

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YAPAY SİNİR AĞLARI KULLANARAK
PARMAK İZİ VE KONUŞMACI TANIMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Can YÜZKOLLAR

Enstitü Anabilim Dalı : BİLGİSAYAR VE BİLİŞİM MÜH.

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Hayrettin EVİRGEN

Haziran 2007

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YAPAY SİNİR AĞLARI KULLANARAK
PARMAK İZİ VE KONUŞMACI TANIMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Can YÜZKOLLAR

Enstitü Anabilim Dalı : BİLGİSAYAR VE BİLİŞİM MÜH.

Bu tez 20 / 06 /2007 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Hayrettin EVİRGEN
Jüri Başkanı

Doç. Dr. Nejat YUMUŞAK
Üye

Yrd. Doç. Dr. A.Turan ÖZCERİT
Üye

ÖNSÖZ

Yüksek lisans öğrenimim sırasında bana her konuda yol gösteren tüm hocalarıma, özellikle Yrd. Doç. Dr. Hayrettin EVİRGEN'e ve çalışmalarımın sonuna kadar gösterdiği sabır ve manevi desteğinden dolayı sevgili eşim Esra YÜZKOLLAR'a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
TABLolar LİSTESİ.....	ix
ÖZET.....	x
SUMMARY.....	xi
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
1.1. Biyometrik.....	2
1.1.1. Biyometrik sistem.....	2
1.1.2. Biyometrik tanımlayıcıların gereksinimleri.....	3
1.1.3. İşlevsel mod.....	4
1.1.4. Performans.....	5
1.2. Uygulamalar.....	6
1.3. Biyometrik Teknolojiler.....	7
1.3.1. Yüz tanıma.....	8
1.3.2. Yüz termogramı tanıma.....	9
1.3.3. Parmak izi tanıma.....	9
1.3.4. El şekli tanıma.....	10
1.3.5. El damarları tanıma.....	10
1.3.6. İris tanıma.....	11
1.3.7. Retinal desen tanıma.....	11
1.3.8. İmza tanıma.....	12
1.3.9. Ses tanıma.....	12

1.3.10. Biyometrik tekniklerin karşılaştırılması.....	13
BÖLÜM 2	
PARMAK İZİ TANIMA.....	15
2.1. Parmakizi Tanıma Sistemleri.....	15
2.1.1. Genel bir parmakizi tanıma sisteminin çalışma prensibi.....	15
2.2. Parmakizi Terminolojileri.....	16
2.2.1. Hat çizgisi, uç nokta ve çatal nokta.....	16
2.2.2. Yön haritaları.....	17
2.2.3. Delta ve orta noktalar.....	18
2.2.4. Parmakizlerinin sınıflandırılması.....	20
2.3. Özellik Noktası Çıkarma	20
2.3.1. Parmakizi resminin iyileştirilmesi (filtreleme).....	22
2.3.2. Parmakizi resminin ikili hale dönüştürülmesi (eşikleme).....	22
2.3.3. Parmakizi inceltme.....	23
2.3.4. Yön haritasının çıkarılması.....	24
2.3.5. Özellik noktalarının bulunması.....	28
BÖLÜM 3.	
KONUŞMACI TANIMA.....	30
3.1. Ses Nedir.....	30
3.2. Konuşma.....	31
3.3. Konuşma Tanıma.....	32
3.4. Konuşmacı Tanıma.....	34
3.5. Özellik Çıkartım Yöntemleri.....	36
BÖLÜM 4.	
YAPAY SİNİR AĞLARI.....	39
4.1. Sinir Ağlarının Biyolojik Yapısı.....	39
4.2. Yapay Sinir Ağlarının Yapısı.....	40
4.3. Yapay Sinir Hücresi.....	41
4.3.1. Girişler.....	42

4.3.2. Ağırlıklar.....	42
4.3.3. Toplama işlemi.....	42
4.3.4. Aktivasyon fonksiyonu.....	42
4.3.4.1. Doğrusal(Lineer) fonksiyon.....	43
4.3.4.2. Eşik aktivasyon fonksiyonu.....	43
4.3.4.3. Sigmoid tipi fonksiyon.....	44
4.3.4.4. Tanjant hiperbolik tipli fonksiyon.....	45
4.4. Yapılarına Göre Yapay Sinir Ağları.....	45
4.4.1. İleri beslemeli yapay sinir ağları.....	45
4.4.2. Geri beslemeli yapay sinir ağları.....	46
4.5. Yapay Sinir Ağlarında Öğrenme.....	47
4.5.1. Danışmanlı öğrenme.....	48
4.5.2. Danışmansız öğrenme.....	48
4.5.3. Takviyeli öğrenme.....	48
4.6. Geriye Yayılım Algoritması.....	48
4.6.1. İleri hesaplama.....	49
4.6.2 Geri hesaplama.....	49
BÖLÜM 5.	
PARMAKİZİ VE KONUŞMACI TANIMA UYGULAMASI.....	52
5.1. Giriş.....	52
5.2. Parmakizi Tanıma.....	52
5.2.1. Parmakizi tanıma işlemleri.....	52
5.3. Konuşmacı Tanıma.....	58
5.3.1. Konuşmacı tanıma işlemleri.....	59
BÖLÜM 6.	
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	63
KAYNAKLAR.....	65
ÖZGEÇMİŞ.....	69

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

YKO	: Yanlış kabul oranı
YRO	: Yanlış ret oranı
HK	: Hatalı kabuleme
HR	: Hatalı reddetme
EHO	: Eşit hata oranı
$c(n)$	: n. cepstrum
DFT	: Discrete Fourier Transform
MFCC	: Mel frekans cepstrum katsayıları
X_k	: k. bant geçişli filtrenin uygulanmasıyla oluşan spektrum değeri
YSA	:Yapay sinir ağları

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1.	Genel Bir Biyometrik Sistem.....	3
Şekil 2.1.	Genel bir parmakizi tanıma sistemi.....	15
Şekil 2.2.	Galton'un karakteristik noktaları.....	16
Şekil 2.3.	Parmakizi üzerinde yön haritalarının gösterimi.....	17
Şekil 2.4.	Desen alanı ve tip hatları.....	18
Şekil 2.5.	Delta ve orta nokta gösterimi	19
Şekil 2.6.	Hat saymaya örnekler.....	19
Şekil 2.7.	Sınıflandırılmış parmakizlerine örnekler.....	20
Şekil 2.8.	Median filtrede dizi sıralanıp orta değeri alınır.....	22
Şekil 2.9.	Normal ve inceltmiş parmak izi görüntüsü.....	23
Şekil 2.10.	Parmakizi inceltme maskesi.....	23
Şekil 2.11.	Yön haritalı parmakizi resmi.....	27
Şekil 2.12.	Uç ve çatal nokta.....	28
Şekil 3.1.	Basit bir sinüs dalgası.....	30
Şekil 3.2.	Ses yolunun yapısı.....	32
Şekil 3.3.	Genel konuşma tanıma modeli.....	32
Şekil 3.4.	Ses sinyali örnekleri.....	33
Şekil 3.5.	Konuşmacı Tanıma Sistemi.....	36
Şekil 3.6.	Özellik çıkarım adımları şeması.....	38
Şekil 4.1.	Biyolojik sinir hücresi.....	40
Şekil 4.2.	Yapay sinir ağının yapısı.....	41
Şekil 4.3.	Yapay sinir hücresinin yapısı.....	41
Şekil 4.4.	Doğrusal (Linner) fonksiyon.....	43
Şekil 4.5.	Eşik aktivasyon fonksiyonu.....	44

Şekil 4.6.	Sigmoid tipi fonksiyon.....	44
Şekil 4.7.	Tanjant hiperbolik tipi fonksiyon.....	45
Şekil 4.8.	İleri beslemeli sinir ağı yapısının blok gösterimi.....	46
Şekil 4.9.	Geri beslemeli sinir ağı yapısının blok gösterimi.....	47
Şekil 5.1.	İnceltilecek parmakizi resminden bir parça.....	54
Şekil 5.2.	İnceltilmiş parmakizi resminden bir parça.....	54
Şekil 5.3.	Parmakizi tanıma ağına ait eğitim performans grafiği.....	58
Şekil 5.4.	Konuşmacı tanıma ağına ait eğitim performans grafiği.....	61

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 1.1.	Biyometrik Teknolojilerin Karşılaştırılması.....	14
Tablo 5.1.	Bir parmakizine ait çatal noktaların koordinatlarını içeren diziden bir kesit.....	56
Tablo 5.2.	Tüm parmakizlerine ait özellik noktalarını içeren YSA için giriş matrisi.....	56
Tablo 5.3.	Parmakizi ve konuşmacı tanımada kullanılan çıkış matrisi.....	57
Tablo 5.4.	25x12 lik konuşma öznitelik vektöründen bir kesit.....	59
Tablo 5.5.	Tüm konuşmalara ait özellik noktalarını içeren YSA için giriş matrisi.....	60
Tablo 6.1.	Sistemin eğitim ve test verilerine göre başarımların göstergesi	64

ÖZET

Anahtar kelimeler: YSA, konuşmacı tanıma, parmakizi tanıma

Kişileri, onların fizyolojik veya davranışsal özelliklerinden yola çıkarak, otomatik bir tanımlama olan biyometrik, yetkili veya yetkisiz kişileri ayırmada, geleneksel parola ve kişisel tanımlama numaraları gibi yöntemlerden çok daha üstündür.

Bu çalışmada, biyometrik özelliklerden olan parmak izi ve konuşma işaretlerinin analizi yapılarak gerekli parametrelerin elde edilmesi sağlanmıştır. Parmakizi örneklerinden Galton karakteristikleri olarak adlandırılan özellik noktalarından en önemli iki tanesi olan uç nokta ve çatal noktalar tespit edilmiş, bu noktaların parmakizinin orta (core) nokta ile olan uzaklıkları referans olarak kabul edilmiştir. Konuşma işaretinden ise MFCC (Mel Frequency Cepstrum Coefficients) yöntemiyle gerekli parametreler çıkarılmıştır. Elde edilen parametreler doğrultusunda geriye yayılım öğrenme algoritmalarından biri olan “trainscg” kullanılarak giriş, gizli katman ve çıkış katmanından oluşan üç katmanlı bir YSA yapısı ile gerekli kimliklendirme yapılmıştır.

YSA eğitildikten sonra, eğitim için kullanılan parmakizi ve konuşma örnekleri test edildiğinde %100 başarı sağlanmış, test amaçlı örnekler kullanıldığında bu oran parmakizlerinde %77, konuşma örneklerinde %86 olmuştur.

FINGERPRINT AND SPEAKER RECOGNITION USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

SUMMARY

Keywords: Neural Networks, Speaker Recognition, Fingerprint Recognition

Biometric, is a automatical definition that based on physiological and behavioral properties of the people. It is more better to diffirentiate authorized and cribbler person than methods like traditional password and personal definition numbers.

In this study, required parameters were obtained by analyzing the biometric features fingerprint and speaking signals. Ending points and bifurcation points which are the most important ones of feature points named as Galton Characteristics were determined from fingerprint samples, and the distances of these points to the core point were taken as references. Required parameters were obtained from speaking signals by MFCC (Mel Frequency Cepstrum Coefficients) method. Identification was made by a three layer neural network structure which consists of input, hidden and output layers and using the backpropagation algorithm "trainscg" with the parameters obtained.

After the network was trained, when it was tested with the fingerprint and speaking signal samples and 100% of the results were right. When the test samples were used, these values were 77% for the fingerprints, and 86% for the speech samples.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Bir kişinin tanınması, sadece ona ait olan bir özelliğiyle ilişkilendirilmesidir. Günlük hayatımızda kişilerin tanımlanması güvenlik sistemlerinin kullanımında çok önemli bir rol oynamaktadır. “Kişi gerçekten, olduğunu iddia ettiği kişi midir?”, “Kişi daha önce başvuru yapmış mıydı?”, “Kişi sistemimize giriş yapabilir mi?”, “Bu personel, bu işlemi yapabilecek yetkiye sahip midir?”, vs. sorular her gün yüz binlerce finansal hizmet, sağlık kuruluşu, elektronik ticaret, telekomünikasyon, devlet, vs. organizasyonlar tarafından sorulmaktadır. Bilişim teknolojisindeki hızlı gelişme sayesinde, insanlar iletişimlerini gittikçe daha fazla elektronik olarak yapmaktadır. Sonuç olarak otomatik kişi tanıma sistemleri gittikçe daha fazla önem kazanmaktadır [1,2,3]. Gerçekleştirilen bu tez çalışmasında kişilerin parmakizi ve konuşma örneklerinden tanınması sağlanmıştır. Bu iki özelliğin birlikte kullanılması ile çeşitli aksaklıkların (nezle, parmakizi yaralanmaları vb.) giderilmesi amaçlanmıştır.

Geleneksel olarak başlıca iki tip kişi tanıma yaklaşımı kullanıla gelmiştir:

- Anahtar-tabanlı
- Bilgi-tabanlı [4]

Anahtar tabanlı yaklaşımda kişisel tanımlama yapmak için kişilerin sahip oldukları araçlar kullanılır. Kişi kendisini tanıtmak için pasaport, sürücü belgesi, nüfus cüzdanı, kredi kartı ya da anahtar gibi elinde bulunan araçları kullanır. Bilgi tabanlı yaklaşımda ise kişisel tanımlama, kişilerin bildikleri bazı bilgiler kullanılarak yapılır. Bu yaklaşımda farklı kişiler, parola ya da kişisel tanımlama numarası gibi sadece o kişilerin bilmesi beklenen bilgileri kullanarak kendilerini tanıtır. Bu geleneksel kişi tanımlama yaklaşımlarının başlıca avantajları şunlardır:

- Çok basit olmaları
- Farklı sistemlerle, çok düşük maliyetlerle bütünleştirilebilmeleri

Bu yaklaşımların, kalıtımla olmayan özellikler kullanmaları nedeniyle anahtarların kaybedilmesi, çalınması, unutulması; kişisel tanımlama numaralarının unutulması ya da sahtekârlar tarafından tahmin edilebilmesi gibi dezavantajları da vardır. Keza bu yaklaşımlar, gerçekten yetkilendirilmiş bir kişi ile yetkilendirilmiş kişilerdeki anahtar ya da bilgiyi edinmiş bir sahtekârı da ayırt edemezler. Bu bağlamda biyometrik denen kişiye has özellikler kişileri ayırt etmede kullanılabilir. Aşağıda biyometriğin tanımı verilmiş biyometrik sistemler açıklanmıştır.

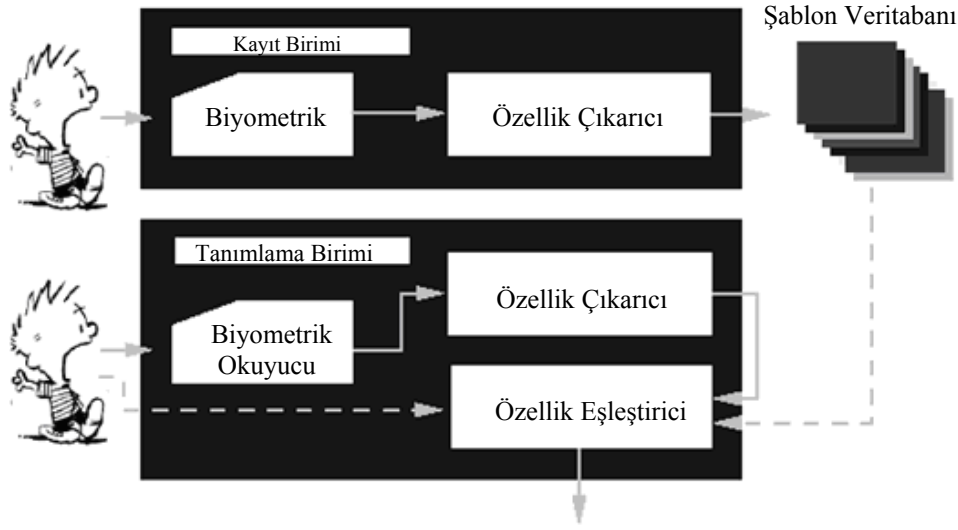
1.1. Biyometrik

Biyometrik davranışsal ya da fizyolojik özellikleri kullanarak, kişilerin tanımlanmasıdır [1,2,3]. Her kişide farklı olan davranışsal ya da fizyolojik karakteristikleri kullandıklarından, yetkilendirilmiş kişileri ve sahtekârları ayırt etmek açısından, geleneksel bilgi-tabanlı ve anahtar-tabanlı yaklaşımlara göre daha güvenilirdir. Bunun yanında tanımlanacak kişinin, tanımlama noktasında bulunmasını gerektirirler. Biyometrik, elektronik iletişim ortamında ihtiyaç duyulan güvenlik gereksinimlerini karşılamaktadır ve yakın gelecekte de bu konudaki baskın otomatik kişi tanıma yöntemi olacaktır [2,5].

1.1.1. Biyometrik sistem

Bir biyometrik sistem esas olarak kullanıcıların sahip oldukları fizyolojik ya da davranışsal karakteristikleri kullanarak, kişisel tanımlama yapan bir örüntü tanıma sistemidir. Genel bir biyometrik sistem Şekil 1.1.'de gösterilmiştir. Mantıksal olarak, iki birime ayrılabilir:

- Kayıt birimi
- Tanımlama birimi



Şekil 1.1. Genel Bir Biyometrik Sistem

Kayıt birimi farklı kişileri biyometrik sisteme kaydetmek işini yapar. Kayıt işlemi süresince bir kişinin biyometrik karakteristiği bir biyometrik okuyucu vasıtasıyla okunarak, bu karakteristiğin ham bir dijital karşılığı elde edilir. Eşleştirme işlemi kolaylaştırmak için, ham dijital karşılık, özellik çıkarıcısı tarafından işlenerek, bu dijital karşılığın özelliklerini içeren, küçük boyutlu fakat anlamlı bir şablon elde edilir. Uygulamaya göre, şablon, merkezî bir veritabanına ya da kişiye verilecek olan, bir manyetik kart veya akıllı karta kaydedilir. Tanımlama birimi ise kişilere giriş izninin verilmesi aşamasında devreye girer. Bu işlemde yine kişilerden biyometrik okuyucularla alınan biyometrik karakteristiklerin, ham dijital karşılıkları, özellik çıkarıcısı tarafından işlenerek, önceki aşamada elde edilen karşılık oluşturulur. Bu karşılık, özellik eşleştiricisine verilir. Özellik eşleştiricisi, şablon veritabanından aldığı şablon(lar) ile elindeki karşılığı karşılaştırıp, tanımlama işlemini yapar.

1.1.2. Biyometrik tanımlayıcıların gereksinimleri

Aşağıdaki gereksinimleri sağlamak şartıyla insanların tüm davranışsal ya da fizyolojik karakteristikleri kişisel tanımlama yapmak amacıyla kullanılabilir. Her insanın bir karakteristiğe sahip olması anlamına gelen evrensellik, bir karakteristiğin özelliklerinin iki kişide aynı olmaması anlamına gelen eşsizlik, karakteristiğin değişmemesi anlamına gelen süreklilik ve karakteristiğin nicel olarak ölçülebilmesi

anlamına gelen toplanabilirlik bu özelliklerdendir [2,6]. Bununla beraber, yukarıdaki gereksinimleri karşılayan bir biyometrik karakteristiği, bir biyometrik sistemde kullanmak pratikte her zaman uygun olmamaktadır. Bu bakımdan bir biyometrik sistemin yapımında göz önünde bulundurulması gereken başka etmenler de vardır. Bunlardan bazıları şunlardır: Elde edilebilecek doğruluk, hız, sağlamlık, bu doğruluk ve hızın gerektirdiği kaynak gereksinimi ve bu doğruluk ve hızı etkileyecek işlevsel ve çevresel etmenleri içeren performans, biyometrik karakteristiğinin insanlar tarafından verilmek istenip istenmemesiyle ilgili olarak kabul edilebilirlik, kaçak yollardan sistemin aldatılma kolaylığını etkileyen ve karakteristiğinin insanlar tarafından kolay alınabilmesi demek olan göz önüdelik [2,6]. Yinelerseniz, bir biyometrik sistem:

- Makul bir kaynak kullanımıyla, gerekli doğruluk ve hızı sağlamalı,
- İnsanlar açısından itici olmayıp, kullanılması düşünülen topluluğun kabul edebileceği şekilde olmalı
- Sahtekârlıklara karşı yeterince güvenilir olmalıdır.

1.1.3. İşlevsel mod

Pratikte bir biyometrik sistem tasarlarken göz önünde bulundurulması gereken önemli bir nokta da bireyin nasıl tanımlanacağıdır. Uygulamanın içeriğine göre bir biyometrik sistem doğrulama ya da tanımlama sistemlerinden birisi olabilir [6]. Bir doğrulama sisteminde, kişiden alınan biyometrik karakteristik, daha önceden o kişinin kendisi olduğunu iddia ettiği kişiden alınan karakteristikle karşılaştırılarak bunun doğru olup olmadığı sınılanır. Bu, bir-e-bir karşılaştırma olarak bilinir. Bir doğrulama sisteminde kişiler, önce sisteme manyetik kart, kullanıcı adı, akıllı kart, vs. ile sistemde kayıtlı bir kişi olduklarını iddia ederler. Sistem ise bunu kabul ya da ret eder (Olduğunu iddia ettiğim kişi miyim?). Bir tanımlama sistemi ise giriş yapan kişiyi şablon veritabanında tarayarak kim olduğunu anlamaya çalışır. Bu, bir-e-çok karşılaştırmadır. Bir tanımlama sistemi, kişi sisteme, sistemde kayıtlı biri olduğunu iddia etmeden, kişinin kim olduğunu bulur(Ya da kişi sistemde kayıtlı değilse hata verir.) (Ben kimim?).

Bir başka açıdan, yine uygulamaya bağılı olarak, bir biyometrik sistem, ya çevrimiçi bir sistemdir ya da çevrimdışı bir sistemdir. Bir çevrimiçi sistemden, doğrulama ya da tanımlama işinin çabukça yapılması ve derhal bir cevap verilmesi beklenir. Diğer taraftan çevrimdışı bir sistemde, doğrulama ya da tanımlama işinin çabucak yapılıp derhal cevap verilmesi beklenmez ve çevrimiçi bir sisteme göre, cevap gecikmesinin daha uzun olmasına izin verilir.

1.1.4. Performans

Kullanılan biyometrik karakteristik ne olursa olsun, karakteristiklerin, özellikleri birbiriyle çakışan farklılıkları nedeniyle, bir biyometrik sistemin cevabı, kesin bir “evet” veya “hayır” olamaz. Bunun yerine, sistem cevabı belli bir güvenlik seviyesine göre verilir. Genel olarak bir biyometrik sistemin tanımlamasını yapacağı giriş, ya bir gerçek tipte, ya da bir sahte tiptedir. Gerçek tipteki girişler sistemden tamamına “doğru” cevabı vermesini istediğimiz, sahte tipteki girişler ise sistemden tamamına “yanlış” cevabı vermesini istediğimiz girişlerdir. Bunlar, gerçeklerin dağılımı ve sahtelerin dağılımı adı verilen iki istatistiksel dağılımla gösterilebilir. İki tip giriş için de ortaya çıkabilecek iki sonuç vardır, “doğru” ya da “yanlış”. Görülüyor ki toplam dört mümkün sonuç vardır:

- a) Bir gerçek girişin kabul edilmesi
- b) Bir gerçek girişin reddedilmesi
- c) Bir sahte girişin reddedilmesi
- d) Bir sahte girişin kabul edilmesi

(a) ve (b) sonuçları, sistemin vermesi gereken, (b) ve (d) sonuçları ise sistemin vermemesi gereken sonuçlardır. Biyometrik sistem tarafından işlenen kimlikle ilişkilendirilmiş güvenlik seviyesi, iki hata oranı ile belirlenebilir. Bunlar gerçeklerin dağılımı ve sahtelerin dağılımıyla ortaya çıkan, yanlış kabul oranı (YKO) ve yanlış ret oranı (YRO)’dır. Yanlış kabul oranı, sahtekâr kullanıcıların sistem tarafından kabul edilme ve yanlış ret oranı ise gerçek kullanıcıların sistem tarafından reddedilme sıklığıdır. Açıkça görülüyor ki YKO ve YRO birbiriyle ilgilidir. Bir sistemin YRO küçükse, yani o sistemin gerçek kullanıcıları reddetmesi sık

olmuyorsa, bu durumda sahtekâr kullanıcıların o sistem tarafından kabul edilmesi fazla olacak, yani YKO büyük olacaktır. Genellikle bir biyometrik sistemin yeterliliği YKO ile belirlenir [6]. YKO'nun sıfır olması demek hiçbir sahtekâr kullanıcının, sistem tarafından gerçek kullanıcı olarak kabul edilmemesi demektir.

Bir tanımlama sistemi, esasen bir veritabanı erişim sistemidir. İşlenen kimlik girişine uygulanan güvenlik seviyesine ilave olarak, sistemin yeterliliğini belirlemek amacıyla, veritabanı erişim sisteminin, erişim doğruluğunu karakterize eden duyarlılık ve geri çağırma gibi iki doğruluk ölçüsü daha sağlanmalıdır. Duyarlılık, tanımlama sistemi tarafından veritabanından çağırılan şablonlardan gerçek kayıtların sayısının, veritabanından çağırılan şablonların toplam sayısına oranı, olarak tanımlanabilir. Geri çağırma ise tanımlama sistemi tarafından, veritabanından çağırılan şablonlardan, gerçek kayıtların sayısının, veritabanındaki gerçek kayıtlara oranıdır [2].

Doğruluğa ek olarak, doğrulama/tanımlama hızı da bir başka önemli performans ölçüsüdür. Bir doğrulama sisteminde sadece bir-e-bir karşılaştırma söz konusudur ve hız performansı, doğrulama (ve özellik çıkarma) algoritmasının cevap süresiyle, yani daha kesin bir ifadeyle, kullanılan algoritmanın hesaplama karmaşıklığıyla ilgilidir. Bir doğrulama sisteminin istenen hızda olmasını sağlamak genellikle kolaydır. Fakat bir tanımlama sisteminde, özellikle milyonlarca şablondan oluşan veritabanı kullanan sistemlerde, bir bireyi tanımlamak için çok sayıda karşılaştırmanın yapılması gerekir. Hız performansını, yanıt süresi, iş üretimi, hesaplama karmaşıklığı, ölçeklenebilirlik gibi faktörler etkiler.

1.2. Uygulamalar

Biyometrik, kriminal tanımlama ve hapisane güvenliği gibi adalet konularında genişçe kullanılan ve sivil uygulamalarda da kullanılacak potansiyele sahip, çok hızlı gelişen bir teknolojidir. Bu uygulamalar aşağıdaki şekilde iki guruba ayrılabilir: banka işlemleri, elektronik ticaret ve erişim denetimi gibi, yerine biyometriğin konulabileceği, zamanımızın anahtar-tabanlı ya da bilgi-tabanlı tekniklerin kullanıldığı uygulamaları ve toplum refahı ve göç uygulamaları gibi şu anda ne

anahtar ne de bilgi-tabanlı tekniklerin kullanıldığı uygulamalar.

Elektronik işlemlerin hızlı olması nedeniyle elektronik ticaret ve elektronik bankacılık, biyometriğin en önemli ve belirgin uygulama alanlarındandır. Bu uygulamalar elektronik fon aktarımı, ATM güvenliği, çek bozdurma, kredi ve güvenlik, akıllı kart güvenliği, çevrimiçi işlemleri, vs. içerir. Halen, bu alanlarda kredi kartı güvenliği (MasterCard) ve akıllı kart güvenliği (IBM ve American Express) gibi büyük biyometrik güvenlik projeleri geliştirilme aşamasındadır. Birçok biyometrik teknoloji, bu alanlardaki faydalarını ispat etmek için yarış içerisindedir. Fiziksel giriş denetimi pazarındaki en büyük pay anahtar tabanlı teknolojinindir [7]. Ancak, tahminler, biyometrik teknolojideki gelişmelerin, pazar payını biyometrik tekniklere doğru kaydıracağı yönündedir. Uzaktan sisteme giriş yapılarak yetkilendirme ve erişim gibi bilişim sistemi/bilgisayar ağı güvenliği alanı da biyometrik teknolojinin yer alabileceği bir başka potansiyel alandır. İnternetin gelişme hızı sayesinde, biyometrik kullanılarak, daha fazla bilişim sistemi/bilgisayar ağının güvenliğinin sağlanacağı beklenmektedir. Biyometriğin kullanılmasıyla, refah harcama programı gibi devlet yarar dağıtım programlarında [7]. bir kişinin birden fazla yararlanması önlenerek gereksiz harcamalar azalacaktır. Biyometrik-tabanlı ulusal kimlik sistemleri vatandaşlara eşsiz bir kimlik sağlayarak farklı devlet hizmetlerini bütünleştireceklerdir [6]. Biyometrik-tabanlı oy veren ve sürücü kaydı, oy verenler ve sürücüler için kayıt kolaylığı sağlayacaktır. Biyometrik-tabanlı süre/devam izleme sistemleri, var olan anahtar-tabanlı/manüel sistemlerin kötüye kullanımının önüne geçecektir [8].

1.3. Biyometrik Teknolojiler

Bir biyometrik karakteristik, fizyolojik karakteristik veya davranışsal bir karakteristik olabilir. Fizyolojik karakteristik, kişinin doğuştan sahip olduğu bir özelliğidir. Davranışsal karakteristikler ise kişilerin yaptıklarıyla ilgilidir. Tanımlamanın doğruluğu açısından bakılacak olursa, fizyolojik karakteristiklerdeki farklılıkların, davranışsal karakteristiklerdeki farklılıklara göre daha fazla olması nedeniyle, genellikle bir fizyolojik biyometrik karakteristik daha güvenlidir [6].

Günümüzde başlıca dokuz farklı biyometrik teknik ya kullanılmaktadır ya da araştırma aşamasındadır. Bunlar yüz, parmak izi, el şekli, el damarları, iris, retinal desen, imza, ses-izi, ve yüz termogramıdır [2,9]. Yüz, parmak izi, el şekli, el damarları, iris, yüz termogramı ve retinal desen, fizyolojik biyometriklerdir. İmza ve ses-izi ise davranışsal biyometriklerdir.

Bu biyometrik karakteristiklerin tamamı, bir biyometrik sistemin tasarlanması için bir biyometrik karakteristikten istenen gereksinimleri karşılayarak pratikteki sistemlerde kullanılmaktadır [6,9] veya geçerli bir biyometrik teknik olma potansiyeline sahiptir [6]. Bu biyometrik tekniklere kısaca değineceğiz.

1.3.1. Yüz tanıma

Yüz görüntüleri insanlar tarafından kişisel tanımlama yapılırken kullanılan en genel biyometrik karakteristiklerdir. Yüz tanıma, statik ve denetim altındaki yüz görüntülerinin doğrulanmasından, hareketli ve denetimsiz, aynı zamanda oldukça karışık arka planlara sahip yüz görüntülerinin tanımlanmasının yer aldığı en etkin biyometrik araştırma alanlarından biridir [10]. Otomatik kişi tanımlama düşünüldüğünde, yüz tanıma genellikle statik, denetim altındaki tam karşıdan alınmış portre görüntüleri içerir [10]. Görüntünün statik olmasından kasıt, yüz tanıma sistemi tarafından kullanılan yüz portrelerinin durgun yüz resimleri olmasıdır (yoğunluk ve erim açısından). Görüntünün denetim altında olması ise arka planın, ışıklandırmanın, yakalama aygıtlarının çözünürlükleri ve yakalama aygıtları ile yüzler arasındaki mesafelerin, vs. yakalama süresince sabit olması demektir. Böyle bir denetim altında bölümlenme işlemi görece olarak daha basittir ve aynı resimler arasındaki farklılıklar da azdır. Yüz tanıma kullanışlı bir tekniktir. İnsanlar genellikle yüzün bir biyometrik karakteristik olarak kullanılmasına karşı çıkmamaktadırlar. Teorik olarak, kişi tanımlama yapmak için en sıcak ve kabul edilebilir yol budur [3]. Son yıllarda öznitelik-tabanlı tekniklere ek olarak, çeşitli sinir ağı-tabanlı yeni yüz tanıma teknikleri önerilmiştir. Şu an piyasada TrueFace[14] ve Faceit [14] gibi birkaç yüz tanıma sistemi mevcuttur. Bu sistemlerin performansları, makul seviyededir.

1.3.2. Yüz termogramı tanıma

İnsan yüzünün altındaki damarlı sistem, yüz dokusu içinden ısı geçişi ve yüzden yayılmasıyla benzersiz bir yüz imzası oluşturur [17]. Yüz termogramı olarak bilinen bu yüz imzaları bir kızılaltı kamera vasıtasıyla elde edilebilir. Yüz termogramının her insanda farklı olduğuna inanılır. Kolayca değiştirilebilir değildirler. Plastik cerrahide bile, yüzdeki kan damarlarının akışı değiştirilemez ve bu nedenle yüz termogramı da değiştirilemez. Bunun yanında yüz termogramları ortam ışığından bağımsızdır. Bir kızılaltı kamera, yüz termogramını her hangi bir ışık şiddetinde yakalayabilir. Bu ise termogramın alınma biçimiyle ilgili sınırlamaları büyük ölçüde ortadan kaldırır. Yüz termogramı, zor olmayan bir biyometrik tekniktir. Tanımlama temas olmadan, tam kamera görüşü olmadan ve nesnelere işbirliği olmadan gerçekleştirilebilir. Yüz termogramı-tabanlı tanımanın CCD kameraları kullanılarak yapılan yüz tanımlamadan üstün olduğu kabul edilmektedir. Yüz termogramları her insana özel olmakla beraber, bunların birbirlerinden yeterince farklı oldukları kanıtlanmış değildir. Yüz termogramları, ağırlıkla kişinin o anki duygusal durumu, vücut sıcaklığı, vs. gibi belli sayıda etmene bağlıdır. Yüz tanımda olduğu gibi yüz termogramı tanıma da görme-tabanlıdır. Ayrıca, yüz termogramının, kalıcı bir biyometrik karakteristik olduğu kanıtlanmamıştır.

1.3.3. Parmak izi tanıma

Parmak izi bir parmağın ucundaki hatlar ve vadilerin oluşturduğu desendir. Burada hatlar, parmak izindeki yüksek, vadiler ise çukur yerlerdir. Bu desen, ölü ve dış deride bulunan ve dökülecek olan eskimiş hücreler tarafından biçimlendirilmiştir [15]. Parmak izinin biçimi, insanın cenin periyodunda ortaya çıkar [15]. Parmak izi tanımlama üzerine çok geniş çalışmalar yapılmıştır. Parmak izlerinin biyolojik özellikleri iyi anlaşılmıştır [6,15]. İnsanlar parmak izlerini, kişi tanımlamada yüzyıllardır kullanmışlar ve parmak izi tanımlamanın geçerliliğini kabul etmişlerdir. Aslında parmak izi teknolojisi kişi tanımlamada o kadar yaygındır ki, parmak izi tanımlama biyometriğin hemen hemen eş anlamlısı haline gelmiştir [16]. Parmak izi teknolojisinin ana problemlerinden biri, adli işlerde kriminal araştırma amacıyla kullanıla gelmiş olmasından dolayı, tipik bir kullanıcı tarafından kabul edilme

güçlüdür. İnsanlar parmak izlerini sivil uygulamalarda kullanırken huzursuz olmaktadır. Parmak izi teknolojisindeki bir başka sorun da bu teknolojinin genellikle büyük ölçüde hesaplama kaynağına ihtiyaç duymasıdır.

1.3.4. El şekli tanıma

İçinde elin şeklinin ve parmakların uzunluk ve kalınlıklarının, vs. yer aldığı çeşitli el özellikleri biyometrik karakteristik olarak kullanılabilir. El şekline dayanan biyometrik sistemler dünyanın aralarında Kolombiya yasama meclisi ve San Francisco Uluslararası Havalimanı'nın da bulunduğu 4000'den fazla bölgesinde kullanılmaktadır [6,16]. Teknik çok basit ve ucuzdur. El şekline dayanan biyometrik bir sistemin doğruluğu, tam olarak makuldür. İşlevsel ve çevresel etmenler genellikle tanımlama doğruluğu üzerinde çok az bir etkiye sahiptir. İnsanların bu teknolojiyi kabul etmelerinde de bir sıkıntı yaşanmayacak gibi gözükmektedir. Bu teknolojinin ana dezavantajlarından biri, düşük ayırt etme yeterliliğidir. Bu nedenle, el şekline dayanan bir biyometrik sistemi özellikle büyük nüfuslara uygularken arzu edilen doğruluğu elde etmek çok zor olur. El şekline dayanan bir sistemin fiziksel büyüklüğü fazla olduğundan, bazı uygulamalarda (dizüstü bilgisayarlar gibi) kullanımı zordur. Yukarıda bahsedilen dokuz biyometrik teknik arasından kişiye özelliği en az olan biyometrik karakteristik, el şeklidir. El şekli-tabanlı bir biyometrik sistemi aldatmak, genellikle çok zor değildir. İlaveten, el şekli kalıcı bir biyometrik karakteristik değildir [6].

1.3.5. El damarları tanıma

El damarları kişi tanımlama yaparken, kullanılacak çok sağlam ve tekrar edilebilir bir desen sağlar [6]. Sayısallaştırılmış el damarı görüntüleri bir kızılaltı kamera ile kolaca elde edilebilir. El damarı desenleri her insanda farklıdır. Harici ortamdan ayırılırlar, böylece arka plandan koparmak kolaydır. Cerrahi ile bir bireyin el damarı desenini değiştirmek çok zordur. Bu sayede, el damarı tabanlı teknik sahte girişimleri önlemede oldukça etkilidir. Bir el damarı-tabanlı biyometrik sistem, makul bir tanımlama doğruluğunu başarabilecek potansiyele sahiptir ve normalde insanlar tarafından kabul görür. Bununla beraber, bu tekniğin otomatik kişi

tanımlamadaki üstünlüklerini görebileceğimiz bir el damarı-tabanlı biyometrik sistem mevcut değildir. El şeklinde olduğu gibi, bir el damarı-tabanlı biyometrik sistemin çok yüksek tanımlama doğruluğu sunması çok zordur. El damarı-tabanlı sistemin de fiziksel boyutu büyüktür. Yine el damarı, özellikle gelişme çağındaki guruplarda, değişmez bir biyometrik özellik değildir.

1.3.6. İris tanıma

İnsan gözündeki irisin doku yapısı, onun gelişimini sağlayan embriyonik mezodermin başlangıç şartlarına bağlıdır [6,18]. Bu yapı, her birey için özeldir ve kişinin hayatı boyunca asla değişmez. İris, harici ortamdan tamamen yalıtılmış bir haldedir ve cerrahi müdahaleyle değiştirilmesi söz konusu değildir [18]. İrisin tüm bu özellikleri, onu sahtekârların önüne geçebilmek için, en güvenilir biyometrik karakteristik yapar [6]. Bu teknik otomatik kişi tanımlamada, basit fakat çok etkindir. Gelecekte ana biyometrik teknik olma potansiyeline sahiptir. Günümüzde, piyasada IriScan Inc. tarafından geliştirilen ve çok az hesaplama kaynağı kullanarak, çok yüksek tanımlama doğruluğu sağlayan IriScan gibi birkaç iris tarama-tabanlı biyometrik sistem mevcuttur [6,18]. İris taramanın ana problemi, henüz ispatlanmış bir teknoloji olarak kabul görmemesi ve geçerliliğinin yeterince başarılamamasıdır. İnsanlar gözlerini sakındıklarından dolayı, bu tekniği günlük hayatlarında kullanırken rahat olamamaktadırlar. İlâveten, gözden irisin yapısını elde edecek tarayıcı ile göz arasında belli bir mesafe olmalıdır. Bu ise ortaya sıkıcı bir sınırlama çıkarmaktadır. Son olarak, tanımlamaya uygun bir iris görüntüsü elde etmek için, görelî olarak pahalı bir iris tarayıcısının kullanılması gerekir.

1.3.7. Retinal desen tanıma

İnsan gözündeki retinal damarlar, retinal desen adında çok kararlı ve tekrar edilebilir bir desen oluştururlar. Bunlar her kişi için özeldirler. Retinal desene ait dijital görüntü göz yuvarına düşük yoğunlukta ışık demeti gönderilerek elde edilebilir. Retinal desenler harici ortamdan yalıtılmıştır. Bu ise sahtekârların caydırılmasında çok güzel bir özelliktir. Esasen, retinal tarama şu anda en güvenilir olduğuna inanılan biyometrik tekniktir. Çok sayıda retinal tarama-tabanlı biyometrik sistem, yüksek

güvenlik ortamlarında kullanılmaktadır. Bu işlevsel kullanımlarla bunların geçerliliği büyük oranda kabul görmüş durumdadır. Örneğin retinal tarama-tabanlı bir biyometrik sistem olan EyeDentify'nin, şimdiye kadar hiçbir sahtekâra izin vermediği rapor edilmiştir. Bu sistemin ana dezavantajı da insanların kullanırken rahat hissetmemeleridir. Buna sistemin, retinal damarların daha önce belirlenen bir kısmını alabilmesi için, kişilerin görsel bir alandaki belli bir lekeye odaklanması gereklidir. Retinal tarayıcıların maliyeti yüksektir. Yine, retinal desen değişmez bir biyometrik karakteristik değildir [6].

1.3.8. İmza tanıma

Her insan benzersiz bir el yazısı stiline sahiptir. İmza kişisel tanımlamada kullanılacak bir çeşit "parmak izi"dir. İmza doğrulamada iki yaklaşım vardır: statik ve dinamik. Statik imza doğrulama, sadece imzanın geometrik özelliklerini kullanır. Dinamik imza doğrulama ise imzanın geometrik özelliklerinin yanı sıra, ivme, hız ve takip edilen yol gibi dinamik özellikleri de kullanır. İmza-tabanlı bir biyometrik sistemin doğal bir avantajı, imzanın kişisel tanımlama yönteminin kabul görmüş bir şekli olmasıdır. İmzanın bir başka avantajı ise atılmış bir imzadan onun dinamik özelliklerinin bir sahtekâr tarafından çıkarılamamasıdır. İmza-tabanlı biyometrik sistemlerin tanımlama doğruluğu makuldür. Örneğin bir ticarî şirket tarafından böyle bir sistemin %0.58 yanlış kabul oranı ve %2.1 yanlış ret oranı gösterdiği rapor edilmiştir [6]. Yine de, imzalardaki farklılık çakışmaları nedeniyle statik ya da dinamik imza-tabanlı sistemlerin ikisinde de çok yüksek tanımlama doğruluğuna ulaşmak oldukça zordur.

1.3.9. Ses tanıma

İnsanların sesleriyle ilgili karakteristiklerinin tamamı ses yolu, ağız, burun boşluğu, insan bedeninin diğer konuşma işleme mekanizmaları tarafından belirlenir [6,19]. Her insan için o insana özeldirler ve genellikle ses-izleri olarak adlandırılırlar. Ses izi doğrulama, metin bağımlı doğrulama ya da metin bağımsız doğrulama olabilir. Bir metin bağımlı doğrulama, bireylerin kimliğini, önceden belirlenmiş sabit bir deyimini kullanarak doğrular. Metin bağımsız bir doğrulama, konuşmacının kimliğini belli bir

deyime bağı kalmaksızın doğrular. Bu diğer yöntemden daha zordur. Ses izi teknikleri üzerine geniş çaplı çalışmalar yapılmıştır. Şu anda piyasada aralarında SpeakEZ (T-NETIX), Tespar (Domain Dynamics), VoiceKey (International Electronic, Inc.), BHS-1024 (Technologia Systems) ve Veritel (Veritel) sistemlerinin bulunduğu belli bir sayıda ses izi-tabanlı biyometrik sistem mevcuttur. Bu sistemler makul bir tanımlama doğruluğunu başarabilmektedirler. Genellikle ses-izi tabanlı biyometrik sistemler insanlar tarafından kabul edilebilmektedir. Ses-izi tekniğindeki ana problem ses-izlerinin, büyük bir nüfus içerisinde bir bireyi tanımlamaya yetecek kadar benzersiz olmayışıdır. Ses-izleri, arka plan sesleri ve konuşmacının duygusal ve fiziksel durumları gibi çeşitli etmenlere karşı duyarlıdırlar. Ses-izi tabanlı bir sistemin parmak izi-tabanlı ya da retinal-tabanlı bir sistemle karşılaştırılabilecek ölçüde bir doğruluğu başarması çok zordur.

1.3.10. Biyometrik tekniklerin karşılaştırılması

Daha önce anlatılan biyometrik tekniklerin her birinin kendisine has avantaj ve dezavantajları vardır. Sayılan dokuz biyometrik tekniğin yedi özellik açısından özet bir değerlendirmesi Tablo 1.1’de yer almaktadır. Belirli bir biyometrik tekniğin uygulanabilirliği uygulama alanına bağlıdır. İşlevsel ortamlarda, bu tekniklerin hiçbiri diğerlerinden tam olarak üstündür denilemez [6]. Bu açıdan, her biyometrik teknik kabul edilebilirdir. Örneğin, parmak izi tekniğinin ve iris tarama tekniğinin doğruluk ve hız açısından ses izi tekniğine göre çok daha iyi işlediği iyi bilinmektedir. Ancak, bir telefon hesabı güvenlik uygulamasında, zamanımızda var olan telefon sistemiyle bütünleştirilebileceği için, ses izi tekniği önerilir.

Tablo 1.1. Biyometrik teknolojilerin karşılaştırılması[19]

Biyometrik	Evrensellik	Eşsizlik	Kalıcılık	Toplanabilirlik	Performans	Kabul Edilebilirlik	Atlatılabilirlik
Yüz	Yüksek	Düşük	Orta	Yüksek	Düşük	Yüksek	Düşük
Parmak İzi	Orta	Yüksek	Yüksek	Orta	Yüksek	Orta	Yüksek
El Şekli	Orta	Orta	Orta	Yüksek	Orta	Orta	Orta
El Damarları	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta	Orta	Yüksek
İris	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Orta	Yüksek	Düşük	Yüksek
Retinal Tarama	Yüksek	Yüksek	Orta	Düşük	Yüksek	Düşük	Yüksek
İmza	Düşük	Düşük	Düşük	Yüksek	Düşük	Yüksek	Düşük
Ses İzi	Orta	Düşük	Düşük	Orta	Düşük	Yüksek	Düşük
Yüz Termogramı	Yüksek	Yüksek	Düşük	Yüksek	Orta	Yüksek	Yüksek

Doğruluğu yüksek otomatik kişi tanımlama, ulusal kimlik kartı, elektronik ticaret ve otomatik bankacılık gibi geniş bir uygulama alanında, önemlidir. “Kişilerin fiziksel veya davranışsal karakteristiklerinden yararlanarak otomatik kişi tanımlama anlamına gelen biyometrik, doğası gereği, bir yetkilendirilmiş kişi ile bir sahtekârı ayırt etmede, parola ve kişisel tanımlama numaraları gibi geleneksel yöntemlere göre, daha güvenilir ve yeteneklidir. Yapılan çalışmanın amacı, parmak ve ses izlerini kullanarak, yüksek güvenilirlikli ve tamamen otomatik bir “kişisel tanımlama” gerçekleştirebilecek bir biyometrik sistem tasarlamaktır.

BÖLÜM 2. PARMAK İZİ TANIMA

2.1. Parmakizi Tanıma Sistemleri

Parmakizi tanıma genellikle parmakizinde bulunan özellik noktalarının ve bunlara ait parametrelerin karşılaştırılması esasına dayanır [20,21]. Bu nedenle parmakizi resminin temizlenmesi ve iyileştirilmesi, parmakizi tanıma sistemlerinde kullanılacak olan özellik noktalarının ve parametrelerinin doğru bir şekilde tespit edilmesi ve karşılaştırma işleminin doğru bir şekilde gerçekleştirilmesi parmakizi tanıma sistemleri için önemlidir [22].

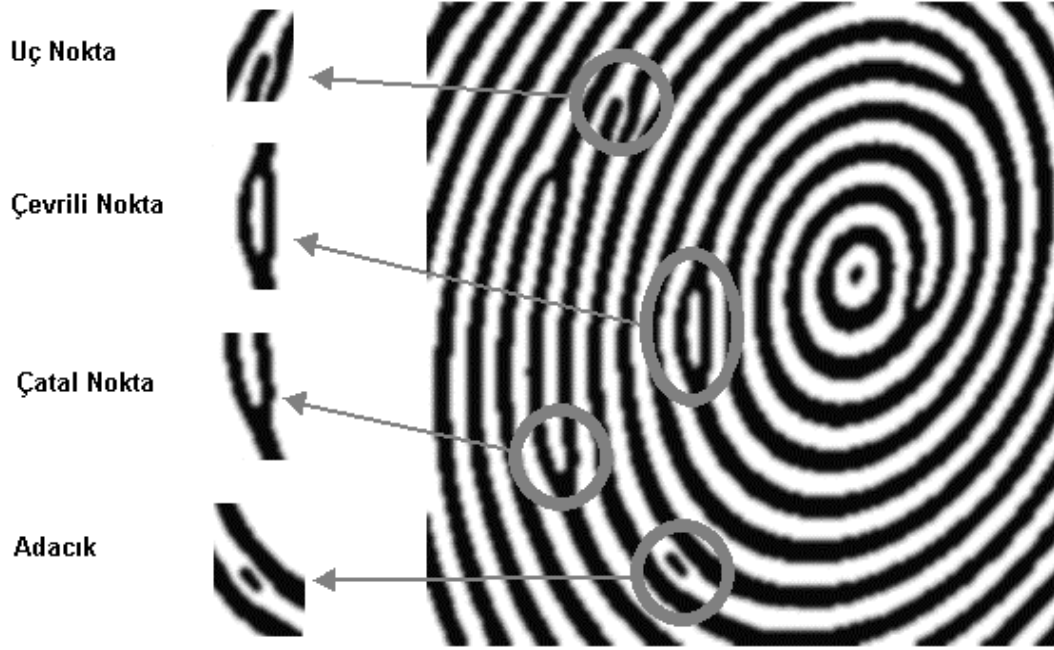
2.1.1. Genel bir parmakizi tanıma sisteminin çalışma prensibi

Genel bir parmak izi tanıma sisteminin çalışma prensibi Şekil 2.1 de verilmektedir.



Şekil 2.1. Genel bir parmakizi tanıma sistemi

Parmakizinin kişilerin tespiti ile ilgili çalışmalar ilk olarak Galton ve Henry tarafından yapılmıştır [20]. Galton karakteristikleri olarak adlandırılan bu özellikler Uç Nokta, Çevrili Nokta, Çatal Nokta, Adacık olarak adlandırılır.



Şekil 2.2. Galton'un karakteristik noktaları

Başarılı sonuçlar elde etmek için uç ve çatal noktalar kullanmak yeterlidir [20].

2.2. Parmakizi Terminolojileri

Parmakizi hakkında kullanılan terminolojiler aşağıda açıklanmıştır.

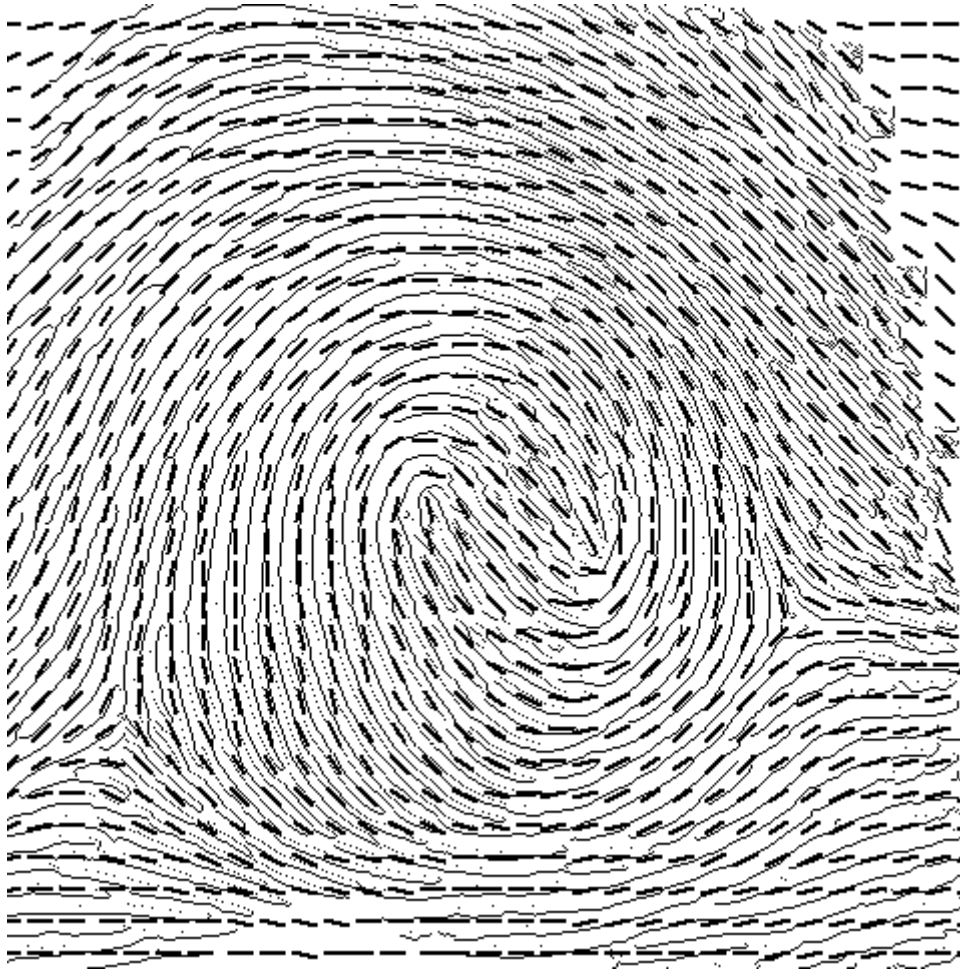
2.2.1. Hat çizgisi, uç nokta ve çatal nokta

Hat çizgisi parmakizinde olan tek bir dairesel çizgidir [23,24]. Hat çizgilerin toplamı parmakizi desenini ortaya çıkarır [22,24]. Parmakizi tanıma sistemlerinde kullanılan uç ve çatal noktalar hat çizgilerinin aniden sonlanması ve çatallaşması ile oluşurlar [20,24].

2.2.2. Yön haritaları

Yön haritaları hat çizgilerinin yönünü gösterir [22,23] Yön haritası oluştururken resim küçük parçalar bölünür. Her parça üzerinde yerel yönlendirme işlemi uygulanır. Eğime dik birim vektör parça üzerindeki yönlendirmeyi belirler. Parça içerisindeki tüm noktaların ortalaması hesaplanır. Elde edilen vektör bu parça için yönü belirler.

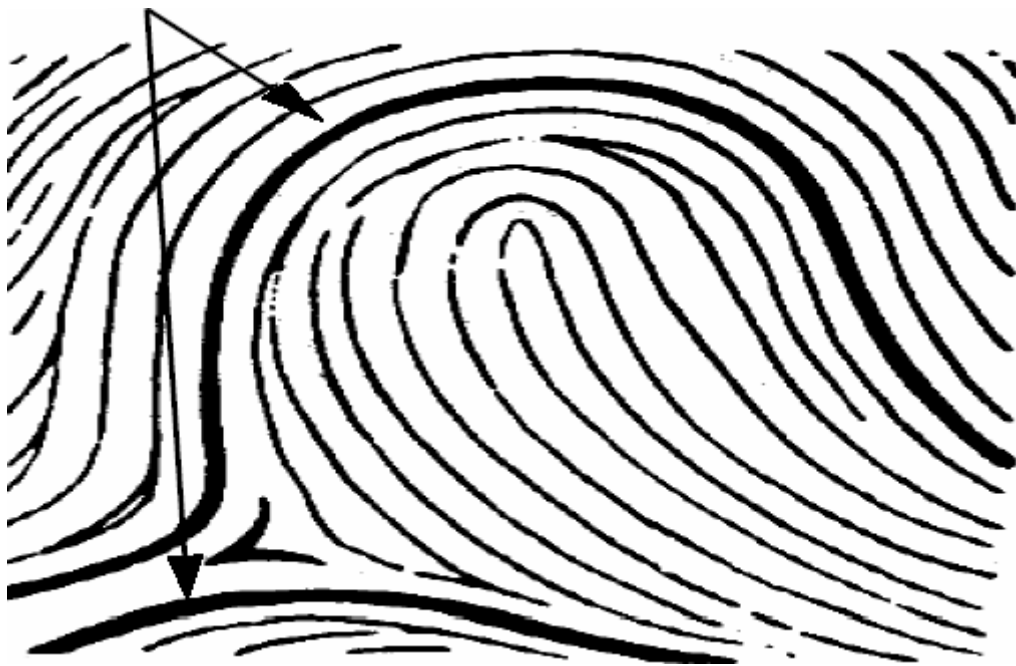
Yön haritası parmakizinin düşük çözünürlüklü genel gösterimidir [20]. Yön haritası parmakizinin sınıflandırılmasında, referans noktalarının bulunmasında, yapay sinir ağı ile kimliklendirme ve parmakizi tanıma sistemlerinde kullanılabilir [22,23]. Şekil 2.3.'te yön haritaları gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Parmakizi üzerinde yön haritalarının gösterimi

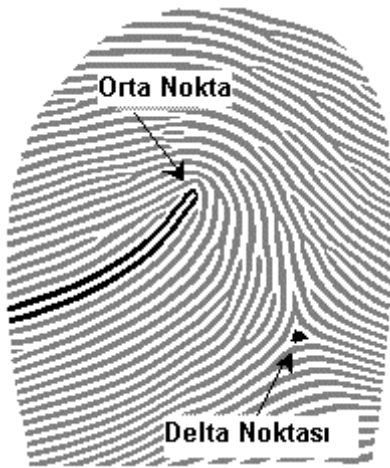
2.2.3. Delta ve orta noktalar

Parmak izleri sınıflandırılırken, parmak izinin desen alanı adlı, sadece bir parçası ile ilgilenilir [25]. Bir parmak izinin desen alanı, birbirine yakın olarak gelip, o parmak izinin merkezdeki parçasını araya alacak şekilde birbirinden ayrılan, en içteki tip hattı adlı iki hattın çevrelediği alandır (Şekil 2.4.'te desen alanına ve tip hatlarına bir örnek görülmektedir.) [25]. Parmak izlerinin döngü ya da sarmal tipteki desen alanları iki çeşit tekil nokta içerir: delta ve orta nokta (göbek noktaları).



Şekil 2.4. Desen alanı ve tip hatları

Dış durak olarak da adlandırılan delta noktasını, tip hatlarının ayrılma noktalarının merkezine en yakın hattın, bu merkezin karşısındaki noktası olarak tanımlayabiliriz. Bu nokta bir nokta hat, kısa bir hat, çatallaşan bir hattın çatallaşma noktası, bir hat sonu veya iki tip hattı arasında uzayıp giden hattın, ayrılma noktasının tam karşısına gelen yeri olabilir. İç durak olarak da adlandırılan orta nokta(göbek), en içteki en kavisli hatlar üzerindeki özel nokta olarak tanımlanabilir. Kavisli hatların çok çeşitli şekillerde olması yüzünden, göbeği belirlemeye yarayan kurallar oldukça karmaşıktır. Şekil 2.5.'te delta ve orta gösterimi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.5. Delta ve orta nokta gösterimi

İki parmakizini karşılaştırmak için, orta nokta ve delta noktası referans alınarak özellik noktalarının koordinatları, açıları, bu noktalarla aralarından geçen hat çizgisi sayısı ve parmakizi resminin boyutu değişmiyorsa özellik noktalarının referans noktalara ve referans noktalarının birbirlerine olan uzaklıkları, her bir özellik noktasının yerel yönü ve tipi gibi bir takım parametreler kullanılabilir [26,27].

Parmak izi sınıflandırma ve parmak izi eşleştirmede, bir başka önemli kavram da delta ve orta nokta (göbek noktası) arasına çizilen hayalî bir doğrunun kestiği hat çizgileri sayısıdır. Hat şekillerinin çok karmaşık olması nedeniyle, hat çizgileri sayısının kesin bir tanımını yapmak zordur. Hat çizgileri sayısı kısaca, iki özellik noktası arasında çizilen hayalî bir doğrunun kestiği çizgilerin sayısı olarak tanımlanabilir. Üç basit hat sayma örneği Şekil 2.6.'da görülmektedir.



Şekil 2.6. Hat saymaya örnekler

2.2.4. Parmakizlerinin sınıflandırılması

Parmak izlerinin merkezlerindeki hat ve vadiler birbirinden farklı belli sayıda özel şekiller oluştururlar. Bu şekillerin birbirinden farkı, parmak izleri için bir sistematik sınıflandırma yapılabilecek kadar küçüktür. Yani oluşan şekilleri sınıflandırmak mümkün olmaktadır. Parmakizi sınıflandırma bazı çalışmalara göre beş [22,26], bazılarında altı [22], bazılarında ise sekiz sınıfa ayrılmaktadır [28]. Şekil 2.7.'de bazı parmakizi sınıfları gösterilmektedir.



Şekil 2.7. Sınıflandırılmış parmakizlerine örnekler

2.3. Özellik Noktası Çıkarma

Özellik noktası çıkarma, bir parmak izini temsil eden, özellik noktası adlı karakteristiklerin, giriş olarak alınan parmak izi görüntülerinden elde edilmesidir. Otomatik parmak izi eşleştirmede, giriş parmak izi görüntülerinin dikkat çeken ve uygun bir şekilde temsil edilmesi önemlidir. Bu temsil genellikle şu özelliklere sahiptir [29]:

- Ham parmak izi görüntülerinin ayırt edilebilme güçlerinin kaybedilmemesi
- Az yer kaplama
- Eşleştirme algoritmalarına uygunluk
- Bozulma ve gürültülere dayanıklılık
- Hesaplama kolaylığı.

Burada birinci özellik, temsilin parmak izinin tek olma özelliğini koruması, böylece tanımlamanın sadece temsile dayanılarak yapılabilmesi anlamına gelmektedir. İkinci özellik, temsilin parmak izlerinin ayırt edici özelliklerinden başka gereksiz bilgi tutmaması demektir. Üçüncü özellik, temsilin eşleştirme algoritmasında kullanılabilir olmasıdır. Şüphesiz ki dördüncü maddede de söylendiği gibi temsil, parmak izi görüntüleri üzerindeki gürültülere ve bozulmalara karşı dayanıklı olmalıdır. Son olarak, temsilin hesaplanması zor olmamalıdır.

Otomatik bir parmak izi eşleştirmede, sadece özellik noktası ayrıntılarından en göze çarpan iki tip ayrıntı, kararlılıkları ve dayanıklılıkları nedeniyle kullanılırlar:

- Hat sonlanması
- Hat çatallaşması

İyi bir özellik noktası çıkarma algoritması hem güvenilir hem de etkin olacaktır. Güvenilirlik, özellik noktası çıkarma algoritmasının sahte özellik noktaları çıkarmaması, var olan özellik noktalarını kaçırmaması ve özellik noktasının konumunu ve yönelimini hesaplamada doğru olması demektir. Parmak izi görüntülerinden güvenilir özellik noktası çıkarmak zor bir süreçtir. Parmak izi görüntüleri iyi kalitede olursa, parmak izindeki yerel olarak sabit yönlerde akan hat ve vadiler, iyi belirlenir ve birbirinden kolayca ayrılabilir. Böyle durumlarda, hatların düzgün olmayan yerleri olan hat sonlanmaları ve hat çatallaşmaları kolayca belirlenip, bunların konumları ikili (binary) hat görüntülerinden çıkarılabilir. Kalitesine göre, zayıf bir parmak izi görüntüsü reddedilebilir veya özellik çıkarmadan önce güçlendirilebilir. Hat yapılarının tamamen bozulduğu çok zayıf bir parmak izi görüntüsü reddedilmeli, hat yapıları görülebilecek seviyede olan zayıf bir parmak izi görüntüsü ise özellik çıkarmadan önce güçlendirilmelidir. İyi bir özellik çıkarma algoritması belli bir seviyeye kadar, bozulmuş hat yapılarını görmezden gelebilmelidir.

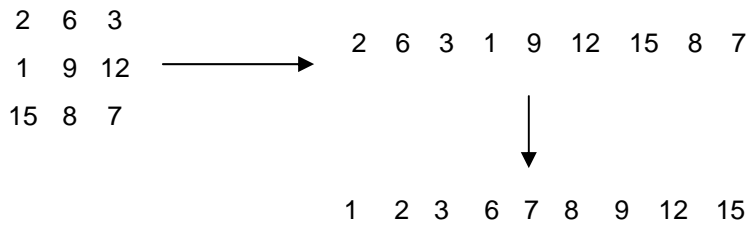
Parmakizi düzeltme ve ön işleme algoritmaları, parmakizi tanıma sistemlerinde önemli bir yer kaplar. Parmakizi resminin bilgi taşımayan gereksiz kısımlarından ve

gürültüden arındırılması özellik noktalarının bulunmasında birtakım üstünlükler sağlar [30].

Resmin yüksek kalitede iyileştirilmesi sayesinde diğer işlem adımları bu iyileştirilmiş resmi giriş olarak kullanır

2.3.1. Parmakizi resminin iyileştirilmesi (filtreleme)

Görüntü iyileştirmede kullanılan yöntemler arasında çeşitli filtreler bulunmaktadır [31]. Bu filtrelere örnek olarak Ortalama değer filtreleme, Laplacian filtre ve Median filtre verilebilir. Çalışmamızda bilgisayar görme alanında en çok kullanılan filtrelerden biri olan Median filtreleme kullanılmıştır. Filtre uygulanırken her piksel etrafındaki komşu piksellerle birlikte ele alınır. 3x3 boyutundaki bir filtre için merkez piksel ve etrafındaki pikseller bir diziye atılıp dizi sıralanır. Sıralanan dizinin orta elemanı (5. eleman) merkez pikselin yeni değeri olarak atanır. Median Filtrenin çalışma prensibi Şekil 2.8.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.8. Median filtrede dizi sıralanıp orta değeri alınır

2.3.2. Parmakizi resminin ikili hale dönüştürülmesi (eşikleme)

Parmakizi resimleri genellikle gri seviye resimlerdir. 8 bitten oluşan bu gri seviye resmin üzerine işlem yapılması, özellik noktalarının çıkarılması oldukça zor bir işdir. Resim analizin daha kolay gerçekleştirilmesi için resmin siyah beyaz renk değerlerinden oluşan ikili hale dönüştürülmesi gerekir. Parmakizi resmini siyah – beyaza dönüştürmek için resmin renk değerlerinin ortalaması göz önünde bulundurularak belli bir eşik değeri belirleyip bu eşik değerinin altındaki değerlerin yerine siyah yani 0, büyük değerlerin yerine beyaz yani 1 konur [26].

2.3.3. Parmakizi inceltme

Siyah – beyaza çevirme işleminden sonra parmakizi görüntüsünden özellik çıkarmak için parmak izinin inceltilmesi gerekir. İnceltme işlemi her bir hat çizgisi genişliğinin daraltılarak 1 piksel ile ifade edilmesi olarak tanımlanabilir. İnceltme işlemi sonucunda Şekil 2.9.'daki görüntü elde edilir.



Şekil 2.9. Normal ve inceltmiş parmak izi görüntüsü

Parmakizi resminin inceltilmesi için Şekil 2.10.'da verilen maske kullanılmıştır.

M8	M1	M2
M7	M	M3
M6	M5	M4

Şekil 2.10. Parmakizi inceltme maskesi

Temel olarak bir inceltme algoritması, uç noktaları silmemeli ve görüntüyü indirgememelidir. Gerçeklenen inceltme algoritması iki aşamalı olarak çalışır.

1.Adım: $N(M)$, M 'nin komşuluğundaki sıfır olmayan noktaların sayısı ve $S(M)$ M 'nin sekiz komşuluğundaki 0-1 geçişlerinin sayısı olmak üzere,

- a) $1 < N(M) < 7$
- b) $S(M) = 1$
- c) $M_2 * M_4 * M_5 = 0$
- d) $M_4 * M_6 * M_8 = 0$ şartlarını sağlayan noktalar silinmek üzere işaretlenir.

Bu adımın sonunda tüm koşulları sağlayarak işaretlenen noktalar silinir.(Beyaz yapılır)

2.Adım:

- a) $1 < N(M) < 7$
- b) $S(M) = 1$
- c) $M_2 * M_4 * M_8 = 0$
- d) $M_2 * M_6 * M_8 = 0$

2.adım ise görüntüde geriye kalan diğer noktalara uygulanır. 1.adımdaki gibi tüm 2. adım koşullarını sağlayan noktalar silinir. Bu algorithmada, her iki adımın ortak koşulu olan (a) uç noktaların silinmesini engeller. (b) koşulu ise inceltme işlemi ile bağlantılarda kopukluk olmasını engeller. Bu algoritma ile ikili görüntüde yer alan siyah renk değerli bölgeler inceltir.

2.3.4. Yön haritasının çıkarılması

Bir parmak izi görüntüsünün yön haritası, parmak izi görüntüsünün hakiki bir temsilidir ve her yerel komşuluktaki hat ve vadiler için, parmak izi görüntü analizinde önemli bir rol oynayan, değişmez koordinatlar tanımlar. Parmak izi görüntüsüne yönlü bir doku olarak bakıldığında, bu görüntülerin yönelim alanlarını kestirebilmek için, birkaç yöntem önerilmiştir [32]. Burada, “yinelene en küçük ortalama kare” adlı bir yönelim kestirim algoritması açıklanmıştır.

Algoritmanın ana adımları şöyledir:

1. Giriş parmak izi görüntüsü $w \times w$ boyutunda bloklara bölünür. 500 dpi görüntüler için w 'nin başlangıç değeri 16'dır.
2. Her pixel için $\partial_x(i, j)$ ve $\partial_y(i, j)$ gradyant değerleri hesaplanır. Hesaplama gereksinimine göre gradyant operatörü, basit Sobel operatörü veya daha karmaşık Marr-Hildreth operatörü olabilir.
3. Aşağıdaki denklemler kullanılarak (i, j) piksel merkezli her bloğun yerel yönü hesaplanır [33]:

$$V_x(i, j) = \sum_{u=i-\frac{w}{2}}^{i+\frac{w}{2}} \sum_{v=j-\frac{w}{2}}^{j+\frac{w}{2}} 2\partial_x(u, v)\partial_y(u, v), \quad (2.1)$$

$$V_y(i, j) = \sum_{u=i-\frac{w}{2}}^{i+\frac{w}{2}} \sum_{v=j-\frac{w}{2}}^{j+\frac{w}{2}} (\partial_x^2(u, v) - \partial_y^2(u, v)), \quad (2.2)$$

$$\theta(i, j) = \begin{cases} \frac{1}{2}(pi/2 - \tan^{-1}(\frac{V_y(i, j)}{V_x(i, j)})) & V_x < 0, \\ \frac{1}{2}(3pi/2 - \tan^{-1}(\frac{V_y(i, j)}{V_x(i, j)})) & V_x > 0 \end{cases} \quad (2.3)$$

Burada $\theta(i, j)$ (i, j) pikselinin, merkezi olduğu blok için, yerel hat yöneliminin en küçük kare kestirimidir. Matematiksel olarak, $w \times w$ penceresinin Fourier tayfının (spektrumunun) baskın yönüne dikey olan yönü temsil eder.

4. Varolan gürültü, giriş görüntüsündeki bozulmuş hat ve vadi yapıları, özellik noktalarından, vs. dolaylı kestirilmiş yerel hat yönü $\theta(i, j)$, her zaman doğru değildir. Hiçbir tekil noktanın olmadığı yerel komşuluklardaki, yerel hat yönünün değişmesinin az miktarda olmasından yararlanılarak, bir alçak

geçiren filtre, yanlış yerel hat yönlerini düzlemek için kullanılabilir. Alçak geçiren filtreyi uygulamak için yönelim görüntüsünün, aşağıdaki gibi tanımlanan, sürekli bir vektör alanına dönüştürülmesi gerekir:

$$\Phi_x(i, j) = \cos(2\theta(i, j)), \quad (2.4)$$

$$\Phi_y(i, j) = \sin(2\theta(i, j)). \quad (2.5)$$

Burada Φ_x ve Φ_y vektör alanının x ve y parçalarıdır. Vektör alanı sonuçlandırıldıktan sonra, alçak geçiren filtreleme şu şekilde yapılabilir:

$$\Phi'_x(i, j) = \sum_{u=-w_\Phi/2}^{w_\Phi/2} \sum_{v=-w_\Phi/2}^{w_\Phi/2} h(u, v) \Phi_x(i - uw, j - vw), \quad (2.6)$$

$$\Phi'_y(i, j) = \sum_{u=-w_\Phi/2}^{w_\Phi/2} \sum_{v=-w_\Phi/2}^{w_\Phi/2} h(u, v) \Phi_y(i - uw, j - vw). \quad (2.7)$$

Burada h, birim entegralli, 2 boyutlu bir alçak geçiren filtredir ve $w_\Phi \times w_\Phi$ ise filtrenin boyutudur. Düzleme işlemi blok seviyesinde gerçekleştirilir. Varsayılan filtre boyutu ise 5x5'tir.

5. (i,j) noktasındaki yerel hat yönü aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$O(i, j) = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left(\frac{\Phi'_y(i, j)}{\Phi'_x(i, j)} \right). \quad (2.8)$$

6. Bir (i,j) bloğunun yerel komşuluğundaki yön haritasının tutarlılık seviyesi şu formüllerle hesaplanır

$$C(i, j) = \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{i', j' \in D} |O(i', j') - O(i, j)|^2}, \quad (2.9)$$

$$|O(i', j') - O(i, j)| = \begin{cases} d & d < 180, \\ d - 180 & \text{diğer} \end{cases}, \quad (2.10)$$

$$d = (O(i', j') - O(i, j) + 360) \bmod 360. \quad (2.11)$$

Burada D , (i, j) bloğunun çevresindeki yerel bir komşuluk (D 'nin varsayılan boyutu 5×5 'tir); n D içerisindeki blokların sayısı; $O(i', j')$ ve $O(i, j)$ ise sırasıyla (i', j') ve (i, j) bloklarının yerel hat yönleridir.

7. Eğer $C(i, j)$ belli bir T_c eşik değerinin üstündeyse, $C(i, j)$ belli bir değerin altına düşünceye kadar, bu bloktaki yönler daha düşük çözünürlüklerde yeniden hesaplanacaktır.

Bu algoritmayla, yeterince yumuşak bir yön haritası kestirimi gerçekleştirilebilir. Şekil 2.11.'de bir parmak izinin, yön haritası, görülmektedir.



Şekil 2.11. Yön haritalı parmak izi resmi

Yön haritası'nın kestiriminden sonra, yerel kesinlik seviyesine dayanan bir "ilgilenilen alan bulma algoritması", girişteki parmak izi görüntüsünün geçerli kısmını bulmak için kullanılır. Yön haritasındaki, (i, j) bloğu için kesinlik seviyesi,

şöyle tanımlanır:

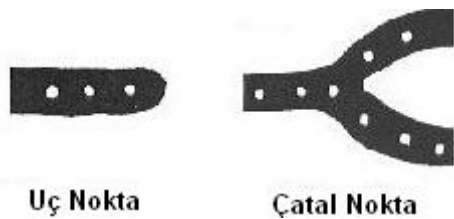
$$\varepsilon(i, j) = \sqrt{\frac{1}{w_x w_y} \frac{(V_x(i, j)^2 + V_y(i, j)^2)}{V_e(i, j)}}, \quad (2.12)$$

$$V_e(i, j) = \sum_{u=i-\frac{w}{2}}^{i+\frac{w}{2}} \sum_{v=j-\frac{w}{2}}^{j+\frac{w}{2}} (\partial_x^2(u, v) + \partial_y^2(u, v)). \quad (2.13)$$

Her blok için, eğer yön haritasının kesinlik seviyesi belli bir eşik değeri (T_l)'nin altında ise bu bloktaki tüm pikseller arka plan pikseli olarak işaretlenir. Giriş görüntüsündeki ilgilenilen alanı bulmak için $\varepsilon(i, j)$ 'yi kullanmamızın sebepleri, $\varepsilon(i, j)$ 'nin yerel hat yöneliminin bir yan ürünü olması, böylece hesaplanmasının kolay olması; $\varepsilon(i, j)$ 'nin ilgilenilen alanı bulurken iyi işlemesidir.

2.3.5. Özellik noktalarının bulunması

Parmakizi tanımada kullanılan birçok özellik olmasına karşın en yaygın kullanılan iki özellik uç nokta ve çatal noktalarıdır [20,21]. Bu özellik noktaları bir hat çizgisinin normal akış yönünün birdenbire kesilmesi (uç nokta) veya ikiye ayrılarak değişmesi (çatal nokta) şeklinde oluşur [20]. Kimliklendirme de kullanılan uç nokta ve çatal noktası şekil 2.12.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.12. Uç ve çatal nokta

Kimliklendirme de bu özellik noktalarının tipleri, belli bir referans noktaya göre koordinatları, açıları, uzaklıkları ve aralarından geçen hat çizgisi sayısı kullanılır [26].

Parmakizindeki bozulmalar, yara izleri ve gürültüden dolayı bazı düşük kalitedeki parmakizi resimlerinden özellik noktalarının doğru bir şekilde elde edilmesi zor bir işlemdir.

Bir parmakizinde özellik noktaları bulunurken öncelikle karar verilmesi gereken nokta bir pikselin bir hat çizgisine ait olup olmadığıdır. Bunun için daha önce bahsedilen gürültü azaltma teknikleri kullanılır. Daha sonra eşikleme ve inceltme işlemleri uygulanır.

Resmin inceltme ve iyileştirme işlemi tamamlandığında resim özellik noktalarının bulunması(Çatal ve uç nokta) için hazır hale gelir. Her bir özellik noktası kendi koordinat bilgisi ve açısıyla tanımlanır [27].

Özellik noktalarının bulunması için kullanılan giriş resmi parmakizi iskeletini içeren inceltilmiş resimdir.

Çalışmamızda Xiao ve Raafat tarafından sunulan yaklaşım kullanılacaktır. Sunulan yaklaşımda uç ve çatal nokta bulmaya yönelik işlemler yapılmaktadır.

Bu algorithmada eğer bir piksel eğer inceltilmiş hat çizgisi üzerindeyse değeri 1, aksi halde 0'dır. (x,y) inceltilmiş hat çizgisi üzerinde bir piksel ve $N_0, N_1, N_2, \dots, N_6, N_7$ (x,y) noktasındaki pikselin komşu pikselleri olsun.

$$\sum_{i=0}^7 N_i = 1 \text{ ise uç nokta} \quad (2.14)$$

$$\sum_{i=0}^7 N_i > 2 \text{ ise çatal noktadır} \quad (2.15)$$

BÖLÜM 3. KONUŞMACI TANIMA

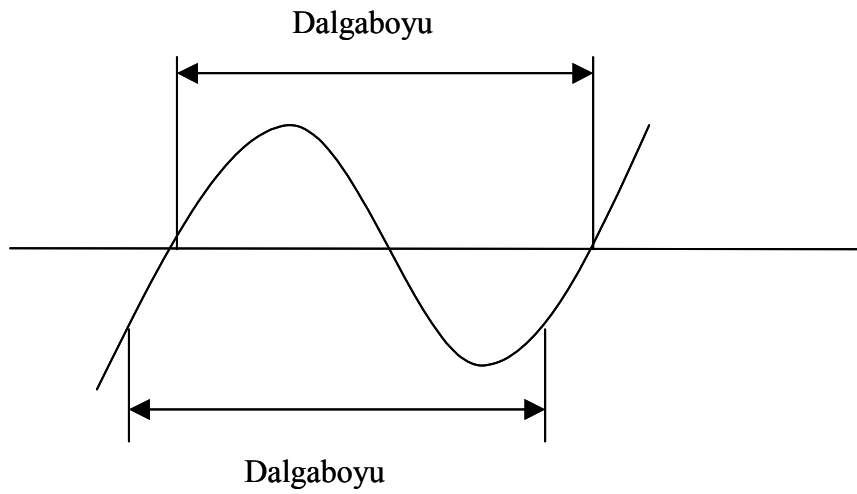
3.1. Ses Nedir

Ses (Sound), en basit haliyle, “kulağımızı uyaran ve bu yolla beynimizde duyumlara yol açan etkiler” şeklinde tanımlanabilir. İnsan kulağının algılayabildiği ses herhangi bir kaynağın yarattığı titreşimden doğar, bir taşıyıcı aracılığıyla iletilir ve kulak ile beyin tarafından algılanır.

Ses fiziolojisi ile ilgili bazı önemli kavramları şöyle açıklayabiliriz:

Ses dalgası: En önemli boyuna dalga örnekleridir. Bu dalgalar, herhangi bir ortamda (yani gazlar, katılar ve sıvılar), ortamın özelliklerine bağlı olan bir hızla yayılırlar.

En basit ses dalgasının sadece bir frekansı ve sabit bir genliği vardır. Buna sinüs dalgası adı verilir. Şekil 3.1.'de basit bir sinüs dalgası grafiği görülmektedir.



Şekil 3.1. Basit bir sinüs dalgası

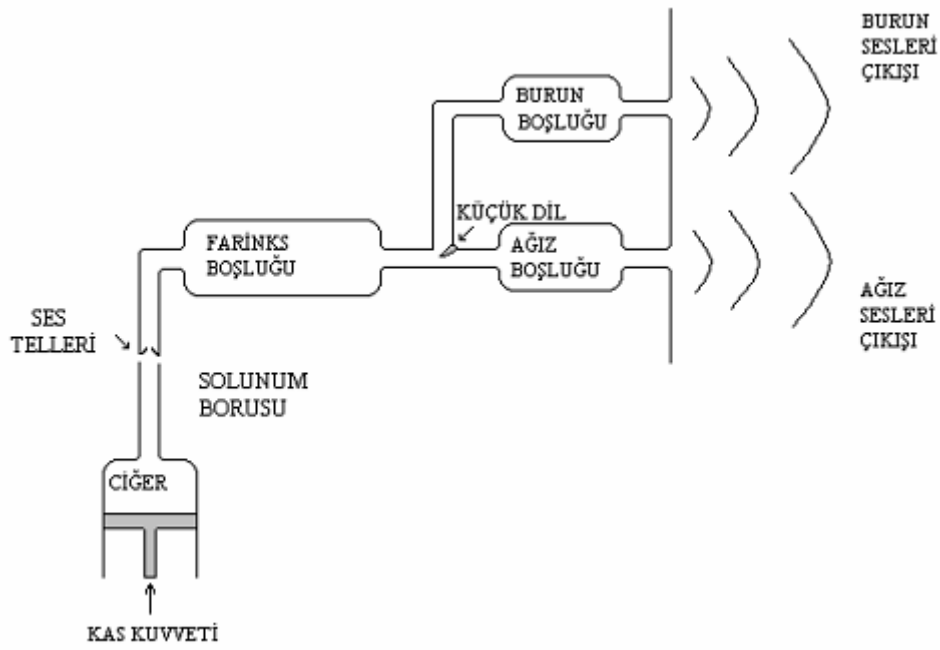
Frekans : İki tepe arasındaki uzaklık dalga boyudur. Bir saniyede gözlenen dalga tepesi sayısına frekans denir. Frekans sesin tizliğini belirler. Saniyedeki çevrim (Cycle Per Second-CPS) veya Hertz (Hz) ile gösterilir. Düşük frekanslar bas sesler, yüksek frekanslar ise yüksek seviyeli seslerdir.

Genlik : Sesin diğer bir karakteristik özelliği genliğidir. Sesler yumuşak veya yüksek olurlar. Bu havada, havayı sıkıştırmak için kullanılan güce bağlı olan bir tür küçük veya büyük basınca karşılık gelir. Ses gücü veya seviyesi için desibel (dB) birimi kullanılmaktadır. Kulağın algılama özelliği ile ilgili yapılan çalışmalarda ses gücünün artması ile hissedilen ses artışının doğrusal olmadığı ve logaritmik bir ses şiddeti ile duyma olduğu anlaşılmıştır. Bu nedenle algılanan ses logaritmik bir büyüklüktür. Haberleşme sistem ve cihazlarının yapısı ve ölçü birimleri de bu sebepten logaritmik olarak düzenlenmiştir.

Gürültü : Periyodik olmayan titreşimlerdir. Kulağın, teknik duyumu bakımından sınırları zorlayan ve psikolojik rahatsızlık doğuran seslere gürültü denir.

3.2. Konuşma

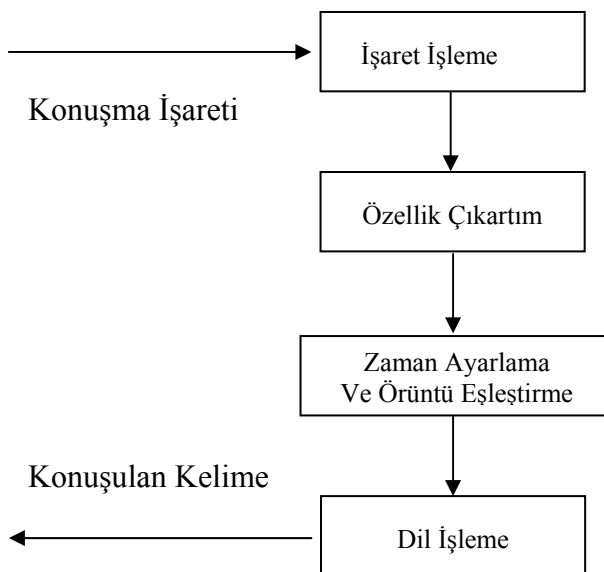
Ses dalgası, ses üretim sistemini meydana getiren anatomik yapıların istemli hareketleri sonucunda oluşan, akustik bir basınç dalgasıdır. Bu sistemin ana bölümleri ciğerler, nefes borusu, gırtlak, boğaz, ağız boşluğu ve burun boşluğudur. Teknik terim olarak boğaz ve ağız boşluğu 'ses yolu' olarak tanımlanır. Dolayısıyla ses yolu, gırtlak çıkışından başlayıp, dudaklarda sona erer. Burun yolu ise damaktan başlar burun deliklerinde sona erer. Ses üretimi için kritik olan anatomik yapılar, ses telleri, damak, dil, dişler ve dudaklardır. Ağız iyice açıldığı zaman ağız boşluğunun arka tarafında duran damağın yumuşak uzantısına 'küçük dil' denir. Ses yolunu oluşturan bu anatomik yapılar, farklı pozisyonlar alarak değişik sesleri oluştururlar. Ses yolunun yapısı Şekil 3.2.'de görülmektedir.



Şekil 3.2. Ses yolunun yapısı

3.3. Konuşma Tanıma

Konuşmacı tanıma sistemlerini incelemeden önce, konuşma tanıma sistemlerini incelemek daha doğru olur. Şekil 3.3.'te genel konuşma tanıma modeli gösterilmektedir.



Şekil 3.3. Genel konuşma tanıma modeli

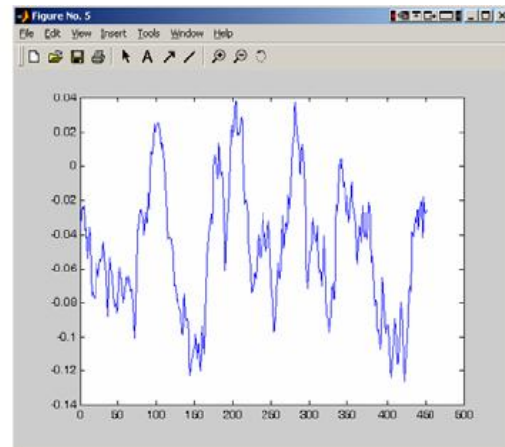
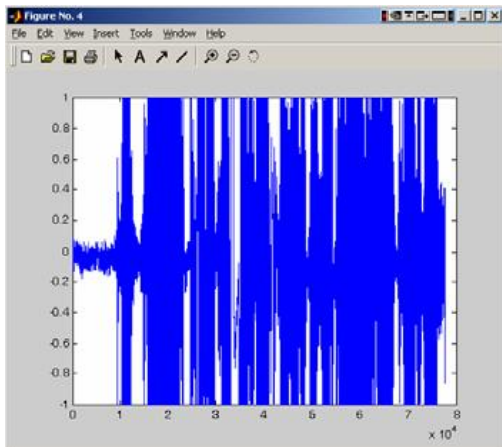
İşaret işleme birimi konuşma işaretinin bilgisayar ortamında sayısallaştırarak işlenebilmesi için kullanılmıştır. Bu birimin amacı örneklenmiş konuşma işaretini, genlik değişimlerinden, konuşmacının aksanı ve vurgusu veya iletim ortamından kaynaklanan gürültüden bağımsız olarak üretmektir.

Özellik çıkartım birimi, işaret işleme biriminde üretilen işaretin özelliklerini çıkartarak istenmeyen bilgilerin elenmesi ve uzun bir konuşma verisini kısa bir özetini çıkarmakta kullanılır. Bu aşama konuşma verisinden elde edilecek parametre setinin hesaplanmasında kullanılır.

Zaman ayarlama ve örüntü eşleştirme biriminde ise kelime sezim için gerekli algoritmaların gerçekleştirilmesi işlemi yapılır. Bu algoritmalar konuşulmuş kelimelerin özellik çıkartım işlemi sonucunda elde edilen vektörlere göre eşleştirme işlemini yapar. Zaman ayarlama; konuşma hızındaki değişimlerin sonucu telaffuzlarda oluşan zaman bağı bozulmalara neden olan ses bilgilerinin ayarlanmasıdır.

Son olarak dil işleme birimi konuşulan kelimenin kural tablosundan seçimi için kullanılır.

Konuşma sinyali yavaş değişen bir sinyal tipidir. Şekil 3.4.'te konuşma sinyali örneği görülmektedir.



Şekil 3.4. Ses sinyali örnekleri

Konuşma ve konuşmacı tanımı uygulamalarında, sayısallaştırılmış bir ses verisi artık işlenebilir örüntü verisine dönüştürülmüş olabilir. Bu amaçla istatistiksel örüntü tanıma işlemleri büyük önem arz etmektedir.

3.4. Konuşmacı Tanıma

Yukarıdaki bilgiler ışığında konuşmacı tanıma benzer işlemler yapılacaktır. Tanıyıcı sitem bir sete ait örüntüleri sınıflandırdıktan sonra artık o sete ait konuşmacıları da sınıflandırmış olur.

Konuşmacı tanıma uygulamaları 2 sınıfa ayrılır:

Konuşmacı Saptama: Sisteme giriş için başvuran konuşmacının bilinene konuşmacılar listesi içinden kim olduğunun saptanması işlemi olarak tanımlanabilir.

Konuşmacı Doğrulama: Kendini sisteme tanıtan bir konuşmacının kim olduğunun doğrulanarak sisteme kabul edilmesi yada reddedilmesi işlemi olarak tanımlanabilir. Bir başka ifadeyle konuşmacı doğrulama; sisteme kendini tanıtan konuşmacı ile önceden sitem tarafından bilinen o konuşmacının karşılaştırılmasıdır. Bu nedenle konuşmacı doğrulama işlemi daha az karmaşık olur. Hata yapma olasılığı da daha azdır. Karşılaştırma sonucuna göre eğer eşleştirme oranı yeterince yüksekse konuşmacı sisteme kabul edilir. Eğer oran çok düşük yada yeterince yüksek değilse, konuşmacı daha fazla konuşma örneğine göre birkaç kez test edilir sonuç değişmez ise konuşmacı sistem tarafından reddedilir. Konuşmacı saptama işlemi doğrulama işleminden daha zordur. Çünkü sisteme sunulan konuşmacı sistem tarafından bilinene tüm konuşmacılarla karşılaştırılmak zorundadır. Sistem, yapılan en iyi eşleştirme sonucuna göre konuşmacıyı saptamış olacaktır. Sistem tarafından karşılaştırılacak konuşmacıların sayısı fazla ise doğal olarak saptama işlemi daha uzun sürecektir.

Konuşmacı tanıma sitemlerinde kullanılan konuşmacı seti, kapalı ve açık konuşmacı seti olarak ikiye ayrılır. Kapalı konuşmacı seti uygulamalarında sisteme başvuran konuşmacı, sanki sitem tarafından bilinen bir konuşmacıymış gibi saptama yada doğrulama işlemi yapılır. Bu işleme “ kapalı set konuşmacı tanıma işlemi” denir.

Aslında bu konuşmacı , sistemin yeni bir üyesi olabilir. Ve tanıma işlemine katılması muhtemel bir kişi ise bu durumda tanıyıcı sistem , bu konuşmacıyı da konuşmacı setine dahil ederek eğitim işlemine tabi tutabilir bu işleme de “ açık set konuşmacı tanıma işlemi “ denir. Bu durum başka bir problemi doğurmaktadır. Konuşmacı saptamada, bilinen konuşmacılar arasında yapılan eşleştirme yeterince iyi değilse ve kimliğini iddia eden bu konuşmacı aslında tanıyıcı tarafından bilinen bir konuşmacı ise bu konuşmacının sanki yeni bir konuşmacıymış gibi saptama işlemine eklenmesi doğru olmaz. Doğrulama işleminde bu durum nispeten daha kolaydır. Kimliğini iddia eden konuşmacı eğer sistem tarafından bilinmiyorsa, doğrulama işlemi bu konuşmacıyı tanımak için yeni bir konuşmacı olarak eğitim işlemine katar. Bu yüzden her iki konuşmacı tanıma işleminin açık set konuşmacı uygulamalarında bir eşik değeri kullanılarak konuşan kişinin yeni bir konuşmacı olup olmadığı belirlenir.

Konuşmacı tanıma uygulamalarında, tanıma işlem için konuşmacılardan belli cümleleri telaffuz etmeleri istenebilir. Yani metin sınırlandırılması getirilebilir. Böyle işleme “metne bağlı tanıma” denir. Aksine hiçbir sınırlandırma getirilmeksizin konuşmacı istediği telaffuzu yaparak tanıyıcıda bu telaffuzları tanıma yoluna gidebilir. Bu şekilde yapılan tanıma uygulamalarına “metinden bağımsız tanıma” denir [34].

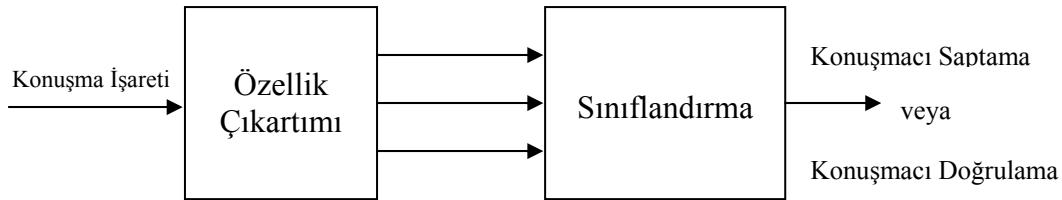
Metne Bağlı yapılan tanıma işleminde, konuşmacının telaffuz edeceği kelime ya da cümleler tanıyıcıya çok iyi öğretilmelidir. Çünkü telaffuzun zaman eksenindeki değişikliği ya da konuşmacının soğuk algınlığı gibi sesin akustik özelliklerini değiştirecek olumsuz durumlar tanıyıcı sistemi yanıltabilir. Bir başka olumsuz durum, metne bağlı tanıma yapıldığı için sahtekâr bir konuşmacı bir başka konuşmacının telaffuzunu yüksek teknolojiye sahip bir kaydedici yardımıyla kayıt ederek taklit etme yoluna gidebilir. Bu da sistem güvenliğini olumsuz yönde etkiler [35].

Metinden bağımsız olarak yapılan konuşmacı tanıma işlemimde, rastsal telaffuz yapılabildiğinden sahte kayıtlara karşı daha fazla güvenlidir. Canlı bir kayıt işlemiyle yapılan test ya da birkaç kelimelik bir cümle konuşmacıya telaffuz ettirilebilir. Ancak konuşmacıya telaffuz ettirilecek cümle ya da kelimeler yeterince rasgele

seçilmezse ve tanıyıcı sistem, taklidi kolay telaffuzları içeriyorsa, yinede aldatıcı sahte kayıtlar tanıyıcının güvenilirliğini sarsabilir. Çalışmamızda metne bağımlı konuşmacı tanıma sistemi kullanılmıştır.

Bir konuşmacı doğrulama sisteminde iki tip hata kriteri vardır. Hatalı Reddetme(HR) ve Hatalı Kabuletleme (HK). HR kriteri, sisteme kabul edilmesi gereken doğru bir konuşmacının reddilmesi, HK ise sisteme kabul edilmesi gereken sahte bir konuşmacının kabulü olarak tanımlanabilir. HR ile HK kriterlerinin kesişimi Eşit Hata Oranı (EHO) şeklinde tanımlanabilir. Bu keşimin sonucuna göre, HR kriterinin düşürülmesi, HK'nın artışına neden olacağı gibi tersi durumda söz konusu olabilir. Bu nedenle sistem güvenliği açısından uzlaşıcı bir denge kurulmalıdır.

Genel konuşmacı tanıma sistemi Şekil 3.4.'te görülmektedir. Tanıyıcı sistem önce istenen özellikleri konuşma işaretinden elde eder. Elde edilen özellikler daha sonra saptama ya da doğrulama işlemi için gerekli kararı vermek üzere sınıflandırıcıya giriş olarak uygulanır.



Şekil 3.5. Konuşmacı Tanıma Sistemi

3.5. Özellik Çıkartım Yöntemleri

Örüntü tanıma işleminde karşılaşılabilecek sınıflandırma problemlerinin çözümü için gerekli parametrelerin elde edilmesinde çeşitli özellik çıkartım yöntemleri geliştirmişlerdir. Özellik çıkartım yöntemlerinin amacı; konuşmacı konuşmacı işaretinin parametrik özelliklerini belirlemektir.

Yapılan çalışmalarda kepsral katsayıların (MFCC) konuşmacı tanıma sistemini verimi açısından en etkin yöntem olduğu görülmüştür [35].

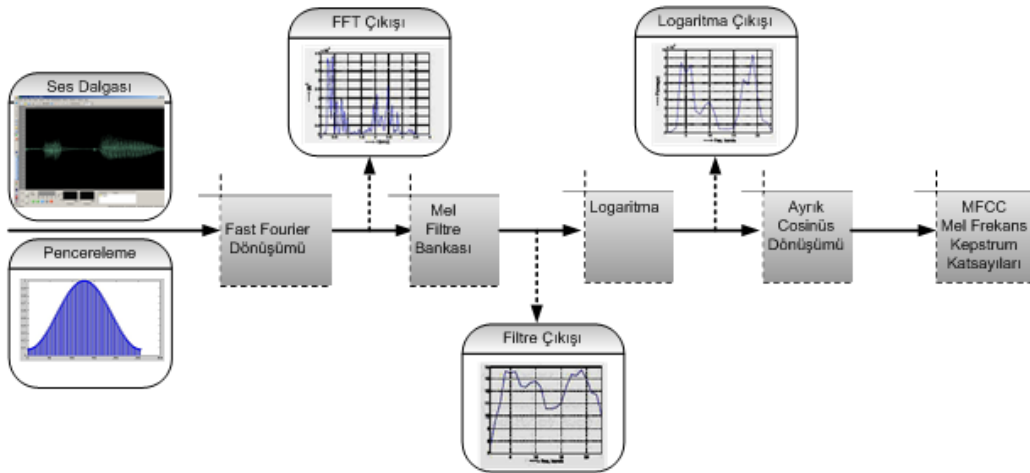
Cepstrum kavramı ilk olarak 1963'de Bogert, Healy ve Tukey tarafından kullanılmıştır. Cepstrum, homomorfik sinyal işleme teknikleri içinde yer alır [37]. Homomorfik sistemler doğrusal olmayan sistemlerin bir sınıfı olarak kabul edilirler. Doğrusal sistemler homomorfik sistemlerin özel bir durumudur. Sesli ifade bağlamında kullanılan homomorfik sistem, $S(f)=V(f).G(f)$ şeklinde ifade edilebilir. Burada $s(f)$ sesli ifadeyi, $v(f)$ gırtlığı, yani, sesin izlediği yolu, $g(f)$ ise asıl ses sinyalini, yani ses telleri tarafından üretilen ve değişime uğramamış ses sinyalini temsil eder. Bu şekilde ifade edildiğinde gırtlığın etkisini asıl sesteki homomorfik sinyal işleme teknikleriyle ayırmak mümkün olmaktadır. Cepstrum değerlerinin hesaplanması için aşağıdaki eşitlik kullanılır [38].

$$c(n) = \frac{1}{N_s} \sum_{k=0}^{N_s-1} \log_{10} |S(k)| e^{(2\pi / N_s)kn} \quad 0 \leq n \leq N_s - 1 \quad (3.1)$$

Burada $c(n)$, n . Cepstrum olarak adlandırılır. $S(k)$, Cepstrum değerinin ait olduğu frekans aralığı için alınan fourier dönüşümünü belirtir. N_s o andaki çerçevenin boyunu gösterir. Burada dikkat edileceği gibi $c(0)$ doğrudan o andaki DFT (Discrete Fourier Transform) spektrum değerini gösterir. Sesli ifadenin gürültüden ayırt edilmesi için önce spektrumun logaritması alınır ve ters fourier dönüşümü yapılır. Bu şekilde belirlenen Cepstrum değerleri fourier dönüşümünden türetilmiş cepstral katsayılar (fourier transform derived cepstral coefficients) olarak adlandırılır Burada hesaplanan Cepstrum değeri sesli ifade tanımada kullanılan önemli bilgileri elde etmede etkilidir. Fourier dönüşümünde kullanılan frekans mel skalasında örneklenirse elde edilen Cepstrum değerleri Mel Cepstrum değerleri olarak adlandırılır [37].

Mel frekans cepstral özellikleri için her pencereye sırasıyla şu adımlar uygulanır [39]. (Şekil 3.6.)

- Ayırık Fourier Dönüşümü alınır
- Ayırık Fourier Dönüşümü katsayıları Mel filtre bankasının genlik frekans cevabına göre ağırlıklandırılır.
- Logaritmik Enerjileri Hesaplanır
- Ayırık Kosinüs Dönüşümü bulunur



Şekil 3.6. Özellik çıkarım adımları şeması

Mel Cepstrum değerlerini hesaplamak için Mel filtre bankası yöntemi (3.2) formülüyle uygulanır [36]. Burada X_k mel skalasında k . bant geçişli filtrenin uygulanmasıyla elde edilen spektrum değeridir. Mel Filtre bankasının amacı duyma mekanizmasının kritik bant filtrelerini simulasyonunu yapmaktır. Filtreler Mel Skalasında düzenli bir şekilde yerleşen üçgensel filtrelerdir [38,40]. Üçgensel filtre çıkışları $Y(i)$; $i = 1; \dots; M$ logaritma kullanarak sıkıştırılmış ve ayrık kosinüs dönüşümü uygulanmıştır [40].

$$melc(n) = \sum_{i=0}^M \log Y(i) \cos \left[\frac{\pi m}{M} \left(i - \frac{1}{2} \right) \right] \quad (3.2)$$

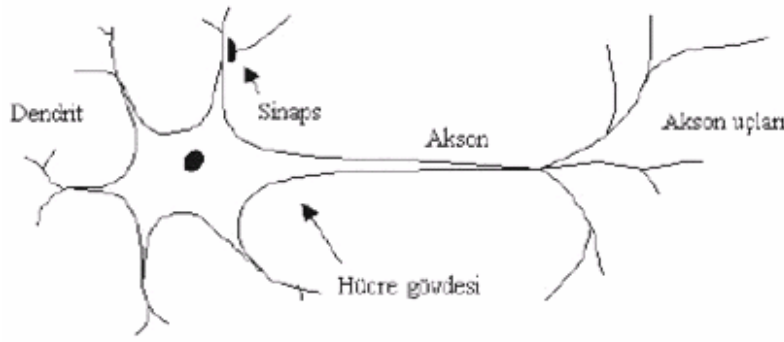
Bu fonksiyonun sonucunda elde edilen katsayılar ile sesimizin artık yapay sinir ağına girebilecek şekilde yani işlenebilecek şekilde getirildiğini söyleyebiliriz.

BÖLÜM 4. YAPAY SİNİR AĞLARI

Yapay sinir ağları (YSA) ile ilgili çalışmalar insan beynini modellemek ve nasıl çalıştığını anlamak amacıyla başlamıştır. İnsan beynini çalışma fonksiyonuna benzetme isteği YSA modellerine esin kaynağı olmuştur. Genel anlamda YSA, beynin bir işlevi yerine getirme yöntemini modellemek için tasarlanan bir sistem olarak tanımlanabilir. YSA, yapay sinir hücrelerinin birbirleri ile çeşitli şekillerde bağlanmasından oluşur ve genellikle katmanlar şeklinde düzenlenir. Beynin bilgi işleme yöntemine uygun olarak YSA, bir öğrenme sürecinden sonra bilgiyi toplama, hücreler arasındaki bağlantı ağırlıkları ile bu bilgiyi saklama ve genelleme yeteneğine sahip paralel dağılmış bir işlemcidir. Öğrenme süreci, arzu edilen amaca ulaşmak için YSA ağırlıklarının yenilenmesini sağlayan öğrenme algoritmalarını içerir [41].

4.1. Sinir Ağlarının Biyolojik Yapısı

Biyolojik sinir ağlarının temel elemanı sinir hücreleridir. Bir sinir hücresinin temel elemanları ise hücre gövdesi, dendrit ve akson'dur. Sinir hücresine diğer sinir hücrelerinden gelen uyarımlar, dendritler aracılığıyla hücre gövdesine taşınır ve hücre içi aktivasyonun/kararlılık halinin bozulmasıyla oluşan bir kimyasal süreç içerisinde diğer hücelere aksonlarla iletilir; uyarımların diğer sinir hücrelerine taşınabilmesinde akson uçları ile dendritler arasındaki sinaptik boşluklar (sinaps) rol oynar. Sinaptik boşluk içinde yer alan “sinaptik kesecikler” gelen uyarımların diğer hücelere dendritler aracılığıyla geçmesini sağlayan elemanlardır. Hücelere gelen uyarımlarla uyumlu olarak hücreler arasındaki mevcut sinaptik ilişkilerin değişimi veya hücreler arasında yeni sinaptik ilişkilerin kurulması “öğrenme” sürecine karşılık gelir [42]. Şekil 4.1.'de biyolojik bir sinir hücresi gösterilmiştir.

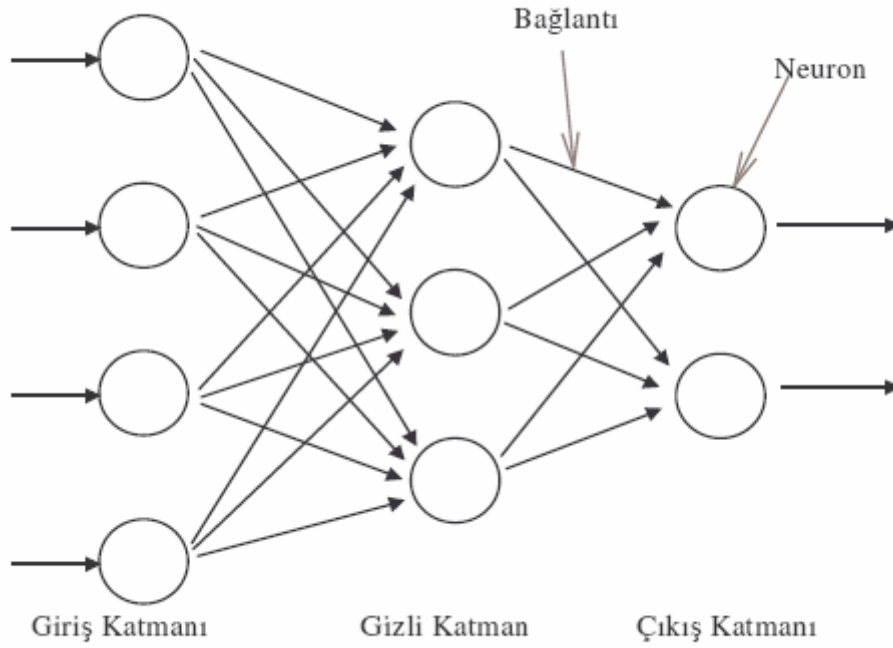


Şekil 4.1. Biyolojik sinir hücresi

4.2. Yapay Sinir Ağlarının Yapısı

Sinir hücreleri bir grup halinde işlev gördüklerinde ağ olarak adlandırılırlar ve böyle bir grupta binlerce nöron bulunur. Yapay nöronların birbirleriyle bağlantılar aracılığıyla bir araya gelmeleri yapay sinir ağını oluşturur. Yapay sinir ağıyla aslında biyolojik sinir ağının bir modeli oluşturulmak istenmektedir. Nöronların aynı doğrultu üzerinde bir araya gelmeleriyle katmanlar oluşmaktadır [41]. Katmanların değişik şekilde bir birleriyle bağlanmaları değişik ağ mimarilerini doğurur. YSA'lar üç katmadan oluşur. Bu katmanlar sırasıyla;

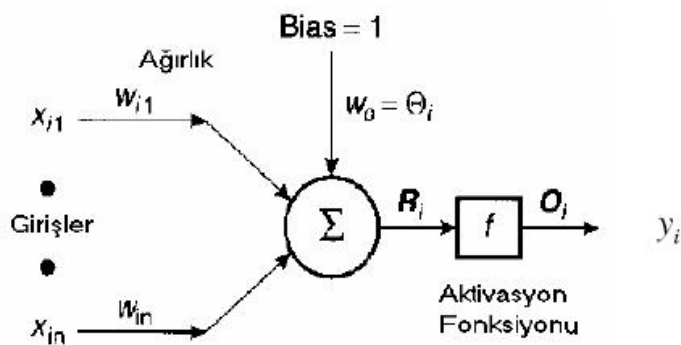
- Giriş Katmanı:** Bu katmandaki proses elemanları dış dünyadan bilgileri alarak ara katmanlara transfer ederler. Bazı ağlarda girdi katmanında herhangi bir bilgi işleme olmaz.
- Ara Katman (Gizli Katman):** Giriş katmanından gelen bilgiler işlenerek çıkış katmanına gönderilirler. Bu bilgilerin işlenmesi ara katmanlarda gerçekleştirilir. Bir ağ içinde birden fazla ara katman olabilir.
- Çıkış Katmanı:** Bu katmandaki işlem elemanları ara katmandan gelen bilgileri işleyerek ağın girdi katmanından sunulan girdi seti için üretmesi gereken çıktıyı üretirler. Üretilen çıktı dış dünyaya gönderilir.



Şekil 4.2. Yapay sinir ağının yapısı

4.3. Yapay Sinir Hücresi

Biyolojik sinir ağlarının sinir hücreleri olduğu gibi yapay sinir ağlarının da yapay sinir hücreleri vardır. Yapay sinir hücreleri mühendislik biliminde işlem elemanları olarak da adlandırılmaktadır. Şekil 4.3.'te yapay bir sinir (düğüm) gösterilmiştir [43].



Şekil 4.3. Yapay sinir hücresinin yapısı

Önceki sayfada verilen şeklin yanı sıra bir yapay nöronun farklı gösterim şekilleri de vardır. Yapay sinir hücreleri temel olarak beş kısımdan oluşmaktadır. Bunlar; girişler, ağırlıklar, toplama işlemi, aktivasyon fonksiyonu ve çıkış olarak sıralanır.

4.3.1. Girişler

Yapay sinir ağlarında öğrenme işlemi girişler ile gerçekleştirilir. Dış dünyadan veya bir önceki katmandan alınan bilgiler giriş olarak yapay sinir hücrelerine gönderilir.

4.3.2. Ağırlıklar

Ağırlıklar, girişlerin yapay sinir hücreleri üzerindeki etkisini belirleyen ve öğrenme işleminin gerçekleştirilmesini sağlayan katsayılardır.

4.3.3. Toplama işlemi

Yapay sinir hücresine gelen net girişin hesaplanması toplama işlemi olarak adlandırılır. Bu işlemi gerçekleştirebilmek için değişik fonksiyonlar kullanılmaktadır. En yaygın kullanılan yöntem ağırlıklı toplamı bulmaktır. Ağırlıklı toplamı bulabilmek için yapay sinir hücresinin girişindeki her bir ağırlığın ait olduğu girişlerle çarpımının toplamlarına eşik değeri ilave edilir. Esik değeri biyolojik sinir hücrelerinin yüzeylerindeki potansiyel farkının bir benzerini yapay sinir hücrelerinde elde etmek için kullanılan kat sayıdır [44].

$$net = \sum_i^n x_i \cdot w_i + \theta \quad (4.1)$$

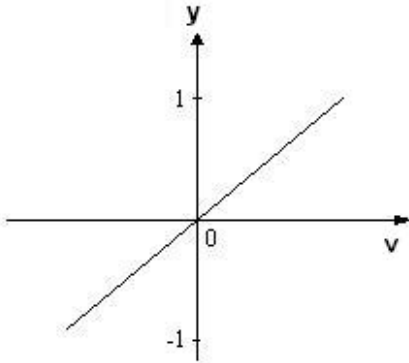
4.3.4. Aktivasyon fonksiyonu

Yapay nöronun davranışını belirleyen önemli bir etkenlerden biri de aktivasyon fonksiyonudur. Aktivasyon fonksiyonu hücreye gelen net girdiyi, diğer bir deyişle toplama fonksiyonunu işleyerek bu hücreye gelen girişlere karşılık olan çıkışı belirler. Aktivasyon fonksiyonu da yapay sinir ağlarının farklı modelleri için farklı

olabilir. En uygun aktivasyon fonksiyonunu belirlemek için geliştirilmiş bir yöntem yoktur. Hangi problemlerde hangi fonksiyonun kullanılacağı, YSA'nın çözmeye çalışacağı problemin şartlarına bağlıdır ve etkin bir şekilde deneme yanılma yoluyla tespit edilebilir. Aktivasyon fonksiyonunun toplama fonksiyonuna benzer şekilde hücrelerin hepsi için aynı fonksiyonu kullanma zorunluluğu yoktur. Bazı hücreler aynı aktivasyon fonksiyonunu kullanırken bazıları kullanmayabilir [43]. En çok kullanılan aktivasyon fonksiyonları aşağıda açıklanmıştır.

4.3.4.1. Doğrusal(Lineer) fonksiyon

Doğrusal bir problemi çözmek amacıyla kullanılan doğrusal fonksiyon, hücrenin net girdisini doğrudan hücre çıkışı olarak verir. Doğrusal aktivasyon fonksiyonu matematiksel olarak $y=v$ şeklinde tanımlanabilir.



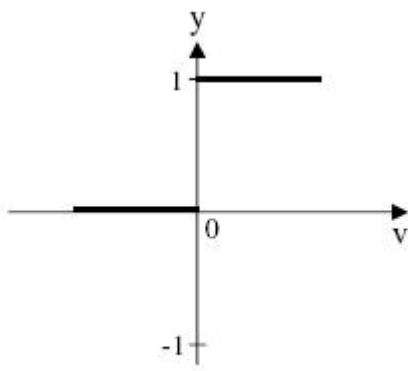
Şekil 4.4. Doğrusal (Linner) fonksiyon

4.3.4.2. Eşik aktivasyon fonksiyonu

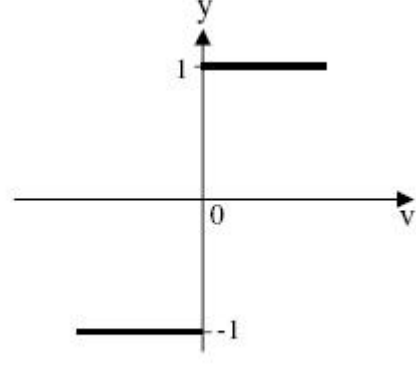
McCulloch-Pitts modeli olarak bilinen eşik aktivasyon fonksiyonlu hücreler, mantıksal çıkış verir ve sınıflandırıcı ağlarda tercih edilir. Perceptron (Algılayıcı) olarak da söylenen eşik fonksiyonlu hücrelerin matematiksel modeli aşağıdaki gibi tanımlanabilir.

$$y = F(v) = \begin{cases} 1 & v \geq 0 \\ 0 & v < 0 \end{cases} \quad (4.2)$$

$$y = F(v) = \begin{cases} +1 & v \geq 0 \\ -1 & v < 0 \end{cases} \quad (4.3)$$



(a) Tek kutuplu



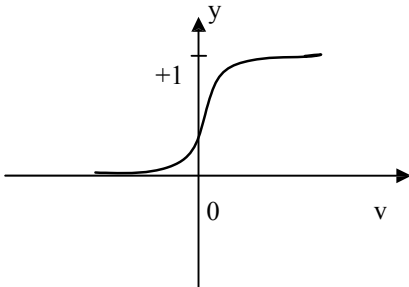
(b) Çift kutuplu

Şekil 4.5.Eşik aktivasyon fonksiyonu

4.3.4.3. Sigmoid tipi fonksiyon

Uygulamada en çok kullanılan fonksiyonlardan biridir. Sigmoid fonksiyonu, türevi alınabilir, sürekli ve doğrusal olmayan bir fonksiyon olması nedeniyle doğrusal olmayan problemlerin çözümünde kullanılan YSA' larda tercih edilir.

$$F(v) = \frac{1}{1 + e^{-v}} \quad (4.4)$$

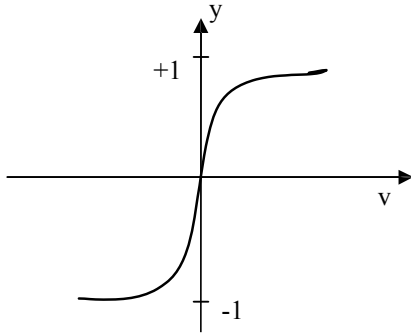


Şekil 4.6. Sigmoid tipi fonksiyon

4.3.4.4. Tanjant hiperbolik tipli fonksiyon

Uygulamalarda çok kullanılan aktivasyon fonksiyonlarından biri de Tanjant Hiperbolik fonksiyondur. Bu fonksiyon çift kutuplu fonksiyon olarak da bilinir. Giriş uzayının genişletilmesinde etkin bir şekilde kullanılan bir fonksiyondur. Fonksiyonun şekli Şekil 4.7.'de verilmiştir. Formülü ise Denklem 4.5'te gösterildiği gibidir.

$$F(v) = \frac{1 - e^{-2v}}{1 + e^{2v}} \quad (4.5)$$



Şekil 4.7. Tanjant hiperbolik tipli fonksiyon

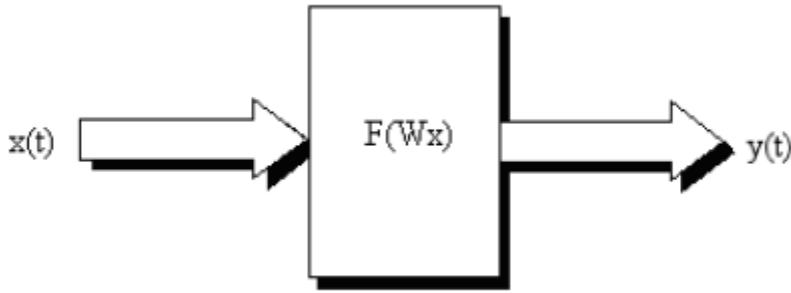
4.4. Yapılarına Göre Yapay Sinir Ağları

Birbirleri ile bağlantılı işlemcilerden (nöronlardan) oluşan yapay sinir ağlarının yapısını, bu nöronlar arasındaki bağlantılar belirler. Bağlantıların nasıl olacağına öğrenme algoritmaları ile karar verilebilir. Yine öğrenme algoritmasına göre ağırlıkların değeri belirlenir. Genelde yapay sinir ağları yapılarına göre iki ana grupta incelenmektedir.

4.4.1. İleri beslemeli yapay sinir ağları

İleri beslemeli YSA'da, hücreler katmanlar şeklinde düzenlenir ve bir katmandaki hücrelerin çıkışları bir sonraki katmana ağırlıklar üzerinden giriş olarak verilir. Giriş katmanı, dış ortamlardan aldığı bilgileri hiçbir değişikliğe uğratmadan gizli

katmandaki hücrelere iletir. Bilgi, gizli katmanda ve çıkış katmanında işlenerek ağ çıkışı belirlenir [45]. İleri beslemeli yapay sinir ağlarında en sık kullanılan öğrenme algoritması geriye yayılım öğrenme algoritmasıdır. Bu algoritma YSA'ların eğitiminde etkin olarak kullanılmaktadır. İleri beslemeli ağ yapısı şekil 4.8.'de gösterilmiştir. İleri beslemeli ağlara örnek olarak MLP (Çok Katmanlı Algılayıcılar) ve LVQ (Doğrusal Vektör Parçalama) ağları verilebilir.

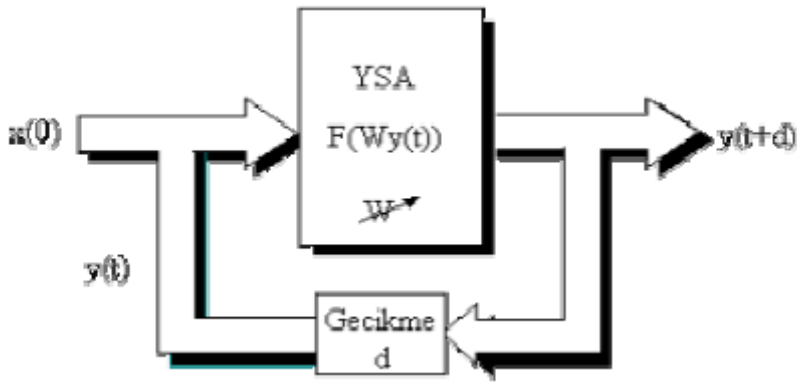


Şekil 4.8. İleri beslemeli sinir ağı yapısının blok gösterimi

4.4.2. Geri beslemeli yapay sinir ağları

Geri beslemeli sinir ağı, gizli katman ve çıkış katmandaki çıkışların, giriş birimlerine veya önceki ara katmanlara geri beslendiği bir ağ yapısıdır. Böylece, girişler hem ileri yönde, hem de geri yönde aktarılmış olur.

Geriye beslemeli ağların dinamik hafızaları vardır ve bir andaki çıkış, hem o andaki hem de önceki girişleri yansıtır. Bundan dolayı, geriye beslemeli sinir ağları önceden tahmin uygulamaları için kullanılır ve bu ağlar çeşitli tipteki zaman serilerinin tahmininde oldukça başarı sağlamışlardır. Geri beslemeli ağlara örnek olarak Hopfield, Narmax, Elman ve Jordan ağları verilebilir [46]. Şekil 4.9.'da geri beslemeli ağ yapısı gösterilmiştir.



Şekil 4.9. Geri beslemeli sinir ağı yapısının blok gösterimi

4.5. Yapay Sinir Ağlarında Öğrenme

Yapay sinir ağlarından iyi bir sonuç etmek için ağ uyarlanabilir olmalıdır. Bu ise ancak uygun değerli ağırlıklar ve doğru bağlantılarla mümkündür. Ağ, uygun ağırlıklar ve bağlantıları elde edilebilmesi için sistemin davranışlarını öğrenmeli ya da kendi kendini örgütlemelidir. Öğrenme yapay sinir ağının çok önemli bir parçasıdır. Yapay sinir ağlarında bilgi, ağdaki sinirlerin bağlantılarının ağırlıklarında tutulur. Bu nedenle ağırlıkların nasıl belirleneceği önemlidir. Bilgi tüm ağda saklandığı için bir düğümün sahip olduğu ağırlık değeri tek başına bir şey ifade etmez. Tüm ağdaki ağırlıklar uygun değerler almalıdır. Ancak yapay sinir ağlarında başlangıçta en uygun ağırlıkların değerlerinin bulunması için geliştirilmiş bir formül yoktur. Ağdaki işlemci elemanlar zamanla bir takım kurallar yardımıyla en uygun ağırlık değerlerini belirlerler. Bu işleme “ağın eğitilmesi” denir. Buna göre bir ağın eğitilebilir olabilmesi için ağırlık değerlerinin belirli bir kural dâhilinde dinamik olarak değiştirilebilir olması gerekmektedir [43].

Yapay sinir ağlarında genel olarak öğrenme olayı iki aşamada gerçekleşir. Birinci aşamada ağırlık değerleri rasgele alınır ve ağa gösterilecek olan örnek için ağın üreteceği çıkış bulunur. Bu çıkış değerinin doğruluğuna göre ikinci aşamada da ağa farklı örnekler gösterilerek ağırlık değerleri değiştirilir. Buradaki amaç bu örnekler için doğru çıkışı üretecek ağırlık değerlerini bulması, ağın örneklerin temsil ettiği olaylar hakkında genelleme yapabilme yeteneğine sahip olduğunu gösterir. Ağın

genelleme yapabilmesi olayına ise ‐ağın öğrenmesi‐ denir. Temelde öğrenme yöntemleri, danışmanlı, danışmansız ve takviyeli olmak üzere üç grupta toplanmıştır [43].

4.5.1. Danışmanlı öğrenme

Bu yöntemde, dışardan bir eğiticinin sinir ağına müdahalesi söz konusudur. Eğitici, sinir ağının ilgili girdi için üretmesi gereken sonucu sinir ağı sistemine verir. Yani yapay sinir ağına girdi/çıkıtı ikilisinden oluşan örnekler sunulur. Bu ikili, ağın öğrenmesi gereken özellikleri temsil eder. Ağ girdi kısmını alır ve o anki bağlantı ağırlıklarının temsil ettiği bilgi ile bir çıkıtı oluşturur. Bu çıkıtı, olması gereken çıkıtı ile mukayese edilir ve aradaki hata tekrar ağa aktarılarak ağırlıklar bu hatayı azaltacak şekilde değiştirilir.

4.5.2. Danışmansız öğrenme

Danışmansız öğrenmede ağın öğrenmesine yardımcı olan herhangi bir eğitici yoktur. Bu nedenle çoğu zaman buna kendi kendine organize olma (self-organized learning) da denilmektedir. Ağ, kendine gösterilen örnekleri alır ve belli bir kritere göre sınıflandırır. Bu kriter önceden bilinmeyebilir. Ağ, kendi öğrenme kriterlerini kendisi oluşturmaktadır.

4.5.3. Takviyeli öğrenme

Bu öğrenme kuralı danışmanlı öğrenmeye yakın bir metottur. Takviyeli öğrenme algoritması, istenilen çıkışın bilinmesine gerek duymaz. Hedef çıkıtıyı vermek için bir YSA'ya bir çıkış verilmemekte, elde edilen çıkışın verilen girişe karşılık doğruluğunu değerlendiren bir ölçüt kullanılmaktadır.

4.6. Geriye Yayılım Algoritması

Geriye yayılım algoritması, yapay sinir ağlarının parametrelerinin güncellenmesi için en çok kullanılan öğrenme algoritmasıdır. Günümüzde ses tanıma problemlerinden

doğrusal olmayan sistem problemlerine kadar yapay sinir ağları ile çözüm üretilen birçok alanda başarı ile kullanılmaktadır [47]. Ağ içerisinde hatayı geri yönde azaltmaya çalışmasından dolayı algoritmaya geriye yayılım algoritması adı verilir. Günümüzde geriye yayılım algoritmasının gelişmiş birçok versiyonu türetilmiştir. Fakat geriye yayılım algoritması genellikle genelleştirilmiş delta öğrenme algoritması ile ifade edilir.

Geriye yayılım algoritmasında hesaplama iki bölümden oluşur.

- İleri hesaplama
- Geri hesaplama

4.6.1. İleri hesaplama

İleri hesaplama yöntemi, eğitim veri setindeki her bir örneğin girdi katmanından ağa verilmesi ile başlar. Giriş verileri hiçbir değişiklik olmadan giriş ile gizli katman arasındaki ara katmana gönderilir. Burada, gizli katmandaki her bir yapay sinir hücresine toplama fonksiyonu uygulanır. Toplama fonksiyonunun sonucu eşik değeri ile toplanarak gizli katmandaki yapay sinir hücresinin net girişi hesaplanır. Biyolojik sinir hücrelerinde olduğu gibi, bir sinyal üretebilmek için her bir yapay sinir hücresi sahip olduğu net girişleri aktivasyon fonksiyonları ile normalize eder ve hücre için bir çıkış değeri üretir. Bu çıkış değeri bir sonraki katmandaki yapay sinir hücrelerinin giriş değerlerini oluşturur. Hesaplama ağın çıkışına kadar devam eder. Çıkış katmanındaki çıktı değerleri bulununca, ağın ileri hesaplama işlemi tamamlanmış olur.

4.6.2 Geri hesaplama

Ağa sunulan giriş verileri için ağın ürettiği çıktı değerleri ağın beklenen çıktı değerleri ile karşılaştırılır. Bunların arasındaki fark hata olarak kabul edilir. Amaç bu hatanın düşürülmesidir. Geriye hesaplamada bu hata ağın ağırlık değerlerine dağıtılarak bir sonraki iterasyonda hatanın azaltılması sağlanır. Çıktı katmanındaki m. yapay sinir hücresi için oluşan hata eşitlik (4.7) ile hesaplanır.

$$E_m = d_m - y_m \quad (4.7)$$

Burada E_m , t. iterasyonda çıktı katmanındaki m. yapay sinir hücresi için oluşan hata değeri, d_m m. yapay sinir hücresi için hedef çıktı değeri, y_m ise çıktı katmanındaki m. yapay sinir hücresinin çıktı değeridir. E_m , çıkış katmanındaki tek bir yapay sinir hücresi için hata değeridir. Çıktı katmanı için oluşan toplam hatayı (TH) bulmak için bütün hataların toplanması gerekir. Bazı hata değerleri negatif olacağından toplamın sıfır olmasını önlemek amacı ile ağırlıkların kareleri hesaplanarak sonucun karekökü alınmaktadır.

$$TH = \frac{1}{2} \sum_{m=0}^m E_m^2 \quad (4.8)$$

Toplam hatayı azaltmak için ağ çıkışında hesaplanan hata değeri tüm yapay sinir hücrelerine dağıtılmalıdır. Bu dağıtma işlemi ağırlıklar değiştirilerek gerçekleştirilir. Gizli katmandaki j. yapay sinir hücresini çıktı katmanındaki m. yapay sinir hücresine bağlayan bağlantının ağırlığındaki değişim miktarına Δw_{mj} denirse, herhangi t. iterasyonda ağırlığın değişim miktarı eşitlik (4.9) ile hesaplanır.

$$\Delta w_{mj}(t) = \eta \delta_m x_j + \alpha \Delta w_{mj}(t-1) \quad (4.9)$$

Burada η öğrenme katsayısı, α momentum katsayısı ve δ_m çıkış katmanındaki herhangi bir m. yapay sinir hücresine ait hata faktörüdür. Çıkış katmanı için bu faktör aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$\delta_m = \frac{\partial f}{\partial net_m} E_m \quad (4.10)$$

Çıkış katmanı ile gizli katman arasındaki ağırlık değişimleri hesaplandıktan sonra t. iterasyonda çıkış katmanındaki herhangi m. yapay sinir hücresi ile gizli katmandaki herhangi j. yapay sinir hücresi arasındaki ağırlık değeri eşitlik (4.11)'deki gibi

olacaktır.

$$w_{mj}(t) = w_{mj}(t-1) + \Delta w_{mj}(t) \quad (4.11)$$

Eşik değerleri de ağırlıklar ile benzer şekilde hesaplanır.

$$\Delta \theta_m(t) = \eta \delta_m x_j + \alpha \Delta \theta_m(t-1) \quad (4.12)$$

$$\theta_m(t) = \theta_m(t-1) + \Delta \theta_m(t) \quad (4.13)$$

Gizli katman ile çıkış katmanı arasındaki ağırlıkların değişiminde her ağırlık için sadece çıktı katmanındaki bir yapay sinir hücresinin hatası hesaplanır. Toplam hatanın oluşmasında giriş katmanı ile gizli katman arasındaki ağırlıkların (varsa iki gizli katman arasındaki ağırlıkların da) hatada payı vardır. Bu nedenle giriş katmanı ile gizli katman arasındaki ağırlıkların değiştirilmesinde tüm yapay sinir hücrelerinin hatası hesaba katılır. Ağırlıkların değiştirilmesinde gizli katmandaki yapay sinir hücreleri için eşitlik (4.9)'da hata değeri olarak da eşitlik (4.10) yerine eşitlik (4.14) kullanılır.

$$\delta_j = \left[\frac{\partial f}{\partial net_j} \right] (\sum w_{mj} \delta_m) \quad (4.14)$$

Böylelikle çıkış katından başlayarak δ_m faktörü, bütün katlardaki sinir hücreleri için hesaplanır. Eşitlik (4.11)'deki formüle bağlı olarak, bütün bağlantılar için ağırlıkların güncelleştirilmesi gerçekleştirilir.

BÖLÜM 5. PARMAKİZİ VE KONUŞMACI TANIMA UYGULAMASI

5.1. Giriş

Yapılan çalışmada parmakizi ve konuşmacı tanıma sistemleri ortak bir paydada kullanılarak bir güvenlik sistemi tasarımı gerçekleştirilmiştir. Sistemin uygulaması Matlab üzerinde olacaktır. Sistem tasarlanırken her bir kişiye ait 8 parmakizi ve 10 konuşma örneği alınmıştır. Parmakizi ve konuşma örneklerinden gerekli özellikler çıkarılıp bu özellikler parmakizi ve konuşma örneklerine göre ayrı ayrı eğitilip değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucuna göre test işlemi gerçekleştirilecek, bu test işleminde her bir özellik için belli doğruluk yüzdesini aşan sonuçlarda sistem olumlu sonuç verecek, aşmayanlar için ise sistemin cevabı red olacaktır. Şimdi parmakizi ve konuşma örneklerine yapılan işlemleri yukarıdaki bölümlerde anlatılanlar ışığında inceleyelim.

5.2. Parmakizi Tanıma

Parmakizi işlemlerinde her bir kişiye ait toplam 8 parmakizi örneği alınıp bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Alınan parmakizlerinden 5 tanesi eğitim amaçlı, 3 tanesi ise test amaçlı olarak kullanılmıştır. Parmakizi üzerinde yapılan işlemler aşağıdaki başlık altında incelenmiştir.

5.2.1. Parmakizi tanıma işlemleri

Parmakizi görüntüsünü matlab ortamına aktarmak için `resim=imread('parmakizi yolu')` komutu kullanılmıştır. 3 kişiye ait toplam 24 parmakizi görüntüsü anlatılan şekilde matlab ortamına aktarılmıştır. Aktarılan her bir parmakizi görüntüsü Matlab ortamında 480x504 lük bir dizi ile ifade edilmiştir Matlab ortamına aktarılan

parmakizi görüntüleri üzerinde gürültü azaltma(filtreleme) işlemi gerçekleştirilmiştir. Çalışmamızda bilgisayar görme alanında en çok kullanılan filtrelerden biri olan Median filtreleme kullanılmıştır. Her bir parmakizi görüntüsü üzerinde 3x3 lük median filtre $L = \text{medfilt2}(\text{resim}, [3 \ 3])$; şeklinde uygulanmıştır.

Uygulanan medyan filtreden sonra resim ikili hale getirilecektir. İkili hale getirme işlemi görüntü üzerinde uygun bir değer tespit edip o değer altındaki piksel değerlerinin 1(beyaz), üstündeki piksel değerlerinin ise 0(siyah) yapılması esasına dayanır. Bu işlem $\text{resim} = \text{im2bw}(\text{resim}, 0.52)$; komutuyla gerçekleştirilmiştir. Burada ikinci parametre eşik değerini ayarlar. İkili hale getirme işlemi tamamlandıktan sonra sonra medyan filtre tekrar uygulanmış salt and paper tarzı gürültülerin azaltılması sağlanmıştır. Böylece resim 0 ve 1'lerden oluşan bir hal almıştır. Fakat bu aşama sonunda siyah pikseller 0, beyaz pikseller ise 1 ile ifade edilmiştir. Görüntü üzerindeki siyah pikseller ile işlem yapılacağından bu piksellerin 1 ile ifade edilmesi gerekmektedir. Siyah pikselleri 1 ile ifade edilmesi için görüntü dizisi üzerinde NOT (1'lerin 0, 0'ların 1 yapılması) işlemi $\text{resim} = \text{not}(\text{resim})$; komutuyla gerçekleştirilmiştir.

Uygulanan NOT işleminin ardından inceltme işlemi gerçekleştirilecektir. İnceltme işlemi, parmakizi resmi üzerinde bulunan her bir hat çizgisi parçasının genişliğinin daraltılarak 1 piksel ile ifade edilmesi şeklinde tanımlanabilir. Temel olarak bir inceltme algoritmasında, uç noktaların kaybolmaması ve görüntünün indirgenmemesi beklenen sonuçlardır. İnceltme işlemi için ikinci bölümde anlatılan inceltme algoritması uygulanmıştır. İnceltme algoritmasının Matlab ortamında uygulanması aşağıdaki kodlarla gerçekleştirilmiştir.

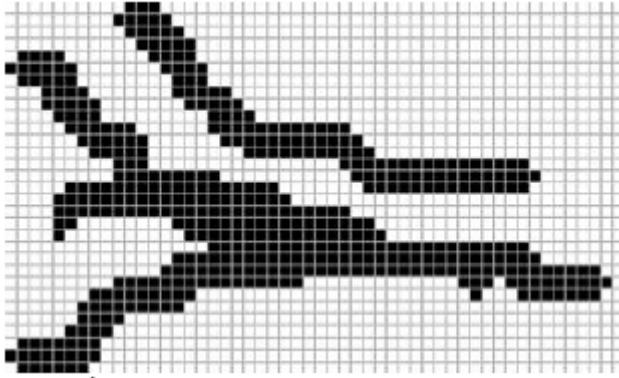
```
for i = 2:480
for j = 2 :504
k=j+504;
m=i+480;
n=i+1;
if Hat(i,mod(k,505))&& Hat(i,j) && (Hat(mod(m,481),j) || Hat(mod(n,481),j))
Hat(i,j) = not (Hat(i,j));
```

```

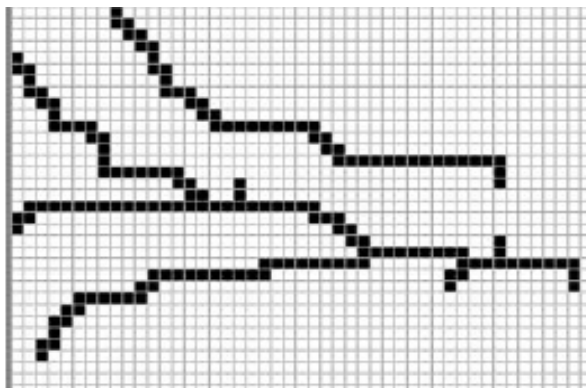
end
k=j+1;
m=i+480;
n=i+1;
if Hat(i,mod(k,505)) && Hat(i,j) && (Hat(mod(m,481),j) || Hat(mod(n,481),j))
    Hat(i,j) = not (Hat(i,j));
end
end
end

```

Aşağıda inceltilmek ve inceltirilmiş parmak izi görüntüsünden parçalar gösterilmiştir.



Şekil 5.1. İnceltilecek parmakizi resminden bir parça



Şekil 5.2. İnceltirilmiş parmakizi resminden bir parça

İnceltme işlemi tamamlandıktan sonra sıra özellik çıkarma işlemine gelmiştir. Özellik çıkarma işleminde parmakizi üzerindeki orta nokta(core) yerinin bilindiği

kabul edilmiştir. Aşağıda yer alan kod yardımıyla inceltilmiş parmakizi resmi üzerinden çatal noktalar tespit edilmiştir. Tespit edilen çatal noktaların orta nokta ile olan uzaklıkları bulunarak parmakizi üzerinde gerekli özellik noktalarının elde edilmesi sağlanmıştır.

```

corex=220;
corey= 245;
genislik=480;
yukseklk=504;
m=1;
n=1;
for i=2:genislik
for j=2:yukseklk
toplam_piksel=hat(i-1,j-1) + hat(i,j-1) + hat(i+1,j-1) + hat(i-1,j) +
    hat(i+1,j-1)+hat(i-1,j+1)+hat(i,j+1)+hat(i+1,j+1);
if (toplam_piksel==1)
uc_nokta(m,1)=corex-i;
uc_nokta(m,2)=corey-j;
m=m+1;
end
if (toplam_piksel > 2)
catal_nokta(n,1)= corex-i;
n+1;
catal_nokta(n,1)= corey-j;
n=n+1;
end
end
end
end

```

Her bir parmakizi görüntüsüne ait 604x1 boyutunda çatal noktaların koordinatlarını içeren bir dizi elde edilmiştir. Elde edilen diziden bir kesit Tablo 5.1’de gösterilmiştir.

Tablo 5.1. Bir parmakizine ait çatal noktaların koordinatlarını içeren diziden bir kesit

1	121
2	55
3	150
4	50
:	:
:	:
603	182
604	220

Elde edilen özellik noktaları her bir sütun tek bir parmakizini göstermek üzere bir 604x15'lik bir matriste toplanmıştır. Bu matris eğitim için giriş matrisi olacaktır. Bu matristen bir parça aşağıda gösterilmiştir.

Tablo 5.2. Tüm parmakizlerine ait özellik noktalarını içeren YSA için giriş matrisi

	1	2	3	....	14	15
1	71	83	40	....	-6	34
2	70	82	18	....	-7	-56
3	53	49	-4	....	45	-57
4	52	48	5	....	44	-58
:	:	:	:		:	:
601	0	-2	0	....	0	0
602	0	-46	0	....	0	0
603	0	-49	0	....	0	0
604	0	-50	0	....	0	0

Oluşturulan giriş matrisinin kime ait olduğunu belirtmek için; her bir sütunda o kişiye karşılık gelen sütuna 1, diğer sütunlara 0 gelecek şekilde 3x15'lik bir de çıkış matrisi oluşturulmuştur. Elde edilen giriş ve çıkış matrisleriyle ağ eğitilecek duruma gelmiştir. Tablo 5.3'te oluşturulan çıkış matrisi gösterilmiştir.

Tablo 5.3. Parmakizi ve konuşmacı tanımda kullanılan çıkış matrisi

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1

Elde edilen giriş vektörü p_izi_giris , çıkış vektörü p_izi_cikis olmak üzere; ağ aşağıdaki kodla oluşturulmuştur.

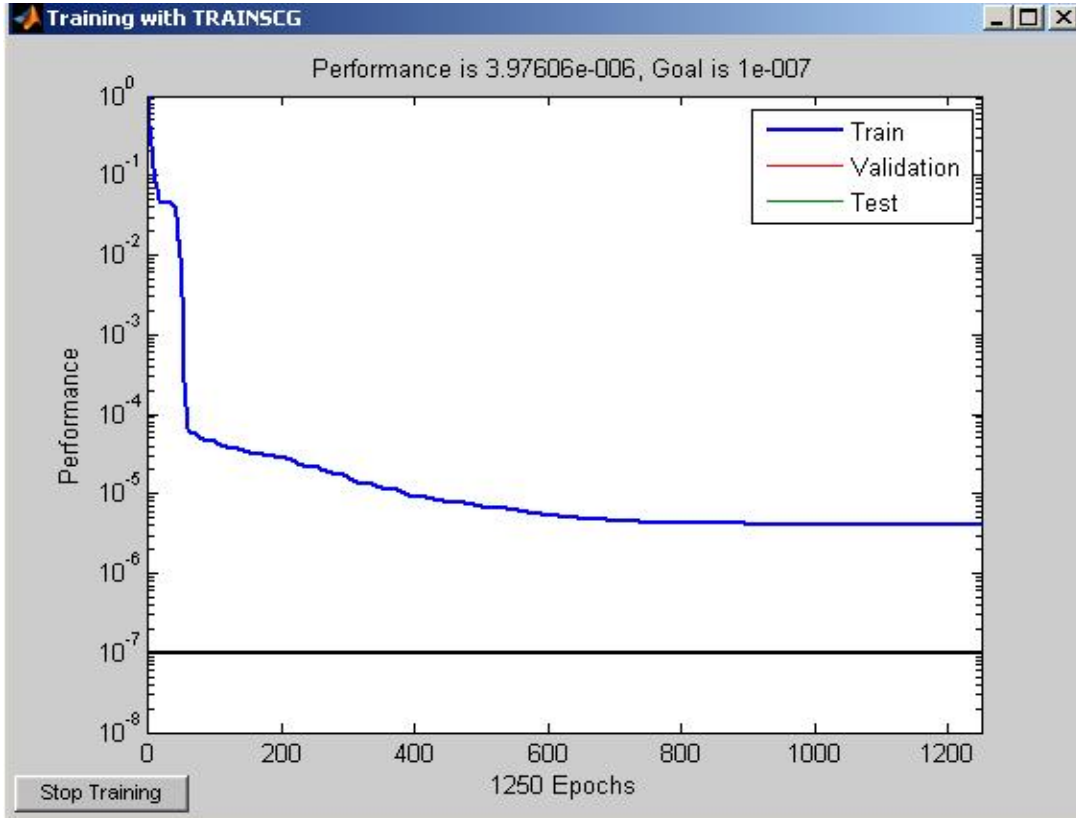
```
net_pizi = newff(minmax(p_izi_giris),[20 3],{'tansig' 'tansig'},'trainscg');
```

Ağın eğitilmesi aşağıdaki kodlarla gerçekleştirilmiştir.

```
net_pizi.trainParam.epochs = 1250;
net_pizi.trainParam.goal = 1e-007;
net_pizi.trainParam.min_grad = 1e-07;
net_pizi.trainParam.time = Inf;
net_pizi.trainParam.show = 20;
net_pizi = train(net_p_izi,p_izi_giris,p_izi_cikis);
```

Parmakizi tanıma ağının eğitiminde; giriş, gizli katman ve çıkış katmanından oluşan 3 katmanlı bir YSA yapısı kullanılmıştır. Gizli katman sayısı ve bu katmandaki nöron sayısı değişik sınamalarla hatanın istenen değere düşmesini sağlayacak şekilde seçilmiştir. Transfer fonksiyonu olarak “tansig” fonksiyonu, öğrenme algoritması olarak da geriye yayılım algoritmalarından biri olan “trainscg” kullanılmıştır. İterasyon sayısı 1250 olup hedeflenen hata oranı 10^{-7} olarak ayarlanmıştır.

Oluşturulan ağa ait eğitim performans grafiği Şekil 5.3.’te gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi hata oranı belli bir iterasyon sayısından sonra sabitlenmiş, sabitlenen bu noktadan sonra (epoch sayısı 1250 olduğunda) eğitim işlemine son verilmiştir.



Şekil 5.3. Parmakizi tanıma ağının oluşumuna ait eğitim performans grafiği

Elimizde yer alan, test için kullanmak üzere ayırdığımız parmakizlerinin, kime ait olduğunu tespit etmek amacıyla aşağıdaki kod kullanılmıştır.

```
Sonuc_pizi=sim(net_p_izi,pizi1)
```

Sonuc_pizi değeri 3 elemanlı bir dizi olacaktır. Bu dizi elemanlarından 1'e en yakın değer indeksinde yer alan kişi sistemin tanıdığı kişi olacaktır.

5.3. Konuşmacı Tanıma

Uygulamamızda konuşmacıyı tespit etmek için kapı kelimesi kullanılmıştır. Kapı kelimesi çok basit bir kelime gibi görünmesine rağmen YSA'nın tanınması açısından büyük zorluk içermektedir. Fonetik olarak söylenişi rahat olduğu için herkes birbirine yakın şekilde telaffuz etmektedir. Bu sebeple bu kelimeyi tanıyabilen bir sistem diğer kelimeleri daha rahat öğrenecektir. Örneğin sıcak kelimesi gibi bir

kelime kullanılmış olsaydı S harfi ve K harfinin sonda kullanılması kişiden kişiye daha çok farklılık gösterdiğinden tanıma işlemi çok daha kolaylaşmış olacaktı [48].

5.3.1. Konuşmacı tanıma işlemleri

Uygulamamızda her bir konuşmacıya ait 10 adet ses örneği Matlab ortamında voicebox toolbox kullanılarak MFCC (Mel Frequency Cepstrum Coefficients) fonksiyonu ile katsayılar elde edilmiştir [49]. Bu örneklerden 5 adeti eğitim amaçlı 5 adeti ise test amaçlı olarak kullanılmıştır.

[S,Fs]=readwav('Yol','r') komutu kullanılarak ilgili konuşmalar matlab ortamına aktarılmış daha sonra aktarılan değişkenler c1=fmfcc(S,Fs); fonksiyonundan geçirilerek tüm sesler için 25 satır 12 sütunlu öznitelik vektörleri elde edilmiştir. Elde edilen öznitelik vektöründen bir kesit Tablo 5.4'te gösterilmiştir.

Tablo 5.4. 25x12 lik konuşma öznitelik vektöründen bir kesit

	1	2	3	....	11	12
1	5,174807	-3,78719	1,848098	....	-3,94136	3,375262
2	17,31104	5,180641	10,06995	....	1,039046	-15,806
3	37,70922	-8,03827	-3,33843	....	5,974335	-15,7839
4	40,59643	-7,01227	8,015406	....	16,44467	-16,2515
:	:	:	:	:	:
22	36,81682	14,37404	-2,04128	....	13,71335	0,559508
23	37,7016	6,568061	-4,935	....	11,8005	2,923099
24	36,39278	0,21505	-7,1027	....	6,690273	-2,01605
25	37,11493	5,045249	-3,62932	....	6,566287	-0,90553

Bu öznitelik vektörleri gerekli kodlama ile 300x1'lik şekle getirilip tüm konuşmacılar için bu oluşturulan bu matrisler birleştirilerek 300x15 'lik giriş matrisi oluşturulmuştur. Giriş matrisinin her bir sütunu bir konuşmacıya ait eğitim sesini ifade etmektedir. Her bir konuşmacıya ait beşer örnek alındığından konuşmacı sayısının da beş olduğu düşünüldüğünde elde edilen giriş matrisi 300x15 boyutunda olmaktadır. Tablo 5.5'te bu giriş matrisinden bir kesit yer almaktadır.

Tablo 5.5. Tüm konuşmalara ait özellik noktalarını içeren YSA için giriş matrisi

	1	2	3	....	14	15
1	26,804	-20,741	17,566	....	-7,7365	1,0117
2	14,286	16,314	18,056	....	3,8321	-1,4835
3	20,86	17,218	18,54	....	38,797	38,359
4	47,9	2,9731	48,336	....	36,168	38,048
:	:	:	:		:	:
287	4,266	8,4491	-0,71324	....	3,5645	4,0473
288	4,6299	11,318	5,5239	....	2,996	2,1935
299	0,69775	7,0021	3,7106	....	4,931	0,86429
300	3,0559	3,6445	3,2979	....	-1,9013	-1,9344

Oluşturulan giriş matrisinin kime ait olduğunu belirtmek için; her bir sütunda o kişiye karşılık gelen sütuna 1, diğer sütunlara 0 gelecek şekilde 3x15'lik bir çıkış matrisi oluşturulmuştur. (Bkz. Tablo 5.3) Elde edilen giriş ve çıkış matrisleriyle ağ eğitilecek duruma gelmiştir.

Elde edilen giriş vektörü `ses_giris`, çıkış vektörü `ses_cikis` olmak üzere; ağ aşağıdaki kodla oluşturulmuştur.

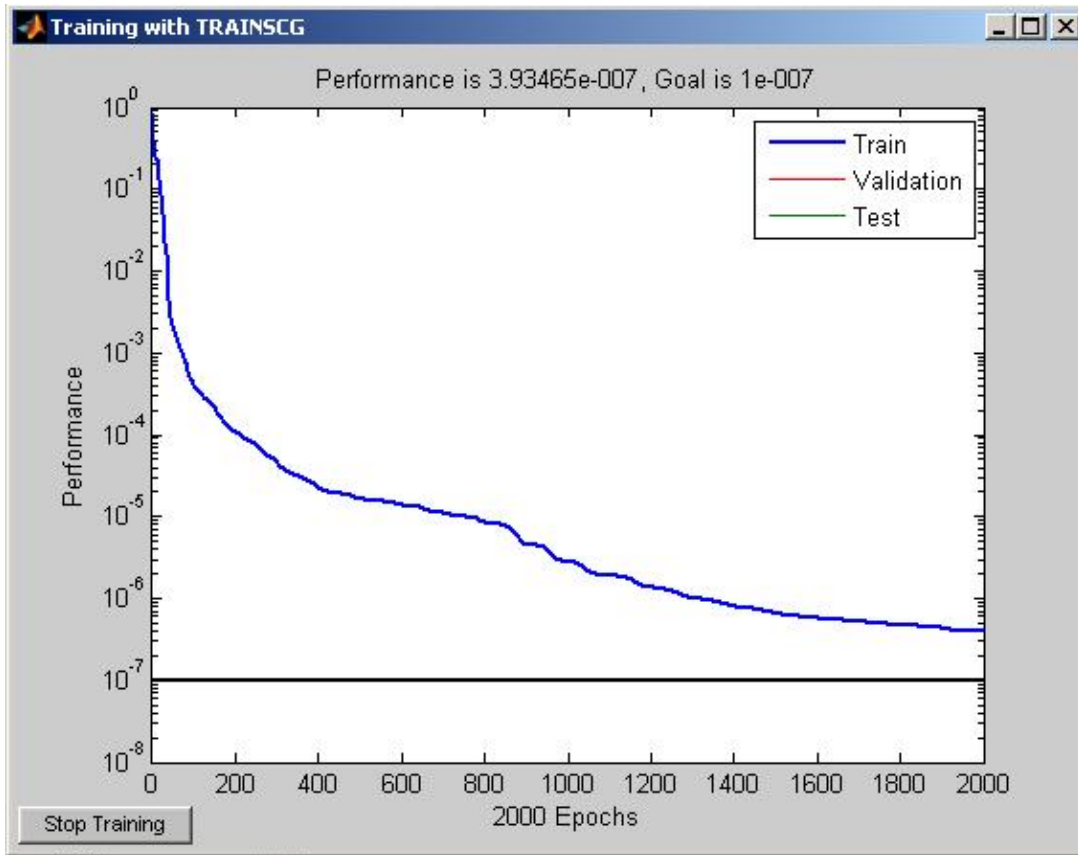
```
net_ses = newff(minmax(ses_giris),[20 3],{'tansig' 'tansig'},'trainsec');
```

Ağın eğitilmesi aşağıdaki kodlarla gerçekleştirilmiştir.

```
net_ses.trainParam.epochs = 2000;
net_ses.trainParam.goal = 1e-007;
net_ses.trainParam.min_grad = 1e-07;
net_ses.trainParam.time = Inf;
net_ses.trainParam.show = 20;
net_ses = train(net_ses,ses_giris,ses_cikis);
```


Konuşmacı tanıma ağının eğitiminde; giriş, gizli katman ve çıkış katmanından oluşan 3 katmanlı bir YSA yapısı kullanılmıştır. Gizli katman sayısı ve bu katmandaki nöron sayısı değişik sınamalarla hatanın istenen değere düşmesini sağlayacak şekilde seçilmiştir. Transfer fonksiyonu olarak “tansig” fonksiyonu, öğrenme algoritması olarak da geriye yayılım algoritmalarından biri olan “trainscg” kullanılmıştır. İterasyon sayısı 2000 olup hedeflenen hata oranı 10^{-7} olarak ayarlanmıştır.

Oluşturulan ağa ait eğitim performans grafiği Şekil 5.4.’te gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi hata oranı belli bir iterasyon sayısından sonra sabitlenmiş, sabitlenen bu noktadan sonra (epoch sayısı 2000 olduğunda) eğitim işlemine son verilmiştir.



Şekil 5.4. Konuşmacı tanıma ağının oluşumuna ait eğitim performans grafiği

Elimizdeki test seslerinin kime ait olduğunu belirlemek için aşağıdaki kod kullanılmıştır.

```
Sonuc_ses=sim(net_ses,ses1);
```

Sonuc_ses değeri 3 elemankı bir dizi olacaktır. Bu dizi elemanlarından 1'e en yakın değerin indeksinde yer alan kişi sistemin tanıdığı kişi olacaktır.

Her iki sonuçtan da doğru cevap veren değerler sistemimiz için uygun cevap olacaktır. Uygulamak istediğimiz güvenlik seviyesine göre birinden yanlış cevap verip diğerinden doğru cevap üreten sonuçlarda, yanlış verilen cevaptaki olması gereken değerle sistemin bulduğu değer arasındaki oranın yüzdesine göre bu durum belirli bir parola yöntemiyle desteklenebilir yada sistem için güvensiz sayılıp reddedilebilir.

BÖLÜM 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada otomatik kimlik saptama sistemlerinde yaygın olarak kullanılan yöntemlerden olan parmakizi ve konuşmacı tanıma ele alınmış ve öznelik-tabanlı yaklaşım incelenmiştir.

Kullanılan test mimarisi ile kişilerin parmakizi ve konuşma örnekleri alınmış, alınan örnekler eğitildikten sonra bu kişilerin eğitilmemiş başka parmakizi ve konuşma örnekleri alınıp eğitilen ağda sınanmıştır. Böylece kişilerin tespit edilmesi sağlanmıştır. Yapılan çalışmanın doğruluk oranının aşağıdaki tabloda da yer aldığı üzere yüksek olduğu görülmüştür. Eğitilmiş olan parmakizleri ve konuşma örnekleri test edildiğinde %100 başarı sağlanmıştır. Test amaçlı parmakizlerinde bu oran %77, test amaçlı konuşma örneklerinde aynı oran %86 olmaktadır. Tablo 6.1'de eğitim ve test verilerine ait başarı göstergesi yer almaktadır.

Tablo 6.1. Sistemin eğitim ve test verilerine göre başarımların göstergesi

Kişiler	Eğitim sesi	Test Sesi	Eğ. P.İzi	Test .P.İzi
Ahmet Küçüker1	+	-	+	+
Ahmet Küçüker2	+	+	+	+
Ahmet Küçüker3	+	+	+	+
Ahmet Küçüker4	+	+	+	
Ahmet Küçüker5	+	+	+	
Ahmet Şanslı1	+	-	+	+
Ahmet Şanslı2	+	+	+	-
Ahmet Şanslı3	+	+	+	+
Ahmet Şanslı4	+	+	+	
Ahmet Şanslı5	+	+	+	
Can Yüzkollar1	+	+	+	-
Can Yüzkollar2	+	+	+	+
Can Yüzkollar3	+	+	+	+
Can Yüzkollar4	+	+	+	
Can Yüzkollar5	+	+	+	

Kullanılan sistem fakülte, hastane, kütüphane, yemekhane gibi kurumların giriş çıkış kapılarında kimlik tespiti ve benzer güvenlik fonksiyonlarında bir güvenlik sistemi olarak kullanılabilir.

Tasarlanan sistemde iki biyometrik yöntemin birlikte kullanılmasının nedeni parmakizi üzerindeki yaralanmalarda ve cilt hastalıklarında oluşabilecek olumsuzlukları konuşma ile kapatmaya çalışmak; aynı şekilde konuşma üzerinde meydana gelebilecek (nezle, soğuk algınlığı, taklit gibi) olumsuzlukları da parmakizi ile kapatmaya çalışmak olarak açıklanabilir. Böylece genellikle güvenlik sistemi olarak tasarlanan durumlarda kullanılacak olan bu sistemde güvenlik unsuru daha da artırılmış olur.

Güvenlik unsurunun ve otomatik kişi tanıma sistemlerinin gittikçe daha fazla önem kazandığı günümüzde biyometrik, ihtiyaç duyulan güvenlik gereksinimlerini karşılamaktadır ve yakın gelecekte baskın otomatik kişi tanıma yöntemi olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] LIU, S., SILVERMAN, M., A Practical Guide to Biometric Security Technology, IT Professional, vol. 03, no. 1, pp. 27-32, January/February, 2001.
- [2] CLARKE, R., Human identification in information systems: Management challenges and public policy issues. Information Technology & People, 7(4):6-37, 1994.
- [3] CAMPBELL, J., ALYEA, L., DUNN, J. Biometric security: Government applications and operations. <http://www.vitro.bloomington.in.us:8080/^BC/>, 1996
- [4] MILLER, B. Vital signs of identity. IEEE Spectrum, 31(2):22-30, 1994.
- [5] National Institute of Standards and Technology. Guideline for The Use of Advanced Authentication Technology Alternatives. Federal Information Processing Standards Publication 190, 1994.
- [6] NEWHAM, E. The Biometric Report. SJB Services, New York, 1995.
- [7] MINTIE, D. Welfare id at the point of transaction using fingerprint and 2D bar codes. In Proc. CardTech/SecurTech, Volume II: Applications, pages 469-476, Atlanta, Georgia, May 1996
- [8] Lexington Technology, Inc. Lexington Technology, Inc. Homepage. <http://www.lexingtotech.com/index.html>, 1998.
- [9] CLARKE, R., Human identification in information systems: Management challenges and public policy issues. Information Technology & People, 7(4):6-37, 1994.
- [10] CHELLAPPA, R., WILSON, C., and SIROHEY, A., Human and machine recognition of faces: A survey. Proceedings IEEE, 83(5):705-740, 1995.
- [11] TURK, M. and PENTLAND, A., Eigenfaces for recognition. Journal of Cognitive Neuroscience, 3(1):71-86, 1991.
- [12] SWETS, D., L., and WENG, J. Using discriminant eigenfeatures for image retrieval. IEEE Trans. PAMI, 18(8):831-836, 1996.

- [13] HONG, Z., Algebraic feature extraction of image for recognition. *Pattern Recognition*, 24(2):211-219, 1991.
- [14] Visionics. Visionics Homepage, <http://www.visionics.com>, 1998.
- [15] MOENSSENS, A. *Fingerprint Techniques*. Chilton Book Company, London, 1971.
- [16] DAVIES, S., G., Touching big brother: How biometric technology will fuse flesh and machine. *Information Technology & People*, 7(4):60-69, 1994.
- [17] TRS. Technology Recognition Systems Homepage, <http://www.betac.com/trs/>, 1998.
- [18] DAUGMAN, J., G., High confidence visual recognition of persons by a test of statistical independence. *IEEE Trans. Pattern Anal. and Machine IntelL*, 15(11):1148-1161, 1993
- [19] ANIL, K. J., LIN, H., PANKANTI, S., BOLLE, R., Authentication System Using Fingerprints *Proceedings Of The IEEE*, Vol. 85, NO. 9, September 1997
- [20] HALICI U., JAIN, L.C., HAYASHI, I., LEE, S.B., TSTSUI, T., *Intellegent Biometric Techniques in Fingerprint and Face Recognition* CRC pres, USA, 1999.
- [21] LEE, H.C., GAENSSLEN, E.R., *Advanced in fingerprint Technology*, s 444, CRC pres, London June 2001
- [22] JAIN, A.K., HONG, L., BOLLE, R., Online Fingerprint Varification, *IEEE Transaction on PAMI*, 19, No. 4, 302-314, 1997.
- [23] BAZEN, A.,M., GEREZ, S.,H., Systematic methods for the computation of the directional fields and singular points of fingerprints. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 24,905-919, July 2002
- [24] JAIN, A.,K., PRABHAKAR, S., HONG, L., PANKANTI, S., Filterbank-based Fingerprint Matching, *IEEE Transactions on Image Processing*, 9, No.5, 846-859,2000
- [25] Federal Bureau of Investigation. *The Science of Fingerprints: Classification and Uses*. U.S. Government Printing Office, Washington, D. C, 1984
- [26] ONGUN, G., *An Automatic Fingerprint Identification System Based on Self Organizing Feature Maps Classifier* , Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, 1995

- [27] JIANG, X., YAU, W.,Y., Fingerprint minuate matching based on the local and global structures Proceedings. 15th International Conference on Pattern Recognition, 2000. 2 , 1038-1041, 2000
- [28] CAPPELLI, R., LIMUNI, A., MAIO, D., MALTONI, D., Fingerprint clasification by directional image partitioning, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 21,5,402 -421,1999
- [29] KAWAGOE, M., TOJO., A., Fingerprint pattern classification. Pattern Recognition, 17(3):295-303, 1984.
- [30] TICO, M., KOUSMANEN, P., An Algorithm for fingerprint image postprocessing Conference Record o f the Thirty-Fourty Asilomar Conference on Signals, Systems an Computers, 2000. 1735-1739,2000.
- [31] The biometric white paper. Tecnical documentation of Biosimkey. SDK
- [32] KAWAGOE, M., TOJO, A., Fingerprint pattern classification. Pattern Recognition, 17(3):295-303, 1984
- [33] RAO, A., A Taxonomy for Texture Description and Identification. Springer-Verlag, New York, 1990
- [34] FURUI, S., 1995 Speaker Recognition, Tokyo Institue of Technology, Deperment o f Computer Science, NATO ASI Series from Statistics to Nerural Networks Vol:136.
- [35] LEVINE E., A Time Warping Neural Networks Proc. Of the Int Conf. On Acousitics, 1995.
- [36] İNAL M., Yapay Sinir Ağları Tabanlı Konuşmacı Tanıma, Doktora Tezi, Temmuz 2001
- [37] DAVIS, S., B., MERMELSTEIN, P., Comparison of parametric representations for monosyllabic word recognition in continuously spoken sentences. IEEE Transactions on Acoustics, Speech and Signal Processing, ASSP-28:357--366, August 1980.
- [38] DAVIS, S., MERMELSTEIN, P. Comparison of parametric representations for monosyllabic word recognition in continuously spoken sentences. IEEE Trans.Acoustics, Speech, and Signal Processing 28, 4 (1980), 357-366
- [39] FARRELL, K. R., MAMMONE, R., J., and ASSALEH, K., T., Jan. 1994. Speaker Recognition Using Neural Networks and Conventional Classifiers, IEEE Trans. On Speech and Audio Processing, Vol.2, No.1,part II

- [40] HUANG, X., ACERO, A., and HON, H.W., Spoken Language Processing: a Guide to Theory, Algorithm, and System Development. Prentice-Hall, New Jersey, 2001.
- [41] HAYKIN, S., Neural Networks. Macmillan College Publishing Company, USA, 696P. 1994.
- [42] HARVEY, R., L., Neural Network Principles. Prentice-Hall, Inc. New Jersey. 1994.
- [43] ÖZTEMEL, E., Yapay Sinir Ağları.İstanbul Papatya Yayıncılık, 2003.
- [44] HAYKIN, S., Neural Networks: A Comprehensive Foundation, Pearson Prentice all, Delhi (2005).
- [45] ZURADA, M. J., Introduction to Artificial Neural Systems. West Publishing Company, Inc. New York 1992.
- [46] SAĞIROĞLU, S., BEŞDOK, E., ERLER, M., Mühendislikte Yapay Zeka Uygulamaları-1 Ufuk Yayıncılık, Kayseri.
- [47] EFE, Ö., KAYNAK, O., Yapay Sinir Ağları ve Uygulamaları, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul (2000).
- [48] KUCUKER .P., “Fonetik Ders Notları” SAÜ 2004
- [49] MATLAB® Documentation Neural Network Toolbox Help (2002)

ÖZGEÇMİŞ

Can Yüzkollar 22.08.1981 yılında Sakarya'da doğdu. İlk, orta ve lise öğretimini Sakarya'da tamamladı. 2000 yılında kazandığı Sakarya Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği bölümünü 2004 yılında bitirdi. Aynı yıl askerlik hizmetini tamamladı. 2005 yılında Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar ve Bilişim Mühendisliği bölümüne başladı. Halen 2005 yılında göreve başladığı Sakarya Üniversitesi Bilgi İşlem Dairesi Başkanlığı bünyesinde Uzman olarak görev yapmaktadır.