oranı sa lar [33].



ekil 2.8. DNA'nın iç yapısı [61].

DNA molekülünde adenin, guanin, timin ve sitozin bulunmaktadır [33]. Bu kimyasalların eker molekülleri ve fosfat grupları birlikte olu turdukları dizili lere göre de genetik bilgi kodlanmı olur. DNA tanıma ise bu kodlama dikkate alınarak sa lanmı olur.

DNA tanıma sistemlerinde a a ıdaki i lemler sırasıyla gerçekte tirilir [34]:

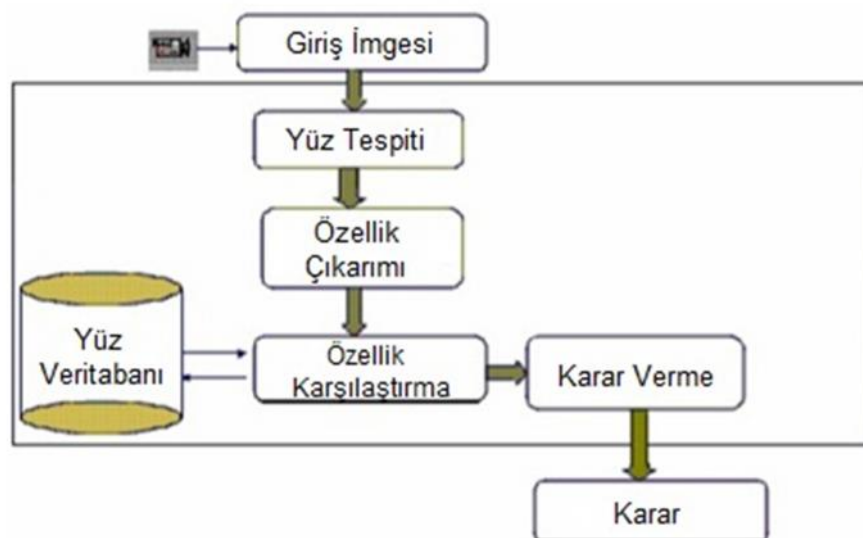
- DNA örne i alınır,
- DNA izole edilir,

- Enzimatik sınırlama ve yükseltme yapılır,
- Parçalar ayrılır,
- Tekrar yapısı, tekrar sayısı ve tekrarlar bulunur,
- Çıkan sonuçlar analiz edilir.

Bu yöntemin doğruluk yüzdesi çok yüksek olmasına karşın birçok dezavantajı da vardır. DNA'nın elde edileceği biyolojik kalıntının kirlenmesi gibi durumlarda örüntü kalitesi düşeceği için analiz de zorlaşır. Ayrıca kalıntının 24 saat içinde analiz edilmesi gerekliliği ve yapılan işlemin yüksek maliyetli olması gibi dezavantajları da vardır [18].

### 2.7.3. Yüz tanıma

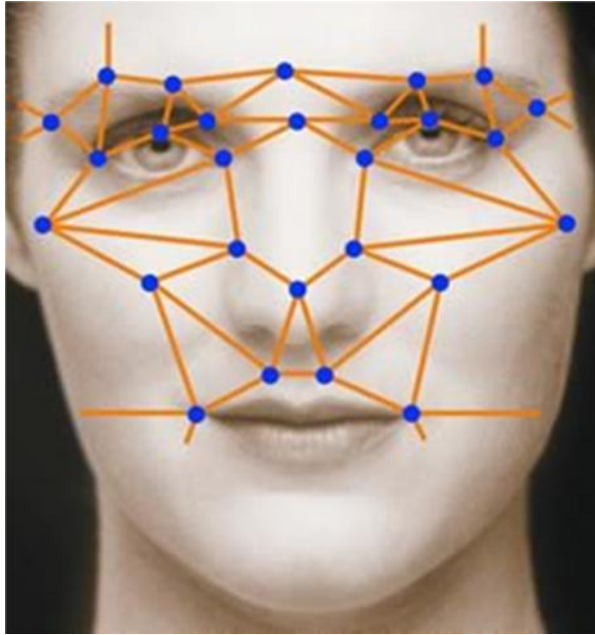
Günümüzde kullanım alanı yaygın olan bir biyometrik sistemdir. Üzerinde basit bir kamera sistemi bulunan bilgisayarların tümünde, kullanıcı girişi yapmak için yüz tarama sistemi kullanılabilir.



Resim 2.9. Yüz tanıma sisteminin aşamaları [92].



Yüz tarama sisteminde, yüz bölgesindeki belirli referanslar alınıp kaydedilir ve kullanıcı sisteme girmek istediğinde kaydedilen veriler ile o anki verilerle karşılaştırılarak kullanıcının sisteme girmesi kabul edilir ya da reddedilir.



ekil 2.10. Yüz tanıma özellik noktaları [93].

Yüz tanıma sistemleri ilk olarak orduda kullanılmı tır. Amerika'da yüksek teknoloji silahlarının yönetimi için kullanılan bu sistemler ayrıca caddelere yerleştirilen güvenlik kameraları ile güvenliğin sağlanması ve aranan kişilerin bu şekilde yakalanması gibi uygulamalarda da kullanılır. Son on yılda yüzün otomatik olarak tanınması önemli bir gelişme konusu olmuştur [18].

Yüz tanımadaki en sık karşılaşılan problemler; poz, ışıklandırma ve ifade değişiklikleridir.

Yüz tarama sisteminin dezavantajları;

- Sisteme kaydedilen referans noktalarının çok büyük ve çok fazla olmasından dolayı kayıt ve kontrol işlemlerinin çok uzun olması ve yüksek maliyet gerektirmesi,

- Kaza geçirme, kilo alıp-verme gibi yüzün geometrik şeklinin bozulmaya ve değişmeye maruz kalması sonucu okumanın zorlaşmasıdır.



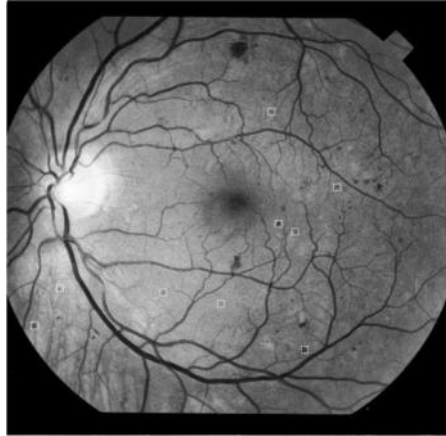
Şekil 2.11. Yüz tanımayı zorlaştıracak etkenler [92].

Teknolojinin gelişmesiyle yüz tarama sistemleri de çok iyi sonuçlar vermeye başlamıştır. Artık eskiden olduğu gibi yüzün tamamı değil, belirli referans noktalarının kaydedilmesiyle yüz tanıma gerçekleştirilmekte ve polis merkezleri, havaalanları gibi yüksek güvenlik gerektiren yerlerde güvenle kullanılmaktadır.

#### 2.7.4. Retina tanıma

Retina taraması diğer bir biyometrik sistemdir. Retina, gözün arka tarafında bulunan damarlarla sarımsı bir yapıdır. Görme işlemi ise aynaya gelen ışınların beyine sinyal göndermesiyle olur. El-damar taramadaki sisteme benzer şekilde retina taramada da, damar ağının yapısının görüntüsü elde edilir ve kaydedilerek karşılaştırma yapılır.





ekil 2.12. Retinanın yapısı [93].

Sistemin dezavantajları;

- Gözlük ve lens bulunma durumunda tarama yapılamaması,
- Tarama yapılırken gözün hareket ettirilmemesinin gerekmesi,
- Gözün kırılmamasının gerekmesi

olarak sıralanabilir.

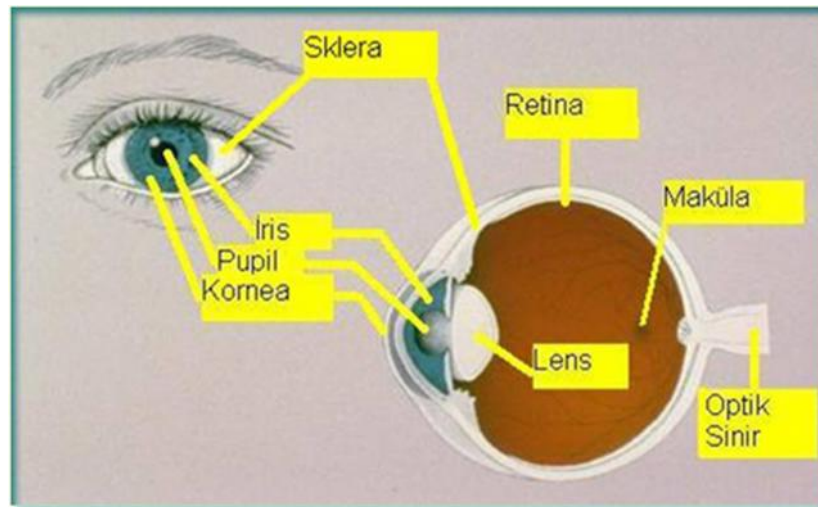
Ayrıca, kızılötesi ışınlar kullanılmadığı için canlı olmayan sistemleri denetleyebilme özelliği yeterince iyi değildir. Bu durum da güvenliğin yeterli olmamasına sebep olmaktadır.

### 2.7.5. Iris tanıma

Iris kullanılarak kişi tanıma dünyasının öncüsü ilk olarak Fransız göz doktoru Alphense Bertillon tarafından ortaya atılmıştır [36]. Biyometrik sistemlerde irisin kullanılabilmesi için öncüsü ise ilk olarak 1981'de Aran Safir ve Leonard Flom adlı iki göz doktoru tarafından ortaya atılmıştır. 1989'da ise Cambridge Üniversitesi'nden John Daugman'ın öncülüğündeki grupla birlikte Safir ve Flom, iris tanıma sisteminin algoritmasını geliştirerek bu fikrin patentini almışlardır. Bu grup ilk umut verici çalışmayı 1992 yılında İngiltere'de

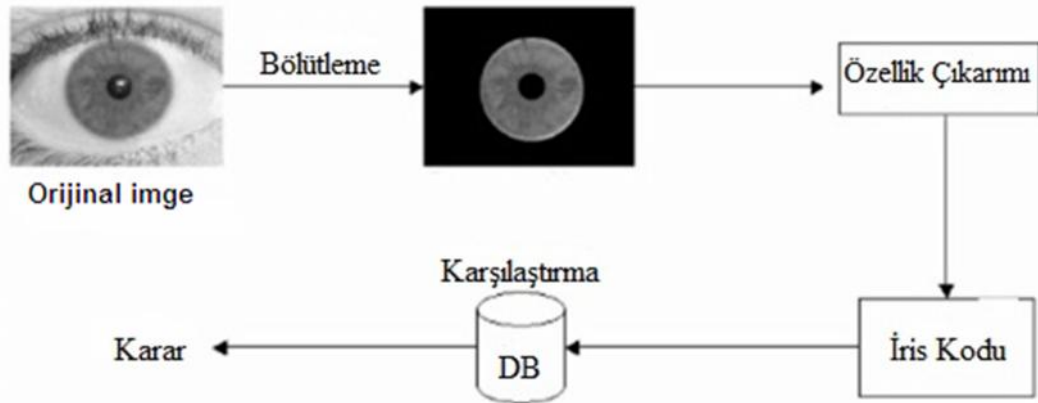
yapımıdır [37]. Sonraları Daugman dı ında, R. Wildes, W. Boles gibi bilim adamları da iris tanıma sistemleri üzerinde çalı mı lardır [39, 40]. ris tanıma sisteminin popülerli i son yıllarda giderek artarak bu konuda farklı çalı malar yapılmı tır. Bu alı malar, iris çalı malarında da kullanılabilmesi için in'de kurulan laboratuvarlar ile iris veri tabanı olu turularak artırılmı tır [38, 41, 42]. Yapılan alı malardaki tek fark iris özelliklerini ayırt etmek için farklı algoritmaların kullanılmasıdır.

ris tanıma, en basit biyometrik taramadır. Basit bir CCD kamera ile 15-20 cm uzaklıktan tarama yapılabilir. Kullanıcı ile tarayıcı arasında fiziksel temas yoktur. Biyometrik sistemler arasında daha fazla tercih edilmesinin sebepleri arasında; gözlük takarken bile kullanılabilmesi, sistemlere kolay entegre edilebilmesi ve iris deseninin güvenilir olması yer almaktadır.



ekil 2.13. risin yapısı [18].

ris tanıma sistemi parmak izi tanıma sistemine çok benzemektedir. En önemli avantajı, parmak izi tanıma sistemlerinde 60-70 kar ıla tırma noktası varken, iris tanıma sistemlerinde yakla ık 200 referans noktası ele alınmaktadır [18]. ris deseninin her bir milimetrekaredeki yo unlu u “3.4 bit”tir. Bu da yakla ık  $10^{78}$  farklı iris deseni anlamına gelir.



ekil 2.14. ris tanıma sisteminin a amaları [92].

ris tanıma sistemleri yaklaşık otuz yıldır kullanılmaktadır. ris, yapısı itibariyle diğer biyometrik özelliklere göre daha az zarar görüp, dış etkenlerden daha az etkilendiği için biyometrik sistemlerde kullanımı daha avantajlıdır. risin yapısını uykusuzluk, gözyaşı ve hastalıklar az da olsa etkilese bile diğer biyometrik yöntemler kadar değildir. Gözün olmaması, gözün görmemesi, nistagmus hastalığına sahip olunması veya irisin olmaması gibi durumlarda kullanılamamaktadır. Ancak bunlar göz ardı edilirse, kimlik doğrulamanın çok önemli olduğu havaalanı gibi yerlerde yüksek doğruluk oranlarıyla uygulanmaktadır [18].

ris tanıma sistemi göz taraması ile yapılır. ris, gözün renkli kısmını oluşturan yapıya verilen isimdir. Sistemin çalışma prensibi şu şekildedir; ilk olarak irisin fotoğrafı çekilir ve alınan görüntü incelenerek iki yüze yakın referans noktası belirlenir. Sisteme girmek isteyen kullanıcıdan o anda alınan görüntülerdeki referanslarla, önceden alınan referans noktaları karşılaştırılır. Böylelikle tarama işlemi gerçekleştirilir. Sistem, çözünürlüğü yüksek dijital kameralarla yürütülmektedir.

ris tanımanın dezavantajları şunlardır:

- Gözlük veya lens bulunma durumunda hatalı okuyabilir.

- İlk görüntü alınırken, sabit ve belirli bir noktaya bakma zorunluluğu konulmadığı için daha sonra aynı açıyı tutturmada zorluk yaşanabilir.
- Kurulum ve bakım maliyeti yüksektir.

Bunun dışında, görme yeteneğini kaybetmiş bir bireyin de bu işleme tabi tutulması mümkündür.



Resim 2.15. İris tanımayı zorla tıran durumlar [92].

Gelişime açık bir biyometrik sistem olması ve kullanıcının vücuduyla bir temas olmaması dolayısıyla ilgi gören bir sistemdir.

İris tanıma sistemlerinin avantajları ise şunlardır [18]:

- İris yapısal olarak anne karnında üçüncü aydan itibaren oluşarak altıncı ayda gelişimini tamamlamakta ve doğumdan sonra iki-üç yıl içinde gelişimini tam olarak bitirmektedir. Bu dönemden sonra iris yapısal olarak değişimi yaşamamaktadır.
- İris de parmak izi gibi her kişide farklı olduğundan ayırt edici özelliğe sahiptir.

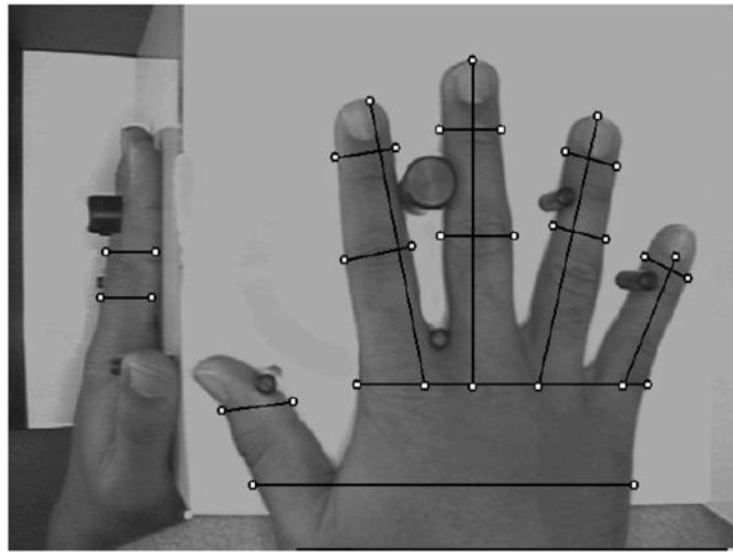
- irisin gelişimi embriyonun gelişimine bağlıdır. Genetik yapıya bağlı olmadığı için ikizlerde bile de ikilik gösterir. Hatta aynı kişinin sağ ve sol gözündeki iris yapıları bile farklıdır. Bu yüzden kişiler sistemin çalışması prensibine göre ya her zaman aynı gözle ya da her iki gözünü birlikte sisteme tanıtılmalıdır.
- iris; kornea, göz kapağı ve göz bebeği tarafından korunduğu için dış etkilere çok az etkilenmektedir.
- iris tanıma sistemi kişiye zarar vermez. Basit bir CCD kamera ile lazer veya benzeri görüntü alma tekniklerine gerek kalmadan tanımlanabilir.

#### 2.7.6. El geometrisi tanıma

Biyometrik sistemlerden biri olan el geometrisi tanımda, tanımlama yapabilmek için kişilerin el şekilleri kullanılır. Bu sistemde, kişinin el geometrisine dayanarak bir anahat oluşturulur. İstem önceliği ve el algoritmaları el görüntüsüne uygulanır [4]. Kişinin, elinin veya kullanılan sisteme göre iki parmağın geometrik yapısı analiz edilerek tanıma gerçekleştirilir. Bu sistemde belirleyici özellikler arasında parmakların uzunluğu, genişliği ve büküm noktaları vardır. Amerika'daki havaalanları ve nükleer güç istasyonları uygulama alanları arasında yer almaktadır [18].

Literatürde yer alan, ele dayalı tanımlama yöntemi kullanılan birçok çalışmada çeşitli el özellikleri ve avuç içi izi bilgisi kullanılmıştır. Örneğin, elden çıkarılan parmak uzunluğu, genişliği, avuç içi büyüklüğü, ayanın parmaklara göre genişlik oranı gibi bazı geometrik ölçüler kullanılmıştır [43, 44, 45]. Bir başka yöntem ise avuç içi izlerine önem verilerek, izler hayat ve kalp çizgilerine göre kaydedilip, düz çizgi yaklaşımlarına göre kıyaslanmıştır [46, 47].

ekle dayalı tanımda kaydedilen görüntülerin çakı tırılmasında çok hassas davranılması önem arz etmektedir. Gerekti inde döndürme ve ötelemeler yapılmalıdır. El, hareketli bir organ oldu u için parmakların ve elin pozisyonunun aynı olması gerekmektedir. Aksi takdirde tanıma başarısız olur. Bu nedenle özniteliklerin çıkarılmasından önce elin pozisyonunun aynı uzanı lara getirilmesi büyük önem ta ımaktadır.



ekil 2.16. El geometrisi tanıma [61].

El geometrisi tanıma da di er biyometrik yöntemler gibi yüksek do ruluk oranına sahiptir. El örüntüleri di er tanıma sistemlerindeki problemlere maruz kalmadan standart bir tarayıcıyla elde edilebilir. Ayrıca basit arayüzlü bir biyometrik sistemdir [35]. Fakat büyük ve a ır okuma cihazlarından dolayı yüksek maliyetli olu u dezavantajdır. Ayrıca kullanım açısından da, resmin alınma süresinin uzun olması nedeniyle yava ı lemesi de dezavataj olarak kar ımıza çıkmaktadır. Parma ı takılan yüzük gibi aksesuarlar, yara bandı gibi maddeler, yaralanma veya parmakların kaybedilmesi, gut veya kireçlenme gibi bazı hastalıklar sebebiyle de elin tanınması zorla ır. Çocuklarda ve el-ayakların çok hızlı büyüdü ü hastalıklarda da bu sistem uygulanamaz [18].

### 2.7.7. Avuç içi tanıma

Avuç içi tanıma gibi sistemler, el geometrisi üzerine yapılmı olan çalı malardan elde edilmi tir [48]. Parmak izi e leme algoritmaları ile avuç izi tanıma birbirlerini desteklemektedirler. Bu iki sistem de çizgilerin üzerinde olu an karakteristiklerle ve bireye özel bilgiler ile ölçülür. Yapılan ara tırmalar ve analizler sonucunda, avuç izi tanımanın, çok sık kullanılan parmak izi tanımayı tamamlayan bir biyometrik sistem oldu u ortaya çıkmı tır. Bu sonuçlarda ayrıca, suç i lenen yerde suçluların arkasında bıraktıkları izlerin %70'inin parmak izi, %30'unun ise avuç izinden olu tu u gözlemlenmi tir [108].

Parmak izi ve avuç izi tanımanın bir arada kullanıldı ı sistemler 1994 yılından beri ara tırmacıların büyük ilgi oda ı olmu tur. Parmak izine benzer bir ekilde avuç izi belirlenmesi de tepe çizgileri üzerinde bulunan bilgilerle ölçülür. Parmak izi ve avuç izi, sıralı bir ekilde kayıtlı olan ve tepe çizgileri üzerindeki yüksek ve sivri kısımları belirleyen koyu çizgilerden ve tepe çizgileri arasındaki vadileri gösteren beyaz çizgilerden olu ur.

Avuç izi tanıma sistemlerinde, bu belirtti imiz özelliklerden bir kısmı kullanılmaktadır. Parmak izi ve avuç izi belirlenmesinde kullanılan algoritmalar birbirleriyle benzerlik göstermektedir. Benzerlik gösteren bu algoritmalar üç a amada sınıflandırılmı tır. Bunlar:

- Korelasyona dayalı yöntemler [49]
- Özellik noktalarına dayalı yöntemler [50]
- Çizgilere dayalı yöntemler [51]

Özellik noktalarına dayalı e lemede; avuç izindeki belirli karakteristiklerin yer, yön ve uyum bilgileri belirlenir ve bu bilgiler kar ıla tırılır. Özellik noktalarına

dayalı algoritmalar daha kaliteli karakteristiklere göre çalışırlar. Avuç içi dokularını ve görsel özelliklerini kullanmazlar.

Çizgilere dayalı e lemede; avuç izi karakteristikleri haricinde doku özellikleri ve çizgilerin geometrik özellikleri de kullanılır. Çizgilere dayalı algoritmalarda, çözünürlü ü yüksek sensörler ile kaliteli resimler elde edilir. Çizgilere dayalı yöntemlerin ayırt edici özelli i, özellik noktalarına dayalı yöntemlerin ayırt edici özelli inden çok daha azdır.

Korelasyona dayalı algoritmalar, di erlerinden daha hızlı çalışırlar. Ama avuç izinde veya avuç izi karakteristi inde olu abilen bozulmalara, yer de i tirmelere kar ı daha az toleranslıdırlar.

Avuç içi özellikleri iki a amada belirlenir. Bunlar; görüntü i leme ve yorumlamadır. Görüntü i leme yapılırken sırasıyla, avuç içi sınırlarının bulunması, görüntünün ikile tirilmesi, el parmaklarının görüntüden ayrı tırılması, avuç içi bölgesindeki tüm kenar bilgilerinin olu turulması, gürültü azaltma, inceltme ve görüntü kenar bilgilerindeki kopukluk ve çatalla maları gidermek için onarma yapılır. Bu i lemlerin sonunda tanıma için gerekli olan avuç içi çizgi hatları belirlenir. Sonrasında ise ön sınıflandırma yapmak için görüntü i leme modelinin üretti i avuç içi yapısındaki dört ana çizgi incelenir. Elde edilen bu çizgilerden ili kisel grafa dayalı bir model olu turulur ve sınıflandırma yapılarak tanıma gerçekle tirilir.

Wu ve arkadaş ları [106] 2002 yılında yaptıkları çalış malar neticesinde unları gözlemleridir:

- Çözünürlükleri farklı olan avuç izindeki tepe çizgilerinin her birinin farklı özellikler gösterdikleri ortaya çıkmı tır.
- Ana çizgilerin kalınlı ı daha fazla oldu u için incelenmeleri dü ük çözünürlükte gerçekle ebilir.



- Kıvrık çizgiler ise ana çizgilere göre daha incedir. Dolayısıyla orta çözünürlükte analiz edilebilirler.
- En ince olanı da detay çizgileridir. Ancak yüksek çözünürlükte incelenebilirler.
- Bu niteliklerin diğer bir karakteristiği de 'yönelimsel özellik' tir.

Avuç içi, büyük görüntü alanına sahiptir. Fakat morfolojik yapısı sayesinde daha basit ve hızlı şekilde onarılmaktadır [3].

Avuç izi de parmak izleri gibi her iki şekilde farklıdır ve birbirine özgüdür. Avuç içi tanıma sistemlerinin uygulama alanları arasında, otomatik kilitler, oy verme sistemleri ve akıllı silahlar sayılabilir.

Ayrıca, son yıllarda yapılan araştırmalarda, biyometrik gelirlerin artması ve avuç içi tanıma teknolojisinin çok fazla avantajları olduğu ortaya çıkmıştır. Bu sebeple avuç içi tanıma algoritmaları geliştirilmeye başlanmıştır. Avuç içi tanıma yeni bir biyometri alanıdır. Bu sistemde farklı algoritmaların performansını karşılaştırmak için ortak bir veritabanı gerekmektedir. Fakat ortak bir veritabanı tam anlamıyla sağlanamamıştır [4].

Avuç içi, istenilen platforma doğru bir şekilde yerleştirildiği için avuç içi uygulamalarında çok küçük bir hatalı kayıt oranı beklenir. Bu sebeple de basit kullanıcı-sistem etkileşimi ile bir sisteme sahip olmak mümkündür. Umut verici bir biyometrik teknoloji olan avuç içi taramada, avuç içi parmak izine benzer bir deriyle kaplı olduğu için yüksek bir kesinliğe sahiptir. Bu nedenle avuç içi tarama teknolojisi genel olarak kabul görmüştür. Avuç içi tanımanın avantajları arasında kolay ve maliyeti düşük teknolojilerle gerçekleştirilmesi ve kolay uygulanması yer almaktadır. Kullanıcı-bilgisayar etkileşimi basit olduğundan sifıra yakın hatalı kayıt oranı vardır [4].

### 2.7.8. İmza Tanıma

Kişilerin, bir yazının altına o yazıyı okuduğunu, yazdığını veya onayladığını belirtmek için kullandığı imza, hayat boyu birçok kez kullanılır. Hukuki olarak büyük yaptırımlarının olması ve taklit edildiğinde kişi iyi borçlu çıkarabilmesi, mal varlığının başkasına devredilmesi, işlemediği suçtan hüküm giymesi gibi olumsuzluklara neden olabildiği için hayatı önem taşıır. Bu sebeple, kimlik doğrulamada en fazla kullanılan yöntem olan imzanın kişiye ait olup olmadığının kanıtlanması önemli bir sorundur. Bu yüzden imza tanıma sistemleri oluşturulmuştur [18].

İmza tanıma sistemi ilk olarak 1965’de geliştirilmiştir [52]. 1970’lerde yapılan çalışmalarda imzanın nasıl görüldüğü üzerine de il, nasıl atıldığı üzerine yapılmıştır. İmza atımı gibi dinamik karakteristiklere olan ilgi, dokunmaya duyarlı teknolojinin gelişmesiyle artmıştır [53].

İmza, en sık kullanılan yöntem olduğu için, atılan imzanın kim tarafından atıldığıının bulunması önemlidir. İmza tanıma sistemleri doğrulamak için iki tip bilgi kullanabilir: Birincisi; imzalama süresi, hızı, ivmesi, kalemin basım baskı gücü gibi kişinin imzalama işlemine ait özellikler, ikincisi; desen olarak imzanın özellikleridir. İmzayı taklit eden kişi imzanın desenini benzetse bile imza atım şeklini (süresi, hızı, ivmesi, kalemin basım baskı gücü) benzetemez. Bu sistemin dezavantajı olarak sistemin, kullanıcının imza atım şeklini öğrenemesi için yeterli miktarda örneğe ihtiyaç duyması gösterilebilir. Ayrıca imza atımı, kişinin o anki ruh haline ve acelesi olup olmadığına göre de kişilik gösterebilir [18].

### 2.7.9. Ses tanıma

1950'li yıllarda konuşma tanıma; sonraki yıllarda ise konuşmacı tanıma konusunda yöntemler belirlenmiştir [54, 55].

Kişiler günlük yaşamlarında sesi çok fazla kullanmalarına rağmen biyometrik sistemlerde sesin kullanılması çok sıklıkla sonuçlar vermemektedir. Ses tanıma bileşenleri kişinin ses yoluna bağlıdır. Ağız, gırtlak, dil ve nazal bölgenin birlikte çalışmasıyla ses üretilir. Sesin akustik ortamı hava yolunun karakteristiklerinden oluşur. Ağız hareketi ve telaffuzdaki kişinin davranışına ait bileşenlerdir.

Ses tanıma için kullanılan yöntemler iki çeşittir. Bunlar:

- Metin bağımlı yöntemler,
- Metin bağımsız yöntemler.

Sistemlerin metin bağımlı veya metin bağımsız olması, ses ile kimlik tanıma ve doğrulama konusunda bir ayırım kriteri olmaktadır.

Metin bağımsız sistem: Çeşitli yöntemlerle her birey için farklı modeller oluşturulup, sonrasında doğrulama aşamasında gelen biyometrik veri, belirlenen modeller ile benzerlik derecelerine göre karşılaştırılır [56]. Metin bağımsız sistemde kişiye dayalı modeller oluşturulur. Gereken bütün sesli parolalarda kullanılacak konuşmaların o birey tarafından önceden söylenmesi gerekmektedir. Yani zaman alıcı ve zahmetli bir süreçtir.

Metin bağımlı sistem: Kimlik şablonu oluşturmak için sadece kullanılacak metin tekrar edilerek referans oluşturulur. Metin bağımlı sistem kullanarak tasarlanan bazı çalışmalarında ses ile kimlik tanıma ve doğrulama %4 hata ve daha altında hata oranı ile gerçekleştirilmiştir [57-60].

Ses tanıma sistemleri çok tercih edilmezler. Bunun sebepleri arasında, sa lık durumuna ve duygusal duruma ba lı olarak meydana gelebilecek de i iklikler ve büyük veritabanı gereksinimi yer almaktadır [61].

Sese dayalı tanımda çevresel etkenler ve sinyal karı ımları gibi problemler tanıma i leminin ba arısını dü ürmektedir [35].

### 2.7.10. Damar tanıma

Damar örüntüleri, teklik, de i mezlik ve taklit edilemezlik gibi özelliklere sahip oldu u için güvenilir ve inandırıcıdır.

El damar biyometrisi hakkında literatürde fazla çalı ma yoktur [62]. El-damar a ı tarama sisteminde sadece eldeki damar tabakaya odaklanılmı tır. Bu nedenle bireyin elinde yanık, kesik gibi etkenler olsa bile bunun bir önemi yoktur, sistem etkilenmez. Yapılan ara tırmalar sonucunda ikizlerin bile damar yapılarının farklı oldu u ve ya amları boyunca de i medi i kanıtlanmı tır [63]. Sistemin avantajları:

- Di er biyometrik sistemlere göre daha pratik bir kullanımı vardır.
- Parmak izi tanımda oldu u gibi el-damar tarama da IR ı nları sayesinde verinin cansız olması durumunda tepkisiz kalır. Bu da sistemi daha güvenilir hale getirmektedir.

Sistemin dezavantajı ise; kullanıcının kilo alıp-vermesi durumunda el-damar a ı yapısı de i ebildi inden e le me problemi ya anabilmesidir. Kızılötesi ile damar yapısının kaydedilmesi ve referans noktalarının fazlala tırılması ile bu problem a ılabilmektedir.

Damar haritalarını karşılaştırırken ellerin duru ve konumlarını birbir örtü türmek gerekir. Fakat eller sabitlenmedi inden her çekimde farklı konum ve yönelimlerde bulunabilir. Bu yüzden eller önce arka plandan ayrı tırılır. Sonra elin tümü sabit yöne döndürülerek parmak eksenleri ve uçları saptanır. Kırpılan bilek tamamlanarak parmaklar standart yöne döndürülür [65-66].

El damarlarını görüntülemek için yakın kızılötesi ve uzak kızılötesi görüntüleme teknolojileri kullanılmaktadır. Uzak kızılötesi bandı 8-14 µm aralı ında çalışır. Uzak kızılötesi büyük damarları görüntülemeye yararlıdır, fakat ortam koşullarına karşı daha duyarlıdır. Bu nedenle de kararlı bir görüntü kalitesi sağlanamaz [64]. Yakın kızılötesi bandı ise 400-700 nm aralı ında çalışır ve hem elin arka yüzündeki, bilekteki ve avuç içindeki damarları görüntülemeye yüksek başarı sağlar, hem de çevre koşullarına ve vücuttaki de işiklere karşı daha toleranslıdır. Yakın kızılötesi bandının dezavantajı, deri üzerindeki kıllar gibi deri özelliklerinden daha fazla etkilenmesidir.

## **2.8. Biyometrik Sistemlerin Karşılaştırılması**

En uygun biyometri tabanlı kimlik tanıma sistemi, kimlinin kimliğini benzersiz şekilde doğrulayabilmeli veya veritabanında güvenilir, verimli ve isabetli şekilde tanıma sağlamalıdır. En fazla kullanılan biyometrik özellik parmak izi, en güvenilir biyometrik özellik ise iris tanımadır. Fakat avuç içi tanımayı diğer biyometrik sistemlerden üstün kılan özellikler, ihtiyaç duyulan görüntülerin düşük maliyet gerektiren işlemlerle toplanması, görüntü örneği alınırken görüntüde bozulma olmaması, yanlış kabul ve yanlış red oranlarının makul düzeylerde olmasıdır [13].

Çizelge 2.3'de bazı biyometrik teknolojilerin genellik, eşsizlik, ölçülebilirlik, performans, kabul edilebilirlik ve aldatılabilirlik açısından karşılaştırılması verilmiştir.

Çizelge 2.3. Biyometrik teknolojilerin karşılaştırılması [61].

Biyometrik Özellik	Genellik	Erişilebilirlik	Süreklilik	Ölçülebilirlik	Performans	Kabul Edilebilirlik	Aldatılabilirlik
Kulak	Orta	Orta	Yüksek	Orta	Orta	Yüksek	Orta
Yüz	Yüksek	Düşük	Orta	Yüksek	Düşük	Yüksek	Yüksek
Parmak izi	Orta	Yüksek	Yüksek	Orta	Yüksek	Orta	Orta
İris	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Orta	Yüksek	Düşük	Düşük
Retina	Yüksek	Yüksek	Orta	Düşük	Yüksek	Düşük	Düşük
Ses	Orta	Düşük	Düşük	Orta	Düşük	Yüksek	Yüksek
İmza	Düşük	Düşük	Düşük	Yüksek	Düşük	Yüksek	Yüksek
Yürüyüşü	Orta	Düşük	Düşük	Yüksek	Düşük	Yüksek	Orta
El damarları	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta	Düşük
DNA	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Düşük	Yüksek	Düşük	Düşük
Yüz termogramı	Yüksek	Yüksek	Düşük	Yüksek	Orta	Yüksek	Düşük
El geometrisi	Orta	Orta	Orta	Yüksek	Orta	Orta	Orta
Klavye alışkanlığı	Düşük	Düşük	Düşük	Orta	Düşük	Orta	Orta
Koku	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Düşük	Düşük	Orta	Düşük

## 2.9. Parmak izi Tanıma Algoritma Çeşitleri

Parmak izi tanıma algoritmaları genel olarak üçtür [13]:

- Korelasyon bazlı,
- Ayrıntı (Minutiae) bazlı,
- Tepe (Ridge) bazlı algoritmalar.

Korelasyon bazlı algoritmalar: İki farklı parmak izine ait çizgi ve oluk-kırık modelleri karşılaştırılır.

Ayrıntı (Minutiae) bazlı algoritmalar: Önce parmak izindeki özellik noktalarının (çatallar, hat sonları vb.) yerleri belirlenir. Sonrasında bu belirlenen ayrıntılar oluşturmaya göre karşılaştırılır.

Tepe (Ridge) bazlı algoritmalar: Tepeye özel olan eğilim ve yön bilgileri bulunarak eşleştirme yapılır.

Korelasyon bazlı tekniklerde kayıt noktasının yer bilgisi bilinmelidir. Bu teknik kullanılırken resmin döndürülmesi ve çevrilmesi etkilidir. Ayrıntı ve tepe bazlı tekniklerde parmak izi resimleri düşük çözünürlükte ise ayrıntıları ve çizgileri ayrı tırma zorlanır. Bu iki teknikte önleme, çözünürlüğü artırmak için gereklidir.

## 2.10. Parmak izlerinin Sınıflandırılması

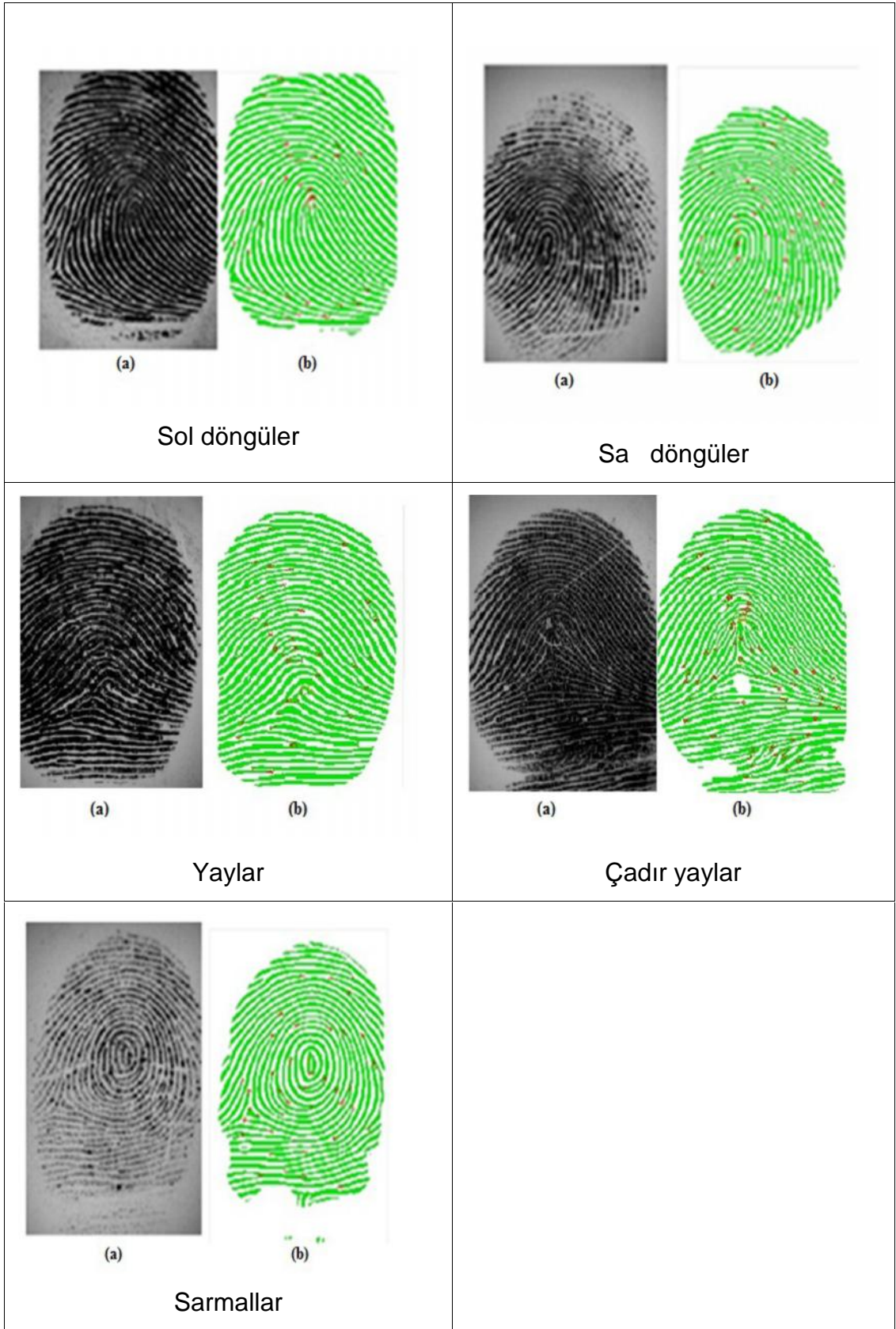
Bir kişinin parmak izinin otomatik parmak izi tanıma sisteminde tanınabilmesi için öncelikle o kişinin parmak izi sisteme kaydedilmelidir ve kişi sisteme girmek istediğinde, kişinin parmak izi veritabanındaki tüm kayıtlarla tek tek

kar ıla tırılmalıdır. Parmak izi veritabanının çok büyük oldu u durumlarda tanıma i lenmi çok yüksek geri dönü süresi ile cevap vermektedir. te bu süreyi kısaltma amacıyla, veritabanına aktarılan parmak izi görüntülerinin sınıflara ayrılarak kaydedilmesi önem arz etmektedir. Böylelikle giri yapmaya çalı an ki iye ait parmak izi görüntüsü tüm kayıtlarla kar ıla tırılmayarak sadece kendi sınıfına ait parmak izi kayıtlarıyla kar ıla tırılacaktır.

Parmak izi sınıflandırma kuralları 1823 yılında Purkinje tarafından ortaya atılmı tır [98]. Bu sınıflar dokuz adettir. Galton tarafından önerilen ve ilk bilimsel çalı ma olan öneride ise parmak izleri yay, döngü ve sarmal olmak üzere üç gruba ayrılmı tır. Galton'un çalı masını geli tiren Henry ise bu sınıfları be e çıkarmı tır. Henry-Galton sınıflandırma yöntemi dünya çapında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yapılar sol döngü, sa döngü, yay, çadır yay ve sarmal olmak üzere be sınıfa ayrılmaktadır. Parmak izi sınıflarına ait örnek parmak izleri ekil 2.17'de verilmi tir. ekillerde (a) ile belirtilen parmak izi görüntüleri orijinal, (b) ile belirtilen görüntüler ise i lenmi parmak izi görüntüleridir.

Sa ve sol döngü sınıfına ait parmak izlerine ait çizgiler bir taraftan ba layıp dolaarak aynı tarafta biter. Döngünün sa a veya sola yatık olma durumuna göre de sa ve sol döngü olarak adlandırılmaktadır. Bu yapıda delta olu maktadır.





ekil 2.17. Parmak izi sınıflarına ait örnek parmak izleri

Yay sınıfında, parmak izi çizgileri bir taraftan başlayıp küçük bir yükselti oluşturduktan sonra diğer taraftan biter. Yay sınıfına ait parmak izlerinde döngü ve delta yoktur.

Çadır yay sınıfı yay sınıfına çok benzemekle birlikte parmak izi yüksek bir eğim ile döngü ve delta oluşturur.

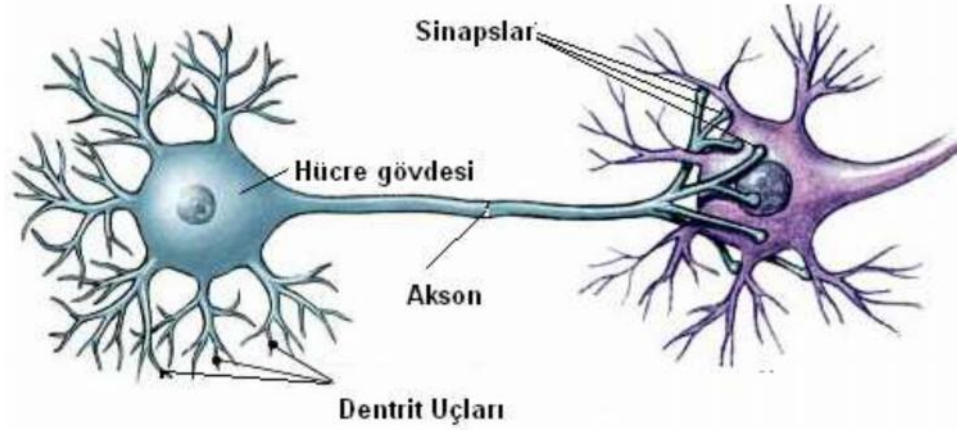
Sarmal sınıfındaki parmak izlerinde ise çizgi 360 derece yaparak parmak izinin merkezinde birleşir. Bu yapıda iki döngü veya iki delta bulunabilmektedir.

### 3. YAPAY SINIR A LARI

Yapay Sinir A ları insan beyninin fizyolojik yapısından yararlanarak oluşturulmuş bilgi işleme modelidir. YSA hem mühendislikte hem de pratik uygulamalarda kullanılmaktadır. YSA örneğin öğrenme ve öğrendiğini genelleme özellikleriyle birçok alanda popüler hale gelmiştir. Kullanılan alanlar arasında bilgisayar, makine, elektrik, elektronik, endüstri, biyomedikal mühendislikleri, tıp, matematik, fizik ve sosyal bilimler bulunmaktadır. Birçok alanda yaygın olarak kullanılmasının sebebi çok boyutlu, karmaşık ve belirsiz verilere sahip problemlere makul çözümler bulmasıdır [61]. Bu bölümün alt başlıklarında biyolojik sinir a ları ve YSA hakkında genel bilgiler, YSA'nın özellikleri, YSA yapıları, aktivasyon fonksiyonları, YSA sınıfları, öğrenme algoritmaları ve k-kat çapraz doğrulama detaylı olarak sunulmaktadır. Bu bölümün bir kısmında Sayın Hocam İbrahim SAĞIROĞLU'nun danışmanlığı yapıldığı Necla ÖZKAYA'nın doktora tezinden faydalanılmıştır.

#### 3.1. Biyolojik Sinir A ları

Bu alandaki ilk çalışmalar bir sinir hücresinin yapısı ve birbiri ile iletişimlerinin nasıl sağlandığı hakkında olmuştur. Bu çalışmalar YSA'nın oluşturulmasına katkı sağlanarak günümüzdeki teorik gelişime katkıda bulunmuştur. Biyolojik sinir sistemi bilgiyi alan, yorumlayan ve uygun kararı veren merkez ve bu merkezin kontrolündeki alıcı ve tepki sinirlerinden oluşur [99]. Alıcı sinirler iç ve dış ortamlardan aldıkları uyarıları elektriksel sinyaller halinde beyne iletirler. Tepki sinirleri ise beyin ürettiği elektriksel sinyalleri gerekli tepkilere dönüştürürler. Biyolojik sinir hücresinin yapısı şekil 3.1'de verilmiştir. Biyolojik sinir hücresine nöron da denilmektedir. Nöronlar sinir sisteminin temel birimidir. Hücre çekirdeğini saran hücre gövdesi, gövdeye giren sinyal alıcı (dendrit) ve hücreden çıkan sinyal ileticiler (akson) nöronları oluşturur.



ekil 3.1. Biyolojik sinir hücresinin yapısı

### 3.2. Yapay Sinir Ağlarının Temel Özellikleri

Birçok alanda başarıyla kullanılan ve çözümler sunan YSA'ların dorusal olmama, öğrenme, adaptasyon, genelleme, tahmin etme, hata toleransı, hem donanım hem de yazılım olarak gerçekleştirilebilir gibi özellikleri vardır. Bu özellikler aşağıda kısaca açıklanmıştır.

*Dorusal olmama:* YSA'ya ait olan hücre dorusal olmayabilir. YSA da hücrelerin birleşiminden meydana geldiği için dorusal değildir. Dorusal olmama tüm ağa yayılmıştır. Yapay sinir ağlarının, dorusal olmayan sistemlerde doğru ve hızlı tahmin etme, kaliteli sonuç üretme özelliği olduğundan birçok alanda başarıyla uygulanmaktadır. Böylelikle sadece mühendislikte değil, pek çok alanda başarıyla uygulanmaktadır.

*Öğrenme:* Klasik algoritmaların çoğu, formüllerin hesaplanması ile, aynı girdiler için aynı çıktıları üretirler. Klasik algoritmalarda tam olarak tanımlı olmayan problemler için çözüm bulunamaz fakat YSA bu problemlerin çözüm yöntemi hakkında bilgi verilmese dahi çözebilir. Bunu yapabilmek için YSA'nın ihtiyaç duyduğu şey, örnek bir giriş-çıkış veri setinin sisteme verilmesidir. Çünkü YSA bu giriş-çıkış verileri arasında ilişki kurabilir ve

ele tirme yapabilir. Ö renme, sistemlerin aynı veya benzer i i yaptıklarında, daha önce yapılan ekilden daha verimli ve etkin yapılabilmesi için de i iklikleri olu turma sürecidir. Bunu yapmak için uygun YSA yapısının ve parametrelerin seçilmesi, sinir hücreleri arasında do ru ba lantıların yapılması ve ba lantıların uygun a ırlıklara sahip olması sa lanır [99].

*Adaptasyon:* YSA kendini çevre ko ullarına göre ayarlayarak adapte olabilir. Bu özellikten yeterince faydalanabilmek için temel zaman aralıkları çok küçük de i iklikleri göz ardı edebilecek kadar uzun ve anlamlı, çevre de i ikliklerine tepki verebilecek kadar da kısa seçilmelidir.

*Genelleme yapabilme:* YSA e itim sırasında kar ıla madı ı örnekler için de test sırasında cevap üretebilir. E itimi tutarlı yapıldı ı sürece daha önce hiç görmedi i bozuk ve eksik bir bilgi, giri ı olarak verilse bile do ru bir çıktı verebilir.

*Hata toleransı:* YSA ufak hatalardan etkilenmez. Bu özelli iyle insan beynine benzeyen YSA, fiziksel ve mantıksal hata toleransı sa lar. YSA'nın bazı ba lantıları veya bazı hücrelerinin etkisiz hale gelmesi, YSA'nın do ru sonuç üretmesini önemli ölçüde etkilemez. Bunun sebebi YSA'da bilgi tek bir yerde saklanmayıp paralel yapıllı olan sisteme da ıtılmı tır.

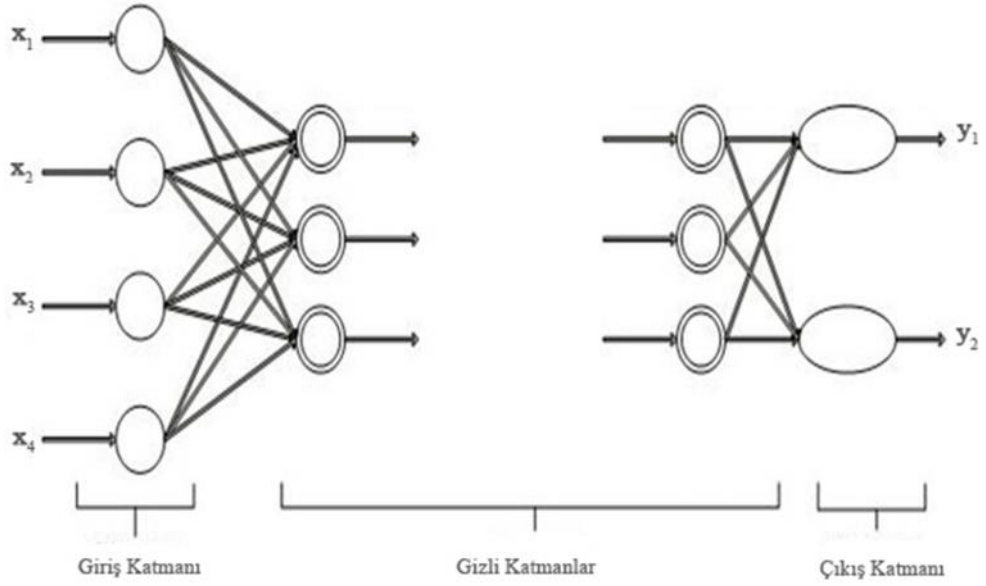
*Yazılım ve donanım olarak uygulanabilirlik:* Çok büyük ölçekli entegre devre (VLSI) uygulamaları YSA ile yapılabilir. Yazılım olarak da bilgisayarlarla gerçekleştirilebilir. Böylelikle ileri düzeyde veri i leme teknolojisi sayesinde hızlı i lem yapabilir.

*Analiz ve tasarım birli i:* Hücrenin yapısı ve modeli, tüm YSA yapılarında yakla ık olarak aynıdır. Farklı uygulamalarda da bu standart yapıllı hücreler kullanılmaktadır. Böylelikle benzer ö renme algoritmaları ve teorileri farklı uygulamalarda kullanılabilir.

Bu önemli avantajlara sahip olan YSA'ların bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Örneğin YSA'lar oluştuktan sonra bir bilgi içermediği için herhangi bir problem için direkt kullanılamaz. Bunun için öncelikle YSA problemin giri ve çıkılarına göre seçilmelidir. Ayrıca bağlantı koollarından bağımsız olarak çok kolay olsa bile problem çözemezler. Çünkü karar verirken sadece önceden örendiği koollarına göre çözüm üretirler. Eğitimde kullanılan örneklerin daha sonraki problemleri çözmesinde etkili olmasından dolayı eğitim verisi kaliteli olmalı, yanlış veya eksik bilgi içermemesi ve tüm veri uzayını kapsamaması gerekir. YSA'nın giri ve çıkı arasındaki ilişkiyi bulma veya öğrenme ekli, ağırlıkların değiştirilmesi ile olduğundan YSA'nın problemi nasıl çözdüğünü bilinmemektedir. Bu da YSA'nın dezavantajlarından biridir.

### 3.3. İemci Eleman

Biyolojik sinir sistemindeki nörona benzeyen YSA birimine İemci eleman denir. Ağ yapısı oluşturulacak şekilde birbirine bağlantı ekli YSA'nın temelini oluşturur. Bu elemanlar genelde tamamen veya kısmen bağlantılı sıralı katmanlar şeklinde düzenlenmiştir [99]. İemci eleman kendine gelen girişleri toplar ve girişlerin toplamı ekli deeri ağırlıkları zaman zaman bir sonuç üretir. Şekil 3.2'de İemci eleman yapısı gösterilmiştir.

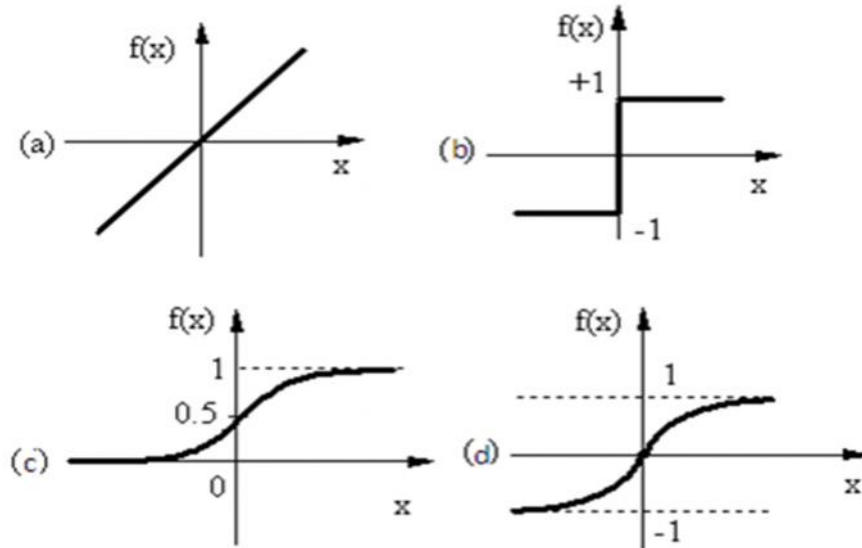


ekil 3.2. lemci eleman[100]

### 3.4. Aktivasyon Fonksiyonları

Aktivasyon fonksiyonları, YSA'da çıkı ın istenilen de erler arasında olmasını sa lamak için kullanılan ö renme e rileridir [99]. Bu de erler genelde  $[0,1]$  veya  $[-1,1]$  arasındadır. YSA'nın istenen yakla ımı sa layabilmesi için ara katman ve çıkı katmanlarında aktivasyon fonksiyonları kullanılması gerekmektedir. Aktivasyon fonksiyonunun görevi giri lerin alan sınırlandırmasının yapılmasıdır. YSA'larda bu fonksiyonların kullanılabilmesi için giri verilerinin normalize edilerek 0 ile 1 arasındaki reel sayılara dönü türülmesi gerekmektedir. Do rusal, basamak, sigmoid ve tanjant hiperbolik fonksiyon olmak üzere dört aktivasyon fonksiyonu çe idi vardır. Do rusal aktivasyon fonksiyonunda, çıkı giri e e ittir. Basamak fonksiyonunda, fonksiyon giri de eri sıfırdan büyükse çıkı +1, giri sıfırdan küçükse çıkı -1, giri sıfıra e it ise çıkı sıfır de erini vermektedir. Sigmoid fonksiyonlar YSA'larda en çok tercih edilen ve sadece pozitif de erler üreten fonksiyonlardır. Tanjant hiperbolik fonksiyon da sigmoid fonksiyona benzer fakat +1 ile -1 arasında çıkı de erleri üretir. Böylelikle giri uzayının

geni letilmesinde etkin bir görev üstlenir. ekil 3.3'de sıkça kullanılan aktivasyon fonksiyonları verilmi tir.



ekil 3.3. Aktivasyon fonksiyonları (a) Doğrusal (b) Basamak (c) Sigmoid (d) Tanjant hiperbolik [101]

### 3.5. YSA'ların Sınıflandırılması

YSA'da var olan işlemci elemanlar arasındaki bağlantıların yapısı, ağın yapısını belirlemektedir. YSA'lar yapılarına ve öğrenme algoritmalarına göre sınıflandırılabilir [99].

#### 3.5.1. YSA'ların ağ yapılarına göre sınıflandırılması

Yapay sinir ağları ağ yapılarına göre ileri beslemeli ve geri beslemeli olmak üzere ikiye ayrılmaktadır [102].

*İleri Beslemeli Ağ* : İleri beslemeli ağlarda işlemci elemanlar katmanlar eklindedir. Girişler tek yönlü olarak çıkışa iletilerek her katman çıkışı diğer katmana giriş olarak uygulanır. Giriş katmanı, dış ortamdan gelen bilgiyi de işleme yapmadan ara katmandaki işlemci elemanlara verir. Bu bilgi ara

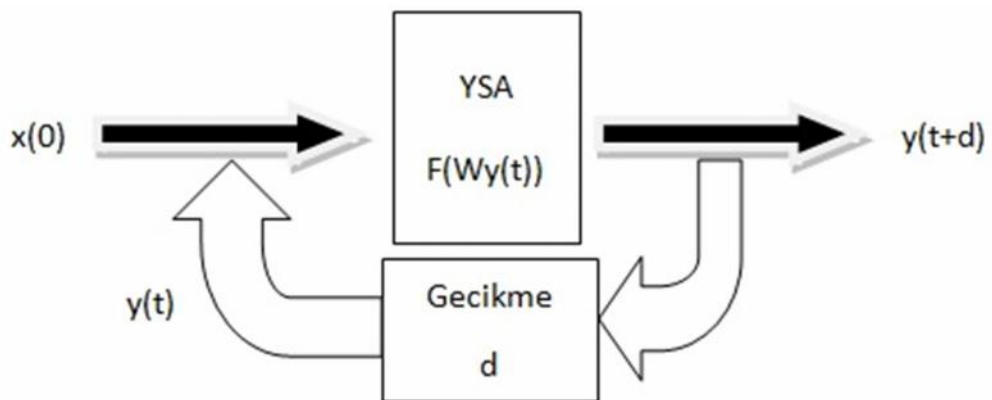


katman veya katmanlarda ilerlenerek çıkış katmanına, sonrasında ise a çıkışına verilir. MLP (Multi Layered Perceptron) ve LVQ (Learning Vector Quantization) yapıları bu yapıya örnek olarak verilebilir. İleri beslemeli yapı şekil 3.4'de verilmiştir.



Şekil 3.4. İleri beslemeli yapı [103]

*Geri Beslemeli A* : İleri beslemeli yapıların, giriş ve ara katmanlardan en az birinden kendisine veya diğer ileri beslemeli elemanlara geri beslenerek giriş olarak uygulanan yapıya geri beslemeli yapı denir [104]. Geri beslemeli bir YSA, çıkışların girişlere bağlanmasıyla ileri beslemeli YSA'dan elde edilebilir. Bu yapıya örnek olarak Hopfield, SOM (Self Organizing Map), Kohonen, Elman ve Jordan yapıları verilebilir. Şekil 3.5'de geri beslemeli bir yapı gösterilmiştir.

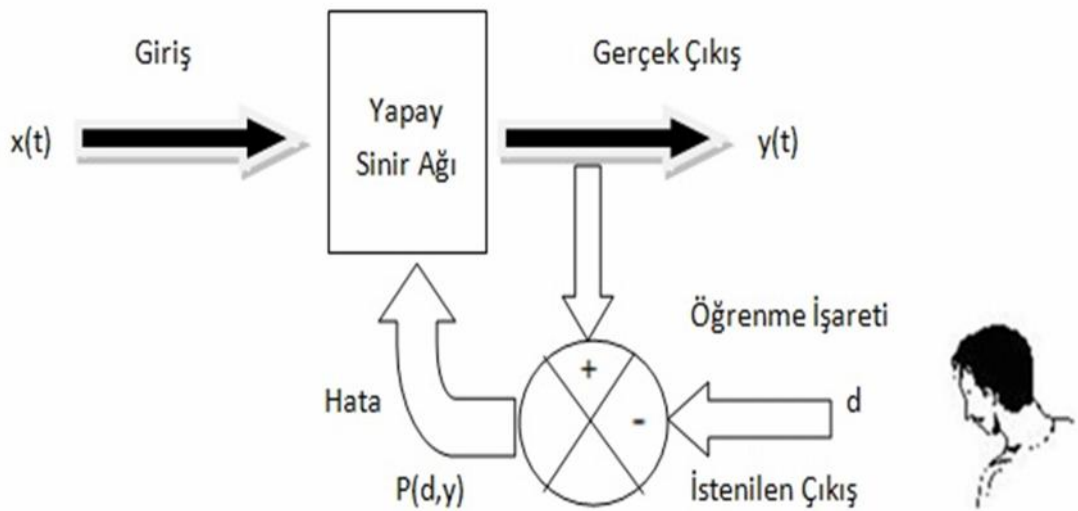


Şekil 3.5. Geri beslemeli yapı

### 3.5.2. YSA'ların öğrenme algoritmalarına göre sınıflandırılması

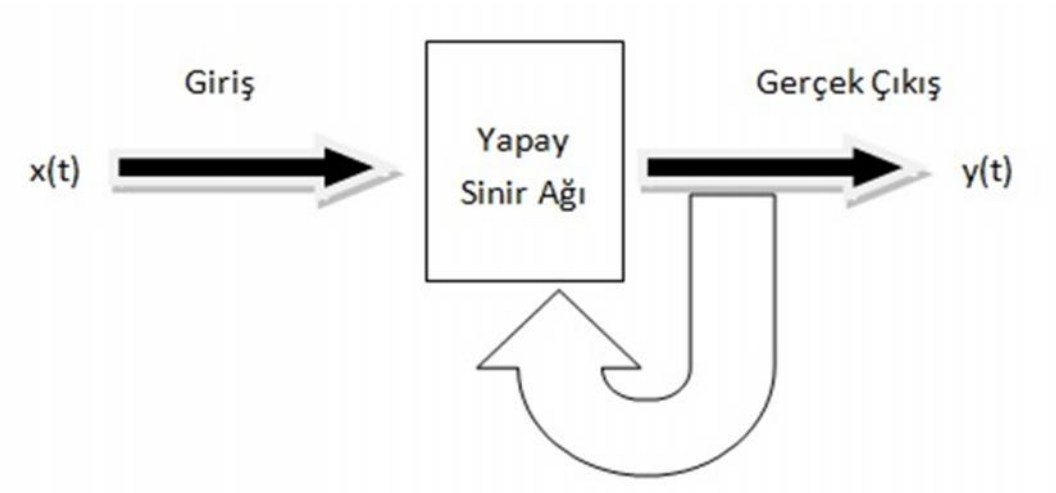
Öğrenme algoritması, problemin özelliğine göre öğrenme kuralının YSA'ya nasıl uygulanacağını belirler. Üç öğrenme algoritması (metodu) vardır. Bunların da de i ik öğrenme kuralları vardır.

*Danı manlı Öğrenme Metodu:* Sistemin eğitiminde kullanılacak, doğru örnekler vardır. Bu sayede, istenilen çıkışı elde edebilmek için problemin yapısını ve ortamın davranışlarını içeren uygun bir eğitimci giriş-çıkış seti kullanılarak sistemi eğiten bir sistem söz konusudur. ekil 3.6'da verilen arzu edilen çıkış değerleri ile sistemin gerçek çıkışları arasındaki fark hatadır ve bu hata YSA a ırlıklarının tekrar düzenlenmesinde kullanılır. Danı manlı öğrenme metodunda, bir danışmana ihtiyaç vardır. Böylelikle giriş ve çıkışlarda, YSA'nın eğitiminin tamamlanması ve doğru sonuç elde edilebilmesi için, öğrenme kuralı seçilerek eğitim gerçekleştirilir. Bu öğrenmeye örnek olarak, delta kuralları ve geri yayılım algoritması verilebilir.



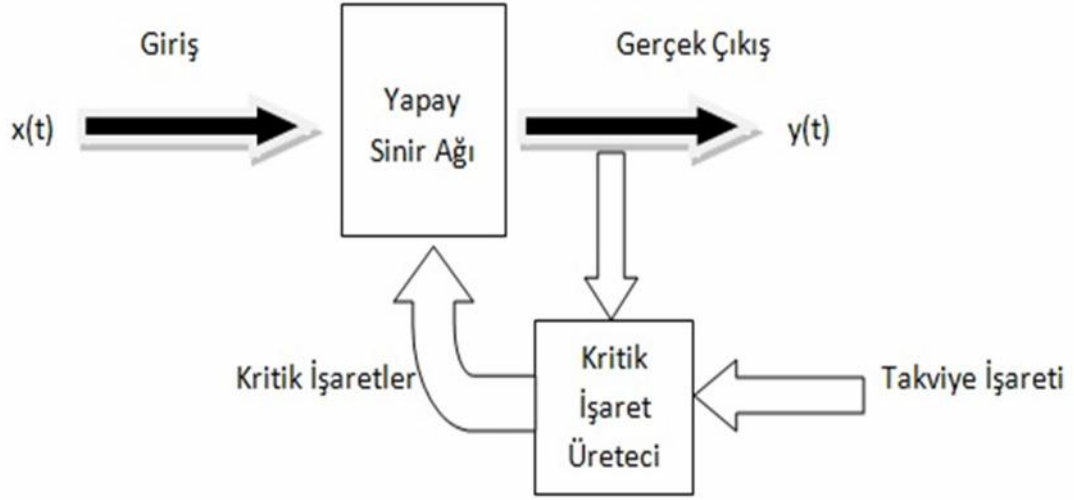
ekil 3.6. Danı manlı öğrenme metodu [105]

*Danı mansız Ö renme Metodu:* Probleme ait giri bilgileriyle ö renme sa lanır. Giri bilgilerine göre, a ö renme kurallarını kendisi geli tirir. Bu metoda örnek olarak ART (Adaptif Rezonans Teorisi) ve SOM (Self Organizing Map) verilebilir. ekil 3.7'de danı mansız ö renme yapısı verilmi tir.



ekil 3.7. Danı mansız ö renme metodu [105]

*Takviyeli Ö renme Metodu:* Danı manlı ö renme metodunun özel bir formudur, fakat bu yöntemde arzu edilen çıkı bilinmeyebilir. Çıkı ın elde edilmesi için bir hedef yoktur, fakat çıkı ın giri e uygunlu u kontrol edilmektedir. Bu metoda örnek olarak Boltzman kuralı ve genetik algoritma verilebilir. ekil 3.8'de takviyeli ö renme yapısı verilmi tir.

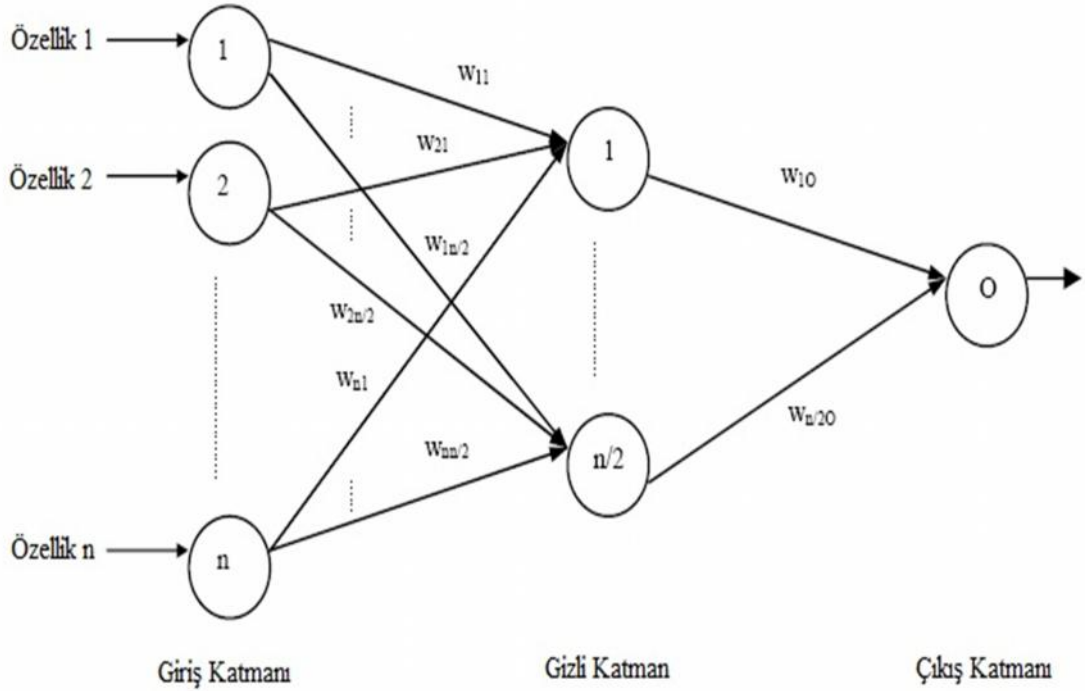


ekil 3.8. Takviyeli öğrenme metodu [105]

### 3.5.3. Yapay sinir ağı yapıları

Yapay sinir ağı yapılarından en çok kullanılanlar; SLP, MLP ve Elman yapılarıdır. Bu yapıları aşağıda kısaca tanımlanmıştır.

**SLP ve MLP Yapıları:** Tek katmanlı perseptronlar (SLP) ve çok katmanlı perseptronlar (MLP), bir giriş, bir veya daha fazla ara katman ve bir de çıkış katmanından oluşur. Bir katmandaki tüm işlem elemanları, bir üst katmandaki tüm işlem elemanlarına bağımlıdır. Bilgi akışı ileri doğrudur. Katmanlar arasında geri besleme olmadığı için, ileri beslemeli sinir ağı olarak bilinir. MLP'de, giriş katmanında işlem yapılmamaktadır. Sadece giriş sinyalinin, ara katmandaki nöronlara dağıtılmasını sağlar. Ara katman sayısı ve ara katmandaki işlem elemanı sayısı, genellikle deneme yoluyla bulunur. Çıkış katmanındaki eleman sayısı, uygulanan probleme göre belirlenir. Danışmanlı öğrenme MLP yapılarında, verilen örneğe göre nasıl bir sonuç istendiği sisteme bildirilir [104, 111]. ekil 3.9'da MLP ağı yapısına örnek verilmiştir.



ekil 3.9. MLP a yapısına bir örnek.

*Elman Yapısı:* Elman a ı MLP'lere benzemektedir ve çok katmanlıdır [99]. Gizli katmana ek olarak, durum katmanı veya genel birim denilen özel bir gizli katman vardır. Durum katmanındaki i lemci elemanlarının çıkı ları, gizli katmandan veya çıkı katmanından geri besleme i aretleri alarak, ileriye do ru gizli katmana vermektedir.

### 3.6. Ö renme Algoritmaları

Literatürde YSA'ları e itmede pek çok ö renme algoritması bulunmaktadır. Bu çalı mada, literatürde en fazla tercih edilen algoritmalar olan Levenberg Marquardt (LM), genetik algoritma (GA) ve ölçekli e lenik gradyan (SCG) hakkında kısaca bilgiler verilmi tir.

*Levenberg Marquardt Algoritması (LM):* Levenberg Marquardt algoritması genelde maksimum kom uluk fikri kullanılarak olu turulmu en az kareler hesaplama yöntemidir. Bu algoritmayla Gauss-Newton ve Gradient-Descent

algoritmalarının en iyi özellikleri kullanılarak bu iki algoritmanın kısıtlamalarından etkilenilmediği olur. Levenberg Marquardt algoritması genelde yavaş yakınsama problemi yaşamaz. Bu algoritma optimizasyon problemlerinde etkili düğü algoritmasına göre daha etkindir ve daha hızlıdır [113].

*Genetik Algoritma (GA):* Doğal seçim ilkelerine dayanmaktadır. Kullanım alanları arasında çizelgeleme, mekanik optimizasyon, tasarım, hücresel üretim bulunmaktadır. Geleneksel optimizasyon tekniklerinden farklı parametre kümesini de il kodlanımı biçimini tutmasıdır. Çözüm uzayının tamamını taramazlar, sadece belirli bir kısmını tararlar. Bu sayede etkin arama yaparak kısa sürede çözüme ulaşırlar. Diğer önemli üstünlüğü ise çözümlerden oluşan popülasyonu aynı zamanda inceleyerek yerel en iyi çözümlere takılmamalarıdır [114].

*Ölçekli Evrensel Gradyan (SCG):* Bu algoritma ağırlıkları ve giriş değerleri bulunan ve türevi alınabilen transfer fonksiyonlarına sahip olan tüm YSA'ların eğitiminde kullanılabilen bir optimizasyon algoritmasıdır [109]. Diğer algoritmaların evrensel gradyan yöntemlerin çoğunda her adımda ayarlanmaktadır. hatayı yol boyunca en aza indirmek için evrensel gradyan yönünde araştırılır [115].

### 3.7. K-kat Çapraz Doğrulama

Çapraz doğrulamanın (Cross-validation) amacı oluşturulan sınıflandırma modellerinin performansını veya güvenilirliğini doğru bir şekilde belirlemektir. Bunun için veri seti öncelikle ikiye ayrılır. Birinci veri seti modelin eğitimi için eğitim seti olarak kullanılır. İkinci kısım ise performansın ölçülmesi için test verisi olarak belirlenir. Eğitilen modelin test verileriyle performansının ölçülmesi sonucunda doğru sınıflandırılan verilerin sayısı modelin performansını verir.

K-kat çapraz do rulama yönteminde ise veriler e it sayıda veri içeren birbirinden farklı k tane veri setine ayrılır. Bu setlerden birisi test seti olarak, di er  $(k-1)$  adet set ise e itim seti olarak ayrılır. Sistem bu e itim ve test setleri için e itilerek do ruluk oranı hesaplanır. Aynı e kilde bu i lem k kere tekrar edilir. Fakat her defasında test seti olarak seçilir. Bu sayede veri setindeki her bir veri en az bir kere test setine eklenerek test edilmi olur. Bu i lemlerin sonunda k adet sınıflamanın do ruluk oranının ortalaması ile sistemin test sınıflaması do ruluk oranına ula ılır [112].

Yukarıda belirtilen hususlardan dolayı bu çalı mada k-kat çapraz do rulama yakla ımı kullanılmı tır.

#### 4. PARMAK İZİNDEN CİNSİYET ÇIKARIMI İLTERATÜR ÇALIŞMALARI

Parmak izleri kimlik belirlemede çok önemli bir görev üstlenmektedir. Özellikle, emniyet güçlerinin suçlu tespitinde, insanın doğumundan ölümüne kadar, önemli bir yara veya kesik olmadığı sürece hiç değişmeyen bu önemli özelliği kullanmaları çok faydalı olmaktadır. Parmak izlerinin ayırt edilebilmesi için, her parmakta, ayrıntı (minutiae) noktaları olarak adlandırılan özellik noktaları incelenmektedir. Bu noktaların parmak izlerinde bulunma sıklığı ve dizilişi her insanda farklılık göstermektedir. Bu özellik noktaları kullanılarak parmak izinden cinsiyet çıkarımı hakkında yapılan çalışmalar takip eden paragraflarda özetlenmiştir.

Amerika, Hindistan ve İspanya'da farklı ırklar üzerinde yapılan analizlerde, parmak izlerinin cinsiyete göre farklılık gösterdiği gözlemlenmiştir [68, 69, 74]. Bu çalışmaların ortak yönleri; kullanılan verilerin cinsiyetlere göre dağılımlarının eşit olması, parmak izi verisinin kullanılan kısımlarının aynı olması ve elde edilen sonuçların aynı istatistiksel yöntemlerle incelenmesidir. Yapılan bu çalışmaların tümünde merkez (core) noktası referans alınarak kesimler çıkarılmıştır. Aşağıda ekil 4.1 ile gösterilen resimde alınan örnek kesim sunulmuştur.



ekil 4.1. 5x5 mm<sup>2</sup> kesiti alınan parmak izi görüntüsü



Parmakın en üst bohumundaki bazı kesitlerden elde edilen tepe yoğunluklarında, bir standart uygulanmaktadır. Buna göre, sol elden alınan parmak izlerinde sağ üstteki ve sağ elden alınan parmak izlerinde ise sol üstteki kısım geçerli olmaktadır [69].

Ayrıntı (minutiae) noktalarından biri olan tepenin, yoğunluğuna bakılarak cinsiyetlerin bulunabilmektedir [68-72, 75]. Tepe yoğunluğu, iki kompartımanın merkezleri arasındaki mesafedir [78]. Bayanlar erkeklere göre daha iyi parmak izi detayına sahip olduklarından, parmak izinin belli bir alanı baz alındığında, kadınlar erkeklere oranla daha yüksek tepe yoğunluğuna sahiptirler [76, 77, 80]. Bu çalışmaların tümünde tepe yoğunluğunun, kadın-erkek sınıflandırmasında belirleyici özellik olduğu görülmektedir.

Dr. Sudesh Gungadin, tepe sayısı 13 tepe/25 mm<sup>2</sup> veya daha düşük olanların erkek olması ihtimalinin, 14 tepe/25 mm<sup>2</sup>'ye eşit veya daha yüksek olanların ise bayan olma ihtimalinin daha yüksek olduğunu saptamıştır [79]. Commins ve Midlo'nun ara tırmalarına göre ise genç erkekler yaklaşık olarak 25 mm<sup>2</sup>'de ortalama 20.7 tepeye sahipken, genç bayanlar ise 25 mm<sup>2</sup>'de ortalama 23.4 tepeye sahip oldukları saptanmıştır [74].

Amerika'da yapılan bir çalışmada, bir polis merkezinden alınan suçlulara ait parmak izleri kullanılmıştır. Bu çalışmada, 100 Afro-Amerikan bayanla, 100 Afro-Amerikan erkekle ve 100 Kafkas kökenli bayanla, 100 Kafkas kökenli erkekle parmak izi verileri kullanılmıştır. Çalışmalarda 18-67 yaş aralığındaki suçlulara ait olan toplam 400 parmak izi verisi kullanılmıştır. Sonuç olarak, parmak izindeki dermal tepe sayısı 11 tepe/25 mm<sup>2</sup> veya altı olursa çalışılan parmak izinin erkeğe ait olma ihtimalinin, parmak izindeki dermal tepe sayısı 12 tepe/25 mm<sup>2</sup> veya üstü olması durumunda ise bayana ait olma ihtimalinin yüksek olduğu saptanmıştır. Burada, farklı ırklardaki insanların parmak izlerinin kullanılmasındaki amaç, dünya genelinde kabul görececek bir tez için çok uluslu bir veritabanı kullanmaktır [69]. Bu çalışmada elde edilen, 25

mm<sup>2</sup>'lik alanda parmak izi yoğunluğunu hesaplama yöntemi genel kabul görmüştür.

Yine bir başka çalışmada, Hindistan'ın güneyindeki Karnataka bölgesinde bulunan insanların parmak izleri kullanılmıştır. 250 bayan ve 250 erkek parmak izinin kullanıldığı bu çalışmada ise 18-60 yaş aralığındaki insanların parmak izleri bulunmaktadır. Buradan elde edilen sonuçlarda, erkeklerde parmak izi ortalama tepe yoğunluğunun 12.8 tepe/25 mm<sup>2</sup> olduğu, bayanlarda parmak izi ortalama tepe yoğunluğunun 14.8 tepe/25 mm<sup>2</sup> olduğu sonucuna varılmıştır [80].

İspanya'da yapılan ve günümüze yakın olma niteliği taşıyan çalışmada ise toplam 200 (100 erkek, 100 bayan) parmak izi kullanılmıştır. Bu çalışmada diğerlerinden farklı olarak, kişilerden 10 parmağına ait parmak izlerinin tümü kullanılmıştır, 20-30 yaş aralığındaki Kafkas kökenli İspanyollar'ın parmak izleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlarda, parmak izi tepe sayısının 16 tepe/25 mm<sup>2</sup> veya altında bir değere sahip olması o parmak izinin erkeğe ait olmasına, parmak izi tepe sayısının 17 tepe/25 mm<sup>2</sup> veya üstü olması da o parmak izinin bayana ait olmasına işaret ettiği görülmüştür [68].

Bu çalışmalarından elde edilen sonuçlara göre, bayanlarda 25 milimetrekareye ortalama 14,7 tepe düşerken, erkeklerde ortalama 12,7 tepe düşmektedir [68, 69, 70, 79, 71, 72, 86, 97]. Bu durum, bayanların parmak izi yapısının daha ayrıntılı ve özellikli olmasından kaynaklanmaktadır. Böylece, bayanların parmak izi materyallerinin çok daha fazla özellik noktası içerdiği söylenebilmektedir. Çıkan sonuçlarda bayanların erkeklere oranla daha fazla tepe yoğunluğuna sahip olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışmalar, parmak izinde yer alan belli bir alandaki dermal tepe sayısının cinsiyete ve ırka göre değişimini göstermektedir. Buradan hareketle Türk vatandaşları olan kişilerin de parmak izi dermal tepe sayılarının cinsiyete göre farklılık göstereceği öngörülmektedir.

Literatürün mevcut durumu genel kabul gören bu hipotezi mümkün kılmaktadır. Birçok parmak izi denetçisi, bayanların erkeklere oranla daha iyi parmak izi tepe detayına sahip olduğunu söylemektedir [76]. Yukarıda geçen çalımlar bu hipotezi doğrulamı, fakat kullanılan küçük boyuttaki örnekler veya istatistiksel yöntemler cinsiyet ve ırk arasındaki farklılıkları ortaya çıkarmaya yetmemiştir [74,77]. Parmak izi tepe detayının en önemli parçası olan tepe yoğunluğu, tepe sayısının tanımlı alana oranıdır. Tepe yoğunluğunun iki önemli parametresi vardır:

- Tepe genişliği,
- Tepeler arası mesafe.

Yapılan bir çalımda amaç deneysel olarak bayanların erkeklere göre daha iyi parmak izi tepe detayına, bununla birlikte daha büyük tepe yoğunluğuna sahip olduğunu test etmektir. Cinsiyetler arasındaki olabilecek farklılıkların ortaya çıkarılması için elde edilen veriler istatistiksel metotlar kullanılarak karşılaştırılmıştır. Ayrıca parmak izi tepelerinin gözlenen özelliklerinin Kafkas kökenli insanlar ve Afro-Amerikan kökenli insanlar arasındaki cinsiyet farklılıklarını ve/veya benzerliklerini ortaya çıkarıp çıkarmayacağı sınanmıştır. 11.2 tepe ve altı hem Kafkas hem Afro-Amerikan kökenli insanlar için “büyük olasılıkla” üst erkek sınırıdır. Benzer şekilde 12 tepe sayısı ve üzeri “büyük olasılıkla” her iki ırk için de kadın alt sınırıdır. Bu cinsiyet farklılaşması bir şekilde yorumlanabilir. Bayes teoremi kullanılarak elde edilen sonuçlarda farkın 2.11 tepe/25 mm<sup>2</sup> (Kafkas kökenliler için P=0.74, Afro-Amerikanlar için P=0.61) olduğu görülmüştür. Bu çalımda kadınların erkeklere göre daha ince tepe ayrıntısına, dolayısıyla daha fazla tepe yoğunluğuna sahip olduğunu göstermektedir. Kafkas kökenli kadın ve erkekler arasındaki ortalama fark 2.18 tepe/25 mm<sup>2</sup>, Afro-Amerikan kadın ve erkekler arasındaki ortalama fark 1.71 tepe/25 mm<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. Bu farkların tüm ırklar arasında evrensel olabileceği ancak bu olasılık hakkında daha fazla inceleme ve araştırma yapılması gerektiği görülmüştür [69].

Parmak izinde cinsiyet farklılıklarının bulunduğunu tarif eden başka bir çalışmada, Cummins ve diğ. erlerine göre [81], erkekler bayanlara göre daha kaba parmak izi tepelerine sahiptir. Yetkin kadınların parmak izleri 0.40-0.50 mm arası tepe kalınlığına sahipken erkekler 0.50 mm tepe kalınlığına sahiptir. Ohler ve Cummins [80, 81] sadece geneli odaklanarak, erkeklerin ortalama 0.48 mm ve bayanların ortalama 0.43 mm tepe kalınlığına sahip olduklarını rapor etmişlerdir. Başka bir çalışmada, Stoney ve Thornton 412 parmak izi kullanarak erkeklerin ortalama 0.463 mm tepe kalınlığına sahip olduğunu bulmuştur [82].

Çalışmalarındaki alanların içerdiği değerler, Moore tarafından araştırılmıştır [83]. 10 erkek ve 10 bayandan alınan parmak izlerinde tepeler arasındaki mesafe ölçülmüştü ve erkekler için 0.46 mm, bayanlar için 0.41 mm bulunmuştur. Bu sonuç Kingston [84] ve Stoney'in [85] çalışmaları ile karşılaştırılabilir.

Parmak izindeki tepe yoğunluğunun cinsiyet ile ilgili kişi üzerine bazı araştırmalara göre [68, 69, 70, 79, 86] bayanlarda tepe yoğunluğu erkeklere göre daha fazladır. Kuzey Hint toplumundaki bu tür farklılıkları incelemek için bir çalışma yapılmıştır [86]. Bu çalışmada, tepe yoğunluğu bakımından Sikh Jat ve Pencap Baniaları arasında bir fark olduğu gözlemlenmiştir. Deneysel testler sonucu iki hipotez ortaya çıkarılmıştır. Bunlardan ilki, her iki popülasyonun erkekleri arasında ve her iki popülasyonun bayanları arasında tepe yoğunluğu farkı olduğuudur. İkinci ise bayanların erkeklere oranla daha fazla tepe yoğunluğuna sahip olduğuudur. Bu çalışmada, yapılan denemelerle iki popülasyon arasındaki tepe yoğunluk farkı bulunmuştur. Sağ elin parmak izleri için alınacak kesit karesi merkez noktasının sol üst kısmındadır. Sol eldeki parmak izleri için de bu kesit karesi merkez noktasının sağ üst kısmındadır. Bu örnekleme metodu tepe saymada kullanılan geleneksel metotlara göre daha kullanıdır. Ayrıca merkezin dâhil edildiği alandaki tepe sayıları, tekrar eden tepelerin ve desen özelliklerinin tepe sayarken bir sorun olmaması için analiz edilmemiştir. Buradan varyans değerleri

hesaplanmı tır ve ba ımsız t-test kullanılarak e it olmayan de erler kar ıla tırılmı tır. Güven düzeyi %95 olarak belirlenmi tir. Sikh Jat erkeklerinin tepe yo unlukları 10 tepeden 14 tepe/25 mm<sup>2</sup>'ye kadar ve bayanların tepe yo unlukları 12 tepeden 15 tepe/25 mm<sup>2</sup>'ye kadar de i mektedir. Parmak izi tepe yo unlu u frekans da ılımına bakıldı ında bayanların %92'sinin 13 üzeri ve erkeklerin %76'sının 13 altı tepe yo unlu una sahip oldu u görülmü tür. E it olmayan varyans de erlerinin t-test sonuçlarına göre bayanlar erkeklerden açık bir farkla daha yüksek tepe yo unlu una sahiptir. Hesaplanan t-de er (8,59) kritik de er olan 2,02'den büyüktür. Bu çalı ma Kuzey Hindistan popülasyonlarının erkek ve bayanları arasındaki tepe yo unluk farkının bayanlardan yana daha fazla oldu unu göstermi tir. Sikh Jat erkekleri ve bayanları arasındaki farkın büyüklü ü 2.1 tepe/25 mm<sup>2</sup> ve Banialar için de 2.6 tepe/25 mm<sup>2</sup>'dir. Çalı mada, elde edilen sonuçların çok sayıda parmak izinin bulundu u analizlerde ayırıcı bir parametre olarak kullanılabilce i, bu iki popülasyonun erkekleri ve bayanları arasındaki tepe yo unlu u farkının parmak izi uzmanlarına analiz safhalarında yardım edebilece i sonucuna varılmı tır [107].

Çizelge 4.1'de literatürde var olan, parmak izi ile cinsiyet arasındaki ili kiyi inceleyen çalı maların metod, örnek sayısı, görüntü boyutu ve veritabanlarının kar ıla tırılması, Çizelge 4.2'de literatürdeki parmak izi ile cinsiyet arasındaki ili kiyi inceleyen çalı malarda, elde edilen tepe sayısı ortalamalarının cinsiyetlere ve ırklara göre kar ıla tırılması gösterilmi tir.

Çizelge 4.1. Parmak izinden cinsiyet tanıma çalışmaları için kullanılan veritabanlarının karşılaştırılması.

Kaynak	Metod	Örnek Sayısı	Görüntü Boyutu	Veritabanı
Arun ve diğ. [94]	RTVTR ve Tepe Yo unlu u	150 bay 125 bayan	32x32 piksel	DS-I, sentetik ve Neurotech
Sanders ve diğ. [95]	Tepe Sayısı	24 bay 24 bayan	-	Kendi veritabanları
Acree [69]	Tepe Yo unlu u	200 bay 200 bayan	5x5 mm <sup>2</sup>	Homewood Polis Departmanı
Gungadin [79]	Tepe Yo unlu u	250 bay 250 bayan	5x5 mm <sup>2</sup>	Kendi veritabanları
Verma ve diğ. [96]	RTVTR, tepe yo unlu u, tepe geni li i	200 bay 200 bayan	25x25 piksel	Kendi veritabanları
Nayak ve diğ. [70]	Tepe Yo unlu u	100 bay 100 bayan	5x5 mm <sup>2</sup>	Kendi veritabanları
Gutiérrez-Redomero ve diğ. [68]	Tepe Yo unlu u	99 bay 110 bayan	5x5 mm <sup>2</sup>	Kendi veritabanları
Nayak ve diğ. [97]	Tepe Yo unlu u	100 bay 100 bayan	5x5 mm <sup>2</sup>	Kendi veritabanları
Gutiérrez-Redomero ve diğ. [71]	Tepe Yo unlu u	100 bay 100 bayan	5x5 mm <sup>2</sup>	Kendi veritabanları
Kaur ve diğ. [86]	Tepe Yo unlu u	100 bay 100 bayan	5x5 mm <sup>2</sup>	Kendi veritabanları
Nithin ve diğ. [72]	Tepe Yo unlu u	275 bay 275 bayan	5x5 mm <sup>2</sup>	Kendi veritabanları
Tez Çalışmamız	Tepe Yo unlu u	375 bay 375 bayan	5x5 mm <sup>2</sup>	Kendi veritabanımız

Çizelge 4.1'de görüldü ü üzere, parmak izinden cinsiyet tanıma üzerine yapılmı olan bu çalışmaları ço unda 5x5 mm<sup>2</sup> kesit üzerine yo unla ılmı olmakla birlikte, 25x25 piksel ve 32x32 piksel üzerinde de durulmu tur. Bu

çalı malarda ortalama 145 bay, 144 bayan toplam 289 parmak izi verisi kullanılmı tır. En fazla parmak izi kullanılan çalı mada ise 275 bay, 275 bayan parmak izi verisi kullanılmı tır. Bu tez çalı masında ise dünyada ilk olarak 375 bay ve 375 bayan toplam 750 parmak izi verisi kullanılarak ara tırma yapılmı tır. Bu tez kapsamında ve çalı maların genelinde tepe yo unlu u kullanılmı tır. Bazı çalı malarda ise tepe kalınlı ının vadi kalınlı ına oranı, tepe sayısı ve tepe kalınlıkları da dikkate alınmı tır. Bu tez çalı ması dâhil ço u çalı malarda, çalı maya özel veritabanları olu turulmu tur. Evrensel bir veritabanı olmadı ı için ve her çalı ma için ortak bir veritabanı olmadı ından parmak izi verileri dü ük sayılarda olmu tur. Ortak bir veritabanı olu turulmadı ı sürece de dü ük verilerle çalı malar yapılmaya devam edilecektir. Çünkü veri toplama a ması hem zaman alan hem de parmak izi alınacak ki inin bulunması çok zorlu bir süreçtir.

Çizelge 4.2. Parmak izinden cinsiyet tanıma çalı malarındaki ortalama tepe sayılarının cinsiyetlere ve ırklara göre kar ıla tırılması.

POPÜLASYONLAR	BAYANLAR	BAYLAR
	ORTALAMA TEPE SAYISI	ORTALAMA TEPE SAYISI
Kafkas-Amerikan (Acree [69])	13,32	11,14
Afrikanlı-Amerikan (Acree [69])	12,61	10,90
Hindistan (Gungadin [79])	14,60	12,80
Çin (Nayak ve di erleri [70])	14,15	11,73
Malezya (Nayak ve di erleri [70])	13,63	11,44
Hindistan (Nayak ve di erleri [97])	14,20	11,00

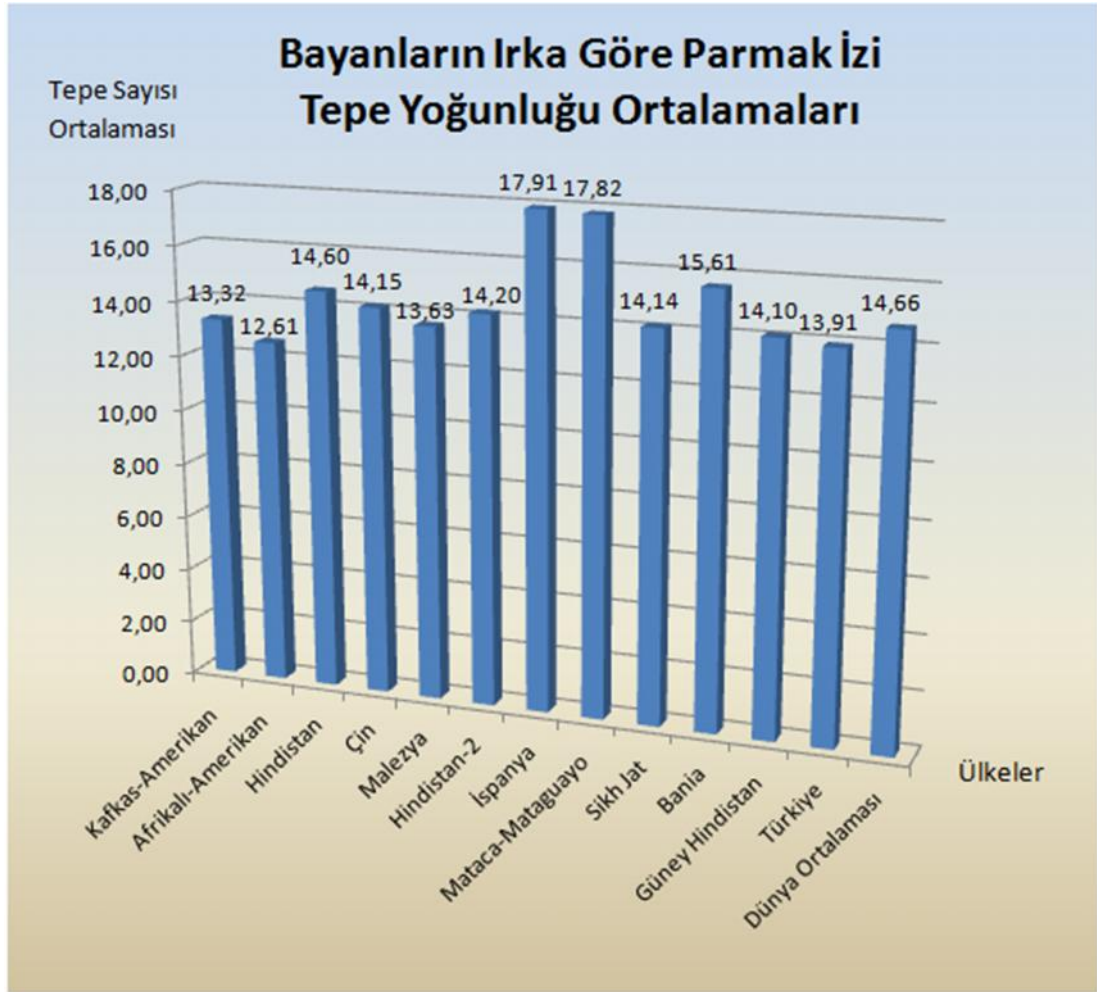
Çizelge 4.2. (Devam) Parmak izinden cinsiyet tanıma çalışmalarındaki ortalama tepe sayılarının cinsiyetlere ve ırklara göre karşılaştırılması.

İspanya (Gutiérrez-Redomero ve diğerleri [68])	17,91	16,23
Mataco-Mataguayo (Gutiérrez-Redomero ve diğerleri [71])	17,82	16,62
Sikh Jat (Kaur ve diğerleri [86])	14,14	12,05
Bania (Kaur ve diğerleri [86])	15,61	12,99
Güney Hindistan (Nithin ve diğerleri [72])	14,10	12,60
Türkiye (Tez Çalışmamız)	13,91	11,51

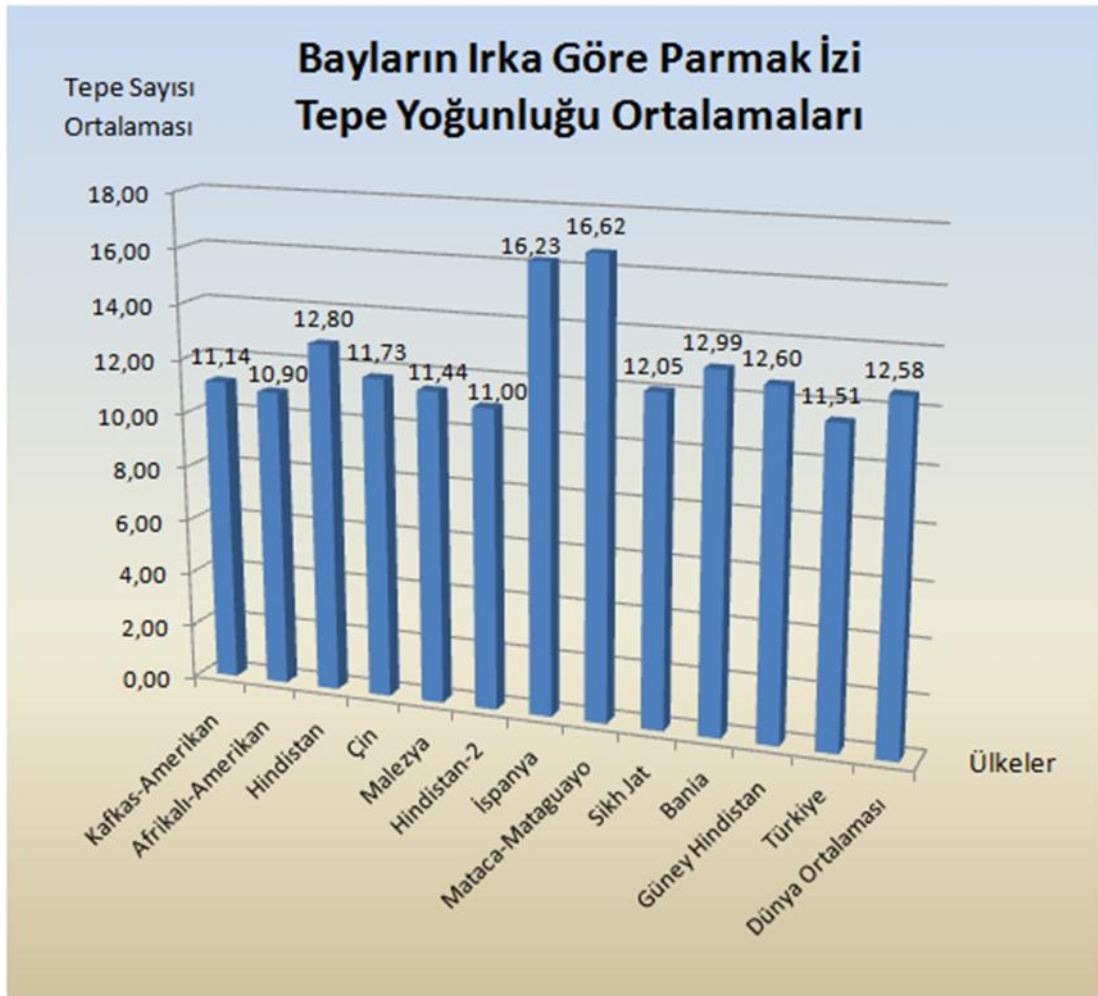
Çizelge 4.2’de görüldüğü üzere ortalama tepe sayıları ırka ve cinsiyete göre belirginlik göstermektedir. Fakat her ırkın baylarının ortalama parmak izi tepe sayıları bayanlarının ortalama parmak izi tepe sayılarından daha düşüktür. Farklı ırklar üzerinde yapılan araştırmalar sonucunda bayanların parmak izlerindeki ortalama tepe sayısı, çalışmaların tümü dikkate alındığında 14,7 tepe/25mm<sup>2</sup> iken bayların parmak izlerindeki ortalama tepe sayısı 12,7 tepe/25mm<sup>2</sup> olduğu elde edilmiştir. Türk vatandaşları üzerinde ilk kez parmak izinden cinsiyete göre sınıflandırma yapma özelliği taşıyan bu tez çalışmasında, 375 bay 375 bayan toplam 750 kişinin parmak izlerinden elde edilen veriler de dünya ortalamasına yakın olması açısından ilgi çekicidir.

Çizelge 4.2’de bayanların ırka göre parmak izi tepe sayısı ortalamaları, Çizelge 4.3’de ise bayların ırka göre parmak izi tepe sayısı ortalamaları literatürden elde edilen bilgilere göre grafik olarak sunulmuştur.





ekil 4.2. Bayanların ırka göre parmak izi tepe yoğunluğu ortalamaları



ekil 4.3. Bayların ırka göre parmak izi tepe yoğunluğu ortalamaları

## 5. GELİTİRİLEN PARMAK İZİNDEN CİNSİYET TANIMAN ZEKİ SİSTEM

Parmak izinden cinsiyet tanıma çalışmalarının temel özelliği, istatistiksel tabanlı olmaları, belirli bir sistem yaklaşımı içerisinde otomatik sonuç bulmamaları, farklı ırkları temel alarak yapılmı olmasıdır. Tekniğin olan durumu dahilinde literatürde anlatılan çalışmalar esasen istatistiksel bir veritabanı oluşturma amacıyla yapılan çalışmalardır. Ayrıca literatürde parmak izi verisinden yola çıkarak cinsiyet tahlili yapabilen sistemler bulunmamaktadır.

Bu tez çalışmasında, tepe yoğunluğu temel alınarak ülkemizde kadınların erkeklerden daha fazla tepe sayısı detayına sahip olduğu sonucu elde edilmiş, parmak izi noktalarının “kalın” veya “ince” olmasına göre nicel tepe yoğunluğu dikkate alınarak elde edilen tepe derinliği ve bunların varyasyonları ile cinsiyet arasındaki ilişkiyi öğrenen yapay sinir ağı tabanlı zeki bir sistem ilk kez geliştirilmiş, geliştirilen sistemde ilk kez yüksek sayıda parmak izi (750 parmak izi) kullanılmış, geliştirilen bu sistem ile işlemlerin otomatik olarak yapılması için bir yazılım geliştirilmiş ve tasarlanan model ile parmak izinden kişinin cinsiyetini bulan zeki bir sistem geliştirilmiştir.

Geliştirilen yazılımda, parmak izinin en üst boğumundaki bazı kesitlerden elde edilen tepe yoğunluklarında bir standart uygulanmakta, sol elden alınan parmak izlerinde sağ üstteki ve sağ elden alınan parmak izlerinde ise sol üstteki kesit dikkate alınarak işlem yapılmaktadır.

Bu tez çalışmasının amacı, parmak izinden cinsiyet ayrımı yapılabildiği hipotezini Türk vatandaşları olan kişiler üzerinde araştırmak, bunun için de cinsiyet tanıyan otomatik zeki bir sistem tasarımı ve uygulamasının gerçekleştirilmesidir. Parmak izinden cinsiyet ayrımı yapılabildiği hipotezinde, kadınlarda tepe yoğunluğunun erkeklere oranla daha fazla olduğu yer almaktadır. Bu çalışma yapılırken parmak izinin, her kişi için aynı olacak şekilde, belirli bir alanı üzerindeki tepe sayılarına bakılarak tepe yoğunluğu




bulunmu tur. Sonrasında erkek ve bayanlardaki tepe yo unlu una bakılarak, bu özelli in cinsiyet ayırt etmede kullanılabilip kullanılamayaca ı üzerine bir analiz yapılmı tır.

Parmak izinden cinsiyet tahmini gerçekte tırme a amaları a a ıda verilen adımlarda gerçekte tirilmektedir:

1. Parmak izi veritabanınının olu turulması,
2. Çalı ma yapılacak parmak izlerinin piyasada mevcut olan bir Otomatik Parmak izi Tanıma Sistemi (OPTS) yardımıyla alınması,
3. Alınan parmak izinin hangi parmaktan alındı ının geli tirilen yazılım ile belirlenmesi, sa parmak izi ise merkez (core) noktasının sol üst kısmından, sol parmak izi ise sa üst kısmından belirlenen bir kesit büyüklü ünde (5x5 mm) alınması veya kırılması,
4. Ki ilerden alınan parmak izi kesitlerinin siyah-beyaz hale dönü türülmesi (ikili hale getirme) ve daha sonra iyile tirme ve gürültü azaltma i lemlerine tabi tutulması,
5. lenilerek hazır hale getirilen örnek 5x5 mm'lik kesitin merkez (core) noktasından sol üst kö esine bir kö egen çizgisi çizdirme i leminin yapılması, bu kö egenin üzerindeki piksellerin siyah (1) ve beyaz (0) olacak ekilde bit katarı çizgi dizisi olu turulması, çizgi dizisi içerisindeki yan yana gelen "1"lerin kümesinin (araları "0" ile ayrı tırılan) belirlenmesi,
6. Çizgi dizisi içindeki ba ımsız "siyah" karakter sayılarının ("1" kümelerinin) belirlenmesi ve bunun toplamının tepe sayısı olarak bulunması,
7. Elde edilen veriler dikkate alınarak zeki sistem için giri -çıkı parametrelerinin belirlenmesi,

8. Giriş parametrelerinin 5x5 mm'lik parmak izi kesitinin ortogonal piksel derinliği ve elde edilen tepe sayısı zeki sisteme giriş parametreleri olarak belirlenmesi, bay ve bayan ayrımı yapan nümerik derinlikler "1" ve "-1" sırasıyla bay ve bayanı ifade eden parametrelerin ise çıkış derinliği olarak seçilmesi,
  9. Seçilen veri sayısına göre oluşturulacak olan zeki model (YSA yapısı) giriş-çıkış sayısının ve buna bağlı olarak ara katman nöron sayısının ve bu katmanlarda kullanılacak fonksiyonların deneyimlerle ve optimizasyon algoritmaları ile belirlenmesi,
  10. Literatürde mevcut öğrenme algoritmalarından uygun olan birisinin (geri-yayılım, Levenberg-Marquardt, genetik algoritma, bulanık mantık) seçilmesi,
  11. Oluşturulan YSA modelinin seçilen örnek sayısına göre hedef hatayı elde edinceye veya hedeflenen performansı yakalayıncaya kadar eğitilmesi,
  12. Eğitimden sonra elde edilen zeki modelin belirlenen sayıda parmak izi verisiyle test edilmesi,
- a) amaçlarını kapsamaktadır.

Yukarıda i lemleri adımları verilen bu sistemin ekilsel olarak gösterimi de ekil 5.1'de verilmi tir.

<p>a)</p> 	<p>b)</p> 	<p>c)</p> 
<p>d)</p> <pre> 111000111000111000 110001100111001110 001110001110001111 00011100011110001 11100001 </pre>	<p>e)</p> <p>“1” ve “0” bit katarlarının çizgi sayısına göre, hazırlanan programda YSA ile e itimi</p>	<p>f)</p> <p>“1” ve “0” bit katarlarının çizgi sayısına göre, hazırlanan programda YSA ile testi ve cinsiyetin elde edilmesi</p>

ekil 5.1. Parmak izinden otomatik cinsiyet tanıma i lemleri. (a) Ki iden alınan gri (grayscale) resim, (b) Parmak izi merkez (core) noktasının sol üst kısmından alınan 5x5mm kesitin iyile tirme, gürültü azaltma ve ikili hale çevrilmi hali, (c) Merkez (core) noktasından sol üst kö eye otomatik çizilen kö egen, (d) Kö egen çizgisinin üzerinde bulunan “1” ve “0” bit katarları, (e) Kö egen çizgisinin üzerindeki “1” ve “0” bit katarları kümesinin e itimi, (f) Bay-bayan tahmini.

Yukarıda bahsedilen amaçlar için yapılan çalışmalar sırasıyla takip eden alt başlıklarda açıklanacaktır.

### **5.1. Parmak izi Verilerinin Elde Edilmesi ve Önlemler**

Bu çalışmada, işlemlerin yapılabilmesi için belirli sayıda parmak izi elde edilecek bir yapı planlanmıştır. 1302 kişinin parmak izi Futronic parmak izi okuyucu kullanılarak, kişilerin izni dâhilinde belirli bir süre içinde toplanmıştır. Bu toplama işlemi bu çalışmanın temel adımı olmakla birlikte bu çalışmanın en zor ve zaman alıcı adımını oluşturmuştur. Denekler üniversite öğrencileri olduklarından dolayı deneklerin yaş aralığı 17-24 olarak seçilmiştir ve bütün denekler Türk vatandaşı olan kişilerden oluşmaktadır.

Sistemin geliştirilmesi ve test edilmesi için toplam 1302 adet parmak izi görüntüsü toplanmıştır. Fakat yapılan önlemler sonucunda bu sayı azaltılmıştır. Bazı parmak izlerinin elenmelerinin sebepleri:

- 117 kişiden alınan parmak izlerinin kalitesinin düşük olması,
- 256 kişinin parmak izindeki öznelik vektörlerinden olan merkez noktasının kişide bulunmaması,
- 179 kişinin parmak izindeki merkez noktasının sağ parmak için sol üst kısmının, sol parmak için ise sağ üst kısmının alınması gereken kesit ölçüsünde olmayışı

olarak sıralanabilir.

### **5.2. Parmak izi Kesitine Ait Verilerin Çıkarılması**

Çalışmamızda 375 erkek ve 375 bayan toplam 750 kişiden alınan parmak izlerinin tepe yoğunlukları incelenmiştir.

Bu amaçla öncelikle her bir parmak izinden alınan kesit, ekil 5.2'de gösterildi i gibi merkez noktası referans alınarak sağ parma ın 5x5 mm<sup>2</sup>'lik sol üst kısmı olarak belirlenmi tir.



ekil 5.2. Sağ alt kö e merkez noktası alınarak kırılan örnek kesit

Alınan her bir kesitin sağ alt ve sol üst kö elerini birbirine ba ladı ı varsayılan bir kö egen dizisi oldu u varsayılmı tır. Parmak izinden elde edilen ve belirli bir kesitten alınan veriler, hazırlanan program yardımıyla görüntü i leme i lemlerinden geçirilmi tir. Eldeki parmak izleri gri resimler halinde iken kullanılamaz durumdadırlar. yile tirme, gürültü azaltma ve netle tirme gibi i lemlerden geçen bu gri resimler, siyah-beyaz görüntü haline dönü türülerek, uygulamada kullanılabilecek hale dönü türülmü tür. Kö egen üzerindeki her bir piksele ait renk siyah ve beyaz olacak ekilde ayrılmi tır. Ayrılan bu renklerde siyah renk "1", beyaz renk "0" olacak ekilde çizelgede tutulmu ve kö egen vektörü olu turulmu tur. Olu turulan çizelgede en ba ta çizgi sayısı ve onun altında elde edilen kö egen vektörünün her bir elemanı olacak ekilde 81 veri bulunmaktadır. Bu çizelgede toplam 750 parmak izi kaydedilmi tir.

### 5.3. Parmak izi Görüntüsünün i lenmesi

Parmak izi görüntüsüne ait verilerin, kullanaca ımız metoda uygun bir ekilde önce i lenmesi, daha sonra kırılan kesitten veri setlerinin elde edilmesi



gerekmektedir. Bu nedenle geli tirilen bir uygulama yazılımı ile bir klasör içindeki parmak izi görüntüleri otomatik olarak i lenip, kırılarak veriler elde edilmi tir.

Neurotechnology Biometrics SDK 3.1 ve C# 4.0 kullanılarak hazırlanan uygulama, önce parmak izlerinin bulundu u dizinin seçilmesi i lemini gerçekle tirmektedir. Seçilen dizindeki parmak izleri otomatik olarak numaralandırılarak bir döngü boyunca program tarafından i lenmektedir. Döngünün her bir basama nda, alınan parmak izi önce SDK kullanılarak i lenmi , ardından e er var ise merkez noktasının koordinatları alınarak istenen boyuttaki kesit alanı resimden kırılmı tır.

kinci a amada kırılan resimlerin kaydedildi i dizine gidilmi tir. Her bir parmak izi kesitinden görüntü i leme yakla ımları kullanılarak kö egen vektörü ve çizgi sayısı elde edilmi tir. Vektörler elde edilirken C#'ın Bitmap sınıfından faydalanılmı ve üzerinde i lemler yapılmı tır. Çizgi sayıları elde edilirken Düzenli fadeler'den (Regular Expressions) faydalanılmı tır. "1+" deseni tüm kö egen vektörleri içerisinde aratılarak çizgi sayıları elde edilmi tir. Uygulamanın arayüzünden bir örne i içeren, ekil 5.3'de görüldü ü gibi, uygulama yazılımı hem veri çıkarma-i leme yapmakta, hem de çıkarılan verileri ki i ID'si ve cinsiyetiyle e le tirerek gösterebilmektedir.

id	cinsiyet	ridge_sayisi	kosegen_vektor
2	Erkek	16	bwwwbbwwwb
3	Kadin	10	wwwwwwwww
4	Kadin	15	wwwbbbwwwb
5	Kadin	13	wwbbbwwwwb
6	Erkek	13	wbbbwwwbbb
9	Erkek	13	bwwwbbbwwwb
10	Kadin	11	wwwbbwwwwb
11	Kadin	13	wwwbbbwwwb
12	Kadin	10	wwwwwwwww
13	Kadin	15	bwwwbbbwwwb
14	Kadin	14	bbwwwbbwww
15	Kadin	12	bwwwbbwwwb
16	Kadin	14	wbbwwwbbb
18	Kadin	15	wwwwwwbbb
19	Kadin	14	bbbwwwbbw
20	Kadin	15	wbbwwwbbw
21	Erkek	13	wbbbwwwbb
22	Erkek	11	bbbwwwbbb
23	Kadin	15	bbbwwwbbb
24	Erkek	13	wbbwwwbbw
25	Erkek	15	wbbwwwbbw
26	Kadin	14	bwwwbbwww
27	Kadin	13	wbbbwwwbb
28	Erkek	11	wwwwwwwww
29	Kadin	17	hwwwbhwhhh

ekil 5.3. Tüm parmak izlerini i leyerek çizgi sayılarını çizelgeye aktaran modül

Daha önce var olan cinsiyet çizelgesi ile, i lemeden sonra olu an çizelge ili kilendirilerek cinsiyetler yeni çizelgeye da aktarılmı tır. Daha sonra yapılacak olan analizler için veriler bu ekilde tek bir çizelgede toplanmı tır. Bu çizelge yalnızca analiz amaçlı çıkarılmı tır. Sistemin e itiminde bu çizelge de il ki ilerinin ID'lerinin, tepe sayılarının ve tepe vektörlerinin oldu u çizelge kullanılmı tır.

#### 5.4. Yapay Sinir A ı Tasarımı

Önceki ba lıklarda anlatılan yöntemler ve i lemler sonucu elde edilen veriler bir çizelgede toplanmı tır. Tezin amacı bu verileri zeki bir sistem kullanarak i leyip, ki inin cinsiyetini belirlemektir. Burada tercih edilen ö renme yapısı yapay sinir a ları olmu tur. Yapay sinir a larını tercih etme sebepleri, Bölüm 3'de de belirtildi i gibi:

- Yüksek öğrenme yeteneği olması,
- Daha önce kararla maddeyi verilerle ilgili genelleme yapabilmesi,
- Hata toleransının olması,
- Hızlı sonuç üretebilmesi,
- Analiz ve tasarım kolaylığıdır.

Yapay sinir ağı, yapısal olarak Çok Katmanlı Perseptron (MLP) kullanılarak tasarlanmıştır. MLP, yapısı gereği birçok katmandan oluşan ve her türlü kombinasyonun denenebildiği bir yapıdır. Bu YSA yapısı düşük hata oranlarının yakalanması açısından da tercih edilmiştir.

Parmak izinden alınan kesitin köşegeni üzerindeki noktaların renklerinden ve parmak izindeki çizgi sayısından elde edilen veriler öğrenildi, daha sonra bu parametrelere dayalı cinsiyet hesaplaması yapılmıştır. Cinsiyet hesabının başarılı bir şekilde yapılabilmesi için hazırlanan veri seti ile başarılı sonuç veren birçok eğitim algoritması denenerek, bu algoritmalarından en iyi sonucu veren algoritma ile yapay sinir ağı eğitimi gerçekleştirilmiş ve oluşturulan ağ uygulamada kullanılmak amacıyla paketlenmiştir.

Böylelikle eğitim işlemi, ileri beslemeli, giriş katmanında elli, ara katmanda otuz, çıkış katmanında bir yapay sinir hücresine sahip çok katmanlı bir perseptron ağı üzerinde Levenberg Marquardt (LM) eğitim algoritması kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu algoritma maksimum köşüklük fikri üzerine kurulmuş en az kareler hesaplama metodudur. Newton ve en dik ini algoritmalarının karışımı olduğu için hangi algoritma olan için avantajlı ise o algoritmanın avantajından faydalanır. Bu eğitim algoritmasının kullanılmasının amacı, LM'nin, ikinci derece denklemler kullanılarak hızlı ve yüksek performanslı (kararlı) sonuçlar üretmesidir. Katmanlar içerisindeki

aktivasyon fonksiyonları ise giri katmanından çıkı katmanına sırayla, tanjant hiperbolik, logaritmik sigmoid ve do rusal transfer fonksiyonları olarak atanmı tır.

## 5.5. Uygulama Tasarımı ve Geli tirilmesi

Parmak izinden cinsiyet tanıma uygulaması, birden çok kütüphane ve yazılım geli tirme teknoloji si kullanılarak .NET Framework yapısı üzerinde geli tirilmi tir. Daha önce tasarımı kararla tırılan yapay sinir a ı yapısını kullanabilmek için MATLAB uygulaması, parmak izinin merkez noktasının koordinatlarının bulunması ile parmak izi i lemesi için Biometrics SDK, dosyalama i lemleri için Office 2010 kütüphanesi ve programın yazımı için C# programlama dili kullanılmı tır. Tüm bu bile enler Visual Studio 2010 ve MATLAB arayüzü kullanılarak bir araya getirilmi tir.

Projenin öncelikle, gereksinim analizi yapılmı ve altyapı kurulumu sa lanmı tır. Bir sonraki a ama olan tasarım a masında, yazılımın görsel ve i levsel tasarımı yapılarak belgelendirilmi tir. Uygulama a masında, ilgili gereksinimler gere ince proje gerçeikle tirilmi ve çalı ır bir arayüz olu turulmu tur. Olu turulan arayüz ve arka planda çalı an tüm i levsel yapılar, do rulama a masında test edilmi tir. En son a ama olan bakım a masında ise, projenin kararlılık durumunda iyile tirmeler yapılarak proje sonlandırılmı tır. Bununla ilgili alt ba lıklar ve detayları a a ıda verilmi tir.

### 5.5.1. Kullanılacak YSA kütüphanesinin olu turulması

C# ile entegre olarak kullanılacak ve gönderilecek olan parmak izi verisinin test sonucunu verecek yapı öncelikle bir kütüphaneye dönü türülmü tür. Kütüphaneye dönü türmek için Matlab altında “.Net Assembly” projesi olu turulmu tur. Öncelikle Çizelge 5.1 ile gösterilen örnek e itim veri seti ile e itim projesi olu turulmu tur. “eyup.mat” adlı dosyaya e itim sonucu olu an

de erler yazılmı tır. Ardından bu e itim verisini kullanarak bir sonuç üretecek olan fonksiyon a a ıdaki gibi yazılmı tır:

```
function [k]=eyup()
fp_arr = xlsread('C:/temp/temp.xlsx');
%#function network
load eyup.mat;
c=sim(k_net,fp_arr);
if(c<0)
    u = -1;
else
    u = 1;
end
[k]=u;
end
```

YSA kütüphanesi, olu turulan fonksiyonla “C:/temp/temp.xlsx” dizinine kaydedilen ve test verisini içeren Excel çizelgesini okumaktadır. Okunan çizelge, 81 adet veri parametresi ta ımaktadır. Fonksiyon bu verileri okuduktan sonra “eyup.mat” e itim veri blo unu kullanarak bir sonuç üretmektedir. Üretilen sonuç “k” de i kenine aktarılarak fonksiyon sonlandırılır.

Çizelge 5.1. E itim veri setinin bir bölümünü içeren çizelge (1. satır ki inin ID'si, 2. satır parmak izi kesitine ait tepe sayısı, alttaki satırlar kö egen vektörüne ait renk bilgileri)

ID1	ID2	ID3	ID4	ID5	ID6	ID7	...	ID673	ID674	ID675
10	11	12	12	13	13	14		14	15	16
1	0	1	0	0	0	1		0	1	0
1	0	0	1	0	0	0		0	0	1
0	0	0	1	0	0	0		0	0	1
0	1	0	1	0	0	1		1	0	1
0	1	1	1	0	0	1		1	1	0
0	1	1	0	0	1	1		1	1	0
1	0	1	0	1	1	0		0	1	0
1	0	0	0	1	1	0		0	0	1
1	0	0	1	1	0	0		0	0	1
1	1	1	1	0	0	1		1	1	1
0	1	1	1	0	0	1		1	1	0
0	1	1	0	0	0	1		0	1	0
0	1	1	0	1	1	0		0	0	0
0	0	0	0	1	1	0		0	0	1
⋮										
1	0	0	1	1	0	1		1	1	1
1	0	0	1	0	0	1		1	1	0
1	0	1	1	0	0	1		0	1	0
1	0	1	1	1	0	0		0	0	1
1	0	1	0	1	1	0		0	0	1
0	1	0	0	0	1	1		1	0	1

Fonksiyon yazılıp, çalı ması kontrol edildikten sonra kütüphane olu turma a amasına geçilmi tir. MATLAB arayüzünden “deploytool” komutu kullanılarak, yeni bir proje olu turma ekranı açılmı tır. Buradan “FP.prj” uzantılı yeni MATLAB projesi olu turulmu tur. Sonraki a amada proje “.NET Assembly” seçene i seçilerek, uygulamanın bir .NET kütüphanesi olaca ı belirtilmi tir. Olu turulan fonksiyon dosyası, projede bir sınıf olu turulduktan sonra sınıfın altına eklenmi tir. Fonksiyonun kullanaca ı “eyup.mat” e itim verileri de MATLAB projesine ilave edilmi tir. Son a amada olu turulacak kütüphanenin çalı aca ı .NET sürümü 2.0 seçilerek proje “Build” seçene iyle birlikte bir kütüphaneye dönü türülmü tür.

### 5.5.2. Parmak izinin programsal analizi

Uygulamamızın parmak izini veriye dönüştürebilmesi için öncelikle parmak izini tanımlayabilmesi gerekmektedir. Bu işlem Neurotechnology Biometrics SDK içerisinde bulunan sınıflar aracılığıyla yapılmıştır. Öncelikle programın bu kütüphaneleri kullanabilmesi için lisans dosyasının proje klasöründe bulunması gerekmektedir.



Resim 5.4. Tanımlama ve özellik noktaları çıkarılması bir parmak izi

Gerekli lisanslamalar yapıldıktan sonra uygulamanın parmak izini tanımlayacak arayüzü tasarlanıp kodlanmıştır.

Programa yüklenen resim, Resim 5.5 ile gösterildiği gibi arayüzdeki üst panelde gösterilmiştir. Arayüzde bulunan her bir kontrol kümesi panellere ayrılarak tasarlanmıştır.



ekil 5.5. Uygulamaya gönderilmi parmak izi

Uygulamaya yüklenen parmak izi, “Resmi işle” i lemi seçildi inde, kullanılan kütüphanedeki metotlar ile işleme alınmıştır. Buradaki işleme sırasında parmak izi üzerindeki “ayrıntı”, “delta” ve “merkez” noktaları ile her birinin özellikleri bir kalıp nesnesi olarak elde edilmiştir. Elde edilen bu özellik noktaları ekil 5.6’da gösterilen alt panelde kullanılan “nfView” kontrolü yardımıyla işleme olan resmin üzerinde gösterilmiştir.

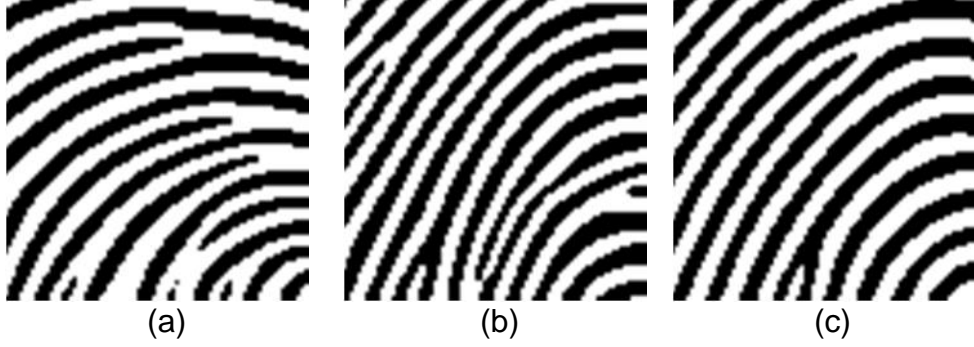




ekil 5.6. Parmak izini ve i lenmi halini gösteren arayüz

ekil 5.6'da verilen arayüzde görülebilece i gibi parmak izini i lemimizdeki amaç, hem parmak izi üzerindeki çizgilerin belirginle tirilmesi hem de kırılacak alanın bir kö esi olan “merkez” noktasının koordinatlarını alabilmektir. Resim i leme sırasında bu “merkez” noktası veya noktalarının koordinatları elde edilmi ve kırpma i lemleri bu koordinatlar kullanılarak gerçekleştirilmi tir. Kırpılan örnek resimler ekil 5.7'de gösterilmi tir. Kırpılan

her bir resim parçası “C:/temp/Untitled.bmp” dizinine geçici olarak kaydedilmektedir.



ekil 5.7. Parmak izi resimlerinden alınan örnek kesitler (a) Örnek 1  
(b) örnek 2 (c) örnek 3

### 5.5.3. Parmak izi verilerinin alınması ve kaydedilmesi

Daha önce i lenmi ve kırpılmış olan resim parçası bu a amada sayısal veriye dönü türülmü tür. Kırpılan resim 80x80 piksel boyutunda Bitmap türündedir. Bu kesit üzerinde oldu u kabul edilen ve sa alt kö e ile sol üst kö eyi birle tiren kö egen üzerindeki her bir pikselin renk de eri sayısal olarak 0 ve 1 ile gösterilmi tir. Pikselin rengi siyah ise 1, beyaz ise 0 de eri kö egen dizisine eklenmi tir.

Kö egen dizisi olu turulduktan sonra, C# kütüphanesi olan “Düzenli fadeler (Regular Expressions)” kullanılarak, kesitte kö egenin kesti i kaç farklı çizginin oldu u bulunmu tur. Bulunan bu çizgi sayısı ile daha önce olu turulan kö egen dizisi bir çizelgede birle tirilerek, veri seti hazır hale getirilmi tir. Hazır bir veri seti örne i Çizelge 5.2’de verilmi tir.

Çizelge 5.2. Oluşturulan veri seti (1. satır kişinin ID'si, 2. satır kesitin tepe sayısı, alttaki satırlar köşegen vektörüne ait renk bilgileri 1-siyah 0-beyaz)

ID1
15
0
0
0
0
1
1
0
0
0
1
1
:
1
0
0
1
1
1
0
0
0

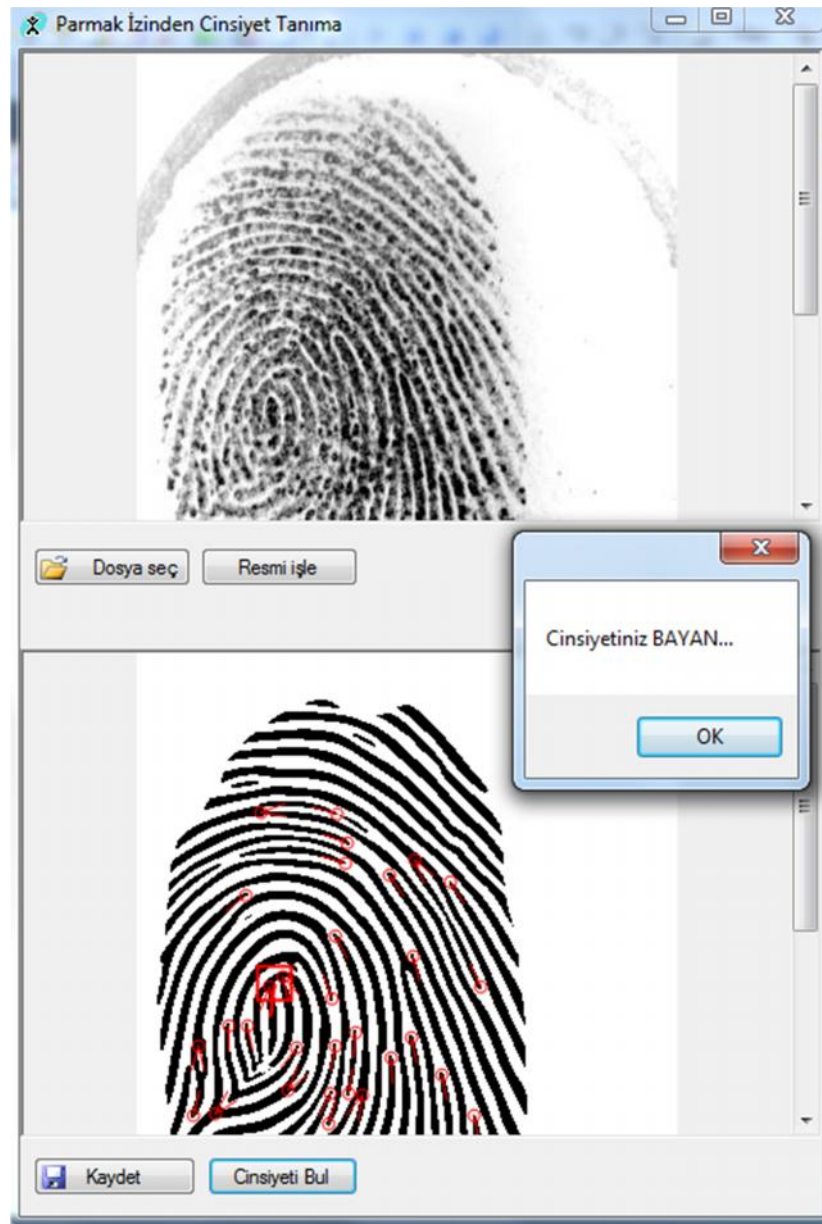
Elde edilen veri seti bu aşamadan sonra, daha önce oluşturulan yapay sinir ağ yapısına gönderilmeye başlatılır.

## 5.6. Cinsiyet Tahmini

Son aşamada olan cinsiyet tahmini, programımızın arayüzünde bulunan "Cinsiyeti Bul" butonuna tıklandığında daha önce belirlenmiş olan metodlar tarafından gerçekleştirilir. Burada, önceden oluşturulup projeye eklenen, MATLAB kütüphanesi kullanılarak yeni bir nesne oluşturulur. Bu nesnenin içerisinde tanımlı fonksiyon çalıştırılarak veri seti teste gönderilir. Daha önce erkekler için (1), bayanlar için (-1) değeri belirlenmiş olduğundan ve çıkan

test sonucu da (1,-1) aralı ında olaca ından cinsiyet tahmini 0 noktası referans alınarak yapılmı tır. Olu turulan YSA modelinin sonuç ı sınırdan küçükse ki i bayan, büyük ise erkek olarak belirlenmektedir.

Sisteme verilen parmak izinin i lenmesi sonucunda program arayüzünün ıktısı ve cinsiyet tahmini sonucu ekil 5.8 ile gösterilmi tır.



ekil 5.8. Geli tirilen yazılımda girilen parmak izinin hangi cinsiyete ait oldu unun belirlendi i arayüz

Cinsiyet tahmini ekrana mesaj kutusu aracılığıyla iletilmektedir. Sistem her resim yüklemeye arayüzün kapatılmasına gerek olmadan, parmak izini yükleyerek sonuç üretebilmektedir. Ayrıca, geli tirilen sistem parmak izi görüntüsünü daha önce kaydedilen herhangi bir dosyadan çekmeden, anlık olarak sisteme parmak izi okutuldu unda da cinsiyet tahmininde bulunabilmektedir. Sistem belirli zaman aralıklarında, sisteme basılan parmak izini otomatik olarak okuyarak arayüz kapatılmadan sonucu otomatik olarak üretebilmekte ve sonucu ekrana yansıtmaktadır.

### 5.7. Sistemin Testi

E itim için eldeki 750 parmak izinden 675 adet parmak izi seçilmi tir. Seçilen bu sayı toplam sayının %90'ıdır. Yapay sinir a ının testi lemi, e itim a masından önce veri setinden ayrı tırılmı ve e itime tabi tutulmamı %10'luk veri dilimi (75 kayıt) için gerçekle tirilmi tir.

Parmak izinden elde edilen cinsiyet verileri, gerçek verilerle on-kat çapraz do rulama metodu kullanılarak kar ıla tırılmı tir. Bu kar ıla tırma neticesinde sistemin do ru sınıflandırma oranı %78 olarak elde edilmi tir. Parmak izi toplama çalı malarının güçlü ü ve hukuksal kısıtlamalar nedeniyle yalnızca 750 ki inin parmak izi kullanılabilmi tir. 750 parmak izindeki erkeklerin ortalama tepe sayısı 11.51, bayanların ortalama tepe sayısı ise 13.91 olarak bulunmu tur.

Kullanılan çe itli e itim algoritmaları ve de i en a yapısına göre en yüksek ba arım oranlarının bulundu u denemeler, her bir denemeye ait e itim fonksiyonunun, giri , ara ve ç ıkı katmanlarındaki nöron sayılarının ve do ru-yanlı sınıflandırılma sayıları Çizelge 5.3'de yer almaktadır.

Çizelge 5.3. YSA modeli tercihi için yapılan testler

Model No	AKS	HKNS	TF	ÖA	EP	DS	YS
1	4	80,125,250,1	log,tan,tan,log	scg	162	46	29
2	3	30,60,1	log,tan,log	lm	12	50	25
3	4	80,130,20,1	tan,tan,log,log	scg	143	42	33
4	4	80,140,80,1	tan,log,tan,log	scg	141	44	31
5	3	40,60,1	tan,tan,pur	lm	5	51	24
6	4	30,40,30,1	tan,tan,tan,pur	lm	6	49	26
7	3	50,30,1	tan,log,pur	lm	8	58	17
8	3	50,30,1	pur,log,pur	lm	9	55	20
9	3	50,30,1	pur,log,log	lm	9	56	19

YSA'dan elde edilen çıktı "erkek" (1) ya da "bayan" (-1) olarak belirlendi inden, tek bir çıktı nöronu kullanılmı tır. Levenberg-Marquardt (LM) öğrenme algoritmasının, YSA öğrenme sürecinde başarılı sonuçlar verece i dü ünülmü ve az veriyle daha iyi sonuçlar alınabilece i için ayrıntılı tercih nedeni olmu tur. Çizelge 5.4'de de görüldü ü üzere sistemin başarısı farklı algoritmalar, katman sayısı, her katmandaki nöron sayısı ve transfer fonksiyonlarına göre farklı başarımlara sahip olmakla birlikte, en iyi sonuç %78 olarak hesaplanmı tır.

Çizelge 5.4, Çizelge 5.5 ve Çizelge 5.6'da farklı transfer fonksiyonları kullanılarak on-kat çapraz doğrulama yöntemi uygulanan veri setinden elde edilen cinsiyet doğruluk yüzdeleri verilmi tir. Çizelge 5.4'de tan,log,pur transfer fonksiyonları kullanılarak 3 katmanında farklı sayıda nöron olup katmanlarda sırasıyla 50,30,1 nöron kullanılmı tır. Eğitimde kullanılan verilerin test verisi olarak sisteme yeniden verilmesi sonucunda elde edilen başarımlı sınıflandırma yüzdesi %100 olarak ölçülmü tür. Sistem 675 eğitim verisiyle eğitildikten sonra 75 test verisiyle on-kat çapraz doğrulama ile test edildi inde ortalama doğruluk sınıflandırma yüzdesi %78 olarak elde edilmi tir.

Çizelge 5.5’de pur,log,pur ve Çizelge 5.6’de pur,log,log transfer fonksiyonları kullanılarak 3 a katmanı için aynı sayıda nöronlar kullanılarak Çizelge 5.4’de uygulanan prosedürler tekrar edilmiştir. Pur,log,pur kullanıldığında elde edilen sonuç %73 ve pur,log,log kullanıldığında elde edilen sonuç %75 olarak ölçülmüştür. Bu testlerden elde edilen sonuçlardan da görülebileceği gibi geliştirilen sistemde tan,log,pur transfer fonksiyonları kullanılarak %78 gibi yüksek bir oranla doğru sınıflandırma gerçekleştirilebilmiştir. Bu sonuçtan da anlaşılabileceği gibi parmak izi ile cinsiyet arasında var olduğunu iddia edilen ilişki ispatlanmıştır.

Çizelge 5.4. (tan, log, pur) transfer fonksiyonları kullanarak ölçülen on-kat çapraz doğruluk sonuçları

<b>YSA Yapısı (50,30,1) (tan, log, pur)</b>		
<b>Veri Seti</b>	<b>Eğitim yüzdesi</b>	<b>Test yüzdesi</b>
<b>On-kat 1</b>	100%	80%
<b>On-kat 2</b>	100%	76%
<b>On-kat 3</b>	100%	79%
<b>On-kat 4</b>	100%	82%
<b>On-kat 5</b>	100%	79%
<b>On-kat 6</b>	100%	76%
<b>On-kat 7</b>	100%	80%
<b>On-kat 8</b>	100%	76%
<b>On-kat 9</b>	100%	75%
<b>On-kat 10</b>	100%	76%
<b>ORTALAMA</b>	<b>100%</b>	<b>78%</b>

Çizelge 5.5. (pur,log,pur) transfer fonksiyonları kullanarak ölçülen on-kat çapraz doğrulama sonuçları

YSA Yapısı (50,30,1) (pur, log, pur)		
Veri Seti	E itim yüzdesi	Test yüzdesi
On-kat 1	100%	72%
On-kat 2	100%	68%
On-kat 3	100%	69%
On-kat 4	100%	74%
On-kat 5	100%	77%
On-kat 6	100%	67%
On-kat 7	100%	73%
On-kat 8	100%	76%
On-kat 9	100%	74%
On-kat 10	100%	75%
<b>ORTALAMA</b>	<b>100%</b>	<b>73%</b>

Çizelge 5.6. (pur,log,log) transfer fonksiyonları kullanarak ölçülen on-kat çapraz doğrulama sonuçları

YSA Yapısı (50,30,1) (pur, log, log)		
Veri Seti	E itim yüzdesi	Test yüzdesi
On-kat 1	100%	78%
On-kat 2	100%	74%
On-kat 3	100%	75%
On-kat 4	100%	70%
On-kat 5	100%	73%
On-kat 6	100%	74%
On-kat 7	100%	77%
On-kat 8	100%	76%
On-kat 9	100%	72%
On-kat 10	100%	76%
<b>ORTALAMA</b>	<b>100%</b>	<b>75%</b>

Daha önceki test sonuçları toplanan veritabanıyla yapılmı tır. Canlı parmak izleri sisteme verilerek de sistemin ba arısı ölçülmü tür. Çizelge 5.3'de ki ilerden alınan canlı parmak izlerinin sahibine ait bilgilerin ve sistemden



elde edilen cinsiyet sınıflandırmasının olduğu örnek bir tablo verilmiştir. Bu testten elde edilen başarı yüzdesi ise %81 olarak bulunmuştur.

Çizelge 5.7. Kişilerden alınan canlı parmak izlerinin sahibine ait bilgiler ve sistemden elde edilen cinsiyet sınıflandırmasına ait örnek tablo.

ID	Gerçek	YSA	Ya
Kişi 1	Bay	Bay	22
Kişi 2	Bay	Bay	23
Kişi 3	Bay	Bay	22
Kişi 4	Bay	Bay	21
Kişi 5	Bayan	Bay	24
Kişi 6	Bay	Bay	24
Kişi 7	Bayan	Bayan	22
Kişi 8	Bayan	Bay	23
Kişi 9	Bayan	Bayan	23
Kişi 10	Bay	Bayan	22
Kişi 11	Bay	Bay	24
Kişi 12	Bay	Bay	23
Kişi 13	Bay	Bayan	22
Kişi 14	Bay	Bay	24
Kişi 15	Bay	Bay	24
Kişi 16	Bayan	Bayan	21
Kişi 17	Bay	Bay	22
Kişi 18	Bayan	Bayan	19
Kişi 19	Bayan	Bay	20
Kişi 20	Bay	Bay	24
Kişi 21	Bayan	Bayan	21
Kişi 22	Bay	Bay	26
Kişi 23	Bay	Bay	50
Kişi 24	Bay	Bay	48
Kişi 25	Bay	Bay	30
Kişi 26	Bay	Bay	44
Kişi 27	Bay	Bay	47

## 6. SONUÇ VE TARTI MA

Güvenlik ve kimliklendirme alanının en önemli unsurlarından biri olarak nitelendirilebilen biyometri bilimi, köklü geçmi i, çok geni ve zengin literatürü ve tam anlamıyla oturmu ve geli mi standartları ile dikkat çeken bir teknolojidir. Bu denli bilimsel çalı maya ra men biyometri literatüründe parmak izi ve cinsiyet arasında olabilecek bir ili ki bu güne kadar çok az tartı ılmı tır.

Gerçekle tirilen sistemin giri i parmak izlerine ait veri setleri, çıkı ı ise cinsiyete ait veri setleridir. Yapılan tez çalı masında, bu iki veri seti arasındaki ili kinin tasarlanan sistem tarafından ö renilip modellenmesi gerçekle tirilmi tir. Çalı ma genel olarak, parmak izi veritabanında bulunan parmak izi biyometrik özelli inin cinsiyet özellikleri barındıran kısımlarındaki veri setlerinin elde edilmesi, YSA temelli sistemin tasarlanması, parametrelerinin belirlenmesi, sistemin e itimi-testi ve sistem sonuçlarının yorumlanması gibi i lem adımlarından olu maktadır. Elde edilen verilere göre Türk vatanda ı olan bayanların parmak izi ortalama tepe sayısının  $5 \times 5$  mm<sup>2</sup>'lik kesitte 13,91 bayların ortalama tepe sayısının ise 11,51 oldu u görülmü tür. Dünya ortalamalarına bakıldı nda bayanların ortalama tepe sayısının 14,66 bayların ortalama tepe sayılarının ise 12,58 oldu u görülmü tür. Bu sonuçlara göre Türk vatanda ı olan ki ilerın dünya ortalamasına yakın de erlere sahip oldu u görülmektedir. Ayrıca elde edilen sonuçlara göre bayanların baylara göre daha fazla parmak izi tepe çizgisine sahip oldu u, dolayısıyla bu özellik kullanılarak cinsiyet ayrımı yapılabilece i varsayılmı tır. Bu dü ünçeyle gerçekle tirilen sistem %78 gibi yüksek bir ba arı oranına sahip olmu tur.

Tez kapsamında yapılan bu çalı ma, parmak izinin sahibi olan ki iyi cinsiyet havuzunda tekil olarak ayrı tırarak, dava ve soru turma sürecinde hem zamanı, hem de harcanan enerjiyi azaltmayı amaçlamaktadır. Bu amaçla,

parmak izi ve cinsiyet arasında oldu u dü ünülen bir ili kinin bulunması ve analizi konusunda çe itli ara tırma ve incelemeler yapılmı , elde edilen bilgiler ve belgeler ı ında çalı malara yön verilerek, yalnızca parmak izi bilgisinden cinsiyet bilgisine ula abilen akıllı bir sistem geli tirilmi tir. Ayrıca dünyada ilk olan bu zeki sistemin patenti Haziran 2012 tarihinde yapılan ba vuru ile alınmı tır. Bu çalı ma, hem ölkemizde bir ilk olması açısından, hem de çe itli yönleriyle geli tirilmeye, ilerletilmeye ve detaylandırılmaya uygunlu uyla yepyeni bir ara tırma ve çalı ma sahası olu turmaktadır. Bu bakımdan yapılan çalı manın, parmak izi ve cinsiyet arasındaki ili kinin biyometri ve güvenlik alanlarında kullanılacak olması açısından çok önemli oldu u dü ünülmektedir.

Çalı ma sırasında kar ıla ılan güçlükler, parmak izlerinin elde edilmesi ve elde edilen parmak izlerinin tepe çizgilerinin otomatik olarak saydırılması i lemleridir. Ayrıca çalı mada kullanılacak hazır parmak izi veritabanının bulunmayı ıda çalı mada kar ıla ılan bir ba ka sorundur. Bu sorun nedeniyle tez çalı ması kapsamında bir veritabanı olu turulması gerekmi tir. Ancak olu turulan veritabanı uluslararası standartlardan bazılarını sa layamamaktadır. Örne in olu turulan bu veritabanı, mecburen aynı ırktan ki ilerin parmak izi biyometrik özelliklerini içermektedir. Oysa farklı ırktan ki ilerden elde edilen dünya çapında karma bir veritabanı ile sistemin e itimi ve testi tam olarak yapılması gerekmektedir. Böyle bir veritabanı kullanılmı olsaydı sistemin ba arısı daha net olarak gözler önüne serilebilirdi. Ancak böyle bir veritabanına ula mak tez çalı ması kapsamında mümkün de ildir.

Gelecek çalı malarda a a ıda belirtilen unsurlar göz önünde bulundurulmalıdır:

- Sunulan sistem çok daha büyük ölçekli bir veritabanı ile test edilmelidir. Bu veritabanı uluslararası standartları sa lamalı ve dünyanın birçok ülkesinden ki ilere ait biyometrik özellikleri kapsamalıdır. Ayrıca bu veri

tabanı konuyla ilgilenen herkesin kolayca ulaşabileceği bir platformda olmalıdır.

- Gerçekleştirilen sistem için tek yöntem YSA tekniğidir. Sistem çeşitli alternatif modelleme teknikleri kullanılarak tekrar tasarlanmalı ve sonuçlar bu çalışmada elde edilen sonuçlarla mukayese edilmelidir.
- Parmak izlerine ait veri setleri de iki yöntemlerle elde edilip sistem performansı karşılaştırılmalı olarak değerlendirilmelidir.
- Çalışma ilk aşamada, otomatik parmak izi okuma sistemlerinde en çok tercih edilen parmak izi olan sağ el işaret parmağına ait parmak izleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu işlem tüm parmaklar için tekrarlanarak sistem sonuçları sunulan çalışmada elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmalıdır.

Parmak izinden cinsiyet tahmini sağlayan bu uygulamanın adli vakaların araştırılmasında kullanılması çok önemli bir etki yapacak, büyük bir kazanım sağlayacaktır. Geliştirilen bu sistem "Parmak izinden Yüz Tanıma" projesinin alt bir çalışması olduğundan, proje tamamlandığında Emniyet Genel Müdürlüğü ile Jandarma Kriminal, Milli İstihbarat Teşkilatı gibi birimlerde kullanılacağı, bunun yanında yurtdışında da pek çok ilgili birimde bu sistemin kullanılabilecek yapıda geliştirilmesi öngörülmektedir.

## KAYNAKLAR

1. Özkaya, N., Saıro lu , "Açık Anahtar Altyapısı ve Biyometrik Sistemler", ***1. Ulusal Elektronik mza Sempozyumu Bildiriler Kitabı***, Ankara, 283-290 (2006).
2. Görgüno lu, S., Çavuo lu, A., "Parmak izi Tanıma Sistemlerinde Kullanılan Özellik Çıkartma Algoritmalarının Performans Analizi", ***5. Uluslararası İeri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09) Bildiriler Kitabı***, Karabük, Cilt:1 104-107 (2009).
3. Nabiyev, V.V., Ekinci, M., Öztürk, Y., "Avuç ç i Çizgilerine Göre Biyometrik Tarama", ***Elektrik Elektronik ve Bilgisayar Mühendisli i 10.Ulusal Kongresi ve Fuarı Bildiriler Kitabı***, stanbul, 535-538 (2005).
4. Ergen, B., Çalı kan, A., "Biyometrik Sistemler ve El Tabanlı Biyometrik Tanıma Karakteristikleri", ***The 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'2011) Bildiriler Kitabı***, Elazı , 455-460 (2011).
5. Jain, A.K., Hong, L., Pankanti, S., Bolle, R., "An Identity-Authentication System Using Fingerprints", ***Proceedings of the IEEE***, 85(9), 1365-1388 (1997).
6. Dede, G., Sazlı, M.H., "Biyometrik sistemlerin örüntü tanıma perspektifinden incelenmesi ve ses tanıma modülü simülasyonu", ***EMO 13. Ulusal Kongre Bildiriler Kitabı***, Ankara, 57-61 (2009).
7. Gasson, M., Meints, M., Warwick, K., "A study on PKI and Biometrics", ***Future of Identity in the Information Society***, 61, (2005).
8. Özkaya, N., "Otomatik Parmak izi Tanıma Sistemi", Yüksek Lisans Tezi, ***Erciyes Üniversitesi Fen Bil. Enstitüsü***, Kayseri, (2003).
9. nternet: "Biyometrik Hakkında", [http://www.vizyotek.com/teknoloji/biyometrik\\_hakkinda.htm](http://www.vizyotek.com/teknoloji/biyometrik_hakkinda.htm) (2011).

10. Erdo an, H., Ercil, A., Ekenel, H.K., Bilgin, S.Y., Eden, I., Kiri ci, M., Abut, H., "Multi-modal person recognition for vehicular applications" **6th International Workshop on MCS 2005**, Monterey CA, 366-375 (2005).
11. Ross, A., Jain, A.K., "Information Fusion in Biometrics", **Pattern Recognition Letters**, 24(13), 2115-2125 (2003).
12. Urhan, O., Güllü, M.K., Ertürk S., "Modified Phase-Correlation Based Robust Hard-Cut Detection with Application to Archive Film", **IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology**, 6, 753-770 (2006).
13. Sönmez, E. B., Özbek, N. Ö., Özbek, Ö., "Avuç izi ve parmak izine dayalı bir biyometrik tanıma sistemi", **Akademik Bili im'08 Bildiriler Kitabı**, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, 577-582 (2008).
14. Özkaya, N., Sa ıro lu, ., Wani, A., "An Intelligent Automatic Fingerprint Recognition System Design", **International Conference on Machine Learning and its Applications**, 231-238 (2006).
15. nternet: "Akıllı Kartların Kamuda Kullanımı", [http://www.bilgitoplumu.gov.tr/Documents/1/2005\\_Eylem\\_Planı/060100\\_Eylem6AkıllıKartlarınKullanımı.pdf](http://www.bilgitoplumu.gov.tr/Documents/1/2005_Eylem_Planı/060100_Eylem6AkıllıKartlarınKullanımı.pdf), **TÜB TAK-UEKAE**, 22-27 (2011).
16. nternet: "ris Tanıma", [http://www.vizyotek.com/Teknoloji/Iris\\_Tanıma.htm](http://www.vizyotek.com/Teknoloji/Iris_Tanıma.htm) (2011).
17. Yozgat, M., "Bilgisayarda Parmak izi Tanıma", Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, (2003).
18. amlı, R., Yüksel, M.E., "Biyometrik Güvenlik Sistemleri", **Akademik Bili im'09 Bildiriler Kitabı**, Harran Üniversitesi, (2009).
19. Maltoni, D., Maio, D., Jain, A.K., Prabhakar, S., "Handbook of Fingerprint Recognition", **Springer-Verlag**, Berlin, (2003).

20. internet : “Biometrics”, <http://www.biometricscatalog.org/biometrics> (2011).
21. Woodward, J.D., Orland, N.M., Higgins, P.T., “Biometrics ”, **McGraw-Hill**, US, (2003).
22. Singh, S., “2D Spiral Pattern Recognition With Possibilistic Measures”, **Pattern Recognition Letters**,19: 141-147 (1998).
23. Matyas, V., Riha, Z., “Biometric Authentication Systems (2000)”, **SJB Services ECOM-Monitor Institution Report**, (2011).
24. Ratha, N.K., Jain, A., Rover, D.T., “Fingerprint Matching on Splash 2”, **IEEE Computer Society Press**, 117-140, (1995).
25. Jain, A.K., Karu, K., Chen, S., Ratha, N.K., “A Real Time Matching System For Large Fingerprint Databases”, **IEEE Transactions On Pattern Analysis And Machine Intelligence**, 18(8) : 799-813 (1996).
26. Sa ıro lu, ., Özkaya, N., “Otomatik Parmak izi Tanıma Sistemlerinde Kullanılan Öni lemler için Yeni Yakla ımlar”, **Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi**, 21(1) : 11-19 (2006).
27. Adán, M., Adán, A., Vázquez, A.S., Torres, R., “Biometric verification/identification based on hands natural layout”, **Image and Vision Computing**, 26 (4) : 451-465 (2008).
28. Covavisaruch, N., Prateepamornkul, P., Ruchikachorn, P., Taksaphan, P., “Personal verification and identification using hand geometry”, **ECTI Transactions on Computer and Information Technology**, 1 (2) : 134-139 (2005).
29. Halıcı, U., Ongun, G., “Fingerprint Classification Through Self-Organizing Feature Maps Modified to Treat Uncertainties”, **Proceedings of the IEEE**, 84 (10) : 1353-1576 (1996).
30. Fitz, A.P., Green, R.J., “Fingerprint Classification Using Hexagonal Fast Fourier Transform”, **IEEE Pattern Recognition**, 29 (10) : 1587-1597 (1996).

31. Seow, B.C., Yeoh, S.K., Lai, S.L., Abu, N. A., "Image based fingerprint verification", **Conference Publication of Student Conference on Research and Development**, Malaysia, 58-61 (2002).
32. Tico, M., Immonen, E., Ramo, P., Kuosmanen, P., Saarinen, J., "Fingerprint recognition using wavelet features", **Proceedings of the 2001 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS 2001)**, 2 : 21-24 (2001)
33. Collins, A., Morton, N.E., "Likelihood ratios for DNA identification", **Proceedings of National Academy Science**, USA, 91 (13) : 6007-6011 (1994).
34. Gonzales, A.R., Schofield, R.B., Schmitt, G.R., "DNA identification in mass fatality incidents", **National Institute of Justice**, Washington, 5-19 (2006).
35. Yörük, E., Konukoglu, E., Sankur, B., Darbon, J., "Person Authentication Based On Hand Shape", **Proceedings of 12th European Signal Processing Conference**, Vienna/Austria, 1233-1236 (2004).
36. Tisse, C., Martin, L., Torres, L., Robert, M., "Person Identification Technique Using Human Iris Recognition", **Proceedings of 15th International Conference on Vision Interface**, 294-299 (2002).
37. Daugman, J., "High confidence personal identification by rapid video analysis of iris texture", **Proceedings of IEEE International Carnahan Conference on Security Technology**, Carnahan, 50-60 (1992).
38. Ma, L., Wang, Y., Tan, T., "Iris Recognition Based On Multichannel Gabor Filtering", **Proceedings of ACCV**, 1 : 279-283 (2002).
39. Wildes, R.P., Asmuth, J.C., Gren, G.L., Hsu, S.C., Kolczynski, R.J., Matey, J.R., McBride, S.E., "A system for automated iris recognition", **Publication of 2nd IEEE Workshop**, 121-128 (1994).



40. Boles, W.W., "A security system based on human iris identification using wevelet transform", ***Engineering Applications of Artificial Intelligence***, 11 (1) : 77-85 (1998).
41. Ma, L., Wang, Y., Tan, T., "Iris Recognition Using Circular Symmetric Filters", ***Proceedings of 16th International Conference on Pattern Recognition***, Canada, 2 : 414-417 (2002).
42. nternet: "Iris Database", <http://www.cbsr.ia.ac.cn/IrisDatabase.htm> (2011).
43. Jain, A.K., Pankanti S., "Biometric Systems: Anatomy of Performance", ***IEICE Transactions Fundamentals***, 84 (7) : 788-799 (2001).
44. Lay, Y. L., "Hand shape recognition," ***Optics and Laser Technology***, 32 (1) : 1-5 (2000).
45. Sanches-Reillo, R., Sanchez-Avila, C., Gonzalez-Marcos A., "Biometric Identification through Hand Geometry Measurements," ***IEEE Transactions of Pattern Analysis and Machine Intelligence***, 22 (10) : 1168-1171 (2000).
46. Han, C.C., Cheng, H.L., Lin, C.L., Fan, K.C., "Personal Authentication using Palm Print Features", ***Pattern Recognition***, 36 : 371-381 (2003).
47. Shu, W., Rong, G., Bian, Z., "Automatic palm print verification" ***International Journal of Image and Graphics I***, 1 : 135-151 (2001).
48. Zhang, D., Jing, X., Yang, J., "Biometric Image Discrimination Technologies", ***Idea Group Publishing***, Hong Kong, 80-95 (2006).
49. Zhang, D., Shu, W., "Two novel characteristics in palmprint verification: Datum point invariance and line feature matching", ***Pattern Recognition***, 691-702 (1999).

50. You, J., Li, W., Zhang, D., "Hierarchical palmprint identification via multiple feature extraction", *Pattern Recognition*, 35 (4) : 847-859 (2002).
51. Lu, G., Zhang, D., Wang, K., "Palmprint Recognition Using Eigenpalms Features", *Pattern Recognition Letters*, 24 (9) : 1463-1467 (2003).
52. Mauceri, A.J., "Feasibility Studies of personal identification by signature verification", *Space and Information System Division, North American Aviation Co.*, Anaheim, USA, (1965).
53. John, D., Woodward, Jr., Nicholas, M.O., Higgins, P.T., "Biometrics", *McGraw Hill Osborne*, New York, 416 (2003).
54. Atal, B.S., "Automatic Recognition of Speakers from their Voices", *Proceedings of the IEEE*, 64 : 460-475, (1976).
55. Doddington, G.R., "Speaker Recognition - Identifying People by their Voices", *Proceedings of the IEEE*, 73 (11) : 1651-1664 (1985).
56. Fan, N., Rosca, J., Balan, R., "Speaker Verification with Combined Threshold, Identification Front-end, and UBM", *Fourth IEEE Workshop on Automatic Identification Advanced Technologies*, 112-117 (2005).
57. Bellegarda, J.R., Naik, D., Neeracher, M., Silverman, K.E.A., "Language-independent, Short-enrollment Voice Verification over a Far-field Microphone", *Proceedings of IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing*, 1 : 445-448 (2001).
58. Che, C., Lin, Q., Yuk, D., "An HMM Approach to Text-Prompted Speaker Verification", *Proceedings of IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing*, 2 : 673-676 (1996).

59. Li, Q., Juang, B.H., Lee, C.H., Zhou, Q., Soong, F.K., "On Speaker Authentication", **IEEE Workshop on Automatic Identification Advanced Technologies**, Stony Brook, NY, 3-6 (1997).
60. Matsui, T., Furui, S., "Speaker Adaptation of Tied-mixture based Phoneme Models for Text-prompted Speaker Recognition", **Proceedings of IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing**, 1 : 125-128 (1994).
61. Özkaya, N., "Esnek Hesaplama Yöntemleri ile Parmak izi Yüz Biyometrik Özelliklerinin Etkinleştirilmesi", Doktora Tezi, **Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Kayseri, 1 (2009).
62. Yüksel, A., Akarun, L., Sankur, B., "El Damar Örüntüleriyle Biyometrik Tanıma", **Sinyal İşleme ve Uygulamaları Konferansı (SIU2010) Bildiriler Kitabı**, Diyarbakır, 708-711 (2010).
63. Jain, A.K., Flynn, P., Ross, A.A., "Handbook of Biometrics", **Springer**, New York, 1 (2008).
64. Wang, L., Leedham, C.G., Cho, S.Y., "Infrared imaging of hand vein patterns for biometric purposes", **IET Computer Vision**, 1 : 4, 113-122 (2007).
65. Konuko lu, E., Yörük, E., Darbon, J., Sankur, B., "Shape-Based Hand Recognition", **IEEE Transactions on Image Processing**, 15 (7) : 1803-1815 (2006).
66. Yörük, E., Duta acı, H., Sankur, B., "Hand Biometry", **Image and Vision Computing**, 24 (5) : 483-497 (2006).
67. Ayan, K., Demir, Y.E., "Öznitelik Tabanlı Otomatik Parmak izi Tanıma", **Eleco'2004 Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu Bildiriler Kitabı**, Bursa, 2 : 400-404 (2004).
68. Gutierrez-Redomero, E., Alonso, C., Romero, E., Galera, V., "Variability of fingerprint ridge density in a sample of Spanish Caucasians and its application to sex determination", **Forensic Science International**, 180 : 17-22 (2008).

69. Acree, M.A., "Is there a gender difference in fingerprint ridge density?", ***Forensic Science International***, 102 : 35-44 (1999).
70. Nayak, V.C., Rastogi, P., Kanchan, T., Yoganarasimha, K., Kumar, G.P., Menezes, R.G., "Sex differences from fingerprint ridge density in Chinese and Malaysian population", ***Forensic Science International***, 197 : 67-69 (2010).
71. Gutierrez-Redomeroa, E., Alonsob, M.C., Dipierri, J.E., "Sex differences in fingerprint ridge density in the Mataco-Mataguayo population", ***Journal of Comparative Human Biology***, 62 : 487-499 (2011).
72. Nithin, M.D., Manjunatha, B., Preethi, D.S., Balaraj, B.M., "Gender differentiation by finger ridge count among South Indian population", ***Journal of Forensic and Legal Medicine***, 18 : 79-81 (2011).
73. Grieve, M.C., Dunlop, J., "A practical aspect of the Bayesian interpretation of fibre evidence", ***Journal of the Forensic Science Society***, 32 : 169-175 (1992).
74. Cummins, H., Midlo, C., "Finger prints, palms and soles: an introduction to dermatoglyphics", ***Dover Publications***, New York (1961).
75. Krishan, K., Ghosh, A., Kanchan, T., Ngangom, C., Sen, J., "Sex differences in fingerprint ridge density-causes and further observations", ***Journal Of Forensic And Legal Medicine***, 17(3) : 172-173 (2010).
76. Moore, R.T., "Automatic fingerprint identification systems", ***CRC Press***, Boca Raton, 164-191 (1994).
77. Mi, M.P., Budy, A.M., Rashad, M.N., "A population study of finger dermal patterns and ridge counts" ***Progress In Dermatoglyphic Research***, New York, 84 : 285-293 (1982).

78. Kralik, M., Novotny, V., "Epidermal ridge breadth: an indicator of age and sex in paleodermatoglyphics", *Variability and Evolution*, 11: 5-30 (2003).
79. Gungadin, S., "Sex Determination from Fingerprint Ridge Density", *Internet Journal of Medical Update*, 2(2) : 4-7 (2007).
80. Ohler, E.A., Cummins, H., "Sexual differences in breadths of epidermal ridges on finger tips and palms", *American Journal of Physical Anthropology*, 29(3) : 341-362 (1942).
81. Cummins, H., Waits, W.J., McQuitty, J.T., "The breadths of epidermal ridges on the finger tips and palms: a study of variation", *American Journal of Anatomy*, 68 : 127-150 (1941).
82. Stoney, D.A., Thornton, J.I., "A systematic study of epidermal ridge minutiae", *Journal of Forensic Sciences*, 32 : 1182-1203 (1987).
83. Moore, R.T., "An analysis of ridge-to-ridge distance on fingerprints", *Journal of Forensic Identification*, 39 : 231-238 (1989).
84. Kingston, C.R., "Probabilistic analysis of partial fingerprint patterns", Thesis, *University of California*, Berkeley, CA, 1 (1964).
85. Stoney, D.A., "Quantitative assessment of fingerprint individuality", Thesis, *University of California*, Berkeley, CA, 1 (1985).
86. Garg, R. K., Kaur, R., "Determination of gender from fingerprints based on the number of ridges in a defined area", *Fingerprint Whorld*, 32 : 155-159 (2006).
87. Karabulut, M.M., "Parmak izi Tanıma Temelli Gerçek Zamanlı Ö renç i Yoklama Sistemi Otomasyonu", Yüksek Lisans Tezi, *Firat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazı , 1 (2010).
88. Altun, A.A., "Esnek Hesaplama Yöntemleri ile Otomatik Parmak izi Tanıma", Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 1 (2007).

- 89.Özkaya, N., Sa ıro lu, ., “Generating One Biometric Feature from Another: Faces from Fingerprints”, **Sensors**, 10 : 4206-4237 (2010).
90. Varlık, A., Çorumluo lu Ö., “Dijital Fotogrametri Teknikleri ile Ki i Tanıma”, **Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi**, 3(2) : 1-24 (2011).
- 91.Özkaya, N., Sa ıro lu, ., Be dok, E., “Genel Amaçlı Otomatik Parmak izi Tanıma Sistemi Tasarımı ve Gerçekle tirilmesi”, **Politeknik Dergisi**, 8(3) : 239-247 (2005).
- 92.Çelebi, A.T., “Biyometrik Tanıma”, Yüksek Lisans Tezi, **Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Kocaeli, 1 (2008).
- 93.Manav, C., “Görüntü leme Yardımı ile Kimlik Tespiti”, Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, (2010).
- 94.Arun, K.S., Sarath, K.S., “A Machine Learning Approach for Fingerprint Based Gender Identification”, **Proceedings of Recent Advances in Intelligent Computational Systems (RAICS)**, 163-167 (2011).
- 95.Sanders, G., Waters, F., “Fingerprint Asymmetry Predicts Within Sex Differences in the Performance of Sexually Dimorphic Tasks”, **Personality and Individual Differences**, 31 : 1181–91 (2001).
- 96.Verma, M., Agarwal, S., “Fingerprint Based Male-Female Classification”, **Advances in Soft Computing**, 53 : 251-257 (2009).
- 97.Nayak, V.C., Rastogi, P., Kanchan, T., Lobo, S.W., Yoganarasimha, K., Nayak, S., Rao, N.G., Kumar, G.P., Shetty, B.S.K., Menezes, R.G., “Sex differences from fingerprint ridge density in the Indian population”, **Journal of Forensic and Legal Medicine**, 17 : 84–86 (2010).
- 98.Moenssens, A., “Fingerprint Techniques”, **Chilton**, London, 1 (1971).
- 99.Sa ıro lu, ., Be dok, E., Erler, M., “Mühendislikte Yapay Zeka Uygulamaları I: Yapay Sinir A ları”, **Ufuk Kitabevi**, Kayseri (2003).

100. İnternet: “Yapay Sinir Ağlarının Katmanları”, <http://www.ahmetkakici.com/yapay-sinir-aglari/yapay-sinir-aglarinin-katmanlari/> (2012)
101. İnternet: “Yapay Sinir Ağları (YSA)”, <http://www.omereksi.com/?p=30> (2012).
102. Güven, A., “Göze ait elektrofizyolojik sinyaller kullanılarak yapay sinir ağları destekli bazı göz hastalıklarının teşhisi”, Doktora Tezi, **Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Kayseri, (2006).
103. İnternet: “Ağları Beslemeli Ağlar”, <http://www.bilgisayarkavramlari.com/2008/11/02/aglari-beslemeli-aglar-feedforward-neural-networks/> (2012).
104. Zurada, J.M., “Introduction to Artificial Neural Networks”, **West Publishing Company**, St. Paul, (1992).
105. İnternet: “Öğrenme Metodları”, [http://www.yapayzeka.somee.com/makale\\_detay.aspx?id\\_no=13](http://www.yapayzeka.somee.com/makale_detay.aspx?id_no=13) (2012).
106. Wu, X., Wang, K., Zhang, D., “Wavelet Based Palmprint Recognition”, **Proceedings of the First Int. Conference on Machine Learning and Cybernetics**, 1253-1257, (2002).
107. Garg, R. K., Kaur, R., “Determination of Gender Differences from Fingerprint Ridge Density in two Northern Indian Populations”, **Problems of Forensic Sciences**, 5–10, (2011).
108. Sönmez, E.B., Özbek, N.Ö., Özbek, Ö., “Dalgacık Dönüşümüne Dayalı Çoklu Model Biyometrik Sistem”, **Akademik Bilişim’08 Bildiriler Kitabı**, Çanakkale, 399-404, (2008).
109. Özkaya, N., Sağiroğlu, İ., “Parmakizinden Yüz Tanıma”, **Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.**, 23(4) : 785-793, (2008).
110. Özkaya, N., Sağiroğlu, İ., “Intelligent Face Border Generation System from Fingerprints”, **Proceedings of IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE 2008)**, Hong-Kong, 2169-2176, (2008).

111. Saıro lu, ., Özkaya, N., “Artificial Neural Network Based Automatic Face Model Generation System from Only One Fingerprint”, ***The Third International Workshop on Artificial Neural Networks in Pattern Recognition (ANNPR)***, Paris, (2008).
112. nternet: “Çapraz Doğrulama” [http://en.wikipedia.org/wiki/Cross-validation\\_\(statistics\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Cross-validation_(statistics)) (2012).
113. Akın, D., skender, ., Mamızadeh, A., “Farklı Yapay Sinir Ağları Yöntemlerini Kullanarak Kuru Tip Transformatör Sargısının Termal Analizi”, ***Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.***, 26 (4) : 905-913, (2011).
114. Emel, G.G., Ta kın, Ç., “Genetik Algoritmalar Ve Uygulama Alanları”, ***Uluda Üniversitesi BF Dergisi***, 21 (1) : 129-152, (2002).
115. Engin, E.Z., Kuyucuo lu, F., “Sayısal Ses İlemenin Tıbbi Tanıda Kullanılması”, Bitirme Projesi Tezi, ***Ege Üniv. Müh. Fak. Elk.-Elektronik Müh. Bölümü***, zmir, 1 (2003).



## ÖZGEÇM

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : CEYHAN, Eyüp Burak  
 Uyru u : T.C.  
 Do um tarihi ve yeri : 06.04.1986 Ankara  
 Medeni hali : Evli  
 Telefon : 0 (312) 582 3130  
 Faks : 0 (312) 230 6503  
 e-mail : ebceyhan@gazi.edu.tr

### E ğitim

Derece	E ğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniv./ Bilgisayar Müh.	2012
Lisans	Fatih Üniv./ Bilgisayar Müh. ( ng)	2009
Lise	Kırıkkale Fen Lisesi	2004

### Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2011-	Gazi Üniversitesi	Ara . Gör.
2010-2011	Gediz Üniversitesi	Ara . Gör.

### Yabancı Dil

ngilizce

### Hobiler

Kitap okumak, basketbol, seyahat