



**10 PARMAKTAN HERHANGİ BİRİ TEMEL ALINARAK YENİ BİR
YAKLAŞIMLA PARMAK İZİNDEN CİNSİYET TESPİT EDEN ZEKİ
SİSTEM**

Eyüp Burak CEYHAN

**DOKTORA TEZİ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ARALIK 2015

Eyüp Burak CEYHAN tarafından hazırlanan “10 PARMAKTAN HERHANGİ BİRİ TEMEL ALINARAK YENİ BİR YAKLAŞIMLA PARMAK İZİNDEN CİNSİYET TESPİT EDEN ZEKİ SİSTEM” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY ÇOKLUĞU ile Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Şeref SAĞIROĞLU

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum

Başkan : Doç. Dr. Süleyman TOSUN

Bilgisayar Bilimleri Anabilim Dalı, Hacettepe Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylamıyorum

Üye : Doç. Dr. Hasan Şakir BİLGE

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum

Üye : Yrd. Doç. Dr. Murat ÖZBAYOĞLU

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, TOBB ETÜ Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum

Üye : Doç. Dr. Erdal IRMAK

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum

Tez Savunma Tarihi: 23/12/2015

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Doktora Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....
Prof. Dr. Metin GÜRÜ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Eyüp Burak CEYHAN

23.12.2015

10 PARMAKTAN HERHANGİ BİRİ TEMEL ALINARAK YENİ BİR YAKLAŞIMLA PARMAK İZİNDEN CİNSİYET TESPİT EDEN ZEKİ SİSTEM

(Doktora Tezi)

Eyüp Burak CEYHAN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Aralık 2015

ÖZET

Bu tez çalışmasında, literatüre ilk kez önerilen yeni bir modelle parmak izinin tek veya çift merkezli olmasına göre farklı parmak izi kesitlerini ve parametrelerini dikkate alarak cinsiyet tanıyan zeki bir yöntem sunulmuştur. Cinsiyet tanıma işlemlerini sadece tek merkezli parmak izlerinden değil, çift merkezli parmak izlerinden de otomatik olarak yapabilen bir sistem geliştirilmiştir. Geliştirilen sistem hem masaüstü hem de web ortamında kullanılabilmekte ve çalışabilmektedir. Önerilen bu sistem farklı biyometrik veritabanları ile test edilmiş, en yüksek başarımlar %95,2 olarak tespit edilmiştir. Sistemin başarımları, önceki çalışmaya göre %17,2 oranında artırılmıştır. Yapılan çalışmaların başarımlarını göstermek için 4 hipotez önerilmiş, bunların başarımları araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar ve katkılar tartışılmış, gelecek çalışmalar eklenmiştir. Genel olarak sonuçlar, sunulan yaklaşım ve geliştirilen sistemin dünyada ilk kez başarıyla sunulduğunu ve parmak izinden cinsiyet tahmininin yüksek başarımla yapılabildiğini göstermiştir. Bu katkılarının, yeni uygulamalar yapılmasında biyometrik çalışmalara yardım etmesi, olay mahallerinden elde edilen parmak izlerinden cinsiyet tahmini işlemlerini hızlandırması, adli vakaların araştırılmasında veya delilden suçluya ulaşmada yeni çözümler sunması beklenmektedir. Bilim adamları ve araştırmacılara test ortamı sağlamak için, geliştirilen platform aracılığıyla www.softbiometrics.org/fp2sb web sayfasında çevrim içi test mevcuttur.

Bilim Kodu	:	902.1.014
Anahtar Kelimeler	:	Parmak izi, biyometri, on parmak, cinsiyet tahmini, zeki sistem, yeni yöntem.
Sayfa Adedi	:	185
Danışman	:	Prof. Dr. Şeref SAĞIROĞLU

AN INTELLIGENT SYSTEM THAT IDENTIFIES GENDER FROM FINGERPRINT
BASED ON TAKING ANY OF 10 FINGERS WITH A NEW APPROACH

(Ph. D. Thesis)

Eyüp Burak CEYHAN

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

December 2015

ABSTRACT

In this study, a new model is proposed for the first time in the literature to predict gender from fingerprints with the help of intelligent methods taking into account different fingerprint sections and parameters depending on whether the fingerprint has one or two core points is presented. A system has been developed to predict automatically the gender processes not only one but also dual core points in fingerprints. The developed system can be used and run on both standalone and web platform. This proposed system were tested with different biometric databases and the best accuracy was achieved with 95.2% accuracy. The system performance was increased by 17.2% compared with the previous study. In order to show the performance of the developed studies, four hypotheses were proposed and their accuracies have been investigated. The obtained results and the contributions have been discussed and the future studies were included. The results in general have shown that the proposed approach and the developed system were successfully presented for the first time in the world and indicated that gender predictions from fingerprints can be achieved with highest accuracy. It is expected that this contribution will help to biometric studies to do new applications and accelerate the process of uncovering gender from fingerprints collected from crime scene, offer new approaches for investigating criminal cases, or achieving criminals from evidence. In order to provide test platform to the scientists or researchers, online test via developed platform is available at www.softbiometrics.org/fp2sb web page.

Science Code : 902.1.014

Key Words : Fingerprint, biometrics, ten-print, gender prediction, intelligent system, new approach

Page Number : 185

Supervisor : Prof. Dr. Şeref SAĞIROĞLU

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca değerli fikirlerini ve tecrübelerini bana aktaran çok değerli hocam ve danışmanım Sayın Prof. Dr. Şeref SAĞIROĞLU'na teşekkürü bir borç bilirim. Tez izleme kurulu toplantılarında fikirlerinden yararlandığım Sayın Doç. Dr. Hasan Şakir BİLGE ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Murat ÖZBAYOĞLU hocalarıma ayrıca teşekkür ederim. Yine bu zorlu çalışmanın başından sonuna kadar bana her türlü desteği sağlayan eşim, annem, babam, abim ve ablama şükranlarımı sunarım. Ayrıca bu tez çalışmasında kullandığım verilerin bir kısmı olan Biosecure biyometrik veritabanının tedarik edilmesinde ve maddi yükün bir kısmını karşılamada tezime verdiği destekten dolayı Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xvii
1. GİRİŞ	1
2. BİYOMETRİ	7
2.1. Biyometriklerde Düşük Kaliteye Sebep Olan Etkenler	10
2.2. Biyometrinin Kullanımından Doğan Gizlilik Sorunları	11
2.3. Biyometrik Tanımda Karşılaşılan Zorluklar	12
2.4. Biyometriklerde Bulunması Gereken Özellikler	13
2.5. Biyometrik Sistemlerin İşlevleri	15
2.6. Biyometrik Özellikler	16
2.6.1. Avuç içi tanıma.....	17
2.6.2. Avuç içi damar izi tanıma.....	17
2.6.3. El damar izi tanıma	19
2.6.4. El geometrisi tanıma	19
2.6.5. İmza tanıma	20
2.6.6. İris tanıma	22
2.6.7. Kulak tanıma.....	22

2.6.8. Parmak damar izi tanıma	23
2.6.9. Ses tanıma.....	24
2.6.10. Yürüyüş tanıma.....	25
2.6.11. Yüz tanıma.....	26
3. PARMAK İZİ TANIMA SİSTEMLERİ VE İŞLEMLERİ.....	29
3.1. İlk Parmak İzi Çalışmaları	29
3.2. Parmak İzlerinin Uygulama Alanları.....	30
3.2.1. Adli bilimler.....	32
3.2.2. Genetik.....	33
3.2.3. Sivil ve ticari.....	33
3.2.4. Devlet.....	33
3.3. Parmak İzlerinin Güçlü ve Zayıf Yönleri	34
3.4. Parmak İzi Algılama	35
3.5. Parmak İzi Tarayıcılarının Sınıflandırılması	37
3.5.1. Temassız parmak izi okuyucu	38
3.6. Ön İşleme ve Öznetelik Çıkarımı	39
3.6.1. Merkez (core) noktası belirleme ve kaydetme.....	43
3.7. Eşleştirme.....	45
3.7.1. Parmak izi eşleştirmede karşılaşılan problemler	46
3.7.2. Parmak izi eşleştirme yaklaşımları	49
3.8. Parmak İzi Doğrulama	52
4. TEZ KAPSAMINDA KULLANILAN TEKNİKLER.....	55
4.1. Veri Madenciliği	55

4.2. İstatistiksel Analiz Yöntemleri	56
4.3. Makine Öğrenmesi.....	58
4.3.1. Danışmanlı öğrenme	59
4.3.2. Danışmansız öğrenme.....	59
4.4. Yapay Sinir Ağları	60
4.5. Karar Ağaçları.....	61
4.6. Naive Bayes Sınıflandırıcı	62
4.7. Destek Vektör Makineleri.....	63
5. PARMAK İZİNDEN CİNSİYET TAHMİNİ ÇALIŞMALARI	65
6. BİYOMETRİK VERİTABANLARININ OLUŞTURULMASI VE HAZIRLANMASI	83
6.1. Önerilen Yeni Yöntem.....	86
6.2. Veri Kümesi Oluşturma Süreçleri ve Kullanılan Parametreler	86
6.3. Oluşturulan BiyoVeri#1 Parmak İzi Veri Kümesi.....	89
6.4. Oluşturulan BiyoVeri#2 Parmak İzi Veri Kümesi.....	90
6.5. Oluşturulan BiyoVeri#3 Parmak İzi Veri Kümesi.....	94
6.6. Sistemin Anlık Testinde Kullanılan BiyoVeri#4 Parmak İzleri	96
7. PARMAK İZİ İLE CİNSİYET ARASI İLİŞKİLERİN İSTATİSTİKSEL ANALİZİ	99
7.1. BiyoVeri#2 Veritabanı Kullanılarak Yapılan Analiz	99
7.2. BiyoVeri#3 Veritabanı Kullanılarak Yapılan Analiz	118
7.3. BiyoVeri#2 ve BiyoVeri#3 Veritabanları Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	139
8. TEK VEYA ÇİFT MERKEZLİ İŞARET PARMAĞI İZİNDEN CİNSİYET TESPİT EDEN ZEKİ SİSTEM ÖNERİSİ	143
8.1. Önerilen Model	144

8.1.1. Veri kümesi.....	146
8.2. Sistemin Arayüzü.....	147
8.3. Modeller ve Başarımları	149
9. TEK VEYA ÇİFT MERKEZLİ ON PARMAK İZİNDEN CİNSİYET TESPİT EDEN ZEKİ SİSTEM MODEL ÖNERİLERİ.	153
9.1. Önerilen Model	155
9.1.1. Veri kümeleri	157
9.2. Geliştirilen Sistemde Uygulanan İşlem Basamakları ve Önerilen Yeni Yöntemler	157
9.3. Parmak İzinden Cinsiyet Tespiti İçin BiyoVeri#2 Veritabanının Kullanılması.....	160
9.4. Parmak İzinden Cinsiyet Tespiti İçin BiyoVeri#3 Veritabanının Kullanılması.....	161
9.5. Parmak İzinden Cinsiyet Tespit Eden Sistemin BiyoVeri#4 İle Testi.....	163
10. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	167
10.1. Tez Kapsamında Yapılan Çalışmalar	167
10.2. Elde Edilen Bulgular ve Değerlendirmeler.....	168
10.3. Hipotezlerin İspatı.....	171
10.4.Karşılaşılan Problemler.....	173
10.5.Gelecek Çalışmalar ve Edinilen İzlenimler	174
KAYNAKLAR	177
ÖZGEÇMİŞ	183

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Biyometrinin kullanıldığı çeşitli uygulamalar	10
Çizelge 3.1. Parmak izi uygulamaları	32
Çizelge 6.1. Parametreler ve seçilen değer aralıkları.....	88
Çizelge 6.2. BiyoVeri#4 kapsamında alınan parmak izleri ve sahiplerinin bilgileri	97
Çizelge 7.1. Türk vatandaşlarının sağ el ve sol el parmak izi tepe sayısı ve tepe kalınlığı değerleri.....	101
Çizelge 7.2. Türk vatandaşlarının sağ el ve sol el parmak izi TKTSO ve TKVKO değerleri	102
Çizelge 7.3. Türk vatandaşlarının tüm parmaklarındaki tepe sayısı ve toplam tepe kalınlığı ortalamalarının analizi.....	103
Çizelge 7.4. Türk vatandaşlarının tüm parmaklarındaki TKTSO değeri ortalamalarının analizi	103
Çizelge 7.5. Türk vatandaşlarının parmak izi 1. ve 2. kesiti için 10 parmağa ait tepe sayısı değerlerinin istatistikleri	105
Çizelge 7.6. Türk vatandaşlarının parmak izi 1. ve 2. kesiti için 10 parmağa ait tepe kalınlığı değerlerinin istatistikleri.....	107
Çizelge 7.7. Türk vatandaşlarının parmak izi 1. ve 2. kesiti için 10 parmağa ait TKVKO değerlerinin istatistikleri	108
Çizelge 7.8. Türk vatandaşlarının parmak izi 1. ve 2. kesiti için 10 parmağa ait TKTSO değerlerinin istatistikleri	110
Çizelge 7.9. BiyoVeri#3 veri kümesindeki sağ el ve sol el parmak izi tepe sayısı ve tepe kalınlığı değerleri	120
Çizelge 7.10. BiyoVeri#3 veri kümesindeki sağ el ve sol el parmak izi TKTSO ve TKVKO değerleri	121
Çizelge 7.11. BiyoVeri#3 veri kümesindeki tüm parmakların tepe sayısı ve toplam tepe kalınlığı ortalamalarının analizi	122
Çizelge 7.12. BiyoVeri#3 veri kümesindeki tüm parmakların TKTSO ve TKVKO değeri ortalamalarının analizi	123

Çizelge	Sayfa
Çizelge 7.13. BiyoVeri#3 veri kümesindeki parmak izlerinin 1. ve 2. kesiti için 6 parmağa ait tepe sayısı değerlerinin istatistikleri	124
Çizelge 7.14. BiyoVeri#3 veri kümesindeki parmak izi 1. ve 2. kesiti için 6 parmağa ait tepe kalınlığı değerlerinin istatistikleri	126
Çizelge 7.15. BiyoVeri#3 veri kümesindeki parmak izi 1. ve 2. kesiti için 6 parmağa ait TKVKO değerlerinin istatistikleri	128
Çizelge 7.16. BiyoVeri#3 veri kümesindeki parmak izi 1. ve 2. kesiti için 6 parmağa ait TKTSO değerlerinin istatistikleri	130
Çizelge 7.17. BiyoVeri#2 veritabanı ile BiyoVeri#3 veritabanından elde edilen analiz sonuçlarının karşılaştırılması	141
Çizelge 8.1. Modeller ve başarımlar sonuçları.....	150
Çizelge 8.2. Yüksek lisans tezindeki başarımlar ile bu tezin karşılaştırılması	151
Çizelge 9.1. Sistemin 10-kat çapraz doğrulama başarımlar sonuçları (%)	161
Çizelge 9.2. BiyoVeri#3 veritabanı sınıflandırma başarımlarının karşılaştırılması (%).....	162
Çizelge 9.3. Kişilerden alınan anlık parmak izlerinin sahibine ait bilgiler ve sistemden elde edilen cinsiyet sınıflandırma sonuçları	164

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Biyometrik özellikler	7
Şekil 2.2. Genel biyometrik sistem modeli	9
Şekil 2.3. Bireyin kimliğinin doğrulanması için kullanılabilecek biyometrik özelliklerin örnekleri.....	9
Şekil 2.4. Görünür ışık (sol) ve kızılötesi ışık (sağ) ile elde edilen el damar izi görüntüsü	19
Şekil 2.5. Tablet PC'lerde imza oluşturulması	21
Şekil 2.6. Yürüyüş şekilleri.....	25
Şekil 3.1. Silikon ve optik sensörlerin edinim ilkeleri	36
Şekil 3.2. Parmak izi tarayıcıları	37
Şekil 3.3. Aynı parmağın elde edilmiş bir sade izlenim (soldaki) ve yuvarlanmış izlenim (sağdaki)	38
Şekil 3.4. Temassız parmak izi okuyucu	39
Şekil 3.5. a) tepe ve vadiler; b) tekil bölgeler ve merkez noktaları; c) merkez, delta, hatsonu ve çatallar [8, 13].	40
Şekil 3.6. Parmak izi üzerindeki ayrıntı noktaları ve gözenekler	41
Şekil 3.7. Parmak izindeki altı ana sınıf	42
Şekil 3.8. a) Hat sonu b) Çatallanma c) Hat sonu (beyaz) ve çatallanma (gri).....	43
Şekil 3.9. En yaygın yedi minutiae tipleri.....	43
Şekil 3.10. R92 ile belirlenmiş merkez noktası “+”	44
Şekil 3.11. Merkez noktasının bulunmasına bir örnek	44
Şekil 3.12. a) Her satır, bazı algoritmalar tarafından eşleşmemiş aynı parmağın görüntüleri b) Her satır, eşleşen farklı parmağın görüntüleri	48
Şekil 3.13. Parmak izindeki kalite farklılıkları	49
Şekil 3.14. Ayrıntı noktası tespitinde kullanılan özellikler.....	51

Şekil	Sayfa
Şekil 3.15. Kayıt, doğrulama ve tanıma görevlerinin blok diyagramları.....	52
Şekil 4.1. Karar ağacı örneği.....	62
Şekil 6.1. Parmakların numaralandırılması.....	85
Şekil 6.2. Pİ veri kümesi oluşturma süreçleri	87
Şekil 6.3. Tek merkezli sol parmaktan görüntü alma işlemi.....	92
Şekil 6.4. Tek merkezli sağ parmaktan görüntü alma işlemi	92
Şekil 6.5. Çift merkezli sol parmaktan görüntü alma işlemi.....	93
Şekil 6.6. Çift merkezli sağ parmaktan görüntü alma işlemi	93
Şekil 7.1. Parmak izi 1. ve 2. kesitleri, ortalama tepe sayılarının cinsiyete göre sağ el, sol el ve 10 parmak geneli için karşılaştırılması	111
Şekil 7.2. Parmak izi 1. ve 2. kesitleri, ortalama tepe kalınlığının cinsiyete göre sağ el, sol el ve 10 parmak geneli için karşılaştırılması	111
Şekil 7.3. Parmak izi 1. ve 2. kesitleri, ortalama TKVKO değerlerinin cinsiyete göre sağ el, sol el ve 10 parmak geneli için karşılaştırılması	112
Şekil 7.4. Parmak izi 1. ve 2. kesitleri, ortalama TKTSO değerlerinin cinsiyete göre sağ el, sol el ve 10 parmak geneli için karşılaştırılması	112
Şekil 7.5. Parmak izi 1. kesit ortalama tepe sayısının cinsiyete göre 10 parmak için karşılaştırılması	113
Şekil 7.6. Parmak izi 2. kesit ortalama tepe sayısının cinsiyete göre 10 parmak için karşılaştırılması	114
Şekil 7.7. Parmak izi 1. kesit ortalama tepe kalınlığının cinsiyete göre 10 parmak için karşılaştırılması	115
Şekil 7.8. Parmak izi 2. kesit ortalama tepe kalınlığının cinsiyete göre 10 parmak için karşılaştırılması	115
Şekil 7.9. Parmak izi 1. kesit ortalama TKVKO değerinin cinsiyete göre 10 parmak için karşılaştırılması	116
Şekil 7.10. Parmak izi 2. kesit ortalama TKVKO değerinin cinsiyete göre 10 parmak için karşılaştırılması	117
Şekil 7.11. Parmak izi 1. kesit tepe kalınlığının tepe sayısına oranı ortalamalarının cinsiyete göre 10 parmak için karşılaştırılması	117

Şekil	Sayfa
Şekil 7.12. Parmak izi 2. kesit tepe kalınlığının tepe sayısına oranı ortalamalarının cinsiyete göre 10 parmak için karşılaştırılması	118
Şekil 7.13. Parmak izi 1. ve 2. kesitleri, ortalama tepe sayısının cinsiyete göre sağ el, sol el ve 6 parmak geneli için karşılaştırılması	132
Şekil 7.14. Parmak izi 1. ve 2. kesitleri, ortalama tepe kalınlığının cinsiyete göre sağ el, sol el ve 6 parmak geneli için karşılaştırılması	132
Şekil 7.15. Parmak izi 1. ve 2. kesitleri, ortalama TKVKO değerinin cinsiyete göre sağ el, sol el ve 6 parmak geneli için karşılaştırılması	133
Şekil 7.16. Parmak izi 1. ve 2. kesitleri, ortalama TKTSO değerinin cinsiyete göre sağ el, sol el ve 6 parmak geneli için karşılaştırılması	133
Şekil 7.17. Parmak izi 1. kesit ortalama tepe sayısının cinsiyete göre 6 parmak için karşılaştırılması	134
Şekil 7.18. Parmak izi 2. kesit ortalama tepe sayısının cinsiyete göre 6 parmak için karşılaştırılması	134
Şekil 7.19. Parmak izi 1. kesit ortalama tepe kalınlığının cinsiyete göre 6 parmak için karşılaştırılması	135
Şekil 7.20. Parmak izi 2. kesit ortalama tepe kalınlığının cinsiyete göre 6 parmak için karşılaştırılması	136
Şekil 7.21. Parmak izi 1. kesit ortalama TKVKO değerinin cinsiyete göre 6 parmak için karşılaştırılması	137
Şekil 7.22. Parmak izi 2. kesit ortalama TKVKO değerinin cinsiyete göre 6 parmak için karşılaştırılması	137
Şekil 7.23. Parmak izi 1. kesit tepe kalınlığının tepe sayısına oranı ortalamalarının cinsiyete göre 6 parmak için karşılaştırılması	138
Şekil 7.24. Parmak izi 2. kesit tepe kalınlığının tepe sayısına oranı ortalamalarının cinsiyete göre 6 parmak için karşılaştırılması	138
Şekil 8.1. Sisteme anlık veya toplu halde verilen parmak izleri ile sistemin testi modeli.....	145
Şekil 8.2. Anlık olarak alınan parmak izinin cinsiyet sınıflandırma sonucunun gösterildiği sistem arayüzü.....	148
Şekil 9.1. Sisteme anlık veya toplu halde verilen parmak izleri ile sistemin testi modeli.....	156

Şekil	Sayfa
Şekil 9.2. Tek merkezli sol el parmağından kırılan parmak izi kesitleri	158
Şekil 9.3. Tek merkezli sağ el parmağından kırılan parmak izi kesitleri.....	158
Şekil 9.4. Çift merkezli sol el parmağından kırılan parmak izi kesitleri	158
Şekil 9.5. Çift merkezli sağ el parmağından kırılan parmak izi kesitleri.....	158



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklama

dpi	inç başına nokta
mm²	milimetrekare
m	metre
µm	mikrometre

Kısaltmalar

Açıklama

AFİS	Otomatik Parmak İzi Tanıma Sistemi
ARFF	Özellik-İlişki Dosya Biçimi
ATM	Otomatik Vezne Makinesi
BAP	Bilimsel Araştırma Projeleri
CCD	Çiftleşmiş Şarj Cihazı
CMOS	Tamamlayıcı Yarı-iletken Metal Oksit
ÇKA	Çok Katmanlı Algılayıcı
DNA	Deoksiribo Nükleik Asit
DS	Veri Seti
DVM	Destek Vektör Makineleri
DWT	Ayrık Dalgacık Dönüşümü
FBI	Federal Soruşturma Bürosu
FCM	Bulanık C-Ortalama
GB	Gigabayt
GKM	Gauss Karışım Modeli
ID	Kimlik Numarası
KA	Karar Ağacı
KNN	k En Yakın Komşu
LDA	Lineer Diskriminant Analizi
LoC	Merkezin Solu

Kısaltmalar**Açıklama**

NB	Naive Bayes
PC	Kişisel Bilgisayar
PDA	Kişisel Dijital Yardımcı
RoC	Merkezin Sağı
SD	Standart Sapma
SDK	Yazılım Geliştirme Aracı
SQL	Yapısal Sorgulama Dili
SSL	Güvenli Soket Katmanı
SVD	Tekil Değer Ayrışımı
TK	Tepe Kalınlığı
TKTSO	Tepe Kalınlığının Tepe Sayısına Oranı
TKVKO	Tepe Kalınlığının Vadi Kalınlığına Oranı
TS	Tepe Sayısı
TSVSO	Tepe Sayısının Vadi Sayısına Oranı
USB	Evrensel Seri Veriyolu
VK	Vadi Kalınlığı
VKVSO	Vadi Kalınlığının Vadi Sayısına Oranı
VS	Vadi Sayısı
YSA	Yapay Sinir Ağları
YZ	Yapay Zeka

1. GİRİŞ

En çok kabul gören fiziksel biyometrik özelliklerden olan parmak izi, mevcut biyometrik çalışmaların en temel konularındandır. Bilimsel kaynaklardan ve biyometrik teknoloji uygulama örneklerinden görülebileceği gibi; bir yandan tekli biyometrik çalışmaları bir yandan da füzyon algoritmaları ile çoklu biyometrik çalışmalarına devam edilmesine rağmen; birincil (geleneksel) biyometrik özelliklerin birbirleri arasındaki ilişkiyi sorgulayan çalışma çok az bulunmaktadır.

Biyometrik özellikler arasında gerek doğruluğu gerekse yaygınlığı açısından değerlendirildiğinde öne çıkan özellik olan parmak izi tanıma ve parmak izi ile cinsiyet arasındaki ilişkiye ait literatür incelendiğinde, bu iki özellik arasında ilişkinin olabileceği yönünde tez danışmanı ve doktora öğrencisi tarafından yapılan çalışmalar [14, 53-56], örnek sayısı az olsa da bu iki özellik arasında ilişki olduğunu göstermektedir.

Literatürde verilen bilgiler ve bu bilgiler ışığında gerçekleştirilen ön çalışmalardan elde edilen sonuçlar incelendiğinde kişilerin yüzleri arasındaki benzerlik gibi parmak izleri arasında da benzerlik oluşu ve [52] kaynak numaralı tez çalışması önemli bir motivasyon olmuştur. Çünkü konuyla ilgili bilgiler ve bulgular incelendiğinde, parmak izi ve yüz özellikleri arasında paralel yönde ve büyüklükte ilerleyen bu benzerlik, bu özellikler arasında herhangi bir ilişkinin olabilme olasılığını ortaya koymaktadır.

Parmak izi ve cinsiyet gibi biyometrik özelliklerin kişilerin kimliklendirilmesinde güvenle kullanılabilmesi kişiye özgü kimlik bilgisinin biyometrik özellik içerisine gömülü olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca parmak izi ve iris gibi biyometrik özellikler içerisinde gömülü bulunan kimlik bilgisi insanlar tarafından kolayca çözülememekte, dolayısıyla taklit edilememektedir. Bu kimlik bilgisinin çözülmesi ve anlamlı hale getirilebilmesi için çeşitli algoritma ve teknikler geliştirilmiştir. Bu durumda, kişiye ait kimlik bilgisinin biyometrik özellik içerisine şifreli olarak gömüldüğü de söylenebilmektedir. Yukarıda verilen bilgiler birleştirilerek aynı kişiye ait biyometrik özelliklerdeki aynı olduğu bilinen kimlik bilgisinin şifrelenme şekilleri çözülebilirse bu biyometrik özellikler arasında geçiş yapılabilir fikrinden hareketle geliştirilen yaklaşım bu tezde daha detaylı incelenecektir.

Adli vakaların çözümünde parmak izi en çok tercih edilen kanıtlardan biridir. Parmak izleri bu özelliklerinden dolayı, biyometri çalışanları tarafından en fazla araştırılmış, yeterli literatüre sahip ve en iyi bilinen konulardandır. Adli bir vakayı açığa çıkarmada olay yerinde bulunan parmak izinin kime ait olduğu suçlu veritabanında kayıtlı değilse, bu parmak izini kullanarak zanlı hakkında daha fazla bilgiye ulaşım sınırlıdır. Burada daha fazla bilgiye erişim en mantıklı yol olarak görülmektedir. Bu sebeple parmak izinden cinsiyet tahmin edilerek zanlı sayısı daraltılabilir. En kötü ihtimalle bay/bayan ayrımı bile %50 oranında zanlı sayısını düşürebilir. Bu da çok büyük veritabanlarında güvenlik birimleri için hem zamandan hem de emekten tasarruf etmeyi sağlayabilir.

Literatürde parmak izinden cinsiyet tespiti sorgulayan çalışmalar vardır fakat bu çalışmalarda mevcut durumda bazı problemler vardır [15-51]. Bunlardan bazıları;

- Tek merkez noktasının baz alınması,
- Yapılan çalışmaların istatistiksel analiz ağırlıklı olması ve [14] numaralı tezimiz dışında herhangi bir uygulamanın olmaması,
- İyi bir karşılaştırma yapacak sistem veya sonuçların olmaması,
- Örnek sayısının az olması,
- Örneklerin belirli ülke veya ırka ait olması
- Parmak izindeki çok az parametreye (genellikle tepe yoğunluğu ve tepe kalınlığının vadi kalınlığına oranı) odaklanması ve
- Ortak bir veritabanının olmaması ve verilerin yayınlanmamasıdır.

Parmak izinden cinsiyet tanıma hakkında literatürde çalışmalar [15-51] olmasına karşı zeki bir sistem önceki çalışmamız [14] dışında yoktur. Yukarıdaki problemlere çözüm bulabilmek ve daha önce yaptığımız, parmak izinden cinsiyet tahmini yapan sistemimizden [14] farklı olarak, aşağıda belirtilen çalışmaların bu tez çalışması kapsamında yapılması amaçlanmaktadır:

1. Veritabanı 750 parmak izinden oluşmakta iken, daha güvenilir bir sonuç elde edebilmek için bu parmak izi veritabanının artırılması, böylelikle çok daha büyük ölçekli bir veritabanı ile test edilmesi ve bu veritabanının uluslararası standartları sağlaması, (Ayrıca bu veritabanının konuyla ilgilenen herkesin kolayca ulaşabileceği bir platformda olması çalışmaları devam etmektedir.)

2. Tüm parmaklar için parmak izlerinden elde edilen parametrelerin incelenerek kapsamlı bir analiz yapılması, böylelikle Türk vatandaşlarına ait veriler ile Biosecure veritabanındaki karışık ırklardan vatandaşlara ait verilerin karşılaştırılarak ırka göre bay-bayan ayrımının olup olmadığının görülmesi,
3. Parmak izindeki belli bir alandan kırılan kare kesitteki tepe yoğunluğu ve piksel değerleri bilgisini kullanan önceki versiyondan farklı olarak, parmak izindeki tepe sayısı, vadi sayısı, tepe kalınlığı, vadi kalınlığı, tepe kalınlığının tepe sayısına oranı, vadi kalınlığının vadi sayısına oranı, tepe sayısının vadi sayısına oranı ve tepe kalınlığının vadi kalınlığına oranı değerlerinin yapılacak olan korelasyon analizi sonucunda cinsiyet ile anlamlı ilişki var ise sistemde kullanılması,
4. Sistemin başarısını artırmak için farklı kesitlerin ve algoritmaların da kullanılması, sistemin çeşitli alternatif modelleme teknikleri kullanılarak tekrar tasarlanması ve önceki çalışmada elde edilen sonuçların iyileştirilmesi,
5. Türk vatandaşlarına ait bir tek işaret parmağı parmak izleri kullanılan sistemin önceki versiyonundan farklı olarak, Türk vatandaşlarından alınan 10 parmağın tümü ve Biosecure veritabanındaki 6 parmağın tümü ayrı ayrı kullanılarak sistemin eğitilip test edilmesi, böylelikle farklı veritabanları ile de bu sistemin başarımının ölçülmesi,
6. Masaüstü bir yazılım gerçekleştirilen önceki versiyona ek olarak, sistemin daha çok kişiye ulaşması için sistemin web ortamına aktarılması ve
7. Tek merkez (core) noktasına sahip kişilerle sistemin eğitilip test edildiği önceki versiyondan farklı olarak, hem tek merkezli hem de çift merkezli parmak izine sahip kişiler kullanılarak sistemin eğitimi ve testinin gerçekleştirilmesi

amaçlanmaktadır.

Biyometrik sistemler kişiye ait bilgileri kullandığından çok fazla ilgi görmüş ve araştırmacılar tarafından verimliliğinin artırılması amacıyla birçok algoritma geliştirilmiştir. Biyometrik verilerin kendi aralarında da bir ilgisi olabileceği üzerine de son zamanlarda yoğunlaşmıştır. Bu konuda patent de almış olan tez danışmanı ve öğrencisinin, parmak iziyle yüz arasındaki ilişkiyi doğrular şekilde yaptıkları deneysel çalışmalar da başarılı olmuştur [52]. İşte bu noktadan hareketle bu tez çalışmasında da biyometrik özelliklerden olan parmak izi ve cinsiyet arasındaki ilişki ile, yüksek performanslı parmak izinden cinsiyet tanıma sistemi geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Bu tez çalışması kapsamında literatürde varlığı deneysel olarak ispatlanmış parmak izi ve cinsiyet öznitelik vektörleri arasındaki ilişkinin gerekli sınıflandırma, analiz ve bu analiz sonuçları ile zeki bir sistem geliştirilerek parmak izinden cinsiyet tahmininin otomatik olarak gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Yüksek lisans tezinden [14] farklı olarak hem on parmak izi kullanılmış hem de parmak izinin tek veya çift merkezli olması da dikkate alınmış ve sistemin başarımının artırılması hedeflenmiştir.

Tezin ikinci bölümünde, biyometri bilimi ve biyometrik özellikler ile ilgili detaylar verilmiştir. Öncelikle biyometri kavramı hakkında genel bilgiler verilmiş, devamında biyometriklerde düşük kaliteye sebep olan etkenler, biyometrinin kullanımından kaynaklanan gizlilik sorunları, biyometrik tanımda karşılaşılan zorluklar, biyometriklerde bulunması gereken özellikler ve biyometrik sistemlerin işlevleri detaylandırılmıştır. Ayrıca biyometrik sistemlerden avuç içi izi, avuç içi damar izi, el damar izi, el geometrisi, imza, iris, kulak, parmak damar izi, ses, yürüyüş ve yüz tanıma sistemleri detaylandırılmıştır.

Üçüncü bölümde, parmak izi tanıma sistemleri ve işlemleri, parmak izinin analizi, parmak izi eşleştirme ve parmak izi sınıflandırma ve indeksleme işlemleri ile ilgili bilgiler verilmiştir.

Dördüncü bölümde, biyometrik çalışmalarda biyometrinin kullanılması hakkında bilgiler sunulmuş, korelasyon analizi, makine öğrenme modelleri ile bu modelleri eğitmede kullanılan danışmanlı ve danışmansız öğrenme yaklaşımları kısaca açıklanmıştır.

Beşinci bölümde, bu tez kapsamında önerilen ve başarımı artırılması hedeflenen parmak izinden cinsiyet tespitine yönelik literatürdeki çalışmalar sunulmuştur.

Altıncı bölümde, bu tez kapsamında önerilen parmak izinden cinsiyet tanıyan zeki sistemin oluşturulması, eğitimi ve testi için kullanılacak veriler, verilerin oluşturulması ve hazırlanması hakkında bilgiler sunulmuştur.

Yedinci bölümde, tez kapsamında oluşturulan veriler ve literatürdeki mevcut veriler ile cinsiyet ayırt etmede kullanılabilecek parametreler hakkında detaylı analizler sunulmuştur. Veritabanlarından elde edilen bulgular karşılaştırılmıştır. Bu veritabanlarındaki parmak izlerinin, 6. bölümde detaylı anlatılan yöntemlerle elde edilen tepe sayısı, tepe kalınlığı,

tepe kalınlığının tepe sayısına oranı ve tepe kalınlığının vadi kalınlığına oranı değerleri incelenmiş ve elde edilen bulgular verilmiştir. Bu tez ile literatüre kazandırılan parmak izi kesiti alma ve kesitteki farklı nitelikleri analiz etme modeli ile 10 parmak izi analiz sonuçları sunulmuştur.

Sekizinci bölümde, önerilen yeni yöntem ve geliştirilen sistem ile sistem başarı sonuçları hakkında detaylar sunulmuştur. 252 Türk vatandaşından alınan sağ ve sol işaret parmakları ile oluşturulan veri kümesinin, sistemin eğitim ve testinde kullanılması sonucunda elde edilen başarılar, farklı algoritmalar ile denenerek elde edilen bulgular paylaşılmıştır.

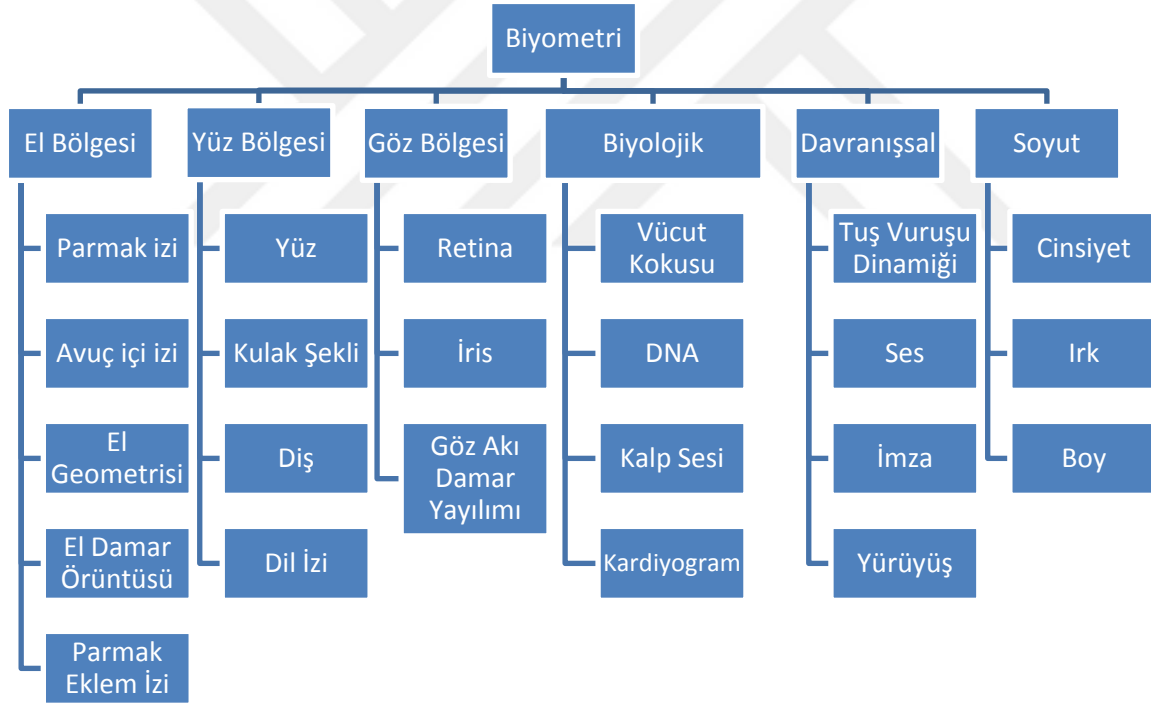
Dokuzuncu bölümde, önerilen yeni yöntemin test sonuçlarına ait başarımlar ayrı ayrı verilmiştir. Bu başarımlar sırasıyla BiyoVeri#2, BiyoVeri#3 ve BiyoVeri#4 için verilerek veritabanlarından elde edilen başarımların karşılaştırılması sağlanmıştır.

Son olarak sonuç bölümünde ise tez kapsamında yapılanlar, elde edilen bulgular, hipotezlerin ispatı, karşılaşılan problemler ve gelecek çalışmalara yer verilmiştir.



2. BİYOMETRİ

Biyometri, fiziksel ve davranışsal özelliklere dayalı olarak insanları tanımak ve kimliklerini doğrulamak için kullanılan çalışma metotlarıdır. Tanıma, muhtemel eşleşmelerin bir listesini üretmek amacıyla bir veritabanından özellikler seçilmesini ifade eder. Doğrulama ise herhangi birinin, ilgili kişi olduğunu iddia etmesi durumunda, uyuşup uyuşmadığının belirlenmesi amacıyla ilgili kişinin biyometrik özelliklerinin kontrol edilmesini ifade eder. Bir biyometrik sistemde kayıt ve test gibi iki önemli işlem vardır. Kayıt sırasında bireyin biyometrik verisi bir veritabanına kaydedilir ve test sırasında bireyin biyometrik bilgileri tespit edilerek depolanan veritabanı ile karşılaştırılır [1]. Şekil 2.1’de gösterildiği gibi çeşitli biyometrik teknikler kullanılmaktadır [2].



Şekil 2.1. Biyometrik özellikler

Biyometrinin genel tanımları aşağıda verilmiştir [3]:

- Biyometri, biyolojik özelliklere göre kişileri tanımak için kullanılır.
- Biyometri, parmak izi görüntüleri, el geometrisi, yüz tanıma vb. biyolojik özelliklerin ölçülmesi ve karşılaştırılmasıdır.
- Biyometrikler, benzersiz kişisel karakteristiklerdir.

- Biyometri, bireylerin biyolojik veya davranışsal özelliklerine göre otomatik olarak tanınmasıdır.

Bir kişinin kimliğinin oluşturulması, günümüzde giderek önemli hale gelmektedir. “Kişi, gerçekten iddia ettiği kişi mi?”, “Bu kişi bu imkanı kullanmaya yetkili mi?”, “Bu kişi devlet tarafından yayınlanan takip listesinde mi?” gibi sorular bir sürücünün ehliyetini düzenlemekten bir ülkeye giriş elde etmeye kadar birçok çeşitli senaryoda rutin olarak sorulmaktadır. Güvenilir kimlik doğrulama tekniklerine duyulan ihtiyaç, ağ ve iletişimdeki hızlı gelişmeler ve güvenlik hakkında kaygıların ortaya çıkmasıyla birlikte artmıştır. Bir bireyi fizyolojik ve davranışsal özelliklerine dayanarak tanılama bilimi olarak tanımlanan biyometri, bir bireyin kimliğinin tespit edilmesinde yasal bir yöntem olarak kabul görmektedir. Günümüzde biyometrik sistemler çeşitli ticari, sivil ve adli uygulamalarda, bir kimlik belirleme aracı olarak kullanılmaktadır. Bu sistemler, kimliği hem tespit etmek hem de doğrulamak için yaygın olarak parmak izleri, el geometrisi, iris, retina, yüz, el damarı, yüz termogramı, imza, ses vb. kanıtlara dayanmaktadır [4].

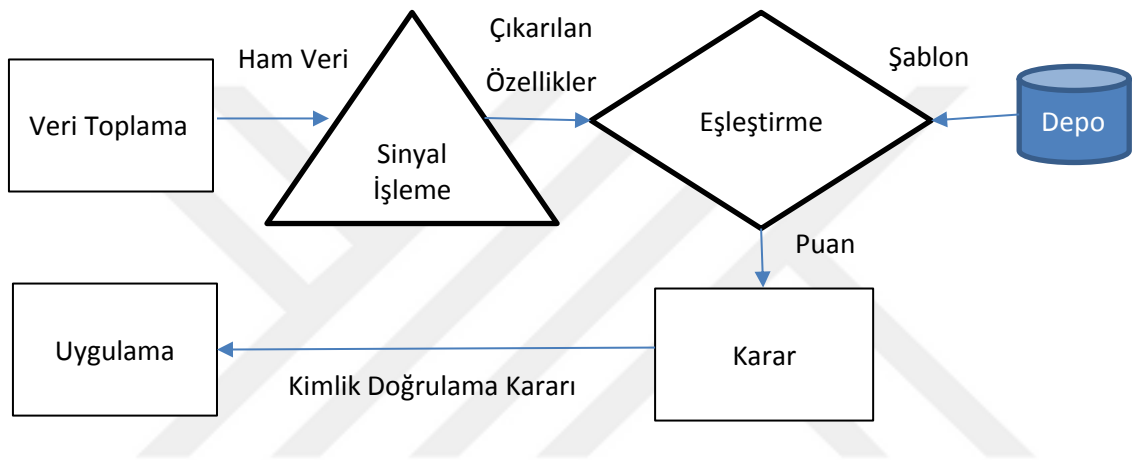
Bilgi toplumunda güvenlik problemlerini çözmek için gerekli acil ihtiyaçlar nedeniyle insanlar biyometriye gittikçe daha fazla ilgi duymaktadır. Geleneksel nesne tabanlı yöntem (anahtar, kart vb) ve bilgi tabanlı yöntem (şifre vb) yerine, biyometri insanları ne "oldukları" ile tanımlar [5].

Biyometri, insanları tanımak için ayırt edici biyolojik veya davranışsal özelliklerin kullanılmasıdır. Donanım ve örüntü tanıma algoritmalarının bir kombinasyonu vasıtasıyla, temel bir insan özelliğini kullanarak, insanları bireysel ve eşsiz olarak ayırmak ve tanımak için otomatik biyometrik tanıma işlemi gerçekleştirilir. Kimlik tanıma amaçlı ayırt edici özelliklerin kullanılmasının uzun bir geçmişi vardır. Mağara duvarlarındaki el izleri ve mısveddelerdeki el yazısı işaretlerinden, baş boyutlarının doğrudan ölçülmesi ve Mors operatörlerinin eşsiz örüntülerine kadar, uzun zamandır biyometrik kimliğin kullanılmasına ve ölçülmesine yönelik işlemler yapılmaktadır [6].

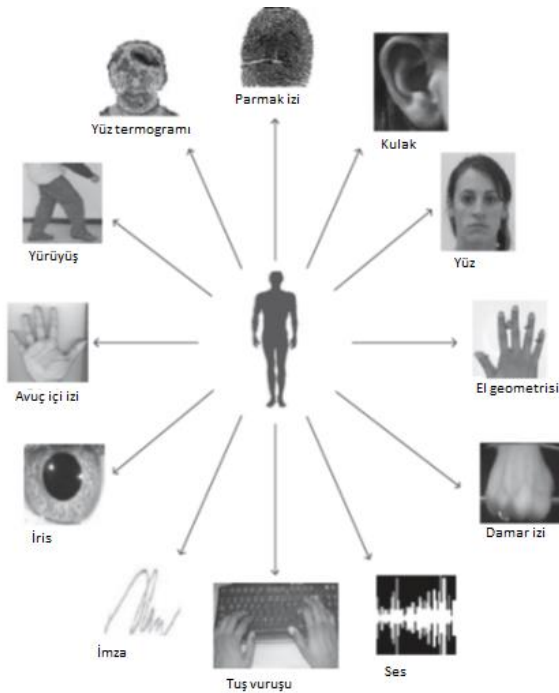
Biyometrinin geleneksel kimlik doğrulama yöntemlerine karşın sunduğu çeşitli avantajları arasında kullanıcının karmaşık şifreleri hatırlamak veya kimlik kartları gibi kimlik yerine geçen nesnelere sahip olmak zorunda olmaması nedeniyle, gelişmiş elverişlilik ve biyometrinin sahtekârlığı çok daha kolay bir şekilde engelleyebilmesi veya tespit

edebilmesi ve ret taleplerini ölçmek için etkin bir önlem olması nedeniyle gelişmiş güvenlik sağlayabilir. Bu nedenle, biyometri, sistemin kullanıcılarına kolaylık sağlarken, bir yandan da toplumumuza daha fazla güvenlik sunabilecek bir teknolojidir. Örneğin sahte kimlik sorununa, biyometrik tabanlı kimlik doğrulama sistemi kullanılarak etkin bir şekilde müdahale edilebilir [4].

Şekil 2.2'deki diyagram, nihai bir kararın alınmasına kadar geçilen aşamaları göstererek, bir biyometrik sistemin genel modelini sunmaktadır [3].



Şekil 2.2. Genel biyometrik sistem modeli



Şekil 2.3. Bireyin kimliğinin doğrulanması için kullanılabilecek biyometrik özelliklerin örnekleri

Şekil 2.3’de görülen, fiziksel özellikler arasında parmak izi, iris, yüz, el geometrisi yer alırken, davranışsal özellikler arasında imza, tuş vuruşu dinamikleri ve yürüyüş yer alır [7].

Biyometri, çeşitli uygulamalara entegre edilebilmektedir. Biyometriyi kullanan kimlik doğrulama çözümleri, güvenilir kullanıcı kimlik doğrulama mekanizmalarına bağlı olarak çeşitli uygulamalarda kullanılabilir. Bu uygulamalar Çizelge 2.1’de gösterildiği şekilde üç ana grupta sınıflandırılabilir [7]:

- a) Bilgisayar ağı girişi, elektronik veri güvenliği, e-ticaret, internet erişimi, ATM veya kredi kartı kullanımı, fiziksel erişim kontrolü, mobil telefon, PDA, tıbbi kayıt yönetimi, uzaktan öğrenme gibi ticari uygulamalar,
- b) Ulusal kimlik kartı, ıslah evinde kalanların yönetimi, ehliyet, sosyal güvenlik, refah harcamaları, sınır kontrolü, pasaport kontrolü gibi devlet uygulamaları,
- c) Ceset tanıma, cezai soruşturma, ebeveyn tespiti gibi adli uygulamalar.

Çizelge 2.1. Biyometrinin kullanıldığı çeşitli uygulamalar

TİCARİ	DEVLET	ADLİ
ATM	Ulusal kimlik kartı	Ceset tanıma
Erişim kontrolü, bilgisayar girişi	Sürücü ehliyeti, seçmen kaydı	Cezai soruşturma
Mobil telefon	Refah dağıtımı	Ebeveyn tespiti
E-ticaret, internet bankacılığı, akıllı kart	Sınır geçme	Kayıp çocuklar

2.1. Biyometriklerde Düşük Kaliteye Sebep Olan Etkenler

Düşük kalite örnekleri, aşağıdaki kategorilere ayrılabilir [6]:

- *Bozulmalar*: Çizilmiş deri ve açılmış dil gibi elastik bozulmalar doğrusal olmayan bozulmalarken, algılama donanımına ilişkin mesafe, dönüştürme ve nesne rotasyonlarından kaynaklanan bozulmalar inelastik bozulmalardır.
- *Kapatma*: Biyometriğin bir parçasının bir engel nedeniyle algılanamadığı kapatma durumuna vücudun parçaları, gölgeler ve giysiler sebep olabilir.
- *Tıbbi*: Bazı tıbbi koşullar, biyometrik örneğin okunma becerisinin azalmasına neden olur. Donanımın çalıştırılmasında zorluklara yol açan körlük gibi davranışsal sorunlar,

kişinin ses biyometriğini değiştiren bademcik iltihabı gibi biyometrik özelliğin bozulması veya eksik bir parmak gibi biyometriğin tamamen kaybedilmesi örnek olarak verilebilir.

- *Eskilik*: Yaşlanma süreci, kayıttan itibaren geçen süreye bağlı olarak, kaydedilen biyometriğin doğrulama örneğinden farklılaşmasına yol açabilir.
- *Giyim*: Şapkalar, gözlükler ve kontakt lensler örnek yapılarını engelleyebilir.
- *Çevre*: Ses ve ilave yapıların ortama karışması yoluyla biyometriğin alınması etkilenebilir.
- *Ergonomi*: Bir sensörün konumu ve ergonomisi, kullanıcının iyi bir biyometrik örnek sunmasında zorluğu arttırmak suretiyle örneklerin kalitesini doğrudan etkileyebilir. Bunun örnekleri arasında uzun veya kısa insanların sistemi kullanmakta zorluk çektiği sabit yükseklikli iris sistemleri, parmak kılavuzları olmayan veya küçük algılama alanlarına sahip olan parmak izi sensörleri yer almaktadır. Genellikle kötü ergonomi, bozulmalar veya tıkanmalar yoluyla sistem hatalarının artmasına neden olmaktadır.

2.2. Biyometrinin Kullanımından Doğan Gizlilik Sorunları

Biyometrinin kullanımından doğan gizlilik sorunları aşağıda maddeler halinde özetlenmektedir [8]:

1. Biyometrik özellikler, daha yaygın kimlik türlerinin aksine, hiçbir kişisel bilgiyi içermez ve taklit edilmesi veya çalınması zordur.
2. Biyometrik özellikler, anonim işlemlerin güvenliğini sağlamak üzere bir isim veya sosyal güvenlik numarası yerine kullanılabilir.
3. Yüz görüntüleri, ses sinyalleri ve yüzeyler üzerinde bırakılan "gizli" parmak izleri gibi bazı biyometrik ölçümler, kişinin bilgisi dışında alınabilir. Ancak daha önceden mevcut dönüştürülebilir veritabanı olmaksızın bir kimlik ile ilişkilendirilemez.
4. Bir sosyal güvenlik veya kredi kartı numarası ve hatta bazen bir yasal isim, geniş bir nüfus içerisinde bir kişinin kimliğini tanıtabilir. Bu özellik, herhangi tek bir biyometrik ölçüm kullanılarak gösterilemez.
5. Telefon ve kredi kartı bilgileri gibi, biyometrik veritabanları da mahkeme kararı ile, amaçlanan kullanımları dışında taranabilir.
6. Kredi kartı, telefon veya sosyal güvenlik numaralarının aksine, biyometrik özellikler, bir ölçümden diğerine değişiklik gösterir.

7. Biyometrik ölçümlere dayalı kişisel verileri taramak, yasal isim veya sosyal güvenlik numarası gibi daha iyi kimlikleri kullanmak kadar güvenilir veya etkili değildir.
8. Biyometrik ölçümler her zaman gizli değildir, ancak bazen umuma açık bir şekilde gözlenebilir ve ifşa edildiğinde geçersiz kılınmaz.

2.3. Biyometrik Tanımda Karşılaşılan Zorluklar

Biyometrik tanımayı, zorlu bir problem haline getiren çeşitli hususlar bulunmaktadır [4]:

1. *Algılanan verilerde bozukluk:* Yara bulunan bir parmak izi görüntüsü veya soğuk nedeniyle değişmiş bir ses örneği gürültülü veri örnekleridir.
2. *Sınıf-içi varyasyonlar:* Bu varyasyonlar genelde sensör ile yanlış bir şekilde etkileşim kuran bir kullanıcıdan (örn. yanlış yüz duruşu) veya sensör özelliklerinin kimlik doğrulama sırasında modifiye edilmesinden kaynaklanır (örn. optik ve katı hal parmak izi sensörleri).
3. *Sınıflar-arası benzerlikler:* Çok sayıda kullanıcıdan oluşan bir biyometrik sistemde, çoklu kullanıcıların özneliliklerinde sınıflar arası benzerlikler (örtüşme) olabilir.
4. *Evrensel Olmama:* Biyometrik sistem, bir kullanıcı kümesinden anlamlı biyometrik veriler elde edemeyebilir. Örneğin bir parmak izi biyometrik sistemi, tepelerin kötü kalitesine bağlı olarak belirli bireylerin parmak izlerinden yanlış ayrıntı noktaları özellikleri çıkarabilir.
5. *Yanıltma saldırıları:* Bu saldırı türü özellikle imza veya ses gibi davranışsal özelliklerin kullanılmasıyla ilişkilidir. Ancak, parmak izi gibi fiziksel özellikler yanıltma saldırılarına duyarlıdır.

Yukarıda listelenen zorluklardan bazıları çoklu model bir biyometrik sistem kullanılarak çözülebilir. Tekli model sistemin aksine çoklu model bir sistem, kimliği ortaya koymak için çoklu biyometrik ipuçları tarafından verilen kanıtları kullanır. Bu sistemler çoklu biyometrik bilgileri bir araya getirerek (örn. bir kullanıcının birden fazla parmağından alınan izler veya aynı biyometrik üzerinde çalışan çoklu eşleşmeler veya parmak izi ve iris gibi çoklu özellikler) eşleşme performansını iyileştirebilir, nüfus kapsamını arttırabilir, yanıltma girişimlerini önleyebilir ve indekslemeyi kolaylaştırabilir. Hiçbir biyometrik özellik tek başına çok sayıda kayıtlı kullanıcıyı kapsayan geniş ölçekli uygulamaların gerektirdiği tüm şartları yerine getiremediğinden, çoklu model sistemlerin, geleceğin

kimlik yönetim sistemlerinde önemli bir rol oynayacağı yaygın olarak kabul edilmektedir [4].

2.4. Biyometriklerde Bulunması Gereken Özellikler

Biyometrik sistemler seçme sürecinin bir parçası olarak karşılaştırıldıklarında, her öznelik aşağıdaki özellikler ile birbirinden bağımsız olarak ağırlıklandırılabilir ve değerlendirilebilir [6, 9, 10]:

- *Ayırt edicilik:* Bir biyometrik özellik, belirli bir bireyi seçerken diğer herkesi reddeden yüksek düzeyde ayırt edicilik özelliğine sahip olmalıdır. Seçilen özellik, nüfusu oluşturan bireyler arasında yeterince farklılık göstermelidir. Ayırt edilecek kişi sayısı arttıkça, bu faktör daha önemli hale gelir.
- *Kararlılık:* Bir bireyin biyometrik özelliği, eşleşme algoritmasına ilişkin olarak, belirli bir süre sonrasında bile yeterli bir oranda değişmez olmalıdır. Zaman içerisinde önemli ölçüde değişen bir özellik, kullanışlı bir biyometrik değildir. Yaş, kaza veya hastalık, belirli bir zaman dilimi sonrasında tüm biyometrikleri değiştirecektir. Biyometrikler, aynı zamanda, giysilerle veya cilt esnekliğinin bir sonucu (örneğin gülme) olarak da değiştirilebilir. Bir biyometrik, yeterince özelliği muhafaza etmelidir, böylelikle bu değişiklikler, sistemin ayırt etme yeteneği üzerinde asgari bir etki yapacaktır. Yeniden kaydın basit veya kolaylıkla elde edilebilir olduğu veya yeniden düzenlemenin yasal olarak daha kısa sürede olması gerektiği durumlarda, kararlılık daha az önemli olabilir.
- *Ölçeklenebilirlik:* Bir biyometrik, hem elde edilme zamanında hem de kimlik tanıma sistemlerindeki bir veritabanında tarandığında, etkin bir şekilde işlenebilme kapasitesine sahip olmalıdır. Ölçeklenebilirlik hususları geniş çaplı kimlik tanıma sistemlerine kıyasla, doğrulama tabanlı erişim kontrol sistemlerinde daha az kaygı vericidir. Ayrıca biyometrik özelliği, birey açısından elverişsiz durumlara neden olmayacak uygun cihazlar kullanılarak elde etmek ve sayısallaştırmak mümkün olmalıdır. Alınan ham veriler, temsil edici özellikler kümesini çıkarmak için, işlemeye uygun olmalıdır.
- *Kullanılabilirlik:* Biyometriğin benimsenmesinde en önemli özellik elverişliliklerdir. Hedef nüfusta uygulamayı kullanacak bireyler, sisteme biyometrik özelliklerini sunmaya istekli olmalıdır. Bir biyometriğin kullanılması zor veya yavaş ise, muhtemelen kabul görmeyecektir. Sensörün ergonomiği sistemin kullanımını basit

hale getirmelidir. Kullanılabilirlik, özellikle görme veya hareket engeli bulunan engelli kişiler için önemli bir faktördür. Özellikle biyometriğin sıklıkla kullanılacağı giriş kontrolü gibi yerlerde bu durum önem arz eder. Buna rağmen, biyometriğin gözetim amaçlı kullanıldığı bazı durumlarda, kullanılabilirlik önemli olmayabilir.

- *Kapsayıcılık:* Nüfusun son derece büyük bir kısmı, özellikle geniş ölçekli kimlik sistemleri için ölçülebilir olmalıdır. Bazı kullanıcıları kapsam dışında bırakan bir biyometrik özellik, güvenliğin yönetilmesinde ilave karmaşıklıklara neden olur ve bu durumun, kullanılabilirlik üzerinde belirgin etkisi olacaktır. Bir biyometrik, güvenlikten ziyade, öncelikli olarak kolaylık için kullanılıyorsa ve alternatifler mevcutsa, sistemi kullanamayan kişiler için tolerans artar.
- *Duyarsızlık:* Makul sınırlar içerisinde dış çevrede gerçekleşen ışıktandırma ve ısı gibi değişiklikler sistem hatalarına sebep olmamalıdır. Havaalanları gibi kontrollü kapalı alan sensörleri, dış mekânda kullanılan bir biyometrik sensörüne göre daha az etkilenebilir.
- *Zayıf Nokta:* Sahte bir biyometrik oluşturmak veya bir biyometriği çalmak ve kullanmak zor olmalıdır. Zayıf noktalar, yüksek düzeyde gözlenen ve kontrol edilen bazı yerlerde politikalar ve insan izlemesi yoluyla azaltılabilir.
- *Gizlilik:* İdeal olarak, bir biyometrik alınmadan önce sahibinin izninin alınması gereklidir. Veriler şifreli olarak saklanmalıdır.
- *Bakım:* Sensör yıpranması ve aşınması, sensör yüzeyinde kalıntı birikmesi en aza indirilmelidir. Bu, genellikle kameralar gibi temassız sensörlerde başarılabilir, ancak fiziksel dokunuş gerektiren tüm sensörler bakım problemlerine sahiptir.
- *Kalite:* İyi kaliteli bir örnek elde etmek, kullanıcı için kolay olmalıdır. Yüksek kaliteli örnekler, doğru eşleşme sonuçlarının garanti edilmesi için genellikle çok önemlidir.
- *Entegrasyon:* Biyometrik, akıllı kartlar veya şifreler gibi diğer kimlik doğrulama mekanizmalarıyla uyumlu olarak kullanılabilme özelliğine sahip olmalıdır.
- *Maliyet:* Biyometrik sistemin maliyeti, yararıyla orantılı olmalıdır. Yararları arasında kolaylık, zenginleştirilmiş güvenlik, insan operatörlerinin istihdamı için azalan maliyet, kimlik göstergelerinin kaybından doğan maliyetin azalması vardır. Maliyetin, satılacak sistemlerin hacmiyle orantılı olması gerekir.

2.5. Biyometrik Sistemlerin İşlevleri

Bir biyometrik sistem üç ana işlev sağlar [4]:

1. Kullanıcı doğrulama ("Bu kişi gerçekten olduğunu iddia ettiği kişi mi?"),
2. Geniş ölçekli kimlik tanıma ("Bu kişi kim?") ve
3. Tarama ("Bu kişi arama listesinde mi?").

Geleneksel kimlik doğrulama sistemleri, 2 ve 3 işlevlerini güvenilir bir şekilde yerine getirememektedir. Böylelikle, biyometri özellikle, asgari veya sıfır insan gözetimi altında büyük veri hacmi gerektiren senaryolarda avantajlıdır.

Yukarıdaki modüller kullanılarak kayıt, doğrulama ve tanıma ana süreçleri yürütülebilir. Bir doğrulama sistemi, kayıt ve doğrulama süreçlerini kullanırken; bir tanıma sistemi, kayıt ve tanıma süreçlerini kullanır. Belirtilen üç süreç şunlardır [11]:

- *Kayıt:* Kullanıcı kaydı, bireyi biyometrik sistem deposuna kaydetmekten sorumlu bir süreçtir. Kayıt süreci esnasında, kişinin biyometrik özelliği öncelikle bir biyometrik tarayıcı ile taranarak bir örnek üretilir. Elde edilen örneğin sonraki aşamalarda güvenilir bir şekilde işlenebileceğinden emin olmak için, genellikle, bir kalite kontrol gerçekleştirilir. Bir özellik kümesi üretmek için öznitelik çıkarma modülü kullanılır. Şablon oluşturma modülü, bir kayıt şablonu oluşturmak için özellik kümesini kullanır. Bazı sistemler, bir kullanıcıdan çoklu örnekler alır ve daha sonra en iyi görüntüyü (veya özellik kümesini) seçer, ya da karma bir şablon oluşturmak için çoklu görüntüleri (veya özellikler kümesini) birleştirir. Daha sonra kayıt süreci, kayıt şablonunu alır ve bunu kullanıcı hakkındaki demografik bilgilerle birlikte sistem deposunda depolar (kimliği, adı, cinsiyeti, boyu vb.).
- *Doğrulama:* Doğrulama süreci, kişinin kimliğinin doğrulanmasından sorumludur. Kişinin kullanıcı adı veya kişisel kimlik numarası gibi kimlik göstergesi bir tuş takımı, mini klavye veya yaklaştırılacak bir kart yoluyla sunulur. Biyometrik tarayıcı, kişinin özelliklerini yakalar ve bunu, bir özellik kümesi üretmek için, öznitelik çıkarma modülü tarafından işlenecek bir örneğe dönüştürür. Ortaya çıkan özellik kümesi, kişinin kimlik gösterimine dayalı olarak sistem deposundan elde edilen kayıt şablonuna karşı, karşılaştırılacağı eşleştiriciye gönderilir. Doğrulama süreci, bir eşleşme / eşleşmeme kararı ortaya çıkarır.

- *Tanıma*: Tanıma sürecinde, kişi açık bir şekilde kimlik ibraz etmez ve sistem yakalanan biyometrik örnekten alınan özellik kümesini, sistem deposundaki tüm bireylerin veya bir alt kümenin şablonlarıyla karşılaştırır. Çıktı, eşleşme yok ise boştur veya eşleşen kayıt şablonlarının bir veya daha fazla kimliğini içerebilecek bir *aday listesidir*. Büyük veritabanlarındaki tanıma pahalı olduğundan, girdi özellik kümesine karşı eşleşebilecek kayıt şablonlarının sayısını filtrelemek için kullanılan bir ön seçim aşaması genellikle gereklidir.

2.6. Biyometrik Özellikler

Biyometri tabanlı olarak bir kişinin tanınmasında ve doğrulanmasında kullanılan ondan fazla farklı teknik bulunmaktadır. Bu teknikler, gerek tanıma gerekse doğrulama için kullanılabilecek fiziksel biyometrikler ile genellikle doğrulama için kullanılan davranışsal biyometrikler olarak iki temel biyometri türüne göre kategorize edilir. Fiziksel biyometriklere aşağıdaki örnekler verilebilir [3]:

- *Bertillonage*: Vücut uzunluklarının ölçülmesi (artık kullanılmıyor).
- *Parmak izi*: Parmak ucu modelleri analizi.
- *Yüz tanıma*: Yüz özelliklerinin ölçümü.
- *El geometrisi*: Elin şeklinin ölçümü.
- *İris tarama*: Gözün renkli halka özelliklerinin analizi.
- *Retina tarama*: Gözdeki kan damarlarının analizi.
- *Damar örüntüleri*: Damar kalıplarının analizi.
- *Kulak şekli*: Kıkırdak doku şeklinin analizi.
- *DNA*: Genetik yapı analizi.

Davranışsal biyometrikler aşağıdaki örnekler verilebilir [3]:

- *Ses tanıma*: Vokal davranışların analizi.
- *İmza*: İmza dinamiklerinin analizi.
- *Tuş vuruşu*: Yazma alanı süresinin ölçümü.
- *Yürüme*: Bir kişinin yürüme şeklinin analizi.

Literatürde sıkça kullanılan biyometrik özellikler aşağıda alt başlıklar halinde sunulmuştur. Parmak izi tanıma ile ilgili Bölüm 3’de detaylı bir tarama yapılmıştır.

2.6.1. Avuç içi tanıma

Avuç içi tanıma, parmak izi tanımadaki eşleştirme özelliklerinin birçoğunu uygular. Avuç içi biyometriği, tepe çizgilerindeki bilgilerce temsil edilir. Bu bilgiler, tepe akışı, tepe özellikleri ve epidermisin üst kısmının tepe yapısından oluşur. Bu gösterim ile temsil edilen veriler, bir veritabanı ile karşılaştırılarak bireylerin kimliklerinin tespitine veya kanıtlanmasına olanak tanır [1].

Avuç içi izlerinin temel hatları, kıvrımları ve avuç içi dokusu gibi zengin özellikleri nedeniyle, bir bireyi geniş bir nüfustan ayırmak için yeterince sabit ve ayırt edici bir bilgi sağladığına inanılmaktadır. Ayrıca, geniş yüzey alanı ve temassız edinim yöntemi, etkili öznitelik çıkarımı için gürültü direnci üzerinde yararlı bir etkiye sahiptir [4].

Avuç içi izi sistemi, el-tabanlı bir biyometrik teknolojidir. Bu sistem, bir elin iç yüzeyiyle ilgilidir. Avuç içi, parmak uçları ile aynı türden bir deri ile kaplıdır ve boyut olarak parmak ucundan daha geniştir. Avuç içi izinin birçok özelliği, bir kişiyi benzersiz olarak tanımlamak için kullanılabilir. Bunlardan bazıları aşağıda verilmiştir [7]:

1. *Geometri Özniteliği:* Avuç içi şekline göre, genişlik, uzunluk ve alan gibi ilgili geometri öznitelikleri kolaylıkla elde edilebilir.
2. *Temel Çizgi Özellikleri:* Bir avuç içi izindeki temel çizgilerin hem konumu hem de şekli, bireylerin tanınması için önemli fizyolojik özelliklerdir. Zira bunlar, zaman içerisinde çok az değişir.
3. *Kırıxıklık Özellikleri:* Bir avuç içi izinde, daha ince ve daha düzensiz olmaları bakımından temel çizgilerden farklı olan birçok kırıxıklık bulunur.
4. *Delta Noktası Özellikleri:* Delta noktası, avuç içi izindeki delta benzeri bölgenin merkezi olarak tanımlanır. Genellikle, parmak-kök bölgesinde konumlanmış delta noktaları bulunur.
5. *Ayrıntı Noktaları (minutiae) Özellikleri:* Bir avuç içi izi temel olarak, ayrıntı noktaları özelliklerinin kullanılmasına imkân tanıyan tepelerden oluşur.

2.6.2. Avuç içi damar izi tanıma

Bu bölümde, kişisel kimlik tespiti verisi olarak avuç içi damar örüntülerini kullanan avuç içi damar izi kimlik doğrulaması açıklanmıştır. Avuç içi damar izi bilgilerinin

kopyalanması zordur, zira damarlar insan vücudunun içindedir. Avuç içi damar izi doğrulama teknolojisi, yüksek düzeyde doğruluk sağlar. Japonya'da çeşitli bankalar, Temmuz 2004 yılından bu yana müşteri kimlik doğrulaması için, avuç içi damar izi doğrulama teknolojisini kullanmaktadır. Buna ek olarak, bu teknoloji kapı güvenlik sistemleri gibi farklı uygulamalara da entegre edilmiştir [9].

Parmaklardaki, bilekteki, ellerdeki veya yüzdeki bireysel damar modeli, kızılötesi kameralar kullanılarak haritalandırılabilir. Bu damar tanıma olarak bilinir. Sensör temassız olduğundan, okuyucular fazlasıyla güçlendirilebilir ve bu dokuların gizlice elde edilmesi diğer biyometriklere göre daha zordur. 2005 yılından beri, parmak ve avuç içi damar tarayıcılarının popülaritesi, özellikle otomatik vezne makinelerinin kullanıldığı Japonya'da artmıştır [6].

Damar örüntüleri; yüz, iris, parmak izi, ses ve benzeri biyometrik kimlik doğrulama teknolojilerinde kullanılan özelliklerle karşılaştırıldığında, aradaki tek fark bu özelliğin vücut yüzeyinde olup olmamasıdır. Sonuç olarak, damar örüntüleri, fotoğraflama, takip veya kaydetme yöntemiyle çalınamaz. Bu durum, olağan koşullar altında sahteciliğin son derece zor olduğu anlamına gelir [9].

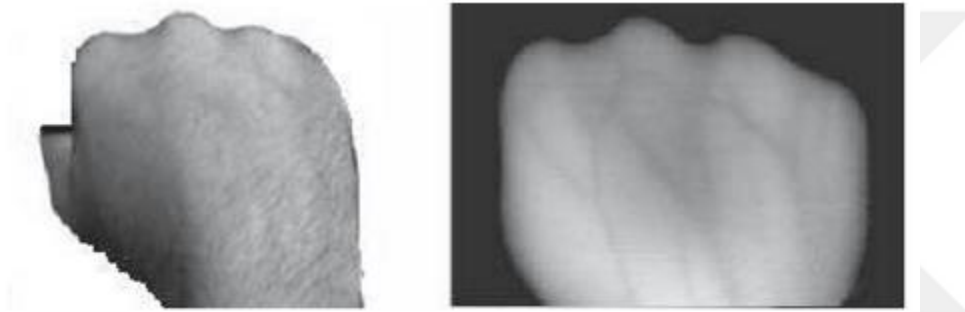
Damar örüntüleri, her bireyde özeldir, tek yumurta ikizlerinde dahi farklı damar örüntüleri bulunur. Ayrıca, damar örüntüleri, yaralanma ya da hastalık durumu hariç, bir insanın ömrü boyunca değişmez [9].

Temassız şekilde uygulanması, kullanıcının hijyen hakkındaki tutumunu ve herhangi bir duygusal endişesini ortadan kaldırır. Bu özellik, tıbbi tesisler veya gıda fabrikaları gibi yüksek hijyen standardının gerekli olduğu ortamlarda bu teknolojiyi uygulamayı mümkün kılar. Buna ek olarak, umumi cihazlarla doğrudan temas kurmaya isteksiz olan bireyler için de ikna edici bir özelliktir [9].

Avuç içi damar izi tanıma sistemlerinin kapı güvenliği, dizüstü bilgisayarda giriş doğrulama işlemi, ATM'ler ve bilgi büfesi (kiosk) gibi çeşitli kullanım alanları vardır [9].

2.6.3. El damar izi tanıma

El damar izi teknolojisi, biyometrik uygulamalarda bireylerin kimliklerini doğrulamak için, elin arka yüzeyindeki deri altı damar ağını kullanmaktadır. Bu teknolojinin esası, kan damarları örüntüsünün, her birey için –hatta ikizler için bile- benzersiz olduğu gerçeğine dayanmaktadır. Bu nedenle, el kan damarlarının örüntüsü, bireyin kimliğini doğrulamak için kullanılan oldukça belirgin bir özelliktir. El damar izi biyometrik teknolojisi, oldukça yenidir ve sürekli olarak yenilenme ve gelişme süreci içerisinde. Şekil 2.4’de görünür ışık ve kızılötesi ışık ile elde edilen el damar izi görüntüleri gösterilmiştir [7].



Şekil 2.4. Görünür ışık (sol) ve kızılötesi ışık (sağ) ile elde edilen el damar izi görüntüsü

El damar izi teknolojisi gelişmekte olan bir biyometrik araştırma alanı olmasına rağmen, erişim kontrolü, zaman ve katılım, güvenlik ve hastaneler gibi birçok uygulamada çok sayıda ünite ile kullanılmaktadır. El damar izi teknolojisi pazarı, hızla büyümeye devam etmektedir. Bu teknoloji diğer biyometrik yöntemlerle karşılaştırıldığında, yüksek kimlik denetleme doğruluğu ve daha iyi kullanılabilirlik gibi avantajlar sağlamaktadır. Buna ek olarak, damar örüntüleri deri altında yer aldığından, diğer biyometrik teknolojilerin kısıtlandıkları fabrika ya da inşaat alanları gibi uygulamalarda karşılaşılan olumsuz algılama ortamlarından etkilenmemektedir. Bu özelliklerinden dolayı damar izi teknolojisi, kamu alanlarında kullanım için çeşitli kimlik doğrulama çözümlerine dâhil edilmektedir [7].

2.6.4. El geometrisi tanıma

El geometrisi, uzun bir kullanım tarihine sahip kimlik doğrulama teknolojisidir. Chauvet Mağarası'ndaki antik tablolar karbondan yapılmıştır ve 31 000 yaşında oldukları

söylenmektedir. Bazı kişiler, bu tablolarda bırakılan el izlerinin ressamın özel imzası olduğunu ifade etmektedir. Bu, belki de, kimlik belirleme için el geometrisinin ilk fakat son olmayan kullanımudur [7].

Her insan eli benzersizdir. Farklı parmak uzunluğu, genişliği, kalınlığı, eğrilikleri ve bu özelliklerin göreceli konumu ile her insanı diğerinden ayırt etmek için bu biyometrik kullanılır [3].

El geometrisi tanıma sistemleri, kontrollü bir alan içerisinde elin görüntüsünü almaktadır ve geometrinin belirli yönlerini ölçmektedir. Mesafe, parmakların uzunluklarını, genişliklerini ve yüksekliklerini ve boğumlar arasındaki uzaklığı ölçmektedir [6].

Tüm biyometrik teknolojiler arasında, el geometrisi ve parmak izi dâhil el temelli biyometri, 2004 yılında, %60'lık pazar payıyla en popüler biyometri olmuştur [4].

El geometrisi, orta güvenlik uygulamaları için uygundur. El geometrisi kullanımında, aşağıda listelenen belirli üstünlükler bulunmaktadır [1]:

1. Orta maliyet
2. Düşük maliyetli algoritmalar
3. Düşük şablon boyutu
4. Kullanıcılar için, neredeyse sıfır kullanıcı reddi sağlayan kolaylık ve caziplik
5. Polis, yargı ve kriminal kayıtlarla ilişkisizlik.

Rahatlığından, düşük maliyetinden, kolay arayüzünden ve düşük bilgi depolama gerekliliklerinden ötürü el verilerine dayanarak kişileri tanımak, ilgi duyulan bir biyometrik yöntemdir. Hava alanlarında pasaport kontrolünden uluslararası bankalara, ailelerin çocuk bakım merkezlerine erişiminden üniversite öğrenci yemek programlarına, hastane ve hapishanelerden nükleer elektrik santrallerine kadar son zamanlarda uygulanan erişim kontrol sistemlerinin bazıları, el geometrisine dayanmaktadır [12].

2.6.5. İmza tanıma

Biyometri alanında, sosyal ve yasal kabulleri ve kişisel kimlik doğrulama yöntemi olarak yazılı imzanın yaygın kullanımından dolayı, otomatik imza doğrulama uygulaması, yoğun

bir araştırma alanı olmuştur ve hala zorlu bir problemdir. İmza sinyallerini yakalama kapasitesine sahip tablet bilgisayarlar ve cep telefonları gibi taşınabilir cihazların artan kullanımı, imza-tabanlı kimlik doğrulama uygulamalarına yönelik talebin artmasına neden olmuştur [5].



Şekil 2.5. Tablet PC'lerde imza oluşturulması

İmza tanıma, belgeler ve kredi kartları ile kullanımından ötürü, çoğu insana tanıdık gelmektedir. Dinamik ya da çevrimiçi imza tanıma, daha sağlam bir tanıma için, gerçek zamanlı olarak kalem hareketlerinin hızı ve basıncını yakalamak amacıyla aygıt kullanan bir yöntemdir. Şekil 2.5’de kişilerin tablet bilgisayarlar aracılığıyla imza atmasına örnekler verilmiştir [6].

İmza, kimlik doğrulaması için en sosyal ve hukuki açıdan kabul edilebilir araç olmasından dolayı üst düzey saldırılar ile karşı karşıya gelen bir yöntemdir. Bir kişi bir sistemi atlatmak istediğinde, hedef imzayı olabildiğince taklit etmeyi deneyerek diğer kişinin imzasının sahtesini yapmaktadır. Çevrimiçi içerik, kimlik doğrulama için tercih edilebilirdir çünkü sahte kimlik oluşturmak için dolandırıcı, imzanın statik görüntüsünü taklit etmekten daha zor olan sırasıyla kişisel ve bağlı imzalama üretmek zorundadır [12].

Temel sorunlardan bazıları imzanın sınıf içi değişkenlik göstermesi ve imzanın zamanla değişebilmesidir. İmzalamanın, imzanın kısa süre zarfında bile farklılık gösterdiği çok hızlı, tecrübe gerektiren ve tekrar edilebilir bir harekete dayandığı çok iyi bilinmektedir. Bu hareket zamanla gelişebilir ve bir kişi zamanla bu hareketi değiştirebilir. Bu nedenle, tamamen farklı bir imza ortaya çıkabilmektedir [10].

Elle atılan imza yöntemi ile bu teknolojinin pratik uygulamaya konulması oldukça yavaştır ve imza biyometrisi, hala zor bir araştırma konusu olmaya devam etmektedir. Bunun sebebi, çoğunlukla, büyük sınıf içi farklılıklardan ve sahtecilik göz önünde bulundurulduğunda, küçük sınıf içi farklılıklardan kaynaklanmaktadır [7].

2.6.6. İris tanıma

İris tanıma, bireyin gözlerindeki irisin yüksek çözünürlüklü görüntülerine dayanan örüntü tanıma tekniklerini kullanan biyometrik kimlik doğrulama yöntemidir. İris tarama tabanlı güvenlik sistemleri, yüz tabanlı, ses tabanlı ve avuç içi izi tabanlı biyometrik sistemlere göre daha sağlam ve güvenilir kimlik doğrulama sunmaktadır [1].

İris tanıma, biyometride ortaya çıkan bir kişisel tanıma yöntemidir. Gözlerin iris özelliğini tanımak ve eşleştirmek için, genellikle, örüntü tanımlama ve görüntü işleme yöntemlerini kullanmaktadır ve sonrasında otomatik kişisel kimlik doğrulamayı gerçekleştirmektedir. İris tanıma, müdahalesizlik, benzersizlik, sabitlik, etkisizlik ve düşük yanlış tanıma oranı gibi birçok avantaja sahiptir ve bu yüzden geniş uygulamaları ve gelecek beklentileri bulunmaktadır. İris tanıma, son zamanlarda birçok araştırmacı ve girişimcinin dikkatini çekmiştir ve güncel bir araştırma konusu haline gelmiştir [4].

İnsan irisi güvenilirlik ve yayılabilirlik özelliklerinden dolayı kişisel doğrulama ve kimlik belirlemede biyometrik yaklaşım olarak kullanılabileceği ilginç bir yapıdır. Güvenilirlik açısından bakıldığında, insan irisinde görsel olarak belirgin olan örüntüler bireyin kendisine özgüdür. Yayılabilirlik açısından bakıldığında, mevcut görme teknolojisi kullanımı ile bir kişiden uygun bir uzaklıktan görüntülenebilen bir organdır. Güvenilirlik ve yayılabilirlik özelliklerinden dolayı, iris tanıma kişilerin biyometrik tabanlı doğrulanması ve tanınması için umut verici bir yaklaşımdır. Nitekim, iris tanımanın laboratuvar dışına getirilmesi ve gerçek dünyada uygulanması yolunda önemli atılımlar yapılmıştır [8].

2.6.7. Kulak tanıma

Kulak biyometrisi bilgisayarla görüde, otomatik yüz, iris veya parmak izi tanımanın daha popüler tekniklerine kıyasla daha az ilgi görmüştür. Ancak, kulaklar yıllarca adli

bilimlerde önemli bir rol oynamıştır. Özellikle Amerika Birleşik Devletleri'nde, manuel ölçümlere dayalı kulak sınıflandırma sistemi geliştirilmiştir ve 40 seneyi aşkın süredir kullanılmaktadır. Kulak izleri, olay yeri incelemesi sırasında genellikle geçerli parmak izlerinin olmadığı durumlarda tanıma için kullanılır. Kulak şekillerinin/işaretlerinin kullanımının uzun süreli geçmişi, kulak ile kişiyi tanımayı otomatik sistemler için cazip hale getirmiştir [5].

Kulak biyometrisi; evrensellik, benzersizlik, kalıcılık ve toplanabilirlik gibi dört özelliğe sahiptir. Yüz tanımadaki benzer problemlerle karşılaşırlar. Bu problemler arasında aydınlanma, kafa yönü ve kapanma sayılabilir. Ancak yüze göre birkaç avantajı vardır. Kulak doğumdan ileri yaşlara kadar muhafaza olan, zengin ve sabit bir yapıya sahiptir. Yüz ifadesindeki değişiklikler kulakları etkilemez. Aynı çözünürlük altında, kulak görüntüsü küçüktür. Bu özellik, konuşmayı ve kulak görüntülerini mobil telefon için kullanan ses-görsel kimlik doğrulama gibi bazı durumlarda faydalı olabilir. Kulak görüntüleri, yüz görüntüleriyle aynı şekilde elde edilebilir. Bu yüzden gözetim senaryoları ve negatif tanıma için kullanılabilir [5].

Kulak, yüz ifadesindeki değişikliklerden etkilenmez, kafanın yandan profilinin ortasında sağlam bir şekilde oluşmuştur. Bu sayede, genelde yüzün kontrollü bir arka plana karşı yakalanmasını gerektiren yüz tanıma sistemine göre, kafanın yandan görüntüsü alındığında arka planı daha öngörülebilir. Veri toplamada ortaya çıkan temaslı biyometrilere karşı hijyen problemi, kulak tanıma yoktur. Kulak; iris, retina ve parmak izine oranla büyüktür ve dolayısıyla uzaktan daha kolay yakalanır [7].

2.6.8. Parmak damar izi tanıma

Derinin hemen altında bulunan damar ağı, ayırt edici olarak gösterilmiştir. Tanıma için damarları kullanan sistemlerin popülaritesi artmaktadır. Bu sistemler, damarlar tarafından oluşturulan örüntüyü haritalamak için, yakın kızıl ötesi ışığı aktararak veya el, avuç içi, veya parmak gibi biyometrik bir örnek üzerinden yansıtılarak çalışırlar. Bu sistemler, temassız olarak çalıştığı için çoğu parmak izi sensörlerine göre hasara karşı daha az duyarlıdır. Egzersiz öncesi ve sonrası, stres, çevre, oryantasyon ve konumlandırma, giyim, ağırlık değişimi ve dermatolojik hasar parmak damar izi tanıma sistemlerini etkileyen faktörlerdir [6].

Parmak damar izi tanıma, en tutarlı ve güvenilir biyometri teknolojilerinden biridir. Bu sistem finansal işlemler gibi kritik uygulamalarda yaygın bir şekilde kullanılır [9].

Genel olarak, damar izi biyometriği, diğer geleneksel biyometri yöntemlerine göre birçok belirgin özelliğe ve avantaja sahiptir. Parmak izi ve el geometrisi gibi diğer biyometrik özelliklerden farklı olarak, damar örüntüleri, biyometrik veriyi çoğaltmak için kullanılabilecek herhangi bir iz veya bilgi bırakmamaktadır. Damarlar, insan derisinin altında yer aldığından, tamamen gizlidir ve kimlik doğrulama işleminde bile ortaya çıkmazlar. Dolayısıyla, fotoğraf ve video kayıt kullanarak biyometrik modelleri çalmak imkânsızdır. Bu özellik biyometrik veriyi çoğaltmayı oldukça zor hale getirmektedir. Damar izi biyometriği aynı zamanda sert cilt gibi dış değişikliklere karşı kararlıdır. Bu durum, yüksek kayıt oranına ve düşük yanlış red oranına katkıda bulunmaktadır [9].

Parmak damar izi kullanmanın avantajlarından biri de esnekliktir. Çoğu parmak damar izi cihazları, kişi başına dört taneden altı taneye kadar parmağı (yani iki elin işaret, orta ve yüzük parmakları) kabul etmek üzere tasarlanmıştır. Dolayısıyla bu biyometrik özellik, kişi başına daha az örneğe sahip yöntemlere göre daha fazla uygulanabilir olduğu anlamına gelmektedir. Bu özellik sayesinde, çoğu parmak damar izi kimlik doğrulama sistemleri, parmak izi biyometrisindeki gibi kişi başına iki şablondan fazlasını kabul etmektedir. Bu sayede, son kullanıcıların, bir sakatlık halinde alternatif parmakları sunmaları sağlanmaktadır. Parmak damar izi biyometriğinin bir başka faydası da, istikrarlı örnek yakalama özelliğidir. Parmaklar, özellikle avuç içi bölgesinde, normal şartlarda kılıslıdır ve daha az pigmente sahiptirler. Bu ideal özellik sayesinde, yüksek kontrastlı örnek görüntüler, gürültü azaltma gibi zaman harcayan hiçbir işlem olmadan yakalanabilir [9].

2.6.9. Ses tanıma

Ses tabanlı kimlik doğrulama metodolojileri, uygulanması en kolay biyometriklerden biridir. Çünkü önemli miktarda donanım yatırımına ihtiyaç duymazlar. Mevcut donanım, ses tabanlı tanımlama sistemi uygulaması için gerekli yazılım ile birlikte kullanılabilir [1].

Konuşmacı doğrulama, bir kişinin iddia ettiği kimliğini doğrulama işlemidir. İnsanlar, konuşmacı tanıma için algısal ipuçlarının birkaç seviyesini kullanmaktadırlar.

Konuşmacının ses özellikleri, “yüksek seviye” ve “düşük seviye” özelliklerde kategorize edilebilir [12].

Konuşmacı doğrulama, bir kişinin konuşmasının özgün modellerinin tanıma için kullanılmasıdır. Vokal zellikler, hem fiziksel özelliklere, hem de yerel aksana dayanmaktadır. Bu biyometriğin ana kullanımlarından biri de telefon işlemlerinin doğrulanmasıdır. Konuşmacı doğrulama fizyolojik olduğu kadar davranışsal da olduğundan, kimlik doğrulanmanın metne bağlı ve metinden bağımsız olmak üzere iki türü bulunmaktadır. Metne bağlı tanımlama, kaydedildiği şekliyle konuşulacak aynı kelimeye ve kelimelere bağlıdır. Metinden bağımsız tanımlama, konuşmacıyı ne söylediğinden bağımsız olarak tanımlamaya çalışır. Dilin hareketi, dudaklar, gırtlak ve ağız ve burun boşluklarının ilgili boyutları dâhil olmak üzere çoğu karmaşık biyolojik faktör konuşmanın üretimine dâhil olmaktadır. Buna ek olarak, konuşma aksanı, hem bölgesel hem de toplumsal faktörlerden etkilenmektedir. Ses tanımayı etkileyen faktörler stres, soğuk algınlığı, arka plan sesi, mobil telefonlar ve VoIP (IP üzerinden ses), kanal karıştırma, mimikler, ilişkiler ve yaştır [6].

2.6.10. Yürüyüş tanıma

Genelde insanlar, bilinen bir kişiyi uzaktan yürüyüş şekline bakarak tanımlayabileceklerini düşünmektedirler. Bu ortak deneyim, ilgili biyometri ile birleştirilmiş ve biyometrik tanımanın bir formu olan yürüyüş tanımanın geliştirilmesini sağlamıştır [13].

Yürüyüş tanıma, görüntü dizisinde bireylerin “yürüdükleri şekliyle” tanınmalarını belirtmek için kullanılır. Bir gözetim açısından bakıldığında, yürüyüş tanıma uzaktan gizli bir şekilde yapılabildiğinden dolayı cazip bir yöntemdir. şekil 2.6’da yürüyüş şekillerine örnek görüntüler verilmiştir [5].



şekil 2.6. Yürüyüş şekilleri

Yürüyüş, bir kişinin yürüdüğü şekle işaret eder ve uzaktan insanları tanımada kullanılan az sayıdaki biyometrik yöntemlerden biridir. Bu nedenle, bir bireyin kimliğinin gizlice sağlanabildiği gözetleme senaryolarında, bu yöntem çok uygundur [7].

Yürüyüş-tabanlı sistemler, bir bireyi uzun bir süre boyunca izleme imkânı sunmaktadır. Ancak, bir bireyin yürüyüşü, ayakkabı tercihi, giyim niteliği, bacakların ağrısı, yürüme yüzeyi vb. birkaç faktörden etkilenir [7].

Bir kişiyi 300 metre uzaklıktan tanıma görevini ele aldığımızda, bu tarz senaryolar geniş alandaki izleme ve varlık korumasından ortaya çıkmaktadır. Bu durumda biyometrik özelliklerden hangileri kullanılabilir? Tabii ki, bu tür mesafelerde, parmak izi alınması veya iris taramaları uygun olmamaktadır. Yüz verilerinin yakalanması mümkündür, ancak çözünürlük ve güneş ışığı ve gölgeler gibi dış kaynaklar, üstelerinden gelmesi zor hususlar olacaktır. Dolayısıyla insanın fizyolojisinin doğrudan imzaları olan fiziksel biyometrikler yerine, davranışsal biyometriğe önem verilmelidir. Davranışsal biyometriklerden biri de yürüyüşdür ya da diğer bir deyişle, yürüyen insanın şeklinin modeli ve videodaki hareketidir. Bir kişinin yürüyüşü kas-iskelet yapısı tarafından belirlenir. Dolayısıyla kişiler arasında ayırım yapabilme konusunda işe yaradığı söylenebilir [7].

2.6.11. Yüz tanıma

İnsanlar kimliklerini göstermek için yaygın olarak yüzlerini kullandıklarından, yüz kimlik doğrulaması için en doğal biyometriktir. Ancak, bir bilgisayar için en zorlu olanlardan biridir [6].

Yüz tanıma sistemleri bir bireyi tanımak veya kimlik doğrulaması yapmak için, bireyin elde edilmiş yüz görüntüsünü bir veritabanıyla karşılaştırarak çalışır [1].

Yüz tanıma, biyometrinin detaylı tanımlanmış bir alanıdır. Benzersiz görünüm ve davranışsal özellikler yoluyla, bir kişinin kimliğinin doğrulanması veya tanınması ile ilgili bir husustur. Görünüm özelliklerine, el, parmak izi, göz, iris, retina ve yüz dâhildir. Davranışsal özellikler ise imzayı, sesi, tuş vuruşunu ve yürüyüş şeklini içerir. Otomatik parmak izi tanıma, konuşmacı-konuşma tanıma ve iris-retina tanıma “aktif” biyometrik görevlerin bütün örneklerini teşkil etmektedir. Ancak yüz tanıma, genellikle “pasif”tir. Bir

insanın iris tarayıcısına bakması, parmak izi okuyucusuna ellerini koyması veya mikrofona yakın bir şekilde konuşması gibi bir işbirliğine ihtiyacı yoktur. Yüz tanımanın kolay fark edilmeyen yapısı, geniş yelpazedeki gözetim ve güvenlik uygulamaları için kendisini daha uygun hale getirmektedir. Özellikle otomatik bir yüz tanıma sistemi, video kamera kullanarak yüz görüntülerini belli bir uzaklıktan yakalayabilir ve yüz tanıma algoritmaları, yakalanmış veriyi işleyebilir. Örneğin teröristler veya uyuşturucu tacirleri gibi aranılan insanları tespit, izleme ve tanımda işe yaramaktadır [8].

Yüz tanımayı, biyometriler içerisinde özellikle cazip hale getiren iki faktör vardır. Yüz bilgilerinin kazanımı kolaydır ve zorla alınmaz. Örneğin iris ve retina taramalarında, bu durum tam tersidir. Eğer sistem sık olarak ve yüksek sayıda kullanıcı tarafından kullanılacaksa, bu önemli bir durumdur. İkinci nokta ise bilgilerin nispeten daha az olan gizliliğidir. Kişiler sürekli olarak yüzünü açığa vurmaktadır ve eğer depolanmış bilgilerin gizliliği ihlal edilirse, bu durum, imzalar veya parmak izlerinin yapacağı gibi uygun olmayan işlerde sahte kullanımla sonuçlanmayacaktır. 2 boyutlu yüz tanınması ile karşılaştırıldığında, 3 boyutlu yüz tanınmasının yüksek maliyet ve sensörler için azalmış kullanım kolaylığı, diğer kazanım türleri için düşük tutarlılık ve yeterli derecede güçlü algoritmaların eksikliği gibi eksiklikleri vardır [12].



3. PARMAK İZİ TANIMA SİSTEMLERİ VE İŞLEMLERİ

Parmak izi, oluşumu cenin gelişiminin ilk yedi ayı boyunca belirlenen parmak ucu yüzeyindeki tepe ve vadilerin oluşturduğu örüntüdür. Tek yumurta ikizlerinin ve aynı zamanda aynı şahsın her bir parmağının da izlerinin farklı olduğu deneysel olarak belirlenmiştir. AFIS sistemleri, hukuki uygulamaların operasyonel verimliliğini büyük ölçüde geliştirmiştir ve parmak izi uzmanlarının eğitilmesi ve kiralanması masraflarını düşürmüştür [7].

Parmak izleri, deri dokusunun zarar görmesi ya da kirlenmesi/çizilmesi ya da ender deri hastalığı ile aşınması durumunda bile, yeniden çıkan deri de aynı ize sahiptir. İzler, tamamıyla aynı devam eder. Kişinin doğduğunda sahip olduğu izler yaşamı boyunca değişmez. Çok uzun yıllardır emniyet teşkilatı, otomatik parmak izi eşleştirme cihazını kullanmaktadır. Giderek artan oranda, parmak izi gibi biyometrik bilgileri içeren akıllı kartlar, sınırlarda ve federal tesislerde emniyeti artırmak için kullanılmaya devam etmektedir [3].

Parmak izi tanıma, parmaklardan verilen ve bilinen deri tepe baskılarının, aynı parmaktan olup olmadığını belirlemek için karşılaştırılması ve böylelikle verilen parmak izinin sahibinin tanınması veya doğrulanması işlemidir [1].

3.1. İlk Parmak İzi Çalışmaları

Paris polis departmanı çalışanı ve bir antropoloğun oğlu olan Alphonse Bertillon, suçluları sınıflandırma yolu olarak 1880 yılında bir antropometri sistemi geliştirmiş ve sabıkalıları tanımda bu sistemi kullanmıştır. Antropometrinin, (boy, kilo, kol uzunluğu, bacak uzunluğu, işaret parmağı uzunluğu, vb. gibi bir kişinin beden ölçülerini listeleyen bir sistemdir), biyolojik olarak bir akrabalıkları olmadıklarını iddia etmelerine rağmen ikisinin de ismi William West olan iki mahkumun neredeyse tıpatıp aynı ölçülere sahip olduklarının bulunduğu Leavenworth Hapishanesi'ndeki ünlü olayda başarısız olduğu görülmüştür. Bertillon, böyle bir olayın gerçekleşme olasılığını teorik olarak 4 milyonda bir olarak hesaplamıştır [8].

1856 yılında, Hindistan'ın Jungipoor eyaletinde eyalet başkanı olan bir İngiliz, bilim için çalışmak yerine yerlilerin batıl inançlarını kullanarak anlaşmaları onaylamak için parmak izlerini kullanmıştır. İngiliz başkanın parmak izi koleksiyonu artarken, parmak izlerinin kimlik ispatlamak ya da aksini ispatlamak için kullanılabildiği sonucuna varılmıştır [8].

1870'lerde, Japonya'da bir cerrah, antik çanak çömlek üzerindeki parmak izlerini fark ettikten sonra, kimlik saptama potansiyelini keşfettiği parmak izleri üzerinde çalışma yapmış ve parmak izi modellerini sınıflandırmak için bir yöntem geliştirmiştir [8].

Antropolog Francis Galton, 1880'li yıllarda bir kimlik tespit yolu olarak parmak izleri üzerinde sistematik çalışmalar yapmaya başlamıştır. 1892 yılında, parmak izi konulu ilk kitabını yayınlamıştır. Parmak izlerinin kişinin hayatı boyunca kalıcı olduğu ve herhangi iki parmak izinin aynı olmadığı (iki farklı kişinin aynı parmak izine sahip olma olasılığı 64 milyarda 1 olarak hesaplanmıştır) sonucuna varmıştır. Galton, günümüzde "Galton örüntü türleri" olarak bilinen parmak izi sınıflandırma sistemini tasarlamıştır. Ayrıca, iki ayrı parmak izinin eşleşip eşleşmediğine karar vermek için kullanılan parmak izi ayrıntı noktalarını (minutiae) tanımlamıştır [8].

1891 yılında, Arjantinli bir polis memuru, Galton model türlerini kullanarak parmak izlerinin ilk sistematik dosyalama işlemine başlamıştır. 1892 yılında, katilin kimliğini kanıtlamak için kanlı bir parmak izi kullanarak bir cinayet soruşturmasında ilk kriminal parmak izi tanıma işlemini gerçekleştirmiştir [8].

1897 yılında, Hindistan'da bir polis memuru, Galton'un gözlemlerini kullanarak modifiye edilmiş bir parmak izi sınıflandırma sistemi kurmuştur. Bu sistem, halen birçok ülkede kullanılmaktadır [8].

3.2. Parmak İzlerinin Uygulama Alanları

Parmak izinin günlük hayatta en sık kullanıldığı alanlar aşağıda sıralanmıştır [11]:

- Fiziksel erişim kontrolü,
- Mantıksal erişim kontrolü,
- İşlemlerde kimlik doğrulama,

- Cihaz erişim kontrolü,
- Zaman ve katılım,
- Sivil kimlik saptama,
- Adli kimlik saptama.

Ana endüstriler;

- Sağlık hizmetleri,
- Finans,
- Konaklama,
- Perakende Satış,
- Eğitim,
- İmalat,
- Yüksek teknoloji ve telekomünikasyon,
- Seyahat ve taşımacılık,
- Federal, devlet, belediye ve diğer yönetim biçimleri,
- Askeri,
- Emniyet güçleridir.

Parmak izi tanıma uygulamaları Çizelge 3.1’de gösterildiği gibi üç kategoriye ayrılır. Geleneksel olarak, adli uygulamalar adli tıp uzmanlarını, devlet uygulamaları simge tabanlı sistemleri, ticari uygulamalar bilgi tabanlı (parola) sistemleri kullanır. Parmak izi tanıma sistemleri ise bugün tüm bu sektörlerde artan bir şekilde kullanılmaya devam etmektedir [11].

Çizelge 3.1. Parmak izi uygulamaları

Adli	Devlet (Sivil)	Ticari
Ceset Tanıma	Sosyal Güvenlik	Bilgisayar Ağ Girişi
Cezai Soruşturma	Yardım Harcaması	Elektronik Veri Güvenliği
Kayıp Çocuklar	Sınır Kontrolü	e-Ticaret
	Pasaport Kontrolü	İnternet Erişimi
	Ulusal Kimlik Kartı	ATM, Kredi Kartı
	Sürücü Ehliyeti	Fiziksel Erişim Kontrolü
	Akreditasyon	Cep Telefonları
		Kişisel Dijital Yardımcılar
		Tıbbi Kayıtlar Yönetimi
		Uzaktan Öğrenme

3.2.1. Adli bilimler

Parmak izleri belki de adli tıp alanında kullanılan en yaygın tanımlayıcılardır. Parmak izleri sadece suç mahallinde şüpheliler ile bağlantı kurmak için değil, aynı zamanda daha önce başka bir ad altında tutuklanan kişiler ile bağlantı kurmak için (hem suçlular hem masumlar için), ölen kişileri belirlemek için ve sorgulanmış belgeler ile kişileri ilişkilendirmek için kullanılır. Yüz yılı aşkın bir süredir, adli uygulamalar, parmak izi tanıma tekniklerinin odak noktası olmuştur. Elle hazırlanan kağıt veya kart dosyalar, o zamanın en başta gelen parmak izi veri kaynağını sağlamıştır ve arama sürecini araştırmacılar tarafından başa çıkılabilir boyutlara bölmek amacıyla kayıtları düzenlemek için birçok sınıflandırma tekniği kullanılmıştır. Buna ek olarak, el ile hazırlanan dosyalama sistemleri, olay yerinden alınan parmak izlerini, bilinen şüpheliler için el ile araştırılabilecek yönetilebilir gruplar halinde düzenlemek için geliştirilmiştir. Parmak izlerini el ile dosyalama, arama ve eşleştirmenin elverişsiz ve zaman kaybı oluşturması, bilgisayar teknolojisinin emniyet teşkilatlarında kullanmaya uygun hale gelmesiyle işlemin otomatik kısımlarının ortaya çıkmasını sağlamıştır [8].

3.2.2. Genetik

Parmak izi yapı özellikleri yoluyla toplumların genetik tarihlerini araştıran çok miktarda çalışma vardır. Bu eşsiz özellikler ve genetik problemlere eğilim arasındaki korelasyonu araştırmak amacıyla yapılan, belli parmak izi özelliklerini belli doğum kusurlarıyla ve hastalıklarla ilişkilendiren çalışmaların kanıtları da vardır. Bu tür çalışmalar, kimlik tespitinin en güvenilir biçimi olarak parmak izi kullanımını destekleyen benzersiz parmak izi özelliklerini (örüntüler, ayrıntı noktaları, gözenekler) tespit etmek için yapılan birçok çalışmayı tetiklemiştir [8].

3.2.3. Sivil ve ticari

Parmak izlerinin, bir kişiyi bir nesne veya bir olayla bağdaştırmada eskiden beri kullanıldığı bilinmektedir. Erken dönem yenilikçilerinin, parmak izinin kimlik tanıma için kullanılabileceğini fark mı ettikleri yoksa insanların zaten buna inanmaları gerçeğini avantaj olarak mı kullandıkları kesin değildir. Çok yakın geçmişte, parmak izleri, belli faydalar için başvuranları ilişkilendirmede, başvuru/kayıt formlarında uygulanmıştır (sosyal yardım, oylama, bankacılık vb.). Bu kullanımların çoğunda, önemli bir sorun vardır: makul sürede geniş bir parmak izi veritabanında etkili bir şekilde arama yapabilme. Daha karmaşık olaylara bakacak olursak parmak izi görüntüsü alma işleminin, gerekli toplama yöntemleri ile ilgili çok az ya da hiç eğitimi olmayan insanlar tarafından yapılmasıdır. Bu tür veritabanlarından alınan örnek parmak izi görüntülerinin araştırılması sonucu, alınan parmak izlerinin, parmağın uygun alanlarını içermediği gösterilmiştir. Alınan parmak izlerinin dörtte üçü kadarı, merkez (core) noktasından ziyade, daha çok parmak ucundan, sağından ya da solundan yakalanmıştır [8].

3.2.4. Devlet

Parmak izi tanımanın en yaygın uygulaması ilgili kişiyi kriminal kayıtlar ile ilişkilendirmede kullanılmasıdır ve hâlâ da öyledir. Orduya alınan kişilerin, bir devlet işine başvuranların veya bir devlet müteahhidinin, Federal Soruşturma Bürosu'ndaki (FBI) suçlu kayıtları ile karşılaştırılması için parmak izi vermeleri istenebilir. Nitekim Batı Virjinya'nın Fairmant bölgesinde depolanmış bu parmak izi kayıtları 200 milyondan fazladır (bir zamanlar Washington'daki bir ofis binasının zeminini kaplayan dosya dolaplarında

tutulmuştur). Bu durumda, on parmağın tümünün parmak izi çıktısı, karşılaştırma için kaydedilmiştir. Kuzey Amerika ve Batı Avrupa dışındaki birçok ülkede, ulusal kimlik kartı verilmesi için, belli bir yaşa ulaşan (örneğin 16 yaş) tüm bireylerin parmak izlerinin alınması yaygın bir uygulama haline gelmiştir ve hala da öyledir. Bireyin, gerçek başvuru sahibi olduğunu doğrulamak istemesi durumunda (dolandırıcılıkları önlemek için), genellikle parmak izi veritabanına tekrar kayıt yaptırmayı gerektirmektedir (örneğin her 5 yılda bir). Geleneksel olarak, bu tür sistemler genellikle, kimliği doğrulamak için otomatik dosya ismi/numarası aramalarını ve parmak izlerinin manuel bir karşılaştırmasının yapılmasını içermektedir [8].

3.3. Parmak İzlerinin Güçlü ve Zayıf Yönleri

Otomatik parmak izi tanıma teknolojisi bugün, adli uygulamalardan sivil uygulamalara doğru hızla büyümektedir. Parmak izi tabanlı biyometrik sistemler o kadar popülerdir ki neredeyse biyometrik sistemler ile anlamdaş duruma gelmiştir. Cezai soruşturmalardaki adli tıp uzmanları, parmak izi teknolojisini uzun yıllardır kapsamlı bir şekilde kullanmıştır. Parmak izlerinin kişiler arasında ve aynı kişinin parmakları arasında eşsiz olduklarına inanılır. Aynı DNA'ya sahip tek yumurta ikizlerinin dahi farklı parmak izlerine sahip olduklarına inanılır. Kişinin parmak izi zamanla değişmez, fakat küçük yara bereler, örneğin; çiftçilerde ya da elde yıkama yapan ya da parmak izi tepesini aşındıracak işler yapan şahıslarda, parmak izi tepeleri değişebilir. Ayrıca, parmak ucundaki nem içeriği zamanla kullanıcıdan edinilen parmak izi görüntüsünün kalitesini etkileyerek değiştirebilir. Kayıt sırasında, bu değişiklikler yakalanamaz; bu nedenle sistem bakım performansı açısından örnek verilerin güncelleştirilmesi protokolü gereklidir. Düşük kalite ayrıca, bazı kullanıcıların derilerinin kuru olması ile ilgili olabilir. Bu düşük kalite görüntüden özneliliklerin seçilip çıkarılması güçtür, bu yüzden bu kadar karmaşık parmak izi görüntüsü aktaran kullanıcılar, yalnızca parmak izi kullanan biyometrik bir sisteme kayıt yapmakta zorlanırlar. Parmak izi iyileştirilebildiği halde, bu da hatalı tepelere neden olabilir. Bu nedenle bu meseleyi ele almak için parmak izine ek olarak diğer biyometrik karakterleri kullanan multi-biyometrik bir sistem kullanılır [3].

Parmak izinin güçlü yönleri ve zayıf noktaları aşağıda özetlenmiştir [3, 12]:

Güçlü yönleri:

- Biyometrik örnek için ihtiyaç duyulan depolama alanı oldukça küçüktür.
- Çoklu erişime izin verir, böylece çoklu parolalara ihtiyaç yoktur.
- Tüm erişimler takip edilebilir ve sistem güvenli bir şekilde kontrol edilebilir.
- En yüksek seviyede tanıma doğruluğunu sağlar.
- Uygulamaları geniş bir yelpazede kullanmaya olanak sağlayan düşük maliyetli ve küçük boyutlu cihazların pazarı büyümektedir (örneğin elektronik ticaret, fiziksel erişim, bilgisayar oturumu açma).
- Kullanımı kolay, karmaşık kullanıcı sistem etkileşiminin gerekmediği ergonomik cihazlar sunar.

Zayıf yönleri:

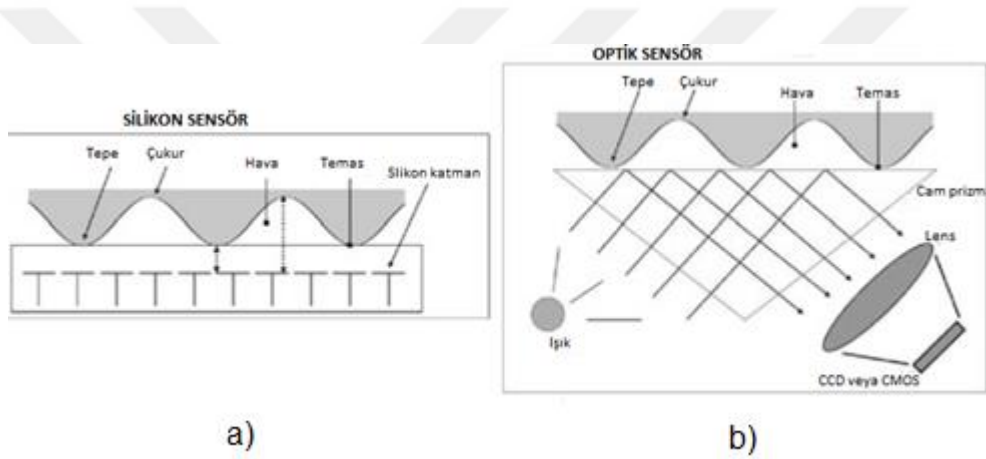
- Parmak izi tarayıcısı tarafından kabul edilebilecek taklit edilebilme olasılığı, sistemi diğer saldırılara karşı zayıf kılar: -Erişim elde etmeye çalışan kötü niyetli bir şahıs, erişime izni olan bir şahıstan farketmeden parmak izini çalabilir. Bu iz ile bir taklit oluşturulur. -Eğer erişim izni olan bir şahıs iş birliğine razı gelir ise, kime isterse ona erişim izni verebilecek bu şahıs ile bir veya birkaç taklit oluşturulabilir. -Bir kişi bir işleme kalkışır ise, kötü niyetli şahıs tarafından kendisine komplo kurulduğunu iddia edebilir.
- Parmak izleri, cezai faaliyetlerin tanımlanması ve takip edilmesi ile geleneksel bir şekilde bağlantılıdır ve nitekim kullanıcılar, biyometrik kimlik doğrulama sistemini kullanmakta tereddüt edebilirler.
- Parmak yaralanmaları gibi faktörler, ya geçici ya da kalıcı olarak, belli kullanıcıların parmak izi tabanlı tanıma sistemini kullanamamaları ile sonuçlanabilir.
- Taşınabilir cihazlara yerleştirilen küçük sensörler, farklı edinimler arasında küçük örtüşme ile ve/veya bir parmak izinden daha az bilgi edinimiyle sonuçlanabilir.

3.4. Parmak İzi Algılama

Parmak izi görüntülerinin edinimi geçmişte parmağın mürekkeplenmesi ve daha sonra bir kağıda bastırılması ile yapılmıştır. Daha sonra kağıt taranmış ve dijital sonuç elde edilmiştir. Bu işlem, çevrimdışı (off-line) edinim olarak bilinir ve hâlâ hukuk uygulamalarında kullanılır. Bugünlerde, elektronik bir parmak izi sensörünün düz yüzeyine

parmağı bastırarak parmak izi görüntüsü almak mümkündür. Bu işlem, çevrim içi (online) edinim olarak bilinir. Algılama teknolojisine dayanan 3 elektronik parmak izi sensörü ailesi vardır [12]:

- *Katı hal veya silikon sensörler:* Her sensörün kendisinin birer piksel olduğu bir dizi pikselden oluşur. Kullanıcılar, silikon yüzeye parmağını yerleştirir ve genellikle tepe/vadi bilgilerini elektrik sinyaline dönüştürmek için kapasitans, termal, elektrik alanı ve piezoelektrik gibi dört teknik kullanılır. Katı hal sensörler optik bileşenleri kullanmadığı için boyutları oldukça küçüktür ve kolayca bütünleşik olabilir. Öte yandan, silikon sensörler pahalıdır, bu yüzden katı-hal sensörlerinin algılama alanı genellikle küçüktür. Şekil 3.1 (a)'da silikon sensörün çalışma prensibi gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Silikon ve optik sensörlerin edinim ilkeleri

- *Optik Sensörler:* Parmak, cam bir prizmaya dokunur ve prizma, yayılmış ışıkla aydınlanır. Işık, vadilerde yansıtılır ve tepelerde emilir. Yansıyan ışık, bir CCD veya CMOS sensörü üzerine odaklandırılır. Optik parmak izi sensörleri, iyi derecede görüntü kalitesi ve geniş algılama alanı sağlar, ancak minyatürize edilemezler çünkü prizma ve görüntü sensörü arasındaki mesafe azaldıkça elde edinilen görüntüde daha fazla optik bozulma ile karşılaşılır. Şekil 3.1(b)'de optik sensörün edinim ilkeleri gösterilmiştir.
- *Ultrason:* Parmak izi yüzeyinde yansıtılan sinyaller yakalanarak, akustik sinyaller gönderilir. Akustik sinyaller, parmakta bulunabilecek kiri ve yağı geçebilir ve böylece iyi kalite görüntüler sağlar. Öte yandan, ultrason tarayıcıları büyüktür ve pahalıdır, ve bir görüntü elde etmek birkaç saniye alır.

3.5. Parmak İzi Tarayıcılarının Sınıflandırılması

Parmakların karmaşık örüntülerinin her biri eşsizdir. Hatta tek yumurta ikizlerinin bile parmak izleri farklıdır. Bilindiği üzere parmak izleri emniyet teşkilatı tarafından kimlik tespiti amacıyla kullanılmaktadır. Bu genellikle, suç mahalinde bulunan gizli parmak izlerinin geniş parmak izi veritabanlarında eşleştirilmesi ile yapılır. Örneğin, FBI'ın yüz milyonlarca parmak izinden oluşan bir veritabanı bulunmaktadır. Son yıllarda, parmak izlerinin kullanımı, biyometrik kimlik doğrulama alanında kabul görmüştür. Parmak izi görüntüsü elde etmek için kullanılan birçok mekanizma bulunur. Örneğin, birçok dizüstü bilgisayar, artık termal ya da kapasitans bir parmak izi tarayıcısına sahiptir. Bu cihaz, kişinin parmak izi bilgilerini, bir silikon sensörün üstünden parmak izini taratırken tepeleri okuyarak elde eder. Parmak izi tanıma için kullanılan teknolojiler, optik sensörler, silikon çip kullanan katı hal sensörleri ve akustik yansımalarla tepe pozisyonlarını ölçen ultrasonik okuyucuları kullanırlar [6].

Mevcut tarayıcılar aşağıdaki kategorilerden birine uygundur [11]:

- *Çoklu parmak:* Şekil 3.2(a)'da görüldüğü gibi birden fazla parmak eş zamanlı elde edilir.
- *Tek parmak:* Şekil 3.2(b)'de görüldüğü gibi tek seferde yalnızca bir parmak elde edilir.



Şekil 3.2. Parmak izi tarayıcıları

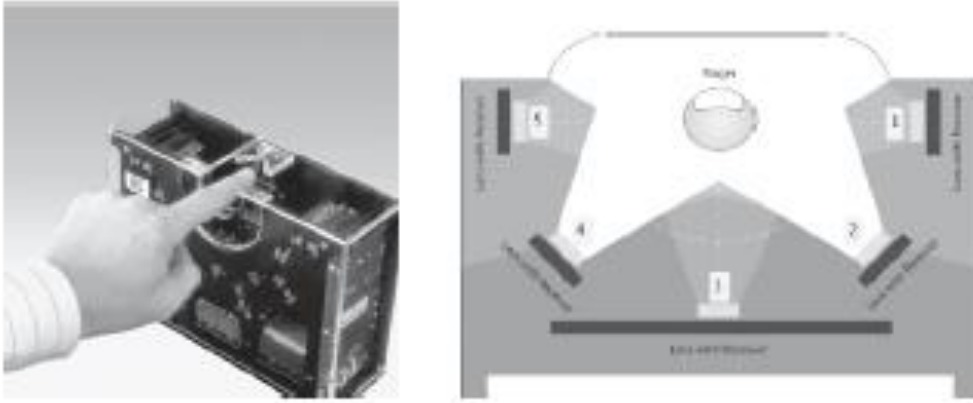
Bazı tarayıcılar da (çoklu parmak veya tek parmak) yuvarlanmış izlenim elde edebilir. Kullanıcıdan, parmağını “tırnaktan tırnağa” döndürmesi istenir, böylece Şekil 3.3'de görüldüğü gibi düz baskıya nazaran daha fazla bilgi veren tüm parmak izi modellerinden çözülmüş bir temsil elde edilir [11].



Şekil 3.3. Aynı parmağtan elde edilmiş bir sade izlenim (soldaki) ve yuvarlanmış izlenim (sağdaki)

3.5.1. Temassız parmak izi okuyucu

Genel sistem performansını büyük ölçüde etkilemesinden dolayı, parmak izi görüntüsünü kaliteli bir şekilde alma, otomatik parmak izi kimlik doğrulama sisteminin en kritik adımı olarak kabul edilir. Bir parmak, bir yüzeye dokunduğunda veya yüzey üzerinde yuvarlandığında, elastik deri deforme olur. Parmak izi veren kişinin makineye yaptığı basıncın miktarı ve yönü, derinin durumu ve düzgün olmayan 3 boyutlu parmağın 2 boyutlu düzleme aktarılmaya çalışılması, parmak izi görüntüsünde bazı bozulmalara, düzensizliklere, gürültü ve tutarsızlıklara yol açar. Bu sorunlar, düzensiz, tekrar etmeyen ve tutarsız temaslardır ve her bir görüntü alma sırasında, aynı parmak izi üzerindeki etkileri farklıdır ve kontrol edilemeyen durumdadır. Bu nedenle, aynı parmak izinin temsili, parmağın sensörün üzerine konulduğu her seferde değişir. Bu da, bu biyometrik teknolojinin sistem performansı üzerinde negatif bir etki oluşturma ve parmak izi eşleştirmesinin karmaşıklığını artırma ile sonuçlanır. Son zamanlarda, parmak izi elde etmek için yeni bir yaklaşım ileri sürülmüştür. Dokunmasız veya temassız parmak izi alma yöntemi olarak adlandırılan bu yaklaşım, yukarıda anlatılan sorunların üstesinden gelmeye çalışan bir yöntemdir. Parmak ve herhangi bir katı yüzey arasındaki teması kaldırdığından dolayı, deri, elde etme süresince deforme olmaz ve ölçünün tekrarlanabilirliği garanti edilir. Şekil 3.4’de temassız bir parmak izi okuyucu ve sensörlerle çalışma şekli gösterilmiştir [9].



Şekil 3.4. Temassız parmak izi okuyucu

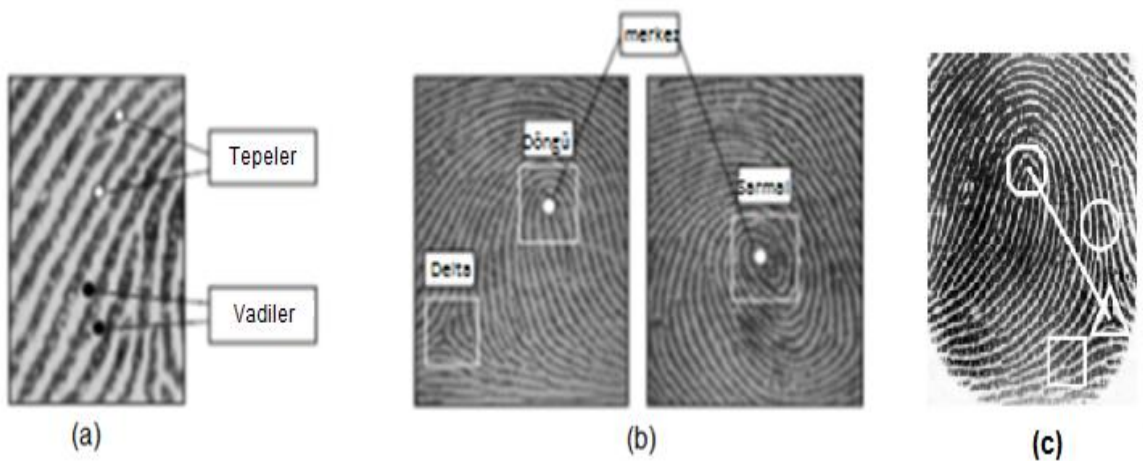
3.6. Ön İşleme ve Öznitelik Çıkarımı

Bir kimsenin kimliğini saptama işlemi, o kimsenin parmak izinin veritabanındaki tüm parmak izleri ile kıyaslanmasını gerektirir. Bu veritabanı, adli ve sivil uygulamalarda, oldukça geniş (örneğin; birkaç milyon parmak izi) olabilir. Bu gibi durumlarda, kimlik saptamanın yanıtlama süresi genel olarak, kabul edilemez bir biçimde uzundur. Tanıma işlemi, yapılmak istenen karşılaştırmaların sayısının azaltılması ile hızlandırılabilir. Bazen; cinsiyet, ırk, yaş bilgileri ve şahıs ile ilgili diğer veriler mevcuttur. Araştırılacak olan bir kısım veritabanı önemli derecede azaltılır; fakat bu bilgiler her zaman kolaylıkla erişilebilen bilgiler değildir (örneğin, gizli parmak izi üzerinde kriminal tanıma) ve genel durumlarda, etkin bilgi edinmek için biyometrik örneklere özgü bilgiler kullanılmak zorundadır. Aramayı hızlandırmak için kullanılan yaygın bir strateji de parmak izi veritabanını birkaç sınıfa (önceden tanımlı sınıflandırmalar baz alınarak) bölmektir. Tanımlanacak olan parmak izi daha sonra sadece kendi sınıfına dayanan veritabanındaki parmak izleriyle karşılaştırılmalıdır. Parmak izi sınıflandırma, parmak izinin tutarlı ve güvenilir bir şekilde bir sınıfa atanması sorununa çözüm bulur. Parmak izi eşleştirme, genellikle ayrıntı noktası gibi kısmi özelliklere göre yapılırsa da, genellikle genel tepe yapısı ve tekilliği gibi evrensel özniteliklere dayanır [11].

Bir parmak izi, aralıklı tepe ve vadi örüntülerinin birleşimidir. Tepe ve vadiler paralel olarak ve kesintisiz sıralanmakla birlikte bazen çatallanabilir veya sonlanabilir. Genel düzeyde bu örüntüler, üç farklı türde sınıflandırılabilen, tekillikler olarak adlandırılan döngü, delta ve sarmal gibi belirli birkaç şekli sergiler. Kısmi seviyede, tepeler ve vadiler

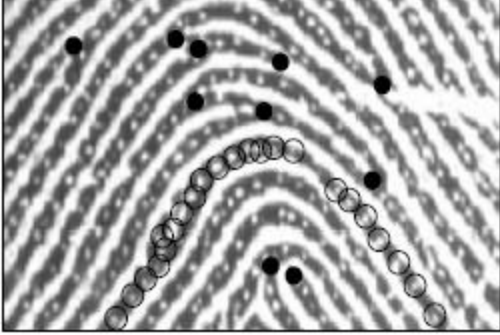
modeli ayrıntı noktası olarak adlandırılır. Temelde ayrıntı noktalarının birkaç türü vardır, ancak uygulamada, ayrıntı noktasının sadece tepe bitimi ve tepe çatallanması olarak iki türü dikkate alınır [12].

Parmak izi, parmağın pürüzsüz bir yüzeye bastırılması yoluyla, parmak ucu epidermisinin keşfedilmesidir. Bir parmak izinin en belirgin yapısal özelliği, tepe ve çukurların, parmak izinde aralıklı olarak bulunmasıdır. Şekil 3.5(a)'da görüldüğü gibi, tepe noktaları (tepe çizgisi olarak da adlandırılır) karanlık bölgelerdir, çukurlar ise parlaktır. Genellikle tepeler ve çukurlar paralel durumdadır; bazen çatallanır ve bazen de sonlanır. Genel düzeyde analiz edildiğinde, parmak izi örüntüsü, tepe çizgilerinin kendine özgü şekillerinin varsayıldığı bir veya birden fazla bölgeyi ortaya koyar. Bu bölgeler, Şekil 3.5(b)'de görüldüğü gibi döngü, delta ve sarmal olarak üç tip olarak sınıflandırılabilir. Birçok parmak izi eşleştirme algoritması, merkez olarak adlandırılan belirli bir nokta veya merkez noktasına göre parmak izi görüntülerini önceden sıralar. Merkez noktası, birçok döngü tipinde parmak izinin üst kısmının merkezine denk gelir. Şekil 3.5(c)'de merkez noktası, sekizgen içinde; tepe çatallaşması, halkanın içinde; delta, üçgenin içinde; hat sonu da karenin içinde gösterilmiştir. Döngü veya sarmal içermeyen parmak izlerinde (örneğin, Şekil 3.6'daki yay sınıfına ait olanlarda), merkezi tanımlamak zordur. Bu gibi durumlarda, merkez noktası, genellikle tepe çizgisi eğriliklerinin en fazla bulunduğu alan ile ilişkilidir. Parmak izi modellerinin çok değişken olması sebebiyle, tüm parmak izi görüntülerindeki merkez noktasını güvenilir bir şekilde belirlemek zordur [11, 13].



Şekil 3.5. a) tepe ve vadiler; b) tekil bölgeler ve merkez noktaları; c) merkez, delta, hatsonu ve çatallar [8, 13].

Şekil 3.6’da parmak izi görüntüsünün bir kısmı içindeki ayrıntı noktaları (siyah kaplı daireler) ve tek tepe çizgisi üzerindeki ter gözenekleri (boş daireler) gösterilmiştir [11].



Şekil 3.6. Parmak izi üzerindeki ayrıntı noktaları ve gözenekler

Şekil 3.7 (a)’da yay, (b)’de çadır yay, (c)’de sol döngü (d)’de sağ döngü, (e)’de sarmal ve (f)’de ikiz döngü sınıflarına ait birer parmak izi gösterilmiştir. Genel olarak bir parmak izi görüntüsünde, tepeler ve vadiler bölgesel olarak sabit bir yönde düzenli bir şekilde akarlar [12]. Parmak izi sınıfları aşağıda maddeler halinde açıklanmıştır [11]:

- Yay parmak izi; bir taraftan başlayan, küçük bir tümsek şeklinde yükselen ve başladığı tarafın diğer tarafından çıkan bir tepeye sahiptir. Yaylarda döngü ya da delta yoktur.
- Çadır yay parmak izi; en az bir tepenin derin bir şekilde bükülmesi ve bir döngü ve bir delta ile devam etmesi haricinde özellik olarak (sadeliği) yaya benzer.
- Döngü parmak izi; bir veya birkaç tepenin bir taraftan giren, terse bükülen ve girdiği aynı taraftan çıkan bir veya birkaç tepeye sahiptir. Bir döngü ve bir delta tekillikleri bulunur. Deltanın, döngünün güneyinde olduğu varsayılır. Döngüler daha fazla bölünmüş olabilir. Sol taraftan başlayıp sol taraftan çıkan tepelere sahip döngü sol döngü ve sağ taraftan başlayıp sağ taraftan çıkan tepelere sahip döngü ise sağ döngü olarak adlandırılır.
- Sarmal parmak izi; parmak izinin ortasında tam 360° bir yol yapar ve en az bir tepeden oluşur. Sarmal parmak izinde, iki döngü (ya da bir sarmal) ve iki delta bulunabilir. Sarmal sınıfı çok karmaşıktır ve Şekil 3.7’de görüldüğü gibi bazı sınıflandırma şemalarında ikiz döngü (ya da çift döngü) ve sade sarmal olarak iki kategoriye ayrılır.

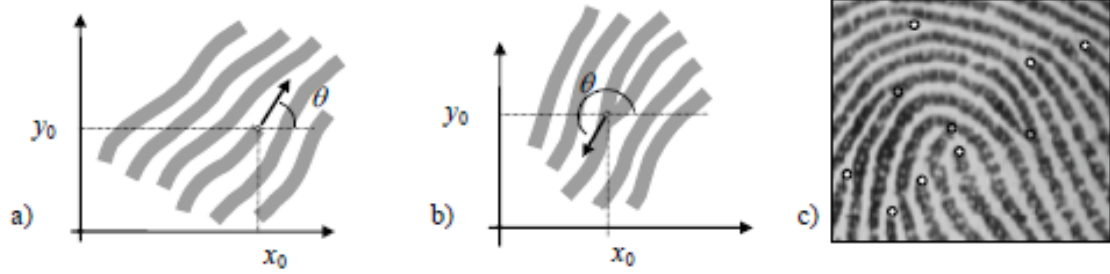


Şekil 3.7. Parmak izindeki altı ana sınıf

Parmak izlerinin yaklaşık olarak %5'i yay, %30'u sarmal ve %65'i döngü olduğu kabul edilir [3]. Başka bir kaynakta, yay, çadır yay, sol döngü, sağ döngü ve sarmal sınıflarının parmak izlerinde bulunma oranları ise sırası ile %3,7, %2,9, %33,8, %31,7 ve %27,9 olarak belirtilmiştir. Dahası, üyeliği uzmanlar tarafından dâhi güvenilir bir biçimde belirlenemeyen birçok “muğlak” parmak izi vardır. Bununla beraber, 10 parmağın kullanılması parmak izi tanımlamanın yeterliliğinin geliştirilmesini sağlar çünkü 10 parmak izinin sınıfının bilinmesi, minutiae seviyesindeki karşılaştırmaların sayısını azaltacak kod olarak kullanılır. Diğer taraftan, bir parmak izi sınıflandırma yaklaşımı, gizli parmak izi araştırması için yeterli seçiciliği sunmaz [11].

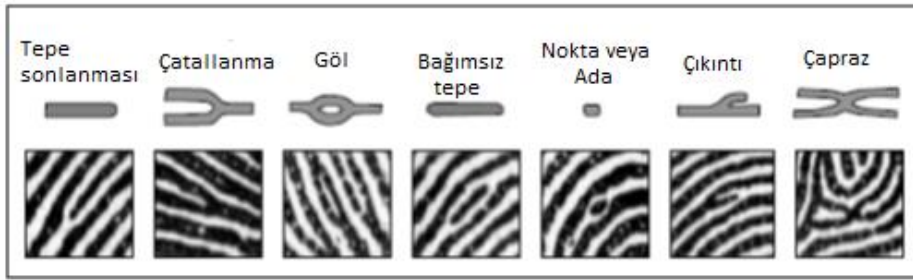
Kısmi seviyede, ayrıntı noktaları (minutiae) olarak adlandırılan diğer önemli nitelikler parmak izi modellerinde bulunabilir. Ayrıntı noktası, tepelerin kesintili olabildiğini çeşitli şekillerde ifade eder. Örneğin bir tepe, Şekil 3.8 (c)'de gösterildiği gibi aniden sonlanabilir (hat sonu) ya da iki tepeye bölünebilir (çatallanma). Ayrıntı noktalarının çeşitli türleri olsa da, genellikle otomatik olarak ayırt etmede güçlükler yaşamamak için sadece genel bir sınıflandırma benimsenmiştir. FBI ayrıntı noktası koordinat modeli, sadece hat sonlarını ve çatallanmaları dikkate alır. Her ayrıntı noktası, Şekil 3.8 (a) ve Şekil 3.8 (b)'de gösterildiği

gibi, x ve y koordinatları ve ayrıntı noktası ile tepe noktası arasındaki yatay eksendeki tanjantı arasındaki açı dikkate alınarak belirlenir [13].



Şekil 3.8. a) Hat sonu b) Çatallanma c) Hat sonu (beyaz) ve çatallanma (gri)

Parmak izlerinde en yaygın görülen ayrıntı noktası tipleri Şekil 3.9’da gösterilmiştir [11]. Bu ayrıntı noktaları kullanılarak parmak izleri güvenli bir şekilde eşleştirilebilmektedir.



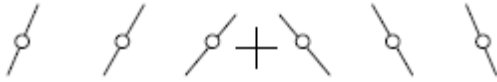
Şekil 3.9. En yaygın yedi minutiae tipleri

3.6.1. Merkez (core) noktası belirleme ve kaydetme

Henry (1900), merkez noktasını “en içteki tepe çizgisinin en kuzeydeki noktası” şeklinde tanımlamıştır [11].

Tekillikler çıkarıldıktan sonra, merkez pozisyonu basitçe, en kuzeydeki döngünün lokasyonu olarak tanımlanabilir. Tekilliği olmayan yay tipi parmak izlerinde bazı problemler açığa çıkar. Bu parmak izleri için tahmin edilen akış alanı düzdür ve hiçbir merkez pozisyonu belirlenemez. Merkez noktası, parmak izi görüntüsünün kaydı amacı ile belirlendiğinde, lokasyonu oldukça hassas olabilir ve bu aşamada yapılabilecek bir hata, bunu izleyen süreçte, örneğin eşleşme için, sıklıkla başarısızlığa sebep olur. Diğer taraftan, merkez, yalnızca parmak izi tanıma için kullanılmak zorunda ise, en kuzey döngünün kesin

olarak bulunması önemli değildir ve parmak izi modelindeki herhangi bir değişmez nokta uygundur. Parmak izi tanıma için kullanılan ilk otomatik yöntemlerden biri, Wegstein (1982) tarafından önerilmiştir. R92 olarak bilinen bu yöntem, diğer tekilliklerden bağımsız olarak merkez noktasını arar. R92, tabiatı bakımından oldukça karmaşık ve deneyimsel olsa da, genellikle iyi sonuçlar verir. Bu algoritma, FBI tarafından kullanılan parmak izi tanıma sistemlerinin esas bileşeni idi. Şekil 3.11’de R92 kullanılarak elde edilen merkez noktası gösterilmektedir [11].



Şekil 3.10. R92 ile belirlenmiş merkez noktası “+”.

Değişmez kayıt noktalarının lokasyonu için başka birçok fikir ortaya atılmıştır. Bir tanımda merkez, Şekil 3.12’de görüldüğü gibi çizgilerin kesişme noktasının tepelere dik noktası olarak tanımlanmıştır ve koordinatlarını belirlemek için, Hough dönüşümü kullanılmıştır. Benzer şekilde, *merkez noktası* düz çizgi çiftlerinin tepe kesişmesine dik olduğu nokta olarak da tanımlanmıştır. Çünkü tepeler, merkezin etrafında eksiksiz eş merkezli daire çevreleri çizmez, dik çizgiler (Şekil 3.12’deki kesikli çizgiler), tek bir noktada kesişmez ve eğriliğin merkezi olarak bir nevi ortalama bir nokta belirlenmelidir. Ayrıca kesişmelerin ağırlık merkezi dikme çiftlerinin arasında hesaplanabilir ve bu ortalama noktanın en az bir kare içerisinde de olabilir [11].



Şekil 3.11. Merkez noktasının bulunmasına bir örnek

Odak noktasının (ya da eğrilik merkezi), tam olarak merkez noktasına karşılık gelmemesine rağmen, parmak izi varyasyonlarına (yanlış yerleştirme, döndürme, bozulma, vb.) karşı oldukça sabit olduğu deneysel olarak ispat edilmiştir. Bu sebeple, parmak izi tanımda kullanılmak için güvenilir olabilir. Eğriliğin tek merkezi tarafından karakterize edilmiş parmak izi bölgesinin izole edilmesi bu yöntemlerin ana problemidir. Eğer seçilen parmak izi bölgesi birden fazla tekillik içerir ise, sonuç öngörülemez olabilir [11].

3.7. Eşleştirme

Eşleştirme adımında parmak izi girdisinden alınan öznitelikler, iddia edilen kimliğin dahil olduğu veritabanından alınan tek bir kullanıcıyı temsil eden şablondaki girdiler ile karşılaştırılır. Böyle bir işlemin sonucu ya benzerlik derecesidir ya da kabul/red kararıdır. Bağlantı tabanlı yöntemler kullanılarak direk gri tonlu görüntüleri karşılaştıran parmak izi eşleştirme teknikleri bulunur, böylece parmak izi şablonu, gri tonlu görüntü ile örtüşür. Ancak, parmak izi eşleştirme algoritmaları, gri tonlu görüntüden elde edilen öznitelikleri kullanır [12].

Eşleşme işlemi aşağıdaki şekilde formülize edilebilir [7]:

Korelasyon tabanlı teknikler $I^{(\Delta x; \Delta y; \Theta)}$ girdi görüntüsünün rotasyonunu temsil etsin. I , orjin etrafındaki Θ açısı tarafından (genellikle görüntünün merkezi) ve Δx ve Δy pikselleri tarafından x ve y doğrultularında yön değiştirir. O zaman, T ve I iki parmak izi görüntüleri arasındaki benzerlik, şu şekilde ölçülebilir:

$$S(T, I) = \max_{\Delta x; \Delta y; \Theta} CC(T, I^{(\Delta x; \Delta y; \Theta)}) \quad (3.1)$$

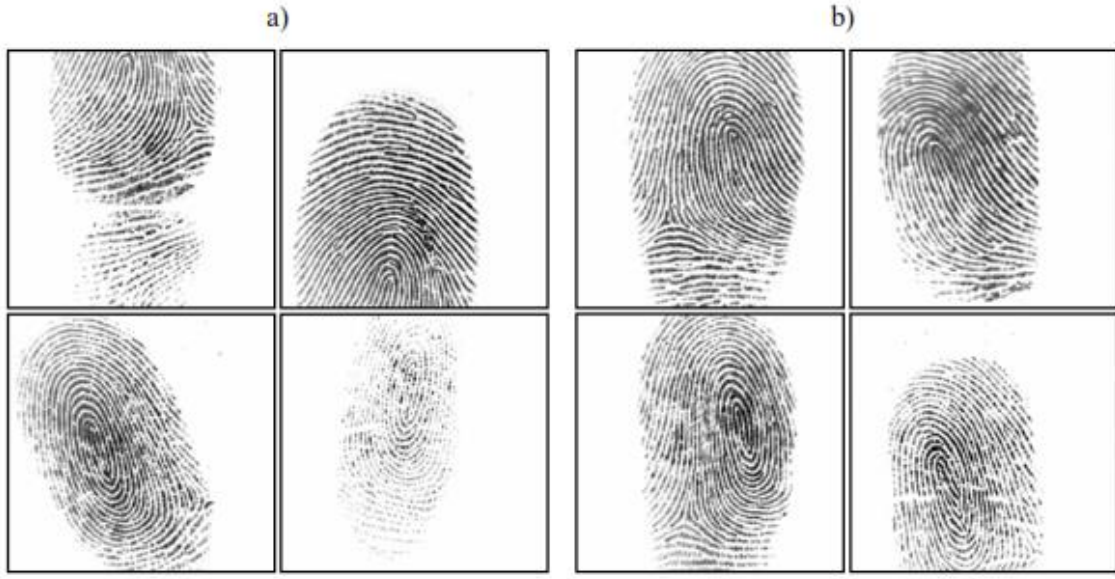
$CC(T; I) = T^T I$: T ve I arasındaki çapraz korelasyondur. Çapraz korelasyon, optimal tanımanın bulunmasını sağlayan “Eş. 3.1” resmin benzerliği ve maksimizasyonunun çok iyi bilinen bir ölçüsüdür.

3.7.1. Parmak izi eşleştirmede karşılaşılan problemler

Parmak izi tanımanın en büyük zorluklarından biri, yaygın olarak görülen, aynı parmağın farklı izlenimleri arasında bulunan yüksek varyasyonlardır. Bu durum sınıf içi varyasyon olarak adlandırılır. Küçük sınıf içi varyasyonlar ile yüksek kaliteli parmak izi eşleştirilmesi zor değildir ve her türlü makul algoritma bu eşleştirmeyi yapabilir. Asıl zorluk, aşağıda belirtilen nedenlerden etkilenen örnekleri eşleştirmektir [6, 12, 13]:

- *Yüksek oranda yanlış yerleştirme ve/veya döndürme:* Bir parmak bir yüzeye bastırıldığında belirli bir açı ve basınç miktarı ile uygulanır. Uygulanan basınç miktarı ve temas açısı, zaman zaman farklılık göstermektedir ve bu da yakalanan izin farklı ve tamamlanmamış bir kısmı ile sonuçlanacaktır. Parmağı yanlış yere yerleştirme ve döndürme, genellikle, parmak izi alanının sensörün “görüş alanının” dışına çıkmasına neden olur ki bu da parmak iziyle parmak izi taslağının tam eşleşmemesine ve kaymasına sebep olur. Bu durum, bilhassa küçük alan sensörleri için ciddi bir sorun oluşturur. Sadece 2 mm'lik bir yanlış yerleştirme (kullanıcı algılayamaz), 500 dpi çözünürlükte taranmış bir parmak izi görüntüsünde yaklaşık 40 piksel bir öteleme ile sonuçlanır.
- *Doğrusal olmayan bozulma:* Parmak izi yakalandığında, 3 boyutlu parmak, 2 boyutlu görüntüye aktarılır. Bu, deride elastik sapma nedeniyle doğrusal olmayan deformasyonlara neden olur. Eşleştirme algoritmalarının çoğu, parmak izi görüntülerini sıralamaya ve uyumlu özellikleri eşleştirmeye dayalı olduğundan, bu durum biraz sorunludur. Doğrusal olmayan deformasyonlar mevcut olduğunda, sabit bir hizalama, izlerin tüm eşdeğer alanlarını doğru bir şekilde sıralamada başarılı olamayacaktır.
- *Farklı basınç ve deri durumu:* Bir parmağın tepe yapısı, parmağın görüntülenen kısmının tepeleri sensör yüzeyi ile eşit temas içerisindeyse kesin olarak yakalanabilecektir. Ancak, parmak basıncı, deri kuruluğu, deri hastalığı, ter, kir, yağ ve havada bulunan nemin eşit olmayan bir temas ile sonuçlanmasıyla karışık bir durum oluşturur. İdeal koşullar altında bile gürültü, tüm parmak izi görüntülerinde bir dereceye kadar görülecektir. Bu, fiziksel çevrenin kaçınılmaz sonucudur. Genellikle parmağın ıslak veya kirli olması gürültülü görüntülere yol açar. Üstelik nemlendirici veya diğer el kremleri sensörde iz bırakmaya yol açabilir.

- *Öznitelik çıkarma hataları:* Öznitelik çıkarma algoritmaları mükemmel değildir ve sık sık ölçme hataları ile karşılaşılır. Örneğin, düşük kaliteli parmak izi görüntülerinde, ayrıntı noktası çıkarım işlemi, çok sayıda sahte ayrıntı noktası ortaya çıkarabilir ve bütün gerçek ayrıntı noktalarını tespit etmek mümkün olmayabilir. Şekil 3.12(a)'daki görüntü çiftleri, aynı parmağın iki farklı izlenimlerindeki yüksek değişkenliği (büyük sınıf içi varyasyonlar) gösterir. Buradaki zorlukların temel nedeni, ilk dizideki çok küçük bir örtüşmedir ve ikinci dizideki çok farklı deri hastalıklarıdır; Bununla birlikte, Şekil 3.12(b)'de, farklı parmaklardan alınan parmak izi görüntüleri özellikle global yapısı açısından (tekilliklerin pozisyonu, bölgesel tepe oryantasyonu, vs.) bazen oldukça benzer (küçük sınıf içi varyasyonlar) görünebilirler.
- *Eksik tepe yapısı:* Parmak izinin tüm tepe yapısının yakalanamamasının birçok nedeni vardır. Deri; kuru, terli, hastalıklı ya da yaralı ise, bazı tepeler yüzeye dokunabilirken tepelerin bazı kısımları, yüzey ile temas halinde olamayabilir. Eksik tepe yapılarına karşı dirençli olabilmek doğrulama sistemi için önemlidir ve bu sorun genellikle, işlem öncesi süreçte ele alınır.
- *Tıbbi durumlar:* Kilodaki büyük değişimler, bazı biyometrik özelliklerin kalitesini etkileyebilir. Ayrıca bazı kullanıcılar, arterit veya parkinson rahatsızlıkları gibi parmak yerleştirmesini zorlaştıran tıbbi sorunlara sahip olabilirler ve bu, sensörün tamamen kullanılamamasına veya kalitesiz bir algılamaya yol açabilir. Kalitesiz parmak izi tanıma ile sonuçlanan bozukluklar nâdirdir.
- *Meslek:* İnşaat işçiliği gibi aşındırıcı maddelerin yoğun bir şekilde kullanıldığı bazı mesleklerde, parmak izleri aşınmış ya da önemli derecede yaralanmış olabilir.



Şekil 3.12. a) Her satır, bazı algoritmalar tarafından eşleşmemiş aynı parmağın görüntüleri b) Her satır, eşleşen farklı parmağın görüntüleri

Şekil 3.13’de parmak izi kalite farklılıklarına örnekler detaylandırılmıştır. (a)’da görüntünün iyi kalitede olmasına bir örnek verilmiştir. Bu durumda ayrıntı noktaları açıkça görülür ve bütün tepeler iyi bir şekilde tanımlanır. (b)’de çok az bastırmaya örnek verilmiştir. Bu durumda, birçok ayrıntı noktası eksik görünür veya ayırt etmesi zordur. (c)’de çok fazla bastırmaya örnek verilmiştir. Bu durumda tepelerin netliği azdır ve bu da yüksek bozulmaya ve tepelerin üst üste binmesine neden olur. (d)’de ıslak veya terli parmağa örnek verilmiştir. Bu durumda öz nitelikler nem tarafından gizlenir. (e)’de açısı kayan bir parmak izine yer verilmiştir. Bu durumda öz nitelikler, tarama işlemi ile bozulmaktadır. (f)’de kötü yerleştirmeye örnek verilmiştir. Bu durumda ise parmak izi yüksek derecede dönmüş ve merkezden sapmıştır [6].



Şekil 3.13. Parmak izindeki kalite farklılıkları

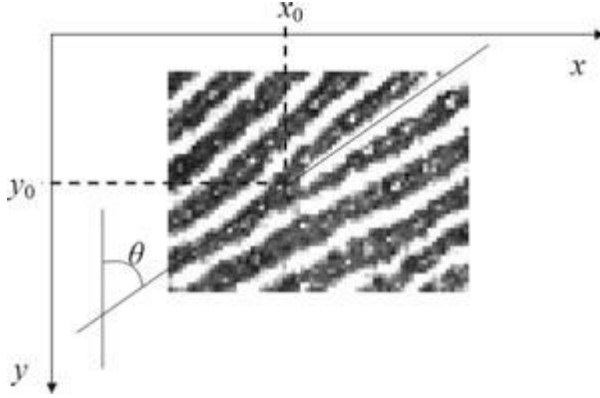
3.7.2. Parmak izi eşleştirme yaklaşımları

Parmak izi eşleştirmeye yönelik mevcut yaklaşımların çoğu genel olarak üç sınıfa ayrılabilir [6, 7, 11-13]:

- *Korelasyon tabanlı yaklaşımlar:* İki parmak izi görüntüsü birleştirilir ve eşleşme görülen pikseller farklı sıralamalar için analiz edilir (çeşitli kaymalar ve döndürmeler). Gri tonlu görüntüler bir korelasyon ölçeği kullanılarak direkt olarak karşılaştırılır. Doğrusal olmayan bozulmadan dolayı, aynı parmağın farklı edinimleri, global yapı farklılıkları ile sonuçlanabilir ve bu, karşılaştırmayı güvenilir hale getirir. Ek olarak, iki parmak görüntüsü arasındaki ilişkiyi hesaplama, sayısal olarak pahalıdır. Bu sorunlarla başa çıkabilmek için, korelasyon görüntünün sadece belli lokal bölgelerinde hesaplanabilir ki bu da birçok kriteri takip ederek seçilebilir. Ayrıca, süreci hızlandırmak için korelasyon, bilgisayarla yapılan işlemlerin sayısının azaltılmasını sağlayan Fourier veya deneyimsel yaklaşımlar kullanılarak hesaplanabilir.
- *Ayrıntı noktası tabanlı eşleştirme:* Ayrıntı noktası, parmak izi tepelerinin sonlandığı ya da çatallandığı yerlerdir. Bir parmak izinin eşsizliği, genellikle ayrıntı noktalarının

dağılımı sayesinde belirlenir. Her ayrıntı noktası, iyi tanımlanmış bir pozisyona ve yönelime sahiptir. Ayrıntı noktaları, iki parmak izinden elde edilir ve iki boyutlu düzlemde noktalar kümesi olarak depolanır. Ayrıntı noktası tabanlı eşleştirme, şablon ve girdi ayrıntı noktası arasındaki sırayı bulmaktadır. İki parmak izi arasındaki ilgili ayrıntı noktası yerlerini karşılaştırmak, çok sayıda geleneksel parmak izi eşleştirme algoritmalarının temelini oluşturur.

Bu yöntem, parmak izi denetmenleri tarafından hazırlanan parmak izi karşılaştırma esasına dayanan en popüler ve kullanımı en yaygın olan tekniktir. Ayrıntı noktası tabanlı yaklaşımlar, adli tıp uzmanlarının parmak izi kıyaslamaları yöntemi ile benzer olduklarından, parmak izi eşleştirme yöntemleri içinde en popüler ve yaygın şekilde kullanılanlardır. En yaygın ayrıntı noktası eşleşme algoritması, her minutiae'nin üçleme $m = \{x, y, \Theta\}$ olduğunu varsayar. Burada (x, y) ayrıntı noktası lokasyon koordinatlarını ve Θ ayrıntı noktası açısını gösterir. Parmak izi, genellikle konumsal koordinatlar ve ayrıntı noktası pozisyonunda, tepe çizgisine teğet olan ve yatay ya da dikey eksen arasındaki açının temsil ettiği bir ayrıntı noktası kümesi olarak modellenir. Şekil 3.14'de ayrıntı noktasının eşleşmesinde kullanılan özellikler gösterilmiştir. Karşılaştırılacak iki parmak izinin ayrıntı noktası kümesi öncelikle sıralanır, bu da kayma ve rotasyonun hesaplanmasını gerektirir (bazı yaklaşımlar ölçeklendirme ve diğer bozulma tolerans dönüşümlerini de hesaplar). Bu sıralama, çeşitli yollarla karmaşıklığı azaltılabilen minimizasyon problemi içerir. Sıralanır sıralanmaz, her iki parmak izinde uyumlu ayrıntı noktası aranır. Ayrıntı noktasının pozisyonu etrafındaki tolerans bölgesi, ayrıntı noktasının pozisyonunda gürültüden ve bozulmadan kaynaklanarak oluşabilecek varyasyonları telafi etmek amacı ile belirlenir. Aynı şekilde, uyumlu ayrıntı noktaları arasındaki açı farklılıkları tolere edilir. Maalesef ayrıntı noktası, düşük kaliteli durumlarda güvenilmezdir. Bu ve diğer nedenlerden dolayı, ayrıntı noktasına alternatif özellikler önerilmiştir.



Şekil 3.14. Ayrıntı noktası tespitinde kullanılan özellikler

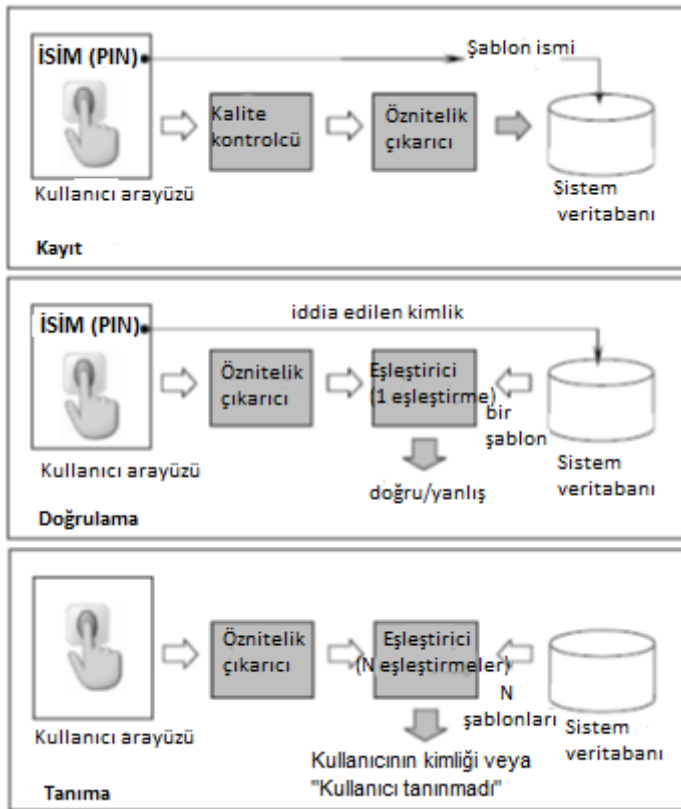
- *Tepe özniteliği tabanlı eşleştirme:* Bu eşleştirme türüne ait yaklaşımlar, parmak izlerini, tepe örüntüsünden elde edilen özellikler yönünden karşılaştırır. Bir parmak izinin tepelerinin ve çukurlarının genel örüntüsü, parmak izini birkaç ortak kategoriden birine sınıflandırmak için kullanılabilir. En yaygın kategoriler, sarmal, yay, sol döngü, sağ döngü ve çadır yaydır. Bu sınıflar, yeterince ayırt edici olmadığından ve kolaylıkla yanlış sınıflandırılabilenlerinden dolayı, otomatik eşleştirme teknikleri, tanıma için bu sınıflara genelde güvenmez.

Üç ana neden, parmak izi tanıma teknikleri tasarımcılarını, ayrıntı noktasının yanında, parmak izinin ayırt edici başka özniteliklerini aramaya itmştir:

1. Düşük kaliteli parmak izlerinden elde edilen ayrıntı noktasından güvenilir bir çıkarım yapmanın çok zor olması
 2. Ayrıntı noktası çıkarımının zaman kaybettirmesi
 3. Sistemin kesinliğini ve sağlamlığını artırmak için ayrıntı noktası ile birlikte kullanılabilecek ek özelliklerin aranılması.
- *Diğer Özellikler:* Kırışıklar, buruşmalar ve siğiller gibi bazı özellikler, tanıma için kullanışlı olabilirler. Fakat geçici olabileceklerinden çok güvenilmemelidirler.
 - *Gözenekler:* Yeterli büyütme ve çözünürlük ile ter gözenekleri, parmak izi tepelerinde görülebilir. Bu gözenekler tarafından üretilen örüntü, her parmak izi için son derece farklıdır. Bir parmak izi görüntüsünün kalitesi, eşleştirme için uygunluğu ile yakından ilgilidir. Bir başka deyişle, düşük kaliteli görüntülerin eşleştirilmesi, güvenilir sonuçlara yol açacaktır.

3.8. Parmak İzi Doğrulama

Değişmezliği ve benzersizliğinden dolayı, parmak izleri, kişisel kimlik doğrulama için uygulanan en güvenilir biyometrik özelliklerden biri olarak kabul edilmiştir. Bir “Otomatik Parmak İzi Tanıma Sistemi”nde, yeni gelen bir parmak izini temsil eden kişinin veritabanında olup olmadığını öğrenmek için, yeni gelen parmak izi, veritabanındaki bütün parmak izleri ile karşılaştırılır. Ancak, böyle bir birebir eşleştirme, parmak izi veritabanı yüksek boyutlarda olduğunda çok fazla hesaplama gerektirebilir. Parmak izi sınıflandırması, veritabanındaki tüm parmak izi görüntülerinin, önceden tanımlanmış birkaç sınıflandırma kriterine göre, daha küçük özel kümeler haline getirilmesini ifade eder. Doğru ve güvenilir bir parmak izi sınıflandırma yöntemi, arama alanının boyutunu büyük ölçüde azaltabilir ve bu sayede, büyük ölçekli bir parmak izi veritabanının eşleştirme hızını artırabilir. Otomatik parmak izi sınıflandırma kriterleri, Henry sınıflandırma sisteminin uzantısıdır ya da modifiye edilmiş halidir [5].



Şekil 3.15. Kayıt, doğrulama ve tanıma görevlerinin blok diyagramları

Uygulama kapsamına baēlı olarak, parmak izi tabanlı biyometrik bir sistem, ya doērulama sistemi ya da tanıma sistemi olarak isimlendirilir. Doērulama sistemi, yakalanan parmak izlerini, sistemde önceden depolanmış biyometrik şablon(lar) ile karşılaştırarak bir kişinin kimliğini doērular. Kişinin, iddia ettiēi kimliğinin doēru olup olmadığını belirlemek için birebir karşılaştırma yapar. Tanıma sistemi ise, eşleme yapmak için tüm şablon veritabanını arayarak kişiyi tanır. Kişinin kimliğini belirlemek adına bire karşı birçok karşılaştırma yapar. Şekil 3.15’de kayıt, doērulama ve tanıma işlemleri gösterilmiştir [13].





4. TEZ KAPSAMINDA KULLANILAN TEKNİKLER

Tez kapsamında kullanılan teknikler bu bölümde açıklanmıştır.

4.1. Veri Madenciliği

Veri Madenciliği, örüntülerdeki eğilimleri ve ilişkileri keşfetme amacıyla yüksek hacimli verilerde yapılan arama sürecidir. Veri madenciliği, kapsayıcı bir terimdir ve bilgi keşfi için geniş bir yelpazede süreçleri ve algoritmaları ifade eder. Veri madenciliğinin biyometri bağlamındaki potansiyel değeri açıktır. Teoride bu teknikler, araştırmacıların ve sistem geliştiricilerinin, problemleri tanımlamalarını, teşhis etmelerini ve düzeltmelerini sağlayarak, otomatik olarak, saklı eğilimleri ortaya çıkarabilir. Veri madenciliği geniş bir alandır fakat biyometrik veri için kullanımı üzerine yayınlanmış çok az çalışma bulunmaktadır. Bu bölümde, bilgiyi çıkarmak için iki teknik ele alınacaktır. İlki, tutumlar ve performans ölçümleri arasındaki ilişkilere bakan basit istatistiksel bir tekniktir. İkinci yaklaşım ise otomatik olarak verilerdeki örüntüleri ve ilişkileri bulan makine öğrenmesidir [6].

Veri madenciliği işlemlerinde uygulanan işlem adımları aşağıda verilmiştir [6]:

- *Adım 1 - Konu:* İlk adım sınıflandırmanın konusuna karar vermektir. En yaygın nesneler, biyometrik sistemlerin kullanıcıları olacaktır. Bu durumda, veri madenciliğinin hedefi, ortak bir özelliği olan kullanıcı gruplarını tespit etmektir
- *Adım 2 - Özellikler:* İkinci adım, girdiyi tarif etmek için kullanılacak özellikler üzerine karar vermektir. Bu özellikler üst veri, öznitelikler veya belirleyiciler olarak adlandırılırlar. Özniteliklerin seçimi, ilk adımda seçilen sınıflandırmanın konusuna bağlıdır. Sınıflandırmanın konusu ile alakalı olan özellikler ve sadece performansı etkileyebilecek özelliklerin seçimi iki yol gösterici ilke olarak gösterilebilir.
- *Adım 3 - Etiketler:* Üçüncü adım, girdi verileri için etiketleri tanımlamak ve atamaktır. Bu adım, sınıflandırmanın genel amacını tanımlamaktadır ve konuların niteliğine bağlıdır. Biyometrik sistemlerin kullanıcıları için, en yaygın etiketler performansla ilgili olacaktır.

- *Adım 4 - Öğrenme:* Son adım ise sınıflandırma modelini oluşturmak için öğrenme algoritmasını uygulamaktır. Eğer bir karar ağacı algoritması kullanılıyorsa, kökten yaprağa her parça, bir grubu tarif eder ve bir etiket ile bağlantılıdır. Bulunan her grup için, bir uzmanın, bunun istatistiki olarak önemli olduğunu doğrulaması gerekir.

4.2. İstatistiksel Analiz Yöntemleri

Biyometrik sistemler, doğaları gereği olasılığa dayanmaktadırlar. Bunun sebebi, biyometrik örneklerin doğal değişkenlikleridir. Başka bir deyişle, bir biyometriğin iki sunumu hiçbir zaman aynı olmayacaktır. Dolayısıyla belirli bir eşleşme hakkında %100 kesinlik teorik olarak imkânsızdır. Hatta güçlü eşleştirme algoritmaları için bile, fiziksel ortamın dijital ölçümlerini alırken belirsizliğe yol açan bir sinyal gürültüsü olacaktır. Ancak, bu bölümün temel fikri, performansla yakından ilgili olan varyasyon kaynaklarının olduğudur ve bu da gözlemlenebilmekte ve kontrol edilebilmektedir. Bunun bir örneği, kullanıcı yaşı ve kayıt kalitesi arasındaki ilişkidir. Burada yaşlı insanlar genellikle kötü kalite şablonlara sahip olmaya eğilim göstermişlerdir [6].

Tutumlar ve performans ölçümleri arasındaki ilişkileri bulmanın basit bir yolu, korelasyon katsayısının hesaplanmasıdır. Korelasyon ölçümleri, iki değişken arasındaki doğrusal ilişkinin gücünü ölçer. Diğer bir deyişle bu yöntem, tahmin edici olarak bilinen bir özneliliğin ilgisini ölçmektedir. Korelasyon pozitif ise, tek değişkendeki bir artış diğer bir değişkendeki olası bir artışı ifade etmektedir. Negatif korelasyon, ikisinin negatif ilişki içinde olduğunu gösterir. Yukarıda belirtilen örnek için, yaş ve şablon kalitesi arasındaki negatif korelasyon, yaşlı insanların gençlere göre daha kötü kalitede kayıtlara sahip olduğunu gösterecektir [6].

İki rastgele değişken korelasyonunu hesaplamak için en yaygın yöntem, Pearson momentler çarpımı korelasyon katsayısıdır. Giriş nitelik ve performans ölçüsü çiftleridir ve çıkış ise doğrusal ilişkinin gücü olan korelasyon katsayısıdır. Nitelik herhangi bir üst veri olabilir. Kategorik veri durumunda (örneğin cinsiyet), her kategoriye bir numara atanır (örneğin Bay = 0, Bayan = 1). Biyometrikler için en yaygın iyi performans kriterleri şunlardır [6]:

- *Şablon kalitesi:* Çoğu öznitelik çıkarma algoritması, kaydın veya edinimin sonucu olarak bir kalite değeri vermektedir. Örneğin, lekeli bir parmak izi kötü kalite puanına neden olabilmektedir. İyi tanımlanmış tepelere sahip temiz bir resim ise yüksek kalite puanına sahip olacaktır. Bu durumda, üst veri ve veri yakalama problemleri arasındaki ilişkiyi bulmak için korelasyon analizi kullanılmaktadır.
- *Eşleştirme puanları:* Sahte eşleştirme puanları olan bir korelasyon eşleşmesi, yanlış retler (kabuller) ile ilgili sorun yaşayan grupların tanımlanmasına yardım edebilir.

Korelasyon katsayısı -1,0'dan 1,0'a kadar değişmektedir. -1,0 mükemmel negatif ve 1,0 mükemmel pozitif doğrusal ilişkiyi göstermektedir (tüm noktalar düz bir çizgi üzerinde sıralanmaktadır). 0,0 katsayısı, değişkenler arasında hiçbir doğrusal ilişki olmadığını göstermektedir. Genel anlamda, 0,3 altındaki kesin bir değer, korelasyonun küçük bir derecesi olarak ele alınır ve 0,5'in üstündeki bir kesin değer korelasyonun büyük bir derecesi olarak ele alınır [6].

Tez kapsamında kullanılan istatistiksel yöntemlerden biri varyansın bulunmasıdır. Varyans, sayısal veriler için değişkenliğin ölçülmesinde en sık kullanılan yöntemlerden biridir. Bir X değişkeninin N sayısal gözlemlerin $x_1, x_2, \dots, x_N$ kümesi verildiğinde, ve $\bar{X}$ aritmetik ortalamasını belirttiğinde, varyans “Eş. 4.1”deki gibi bulunur [57]:

$$\sigma^2(X) = 1/N \sum (x_i - \bar{X})^2 \quad (4.1)$$

Tüm gözlemler aynı değeri sahip ise, varyans sıfırdır. Ortalamadan farklı olarak, varyans lineer bir işlemci değildir. $\text{Var}(a+bX) = b^2 \text{Var}(X)$ şeklinde ifadeye de sahiptir [57].

Standart sapma (SD), varyansın pozitif kareköküdür. “Eş.4.2”de formülize edilir [60]:

$$\text{SD}(X) = \sqrt{\text{Var}(X)} \quad (4.2)$$

Formülde, X 'in standart sapması hesaplanmıştır [60].

Standart sapma, rasgele değişken ile aynı birimle ölçülmektedir. Dolayısıyla, X değeri mil cinsinden verilirse, beklenen değer ve standart sapma da mil cinsinden olur. Rasgele

değişkenin standart sapmasını hesaplarken, varyans hesaplanır ve sonra karekökü alınır [60].

4.3. Makine Öğrenmesi

Bir önceki bölümde verilen korelasyon analizlerinde, bireysel tutumlar incelenmektedir. Dolayısıyla iki veya daha fazla faktörün dâhil olduğu eğilimleri bulmak için doğrudan kullanılamaz. Bu yaklaşımın bir dezavantajı, her potansiyel problem grubu için, ayrı bir test yürütülmesi gerekliliğidir. Bu nedenle, bir kişinin önceden hangi grupların problem yaşayabilme olasılığının olduğunu bilmesi lazımdır. Bu durum, problem grubunun “erkekler” veya “çocuklar” gibi ortak bir demografi olduğunda iyidir. Ancak, 25-45 yaşları arasındaki Asyalı kadınların doğrulanması problemi araştırılan bir sistem ele alındığında, sistem analiz yaklaşımını kullanarak bu bilgiyi keşfetmek için etnik kökenin, cinsiyetin ve yaşın çoğu farklı permütasyonlarının test edilmesi gerekmektedir. Popülasyonun, 2 cinsiyete, 5 etnik gruba ve 3 yaş aralığına kategorize olduğunun varsayıldığı bir durumda, $2 \times 5 \times 3 = 30$ demografi vardır. Analizde daha fazla faktör ele alınırsa, olası grupların sayısında kombinasyonel bir artış oluşmaktadır. Örneğin, 3 kategoriye ayrılan 12 özellikle birlikte, $3^{12} > 500\ 000$ ’in üzerinde grup vardır. Açık bir şekilde, herhangi biri 2 veya 3 özellik tarafından karakterize edilen gruplardaki örüntüleri ve eğilimleri keşfetmek isterse, her olası grubu doğrudan test etme yaklaşımı pratik değildir [6].

Bu kombinasyonel artış, yapay zekânın (YZ) klasik bir problemidir. Problemin öznitelik uzayı (girdi özniteliklerinin bütün olası kombinasyonları), detaylı bir arama için uygun olmayacak kadar büyüktür. Dolayısıyla “akıllı” teknikler, en iyi olmasa bile, iyi çözümü içermesi olası olan daha küçük alt-uzayları aramak için kullanılmalıdır. YZ’nin odak noktası, yeni konu alanları için etkili arama teknikleri geliştirmektedir. Bir yaklaşım da, daha önce görülmemiş girdi verilerinden olan örüntüleri, bilgisayarların dinamik olarak “öğrenmelerini” sağlayan algoritmaların gelişimi ile ilgili olan makine öğrenmesi yaklaşımıdır [6].

Genel olarak, biyometrik uygulamalarda, makine öğrenmesi algoritmaları için iki temel yaklaşım bulunmaktadır [6]. Bunlar alt bölümler halinde aşağıda sunulmuştur.

4.3.1. Danışmanlı öğrenme

Danışmanlı öğrenme için, her girdi, bir üst veriye ve ilişkili bir etikete sahiptir. Amaç, girdi verilerini etiketle eşleştiren bir fonksiyon oluşturmaktır. Biyometride girdi; kullanıcılar, (örneğin cinsiyet ve etnik köken), şablonlar (örneğin yakalama konumu) veya eşleşmeler (örneğin günün zamanı) için bir üst veri olabilir ve her girdi, bir performans etiketine atanacaktır. Performans etiketi, alan uzmanı tarafından sağlanır ve modellenmekte olan bir kavramdır. Örneğin, bir kişi “kurban” olabilir ve bir şablon “başarısız kayıt” olabilir ve bir doğrulama işlemi de “yanlış kabul” olabilir. Alternatif olarak, bir kişinin ortalama gerçek eşleşme puanında olduğu gibi etiket nicel olabilir. Danışmanlı öğrenmenin çıktısı için bir örnek, “sıcak ve nemli koşullarda yapılan parmak izi doğrulamaları” → “Potansiyel yanlış kabulü” çizgisindeki kuralları kapsayan bir fonksiyondur. Bu uygulama için işlemin amacı, görünmeyen verilerin performansını tahmin etmek için bir sınıflandırma geliştirmek değildir, aksine performansa göre kullanıcı gruplarını etiketleme için geliştirilen modeli kullanmaktır [6].

Danışmanlı öğrenmeye yönelik bazı genel yaklaşımlar, yapay sinir ağları, karar ağaçları, Naive Bayes ve destek vektör makineleri algoritmalarıdır. Bu algoritmalar danışmanlı öğrenme için kullanılan en yaygın algoritmalarından bazılarıdır. Diğer algoritmalar arasında en yakın komşu metodu, genetik algoritmalar ve kural çıkarma örnek olarak verilebilir. Teoride, bu tekniklerden herhangi biri biyometrik veri madenciliğine uygulanabilir. Ancak, karar ağaçları, diğer tekniklere göre bazı avantajlara sahip olduklarından, veri madenciliği uygulamalarına hâkim olma eğilimi göstermektedirler. Ancak, karar ağaçlarının, mevcut birçok öğrenme algoritmalarından birini temsil ettiği akılda tutulmalıdır ve bütün durumlar için en iyi seçenek olmak zorunda değildir [6].

4.3.2. Danışmansız öğrenme

Test kümesinde etiketli örnekleri kullanan danışmanlı öğrenmeden farklı olarak, danışmansız öğrenmede girdi etiketsizdir. Bu nedenle, amaç sadece grupları ayırmak için bir model geliştirmek değil, aynı zamanda grupların sayılarını ve doğalarını tanımlamaktır. Sınırsız doğası nedeniyle danışmansız öğrenme, danışmanlı öğrenmeye göre daha zordur. En yaygın yaklaşım, benzer özellikteki insanlar gibi homojen alt grupları otomatik olarak keşfeden k-Means gibi kümeleme algoritmalarıdır. Biyometrik veriler bağlamında,

insanlarla, şablonlarla veya eşleşmelerle ilgili olan üst veri ve performans etiketlerinin hepsi girdi olacaktır. Çıktı ise bir dizi ortak özellik tarafından tanımlanan insan grupları olacaktır [6].

Danışmansız öğrenme için, girdi verisi etiketsiz hale getirilir. Bu sayede sınıflandırma için doğrudan bir hedef bulunmaz. Dolayısıyla, öğrenme süreci açık uçludur ve bulunan gruplar üzerinde az bir kontrol bulunmaktadır. Danışmansız öğrenmeye yönelik en yaygın yaklaşım, öznitelik uzayında “yakın”, yani ortak birçok özelliğe sahip olan grupları bulmayı amaçlayan kümelemeye dayanmaktadır. Örneğin, ham biyometrik özniteliklere kümelemeyi uygulamak, bir grup Asyalı erkeği ortaya çıkarabilir. Bu durum, onların, kullanıcı popülasyonunun ayrı bir alt-grubunu oluşturduğunu gösterir, ancak grubun performansı hakkında hiçbir imada bulunmaz [6].

4.4. Yapay Sinir Ağları

Sinir ağları, biyolojik beyinlerin hesaplamalı yapısı tarafından özgün bir biçimde oluşturulmuş yapay sinirlerin bağlı olduğu gruplardır. Nöronlar arasındaki yükler ve bağlantılar, girdi ve çıktı verileri arasındaki ilişkiyi ayarlamak için dinamik olarak güncellenmektedir. Sinir ağları, çeşitli problemlere başarıyla uygulanmıştır [6].

Bir veya daha fazla gizli katman içeren, ağırlıklandırılmış nöronların bir katmandan daha fazla olduğu sinir ağları Çok Katmanlı Algılayıcı olarak adlandırılır. Çok katmanlı algılayıcı, tahmin edici veri madenciliğinde en fazla kullanılan yapıdır. Bu yapı, genelde birbirine bağlı birkaç gizli katman, bir giriş katmanı ve bir çıkış katmanı ile ileri beslemeli ağıdır [57].

İki katmanlı ağ bir gizli katmana sahiptir. Giriş katmanında n nöron, gizli katmanda h nöron ve çıkış katmanında p nöron vardır. $w_{ik}(i=1, \dots, n; k=1, \dots, h)$ ağırlıkları giriş katmanı düğümlerini gizli katman düğümleriyle, $z_{kj}(k=1, \dots, h; j=1, \dots, p)$ gizli katman düğümlerini çıkış katmanı düğümleriyle bağlar. Gizli katmandaki nöronlar giriş katmanından bilgi alır, w_{ik} ağırlıklarıyla ağırlıklandırılır ve $h_k=f(x, w_k)$ çıkışlarını üretir. Burada “f” değeri, gizli katmandaki birimlerin aktivasyon fonksiyonudur. Çıkış katmanındaki nöronlar gizli katmandan çıkan bilgileri alır, z_{kj} ağırlıklarıyla ağırlıklandırır ve $y_j=g(h, z_j)$ son ağ

çıkışlarını üretir. Çıkış katmanındaki j nöronunun çıkışı “Eş. 4.3”deki formülde gösterilmiştir [57].

$$y_j = g \left(\sum_k h_k z_{kj} \right) = g \left(\sum_k z_{kj} f \left(\sum_i x_i w_{ik} \right) \right) \quad (4.3)$$

Bu eşitlik sinir ağının çıkış değerlerinin tekrarlanarak ve sıklıkla lineer olmayan yollardan tanımlandığını göstermektedir [57].

4.5. Karar Ağaçları

Karar ağacı algoritmaları sınıflandırma için kullanılan köklü ağaçlar oluşturur. Ağacın her düğümü (kökü dâhil), belirli bir özelliği ilgilendiren dallanma kuralını içermektedir ve bu kuralın sonucuna dayanılarak, alt-düğümlerden biri seçilir. Bu işlem, sınıflandırılan örnek için bir etiket içeren bir yaprağa ulaşıncaya kadar devam eder. Örneğin, kök düğüm “cinsiyet” içerebilir ve bu durum “bay” ve “bayan” için ayrı dalların oluşmasına sebep olacaktır [6].

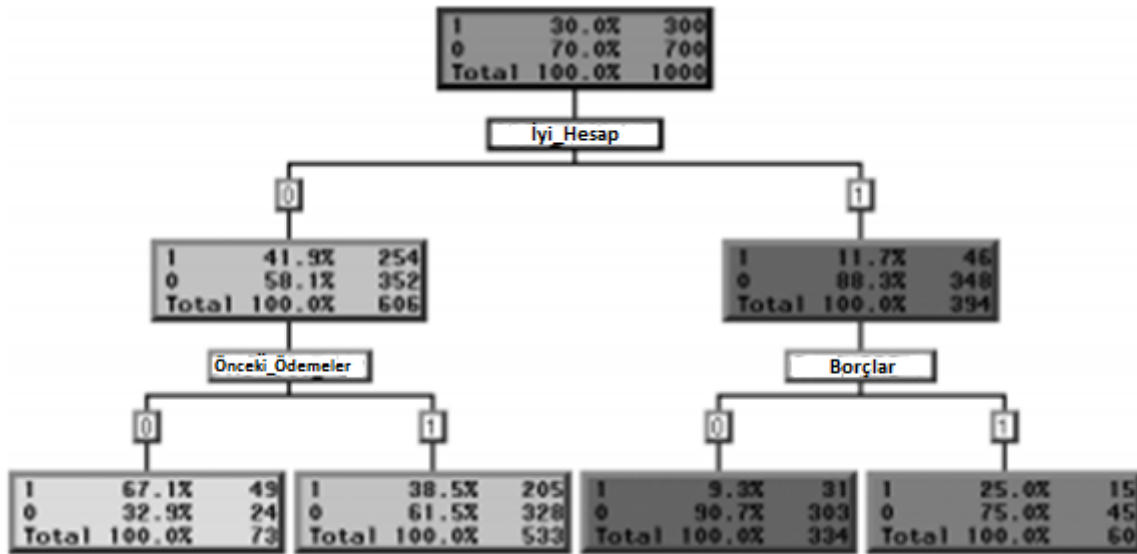
Ağaç modelleri gözlemlerin bir sınıflandırmasını gruplar içerisinde üreterek başlar ve her grup için bir puan belirler. Ağaç modelleri, yinelemeli bir prosedür olarak tanımlanabilir. n istatistiksel birimin bir kümesi, elde edilen gruplardaki her karşılık değişkeninin homojenliğini en fazla sağlamak için bir bölünme kuralı tanımlayarak devamlı olarak gruplara bölünür. İşlemin her adımında, bölünmek için açıklayıcı bir değişkenin seçilmesiyle ve bu değişken için gözlemleri nasıl ayıracağını belirleyen bir bölünme kuralı belirlenir [57].

Bir ağaç modelinin genel sonucu gözlemlerin son olarak bölünmesidir. Buna ulaşmak için bölünme işlemi için bir durma kriterini belirlemek gerekir. Bir sınıflandırma ağacında uygun değerler, bir tek gruba uygun olasılıkların tayini ile belirtilebilir. Eğer sadece iki grup varsa (ikili sınıflandırma), uygun başarı ihtimali aşağıdaki gibidir [57]:

$$\pi_i = \frac{1}{n_m} \sum_{l=1}^{n_m} y_{lm} \quad (4.4)$$

“Eş. 4.4”de, y_{lm} gözlemi 0 veya 1 değeri alabilir, dolayısıyla uygun olasılık, m grup içerisinde gözlenen bölünme başarımlarına karşılık gelmektedir [57].

Şekil 4.1’de kredi puanlama uygulamasında kullanılan karar ağacına bir örnek verilmiştir [57].



Şekil 4.1. Karar ağacı örneği

4.6. Naive Bayes Sınıflandırıcı

Naive Bayes sınıflandırıcı, Bayes teoremine dayanan olasılık modelleri kullanmaktadır. Verilen bir etikete ait bir girdi kaydının sonraki olasılığı, öznitelik değerleri bu etiketten elde edilebilen koşullu olasılıklara dayalı olarak hesaplanır. Sınıflandırma kuralı, sonraki en yüksek olasılıklarla birlikte bir etiket seçilerek tanımlanır [6].

Naive Bayes sınıflandırıcı, değişkenlerin birbirleri arasında bağımsız olduğu Bayes’ teoremine dayanmaktadır. Naive Bayes modelinin kurulması kolaydır, dolayısıyla çok büyük veritabanlarında kullanılması faydalıdır. Basitliğinin aksine, Naive Bayes sınıflandırıcı şaşırtıcı bir şekilde sınıflandırmayı iyi yapmaktadır. Genellikle daha karışık

sınıflandırma metotlarından daha iyi sonuçlar ürettiği için yaygın olarak kullanılmaktadır [58].

Bayes teoremi $P(c)$, $P(x)$ ve $P(x|c)$ 'den $P(c|x)$ ardıl olasılığı hesaplamak için bir yöntem sunmaktadır. Problem formülasyonu aşağıda verilmiştir [58]:

$$P(c|x) = \frac{P(x|c)P(c)}{P(x)} \quad (4.5)$$

$$P(c|X) = P(x_1|c) \times P(x_2|c) \times \dots \times P(x_n|c) \times P(c)$$

“Eş. 4.5”de;

- $P(c|x)$ belirleyicisi verilen sınıfın ardıl olasılığıdır.
- $P(c)$ sınıfın önsel olasılığıdır.
- $P(x|c)$ sınıfı verilen belirleyicinin olasılığıdır.
- $P(x)$ belirleyicinin önsel olasılığıdır.

4.7. Destek Vektör Makineleri

Destek Vektör Makineleri (DVM), istatistiki öğrenim teorisine dayanır. DVM’ler, öznitelik uzayında bir hiper düzlem bularak çalışan ikili sınıflandırıcıdır. DVM, iki sınıfın düzlemi ve örnekleri arasındaki mesafeyi azami dereceye çıkarmaktadır. Orjinal öznitelik uzayından yüksek boyutlu diğer bir uzaya haritalandırma yaparak, karışık veri örüntüleri için ayırıcı fonksiyonları bile bulmak mümkündür [6].

Destek Vektör Makineleri, Çok Katmanlı Algılayıcıların çok güçlü bir alternatifidir. Çok katmanlı algılayıcılarda sınıflandırma kuralları, sınıfların çok iyi ayrıştırılabildiği varsayımıyla gözlemleri ayıran lineer olmayan bir hiperdüzlem bulur. Destek Vektör Makineleri ise, değişken dönüşümlerine imkan sağlayarak çok daha karmaşık gözlem uzaylarına bunu geneller. Destek Vektör Makineleri sınıflar arasındaki karar sınırlarının konumlarını optimize etmektedir [57].

Destek vektör makineleri sınıflandırma problemlerinin birçoğuna başarıyla uygulanmış bir makine öğrenmesi algoritmalarından biridir. Ayrıca bu algoritmanın genelleme performansı da yüksektir. Bu algoritmanın en önemli avantajlarından biri, problemi kareli optimizasyon problemine dönüştürüp çözmesidir. Bu sayede öğrenme aşamasında işlem sayısı azalarak diğer teknik ve algoritmalara göre daha hızlı çözüm sunmaktadır. Bu nedenle büyük hacimli veri setlerinde avantaj sağlamaktadır [59].

Destek Vektör Makinelerini kullanırken, sınıfları birbirinden ayıran optimal hiper düzlemin elde edilmesi amaçlanmaktadır. Farklı sınıflara ait destek vektörleri arasındaki uzaklığı en fazla tutmak gerekmektedir [59].



5. PARMAK İZİNDEN CİNSİYET TAHMİNİ ÇALIŞMALARI

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 tahmini hakkında yapılan çalışmalar incelenmiş ve takip eden paragraflarda önemli hususlar özetlenmiştir.

Geçmişte bayanların daha zarif epidermal tepe detaylarına, erkeklerin ise daha kaba tepe detaylarına sahip olduğu farz edildiğinden bu husus incelenmiş fakat açıkça ispat edilememiştir. Parmak izinden cinsiyet sınıflandırma literatüründe ilk çalışmalardan olan bir çalışmada, Acree suçlulara ait parmak izlerini kullanmıştır. Çalışmanın amacı, iyi tanımlanmış bir bölgedeki tepeleri sayarak bayanların baylara göre daha yüksek tepe yoğunluğuna sahip olup olmadığının istatistiksel ispatını yapmaktır. Ayrıca önemli cinsiyet farklılıkları varsa verilen tepe yoğunluklarından cinsiyet tahmini araştırılmıştır. Bu kapsamda, Beyaz Amerikalı 100 bay ve 100 bayan ile Afrika kökenli Amerikalı 100 bay ve 100 bayanın parmak izi verileri incelenmiştir. Cinsiyetler arasında var olabilecek farklılıkları ortaya çıkarmak için, elde edilen değerler istatistiksel metotlar kullanılarak karşılaştırılmıştır. Ayrıca parmak izi tepelerinin Beyaz Amerikalı ve Afrika kökenli Amerikalılar arasında cinsiyete göre değişkenlikleri sınanmıştır. 18-67 yaş aralığındaki suçlulara ait toplam 400 parmak izi ile elde edilen sonuçlara bakıldığında, parmak izindeki tepe sayısı 11 tepe/25 mm² veya altında olursa bu parmak izinin erkeğe ait olma ihtimalinin, parmak izindeki tepe sayısı 12 tepe/25 mm² veya üstü olursa bayana ait olma ihtimalinin yüksek olduğu belirlenmiştir. Çalışmada farklı ırklara ait parmak izlerinin kullanılmasındaki amaç, hipotezin dünya genelinde kabul edilmesini sağlamaktır. Sonuçlar her iki ırk için de benzerlik göstermektedir. Bayes teoremi kullanılarak cinsiyetler arasındaki farkın 2,11 tepe/25 mm² olduğu görülmüştür. Çalışma, bayanların baylara göre daha ince tepe ayrıntısına, dolayısıyla daha fazla tepe yoğunluğuna sahip olduğunu göstermektedir. Yazarlar, cinsiyetler arasındaki farkların tüm ırklar arasında evrensel olabileceğini ancak bu konuda daha fazla inceleme ve araştırma yapılması gerektiğini sunmuşlardır [15].

Parmak izindeki tepe yoğunluğunun cinsiyet ile ilişkisini araştırmak için, iki Kuzey Hint toplumundan Jat ve Bania'ların parmak izleri incelenmiştir [20]. Çalışmada, sağ ele ait parmak izleri için merkez noktasının sol üst kısmı, sol ele ait parmak izleri için ise merkez noktasının sağ üst kısmından kare kesit alınarak incelenmiştir. Buradan varyans değerleri hesaplanmış ve bağımsız t-test kullanılarak eşit olmayan değerler karşılaştırılmıştır. Güven düzeyi %95 olarak belirlenmiştir. Jat baylarının tepe yoğunlukları 10 tepeden 14 tepe/25 mm²'ye kadar ve bayanların tepe yoğunlukları 12 tepeden 15 tepe/25 mm²'ye kadar değişmektedir. Parmak izi tepe yoğunluğu frekans dağılımı, bayanların %92'sinin 13'ün üzerinde, bayların %76'sının 13'ün altında tepe yoğunluğuna sahip olduğunu göstermiştir. Eşit olmayan varyans değerlerinin t-test sonuçlarına göre bayanlar baylardan açık bir farkla daha yüksek tepe yoğunluğuna sahiptir. Hesaplanan t-değeri (8,59) kritik değer olan 2,02'den büyüktür. Bu çalışma, Kuzey Hindistan toplumu bayanlarının tepe yoğunluğunun baylardan daha fazla olduğunu göstermiştir. Jat bayları ve bayanları arasındaki fark 2,1 tepe/25 mm² ve Bania'ların farkı ise 2,6 tepe/25 mm²'dir. Deneysel testler sonucunda iki hipotez sunulmuştur. İlk hipotez, her iki toplumun bayları arasında ve her iki toplumun bayanları arasında tepe yoğunluğu farkı olduğudur. İkinci hipotez ise, bayanların baylara oranla daha fazla tepe yoğunluğuna sahip olduğudur. Çalışmada, elde edilen sonuçların çok sayıda parmak izinin bulunduğu analizlerde kullanılabileceği ve bu iki toplumun bayları ve bayanları arasındaki tepe yoğunluğu farkının parmak izi uzmanlarına analiz safhalarında yardım edebileceği sonucuna varılmıştır.

Parmak izinden cinsiyet tanıma üzerine yapılmış olan bazı çalışmalarda [15-19, 23, 25, 30, 33, 34, 36], çoğunlukla 5x5 mm² kesit üzerindeki detaylara yoğunlaşmış, ayrıca 25x25 piksel ve 32x32 piksel üzerinde de durulmuştur. Bu çalışmalarda ortalama 145 bay, 144 bayan toplam 289 parmak izi kullanılmıştır. Çalışmaların genelinde tepe yoğunluğu kullanılmıştır. Bazı çalışmalarda ise tepe kalınlığının vadi kalınlığına oranı, tepe sayısı ve tepe kalınlıkları da karşılaştırılmıştır. Bu tez çalışması da dâhil olmak üzere çoğu çalışmada, çalışmaya özel veritabanı oluşturulmuştur. Evrensel bir veritabanı olmadığından ve her çalışma için ortak bir veritabanı kullanılamadığından dolayı, çalışmalarda kullanılan parmak izi sayısı düşüktür. Yüksek lisans tezimizde [14] de savunduğumuz gibi, ortak bir veritabanı oluşturulmadığı sürece de düşük sayıda parmak izi ile testlerin yapılmasına devam edilecektir. Bunun sebebi, hem parmak izi alınacak kişinin bulunmasının çok zorlu bir süreç olması hem de veri toplama aşamasının zaman alan bir süreç olmasıdır.

Literatürdeki çalışmalarda [15-17, 25, 30, 33, 34, 36], ortalama tepe sayıları ırka ve cinsiyete göre değişiklik göstermektedir. Her ırk için, bayların parmak izi ortalama tepe sayıları bayanların parmak izi ortalama tepe sayılarından daha düşüktür. Farklı ırklardan kişilerin parmak izleri incelenerek yapılan araştırmalardan elde edilen sonuçların ortalamasına göre, bayanların parmak izlerindeki ortalama tepe sayısı 14,7 tepe/25mm² iken bayların parmak izlerindeki ortalama tepe sayısı 12,7 tepe/25mm² olarak tespit edilmiştir.

Parmak izi ayrıntıları (minutiae), kriminoloji alanında bireylerin parmak tespiti için temel teşkil etmektedir. Parmak izi ayrıntılarının çeşitliliği ile ilgili çok az çalışma vardır. Bunun sebebi iyi kalitede alınan parmak izinde bile bunları saymanın ve sınıflandırmanın zorluğundandır. [21] numaralı çalışmada, yapışkan kağıt ve grafit metotları kullanılarak Alcala Üniversitesi'ndeki (Madrid) 20-35 yaş arası 100 bay ve 100 bayan toplam 200 öğrenciden parmak izi alınmıştır. Çalışmada sağ elin işaret parmağının en üst boğumu üzerinde çalışılmıştır. Her farklı tipte parmak izi ayrıntılarının toplam sayısı, parmak izinin tüm baskı alanından, iç ve dış 18 tepe yarıçapındaki bir daireden alınmıştır. En yüksek frekansların hat sonlarında, ardından çatallanmalarda ve yakınlaşmalarda olduğu görülmüş, diğerlerinde ise %5'den daha az frekansa sahip olduğu bulunmuştur. Parmak izi ayrıntılarının dağılımının incelenen alanda homojen olmadığı gözlenmiştir. Çalışmada parmak izi ayrıntılarının istatistiksel olarak cinsiyetler arasında ve genel örüntülerin farklı tipleri arasında kayda değer farklılıkları olduğu görülmüştür.

Parmak izinden cinsiyet sınıflandırma, suçlunun cinsiyetinin belirlenmesinde ve şüpheli listesini minimize etmede adli antropoloji için önemli bir adımdır. [22] numaralı çalışmada, farklı cinsiyet ve yaşlarda 1100 erkek ve 1100 bayan toplam 2200 kişinin 10 parmak izinin bulunduğu veri seti analiz edilmiştir. Parmak izlerinden, tepe sayıları, tepe kalınlığının vadi kalınlığına oranı (TKVKO), beyaz çizgilerin sayısı, tepe sayıları asimetrisi ve örüntü tipi uyumu özellikleri çıkarılmıştır. Baylar ve bayanlar arasında, farklı örüntü tipinden parmak izlerindeki varyasyon ve her örüntü tipinden parmaklar için ortalama tepe sayısına göre fark çok küçük çıkmıştır ve bu nedenle istatistiksel olarak önemsizdir. Sağ eldeki bir parmağın tepe sayısı sol eldeki aynı parmaktan genelde daha yüksektir fakat baylar ve bayanlar arasında asimetrisinin derecesinde önemli bir farklılık yoktur. Bu nedenle asimetri sınıflandırma işlemi için iyi bir özellik değildir. Sağ ve sol eldeki karşılıklı parmaklarda örüntü tipi uyumu bay ve bayanlarda önemli istatistiksel bir

değişiklik göstermemektedir. Yazarlar en önemli özellikleri TKVKO ve bireylerin on parmağındaki ortalama beyaz çizgilerin sayısı olarak bulmuşlardır. Bayanlar baylardan daha fazla beyaz çizgi sayısına ve TKVKO'ya sahiptir. Ayrıca en baskın özellikler kullanılarak sınıflandırma yapmak için Fuzzy C-Means (FCM), lineer diskriminant analizi (LDA) ve yapay sinir ağları (YSA) kullanılmıştır. FCM, LDA ve YSA kullanılarak sırasıyla %80,39, %86,5 ve %88,5 olarak başarımlar elde edilmiştir. Beyaz çizgi sayısı ve TKVKO özellikleri, FCM ve YSA kullanarak sınıflandırma işleminde yüksek ayırt edicilik göstermiştir. YSA sınıflandırıcısı LDA'ya göre daha yüksek bir sınıflandırma başarısına sahiptir. Ortalama tepe sayısı, her iki cinsiyette de yüksek standart sapmaya sahiptir ve baylarda bayanlara göre biraz daha fazladır. Bu öznelik beyaz çizgi sayısına ve TKVKO'ya eklendiğinde, YSA ve LDA sınıflandırma performansını yükseltirken, FCM performansını düşürmektedir. En yüksek cinsiyet sınıflandırma oranı YSA kullanıldığında %88 ve LDA kullanıldığında %86,5 olarak bulunmuştur. Analiz sonuçları geliştirilen metodun, suçlunun cinsiyeti için benzerlik değeri kullanılarak, adli antropolojide şüpheli arama listesini azaltması sayesinde cinsiyet sınıflandırma için kullanılmasının tercih edilebileceğini göstermiştir.

Parmak izi görüntüleri kullanılarak cinsiyet sınıflandırma ile ilgilenen [23] numaralı çalışmada, parmak izi görüntüleri arasındaki farkı belirlemek için makine öğrenmesi kullanarak cinsiyet tanıma yapılmaya çalışılmıştır. Veritabanında bulunan her görüntü, tepe kalınlığının vadi kalınlığına oranı ve tepe yoğunluğu değerlerinden oluşan bir özellik vektörü ile gösterilmiştir. 150 bay 125 bayana ait parmak izi görüntüsünden oluşan bir veri seti ile eğitilen destek vektör makinesi kullanılarak, bay ve bayan öznelik vektörü örüntüleri için güçlü bir sınıflandırma fonksiyonu elde edilmiştir. Sistem %96 oranında başarıyla adli antropolojide kullanılmaya aday olmuştur. Gelecek çalışmalar için eğitimde beyaz çizgi sayısı gibi ek özellikler de eklenerek mevcut sistemin performansının yeni sistemle kıyaslanması amaçlanmıştır.

Parmak izleri bireye özgüdür ve adli incelemelerde kişilerin tanımlanması için temel oluştururlar. Mevcut çalışmalar bayanların baylardan önemli miktarda yüksek tepe yoğunluğuna sahip olduğunu raporlamışlardır. Bu bilgi polislerin soruşturmalarda incelenen alanı daraltmasını ve suçlunun hangi cinsiyette olabileceğini tahmin edebilmesini sağlayarak kolaylık sağlamıştır. Parmak izindeki tepe yoğunluğunun bayanlarda baylara göre daha fazla olmasının sebebi, bayların ortalama vücut ölçülerinin kadınlardan daha fazla olmasıdır [24].

[25] numaralı çalışmada Çin ve Malezya toplumlarındaki parmak izlerinin tepe yoğunluğundaki cinsiyet farklılıkları üzerine çalışılmıştır. Çalışma 100 bay 100 bayan toplam 200 Çinli ve 50 bay 50 bayan toplam 100 Malezyalı üzerinde gerçekleştirilmiştir. Parmak izi tepe yoğunluğunun cinsiyete göre farklılık gösterdiği görülmüştür. Çinlilerde parmak izi ortalama tepe yoğunluğu 12 tepe/25 mm² ya da daha düşük olduğunda parmak izinin baylara ait olduğu, 13 tepe/25 mm²'den fazla olduğunda ise parmak izinin bayanlara ait olduğu gözlenmiştir. Malezyalılarda ise parmak izi ortalama tepe yoğunluğu 11 tepe/25mm² ya da daha düşük olduğunda parmak izinin baylara ait olduğu, 13 tepe/25 mm²'den fazla olduğunda ise parmak izinin bayanlara ait olduğu gözlenmiştir. Bu çalışma önceki çalışmaları destekler sonuçlar göstermiştir ve popülasyon ve cinsiyet farklılıklarının parmak izi tepe yoğunluğundaki etkisini göstermiştir.

Adli tıp soruşturmalarında bir bireyin tanınması hayati önem taşımaktadır. Parmak izi, kimlik tanımda en güvenilir ve en doğru göstergedir. Nithin ve diğerlerinin yaptığı bir çalışmada, 250 bay ve 250 bayan toplam 500 Güney Hindistan popülasyonundan kişinin parmak izi kullanılmıştır ve her kişinin 10 parmağından yuvarlanmış parmak izleri toplanmıştır. 500 kişide en sık rastlanan parmak izi tipi sağ döngü olduğu görülmüştür [26]. Çalışmada Güney Hindistan popülasyonunda en sık görülen örüntünün sağ döngü olduğu ve parmak izi örüntüsünün cinsiyetler arasında farklılık göstermediği sonucuna varılmıştır.

Poroskopi, kimliklendirme için derideki kabarcıklı tepeler üzerinde bulunan gözenek yapısının özelleştirilmiş bir çalışmasına verilen bir terimdir. [27] numaralı çalışmanın amacı, bireylerin kimliklendirilmesinde poroskopinin önemini tahmin etmek ve gözeneklerin frekans, tip ve şekline göre cinsiyeti belirlemektir. Yaşları 18-60 arasında değişen Güney Hindistan popülasyonundan 100 bay ve 100 bayan toplam 200 bireyin sol baş parmak izleri incelenmiştir. Sonuçlar bayanların baylardan önemli bir miktarda daha fazla gözenek sayısına sahip olmaya eğilimli olduğunu göstermiştir. Parmak izindeki gözenek sayısı 8 gözenek/25 mm² ve daha az olduğunda erkek bir bireye ait olmaya, 9 gözenek/25 mm² ve daha fazla olduğunda ise kadın bir bireye ait olmaya eğilimli olduğu söylenebilmektedir. Gözenek tipi ve şeklinin cinsiyet ayrımı için etkisi çıkmamıştır. Sunulan çalışma bayanların baylardan daha fazla gözenek sayısına sahip olduğu hipotezini desteklemektedir. Bu iddiaların dünya çapında kabul görebilmesi için Avrupa ve Amerika'da daha yüksek bir veriyle bu tip çalışmaların yapılması gerektiği belirtilmiştir.

Ayrıca bu çalışma sol başparmağa dayalı yapılmıştır ve diğer parmaklar ve avuç içi ile de bu tip çalışmaların yapılması önerilmiştir.

Parmak izi tepe yoğunluğunun cinsiyete göre farklılık gösterdiği ve çeşitli popülasyonlarda bu farklılığın görüldüğü çalışmalar olmasına rağmen kızılderili popülasyonu için yapılmış bir çalışma bulunmadığı için [28] numaralı çalışma yapılmıştır. Çalışmanın amacı farklı yüksekliklerde yaşayan Arjantinli yerli iki topluluğun tepe yoğunluğundaki topolojik ve cinsiyet farklılıklarını belirlemektir. Sonuçlar, İspanyol popülasyonundan elde edilenlerle karşılaştırılmıştır. Çalışmada 393 bay ve bayan yetişkin Arjantinlinin 10 parmak izi verileri kullanılmıştır. 193 kişi Puna-Quebrada bölgesinden (deniz seviyesinden 2500m yüksekte), 200 kişi Ramal bölgesinden (deniz seviyesinden 500m yüksekte) alınmıştır. Tepe yoğunluğu her bireyin tüm 10 parmağı için üç farklı alanda (sol üst, sağ üst, alt) belirlenmiştir. Her iki örnek grup için, alanlar arasında önemli farklılıklar elde edilmiştir. Sol üst tepe yoğunluğu sağ üst tepe yoğunluğundan, sağ üst tepe yoğunluğu da alt tepe yoğunluğundan büyük değere sahiptir. Her iki grubun bayanlarının parmak izlerinin sol üst ve alt alanlarında önemli oranda farklılık olmasına rağmen, baylarda gruplar arasında önemli farklılıklar bulunmamaktadır. Bayanlar daha yüksek tepe yoğunluğuna sahiptir bu yüzden tüm alanlarda ve tüm parmaklarda baylardan daha dar tepelere sahiplerdir. Bayes teoremi uygulanarak Arjantin örneklerinde cinsiyet ayrımı için tepe yoğunluğu eşik değeri elde edilmiştir. Ayrıca Arjantin ve İspanyol örnekleri arasında popülasyon ayrımı için de eşik değeri elde edilmiştir. Bu çalışma, parmak yüzeyindeki tepe kalınlığında topolojik farklılıkların varlığını, distal alanda daha dar tepeler ve alt alanda daha kalın tepeler ile birlikte göstermektedir. Buna ek olarak, distal alandaki parmak farklılıkları belirtilirken elin sol üst tarafındaki parmakların elin sağ üst tarafındaki parmaklardan daha kalın tepelere sahip olduğu gösterilmiştir. Yükseklik farklılığına rağmen, iki Arjantin örneği de benzer topolojik ve dijital tepe yoğunluğu dağılımı göstermektedir ve İspanya örneğinden farklılık göstermektedir. Arjantinli ve İspanyol örneklerin parmaklarındaki üç farklı alan baz alındığında, parmak izindeki tepe yoğunluğuna bakarak popülasyonların ayırt edilmesinde özellikle alt alanın etkili olduğu gözlenmiştir. Sonuçlar adli tıp alanında kullanım için elverişlidir.

Son zamanlarda, bazı çalışmalar popülasyonlar ve cinsiyetler arasında parmak izi farklılıklarını ispat etmekte ve bilinmeyen kökene ait parmak izlerinden cinsiyet ve popülasyon çıkarımına yönelik epidermal tepe derinliği ya da tepe yoğunluğu gibi

dermatolojik özelliklerin adli uygulamasını incelemektedir. [29] numaralı çalışmanın amacı, sayım alanının konumlandığı yere ve parmak izlerinin nasıl elde edildiğine bağlı olarak parmak izlerinin tepe yoğunlukları arasında farklılıklar olup olmadığını kontrol etmektir. 102 yetişkin İspanyoldan (50 bayan, 52 bay) tüm parmak izleri iki metot kullanılarak (düz ve yuvarlanmış) elde edilmiştir. Her parmağın tepe yoğunluğu parmak izinin beş farklı alanında belirlenmiştir: ikisi merkez alanına yakın (biri sol üst diğeri sağ üst tarafta), ikisi her kenarın dış alanına yakın (sol üst ve uİnar) ve diğeri parmak izinin alt bölgesindedir. Sayım alanının pozisyonu ve kullanılan metot ne olursa olsun başparmak ve işaret parmağı her iki cinsiyette orta, yüzük ve serçe parmaklardan daha yüksek tepe yoğunluğuna sahiptir ve bayanlar parmak izinin tüm alanlarında ve tüm parmaklarda baylardan daha yüksek tepe yoğunluğuna sahiptir. Bayanlarda ve baylarda, parmak izi kullanım tekniğı hesaba katılmadığında (düz ve yuvarlanmış), merkez bölgesindeki tepe yoğunluğu değerleri dış bölgelerdekinden daha yüksektir. Sayım alanının yeri (merkez ya da dış) ve cinsiyet ne olursa olsun, yuvarlanan parmak izlerinde sol üst ve alt alanlarda tepe yoğunluğu düz parmak izlerinden daha büyükken, sağ üst alanında tam tersi eğilim vardır. Dolayısıyla yuvarlanan parmak izlerindeki sağ üst alanda tepe yoğunluğu düz parmak izlerindeki daha azdır. Bu yüzden, farklı çalışmaların sonuçlarının karşılaştırılabilmesi için, özellikle adli uygulamalarda, parmak izini elde etmede aynı metodu kullanmak ve sayım alanı pozisyonunu standartlaştırmak gereklidir. Yuvarlanan parmaklarda sol üst ve sağ üst alanlar arasında tepe yoğunluğunda bulunan en büyük farklılık yuvarlama süreci boyunca oluşan bozulmadan dolayı olabilmektedir. Bu yüzden, tüm parmaklarda parmağın yuvarlanma yönünün aynı olması ve kullanılan tekniğın belirtilmesi gerekmektedir. Parmak izini elde etmek için metot seçildikten sonra (düz veya yuvarlanmış), en az belirsizlik gösterdiği için sayım alanı standartlaştırması merkez alanı (sol üst merkez veya sağ üst merkez) üzerinde yapılmalıdır. Parmak izinde sayım alanının pozisyonu ve parmak izi elde etmenin metoduna bağlı olarak tepe yoğunluğu belirlemede anlamlı farklılıklar vardır. Bu yüzden, farklı çalışmaların sonuçlarının karşılaştırılabilmesi için parmak izini elde etmede aynı metodu kullanmak ve sayım alanı pozisyonunu standartlaştırmak gereklidir. Buna rağmen basma kuvveti gibi diğeri faktörler tanıma sürecini etkileyebilir ve çözülmesi daha zor bir problemidir.

Birim alandaki tepelerin sayısı olan tepe yoğunluğu, cinsiyete, yaşa ve popülasyona göre değişmektedir. [30] numaralı çalışmanın temel amacı, tepe yoğunluğunda cinsiyet ayrımının miktarına karar vermek ve Matabo-Matabuayo popülasyonundan bir kızıldirili

örneğinde bu ayrımın hangi yaşta olduğuna karar vermektir. Bu araştırma için 6-25 yaş arası 99 bay ve 110 bayanın toplamda 2090 parmak izi alınmıştır. Örnekler; alanlar, yaş grupları ve cinsiyetler arasındaki benzerlik ve farklılıkları belirlemek amacıyla tepe yoğunluğu örüntülerini araştırmak için her bir parmağın alt, distal sağ üst ve distal sol üst alanlarına tepe sayımı uygulanmıştır. Tepe yoğunluğu yaş ile birlikte azalmaktadır ve tüm yaşlarda tepe yoğunluğu distal (sol üst ve sağ üst) alanda daha yüksektir ve ardından alt alanlar gelmektedir. 12 yaşından büyük bayanlar baylardan daha yüksek tepe yoğunluğuna sahiptir fakat daha küçük yaşlarda daha yüksek değildir. Sol üst alanda, Mataco-Mataguayo popülasyonu her iki cinsiyette de İspanya örneklerine benzer tepe yoğunluğu sunmaktadır fakat bu metot kullanılarak analiz edilen şimdiye kadarki tüm popülasyonlardan daha yüksektir. Topoloji, cinsiyet ve yaşa bağlı olarak kızılderili popülasyonundaki tepe yoğunluğu varyasyonları bu çalışmada onaylanmıştır ve popülasyonlar ve bireyler arasındaki gelişimsel farklılıklardan dolayı bu varyasyonların olduğu kabul edilmiştir. Çalışmada Mataco-Mataguayo ve İspanya popülasyonları arasında bir kıyaslama sunulmuştur.

Parmak izi, morfolojik, biyolojik, antropolojik ve adli çalışmalarda önemli bir değere sahiptir. Olay yerinden ve olayda kullanılan eşyaların üzerinden toplanan parmak izleri, araştırılan yüzeye dokunan şüpheli, kurban ya da herhangi birinin kimliğini belirlemek için başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Epidermal tepelerin kalınlığı kişiler arasında değişmektedir; kadınlar erkeklerden daha ince tepelere sahiptir ve dolayısıyla daha büyük tepe yoğunluğuna sahiplerdir. [31] numaralı çalışmada, Kuzey Hindistan popülasyonunda parmak izinin sol üst, sağ üst ve alt alanlarında tepe yoğunluğundan cinsiyet ayırt edilmeye çalışılmıştır. Çalışmada 18-25 yaş arası 97 bay ve 97 bayan toplam 194 kişi kullanılmıştır ve parmak izleri katılımcıların her parmağından toplanmıştır. Dolayısıyla, toplam 1940 parmak izi elde edilmiştir ve her bir parmak izinin sol üst, sağ üst ve proksimal alanındaki epidermal tepeler sayılmıştır. Sol üst ve sağ üst alanlar sırasıyla ana merkezin sol üst ve sağ üst kenarlarındaki 5mm x 5mm alanlardır. Alt alan ise parmak izinde parmak kemiğinin bükülme çizgisine komşu 5mm x 5mm'lik alan olarak belirlenmiştir. Sol üst, sağ üst ve alt alandaki ve cinsiyetler arasındaki parmak izi tepe yoğunluğu istatistiksel olarak t-test kullanılarak karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, çalışmada analiz edilen üç alanda bayanların baylardan önemli derecede daha yüksek tepe yoğunluğuna sahip olmaya eğilimli olduğuna işaret etmektedir. Parmak izinin sol üst ve sağ üst alanlarındaki parmak izi tepe yoğunluğu, alt alandan önemli miktarda yüksektir. Çalışma, olay yerindeki bilinmeyen bir popülasyona

ait gizli parmak izinin cinsiyetini ayırt etmede parmak izi tepe yoğunluğunun kullanışlı ve uygun morfolojik bir parametre olduğunu tavsiye etmektedir. Bulgular, adli tıp incelemeleri için bedenden ayrılmış kime ait olduğu bilinmeyen bir elin kimlik tespitinde kullanışlı olabildiğini göstermektedir. Mevcut çalışma, parmak izi tepe yoğunluğunun bireylerde değişken bir morfolojik özellik olduğunu ve adli incelemelerde cinsiyete karar vermek için bir özellik olarak dikkate alınabileceğini onaylamaktadır. Yazarların her bir parmağın parmak izi tepe yoğunluğundaki varyasyonları üzerindeki bulguları, bu konuda gelecekteki araştırmalarda her bir parmağın bireysel olarak analiz edilmesinin gerekliliğini vurgulamaktadır. Dünyanın farklı coğrafi bölgelerindeki insan popülasyonlarında bulunan genetik ve çevresel değişkenlikler dolayısıyla, her popülasyon için istatistiksel standartlar oluşturabilmek için farklı popülasyon gruplarında benzer çalışmaların yürütülmesi ihtiyacı olduğu vurgulanmıştır.

Cinsiyet belirleme, adli tıp alanında sık sık ihtiyaç duyulan kişisel kimlik saptamada önemli bir husustur. Çoğu uzman, bayanların baylara göre parmaklarında daha ince ve daha fazla epidermal tepelere sahip olduğuna inanmaktadır. Buna rağmen yine de belirli bir popülasyonda cinsiyet belirlemeyi kolaylaştırmak için tepe sayısı bakımından sayısal bir eşik değer belirlemek önemlidir. [32] numaralı çalışma, Indo-Moritanya popülasyonunda tepe yoğunluğunu tanımlama ve bu popülasyondaki bireylerin cinsiyetine karar verebilen, parmak izlerinden elde edilen tepe sayılarına dayanan sayısal bir model oluşturma amacıyla yürütülmüştür. Çalışmada 20-30 yaş arasındaki 100 bay ve 100 bayan toplam 200 sağlıklı tıp öğrencisi kullanılmıştır. Varyans sonuçlarının çoklu analizi bayanların baylardan tüm parmakların distal alanında daha yüksek tepe yoğunluğuna sahip olmaya eğilimli olduğu anlamına gelen önemli cinsiyet farkını göstermektedir ($F=41,83$, $P<=0,005$). Baylarda tüm parmaklar üzerindeki en fazla ortalama tepe yoğunluğu (12,26~12), bayanlarda tüm parmaklar üzerindeki minimum ortalama tepe yoğunluğundan daha azdır (12,71~13). Bayanların ellerindeki tepe yoğunluğunun baylardan daha fazla olduğu sonucuna varılmıştır. Parmak izleri elde edilen kişinin cinsiyetini 0,92 gibi yüksek bir güvenilirlik indeksi ile tahmin etmek için kullanılan sayısal modellemeye doğrusal bir ayırım fonksiyonu türetilmiştir. 0,92 değeri, ilk kimlik saptama için oldukça tatmin edicidir. Bu yüzden Indo-Moritanya popülasyonu bağlamında olay yerinde kalan bilinmeyen bir iz kullanılarak tepe yoğunluğu temelli cinsiyet tanımlamanın zor olmadığı savunulmaktadır.

[38] numaralı araştırmada, kişilerin cinsiyet ve yaşlarını belirlemek için parmak izi analiz

edilmiş ve cinsiyet tespitinde tepe kalınlığının vadi kalınlığına oranı (TKVKO) ile tepe sayısı arasındaki ilişki tespit edilmiştir. Çalışmada insanlarda yaş ve cinsiyeti belirlemek için fiziksel biyometriklerin (parmak izi) etkisi analiz edilmiştir. Geri yayımlı sinir ağı, depolanan parmak izlerini eğitmede kullanırken, USB üzerinden bilgisayara bağlanan bir parmak izi tarayıcısı ile örneklenen nüfusun parmak izlerini kaydetmek için bir uygulama tasarlanmıştır. Bu parmak izleri Microsoft SQL Server veritabanında depolanmıştır. Bu araştırmanın özel amaçları arasında yaş ve cinsiyetlerinin yanında kişilerin parmak izlerini toplamak için parmak izi sensörü kullanmak, bir model tasarlamak ve bireylerin yaş ve cinsiyetini belirlemek için parmak izi tabanlı kimliklendirme sistemi geliştirmek ve bu geliştirilen sistemi değerlendirmek gösterilebilir. Çalışmada çok katmanlı ağlar tekniği kullanılmıştır. Eğitilen parmak izi örnekleri için tepe kalınlığının vadi kalınlığına oranı ve tepe sayısı elde edilmiştir. Baylarla karşılaştırıldığında, tepe kalınlığının vadi kalınlığına oranının bayanlarda daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Baylar bayanlara göre biraz daha yüksek tepe sayısına sahiplerdir ve bireylerin yaşları ile parmak izi tipleri arasında bir ilişki olmadığı görülmüştür. Geliştirilen model yaş için %33, cinsiyet için %80 doğruluk sağlamaktadır.

[33] numaralı çalışmada, iyi tanımlanmış bir alan içinde parmak izi tepe sayısı tabanlı cinsiyet tespit edilmeye çalışılmıştır. 18-65 yaş aralığında Güney Hindistan popülasyonundan 275 bay ve 275 bayan toplam 550 kişiden yuvarlanmış parmak izleri alınmıştır. Sonuçlar bayanların baylardan önemli oranda fazla tepe sayısına sahip olduğunu göstermektedir. Bayes teoremi uygulaması, parmak izi tepe yoğunluğu 13 tepe/25 mm²'den küçük olan kişilerin büyük ihtimalle bay olduğunu önermektedir. Benzer şekilde parmak izi tepe sayısı 14 tepe/25 mm²'den büyük olan kişiler ise büyük ihtimalle bayandır. Bay ve bayanların parmak izi tepe yoğunlukları arasındaki fark istatistiksel olarak 13 tepe/25 mm² eşik değer tepe sayısına dayanmaktadır. Sonuçlar Güney Hindistan bayanlarının (14,14 tepe/25 mm²) baylardan (12,57 tepe/25 mm²) daha fazla tepe sayısına sahip olduğunu göstermektedir.

[34] numaralı çalışma, Hindistan popülasyonunda parmak izi tepe yoğunluğundaki cinsiyet farklılıklarını araştırmak için yapılmıştır. 100 bay ve 100 bayan üzerinde yapılan bu çalışma, parmak izi tepe yoğunluğunda önemli cinsiyet farklılıklarının olduğunu göstermiştir. Çalışmada, Hint kökenli bay ve bayanların parmak izlerinin istatistiksel olarak önemli farklılıklarının olduğu gösterilmektedir. 12 tepe/25mm² ya da daha az

parmak izi ortalama tepe yoğunluğunun büyük ihtimalle baya ait olduğu ve 12 tepe/25mm²'den fazla ortalama tepe sayısının büyük ihtimalle bayana ait olduğu bulunmuştur. Ayrıca çalışma, bayanların baylara göre daha ince tepe detayları olduğundan dolayı parmak izi tepe yoğunluğunun daha fazla olduğunu onaylamaktadır. Tepe yoğunluğunun derecesi, olay yerinde bırakılan kime ait olduğu bilinmeyen bir parmak izinin muhtemel cinsiyet göstergesi olarak kullanılabilir. Buna rağmen bu çalışma, cinsiyet belirlenmesinde tüm parmakların gerekli olmasından dolayı ciddi kısıtlamalara sahiptir. Farklı popülasyon gruplarının her bir parmağı üzerinde ek çalışmaların yapılması önerilmektedir. Emniyet görevlileri ve adli uzmanlar için önemli bir araç olduğunu ispat etmesi açısından bu çalışmanın sonucu önemlidir.

Bir bireyin kimliğinin belirlenmesi herhangi bir adli tıp araştırmasının hayati bir parçasıdır. Parmak izleri kimlik saptamanın en güvenilir metotlarından biri olarak değerlendirilmektedir. [35] numaralı çalışmada 20-30 yaş aralığındaki 380 bay ve 372 bayan toplam 752 sağlıklı yetişkin Mısırlı denekler üzerinde çalışılmıştır. Tüm katılımcılardan izin alınmış ve tepe sayısı, kare alan, parmak eni ve tepe yoğunluğu gibi bazı parmak izi özellikleri ile cinsiyet farklılıklarını tespit etmek için kişilerin 10 parmağı fotoğraflanmıştır. Çoklu lojistik regresyon varyasyon analizi kullanılarak istatistiksel analiz yapılmıştır. Sonuçlar bayanların baylara göre istatistiksel olarak önemli derecede daha dbayar parmak enine (sağ: bay>9,54≥bayan, sol: bay>9,38≥bayan), daha küçük kare alana (sağ: bay≥16,1>bayan, sol: bay>15,1≥bayan), daha fazla tepe sayısına (sağ: bayan>21,0≥bay, sol: bayan>21,2≥bay) ve daha yüksek tepe yoğunluğuna (sağ: bayan>1,35>=bay, sol: bayan>1,5>=bay) sahip olmaya eğilimli olduğunu göstermektedir. Cinsiyet belirlemede en iyi sonucu veren tekil parametrenin sol elin tepe yoğunluğu olduğu belirtilmektedir. En iyi sınıflandırma başarımı olan %82, tepe sayısı, kare alan ve tepe yoğunluğunun birleştirilmesi ile elde edilmiştir. Mısırlıların parmak izi özelliklerinin, adli tıp uzmanları tarafından cinsiyet belirlemede kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Kadınlar ve erkekler arasında epidermal tepe yoğunluğu farklılıklarının olduğu kabul edilmesine rağmen, az sayıda popülasyon üzerinde gösterilmiştir. [36] numaralı çalışmanın amacı, üç farklı iyi tanımlanmış parmak izi alanındaki epidermal tepeleri sayarak bir İspanyol popülasyonu örneğinde bu gibi farkların olup olmadığını belirlemektir. Eğer önemli cinsiyet farklılıkları varsa verilen tepe yoğunluğundan cinsiyet tahmini olasılığının araştırılması amaçlanmıştır. Çalışmada kullanılan veriler, 20-30 yaşları arasındaki Beyaz

İspanyol popülasyondan 100 bay ve 100 bayan toplam 200 kişinin 10 parmak izinden elde edilmiştir. 10 parmağın tümünün distal bölgesinde (sol üst ve sağ üst) bayanların baylardan önemli oranda yüksek tepe yoğunluğuna sahip olduğu fakat alt bölgede bu şekilde olmadığı sonucuna varılmıştır. Bayes teoremi uygulaması, her cinsiyet için önsel olasılıkların bilindiği varsayılarak, cinsiyet ayrımı için bir eşik değeri belirttiğini göstermektedir. Beyaz İspanyol popülasyonu örneğinde bayanlar baylardan önemli oranda yüksek tepe yoğunluğuna ve daha ince tepelere sahiptir. Aynı zamanda tepe kalınlığındaki topolojik farklılıkların varlığı belirlenmiştir. Bu farklılıklar parmakların distal alanında cinsiyetler arasında istatistiksel olarak anlamlıdır fakat alt alanda anlamlı değildir. Ayrıca başparmak ve işaret parmağının diğer parmaklardan daha düşük tepe yoğunluğuna sahip olduğu belirlenmiştir. Bu bulguların adli bilimler alanında parmak izinden cinsiyet tespit etmeyi geliştirmek için kullanılabileceği belirtilmiştir.

Sahra Çölü popülasyonu üzerine yapılan bir çalışmada [37], tepe yoğunluğundaki değişkenlik parmak izinin üç farklı alanında incelenmiştir. 18-48 yaşları arasında Sahra bölgesinden 100 baya ait parmak izi kullanılmıştır. Sonuçlar, İspanya popülasyonundan elde edilen değerler ile karşılaştırılmıştır. Sahra baylarının tüm parmakların distal bölgelerinde İspanyol baylardan daha düşük tepe yoğunluğuna sahip olduğu, buna karşın alt bölgede sadece bazı parmaklarda farklılıkların olduğu gözlenmiştir. Bu iki toplum arasında gözlenen farklılıkları kullanarak sağ üst ve sol üst alanda 14 veya daha az tepe yoğunluğu olduğu durumlarda, bu parmak izinin İspanyol kökenliler yerine Sahra kökenli olduğu sonucuna varılmıştır. Topolojik farklılıklar gözlenen Sahra nüfus örneğindeki parmak izi epidermal tepe yoğunlukları incelendiğinde, distal bölgede alt bölgeden daha yüksek tepe yoğunluğu olduğu görülmüştür. Her iki el için, yüzük parmaklarında en dar tepeler ve başparmakta en kalın tepeler olduğu görülmüştür. Sunulan çalışma Afrika nüfusu ile yapılan ilk çalışmalardandır.

Yapışkan bant tekniği kullanılarak 684 Taylandlı üzerinde yapılan bir çalışmada sol başparmak üzerindeki parmak izi desenlerinin yüzdeleri sırasıyla; yay için baylarda 3,07 bayanlarda 5,59, sol döngü için baylarda 0,61 bayanlarda 0,0, sağ döngü için baylarda 36,5 bayanlarda 43,02 ve sarmal için baylarda 59,82 ve bayanlarda 51,4 olarak bulunmuştur. Aynı zamanda bayların sağ başparmağındaki parmak izi desenleri bayanlardan oldukça farklıdır. Yay için baylarda 1,84 bayanlarda 4,6, sol döngü için baylarda 0,31 bayanlarda

0,92, sağ döngü için baylarda 30,37 bayanlarda 44,48 ve sarmal için baylarda 67,48 ve bayanlarda 59,82 olarak bulunmuştur [39].

Günümüzdeki birçok uygulamada parmak izi görüntüsü verisini paylaşma ihtiyacı gizliliğin korunması ihtiyacını artırmıştır. Parmak izi görüntülerinden soyut biyometriklerin tahmini için hazır algoritmaların kullanımı mümkündür. Bir kişiyi var olan bir parmak izi ile birebir eşleştirmek mümkün olmasa da, yaş ve cinsiyet bilgisinin elde edilmesi istenmeyen sonuçlara yol açabilir. Yazarlar bu çalışmada soyut biyometrikleri gizlemek için parmak izi görüntülerini kimliksizleştirme üzerine yoğunlaşmışlardır. Çalışmada, öncelikle parmak izindeki soyut biyometriklerin kimliksizleştirilmesi için genel bir çerçeve sunulmuştur. Bu çerçeve, geçici görüntü filtreleme kullanarak parmak izi görüntülerinden başarılı bir cinsiyet tahmini riskini azaltmak için geliştirilmiştir. Sunulan yaklaşım West Virginia Üniversitesi'nde toplanan yuvarlanmış parmak izi veri kümesi kullanılarak yapılan deneylerle değerlendirilmiştir. Deneyde KNN algoritması ($k=1$) kullanılarak 10-kat çapraz doğrulama yöntemiyle model eğitilip test edilmiştir. Cinsiyet tahmin etme başarısı normalde %88,7 iken oluşturulan model ile tekrar veri kümesi test edildiğinde sistemin cinsiyet tahmin etme başarısı %50,5'e düşmüştür. Sonuçlar sunulan metodun parmak izi görüntülerinden cinsiyet tahminini önlemede başarılı olduğunu göstermektedir [40].

Yapılan bir çalışmada, Türk bireylerden elde edilen parmak izi tepe yoğunluğu değerleriyle parmak izinden cinsiyet tespiti yapılmaya çalışılmıştır. Veri kümesi 17-28 yaşları arasında değişen 118 bayan 88 bay toplam 206 öğrenciye ait basit mürekkepleme metoduyla elde edilen parmak izlerinden oluşmaktadır. Her kişiden 10'ar parmak izi alınarak sol üst, sağ üst ve alt bölgelerden 5mm x 5mm'lik kare kesitin köşegeni üzerindeki tepeler sayılmıştır. Üç farklı bölge ve cinsiyetler arasındaki parmak izi tepe yoğunluğu Mann Whitney U testi ve Friedman testi kullanılarak karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, çalışılan tüm bölgelerde ve tüm parmaklarda bayanlar baylardan daha fazla tepe yoğunluğuna sahiptir ve parmak izinin sol üst ve sağ üst bölgelerindeki tepe yoğunluğu alt bölgeden belirgin bir şekilde daha fazladır [41].

Li ve diğerleri tarafından yapılan çalışmada, yüz ve parmak izi bilgilerinden cinsiyet tanıma üzerine çalışılmıştır. Cinsiyet tanıma için güvenilir ve ayırt edici bir performansı sağlayabilmek için kişinin parmak izi ve yüzündeki görsel gözlemler birleştirilerek sonuç

alınmaya çalışılmıştır. Yazarlar kendi veritabanlarını kullanarak gerçekleştirdikleri deneylerde başarılı sonuçlar almışlardır [42].

Rajan ve diğerlerinin yaptığı bir çalışmada, cinsiyeti sınıflandırmak için çeşitli biyometrik özelliklerin kullanılabildiği fakat tek bir biyometrik özelliğin kullanılarak cinsiyet sınıflandırmanın düşük bir başarı oranı sunduğu vurgulanmaktadır. Bu sebeple yazarlar iris ve parmak izi biyometrik özelliklerinin birleşimini kullanarak cinsiyeti sınıflandırmaya çalışmışlardır. Iris görüntüsünden çıkarılan öznitelikler ortalama ve standart sapma, parmak izi görüntüsünden çıkarılan öznitelikler ise tepe kalınlığının vadi kalınlığına oranıdır (TKVKO). 50 kişiden alınan 100 iris görüntüleri ve 120 kişiden alınan parmak izi görüntülerinin her ikisinden çıkarılan öznitelikler sinir ağlarını eğitmek için kullanılmıştır. Fakat çalışmada sinir ağlarının yapısından hiç bahsedilmemiştir. Sonuç olarak yazarlar cinsiyeti sınıflandırmak için uygun bir öznitelik vektörü oluşturduklarını iddia etmektedirler [43].

Rajesh ve Punithavalli parmak izlerinin çok çözünürlüklü analizi ile cinsiyet tahmin etmek için yeni bir yaklaşım sunmuşlardır. Frekans bölgesinde parmak izlerini analiz etmek için ayırık dalgacık dönüşümü (DWT) kullanılmıştır. Sınıflandırma işlemi için gauss karışımı modellenmiştir. Öznitelikler olarak DWT katsayıları kullanılmış ve sıralama ile sadece baskın öznitelikler seçilerek sınıflandırma için Gauss Karışım Modeli'ne (GKM) verilmiştir. Geliştirilen sistem 80 bayan 100 bay toplam 180 kişilik bir veritabanı ile oluşturulmuştur. Test sonuçları sunulan sistemin 16 gauss yoğunluğuyla 3. seviye DWT ayrışımında %92,67 başarıya ulaştığını göstermektedir [44].

Parmak izi kanıtı bugüne kadar mahkemelerde en güvenilir ve kabul edilebilir kanıttır. Parmak izleri olay yerinden, eski anıtlardan ve kazıyla ortaya çıkan eserlerden elde edilir. Parmak izlerinin kimlik saptamanın etkin bir metodu olarak büyük bir potansiyele olduğundan dolayı, sunulan çalışmada kişinin parmak izi ile cinsiyeti arasında korelasyon olup olmadığını analiz etmek için ayırık dalgacık dönüşümü (DWT) ve tekil değer ayrışımı (SVD) kullanılarak araştırılmıştır. Sınıflandırma için K en yakın komşu algoritması (KNN) kullanılmıştır. Yazarlar geliştirdikleri bu metodu 500 bay ve 500 bayandan alınan toplam 1000 parmak izinden oluşan bir veritabanı ile denemişlerdir. Yaptıkları analizde bayanların sol serçe parmaklarında parmak izinden cinsiyet sınıflandırma başarısı %82,90 olarak tespit edilmiştir. Ayrıca bay ve bayanların diğer parmaklarındaki sınıflandırma başarısı da

baylarda %80,40 ve bayanlarda %76,84 olarak tespit edilmiştir. Baylarda en yüksek başarı sol el işaret parmağı ile, bayanlarda en yüksek başarı ise sol el serçe parmağı ile elde edilmiştir. Yine en yüksek başarı bay ve bayanların sol elleri ile altıncı seviyede elde edilmiştir [45].

Parmak izlerinin diğer biyometriklerle göre uygulanabilirliği, birbirlerinden belirgin bir şekilde farklı olması, sabit olması, güvenilir olması ve kabul edilebilir olması gibi bazı avantajları olduğundan dolayı dünya genelinde güvenlik ve kimlik belirlemede kullanılmaktadır. Ayrıca dünya genelindeki mahkemelerde yasal bir kanıt olarak da kullanılmaktadır. Sunulan çalışmada 100 bay 100 bayan toplam 200 kişinin parmak izinden oluşan bir veritabanı kullanılmıştır. Sınıflandırmada öklid uzaklığını kullanarak test edilen parmak izlerini bay veya bayan olarak sınıflandıran k en yakın komşu sınıflandırıcı (KNN) kullanılmıştır. Baylarda %50 civarı bayanlarda ise %70 civarı bir sınıflandırma başarısı elde edilmiştir [46].

Sunulan bir başka çalışmada Marathi toplumundan 100 bay ve 100 bayan toplam 200 kişinin her iki başparmakları alınarak oluşturulan toplamda 400 parmak izinin tepe yoğunluklarında cinsiyetler arasında belirgin bir fark olup olmadığı araştırılmıştır. Çalışmaya dahil edilen kişilerin yaş aralığı 18-30'dur. Sağ ve sol başparmak izlerinin tepe yoğunluğu yeni tasarlanan bir model ile belirlenip istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Bay ve bayanlar için frekans dağılımından (LoC, RoC ve birleşimi) elde edilen olasılık yoğunlukları, Bayes teoremi kullanılarak kişilerin bilinen tepe sayıları için cinsiyet atamasının olabilirlik oranı ve sonsal olasılığı hesaplanması için kullanılmıştır. Sonuç olarak belirlenen alanlar tek tek ve birleştirilmiş olarak analiz edildiğinde bayanların baylara göre her iki durumda da daha fazla baş parmak izi tepe yoğunluğuna sahip olduğu görülmüştür. T-test uygulanarak LoC (merkezin solu), RoC (merkezin sağ) ve birleştirilmiş (LoC+RoC) alanlarında bay ve bayan parmak izlerinin tepe yoğunluklarındaki farklar $p < 0,01$ seviyesinde istatistiksel olarak farklı bulunmuştur. Ayrıca bayların LoC değeri 11,58, RoC değeri 11,82 ve LoC+RoC değeri 23,40 iken bayanların LoC değeri 14,6, RoC değeri 14,56 ve LoC+RoC değeri 29,16 olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlar parmak izi tepe yoğunluğu ile cinsiyet arasında ilişki olduğunu göstermektedir [47].

Epidermal tepeler üzerindeki gözenek karakteristikleri bireyseldir ve bu yüzden diğer

ayrıntı detaylarıyla birlikte kullanıldığı zaman kimlik belirleme sürecinde kullanışlıdır. [48] numaralı çalışma, gözenek morfolojisi üzerinde cinsiyet farklılığını ve yaşın etkisini araştırmak için yapılmıştır. Çalışmada çeşitli yaş gruplarından 230 Hintli araştırılmıştır. İki cinsiyet arasında gözenek karakteristiklerinde önemli bir farklılık bulunmamaktadır. Tepenin santimetre başına ortalama gözenek sayısı baylarda 8,40 bayanlarda ise 8,83'tür. Kapalı tip, en sık görülen gözenek tipidir. Gözeneklerin büyüklüğü baylarda 69µm'den 284µm'ye kadar bayanlarda ise 66µm'den 287µm'ye kadar değişmektedir. Ortalama ölçüdeki gözenekler büyük ve küçük boyutlu gözeneklerden daha yaygındır. Gözeneklerin çoğu tepenin çeperinde konumlanmıştır. Gözenegin en yaygın şekli dairesel ve oval şekilli gözenektir. Yaş ilerledikçe, gözeneklerin sayısı önemli oranda değişmemektedir. Fakat gittikçe büyümektedir ve gözenegin şekli ve pozisyonu yaşla birlikte değişmektedir. Çalışmada, sol başparmak izinin gözenek karakteristikleri tepedeki gözeneklerin morfolojisini anlamak için Hint popülasyonu üzerinde çalışılmıştır ve umut verici sonuçlar elde edilmiştir. Tepedeki gözenek sayısının, yaş ya da cinsiyete göre değişmediği görülmüştür. Oysa ki gözenegin tip, boyut, pozisyon ve şekil gibi diğer parametreleri cinsiyete etki etmemesine rağmen yaş ilerledikçe bunların değiştiği gözlenmiştir. Bu yüzden tepe üzerindeki gözenek sayısının diğer ayrıntı detayları kullanıldığında kimlik belirlemek için daha güvenilir olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Diğer parametreler yaş ile değişmekte olduğundan, bunları kimlik belirleme için uygularken özellikle eski veriler ile karşılaştırıldığı zaman dikkatli olunmalıdır. Mevcut çalışmanın belli limitleri vardır. Parmak izleri, olay yerinden elde edilen parmak izleriyle benzer olmayabilecek şekilde, gözeneklerin bulaşmasından kaçınmak için minimum baskı ile cam bir parça üzerine alınmıştır. Bu yüzden yazarlar gelecek çalışmalar için farklı yüzeylere sert baskı uygulayarak çalışılmasını önermiştir. Ayrıca diğer parmakların baskılarının ve gizli izlerin çalışılmasının gerektiği belirtilmiştir.

Kaur ve diğerleri tarafından yapılan bir çalışmada [49] tepe sayısı, tepe yoğunluğu, tepe kalınlığının vadi kalınlığına oranı, tepe genişliği ve parmak izi örüntüleri gibi parmak izi tepeleriyle ilgili çeşitli metodlar kullanılarak cinsiyet sınıflandırma incelenerek, parmak izinin frekans alanı analizi ile büyük biyometrik veritabanlarında etkin bir teknik geliştirilmiştir.

Wadhwa ve diğerlerinin yaptığı bir çalışmada [50] parmak izinden kişinin yaş ve cinsiyeti tespit edilmeye çalışılmıştır. Çalışmada parmak izleri tepe ve vadi alanları, entropi ve dct

katsayısının ortalama karekök değeri kullanılarak cinsiyet ve yaş bilgileri elde edilmeye çalışılmıştır.

Kralik ve Novotny tarafından yapılan bir çalışmada [51] seramikler üzerinde görülen parmak izlerinden kişinin yaş ve cinsiyeti hakkında bilgi elde etmek için ortalama tepe genişliğinin kullanılabileceği tespit edilmiştir. Çalışmada tarama, hesaplama ve veri işleme için yeni bir metot önerilmiştir.





6. BİYOMETRİK VERİTABANLARININ OLUŞTURULMASI VE HAZIRLANMASI

Tez kapsamında dört farklı veritabanı oluşturulmuştur. Bu veritabanlarından BiyoVeri#1 veritabanı 252 Türk vatandaşının işaret parmak izleriyle, BiyoVeri#2 veritabanı BiyoVeri#1’de kullanılan aynı 252 Türk vatandaşının 10’ar parmak izleriyle, BiyoVeri#3 veritabanı satın alınan biyometrik veritabanındaki farklı ırklardan 205 kişinin veritabanında var olan 6’şar parmak izleriyle ve BiyoVeri#4 veritabanı ise anlık test için 30 Türk vatandaşının rastgele bir parmağından alınan birer parmak izlerinden oluşmaktadır. Yapılan istatistiksel analizlerde ve geliştirilen zeki sistemin testinde kullanılmak üzere veri kümelerinin oluşturulmasında takip edilen işlem adımları aşağıda maddeler halinde özetlenmiş ve bu bölümde detaylı bir şekilde açıklanmıştır:

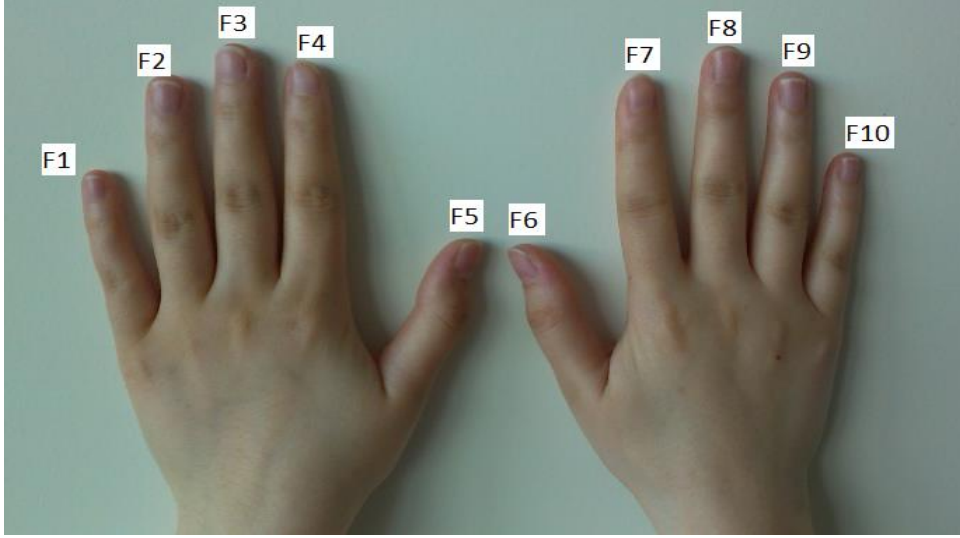
- 1- Veritabanı oluşturma planının hazırlanması,
- 2- Hazırlanan plan doğrultusunda, Türk vatandaşlarına ait parmak izi veritabanı oluşturmak için Gazi Üniversitesi Etik Komisyonu’ndan veri toplama izni alınması,
- 3- Bu bölümde detayları verilmiş olan belirli standartlar uygulanarak, denetimli bir ortamda Türk vatandaşlarından alınan parmak izleriyle parmak izi veritabanının oluşturulması,
- 4- Oluşturulan bu veritabanından, önerilen yeni yöntemle veri kümelerinin oluşturulması,
- 5- Geliştirilen sistemin farklı ırklara ait parmak izleriyle de test edilmesi için Biosecure veritabanının satın alınmasına karar verilmesi,
- 6- Alınacak olan veritabanı için Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi’ne başvurulması,
- 7- BAP tarafından, veritabanının satın alınması için maddi yükün bir kısmının karşılanacağını belirlenmesi ve bu kararın ardından firma ile yazışmalara başlanması,
- 8- Firmanın, verilerin tarafımıza aktarılması için Fransa Veri Koruma Otoritesi’nden izin alması,
- 9- Otoritenin izin vermesini takiben verilerin güvenli bir şekilde indirilip kaydedilmesi,
- 10- Satın alınan bu biyometrik veritabanından önerilen yeni yöntemle veri kümesi elde edilmesi,
- 11- Denetimsiz bir ortamda (anlık yapılan sistem testi için) herhangi bir standart uygulanmadan alınan parmak izleriyle sistemin cinsiyet sınıflandırma başarısının test edilmesi.

Parmak izi veritabanı oluşturma süreci bu çalışmanın temel adımı olmakla birlikte, bu çalışmanın en zor ve en zaman alıcı adımını oluşturmuştur. Toplanan veriler için Şubat 2013 tarihinde Gazi Üniversitesi Etik Komisyonu'ndan parmak izi veritabanı oluşturulabilmesi için izin alınmıştır. Gönüllülük esasına dayalı, 252 kişiye ait 10 parmak izi veritabanı oluşturma çalışması yaklaşık 2,5 sene sürmüştür. Oluşturulan veritabanındaki tüm denekler Türk vatandaşıdır.

Sistemin eğitilmesi ve test edilmesi için çok sayıda parmak izi görüntüsü toplanmış olmasına rağmen, yapılan önlemler sonucunda kullanılamayacak özellikte olan parmak izleri tespit edilmiş, 10 parmak analizi yapabilmek adına bu parmak izlerinin tüm parmakları veritabanından çıkarılmıştır. Kullanılamayacağı tespit edilen parmak izlerinin, kişinin ilerleyen yaşı sebebiyle veya parmak ucundaki ağır yaralanmalardan dolayı öznelilikleri tespit edilemeyecek şekilde kalitesinin düşük olduğu tespit edilmiştir.

BiyoVeri#1 ve BiyoVeri#2 parmak izi veritabanları oluşturulurken, parmak izleri belirli bir standartta toplanmıştır. Parmak izi alınacak olan kişilerin ellerinde krem veya kir gibi parmak izi alma kalitesini düşürecek etkenlerin giderilmesi istenmiş, bu kapsamda ellerini yıkamaları ve kurulumaları sağlanmıştır. Parmak izi alınacak olan kişinin parmak izlerini sisteme vermeden hızlıca göz ile bakılmış, toplanacak olan parmak izleri üzerinde, parmak izi ile cinsiyet arasındaki ilişkiyi belirlemede referans noktası olarak kabul edilen merkez (core) noktasının bulunmasına dikkat edilmiştir. Merkez noktası olmayan kişilerin parmak izleri alınmamıştır. FBI'n da kullandığı, parmak izlerini 500 dpi gibi yüksek bir çözünürlükte alan gelişmiş özelliklere sahip Futronic FS88 marka parmak izi okuyucu kullanılarak parmak izleri alınmış ve jpeg formatında kaydedilmiştir.

Tez kapsamında oluşturulan tüm veri kümelerinde Şekil 6.1'de görüldüğü gibi sol serçe parmaktan başlayarak parmaklar sırasıyla F1-F2-...-F9-F10 olarak numaralandırılmıştır.



Şekil 6.1. Parmakların numaralandırılması

Parmak izleri kaydedilirken yine belirli bir standart uygulanmış, alınan her bir parmak izi “E1-F1, E1-F2, ..., E1-F10” veya “K1-F1, K1-F2, ..., K1-F10” şeklinde, her kişi için dosya isminde kaçınıcı kişi olduğu, cinsiyet bilgisi ve hangi parmaktan alındığı bilgileri ile kodlanarak bir klasörde toplanmıştır. Örneğin “E1-F1” kodlamasında “E” ifadesi bay olduğunu, E’nin yanındaki “1” ifadesi 1. kişi olduğunu ve sondaki “F1” ifadesi ise parmak izinin kişinin 1. parmağı (sol serçe parmak) olduğunu ifade etmektedir.

Veri kümesi oluşturulurken parmak izindeki merkez noktası referans noktası olarak alınmıştır. Tezin devamında önerilen yöntemlerde, merkez noktası referans alınarak parmak izinden kırılan her bir kesitin karşılıklı köşelerini birbirine bağlayan 80 piksellik bir köşegen dizisi kullanılmıştır. Geliştirilen uygulama aracılığıyla görüntü işleme teknikleri kullanılarak, toplanan parmak izlerindeki belirli kesitlerden elde edilen piksel değerleri baz alınmış, bu piksel değerleri aracılığıyla tepe ve vadiler tespit edilerek elde edilen nitelikler veri kümelerine eklenmiştir. Toplanan parmak izleri öncelikle gri tonlamalı görüntü olarak elde edilmiştir. Kullanılacak verileri elde etmek için bu gri tonlamalı parmak izi görüntülerine iyileştirme, gürültü azaltma ve netleştirme gibi teknikler uygulanmış, sonrasında bu görüntüler siyah-beyaz ikili görüntü haline dönüştürülmüştür. Köşegeni üzerindeki piksel sayısı 80 olacak şekilde kırılan görüntü üzerindeki siyah ve beyaz piksel değerleri, siyah piksel için “1” ve beyaz piksel için “0” olacak şekilde belirlenmiştir.

6.1. Önerilen Yeni Yöntem

Cinsiyet ayırt etmede Acree'nin [15], tepe sayısını bulmak için önerdiği yöntem geliştirilerek, bu tez çalışmasında ilk kez önerilen yeni bir yöntem kullanılmıştır. Acree'nin önerdiği yöntemde yalnızca tek kesit alınarak tepe sayısına bakılmaktayken bu tez çalışmasında önerilen yöntemde sağ veya sol elden olmasına göre ve tek veya çift merkezli olmasına göre değişken olan iki farklı kesit alınmış ve alınan bu kesit üzerinde tepe sayısına ek olarak vadi sayısı, tepe sayısının vadi sayısına oranı, tepe kalınlığı, tepe kalınlığının tepe sayısına oranı, vadi kalınlığı, vadi kalınlığının vadi sayısına oranı, tepe kalınlığının vadi kalınlığına oranı gibi farklı parametreler de değerlendirilmiştir. Bu parametrelerin cinsiyet ile ilişkileri de sorgulanmış, yapılan Pearson korelasyon analizi sonucunda TSVSO parametresi hariç diğer parametrelerin cinsiyet ile ilişkisi tespit edilmiştir. Bu parametrelerden tepe sayısı, tepe kalınlığı, tepe kalınlığının tepe sayısına oranı, tepe kalınlığının vadi kalınlığına oranı değerlerinin cinsiyete göre değişimi Bölüm 7'de incelenmiş, Bölüm 8 ve Bölüm 9'da ise TSVSO parametresi dışındaki diğer parametreler sistemi geliştirirken ve test ederken kullanılmıştır. Kesit alma işleminde ise, eğer işlem yapılan parmak izi sağ elde ve parmak izinde tek merkez noktası varsa merkez noktasının sol üst kısmındaki köşegeninde 80 piksel içeren alan ile merkez noktasının sağ üst kısmındaki köşegeninde 80 piksel içeren alan kırılarak üzerinde işlem yapılmıştır. Eğer parmak izi sağ ele ait ve çift merkez noktası tespit edilmiş ise üstteki merkez noktasının sol üst kısmındaki köşegeninde 80 piksel içeren alan ile alttaki merkez noktasının sağ üst kısmındaki köşegeninde 80 piksel içeren alan kırılarak üzerinde işlem yapılmıştır. Eğer işlem yapılan parmak izi sol elde ve parmak izinde tek merkez noktası varsa merkez noktasının sağ üst kısmındaki köşegeninde 80 piksel içeren alan ile merkez noktasının sol üst kısmındaki köşegeninde 80 piksel içeren alan kırılarak üzerinde işlem yapılmıştır. Eğer parmak izi sol ele ait ve çift merkez noktası tespit edilmiş ise üstteki merkez noktasının sağ üst kısmındaki köşegeninde 80 piksel içeren alan ile alttaki merkez noktasının sol üst kısmındaki köşegeninde 80 piksel içeren alan kırılarak üzerinde işlem yapılmıştır.

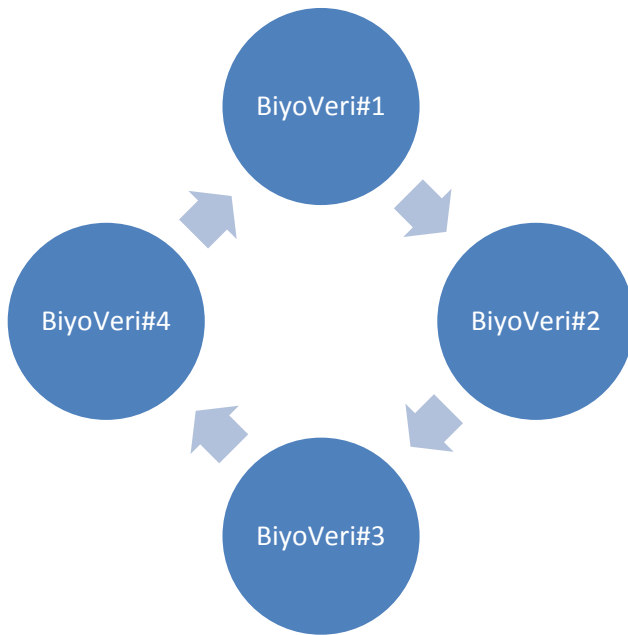
6.2. Veri Kümesi Oluşturma Süreçleri ve Kullanılan Parametreler

Bu bölümün alt başlıklarında sunulan, parmak izi veri kümelerinde tutulan parmak izleri kullanılarak geliştirilen sistem sayesinde her parmak izi kesitinde bulunan 80 piksel

bilgileri analiz edilmiş, bu piksel değerlerinden tepe sayısı (TS), vadi sayısı (VS), tepe sayısının vadi sayısına oranı (TSVSO), tepe kalınlığı (TK), tepe kalınlığının tepe sayısına oranı (TKTSO), vadi kalınlığı (VK), vadi kalınlığının vadi sayısına oranı (VKVSO), tepe kalınlığının vadi kalınlığına oranı (TKVKO) değerleri elde edilerek cinsiyet verileriyle ilişkilendirilmiş, bu işlem kırılan her iki kesit için de yapılmıştır.

Bölüm 8 ve Bölüm 9’da BiyoVeri#1, BiyoVeri#2, BiyoVeri#3 ve BiyoVeri#4 veri kümelerindeki parmak izleri ile sistemin testi gerçekleştirilirken, yapılan korelasyon analizleri sonucunda cinsiyet ile anlamlı bir ilişkisi olmadığı tespit edilen tepe sayısının vadi sayısına oranı (TSVSO) değeri oluşturulan eğitim ve test veri kümesine eklenmemiştir. TSVSO dışındaki yedi parametreye ait veriler çok geniş aralıktaki sayısal değerler olduğundan, sistemde kullanmak için oluşturulan veri kümelerinde Çizelge 6.1’de verilen belirli gruplar oluşturulmuştur. Değer aralıkları belirlenirken, 7. bölümde detaylı olarak verilen analizler değerlendirilmiş, parmak izlerinde her parametre için çok nadir görülen değer aralıkları tespit edilmiş, tespit edilen bu nadir görülen değerler bir grupta olacak şekilde değer aralıkları belirlenmiştir.

Şekil 6.2’de, tezde kullanılan parmak izleri için veri kümesi oluşturma süreçleri gösterilmiştir. Bu süreçler alt başlıklar halinde ilerleyen bölümlerde açıklanmıştır.



Şekil 6.1. Pİ veri kümesi oluşturma süreçleri

Çizelge 6.1. Parametreler ve seçilen değer aralıkları

Parametre Adı	Gruplar ve Seçilen Değer Aralıkları											Toplam Grup No
	GN1	GN2	GN3	GN4	GN5	GN6	GN7	GN8	GN9	GN10	GN11	
TS	3-8	9	10	11	12	13	14	15	16-20	-	-	9
VS	3-8	9	10	11	12	13	14	15	16-20	-	-	9
TK	18-37	38	39	40	41	42	43	44	45-52	-	-	9
TKTSO	1,70-2,70	2,71-2,90	2,91-3,10	3,11-3,30	3,31-3,50	3,51-3,70	3,71-3,90	3,91-9,80	-	-	-	8
VK	14-29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39-54	11
VKVSÖ	1,63-2,60	2,61-2,80	2,81-3,00	3,01-3,20	3,21-3,40	3,41-3,60	3,61-17,67	-	-	-	-	7
TKVKÖ	0,48-1,10	1,11-1,12	1,13-1,14	1,15-1,16	1,17-1,18	1,19-1,20	1,21-1,22	1,23-1,24	1,25-1,26	1,27-1,28	1,29-1,96	11

GN: Grup No

6.3. Oluşturulan BiyoVeri#1 Parmak İzi Veri Kümesi

Bu tez kapsamında önerilen yöntemlerle oluşturulan BiyoVeri#1 parmak izi veritabanı ve bu veritabanından elde edilen veri kümesi hakkında bilgiler bu alt başlıkta sunulmuştur.

Bu kapsamda, 126 bay ve 126 bayan toplam 252 kişiden alınan parmak izleri incelenmiştir. Sağ elden 252 işaret parmağı ve sol elden 252 işaret parmağı olmak üzere toplam 504 işaret parmağı kullanılarak parmak izi veri kümesi oluşturulmuştur. Deneklerin yaş aralığı 18-50 olarak seçilmiştir ve bütün denekler Türk vatandaşıdır.

Takip edilen işlem adımları aşağıda verilmiştir:

- 1- Şekil 6.1’de verilen resimdeki sıralamaya göre F4 ve F7 parmak izlerinin merkez noktası bulunur.
- 2- Parmak izi merkez noktası/noktaları temel alınarak köşegeninde 80 piksel olan kare kesitler belirlenir.
- 3- Belirlenen kare kesitler, geliştirilen otomatik sistem kullanılarak Şekil 6.3, Şekil 6.4, Şekil 6.5, Şekil 6.6’da önerilen yeni yöntem kullanılarak parmak izi resminden çıkartılır ve farklı bir resim olarak kaydedilir.
- 4- Elde edilen resim geliştirilen otomatik sistem tarafından analiz edilerek tepe ve vadi çizgilerinin çeşitli kombinasyonları ile parmak izi nitelikleri bulunur.
- 5- Bulunan nitelikler cinsiyet ile ilişkilendirilerek kayıt altına alınır.

BiyoVeri#1 veritabanındaki işaret parmak izlerinin her bir kesitindeki 80 piksel bilgileri analiz edilmiş, bu piksel değerlerinden Bölüm 7’de detaylı analizi yapılan tepe sayısı (TS), vadi sayısı (VS), tepe sayısının vadi sayısına oranı (TSVSO), tepe kalınlığı (TK), tepe kalınlığının tepe sayısına oranı (TKTSO), vadi kalınlığı (VK), vadi kalınlığının vadi sayısına oranı (VKVSO), tepe kalınlığının vadi kalınlığına oranı (TKVKO) değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu parametreler her kişinin sağ ve sol işaret parmak izlerindeki ikişer kesit için de değerlendirilmiştir. Veri kümesine kayıt işleminde, her satırda bir parmak izi bilgisi olacak şekilde, parmak izindeki iki farklı kesitten elde edilen yukarıda sayılan 8’er parametre yan yana yazılarak cinsiyet verileriyle ilişkilendirilmiştir. Dolayısıyla veri kümesinin her bir satırında cinsiyet değeri dahil 17 parametre yer almakta ve veri kümesi 504 satırdan oluşmaktadır.

6.4. Oluşturulan BiyoVeri#2 Parmak İzi Veri Kümesi

Bu tez kapsamında önerilen yöntemlerle oluşturulan BiyoVeri#2 parmak izi veritabanı ve bu veritabanından elde edilen veri kümesi hakkında bilgiler bu alt başlıkta sunulmuştur.

Takip edilen işlem adımları aşağıda verilmiştir:

- 1- Şekil 6.1’de verilen resimdeki sıralamaya göre 10 parmağın tümünün parmak izlerinin merkez noktası bulunur.
- 2- Parmak izi merkez noktası/noktaları temel alınarak köşegeninde 80 piksel olan kare kesitler belirlenir.
- 3- Belirlenen kare kesitler, geliştirilen otomatik sistem kullanılarak Şekil 6.3, Şekil 6.4, Şekil 6.5, Şekil 6.6’da önerilen yeni yöntem kullanılarak parmak izi resminden çıkartılır ve farklı bir resim olarak kaydedilir.
- 4- Elde edilen resim geliştirilen otomatik sistem tarafından analiz edilerek tepe ve vadi çizgilerinin çeşitli kombinasyonları ile parmak izi nitelikleri bulunur.
- 5- Bulunan nitelikler cinsiyet ile ilişkilendirilerek kayıt altına alınır.

Çalışmada, 18-50 yaş arasındaki 126 bay ve 126 bayan toplam 252 Türk vatandaşından alınan 10 parmak izi kullanılarak parmaklar ayrı ayrı analiz edilmiş, belirlenen niteliklerin cinsiyete ve hangi parmağa ait olduğuna göre parmak izlerinde nasıl bir dağılıma sahip olduğunun analiz edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla 252 deneğin 10’ar parmak izi alınmış, tek veya çift merkezli olabilen parmak izlerinin merkez noktası/noktaları referans alınarak 80 piksellik köşegen içeren kare kesitler kırpılmış ve bu kesitler üzerindeki 80 piksellik köşegen değerleri analiz edilerek bu piksel değerlerinden tepe sayısı, vadi sayısı, tepe sayısının vadi sayısına oranı, tepe kalınlığı, tepe kalınlığının tepe sayısına oranı, vadi kalınlığı, vadi kalınlığının vadi sayısına oranı, tepe kalınlığının vadi kalınlığına oranı değerleri cinsiyet verileriyle ilişkilendirilerek kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan veri kümesi toplamda 2520 parmak izinden oluşmaktadır.

Parmak izinden cinsiyeti tespit etmek için Bölüm 7’de detaylı analizi yapılan parmak izindeki nitelikler belirlenmiştir. Parmak izi üzerinde işlem yapabilmek için gri tonlamalı olarak toplanan veritabanındaki parmak izleri siyah-beyaz ikili görüntü formatına dönüştürülmüştür. Daha sonra parmak izinin merkez (core) noktası tespit edilmiştir. Merkez noktası/noktalarının etrafındaki köşegeninde 80 piksel olan kare kesitlerde bulunan

parametrelerin cinsiyetle olan ilişkisi korelasyon analizleriyle tespit edilmiş, sonuç olarak sağ veya sol ele göre ve tek veya çift sayıda merkez noktası olmasına göre değişken olması önerilen kesitler arasından cinsiyet ile en yüksek korelasyona sahip kesitler belirlenmiştir. Bu kesitler mevcut parmak izi görüntüsünden otomatik olarak kırpılarak cinsiyet ve parmağa göre ilişkilendirilmiş ve farklı bir klasörde toplanmıştır. Veritabanına eklenen kişilerin parmak izindeki merkez noktası sayısı bir veya iki olabilmektedir. Çalışmada on parmak kullanıldığı için sol eldeki parmaklar ile sağ eldeki parmaklara farklı işlemler uygulanmıştır.

Önerilen yeni yöntem dahilinde, her parmak izinden ikişer adet kırılan kesitler üzerinde yapılan görüntü işleme teknikleri neticesinde oluşturulan parmak izi verileri, cinsiyet ve bulunduğu parmak ile ilişkilendirilerek, her satırda 14 nitelik ve 1 cinsiyet bilgisi tutulacak şekilde veri kümesine eklenmiştir. Sınıflandırma işlemi 10 parmak için ayrı ayrı yapıldığından, tüm kişilerin parmak izi verisi parmak numarasına göre ayrı dosyalara aktarılarak 10 ayrı veri kümesi oluşturulmuştur. Bu şekilde her parmak için 252 satırdan oluşan 252 kişiye ait parmak izi veri kümesi oluşturulmuştur. Veri kümesi oluşturulurken son aşama olarak başka bir dosyada, parmak izi veritabanındaki aynı sırayla, bayanlar için -1 ve erkekler için 1 değeri atanarak parmak izi bilgileri ile cinsiyetler eşleştirilmiştir.

Şekil 6.3, Şekil 6.4, Şekil 6.5 ve Şekil 6.6'da sağ ve sol ele ait parmaklar için tek merkez veya çift merkez olma durumuna göre kesitlerin nasıl alındığı gösterilmiştir. Kullanılan resimler temsildir.



Şekil 6.2. Tek merkezli sol parmaktan görüntü alma işlemi



Şekil 6.3. Tek merkezli sağ parmaktan görüntü alma işlemi



Şekil 6.4. Çift merkezli sol parmaktan görüntü alma işlemi



Şekil 6.5. Çift merkezli sağ parmaktan görüntü alma işlemi

6.5. Oluşturulan BiyoVeri#3 Parmak İzi Veri Kümesi

Biosecure biyometrik veritabanı içerisinde hazırlanan BiyoVeri#3 parmak izi veri kümesi hakkında bilgiler bu alt başlıkta sunulmuştur.

Takip edilen işlem adımları aşağıda verilmiştir:

- 1- Şekil 6.1’de verilen resimdeki sıralamaya göre veritabanındaki 6 parmağın tümünün parmak izlerinin merkez noktası bulunur.
- 2- Parmak izi merkez noktası/noktaları temel alınarak köşegeninde 80 piksel olan kare kesitler belirlenir.
- 3- Belirlenen kare kesitler, geliştirilen otomatik sistem kullanılarak Şekil 6.3, Şekil 6.4, Şekil 6.5, Şekil 6.6’da önerilen yeni yöntem kullanılarak parmak izi resminden çıkartılır ve farklı bir resim olarak kaydedilir.
- 4- Elde edilen resim geliştirilen otomatik sistem tarafından analiz edilerek tepe ve vadi çizgilerinin çeşitli kombinasyonları ile parmak izi nitelikleri bulunur.
- 5- Bulunan nitelikler cinsiyet ile ilişkilendirilerek kayıt altına alınır.

Çalışmada kullanılmak üzere satın alınması planlanan “Biosecure” biyometrik veritabanı, uzun bir süreçten sonra elde edilebilmiştir. Bu süreç yaklaşık 1,5 yıl sürmüştür. Sürecin uzun sürmesinin sebeplerinden birisi, öncelikle bu projeyle Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi’ne başvurularak veritabanının buradan satın alınmasının düşünüldüğüdür. Fakat başta BAP tarafından projenin geliştirilmesi için verilen ödenek çok düşük olduğundan, ödeneğin artırılması için de bir dilekçe verilmiş, fakat ödenek bir miktar artırılmış olsa da yine satın alınabilecek miktar sağlanamamıştır. Ardından satın alınması gereken veritabanı için verilen ödenek ile veritabanının gerçek ücreti arasındaki istenen fiyat farkı kendi imkanlarımızla tamamlanmış, bu amaçla Biosecure firması ile temas kurulmaya başlanmıştır. Fakat bu süreç de çok uzun sürmüştür. Verilerin güvenli bir şekilde tarafımıza aktarılmasını sağlamak için bir sözleşme imzalamamız istenmiştir. İmzalanan bu sözleşme gereği veritabanının tarafımıza aktarılması için Fransa Veri Koruma Otoritesi’nden izin alınması gerekmiştir. Sözleşme imzalanarak firmaya gönderilmiş, fakat izin alınma sürecinde de Fransa Veri Koruma Otoritesi çok uzun bir süre sonra gerekli izni vermiştir. Tüm bu zorluklardan sonra 160 GB’dan fazla olan biyometrik veriler tarafımıza sunulmuştur. Ardından bu verilerin güvenli bir şekilde indirilmesi sağlanmıştır.

Tez kapsamında oluşturulan BiyoVeri#3 veri kümesinde, satın alınan veritabanı içerisindeki Biosecure Multimodal DS2 veritabanı kullanılmıştır. Bu veritabanında ses, yüz, imza, parmak izi, el ve iris biyometrikleri işlenmemiş halde bulunmaktadır. DS2 veritabanı PC-tabanlı, çevrimdışı, masaüstü ortamında, denetimli koşullarda 2 oturum halinde toplanan bir veritabanıdır. Toplam donör sayısı 667'dir. Fakat bu 667 kişinin yukarıda bahsedilen tüm biyometriklerine ait fotoğraflar veritabanında yoktur. Örneğin bu veritabanındaki parmak izi verisi sadece 210 kişiye aittir. Bu parmak izleri bmp uzantılı olup, kişilerin yalnızca 6'şar parmağına ait parmak izlerinden oluşmaktadır. Veritabanındaki parmak izleri, kişilerin sağ ve sol ellerindeki baş parmak, işaret parmağı ve orta parmaklarından oluşmaktadır [12].

Veritabanı toplanırken sağlanan ortamda, veri toplama donanımı için geniş bir masa ve denetmen ile katılımcı için hazırlanan iki rahat sandalye bulunmaktadır. Veri elde etme donanımı standart bir bilgisayar ve bilgisayara USB veya Bluetooth arayüzü ile bağlanmış birkaç veri toplama sensöründen oluşmaktadır [12].

Biosecure Multimodal DS2 veritabanı içerisindeki parmak izlerinin sahiplerinin cinsiyeti hakkında bir bilgi bulunmadığından dolayı, cinsiyet tespiti için çözümler aranmış, bulunan çözüme göre veritabanı içerisindeki birbiriyle ilişkili parmak izi ve yüz görüntüleri farklı bir klasöre alınmıştır. Burada yüz fotoğraflarına bakılarak aynı kişi numarası ile kayıt edilmiş parmak izi sahibinin bay veya bayan olduğu görüntüler eşleştirilerek not edilmiştir. Ayrıca parmak izi klasöründe bulunan, çift oturumda alınan görüntüler tek oturuma indirgenerek, sadece birinci oturumda alınan parmak izleri veritabanında bırakılmıştır.

Bu veritabanındaki parmak izi görüntüleri kullanılarak elde edilen BiyoVeri#3 veri kümesi, incelenen parmak izinin sağ veya sol el oluşu ve tek veya çift merkez noktası oluşuna göre BiyoVeri#2'de belirtilen aynı yöntemlerle analiz edilerek, parmak izi nitelikleri veri kümesi oluşturulmuştur. Veri kümesi oluşturulurken, veritabanındaki parmak izi görüntülerinden 7 tanesinin düşük kalitede olması veya merkez noktası olmamasından dolayı, aynı kişinin karşı elinde aynı parmağına denk gelen parmak izi verisi kullanılmıştır. Ayrıca 5 kişinin birer parmağının sistem tarafından okunamayacak şekilde kalitesinin düşük olması veya merkez noktası olmamasından dolayı, aynı parmağın diğer eldeki karşılığına bakılmış, fakat o parmağın da aynı şekilde problemliliğinden dolayı o kişiler veri kümesine alınmamış, dolayısıyla 100 bay ve 105 bayan toplam 205

kişinin parmak izi bilgileri geliştirilen otomatik sistem ile veri kümesine eklenmiştir. Bu 205 kişinin 6'şar parmağı farklı veri kümelerinde toplanarak ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

6.6. Sistemin Anlık Testinde Kullanılan BiyoVeri#4 Parmak İzleri

Bu bölümde, on parmak izinden cinsiyet tespiti için yeni önerilen yöntem ile geliştirilen sistem kullanılarak, BiyoVeri#4 kapsamında anlık olarak alınan parmak izlerinin sistem tarafından doğru sınıflandırılıp sınıflandırılmadığının test edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda 18-59 yaşları arasındaki 15 bay 15 bayan toplam 30 Türk vatandaşına ait parmak izleri, anlık olarak sisteme verilerek sistem test edilmiştir. Parmak izi alma işlemi denetimsiz bir ortamda ve parmak izi okuyucusuna parmaklarını düz basmaları istenmesi dışında herhangi bir standart oluşturmadan alınmıştır. Çizelge 6.2'de, test işlemi için kişilerden anlık olarak sisteme sunulan parmak izlerinin hangi parmaktan alındığı ve parmak izlerinin sahibine ait cinsiyet ve yaş bilgilerinin olduğu çizelge verilmiştir. Çizelgede kişilerin bilgilerinin gizliliğini sağlamak için isimleri yerine "Kişi ID" bilgisi verilerek kaçıncı kişi olduğu verilmiş ve "Parmak ID" sütununda ise sisteme sunulan parmak izinin, Şekil 6.1'de verilen resimdeki sıraya göre hangi parmaktan alındığı belirtilmiştir. Sistemin testinde takip edilen işlem adımları aşağıda verilmiştir:

- 1- Veritabanı oluşturma planının hazırlanması,
- 2- Hazırlanan plan doğrultusunda, Türk vatandaşlarından alınacak parmak izlerinin sahiplerine ait bilgilerin kaydedilmesi,
- 3- Parmak izlerinin denetimsiz bir ortamda, herhangi bir standart uygulanmadan sisteme verilmesi ve sistemin cinsiyet sınıflandırma başarımının test edilmesi.

Çizelge 6.1. BiyoVeri#4 kapsamında alınan parmak izleri ve sahiplerinin bilgileri

Kişi ID	Parmak ID	Yaş	Cinsiyet
Kişi 1	3	29	Bay
Kişi 2	7	28	Bayan
Kişi 3	5	53	Bayan
Kişi 4	10	36	Bay
Kişi 5	1	18	Bay
Kişi 6	2	20	Bayan
Kişi 7	8	20	Bay
Kişi 8	7	25	Bay
Kişi 9	9	19	Bay
Kişi 10	5	18	Bay
Kişi 11	4	23	Bay
Kişi 12	3	23	Bay
Kişi 13	9	21	Bay
Kişi 14	3	24	Bayan
Kişi 15	1	21	Bayan
Kişi 16	9	22	Bayan
Kişi 17	4	19	Bay
Kişi 18	6	19	Bayan
Kişi 19	10	18	Bayan
Kişi 20	6	23	Bay
Kişi 21	2	22	Bay
Kişi 22	1	25	Bay
Kişi 23	4	24	Bayan
Kişi 24	4	24	Bayan
Kişi 25	1	22	Bayan
Kişi 26	9	20	Bayan
Kişi 27	3	21	Bayan
Kişi 28	6	19	Bayan
Kişi 29	2	24	Bayan
Kişi 30	7	59	Bay



7. PARMAK İZİ İLE CİNSİYET ARASI İLİŞKİLERİN İSTATİSTİKSEL ANALİZİ

Tezin bu bölümünde parmak izi ile cinsiyet arasındaki ilişki, deneklerin BiyoVeri#2 veritabanındaki 10'ar parmak izi ve BiyoVeri#3 veritabanındaki 6'şar parmak izi kullanılarak araştırılmıştır. BiyoVeri#1 veritabanında sadece işaret parmak izleri olduğundan dolayı BiyoVeri#2 kullanılması uygun görülmüştür. Cinsiyete göre dağılım analizinde, Bölüm 6'da detayı verilmiş olan önerilen yeni yöntem dahilinde parmak izi merkez noktası/noktaları referans alınmış, BiyoVeri#2 ve BiyoVeri#3 veritabanlarından elde edilen 80 piksellik köşegen içeren kare kesitler kırılmış ve bu kesitler üzerindeki tepe sayısı (TS), vadi sayısı (VS), tepe sayısının vadi sayısına oranı (TSVSO), tepe kalınlığı (TK), tepe kalınlığının tepe sayısına oranı (TKTSO), vadi kalınlığı (VK), vadi kalınlığının vadi sayısına oranı (VKVSO), tepe kalınlığının vadi kalınlığına oranı (TKVKO) değerleri, cinsiyet verileriyle ilişkilendirilerek kullanılmıştır. Parmak izindeki bu sekiz özelliğin tamamının analizi yapılmış olmasına rağmen bu bölüme aktarılmamış, bu bölümde sadece TS, TK, TKTSO ve TKVKO değerlerinin çok detaylı analizleri sunulmuştur. Bu bölümün amacı, Türk vatandaşlarından alınan parmak izleri kullanılarak oluşturulan BiyoVeri#2 ve Biosecure veritabanı kullanılarak oluşturulan BiyoVeri#3 veri kümelerinde bulunan parmak izi verilerindeki cinsiyet ayrımını gözlemlemek ve literatürde bu kadar kapsamlı bir analiz çalışması olmamasına rağmen, elde edilen sonuçları literatürdeki çalışmalarla karşılaştırmaktır. BiyoVeri#2 ve BiyoVeri#3 veritabanları kullanılarak yapılan analizlerin detayları alt başlıklar halinde sunulmuştur.

7.1. BiyoVeri#2 Veritabanı Kullanılarak Yapılan Analiz

Bu bölümde özetle, 18-50 yaş arasındaki 126 bay ve 126 bayan toplam 252 Türk vatandaşından alınan 10'ar parmak izi, toplamda 2520 parmak izi verileri kullanılarak, parmak izlerindeki daha önce belirlenen parametrelerin cinsiyete göre nasıl bir değişkenlik gösterdiğinin analiz edilmesi amaçlanmıştır. Parmak izinden farklı kesitler alınarak cinsiyet ile arasındaki korelasyonlara bakılmış, son olarak en iyi sonuç verdiği tespit edilen yeni önerilen yöntem dahilinde parmak izinden 1. ve 2. kesitler elde edilmiş, bu kesitler ile cinsiyet arasında daha yüksek korelasyon olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla BiyoVeri#2

veritabanındaki parmak izlerinin bu yöntemle kırılan kesitlerinden elde edilen parametreler ile veri kümesi oluşturulmuştur.

Bu bölümde, BiyoVeri#2 veri kümesindeki, önerilen yeni yöntem dahilinde tespit edilen tepe ve vadi değişkenlerinin farklı kombinasyonları ile elde edilen parametrelerin, cinsiyete göre nasıl değişkenlik gösterdiği araştırılmıştır. Burada kurulan hipotez:

Hipotez-1: “Türk vatandaşlarının on parmağından herhangi birine ait parmak izindeki parametreler cinsiyete göre farklılık gösterir” şeklindedir.

Hipotez-1 kurularak Türk vatandaşlarından alınan parmak izlerindeki parametreler bu bölümdeki çizelgelerde ve şekillerde kullanılmıştır.

Çizelge 7.1’de ilk olarak çalışma kapsamında araştırılan Türk vatandaşlarına ait parmak izlerinin 1. ve 2. kesitlerindeki tepe sayıları gösterilmiştir. 6. bölümde parmak izlerinden iki kesit alındığı açıklanmıştır. Çizelgenin ilk dört satırında parmak izlerinden alınan iki farklı kesit sol el ve sağ el için ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Son iki satırda ise tüm parmaklar için 1. ve 2. kesitin genel ortalamaları verilmiştir. Parmak ID’leri, parmak izlerinin Şekil 6.1’deki sıralamada hangi parmağa ait ortalamaları gösterdiğini ifade etmektedir. Her iki kesitte de bayların toplam tepe sayısı ortalaması bayanların ortalamasından daha düşük çıkmıştır. Sol elde ve sağ elde durum değişmemektedir.

Çizelge 7.1’de ayrıca veritabanındaki parmak izlerinin 1. ve 2. kesitlerinin toplam tepe kalınlığı değerleri de gösterilmiştir. Bayanların her iki el ve her iki kesitte toplam tepe kalınlığı ortalaması bayların ortalamasından daha yüksek çıkmıştır. Sol elde ve sağ elde durum değişmemektedir ve sol el 2. kesitte bu fark diğer el ve kesitlere göre daha yüksek çıkmıştır.

Çizelge 7.1. Türk vatandaşlarının sağ el ve sol el parmak izi tepe sayısı ve tepe kalınlığı değerleri

Analiz Tipi	Parmak ID	Kesit	Bay		Bayan	
			Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma
Tepe Sayısı	Sol el parmakları (1-5)	1. kesit	13,62	2,24	14,76	2,20
	Sol el parmakları (1-5)	2. kesit	12,43	2,73	13,90	2,51
	Sağ el parmakları (6-10)	1. kesit	12,93	2,72	14,06	2,80
	Sağ el parmakları (6-10)	2. kesit	12,47	2,32	13,75	2,25
	Tüm parmaklar (1-10)	1. kesit	13,27	2,51	14,41	2,54
	Tüm parmaklar (1-10)	2. kesit	12,45	2,53	13,82	2,38
Tepe Kalınlığı	Sol el parmakları (1-5)	1. kesit	39,14	3,48	39,70	3,78
	Sol el parmakları (1-5)	2. kesit	38,28	4,51	39,32	4,20
	Sağ el parmakları (6-10)	1. kesit	38,50	4,25	39,09	3,80
	Sağ el parmakları (6-10)	2. kesit	38,58	3,99	39,28	3,80
	Tüm parmaklar (1-10)	1. kesit	38,82	3,89	39,39	3,80
	Tüm parmaklar (1-10)	2. kesit	38,43	4,26	39,30	4,00

Çizelge 7.2’de görüldüğü gibi sağ el 1. ve 2. kesitleri ile sol el 1. ve 2. kesitlerinde baylar bayanlara göre daha fazla TKTSO değerlerine sahiptir. 1. kesit TKTSO değerinin, 2. kesit TKTSO değerine göre cinsiyet açısından daha ayırt edici olduğu görülmektedir.

Çizelge 7.2’de ayrıca veritabanında yer alan parmak izlerindeki tepe kalınlığının vadi kalınlığına oranı (TKVKO) değerlerinin cinsiyete göre ayırt ediciliği sorgulanmıştır. Tüm durumlarda baylar bayanlara göre daha düşük TKVKO değerine sahiptir.

Çizelge 7.2. Türk vatandaşlarının sağ el ve sol el parmak izi TKTSO ve TKVKO değerleri

Analiz Tipi	Parmak ID	Kesit	Bay		Bayan	
			Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma
TKTSO	Sol el parmakları (1-5)	1. kesit	2,96	0,66	2,85	1,98
	Sol el parmakları (1-5)	2. kesit	3,25	0,96	2,92	0,62
	Sağ el parmakları (6-10)	1. kesit	3,14	0,85	2,94	0,91
	Sağ el parmakları (6-10)	2. kesit	3,20	0,66	2,94	0,60
	Tüm parmaklar (1-10)	1. kesit	3,05	0,77	2,89	1,55
	Tüm parmaklar (1-10)	2. kesit	3,22	0,82	2,93	0,61
TKVKO	Sol el parmakları (1-5)	1. kesit	1,04	0,18	1,09	0,55
	Sol el parmakları (1-5)	2. kesit	1,05	0,21	1,08	0,20
	Sağ el parmakları (6-10)	1. kesit	1,01	0,19	1,04	0,19
	Sağ el parmakları (6-10)	2. kesit	1,03	0,18	1,07	0,18
	Tüm parmaklar (1-10)	1. kesit	1,03	0,19	1,07	0,41
	Tüm parmaklar (1-10)	2. kesit	1,04	0,20	1,08	0,19

Çizelge 7.3. Türk vatandaşlarının tüm parmaklarındaki tepe sayısı ve toplam tepe kalınlığı ortalamalarının analizi

Analiz Tipi	İstatistikler	1. Kesit		2. Kesit	
		Bay	Bayan	Bay	Bayan
Tepe Sayısı Ortalaması	Ortalama	13,27	14,41	12,45	13,82
	Standart Sapma	2,51	2,54	2,53	2,38
	Ortanca	13,00	15,00	12,00	14,00
	Tepedeğer	13,00	14,00	12,00	14,00
	Varyans	6,32	6,47	6,42	5,68
Tepe Kalınlığı Ortalaması	Ortalama	38,82	39,39	38,43	39,30
	Standart Sapma	3,89	3,80	4,26	4,00
	Ortanca	39,00	40,00	39,00	39,00
	Tepedeğer	38,00	40,00	39,00	41,00
	Varyans	15,15	14,46	18,14	16,01

Çizelge 7.4. Türk vatandaşlarının tüm parmaklarındaki TKTSO değeri ortalamalarının analizi

Analiz Tipi	İstatistikler	1. Kesit		2. Kesit	
		Bay	Bayan	Bay	Bayan
TKTSO	Ortalama	3,05	2,89	3,22	2,93
	Standart Sapma	0,77	1,55	0,82	0,61
	Ortanca	2,92	2,69	3,08	2,84
	Tepedeğer	3,00	3,00	3,00	3,00
	Varyans	0,59	2,39	0,68	0,37
TKVKO	Ortalama	1,03	1,07	1,04	1,08
	Standart Sapma	0,19	0,41	0,20	0,19
	Ortanca	1,00	1,05	1,03	1,05
	Tepedeğer	1,00	1,00	1,00	1,00
	Varyans	0,03	0,17	0,04	0,04

Türk vatandaşlarının tüm parmaklarının 1. ve 2. kesitindeki tepe sayısı ortalamalarının baylar ve bayanlardaki istatistikleri Çizelge 7.3’de verilmiştir. Elde edilen tepe sayısı değerleri değerlendirildiğinde, her iki kesitte de bayanların baylardan daha fazla parmak izi tepe sayısına sahip olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 7.3’de ayrıca baylar ve bayanlardaki tüm parmakların toplam tepe kalınlığı ortalamalarına ait istatistikler de verilmiştir. Baylarda her iki kesitte de ortalama toplam tepe kalınlığının bayanlara göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 7.4’de baylar ve bayanlardaki tüm parmakların tepe kalınlığının tepe sayısına oranı (TKTSO) değeri ortalamalarının istatistikleri verilmiştir. Her iki kesitte bulunan TKTSO değeri ortalamasının baylarda bayanlara göre daha yüksek olduğu görülmüştür.

Çizelge 7.4’de ayrıca veritabanındaki parmak izleri kullanılarak baylar ve bayanlardaki tüm parmakların tepe kalınlığının vadi kalınlığına oranı (TKVKO) değeri ortalamalarına ait istatistikler de sunulmuştur. TKVKO ortalama değerleri çok küçük değerler olduğundan, bay ve bayan arasındaki tespit edilen farktan dolayı TKVKO değerinin önemli bir ayırt edici özellik olabileceği değerlendirilmiştir.

Çizelge 7.5. Türk vatandaşlarının parmak izi 1. ve 2. kesiti için 10 parmağa ait tepe sayısı değerlerinin istatistikleri

Kesit	Parmak No	BAYLAR			BAYANLAR		
		Ortalama	Standart Sapma	Min-Maks	Ortalama	Standart Sapma	Min-Maks
1. kesit	1	13,82	1,89	9-18	15,00	1,68	10-19
	2	14,15	2,19	9-19	15,60	1,87	10-20
	3	14,02	2,23	9-18	15,48	1,83	11-20
	4	12,90	1,97	7-17	14,29	1,54	10-18
	5	13,20	2,60	5-19	13,67	2,65	4-18
	6	12,76	2,71	4-19	13,33	2,78	3-17
	7	12,41	2,51	4-16	13,10	2,47	4-19
	8	13,19	2,74	4-18	14,44	2,68	4-18
	9	13,33	2,90	4-18	14,95	2,85	4-20
	10	12,95	2,66	4-18	14,48	2,80	4-19
2. Kesit	1	12,91	2,17	6-17	14,13	2,16	8-19
	2	12,67	2,92	5-19	14,18	2,62	9-20
	3	13,05	2,79	6-18	14,46	2,39	7-19
	4	11,76	2,95	4-18	13,75	2,69	7-19
	5	11,79	2,51	7-18	12,98	2,41	7-20
	6	11,97	1,82	4-17	12,84	1,72	7-18
	7	11,93	2,45	6-17	13,10	2,26	6-19
	8	13,14	2,30	8-18	14,35	2,27	4-18
	9	12,63	2,79	5-20	14,39	2,41	6-19
	10	12,67	1,89	7-17	14,07	2,08	9-19

Çizelge 7.5’de, Türk vatandaşı baylar ve bayanlarda her bir parmağın 1. kesiti için tepe sayısı analizi gösterilmektedir. Baylar sol el için 5’den 19’a kadar değişen tepe sayısı (ortalama 13,62 tepe/80 piksel), sağ el için 4’den 19’a kadar değişen tepe sayısına (ortalama 12,93 tepe/80 piksel) sahiplerdir ve bayanlar da sol el için 4’den 20’ye kadar değişen tepe sayısı (ortalama 14,81 tepe/80 piksel) ve sağ el için 3’den 20’ye kadar değişen (ortalama 15,65 tepe/80 piksel) tepe sayısına sahiplerdir. Baylarda ve bayanlarda parmak izi tepe sayısının 3’lere kadar düşmesinin sebebi, parmak izindeki merkez noktasının üstündeki 80 piksellik kare kesitin içerisine yeterli miktarda tepe çizgilerinin giremeyeceği

şekilde merkez noktasının yukarıda olmasıdır. Bu durum çok nadir görüldüğünden ortalamaya fazla etki etmemiştir. Aynı durum diğer çizelgelerdeki analizlerde de görülmektedir. Köşegeni 80 piksel olan belirli bir kesit içerisinde, baylar bayanlara göre sağ ve sol eldeki tüm parmaklarda daha düşük tepe sayısına sahiplerdir. Özellikle 2, 3, 4, 9 ve 10 numaralı parmaklarda cinsiyetler arasında 1,50 tepe/80 piksel civarında farklı değerler göze çarpmaktadır. Çizelgede erkeklerde en düşük ortalamaya sahip olan parmak 12,41 tepe/80 piksel değeriyle 7 numaralı parmak, en yüksek ortalamaya sahip olan parmak ise 14,15 tepe/80 piksel değeriyle 2 numaralı parmağıdır. Bayanlarda en düşük ortalamaya sahip olan parmak 13,10 tepe/80 piksel değeriyle 7 numaralı parmak olup, en yüksek ortalamaya sahip olan parmak ise 15,60 tepe/80 piksel değeriyle 2 numaralı parmak olarak bulunmuştur.

Çizelge 7.5’de ayrıca, Türk vatandaşı baylar ve bayanlarda her bir parmağın 2. kesiti için tepe sayısının analizi de gösterilmektedir. Parmak izleri arasında 1. kesitte olduğu gibi önemli farklılıklar görülmektedir. Tüm parmaklarda önemli farklılıklar görülmekle birlikte, özellikle 2, 3, 9 ve 10 numaralı parmaklarda cinsiyetler arasında 1,50 tepe/80 piksel civarında farklı değerler göze çarpmaktadır. Ayrıca 4 numaralı parmakta cinsiyetler arasında 2,00 tepe/80 piksel civarında fark dikkat çekmektedir. Baylar bayanlara göre tüm parmaklarda daha düşük tepe sayısına sahiplerdir. Çizelgede erkeklerde en düşük ortalamaya sahip olan parmak 11,76 tepe/80 piksel değeriyle 4 numaralı parmak, en yüksek ortalamaya sahip olan parmak ise 13,14 tepe/80 piksel değeriyle 8 numaralı parmağıdır. Bayanlarda en düşük ortalamaya sahip olan parmak 12,84 tepe/80 piksel değeriyle 6 numaralı parmak olup, en yüksek ortalamaya sahip olan parmak ise 14,46 tepe/80 piksel değeriyle 3 numaralı parmak olarak bulunmuştur.

Çizelge 7.6’da, Türk vatandaşı baylar ve bayanlarda her bir parmağın 1. kesiti için tepe kalınlığının analizi gösterilmektedir. 5 numaralı parmak dışında diğer parmaklarda bayların parmak izi tepe kalınlığı ortalaması bayanlara göre daha düşük çıkmıştır. Ayrıca 1 numaralı parmakta cinsiyetler arasında 1,40 TK/80 piksel civarında fark dikkat çekmektedir. Çizelgede erkeklerde en düşük ortalamaya sahip olan parmak 38,29 TK/80 piksel değeriyle 6 numaralı parmak, en yüksek ortalamaya sahip olan parmak ise 39,54 TK/80 piksel değeriyle 4 numaralı parmağıdır. Bayanlarda en düşük ortalamaya sahip olan parmak 38,79 TK/80 piksel değeriyle 9 numaralı parmak olup, en yüksek ortalamaya sahip olan parmak ise 40,06 TK/80 piksel değeriyle 1 numaralı parmak olarak bulunmuştur.

Çizelge 7.6. Türk vatandaşlarının parmak izi 1. ve 2. kesiti için 10 parmağa ait tepe kalınlığı değerlerinin istatistikleri

Kesit	Parmak No	BAYLAR			BAYANLAR		
		Ortalama	Standart Sapma	Min-Maks	Ortalama	Standart Sapma	Min-Maks
1. kesit	1	38,72	3,43	31-51	40,06	2,88	31-47
	2	38,95	3,86	27-47	39,53	3,28	31-47
	3	39,09	3,07	34-46	39,17	3,38	27-45
	4	39,54	3,72	31-49	39,83	3,03	28-46
	5	39,42	3,22	31-47	39,38	3,73	26-45
	6	38,29	4,15	23-49	39,10	3,59	26-49
	7	38,76	4,13	26-47	39,18	3,95	26-47
	8	38,78	4,30	26-47	39,41	3,58	26-46
	9	38,32	4,26	26-47	38,79	4,01	26-47
	10	38,33	4,42	26-46	38,95	3,89	26-51
2. kesit	1	38,59	3,97	20-56	38,60	4,89	23-48
	2	37,94	4,31	24-46	39,10	4,16	28-47
	3	37,85	3,86	29-48	39,52	3,87	26-48
	4	38,49	6,17	18-52	39,48	4,10	26-48
	5	38,54	3,79	30-47	39,92	3,82	32-47
	6	38,88	3,81	17-48	39,94	3,57	31-50
	7	38,87	3,67	29-47	39,39	3,80	28-48
	8	38,05	3,78	27-48	39,63	3,60	28-48
	9	38,32	4,84	19-48	39,10	3,82	26-46
	10	38,79	3,73	26-48	38,33	4,04	27-47

Çizelge 7.6’da ayrıca, Türk vatandaşı baylar ve bayanlarda her bir parmağın 2. kesiti için tepe kalınlığının analizi de gösterilmektedir. 1. kesitte olduğu gibi yalnızca 10 numaralı parmakta bayların tepe kalınlığı değeri bayanlara göre daha yüksek çıkmıştır. 1 numaralı parmakta ise birbirine yakın değerler olduğu görülmektedir. Burada dikkat çeken husus, 1 ve 10 numaralı parmakların sağ ve sol eldeki serçe parmakları olduğudur. Serçe parmağı dışındaki parmaklarda önemli farklar görülmektedir. Çizelgede erkeklerde en düşük ortalamaya sahip olan parmak 37,85 TK/80 piksel değeriyle 3 numaralı parmak, en yüksek ortalamaya sahip olan parmak ise 38,88 TK/80 piksel değeriyle 6 numaralı parmağıdır. Bayanlarda en düşük ortalamaya sahip olan parmak 38,33 TK/80 piksel değeriyle 10

numaralı parmak olup, en yüksek ortalamaya sahip olan parmak ise 39,94 TK/80 piksel değeriyle 6 numaralı parmak olarak bulunmuştur.

Çizelge 7.7. Türk vatandaşlarının parmak izi 1. ve 2. kesiti için 10 parmağa ait TKVKO değerlerinin istatistikleri

Kesit	Parmak No	BAYLAR			BAYANLAR		
		Ortalama	Standart Sapma	Min-Maks	Ortalama	Standart Sapma	Min-Maks
1. kesit	1	1,02	0,19	0,72-1,89	1,08	0,14	0,79-1,68
	2	1,03	0,18	0,59-1,57	1,06	0,17	0,63-1,52
	3	1,05	0,17	0,80-1,45	1,04	0,15	0,70-1,45
	4	1,07	0,19	0,69-1,69	1,08	0,15	0,76-1,44
	5	1,04	0,16	0,65-1,52	1,05	0,19	0,51-1,83
	6	0,99	0,19	0,45-1,69	1,03	0,18	0,51-1,69
	7	1,03	0,18	0,51-1,52	1,06	0,20	0,51-1,52
	8	1,02	0,21	0,51-1,47	1,05	0,17	0,51-1,41
	9	1,00	0,19	0,51-1,42	1,02	0,20	0,51-1,57
	10	1,01	0,20	0,51-1,44	1,03	0,18	0,51-1,76
2. kesit	1	1,05	0,18	0,71-1,50	1,09	0,21	0,73-1,71
	2	1,04	0,16	0,67-1,44	1,09	0,18	0,74-1,53
	3	1,02	0,20	0,64-1,50	1,07	0,18	0,66-1,60
	4	1,11	0,29	0,64-1,96	1,07	0,21	0,48-1,75
	5	1,03	0,19	0,64-1,52	1,09	0,20	0,70-1,62
	6	1,03	0,18	0,61-1,71	1,09	0,17	0,73-1,79
	7	1,04	0,18	0,66-1,52	1,07	0,20	0,54-1,64
	8	0,99	0,18	0,54-1,50	1,09	0,19	0,74-1,87
	9	1,04	0,20	0,32-1,66	1,05	0,16	0,69-1,41
	10	1,04	0,17	0,74-1,66	1,05	0,17	0,70-1,52

Çizelge 7.7’de, Türk vatandaşı baylar ve bayanlarda her bir parmağın 1. kesiti için tepe kalınlığının vadi kalınlığına oranı değerlerinin analizi gösterilmektedir. Yalnızca 3 numaralı parmakta bayların TKVKO değeri bayanlara göre daha yüksek çıkmıştır. Çizelgede erkeklerde en düşük ortalamaya sahip olan parmak 0,99 TKVKO/80 piksel değeriyle 6 numaralı parmak, en yüksek ortalamaya sahip olan parmak ise 1,07

TKVKO/80 piksel değeriyle 4 numaralı parmağıdır. Bayanlarda en düşük ortalamaoya sahip olan parmak 1,02 TKVKO/80 piksel değeriyle 9 numaralı parmak olup, en yüksek ortalamaoya sahip olan parmak ise 1,08 TKVKO/80 piksel değeriyle 1 ve 4 numaralı parmaklar olarak bulunmuştur.

Çizelge 7.7’de ayrıca, Türk vatandaşı baylar ve bayanlarda her bir parmağın 2. kesiti için TKVKO değerlerinin analizi de gösterilmektedir. Yalnızca 4 numaralı parmakta bayların TKVKO değeri bayanlara göre daha yüksek çıkmıştır. Özellikle 8 numaralı parmakta bay-bayan arasındaki 0,91 TKVKO/80 piksel farkı dikkat çekmektedir. Çizelgede erkeklerde en düşük ortalamaoya sahip olan parmak 0,99 TKVKO/80 piksel değeriyle 8 numaralı parmak, en yüksek ortalamaoya sahip olan parmak ise 1,05 TKVKO/80 piksel değeriyle 1 numaralı parmağıdır. Bayanlarda en düşük ortalamaoya sahip olan parmak 1,05 TKVKO/80 piksel değeriyle 9 ve 10 numaralı parmaklar olup, en yüksek ortalamaoya sahip olan parmak ise 1,09 TKVKO/80 piksel değeriyle 1, 2, 5, 6 ve 8 numaralı parmaklar olarak bulunmuştur.

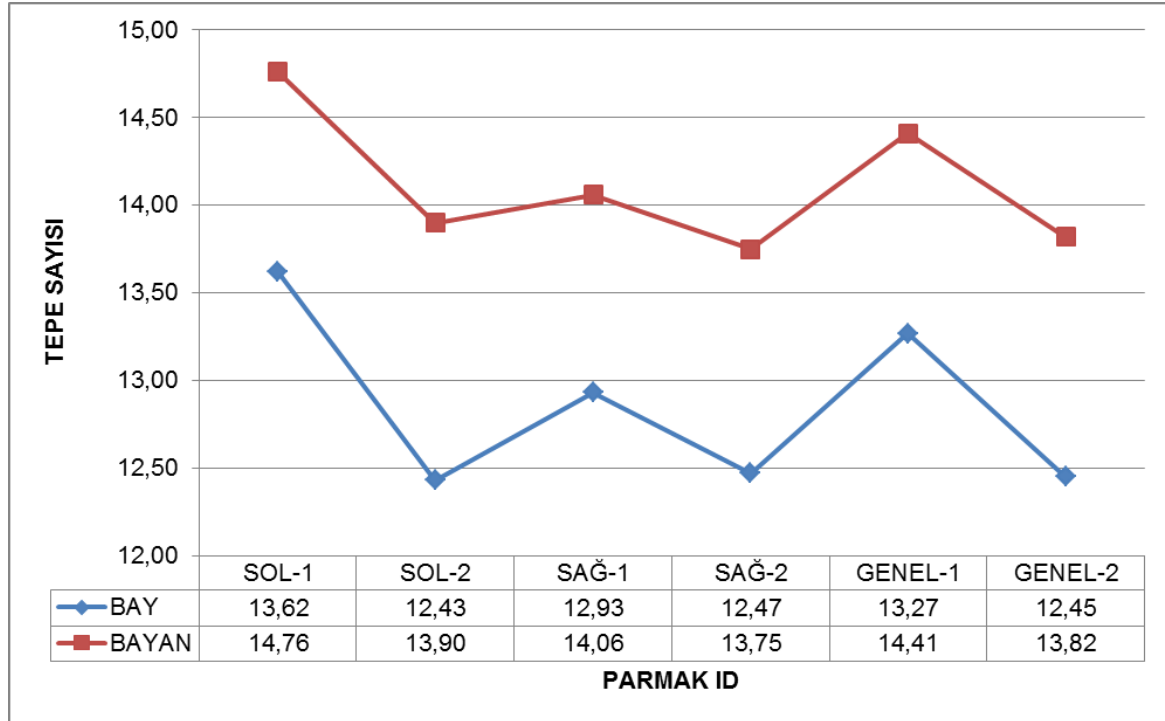
Çizelge 7.8’de, Türk vatandaşı baylar ve bayanlarda her bir parmağın 1. kesiti için tepe kalınlığının tepe sayısına oranı değerlerinin analizi gösterilmektedir. Tüm parmaklarda bayların TKTSO değeri bayanlara göre daha yüksek çıkmıştır. Çizelgede erkeklerde en düşük ortalamaoya sahip olan parmak 2,82 TKTSO/80 piksel değeriyle 2 numaralı parmak, en yüksek ortalamaoya sahip olan parmak ise 3,27 TKTSO/80 piksel değeriyle 7 numaralı parmağıdır. Bayanlarda en düşük ortalamaoya sahip olan parmak 2,56 TKTSO/80 piksel değeriyle 3 numaralı parmak olup, en yüksek ortalamaoya sahip olan parmak ise 3,14 TKTSO/80 piksel değeriyle 6 numaralı parmak olarak bulunmuştur.

Çizelge 7.8. Türk vatandaşlarının parmak izi 1. ve 2. kesiti için 10 parmağa ait TKTSO değerlerinin istatistikleri

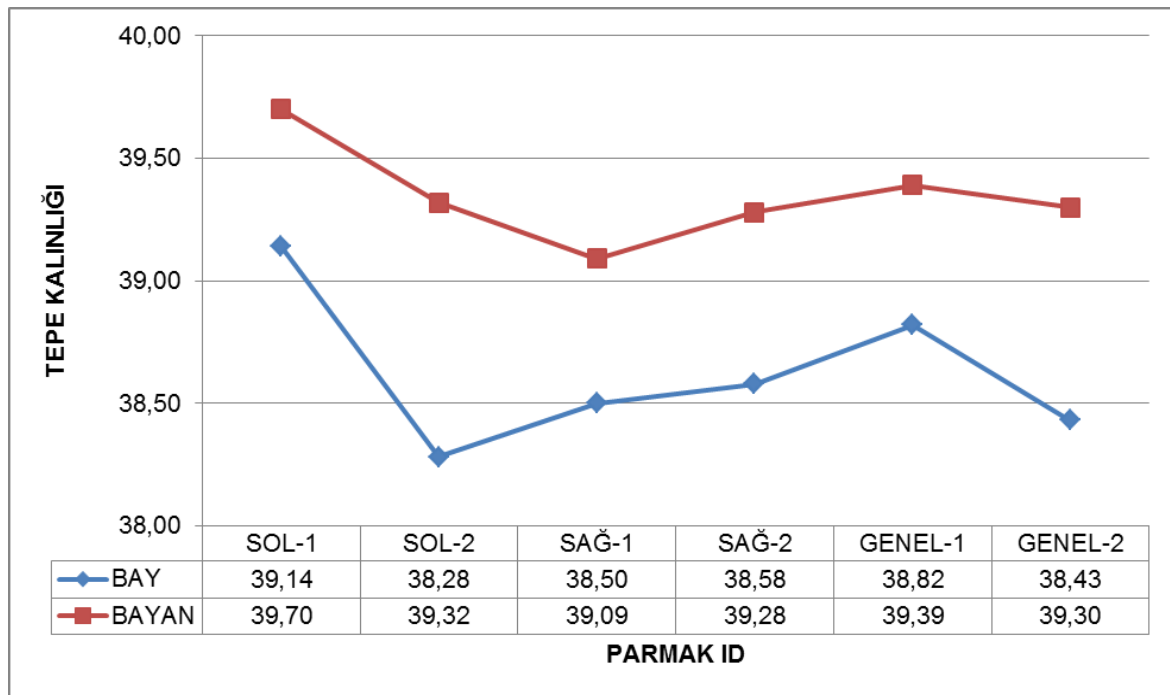
Kesit	Parmak No	BAYLAR			BAYANLAR		
		Ortalama	Standart Sapma	Min-Maks	Ortalama	Standart Sapma	Min-Maks
1. kesit	1	2,85	0,44	2,12-4,22	2,70	0,32	2,00-3,82
	2	2,82	0,52	2,00-5,22	2,56	0,32	1,83-3,54
	3	2,86	0,50	2,12-4,50	2,56	0,33	1,89-3,58
	4	3,14	0,66	2,33-7,00	2,82	0,36	2,22-3,75
	5	3,14	0,95	2,05-8,20	3,05	1,02	2,19-10,50
	6	3,16	0,86	2,16-6,75	3,14	1,09	1,94-9,33
	7	3,27	0,83	2,25-6,75	3,13	0,83	2,18-6,75
	8	3,10	0,88	2,00-6,75	2,87	0,84	2,19-6,75
	9	3,04	0,86	2,00-6,75	2,74	0,87	1,89-6,75
	10	3,11	0,84	2,11-6,75	2,84	0,86	2,00-6,75
2. kesit	1	3,07	0,18	0,71-1,50	2,77	0,21	0,73-1,71
	2	3,19	1,01	2,00-7,17	2,84	0,55	2,00-4,56
	3	3,04	0,76	1,94-5,50	2,81	0,56	1,84-4,89
	4	3,53	1,37	2,06-9,80	2,98	0,70	1,94-5,71
	5	3,41	0,76	2,22-5,57	3,18	0,72	2,05-6,71
	6	3,31	0,55	2,18-5,00	3,17	0,51	2,27-5,57
	7	3,41	0,85	2,24-6,71	3,11	0,70	2,06-6,00
	8	2,98	0,61	2,00-4,89	2,85	0,62	2,06-7,00
	9	3,15	0,67	2,00-5,00	2,80	0,58	1,94-4,83
	10	3,12	0,50	2,31-5,50	2,77	0,43	2,00-4,00

Çizelge 7.8’de ayrıca, Türk vatandaşı baylar ve bayanlarda her bir parmağın 2. kesiti için tepe kalınlığının tepe sayısına oranı değerlerinin analizi de gösterilmektedir. Tüm parmaklarda bayların TKTSO değeri bayanlara göre daha yüksek çıkmıştır. Cinsiyetler arasında 1. kesite göre daha önemli farklar dikkat çekmektedir. Çizelgede erkeklerde en düşük ortalama sahip olan parmak 2,98 TKTSO/80 piksel değeriyle 8 numaralı parmak, en yüksek ortalama sahip olan parmak ise 3,53 TKTSO/80 piksel değeriyle 4 numaralı parmadır. Bayanlarda en düşük ortalama sahip olan parmak 2,77 TKTSO/80 piksel

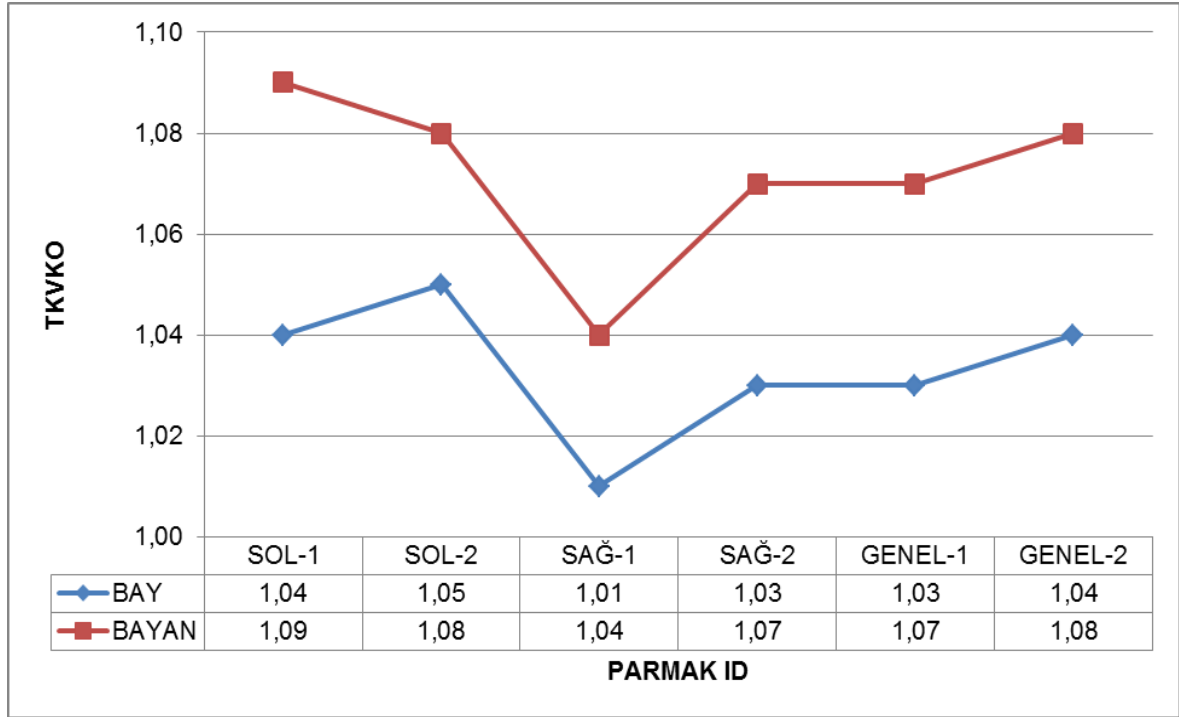
değeriyle 1 ve 10 numaralı parmaklar olup, en yüksek ortalamaya sahip olan parmak ise 3,18 TKTSO/80 piksel değeriyle 5 numaralı parmak olarak bulunmuştur.



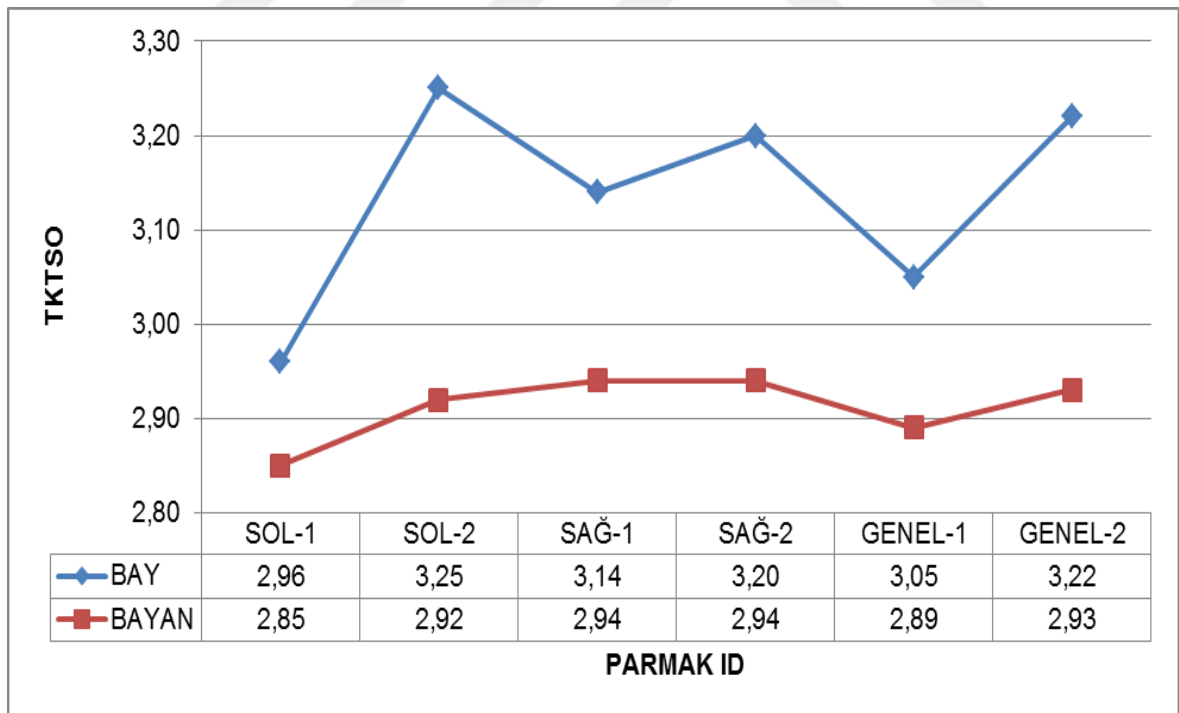
Şekil 7.1. Parmak izi 1. ve 2. kesitleri, ortalama tepe sayılarının cinsiyete göre sağ el, sol el ve 10 parmak geneli için karşılaştırılması



Şekil 7.2. Parmak izi 1. ve 2. kesitleri, ortalama tepe kalınlığının cinsiyete göre sağ el, sol el ve 10 parmak geneli için karşılaştırılması



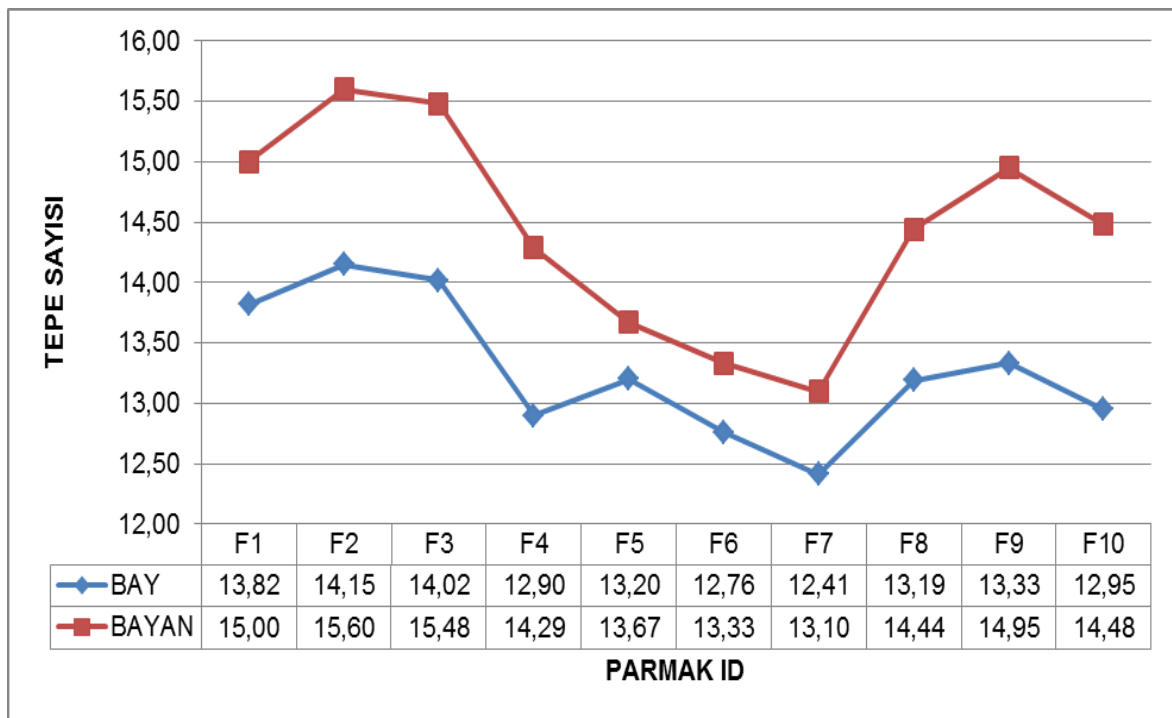
Şekil 7.3. Parmak izi 1. ve 2. kesitleri, ortalama TKVCO değerlerinin cinsiyete göre sağ el, sol el ve 10 parmak geneli için karşılaştırılması



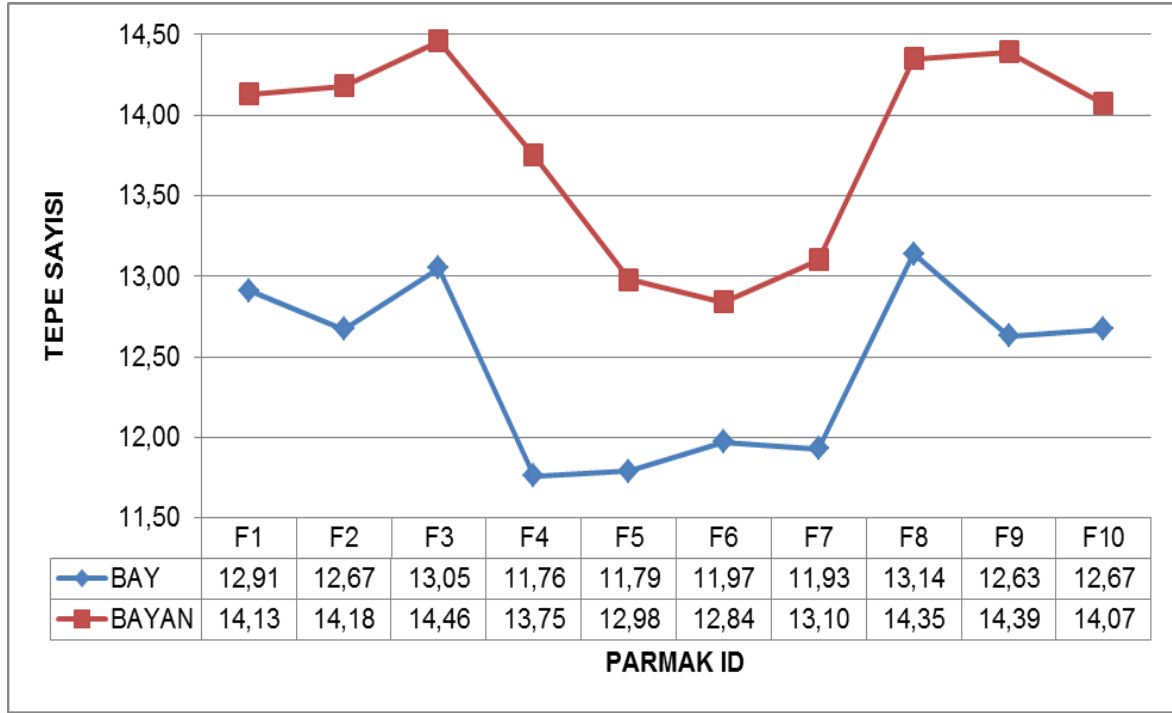
Şekil 7.4. Parmak izi 1. ve 2. kesitleri, ortalama TKTSO değerlerinin cinsiyete göre sağ el, sol el ve 10 parmak geneli için karşılaştırılması

Şekil 7.1, 7.2, 7.3 ve 7.4’de, baylar ve bayanların sağ ve sol elleri ile tüm parmakları genelindeki 1. ve 2. kesitte bulunan tepe ve vadiler analiz edilerek çıkarılan grafikler

gösterilmektedir. Şekil 7.1'deki grafikte bayların her durumda bayanlara oranla daha düşük ortalama tepe sayısı değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Şekil 7.2'de gösterilen ortalama tepe kalınlığı değerleri ve Şekil 7.3'de gösterilen ortalama TKVKO değerleri grafikleri için de aynı durum söz konusudur. Şekil 7.4'deki grafikte bulunan TKTSO değerlerinde ise, baylar bayanlardan önemli miktarda daha yüksek TKTSO değerlerine sahip olduğu görülmektedir.

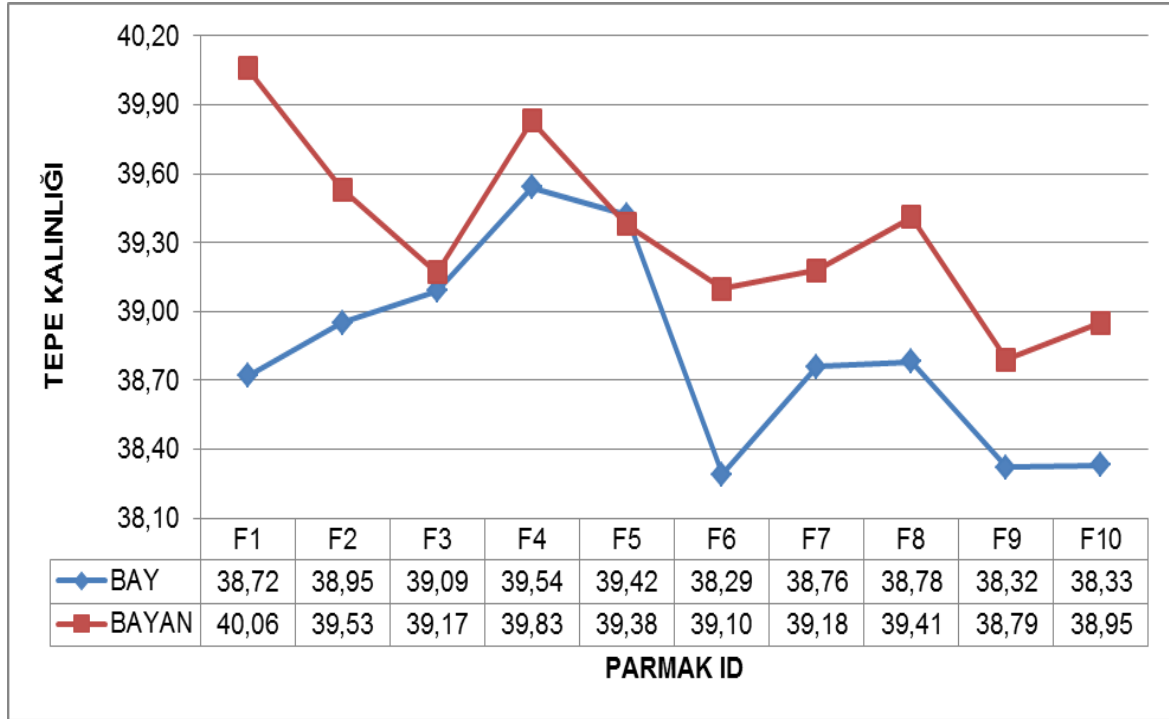


Şekil 7.5. Parmak izi 1. kesit ortalama tepe sayısının cinsiyete göre 10 parmak için karşılaştırılması

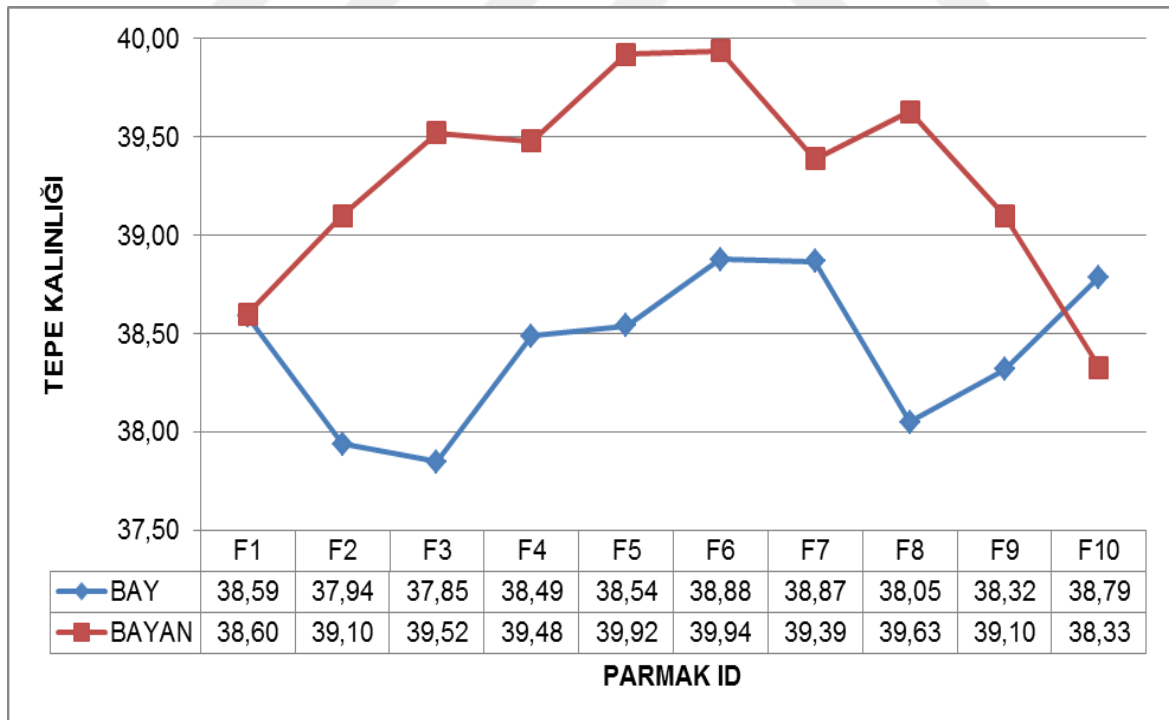


Şekil 7.6. Parmak izi 2. kesit ortalama tepe sayısının cinsiyete göre 10 parmak için karşılaştırılması

Şekil 7.5 ve 7.6’da, baylar ve bayanların sağ ve sol ellerindeki tüm parmakların 1. ve 2. kesit için ortalama tepe sayısının dağılımı gösterilmektedir. Şekil 7.5’de gösterilen 1. kesitteki ortalama tepe sayısı grafiğine bakıldığında, karşılıklı parmaklardaki tepe sayısı değerlerinin simetrik olmaya eğilimli olduğu görülmektedir. Her iki grafikte de belirgin bir şekilde görüldüğü gibi, tüm parmaklarda bayanlar baylardan daha fazla tepe sayısına sahiptir.



Şekil 7.7. Parmak izi 1. kesit ortalama tepe kalınlığının cinsiyete göre 10 parmak için karşılaştırılması

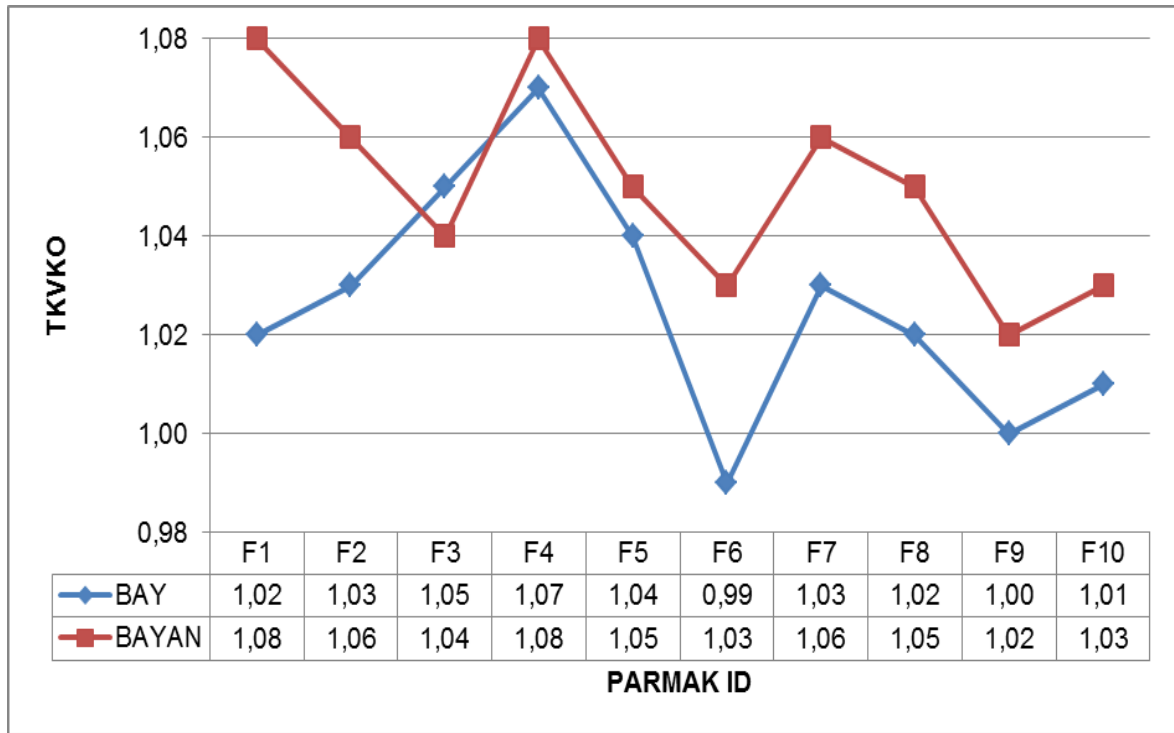


Şekil 7.8. Parmak izi 2. kesit ortalama tepe kalınlığının cinsiyete göre 10 parmak için karşılaştırılması

Şekil 7.7’de gösterilen parmak izi 1. kesitindeki ortalama tepe kalınlığının değerlerine bakıldığında ise, 3 ve 5 numaralı parmaklarda bay ve bayanlar arasında önemli fark

görülmemesine rağmen diğer parmaklarda bayanlardaki parmak izi tepe kalınlığı değerlerinin baylara göre daha yüksek olduğu dikkat çekmektedir.

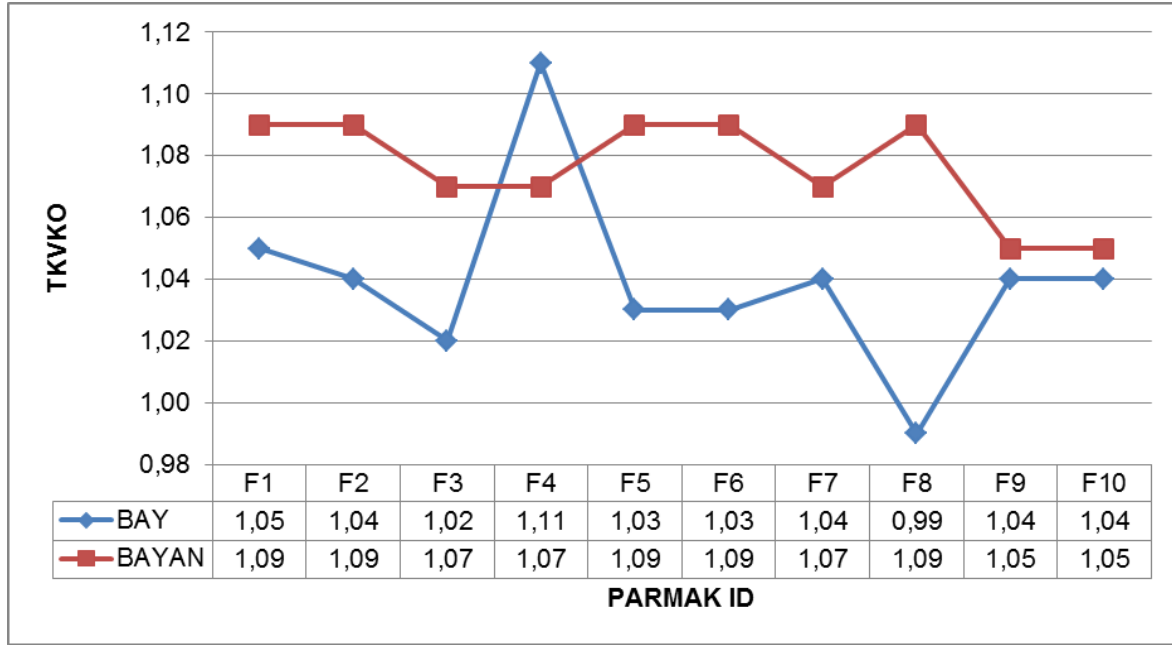
Şekil 7.8'deki parmak izi 2. kesitindeki ortalama tepe kalınlığı değerlerine bakıldığında, serçe parmaklar dışında diğer parmakların bay-bayan arasında önemli derecede farklı olduğu tespit edilmiştir.



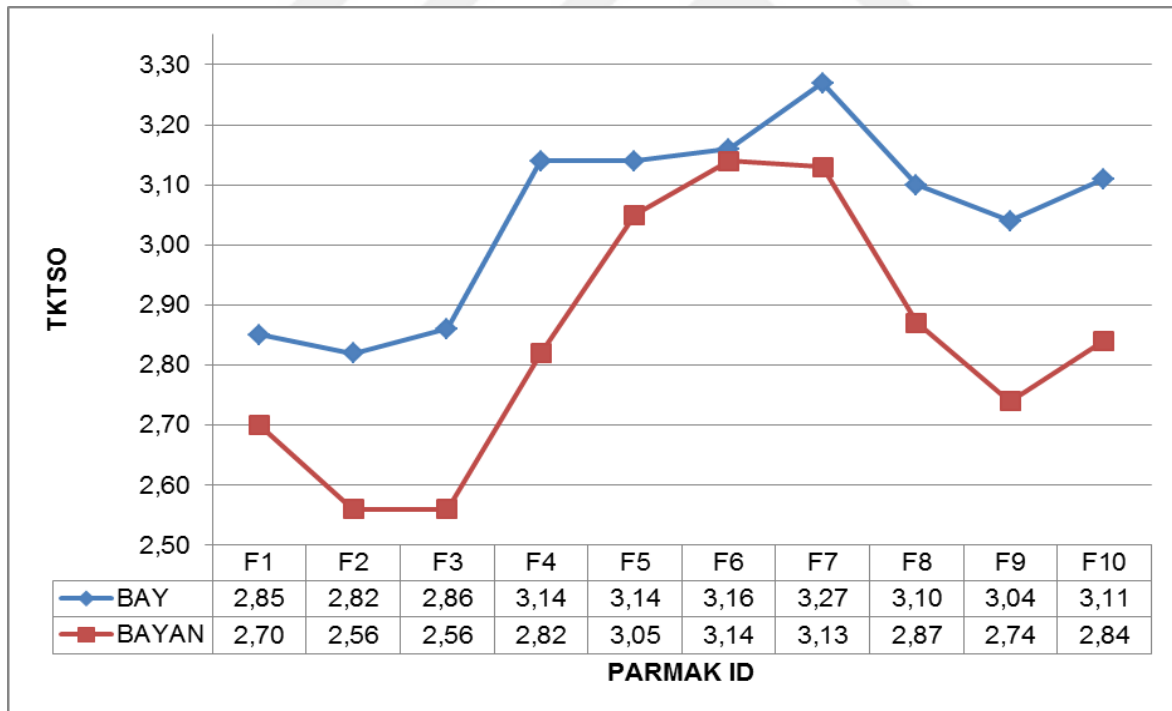
Şekil 7.9. Parmak izi 1. kesit ortalama TKVCO değerinin cinsiyete göre 10 parmak için karşılaştırılması

Şekil 7.9'da gösterilen parmak izi 1. kesitindeki ortalama TKVCO değerlerinin baylarda, yalnızca 3 numaralı parmakta bayanlara göre daha yüksek olduğu, diğer parmaklarda ise daha düşük olduğu görülmektedir. TKVCO değerleri çok küçük değerler olduğundan, çizelgedeki değerlerin bay ve bayanlar arasında önemli farklar arz ettiği değerlendirilmektedir.

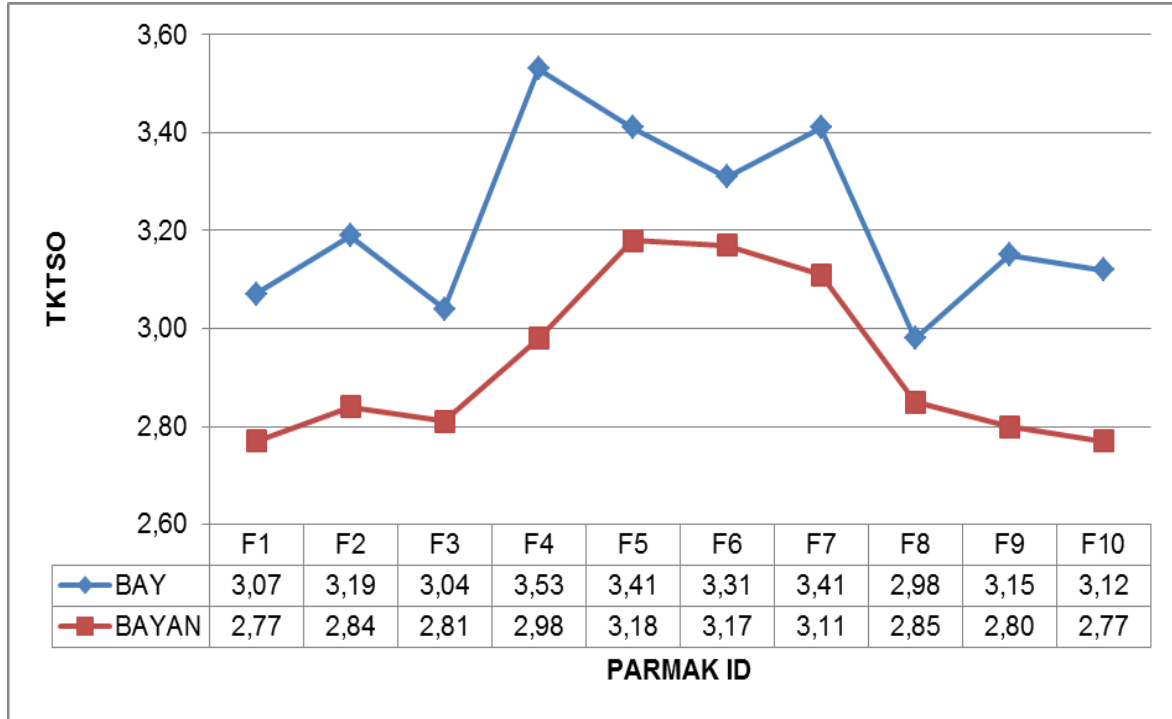
Şekil 7.10'daki grafikte de parmak izi 2. kesitindeki ortalama TKVCO değerleri görülmektedir. 4 numaralı parmak dışında diğer parmaklarda baylar bayanlara göre daha düşük TKVCO değerlerine sahiptir.



Şekil 7.10. Parmak izi 2. kesit ortalama TKVKO değerinin cinsiyete göre 10 parmak için karşılaştırılması



Şekil 7.11. Parmak izi 1. kesit tepe kalınlığının tepe sayısına oranı ortalamalarının cinsiyete göre 10 parmak için karşılaştırılması



Şekil 7.12. Parmak izi 2. kesit tepe kalınlığının tepe sayısına oranı ortalamalarının cinsiyete göre 10 parmak için karşılaştırılması

Şekil 7.11 ve 7.12’de, baylar ve bayanların sağ ve sol ellerindeki tüm parmakların tepe kalınlığının tepe sayısına oranı ortalamalarının dağılımı gösterilmektedir. Şekil 7.11’de gösterilen 1. kesitteki TKTSO değerlerine bakıldığında, tüm parmaklarda bayların bayanlardan daha fazla TKTSO değerine sahip olduğu görülmektedir. Özellikle 2, 3, 4, 8, 9 ve 10 numaralı parmaklarda önemli farklılıklar dikkat çekmektedir. Şekil 7.12’de gösterilen 2. kesitteki TKTSO ortalamalarının değerlerine bakıldığında ise, bayanlardaki parmak izi TKTSO değerlerinin tüm parmaklarda baylara göre daha düşük olduğu ve cinsiyet ayrımında kullanılmasının uygun olabileceği düşünülmektedir.

7.2. BiyoVeri#3 Veritabanı Kullanılarak Yapılan Analiz

Bu bölümde kullanmak için satın alınan BiyoVeri#3 veritabanı hakkında detaylı bilgi Bölüm 6.5’de verilmiştir. Özetle çalışmada, 100 bay ve 105 bayan toplam 205 kişinin 6’şar parmak izi kullanılarak, bu parmak izlerinin cinsiyete göre nasıl bir değişkenlik gösterdiğinin analiz edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada kullanılan veri kümesi toplamda 1230 parmak izinden oluşmaktadır. Veritabanındaki parmak izlerinin sahiplerinin cinsiyetlerine dair bir bilgi firma tarafından verilmemiştir. Dolayısıyla bu parmak izlerinin sahiplerini tespit etmek amacıyla bir yöntem geliştirmek gerekmiş, yapılan araştırmalar

sonucunda, parmak izlerinin sahiplerinin cinsiyetini tespit edebilmek amacıyla Biosecure Multimodal DS2 veritabanındaki kişilerin hem yüz hem de parmak izlerini birbirleriyle eşleştirerek cinsiyetleri tespit etmenin mümkün olabileceği kararlaştırılmıştır. Bu veritabanında hem parmak izi görüntüleri ve hem de yüz görüntüleri olan 210 kişiye ait veri olmasına karşın, 5 kişinin birer parmağının sistem tarafından okunamayacak şekilde kalitesinin düşük olması veya merkez noktası olmamasından dolayı, aynı parmağın diğer eldeki karşılığına bakılmış, fakat o parmağın da aynı şekilde problemliliğinden dolayı tepe ve vadi bilgileri çıkarılamamış, dolayısıyla bu 5 kişinin parmak izleri oluşturulan parmak izi vektörleri dosyasına dâhil edilememiştir. Ayrıca veritabanındaki parmak izi görüntülerinden 7 tanesinin sistem tarafından okunamayacak şekilde kalitesinin düşük olması veya merkez noktası olmamasından dolayı, aynı kişinin karşı elinde aynı parmağına denk gelen parmak izi verisi kullanılmıştır. Bölüm 6’da önerilen 1. ve 2. kesit elde etme yöntemi ile her parmak için oluşturulan veri kümeleri bu bölümdeki çizelgelerde ve şekillerde kullanılmıştır.

BiyoVeri#3 veritabanındaki parmak izlerinin Bölüm 6’da önerilen 1. ve 2. kesit elde etme yöntemi ile kırılan kesitlerinden elde edilen parametreler tespit edilerek veri kümesi oluşturulmuştur.

Bu bölümde, BiyoVeri#3 veri kümesindeki, önerilen yeni yöntem dahilinde tespit edilen tepe ve vadi değişkenlerinin farklı kombinasyonları ile elde edilen parametrelerin, cinsiyete göre nasıl değişkenlik gösterdiği araştırılmıştır. Burada kurulan hipotez:

Hipotez-2: “Farklı ırklardan kişilerin baş, işaret ve orta parmaklarına ait parmak izindeki parametreler cinsiyete göre farklılık gösterir” şeklindedir.

Hipotez-2 kurularak farklı ırklardan kişilerden alınan parmak izlerindeki parametreler ile her parmak için oluşturulan veri kümeleri bu bölümdeki çizelgelerde ve şekillerde kullanılmıştır.

Çizelge 7.9. BiyoVeri#3 veri kümesindeki sağ el ve sol el parmak izi tepe sayısı ve tepe kalınlığı değerleri

Analiz Tipi	Parmak ID	Kesit	Bay		Bayan	
			Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma
Tepe Sayısı	Sol el parmakları (3-5)	1. kesit	11,28	1,55	11,64	2,25
	Sol el parmakları (3-5)	2. kesit	10,54	2,17	11,30	2,13
	Sağ el parmakları (6-8)	1. kesit	10,91	1,55	11,63	1,74
	Sağ el parmakları (6-8)	2. kesit	10,06	1,94	10,83	1,81
	Tüm parmaklar (3-8)	1. kesit	11,10	1,56	11,63	2,01
	Tüm parmaklar (3-8)	2. kesit	10,30	2,07	11,07	1,99
Tepe Kalınlığı	Sol el parmakları (3-5)	1. kesit	40,96	2,63	40,59	4,08
	Sol el parmakları (3-5)	2. kesit	41,47	3,82	41,38	3,34
	Sağ el parmakları (6-8)	1. kesit	39,77	2,97	40,12	2,73
	Sağ el parmakları (6-8)	2. kesit	40,83	3,32	41,10	3,13
	Tüm parmaklar (3-8)	1. kesit	40,36	2,86	40,36	3,48
	Tüm parmaklar (3-8)	2. kesit	41,15	3,59	41,24	3,24

Çizelge 7.10. BiyoVeri#3 veri kümesindeki sağ el ve sol el parmak izi TKTSO ve TKVKO değerleri

Analiz Tipi	Parmak ID	Kesit	Bay		Bayan	
			Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma
TKTSO	Sol el parmakları (3-5)	1. kesit	3,70	0,56	3,76	2,09
	Sol el parmakları (3-5)	2. kesit	4,19	1,64	3,83	1,14
	Sağ el parmakları (6-8)	1. kesit	3,71	0,55	3,54	0,67
	Sağ el parmakları (6-8)	2. kesit	4,23	1,00	3,91	0,83
	Tüm parmaklar (3-8)	1. kesit	3,71	0,56	3,65	1,56
	Tüm parmaklar (3-8)	2. kesit	4,21	1,36	3,87	1,00
TKVKO	Sol el parmakları (3-5)	1. kesit	1,13	0,14	1,17	0,33
	Sol el parmakları (3-5)	2. kesit	1,19	0,28	1,18	0,21
	Sağ el parmakları (6-8)	1. kesit	1,09	0,14	1,10	0,13
	Sağ el parmakları (6-8)	2. kesit	1,15	0,19	1,18	3,91
	Tüm parmaklar (3-8)	1. kesit	1,11	0,14	1,14	0,25
	Tüm parmaklar (3-8)	2. kesit	1,17	0,24	1,18	0,19

Çizelge 7.9’da çalışmada kullanılan BiyoVeri#3 veri kümesindeki parmak izlerinin 1. ve 2. kesitlerinin tepe sayısı değerleri gösterilmiştir. Her iki kesitte de bayların toplam tepe sayısı ortalaması bayanların ortalamasından daha düşük çıkmıştır. Sol elde ve sağ elde durum değişmemektedir.

Çizelge 7.9’da ayrıca, BiyoVeri#3 veri kümesindeki parmak izlerinin 1. ve 2. kesitlerinin toplam tepe kalınlığı değerleri de gösterilmiştir. Bay ve bayan ortalamalarında dikkat çekici sonuçlar elde edilmiştir. Bayların sol el 1. ve 2. kesitlerdeki toplam tepe kalınlığı değerleri bayanlardan daha yüksek çıkmaktayken, sağ el 1. ve 2. kesitlerdeki toplam tepe kalınlığı değerleri daha düşük çıkmıştır.

Çizelge 7.10’da görüldüğü gibi sol el 1. kesit hariç, sağ ve sol eldeki tüm kesitlerde baylar bayanlara göre daha yüksek TKTSO değerlerine sahiptir. Baylarda sol el 1. kesitte ise bayanlara göre daha düşük TKTSO değeri bulunduğu görülmektedir. Parmak izinin 2. kesitindeki TKTSO değerlerinin bay ve bayanlar arasında daha fazla farka sahip olduğu görülmektedir.

Çizelge 7.10’da ayrıca BiyoVeri#3 veri kümesindeki parmak izlerinin tepe kalınlığının vadi kalınlığına oranı (TKVKO) değerlerinin cinsiyete göre ayırt ediciliği de sorgulanmıştır. Sol el 2. kesit hariç diğer kesitlerde baylar bayanlara göre daha düşük TKVKO değerine sahiptir.

Çizelge 7.11. BiyoVeri#3 veri kümesindeki tüm parmakların tepe sayısı ve toplam tepe kalınlığı ortalamalarının analizi

Analiz Tipi	İstatistikler	1. Kesit		2. Kesit	
		Bay	Bayan	Bay	Bayan
Tepe Sayısı Ortalaması	Ortalama	11,10	11,63	10,30	11,07
	Standart Sapma	1,56	2,01	2,07	1,99
	Ortanca	11,00	12,00	10,00	11,00
	Tepedeğer	11,00	12,00	11,00	11,00
	Varyans	2,44	4,04	4,30	3,96
Tepe Kalınlığı Ortalaması	Ortalama	40,36	40,36	41,15	41,24
	Standart Sapma	2,86	3,48	3,59	3,24
	Ortanca	40,00	41,00	41,00	41,00
	Tepedeğer	40,00	41,00	41,00	42,00
	Varyans	8,20	12,08	12,88	10,48

BiyoVeri#3 veri kümesindeki tüm parmakların 1. ve 2. kesitindeki tepe sayısı ortalamalarının baylar ve bayanlardaki istatistikleri Çizelge 7.11’de verilmiştir. Elde edilen tepe sayısı istatistikleri değerlendirildiğinde, bayanların baylardan daha fazla parmak izi tepe sayısına sahip olduğu görülmektedir.

Çizelge 7.11’de ayrıca, BiyoVeri#3 veri kümesindeki baylar ve bayanlardaki tüm parmakların toplam tepe kalınlığı ortalamalarına ait istatistikler de verilmiştir. Baylarda 1. kesitte ortalama toplam tepe kalınlığı bayanlara göre neredeyse aynı çıkmaktayken, 2. kesitte ortalama toplam tepe kalınlığının bayanlara göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Fakat standart sapma ve varyans değerlerine bakıldığında, baylar ve bayanlar arasında dikkat çekici şekilde farklılıklar olduğu görülmektedir.

Çizelge 7.12. BiyoVeri#3 veri kümesindeki tüm parmakların TKTSO ve TKVKO değeri ortalamalarının analizi

Analiz Tipi	İstatistikler	1. Kesit		2. Kesit	
		Bay	Bayan	Bay	Bayan
TKTSO	Ortalama	3,71	3,65	4,21	3,87
	Standart Sapma	0,56	1,56	1,36	1,00
	Ortanca	3,64	3,42	3,91	3,75
	Tepedeğer	4,00	4,00	4,00	4,00
	Varyans	0,31	2,42	1,85	0,99
TKVKO	Ortalama	1,11	1,14	1,17	1,18
	Standart Sapma	0,14	0,25	0,24	0,19
	Ortanca	1,11	1,11	1,15	1,16
	Tepedeğer	1,00	1,00	1,00	1,00
	Varyans	0,02	0,06	0,06	0,04

Çizelge 7.12’de BiyoVeri#3 veri kümesindeki baylar ve bayanlardaki tüm parmakların TKTSO değeri ortalamalarının istatistikleri verilmiştir. Her iki kesitteki TKTSO değeri ortalamasının baylarda bayanlara göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 7.12’de ayrıca, BiyoVeri#3 veri kümesindeki parmak izleri kullanılarak baylar ve bayanlardaki tüm parmakların tepe kalınlığının vadi kalınlığına oranı (TKVKO) değeri ortalamalarına ait istatistikler de sunulmuştur. TKVKO değerleri çok küçük değerler olduğundan dolayı bay ve bayanlardaki bu değerler arasındaki farkın cinsiyetlere göre önemli farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir. Bayların TKVKO değeri ortalaması her iki kesit için de bayanlardan daha düşük çıkmıştır.

Çizelge 7.13. BiyoVeri#3 veri kümesindeki parmak izlerinin 1. ve 2. kesiti için 6 parmağa ait tepe sayısı değerlerinin istatistikleri

Kesit	Parmak No	BAYLAR			BAYANLAR		
		Ortalama	Standart Sapma	Min-Maks	Ortalama	Standart Sapma	Min-Maks
1. kesit	3	11,84	1,59	8-17	12,51	1,71	4-17
	4	11,05	1,47	9-15	11,57	1,74	4-15
	5	10,95	1,45	6-15	10,84	2,81	2-15
	6	10,66	1,60	7-14	11,04	1,89	3-17
	7	10,59	1,33	7-14	11,49	1,47	8-15
	8	11,48	1,57	8-16	12,35	1,59	6-16
2. kesit	3	11,23	2,39	3-17	12,22	2,36	4-17
	4	10,26	2,13	4-15	11,08	1,99	6-18
	5	10,12	1,79	4-14	10,61	1,67	4-15
	6	09,49	1,64	6-14	10,22	1,51	6-14
	7	09,98	2,01	3-14	10,58	1,71	5-14
	8	10,71	1,98	5-16	11,70	1,87	7-16

Çizelge 7.13’de, BiyoVeri#3 veri kümesindeki baylar ve bayanlarda her bir parmağın 1. kesiti için tepe sayısının analizi gösterilmektedir. Numaralandırmada 3-8 rakamları kullanılmasının sebebi, veritabanında sol el serçe ve işaret parmağı izlerinin olmaması ve sağ el serçe ve işaret parmağı izlerinin olmamasıdır. Dolayısıyla tarafımızdan oluşturulan BiyoVeri#1 ve BiyoVeri#2 veritabanlarındaki verilerle karşılaştırılmasının, birebir eşleştirme yapılarak kolaylıkla yapılması için böyle bir strateji belirlenmiştir. Çizelgedeki değerlere göre, baylar sol el için 6’dan 17’ye kadar değişen tepe sayısına (ortalama 11,28

tepe/80 piksel), sağ el için 7'den 16'ya kadar değişen tepe sayısına (ortalama 10,91 tepe/80 piksel) sahiplerdir ve bayanlar da sol el için 2'den 17'ye kadar değişen tepe sayısı (ortalama 11,64 tepe/80 piksel) ve sağ el için 3'den 17'ye kadar değişen (ortalama 11,63 tepe/80 piksel) tepe sayısına sahiplerdir. Bayanlarda parmak izi tepe sayısının 2'lere kadar düşmesinin sebebi, bu parmak izlerindeki merkez noktasının üstündeki köşegeni 80 piksel olan kare kesitin içerisine tepe çizgilerinin giremeyeceği şekilde merkez noktasının yukarıda olmasıdır. Bu durum çok nadir görüldüğünden ortalamaya fazla etki etmemiştir. Aynı durum diğer çizelgelerdeki analizlerde de görülmektedir. 5 numaralı parmak hariç, baylar bayanlara göre sağ ve sol eldeki tüm parmaklarda daha düşük tepe sayısına sahiplerdir. Yalnızca 5 numaralı parmakta baylar bayanlara göre daha yüksek tepe sayısına sahiptir. Tabloda baylarda en düşük ortalamaya sahip olan parmak 10,59 tepe/80 piksel değeriyle 7 numaralı parmak, en yüksek ortalamaya sahip olan parmak ise 11,84 tepe/80 piksel değeriyle 3 numaralı parmadır. Bayanlarda en düşük ortalamaya sahip olan parmak 10,84 tepe/80 piksel değeriyle 5 numaralı parmak olup, en yüksek ortalamaya sahip olan parmak ise 12,51 tepe/80 piksel değeriyle 3 numaralı parmak olarak bulunmuştur.

Çizelge 7.13'de ayrıca, BiyoVeri#3 veri kümesindeki baylar ve bayanlarda her bir parmağın 2. kesiti için tepe sayısının analizi de gösterilmektedir. Tüm parmaklarda baylar bayanlara göre daha düşük tepe sayısına sahiplerdir. Tabloda baylarda en düşük ortalamaya sahip olan parmak 9,49 tepe/80 piksel değeriyle 6 numaralı parmak, en yüksek ortalamaya sahip olan parmak ise 11,23 tepe/80 piksel değeriyle 3 numaralı parmadır. Bayanlarda en düşük ortalamaya sahip olan parmak 10,22 tepe/80 piksel değeriyle 6 numaralı parmak olup, en yüksek ortalamaya sahip olan parmak ise 12,22 tepe/80 piksel değerine sahip olan 3 numaralı parmak olarak bulunmuştur.

Çizelge 7.14. BiyoVeri#3 veri kümesindeki parmak izi 1. ve 2. kesiti için 6 parmağa ait tepe kalınlığı değerlerinin istatistikleri

Kesit	Parmak No	BAYLAR			BAYANLAR		
		Ortalama	Standart Sapma	Min-Maks	Ortalama	Standart Sapma	Min-Maks
1. kesit	3	41,83	2,12	37-46	40,97	3,33	20-49
	4	40,96	2,61	29-46	40,88	3,81	24-63
	5	40,08	2,83	31-46	39,93	4,90	22-62
	6	38,91	2,65	30-46	39,49	2,60	31-45
	7	39,68	3,40	27-48	40,26	2,77	31-46
	8	40,71	2,52	35-47	40,63	2,70	33-47
2. kesit	3	42,41	3,46	35-56	41,74	3,39	29-56
	4	41,28	3,55	30-54	41,14	3,30	30-50
	5	40,52	4,20	19-54	41,27	3,33	23-54
	6	39,49	3,33	30-48	40,46	2,78	33-47
	7	40,62	2,99	28-49	40,81	3,49	33-53
	8	42,38	2,99	36-50	42,05	2,88	36-48

Çizelge 7.14’de, BiyoVeri#3 veri kümesindeki baylar ve bayanlarda her bir parmağın 1. kesiti için tepe kalınlığının analizi gösterilmektedir. Baylar sol el için 29’dan 46’ya kadar değişen tepe kalınlığına (ortalama 40,96 TK/80 piksel), sağ el için 7’den 16’ya kadar değişen tepe sayı kalınlığına (ortalama 39,77 TK/80 piksel) sahiplerdir ve bayanlar da sol el için 20’den 63’e kadar değişen tepe kalınlığına (ortalama 40,59 TK/80 piksel) ve sağ el için 31’den 47’ye kadar değişen (ortalama 40,27 TK/80 piksel) tepe kalınlığına sahiplerdir. 6 ve 7 numaralı parmaklar hariç, baylar bayanlara göre sağ ve sol eldeki tüm parmaklarda daha yüksek tepe kalınlığına sahiplerdir. Yalnızca 6 ve 7 numaralı parmaklarda baylar bayanlara göre daha düşük tepe kalınlığına sahiptir. Tabloda baylarda en düşük ortalama sahip olan parmak 38,91 TK/80 piksel değeriyle 6 numaralı parmak, en yüksek ortalama sahip olan parmak ise 41,83 TK/80 piksel değeriyle 3 numaralı parmağıdır. Bayanlarda en düşük ortalama sahip olan parmak 39,49 TK/80 piksel değeriyle 6 numaralı parmak olup, en yüksek ortalama sahip olan parmak ise 40,97 TK/80 piksel değeriyle 3 numaralı parmak olarak bulunmuştur. Her iki cinsiyet için de en düşük ortalama sahip parmak 6

numaralı parmak iken, en yüksek ortalamaoya sahip parmağın 3 numaralı parmak olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 7.14’de ayrıca, BiyoVeri#3 veri kümesindeki baylar ve bayanlarda her bir parmağın 2. kesiti için tepe kalınlığının analizi de gösterilmektedir. Baylar sol el için 19’dan 56’ya kadar değışen tepe kalınlığına (ortalama 41,40 TK/80 piksel), sağ el için 28’den 50’ye kadar değışen tepe kalınlığına (ortalama 40,83 TK/80 piksel) sahiplerdir ve bayanlar da sol el için 23’den 56’ya kadar değışen tepe kalınlığına (ortalama 41,38 TK/80 piksel) ve sağ el için 33’den 53’e kadar değışen (ortalama 41,11 TK/80 piksel) tepe kalınlığına sahiplerdir. 5, 6 ve 7 numaralı parmaklarda, baylar bayanlara göre daha düşük tepe kalınlığına sahiplerdir. Diğer parmaklarda ise baylar bayanlara göre daha yüksek tepe kalınlığına sahiptir. Tabloda baylarda en düşük ortalamaoya sahip olan parmak 39,49 TK/80 piksel değeriyle 6 numaralı parmak, en yüksek ortalamaoya sahip olan parmak ise 42,41 TK/80 piksel değeriyle 3 numaralı parmaktır. Bayanlarda en düşük ortalamaoya sahip olan parmak 40,46 TK/80 piksel değeriyle 6 numaralı parmak olup, en yüksek ortalamaoya sahip olan parmak ise 42,05 TK/80 piksel değeriyle 8 numaralı parmak olarak bulunmuştur. Bay ve bayanlardaki en düşük ve en yüksek ortalamaoya sahip parmaklar karşılaştırıldığında, en düşük parmağın her iki cinsiyette de 6 numaralı parmak olduğu ve en yüksek parmağın da sağ ve sol eldeki 3 ve 8 numaralı karşılıklı parmaklar olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca Çizelge 7.14’deki 1. kesit ve 2. kesit tepe kalınlığı değeri karşılaştırıldığında ise her iki kesitte de en düşük tepe kalınlığı ortalamasına sahip parmakların benzerlik gösterdiği görülmektedir.

Çizelge 7.15. BiyoVeri#3 veri kümesindeki parmak izi 1. ve 2. kesiti için 6 parmağa ait TKVKO değerlerinin istatistikleri

Kesit	Parmak No	BAYLAR			BAYANLAR		
		Ortalama	Standart Sapma	Min-Maks	Ortalama	Standart Sapma	Min-Maks
1. kesit	3	1,17	0,11	0,95-1,44	1,17	0,14	0,83-1,82
	4	1,15	0,13	0,76-1,47	1,18	0,28	0,85-3,71
	5	1,09	0,15	0,63-1,53	1,16	0,49	0,44-5,64
	6	1,04	0,13	0,74-1,37	1,07	0,13	0,70-1,41
	7	1,10	0,14	0,82-1,55	1,11	0,13	0,86-1,41
	8	1,13	0,14	0,78-1,42	1,13	0,12	0,87-1,42
2. kesit	3	1,25	0,32	0,78-3,38	1,19	0,21	0,85-2,33
	4	1,20	0,25	0,61-2,45	1,19	0,19	0,82-1,96
	5	1,12	0,24	0,37-2,45	1,17	0,21	0,42-2,45
	6	1,08	0,17	0,74-1,60	1,14	0,15	0,85-1,57
	7	1,15	0,17	0,73-1,65	1,17	0,20	0,78-1,96
	8	1,24	0,20	0,82-1,79	1,22	0,18	0,90-1,80

Çizelge 7.15’de, BiyoVeri#3 veri kümesindeki baylar ve bayanlarda her bir parmağın 1. kesiti için TKVKO değerinin analizi gösterilmektedir. Baylar sol el için 0,63’den 1,53’e kadar değişen tepe TKVKO değerine (ortalama 1,14 TKVKO/80 piksel), sağ el için 0,74’den 1,55’e kadar değişen TKVKO değerine (ortalama 1,09 TKVKO/80 piksel) sahiplerdir ve bayanlar da sol el için 0,44’den 5,64’e kadar değişen TKVKO değerine (ortalama 1,17 TKVKO/80 piksel) ve sağ el için 0,70’den 1,42’ye kadar değişen (ortalama 1,10 TKVKO/80 piksel) TKVKO değerine sahiplerdir. Sağ ve sol eldeki karşılıklı parmaklar olan 3 ve 8 numaralı parmaklarda baylar ve bayanlar eşit TKVKO değerine sahiplerdir. 4, 5, 6 ve 7 numaralı parmaklarda ise baylar bayanlara göre daha düşük TKVKO değerine sahiptir. Tabloda baylarda en düşük ortalama sahip olan parmak 1,04 TKVKO/80 piksel değeriyle 6 numaralı parmak, en yüksek ortalama sahip olan parmak ise 1,17 TKVKO/80 piksel değeriyle 3 numaralı parmağıdır. Bayanlarda en düşük ortalama sahip olan parmak 1,07 TKVKO/80 piksel değeriyle 6 numaralı parmak olup, en yüksek ortalama sahip olan parmak ise 1,18 TKVKO/80 piksel değeriyle 4 numaralı

parmak olarak bulunmuştur. 6 numaralı parmağın her iki cinsiyette de en düşük ortalama sahip olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 7.15’de ayrıca, BiyoVeri#3 veri kümesindeki baylar ve bayanlarda her bir parmağın 2. kesiti için TKVKO değerinin analizi de gösterilmektedir. Baylar sol el için 0,37’den 2,45’e kadar değişen tepe TKVKO değerine (ortalama 1,19 TKVKO/80 piksel), sağ el için 0,73’den 1,79’a kadar değişen TKVKO değerine (ortalama 1,16 TKVKO/80 piksel) sahiplerdir ve bayanlar da sol el için 0,42’den 2,45’e kadar değişen TKVKO değerine (ortalama 1,18 TKVKO/80 piksel) ve sağ el için 0,78’den 1,96’ya kadar değişen (ortalama 1,18 TKVKO/80 piksel) TKVKO değerine sahiplerdir. 5, 6 ve 7 numaralı parmaklarda baylar bayanlara göre daha düşük TKVKO değerine sahipken, diğer parmaklarda ise baylar bayanlara göre daha yüksek TKVKO değerine sahiptir. Tabloda baylarda en düşük ortalama sahip olan parmak 1,08 TKVKO/80 piksel değeriyle 6 numaralı parmak, en yüksek ortalama sahip olan parmak ise 1,25 TKVKO/80 piksel değeriyle 3 numaralı parmağıdır. Bayanlarda en düşük ortalama sahip olan parmak 1,14 TKVKO/80 piksel değeriyle 6 numaralı parmak olup, en yüksek ortalama sahip olan parmak ise 1,19 TKVKO/80 piksel değeriyle 3 ve 4 numaralı parmaklar olarak bulunmuştur. Her iki cinsiyette de 6 numaralı parmağın en düşük ortalama, 3 numaralı parmağın da en yüksek ortalama sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bayanlarda 3 numaralı parmak ile aynı değere sahip olan 4 numaralı parmak da en yüksek ortalama sahiptir.

Çizelge 7.16. BiyoVeri#3 veri kümesindeki parmak izi 1. ve 2. kesiti için 6 parmağa ait TKTSO değerlerinin istatistikleri

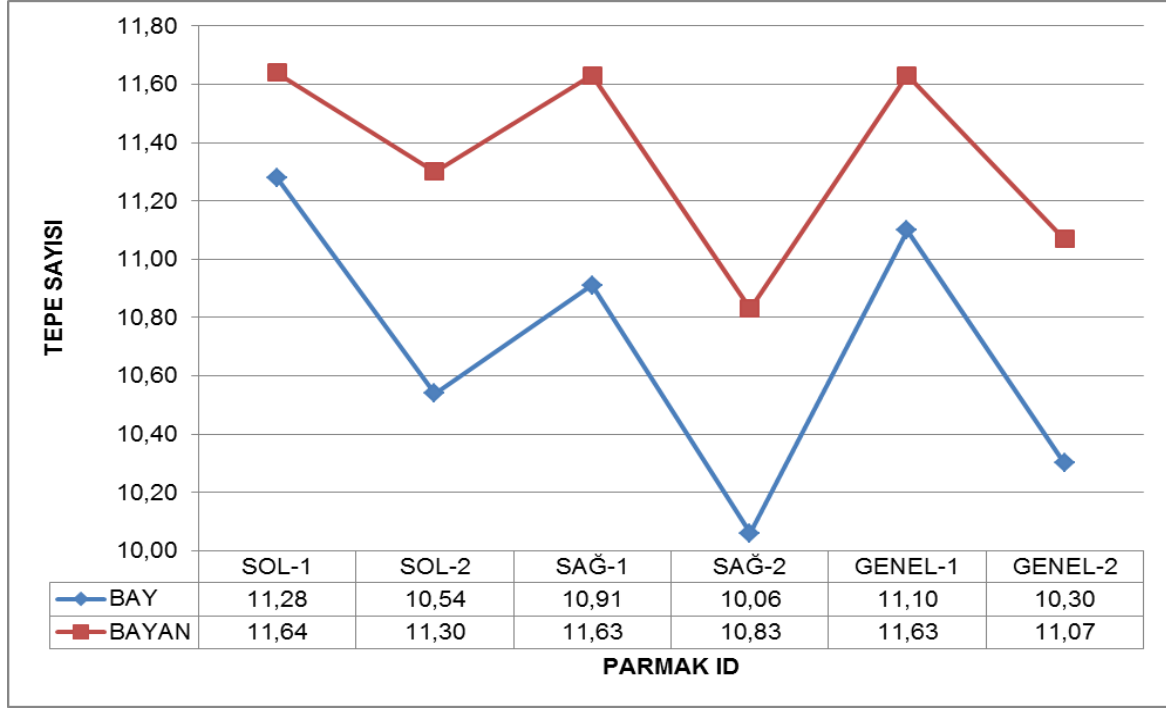
Kesit	Parmak No	BAYLAR			BAYANLAR		
		Ortalama	Standart Sapma	Min-Maks	Ortalama	Standart Sapma	Min-Maks
1. kesit	3	3,59	0,50	2,44-5,38	3,33	0,49	2,47-14,00
	4	3,77	0,54	2,71-5,11	3,67	1,30	2,71-15,75
	5	3,73	0,62	2,54-6,83	4,29	3,28	2,53-31,00
	6	3,72	0,55	2,71-5,57	3,71	0,91	2,35-10,67
	7	3,80	0,55	2,79-5,33	3,56	0,49	2,64-5,00
	8	3,61	0,54	2,19-5,13	3,35	0,50	2,25-5,67
2. kesit	3	4,14	2,18	2,47-18,00	3,63	1,39	2,47-14,00
	4	4,28	1,39	2,67-13,50	3,84	0,83	2,63-7,14
	5	4,16	1,20	2,86-13,50	4,02	1,09	2,33-13,50
	6	4,28	0,77	2,86-7,17	4,04	0,64	2,64-5,83
	7	4,30	1,28	2,86-11,33	4,00	1,06	2,79-10,60
	8	4,11	0,89	2,69-7,20	3,69	0,70	2,50-6,43

Çizelge 7.16’da, BiyoVeri#3 veri kümesindeki baylar ve bayanlarda her bir parmağın 1. kesiti için TKTSO değerinin analizi gösterilmektedir. Baylar sol el için 0,37’den 3,38’e kadar değişen tepe TKTSO değerine (ortalama 3,70 TKTSO/80 piksel), sağ el için 0,73’den 1,79’a kadar değişen TKTSO değerine (ortalama 3,71 TKTSO/80 piksel) sahiplerdir ve bayanlar da sol el için 0,42’den 2,45’e kadar değişen TKTSO değerine (ortalama 3,76 TKTSO/80 piksel) ve sağ el için 0,78’den 1,96’ya kadar değişen (ortalama 3,54 TKTSO/80 piksel) TKTSO değerine sahiplerdir. 5 numaralı parmağın minimum ve maksimum değerlerine ve standart sapmasına bakıldığında, bazı parmak izlerinde merkez noktasının köşeye yakın olmasından dolayı analiz edilen kare kesit içerisindeki tepe ve vadi çizgilerinin yeterli miktarda olmadığı anlaşılmaktadır. Bu nedenle 5 numaralı parmaktaki TKTSO değeri diğer parmaklara göre baylarda bayanlardan daha düşük çıkmıştır. Diğer parmaklarda durum daha normal olduğundan bayanların TKTSO değeri diğer parmaklara göre baylarda baylardan daha düşük çıkmıştır. Diğer parmaklarda durum daha normal olduğundan bayanların TKTSO değeri baylardan daha düşük çıkmıştır.

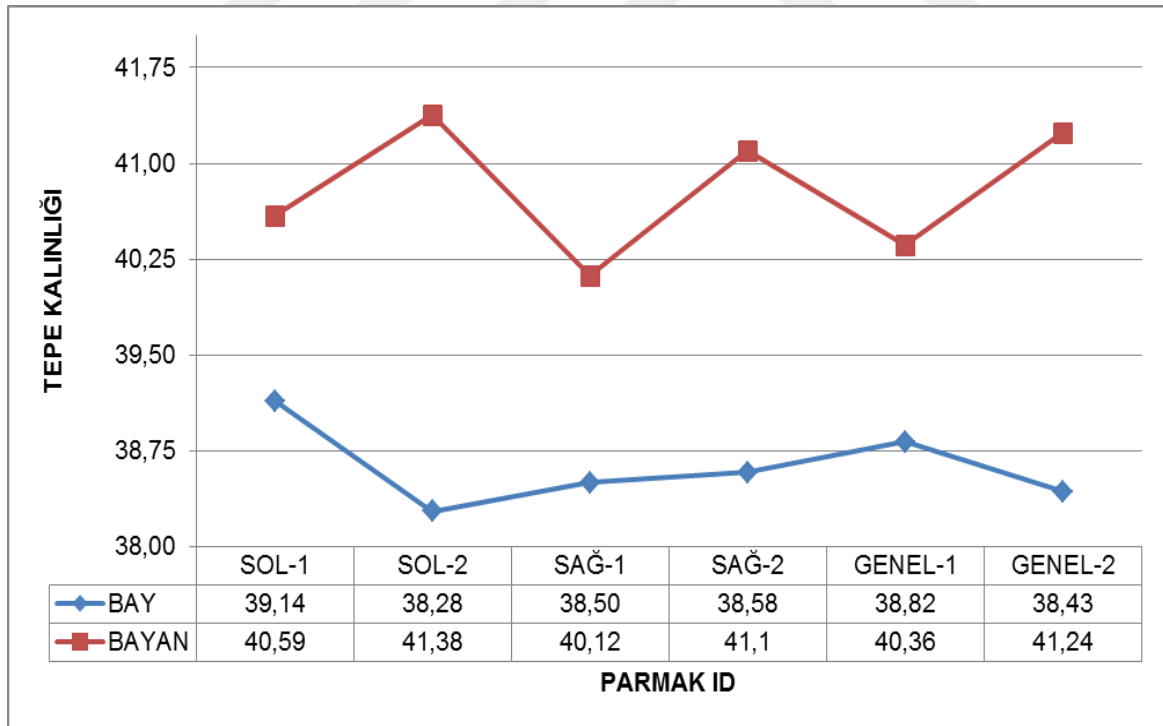
Tabloda baylarda en düşük ortalama sahip olan parmak 3,59 TKTSO/80 piksel değeriyle 3 numaralı parmak, en yüksek ortalama sahip olan parmak ise 3,80 TKTSO/80 piksel değeriyle 7 numaralı parmağıdır. Bayanlarda en düşük ortalama sahip olan parmak 3,33 TKTSO/80 piksel değeriyle 3 numaralı parmak olup, en yüksek ortalama sahip olan parmak ise 4,29 TKTSO/80 piksel değeriyle 5 numaralı parmak olarak bulunmuştur. Her iki cinsiyette de 3 numaralı parmağın en düşük ortalama sahip olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 7.16'da ayrıca, BiyoVeri#3 veri kümesindeki baylar ve bayanlarda her bir parmağın 2. kesiti için TKTSO değerinin analizi gösterilmektedir. Baylar sol el için 2,47'den 18'e kadar değişen tepe TKTSO değerine (ortalama 4,19 TKTSO/80 piksel), sağ el için 2,69'dan 11,33'e kadar değişen TKTSO değerine (ortalama 4,23 TKTSO/80 piksel) sahiplerdir ve bayanlar da sol el için 2,33'den 14'e kadar değişen TKTSO değerine (ortalama 3,83 TKTSO/80 piksel) ve sağ el için 2,50'den 10,60'a kadar değişen (ortalama 3,91 TKTSO/80 piksel) TKTSO değerine sahiplerdir. Tüm parmaklardaki TKTSO değeri baylarda bayanlardan daha yüksek çıkmıştır. Tabloda baylarda en düşük ortalama sahip olan parmak 4,11 TKTSO/80 piksel değeriyle 8 numaralı parmak, en yüksek ortalama sahip olan parmak ise 4,30 TKTSO/80 piksel değeriyle 7 numaralı parmağıdır. Bayanlarda en düşük ortalama sahip olan parmak 3,63 TKTSO/80 piksel değeriyle 3 numaralı parmak olup, en yüksek ortalama sahip olan parmak ise 4,04 TKTSO/80 piksel değeriyle 6 numaralı parmak olarak bulunmuştur. Her iki cinsiyette de karşılıklı parmaklar olan 3 ve 8 numaralı parmakların en düşük parmak izi TKTSO değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir.

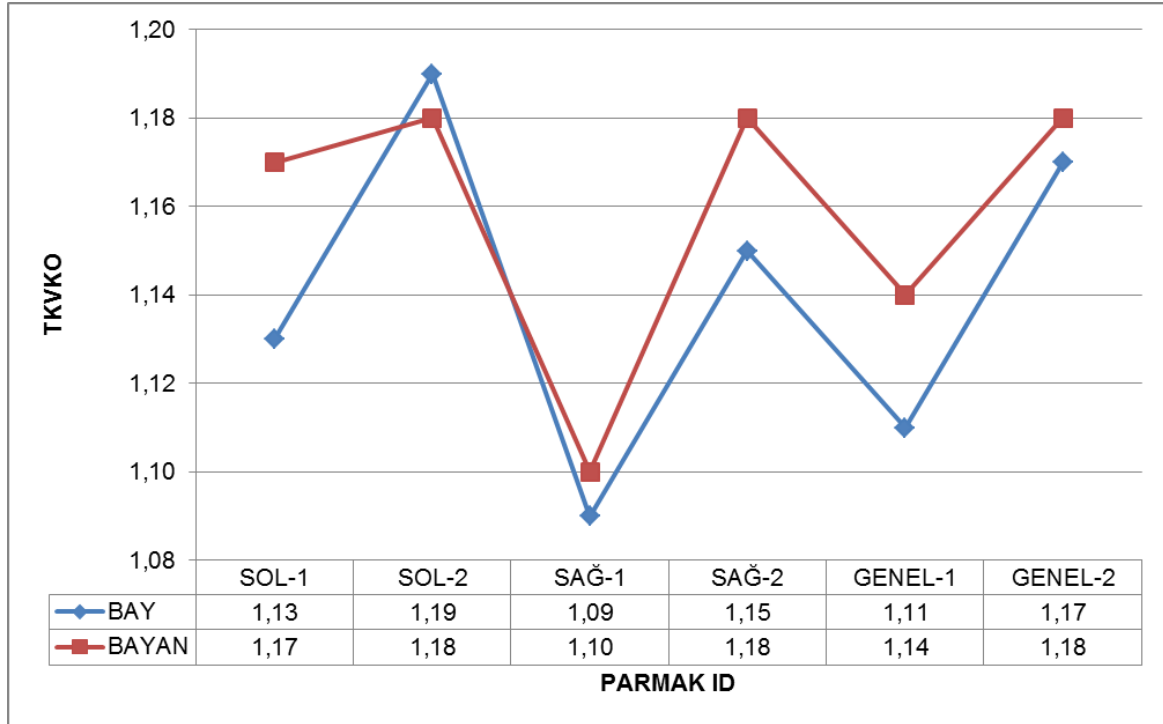
Şekil 7.13, 7.14, 7.15 ve 7.16'da, baylar ve bayanların sağ ve sol elleri ile tüm parmakları genelindeki 1. ve 2. kesitte bulunan tepe ve vadiler analiz edilerek çıkarılan grafikler gösterilmektedir. Şekil 7.13'de gösterilen ortalama tepe sayısı değerleri grafiğinde ve Şekil 7.14'de gösterilen ortalama tepe kalınlığı değerleri grafiğinde, bayların her durumda bayanlara oranla önemli miktarda daha düşük ortalama değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Şekil 7.15'de gösterilen ortalama TKVKO değerleri grafiğinde sol 2. kesit dışında diğer tüm kesitlerde baylardaki ortalama değerleri bayanlara göre daha düşüktür. Şekil 7.16'daki grafikte bulunan TKTSO değerlerine bakıldığında ise, sol el 1. kesit dışındaki tüm durumlarda bayların bayanlara göre daha yüksek parmak izi TKTSO değerine sahip olduğu görülmektedir.



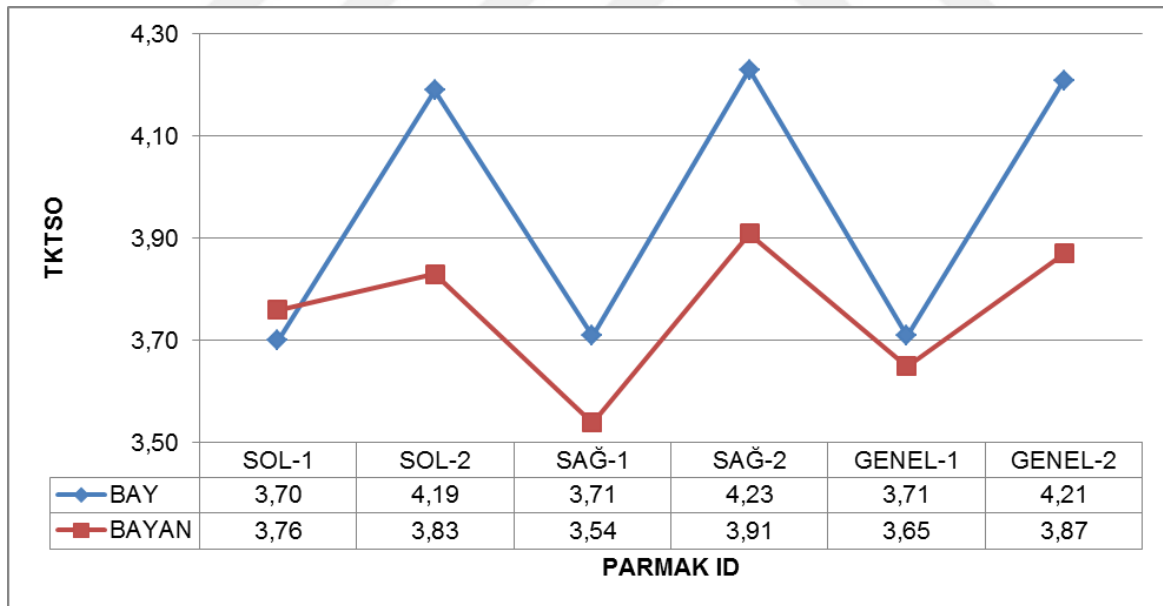
Şekil 7.13. Parmak izi 1. ve 2. kesitleri, ortalama tepe sayısının cinsiyete göre sağ el, sol el ve 6 parmak geneli için karşılaştırılması



Şekil 7.14. Parmak izi 1. ve 2. kesitleri, ortalama tepe kalınlığının cinsiyete göre sağ el, sol el ve 6 parmak geneli için karşılaştırılması



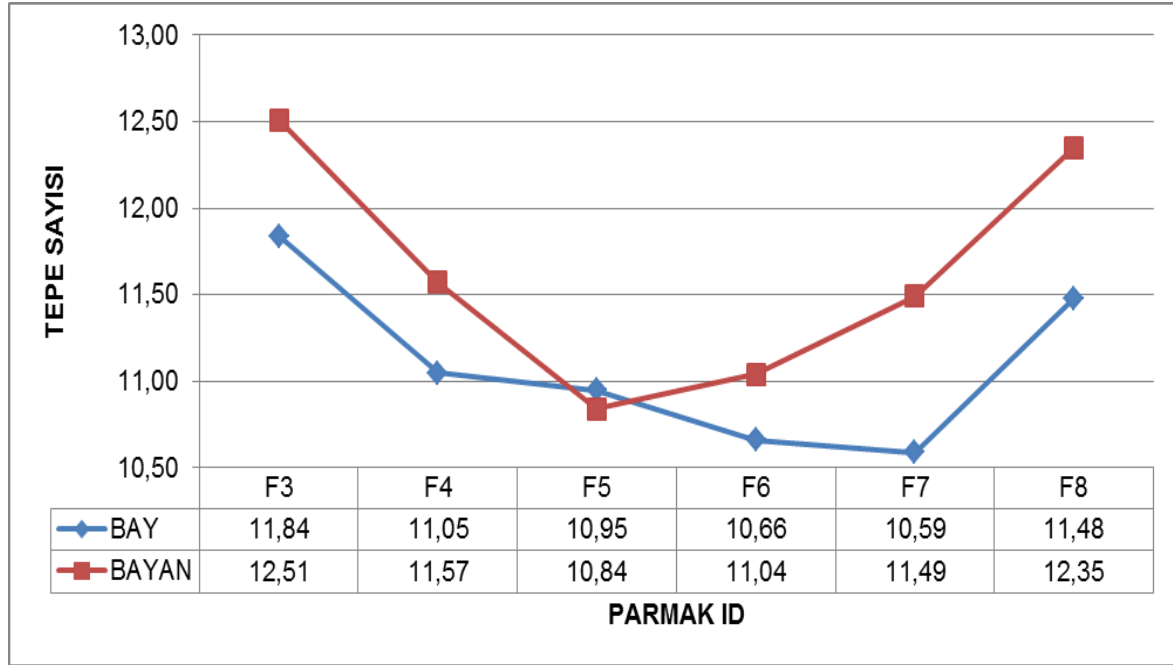
Şekil 7.15. Parmak izi 1. ve 2. kesitleri, ortalama TKVCO değerinin cinsiyete göre sağ el, sol el ve 6 parmak geneli için karşılaştırılması



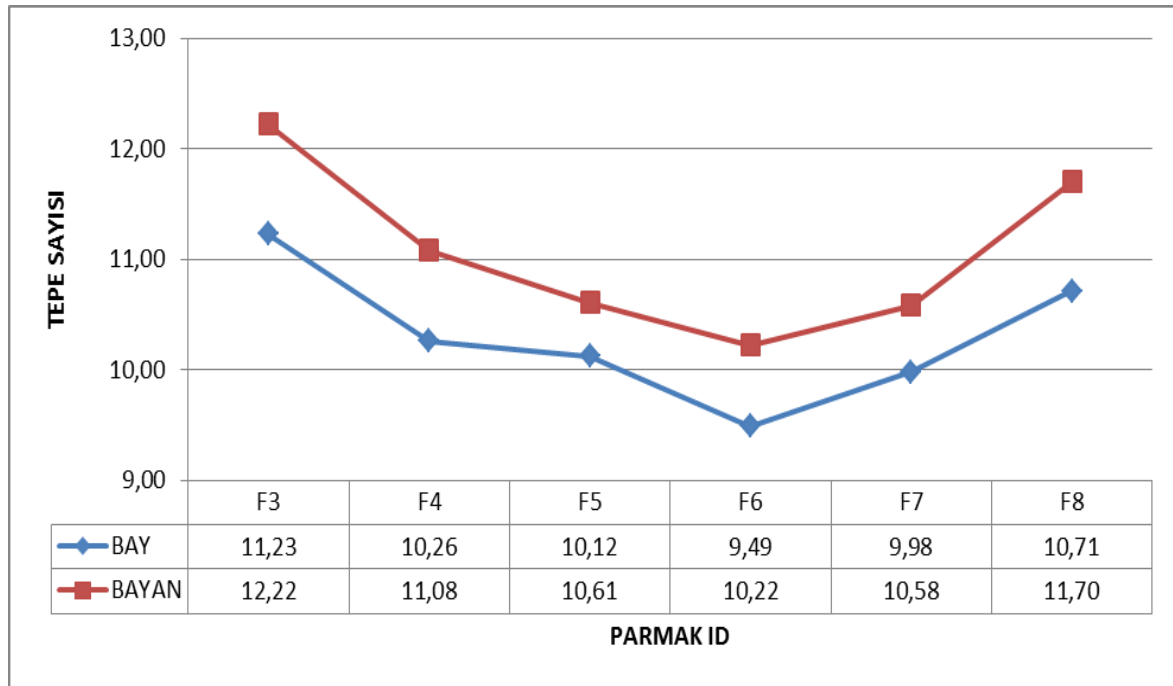
Şekil 7.16. Parmak izi 1. ve 2. kesitleri, ortalama TKTSO değerinin cinsiyete göre sağ el, sol el ve 6 parmak geneli için karşılaştırılması

Şekil 7.17 ve 7.18’de, baylar ve bayanların sağ ve sol ellerindeki tüm parmakların ortalama tepe sayılarının dağılımı gösterilmektedir. Şekil 7.17’de gösterilen 1. kesitteki ortalama tepe sayısı değerleri ve Şekil 7.18’de gösterilen 2. kesitteki ortalama tepe sayısı değerlerine bakıldığında, 5 numaralı parmağın 1. kesiti dışında bayanların tüm parmaklarındaki tepe

sayısı değerleri baylara göre daha yüksektir. Her iki grafikte de karşılıklı parmakların benzer dağılımlara sahip olduğu dikkat çekmektedir.



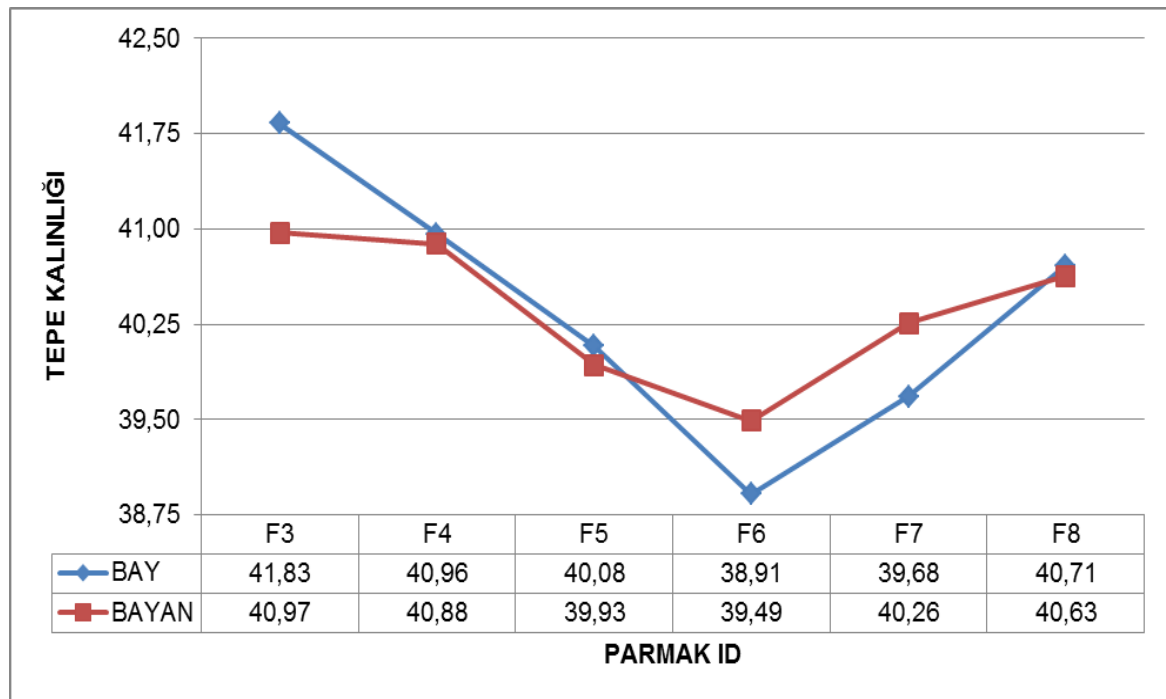
Şekil 7.17. Parmak izi 1. kesit ortalama tepe sayısının cinsiyete göre 6 parmak için karşılaştırılması



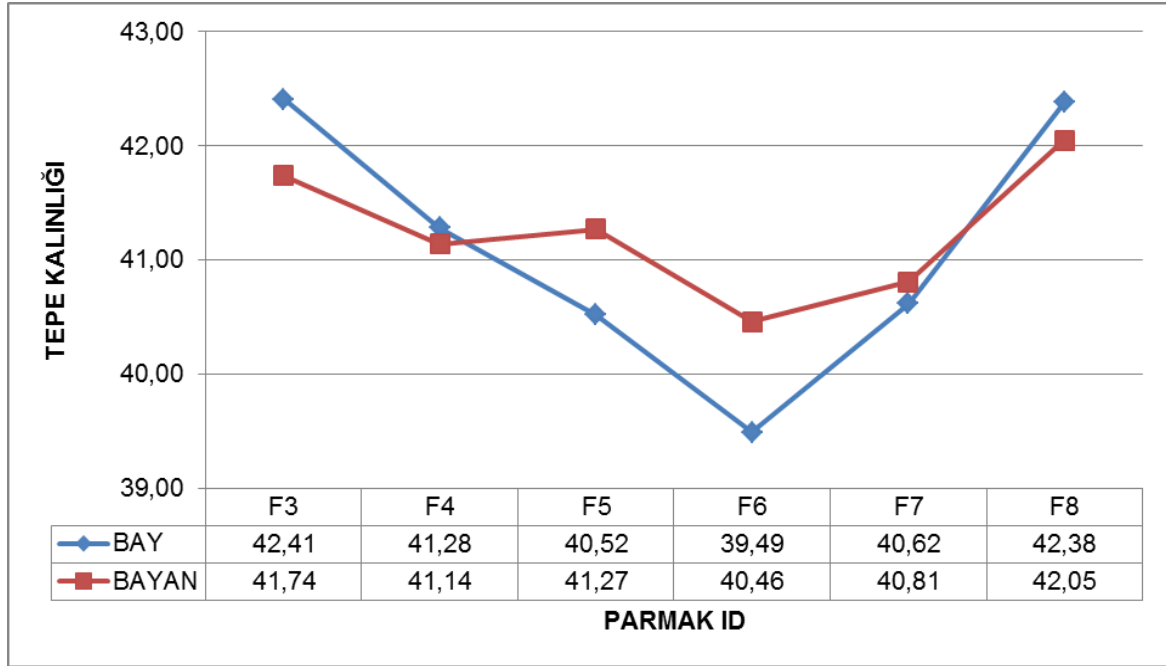
Şekil 7.18. Parmak izi 2. kesit ortalama tepe sayısının cinsiyete göre 6 parmak için karşılaştırılması

Şekil 7.19’da gösterilen parmak izi 1. kesitindeki ortalama tepe kalınlığının değerlerine bakıldığında, 3, 4, 5 ve 8 numaralı parmaklarda bayanlar baylara göre daha düşük tepe kalınlığına sahip olmasına rağmen, diğer iki parmakta bayanlardaki parmak izi tepe kalınlığı değerlerinin baylara göre daha yüksek olduğu dikkat çekmektedir.

Şekil 7.20’deki parmak izi 2. kesitindeki ortalama tepe kalınlığı değerlerine bakıldığında ise, 5, 6 ve 7 numaralı parmaklarda bayların parmak izi ortalama tepe kalınlığının bayanlara göre daha düşük olduğu, diğer parmaklarda ise bayanların baylara göre daha düşük ortalamaya sahip olduğu tespit edilmiştir.



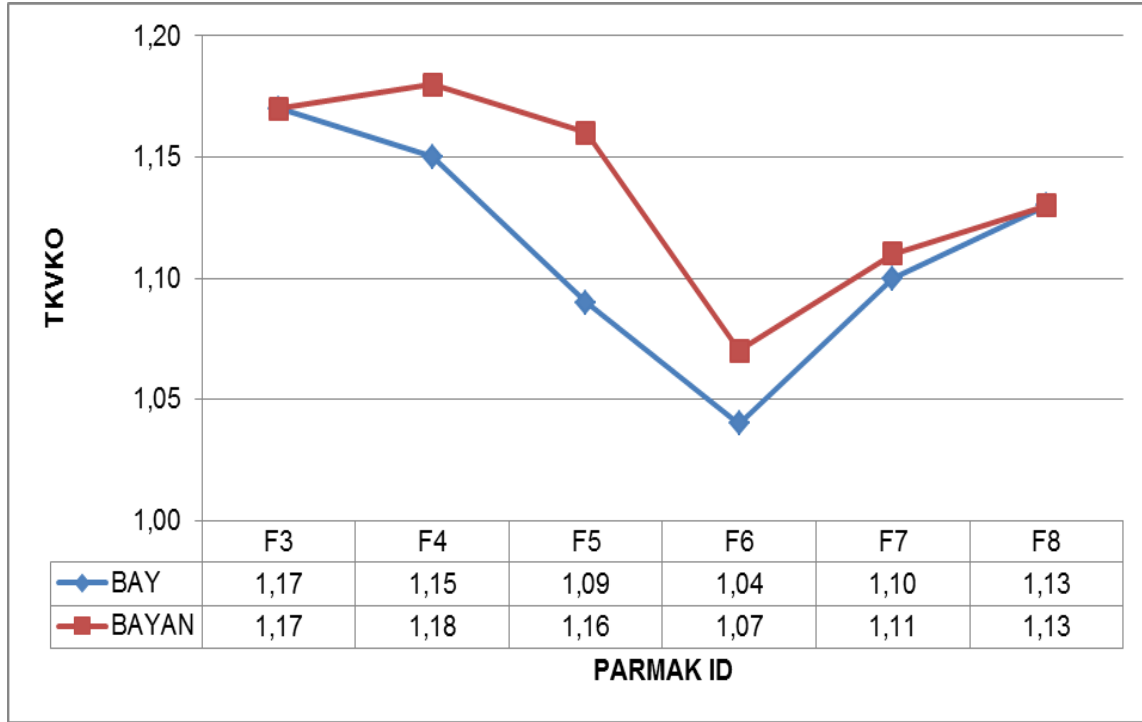
Şekil 7.19. Parmak izi 1. kesit ortalama tepe kalınlığının cinsiyete göre 6 parmak için karşılaştırılması



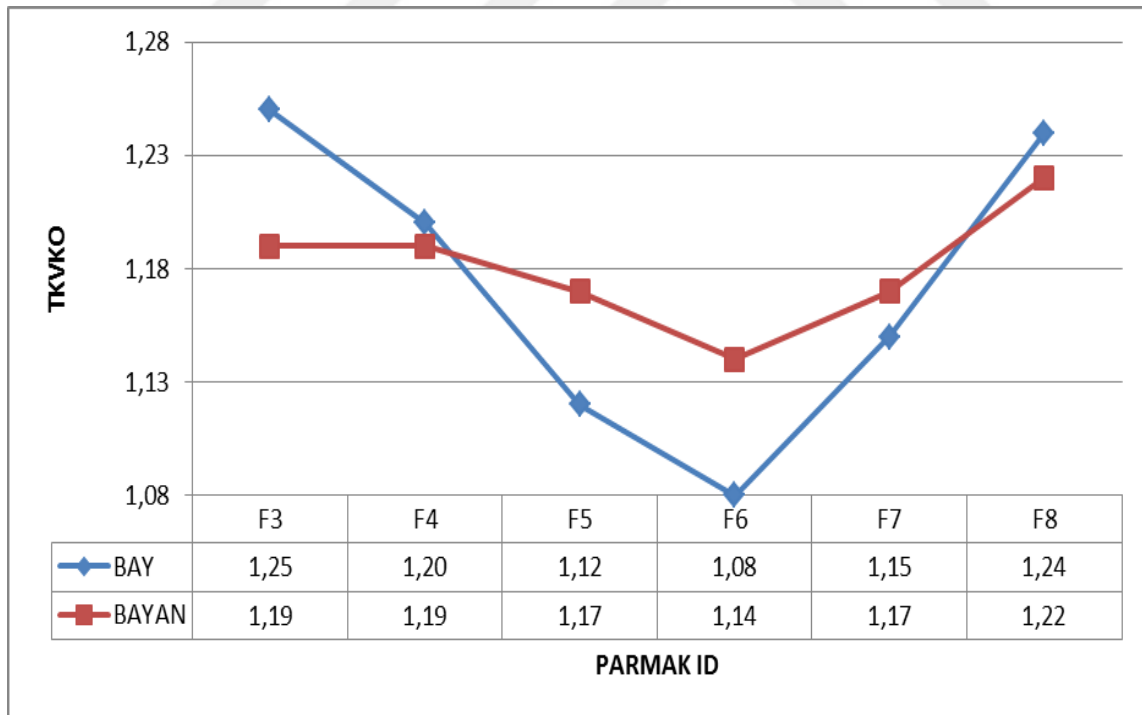
Şekil 7.20. Parmak izi 2. kesit ortalama tepe kalınlığının cinsiyete göre 6 parmak için karşılaştırılması

Şekil 7.21’de gösterilen parmak izi 1. kesitindeki ortalama tepe kalınlığının vadi kalınlığına oranı (TKVKO) değerlerinin sol ve sağ eldeki karşılıklı parmaklar olan 3 ve 8 numaralı parmaklar için bay ve bayanlarda aynı değerler olduğu, bunun dışındaki diğer dört parmakta ise bayanların baylardan daha fazla parmak izi TKVKO değerine sahip olduğu görülmektedir. TKVKO değerleri çok küçük değerler olduğundan, çizelgedeki değerlerin bay ve bayanlar arasında önemli farklar arz ettiği değerlendirilmektedir.

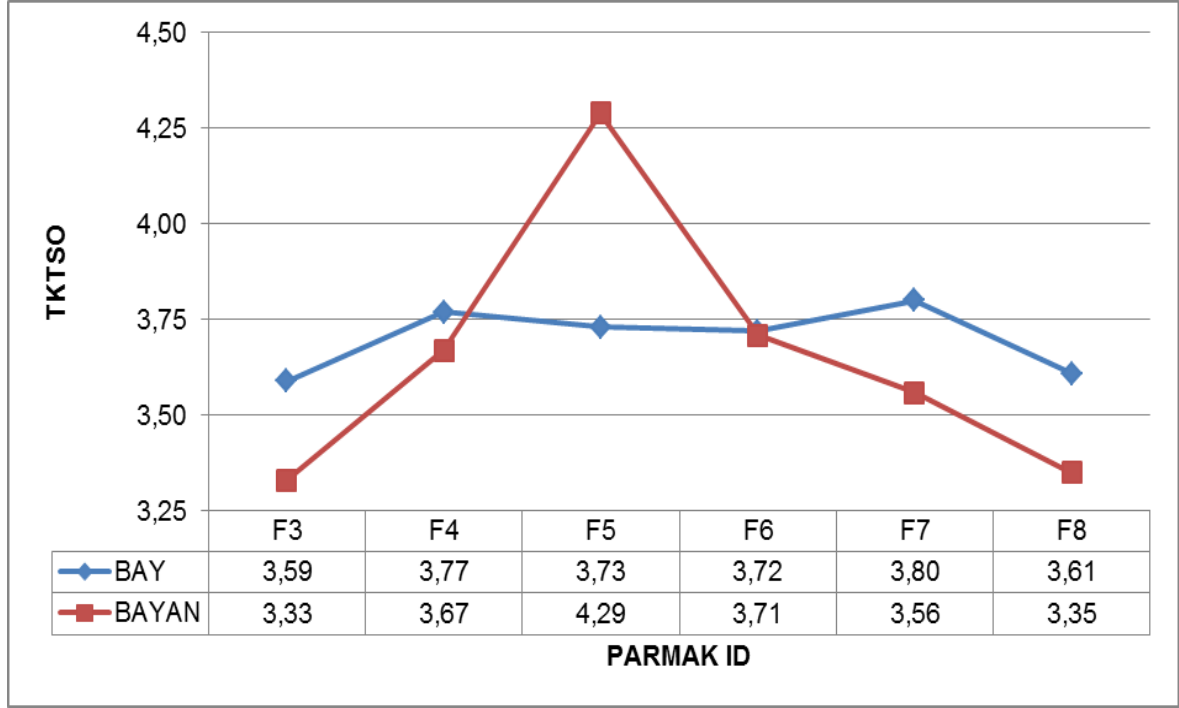
Şekil 7.22’deki grafikte de parmak izi 2. kesitindeki ortalama TKVKO değerleri görülmektedir. 5, 6 ve 7 numaralı parmaklarda baylar bayanlara göre daha düşük TKVKO değerlerine sahipken, diğer parmaklarda baylar daha yüksek TKVKO değerine sahiptir.



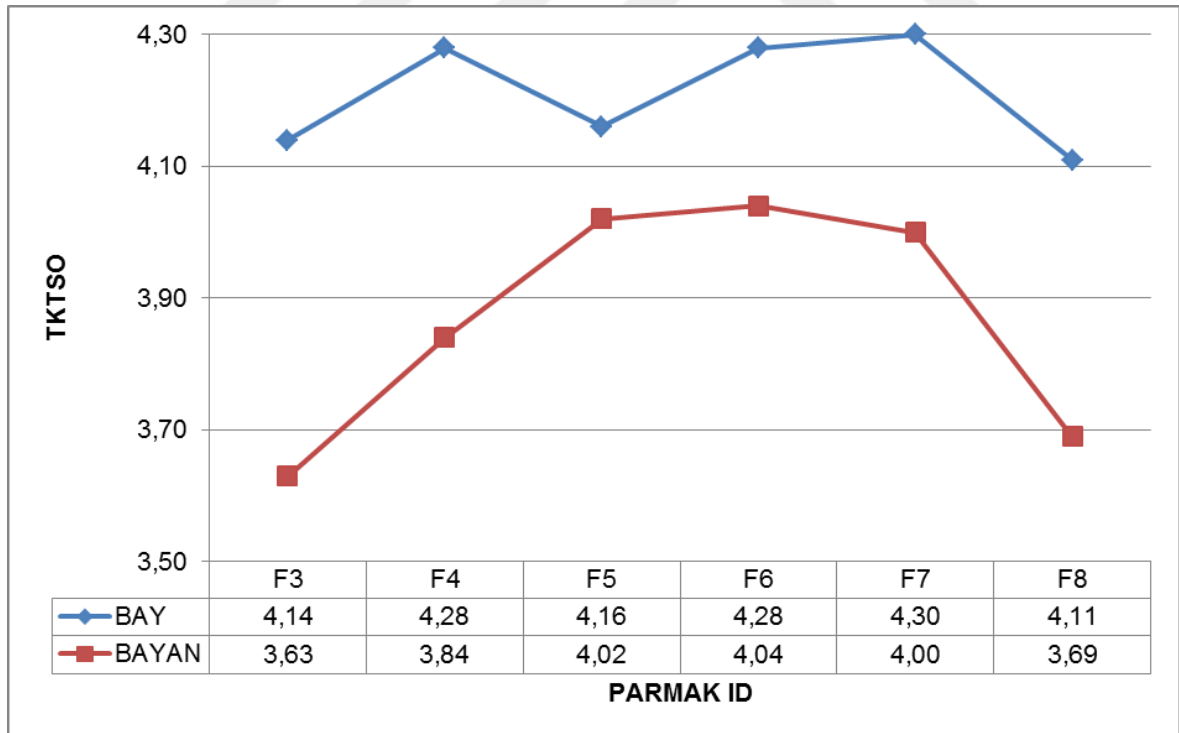
Şekil 7.21. Parmak izi 1. kesit ortalama TKVKO değerinin cinsiyete göre 6 parmak için karşılaştırılması



Şekil 7.22. Parmak izi 2. kesit ortalama TKVKO değerinin cinsiyete göre 6 parmak için karşılaştırılması



Şekil 7.23. Parmak izi 1. kesit tepe kalınlığının tepe sayısına oranı ortalamalarının cinsiyete göre 6 parmak için karşılaştırılması



Şekil 7.24. Parmak izi 2. kesit tepe kalınlığının tepe sayısına oranı ortalamalarının cinsiyete göre 6 parmak için karşılaştırılması

Şekil 7.23 ve 7.24’de, baylar ve bayanların tüm parmakların 1. ve 2. kesitleri için tepe kalınlığının tepe sayısına oranı (TKTSO) ortalamalarının dağılımı gösterilmektedir. Şekil

7.23’de gösterilen 1. kesitteki tepe kalınlığının tepe sayısına oranı ortalamalarının değerlerine bakıldığında, 5 numaralı parmaklar dışında tüm parmaklarda bayarlara ait parmak izi TKTSO değerlerinin bayarlara göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Şekil 7.24’de gösterilen 2. kesitteki TKTSO ortalama değerlerine bakıldığında ise, bayarlardaki parmak izi TKTSO değerlerinin tüm parmaklarda bayarlara göre önemli miktarda daha yüksek olduğu görülmüştür.

7.3. BiyoVeri#2 ve BiyoVeri#3 Veritabanları Sonuçlarının Karşılaştırılması

Bu bölümde, BiyoVeri#2 ve BiyoVeri#3 veri kümelerindeki, önerilen yeni yöntem dahilinde tespit edilen tepe ve vadi değişkenlerinin farklı kombinasyonları ile elde edilen parametrelerin, cinsiyete göre Türk vatandaşları ile farklı ırklar arasında nasıl değişkenlik gösterdiği araştırılmıştır. BiyoVeri#2 ve BiyoVeri#3 veri kümelerindeki parametreler Çizelge 7.17’de karşılaştırılmıştır.

Çizelge 7.17’de, BiyoVeri#2 veritabanındaki 10 parmak izinde bulunan ve BiyoVeri#3 veritabanındaki 6 parmak izinde bulunan tepe sayısı, tepe kalınlığı, tepe kalınlığının tepe sayısına oranı ve tepe kalınlığının vadi kalınlığına oranı değerlerinin ortalamaları her iki cinsiyet ve her iki kesit için ayrı ayrı karşılaştırılmıştır. Topladığımız Türk vatandaşlarına ait BiyoVeri#2 veritabanındaki parmak izleri ve BiyoVeri#3 veritabanındaki farklı ırklara ait parmak izlerindeki bu parametreler kullanılarak, farklı ülke vatandaşlarının parmak izlerindeki parametrelerin cinsiyete göre nasıl bir değişkenlik gösterdiğinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Çizelgedeki değerler karşılaştırıldığında;

- Bayanların parmak izlerinin 1. kesit toplam tepe sayısı (TS) ortalamasının her iki veritabanında da bayarlara göre daha yüksek olduğu,
- Bayanların parmak izlerinin 2. kesit toplam tepe sayısı (TS) ortalamasının her iki veritabanında da bayarlara göre daha yüksek olduğu,
- Bayanların parmak izlerinin 1. kesit toplam tepe kalınlığı (TK) ortalaması BiyoVeri#2 veritabanında bayarlara göre daha yüksek iken BiyoVeri#3 veritabanında aynı olduğu,
- Bayanların parmak izlerinin 2. kesit toplam tepe kalınlığı (TK) ortalamasının her iki veritabanında da bayarlara göre daha yüksek olduğu,
- Bayanların parmak izlerinin 1. kesit tepe kalınlığının tepe sayısına oranı (TKTSO) değeri ortalamasının her iki veritabanında da bayarlara göre daha düşük olduğu,

- Bayanların parmak izlerinin 2. kesit tepe kalınlığının tepe sayısına oranı TKTSO değeri ortalamasının her iki veritabanında da baylara göre daha düşük olduğu,
- Bayanların parmak izlerinin 1. kesit tepe kalınlığının vadi kalınlığına oranı TKVKO değeri ortalamasının her iki veritabanında da baylara göre daha yüksek olduğu,
- Bayanların parmak izlerinin 2. kesit tepe kalınlığının vadi kalınlığına oranı TKVKO değeri ortalamasının her iki veritabanında da baylara göre daha yüksek olduğu sonuçları elde edilmiştir.

Dolayısıyla karşılaştırma yapılan her niteliğin bay ve bayanlarda aynı yönde bir değişkenlik gösterdiği çok net bir şekilde görülmektedir. Burada sadece BiyoVeri#3 veritabanındaki parmak izlerinin 1. kesitinde baylar ve bayanların aynı tepe kalınlığı değerlerine sahip olduğu fakat standart sapma değerlerinin farkının 0,62 olduğu görülmektedir. Dolayısıyla bu değişkenler ve kesitlerin parmak izinden cinsiyet tespitinde kullanılabileceği, önceki çizelge ve şekillere ek olarak bu tablo ile de anlaşılabilir ve yapılan korelasyon analizleri sonuçlarını doğrular niteliktedir.

Çizelge 7.17. BiyoVeri#2 veritabanı ile BiyoVeri#3 veritabanından elde edilen analiz sonuçlarının karşılaştırılması

Veri Türü	Analiz Tipi	Kesit	Bay		Bayan	
			Ortalama	Standart Sapma	Ortalama	Standart Sapma
BiyoVeri#2 veritabanı	Toplam tepe sayısı	1. kesit	13,27	2,51	14,41	2,54
		2. kesit	12,45	2,53	13,82	2,38
BiyoVeri#3 veritabanı	Toplam tepe sayısı	1. kesit	11,10	1,56	11,63	2,01
		2. kesit	10,30	2,07	11,07	1,99
BiyoVeri#2 veritabanı	Toplam tepe kalınlığı	1. kesit	38,82	3,89	39,39	3,80
		2. kesit	38,43	4,26	39,30	4,00
BiyoVeri#3 veritabanı	Toplam tepe kalınlığı	1. kesit	40,36	2,86	40,36	3,48
		2. kesit	41,15	3,59	41,24	3,24
BiyoVeri#2 veritabanı	TKTSO Değeri	1. kesit	3,05	0,77	2,89	1,55
		2. kesit	3,22	0,82	2,93	0,61
BiyoVeri#3 veritabanı	TKTSO Değeri	1. kesit	3,71	0,56	3,65	1,56
		2. kesit	4,21	1,36	3,87	1,00
BiyoVeri#2 veritabanı	TKVKO Değeri	1. kesit	1,03	0,19	1,07	0,41
		2. kesit	1,04	0,20	1,08	0,19
BiyoVeri#3 veritabanı	TKVKO Değeri	1. kesit	1,11	0,14	1,14	0,25
		2. kesit	1,17	0,24	1,18	0,19



8. TEK VEYA ÇİFT MERKEZLİ İŞARET PARMAĞI İZİNDEN CİNSİYET TESPİT EDEN ZEKİ SİSTEM ÖNERİSİ

Literatürde parmak izi ile cinsiyet arasındaki ilişkinin varlığına dair analiz çalışmaları mevcuttur. Bu çalışmalarda parmak izi ile cinsiyet arasındaki ilişki, parmak izindeki bazı kesitler baz alınarak incelenmektedir. Bu çalışmalara bakıldığında temel sorunlar, veri azlığı ve ırka veya ülkeye bağımlı olunmasıdır. Ayrıca bu amaca yönelik yapılan işlemleri otomatize edecek zeki bir sistem de önceki çalışmamızda [14] önerdiğimiz zeki sistem dışında bulunmamaktadır. Parmak izlerinin farklı cinsiyetlerdeki özelliklerinin de farklı olduğu bilinmekle birlikte, bayanların tepe çizgileri ince olarak ve bayların ise tepe çizgileri kalın olarak tanımlanmıştır [15-19, 23, 25, 30, 33, 34, 36]. Fakat bu kabullerin doğruluğunu ispatlamak için yapılan istatistiksel çalışmalarda hipotezin doğruluğu her ırk için tam olarak yapılmamıştır.

Tezin bu bölümünde, önerilen yeni yöntem dahilinde, tek veya çift merkezli olan sağ ve sol el işaret parmaklarındaki, Bölüm 7’de cinsiyete göre farklılıkları gösterilmiş olan parmak izindeki nitelikler kullanılarak, geliştirilen sistemin başarısını ölçmek amaçlanmıştır.

Bölüm 5’deki literatür taramasında da görüldüğü gibi, parmak izinde yer alan belli bir alandaki tepe sayısı cinsiyete ve ülkeye göre değişiklik göstermektedir [15-19, 23, 25, 30, 33, 34, 36]. Buradan hareketle yeni yöntem dahilinde tespit edilen tepe ve vadi değişkenlerinin farklı kombinasyonları ile geliştirilen sistem test edilmiştir. Burada kurulan hipotez:

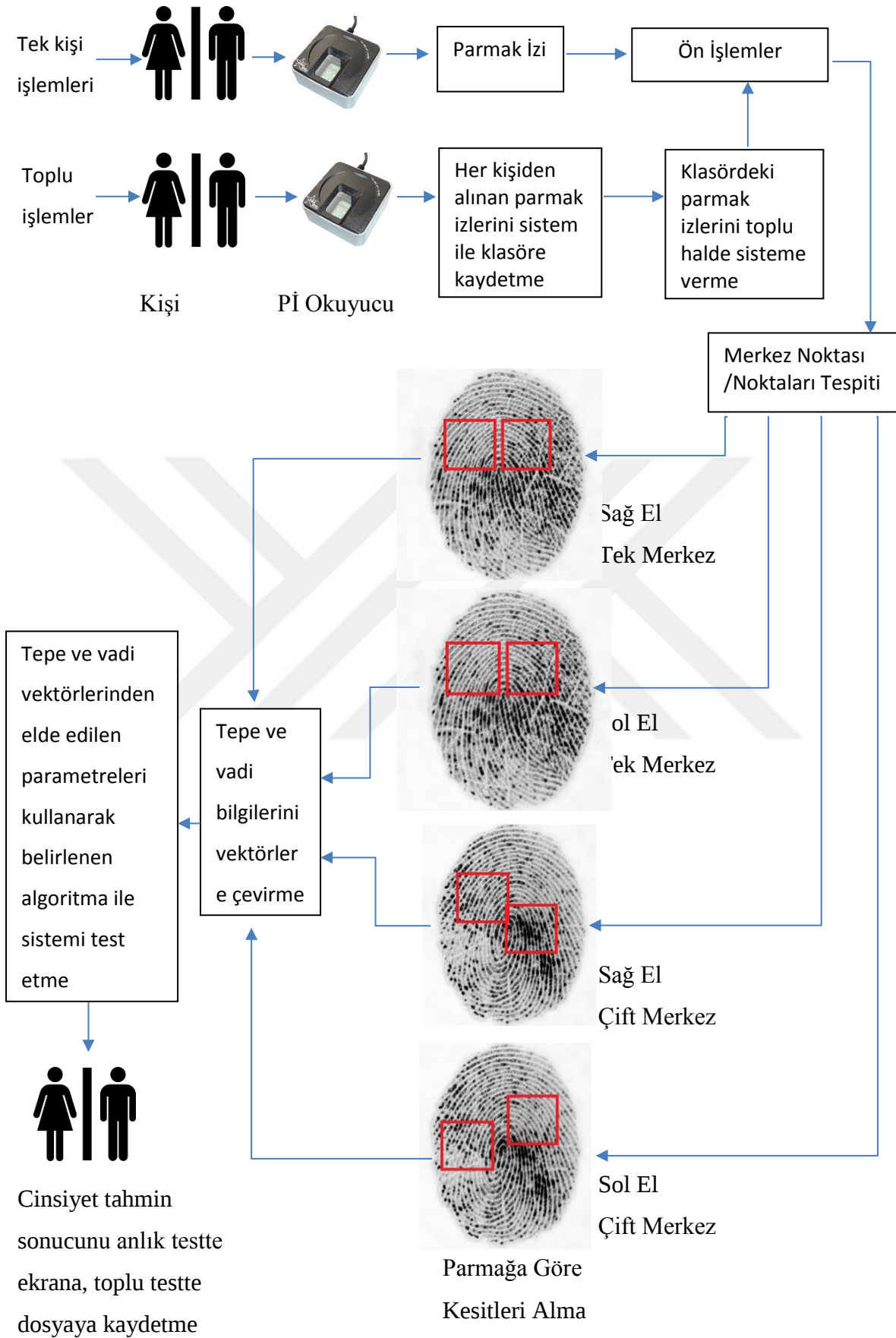
Hipotez-3: “Türk vatandaşlarının işaret parmak izlerinden kişilerin cinsiyetleri otomatik olarak sınıflandırılır” şeklindedir.

Hipotez-3 kurularak Türk vatandaşlarından alınan parmak izlerindeki parametreler eğitim ve test veri kümelerinde kullanılmış, naive bayes (NB), çok katmanlı algılayıcı (ÇKA), karar ağacı (KA) ve destek vektör makineleri (DVM) algoritmaları kullanılarak geliştirilen sistemin sınıflandırma başarısı ölçülmüş, böylelikle yalnızca parmak izi görüntüsü kullanılarak cinsiyet tespiti yapılmaya çalışılmıştır.

8.1. Önerilen Model

Sistemin geliştirilmesi için önerilen modeller Şekil 8.1’de verilmiştir. Modelin açıklaması detaylı olarak Bölüm 6’da verilmiştir.

Özetle, Şekil 8.1’deki modelde, kişinin anlık parmak izi okuyucu ile alınan parmak izi veya parmak izi okuyucu ile toplu olarak alınan ve klasöre kaydedilen parmak izleri sisteme verilir. Sistem tarafından yapılan ön işlemler sonucunda iyileştirilen parmak izinin merkez noktası/noktaları tespit edilerek, parmak izinin bulunduğu el ve parmak izinde kaç merkez noktası bulunduğu göre parmak izinden farklı kesitler kırpılır. Kırpılan parmak izi kesitindeki tepe ve vadi bilgileri vektörel hale çevirilerek, bu vektörel bilgilerden elde edilen parametreler kullanılarak belirlenen algoritma ile test işlemi yapılır ve sistem tarafından anlık testte ekrana, toplu testte ise bir dosyaya cinsiyet tahmin sonuçları yazdırılır.



Şekil 8.1. Sisteme anlık veya toplu halde verilen parmak izleri ile sistemin testi modeli

8.1.1. Veri kümesi

Bu bölümde kullanmak için hazırlanan BiyoVeri#1 hakkında detaylı bilgi Bölüm 6.3’de verilmiştir. Özetle, 126 bay ve 126 bayan toplam 252 kişiden alınan sağ ve sol işaret parmak izleri, toplamda 504 parmak izi incelenmiştir. Deneklerin yaş aralığı 18-50 olarak seçilmiştir ve bütün denekler Türk vatandaşlarından oluşmaktadır.

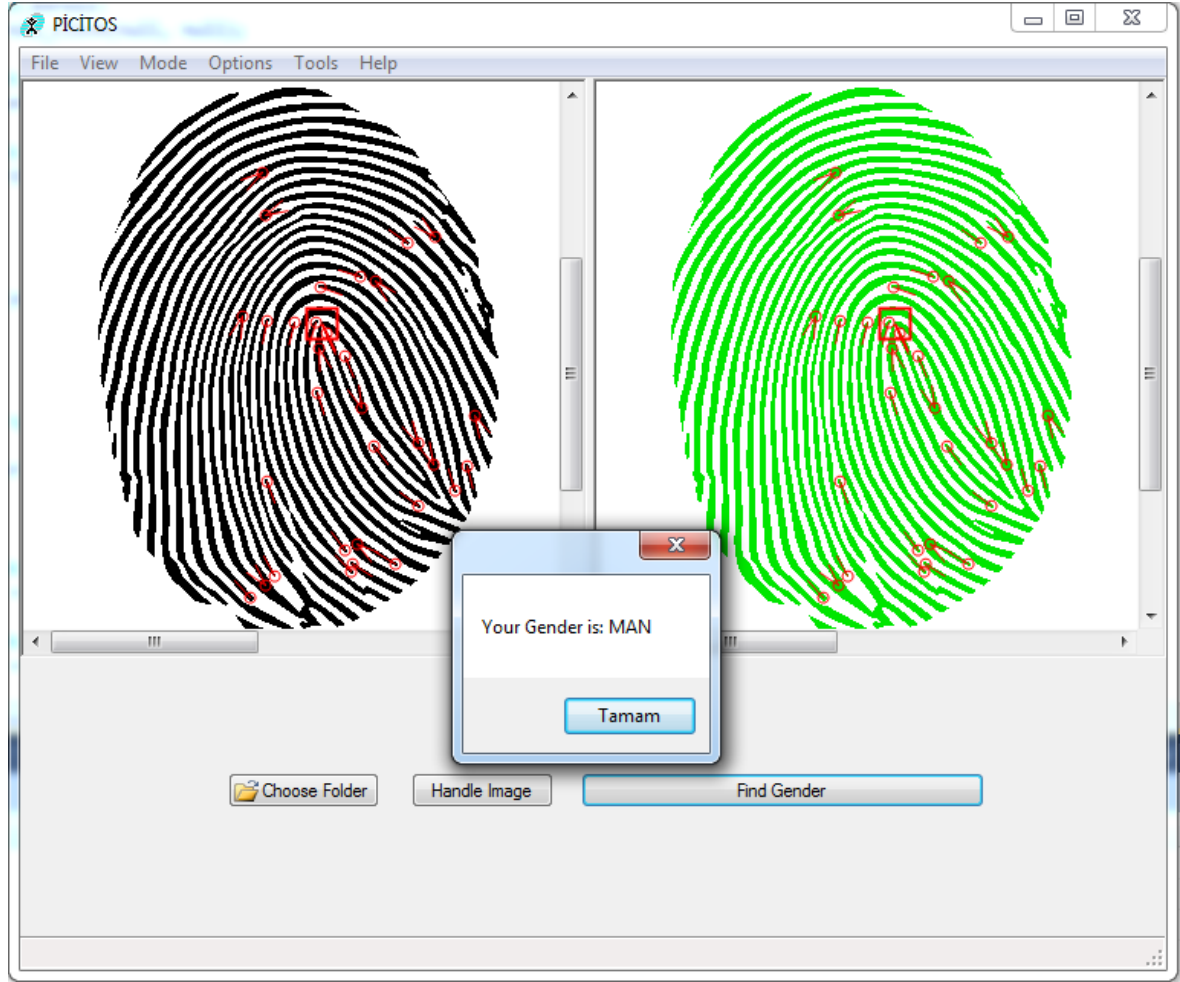
Parmak izinden cinsiyet tespiti için geliştirilen sistemde Visual Studio C# dili kullanılmıştır. Bölüm 6’da detaylı olarak anlatılmış olan, tez kapsamında önerilen yeni yöntem kullanılarak parmak numarasına göre ayrı dosyalarda tutulan, belirli kesitlerindeki nitelikleri çıkarılmış parmak izi veri kümeleri, geliştirilen zeki sisteme eğitim seti olarak verilmiştir. Böylelikle geliştirilen sistem sayesinde anlık olarak alınan veya toplu halde sisteme verilen parmak izi görüntülerinin, naive bayes, çok katmanlı algılayıcı, karar ağacı veya destek vektör makinelerinden biri seçilerek uygulanması ile cinsiyet/cinsiyetlerin sınıflandırılabilirdiği zeki bir sistem gerçekleştirilmiştir.

Sistemde kullanılacak 10 farklı parmak için ayrı ayrı oluşturulan veri kümeleri ile sistem eğitilmiş, yeni gelen parmak izinin hangi parmakta olduğunu tespitinden sonra, belirlenen parmağa ait parmak izi veri kümesi kullanılarak yeni gelen parmak izi/izlerinin testi gerçekleştirilmiştir. Bu bölümde, oluşturulan veri kümelerinden yalnızca sağ ve sol işaret parmak izlerine ait veri kümeleri kullanılmıştır.

Yüksek lisans tezimiz kapsamında geliştirilen sistemde [14], yalnızca tek merkezli işaret parmağı baz alınmakta, merkez noktasının sağ el için sol üst ve sol el için sağ üst taraftaki kesitte yer alan tepe sayısı ve ortagonal piksel değerleri elde edilerek sisteme giriş olarak verilmektedir. Aynı sistemin farklı yöntemlerle geliştirilmesi sonucu oluşturulan yeni sistemde ise, parmak izinin sağ veya sol elde bulunması ve tek merkez (core) veya çift merkez olmasına göre farklı kesitlerindeki tepe sayısı (TS), vadi sayısı (VS), tepe kalınlığı (TK), tepe kalınlığının tepe sayısına oranı (TKTSO), vadi kalınlığı (VK), vadi kalınlığının vadi sayısına oranı (VKVSO) ve tepe kalınlığının vadi kalınlığına oranı (TKVKO) değerleri elde edilerek kişinin cinsiyetini başarıyla bulan zeki bir sistem kodlanmıştır.

8.2. Sistemin Arayüzü

Geliştirilen sistem hem masaüstü hem de web ortamında çalışmaktadır. Sistemin arayüzü, kullanıcıların kolay kullanımı amacıyla sade bir biçimde tasarlanmıştır. Parmak izi, sisteme parmak izi okuyucu kullanılarak verilmek istendiğinde, “File (Dosya)” menüsünden tarayıcı seçilerek parmak izinden görüntü alınması beklenmektedir. Parmak izi okuyucu kullanmadan, bilgisayardaki görüntüler sisteme verilmek istendiğinde ise “Choose Folder (Klasör Seç)” butonu tıklanarak, jpeg veya bitmap formatındaki parmak izlerinin klasör yolu seçilerek işlemlere devam edilmektedir. Anlık olarak işlenen parmak izi görüntüsü sistemde problemsiz bir şekilde oluştuktan sonra işleme devam etmek için “Handle Image (Resmi İşle)” butonuna basıldığında, parmak izi görüntüsünün öznitelikleri sistem tarafından bulunarak, parmak izi görüntüsü ve bu görüntü üzerinde koordinatlarıyla birlikte bulunan öznitelikler ekrana getirilmektedir. Toplu parmak izi görüntüleri sisteme verildiğinde ise arka planda parmak izlerindeki öznitelikler otomatik olarak tespit edilmektedir. Bu aşamada cinsiyet tahmini için gereken merkez noktası/noktaları bulunmakta ve Bölüm 6’da açıklanan yöntemler kullanılarak bu merkez noktası/noktalarından iki farklı kesit alınmaktadır. Sonraki aşamada ise alınan kesitler üzerindeki tepe ve vadi bilgilerinin farklı kombinasyonlarıyla elde edilen tepe sayısı (TS), vadi sayısı (VS), tepe kalınlığı (TK), tepe kalınlığının tepe sayısına oranı (TKTSO), vadi kalınlığı (VK), vadi kalınlığının vadi sayısına oranı (VKVSO), tepe kalınlığının vadi kalınlığına oranı (TKVKO) değerleri olmak üzere her kesit için 7 nitelik bulunmakta ve elde edilen bu 14 nitelik sayısal olarak bir dosyaya kaydedilmektedir. Son adımda ise “Find Gender (Cinsiyet Bul)” butonuna basılarak, daha önce Naive Bayes algoritması kullanılarak BiyoVeri#2 veri kümesindeki kullanıcının seçtiği parmağa ait eğitilmiş veriler ile, yeni gelen kişiye ait anlık verilen parmak izi veya toplu olarak verilen parmak izleri test edilmektedir. Parmak izi sahiplerine ait bay veya bayan cinsiyet tahmini sonucu, anlık testte ekrana basılmakta ve toplu testte ise dosyaya kaydedilmektedir. Şekil 8.2’de, anlık alınan parmak izi ile test edilen sistemin arayüzü görülmektedir.



Şekil 8.2. Anlık olarak alınan parmak izinin cinsiyet sınıflandırma sonucunun gösterildiği sistem arayüzü

Genel olarak test işleminde, sistem tarafından anlık olarak alınan parmak izi üzerinde işlem yapılarak cinsiyet tahmini sonucu kullanıcıya sunulabilmektedir. Ayrıca olay yerinden alınarak jpeg veya bitmap formatında bilgisayara kaydedilen parmak izi kullanılmak istendiğinde ise, sistem kullanılarak dosya yolu belirtilir ve tek parmak izi görüntüsü seçildiğinde parmak izi program arayüzüne aktarılarak sınıflandırma sonucu sunulur, çoklu dosya seçiminde ise parmak izleri arka planda işlenerek cinsiyet tahmin sonuçları bir dosyaya kaydedilmektedir. Toplanan parmak izleriyle sistem eğitildikten sonra, hem toplu veriler ile hem de anlık veri ile sistem test edilmiştir.

Sistemin web ortamında geliştirilmiş versiyonu da benzer mantıkla çalışmaktadır. “WWW.SOFTBIOMETRICS.ORG/FP2SB” adresinde kullanıma sunulan web tabanlı uygulamanın ana menüsünde yer alan “Live Test (Canlı Demo)” seçeneğine tıklandığında geliştirilen web tabanlı yazılım açılmaktadır. Bağlantının güvenliği SSL sertifikası

aracılığıyla sağlanmaktadır. Siteye ilk defa giren ve kullanıcı kaydı olmayan kişiler “Login Form (Giriş Formu)” aracılığıyla yeni bir kullanıcı kaydı oluşturarak sisteme giriş sağlamaktadırlar. Bu sayede canlı test yapma imkanı sağlanmaktadır. Ardından kullanıcı adı ve şifresi ile sisteme giriş yaparak “Live Test (Canlı Demo)” linki tıklanarak, sisteme parmak izi görüntüsü yükleme ekranına geçiş sağlanmaktadır. Burada kullanıcılar bitmap veya jpeg formatında kaydetmiş oldukları parmak izi görüntülerini sisteme verir. Bu sayede geliştirilmiş olan yazılım birkaç dakika içerisinde cinsiyet sonucunu tahmin ederek, sonucu kullanıcılara mail atmaktadır. Sistem, kullanıcının girdiği parmak izi görüntüsünü işleyerek cinsiyet sonucunu bulup kullanıcıya mail attıktan sonra, kullanıcının parmak izi görüntüsünü otomatik olarak silerek kullanıcının verilerinin korunmasını da sağlamaktadır.

Sistem, parmak izindeki merkez noktasını referans olarak aldığından dolayı sisteme sunulan parmak izinin üzerinde merkez noktası olmasına dikkat edilmektedir. Sisteme sunulan parmak izi görüntüsünde merkez noktası varsa işleme devam edilmekte, aksi takdirde sistem uyarı vererek görüntünün tekrar sisteme verilmesi gerektiğini belirtmektedir.

8.3 Modeller ve Başarımları

Sistemin eğitimi ve testi için BiyoVeri#1 veri kümesindeki işaret parmak izlerinden elde edilen parametreler arff uzantılı dosya formatına dönüştürülmüş, sonrasında geliştirilen sistem ile Weka programının bağlantısı sağlanarak sırasıyla Naive Bayes, çok katmanlı algılayıcı, karar ağacı ve destek vektör makineleri algoritmalarının programdaki sabit ayarları kullanılarak cinsiyet sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Burada Weka programının kullanılmasının amacı, diğer bilim insanları tarafından gelecek çalışmalarda da aynı deneylerin yapılarak bu çalışma ile karşılaştırılabilmesini daha sağlıklı sağlamaktır. Bu test işlemlerinde 7-kat çapraz doğrulama tekniği ve 10-kat çapraz doğrulama tekniği ile elde edilen sınıfa göre detaylı doğruluk tablosu sonuçlarının karşılaştırılması amaçlanmış ve bulgular Çizelge 8.1’de verilmiştir.

Çizelge 8.1. Modeller ve başarımlar sonuçları

Modeller	Test Yöntemi	Karmaşıklık Matrisi	Sınıflandırma Başarımı (%)
Naive Bayes	7-kat Çapraz Doğrulama	a b <- Sınıflandırılan 242 10 a = bay 14 238 b = bayan	95,2
Naive Bayes	10-kat Çapraz Doğrulama	a b <- Sınıflandırılan 285 15 a = bay 17 283 b = bayan	95,0
Çok katmanlı algılayıcı	7-kat Çapraz Doğrulama	a b <- Sınıflandırılan 236 16 a = bay 14 238 b = bayan	94,1
Çok katmanlı algılayıcı	10-kat Çapraz Doğrulama	a b <- Sınıflandırılan 237 15 a = bay 11 241 b = bayan	94,8
Karar ağacı	7-kat Çapraz Doğrulama	a b <- Sınıflandırılan 234 18 a = bay 8 244 b = bayan	94,8
Karar ağacı	10-kat Çapraz Doğrulama	a b <- Sınıflandırılan 235 17 a = bay 10 242 b = bayan	94,6
Destek vektör makinelere	7-kat Çapraz Doğrulama	a b <- Sınıflandırılan 236 16 a = bay 13 239 b = bayan	94,3
Destek vektör makinelere	10-kat Çapraz Doğrulama	a b <- Sınıflandırılan 231 21 a = bay 12 240 b = bayan	93,5

Türk vatandaşlarının parmak izlerinden oluşan veritabanı ile elde edilen sonuçlara bakıldığında, en yüksek başarımın %95,2 olarak Naive Bayes algoritması ve 7-kat çapraz doğrulama tekniği kullanılarak elde edildiği görülmektedir. En düşük başarımın ise %93,5 olarak destek vektör makinelere algoritması ve 10 kat çapraz doğrulama tekniği kullanılarak elde edildiği tespit edilmiştir.

[14] nolu kaynakta işaret parmağı veritabanı kullanılarak elde edilen başarımın, bu tezde önerilen yöntemlerle elde edilen en yüksek başarım ile karşılaştırılması Çizelge 8.2’de sunulmuştur. Çizelgeden de anlaşılacağı üzere, BiyoVeri#1 veritabanı kullanılarak sunulan tez kapsamında önerilen yöntemlerin cinsiyet ayırt etmede daha başarılı olduğu görülmektedir.

Çizelge 8.2. Yüksek lisans tezindeki başarım ile bu tezin karşılaştırılması

Çalışma	Kullanılan Parmak İzleri	Parametreler	Kullanılan Algoritma	Sınıflandırma Başarımı (%)
YL Tez [14]	Tek Merkezli İşaret Parmakları	TS, 80 piksel değerleri	YSA	78,0
Sunulan Tez	Tek veya Çift Merkezli İşaret Parmakları	TS, VS, TK, TKTSO, VK, VKVSO, TKVKO	Naïve Bayes	95,2

Yeni önerilen yöntemle geliştirilen sistemden elde edilen sınıflandırma başarımlarının Hipotez-3’ü desteklediği sonucuna varılmıştır. Bu hipotez, tek merkezli işaret parmak izlerinin tek bir kesitinden elde edilen tepe sayısı ve köşegen vektörü üzerindeki 80 piksel değeri kullanılarak YSA ile eğitilip test edilen, daha önceki çalışmalarda [14] geliştirdiğimiz sistemde %78 olarak desteklenmekteyken, tek veya çift merkezli işaret parmak izlerinin sağ veya sol el olmasına göre değişken olan farklı kesitlerinden elde edilen tepe sayısı (TS), vadi sayısı (VS), tepe kalınlığı (TK), tepe kalınlığının tepe sayısına oranı (TKTSO), vadi kalınlığı (VK), vadi kalınlığının vadi sayısına oranı (VKVSO) ve tepe kalınlığının vadi kalınlığına oranı parametreleri kullanılarak Naive Bayes ile eğitilip sonrasında test edilen sunulan tezimizde geliştirdiğimiz sistemde ise %95,2 olarak desteklenmektedir.



9. TEK VEYA ÇİFT MERKEZLİ ON PARMAK İZİNDEN CİNSİYET TESPİT EDEN ZEKİ SİSTEM MODEL ÖNERİLERİ

Parmak izinden cinsiyet tanıma sistemi, yüksek lisans tezimizde geliştirilen ve patenti alınan bir çalışmadır [14, 61-63]. Daha önceki çalışmalarda [14] yalnızca tek merkezli parmak izleri değerlendirilmiş, çift merkezli parmak izleri ise değerlendirilmemiştir. Tek merkezli parmak izlerinin ise yalnızca merkez noktasının üst bölümünde yer alan bir kesiti dikkate alınmıştır. Ayrıca daha önceki çalışmalarda [14] yalnızca işaret parmağı dikkate alınmış, 10 parmak değerlendirilmemiştir. Bu tezde sunulan yeni bir yöntemle, parmak izi görüntüsünün ikişer kesitleri üzerindeki parametreler sistem tarafından otomatik belirlenerek, anlık test için sistemin eğitiminde ve toplu test için sistemin hem eğitiminde hem de testinde kullanılacak nitelikler belirlenmiş ve veri kümesine aktarılmıştır. Sistem 10 parmaktan herhangi biri sisteme verilse dahi başarıyla cinsiyeti sınıflandırmaktadır.

Bu bölümde, kişinin sadece parmak izi bilgisinden cinsiyet tespitini yapmaya yönelik yeni bir yöntem kullanılarak anlık ve toplu cinsiyet tespiti yapabilen zeki bir sistem geliştirilmiştir. Geliştirilen sistemin testi için, parmak izlerindeki kesitlerde yer alan tepe, vadi ve bu iki niteliğin kombinasyonları ile elde edilen parametreler zeki sisteme uygulanacak şekilde birleştirilmiş, zeki sistemin yapısı kurulmuş, elde edilen veri kümesi ve model kullanılarak sistem eğitilmiş ve son olarak sistemin testi gerçekleştirilmiştir. Tüm bu işlemleri otomatik yapan hem masaüstü tabanlı hem de web tabanlı olarak çalışabilen zeki bir sistem geliştirilmiştir. Geliştirilen sistem farklı modüllerden oluşmaktadır. Bunlar arasında parmak izi alma modülü, önerilen yöntem dahilinde parmak izlerindeki kesitleri kırpma modülü, veri kümesi oluşturmak için parmak izinden kırılan kesitlerdeki tepe ve vadi bilgileri kullanılarak elde edilen nitelikleri belirleme ve kaydetme modülü, elde edilen veri kümesini sistemin eğitiminde kullanma ve bu veri kümesindeki veya anlık alınan bir parmak izi görüntüsündeki nitelikleri sistemin testinde kullanarak cinsiyet sınıflandırma modülü gibi modüller yer almaktadır. Böylelikle kişilerin parmak izi ile cinsiyeti arasındaki ilişkiyi tespit edebilen zeki bir biyometrik sistem geliştirilmiştir.

Literatürdeki çalışmalar 10 parmak izi ile cinsiyet arasındaki ilişkiyi istatistiksel olarak tespit etmiştir fakat 10 parmaktan herhangi biri kullanılarak zeki bir sistem

geliştirilmemiştir. Bu bölümde amaç, yüksek lisans tezi [14] kapsamında yapılan parmak izinden cinsiyet tanıyan zeki sistemin sınıflandırma başarısını artırmak ve daha önce yalnızca tek merkez noktasına sahip kişilerin sınıflandırıldığı sistemi çift merkez noktasına sahip bireyler için de kullanıma sunmaktır. Ayrıca yüksek lisans [14] kapsamında sadece işaret parmağı veritabanı oluşturularak yapılan sınıflandırmayı, 10 parmağın herhangi biri kullanılarak da yapabilen bir model ve zeki bir sistem oluşturmak hedeflenmiştir.

Geliştirilen sistem kapsamında aşağıdaki adımlar izlenmiştir:

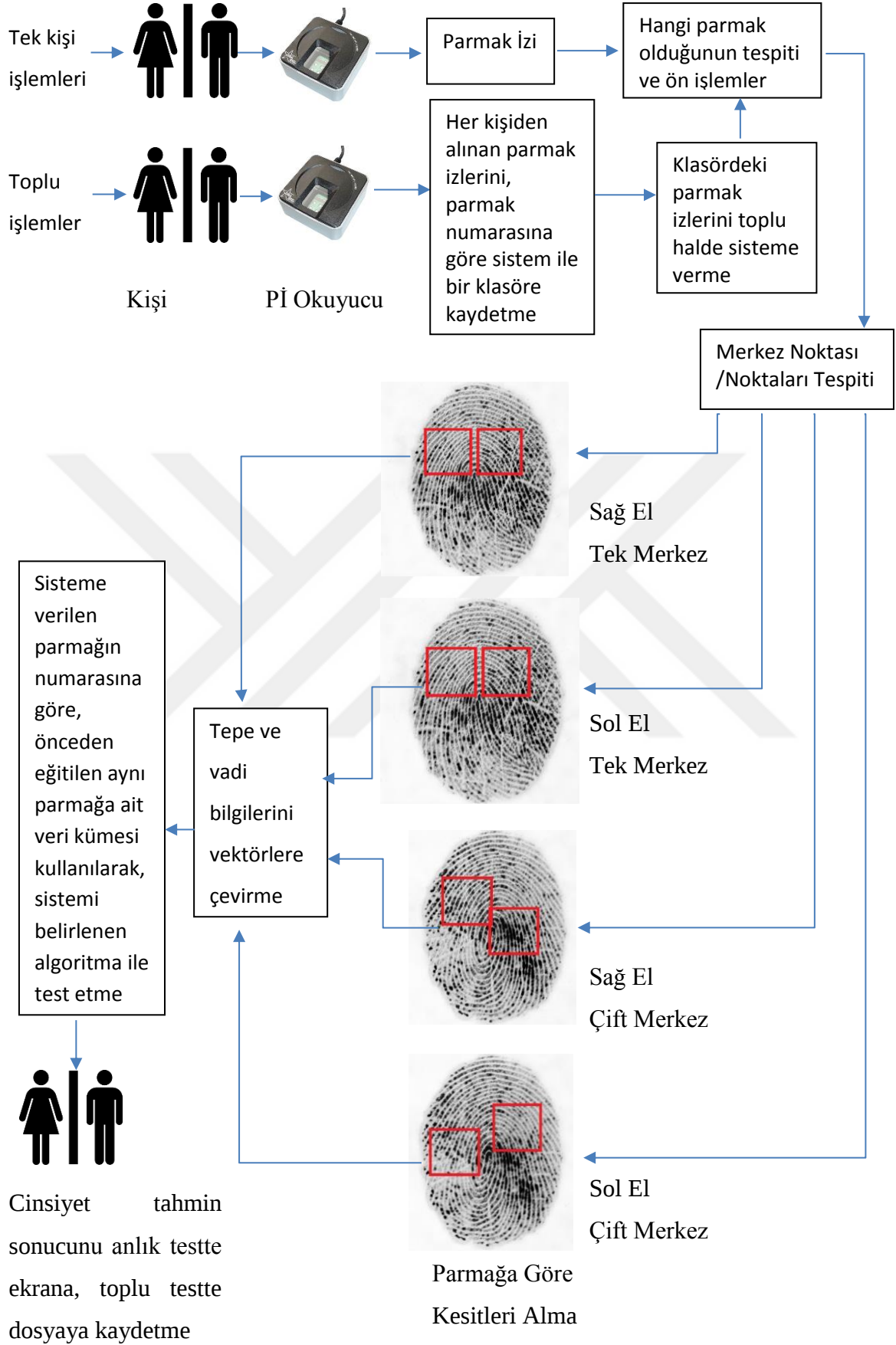
- 1- Anlık test için sistemin eğitiminde ve toplu test için sistemin hem eğitiminde hem de testinde kullanılmak üzere 18-50 yaş aralığındaki 126 bay 126 bayan toplam 252 kişiden 10'ar parmak izi, toplamda 2520 parmak izi BiyoVeri#2 veritabanı kapsamında toplanmıştır.
- 2- Parmak izlerinin sağ veya sol ele ait olmasına ve parmak izlerinde tek veya çift merkez noktası bulunmasına göre farklı yöntemler kullanılarak kırılan parmak izi kesitleri kişi numarasına, parmak numarasına ve cinsiyete göre sınıflandırılarak kaydedilmiştir.
- 3- Her kişinin her bir parmağından alınan ikişer parmak izi kesitinin, geliştirilen sistem tarafından otomatik analiz edilerek elde edilen nitelikleri, 10 farklı parmağa ait 10 ayrı veri kümesine her kişi için kaydedilmiştir. Her veri kümesindeki kişilerin her kesit için 7'şer nitelik toplamda 14 niteliği, sisteme verilen her parmak izi için veri kümesine otomatik olarak yazdırılmıştır. Ayrıca her kişinin 14 niteliğinin sonuna cinsiyet bilgisi de bay için "1" ve bayan için "-1" olacak şekilde kodlanarak yazılmıştır.
- 4- Oluşturulan veri kümesi çeşitli algoritmalar ile eğitilerek en iyi sonucu veren algoritma ve veri kümesi zeki sisteme verilmiştir.
- 5- Son olarak test veri kümesindeki kişilerin parmak izlerinin cinsiyet sınıflandırma başarısı hesaplanarak geliştirilen zeki sistemin başarısı ölçülmüştür.

Bu bölümün birinci alt başlığında tez kapsamında önerilen model sunulmuş, ikinci alt başlıkta oluşturulan BiyoVeri#2 veritabanı hakkında özet bir bilgi verilmiş, üçüncü alt başlığında BiyoVeri#2 veritabanı kullanılarak oluşturulan yeni modele göre tasarlanmış uygulamadan elde edilen cinsiyet sınıflandırma başarımları verilmiş, dördüncü alt başlığında BiyoVeri#3 veritabanındaki parmak izleri kullanılarak yapılan sistem testi sonuçları verilmiş, beşinci ve son alt başlıkta ise sistemin anlık testler ile verdiği cinsiyet tahminlerinin sonuçları sunulmuştur.

9.1. Önerilen Model

Sistem Bölüm 8.1’de anlatılan modele benzemekle birlikte, parmak numarasını da dikkate almasından dolayı o sistemden farklı işlemektedir. Toplanan on parmağa ait ayrı ayrı oluşturulan parmak izi veri kümeleriyle sistem eğitildikten sonra, önerilen yeni yöntem dahilinde, test için anlık olarak veya toplu halde sisteme verilen parmakların hangi parmağa ait olduğu bilgisine göre farklı işlem yapan sistemin iş akış diyagramı Şekil 9.1’de verilmiştir.





Şekil 9.1. Sisteme anlık veya toplu halde verilen parmak izleri ile sistemin testi modeli

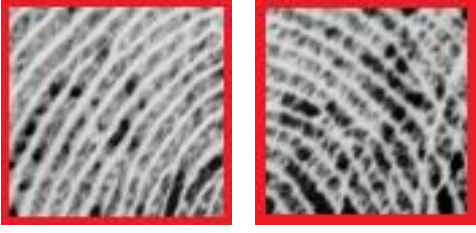
9.1.1. Veri kümeleri

Bu bölümde kullanmak için BiyoVeri#2 ve BiyoVeri#3 veri kümeleri ile anlık test için alınan parmak izleri hakkında detaylı bilgi Bölüm 6'da verilmiştir. Özetle, BiyoVeri#2 veri kümesinde, çalışmanın hem eğitim hem de test aşamasında kullanmak üzere 18-50 yaş aralığındaki 126 bay 126 bayan olmak üzere toplam 252 Türk vatandaşından parmak izleri alınmıştır. Toplanan parmak izleri üzerinde, parmak izi ile cinsiyet arasındaki ilişkiyi belirlemede referans noktası olarak kabul edilen merkez (core) noktasının bulunmasına dikkat edilmiştir. Her kişiden 10'ar parmak izi alınarak toplamda 2520 parmak izi kullanılarak veritabanı oluşturulmuştur. Her parmak için ayrı ayrı oluşturulan klasörlere bu 252 kişinin parmak izleri parmak numarasına göre ayrıştırılmıştır. Bu klasörlerdeki parmak izleri kullanılarak oluşturulan 10 farklı parmağa ait veri kümelerinde, istatistiksel analiz sonucunda cinsiyet ile korelasyonu düşük bulunan tepe sayısının vadi sayısına oranı (TSVSO) değerleri hariç her kesitteki 7 nitelik, toplamda 14 nitelik her kişi için parmak numarasına göre ayrılmış ve son sütuna da cinsiyet değeri yazılmak üzere toplam 15 sütunda bilgiler toplanmıştır. Aynı nitelikler hem BiyoVeri#3 veritabanındaki parmak izleri hem de anlık olarak alınan parmak izleri için de çıkarılmıştır.

9.2. Geliştirilen Sistemde Uygulanan İşlem Basamakları ve Önerilen Yeni Yöntemler

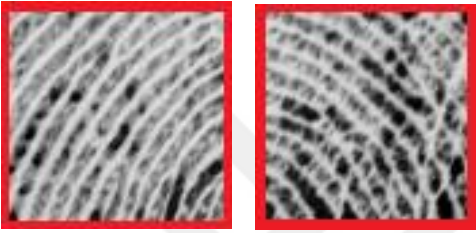
Önerilen yeni yöntem ile parmak izinden cinsiyet tahmini işlemlerinde, C# programlama dili kullanılmış olup, geliştirilen sistemde birçok modül bulunmaktadır. Bu modülleri oluşturmada aşağıda verilen işlem basamakları sırasıyla uygulanmıştır:

1. Geliştirilen sisteme entegre edilen literatürde kabul görmüş ticari bir SDK ile parmak izi görüntülerinin, Şekil 6.1'deki sıralamaya göre ait olduğu parmağa ait veritabanına kaydedilmesi,
2. Parmak görüntüsündeki merkez noktası/noktalarının R92 yöntemi ile belirlenmesi,
3. *Önerilen kare kesit belirleme yöntemi:* Önerilen yeni yöntem ile merkez noktası referans alınarak cinsiyet tahmininde kullanılacak kare kesitlerin kırılarak her kişi için ayrı isimlendirilmiş bu kesit görüntülerinin kaydedilmesi (Şekillerdeki kırmızı kenarlıklar kesitin sınırlarını göstermek için çizilmiştir),
 - i. *Tek merkezli sol el parmağı:* Bu parmak izlerinin örnek olarak Şekil 6.3'de belirtilen alanlarından Şekil 9.2'de belirtilen kesitler,



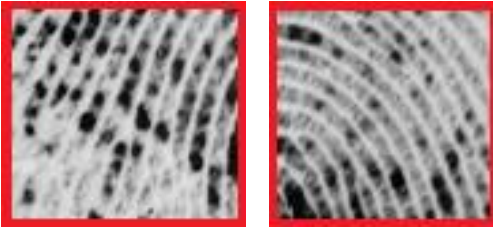
Şekil 9.2. Tek merkezli sol el parmağından kırılan parmak izi kesitleri

- ii. *Tek merkezli sağ el parmağı:* Bu parmak izlerinin örnek olarak Şekil 6.4’de belirtilen alanlarından Şekil 9.3’de belirtilen kesitler,



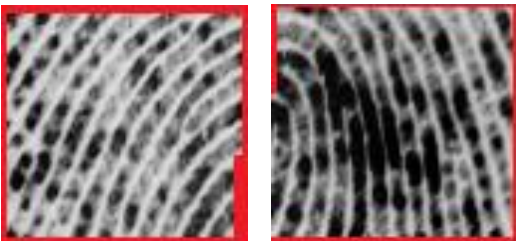
Şekil 9.3. Tek merkezli sağ el parmağından kırılan parmak izi kesitleri

- iii. *Çift merkezli sol el parmağı:* Bu parmak izlerinin örnek olarak Şekil 6.5’de belirtilen alanlarından Şekil 9.4’de belirtilen kesitler,



Şekil 9.4. Çift merkezli sol el parmağından kırılan parmak izi kesitleri

- iv. *Çift merkezli sağ el parmağı:* Bu parmak izlerinin örnek olarak Şekil 6.6’da belirtilen alanlarından Şekil 9.5’de belirtilen kesitler kırılarak kaydedilir.



Şekil 9.5. Çift merkezli sağ el parmağından kırılan parmak izi kesitleri

4. Kişilere ait griölçek formatında bulunan kare kesitlerin, iyileştirme, gürültü azaltma, netleştirme ve döndürme işlemlerinden geçirilerek sonrasında SDK yardımıyla siyah-beyaz formata dönüştürülmesi,
5. *Önerilen kare kesit belirleme yöntemiyle elde edilen kesitlerden piksel değerlerinin çıkarılması:* Bu parmak izi kesitlerinde bulunan parametrelerin kaydedilmesinde,
 - i. Yöntem 1: Tek merkez noktalı sol el parmağından elde edilen kare kesitler için, Şekil 6.3’de gösterilen alanlardan, merkez noktasının sol üst tarafındaki kare kesitin sağ alt köşesi ile sol üst köşesini birleştiren ve sağ üst tarafındaki kesitin sol alt köşesi ile sağ üst köşesini birleştiren köşegen vektörlerinin,
 - ii. Yöntem 2: Tek merkez noktalı sağ el parmağından elde edilen kare kesitler için, Şekil 6.4’de gösterilen alanlardan, merkez noktasının sol üst tarafındaki kare kesitin sağ alt köşesi ile sol üst köşesini birleştiren ve sağ üst tarafındaki kesitin sol alt köşesi ile sağ üst köşesini birleştiren köşegen vektörlerinin,
 - iii. Yöntem 3: Çift merkez noktalı sol el parmağından elde edilen kare kesitler için, Şekil 6.5’de gösterilen alanlardan, üstteki merkez noktasının sağ üst tarafındaki kare kesitin sol alt köşesi ile sağ üst köşesini birleştiren ve alttaki merkez noktasının sol üst tarafındaki kare kesitin sağ alt köşesi ile sol üst köşesini birleştiren köşegen vektörlerinin
 - iv. Yöntem 4: Çift merkez noktalı sağ el parmağından elde edilen kare kesitler için, Şekil 6.6’da gösterilen alanlardan, üstteki merkez noktasının sol üst tarafındaki kare kesitin sağ alt köşesi ile sol üst köşesini birleştiren ve alttaki merkez noktasının sağ üst tarafındaki kare kesitin sol alt köşesi ile sağ üst köşesini birleştiren köşegen vektörlerinin,

analiz edilerek, her bir kesit için elde edilen 80 piksel değerlerinden siyah piksel için “1” ve beyaz piksel için “0” değerinin verilerek piksel değerlerinin kaydedilmesi,
6. *Önerilen yeni parametrelerin çıkarılması:* Her bir kesit için elde edilen 80 piksel değerleri analiz edilerek parametrelerin,
 - i. *Tepe sayısı:* Yan yana “1” kümelerinin bulunma sıklığının tepe sayısı olarak,
 - ii. *Vadi sayısı:* Yan yana “0” kümelerinin bulunma sıklığının vadi sayısı olarak,
 - iii. *Tepe kalınlığı:* Toplam “1” sayısının tepe kalınlığı olarak,
 - iv. *Vadi kalınlığı:* Toplam “0” sayısının vadi kalınlığı olarak,
 - v. *TSVSO:* Yan yana “1” kümelerinin bulunma sıklığının yan yana “0” kümelerinin bulunma sıklığına oranının TSVSO olarak,

- vi. *TKTSO*: Toplam “1” sayısının, yan yana “1” kümelerinin bulunma sıklığına oranının tepe kalınlığının tepe sayısına oranı (*TKTSO*) olarak,
- vii. *VKVSÖ*: Toplam “0” sayısının, yan yana “0” kümelerinin bulunma sıklığına oranının vadi kalınlığının vadi sayısına oranı (*VKVSÖ*) olarak ve
- viii. *TKVKÖ*: Toplam “1” sayısının, toplam “0” sayısına oranının tepe kalınlığının vadi kalınlığına oranı (*TKVKÖ*) olarak bulunması ve kaydedilmesi,
- 7. Sistemin giriş parametreleri olarak, Adım 7’de çıkarılan parametrelerin ve çıkış parametreleri olarak, baylar için “1” ve bayanlar için “-1” değerlerinin seçilmesi,
- 8. *Önerilen sistem eğitimi modelleri*: Her parmak için ayrı ayrı çıkarılmış parmak izi parametrelerinin giriş/çıkış parametreleri olarak sisteme verilmesi ve Naive Bayes, Karar Ağacı, Destek Vektör Makineleri ve Çok Katmanlı Algılayıcı algoritmaları ile sistemin eğitiminin her parmak için yapılması,
- 9. Eğitilen sistemin testi için, yeni gelen parmak izinin / izlerinin sisteme verilerek hangi parmağa ait olduğunun seçilmesi ve daha önce bu parmağa ait verilerle eğitilmiş olan sistemin testinin yapılması,
- 10. *Önerilen yeni test yöntemleri*: Kişi / kişilerin cinsiyet tahmin sonuçlarının otomatik olarak bulunarak anlık testte ekrana yazdırılması ve toplu testte bir dosyaya kaydedilmesi.

9.3. Parmak İzinden Cinsiyet Tespiti İçin BiyoVeri#2 Veritabanının Kullanılması

Önerilen yeni model dahilinde tespit edilen tepe ve vadi değişkenlerinin farklı kombinasyonları ile geliştirilen sistem, BiyoVeri#2 veri kümesi ile test edilmiştir. Burada kurulan hipotez:

Hipotez-4: “Türk vatandaşlarının herhangi bir parmak izinden kişilerin cinsiyetleri otomatik olarak sınıflandırılır” şeklindedir.

Hipotez-4 kurularak Türk vatandaşlarından alınan parmak izlerindeki parametreler eğitim ve test veri kümelerinde kullanılmıştır. Sistemin başarısını ölçmek için Çizelge 9.1’de belirtilen karar ağacı (KA), destek vektör makineleri (DVM), çok katmanlı algılayıcılar (ÇKA) ve naive bayes (NB) algoritmaları kullanılarak 10-kat çapraz doğrulama yöntemi uygulanmıştır. 10 farklı parmak izi veri kümesi için elde edilen cinsiyet tahmini başarımları

sonuçları çizelgede sunulmuştur. BiyoVeri#2 veri kümesi her parmak için ayrı ayrı test edildiğinde ortalama doğru sınıflandırma yüzdeleri KA için %93,8, DVM için %93,0, ÇKA için %92,6 ve NB için %92,5 olarak elde edilmiştir. [14] nolu kaynakta sadece işaret parmağı ile elde edilen %78’lik başarımların artırma çalışmaları dolayısıyla başarıyla gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 9.1. Sistemin 10-kat çapraz doğrulama başarımları (%)

Önerilen Modeller	KA	DVM	ÇKA	NB
Parmak 1	94,8	92,5	91,3	93,7
Parmak 2	94,1	93,3	90,9	91,7
Parmak 3	95,2	91,7	89,7	90,5
Parmak 4	94,4	92,5	95,2	94,4
Parmak 5	92,5	92,9	90,9	91,3
Parmak 6	94,1	93,3	95,2	92,5
Parmak 7	94,8	94,4	94,4	95,6
Parmak 8	91,7	93,3	90,9	91,3
Parmak 9	91,3	93,7	93,3	92,5
Parmak 10	94,8	92,1	94,4	91,3
ORTALAMA	93,8	93,0	92,6	92,5

9.4. Parmak İzinden Cinsiyet Tespiti İçin BiyoVeri#3 Veritabanının Kullanılması

Tezin bu bölümünde, önerilen yeni model kullanılarak geliştirilen parmak izinden cinsiyet tanıyan zeki sistem, oluşturulan BiyoVeri#3 veri kümesindeki parmak izi verileriyle test edilmiştir. Bu testte, tez kapsamında uzun süreçler sonunda satın alınan Biosecure firmasına ait Multimodal DS-2 veritabanındaki parmak izleri kullanılarak cinsiyet tahmini başarımları bulunmuş ve böylelikle sistemin başarımları gösterilmiştir.

Önerilen yeni yöntem dahilinde tespit edilen tepe ve vadi değişkenlerinin farklı kombinasyonları ile geliştirilen sistem, BiyoVeri#3 veri kümesi ile test edilmiştir. Farklı ırklardan alınan parmak izlerindeki parametreler eğitim ve test veri kümelerinde

kullanılmıştır. Sistemin başarısını ölçmek için, veri kümesindeki 3 numaralı parmak referans olarak alınmış, Çizelge 9.2’de belirtilen karar ağacı (KA), destek vektör makineleri (DVM), çok katmanlı algılayıcılar (ÇKA) ve naive bayes (NB) algoritmaları kullanılarak 7-kat çapraz doğrulama ve 10-kat çapraz doğrulama yöntemleri uygulanmıştır.

Elde edilen cinsiyet tahmini başarımlarına göre 7-kat çapraz doğrulama model sonuçları KA ile %55,1, DVM ile %61,5, ÇKA ile %53,2 ve NB ile %64,4 olarak elde edilmiştir. 10-kat çapraz doğrulama tekniği sonuçlarına göre ise modeller, KA ile %52,7, DVM ile %61,0, MLP ile %57,6 ve NB ile %63,4 başarılı sınıflandırma sağlanmıştır. Başarıları karşılaştırma tablosu Çizelge 9.2’de sunulmuştur.

Çizelge 9.2. BiyoVeri#3 veritabanı sınıflandırma başarılarının karşılaştırılması (%)

Önerilen Modeller	7-kat çapraz doğrulama	10-kat çapraz Doğrulama
KA	55,12	52,68
DVM	61,46	60,98
ÇKA	53,17	57,56
NB	64,39	63,41

BiyoVeri#3 veritabanıyla elde edilen sınıflandırma başarımlarının kendi oluşturduğumuz BiyoVeri#2 veritabanı ile yapılan sınıflandırma başarımlarından daha düşük olmasının sebepleri arasında, BiyoVeri#3 veritabanındaki yüz görüntülerinden de anlaşılabileceği üzere, veritabanında farklı ırklardan alınan parmak izi görüntülerinin bulunması gösterilebilir. Bölüm 5’deki literatür çalışmalarında da görüldüğü üzere, cinsiyet ayırımında kullanılan parmak izi niteliklerinin ortalamaları farklı ırklarda farklılık göstermektedir. BiyoVeri#1 ve BiyoVeri#2 veritabanları sadece Türk vatandaşlarının parmak izlerinden oluştuğu için cinsiyetler arasında belirgin farklılıklar bulunmaktadır. Bu veritabanlarında, BiyoVeri#3 veritabanında olduğu gibi bir karışım bulunmamaktadır. BiyoVeri#3 veritabanıyla elde edilen cinsiyet sınıflandırma sonuçları şöyle özetlenebilir: “Farklı ırklardan kişilere ait parmak izlerini içeren bir parmak izi veritabanı kullanılarak, parmak izinden cinsiyet tahmini yapılabilmesi için, tepe ve vadiler dışında farklı niteliklerin de kullanılması gerekmektedir”. Bölüm 7’de verilen BiyoVeri#3 veritabanındaki parmak izlerinden elde edilen parametrelerin cinsiyete göre karşılaştırma

tabloları ve bu bölümdeki cinsiyet sınıflandırma sonuçları, bu veritabanıyla ileride yapılacak çalışmalara referans olması açısından önemli bilgiler içermektedir.

9.5. Parmak İzinden Cinsiyet Tespit Eden Sistemin BiyoVeri#4 İle Testi

Bu bölümde, on parmak izinden cinsiyet tespiti için literatüre yeni önerilen yöntem ile geliştirilen sistem kullanılarak, BiyoVeri#4 kapsamında anlık olarak denenen parmak izlerinin sistem tarafından doğru sınıflandırılıp sınıflandırmadığı test edilerek sonuçları açıklanmıştır. Bu kapsamda, sistemin eğitiminde BiyoVeri#2 veritabanı kullanılmıştır. Ayrıca Naive Bayes algoritması kullanılarak sistem eğitilmiştir. BiyoVeri#4 kapsamında, 18-59 yaşları arasındaki 15 bay 15 bayan toplam 30 Türk vatandaşının parmak izleri alınmıştır.

Önerilen yeni yöntem dahilinde tespit edilen tepe ve vadi değişkenlerinin farklı kombinasyonları ile geliştirilen sistem, BiyoVeri#4 kapsamında alınan parmak izleri ile test edilmiştir. Burada desteklenmeye çalışılan hipotez, Bölüm 9.3’de kurulan Hipotez-4 ile aynıdır.

Hipotez-4’ü desteklemek için, Türk vatandaşlarından alınan parmak izlerindeki parametreler test edilmiştir. Parmak izlerinin sahiplerine ait bilgiler ve sistemin sınıflandırma sonuçları Çizelge 9.3’de sunulmuştur. Çizelgede parmak izlerinin hangi parmaktan alındığı, sahiplerinin cinsiyet ve yaş bilgileri, uygulanan model ve sistemden elde edilen cinsiyet sınıflandırma sonuçları verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, test edilen 30 kişiden 28’inin cinsiyeti doğru tahmin edilmiştir. Dolayısıyla BiyoVeri#4 kapsamında alınan parmak izleri ile yapılan anlık cinsiyet tespiti testlerinin ortalaması %93,33 gibi yüksek bir başarıma sahiptir.

Çizelge 9.3. Kişilerden alınan anlık parmak izlerinin sahibine ait bilgiler ve sistemden elde edilen cinsiyet sınıflandırma sonuçları

Kişi ID	Parmak ID	Yaş	Cinsiyet	Test Sonucu
Kişi 1	3	29	Bay	Bay
Kişi 2	7	28	Bayan	Bayan
Kişi 3	5	53	Bayan	Bayan
Kişi 4	10	36	Bay	Bay
Kişi 5	1	18	Bay	Bay
Kişi 6	2	20	Bayan	Bayan
Kişi 7	8	20	Bay	Bay
Kişi 8	7	25	Bay	Bayan
Kişi 9	9	19	Bay	Bay
Kişi 10	5	18	Bay	Bay
Kişi 11	4	23	Bay	Bay
Kişi 12	3	23	Bay	Bay
Kişi 13	9	21	Bay	Bay
Kişi 14	3	24	Bayan	Bayan
Kişi 15	1	21	Bayan	Bayan
Kişi 16	9	22	Bayan	Bayan
Kişi 17	4	19	Bay	Bay
Kişi 18	6	19	Bayan	Bayan
Kişi 19	10	18	Bayan	Bayan
Kişi 20	6	23	Bay	Bay
Kişi 21	2	22	Bay	Bay
Kişi 22	1	25	Bay	Bay
Kişi 23	4	24	Bayan	Bayan
Kişi 24	4	24	Bayan	Bayan
Kişi 25	1	22	Bayan	Bayan

Çizelge 9.3. (Devam) Kişilerden alınan anlık parmak izlerinin sahibine ait bilgiler ve sistemden elde edilen cinsiyet sınıflandırma sonuçları

Kişi 26	9	20	Bayan	Bayan
Kişi 27	3	21	Bayan	Bay
Kişi 28	6	19	Bayan	Bayan
Kişi 29	2	24	Bayan	Bayan
Kişi 30	7	59	Bay	Bay
Genel	1-10	18-59	%50 Bay %50 Bayan	%93,33 Doğruluk



10. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tezin sonuçları ve öneriler aşağıda başlıklar halinde verilmiştir.

10.1. Tez Kapsamında Yapılan Çalışmalar

Tezde özet olarak,

1. Biyometri, biyometride veri madenciliğinin kullanılması ve parmak izinden cinsiyet tahmini hakkında literatürün taranması,
2. Gazi Üniversitesi Etik Kurulu tarafından verilen parmak izi toplama izni doğrultusunda parmak izi görüntülerinin elde edilmesi,
3. Parmak izi ile cinsiyet arasında daha önceki çalışmalardan [14] daha yüksek bir ilişkinin tespit edilebilmesi için parmak izindeki farklı bölgelerden alınan kesitlerdeki tepe ve vadilerin farklı kombinasyonlarına korelasyon analizlerinin uygulanması,
4. Analiz sonuçlarına göre yeni bir yöntemin geliştirilmesi,
5. Bu yöntemle BiyoVeri#1, BiyoVeri#2 ve BiyoVeri#3 veri kümelerindeki parmak izlerinde bulunan farklı parametrelerin tespit edilmesi ve cinsiyete göre analizlerinin yapılması,
6. Önerilen yeni yöntem ile parmak izlerindeki parametreleri otomatik tespit eden ve bu parametrelerle veri kümesi oluşturabilen bir sistemin geliştirilmesi,
7. Elde edilen veri kümesini eğitim kümesi olarak kabul eden ve yeni gelen parmak izlerinin sahiplerinin cinsiyetini tahmin edebilen zeki bir sistemin geliştirilmesi,
8. Geliştirilen sistemler kullanılarak BiyoVeri#1, BiyoVeri#2 ve BiyoVeri#3 veritabanlarındaki parmak izlerinin otomatik olarak niteliklerini kaydeden sistemin geliştirilmesi ve veri kümelerinin oluşturulması,
9. Farklı algoritmalar kullanılarak yeni modellerin geliştirilmesi ve bu veri kümelerinin sistem tarafından eğitim ve test işlemlerinde kullanılarak elde edilen başarıların hesaplanması,
10. Ayrıca BiyoVeri#4 ile sistemin anlık olarak da test edilerek başarıların hesaplanması ve
11. Son olarak da sistem sonuçlarının yorumlanması gibi işlemler yapılmıştır.

Eşsiz özelliklerinden dolayı güvenlik ve kimliklendirmede güvenle kullanılan biyometrik özelliklerin incelendiği biyometri biliminin çok köklü bir geçmişi olmasına ve literatürde konuyla ilgili çok fazla çalışma olmasına rağmen, parmak izinden cinsiyet bilgisine ulaşabilecek yüksek başarımlı otomatik zeki sistemler geliştirilmemiştir. [14] nolu tezde tek merkezli işaret parmağı baz alınarak bir yöntem önerilmiş ve bu yönteme dayalı parmak izinden cinsiyet tanıyan zeki bir sistem geliştirilmiş olsa da, başarımlı beklenen düzeyde değildir. Bu çalışmada, [14] nolu tez kapsamında geliştirilen otomatik zeki sistemin kapsamı genişletilerek, işaret parmağı dahil 10 parmaktan herhangi biri temel alınarak hem tek veya çift merkezli parmak izlerini dikkate alan sistem ile parmak izinden cinsiyeti daha yüksek başarıyla sınıflandırabilecek yeni bir yöntem önerilmiş ve bu yönteme dayalı masaüstü ve web tabanlı çalışan sistemler geliştirilmiştir. Bu kapsamda parmak izindeki belirli bölgelerden, tepe ve vadilerin farklı kombinasyonlarına göre elde edilen 14 nitelik sisteme giriş olarak verilmekte, çıkış olarak ise cinsiyet bilgisi alınmaktadır. Dolayısıyla parmak izi ile cinsiyet arasındaki ilişki bu tez kapsamında önerilen sistem tarafından öğrenilmekte ve daha sonraki testlerde kullanılmak üzere modellenmektedir.

Bu tez kapsamında önerilen ve dünyada bir ilk olan bu model farklı hipotezler kapsamında test edilmiş ve sonuçları verilmiştir.

10.2. Elde Edilen Bulgular ve Değerlendirmeler

Önerilen sistemi geliştirmek ve test edebilmek için 4 farklı biyometrik verileri kapsayan veri kümeleri oluşturulmuştur. Tez kapsamında oluşturulan BiyoVeri#2 veritabanının, her kişiden alınan 10 parmak izinin 80 piksellik iki ayrı kesitine ait verilere göre, bayan Türk vatandaşların tüm parmak izlerinin 1. kesit ortalama tepe sayısının 14,41 tepe/80 piksel ve 2. kesit ortalama tepe sayısının 13,82 tepe/80 piksel, bay Türk vatandaşların 1. kesit ortalama tepe sayısının 13,27 tepe/80 piksel, 2. kesit ortalama tepe sayısının ise 12,53 tepe/80 piksel olduğu tespit edilmiştir. Aynı veritabanıyla elde edilen sonuçların devamında ise, bayanların 1. kesit ortalama vadi sayısı, tepe kalınlığı, tepe kalınlığının tepe sayına oranı ve tepe kalınlığının vadi kalınlığına oranı değerleri sırasıyla, 14,49 vadi/80 piksel, 39,39 TK/80 piksel, 2,89 TKTSO/80 piksel, 37,96 VK/80 piksel, 2,85 VKVSO/80 piksel ve 1,07 TKVKO/80 piksel olarak ve yine aynı sırayla 2. kesit ortalama değerleri ise 13,90 vadi/80 piksel, 39,30 TK/80 piksel, 2,93 TKTSO/80 piksel, 37,12 VK/80 piksel,

2,75 VKVSO/80 piksel ve 1,08 TKVKO/80 piksel olarak tespit edilmiştir. Aynı sırayla bayların 1. kesit ortalama değerleri 13,31 vadi/80 piksel, 38,82 TK/80 piksel, 3,05 TKTSO/80 piksel, 38,48 VK/80 piksel, 3,14 VKVSO/80 piksel ve 1,03 TKVKO/80 piksel olarak ve yine aynı sırayla 2. kesit ortalama değerleri 12,53 vadi/80 piksel, 38,43 TK/80 piksel, 3,22 TKTSO/80 piksel, 37,69 VK/80 piksel, 3,12 VKVSO/80 piksel ve 1,04 TKVKO/80 piksel olarak tespit edilmiştir. BiyoVeri#1 ve BiyoVeri#3 veritabanlarıyla yapılan detaylı analiz sonuçları da benzer şekilde, baylar ve bayanların parmak izlerindeki TS, TK, TKTSO ve TKVKO parametrelerinin cinsiyete göre farklılık gösterdiğini kanıtlamaktadır.

Geliştirilen yeni sistemin testi, BiyoVeri#1 ile yapıldığında elde edilen en yüksek sınıflandırma başarısı %95,2, BiyoVeri#2 ile yapıldığında tüm parmakların ortalama sınıflandırma başarıları en yüksek %93,8, BiyoVeri#3 ile yapıldığında elde edilen en yüksek sınıflandırma başarısı %64,39 ve BiyoVeri#4 kapsamında anlık olarak alınan parmak izlerinin başarılı sınıflandırma oranı %93,3 olarak tespit edilmiştir. Elde edilen başarımlar karşılaştırıldığında, sistem tarafından Türk vatandaşlarıyla yapılan eğitim ve test işlemleri sonuçlarının yüksek bir başarıma sahip olduğu tespit edilmiş, BiyoVeri#3 veritabanındaki cinsiyet sınıflandırma başarımının ise diğer veritabanı sonuçlarına göre düşük olduğu görülmüştür. Literatürdeki farklı ırklarla yapılan çalışmalarda da tespit edilen, tepe ve vadi sayısı ile bunların bazı kombinasyonlarının ırka göre, cinsiyetler arasında farklılıklar gösterdiği bilgisinden hareketle, BiyoVeri#3 veritabanıyla elde edilen bu başarının farklı ırklara ait parmak izlerinden oluşan veritabanından kaynaklandığı düşünülmektedir. Elde edilen sınıflandırma başarımlarından, Türk vatandaşlarına ait #BiyoVeri1 veritabanındaki parmak izleri kullanılarak, yeni önerilen yöntem ile geliştirilen sistemin, [14] nolu çalışmada belirtilen sisteme göre %17,2 oranında daha iyi sonuçlar ürettiği ve hesaplama karmaşıklığının yakın sonuçlar verdiği açıkça görülmüştür.

Sonuçların deneysel olarak diğer bilim insanları tarafından da yapılabilmesi için web tabanlı uygulama geliştirilmiş ve kullanıma sunulmuştur. Sunulan sistemde Naive Bayes algoritması kullanılarak, sisteme sunulan parmak izinin hangi parmaktan olduğu bulunmakta, daha önce o parmağa ait parmak izi verileriyle eğitilen sistemin yeni gelen parmak izi ile testi sağlanmakta ve elde edilen cinsiyet sınıflandırma sonucu kullanıcıya sunulmaktadır. Sistemin geliştirilmesinde, iyi bilinen bir ürün olan Neurotechnology firmasına ait Verifinger SDK'dan yararlanılmıştır. Bu SDK'nın kullanılmasının amacı,

parmak izinden cinsiyet tahmini konusunda diğer bilim insanlarının da bu sistemin benzerini tasarlayabilmesini ve sistem sonuçlarını sunulan çalışmamız ile deneysel olarak karşılaştırabilmelerini kolaylaştırmaktır.

Oluşturulan veri kümelerinde kullanılan tepe sayısının vadi sayısına oranı parametresinin, yapılan detaylı korelasyon analizleri sonucunda cinsiyet ile anlamlı bir ilişki oluşturmadığı tespit edilerek, zeki model oluşturmada dikkate alınmamıştır. Yapılan korelasyon analizlerinde, bu parametre hariç diğer tüm parametrelerin cinsiyet ile aralarında korelasyon tespit edilmiş, dolayısıyla cinsiyet tahmininde başarıyla kullanılabileceği değerlendirilmektedir.

Bu çalışma ile adli olaylarda, olay yerinde bulunan kime ait olduğu belirlenemeyen bir parmak izinin, 10 parmaktan hangisine ait olduğu tespit edildikten sonra, cinsiyetinin sunulan sistem aracılığı ile kolaylıkla tespit edilebilmektedir. Böylelikle delilden suçluya gitmede önemli bir yol kat edileceği düşünülmektedir.

Geliştirilen sistem ile parmak izi sahibinin cinsiyeti, olay yerinden elde edilen bir parmak izinden tespit edilerek, dava ve soruşturma sürecinde hem zamandan hem de harcanan emekten tasarruf mümkün olabilecektir. Ayrıca, delilden suçluya gitmede önemli bir adım olan parmak izinden cinsiyet tespiti ile, veritabanlarındaki parmak izi kayıtlarına erişmeden kişinin cinsiyeti önerilen yeni yöntemle geliştirilen sistem aracılığıyla tespit edilerek, soruşturma uzayı önemli oranda daraltılabilecek, ve sonuca daha hızlı ulaşmada katkı sağlayabilecektir.

Literatür çalışmasında incelenen makalelerden ve geliştirilen sistem ile yapılan denemeler sonucunda elde edilen bulgular doğrultusunda, parmak izinden cinsiyet tahmini için, analiz edilen parmak izi sayısı ne kadar fazla ise cinsiyet ayırttırma başarısı da aynı yönde bir artış eğilimi göstermektedir. Tez kapsamında geliştirilen sistemin başarımı için oluşturulan parmak izi veritabanı yeterli olsa da, yüksek sayıda parmak izinden oluşan parmak izi veritabanı ile eğitilip önerilen sistemin test edilmesi, daha güvenilir sonuçlar elde edilerek bu çalışmanın tüm kurumsal laboratuvarlarda rahatlıkla kullanılabilmesi bakımından faydalı olacaktır. Fakat mevcut şartlar değerlendirildiğinde, böyle bir veritabanına şu an için ulaşmak ve yüksek sayıda örnek ile model oluşturmak ve test etmek mümkün görünmemektedir.

10.3. Hipotezlerin İspatı

Bu tez kapsamında yapılan çalışmaların bilimsel olarak kolaylıkla değerlendirilebilmesi için kurulan hipotezler ve bu hipotezlerin ispatı aşağıda alt başlıklarda verilmiştir.

Hipotez-1:

“Türk vatandaşlarının on parmağından herhangi birine ait parmak izindeki parametreler cinsiyete göre farklılık gösterir”.

Elde edilen sonuçlardan,

- i. Bölüm 7.1’de sonuçları verilen, BiyoVeri#2 veritabanında yer alan 18-50 yaş arasındaki 126 bay 126 bayan toplam 252 kişinin 10’ar parmak izleri kullanılarak, önerilen yöntem dahilinde yapılan analizlerde (Bkz. Şekil 7.1-7.12), parametrelere göre bay-bayan ayrımının kolaylıkla yapılabildiği,
- ii. Bay-bayan ayrımında literatürdeki [14-17, 25, 30, 33, 34, 36] nolu çalışmalarla uyumluluk içerisinde olduğu ve farklı ırklara ait diğer ülke vatandaşlarının da benzer şekilde cinsiyetlerinin ayrıştırılabilir özelliğe sahip oldukları belirlendiğinden elde edilen sonuçlar Hipotez-1’i yüksek oranda desteklemektedir.

Hipotez-2:

“Farklı ırklardan kişilerin baş, işaret ve orta parmaklarına ait parmak izindeki parametreler cinsiyete göre farklılık gösterir”.

Elde edilen sonuçlardan,

- i. Bölüm 7.2’de sonuçları verilen, BiyoVeri#3 veritabanında yer alan 100 bay 105 bayan toplam 205 kişinin 6’şar parmak izleri kullanılarak, önerilen yöntem dahilinde yapılan analizlerde (Bkz. Şekil 7.13-7.24), parametrelere göre bay-bayan ayrımının kolaylıkla yapılabildiği,
- ii. Literatürdeki [14-17, 25, 30, 33, 34, 36] nolu çalışmalarda da raporlandığı gibi, bay-bayan ayrımında parmak izi parametrelerinin cinsiyetlere göre farklılıklar gösterdiği ve bu çalışmadan elde edilen sonuçların literatür ile uyumluluk gösterdiği belirlendiğinden elde edilen sonuçlar Hipotez-2’yi desteklemektedir.

Hipotez-3:

“Türk vatandaşlarının işaret parmak izlerinden kişilerin cinsiyetleri otomatik olarak sınıflandırılır”.

Bu hipotezin desteklenmesi için tek veya çift merkezli işaret parmak izlerinin sağ veya sol el olmasına göre değişken olan farklı kesitlerinden elde edilen tepe sayısı (TS), vadi sayısı (VS), tepe kalınlığı (TK), tepe kalınlığının tepe sayısına oranı (TKTSO), vadi kalınlığı (VK), vadi kalınlığının vadi sayısına oranı (VKVSO) ve tepe kalınlığının vadi kalınlığına oranı (TKVKO) parametreleri kullanılarak bu tez kapsamında geliştirilen sistem ile yapılan testlerde;

- i. BiyoVeri#1 veritabanında yer alan 18-50 yaş arasındaki 126 bay 126 bayan toplam 252 kişinin işaret parmak izleri kullanılarak, önerilen yöntem dahilinde Naive Bayes algoritması ile eğitilip 7 kat çapraz doğrulama tekniği ile test edilen sistemden elde edilen sonuçlarına göre, bay-bayan ayrımının %95,2 gibi yüksek bir başarımla gerçekleştirilebildiği,
- ii. Ülkemizde ilk kez yapılan çalışmalarda [14, 53-56] düşük sayıda parmak izi kullanılarak bay-bayan ayrımının yapılabileceğinin raporlandığı bilinmekte olup, gerçekleştirilen sistemin [14] nolu tezde daha düşük sayıda parmak izi içeren veritabanı ile yapılan uygulamada elde edilen %78’lik sınıflandırma başarımlarından %17,2 daha iyi sonuçlar sunduğu

belirlendiğinden, sistemin yüksek sınıflandırma sonuçları Hipotez-3’ü desteklemektedir.

Hipotez-4:

“Türk vatandaşlarının herhangi bir parmak izinden kişilerin cinsiyetleri otomatik olarak sınıflandırılır”.

Bu hipotezin desteklenmesi için tek veya çift merkezli parmak izlerinin sağ veya sol el olmasına göre değişken olan farklı kesitlerinden elde edilen TS, VS, TK, TKTSO, VK, VKVSO ve TKVKO parametreleri kullanılarak geliştirilen sistemlerin 10 parmak ile yapılan testlerde elde edilen sonuçlarına göre;

- i. Ülkemizde ilk kez yapılan çalışmalarda [14, 53-56] düşük sayıda parmak izi kullanılarak bay-bayan ayrımının yapılabileceğinin raporlandığı bilinmekte olup,

BiyoVeri#2 veritabanında yer alan 18-50 yaş arasındaki 126 bay 126 bayan toplam 252 kişinin 10'ar parmak izleri kullanılarak, önerilen yöntem dahilinde Karar Ağacı Algoritması ve 10-kat çapraz doğrulama tekniği ile eğitilip test edilen sistem testi sonuçlarına göre, bay-bayan ayrımının %93,8 oranında büyük bir başarıyla gerçekleştirilebildiği,

- ii. BiyoVeri#4 kapsamında 15 bay 15 bayan toplamda 30 kişinin farklı parmaklarından alınarak anlık olarak denenen parmak izleri kullanılarak, önerilen yöntem dahilinde Naive Bayes algoritması ile eğitilip test edilen sistem testi sonuçlarına göre, bay-bayan ayrımının %93,33 başarıyla gerçekleştirilebildiği,
 - iii. Web ortamında sunulan sistemi kullanarak sistemi test eden ve sonuçlarını bizimle paylaşan kişilerin, önerilen yöntem dahilinde Naive Bayes algoritması ile eğitilip test edilen sistem testi sonuçlarına göre, bay-bayan ayrımının %92,9 oranında büyük bir başarıyla gerçekleştirilebildiği ve
 - iv. Belirtilen tüm işlemlerin birkaç saniye içerisinde hesaplanabildiği
- belirlendiğinden, geliştirilen sistem ile yapılan üç farklı testten elde edilen sınıflandırma başarımları Hipotez-4'ü yüksek oranda desteklemektedir.

10.4. Karşılaşılan Problemler

Tezin en fazla zaman alan ve en zorlayıcı alt çalışması olarak, 252 kişiye ait 10 parmak izi verisinin alınması çalışması gösterilebilir. Bunun sebebi, etik kurul belgemiz olmasına rağmen, parmak izinin kişiye has biyometrik bir özellik olmasından dolayı, kişilerin parmak izini verirken çekinmesidir. Oysa yine kişiye has bir özellik olan yüz biyometriği de, çoğu zaman farkında bile olunmadan ortak yaşam alanlarında her an kayıt edilmektedir. Ayrıca bu önemli biyometrik özellik kişiler tarafından çoğu zaman sanal ortamda da çok rahat paylaşılabilir. Bu izlenimimizden hareketle ülkemizde biyometri alanında daha başarılı çalışmalar yapılarak dünya çapında ses getirecek projeler geliştirilebilmesi amacıyla, üniversitelerde biyometri alanında çalışan öğretim üyeleri ile alan uzmanı olan polis ve jandarma kriminal daireleri arasında ortak projelerin yapılmasının önü açılmalı, çok fazla prosedür gerektiren kriminal biyometrik veritabanı üzerinde çalışarak proje geliştirme önündeki bürokratik engeller en aza indirgenmeli ve kurumlar arası ortak alanda çalışan kişilerin birlikte ortak projelerde yer alması teşvik edilmelidir.

Çalışma sırasında karşılaşılan güçlükler arasında, parmak izlerinin elde edilmesi ve elde edilen parmak izlerinin otomatik olarak işlenmesi işlemleri de gösterilebilir. Ayrıca çalışmada kullanılacak hazır parmak izi veritabanının elde edilmesi süreci de çalışmada karşılaşılan bir başka sorundur. Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) birimi tarafından desteklenen bu tezde kullanmak için Biosecure parmak izi veritabanı satın alınması süreci, Fransa Veri Koruma Otoritesi'nden alınması gereken onayın gecikmesi ve maddi problemlerden dolayı yaklaşık 1,5 yıl sürmüştür. Ayrıca, başta BAP tarafından verilen bütçe de veritabanı fiyatının yarısı olduğundan dolayı, verilen desteği artırma talebi BAP'a sunulmuş ve destek bir miktar daha artırılmıştır. Fakat veritabanının alınması için son haliyle bile yeterli olmayan maddi destek sebebiyle, satın alınması gereken veritabanının gerçek ücreti ile verilen destek arasındaki istenen fiyat farkı kendi imkanlarımızla tamamlanmış, veritabanı alma işlemlerine bu şekilde devam edilmiştir.

10.5. Gelecek Çalışmalar ve Edinilen İzlenimler

Gelecek çalışmalarda, parmak izi ile farklı biyometrikler arasındaki ilişkiler sorgulanmaya devam edilecektir. Ayrıca delilden suçluya gitmede kullanılabilecek yeni yöntemler araştırılarak, satın alınan Biosecure veritabanındaki ses, yüz, imza, el ve iris biyometrikleri ile de çalışmalara başlanacak, bu biyometriklerin birbirleri arasındaki ve soft biyometrikler arasındaki ilişkiler sorgulanacaktır.

Tez döneminde yapılan önemli çalışmalardan biri de, parmak izinden cinsiyet tanıyan zeki sistemin web ortamına aktararak <http://www.softbiometrics.org/fp2sb> adresinde yayınlanmasıdır. Geliştirilen sitede 76 dil desteği sunularak bu proje ile birlikte yaptığımız tüm faaliyetler diğer ülkelerin de istifadesine sunulmuştur. Bu siteden elde ettiğimiz izlenimlere göre yurtdışından da bu projeye ilgi yüksektir.

Ayrıca dünyada ilk olan bu zeki sistemin, işaret parmak izi ve tek merkez kullanılarak geliştirilen versiyonunun ulusal ve Avrupa patenti 2015'te alınmıştır. Amerika patenti için de başvuru yapılmış olup, kısa bir zaman içinde sonuçlanarak onaylanması beklenmektedir. Alınan patentin tanıtımı için çeşitli yarışmalara ve patent fuarlarına katılım sağlanmış, geliştirilen uygulamaya iş dünyası, kamu kurumları ve vatandaşlar tarafından çok yoğun ilgi gösterilmiştir. Ayrıca Emniyet Genel Müdürlüğü, Jandarma Kriminal Dairesi Başkanlığı ve Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'nda yapılan canlı

demolar sonrasında, geliştirilen zeki sistemin çok kullanışlı olduğu ve büyük bir parmak izi veritabanıyla eğitilerek test edildikten sonra olay yeri inceleme ekiplerinde kullanılabileceği değerlendirilmektedir.

Bu tez kapsamında önerilen model ve geliştirilen sistem ile de Türk Patent Enstitüsü'ne başvuru yapılmıştır ve cevap beklenmektedir.





KAYNAKLAR

1. Boulgouris, N., Plataniotis, K., Micheli-Tzanakou, E., 2010. "A Comparative Survey on Biometric Identity Authentication Techniques Based on Neural Networks", *Biometrics: Theory, Methods, and Applications*, Wiley-IEEE Press, 47-79.
2. Unara, J.A., Senga, W.C., Abbasia, A., 2014. "A Review of Biometric Technology Along with Trends and Prospects", *Pattern Recognition*, 47:8, 2673-2688.
3. Shoniregun, C., Crosier, S., 2008. *Securing Biometrics Applications*, Springer, UK.
4. Li, S.Z., Lai, J., Tan, T., Feng, G., Wang, Y. (Eds.), 2004. *Advances in Biometric Person Authentication (LNCS 3338)*, Springer, China.
5. Li, S.Z., Sun, Z., Tan, T., Pankanti, S., Chollet, G., Zhang, D. (Eds.), 2005. *Advances in Biometric Person Authentication (LNCS 3781)*, Springer, China.
6. Dunstone, T., Yager, N., 2009. *Biometric System and Data Analysis Design, Evaluation, and Data Mining*, Springer, Australia.
7. Jain, A. K., Flynn, P., Ross, A. A., 2008. *Handbook of Biometrics*, Springer.
8. Wayman, J., Jain, A., Maltoni, D., Maio, D., 2005. *Biometric Systems Technology, Design and Performance Evaluation*, Springer, USA.
9. Ratha, N. K., Govindaraju, V., 2008. *Advances in Biometrics Sensors, Algorithms and Systems*, Springer, London.
10. Schouten, B., Juul, N., Drygajlo, A., Tistarelli, M. (Eds.), 2008. *Biometrics and Identity Management (LNCS 5372)*, Springer, Denmark.
11. Maltoni, D., Maio, D., Jain, A. K., Prabhakar, S., 2009. *Handbook of Fingerprint Recognition*, Springer.
12. Petrovska-Delacrétaz, D., Chollet, G., Dorizzi, B., 2009. *Guide to Biometric Reference Systems and Performance Evaluation*, Springer.
13. Tistarelli, M., Bigun, J., Grosso, E. (Eds.), 2003. *Advanced studies on biometrics (LNCS 3161)*, Springer, Italy.
14. Ceyhan, E.B., 2012. *Parmak İzinden Cinsiyet Tanıyan Zeki Sistem*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi FBE Bilgisayar Mühendisliği ABD, Ankara.
15. Acree, M.A., 1999. "Is there a gender difference in fingerprint ridge density?", *Forensic Science International*, 102 : 35-44.
16. Gungadin, S., 2007. "Sex Determination from Fingerprint Ridge Density", *Internet Journal of Medical Update*, 2(2) : 4-7.
17. Garg, R. K., Kaur, R., 2006. "Determination of Gender from Fingerprints Based on the Number of Ridges in a Defined Area", *Fingerprint Whorld*, 32 : 155-159.

18. Sanders, G., Waters, F., 2001. "Fingerprint Asymmetry Predicts Within Sex Differences in the Performance of Sexually Dimorphic Tasks", *Personality and Individual Differences*, 31 : 1181–1191.
19. Verma, M., Agarwal, S., 2009. "Fingerprint Based Male-Female Classification", *Advances in Soft Computing*, 53 : 251-257.
20. Garg, R. K., Kaur, R., 2011. "Determination of Gender Differences from Fingerprint Ridge Density in two Northern Indian Populations", *Problems of Forensic Sciences*, 85 : 5–10.
21. Gutiérrez, E., Galera, V., Martínez, J.M., Alonso, C., 2007. "Biological Variability of the Minutiae in the Fingerprints of a Sample of the Spanish Population", *Forensic Science International*, 172(2) : 98-105.
22. Badawi, A., Mahfouz, M., Tadross, R., Jantz, R., 2006. *Fingerprint Based Gender Classification*, International Conference on Image Processing, Computer Vision, & Pattern Recognition, Las Vegas, Nevada, USA, 41-46.
23. Arun, K.S., Sarath, K.S., 2011. *A Machine Learning Approach for Fingerprint Based Gender Identification*, IEEE Recent Advances in Intelligent Computational Systems (RAICS), Trivandrum, India, 163-167.
24. Krishan, K., 2010. Sex Differences in Fingerprint Ridge Density - Causes and Further Observations", *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 17 : 172-173.
25. Nayak, V.C., Rastogi, P., Kanchan, T., Yoganarasimha, K., Kumar, G.P., Menezes, R.G., 2010. "Sex Differences from Fingerprint Ridge Density in Chinese and Malaysian Population", *Forensic Science International*, 197 : 1-3, 67-69.
26. Nithin M.D., Balaraj B.M., Manjunatha B., Mestri S.C., 2009. "Study of fingerprint classification and their gender distribution among South Indian population", *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 16, 460-463.
27. Preethi, D.S., Nithin, M.D., Manjunatha, B., Balaraj, B.M., 2012. "Study of Poroscopy Among South Indian Population", *Journal of Forensic Science*, 57(2) : 449-452.
28. Gutierrez-Redomero, E., Sanchez-Andres, A., Rivalderia, N., Alonso-Rodriguez, C., Dipierri, J.E., Martin, L.M., 2013. "A Comparative Study of Topological and Sex Differences in Fingerprint Ridge Density in Argentinian and Spanish Population Samples", *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 20(5) : 419-429.
29. Gutierrez-Redomero, E., Rivalderia, N., Alonso-Rodriguez, C., Sanchez-Andres, A., 2014. "Assessment of the Methodology for Estimating Ridge Density in Fingerprints and Its Forensic Application", *Science & Justice*, 54(3) : 199-207.
30. Gutierrez-Redomero, E., Alonso, M.C., Dipierri, J.E., 2011. "Sex Differences in Fingerprint Ridge Density in the Mataco-Mataguayo Population", *Journal of Comparative Human Biology*, 62(6) : 487-499.

31. Krishan, K., Kanchan, T., Ngangom, C., 2013. "A Study of Sex Differences in Fingerprint Ridge Density in a North Indian Young Adult Population", *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 20(4) : 217-222.
32. Agnihotri, A.K., Jowaheer, V., Allock, A., 2012. "An Analysis of Fingerprint Ridge Density in the Indo-Mauritian Population and Its Application to Gender Determination", *Medicine, Science and the Law*, 52 : 143-147.
33. Nithin, M.D., Manjunatha, B., Preethi, D.S, Balaraj, B.M., 2011. "Gender Differentiation by Finger Ridge Count among South Indian Population", *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 18(2) : 79-81.
34. 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., 2010. "Sex Differences from Fingerprint Ridge Density in the Indian Population", *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 17(2) : 84-86.
35. Eshak, G.A., Zaher, J.F., Hasan, E.L., Ewis, A.A.E., 2013. "Sex identification from fingertip features in Egyptian population", *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 20(1) : 46-50.
36. Gutierrez-Redomero, E., Alonso, C., Romero, E., Galera, V., 2008. "Variability of Fingerprint Ridge Density in a Sample of Spanish Caucasians and Its Application to Sex Determination", *Forensic Science International*, 180(1) : 17-22.
37. Gutierrez-Redomero, E., Quiros, J.A., Rivalderia, N., Alonso, M.C., 2013. "Topological Variability of Fingerprint Ridge Density in a Sub-Saharan Population Sample for Application in Personal Identification", *Journal of Forensic Sciences*, 58(3) : 592- 600.
38. Omidiora, E.O., Ojo, O., Yekini, N.A., Tubi, T.O., 2012. "Analysis, Design and Implementation of Human Fingerprint Patterns System Towards Age & Gender Determination, Ridge Thickness To Valley Thickness Ratio (RTVTR) & Ridge Count On Gender Detection", *International Journal of Advanced Research in Artificial Intelligence*, 1(2) : 57-63.
39. Nanakorn, S., Poosankam, P., Nanakorn, A., 2007. *An Application of Automated Inkless Fingerprint Imaging Software in Fingerprint Collection and Pattern Analysis*, Second International Conference on Innovative Computing, Information and Control, Kumamoto, Japan, 53-53.
40. Lugini, L., Marasco, E., Cukic, B., Dawson, J., 2014. *Removing Gender Signature from Fingerprints*, 37th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO), Opatija, Croatia, 1283-1287.
41. Oktem, H., Kurkcuoglu, A., Pelin, İ. C., Yazici, A. C., Aktas, G., Altunay, F., 2015. "Sex Differences in Fingerprint Ridge Density in a Turkish Young Adult Population: A Sample of Baskent University", *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 32: 34-38.
42. Li, X., Zhao, X., Fu, Y., Liu, Y., 2010. *Bimodal Gender Recognition from Face and Fingerprint*, IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), San Francisco, USA, 2590-2597.

43. Rajan, B.K., Anto, N., Jose, S., 2014. *Fusion of Iris & Fingerprint Biometrics for Gender Classification Using Neural Network*, 2nd International Conference on Current Trends in Engineering and Technology (ICCTET), Coimbatore, India, 216-221.
44. Rajesh, D.G., Punithavalli, M., 2014. *Wavelets and Gaussian Mixture Model Approach for Gender Classification Using Fingerprints*, 2nd International Conference on Current Trends in Engineering and Technology (ICCTET), Coimbatore, India, 522-525.
45. Shinde, M.K., Annadate, S.A., 2015. *Analysis of Fingerprint Image for Gender Classification or Identification: Using Wavelet Transform and Singular Value Decomposition*, International Conference on Computing Communication Control and Automation (ICCUBEA), Pune, India, 650-654.
46. Tarare, S., Anjekar, A., Turkar, H., 2015. *Fingerprint Based Gender Classification Using DWT Transform*, International Conference on Computing Communication Control and Automation (ICCUBEA), Pune, India, 689-693.
47. Kapoor, N., Badiye, A., 2015. "Sex Differences in the Thumbprint Ridge Density in a Central Indian Population", *Egyptian Journal of Forensic Sciences*, 5 : 23-29.
48. Nagesh, K.R., Bathwal, S., Ashoka, B., 2011. "A Preliminary Study of Pores on Epidermal Ridges: Are There Any Sex Differences and Age Related Changes?", *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 18(7) : 302-305.
49. Kaur, R., Mazumdar, S.G., Bhonsle, D., 2012. *A Study on Various Methods of Gender Identification Based on Fingerprints*, International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, 2(4) : 532-537.
50. Wadhwa, R., Kaur, M., Singh, K.V.P., 2013. "Age and Gender Determination from Finger Prints using RVA and DCT Coefficients", *IOSR Journal of Engineering*, 3(8) : 5-9.
51. Kralik, M., Novotny, V., 2003. "Epidermal Ridge Breadth: An Indicator of Age and Sex in Paleodermatoglyphics", *Variability and Evolution*, 11 : 5-30.
52. Özkaya, N., 2009. *Esnek Hesaplama Yöntemleriyle Parmakizi Yüz Biyometrik Özelliklerinin İlişkilendirilmesi*, Doktora Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği ABD, Kayseri.
53. Ceyhan, E.B., Sagioglu, S., Akyil, M.E., 2014. "Parmak İzi Öznelik Vektörleri Kullanılarak YSA Tabanlı Cinsiyet Sınıflandırma", *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 29(1) : 201-207.
54. Ceyhan, E.B., Sagioglu, S., Akyil, M.E., 2013. *Statistical Gender Analysis Based on Fingerprint Ridge Density*, IEEE International Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), North Cyprus, 1-4.
55. Ceyhan, E.B., Sagioglu, S., 2014. *Gender Inference within Turkish Population by Using Only Fingerprint Feature Vectors*, IEEE Symposium on Computational

- Intelligence in Biometrics and Identity Management (CIBIM), Orlando/USA, 146-150.
56. Ceyhan, E.B., Sağiroğlu, Ş., 2015. *Parmak İzinden Cinsiyet Tanıma: Yeni Bir Veritabanı ile Test*, 8. Uluslararası Bilgi Güvenliği ve Kriptoloji Konferansı (ISCTurkey), 1-5, Ankara.
 57. Giudici, P., 2003. *Applied Data Mining Statistical Methods for Business and Industry*, Wiley, England.
 58. Naive Bayesian. URL: http://www.saedsayad.com/naive_bayesian.htm, Son Erişim Tarihi: 02 12 2015 .
 59. Ayhan, S., Erdoğan, Ş., 2014. “Destek Vektör Makineleriyle Sınıflandırma Problemlerinin Çözümü için Çekirdek Fonksiyonu Seçimi”, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, 9(1) : 175-198.
 60. Ross, S.M., 2010. *Introductory Statistics*, Elsevier, Canada.
 61. Sağiroğlu, Ş., Yavanoğlu, U., Ceyhan, E.B., Akyıl, M.E., 2012. *Parmak İzinden Cinsiyet Tanıyan Zeki Sistem*, 2012/07018, TPE.
 62. Sağiroğlu, Ş., Yavanoğlu, U., Ceyhan, E.B., Akyıl, M.E., 2014. *System for Estimating Gender From Fingerprints*, WO2014/011127 A3, WIPO/PCT.
 63. Sağiroğlu, Ş., Yavanoğlu, U., Ceyhan, E.B., Akyıl, M.E., 2015. *System for Estimating Gender From Fingerprints*, US2015/0178544 A1, USPTO.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı: CEYHAN, Eyüp Burak
 Uyuğu: T.C.
 Doğum tarihi ve yeri: 1986 Ankara
 Medeni hali: Evli
 Telefon: 0 (312) 582 3130
 Faks: 0 (312) 230 6503
 Email: ebceyhan@gazi.edu.tr



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniv./ Bilgisayar Müh.	2012
Lisans	Fatih Üniv./ Bilgisayar Müh. (%100 İNG)	2009
Lise	Kırıkkale Fen Lisesi	2004

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2011-Devam Ediyor	Gazi Üniversitesi	ÖYP Araş. Gör.
2010-Devam Ediyor	Bartın Üniversitesi	Araş. Gör.
2010-2010	Gediz Üniversitesi	Araş. Gör.

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

- 1- Ceyhan, E.B., Sagioglu, S., Akyil, M.E., “Parmak İzi Öz nitelik Vektörleri Kullanılarak YSA Tabanlı Cinsiyet Sınıflandırma”, 29:1, 201-207, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University (SCI-E), 2014.
- 2- Ceyhan, E.B., Sagioglu, S., “Kablosuz Algılayıcı Ağlarda Güvenlik Sorunları ve Alınabilecek Önlemler”, Politeknik Dergisi, 16:4, 155-163, 2013.

- 3- Ceyhan, E.B., Sagioglu, S., “Bilgisayar Destekli Eğitimin Bilgisayar Mühendisliği Bölümü Mezunu Öğrenciler Üzerinde Etkisinin İncelenmesi”, Politeknik Dergisi, 17(3), 107-113, 2014.
- 4- Ceyhan, E.B., Demiryürek, E., Kandemir, B., “Sosyal Ağlarda Güncel Güvenlik Riskleri ve Korunma Yöntemleri”, Bilgi Güvenliği Mühendisliği Dergisi, 1(1), 1-10, 2015.
- 5- Ceyhan, E.B., Sagioglu, S., “Gender Inference within Turkish Population by Using Only Fingerprint Feature Vectors”, IEEE Symposium on Computational Intelligence in Biometrics and Identity Management (CIBIM), 146-150, Orlando/USA, 2014.
- 6- Ceyhan, E.B., Sagioglu, S., Oner K., Cesur, R., “Automatic Gender Classification System from Finger 2D: 4D Ratio and Comparison of Successes with Using Different Algorithm”, 13th International Conference on Machine Learning and Applications (ICMLA), 600-605, Detroit/USA, 2014.
- 7- Ceyhan, E.B., Sagioglu, S., Tatoglu, S., Atagun, E., “Age Estimation from Fingerprints: Examination of the Population in Turkey”, 13th International Conference on Machine Learning and Applications (ICMLA), 478-481, Detroit/USA, 2014.
- 8- Ceyhan, E.B., Sagioglu, S., Akyil, M.E., “Statistical Gender Analysis Based on Fingerprint Ridge Density”, IEEE International Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), 1-4, North Cyprus, 2013.
- 9- Turhan, C.G., Ceyhan, E.B., Sağiroğlu, Ş., “Biyometrik Sistemlerde Güvenlik Üzerine Bir İnceleme”, 8th International Conference on Information Security and Cryptology (ISCTurkey 2015), Ankara.
- 10- Ceyhan, E.B., Sağiroğlu, Ş., “Parmak İzinden Cinsiyet Tanıma: Yeni Bir Veritabanı ile Test”, 8th International Conference on Information Security and Cryptology (ISCTurkey 2015), Ankara.
- 11- Erol, S.E., Ceyhan, E.B., Sağiroğlu, Ş., “Kişisel, Kurumsal ve Ulusal Bilgi Güvenliği Farkındalığı Üzerine Bir İnceleme”, 8th International Conference on Information Security and Cryptology (ISCTurkey 2015), Ankara.
- 12- İnağ, Y., Ceyhan, E.B., Sağiroğlu, Ş., “Bulut Bilişimin Kurumsal Zorlukları ve Çözüm Önerileri”, 8th International Conference on Information Security and Cryptology (ISCTurkey 2015), Ankara.
- 13- Maraş, R., Ceyhan, E.B., Sağiroğlu, Ş., “E-postalarda Adli Bilişim ve Karşı Adli Bilişim Teknikleri”, 8th International Conference on Information Security and Cryptology (ISCTurkey 2015), Ankara.

- 14- Yıldız, A., Ceyhan, E.B., Sağıroğlu, Ş., “Kurumsal Eposta Sınıflandırma ve Değerlendirme Sistemi”, 8th International Conference on Information Security and Cryptology (ISCTurkey 2015), Ankara.
- 15- Ulus, C.T., Ceyhan, E.B., Sağıroğlu, Ş., “Bilgi Hasatlaması Yöntemleri ve Kişisel Bilgi Hasatlaması”, 8th International Conference on Information Security and Cryptology (ISCTurkey 2015), Ankara.
- 16- Oğuz, S., Ceyhan, E.B., Sağıroğlu, Ş., “Teknolojinin Casuslukta Kullanılması ve Karşı Önlemler”, 8th International Conference on Information Security and Cryptology (ISCTurkey 2015), Ankara.

Patentler

- 1- An Intelligent System for Estimating Gender from Only Fingerprints (Ulusal (TPE) ve Avrupa (PCT) patent hakkı alındı, Amerika (USPTO) patent hakkı için de müracaat edildi)
- 2- Gender Determination from Fingerprint Basis on Any of Ten Fingers That Have One or Two Core Points (Ulusal ve uluslararası patent başvurusu yapıldı)

Ödüller

- 1- Para Ödülü, Yıldız Teknik Üniversitesi Yıldızlı Projeler Yarışması, 1.lık Ödülü (7500 TL)
- 2- Para Ödülü, Bilim Şenliği Proje Pazarı Yarışması 1.lık Ödülü (10 000 TL)
- 3- Para Ödülü, 2. İş Fikri Yarışması Mansiyon Ödülü (5000 TL)

Projeler

- 1- Gazi Üniversitesi BAP Projesi, Biyometrik Veriler Arası İlişki Analizi, 2012-2016.

Hobiler

Kitap okumak, basketbol, seyahat



GAZİ GELECEKTİR...