PARMAK İZİ ÖZNİTELİK VEKTÖRLERİ KULLANILARAK YSA TABANLI CİNSİYET SINIFLANDIRMA

Eyüp Burak CEYHAN, Şeref SAĞIROĞLU, Emre AKYIL
Bilgisayar Mühendisliği, Mühendislik Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye.
ebceyhan@gazi.edu.tr, ss@gazi.edu.tr, mehmetemreakyil@gmail.com

(Geliş/Received: 12.03.2013; Kabul/Accepted: 20.02.2014)

ÖZET

Literatürde, parmak izinin belirli bir bölgesi analiz edilerek cinsiyet sınıflandırma üzerine istatistiksel analiz çalışmaları mevcuttur. Bu çalışmalarda parmak izi tepe çizgisi sayılarının kullanıldığı belirlenmiştir. Çalışmalar kısıtlı veriyle yapılmıştır. Kullanılan veri ırka veya ülkeye bağımlıdır. İşlemler de el ile yapılmıştır. Bu çalışmada, literatürde ilk kez parmak izi ve cinsiyet arasındaki ilişkiyi belirlemek için yapay sinir ağları modelleri ile parmak izinin tüm öznitelik vektörlerini kullanarak zeki bir model tanımlanmıştır. Daha sonra elde edilen sonuçlar sunulmuştur. Ön analiz çalışmalarımızda, parmak izlerinin değişken miktarda kullanılabilir veri içerdiği gözlenmiştir. Bu çalışmada kullanılan veri miktarı bu değerler göz önünde bulundurularak belirlenmiştir. Yaptığımız testlerde geliştirilen zeki sistemin başarı oranı %72 olarak elde edilmiştir. Sonuçlar parmak izi ve cinsiyet arasındaki ilişkinin yüksek olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Parmak izi, cinsiyet, sınıflandırma, biyometri, zeki model, yapay sinir ağı.

GENDER CLASSIFICATION BASED ON ANN WITH USING FINGERPRINT FEATURE VECTORS

ABSTRACT

There are statistical analysis studies on gender classification by analyzing a particular area of fingerprint in literature. In these studies it has been determined that ridge counts of fingerprint were used. The studies was performed with limited data. The data used depend on race or country. Also the processes were performed manually. In this study for the first time in the literature, an intelligent model have been identified using all feature vectors of fingerprint with artificial neural network models for determining the relationship between gender and fingerprint. Then results that have been obtained are presented. In our preliminary analysis studies, it has been observed that fingerprints contain a changeable amount of usable data. The quantity of data used in this study is determined by considering this amounts. Success rate of the developed intelligent system is obtained 72% in our tests. The results show that the relationship between fingerprint and gender is high.

Keywords: Fingerprint, gender, classification, biometry, intelligent model, artificial neural network.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Biyometri bilimi, kişilerin fiziksel veya davranışsal özellikleri kullanılarak kimlik tespitinin yapılması, tanınması veya onaylanması olarak açıklanmakta ve kişilerin parmak izi, yüz, kulak, iris, retina, el geometrisi, ses, imza, yürüyüş şekli gibi özelliklerini kapsamaktadır. Biyometrik özellikler kişiyi temsil edebilecek kadar kişiye özgü ve kişiden kişiye kolayca aktarılamayacak kadar güvenilir fiziksel veya davranışsal özelliklerdir. Biyometrik sistemler son yıllarda kişilerin fiziksel veya davranışsal özelliklerinin kullanılarak kimlik tespitinin yapılmasında önemli rol oynamaktadır. Biyometrik bir sistem, en genel anlamda kişinin biyometrik özelliğini alan, bu özellikten kişinin kimliklendirilmesinde kullanılacak olan öznitelik kümesini çıkaran ve kişiyi temsil eden bu anlamlı veri kümesi ile daha önceden aynı prensiplerle elde edilip veritabanına kaydedilmiş veri kümesi arasında karşılaştırma yapan bir tanıma, onaylama veya sınıflandırma sistemi olarak tarif edilebilmektedir [1].

Biyometrik özellikler kişiye has oldukları için birçok alanda güvenle kullanılmaktadır. Bu özellikler kullanılarak geliştirilen biyometrik sistemlerin biyometrik birkaç özelliği kullanarak bir ilişki kurulabileceği üzerine çalışmalar her geçen gün artmaktadır [6,7].

Parmak izinden cinsiyetin belirlenmesine yönelik literatürde sadece biyolojik olarak yapılmış istatistiksel analizlerde, kişilerden alınan parmak izlerinin belirli bir kesiti alınarak bu kesitte bulunan parmak izi tepe sayıları incelenmiştir [2,3,4,5]. Elde edilen sonuçlara göre belirli bir kesit üzerinde, bayanların baylardan daha fazla parmak izi tepe sayısına sahip olduğu, dolayısıyla parmak izinden cinsiyet ayrımı yapılabileceği sonucuna varılmıştır.

Nayak ve diğerlerinin Malezyalı ve Çinli denekler kullanarak yaptıkları çalışmada [2], 100 bay ve 100 bayan parmak izi veritabanı oluşturularak istatistiksel analizler yapılmıştır. İstatistiksel analiz gerçekleştirilirken literatürde sıkça kullanılan parmak izinin merkez noktasının 5x5mm^2 üstünden kare bir kesit üzerindeki tepe sayılarına bakılmıştır. Bu analizin sonuçlarına göre, Malezyalı bayanların belirli kesit üzerindeki tepe sayısı ortalamaları 13,63 tepe/25mm^2 olarak, Malezyalı bayların parmak izlerindeki ortalama tepe sayıları ise 11,44 tepe/25mm^2 olduğu görülmüştür. Ayrıca Çinli bayanların ortalama tepe sayıları 14,15 tepe/25mm^2, Çinli bayların ortalama tepe sayıları ise 11,73 tepe/25mm^2 olarak bulunmuştur.

Aynı yöntem kullanılarak Hintli 100 bay ve 100 bayan parmak izi kullanılarak Nayak ve diğerlerinin yaptıkları diğer bir çalışmada [5], bayanların parmak izi ortalama tepe sayısı 14,20 tepe/25mm^2, bayların parmak izi ortalama tepe sayısı 11,00 tepe/25mm^2 olarak bulunmuştur.

Acree'nin Homewood Polis Departmanı'ndan elde ettiği, suçlulara ait parmak izleriyle aynı yöntemi kullanarak 200 bay ve 200 bayan Kafkas kökenli Amerikalı ve Afrika kökenli Amerikalı vatandaşlara ait parmak izlerini kullanarak yaptığı çalışmada [2], Kafkas kökenli Amerikalı bayanların ortalama parmak izi tepe sayılarının 13,32 tepe/25mm^2, bayların ortalama parmak izi tepe sayılarının 11,14 tepe/25mm^2 olduğu görülmüştür. Afrika kökenli Amerikalı bayanların ise ortalama parmak izi tepe sayılarının 12,61 tepe/25mm^2, bayların ortalama parmak izi tepe sayılarının 10,90 tepe/25mm^2 olduğu görülmüştür.

Gutiérrez-Redomero ve diğerlerinin yaptıkları çalışmada ise [3], İspanyol vatandaşlardan alarak oluşturdukları 99 bay ve 110 bayan parmak izi veritabanı kullanılarak, İspanyol bayanların ortalama parmak izi tepe sayılarının 17,91 tepe/25mm^2, bayların ortalama parmak izi tepe sayılarının 16,23 tepe/25mm^2 olduğu gösterilmiştir.

Parmak izinden cinsiyetin sınıflandırıldığı bir başka çalışmada ayrık dalgacık dönüşümü (DWT) ve tekil değer ayrışımı teknikleri kullanılmıştır. Ayrıca sınıflandırma için K-en yakın komşu algoritması kullanılmıştır. Çalışma 1980 bay, 1590 bayan toplamda 3570 kişilik bir parmak izi veritabanı üzerinde uygulanmıştır. Bayanların sol küçük parmakları için %94,32 ve bayların sol işaret parmaklarında %95,46 başarı elde edildiği görülmüştür. Tüm parmak izleri kullanıldığından dolayı genel sınıflandırma başarısı %88,28 olarak elde edilmiştir [9].

Gornale ve arkadaşlarının [10] yaptığı bir başka çalışmada ise FFT, eksantriklik ve ana eksen uzunluğu gibi elde edilen özellikler kullanılarak parmak izinden cinsiyet sınıflama araştırılmıştır. Veritabanında bulunan 450 bay ve 550 bayana ait sol baş parmak izi incelenmiştir. En iyi sonuç için her dönüşümde en uygun eşik değer seçilmiştir. Oluşturulan algoritmanın baylarda %80 ve bayanlarda %78 başarı sağladığı görülmüştür. Genel başarının adli antropoloji açısından başarılı olduğu değerlendirilmiştir.

İki boyutlu ayrık dalgacık dönüşümü (DWT) ve temel bileşen analizi (PCA) teknikleri kullanılarak yapılan cinsiyet sınıflandırma çalışmasında [11] en düşük uzaklık metodu sınıflandırıcı olarak kullanılmıştır. Çeşitli yaş gruplarından 200 bay ve 200 bayan parmak izi analiz için kullanılmıştır. Ortalama cinsiyet sınıflandırma başarısı %70 olarak elde edilmiştir.

Anlamlı parmak izi vektörlerinin tümünü kullanarak cinsiyet tahmini hakkında literatürde çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle sunulan bu çalışmanın literatürde bir ilk olduğu değerlendirilmektedir. Bu çalışmada literatürde yer alan parmak izinden belirli bir kesit alma tekniği ve öznitelik vektörlerinin bir kısmının alınması yerine öznitelik vektörlerinin tamamının alınmasının temel nedeni, bu çalışmadan hareketle parmak izinden yüz tanıyan zeki sistem çalışmamızda parmağın tüm öznitelik vektörlerini kullanmamız, burada elde ettiğimiz cinsiyet tahminini de parmak izinden yüz tanıma projemize dahil edebilmek için parmak izinin tüm öznitelik vektörlerini kullanmamızın gerekmesidir.

Bu çalışma üç bölümden oluşmaktadır. Bölüm 2'de parmak izi ve cinsiyet arasındaki ilişki analizinin nasıl yapıldığı detaylı olarak açıklanmış, geliştirilen sistemin işlem adımları verilmiş, verilerin elde edilmesi aşaması sunulmuştur. Bölüm 3'de ise sonuçlar sunulmuş ve çalışma sonucunda elde edilen bulgular tartışılmıştır.

2. PARMAK İZİ VE CİNSİYET ARASINDAKİ İLİŞKİ ANALİZİ İÇİN ÖNERİLEN MODEL (PURPOSED APPROACH FOR ANALYSIS OF RELATIONSHIP BETWEEN FINGERPRINTS AND GENDERS)

Bu çalışmada parmak izi öznitelik vektörleri kullanılarak cinsiyet tanımının nasıl yapılacağı incelenmiştir. Çalışma kapsamında, öncelikle konuyla ilgili olarak 800 kişilik Türkiye vatandaşının verisi toplanmış, elde edilen parmak izleri bir veritabanına eklenmiş ve çalışmalarda bu veriler kullanılmıştır. 800 kişilik veritabanında 400 kişinin verileri sistemin eğitilmesi ve kalan 400 kişinin parmak izi verisi de test işlemleri için kullanılmıştır. Çalışma kapsamında kişiler sadece cinsiyetlerine göre sınıflandırılarak parmak izi öznitelik vektörleri temel alınarak analiz çalışması yapılmıştır.

Parmak izi ve cinsiyet arasındaki ilişkinin sorgulandığı bu çalışma, bu ilişkinin varlığını işaret eder niteliktedir. Analizin yapılacağı veritabanında veriler cinsiyet verilerine göre sınıflandırılmıştır. Analiz öncesi ve sonrasında yapılan işlemler aşağıda verildiği gibidir:

1. Analizi yapılacak parmak izi veritabanının oluşturulması.
2. Parmak izi öznitelik vektörlerinin bulunduğu veritabanının elde edilmesi.
3. Analizi yapılacak bölgenin parmak izi vektörü üzerinde seçimi.
4. Eğitim ve test veritabanının oluşturulması.
5. Uygun yapay sinir ağı eğitim modelinin seçilerek verilerin bu model ile eğitilmesi.
6. Test kümesinin eğitilmiş sinir ağı modelinde test edilmesi.
7. Verilerin analizi, karşılaştırılması ve değerlendirilmesi.

Yukarıda verilen işlem adımları aşağıda alt başlıklarda detaylı açıklanmıştır.

2.1. Öznitelik Vektör Veritabanının Elde Edilmesi (Achieving Database of Feature Vectors)

Toplanan 800 adet parmak izi 320x480 piksel çözünürlüğünde ve 500 dpi inç başına nokta sayısı özelliklerindedir. Örnek parmak izi görüntüleri Şekil 1'de verilmiştir. Tüm bu parmak izleri sağ elin işaret parmağından jpeg formatında kaydedilerek şifreli bir klasörde güvenli bir şekilde tutulmuştur. Elde edilen bu parmak izlerinin 400'ü erkek, geriye kalan 400'ü ise homojenlik esasına bağlı olarak bayanlara aittir. Parmak izlerinin öznitelik vektörlerinin çıkarılması ve veritabanına kaydedilmesi aşamalarında "Neurotechnology" adlı firmanın Biometrics 3.1 Yazılım Kütüphanesi (SDK) kullanılmıştır. Bu kütüphanede bulunan örnek AFIS (Automated Fingerprint Identification System) yazılımının önce SQLite veritabanına bağlantısı sağlanmıştır. Böylelikle veritabanına kayıt hazırlığı tamamlanmıştır.



Şekil 1. Parmak izi örneği (Fingerprint example)

Veritabanı bağlantısı sağlandığında yeni parmak izinin resmini ve hangi parmağa ait olduğu bilgisi seçildikten sonra ilgili parmak izine bir numara (ID) verilerek veritabanına kayıt işlemi tamamlanmıştır. Veritabanına kaydedilmeden önce, parmak izi resimleri üzerinde aşağıda maddelerde verilen işlemler yapılmıştır. Bunlar:

- Anlamlı bölgenin dışındakilerin temizlenmesi.
- Parmak izinin gürültü miktarının azaltılması.
- Ayrıntı noktalarının (minutiae) belirlenmesi.
- Parmak izinin kalitesinin ve türünün belirlenmesi.

Yukarıdaki işlemlerden elde edilen tüm bu veriler, öznitelik vektörü olarak veritabanına kaydedilmiştir.

2.2. Parmak İzi Özvektörlerinin Kişilerle Eşleştirilmesi (Matching Fingerprint Eigenvectors with People)

Elde edilen öznitelik vektörleri veritabanında 16-tabanlı sayı gösterimi ile tutulmaktadır. Yapay sinir ağ modelinde yapacağımız eğitim ve test çalışmaları için bu veriler, 10-tabanlı sayı gösterimi haline dönüştürülerek bir excel tablosuna aktarılmıştır. Aktarılan bu verilerin en küçüğü 4224 karakterlik, en büyüğü ise 19790 karakterlik onaltılık veri olarak tutulmuştur. Bu veri setinin ilk 500 karakterlik kısmı alınarak veriler tekrar düzenlenmiştir. Alınan verilerin bir örneği Tablo 1'de verilmiştir. Bu kişilere ait cinsiyet verileri ise bir başka tabloda yine aynı ID'lerle tutulmuştur.

Cinsiyet değerleri bayanlar için "0", erkekler için ise "1" olarak kabul edilmiştir. Çıkış verileri de bu varsayılan değerlere göre normalize edilerek test aşamasında değerlendirilmiştir.

2.3. Yapay Sinir Ağı Modelinin Eğitilmesi ve Test Edilmesi (Training and Testing the Artificial Neural Network Based Model)

Bu çalışma kapsamında, incelediğimiz parmak izi verilerinin cinsiyetle olan ilgisi incelenmiştir. Bu

Tablo 1. İlk 5 kişiye ait 10 karakterlik örnek bir veri seti (A Sample data set of 10 characters belonging to first 5 people)

	Parmak İzi ID				
Vektörler	**ID1**	**ID2**	**ID3**	**ID4**	**ID5**
İndeks22	4	6	3	6	1
İndeks 23	5	1	2	8	9
İndeks 24	2	6	9	5	3
İndeks 25	6	3	2	7	3
İndeks 26	4	2	5	1	2
İndeks 27	5	3	2	7	3
İndeks 28	3	0	9	9	5
İndeks 29	5	3	13	5	13
İndeks 30	0	2	2	1	6
İndeks 31	8	2	3	6	1

inceleme; ön işlem, eğitim, sonuç ve test olmak üzere 4 aşamada yapılmıştır.

Ön işlem aşamasında, elde edilen 16-tabanlı sayı gösterimi halinde tutulan veriler MATLAB programının eğitim modülünce anlaşılabilir bir format olan 10-tabanlı sayı gösterimi haline dönüştürülmüştür.

Eğitim aşaması, ön işlem aşamasında istenen türe dönüştürülen verilerin bilgi üretimi için sınıflandırılarak modellendiği bölümdür. Sistemin eğitim yapılacak bölümünde bulunmayan öznitelik vektörlerini de tanımlayabilecek bir yapı kazanması için farklı vektörler kapsayan eğitim veri kümeleriyle eğitilmesi gerekmektedir. Bu amaçla veritabanımızdaki veri kümesi rastgele seçilen parçalara bölünmüştür. Sistemin daha önce karşılaşmadığı parmak izi verisi için eğitim sonucunda elde edilen matematiksel model kullanılmaktadır. Bu aşamada 400 parmak izi verisi kullanılmıştır. Burada dağılım yine homojenlik gözetilerek 200 erkek ve 200 bayan parmak izi olarak seçilmiştir.

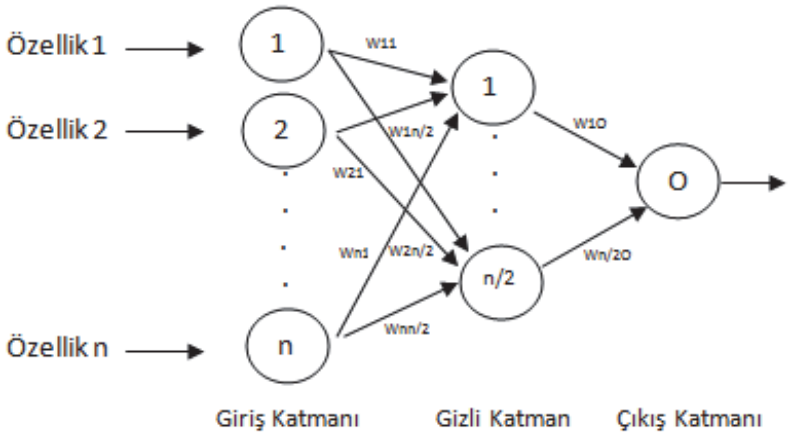
Test aşaması ise, önişlemlerden geçen öznitelik vektörlerinin eğitim aşamasında bulunan matematiksel ilişki modeline, giriş olarak uygulandığı bölümü olup, veritabanındaki veri kümesinin anlaşılır bilgiye dönüştürüldüğü ve belirsizliğin giderildiği kısımdır. Daha önce de belirtildiği gibi test aşamasında da eğitim setinde kullanılan verilerden ayrı olarak farklı 400 parmak izi verisi kullanılmıştır.

Son olarak sonuç aşaması sistemin raporlama bölümüdür. Test aşamasında matematiksel ilişki modeline giriş olarak uygulanan veritabanı içerisinden elde edilen öznitelik vektörlerinin analiz sonuçları, bu kısımda raporlanabilir veriye dönüştürülmektedir.

Yapay sinir ağı eğitimi için Çok Katmanlı Algolayıcı bu çalışma kapsamında tercih edilmiştir. Şekil 2'de örnek bir ÇKA yapısı gösterilmiştir. Birçok öğrenme algoritmasının bu ağı eğitmede kullanılabilir olması, bu modelin yaygın kullanılmasının sebebidir [8].

Test aşamasında birçok ağ yapısı denenmiştir. En iyi başarı sağlayan yapay sinir ağı modeli olan 4 katmanlı bir ağ yapısı kullanılmıştır. Giriş katmanında 80 nöron, birinci ara katmanda 140 nöron, ikinci ara katmanda 80 nöron ve çıkış katmanında ise 1 nöron kullanılmıştır. Sırasıyla tanjant hiperbolik, logaritmik, tanjant hiperbolik ve logaritmik transfer fonksiyonları bu modelin ara katmanlarında kullanılmıştır.

YSA'dan elde edilen çıkış "erkek" (1) ya da "bayan"



Şekil 2. Örnek bir ÇKA yapısı (Sample of a MLP structure)

Tablo 2. Sonuç veri kümesi örneği (A sample for result data set)

Kişi	ID1	ID2	ID3	ID4	ID5	ID6	ID7
YSA'dan Alınan Çıkış	0,75	1,10	0,85	0,11	0,34	0,22	0,97
Yuvarlanan Gerçek Değer	1	1	1	0	0	0	1

Tablo 3. Örnek arzu edilen çıkış (üstte) ve yuvarlanan gerçek değer (altta) (Example of expected output (above) and yuvarlanan real value (below))

Kişi	ID1	ID2	ID3	ID4	ID5	ID6	...	ID400	Genel Başarı
Parmak İzinin Gerçek Değeri	1	1	1	1	0	0	...	0	
YSA'dan Elde Edilen Değer	1	1	1	0	0	0	...	1	
Başarı	1	1	1	0	1	1	...	0	%72

(0) olarak belirlendiğinden, tek bir çıkış nöronu kullanılmıştır. Levenberg-Marquardt (LM) öğrenme algoritması, YSA öğrenme sürecinde başarılı sonuçlar verdiği grubumuzun daha önceki deneylerinden anlaşılmış ve az veriyle daha iyi sonuçlar vereceği bilindiğinden ağırlıklı olarak tercih nedeni olmuştur.

Çıkış değerleri elde edilirken, yapay sinir ağındaki eğitim fonksiyonları, eğitim metodları, katman sayısı, katmandaki nöron sayısı gibi değerler değiştirilerek testler yapılmıştır. Eldeki veri setlerinde tüm verilerde ortak olan kısımlar çıkarılmış ve gereksiz veri kirliliğinden arınma işlemi sağlanmıştır.

YSA'dan çıkış verisi olarak alınan verilerin bir kısmı örnek gösterim için Tablo 2'de verilmiştir.

2.4. Test Verilerinin Analizi (Analysis of Test Data)

Bölüm 2.3'de belirtilen teknikler kullanılarak elde edilen çıkış verileriyle varolan gerçek değerler bu aşamada karşılaştırma yapılarak birçok doğruluk oranı elde edilmiştir. 400 test verisi kullanıldığında en başarılı YSA model yapısında doğru sınıflandırılan cinsiyet oranı %72 olarak bulunmuştur. Var olan örnek değerler ve YSA sonuçları Tablo 3'de görülmektedir.

3. SONUÇ VE TARTIŞMA (CONCLUSION & DISCUSSIONS)

Bu çalışmada, literatürde varlığı deneysel olarak kısmen ispatlanmış olan birkaç çalışma sonucunda parmak izi ve cinsiyet arasındaki ilişki, literatürden farklı olarak parmak izinin tümünde yer alan öznitelik vektörleri arasındaki ilişki dikkate alınarak gerekli sınıflandırma, analiz ve başarısının gösterilmesi sunulan zeki model yardımı ile deneysel olarak ispatlanmıştır. Bu çalışmayla yapay sinir ağlarının eğitilerek parmak izinin hangi cinsiyete ait olduğu bilgisi tahmin edilebilmektedir. Deneysel çalışmada ispatlanan, yalnız parmak izi kullanılarak cinsiyete ait herhangi bir bilgi olmadan cinsiyetin bulunması %72 doğruluk oranı ile ispatlanmıştır. Model şimdilik istenen seviyede doğru tahmin oranı vermese dahi, modelin daha başarılı bir hale getirilmesi ve az sayıda olan parmak izi veritabanının artırılması sağlandığında, bu tespit işlemi birçok alanda başarıyla kullanılabilecektir.

Bu çalışmanın, daha önce çok az çalışma barındıran bir konuda çözümler sunması açısından önemli bir çalışma olduğu ve elde edilen analiz sonuçlarından, sunulan çalışmanın veritabanı gibi eksikleri bulunmasına rağmen kabul edilebilir değerlere çok yakın sonuçlar ürettiği görülmüştür.

Çalışmanın birçok güçlü tarafının yanı sıra bir takım zayıf yönleri de bulunmaktadır. Sunulan yaklaşımın hem zayıf yönlerinin giderilmesi hem de çalışmanın gelişim sürecini tamamlaması için bazı işlemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bunlardan bazıları aşağıda verildiği şekilde sıralanabilir:

1. Sunulan sistem çok daha büyük ölçekli bir veritabanı ile test edilmelidir. Bu veritabanı uluslararası standartları sağlamalı ve dünyanın birçok ülkesinden kişilere ait biyometrik özellikleri

kapsamalıdır. Ayrıca bu veritabanı konuyla ilgilenen herkesin kolayca ulaşabileceği bir platformda olmalıdır.

2. Gerçekleştirilen sistem için şüphesiz tek yöntem YSA tekniği değildir. Sistem çeşitli alternatif modelleme teknikleri kullanılarak tekrar tasarlanmalı ve sonuçlar bu çalışmada elde edilen sonuçlarla mukayese edilmelidir.

3. Parmak izlerine ait veri setleri değişik yöntemlerle elde edilip sistem performansı mukayeseli olarak değerlendirilmelidir.

4. Aynı şekilde cinsiyete ait veri setleri değişik yöntemlerle elde edilip sistem mukayeseli olarak değerlendirilmelidir.

5. Parmak izlerine ait veri setlerinin boyutu değişik yöntemler kullanılarak azaltılmalı veya parmak izlerine ait özellik setlerinin elde edilmesinde standart uzunluklarda özellik setleri elde edebilen bir yöntem tercih edilerek sistemin hassasiyetinin artırılabileceği gösterilmelidir.

6. Çalışma ilk aşamada, otomatik parmak izi okuma sistemlerinde en çok tercih edilen parmak izi olan sağ el işaret parmağına ait parmak izleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu işlem tüm parmaklar için tekrarlanarak sistem sonuçları sunulan çalışmada elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmalıdır.

7. Sistem giriş-çıkışlarına gürültü etkisi hakkında detaylı araştırmalar yapılıp sistemin güvenilirliği test edilmelidir.

8. Çalışmada öznitelik vektörlerinin oluşturulması aşamasında hazır paket programın ürettiği öznitelik vektörleri yerine, sonraki çalışmalarda bu konu için geliştirilmiş bir programdan elde edilen öznitelik vektörleri kullanılarak daha yüksek başarı elde edileceği öngörülmektedir.

Sunulan çalışmanın literatürde yer alan bazı çalışmalardan daha yüksek başarı oranı ile cinsiyet tespit etmesinin sağlanması için yukarıda bahsedilen işlemlerin yönteme uygulanması gerekmektedir.

Sonuç olarak, sunulan çalışmada parmak izi ve cinsiyet arasında olduğu düşünülen bir ilişkinin bulunması ve analizi konusunda çeşitli araştırma ve incelemeler yapılmış, elde edilen bilgiler ve belgeler ışığında çalışmalara yön verilerek yalnızca parmak izi bilgisinden cinsiyet bilgisine ulaşabildiği %72 başarı sağlanarak görülmüştür. Sunulan çalışma hem ülkemizde bir ilk olması açısından hem de çeşitli yönleriyle geliştirilmeye, ilerletilmeye ve detaylandırılmaya uygunluğuyla yepyeni bir araştırma ve çalışma sahası oluşturmaktadır. Sunulan bu çalışmanın, parmak izi ve cinsiyet arasındaki ilişkinin biyometri ve güvenlik alanlarında dikkate alınacak bir referans olacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmada sunulan yaklaşımın delilden suçluya gitmede önemli bir araç olacağı ve kriminal açıdan davaların hem kolaylıkla aydınlanmasına hem de delilden suçluya erişimde önemli bir yaklaşım olacağı değerlendirilmektedir.

Bu çalışmada; verilerin elde edilmesi, etiketlenmesi, özellik vektörlerinin elde edilmesi ve ilk kez bunun bir alana uygulanması karşılaşılan önemli zorluklardır.

Gelecek çalışmalarda bu sistemin performansının iyileştirilmesi için farklı YSA modelleri, öğrenme algoritmaları ve aktivasyon fonksiyonları kullanılarak çalışmalar yapılacaktır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Maltoni, D., Maio, D., Anil, K. Jain, Prabhakar, S., **Handbook of Fingerprint Recognition**, Springer Science+Business Media, New York, 10-123, 2003.
2. Gutierrez-Redomero, E., Alonso, C., Romero, E., Galera, V., "Variability of fingerprint ridge density in a sample of Spanish Caucasians and its application to sex determination", **Forensic Science International,** 180 : 17-22, 2008.
3. Acree, M.A., "Is there a gender difference in fingerprint ridge density?", **Forensic Science International**, 102 : 35-44, 1999.
4. Nayak, V.C., Rastogi, P., Kanchan, T., Yoganarasimha, K., Kumar, G.P., Menezes, R.G., "Sex differences from fingerprint ridge density in Chinese and Malaysian population", **Forensic Science International**, 197 : 67-69, 2010.
5. Nayak, V.C., Rastogi, P., Kanchan, T., Lobo, S.W., Yoganarasimha, K., Nayak, S., Rao, N.G., Kumar, G.P., Shetty, B.S.K., Menezes, R.G., "Sex differences from fingerprint ridge density in the Indian population", **Journal of Forensic and Legal Medicine**, 17 : 84–86, 2010.
6. Sağıroğlu, Ş., Özkaya, N., "Otomatik Parmak izi Tanıma Sistemlerinde Kullanılan Önişlemler İçin Yeni Yaklaşımlar", **Journal of Engineering and Architecture of Gazi University**, 21(1) : 11-19, 2006.
7. Özkaya, N., Sağıroğlu, Ş., "Parmakizinden Yüz Tanıma", **Journal of Engineering and Architecture of Gazi University**, 23(4) : 785-793, 2008.
8. Özkaya, N., Sağıroğlu, Ş., "Otomatik Parmakizi Tanıma Sistemlerinde Özellik Noktalarının Tespitinde Yapay Sinir Ağlarının Kullanılması", **Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**, 13(1) : 91-111, 2007.
9. Gnanasivam P, Muttan S., "Fingerprint Gender Classification using Wavelet Transform and

Singular Value Decomposition", **IJCSI International Journal of Computer Science Issues**, 9(2), No 3, 2012.

10. Gornale, S.S. ve ark., "Analysis of Fingerprint Image for Gender Classification Using Spatial and Frequency Domain Analysis", **American International Journal of Research in Science, Technology, Engineering & Mathematics**, 1(1): 46-50, 2013.

11. Tom, R.J., Arulkumaran,T., "Fingerprint Based Gender Classification Using 2D Discrete Wavelet Transforms and Principal Component Analysis", **International Journal of Engineering Trends and Technology,** 4(2) : 199-203, 2013.