

# Biyometrik Sistemlerin Örüntü Tanıma Perspektifinden İncelenmesi ve Ses Tanıma Modülü Simülasyonu

Gülin Dede<sup>1</sup>

Murat Hüsnu Sazlı<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Savunma Bilimleri Enstitüsü, Kara Harp Okulu, Ankara

<sup>2</sup>Elektronik Mühendisliği Bölümü, Ankara Üniversitesi, Ankara

<sup>1</sup>e-posta: gdede@gmail.com

<sup>2</sup>e-posta: sazli@eng.ankara.edu.tr

## Özetçe

Modern yaşamın ve artan teknoloji kullanımının beraberinde getirdiği önemli gereksinimlerden biri güvenlidir. Ancak güvenlik uygulamaları ile birlikte sahtecilik de gündeme gelmekte ve pek çok sistem ciddi ataklara maruz kalmaktadır. Günümüzde bu durum, güvenlik konseptini değiştirmiş ve şifre, kimlik kartı gibi uygulamalar yerini bireye has özellikler ile kimlik tespiti yapan biyometrik sistemlere bırakmaya başlamıştır.

Bu çalışmada, biyometrik sistemler ve simülasyonu konusu ele alınmış olup, örnek bir güvenlik kontrolü uygulamasına yer verilmiştir. Biyometrik sistemler bütünleştirici bir örüntü tanıma perspektifinden değerlendirilmiş, genel hatları ile tanıtılmış ve bileşenleri bazında incelenmiştir. Söz konusu bileşenlerden ses tanıma modülü Matlab programı ile simüle edilmiş ve elde edilen simülasyon sonuçları ayrıntılı bir şekilde sunulmuştur.

## 1. Giriş

Modern yaşamın ve artan teknoloji kullanımının beraberinde getirdiği önemli gereksinimlerden biri güvenlidir. Ancak güvenlik uygulamaları ile birlikte sahtecilik de gündeme gelmekte ve pek çok sistem ciddi ataklara maruz kalmaktadır. Sorunun üstesinden gelmek için, güvenlik sistemleri alışlagelik yöntemlerin dışında geliştirilmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda ilk akla gelen güvenlik ihlallerinden olan kart, anahtar vb. çalınması, yetkisiz şifre paylaşımı gibi pek çok sorunu ortadan kaldıran biyometrik yöntemler geliştirilmiştir.

Biyometrik sistemlerin önemi, kişiye has özellikler tabanlı geliştirilmesidir. Kişiye has özellikler ise, transferlerinin mümkün olmayışı noktasında yüksek güvenlik sağlamaktadır [1]. Dolayısıyla bu özellikleri ile biyometrik sistemler, pasaport kontrollerinden bankacılık işlemlerine kadar geniş bir yelpazede uygulama bulmakta ve önemli bir araştırma konusu olarak ortaya çıkmaktadır [2].

Biyometrik sistemler, fiziksel ve davranışsal olmak üzere iki temel gruba ayrılan biyometriklerin kullanımı ile tasarlanabilir. Temelde, fiziksel biyometrikler; iris, yüz, parmak izi, retina, el ve damar izi iken davranışsal biyometrikler ses ve el yazısıdır [3].

Bu çalışmada biyometrik sistemler ve simülasyonu konusu ele alınmış olup, örnek bir güvenlik kontrolü uygulamasına yer verilmiştir. Çalışmada konu edilen güvenlik kontrolü uygulamasında; fiziksel ve davranışsal biyometriklerin,

bütünleştirici bir yaklaşımla değerlendirilmesi önerilmiştir. Bu çerçevede, öncelikle biyometrik sistem tasarımının sayısallaştırma ve modelleme aşamaları üzerinde durulmuştur. Modellenen örüntülerin, güvenilirliği kontrol edilen bireyin biyometrikleri ile eşleştirilmesi aşaması ise tüm sistemlerde ortak olup, söz konusu yaklaşımın temel çıkış noktasıdır.

Tasarlanan güvenlik kontrolü sisteminin bileşenleri fiziksel biyometriklerden yüz ve davranışsal biyometriklerden ses olarak belirlenmiştir. Uygulama, sistem dinamikleri yöntemiyle bileşenleri bazında incelenmiş ve genel hatları ile tanıtılmıştır. Söz konusu bileşenlerden ses tanıma modülü Matlab programı ile simüle edilmiştir. Simülasyonda kullanılan ses biyometriği, sinyal işleme teknikleri ile sayısallaştırılmış, modellenmiş ve oluşturulan örüntüler yapay sinir ağları kullanılarak sınıflandırılmıştır. Elde edilen simülasyon sonuçları ayrıntılı bir şekilde sunulmuştur.

### 1.1. Biyometri Konsepti

Biyometri, insanları birbirinden ayırt edebilecek fiziksel ve davranışsal özellikleri inceleyen bilim dalıdır. Ayırt edici özelliğinden dolayı, kimlik belirleme uygulamalarında sıklıkla tercih edilmektedir. Biyometrik sistemler; klasik şifre kontrolü, kartlı geçiş vb. tekniklerden konsept olarak çok farklıdır. Çünkü biyometrik özellikler, kişinin değişirmez veya bir başkasına aktarması mümkün olmayan niteliktedir. Bu noktadan hareketle biyometri, güvenlik seviyesini büyük ölçüde arttıran bir tekniktir.

Biyometrik sistemler, uygulamanın genel hatlarına uygun olarak farklı şekillerde tasarlanabilmektedir. Ancak bir biyometrik sistem temelde, beş alt sistemden oluşmaktadır. Bunlar sırasıyla: veri toplama, iletim, öznitelik çıkarımı, modelleme ve eşleştirmedir [4].

Veri toplama, sisteme dahil edilecek olan kullanıcıların ilgili biyometrik verilerinin kaydedilmesidir. Takip eden aşama, biyometrik verinin insan-bilgisayar etkileşimi ile sisteme sayısal olarak aktarıldığı iletimdir. Daha sonra iletilen veri, ait olduğu biyometri türüne göre işlenecektir. Bu aşamada, veri toplama ve iletim ile elde edilen sayısal sinyaller, çeşitli sinyal işleme teknikleri kullanılarak özniteliklerine indirgenir. Böylece giriş verisi sadeleştirilmiş ve gereksiz kısımları çıkarılmıştır. Modelleme aşamasında ise, farklı kişilerin öznitelikleri farklı biyometrik modeller olarak sistemde depolanır. Depolama aşaması olarak da tanımlanan bu kısım, sistem kullanıcılarına ait temel veri tabanının oluşturulduğu aşamadır. Son olarak, sisteme yetki talebinde bulunan kişinin talep anında toplanan biyometrik verisi veri

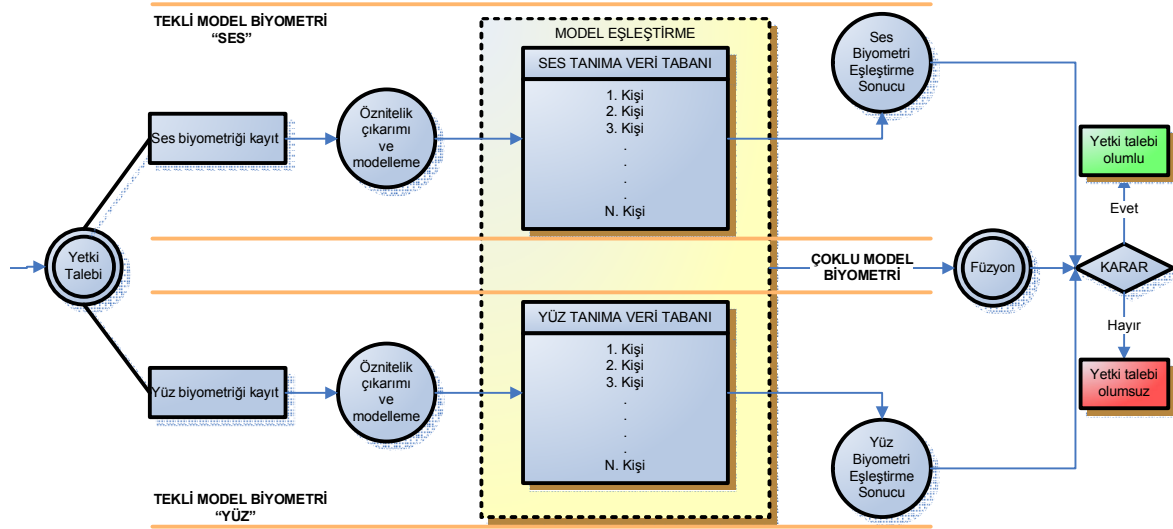
tabanındaki modeller ile karşılaştırılır. Eşleşme durumunda yetki talebi kabul edilirken, eşleşmeme durumunda ise uygulamanın türüne göre belirlenen işlem gerçekleştirilecektir.

## 1.2. Çoklu Model Biyometri

Biyometrik tabanlı sistemler, kimlik belirleme uygulamalarında her ne kadar yüksek güvenlik ve başarı düzeyi vaatsetse de, birden fazla biyometrik özelliğin kullanımı ile bu sistemlerin güçlendirilmesi ve güvenlik düzeylerinin daha da artırılması için çalışmalar

sürdürülmektedir [3, 5]. Literatürde yaygın olarak; bir biyometrik özelliğin sorgulandığı sistemler “tekli model biyometrik sistemler”, birden fazla biyometrik özelliğin sorgulandığı sistemler ise “çoklu model biyometrik” sistemler olarak adlandırılmaktadır.

Bu çalışmada çoklu model bir biyometrik sistem ele alınmış olup, sorgulanacak biyometrikler olarak ses ve yüz biyometrikleri belirlenmiştir. Söz konusu sistemin tekli model bileşenlerinin ve bu bileşenlerin füzyonunun gösterildiği genel bir akış diyagramı aşağıda sunulmuştur.



Şekil 1: Çoklu Model Biyometrik Sistem Akış Diyagramı.

## 2. Yöntem

### 2.1. Örüntü Tanıma Perspektifi

Şekil 1’deki akış diyagramı incelendiğinde, füzyon işlemine kadar genel olarak her iki biyometrik için benzer sistem akışından bahsedilebilir. Biyometriklerin özniteliklerinin çıkarılması ve modellenmesi ile örüntüler elde edilir. Sistemden yetki talep edildiği anda kullanıcıdan alınan veri, sistemin asıl veri tabanında mevcut örüntülerle karşılaştırılarak sistem kararı belirlenir.

Örneğin ses biyometriği kullanıldığında öznitelikler sinyal işleme ile elde edilirken, yüz biyometriği kullanıldığında görüntü işleme devreye girecektir. Her ne kadar farklı biyometriklerin özniteliklerinin çıkarılması farklı yöntemler gerektirse de; tekil model biyometrik sistem tasarımlarının birbirlerinden ayrı değerlendirilmesi, çoklu model sistemleri daha da karmaşıktır bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır.

Oysa, çoklu biyometrik sistemlerde kullanılan her bir biyometriğin tanınması işlemlerini ayrı sistemler yerine tek sistemdeki farklı örüntü tanıma modüllerine indirgemek mümkündür. Buradaki en temel husus, hangi biyometrik

kullanılırsa kullanılsın sürecin benzer şekilde işlemesidir. Esasen bu durum, sistem tasarımını sadeleştiren bir yaklaşımı da beraberinde getirir. Tüm karar verme sürecinin, basit bir örüntü tanıma işlemi gibi düşünülmesi, çoklu model biyometrik sistem tasarımında, sistem bileşenlerinin aynı bütünleştirici perspektiften değerlendirilmesine imkan sağlar.

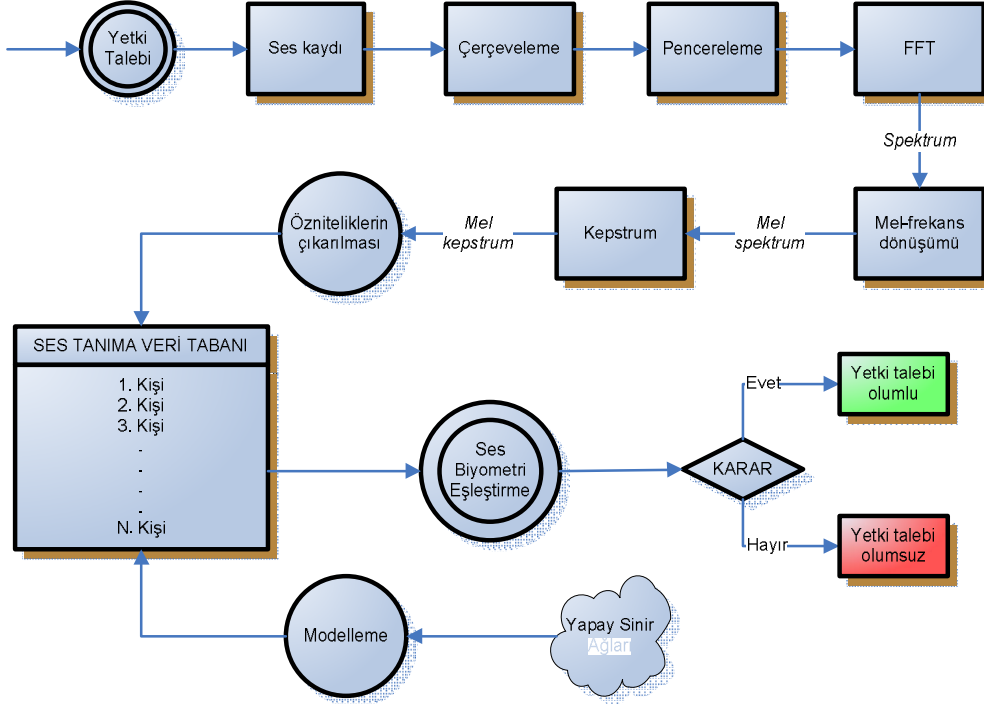
Bu çalışmada, Şekil 1’de görülen tekli model biyometri bileşenlerinden ses tanıma modülü, Matlab programı ile simüle edilmiştir. İlerleyen başlıklarda ses tanıma uygulamaları ile ilgili temel bilgilere kısaca yer verilmekte; ayrıca öznitelik çıkarımı, elde edilen örüntülerin yapay sinir ağları ile tanınması ve ses tanıma modülünün Matlab simülasyonu konuları açıklanmaktadır.

### 2.2. Ses Tanımının Temelleri

Bir ses tanıma uygulamasında, sinyallerin tanınabilmesi için öncelikle doğru şekilde ifade edilmeleri gereklidir. Diğer bir deyişle, incelenen ses sinyalinin içinde barındırdığı ve yalnızca tanınması hedeflenen sese ait unsurlar, çeşitli sayısal sinyal işleme teknikleri peş peşe uygulanarak belirlenir. Daha sonra belirlenen unsurların bir öznitelik vektörü ile ifade edilmesi gerekir. Bu öznitelikler ile ses tanıma veri tabanı oluşturulur. Veri talebi sırasında kullanıcı tarafından sisteme sunulan örüntü, veri tabanındaki

kayıtlardan birisi ile eşleştirilmeye çalışılır. Yapay sinir ağları kullanılarak gerçekleştirilen eşleştirme işleminin sonucu, sistemin nihai karar mekanizmasına aktarılır ve

yetki talebi olumlu ya da olumsuz olarak belirlenir. Bahsedilen işlemler, Şekil 2’de ayrıntılı olarak görülmektedir.



Şekil 2: Ses Tanıma Modülü Ayrıntılı Akış Diyagramı.

### 3. Uygulama

#### 3.1. Ön İşleme

Ön işleme, Şekil 2’de görülen akış diyagramında kullanıcının ses kaydının alınmasından bu sese ait özniteliklerin çıkarılmasına kadarki işlemleri kapsar.

Bu süreçte, öncelikle; ses sinyali, belirli oranda üst üste bindirilen örnekler ile çerçevelere ayrılır. Daha sonra uygun pencereden geçirilerek süresiz kısımları çıkarılır ve öznitelik vektörüne katkı sağlamayacak katsayılar azaltılır. Yaygın olarak kullanılan ve burada da tercih edilen pencere yapısı Hamming penceresidir. Bu pencerenin tanımlayıcı fonksiyonu aşağıda verilmiştir.

$$w(n) = 0.54 - 0.46 \cos[2\pi n/(N-1)], \quad N-1 \geq n \geq 0 \quad (1)$$

Pencerelemiş sinyalin genlik spektrumu, hızlı Fourier dönüşümü (FFT-Fast Fourier Transform) kullanılarak bulunur ve burada, 512 noktada hesaplanmıştır.  $X_n$ , FFT’si alınmak istenilen sinyal seti ve  $N$  bu sette mevcut örnek sayısı olmak üzere FFT hesaplaması aşağıdaki şekilde yapılır.

$$X_n = \sum_{k=0}^{N-1} X_k e^{-2\pi i k n / N}, \quad n = 0, 1, 2, \dots, N-1 \quad (2)$$

Mel ölçeği ile frekans ölçeği arasında, aşağıdaki eşitlik uyarınca mel-frekans dönüşümü yapılarak sinyalin mel spektrumu elde edilir.

$$f_{mel} = 2595 \log_{10} (1 + f_{doğrusal} / 700) \quad (3)$$

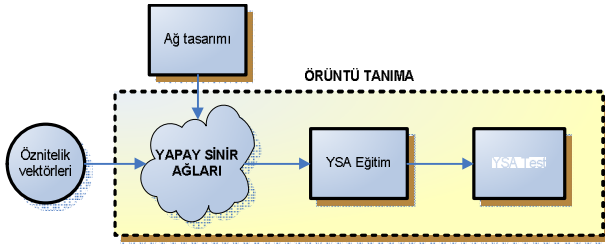
Buna göre mel ölçeği 1000 Hz’den düşük frekanslar için doğrusal, 1000 Hz’den yüksek frekanslar için ise logaritmik değerlerde dağılım gösterecektir. Böylece insan kulağının davranışına daha yakın bir filtre elde edilmektedir.

Kepstrum hesaplaması ile sırasıyla, frekans ve zaman bölgelerine geri dönüş söz konusudur. Mel frekans dönüşümü ile elde edilen mel filtre bankalarının çıktılarının logaritması hesaplanarak frekans bölgesine, ve bu sonuçlara ayrık Fourier dönüşümü uygulanarak zaman bölgesine geçiş sağlanır. Böylece, incelenen sinyale ait mel frekans

katsayıları (MFCC-Mel-Frequency Cepstral Coefficients) elde edilmiş olur. Bu çalışmada, her bir ses sinyali için 16 adet katsayı hesaplanmıştır [6].

### 3.2. Son İşleme

Son işleme, her bir ses örneği için oluşturulan öznelik vektörlerinin ayrı ayrı modellenmesi ve test edilmek istenen kelimelerin bu modellere göre sınıflandırılması sürecidir. Şekil 3'te, ses tanıma modülünün son işleme kısmı genel hatları ile görülmektedir.



Şekil 3: Yapay Sinir Ağları ile Son İşleme.

Bu çalışmada, örüntü tanıma problemlerinde sıklıkla kullanılan başarılı bir sınıflandırıcı olan yapay sinir ağları (YSA) tercih edilmiştir. Ağ modeli olarak ise olasılıksal sinir ağı (OSA) belirlenmiştir. OSA, nöronlar arası bağlantı ağırlıklarının olasılık yoğunluk fonksiyonundan istifadeyle hesaplandığı bir YSA yapısıdır [7].

Bu yapıda, ilk saklı katmanda giriş verisinin eğitim verisine olan uzaklığı hesaplanır. İkinci saklı katmanda ise ilk katmanda hesaplanan uzaklıklar toplanır ve net çıkış vektörü olasılıkları bulunur. Böylece model sınıfları oluşturulmuş olur. Çıkış katmanında ise bu model sınıflarından en yüksek olasılığa sahip model sınıfı ile ağ çıktısı belirlenir.

Bu ağ yapısının tasarımında, ağa verilen giriş-çıkış eşleşmeleri için ağırlıklar dağılım sabiti uyarınca değiştirilmektedir.

Uygulamada kullanılan OSA aşağıdaki parametrelerle tasarlanmıştır [8].

- Dağılım sabiti: 0,1
- Saklı katman: 170 nöron
- Çıkış katmanı: 10 nöron

### 3.3. Matlab Simülasyonu

Bu çalışma kapsamında, Şekil 1'de görülen çoklu model biyometrik sisteme ait ses tanıma modülünün simülasyonu amacıyla bir yazılım geliştirilmiştir.

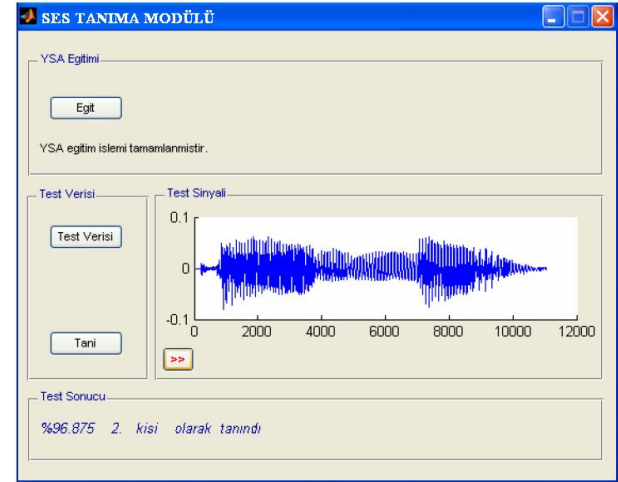
Yazılım ortamı olarak Matlab 7.0 programı ve anılan programa ait Neural Network Toolbox (NNT) araçları ile Graphic User Interface (GUI) tasarım ortamları kullanılmıştır. Veri tabanının oluşturulmasında kullanılacak olan seslerin kayıt işlemi Goldwave programı ile gerçekleştirilmiş; kayıt parametreleri 11,025 kHz frekans değeri ve 16 bit PCM kodlama olarak belirlenmiştir. On konuşmacıya ait ses kayıtları, YSA'nın eğitiminde kullanılmış ve yetki talebi anında alınan kayıtlar ile ağ yapısı test edilmiştir. Test sonucunda YSA çıkışlarında; 0,5'in

altındaki değerler 0;

0,5'in

üstündeki değerler 1 olarak alınmıştır.

Ses tanıma programının kullanıcı ara yüzü aşağıdaki şekilde görülmektedir.



Şekil 4: Ses Tanıma Programı Ara Yüzü.

Burada; YSA'nın ne oranda başarılı olduğunun görülebilmesi amacıyla, kullanıcı kimliği doğru olarak tespit edilse dahi doğru eşleştirilen katsayıların sayısı ve çıkış verisi boyutuna yüzde cinsinden oranına da yer verilmiştir. Sonuçlar aşağıdaki tabloda sunulmuştur.

Tablo 1: Matlab Simülasyonu Doğruluk Tablosu.

	1. kişi	2. kişi	3. kişi	4. kişi	5. kişi	6. kişi	7. kişi	8. kişi	9. kişi	10. kişi	Doğruluk yüzdesi
1. kişi	19	-	-	-	-	-	-	-	1	-	95
2. kişi	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-	100
3. kişi	-	-	20	-	-	-	-	-	-	-	100
4. kişi	-	-	-	19	-	-	1	-	-	-	95
5. kişi	-	-	-	-	20	-	-	-	-	-	100
6. kişi	-	-	-	-	-	20	-	-	-	-	100
7. kişi	-	-	-	-	-	-	20	-	-	-	100
8. kişi	-	-	-	-	-	-	-	20	-	-	100
9. kişi	-	-	-	-	-	-	-	-	20	-	100
10. kişi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	100
Toplam											99

Tablo 1'de verilen sonuçlarda; sistem genelinde 10 kişiden alınan 20'şer yetki talebi ile yapılan toplam 200 denemede yalnızca 2 yanlış sonuç alınmış, diğer 198 deneme başarılı olmuştur. Sistemin genel performansı %99 olarak hesaplanmıştır. Bu oran literatürdeki benzer çalışmalara denk hatta daha yüksek olmakla beraber [9, 10], hatalı sonuçların sinir ağlarındaki eğitim stokastiklerinden kaynaklanmış olabileceği değerlendirilmektedir.

## 4. Sonuç

Günümüz dünyasının değişen güvenlik gereksinimleri, temellerini bireye has özelliklerden alan ve klasik uygulamalardan daha yüksek güvenlik düzeyi vadeden biyometrik sistemleri ön plana çıkarmaktadır. Diğer taraftan; gelişen sinyal işleme teknikleri ve yapay sinir ağları gibi

örüntü tanıma yöntemleri, biyometrik sistemlerin tasarımını olduğu kadar simülasyonunu da kolaylaştırmaktadır. Tüm bunların neticesinde kullanımı giderek yaygınlaşmakta olan biyometrik sistemler, gerek tasarımcılar gerekse kullanıcılar cephesinde deneyim kazanıldıkça günden güne daha da kabul görmektedir.

Bu çalışmada ele alınan güvenlik kontrolü uygulamasında, ses biyometriği ile oldukça başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Bu noktada, diğer biyometriklerin de bu çalışmadaki örüntü tanıma perspektifi ile benzer şekilde tasarlanması gündeme gelmektedir. Çünkü örüntü tanıma perspektifi, farklı biyometriklerin özneliklerinin çıkarılması sonrasındaki tanıma ve karar aşamalarını birleştirmekte, sistem yapısını sadeleştirmektedir.

Dolayısıyla, ilerideki çalışmalar için farklı biyometrikler üzerinde yapılacak uygulamalar (yüz tanıma, parmak izi tanıma, el yazısı tanıma vb.) ile çoklu model biyometrik sistemlerin geliştirilmesi önerilebilir. Böylesi bir füzyon ise, asıl tercih nedeni yüksek güvenlik düzeyi olan biyometrik sistemlerin kullanımını daha da cazip hale getirecektir.

## 5. Kaynakça

- [1] Jain, A.K., Hong, L., Pankanti, S., Bolle, R., “An Identity-Authentication System Using Fingerprints”, *Proceedings of the IEEE*, 85-9, 1365-1388, 1997.
- [2] [http://www.vizyotek.com/teknoloji/biyometrik\\_hakkında.htm](http://www.vizyotek.com/teknoloji/biyometrik_hakkında.htm), Erişim tarihi: 19.03.2009
- [3] Ross, A., Jain, A.K., “Information Fusion in Biometrics”, *Pattern Recognit. Lett.*, 24-13, 2115-2125, 2003.
- [4] Matyas, S.M., Staptelon, J., “A Biometric Standard for Information Management and Security”, *Computers and Security*, 19, 428-441, 2000.
- [5] Son, B., “The Fusion of the Two User-Friendly Bimetric Modalities: Iris and Face.”, *IEICE Trans. Inf. And Syst.*, E89-D, No.1, 372-376, 2006.
- [6] Marven, C., Ewers, G., *A simple approach to digital signal processing*, NY: Wiley Interscience, 1996.
- [7] Specht, D.F., “Probabilistic Neural Networks for Classification, Mapping or Associative Memory”, *Proc. IEEE International Conf. on Neural Networks*, 1, 525-532, 1988.
- [8] Dede, G., Sazlı, M.H., “Speech Recognition with Artificial Neural Networks”, *Digital Signal Process.*, 2009, doi:10.1016/j.dsp.2009.10.004.
- [9] Cordella, L.P., Foggia, P., Sansone, C., Vento, M., “A Real-time Text-independent Speaker Identification System”, *12th International Conference on Image Analysis and Processing Proceedings*, 17-19, 632-637, 2003.
- [10] Saeed, K., Nammous, M.K., “A Speech and Speaker Identification System: Feature Extraction, Description, and Classification of Speech Signal Image”, *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 54-2, 887-897, 2007.