

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MOBİL TELEFON KAMERASINDAN ALINAN
BİLEK VE AVUÇ İÇİ GÖRÜNTÜLERİ İLE BİYOMETRİK KİMLİKLENDİRME**

ÖZDEN NİYAZ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRONİK VE HABERLEŞME MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
HABERLEŞME PROGRAMI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. TÜLAY YILDIRIM**

İSTANBUL, 2017

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MOBİL TELEFON KAMERASINDAN ALINAN
BİLEK VE AVUÇ İÇİ GÖRÜNTÜLERİ İLE BİYOMETRİK KİMLİKLENDİRME

Özden NİYAZ tarafından hazırlanan tez çalışması 09.06.2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Tülay YILDIRIM
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Tülay YILDIRIM
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Ece Olcay GÜNEŞ
İstanbul Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Bülent BOLAT
Yıldız Teknik Üniversitesi



Bu çalışma, Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü' nün 2016_04_03_YL02 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

Bu çalışma, TR10/14/YEN/0016 no'lu İstanbul Kalkınma Ajansı'nın 2014 Yılı Yenilikçi İstanbul Mali Destek Programı kapsamında kurulan "Siber Güvenlik ve Biyometrik Araştırmalar Danışmanlık ve Test Merkezi" bünyesinde yapılmıştır.

ÖNSÖZ

Tez çalışması süresince bilgisi ve tecrübesini benden esirgemeyen ve bana daima bir aile büyüğüm gibi içten davranan saygıdeğer danışman hocam Prof.Dr. Tülay Yıldırım'a teşekkürlerimi sunuyorum.

Tez çalışmasını Yüksek Lisans Araştırma Projesi olarak destekleyen Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Proje Koordinatörlüğü'ne teşekkür ederim.

Araştırmanın büyük bir bölümünü oluşturan veri toplama aşamasında gönüllü olarak tezime katkıda bulunan sevgili öğrencilerimiz ve çalışma arkadaşlarıma içtenlikle teşekkür ediyorum.

Veri toplama aşamasında mobil telefonunu uzun süre boyunca bana ödünç vermekten çekinmeyen ve bunun yanı sıra manevi desteğiyle de yanımda olan Bulut Fırat Çiçek'e teşekkür ederim.

Tecrübelerini ve çözüm önerilerini benimle paylaşarak tezim ve iş hayatım süresince bana içtenlikle destek olan Onur Can Kurban ve sevgili arkadaşım Zehra Gülru Çam'a çok teşekkür ediyorum.

Bu zor süreçte beni anlayışla karşılayan ve yüzümden gülümseyi eksik ettirmeyen tüm arkadaşlarıma çok teşekkür ederim.

Hayatım boyunca sonsuz sevgileriyle yanımda olan ve hayatımın sonuna kadar beni doğduğum günkü şefkatla seveceklerini bildiğim sevgili annem, babam ve ablama sevgiyle teşekkür ediyorum.

Mayıs, 2017

Özden NİYAZ

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	vii
KISALTMA LİSTESİ.....	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	x
ÖZET	xi
ABSTRACT.....	xiii
BÖLÜM 1	
GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	2
1.3 Hipotez	3
BÖLÜM 2	
BİYOMETRİK SİSTEMLER	4
2.1 Biyometrik Veri	4
2.2 Biyometrik Sistem	6
2.3 Biyometrik Performans Ölçümü	7
BÖLÜM 3	
KULLANILAN YÖNTEMLER.....	9
3.1 Görüntü İşleme Yöntemleri	9
3.1.1 Ten Rengi Tespiti	9
3.1.2 Morfolojik Görüntü İşleme	10
3.1.3 Kontrast Germe	12
3.2 Boyut İndirgeme Yöntemi	13
3.2.1 Temel Bileşen Analizi	13

3.3	Sınıflandırma	15
3.3.1	Naive Bayes Sınıflandırıcı	15
3.3.2	Destek Vektör Makineleri	16
3.3.3	Çok Katmanlı Algılayıcı	17
3.4	Görüntü Eşleştirme	18
3.4.1	Faz Korelasyon Fonksiyonu	18
3.4.2	Alt Piksel Benzerlik Eşleştirmesi	19
BÖLÜM 4		
AVUÇ İÇİ VE BİLEK TANIMA SİSTEMLERİ TASARIMI		21
4.1	Avuç İçi ve Bilek Veri Kümelerinin Oluşturulması	22
4.1.1	İşlenmemiş Veri Kümelerinin Oluşturulması	22
4.1.2	Şablon Veri Kümelerinin Oluşturulması	26
4.1.2.1	Avuç İçi Görüntülerinden İlgi Bölgesi Elde Edilmesi	26
4.1.2.2	Bilek Görüntülerinden İlgi Bölgesi Elde Edilmesi	28
4.1.2.3	Şablon Veri Kümelerinin Kaydedilmesi	31
4.1.3	Avuç İçi ve Bilek Tanıma	32
4.1.3.1	Sınıflandırma Yöntemleri ile Avuç İçi ve Bilek Tanıma	32
4.1.3.2	Benzerlik Eşleme Yöntemi ile Avuç İçi ve Bilek Tanıma	33
BÖLÜM 5		
SONUÇLAR VE ÖNERİLER		34
5.1	Avuç İçi Veri Kümelerinde Sınıflandırma Sonuçları	34
5.2	Bilek Veri Kümelerinde Sınıflandırma Sonuçları	35
5.3	Avuç İçi Veri Kümelerinde İçin Eşleştirme Sonuçları	36
5.4	Bilek Veri Kümelerinde Eşleştirme Sonuçları	43
5.5	Yorumlar ve Öneriler	50
KAYNAKLAR		51
EK-A		
ETİK KURUL ONAYI		54
ÖZGEÇMİŞ		56

SİMGE LİSTESİ

C	Kovaryans matris
v	Öz vektör
Λ	Özellik
α	Öğrenme oranı
β	Momentum sabiti
δ	Kayma vektörü

KISALTMA LİSTESİ

ÇKA	Çok Katmanlı Algılayıcı
DVM	Destek Vektör Makineleri
EER	Equal Error Rate
FAR	False Accept Rate
FMR	False Match Rate
FNMR	False Non Match Rate
FRR	False Reject Rate
RGB	Red Green Blue
ROC	Receiver Operating Characteristic
TBA	Temel Bileşen Analizi

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2. 1 FAR-FRR ve ROC eğrileri	7
Şekil 3. 1 Matrislerde boşluk doldurma işlemi	11
Şekil 3. 2 Matrislerde H bağlantılı piksellerin yok edilmesi	11
Şekil 3. 3 Matrislerde köprü piksellerin yok edilmesi	11
Şekil 3. 4 Beyaz pikseller tarafından izole edilmiş siyah piksel	12
Şekil 3. 5 Histogram eşitleme ve kontrast germe işlemlerinin histogramları	15
Şekil 3. 6 DVM ile ayırıcı düzlem oluşturulması	18
Şekil 3. 7 Çok katmanlı algılayıcı ağ yapısı	18
Şekil 4. 1 Avuç içi ve bilek tanıma sistemlerinin genel işleyişi	22
Şekil 4. 2 Avuç içi ve bilek veri kümelerinin oluşturulması	23
Şekil 4. 3 Avuç içi görüntülerinden örnekler	25
Şekil 4. 4 Bilek görüntülerinden örnekler	26
Şekil 4. 5 Orijinal avuç içi görüntüsü örneği	27
Şekil 4. 6 İkili görüntüye çevrilen avuç içi görüntüsü	27
Şekil 4. 7 Avucun orta noktasının belirlenmesi	29
Şekil 4. 8 Avuç içi bölgesi ve kontrast germe işlemi uygulanmış hali	29
Şekil 4. 9 Orijinal bilek görüntüsü örneği	30
Şekil 4. 10 Ten rengi tespiti	30
Şekil 4. 11 Temizlenmiş siyah beyaz görüntü	31
Şekil 4. 12 Bilek çizgisinde merkez belirlenmesi	32
Şekil 4. 13 Bilek bölgesi ve kontrast germe işlemi uygulanmış hali	32
Şekil 5. 1 Apple sağ avuç içi veri kümesi için FAR-FRR ve ROC eğrileri	39
Şekil 5. 2 Apple sol avuç içi veri kümesi için FAR-FRR ve ROC eğrileri	40
Şekil 5. 3 HTC sağ avuç içi veri kümesi için FAR-FRR ve ROC eğrileri	41
Şekil 5. 4 HTC sol avuç içi veri kümesi için FAR-FRR ve ROC eğrileri	42
Şekil 5. 5 Sony sağ avuç içi veri kümesi için FAR-FRR ve ROC eğrileri	43
Şekil 5. 6 Sony sol avuç içi veri kümesi için FAR-FRR ve ROC eğrileri	44
Şekil 5. 7 Apple sağ bilek veri kümesi için FAR-FRR ve ROC eğrileri	46
Şekil 5. 8 Apple sol bilek veri kümesi için FAR-FRR ve ROC eğrileri	47
Şekil 5. 9 HTC sol bilek veri kümesi için FAR-FRR ve ROC eğrileri	48
Şekil 5. 10 Sony sağ bilek veri kümesi için FAR-FRR ve ROC eğrileri	49
Şekil 5. 11 Sony sol bilek veri kümesi için FAR-FRR ve ROC eğrileri	50

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 4. 1 Mobil telefonların özellikleri	23
Çizelge 5. 1 Avuç içi veri kümeleri için sınıflandırma başarı oranları	36
Çizelge 5. 2 Bilek veri kümeleri için sınıflandırma başarı oranları	37
Çizelge 5. 3 Avuç içi veri kümeleri için eşleştirme sonuçları	38
Çizelge 5. 4 Bilek veri kümeleri için eşleştirme sonuçları	37

MOBİL TELEFON KAMERASINDAN ALINAN BİLEK VE AVUÇ İÇİ GÖRÜNTÜLERİ İLE BİYOMETRİK KİMLİKLENDİRME

Özden NİYAZ

Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Tülay YILDIRIM

Günümüzde güvenlik sistemlerinde; bireyin sadece kendisine ait olan, diğer bireylerden ayırt edici ve ölçülebilir biyolojik izleri kullanılarak kimlik tanıma sağlayan akıllı sistemler yaygın olarak kullanılmaktadır. Güvenlik kilitlerini aşmak üzere kullanılan şifreler yerine biyometrik verilerin kullanımı, bir başkası tarafından kullanımı kolay olmadığı için talep edilmektedir. Mobil telefonlarda ve mobil uygulamalarda kullanılan güvenlik şifreleri günümüzde yerini neredeyse tamamen parmak izi sensörlerine bırakmaktadır.

Biyometrik sistemler; parmak izi, iris, parmak damar izi ve avuç damar izi gibi biyometrik veriler kullanılmaktadır. Fakat bu verilerin alınabilmesi için özel sensörler ve aydınlatma koşulları kullanılmaktadır. Bu sistemler akıllı sistemler olarak tasarlanırken insanların günlük hayattaki kişi tanımasından ilham alınarak iki adımlı tasarlanmış sistemlerdir. İlk adım insandaki tanışma aşaması yani sistemdeki kayıtların toplanması ve sisteme kaydedilmesi aşamasıdır. İkinci adım olan doğrulama aşaması ise kaydedilmiş tüm bireyler ile tanıma yapılacak bireyin karşılaştırıldığı ve sonuca varıldığı aşamadır. Akıllı sistemlerde ise verilerin sisteme kaydedilmesi ve akıllı algoritmalar ile karar verilmesi olarak tamamlanır.

Kullanıcı rahatlığı açısından bu çalışmada biyometrik veri olarak bilek ve avuç içi görüntüleri kullanılmıştır. Bilek damarları tamamen kişiye özgüdür ve diğer dokulara kıyasla yüzeye daha yakındır bu yüzden düşük çözünürlüklü sıradan kameralar ile kolayca

görüntüsü alınabilir. Avuç içi ise kişinin kendi mobil telefonu ile kolayca görüntü alabileceği bir bölge olduğu için seçilmiştir.

Bu araştırmada telefon kameraları ile temassız olarak bilek ve avuç içi görüntülerinden kişi tanıma işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, elli kişiden görünür ışık bandında üç farklı mobil telefon kamerasıyla alınan bilek ve avuç içi görüntüleri ile yeni bir veri kümesi oluşturulmuştur. Bu veri kümesi üzerinde sınıflandırma algoritmaları ve eşleştirme algoritması kullanılarak kişi tanıma yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Biyometri, avuç içi, bilek damar izi, kişi tanıma, yapay sinir ağları, mobil telefon



**BIOMETRIC IDENTIFICATION WITH WRIST AND PALMPRINT IMAGES
CAPTURED BY MOBILE PHONE CAMERA**

Özden NİYAZ

Department of Electronics and Communications Engineering

MSc. Thesis

Adviser: Prof. Dr. Tülay YILDIRIM

In today's security systems; intelligent systems have widely usage which provide identification of the individual only by his / her own biological prints, which are measurable and distinguishable from other individuals. The use of biometric data instead of passwords used to unlock security is requested because someone else can not use it easily. Security passwords which are used in mobile phones and mobile applications now leave their place to fingerprint sensors.

Biometric systems use fingerprints, iris, finger vein, and palm vein as biometric data. However, special sensors and lighting conditions are used to obtain biometric data. While these systems are designed as intelligent systems, they are two-step designed systems inspired by people's daily life. The first step is the stage of getting acquainted with the people, the collection of the records in the system and the recording them to the system. The second step, the verification phase, is the phase in which all recorded individuals are compared to the individual to be recognized and the outcome is reached. In intelligent systems, data is recorded in the system and intelligent algorithms are used to make decisions.

For the convenience of the user, this study used wrist and palm images as biometric data. The wrist vessels are completely person-specific and are closer to the surface than other tissues, so they can easily be imaged with ordinary low-resolution cameras. The

palm is chosen because it is a region where one can easily view images with his / her mobile phone.

In this research, the recognition of the person from the wrist and palm images has performed without contact and with the mobile phone cameras. For this purpose, a new data set was created with images of wrists and palms taken with three different mobile phone cameras in the visible light band of fifty people. On this data sets person recognition has done by using classification algorithms and matching algorithm.

Keywords: Biometrics, palm print, wrist print, person recognition, artificial neural networks, mobile phone



1.1 Literatür Özeti

Anlamli biyometrik araştırmalar 1960'larda başlamış, 1970 ve 1980'lerde ise biyometrik sistemler için teknikler geliştirilmiştir. 1990'lardan bugüne ise biyometri hızla ticarileşen bir araştırma alanı haline gelmiştir [1]. Bu tez çalışmasında kullanıcının sistemle temasını gerektirmeyen, özel sensör ve aydınlatma kullanılmasına gerek duyulmayan biyometrik sistem araştırılmaktadır. Bu nedenle mobil telefon ile gün ışığında fotoğraflanması mümkün olan avuç içi ve bilek tercih edilmiştir.

Avuç içi ve el görüntüleri uzun zamandır biyometrik veri olarak kullanılmaktadır. 1999 yılında Hong Kong Politeknik Üniversitesi tarafından avuç içi veri toplama sistemi plastik bir kutunun içerisine sayısal kamera, ışık kaynağı ve ayna yerleştirerek elde edilmiştir [2]. Ayna ile görüntü kalitesinin düştüğünü tespit eden araştırmacılar temaslı avuç içi tarayıcıları geliştirmiştir [3]. Yakın Kızıl Ötesi ışık ile el taraması yapan cihaz sayesinde 500 kişiye ait avuç içi görüntülerinden oluşan bir veri kümesi yayınlanmıştır [4]. Yakın Kızıl Ötesi ışıklandırma ile oluşturulmuş olan PolyU avuç içi veri kümesinden alınan 100 kişiye ait 6 örnek faz tabanlı benzerlik eşleme yöntemi ile %0 hata oranıyla eşleştirilmiştir [5]. Sayısal kamera ile oluşturulmuş bir avuç içi görüntüleme sisteminden alınan görüntüler iki boyutlu Gabor Filtreleme yöntemi ile özellik çıkarımından sonra Hamming Uzaklığı benzerlik ölçütü alınarak %0,6 hata oranı ile tanınmıştır [6]. HTC Desire model mobil telefon ile toplanan avuç içi görüntüleri Ortogonal Hat Sıra Özellikleri Filtreleme yöntemi ile özellik çıkarımından sonra Hamming Uzaklığı benzerlik ölçütü alınarak %9,87 hata oranı ile tanınmıştır [7].

Literatürde el ve bilek damar izlerini görüntülemek için yapılan çalışmalarda yakın kızılötesi ve uzak kızılötesi ışık kullanıldığı tespit edilmiştir [8],[9]. Yakın kızılötesi ışık damarlardaki hemoglobin sayesinde damarların daha net görünmesini sağlar. Fakat bu cihazlar için özel ışıklandırma ve tasarım gerekmektedir [10],[11] .

Parmak izinde bulunan bireye özgü kıvrım noktalarına benzer yapılar bilek damar izinde de keşfedilmiştir. Literatürde bu amaçla yapılan çalışmalarda kızılötesi ışık kullanılarak alınan bilek damarı görüntülerinden kıvrım noktaları çıkarılmıştır [12],[13].

Benzer araştırmalarda yakın kızılötesi ışık kullanarak alınan damar görüntülerinden tıbbi klinik uygulamaları ve biyometrik uygulamalar için ilgili bilek damarı bölgelerinden özellik çıkarım işlemleri tamamlanmıştır [14],[15].

Yakın kızıl ötesi ışık ile görüntülenmiş bilek damar izlerinden oluşan ve erişime açık geniş bir veri kümesi bulunmaktadır [16]. Bu veri kümesinde yayınlanmış olan kızılötesi ışık altında toplanmış bilek damar görüntüleri Yerel İkili Desen yöntemi ile karakterize edildikten sonra Destek Vektör Makineleri ile %0.79 hata ile sınıflandırılmıştır [17].

Literatürde yapılan çalışmalar, bilek görüntülerinin özellik çıkartımı, kıvrım çizgileri çıkarımı ve sınıflandırma algoritmalarına uygun olduğunu göstermektedir. Fakat literatürde gün ışığında bilek damar izi tanıma yapan bir sisteme rastlanmamıştır.

1.2 Tezin Amacı

Bugüne kadar yapılmış bilek damar izi tanıma sistemlerinin aksine basit bir kamera yardımı ile özel ve pahalı bir sensör kullanımına gerek duymadan bilek damar izinden kişi tanıma sistemi geliştirmeye katkıda bulunmak projenin temel amaçlarından. Ülkemizde dağıtımı yeni başlayan ve önümüzdeki yıllarda tüm bireylerde bulunacak olan yeni nesil Türkiye Cumhuriyeti Kimlik Kartı projesi biyometrik sistemlerin önemini açıkça vurgulamaktadır. Bu projede yeni biyometrik veriler kullanarak hasarlı dokulara sahip insanların (örneğin parmağı olmayan veya parmak izi açıkça alınamayan bireyler için) farklı biyometrik veriler kullanılarak sisteme kaydedilmesini sağlamak amaçlanmaktadır. Ayrıca pahalı biyometrik geçiş sistemlerine alternatif olarak özel bir sensör kullanmadan yeni uygulamalar geliştirmeye açık bir bilimsel çalışma yapılması da bir diğer amaçtır. Bu proje ile yaygın kullanılan temaslı biyometrik sistemlerin aksine hastane, laboratuvar gibi

hijyen gerektiren alanlarda kullanıma açılacak yeni bir temassız sistem geliştirmeye olanak sağlanması hedeflenmektedir. Basit bir kamera ile bilek damar izinden kişi tanıma sağlanması biyometrik sistemlerin güvenliğini arttırmak üzere kullanılan çoklu biyometrik sistemlerde de kullanılmaya elverişli olacaktır.

Literatürde mobil telefon ile avuç içi tanıma özellik çıkarımı yapılarak sınıflandırma yapılmıştır. Bu çalışmada mobil telefon ile özellik çıkarımı olmadan sınıflandırma ve eşleştirme amaçlanmaktadır.

1.3 Hipotez

Bu araştırma özel bir bilgisayar uygulamasına giriş, sınırlı kişilerin erişebildiği ve bütçesi kısıtlı olan bir laboratuvar bölümüne giriş gibi küçük ölçekli biyometrik geçiş kontrol sistemlerinden, güvenliği artırılmış çoklu biyometrik sistemin bir parçası olarak bilek ve avuç içi görüntülerini kullanan biyometrik geçiş kontrol sistemlerine kadar gelişmeye açık tüm uygulamaları kapsamaktadır. Bunun yanı sıra diğer biyometrik verilerinden doku kaybı/hasarı gibi durumlardan dolayı yoksun olan bireyler için alternatif bir sistem geliştirmeye yönelik olacaktır. Günümüzde sayısal verilere erişim şifreler ile sağlandığından bunların deşifre edilebildiği ve veri güvenliği tehdidi oluşturduğu görülmektedir. Bu çalışma kapsamında araştırılan yeni ve basit bir temassız biyometrik sistem ile banka işlemleri, adli işlemler, hastane işlemleri, özel bilgisayar girişleri gibi uygulamalara güvenli olarak erişim olanağı sağlayan çoklu biyometrik sistemlere yeni bir veri eklenmiş olacaktır. Literatürde bugüne kadar bilek ile ilgili yapılmış olan çalışmalar özel tasarlanmış kameralar ile kişi tanıması ve kimliklendirilmesi üzerinedir. Basit bir kamera ile gün ışığında ve görünür ışık bandında bilek tanıma önceden yapılmayan bir çalışma olması açısından özgün değere sahiptir.

Araştırılan avuç içi ve bilek tanıma sistemleri, mobil uygulamalar vasıtası ile çeşitli geçiş kontrolü ve güvenli erişim sistemlerine destek olacaktır. Ayrıca yaygın kullanılan temaslı sistemlere alternatif olarak maliyeti düşük, sağlıklı ve temassız bir biyometrik sistem oluşturmaya ve çoklu biyometrik sistemlere yeni bir biyometrik veri eklenmesine olanak sağlayacaktır.

BIYOMETRİK SİSTEMLER

Biyometrik sistemler tasarlanırken yaygın olarak kullanılan biyometrik veri, biyometrik sistemler ve biyometrik performans ölçümleri gibi tanımlar bu bölümde açıklanmaktadır.

2.1 Biyometrik Veri

Biyometri, canlıların ayırt edici özelliğe sahip fizyolojik veya davranışsal karakteristiklerinin ölçümüne verilen genel isimdir. İnsanlarda bulunan ve kişiden kişiye değişken özellikler gösteren parmak izi, iris, yüz, el ayası, el geometrisi, damar ağı, yürüyüş ve ses gibi özyapısal bilgiler biyometrik verilerdir. İnsanlarda bulunan fizyolojik veya davranışsal karakteristiklerin biyometrik veri olarak değerlendirilebilmesi için verinin sağlıklı her bireyde bulunuyor olması, bireyden bireye farklılıklar göstermesi, zaman ile geçici olmaması ve kaliteli bir şekilde ölçülebiliyor olması gerekmektedir.

Biyometride veriler için örnek, özellik, taslak, eşleştirme, hakiki eşleştirme, sahte eşleştirme, eşleşme veya benzerlik oranı, eşik değeri ve eşleşme kararı gibi tanımlar oldukça yaygın kullanılan tanımlardır.

Örnek: Sistemle bütünleşmiş sensörler tarafından alınan işlenmemiş sayısal biyometrik verilerin her birine verilen isimdir ve adet sayısını belirtmek için kullanılır. Örneğin bireyin yüz görüntüsünün kamera tarafından çekilen fotoğrafı, ses kaydı veya yürüyüşünü içeren videonun her biri birer örnektir.

Özellik: Biyometrik örneklerden çıkarılan belirgin ve ayırıcı bilgilere özellik adı verilir. Özellikler örnekleri birbirinden ayırt etmek için kullanılır, çevresel etkiler ve yaşlanma ile gerçekleşebilecek değişikliklere dayanıklı olması gerekir. Örneğin parmakizi tanıma için en yaygın kullanılan özellik parmakizinde bulunan kıvrımların çeşidi ve konumudur.

Şablon: Kayıt aşamasında biyometrik verinin ön işleme uygulanmış haline verilen isimdir. Sistemde verilerin şablon olarak saklanması iki avantajı vardır. Bunlardan ilki özellik çıkarma veya filtreleme gibi ön işlemlerin birden çok yapılmasını önlemesi ve sistemde yeni bir şablon veri kümesi oluşturarak her seferinde tüm veriler için aynı ön işlemleri gerçekleştirme ihtiyacını ortadan kaldırarak sistemin çalışma performansını arttırmasıdır. İkincisi ise şablonlar gürültüden, gerekli olmayan arka plandan temizlenmiş veriler olduğu için sistem orijinal örnekleri saklamak için gerekli olan hafızaya kıyasla çok daha az bir hafıza alanına ihtiyaç duyar.

Eşleşme: Kayıt şablon ile doğrulanacak olan örneğin karşılaştırılmasıdır. Eşleşme işlemi sonucunda iki biyometrik verinin karşılaştırılmasından elde edilen sayısal bir eşleşme oranı elde edilir.

Hakiki eşleşme: Aynı bireyin aynı biyometrik karakteristiğinden alınmış iki örneğinin eşleşmesine verilen isimdir.

Sahte eşleşme: Farklı bireylerin aynı biyometrik karakteristiğinden alınmış iki örneğin veya aynı bireyin farklı biyometrik karakteristiğinden alınmış iki örneğin eşleşmesidir. Örneğin farklı kişilerin sağ irislerinin veya aynı kişinin sağ ile sol irisinin eşleşmesi sahte eşleşmedir.

Eşleşme oranı: Benzerlik oranı olarak da isimlendirilen bu oran iki örnek arasındaki benzerliğin derecesini sunan sayısal değerdir. Kişi tanıma ve kişi doğrulama kararlarında benzerlik oranı esas alınır.

Eşik değeri: Eşleşme kararı verebilmek üzere kullanılan biyometrik sistem parametresidir. Eşik değeri aşan eşleşme oranında sistem eşleşme kararı verir.

Eşleşme kararı: Biyometrik verinin kabul edilmesi veya red edilmesine eşleşme kararı denmektedir.

2.2 Biyometrik Sistem

Biyometrik sistem, biyometrik veriler ile kimliklendirme gerçekleştiren akıllı sistemlerin tümüne verilen genel isimdir. Bu sistemler; biyometrik verileri toplamak için özel bir donanıma, kimlik tanıma veya kimlik doğrulama işlemlerini gerçekleştirmek üzere bir yazılıma sahip olan ve kimliklendirme işlemlerinin sonucunu saklayan veya kullanıcıya bildiren yapılardan oluşmaktadır. Biyometrik sistemler birden çok ve birbirinden farklı biyometrik veriler kullanılarak gerçekleştirilirse çoklu model biyometrik sistemler olarak adlandırılır.

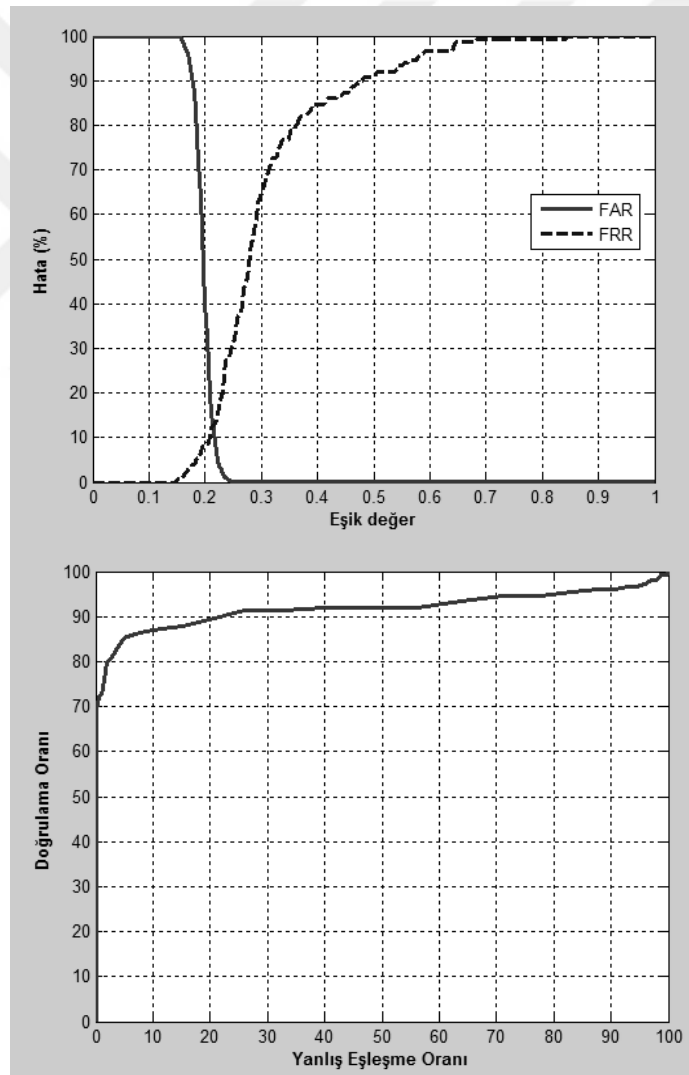
Biyometrik sistemlerde kullanıcı sisteme tanıma yapılacak biyometrik örneği sunan, kişidir. Kullanıcının biyometrik sistem ile etkileşimi kayıt, doğrulama ve tanıma olmak üzere üç ayrı aşamaya ayrılabilir. Kayıt, kullanıcının ham bilgilerinin şablon haline dönüştürülerek veri kümesinde saklanmasıdır. Doğrulama, kullanıcının sisteme belirttiği kullanıcı olup olmadığının belirlenmesidir. Tanıma ise kullanıcının sistemdeki tüm kullanıcılar ile karşılaştırılıp kim olduğuna karar verilmesidir.

Biyometrik sistem çeşitleri doğrulama ve tanıma sistemleri olarak ikiye ayrılabilir. Doğrulama sistemi, giriş olarak iddia edilen kimlik ve biyometrik örneği alır. İddia edilen kimliğe ait sisteme kayıt edilmiş tüm veriler ile girişte alınan örnek karşılaştırılır. Karşılaştırma sonucu, kullanıcıyı iddia edilen kimlik olarak kabul etmek veya ret etmek olarak çıkar. Kimlik tanıma sisteminde ise giriş örneği sistemde kayıtlı tüm veriler ile bire bir karşılaştırılır. Karşılaştırma sonucunda en yüksek ihtimalli kişi veya kişilerin bilgisi elde edilir.

Biyometrik sistemler izleme listesinden suçlu bulma, gözetim sistemleri ile aranan kişiyi yakalama, geçiş kontrol sistemleri ile özel tanımlı bölgelere kişisel bilgiler ile erişebilme, pasaport gibi kimlik belgelerine numara harici kişisel bilgiler ekleyerek güvenliği artırma, şirketlerin çalışanlarının zaman ve katılım bilgilerini takip etmesi veya mobil telefondaki kişisel bilgilere erişimin diğer kişiler için engellenmesi gibi birçok alanda yaygınca kullanılmaktadır.

2.3 Biyometrik Performans Ölçümü

Biyometrik performans ölçümlerinde oldukça sık kullanılan Yanlış Eşleşme Oranı orijinal ismiyle False Non-Match Rate (FNMR), gerçek örneklerin sistemin hatasından dolayı sahte örnek olarak eşleştirilmesini ölçen hata oranıdır. Yanlış Eşleşme Oranı orijinal ismiyle False Match Rate (FMR) sahte örneklerin sistem hatasından dolayı gerçek örnek olarak eşleştirilmesini ölçen hata oranıdır. Yanlış Kabul Oranı (False Accept Rate, FAR) sistem tarafından kabul edilen sahte örneklerin oranıdır. Yanlış Red Oranı (False Reject Rate, FRR) sistem tarafından kabul edilmeyen gerçek örneklerin oranıdır. Denk Hata Oranı (Equal Error Rate, EER) FAR ile FRR değerlerinin birbirine eşit olduğu hata değeridir ve sistemin performansını özetler.



Şekil 2. 1 FAR-FRR ve ROC eğrileri

Biyometrik sistemlerin performansı grafikler üzerinden daha kolay anlaşılır. Yaygın olarak kullanılan grafiklerden biri, normalize eşik değerlere karşılık olarak FAR-FRR eğrisi çizdirilmesiyle elde edilen grafiktir ve sistemin hata oranı bu grafik üzerinden kolayca belirlenebilir. Bir diğer yaygın kullanılan Alıcı Çalışma Karakteristikleri Eğrisi (Receiver Operating Characteristics, ROC) FMR değerinin doğrulama oranı olarak da ifade edilen 100-FNMR değerine karşılık çizdirilmesiyle elde edilir. FAR-FRR ve ROC eğrileri Şekil 2.1'de görülebilir.



KULLANILAN YÖNTEMLER

Bu bölümde avuç içi ve bilek tanıma sistemi tasarımında kullanılan görüntü işleme, sınıflandırma ve eşleştirme yöntemleri açıklanmaktadır.

3.1 Görüntü İşleme Yöntemleri

Bilek ve avuç içi görüntülerinden oluşan veri kümelerinden kişi tanıma yapabilmek için arka plandan ve gürültüden arındırılmış ilgili bilek ve avuç içi bölgeleri çıkarılması gereklidir. İlgili bölgelerin çıkarımı aşamasından önce kullanılan görüntü işleme yöntemlerinden bu bölümde bahsedilmiştir.

3.1.1 Ten Rengi Tespiti

Görüntülerde insana ait bölgelerin tespit edilmesi ve diğer nesnelere ayrılması bilgisayarlı görme uygulamalarında oldukça yaygın kullanılmaktadır. Bilek görüntülerinden oluşan veri kümesinde el ve kol bölgelerinin arka plandan ayrılması için öncelikle ten rengi tespiti yapılmıştır.

Bilek görüntüleri mobil telefonlar ile kaydedildiğinde RGB (Kırmızı Yeşil Mavi) renk uzayındadır. RGB renk uzayında doğadaki tüm renkler kırmızı, yeşil ve mavi olmak üzere üç temel rengin farklı miktardaki karışımları olarak bulunur. Bu üç rengin her biri %100 oranla karıştırılırsa beyaz ve %0 oranla karıştırılırsa siyah renk elde edilir. RGB renk uzayı modeli elektronik görüntüleme sistemlerinde algılama ve görsel sunum yapmak üzere elde edilmiştir. Bilgisayarlı sistemlerde görüntünün üç katmanda hangi miktarda kırmızı,

yeşil ve mavi renk içerdiği 0 ile 255 arasında bir tam sayı ile belirtilir. Her bir renk katmanındaki değerlerin toplanarak bir araya getirilmesiyle görüntünün renkli haline ulaşılır.

Ten rengi tespiti yapabilmek için görüntünün RGB renk uzayından YCbCr renk uzayına dönüştürülmesi gerekir. YCbCr renk uzayı, Y katmanında parlaklık bilgisini Cb ve Cr katmanında ise renk bilgilerini saklar. Cb referans değer ile mavi bileşen arasındaki, Cr ise referans değer ile kırmızı bileşen arasında farktan oluşur. Bu renk uzayı dünyada sayısal video standardı elde etmek üzere oluşturulmuştur. RGB renk uzayından YCbCr renk uzayına dönüşüm için gerekli olan denklem (3.1) ile verilmiştir.

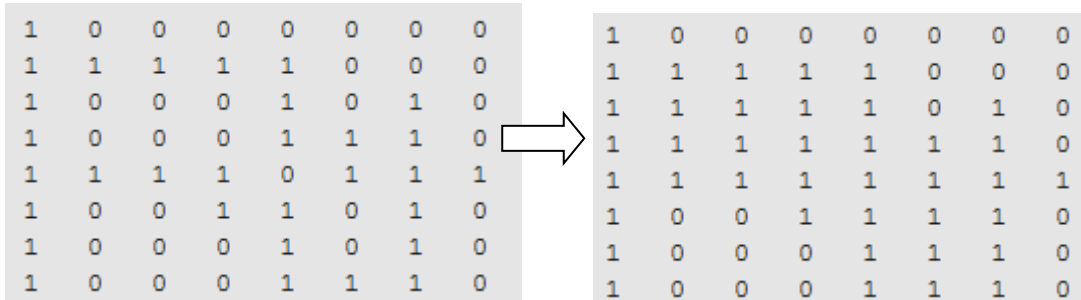
$$\begin{bmatrix} Y \\ C_b \\ C_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 16 \\ 128 \\ 128 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 65.481 & 128.553 & 24.996 \\ -37.797 & -74.203 & 112 \\ 112 & -93.786 & -18.214 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (3.1)$$

YCbCr renk uzayındaki görüntüde ten rengi $77 \leq C_b \leq 127$ ve $133 \leq C_r \leq 173$ aralığında bulunur [18]. Renk uzayında belirlenen aralık alınırsa ten rengi dışında kalan arka plan ve ilgisiz alanlar yok edilebilir.

3.1.2 Morfolojik Görüntü İşleme

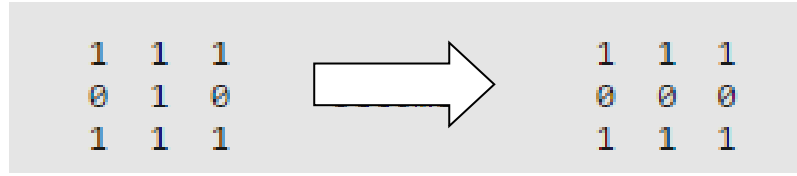
Morfolojik görüntü işleme nesnelerin biçimsel yapısını değiştirerek görüntü iyileştirmeyi ve biçimsel yapısını değiştirmeyi veya yapısı hakkında bilgi edinmeyi sağlar. Morfolojik yöntemler gri seviye veya siyah beyaz görüntüler üzerinde uygulanabilir [19].

Boşluk Doldurma: Siyah beyaza dönüştürülmüş görüntüde siyah pikseller 0, beyaz pikseller ise 1 değerindedir. Bulunması istenen bilek veya avuç içi görüntüsü boşluksuz beyaz olarak elde edilmelidir. Görüntüde oluşan beyaz boşluklar siyah komşuluğunda ise Şekil 3. 1'deki gibi siyaha çevrilmektedir.



Şekil 3. 1 Matrislerde boşluk doldurma işlemi

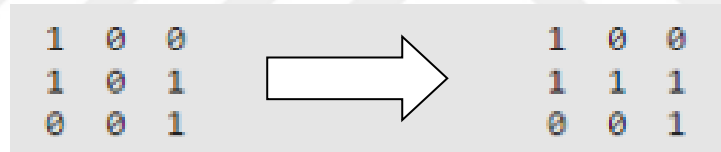
H Bağlantılı Piksellerin Yok Edilmesi: Siyah beyaz görüntüde çizgilerin netliğini artırmak için H biçiminde bağlı pikseller komşu pikseller ile karşılaştırılarak Şekil 3. 2’de gösterildiği gibi yok edilir.



Şekil 3. 2 Matrislerde H bağlantılı piksellerin yok edilmesi

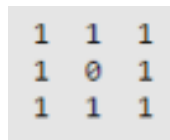
Çoğunluk Uygulaması: Görüntünün içerisinde bir piksel incelenir ve bu 3x3 komşuluğunda bulunan beş veya daha fazla piksel beyaz ise kendisi de beyaza çevrilir. Eğer bu piksel siyah ise siyah olarak değiştirilir. Bu işlem görüntünün kalitesini artırmak üzere on defa uygulanmıştır. Daha kötü kalitedeki görüntülerin iyileştirilmesinde uygulama sayısı arttırılabilir.

Köprü Piksellerin Yok Edilmesi: Bilek görüntüsünün yatay hattında bulunan girinti çıkıntı kirliliklerini temizlemek üzere köprü bağlantılı pikseller Şekil 3. 3’te gösterildiği gibi temizlenmiştir.



Şekil 3. 3 Matrislerde köprü piksellerin yok edilmesi

Doldurma Uygulaması: Görüntüde Şekil 3. 4’te örnek gösterildiği gibi beyaz pikseller tarafından çevrelenmiş, izole edilmiş merkez siyah pikseli temizlemek için morfolojik doldurma işlemi uygulanmıştır.



Şekil 3. 4 Beyaz pikseller tarafından izole edilmiş siyah piksel

Temizleme Uygulaması: Görüntüde siyah pikseller tarafından çevrelenmiş, izole edilmiş merkez beyaz pikseli temizlemek için morfolojik temizleme işlemi uygulanmıştır.

Morfolojik Kapama İşlemi: Morfolojik kapama, morfolojik yayma ve aşındırma işlemlerinin siyah beyaz görüntüye sırayla uygulanmasına verilen isimdir. Morfolojik kapama parlak bölgelerin sınırlarını genişletmesi açısından morfolojik yayma işlemine benzerdir. Parlak bölgelerdeki koyu delikleri daraltma eğilimindedir. Ancak morfolojik yayma işlemine göre özgün sınır biçimini bozmadan daha az değiştirir.

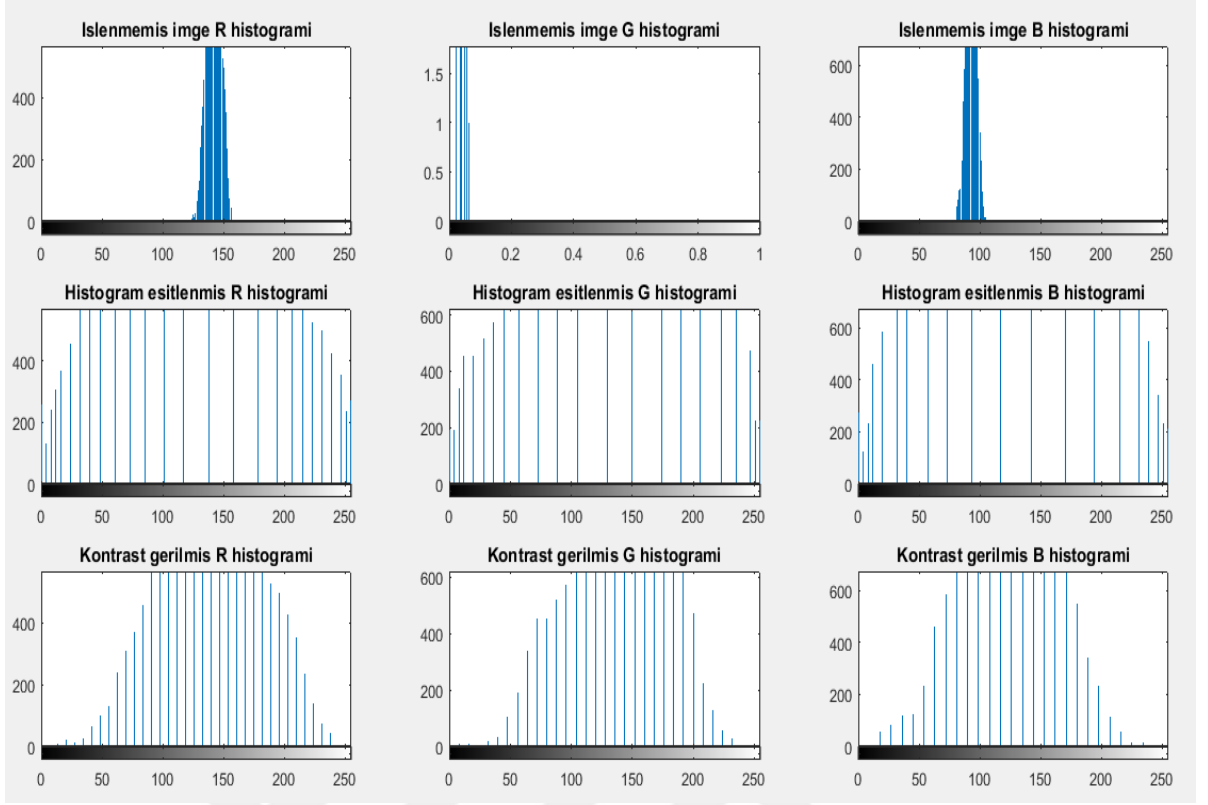
İşlemin etkisi, yapılandırma ögesine benzer bir şekle sahip olan bölgeleri veya arka plan piksellerinin diğer tüm bölgelerini ortadan kaldırırken yapılandırma ögesini tamamen içerebilen arka plan bölgelerini korumaktır. Bilek görüntülerinde 3x3 boyutunda yapılandırma ögesi kullanılarak kapama işlemi yapılmıştır [20].

3.1.3 Kontrast Germe

Yanlış aydınlatma ile alınan görüntülerde kontrastın histogramının dar bir alana toplanmasıyla görüntünün kalitesi düşer. Kontrast Germe kötü kontrastlı görüntülerin kontrastlarını iyileştirmek için kullanılan genel bir yöntemdir. Şekil 3. 5'te bir görüntünün kırmızı, mavi ve yeşil katmanlarının orijinal, histogram eşitleme sonrası ve kontrast germe sonrası histogramları gösterilmiştir. Görüldüğü üzere kontrast germe yöntemi ile orijinal dağılım, histogram eşitleme yöntemine kıyasla daha fazla korunduğundan kontrast germe yöntemi tercih edilmiştir.

Temel olarak görüntüdeki minimum ve maksimum piksel değerleri bulunur. Kontrast Germe işleminin uygulanacağı minimum gri değer min_p , maksimum gri değer ise max_p olmak üzere görüntüdeki herhangi bir pikselin gri değeri $I_1(i,j)$, kontrast germe işleminden sonra oluşan gri değer $I_2(i,j)$ olmak üzere yeni piksel değerleri (3.2) denklemiyle bulunur.

$$I_2(i, j) = \frac{I_1(i, j) - min_p}{max_p - min_p} * 255 \quad (3.2)$$



Şekil 3. 5 Histogram eşitleme ve kontrast germe işlemlerinin histogramları

3.2 Boyut İndirgeme Yöntemi

Boyut indirgeme yöntemi olarak Temel Bileşen Analizi kullanılmıştır.

3.2.1 Temel Bileşen Analizi

Temel Bileşen Analizi diğer adıyla Tekil Değer Ayrışımı, sınıflandırma, tanıma, görüntü sıkıştırma uygulamalarında kullanılan, bir veri kümesinin varyans yapısını, veri kümesindeki değişkenlerin doğrusal birleşimleri aracılığıyla açıklayan, boyut indirgenmesi ve yorumlanmasını sağlayan bir istatistik yöntemidir [21]. Varyans, verilerin yayılımı ile ilgili değişimi ölçmek için kullanılan kavramdır. Genel olarak standart sapmanın karesi ile tanımlanır.

Temel Bileşen Analizi (TBA) boyutu yüksek olan veri kümelerinin içerisinde bulunan değişimleri koruyarak boyutunun azaltılmasını sağlar. Bu dönüşüm ile daha düşük boyutlarda yüksek boyutlu veri kümesinin özelliklerini korumak hedeflenir. Temel Bileşen Analizi ile elde edilen veriler orijinal verilerin temel bileşeni olarak adlandırılır.

Analiz sonucunda temel bileşenler varyans değeri en büyük olandan en küçük olana doğru sıralanır. Veri kümesi içerisindeki en güçlü örüntüyü bulmak için, veri kümesinin çeşitliliğini daha düşük boyutta gürültülerden arınmış halde temsil edebilecek yeni boyutlar belirlenir.

Temel Bileşen Analizi ile boyut indirgemesi yapabilmek için öz vektör ve öz değerlerin hesaplanması gerekmektedir. Denklem 3.3'te bulunan NxM boyutunda bir matris üzerinden boyut indirgemesi yapılacağı düşünülürse;

$$X = \begin{bmatrix} x_1^1 & x_1^2 & \dots & x_1^M \\ x_N^1 & x_N^2 & \dots & x_N^M \end{bmatrix} \quad (3.3)$$

Denklem 3.4'teki gibi verilerin ortalama değeri hesaplanır.

$$m = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M X^i = \begin{bmatrix} m_1 \\ m_2 \\ \dots \\ m_N \end{bmatrix} \quad (3.4)$$

Ortalama değer tüm verilerden çıkartılması ile kaydırılmış değer (3.5) elde edilir.

$$X^{\sim} : \text{kaydırılmış değer} \quad (3.5)$$

Denklemden bulunan X matrisinden kovaryans matris elde etmek üzere denklem 3.6'daki gibi transpozunu ile çarpılır.

$$C = X^{\sim} * X^{\sim T} \quad (3.6)$$

C kovaryans matrisinde köşegenler üzerinde bulunan değişkenlerden varyans değerleri geriye kalan değişkenlerden ise kovaryans değerleri elde edilir. C kovaryans matrisinin öz değeri ve öz vektörleri 3.7 ile birbirinden ayrılır.

$$C * v = \lambda * v \quad (3.7)$$

Denklem 3.7'de λ değişkeni C kovaryans matrisinin özdeğerleri, v ise λ ile ilişkili öz vektörlerdir. Bulunan öz değerler büyükten küçüğe doğru sıralanır. Veri kümesinin özelliklerini yansıtması istenen p adet öz değere karşılık gelen öz vektörler alınarak boyutu indirgenmiş matris oluşturulur [22].

3.3 Sınıflandırma

Sınıflandırma ayırık değişkenler için öngöründe bulunmak anlamına gelir. Sınıflandırma problemlerinde amaç bir niteliğin ait olduğu grubu diğer nitelikleri kullanarak belirlemektir. Sınıflandırma yapılırken verinin dağılımına uygun bir model bulunarak bu model ile niteliğin bilinmeyen değeri tahmin edilir. Sınıflandırma başarımı, öğrenme verilerinde bulunmayan sınama verilerinin doğru sınıflanma oranıdır. Sınıflandırma yöntemleri; karar ağaçları, yapay sinir ağları, Bayes sınıflandırıcılar ve genetik algoritmalar olarak ayrılır [23]. Bu çalışmada bilek ve el görüntülerini sınıflandırmak üzere yapay sinir ağları ve Bayes sınıflandırıcı kullanılmıştır.

Yapay Sinir Ağları insan beyninin bilgi işleme ve öğrenme kapasitesinden yola çıkılarak oluşturulmuş bilgisayar algoritmalarıdır. Bu algoritmalar sayesinde basit bir biyolojik sinir sisteminin çalışması bilgisayar ile oluşturulur. Biyolojik sinir sisteminde bulunan sinirler, dendrit, hücre gövdesi, akson ve sinapslar Yapay Sinir Ağı algoritmalarında sırasıyla işlem elemanı, birleştirme fonksiyonu, aktivasyon fonksiyonu, işlem elemanının çıkışı ve ağırlık olarak modellenir. Belirli sayıdaki işlem elemanı katman olarak adlandırılan yapıları oluşturur. Bir katmandaki her bir işlem elemanı aynı birleştirme ve aktivasyon fonksiyonuna sahiptir.

Yapay Sinir Ağları, probleme uygun ağ yapıları ve öğrenme algoritmaları kullanılarak sınıflandırma problemlerinin çözümünde kullanılır [24].

3.3.1 Naive Bayes Sınıflandırıcı

Naive Bayes Sınıflandırıcı, örüntü tanıma problemlerinde kullanılan olasılıksal bir yaklaşımdır ve eğitilmiş öğrenme alt sınıfındadır. Eğitilmiş öğrenmede sınıflandırılması istenen verilerin hangi sınıfa ait olduğu bellidir. Bayes Sınıflandırıcı ile örüntü tanımada kullanılacak özelliklerin birbirinden bağımsız olması beklenmektedir. Bu bağımsızlık koşuluna rağmen, değişkenlerin birbirinden bağımsız olduğu kabulü yapıldığı takdirde Naive Bayes Sınıflandırıcı kullanıldığında yapay sinir ağları ile karşılaştırılabilir sonuçlar elde edilmektedir.

Naive Bayes Sınıflandırıcı basitleştirilmiş Bayes teoremi ile ifade edilebilir. Denklemden görüldüğü üzere B olayı gerçekleştiği durumda A olayının gerçekleşme olasılığı, A olayı

gerçekleştiği durumda B olayının gerçekleşme olasılığı ile A olayının önsel olasılığının çarpımının B olayının önsel olasılığına bölünmesiyle bulunur.

$$P(A|B) = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)} \quad (3.8)$$

A olayının önsel olasılığı veri toplanmadan önce A olayı hakkında edinilen bilgidir. Ardıl olasılıklar ise veri toplandıktan sonra A olayının gerçekleşmiş olduğu durumlar için B olayının gerçekleşme ihtimali ile ilgili bilgi verir.

Naive Bayes Sınıflandırıcı ile verilen bir x değişkeninin sınıf Si'ye ait olup olmadığına karar vermek üzere,

$$P(x|S_i)P(S_i) > P(x|S_j)P(S_j) \quad (3.9)$$

$$P(x|S_i) \approx \prod_{k=1}^L P(x_k|S_i) \quad (3.10)$$

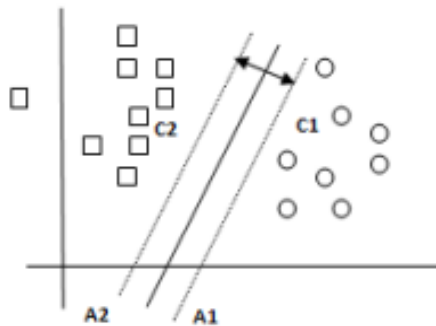
3.9 ve 3.10 denklemleri birbirleri ile ilişkilendirilirse;

$$P(S_i) \prod_{k=1}^L P(x_k|S_i) > P(S_j) \prod_{k=1}^L P(x_k|S_j) \quad (3.11)$$

elde edilir. Denklem 3.11 şartı sağlandığı durumda x değişkeni Si sınıfında kabul edilir. Aksi takdirde Sj sınıfına atanır [25].

3.3.2 Destek Vektör Makineleri

Destek Vektör Makineleri sınıflandırma problemlerinde doğrusal olarak ayrılabilen sınıflar üzerinde kullanılmaktadır. Doğrusal olarak ayrılabilen veri kümeleri sonsuz sayıda aşırı düzlem ile birbirinden ayrılabilir. Destek Vektör Makineleri ile bu aşırı düzlemlerden en uygun ve sınıflara maksimum uzaklıktaki aşırı düzlem belirlenmeye çalışılır. Destek vektörleri, sınır genişliklerini belirleyen noktalardır.



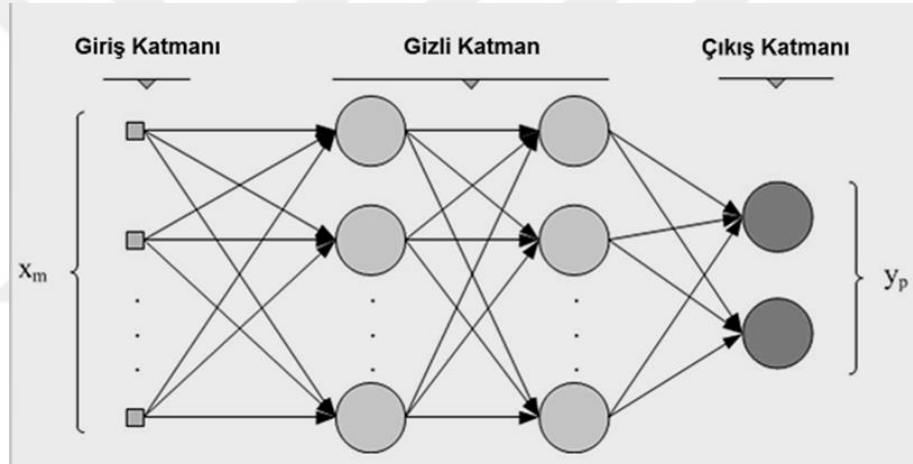
Şekil 3. 6 DVM ile ayırıcı düzlem oluşturulması

Sınıflandırma, Şekil 3. 6'da gösterildiği gibi en büyük sınır genişliğine sahip olan ayırıcı düzlem ile yapılarak eğitim hatasının mümkün olan en düşük değerde elde edilmesi sağlanır.

Destek Vektör Makineleri veri kümesini en uygun olarak iki gruba ayıran n boyutlu aşırı düzlem oluşturmaktadır. Sigmoid Kernel Fonksiyonu kullanan DVM modelleri, iki katmanlı ileri beslemeli bir yapay sinir ağına sahiptir [26].

3.3.3 Çok Katmanlı Algılayıcı

Çok Katmanlı Algılayıcı geri beslemeli ve eğitilmiş bir yapay sinir ağı topolojisidir. Genel olarak Şekil 3. 7'de gösterildiği gibi giriş katmanı, gizli katman ve çıkış katmanından oluşur. Katmanların ve nöronların sayısı uygulamanın içeriğine göre belirlenir.



Şekil 3. 7 Çok katmanlı algılayıcı ağ yapısı

Temel olarak, her bir nöron giriş ağırlıklarıyla çarpılır ve bu çarpımların toplamından net giriş elde edilir. Net giriş değerinin aktivasyon fonksiyonuna verilmesiyle elde edilen sonuç denklem 3.12'deki gibi çıkışları oluşturur.

$$y_i = f(\sum_{j=1}^n w_{ij}x_j) \quad (3.12)$$

Öğrenme aşamasında geri yayılım algoritması kullanılır. Geri yayılım algoritması, ağ tarafından oluşturulan çıkış ile bulunması hedeflenen çıkış arasındaki farkı azaltmak üzere ağırlıkları günceller. Geri yayılım algoritmasının ağırlık güncellemek için kullanılan eşitliği 3.13'te verilmiştir.

$$\Delta w_{ij}(t) = -\alpha \frac{\partial E}{\partial w_{ij}} + \beta \Delta w_{ij}(t-1)$$

$$w_{ij}(t+1) = w_{ij}(t) + \Delta w_{ij}(t) \quad (3.13)$$

Eşitlikte kullanılan E, ağ tarafından oluşturulan çıkış ile hedeflenen çıkış arasındaki farkı belirtir. W nöronlar ile girişler arasındaki ağırlığı ifade etmektedir. Öğrenme oranı α , momentum sabiti ise β ile gösterilmektedir. Öğrenme oranı ve momentum sabiti 0 ile 1 değerleri arasında uygulamanın tasarımına göre belirlenmektedir [27].

3.4 Görüntü Eşleştirme

Görüntü eşleştirme iki matrisel görüntü arasında birbirine karşılık gelen pikselleri veya aranan pikseller arasındaki benzerlik oranını bulmayı sağlayan yöntemlerin tamamına verilen isimdir. Bu çalışmada Faz Korelasyon Fonksiyonu ve Alt Piksel Benzerlik Eşleştirme yöntemleri kullanılmıştır. Bu iki yöntemin birlikte kullanılmasına Faz Tabanlı Benzerlik Eşleme adı verilmektedir.

3.4.1 Faz Korelasyon Fonksiyonu

Faz Korelasyon Fonksiyonu, literatürde, normalize çapraz güç spektrumunun Ayrık Fourier Dönüşümü'nün tersi olarak tanımlanır. İki görüntü benzer özelliklere sahip ise Faz Korelasyon Fonksiyonu belirgin bir tepe noktası oluşturur. Eğer bu iki görüntü benzer özelliklere sahip olmazsa fonksiyon çıkışında düşük bir tepe noktası gözlenir. Tepe noktasının yüksekliği görüntü eşleştirme çalışmalarında benzerlik oranı olarak kullanılır. Tepe noktasının konumu ise iki görüntü arasındaki yer değiştirme konumunu belirler.

Faz Korelasyon Fonksiyonu ile görüntü eşleştirme yapılırken $f(n_1, n_2)$ ve $g(n_1, n_2)$, $N_1 \times N_2$ boyutlarında iki görüntü bölgesi olarak alınır. $F(k_1, k_2)$ ve $G(k_1, k_2)$ bu iki görüntü bölgesinin Ayrık Fourier Dönüşümü (AFD) olarak tanımlanır. Denklem 3.14 ve 3.15'te AFD'nin denklemleri verilmektedir.

$$F(k_1, k_2) = \sum_{n_1, n_2} f(n_1, n_2) W_{N_1}^{k_1 n_1} W_{N_2}^{k_2 n_2} \quad (3.14)$$

$$F(k_1, k_2) = A_F(k_1, k_2) e^{j\theta_F(k_1, k_2)} \quad (3.15)$$

$A_F(k_1, k_2)$ genlik ve $\theta_F(k_1, k_2)$ faz olarak belirtilir. Çapraz faz spektrumu denklem 3.16'da gösterilmektedir.

$$R_{FG}(k_1, k_2) = \frac{F(k_1, k_2)\overline{G(k_1, k_2)}}{|F(k_1, k_2)\overline{G(k_1, k_2)}|} = e^{j\theta(k_1, k_2)} \quad (3.16)$$

$\overline{G(k_1, k_2)}$ ise $G(k_1, k_2)$ 'nin karmaşık eşleniğidir. $\vartheta_F(k_1, k_2)$ - $\vartheta_G(k_1, k_2)$ arasındaki faz farkı ise $\vartheta(k_1, k_2)$ ile gösterilir.

Faz Korelasyon Fonksiyonu ise çapraz faz spektrumunun Ters Ayırık Fourier Dönüşümü'dür [4].

$$r_{fg}(n_1, n_2) = \frac{1}{N_1 N_2} \sum_{k_1, k_2} R_{FG}(k_1, k_2) W_{N_1}^{-k_1 n_1} W_{N_2}^{-k_2 n_2} \quad (3.17)$$

3.4.2 Alt Piksel Benzerlik Eşleştirmesi

Alt Piksel Benzerlik Eşleştirmesi Faz Korelasyon Fonksiyonu ile beraber, biyometrik görüntülerde meydana gelen doğrusal olmayan gürültü ve görüntüdeki kaymaları gidermek için kullanılır. Alt Piksel Benzerlik Eşleştirmesi görüntü bloklarında birbirine karşılık gelen pikselleri bulmayı hedefler.

Karşılaştırılacak iki görüntüden biri referans görüntü $I(n_1, n_2)$ diğeri ise eşleştirilecek giriş görüntüsü $J(n_1, n_2)$ olarak adlandırılır. Referans görüntü üzerinde seçilen referans noktaların, eşleştirilecek giriş görüntüsü üzerinde karşılık düştüğü noktaların bulunması amaçlanır. Referans görüntü üzerinde belirlenen referans noktasına p_0 , giriş görüntüsü üzerinde referans noktasına karşılık düşen noktaya ise q_0 adı verilir. Referans görüntü ve giriş görüntüsü üzerindeki belirlenen l_{max} sayısı kadar katmanları denklem 3.18 ile oluşturulur. Bu çalışmada l_{max} sayısı 4 alınmıştır.

$$I_l(n_1, n_2) = \frac{1}{4} \sum_{i_1=0}^1 \sum_{i_2=0}^1 I_{l-1}(2n_1 + i_1, 2n_2 + i_2) \quad (3.18)$$

$$J_l(n_1, n_2) = \frac{1}{4} \sum_{i_1=0}^1 \sum_{i_2=0}^1 J_{l-1}(2n_1 + i_1, 2n_2 + i_2) \quad (3.19)$$

Denklemlerde n_1 ve n_2 görüntülerdeki tüm piksellerin matrissel koordinatlarını belirtmektedir. Her bir katmanda bir önceki katmandaki görüntünün dörtte biri boyutunda görüntüler elde edilir. Her bir yeni katmanda seçilen referans noktalarının koordinatları da denklem 3.19 ile yarı boyutuna azaltılır.

$$p_l = \left[\frac{1}{2} p_{l-1} \right] = \left(\left[\frac{1}{2} p_{l-1,1} \right], \left[\frac{1}{2} p_{l-1,2} \right] \right) \quad (3.20)$$

En son katmanda piksellerdeki ortaklaşma sonucunda referans noktalarının çakıştığı kabul edilerek iterasyona başlanır.

$$q_{l_{max}} = p_{l_{max}} \quad (3.21)$$

Sondan bir önceki katman için, referans görüntünün referans noktasının koordinatları p_{l-1} bilinen bir değerdir. Giriş görüntüsünün referans noktasının $2q_1$ olduğu kabul edilir. Bu kabul ile p_{l-1} ve q_{l-1} noktaları merkez olmak üzere görüntü blokları oluşturulur ve bunlar arasındaki Faz Korelasyon Fonksiyonları hesaplanır. Fonksiyonun tepe noktasının konumuna göre q_{l-1} için ne kadar hata yapıldığı belirlenir ve q_{l-1} güncellenir.

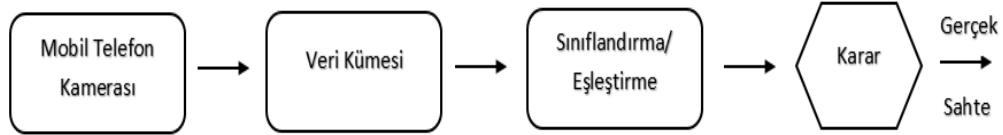
$$q_l = 2q_{l-1} + \delta_l \quad (3.22)$$

Giriş görüntüsünde referans noktaya karşılık olarak bulunan nihai q noktası, q_0 ile kayma vektörü $\delta = (\delta_1, \delta_2)$ 'nin toplamı olarak bulunur.

$$q = q_0 + \delta \quad (3.23)$$

AVUÇ İÇİ VE BİLEK TANIMA SİSTEMLERİ TASARIMI

Çalışma süresince mobil telefonlar ile normal ışık şartları altında bilek ve avuç içi biyometrilere göre kişi tanıma probleminin çözümü araştırılmıştır. Mobil telefon kamerası ile avuç içi ve bilek tanıma yapabilmek için önceki bölümlerde anlatılan biyometrik veri tanımına uygun olarak her iki biyometri için yeni birer veri kümesi oluşturulmuştur. Oluşturulan bu veri kümeleri, biyometrik sistem tanımına uygun olarak sınıflandırma ve eşleştirme yöntemleri ile kişi tanımda kullanılmıştır.

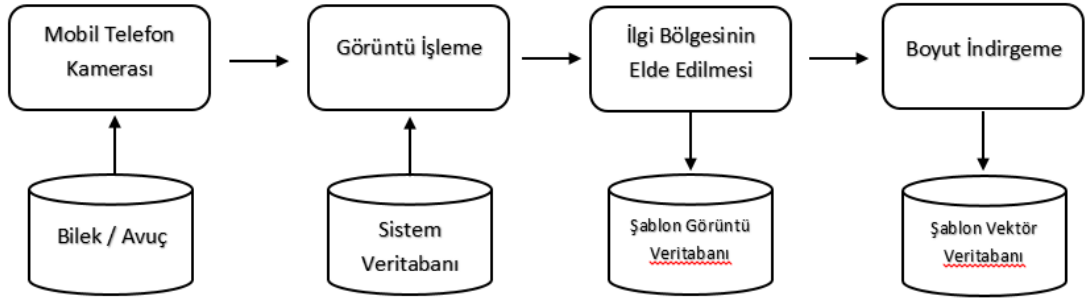


Şekil 4. 1 Avuç içi ve bilek tanıma sistemlerinin genel işleyişi

Avuç içi ve bilek tanıma sistemi tasarımı Şekil 4. 1’de gösterildiği üzere mobil kamera ile alınan görüntüler ile veri kümesi oluşturur. Oluşturulan bu veri kümesindeki örnekler sınıflandırma veya eşleştirme yöntemleri ile karşılaştırılarak gerçek kişi veya sahte kişi olduğuna karar verilir.

4.1 Avuç İçi ve Bilek Veri Kümelerinin Oluşturulması

Mobil telefon kameraları ile tez çalışması kapsamında ilk kez kayıt edilen 50 farklı kişiye ait avuç içi ve bilek görüntülerinden sınıflandırma ve eşleştirme yöntemleri ile tanıma yapmak üzere iki farklı şablon veri kümesi oluşturulmuştur. Mobil telefon kamerası ile alınan avuç içi veya bilek görüntüleri görüntü işleme yöntemleri ile iyileştirilmiş ve ilgi bölgeleri elde edilmiştir. Elde edilen bu ilgi bölgelerinden şablon görüntü veritabanı, boyut indirgeme yöntemi ile şablon vektör veritabanı oluşturulmuştur.



Şekil 4. 2 Avuç içi ve bilek veri kümelerinin oluşturulması

4.1.1 İşlenmemiş Veri Kümelerinin Oluşturulması

Bilek ve avuç içi görüntülerinden kişi tanımayı araştıran bu çalışmada kullanılan görüntüler Yıldız Teknik Üniversitesi Etik Kurulu'ndan onay alınarak Elektrik Elektronik Fakültesi'nde yer alan Siber Güvenlik ve Biyometrik Araştırmalar Danışmanlık ve Test Merkezi'nde toplanmıştır. 50 kişiden sağ ve sol olmak üzere avuç içi ve bilek görüntüleri toplanmıştır. Her bir gönüllüden avuç içi ve bilek görüntüleri eşit mesafeden üçer örnek olmak üzere toplanmıştır. Gönüllülerin yaşları 18 ile 52 arasında değişmektedir.

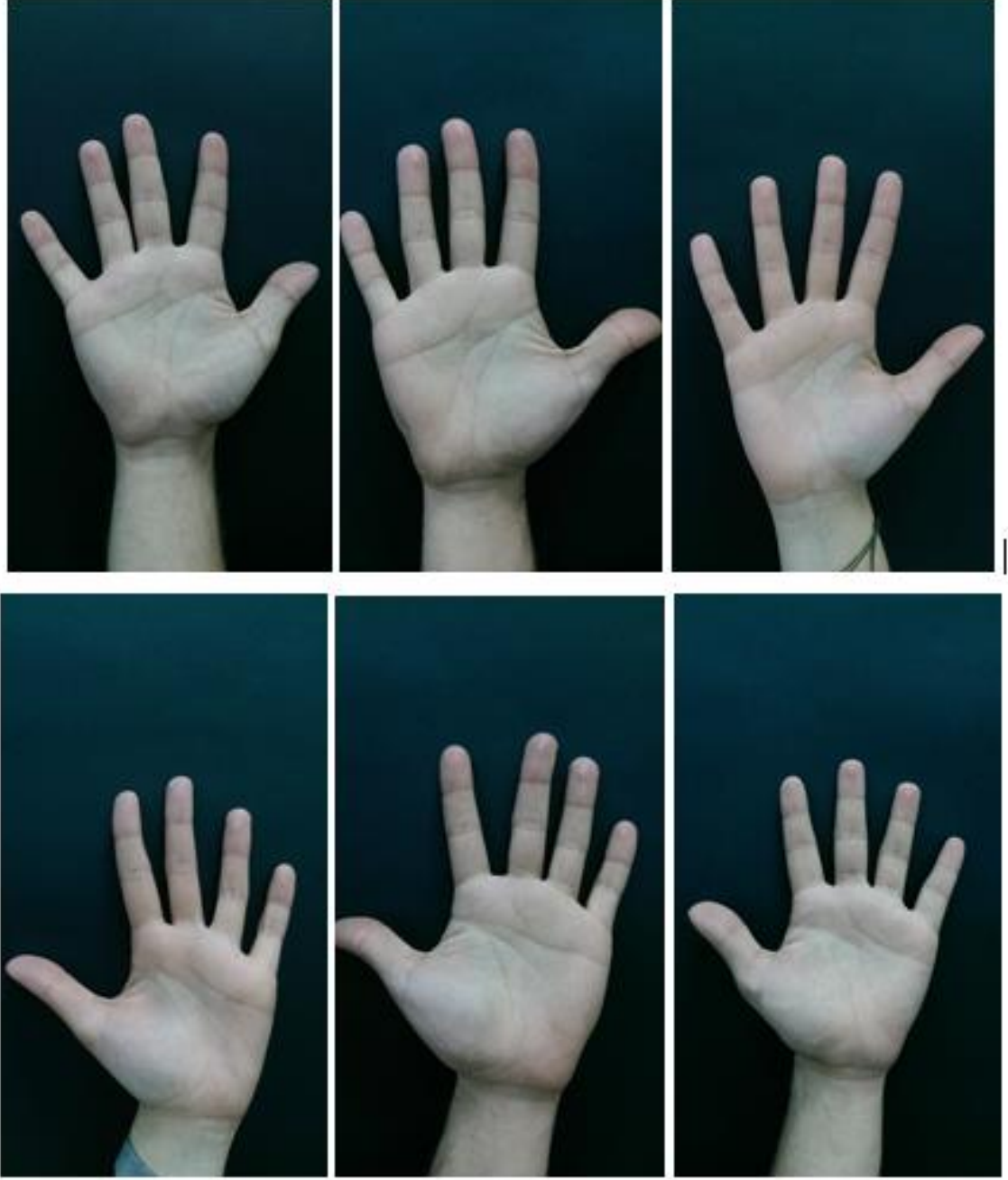
Araştırmada kullanılan yöntemlerin akıllı telefon kameraları ile uyumunu görmek üzere gönüllülerden el ve bilek görüntüleri üç farklı mobil telefon kamerası ile alınmıştır. Kullanılan mobil telefonların teknik özellik bilgileri Çizelge 4. 1'de yer almaktadır. Sony XA Ultra F3211 model mobil telefon Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Koordinatörlüğü tarafından 2016_04_03_YL02 numaralı proje kapsamında bu tez çalışmasında kullanılmak üzere satın alınmıştır.

Çizelge 4. 1 Mobil telefonların özellikleri

Marka	Model	Kamera Özellikleri	CPU	RAM
Apple	iPhone 4	5 MP Fotoğraf F2.8 Diyafram LED Flaş	800 MHz ARM Cortex-A8	512 MB LPDDR2
HTC	One M1	4 MP Fotoğraf F2.0 Diyafram HTC Ultrapixel Kamera BSI Sensörü 28 Mm Lens Akıllı Flaş Optik Görüntü Dengeleme	1.7 GHz Qualcomm Snapdragon 600	2 GB DDR2
Sony	XA Ultra F3211	21.5 MP Fotoğraf F2.2 Diyafram Hibrit Otomatik Odaklama Az Işıktaki Fotoğraf Çekme	2.0 GHz Octa Core	3 GB

HTC marka mobil telefon ile alınan görüntülerin boyutu 2688x1520 piksel, Apple marka ile alınan görüntülerin boyutu 2592x1936 piksel ve Sony marka ile alınan görüntülerin boyutu 5312x3984 pikseldir.

Avuç içi görüntüleri literatürdeki çalışmalar göz önünde bulundurularak siyah arka plan kullanılarak yaklaşık 20 cm uzaklıktan mobil telefonların otomatik netleme özellikleri kullanılarak alınmıştır. Gönüllülerden parmak aralarını açık tutarak ellerinin iç kısmını göstermeleri istenmiştir. Avuç içi görüntülerinde kullanılan veri toplama düzeni daha sonra kullanılacak mobil uygulamalar göz önüne alınarak kullanıcının kendi mobil telefonu ile avuç içi görüntüsünü alabileceği şekilde tasarlanmıştır. Avuç içi görüntülerinden oluşan veri kümesinden örnekler Şekil 4. 3'te görülmektedir.



Şekil 4. 3 Avuç içi görüntülerinden örnekler

Bilek görüntüleri beyaz arka plan kullanılarak yaklaşık 20 cm uzaklıktan mobil telefonların otomatik netleme özellikleri ile alınmıştır. Bilekte bulunan ve deri üzerinden görünen damarların daha belirgin olması için gönüllülerden ellerini arkaya doğru hafifçe kıvrırarak bileklerini göstermeleri istenmiştir. Bu veri toplama düzeni daha sonra mobil uygulamalarda kullanılması göz önünde bulundurularak kullanıcının kendisinin de mobil telefon ile görüntü alabileceği şekilde planlanmıştır. Şekil 4. 4'te bilek görüntülerinden oluşan veri kümesinden örnekler gösterilmektedir.



Şekil 4. 4 Bilek görüntülerinden örnekler

4.1.2 Şablon Veri Kümelerinin Oluşturulması

Mobil telefon kamerası ile kayıt edilen avuç içi ve bilek görüntüleri sınıflandırma yöntemlerinde kullanılmak üzere, vektör veri kümesi ve eşleştirme yöntemlerinde kullanılmak üzere, görüntü veri kümesi olarak iki farklı şablon veri kümesi olarak kaydedilmiştir. Şablon veri kümeleri oluşturulmadan önce her iki biyometri için görüntü işleme yöntemleri ile iyileştirme yapıldıktan sonra ilgi bölgesi elde edilmiştir.

4.1.2.1 Avuç İçi Görüntülerinden İlgi Bölgesi Elde Edilmesi

Avuç içi izlerinin bulunduğu ilgili bölgenin otomatik olarak elde edilmesi için sırasıyla aşağıdaki adımlar takip edilmiştir. Adımların uygulanacağı orijinal görüntü Şekil 4. 5'te verilmiştir. İşlem hızını artırmak üzere görüntünün içeriği değiştirilmeden yarı boyutuna indirgenmiştir.



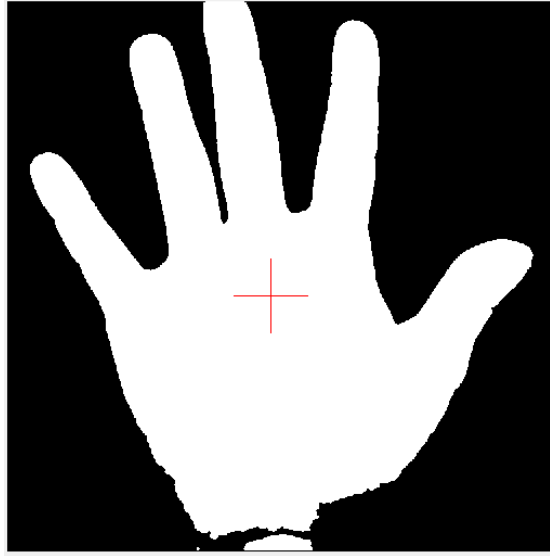
Şekil 4. 5 Orijinal avuç içi görüntüsü örneği

1. Adım: Veri kümesinde bulunan avuç içi bölgesi her bir görüntüde merkezin etrafında olduğu için $M \times N$ boyutundaki avuç içi görüntüsünün merkezinden kısa kenarı boyutunda kare görüntü kırılmıştır. Avuç içi bölgesinin arka plandan ayrılması için orijinal görüntü eşik değeri 0.5 seçilerek Şekil 4.6'da görüldüğü gibi ikili görüntüye dönüştürülmüştür.



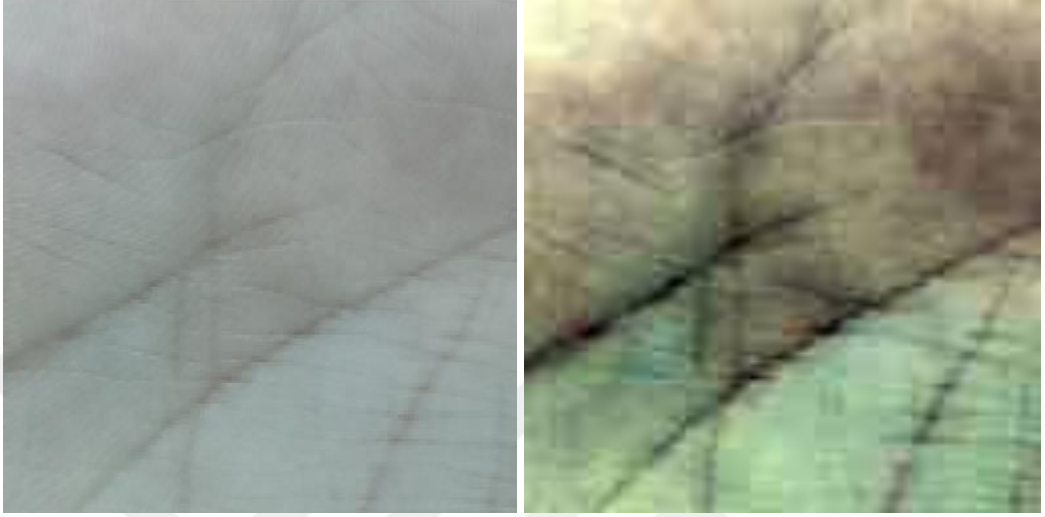
Şekil 4. 6 İkili görüntüye çevrilen avuç içi görüntüsü

2. Adım: Siyah beyaz görüntüde oluşması muhtemel gürültüleri gidermek adına morfolojik çoğunluk işlemi uygulanmıştır. Şekil 4. 7'de görüldüğü üzere avucun orta noktası belirlenmiştir.



Şekil 4. 7 Avucun orta noktasının belirlenmesi

3. Adım: Avucun orta noktası merkez alınarak Sony ile oluşturulan veri kümelerinde 300x300 piksel, Apple ve HTC ile oluşturulan veri kümelerinde 150x150 piksel boyutunda el ayası bölgeleri çıkarılmıştır. Şekil 4. 8'deki gibi elde edilen ilgili bölgelerin tümü kırılma olmaksızın 128x128 piksel boyutuna indirgenmiştir.



Şekil 4. 8 Avuç içi bölgesi ve kontrast germe işlemi uygulanmış hali

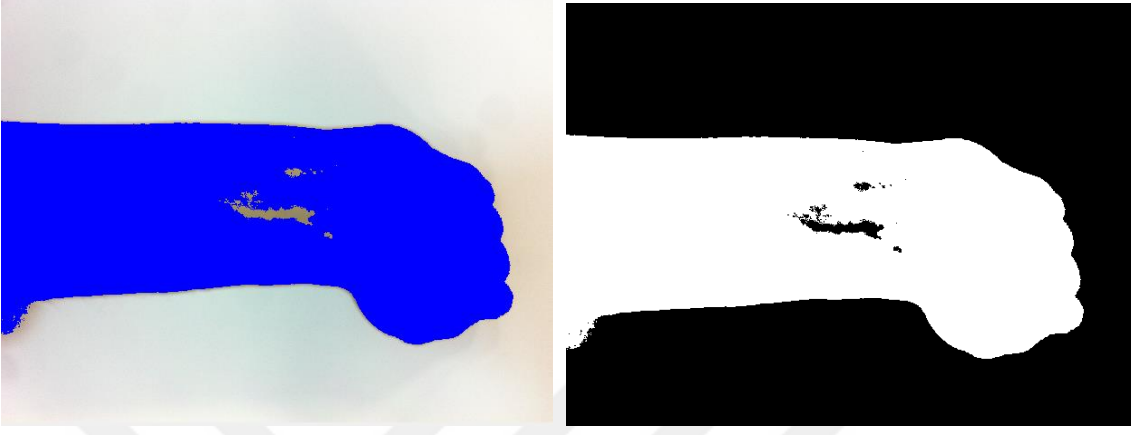
4.1.2.2 Bilek Görüntülerinden İlgili Bölgesi Elde Edilmesi

Bilek damarlarının bulunduğu ilgili bölgenin otomatik olarak elde edilmesi için sırasıyla aşağıdaki adımlar takip edilmiştir. Adımların uygulanacağı orijinal görüntü Şekil 4. 9'da verilmiştir.



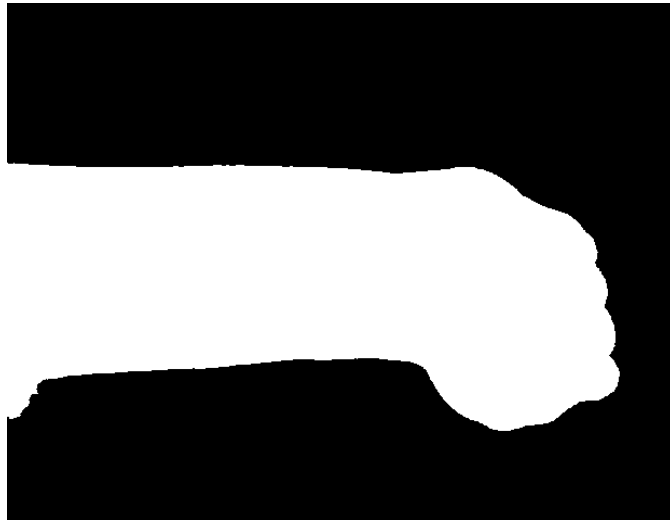
Şekil 4. 9 Orijinal bilek görüntüsü örneği

1. Adım: El ve koldan oluşan bölgenin ten rengi tespiti ile Şekil 4. 10'da görüldüğü gibi arka plan ve kıyafet vb. detaylardan arındırılması sağlanmıştır. İşlem hızını artırmak üzere ten rengi tespiti yapılan görüntünün içeriği değiştirilmeden yarı boyutuna indirgenmiştir.



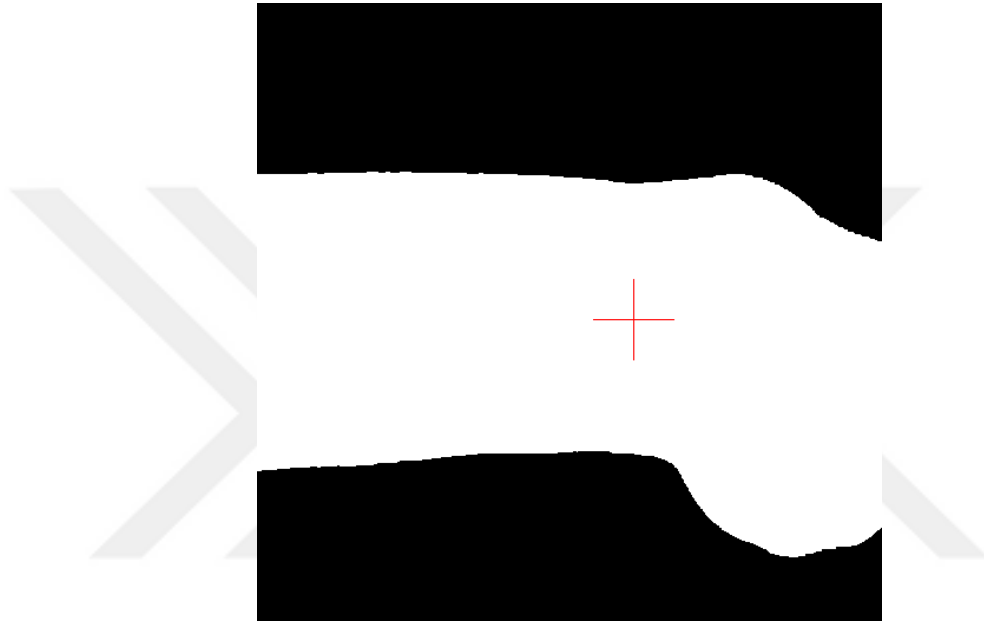
Şekil 4. 10 Ten rengi tespiti

2. Adım: Ten rengi tespiti yapılan görüntü içerisinde muhtemel olarak oluşabilecek boşluklar, girinti çıkıntılar ve gürültüler morfolojik işlemler ile yok edilir. Sırasıyla boşluk doldurma, H bağlantılı pikselleri yok etme, çoğunluk uygulaması, köprü bağlantıları yok etme, doldurma, temizleme ve morfolojik kapama işlemleri uygulanarak Şekil 4.11'deki siyah beyaz görüntü elde edilmiştir.



Şekil 4. 11 Temizlenmiş siyah beyaz görüntü

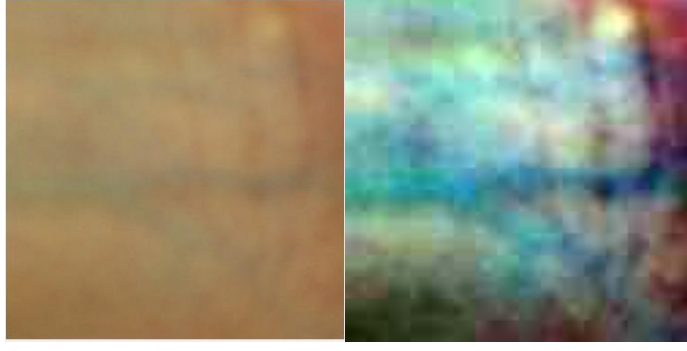
3. Adım: Elde edilen siyah beyaz görüntü işlem yoğunluğunu azaltmak adına görüntünün merkezi esas alınarak HTC ile toplanan veri kümeleri için 150x150 piksel boyutunda, Apple için 180x180 piksel boyutunda ve Sony için 750x750 piksel boyutunda kırılmıştır. Siyah beyaz görüntüde beyaz alanların uzunlukları sayılarak bileğin el ayası ile birleştiği çizgi belirlenmiştir. Bu çizgi üzerinde her bir gönüllünün bilek uzunluğunun farklı olabileceği düşüldüğünden bilek uzunluğunun orta noktasında bir merkez belirlenmiştir. Merkez noktası Şekil 4. 12’de gösterilmektedir.



Şekil 4. 12 Bilek çizgisinde merkez belirlenmesi

4. Adım: Bilek çizgisinde belirlenen bu merkez nokta etrafında her bir gönüllüden alınan örnek için bilek uzunluğunda kare bir alan çıkarılmıştır. Bilek uzunlukları değişken olduğu için tüm veri kümesindeki örnekler kırılmadan ve görüntünün özellikleri kaybedilmeden 128x128 piksel boyutuna azaltılmıştır. Şekil 4. 13’te bilek veri kümesinde bulunan nihai görüntülerden biri gösterilmektedir.

5. Adım: 128x128 boyutundaki RGB görüntülere kontrast germe işlemi uygulanır.



Şekil 4. 13 İlgili bölgenin RGB uzayındaki ve kontrast germe işlemi uygulanmış hali

4.1.2.3 Şablon Veri Kümelerinin Kaydedilmesi

İlgi bölgesi çıkarımı tamamlandıktan sonra avuç içi ve bilek veri kümelerinin her birinden 128x128 boyutunda nihai görüntüler elde edilmiştir. 128x128 boyutundaki nihai görüntüler üç farklı telefon, iki farklı biyometri ve iki farklı yön için ayrı ayrı isimlendirilerek kaydedilmiştir. Toplam 12 adet şablon görüntü veri kümesi elde edilmiştir. Veri kümelerinin isimlendirmeleri telefon, yön ve biyometri olarak yapılmıştır. Örneğin Sony Xperia marka telefon ile sağ bilek görüntülerinden oluşturulan veri kümesine Sony Sağ Bilek adı verilmiştir.

Biyometrik görüntüler özellik çıkarımı yapılmadan tek bir satıra dönüştürülerek yapay sinir ağları ile sınıflandırılabilir. Görüntülerin her bir pikselinin bir özellik olarak seçilmesi mümkündür [28]. Sınıflandırma yöntemlerinde kullanılmak üzere görüntüden oluşan veri kümelerinin sayısal vektörlere dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu çalışmadaki bilek ve avuç içi görüntülerinden oluşturulan nihai veri kümeleri 128x128 piksel boyutunda görüntülerden oluşmaktadır. İşlem hızını artırmak üzere yapay sinir ağları ile sınıflandırma yapılmadan önce 50x50 piksel boyutuna getirilmiştir. Özellik çıkarımı yapılmadan yapay sinir ağları ile sınıflandırma hedeflendiğinden her bir görüntü sırasıyla görüntü matrisinin her bir satırı uç uca eklenerek 1x2500 boyutunda bir vektöre dönüştürülmüştür.

Boyut indirgeme yöntemi olan Temel Bileşen Analiz sonucunda temel bileşenler varyans değeri en büyük olandan en küçük olana doğru sıralanmıştır. Özellik sayısı belirlenirken 5 ile 55 özellik sayısı arasında her bir değer ile Temel Bileşen Analizi yapılmıştır. Farklı 50

özellik sayısı için görüntüler elde edilen özellikler ve öz vektörlerin çarpımından yeniden oluşturulmuştur. Yeniden oluşturulan görüntüler ile orijinal görüntüler arasındaki varyans değerleri tüm veri kümelerinde 5'ten 55'e kadar seçilen özellik sayısı için hesaplanmıştır. İki görüntü birbiriyle aynı ise varyans değerlerinin eşit olması beklenir. Bu nedenle her bir veri kümesinde yeniden oluşturulan görüntüler ile orijinal görüntüler arasındaki ortalama varyansın 0.9'dan büyük olduğu minimum özellik sayısı seçilmiştir. Tüm veri kümeleri için seçilen özellik sayısı bir diğer anlatımla yeni boyut 20 olarak belirlenmiştir. Temel Bileşen Analizi ile sıralanan Şablon vektör veri kümesi -1 ile 1 değerleri arasında normalize edilerek kaydedilmiştir. Eşleştirme yöntemlerinde kullanılmak üzere şablon görüntü veri kümeleri 128x128 boyutundaki görüntülerden oluşmaktadır.

4.1.3 Avuç İçi ve Bilek Tanıma

Avuç içi ve bilek tanıma, sınıflandırma ve eşleştirme yöntemleri ile yapılmıştır.

4.1.3.1 Sınıflandırma Yöntemleri ile Avuç İçi ve Bilek Tanıma

Avuç içi ve bilek tanıma araştırmasında Naive Bayes, Destek Vektör Makineleri ve Çok Katmanlı Algılayıcı yapıları kullanılmıştır. Şablon vektör veri kümeleri sınıflandırma işleminden önce her bir gönüllüden üçer örnek alındığı için 3 katlı çapraz geçerlilik yöntemi kullanılarak sınıflandırma yapmak üzere sınama ve eğitim kümelerine ayrılmıştır. 3 katlı çapraz geçerlilik yöntemi ile veri kümesinin tamamı her örneğin en az bir kere hem eğitim hem de sınama kümesinde bulunması sağlanacak şekilde üç parçaya ayrılır. Bu üç parçadan bir tanesi sınama kümesi, diğer iki tanesi eğitim kümesi olmak üzere kullanılır. Her bir sınama kümesi için sınıflandırma işlemi yinelenir ve ortalama başarı sonucu sonuç olarak kaydedilir.

Waikato Üniversitesi tarafından makine öğrenmesi algoritmaları ile veri madenciliği uygulamalarında kullanılmak üzere geliştirilmiş Weka programı kullanılarak sınıflandırma sonuçları elde edilmiştir. Çok Katmanlı Algılayıcı yapısında öğrenme oranı 0.3, momentum sabiti 0.2, iterasyon sayısı 500 ve gizli nöron sayısı 70 seçilmiştir. Transfer fonksiyonu sigmoid fonksiyon ve öğrenme algoritması ise Dereceli Alçalan Geriye Yayılım Algoritması olarak seçilmiştir. Ağdaki tüm düğümler için sigmoid

fonksiyonu kullanır. Programın varsayılan ayarları kullanılarak Naive Bayes ve DVM fonksiyonu ile sınıflandırma sonuçları elde edilmiştir.

4.1.3.2 Benzerlik Eşleme Yöntemi ile Avuç İçi ve Bilek Tanıma

Çalışma kapsamında oluşturulan altışar adet avuç içi ve bilek veri kümelerinin her biri 50 gönüllünün her birinden alınan 3'er örnek olmak üzere 128x128 piksel boyutunda 150 adet görüntüden oluşmaktadır. Bu veri kümesinden oluşan sisteme yapılması mümkün olan gerçek kişi girişleri sayısı, 3 örneğin 2'li kombinasyonunun 50 gönüllü için hesaplanmasıyla ${}_3C_2 \times 50 = 150$ olarak belirlenir. Sisteme yapılması mümkün olan sahte kişi girişleri sayısı, 150 örneğin 2'li kombinasyonundan mümkün olan gerçek kişi girişleri sayısının çıkarılmasıyla ${}_{150}C_2 - {}_3C_2 \times 50 = 11025$ olarak belirlenir.

Sistem iki görüntü arasında Faz Korelasyon Fonksiyonu ile elde edilen benzerlik oranını eşik değer ile kıyaslar. Eğer benzerlik oranı eşik değerden yüksek ise iki görüntünün eşleştiğine; benzerlik oranı eşik değerden düşük ise eşleşmediğine karar verir. Mümkün olan her bir eşik değer için hesaplanan hata oranları FAR ve FRR değerlerinin birbirine eşit olduğu noktada sistemin minimum hatası ve optimum eşik değeri bulunur. Normalize eşik değerlerine karşılık gelen hata değerlerini görebilmek için FAR-FRR grafikleri kullanılmaktadır. ROC eğrisi ise doğrulama oranının yani 100-FRR değerinin FAR değerine karşılık çizdirilmesiyle oluşur.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Avuç içi ve bilek tanıma sistemi tasarımı araştırılırken elde edilen sınıflandırma ve eşleştirme başarı oranları bu bölümde verilmektedir.

5.1 Avuç İçi Veri Kümelerinde Sınıflandırma Sonuçları

Avuç içi görüntülerinden oluşan veri kümeleri için sınıflandırma başarıları Çizelge 5. 1’de verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde ÇKA’nın özellik çıkarımı yapılmadan avuç içi görüntüsü sınıflama için oldukça yüksek başarı oranı sağladığı görülür.

Çizelge 5. 1 Avuç içi veri kümeleri için sınıflandırma başarı oranları

Sınıflandırıcı	Naive Bayes	DVM	ÇKA
Veri Kümesi			
Apple Sağ	% 60.66	%94.66	%95.33
Apple Sol	%60	%94	%96
HTC Sağ	%81.33	%96.66	%98
HTC Sol	%64	%94.66	%94.66
Sony Sağ	%54	%92.66	%94
Sony Sol	%58	%96	%96.66

5.2 Bilek Veri Kümelerinde Sınıflandırma Sonuçları

Bilek görüntülerinden oluşan veri kümeleri için sınıflandırma başarıları Çizelge 5. 2’de verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde ÇKA’nın özellik çıkarımı yapılmadan avuç içi görüntüsü sınıflama için oldukça yüksek başarı oranı sağladığı görülür.

Çizelge 5. 2 Bilek veri kümeleri için sınıflandırma başarı oranları

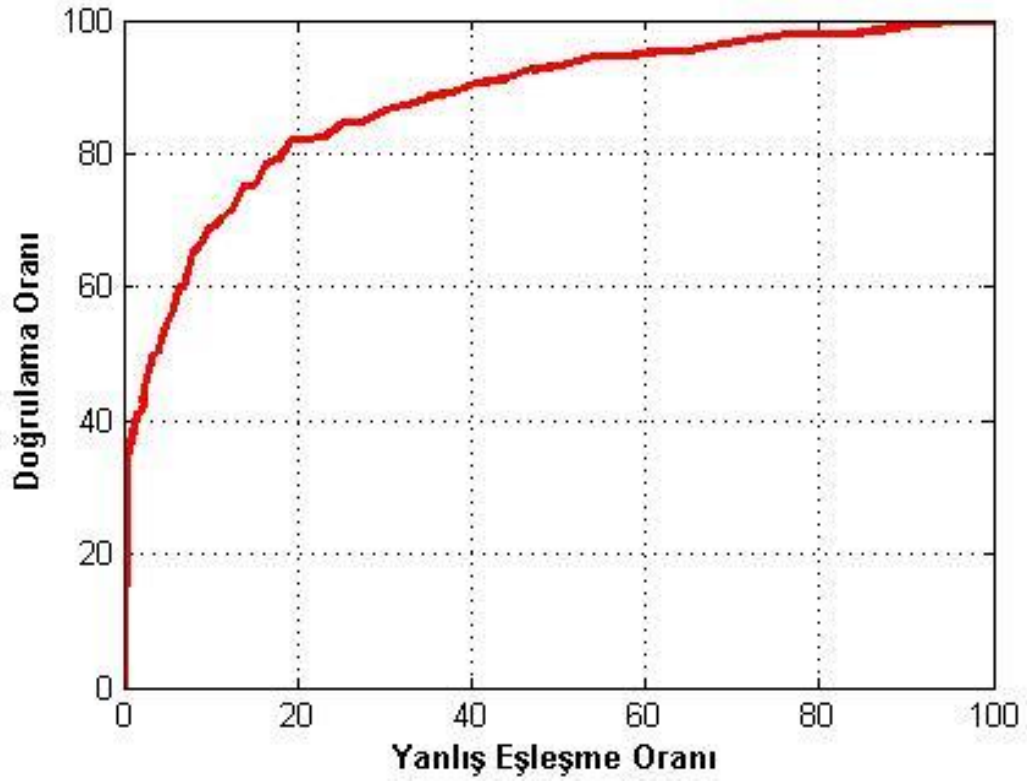
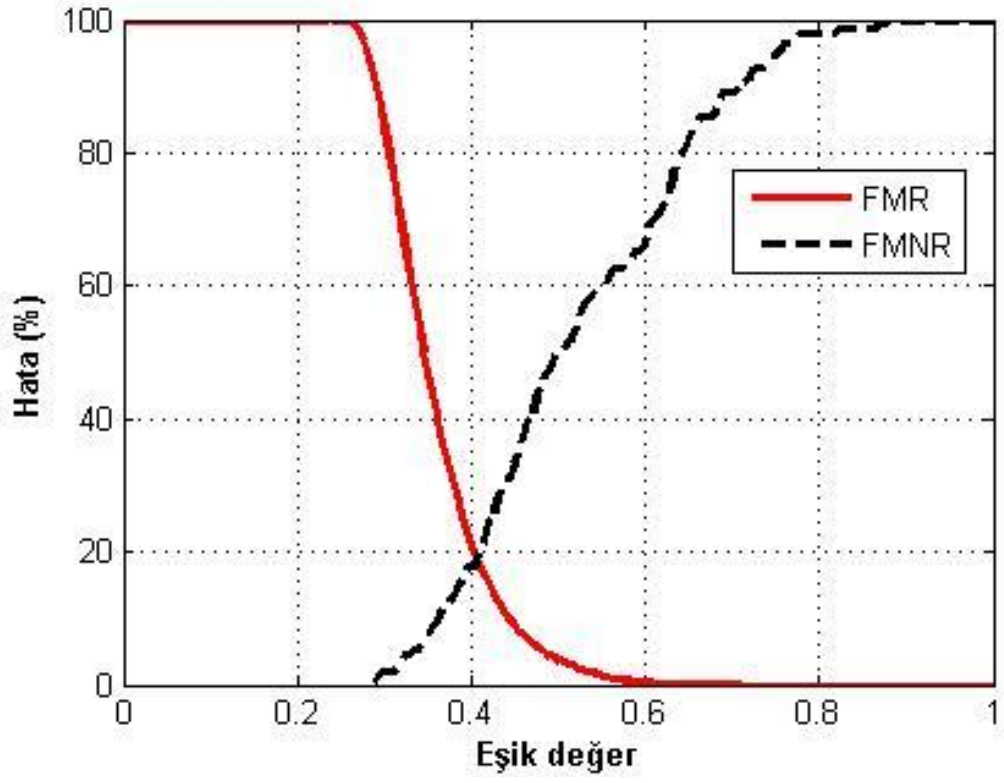
Sınıflandırıcı	Naive Bayes	DVM	ÇKA
Veri Kümesi			
Apple Sağ	%88.66	%98	%99.33
Apple Sol	%44	%94	%96.66
HTC Sağ	%54.66	%92.66	%94.66
HTC Sol	%54.66	%92.66	%94.67
Sony Sağ	%72.66	%96	%96
Sony Sol	%56	%90	%91.33

5.3 Avuç İçi Veri Kümelerinde İçin Eşleştirme Sonuçları

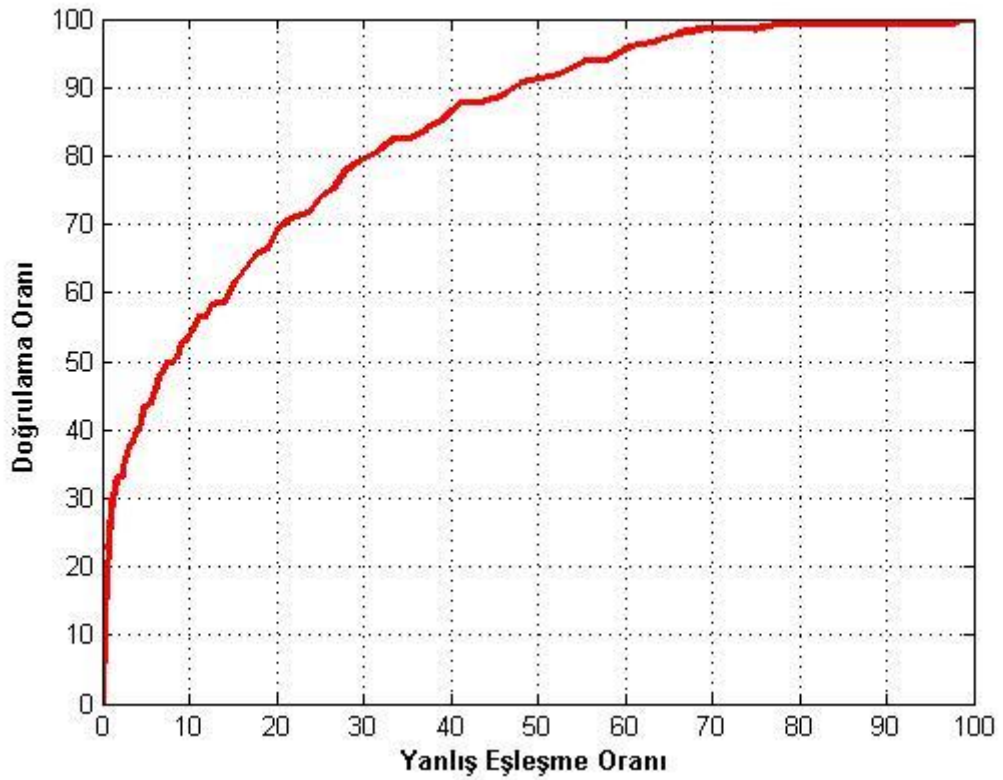
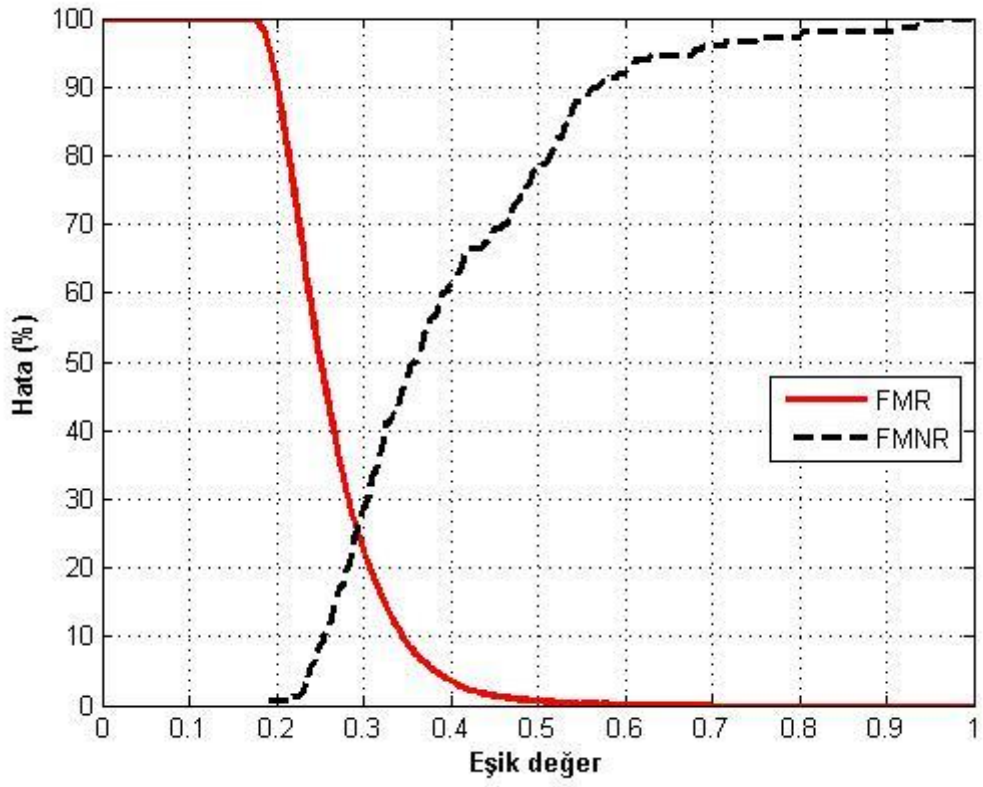
Çizelge 5. 3'te avuç içi veri kümelerinin eşleştirme başarıları verilmektedir. HTC marka telefon ile en yüksek başarım oranı sağlandığı görülmektedir.

Çizelge 5. 3 Avuç içi veri kümeleri için eşleştirme sonuçları

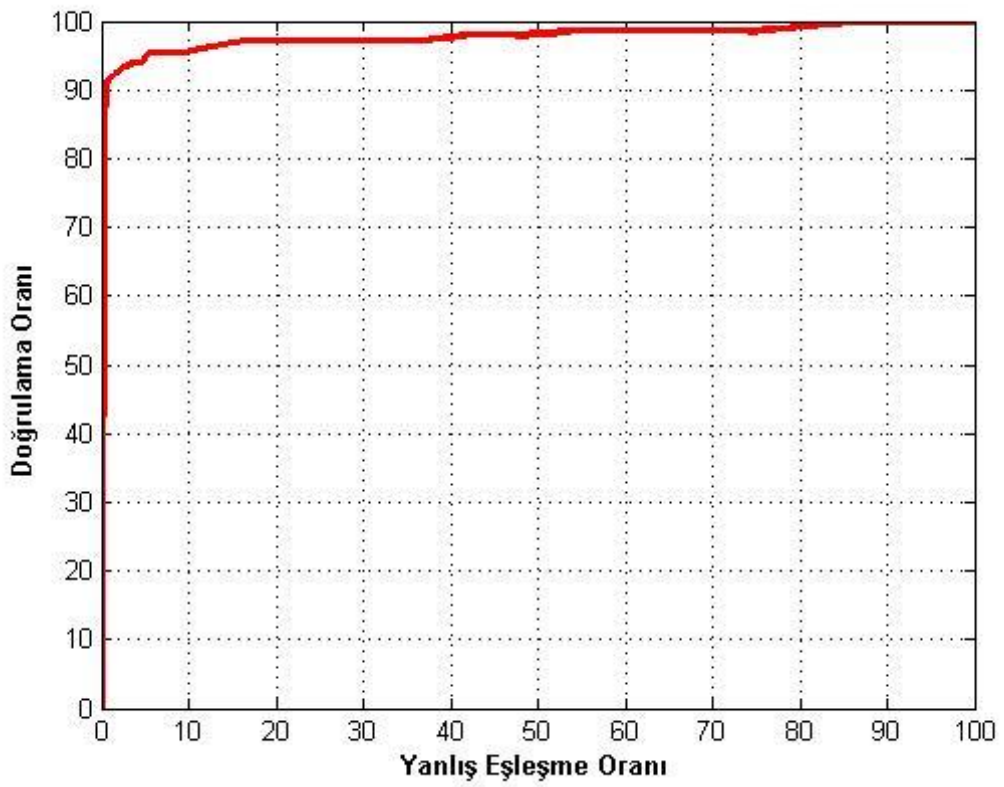
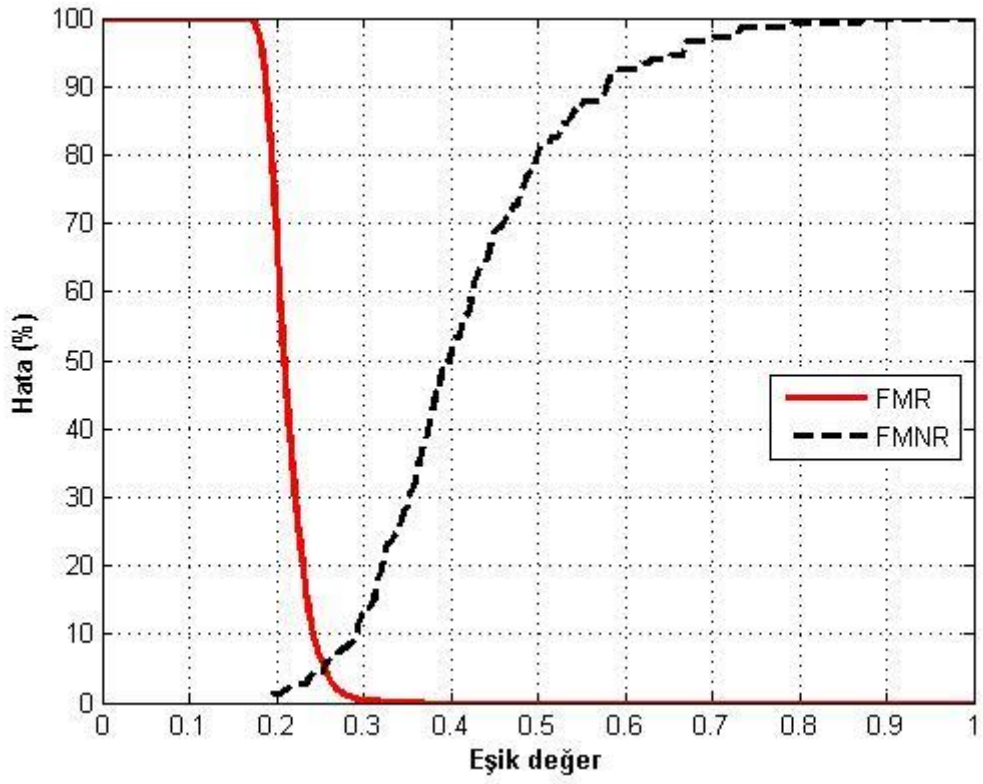
Veri Kümesi	Başarım Oranı	Hata Oranı
Apple Sağ	%81.2	%18.8
Apple Sol	%74.5	%25.5
HTC Sağ	%94.9	%5.1
HTC Sol	%93.82	%6.17
Sony Sağ	%89.42	%10.58
Sol Sony	%92.88	%7.12



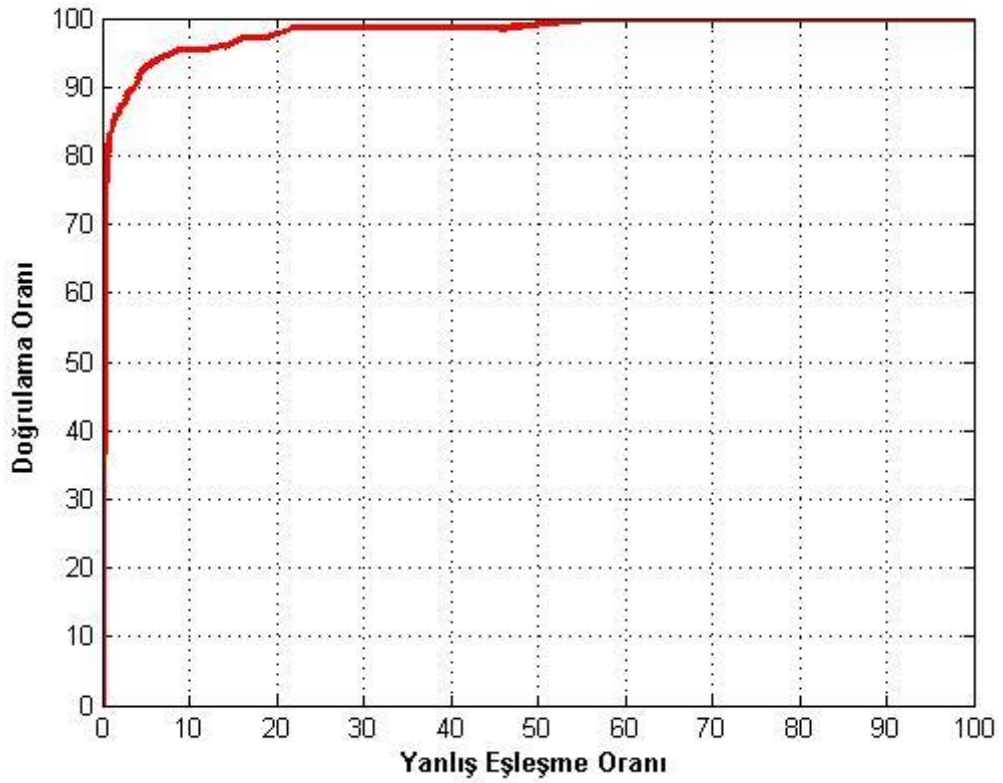
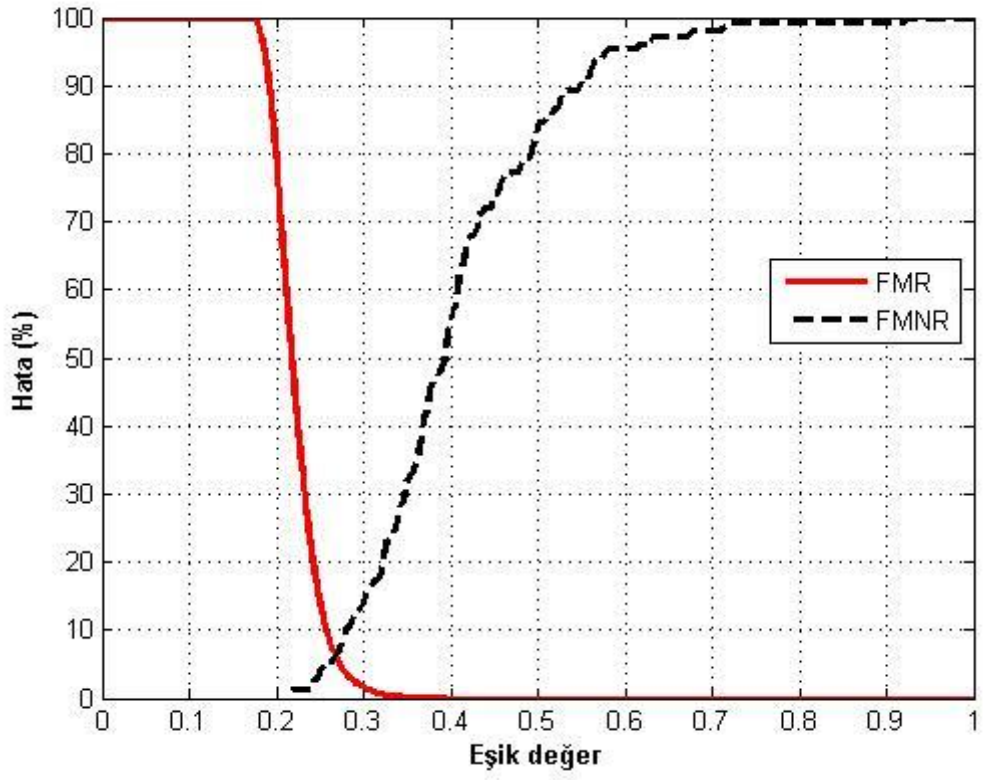
Şekil 5. 1 Apple sağ avuç içi veri kümesi için FAR-FRR ve ROC eğrileri



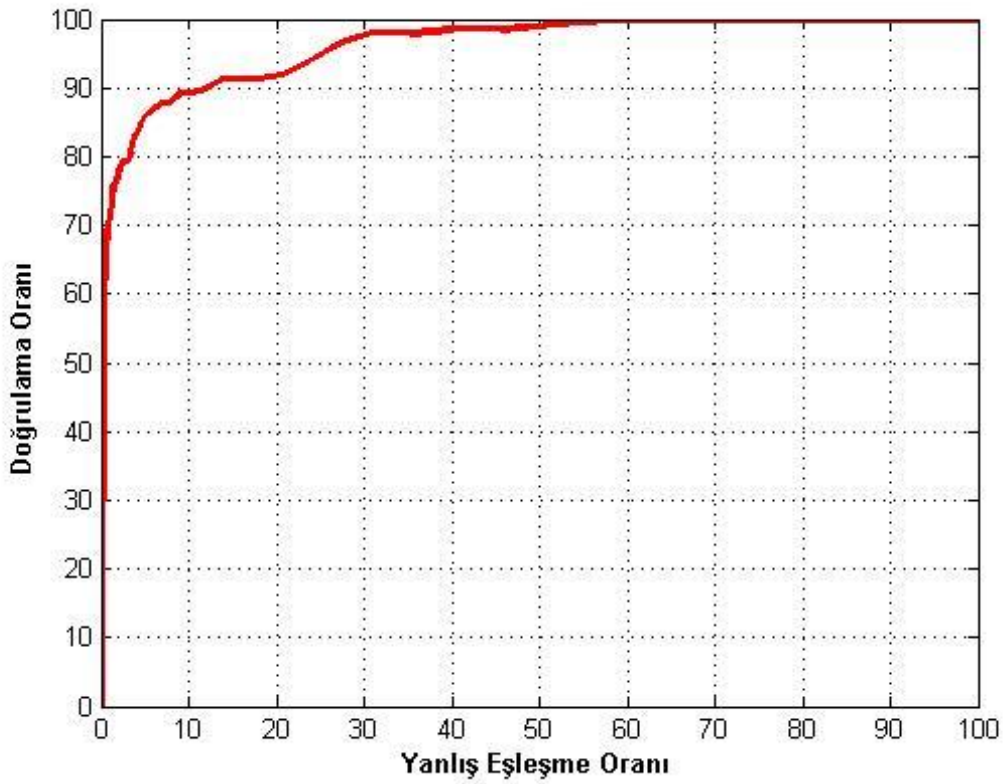
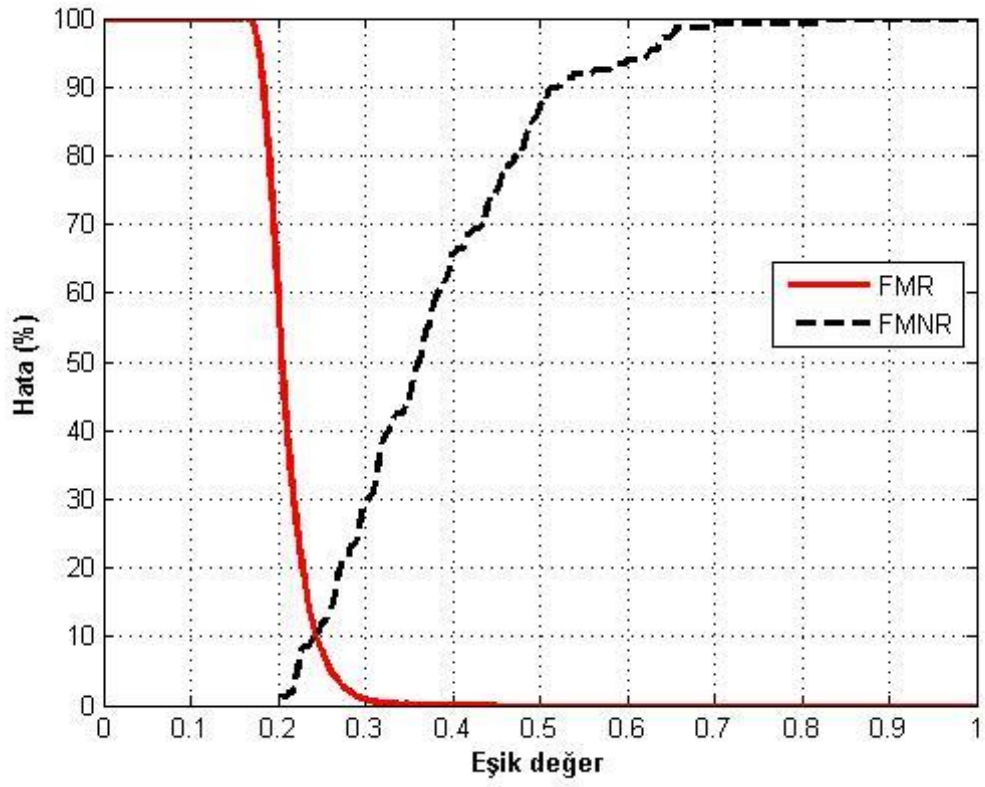
Şekil 5. 2 Apple sol avuç içi veri kümesi için far-frr ve ROC eğrileri



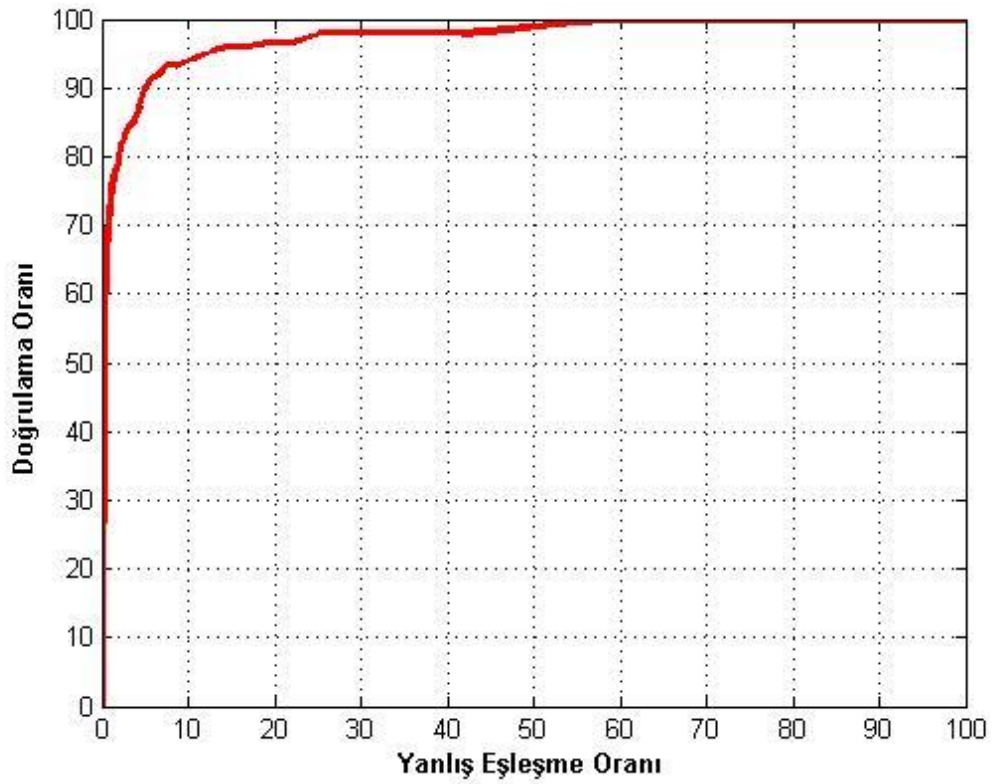
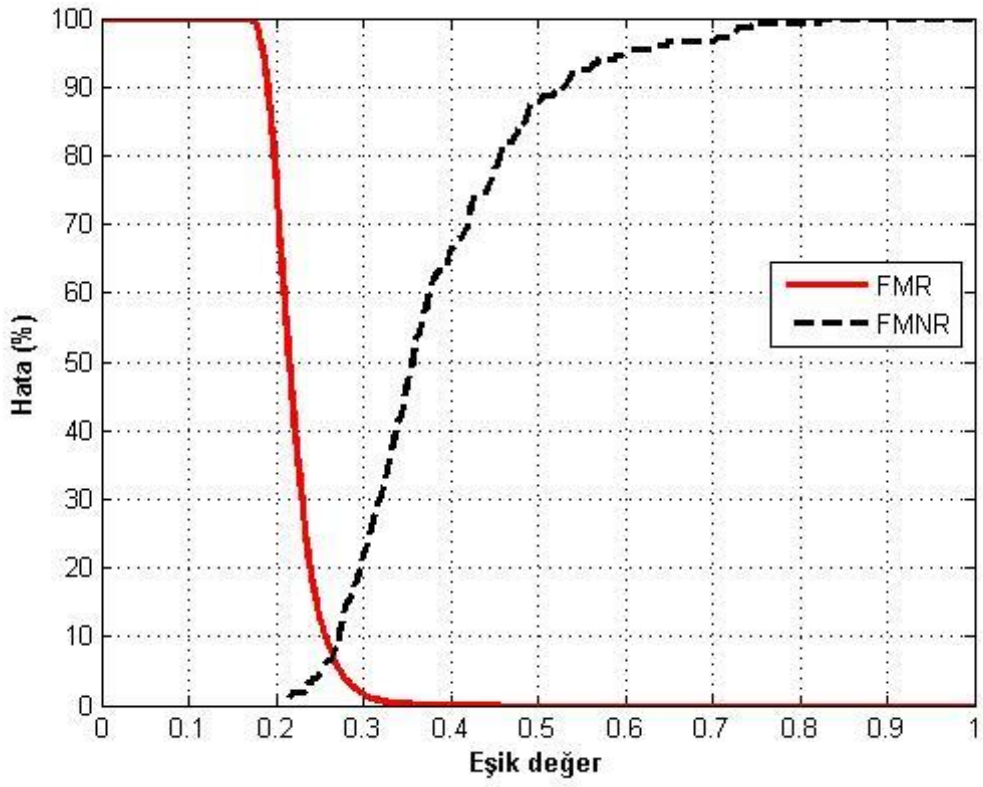
Şekil 5. 3 HTC sağ avuç içi veri kümesi için FAR-FRR ve ROC eğrileri



Şekil 5. 4 HTC sol avuç içi veri kümesi için FAR-FRR ve ROC eğrileri



Şekil 5. 5 Sony sağ avuç içi veri kümesi için FAR-FRR ve ROC eğrileri



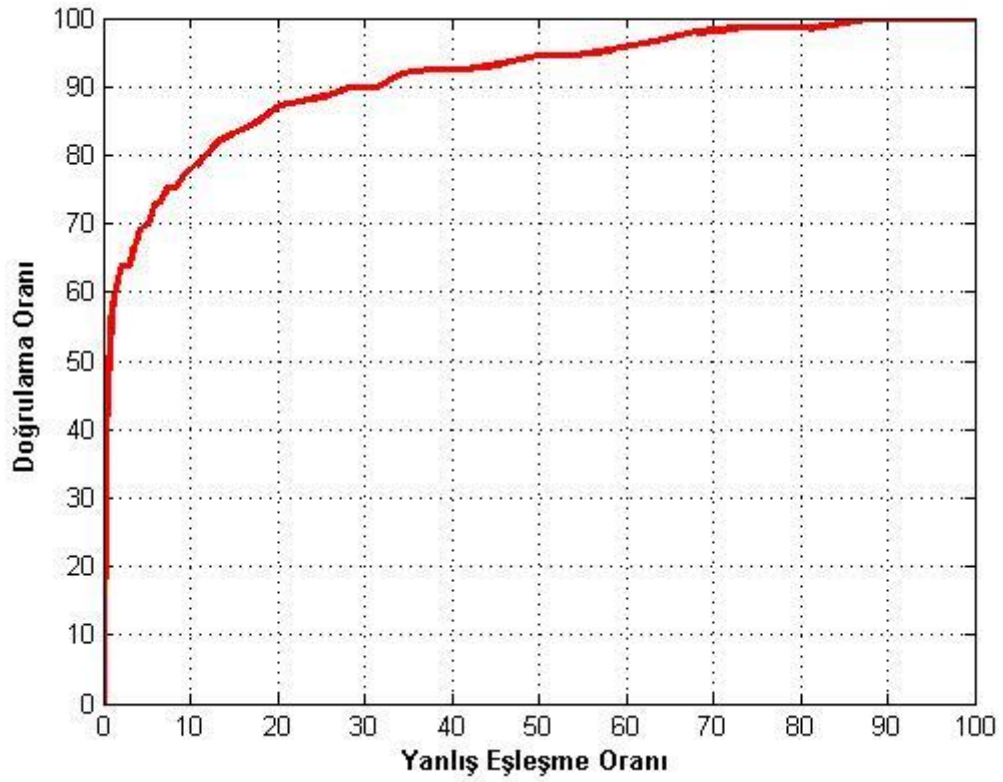
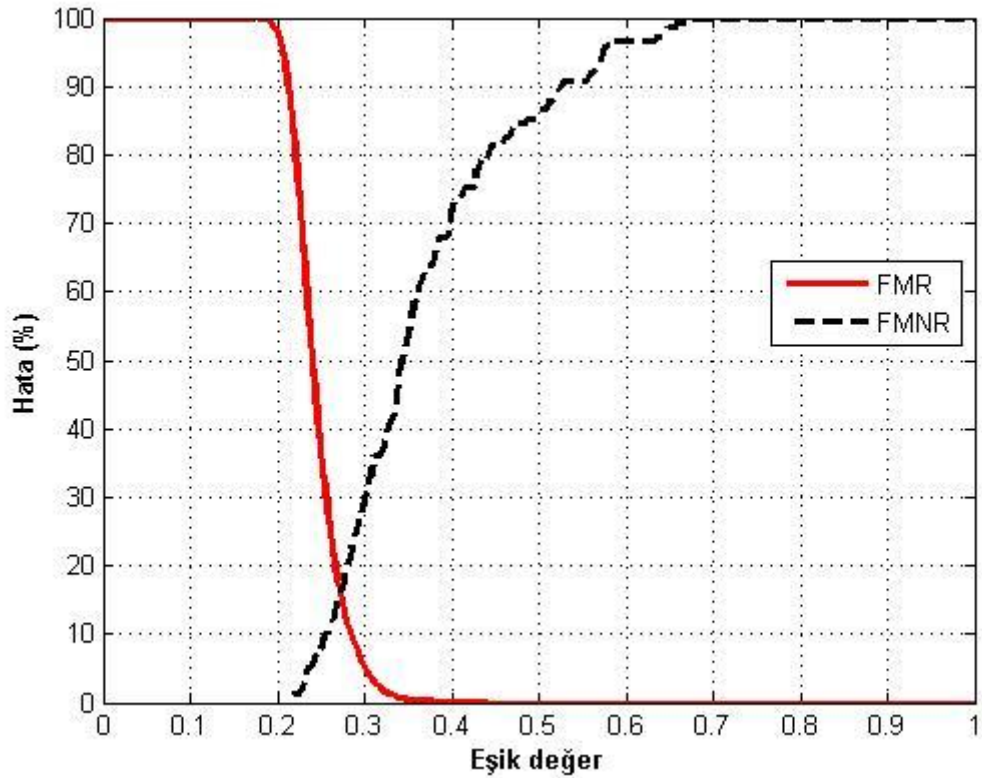
Şekil 5. 6 Sony sol avuç içi veri kümesi için FAR-FRR ve ROC eğrileri

5.4 Bilek Veri Kümelerinde Eşleştirme Sonuçları

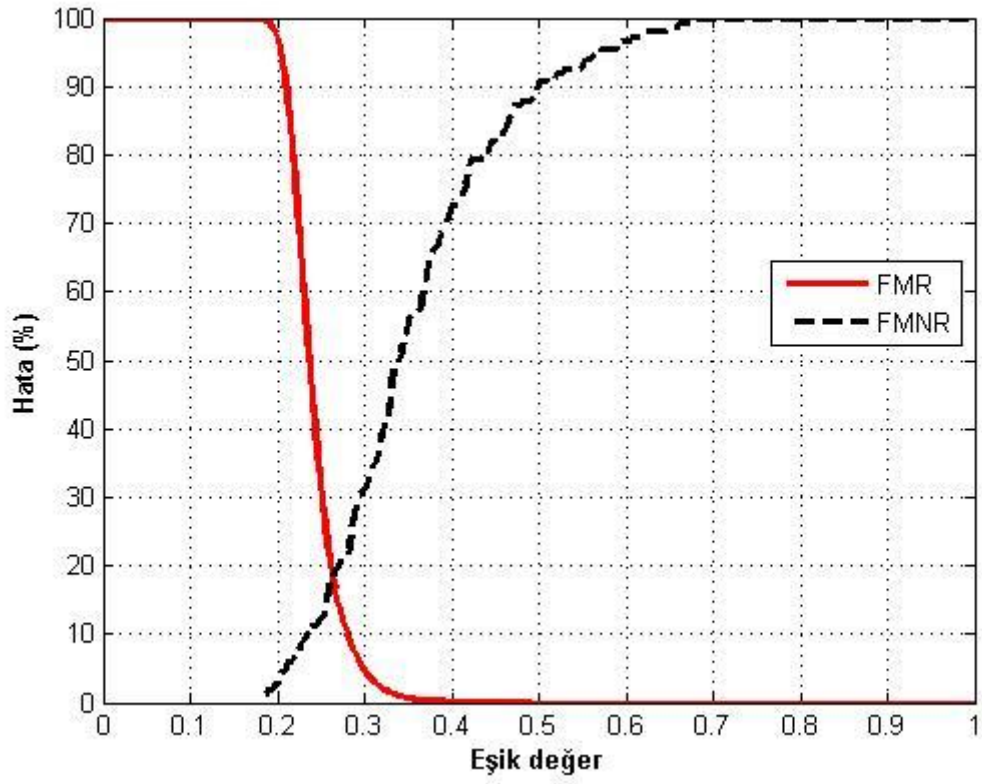
Çizelge 5. 4'te bilek veri kümelerinin eşleştirme başarıları verilmektedir. Sony marka telefon ile en yüksek başarı oranı sağlandığı görülmektedir.

Çizelge 5. 4 Bilek veri kümeleri için eşleştirme başarıları

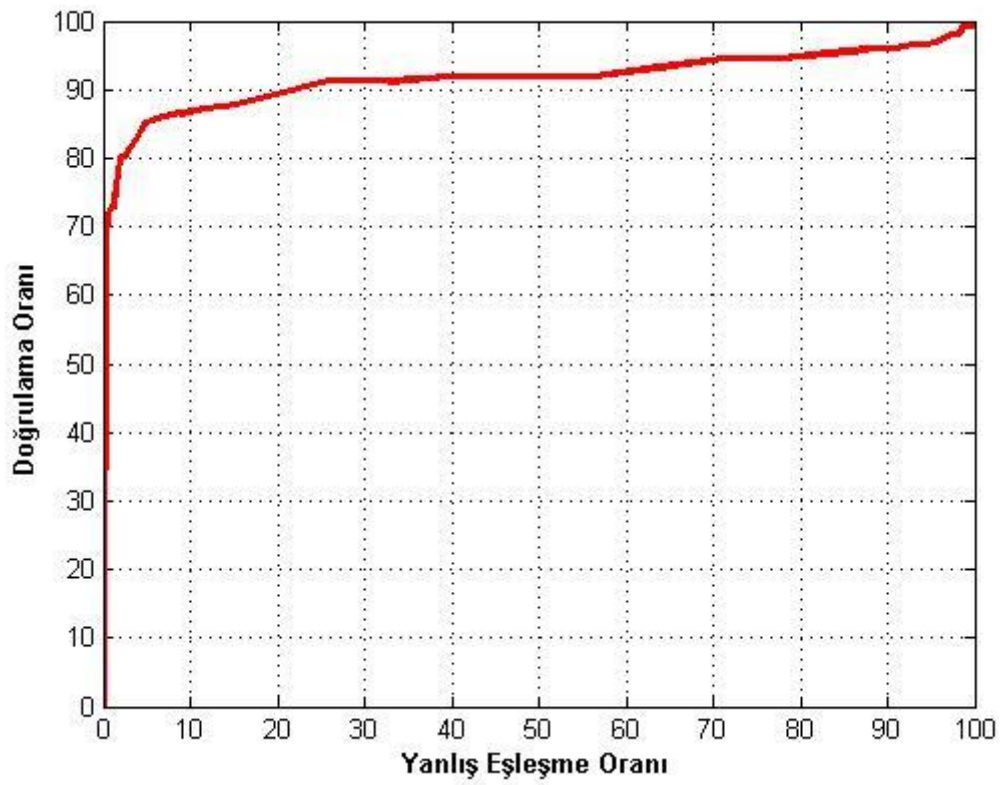
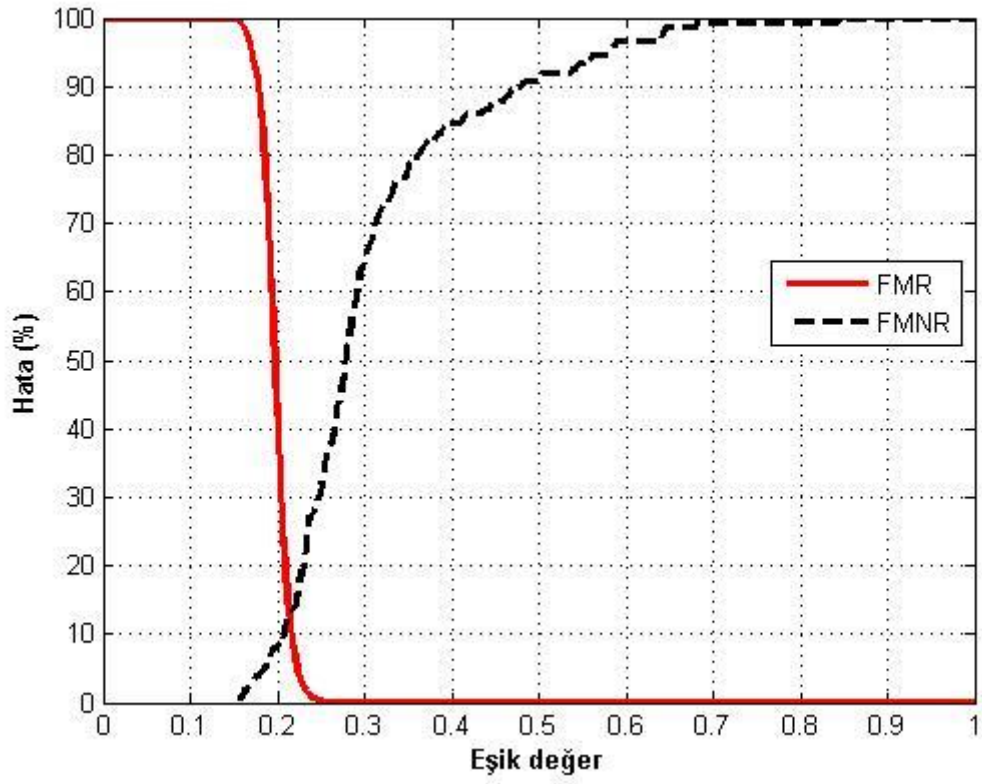
Veri kümesi	Başarı Oranı	Hata Oranı
Apple Sağ	%83.86	%16.14
Apple Sol	%82	%18
HTC Sağ	%87.5	%12.5
HTC Sol	%87.52	%12.48
Sony Sağ	%89.11	%10.89
Sol Sony	%86.68	%13.32



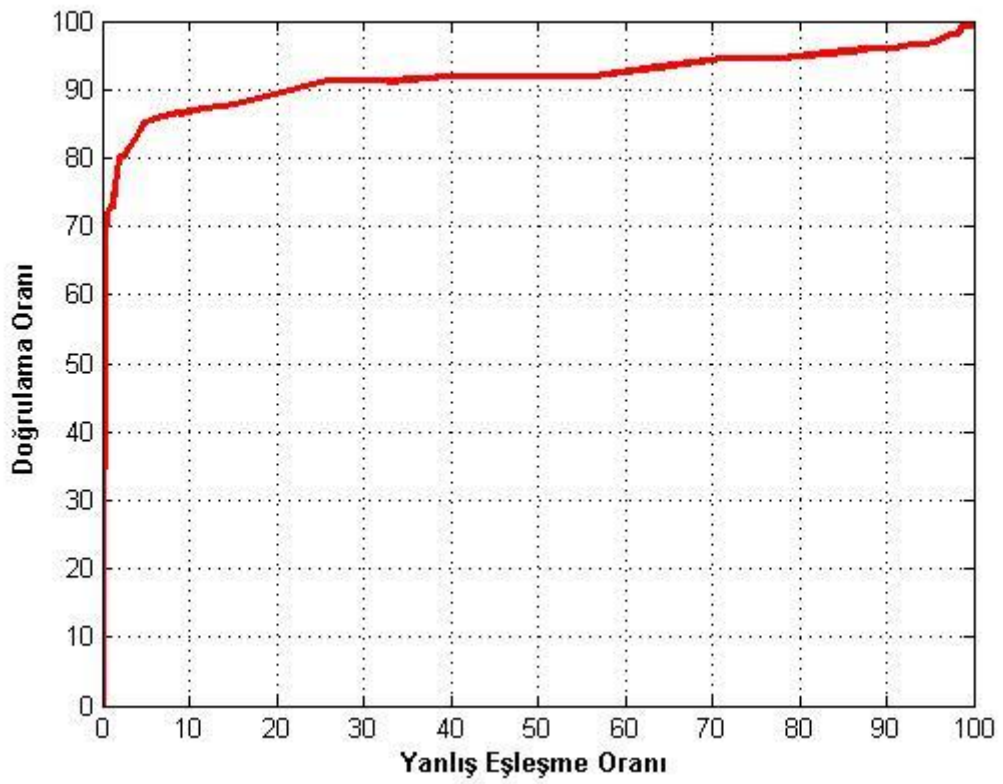
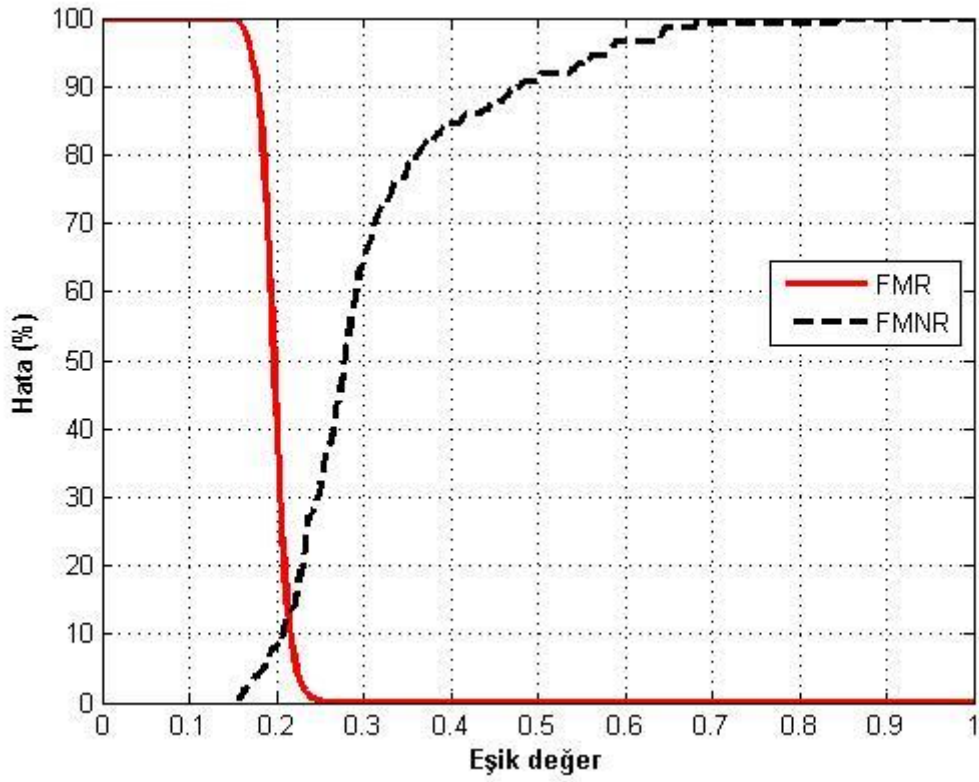
Şekil 5. 7 Apple sağ bilek veri kümesi için FAR-FRR ve ROC eğrileri



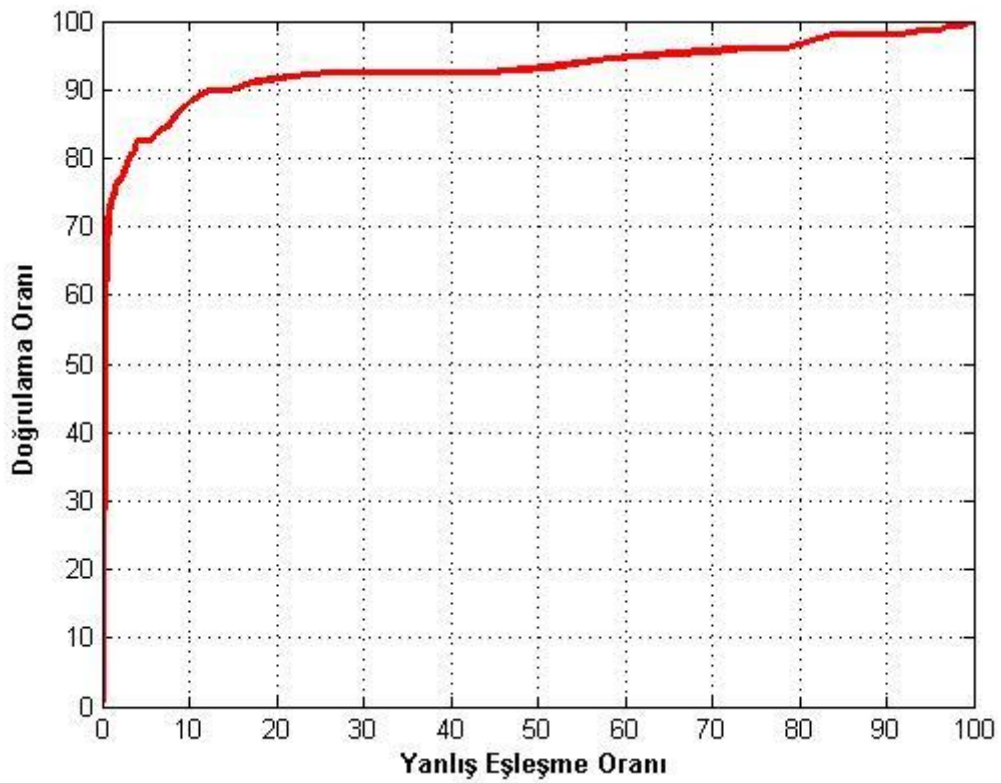
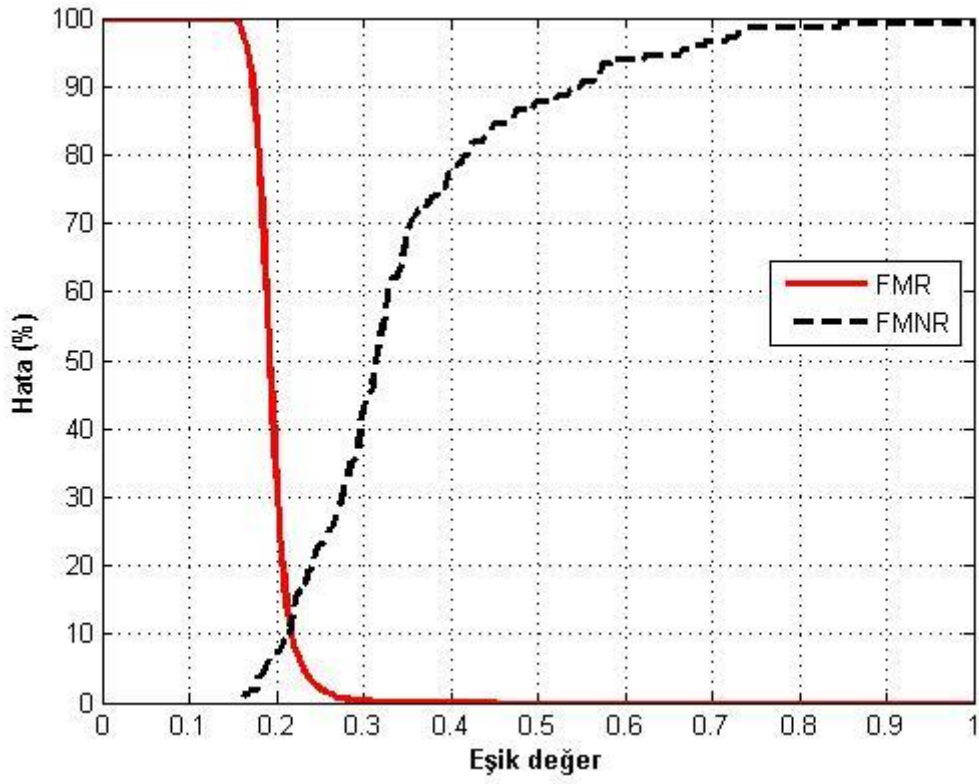
Şekil 5. 8 Apple sol bilek veri kümesi için FAR-FRR ve ROC eğrileri



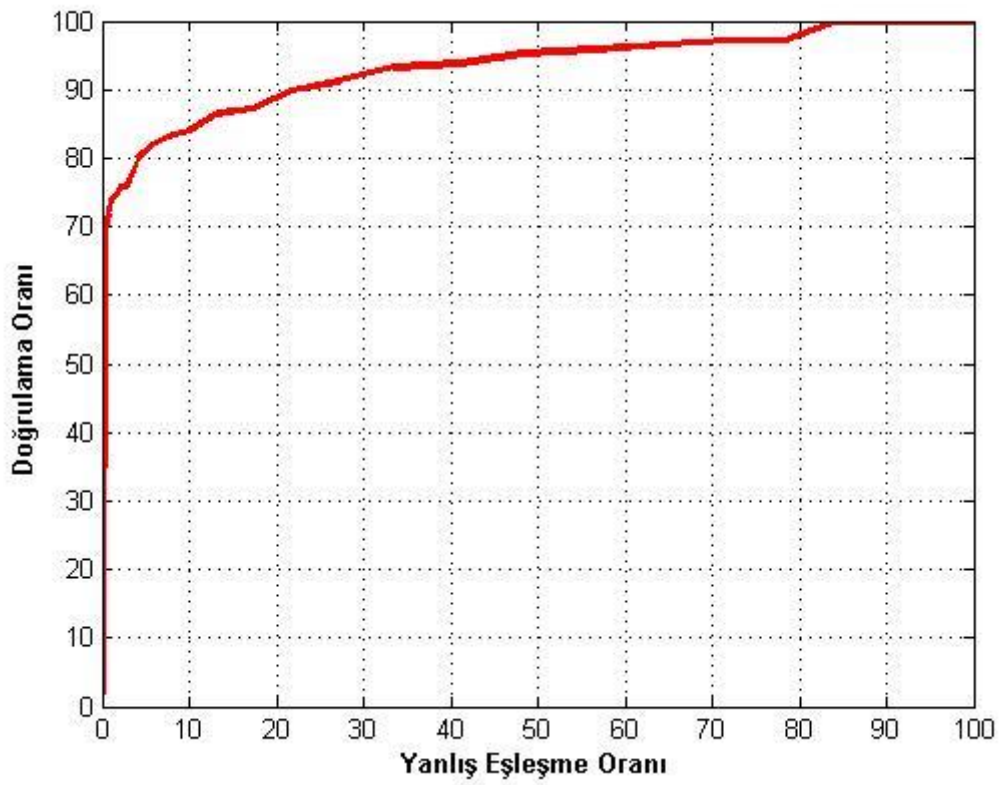
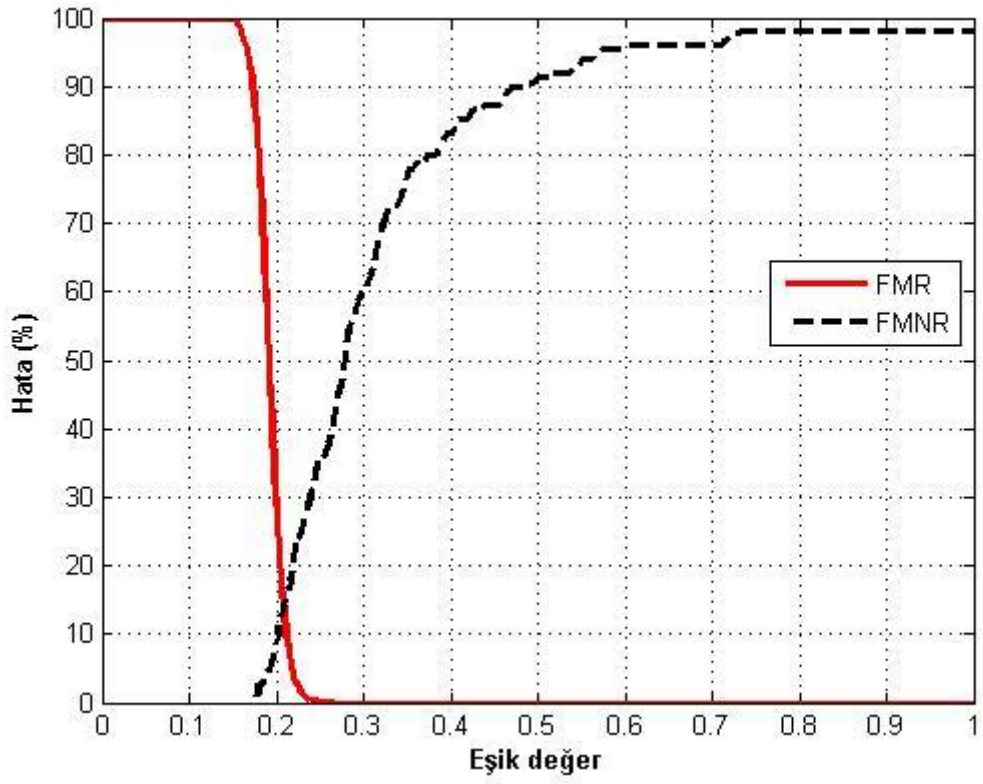
Şekil 5. 8 HTC sağ bilek veri kümesi için FAR-FRR ve ROC eğrileri



Şekil 5. 9 HTC sol bilek veri kümesi için FAR-FRR ve ROC eğrileri



Şekil 5. 10 Sony sağ bilek veri kümesi için FAR-FRR ve ROC eğrileri



Şekil 5. 11 Sony sol bilek veri kümesi için FAR-FRR ve ROC eğrileri

5.5 Yorumlar ve Öneriler

Bu çalışmada avuç içi ve bilek görüntülerinin mobil telefon kameraları ile toplanması ve bu verilerden sınıflandırma algoritmaları ve eşleştirme algoritması ile kişi tanıma yapılması hedeflenmiştir. Mobil telefon ile avuç içi tanıma sistemi oluşturulabileceği elde edilen başarımlar oranları ile gösterilmiştir. Avuç içi tanıma mobil telefon kamerasının fotoğraf kalitesi oldukça önemlidir. Avuçta bulunan izler parmak izi gibi kıvrımlara ve detaylara sahiptir. Bu detayların kişi tanımada ayırt edici olabilmesi için mobil telefon kameralarının kalitesi önemli bir faktördür. Sonuçlara bakıldığında avuç içi görüntülerinde en yüksek başarımlar oranları sınıflandırma için %98 eşleştirme için %94.9 olarak HTC marka telefon ile elde edilmiştir. Mobil telefon kameralarının kalitesi megapiksel boyutları ile ölçmek yanlıştır. Üç mobil telefon arasından en düşük çözünürlüklü olan HTC marka telefonun kamerasında ultrapiksel teknolojisi kullanıldığı için görüntülerin kalitesi boyuttan bağımsız olarak fazladır.

Mobil telefon kamerası ile bilek tanıma yapmak üzere en yüksek başarımlar oranları sınıflandırma yöntemleri ile %99.33 olarak eşleştirme yöntemi ile ise %89.11 olarak elde edilmiştir. Mobil telefon ile bilek tanıma yapmak üzere karşılaşılan birtakım zorluklar şöyle sıralanabilir; kişilerin bileklerinde bulunan damarların deri üzerinden net görünmüyor olması, bilek bölgesinde kalıcı dövme bulunması ve bilek bölgesinde bulunan tüylerin damarları görmeye engel olması. Karşılaşılan bu zorluklara rağmen mobil telefon ile bilek tanıma sistemi oluşturulabileceğinin mümkün olduğu başarımlar sonuçları ile kanıtlanmıştır. Kişi tanıma için sadece damarlar değil bilek çizgisi ve kişiye ait örüntüler de ayırt edici olmuştur.

Eşleştirme algoritması öğrenme yapısı içermediği için ve bu algorithmada kullanılan verilerin boyutları sınıflandırıcı yapılarında kullanılanlardan daha fazla olduğu için sınıflandırma yapılarına göre daha yavaş işlemektedir. Eşleştirme algoritması ile biyometrik sisteme kayıt aşamasında kişinin kayıt alınan örnekleri arasında doğrulama yapılması sistemin hızını artıracak ve aynı kişiye ait olsa dahi yanlış kayıt edilmek üzere olan birbirine benzemeyen görüntüleri sisteme kabul etmeyerek başarıyı artıracaktır.

Sonuç olarak mobil telefon kamerası ile özel aydınlatma koşulları sağlanmadan toplanan görüntülerden kişi tanıma yapabileceği gösterilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Dunstone, T. ve Yager, N., (2009). Biometric System and Data Analysis, Springer, New York.
- [2] Zhang, D., (2000). Automated Biometrics: Technologies and Systems, Kluwer Academic Publishers, Boston.
- [3] Zhang, D., (2006). Palmprint Authentication, Kluwer Academic Publishers, Boston.
- [4] The Hong Kong Polytechnic University Multispectral Palmprint Database, Avuç İçi Veri Kümesi, <http://www4.comp.polyu.edu.hk/~biometrics>, 11 Mart 2017.
- [5] Zhang, D., Kong, W., You, J., ve Wong, M., (2003). "Online Palmprint Identification", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 25(9):1041-1050.
- [6] Moco, N., Tecnico, I., ve Correia, P., (2014). "Smartphone-Based Palmprint Recognition System", 21st International Conference on Telecommunications, 4-7 Mayıs 2017, Lizbon.
- [7] Kim, J., Li, G., Son, B. ve Kim, J. (2015). "An Empirical Study of Palmprint Recognition for Mobile Phones". IEEE Transactions on Consumer Electronics, 61(3):311-319.
- [8] Pascual, J., Uriarte-Antonio, J., Sanchez-Reilloand, R. ve Lorenz, M., (2010). "Capturing Handor Wrist Vein Images for Biometric Authentication Using Low-Cost Devices", 2010 Sixth International Conference on Intelligent Information Hidingand Multimedia Signal Processing, 15-17 Ekim 2010, Darmstadt.
- [9] Wang., L., Leedhamand, G. ve Cho, S., (2007). "Infrared Imaging of Hand Vein Patterns for Biometric Purposes", IET Computer Vision, 1(3):113-122.
- [10] Wangand, L. ve Leedham, G., (2006). "Near and Far Infrared Imaging for Vein Pattern Biometrics", 2006 IEEE International Conference on Video and Signal Based Surveillance, 22-24 Kasım 2006, Sydney.

- [11] Van Tien, T., Mien, P., Dungand, P. ve Linh, H., (2015). "Using Near-Infrared Technique for Vein Imaging", IFMBE Proceedings, 3:190-193.
- [12] Hartung, D., Olsen, M., Xu, H., Thanh Nguyen H., ve Busch, C., (2012). "Comprehensive Analysis of Spectral Minutiae for Vein Pattern Recognition", IET Biometrics, 1(1): 25, 2012.
- [13] Hartung, D., Olsen, M., Xuand, H. ve Busch, C., (2011). "Spectral Minutiae for Vein Pattern Recognition", 2011 International Joint Conference on Biometrics, 11-13 Ekim 2011, Washington.
- [14] Akhloufiand, M. ve Bendada, A., (2008). "Hand and Wrist Physiological Features Extraction for Near Infrared Biometrics", 2008 Canadian Conference on Computer and Robot Vision, 28-30 Mayıs 2008, Windsor.
- [15] Bouzida, A. ve Bendadaand X., (2010). "Near-Infrared Image Formation and Processing for The Extraction of Hand Veins", Journal of Modern Optics, 57(18):1731-1737.
- [16] CIE Biometrics, El Damarı Veri Kümesi, <http://biometrics.put.poznan.pl/vein-dataset/>, 11 Mart 2017.
- [17] Das, A., Pal, U., Ballester, M. ve Blumenstein, M., (2014). "A New Wrist Vein Biometric System", 2014 IEEE Symposium on Computational Intelligence in Biometrics and Identity Management, 9-12 Aralık 2014, Orlando.
- [18] Chai, D. ve Ngan, K., (1999). "Face Segmentation Using Skin-Color Map In Videophone Applications", IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 9(4):551-564.
- [19] Gonzalez, C. Ve Woods, R., (2002). Digital Image Processing, Addison-Wesley, Tennessee.
- [20] Efford. N., (2000). Digital Image Processing: A Practical Introduction Using Java™, Pearson Education, West Yorkshire.
- [21] Doğan, B. ve Çamurcu, A., (2009). "Visual Clustering Of Multidimensional Educational Data From An Intelligent Tutoring System", Computer Applications in Engineering Education, 18(2):375-382.
- [22] Gökberk, B., (2016). Biyometri Dersi Ders Notu, Boğaziçi Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği, İstanbul.
- [23] Gündüz, Ş., (2010). Veri Madenciliği Dersi, Ders Notu, İstanbul Teknik Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği, İstanbul.
- [24] Özyılmaz, L., (2015). İşlemsel Biyobilişim Dersi, Ders Notu, Yıldız Teknik Üniversitesi Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği, İstanbul.
- [25] Nédellec, C. ve Rouveirol, C., (1998). Machine Learning: ECML-98, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, Berlin.
- [26] Küçük, H., Tepe, C. ve Eminoğlu, İ., (2013). "Classification of EMG Signals by KNearest Neighbor Algorithm and Support Vector Machine Methods" 21st

Signal Processing and Communications Applications Conference, 24-26 Nisan 2013, Lefkoşa.

- [27] Çam, Z., Çimen, S. ve Yıldırım, T., (2015). "Learning Parameter Optimization of Multi-Layer Perceptron Using Artificial Bee Colony, Genetic Algorithm and Particle Swarm Optimization", 2015 IEEE 13th International Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics, 22-24 Ocak 2015, Herlany.
- [28] Polat, Ö. Ve Yıldırım, T., (2008). "Hand Geometry Identification Without Feature Extraction by General Regression Neural Network", Expert Systems with Applications, 34(2):845-849.



ETİK KURUL ONAYI

08.12.2016 tarihinde Yıldız Teknik Üniversitesi Akademik Etik Kurul'dan tez kapsamında biyometrik veri toplamak üzere onay alınmıştır.



YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
Akademik Etik Kurul

Toplantı Tarihi: 08.12.2016

Toplantı No:2016/07

AKADEMİK ETİK KURUL TOPLANTI KARARI

Yürütücülüğünü Prof.Dr. Tülay YILDIRIM'ın danışmanlığında yapacak olan Elektrik-Elektronik Fakültesi, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü Arş.Gör. Özden NİLAZ'ın "**Temash ve Temassız Biyometrik Sistemlerin Karşılaştırılması**" adlı yüksek lisans tez çalışması için hazırladığı araştırma ve bu araştırmada kullanılmak üzere hazırlanan veri toplama araç ve yöntemlerine konu olan bilgilerde aykırı herhangi bir bulguya rastlanmamıştır.

AKADEMİK ETİK KURUL ÜYELERİ

Prof. Dr. Galip CANSEVER
Başkan

Prof. Dr. Zekiye YENEN
Başkan Yardımcısı

Prof. Dr. Abdürrezzak E. BOZDOĞAN
Üye

Prof. Dr. Kenan AYDIN
Üye

Prof. Dr. Adem BAKKALOĞLU
Üye

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Özden NİYAZ
Doğum Tarihi ve Yeri : 29.05.1991 Sakarya
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : oniyaz@yildiz.edu.tr

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği	Kocaeli Üniversitesi	2014
Lise	Kocaeli Körfez Fen Lisesi		2009

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2014	Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik Elektronik Fakültesi Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği	Araştırma Görevlisi

YAYINLARI

Bildiri

1. Niyaz, Ö., Çam, Z. G. ve Yıldırım, T. (2017). "Wrist Vein Recognition By Ordinary Camera Using Phase-Based Correspondence Matching", Proceeding of the International Conference on Modelling, Identification and Control, 20-21 Şubat 2017, Innsbruck.
2. Kurban, O. C., Niyaz, Ö. ve Yıldırım, T. (2016). "Neural Network Based Wrist Vein Identification Using Ordinary Camera", 2016 International Symposium on INnovations in Intelligent SysTems and Applications, 2-5 Ağustos 2016, Sinaia.

Proje

1. 2016_04_03_YL02 Temaslı ve Temassız Biyometrik Sistemlerin Karşılaştırılması Bilimsel Araştırma Projesi.