



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

**İŞİTME ENGELLİ BİREYLERİN EĞİTİMİ İÇİN SESİ TİTREŞİME  
DÖNÜŞTÜREN SİSTEM TASARIMI VE UYGULAMASI**

**UMUT ÇELİK**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ELEKTRİK-ELEKTRONİK VE BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ  
ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN  
PROF. DR. RESUL KARA**

**DÜZCE, 2020**

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

**İŞİTME ENGELLİ BİREYLERİN EĞİTİMİ İÇİN SESİ TİTREŞİME**  
**DÖNÜŞTÜREN SİSTEM TASARIMI VE UYGULAMASI**

Umut ÇELİK tarafından hazırlanan tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Tez Danışmanı**

Prof. Dr. Resul KARA

Düzce Üniversitesi

**Jüri Üyeleri**

Prof. Dr. Resul KARA

Düzce Üniversitesi

Doç. Dr. Devrim AKGÜN

Sakarya Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Zehra KARAPINAR ŞENTÜRK

Düzce Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: 15/01/2020

## **BEYAN**

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

15.01.2020

Umut ÇELİK



## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimimde ve bu tezin hazırlanmasında gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli hocam Prof. Dr. Resul KARA'ya ve ders aldığım tüm hocalarıma en içten dileklerle teşekkür ederim.

Bu çalışma boyunca yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen sevgili eşim Selma ve kızım Melike'ye ve çalışma arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

**15/01/2020**

**Umut ÇELİK**



# İÇİNDEKİLER

## Sayfa No

ŞEKİL LİSTESİ .....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ .....	viii
DENKLEM LİSTESİ.....	ix
KISALTMALAR.....	x
SİMGELER .....	xi
ÖZET .....	xii
ABSTRACT .....	xiii
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. LİTERATÜRDE YER ALAN ÇALIŞMALAR .....</b>	<b>3</b>
1.1.1. İşitme Engelliler İle İlgili Yapılan Çalışmalar .....	3
1.1.2. Ses Tanımayla İlgili Çalışmalar .....	8
1.1.3. Sesin Titreşime Dönüşümü İle İlgili Çalışmalar .....	11
<b>2. SES TANIMA.....</b>	<b>14</b>
<b>2.1. SES İŞLEME VE KONUŞMA TANIMANIN TARİHÇESİ .....</b>	<b>14</b>
<b>2.2. SES TANIMA SİSTEMLERİNE GENEL BİR BAKIŞ .....</b>	<b>15</b>
2.2.1. Sesin Kaydedilmesi ve Konuşmanın Saptanması .....	16
2.2.2. Sesin İşlenmesi .....	16
2.2.3. Karşılaştırma ve Eşleştirme.....	16
2.2.4. İşlevin Gerçekleştirilmesi.....	16
<b>2.3. SES TANIMA SÜRECİNDE KULLANILAN TEKNİKLER .....</b>	<b>16</b>
2.3.1. Sesin Kaydedilmesi ve İfadenin Saptanması.....	17
2.3.2. Sesin Sayısallaştırılması .....	17
2.3.3. İfadenin Belirlenmesi .....	17
2.3.4. Sesin İşlenmesi .....	18
2.3.4.1. Pencereleme.....	18
2.3.4.2. Doğrusal Filtreler.....	19
2.3.4.3. FIR Filtre .....	19
2.3.4.4. IIR Filtre .....	20
2.3.5. Sesin Kodlanması.....	20
2.3.6. Öznitelik Çıkartılması.....	21

2.3.6.1. Mel Frekansı Kepstrum Katsayıları.....	21
<b>2.3.7. Karşılaştırma ve Eşleştirme.....</b>	<b>23</b>
2.3.7.1. Saklı Markov Modelleri .....	23
2.3.7.2. Yapay Sinir Ağları .....	25
2.3.7.3. Dinamik Zaman Uydurma .....	25
<b>3. SİSTEM TASARIMI.....</b>	<b>26</b>
3.1. SİSTEM DONANIMI .....	26
3.2. SİSTEM YAZILIMI .....	27
3.2.1. Kelimelerin Sisteme Kaydedilmesi .....	28
3.2.2. Sistemin Sesleri Tanınması .....	29
3.2.3. Harflerin Titreşime Dönüşümü.....	29
<b>4. DENEYSEL PERFORMANS ÖLÇÜMLERİ .....</b>	<b>31</b>
<b>5. SONUÇlar ve öneriler .....</b>	<b>35</b>
<b>6. KAYNAKLAR .....</b>	<b>36</b>
<b>7. EKLER.....</b>	<b>42</b>
7.1. EK 1: HARFLERİN YELEKTEKİ DİZİLİMİ .....	42
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>43</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
Şekil 2.1: Von Kempelen'in Konuşan Makinesi. [54].....	14
Şekil 2.2: Genel ses tanıma sistemi modeli. [80].....	15
Şekil 2.3: Sesin Sayısallaştırılması. [82] .....	17
Şekil 2.4: MFKK Algoritması Blok Diyagramı. [55].....	21
Şekil 2.5: Çerçeveleme. ....	22
Şekil 2.6: Mel-filtre bankası. ....	23
Şekil 2.7: Saklı Markov Model Örneği. [52].....	24
Şekil 2.8: Yapay Bir Sinir Düzümü. [92] .....	25
Şekil 3.1: Sistemin Çalışma Yapısı.....	26
Şekil 3.2: Sistemin genel görünümü. ....	26
Şekil 3.3: Eğitim Aşamasının Blok Şeması. ....	28
Şekil 3.4: Tanıma Aşamasının Blok Şeması.....	29
Şekil 3.5: Türkçe alfabesindeki 29 harfin yelek üzerindeki yerleşim düzeni. ....	30
Şekil 4.1: Tek heceli sözcükler. ....	31
Şekil 4.2: İki heceli sözcükler.....	32
Şekil 4.3: Üç heceli sözcükler.....	32
Şekil 4.4: Dört heceli sözcükler.....	33
Şekil 4.6: Okuma-Yazma bilen sağlıklı bireylerin doğru tahmin sayıları. ....	34

## ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 3.1 : Kullanılan Donanımlar ve Özellikleri .....	27
Çizelge 4.1: Test aşamasında doğru bilinen kelime sayıları.....	34





## DENKLEM LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
(2.1).....	18
(2.2).....	18
(2.3).....	18
(2.4).....	18
(2.5).....	18
(2.6).....	19
(2.7).....	19
(2.8).....	19
(2.9).....	19
(2.10).....	20
(2.11).....	22
(2.12).....	22
(2.13).....	22



## KISALTMALAR

ASCII	American Standard Code for Information Interchange
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
dB	Desibel
DOC	Dactylogy Converser
DTW	Dynamic Time Warping
EMG	Elektromiyografi
FFT	Fast Fourier Transform
FIR	Finite Impulse Response
GHE	Global Health Estimates
GMM	Gaussian Karışım Modellerine
GR	Gram
GUI	Graphical User Interface
HMM	Hidden Markov Model
Hz	Hertz
IIR	Infinite Impulse Response
IP	Internet Protokol
LCD	Liquid Crystal Display
LDB	Local Discriminant Bases
LFPC	Log Frequency Power Coefficients
LPC	Linear Predictive Coding
MFCC	Mel Frequency Cepstral Coefficient
MFKK	Mel-Frekansı Kepstral Katsayıları
SL	Sign Language
SMM	Saklı Markov Modelleri
SVM	Support Vector Machine
TB	TeraByte
TUİK	Türkiye İstatistik Kurumu
USB	Universal Serial Bus
V	Volt
VEST	Versatile Extra-Sensory Transducer
WAR	Word Accuracy
WHO	World Healt Organization

## SİMGELER

$\alpha$	Alpha
$\infty$	Infinity
$\Omega$	Ohm
$\omega$	Omega
$\pi$	Pi
$\Sigma$	Sigma



## ÖZET

### İŞİTME ENGELLİ BİREYLERİN EĞİTİMİ İÇİN SESİ TİTREŞİME DÖNÜŞTÜREN SİSTEM TASARIMI ve UYGULAMASI

Umut ÇELİK

Düzce Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı  
Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Resul KARA

15/01/2020, 41 sayfa

İşitmenin insan hayatında çok önemli bir rolü vardır. İşitme kaybı olan insanların iletişim, insanlar ile diyalog ve zekâ gelişimi konularında eksiklikleri vardır. Bu sorunun giderilmesi için geçmişten günümüze çeşitli öğretim yöntem ve materyalleri kullanılmıştır. Bu bağlamda kullanılan yardımcı dinleme cihazları, telekomünikasyon cihazları, konuşmayı metne çeviren cihazlar, uyarı cihazları gibi teknolojik araçlar ve materyallerin öğrenmeyi kolaylaştırdığı bilimsel araştırmalarla kanıtlanmıştır. Bu çalışma kapsamında mikrokontrolcülü bir ses algılama, eşleştirme ve titreşim üretme sistemi tasarlanmıştır. Tasarımı yapılan cihaz ile beynin duyma ile öğrenmesinin yerine hissetme ile öğrenmesi amaçlanmıştır. Cihaz, dışarıdan gelen sesleri analiz ederek veri tabanında kayıtlı olan sesler ile eşleştirmekte, eşleşen ses içinde yer alan harf dizisini üretmekte ve her bir harf için kişinin üzerinde bulunan giysideki farklı konumdaki titreşim motorunu çalıştırmaktadır. Okuma yazma bilen sağlıklı bir birey öncelikli olarak cihazın kullanımı konusunda eğitilmiş sonra günlük hayatta sık karşılaşacağı ifadeleri içeren seslerin vücut tarafından algılanması için eğitim çalışması yapılmıştır. Yapılan test sonucunda ise bireyin kelimeleri tanıma oranı %85 olarak ölçülmüştür.

**Anahtar sözcükler:** Giyilebilir teknoloji, Ses tanıma, Sesi Titreşime Dönüştürme, Titreşimle Kavramları Algılama.

## **ABSTRACT**

### **DESIGN AND IMPLEMENTATION OF VOICE TO VIBRATION TRANSFORMATION SYSTEM FOR EDUCATION OF HEARING IMPAIRED INDIVIDUALS**

Umut ÇELİK

Düzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Electrical-Electronics  
and Computer Engineering Master's Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Resul KARA

15/01/2020, 41 pages

Hearing has a very important role in human life. People with hearing loss have shortcomings in communication, dialogue with people and development of intelligence. To solve this problem, various teaching methods and materials have been used from the past to the present. In this context, auxiliary listening devices, telecommunication devices, devices that convert speech to text, warning devices such as technological tools and materials have been proved by scientific research that facilitates learning. In this study, a sound detection, matching and vibration generation system is designed. It is aimed to learn the sensation of the brain by hearing the device instead of learning. The device analyzes the sounds coming from outside and matches it with the sounds recorded in the database, produces the string of letters in the matching sound, and activates the vibration motor in the different position on the garment for each letter. A healthy individual who is literate has been trained primarily about the use of the device, and then training has been carried out to perceive the sounds containing the expressions he will encounter in daily life by the body. As a result of the test, the rate of individuals' recognition of words was measured as 85%.

**Key Words:** Wearable technology, Voice recognition, Sound to Vibration, Recognition of Concepts by Vibration.

# 1. GİRİŞ

İnsanoğlunun temel duyularından ikisi iletişim için yaygın olarak kullanılır. Bunlar işitme ve görmedir. İşitme, görmeye göre daha baskın özellikler içerir. Duyma; havadaki moleküllerde oluşan değişimin derinlemesine algılanmasını sağlayan bir olaydır. Moleküllerin enerjilerini çevresindeki moleküle bitene kadar aktarmalarıyla oluşan dalgaya ses denir. Kulak tarafından duyulan ise bu ses dalgasıdır. Çevremizde bulunan ses dalgaları kulaktan girdikten sonra sinirler aracılığıyla beynimize iletilir. Beynimiz de gelen bu verileri anlamlandırır, kaydeder veya bazı durumlarda ise dikkate almaz. Sonuç olarak işitme, insanın atmosferdeki ses dalgalarını beyne aktararak anlamlı birer veri haline getirmesidir [1].

Sağırılık ya da işitme engeli, farklı derecelerdeki işitme eksikliğini ifade eder. İşitme özü, ağır işiten ve işitmeyen olmak üzere iki çeşittir. İşitmeyen birey, çevresindeki sesleri işitme cihazı kullanarak veya kullanmayarak önemli derecede beyne işlenmesi için aktaramayan bireydir. Ağır işiten birey ise, işitme cihazı desteğiyle ses dalgalarını kayıplı da olsa beyne aktarma işlemini başarılı bir şekilde gerçekleştirebilen bireydir [2].

İşitme kaybı, bireylere uygulanan işitme testi sonucunda elde edilen değerler normal işitme değerlerinden belirgin şekilde farklı olduğunda anlaşılabilir. Normal işitme değerleri 16-20.000 Hz. ve 0.110 dB'dir. İşitme yetersizliği, bireylerin duyma işlevini yerine getiremediğinden dolayı yaşadığı duruma denilmektedir. Bu durumdaki kişiler kişisel gelişim ve iletişim görevlerini istenilen düzeyde yerine getiremezler [3].

İşitme kaybı, bireyler üzerinde fonksiyonel, sosyal, duygusal ve ekonomik etkilere yol açabilir. İşitme kaybının temel etkilerinden biri, bireyin diğer işitme engellilerle iletişim kurabilmesidir. Konuşmasız dil gelişimi, işitme kaybı olan çocuklarda sıklıkla gecikir. İşitme kaybı ve otitis media (orta kulak enfeksiyonu) gibi kulak hastalıklarının çocukların akademik performansı üzerinde önemli derecede olumsuz etkileri olabilir. Genellikle, sınıfta başarısızlık oranlarında artış ve eğitim yardımına daha fazla ihtiyaç duyulur. Uygun eğitim yerlerine erişim, optimal öğrenme deneyimleri için önemlidir. İletişimden

dışlanma, özellikle işitme kaybı olan yaşlı insanlar arasında yalnızlık ve hayal kırıklığı duygularına neden olarak günlük yaşam üzerinde önemli bir etkiye sahip olabilir [2].

Gelişmekte olan ülkelerde, işitme kaybı ve sağırlığı olan çocukların okullaşma oranları düşüktür. TUİK'in 2011 deki araştırmasına göre işitme kaybı olan engellilerin istihdamının büyük ölçüde yetersiz olduğu belirtilmiştir. Eğitim ve mesleki iyileştirme hizmetlerine erişimin artırılması ve toplumda farkındalığın yükseltilmesi, işitme kaybı olan kişilerin işsizlik oranlarını azaltacağı tahmin edilmektedir [4]. İşitme engeli olan çocuklarda genellikle yavaş öğrenme, konuşma, dil ve bilişsel becerilerin gelişiminin geciktiği bilinmektedir [5].

İşitme kaybı tüm dünyadaki milyonlarca insanı etkilemektedir ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) istatistiklerine göre engel sıralamasında dördüncü sıradadır. Halen, dünya genelinde işitme kaybı yaşayan yaklaşık 466 milyon insanın olduğu tahmin edilmektedir. Küresel nüfusun artması ve yaşlanması ile birlikte işitme kaybı olan insanların sayısı hızla artmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü tahminlerine göre, iyileştirme çalışmaları yapılmaması durumunda, 2030 yılında sayının 630 milyona, 2050'de 900 milyona çıkması beklenmektedir [6]. Türkiye'de ise 2011 Nüfus ve Konut Araştırması sonuçlarına göre duymada zorluk yaşayanların genel nüfus içindeki oranı %1,1 dir [7]. TUİK in 2012 yılındaki sağlık araştırmasına göre işitme cihazı kullananların nüfusa oranı erkekler için %1,9 ve kadınlar için ise %2,5'dir [8]. TUİK 2016 Sağlık araştırması verilerine göre ise nüfusun % 4,5 i işitme engelidir.

Teknoloji ile gelen yenilikler, insan hayatını kolaylaştırdığı gibi engelli bireylerin de yaşam kalitelerini artırarak toplumla bütünleşmesine katkı sağlayacak güce sahiptir. Bu durum, özürlü insanlar için son yıllarda geliştirilen yeni teknolojik cihazlar ile kendisini göstermektedir. Geliştirilen çeşitli yazılım ve yardımcı donanımlar, bireylerin engellerini azaltma ve giderme noktasında fayda sağlamaktadır. Yardımcı teknolojik donanımlar, mekanik, elektrik, elektronik ve bilgisayar donanımlı aygıtlar olup engelli bireylerin yapamadıkları işleri yapmalarına imkân sağlamaktadır. Teknolojinin sağladığı bu imkânlar ile engelli bireyler, iletişim becerilerini iyileştirmekte, hareket kabiliyetlerini artırmakta ve bu sayede çalışma fırsatı yakalayarak toplumla bütünleşmektedirler [9].

Sağır, dilsiz ve âmâların topluma kazandırılmaları ve eğitimleri zor bir sosyolojik olaydır. Eğitimden önce insanların bu bireylerin varlığını kabul edip, onların da çeşitli eğitimlerle

topluma kazandırılabilceği dűşüncesini kabullenmeleri gerekmektedir. Ayrıca eğitim sürecinde kullanılan araç gereçlerle de, soyut kavramları somutlaştıarak öğrenmelerine katkı sunulabilmektedir.

[2]'de işitme engelli öğrencilerle iletişim kurmaya yardımcı teknolojik araçlar, şu şekilde belirtilmiştir:

- Yardımcı dinleme aygıtları
- Telekomünikasyon aygıtları
- Konuşmayı yazıya çeviren aygıtlar
- Uyarı aygıtları

Bilişim teknolojilerinin sunduğu imkânlar yardımıyla bu öğrencilerin özel ihtiyaçlarına uygun öğrenme ortamları oluşturularak onların işitme engelinden kaynaklanan öğrenme güçlükleri azaltılabilir.

Bu tez çalışmasında, işitme engelli bireylerin eğitimlerini ve sosyal hayata adaptasyonlarını kolaylaştıracak yeni bir giyilebilir teknolojik yelek tasarımı yapılmıştır. Yelek üzerine yerleştirilen ve harfleri temsil eden 29 adet titreşim motorun ile engellilerin kelimeleri tanınması sağlanmıştır. Eğitim aşamasında kelimeler sisteme kaydedilerek öznitelikleri oluşturulmuştur. Test aşamasında ise söylenen kelimenin öz niteliği belirlendikten sonra, sistemin eğitim aşamasında elde edilen şablonlar ile karşılaştırılması suretiyle eşleşen kelime tespit edilecektir. Tespit edilen kelime, harflerine ayrılıp seri porta bağlı Mikrodenetleyici üzerinden titreşim motorlarına gönderilecektir. Engelli birey de titreşim motorlarına göre söylenen kelimeyi tespit edecektir.

## **1.1. LİTERATÜRDE YER ALAN ÇALIŞMALAR**

### **1.1.1. İşitme Engelliler İle İlgili Yapılan Çalışmalar**

İşitme engellilerin hayatlarını kolaylaştıracak yardımcı teknolojilerin geliştirilmesine dayanak oluşturan çok sayıda bilimsel çalışma literatürde yer almaktadır. Bu çalışmalar konuşmanın metne dönüştürülmesi, konuşmanın algılanması, seslerin özelliklerinin çıkarılması, sesin farklı dalga formlarında ifade edilmesi, sesin titreşime dönüştürülmesi, giyilebilir teknolojiler, mini bilgisayar uygulamaları ve bireylerin eğitiminde yardımcı araçlar olarak görülmektedir.



Osmanlı Devleti'nde sağır dilsizlerin eğitimi için özel çalışmalar yapılmaya başlanmış, devamında başta İstanbul olmak üzere çeşitli merkez illerde okullar açılmıştır. Verilen eğitimlerle sağır dilsiz ve amâ çocuklar meslek öğrenmiş ve kendi başlarına hayatlarını devam ettirip toplumla bütünleşmişlerdir [10].

[11]'de konuşma üretimine etkilerini belirlemek amacıyla hiç duymayan sağır çocuklar için dokunsal bir duyuşal yardım cihazının kullanıldığı sınıf içi bir alan değerlendirmesi yapılmıştır. Çalışmada, ses frekanslarının karnın etrafına yerleştirilen bir kemer üzerindeki dokunma düzeneğine aktarımı gerçekleştirilmiştir. Sürekli giyilebilir, yüksek çözünürlüklü bir dokunsal yardım aracı olarak geliştirilen bu prototip ile engelli kullanıcılar çevresel seslerden, başkalarının konuşmalarından ve kendi seslerinden gelen geri bildirimlerden önemli miktarda akustik bilgiye erişebileceği ifade edilmiştir.

[12]'de duyma engelliler için banka ve hastane gibi yerlerde kullanılmak üzere bir bilgisayar sistemi önerilmiştir. Sistemi oluşturmak için öncelikle finans ve sağlık alanlarında sembolleri içeren Bosphorus Sign Türk İşaret Dili veri tabanı oluşturulmuştur.

[13]'te işaret dili hakkında bilgisi olmayanlar için işaret dilini sesli ve yazılı mesajlara dönüştüren bir cihaz olan Dijital Dactyloogy Converser (DOC) adı verilen bir cihaz önerilmiştir. Öncelikle bir el hareketinin görüntüsü bilgisayar programı tarafından tanınır ve bu görüntüye dayanarak sırasıyla konuşmacıda ve LCD ekranda bir konuşma ve metin alınır ve gösterilir. Bu cihazın amacı, konuşamayan insanların diğer insanlar arasındaki iletişimi kolaylaştırmak, sınırlamalarını en aza indirmek ve sınırlarını genişletmektir. Deneysel sonuçlar, farklı kullanıcılar için cihazın performansını doğrulamıştır.

[14]'te işitme engelliler için iletişim sürecini, e-öğrenme platformlarındaki İşaret Dili'nin çevirisi yoluyla geliştirmek için potansiyel teknoloji çözümleri üzerine bir çalışma sunmaktadır.

[15]'te duyma engelli öğrencilerin dil gelişimlerinde görsel araç ve gereçlerin, öğrencilerin öğrenmeye çalıştığı bilgileri somutlaştırarak daha kalıcı öğrenmeyi artırdığının önemi ve öğrenciler için gerekli teknolojik materyallere ihtiyaç duyulduğu konularında bilgilere yer verilmiştir.

[16]'da yapılan çalışmada, yazılım eğitimi için yüksekokul öğrencileri üzerinde araştırma yapılmıştır. Araştırmanın sonunda geliştirilen modelin öğrencilerin bilgisayar ve yazılım

kullanma becerilerinin arttığı gözlemlenmiştir. Uygulama kapsamında öğrencilere dergi hazırlama yazılımının (QuarkXPress) program komutları ve anlamlarının anlatılma çalışmaları yapılmış olup, yapılan çalışmaların öğrencilerin mesleki kazanımlarının arttığının tespit edildiği ifade edilmiştir.

[17]'de bilgisayar ve uzaktan eğitimden faydalanılarak geliştirilen web tabanlı ara yüz sayesinde, işitme engelli bireylerin uzaktan eğitim almak suretiyle yaşantılarındaki anlama ve kavrama zorluklarının azaltılmaya çalışıldığı ifade edilmiştir.

[18]'de geliştirilen giyilebilir teknolojik donanım sayesinde işaret dilinde kullanılan el hareketlerinin ve ayrıca kola takılan cihazla EMG sinyallerinin kaydedilerek işaret dilinin algılanmasına çalışılmıştır.

[19]'da geliştirilen “Konuşan Eldiven” isimli donanım aracı ile işaret dilinin yazı ve sese dönüştürülmesi sağlanmıştır. El hareketlerini algılayan eldiven, yapılan hareketleri bluetooth ile akıllı telefona kablosuz olarak göndermektedir. Telefona yüklenen geliştirilen uygulama yazılımı ile eldivenden gönderilen hareketler sesli ve yazılı olarak sunulmaktadır. Bluetooth ile kablosuz olarak kullanılan eldiven tam dolu batarya ile bir gün boyunca çalışabildiği ifade edilmiştir.

Yüksek frekanslı işitme kaybı, tüm yaş gruplarında insanlar arasında yaygın bir sorundur. Bu tür işitme kaybından muzdarip olan insanlar genellikle bazı ünsüz sesleri duyma kabiliyetini kaybederler ve bunun sonucunda başkalarıyla iletişimde zorluk çekerler. [20]'de eksik yüksek frekanslı bilginin yerini almasına yardımcı olmak amacıyla bir duyuşal modelde eksik olan çevresel bilgiyi bir başkasına sunmaya yarayan bir teknik olan duyuşal ikame yöntemi önerilmiştir. Yöntemi uygulamak için geliştirilen cihaz kaydedilen bilgileri almakta, frekansa göre dört farklı kanala filtrelemekte, ardından dört kanalı bir ses kartına göndermektedir.

[21]'de yapılan çalışmada teknolojik altyapıya sahip öğrenme ortamında görsel öğeleri temel alan bir sistem oluşturulmuştur. Sistemin amacı duyma engelli öğrenciler üzerinde teknolojik donanımlı öğretim ortamının etkilerini incelemektir. Yapılan uygulamalarda öğrencilerin özellikle izleme testi çalışmalarında elde ettikleri başarılar dikkate alındığında, teknoloji destekli olarak geliştirilen uygulamaların sağladığı tekrar ve bireysel hızda ilerleme imkanları öğrencilerin kelimeleri kalıcı olarak öğrenmesinde etkili olduğunun gözlemlendiği ifade edilmiştir.

[22]'de işitme engellilere yönelik Android ve Web tabanlı bir uygulama geliştirilmiştir. İşaret dili bilmeyen bireylerin, işitme engellilerle iletişim kurmalarının güçlüğü ortadan kaldırmaya odaklanan bu çalışmada, gelişen yazılım teknolojileri kullanılarak bu soruna çözüm sunulmaya çalışılmıştır. Sesi yazıya çeviren teknolojiler ve buna ek çeşitli yazılımlar kullanılarak bütünleşik bir sistem önerilmiştir.

[23]'te, duyma engelli öğrencilerin kelime dağarcıklarını artırmak için strateji çeşitleri ve bunların uygulanmasında dikkat edilecek hususlar hakkında bilgiler sunulmuştur.

[24]'te AURIS adı verilen, işitme engellilerin sözel iletişimi artırmada eğitimcilere rehber olması için görsel teknoloji içeren bilgisayar tabanlı eğitim materyali geliştirilmiştir.

[25]'te yer alan çalışmada, işitme engelli bireylere, mobil bilişim teknolojilerini kullanarak, çoklu ortam öğeleriyle zenginleştirilmiş, Türk İşaret Dilini öğretmeyi amaçlayan bir yazılım geliştirilmiş ve öğrencilerin mobil teknolojilere uyumu gözlemlenmiştir. Geliştirilen MTİDs adlı uygulama sayesinde işitme engellilerin, öğrenme seviyelerinde anlamlı bir artış olduğu ve işitme engelli yakınları tarafından da olumlu geri dönüşler alındığı belirtilmiş ve Türk İşaret Dili'nin yaygınlaştırılmasına da fayda sağlayacağını öngörüldüğü ifade edilmiştir.

[26]'daki çalışmada, ses olayını analiz edebilen ve bir sesli olay meydana gelirse dokunsal veya görsel uyarılar yayınlatabilen cep telefonları için bir uygulama sunulmuştur. Ses analiz algoritması, cep telefonunun mikrofonunu kullanarak veri yakaladığı ve kullanıcının çevresindeki ses faaliyetlerindeki değişiklikleri kontrol edebildiği, görsel veya titreşim uyarıları ürettiği elde edilmiştir.

[27]'de, sağır ve dilsiz insanlar arasında bir iletişim yolu aynı zamanda bir eğitmen olarak hizmet edecek olan el hareketini tanımak için bir çerçeve önerilmiştir. Önerilen çerçeve, sağır ve dilsiz bireyler için bir iletişim sistemi olarak hareket etmektedir. Sistem sağırın kullandığı işaret dilinin hareketlerini sisteme aktararak tanımladıktan sonra, ifadeye karşılık gelen anlamı metin ya da ses biçiminde karşıdaki bireye aktarmaktadır.

[28]'deki tez çalışmasında, insan konuşmasını dudak okumak suretiyle görsel konuşmaya çeviren bir sistem sunulmuştur. Bu çalışmada, yüz noktalarını sentezleyerek animasyonunu oynatan bir sistem gerçekleştirilmiştir. Konuşmacıdan alınan işitsel ve

görsel veriler kullanılarak eğitilen kod defteri tabanlı bir teknik ile gerçekçi bir animasyon elde edilmeye çalışılmıştır.

[29]'da dijital sensör sistemine sahip Leap Motion cihazı kullanılarak Türkçe İşaret Dili'ne ait parmak heceleme alfabesi harflerinin tanınmasına ilişkin bir yapı sunulmuştur.

[30]'da yer alan çalışmada, duyma engelli bireylere yönelik tasarlanan, mevcut olan web sitelerinin eksikliklerini tamamlamak amacıyla etkileşimli bir web sitesi sunulmuştur. Tasarlanan bu web sitesinde bireylere internet üzerinde bulunan işaret dilinde hazırlanmış videolara kolay biçimde erişim ve paylaşma imkânı sağladığı belirtilmiştir.

[31]'de yer alan çalışmada sağır ve işitme güçlüğü çekenler için mobil bir ses transkripsiyon aracının tasarımı ve gelişimi ele alınmıştır. Sistemin yapısında transkripsiyonlar diyalog ve çevresel seslerin tanımlarını içermektedir; dönüştürücü, sesi dinleyen ve dönüştürülen metin mesajını sunucuya gönderen, daha sonra kullanıcının IP adresini kullanarak kullanıcıya gönderen, çok dilli bir alıcıdır. Kullanıcı sunucuya giriş yapmamışsa, mesajın sunucu veri tabanında saklandığı ve kullanıcı oturum açtığında gönderildiği ifade edilmiştir.

[32]'de tasarlanan teknoloji destekli matematik öğrenme sistemiyle işitme engelli öğrencilerin matematiksel becerilerini artırmayı amaçladıkları belirtilmiştir. Araştırmada birinci aşama olarak araştırma problemleri analiz edilmiştir. İkinci aşama olarak ADDIE (Analyze, Design, Development, Implementation, Evaluation) modeline göre teknoloji destekli matematik öğrenme ortamları geliştirilmiştir. Üçüncü aşama olarak da geliştirilen sistem matematik derslerinde uygulanarak öğrencilerin matematiksel becerilerinin gelişimine etkisi incelenmiş ve ortamdan yansımaları yer verilmiştir. Bulgular incelendiğinde, geliştirilen yapının, öğrencilerin derse katılımlarını, ilgi düzeylerini arttırdığı, öğrencilere zengin alıştırma ve pekiştirme olanakları sunarak geniş bir yelpazede öğrenme faaliyetlerine devam etmesine olanak sağladığı belirtilmiştir.

[33]'te Sağır beyinde telafi edici plastisitenin müzik algısına etkileri; [34]'te işitme engelli öğrenciler için hazırlanan bilgisayar destekli yazılı anlatım becerisi geliştirme materyalinin tasarımı; [35]'te mobil uygulamaları işitme engelli çocukların okuryazarlık eğitimine entegre etmek; [36]'da işitme engelli öğrencilerin Türkçe eğitiminde bilgisayar destekli eğitim yazılımı, [37]'de işitme engelli öğrencilerin Türkçe okuma yazma becerilerinin geliştirilmesine yönelik görsel yardım paketi, [38]'de duyu eldiveni ile

Amerikan işaret dili çevirisi; [39]'da İşitme engelli kişiler için şarkı söylemeye yardımcı olmak üzere dokunsal geri bildirim kullanarak ses perdesi kontrolü, [40]'da Picam: sağır ve işitme zorluğu için IOT tabanlı kablosuz uyarı Sistemi ve [41]'de Sağır-kör insanlar için giyilebilir bir cihaz konulu çalışmalar yer almaktadır.

### **1.1.2. Ses Tanımayla İlgili Çalışmalar**

Literatürde yer alan çalışmaların bir kısmı ses tanıma üzerinedir. Aşağıda ses tanıma konusunda yapılmış çalışmalara yer verilmiştir.

[42]'de komutla kontrol amacıyla geliştirilmiş, kelime tabanlı ve kişiye bağımlı olan ses tanıma sistemi anlatılmıştır. Beş komuttan oluşan sistem 15 kelime ile sınırlıdır. Sistemin çalışması, her bir kelime için ses kaydı yapıldıktan sonra Doğrusal Tahmini Kodlama ile şablon oluşturulması şeklindedir. Yapılan ses kayıtları, LPC (Linear Predictive Coding - Doğrusal Ön kestirim Kodlama ) ile kodlanmış, tüm kayıtlı şablonlarla DTW (Dynamic Time Warping – Dinamik Zaman Bükme) algoritması kullanılarak karşılaştırma gerçekleştirilmiş olup ardından kayıtlı en yakın şablon ile kelime eşleştirilme yapılmaktadır. Sonrasında ise algılanan komut, geliştirilen uygulama ara yüzüne aktarılmıştır.

[43]'te yer alan çalışmada 20 adet bilgisayar komutunun her biri için 20'şer adet olmak üzere toplam 400 adet ses kaydı yapılmış ve bu sözcükler için Doğrusal Ön Kestirim Kodlama yöntemi ile parametreler elde edilmiştir. Eğitim ve test aşamalarından oluşan ses tanıma uygulamasında, Destek Vektör Makineleri (DVM) yöntemi kullanılmıştır. Soft Margin ve Least Square Destek Vektör Makinesi sınıflandırıcıları olmak üzere iki farklı DVM sınıflandırıcısı tasarlanmıştır. Eğitim ve test aşamalarında her biri için 200 farklı sözcük kodlanmış. Sistemin sesi doğru tanıma başarısı Soft Margin Destek Vektör Makineleri için %91; Least Square DVM sınıflandırıcısı için ise %71 olarak elde edildiği belirtilmiştir.

[44]'te yapılan çalışmada, MATLAB R2011b programında Grafik Kullanıcı Ara yüzü (GUI) kullanılarak ses komut tanıma yazılımı tasarlanmıştır. Sistemin yapısı; bir ana menüye bağılı olarak, gemiye kumanda edecek kişiler tarafından sisteme komut referans bankası temin edilmesinde kullanılacak eğitim ara yüzü ve sistemin gerçek uygulamalarda ve testlerde kullanılmasını sağlayan test ara yüzü şeklindedir. Bu tasarımda ses komutunun öznitelik çıkarımında LPC ve MFKK algoritmaları ayrı ayrı

kullanılmış, öznitelik eşleştirmede ise DTW algoritması kullanılmıştır. Son olarak kumanda veren kişilerin gemiyi kullanan serdümenin komut uyumluluğunu test eden bir karşılaştırma devresi ile ses komutu ile çalışan oto pilot sistemlerine entegre edilebilecek bir kumanda sistemi tasarlanmıştır. Geliştirilen sistemle özellikle hassas manevralarda çok önemli hale gelen seyir emniyeti ve sistematığı, ses komut tanıma tabanlı bir yazılımla kontrol edilebilir hale getirilmiştir. Sistemin MFKK ve DTW algoritmaları kullanarak %90 başarı, LPC ve DTW algoritmaları kullanarak ise %86 başarı ile çalıştığı görülmüştür.

[45]'te, konuşmanın nasıl oluştuğu, insan sesinin özellikleri, konuşmacının kimliğinin tanınması konularından bahsedilmiştir. MFKK ve Vektör Uzaklık Ölçme algoritmalarında faydalanılarak metinden bağımsız konuşmacı tanıma uygulaması geliştirilmiş. Yapılan testler sonucunda erkeklerde %90'a, kadınlarda ise %62'ye varan tanıma başarısı elde edilmiştir.

[46]'da yer alan tez çalışmasında, Türkçe'nin ses özellikleri kullanılarak kelimelerin söyleniş ve seslendirme açısından ayırt edilmesi, ayırt etme yöntemleri ve bu yöntemlerin hangi kurallara bağlı olarak değişiklik gösterdiği sunulmuş. Ayrıca seslendirme açısından Türkçe'nin diğer dillerle olan benzerlik ve farklılıkları da gösterilerek, Türkçe'nin kendine has seslendirme yapısı üzerinde durulmuştur. Türkçe kelimelerin ayırt edilmesi için öncelikle dalgacık teknikleri yardımıyla kayıt edilmiş ses dosyalarından katsayılar elde edilmiştir. Daha sonra elde edilen bu katsayılar yapay sinir ağları yönetimi ile analiz edilerek kelimeleri ayırt etme işlemi yapılmıştır.

[47]'de, bir evde kurulabilecek bir küresel konuşma ve ses tanıma sistemi sunulmuştur. Akıllı ev olarak belirtilen 47m<sup>2</sup>'lik gerçek bir yaşam dairesine sekiz adet mikrofon yerleştirilmiş ve dairede kaydedilen farklı sesler ve söylenen konuşmalar otomatik olarak analiz edilmiş ve sıralanmıştır. Ses ve konuşma tanıma için MFKK ve HMM yöntemlerinden faydalanmışlardır. Son olarak da dairede gerçek koşullarda elde edilen deneysel sonuçlara göre sistemin genel performansının %89,76; seslerin sınıflandırılma başarısının %72,14; cümlelerin tanıma başarısının %41 olduğu paylaşılmıştır.

[48]'deki çalışmada Türkçe bir konuşmanın, mobil cihazlar kullanılarak tanıma sistemi gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Bunun için çeşitli akıllı mobil cihazlardan alınmış kayıtlar ile yeni bir ses veri tabanı oluşturulmuştur. Geliştirilen sistemin başarısı

televizyon kumanda uygulaması, sesli mesaj uygulaması ve genel metin yazdırma uygulaması olmak üzere üç farklı konuşma tanıma uygulaması kullanılarak ölçülmüştür. Yapılan testler sonucunda tanıma başarısının televizyon kumanda uygulaması için %95'in üzerinde; sesli mesaj uygulamasında yaklaşık %40 ve genel metin yazdırma uygulamalarının ise yaklaşık %60 başarı oranları elde edilmiştir.

[49]'daki çalışmada, konuşmanın duygu sınıflandırması için metinden bağımsız bir yöntem önerilmiştir. Önerilen yöntem, konuşma sinyallerini temsil etmek için kısa süreli Log Frekans Güç Katsayılarını (LFPC) ve sınıflandırıcı olarak ayırık bir Saklı Markov Modelini (HMM) kullanmaktadır. Duygular öfke, iğrenme, korku, sevinç, hüzn ve sürpriz olmak üzere altı kategoride sınıflandırılmıştır. LFPC özellik parametrelerinin performansı, Doğrusal Tahmin Kepstral Katsayıları (LPCC) ve Mel-frekans Kepstral katsayıları (MFKK) ile karşılaştırılmış; sonuçların, önerilen sistemin altı duygunun sınıflandırılmasında %78'lik bir ortalama doğruluk ve %96 oranında en iyi doğruluk verdiğini gösterdiği açıklanmıştır.

[50]'de gürültülü ortamlardan mikrofon ile alınan sesler kaydedilmiş ve önerilen gerçek zamanlı gürültü temizleme algoritması ile işlendikten sonra bir veri kümesi oluşturulmuştur. Konuşma tanıma performansı elde edilen bu veri kümesi üzerinde Google bulut sistemi kullanılarak test edilmiştir. Testler sonucunda gürültü seviyesine göre bulut sistemlerinin konuşma tanıma başarısı gözlemlenmiştir.

[51], [52] ve [53]'te ses tanıma için Saklı Markov Modeli algoritması kullanılmıştır.

Ses tanıma ile ilgili yapılan başka bir çalışmada ise sesin benzersiz özelliklerini ifade eden ses parmak izi tekniği kullanılmıştır. Sorğu olarak kısa bir ses parçası göz önüne alındığında, bir ses parmak izi sistemi, parçayı içeren potansiyel dosyayı milyonlarca ses dosyasından oluşan büyük bir kütüphanede tanımlayabilir. [54]'te yer alan tez çalışmasında, konuşma rekonstrüksiyonuna dayanarak gürültülü ortamlarda ses tanıma yapmak için ses parmak izi uygulamanın olasılığı ve uygulanabilirliği araştırılmıştır. Gürültülü konuşmayı yeniden oluşturmak için, konuşma ilk başta eşit uzunlukta küçük parçalara bölünmüş daha sonra, temiz konuşma dosyalarından oluşan büyük bir veri setinde en benzer kesimi bulmak için ses parmak izi kullanılmıştır. Benzerlik bir eşiğin üstünde ise, gürültülü bölüm temiz bölümle değiştirilmiştir. Sonunda, şartlı değişimin ardından tüm bölümler, geleneksel bir konuşma tanıma sistemine gönderilen yeniden yapılandırılmış konuşmayı oluşturmak üzere birleştirilmiştir. Prosedürdeki kritik bir

adım, veri kümesindeki temiz konuşma bölümünü bulmak için ses parmak izi kullanmak olmuştur.

[55]'te bir sahnenin yapılandırılmamış kompozisyonunun (örneğin restoran, sokak, plaj vb.) etkin özellik gösterimi ve sınıflandırmasına odaklanan çevresel bir ses ve işitsel sahne tanıma şeması önerilmiştir. Çevresel sesler için ayırıcı zaman-frekans alt uzayını belirlemek için LDB (Local Discriminant Bases) tekniğini kullanmayı ve daha sonra ilgili özellik çıkarımı kullanımını önerilmiştir. LDB'ye dayanarak, işitsel sahneler için açık ses olay modellemesi olan veya olmayan iki tanıma modeli sunulmuştur. Deneysel sonuçlar, işitsel sahne sınıflandırma için önerilen yaklaşımın etkinliğini göstermiştir.

[56]'da önerilen sistem, DVM ve MFKK yöntemleri birleştirilerek Türkçe konuşma tanıma ve bunu metne dönüştürülmesidir. Uygulamada fonem tabanlı bir veri kümesi oluşturulmuş ve sisteme uygulanmıştır. Sonrasında aynı veri kümesi ile sistemin sınıflandırma başarısı sık kullanılan üç sistem ile test edilmiştir.

İnsan konuşmasında duyguları tanımak, araştırmacıların ilgisini çeken bir alandır. Konuşma sinyalinin hangi yönlerinin duygu tespitinde daha bilgilendirici olduğunu belirlemek için büyük miktarda araştırma yapılmış olmasına rağmen, güvenilir ayırt edici özellikleri belirlemek hala açık uçlu bir sorundur. [57]'de, her bir konuşmayla ilişkili özelliğin duygu algılamasındaki bilgilendirici gücünü ayırt etme girişimi yapay sinir ağı yaklaşımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

### **1.1.3. Sesin Titreşime Dönüşümü İle İlgili Çalışmalar**

Literatürde yer alan çalışmalardan bir kısmı sesin titreşime dönüştürülmesine odaklanmıştır.

[58]'de yer alan çalışma, işitme engelli bireylerin ritmi öğrenebilmeleri için bir yöntem geliştirmek ve onlara müzik eğitimi veren öğretmenlerin çalışmalarını kolaylaştırmak amacıyla yapılmıştır. Ses ve sesin iletilmesine dair bilgiler aktarılmış, işitme duyusu ve kaybına neden olan etkenler incelenmiştir. Ayrıca bas karakterli hoparlörlerin çalışma stratejileri ve dijital müziğin konu bağlamındaki gelişim süreçleri araştırılmış, müziğin en temel unsuru olan ritim konusu irdelenmiştir. Ritmin işitme engelli kişilerce hissedilmesini sağlayacak bir yöntem geliştirilmiş ve yapılan atölye çalışması ile bu



yöntemin uygulanabilirliği denetlenmiştir. Çalışma sonunda örnek bir ritim öğretim metodu hazırlanmıştır.

[59]'da Çok Yönlü Ekstra Duyusal Dönüştürücü (VEST) adı verilen bir cihaz geliştirilmiştir. Cihaz, ortamdaki ses alan ve bu bilgiyi gövde üzerindeki titreşim düzenlerine dönüştüren bir akıllı telefonda çalışmaktadır. Bu sistem kullanıcının giysisinin altına giyilen kıyafete gömülmüş bir dizi titreşimli motorla gerçekleştirilmiştir.

[60]'daki tez çalışmasında duyma engelliler için giyilebilir titreşim tabanlı bir sistem önerilmiştir. Duyma engelliler hayat kalitesini artırmak, daha refah bir yaşam sürmesini sağlamak için geliştirilen giyilebilir sistemde ses yön bulma, ses tanıma, yanında yüksek sesli konuşma, ebeveyn sesi tanıma gibi önemli olabilecek sorunlara çözüm olacağı belirtilmiştir. Geliştirilen giyilebilir sistem ile duyma engelliler sesin yönünü ve çevresinde oluşan önemli sesleri ayırt edebilmiştir. Mikrofon ve titreşim motorundan oluşan giyilebilir cihaz kullanıcının kıyafetine monte edilmiştir. Ses tanıma çalışmasında gerçek zamanlı uygulamalarda ses parmak izi yöntemi kullanılmıştır. Geliştirilen giyilebilir cihazda yönü algılamak için ise sınıflandırma tekniği kullanılmıştır.

[61]'de sağır-kör bir bireyi kapı zili, telefon veya duman alarmı gibi çeşitli ev sesleri oluştuğunda uyararak ve onu bu tür seslerin kaynağı hakkında bilgilendirmek için bir elektronik sistem önerilmiştir. Sistem, ev aletlerine doğrudan bağlanma zorunluluğunu ve diğer potansiyel kullanıcıların gereksinimlerine uyarlanma zorunluluğunu önlemek için etkili, güvenilir, nispeten ucuz olacak şekilde tasarlanmıştır. Sistem, belirli bir çevresel sesin tespit edilmesi ve tanınması için bilgiyi telsizle sağır-kör kişi tarafından giyilen titreşimli bir portatif üniteye ileten sabit konumlu bir ses analiz ve tanıma ünitesinden oluşmaktadır.

[62]'de yer alan çalışmada giyilebilir bir cihazla, işitme engelli bir kişiye titreşimler yoluyla önemli sesler hakkında bilgi verilmiş, böylece ne tür bir ses olduğunun anlaşılması amaçlanmıştır. Gerçek zamanlı olarak çalışan sistem, bir kapı zili çalma sesini tahminde %98, alarm sesini tahminde % 99 başarı, bir telefon çalmasını tahminde % 91 başarı, fren seslerini belirlerken % 93 başarı, köpek seslerini belirlerken % 96 başarı, insan sesini belirlerken % 97 başarı ve ses parmak izi yöntemini kullanarak diğer sesleri belirlerken ise % 96 başarı elde edilmiştir.

[63]'te işitme engelliler için bileğe takılan bir titreşim cihazı önerilmiştir. Boyutu küçültmek ve esnekliği artırmak için bir mikro denetleyici kullanarak geliştirilmiştir. Cihazın amacı dudak okuma ve çevresel seslerin farkındalığı konusunda yardım sağlamaktır. nceki konuşmalara dayanarak iki konuşma özelliği kodlama stratejisi seçilmiş, stratejileri cihazda uygulamak için mikro denetleyici kullanılmıştır.

Bu tez çalışmasında işitme engelli bireylerin eğitimlerini ve sosyal hayata adaptasyonlarını kolaylaştıracak yeni bir giyilebilir teknolojik yelek tasarımı yapılmış ve bireylerin eğitimindeki etkisi araştırılmıştır. alışmasının geriye kalan kısmı şöyle organize edilmiştir. İkinci bölümünde ses tanıma ve ses tanıma sürecinde kullanılan yöntemler hakkında bilgi verilmiştir. nc bölümde işitme engellilerin eğitimi için kullanılacak sistemin tasarım aşamalarına yer verilmiş olup; dördüncü bölümde ise geliştirilen sistemin başarımını belirlemek için deneysel ölçümler ele alınmıştır.

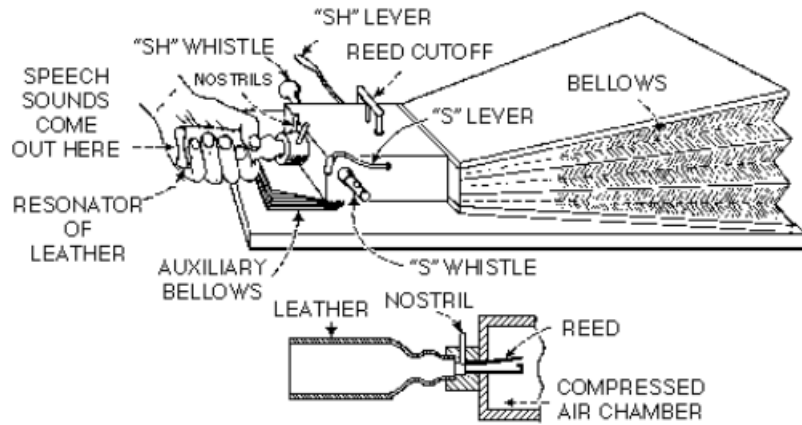
## 2. SES TANIMA

Sesle iletişim, insanlar arasında kullanılan en hızlı iletişim yöntemidir. Sesin bu özelliği bilgisayar ve insan arasındaki iletişimin de sesle sağlanmasına fikir olmuş ve ses tanıma sistemlerinin oluşmasını sağlamıştır. Günümüzde de ses tanıma sistemleri önem kazanmış ve bununla birçok uygulama geliştirilmiştir. Konuşanı ve konuşma dilini tanıma başta olmak üzere birçok sistem ses tanıma teknolojileri kullanılarak geliştirilmektedir.

Ses tanıma süreci çeşitli aşamalardan oluşmaktadır. Bunlar sırasıyla sesin kaydedilmesi, sesin işlenmesi, karşılaştırma ve eşleştirme yapıldıktan sonra ifadenin belirlenmesi ve tespit edilen ifadeye denk gelen işlevin gerçekleştirilmesi şeklindedir. Her aşama için geliştirilen ve kullanılan teknikler Bölüm 4 te açıklanacaktır.

### 2.1. SES İŞLEME VE KONUŞMA TANIMANIN TARİHÇESİ

Ses ve konuşma ile ilgili çalışmalar Şekil 2.1'deki Von Kempelen'nin konuşma makinesi ile başlamış ve günümüze kadar çeşitli gelişmeler sağlamış ve halen devam etmektedir.



Şekil 2.1: Von Kempelen'in Konuşan Makinesi [44].

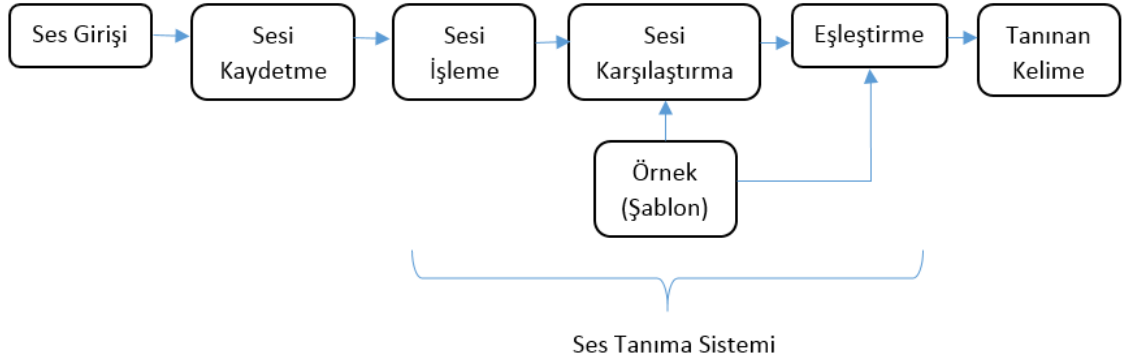
Bu çalışmalar entegre devrelerin bulunması ile analog yapıdan dijital e doğru bir değişim sağlamıştır. Bu değişimin öncüleri ise Bell Telephone Laboratories, IBM Thomas Watson Research Laboratories vb. birçok üniversite grupları olmuştur. Sandia National

Laboratuvarı, The National Institute of Standards and Technology, National Security Agency kuruluşları telefon hatları üzerinde doğruluk için Otomatik Konuşmacı Tanıma sistemleri geliştirilmiştir. Metinden bağımsız tanımda Gish'in Bölümsel Gauss Modeli ve Reynolds'un Gauss Karışım Modeli özgün problemler olarak gösterilmiştir. Mel Frekans Kepstrum Katsayıları (MFKK) algoritmasını ilk kez Davis ve Mermelstein 1980 yılında duyurmuştur [44].

Günümüzde ses tanıma teknolojisinde çeşitli algoritmalar kullanılarak konuşulan yazıya çevirme, güvenlik amaçlı ses tanıma, engelliler için sesli komut, çalan müziği tanıma gibi yapılan başarılı uygulamalar mevcuttur.

## 2.2. SES TANIMA SİSTEMLERİNE GENEL BİR BAKIŞ

Ses tanıma sistemleri, insanın duyduğunu anlama olayına benzer bir yapıdadır. Eşleştirme yapacak olursak; insanın sesi işitmesi, sesin kaydedilmesine; sinirsel dönüşüm, kaydedilen sesin işlenmesine; dilsel kodlama, mevcut şablonlarla karşılaştırılması; konuşmanın anlaşılması, eşleştirmeye karşılık gelmektedir. Bilgisayarın sesi tanımasını ise Şekil 2.2'deki örnekle modellenmiştir [64].



Şekil 2.2: Genel ses tanıma sistemi modeli [80].

Ses tanıma sürecinin aşamaları [64]'te genel olarak sesin kaydedilmesi, işlenmesi, karşılaştırma ve eşleştirme yapılması ardından işlevin gerçekleştirilmesi olarak sıralanmıştır.

### **2.2.1. Sesin Kaydedilmesi ve Konuşmanın Saptanması**

Ses tanımada ilk adım olan bu aşamada sesin kaydedilmesi ve ardından sesteki gürültülerin atılarak konuşma kısmının (ifadenin) elde edilmesi gerçekleştirilir. Öncelikle yapılan çalışmanın türüne göre mikrofon veya telefon gibi cihazlarla ses kaydı yapılır. Ardından konuşmanın başlangıç ve bitişleri saptandıktan sonra ses bir sonraki aşamaya aktarılır. Bu işlemdeki amaç gereksiz sesleri ayıklayıp zaman kaybını önleyerek performansı artırmaktır [42].

### **2.2.2. Sesin İşlenmesi**

Bu aşama sesin yapısı hakkında bilgi elde edildiği ve ses tanıma sürecinin en önemli aşamasıdır. İfade içeren ses sinyali giriş olarak alınıp çeşitli işlemlerden geçirildikten sonra bir sonraki aşama olan karşılaştırma ve eşleştirmeye hazır hale getirilir. Yapılan bu işlemler; pencereleme, normalizasyon, filtreleme, frekans analizleri, kodlama, sinyalin zamana yayılmasıdır.

### **2.2.3. Karşılaştırma ve Eşleştirme**

Sesin tanıma aşaması olarak tanımlanan bu kısımda işlenmiş sesin kayıtlı örneklerle karşılaştırılıp eşlerinin tespit edilmesi işlemi gerçekleştirilir. Sık kullanılan tekniklerden bazıları ise; Saklı Markov Modeli, Dinamik Zaman Uydurma, Lineer Cebir ve Yapay Sinir Ağlarıdır.

### **2.2.4. İşlevin Gerçekleştirilmesi**

Sürecin son aşamasıdır. Burada giriş olarak alınan ses sinyali ile eşleşen kelime ihtiyaca göre bir metin düzenleyicisine yazdırılabilir veya kelimeye karşılık gelen komutun çalıştırılması gibi ihtiyaca göre işlemler yaptırılabilir.

## **2.3. SES TANIMA SÜRECİNDE KULLANILAN TEKNİKLER**

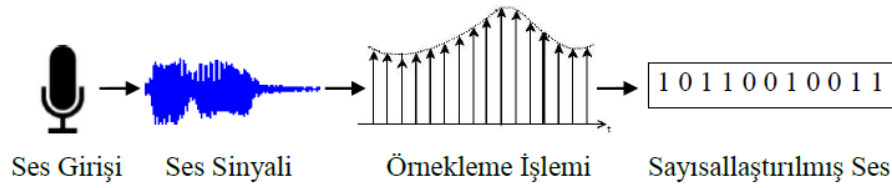
Ses tanıma sürecinin özet bir biçimde anlatıldığı bir önceki bölümdeki aşamalarda kullanılan teknikler bu bölümde ayrıntılı olarak ele anlatılacaktır.

### 2.3.1. Sesin Kaydedilmesi ve İfadenin Saptanması

Sesin kaydedilmesi ile başlayan bu bölüm sesin sayısallaştırılması ve ifadenin saptanması adımlarından oluşmaktadır. Burada kullanılan aygıtlar mikrofon ve ses kartıdır.

### 2.3.2. Sesin Sayısallaştırılması

Sesin işlenmesi için öncelikle sayısallaştırılması gerekmektedir. Bu işlem Şekil 2.3'de görüldüğü gibi örnekleme ve sayısallaştırma adımlarından oluşmaktadır.



Şekil 2.3: Sesin Sayısallaştırılması [82].

[65]'te bu işlemin nasıl yapıldığı şu şekilde anlatılmaktadır. Örnekleme teoremi olarak bilinen bu yöntemde yapılan işlem sesin en yüksek yakınlıktaki frekansın en az iki katı sıklıkla gerçekleştirilmesidir. Eğer bir sinyal  $x_u(t)$ ;  $\Omega \geq 2\pi F_N$  olmak üzere  $x_u(j\Omega) = 0$  olacak şekilde bant sınırlı bir Fourier dönüşümüne  $x_u(j\Omega)$  sahipse;  $x_u(t), 1/T > 2F_N$  olacak şekilde ve  $-\infty < n < \infty$  olmak üzere  $x_u(nT)$  şeklinde eşit olarak yerleştirilmiş örneklerle yeniden inşa edilebilir.

$F_N$  ile gösterilen Harry Nyquist adını taşıyan Nyquist frekansı olarak bilinen, örnekleme frekansının yarsını ifade eder. Örneğin örnekleme frekansı 100 Hz ise Nyquist Frekansı  $F_N=50$  Hz olacaktır. Eğer yüksek frekanslı bir sinyal düşük oranla örneklenirse elde edilen sinyal işlemden önceki sinyale göre düşük frekanslı bir sinyal olacak ve dolayısıyla sinyalin özelliği korunmamış olacaktır [66].

### 2.3.3. İfadenin Belirlenmesi

İfadenin saptanması sesin iki önemli özelliği olan genlik ve frekanstan faydalanarak yapılır. Frekans, sesin tizlik ve peslik özelliklerini içerirken; genlik ise sesin şiddet ve enerjisi hakkında bilgi içermektedir. Tespit işlemi sesin bu özelliklerindeki farklılıklarından yararlanılarak yapılmaktadır. Sesteki bu farklılıklara ise fonem denilmektedir. Bu işlem için kullanılan en sık yöntem konuşmanın geçtiği kısımların

genliğine bakılarak yapılır. Ses kaydının belirli bir bölümdeki toplam genlik hesabını bularak ses içerisindeki konuşmanın tespiti yapılabilir. Toplam Genlik Hesabı (TG) olarak bilinen formül Denklem 2.1'deki gibidir.

$$TG = \sum_{t=1}^n x(t) \quad (2.1)$$

### 2.3.4. Sesin İşlenmesi

Ses işleme aşamasında, pencereleme, filtreleme, normalizasyon, ses kodlaması ve son olarak da sesin öznitelik vektörlerinin çıkarılması işlemleri bulunmaktadır.

#### 2.3.4.1. Pencereleme

Pencereleme, ses sinyallerinin işlenmeden önce belirli sayıda örnek içeren parçalarına verilen isimdir. Pencereleme işlemi belli bir çerçevedeki ses sinyalinin başlangıç ve bitiş kısımlarını söndürme orta kısmını ise kuvvetlendirme işlemi olarak da tanımlanabilir. Bunun işlemin amacı ise sinyalin yoğun örneklerini kuvvetlendirerek daha belirgin hale getirmektir. Pencereleme için genelde kullanılan teknikler ve denklemleri aşağıda gösterilmiştir. Denklemlerdeki B değeri fonksiyonların eşdeğer gürültü bandgenişliğinin yaklaşık değeridir [67].

- Dikdörtgen pencere:

$$\omega(n) = 1, B = 1 \quad (2.2)$$

- Hamming penceresi:

$$\omega(n) = 0.54 - 0.46 * \cos(2 * \pi * n / (N - 1)), B = 1.37 \quad (2.3)$$

- Hann penceresi:

$$\omega(n) = 0.5 - 0.5 * \cos(2 * \pi * n / (N - 1)), B = 1.5 \quad (2.4)$$

- Cosinüs/sinüs penceresi:

$$\omega(n) = \cos(\pi * n / (N - 1) - \pi / 2) = \sin(\pi * n / (N - 1)), B = 1.24 \quad (2.5)$$

- Lanczos penceresi:

$$\text{sinc}(2 * n / (N - 1) - 1), \text{sinc}(x) = \sin(\pi * x) / \pi * x, B = 1.31 \quad (2.6)$$

- Bartlett penceresi:

$$(1 - (2 / (N - 1)) * |n - (N - 1) / 2|), "||": \text{mutlak değer}, B = 1.33 \quad (2.7)$$

- Blackman pencereleri:

$$a0 - a1 * \cos\left(2 * \pi * \frac{n}{N - 1}\right) + a2 * \cos\left(4 * \pi * \frac{n}{N - 1}\right),$$

$$a0 = \frac{1 - \alpha}{2},$$

$$a1 = \frac{1}{2},$$

$$a2 = \frac{\alpha}{2}$$

$$B = 1,73 \quad (2.8)$$

#### 2.3.4.2. Doğrusal Filtreler

Ses sinyalinde kayıttan kaynaklanan gürültü vb. etkilerden dolayı sesin karakterini olumsuz etkileyen durumlar olabilir. Sesteki gürültüler doğrusal (sayısal) filtreleme teknikleri kullanılarak düzeltilebilir. Bu işlem için geliştirilmesi kolay ve sistem gereksinimi az olduğundan en çok tercih edilen yöntemler ise FIR (Finite Impulse Response-Sonlu Darbe Cevaplı) Filtre ve IIR (Infinite Impulse Response-Sonsuz Darbe Cevaplı) Filtrelerdir.

#### 2.3.4.3. FIR Fitre

Girişi  $x_{(n)}$  olan bir sinyalin, o andaki girişlerin ve önceki girişlerin ağırlıklı toplamı  $y_{(n)}$  ile ifade edilir. FIR (Finite Impulse Response-Sonlu Darbe Cevaplı) filtrenin matematiksel ifadesi Denklem 2.9'daki gibidir [68]. Burada,  $x_n$ , filtre edilecek giriş dizisini;  $y_n$ , filtrelenmiş çıkış dizisini ve  $b$  de , FIR süzgeç katsayılarını gösterir.

$$y_n = b_0 x_n + b_1 x_{n-1} + b_2 x_{n-2} + \dots + b_q x_{n-q} \quad (2.9)$$



#### 2.3.4.4. IIR Filtre

Giriş sinyali,  $x_{(n)}$ 'e karşılık, o andaki ve öncesindeki girişlerin ağırlıklı toplamına ilave olarak öncesindeki çıkışların da ağırlıklı toplamını ifade eden  $y_{(n)}$  çıkışını oluşturur. IIR (Infinite Impulse Response-Sonsuz Darbe Cevaplı) filtrenin matematiksel ifadesi Denklem 2.10'daki gibidir [69].

$$\sum_{k=0}^N b_k y[n-k] = \sum_{k=0}^M a_k x[n-k] \quad (2.10)$$

Burada;  $x_{(n)}$ : ayrık zamanlı filtrenin girişini,  $y_{(n)}$ : ayrık zamanlı filtrenin çıkışını;  $a_k$ : girişin o andaki ve daha önceki değerlerinin katsayılarını,  $b_k$ : çıkışın o andaki ve daha önceki değerlerinin katsayılarını göstermektedir.

#### 2.3.5. Sesin Kodlanması

Ses kodlama analog sesin dijital ortamda çeşitli metotlar yardımıyla sesin daha az sayısal bitle tanımlanmasıdır. Ses ve dalga kodlayıcı bu işlem için geliştirilen iki farklı kodlayıcı tekniğidir. İkisi arasındaki fark, biri insan sesi diğeri ise tüm seslerin kodlanması için kullanılmasıdır. Kullanılan metotlardan bazıları şunlardır [70]:

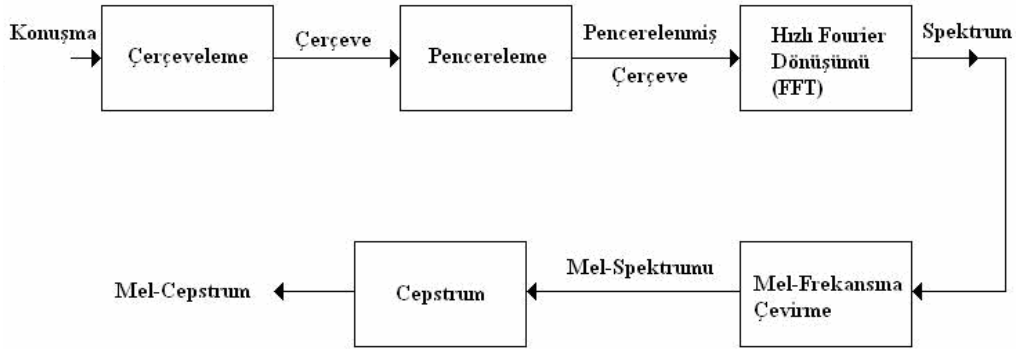
- a) Darbe Kodu Modülasyonu; sesin doğrusal nicelik çıkarma ile sayısal biçime dönüştürüldüğü en basit yöntemdir. Temelde ses sinyalini 8 kHz'de örnekleyerek nicelik çıkartır. Çıkış akışı 64 kBit/saniye seviyelerinde olduğundan bu yöntem gerçek zamanlı sistemlerde yüksek bant genişliği, hafıza ve kaynak sıkıntısı oluşturacağından dolayı uygun yeterlikte değildir.
- b) Diferansiyel Darbe Kodlu Modülasyon; Darbe Kodlu Modülasyona oranla ses sinyali içindeki gereksiz kısımları, daha sonra önceki ve sonrakinden örneklenebilecek şekilde attığından dolayı daha verimli bir yöntemdir. Dolayısıyla sıkıştırıcı sadece birbiri ardı sıra gelen örneklerdeki farkı belirtir. Bu sinyaller çözüme işlemi esnasında yeniden oluşturulur.
- c) Uyarlanabilir Diferansiyel Darbe Kodu Modülasyonu; 16-40 Kbps arasında sıkıştırma yaparak; saniyede 8000 analog sinyal örneği alınır.

### 2.3.6. Öznitelik Çıkartılması

Öznitelik çıkartma işleminin amacı, ses dosyasından işe yarayacak ve sesin istenilen özelliklerinin ayıklanmasıdır. Ayrıca bu işlem konuşma stilleri arasındaki analitik farkı belirtmektedir. Bu da konuşma tanıma uygulamalarında verimli sonuçlar elde etmek için bu aşamanın önemini ortaya koymaktadır. Sık kullanılan öznitelik çıkartma algoritmalarından Mel Frekansı Kepstrum Katsayıları (MFKK), sıfır geçiş sayısının, sinyal enerji seviyesinin, maksimum değerlerin, öz-benzerlik ve Fourier güç katsayılarının hesaplanması, maksimum değere ulaşma sayısının belirlenmesi ve doğrusal öngörülü kodlamadır [71]. Bu metotlar arasında en bilineni ve kullanılanı MFKK dir.

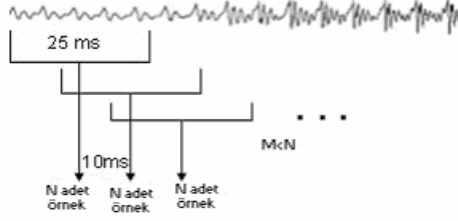
#### 2.3.6.1. Mel Frekansı Kepstrum Katsayıları

Mel Frekansı Kepstrum Katsayıları (MFKK), insan kulağının kritik bant genişliği frekansı ile bilinen varyasyonunu temel alır. Düşük frekanslarda lineer olarak yüksek frekanslarda logaritmik olarak yerleştirilen filtrelerle, sesin fonetik karakteristikleri içeren bölümleri yakalanabilir. Buna mel-frequency scale denir. 1kHz'in altında lineer, 1 kHz'in üzerine logaritmik olarak dağılır. MFKK algoritmasının blok diyagramı Şekil 2.4'de gösterilmiştir.



Şekil 2.4: MFKK Algoritması Blok Diyagramı [55].

MFKK'nin blok diyagramındaki çerçeveleme işleminde; sürekli ses sinyali, kısa zamanlı görüntüsel (spektral) analiz yapılabilmesi için N adet örnekten oluşan çerçevelere bölünür. İlk çerçeve N örnekten, sonraki çerçeve ilk çerçeveden M örnek sonrasında başlayarak ve ilk çerçevenin N-M örnek kadar üzerine gelir ve bu işlem tüm sinyal boyunca devam eder. Şekil 2.5'de çerçeveleme işlemi görülmektedir [43].



Şekil 2.5: Çerçeveleme.

Pencereleme işlemi Bölüm 2.3.4.1’de anlatılmıştır. Hızlı Fourier Dönüşümü-HFD; istatistiksel tabanlı matematiksel bir işlem olan bu dönüşüm titreşim analizinde kullanılmaktadır. Ses sinyallerini frekans şiddetine göre ayrıştırma yapar ve gösterir. Sinyal içinde tekrarlanmayan sinyalleri dikkate almadan periyodik olan frekansları belirleyip harmonik bileşenlerine ayırır. Bu işlem Denklem 2.11 ile yapılır [43].

$$X_n = \sum_{k=0}^{N-1} x_n e^{-2\pi j k | N}, \quad n = 0, 1, \dots, N - 1 \quad (2.11)$$

Mel-frekansına çevirme; HFD Spektrum, bant-geçiren üçgen dalgalardan oluşan Mel-filtre bankası denilen bir filtreden geçirilerek sinyalin Mel spektrumunu elde edilir.

Mel ölçeğine çevirmek için Denklem 2.12 kullanılmaktadır.

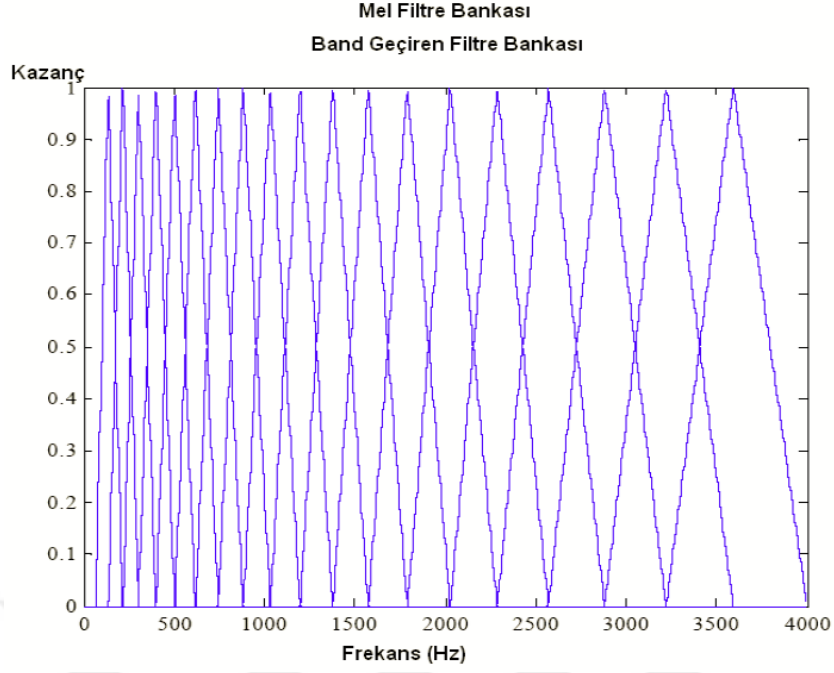
$$M(f) = 2595 \cdot \log_{10} \left( 1 + \frac{f}{700} \right) \quad (2.12)$$

Üçgen filtre sayısı, elde edilmeye çalışılan katsayı sayısı kadardır. Ortalama 20 filtre kullanılır. Şekil 2.6’da Mel-filtre bankası gösterilmiştir [72].

Cepstrum; Öznitelik çıkarmanın son adımında, her çerçeveye ters fourier dönüşümü uygulanır ve frekans uzayından tekrar zaman uzayına döndürülür. Bu işlemin sonucunda Mel-Frekansı Kepstral Katsayıları elde edilir.

$$c(n) = \sqrt{\frac{2}{K}} \sum_{i=1}^K (\log S_i^-) \cos \left[ n \left( i - \frac{1}{2} \right) \frac{\pi}{K} \right], \quad n = 0, 1, \dots, K - 1 \quad (2.13)$$

Denklem 2.13’de kullanılan  $S_i^-$ , K da Mel filtre bankasında kullanılan bant geçiren üçgen filtre sayısını ve Mel spektrumu çıkış sinyalini gösterir [43].



Şekil 2.6: Mel-filtre bankası.

### 2.3.7. Karşılaştırma ve Eşleştirme

Konuşma tanıma sistemlerinde özellik vektörleri yani örüntüleri çıkarılmış ses sinyalleri sistemi eğitim için giriş verisi olarak kullanılır. Elde edilen referans örüntüler şablonun veya modelin çıktısıdır. Örüntü sınıflandırıcı, önceden sistemde kayıtlı örüntüler ile test örüntüsünü karşılaştırarak aralarındaki benzerliği ölçer ve en uygunu ile eşleştirir. Bu işlem için sık kullanılan tekniklerden bazıları şunlardır:

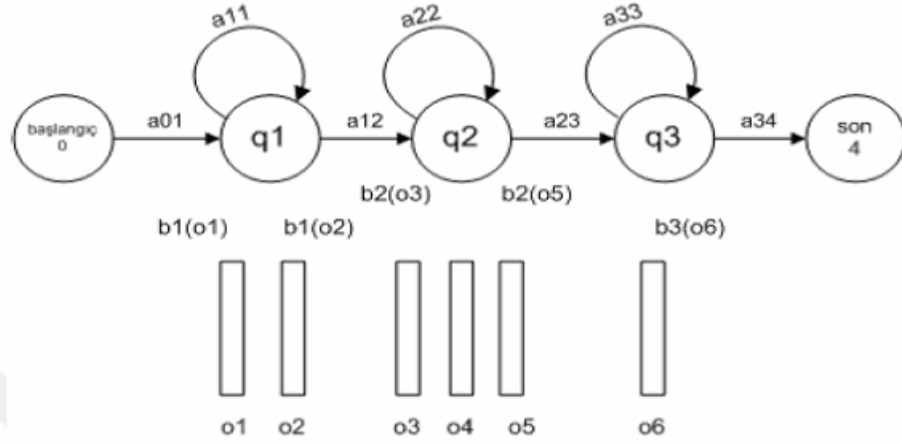
#### 2.3.7.1. Saklı Markov Modelleri

Saklı Markov Modelleri (SMM, Hidden Markov Models-HMM), ses sinyalini simgeleyen özellik vektörlerinin sınıflandırılması için güçlü bir istatistiksel yöntemdir. Çeşitli istatistiksel yöntemler kullanılarak örüntü çerçevelerinin özelliklerini karakterize etme işlemidir. Uygun bir biçimde uygulandığında zengin bir matematiksel yapısından dolayı başarılı sonuçlar elde edildiği için konuşma tanıma uygulamalarında sıkça tercih edilmektedir.

SMM bir sinyalin olasılığa dayalı olarak modellenmesidir. Bu modelde ardışık kısa süreli sesli ifade kesimlerinin birlikte ele alınması ile peşi sıra gelebilecek sesli ifade kesimleri

için bir model oluşturmak ve bu model kullanılarak uzun süreli sesli ifade kesimlerinin tanımasını sağlamak şeklinde ifade edilebilir [73].

Ses tanıma sistemlerinde saklı durum dizisini gözlemlere dayanarak bulmak modelin ana amacıdır. Modelin örnek gösterimi Şekil 2.7'deki biçimdedir [42].



Şekil 2.7: Saklı Markov Model Örneği [52].

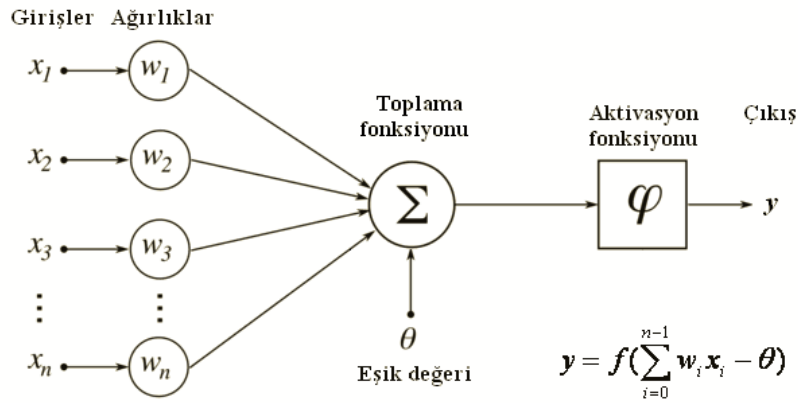
Saklı Markov Modelindeki parametreler [42]' de şu şekilde ifade edilmiştir.  $Q = (q_1, q_2, q_3, \dots, q_N)$  durumların bir kümesidir.  $A = a_{01}, a_{02}, \dots, a_{N1}, \dots, a_{NN}$  olasılıkların bir kümesini ifade eder.  $B = b_i(o_t)$  gözlem olabirliklerinin bir kümesidir.  $\pi_i$ , SMM'in  $i$  durumundan başlama olasılığı olarak ifade edilir.  $O = (o_1 o_2 o_3 \dots o_T)$ , gözlem serisidir.

SMM'de elde edilen durum dizisinde en uygun durum-gözlem vektörü eşleşmesini bulmak ve olabirlik değerini hesaplamak için genellikle Viterbi Algoritması kullanılır. Viterbi Algoritması (VA) ilk olarak 1967'de Andrew J. Viterbi tarafından evrişimsel kodların çözülmesine bir çözüm olarak önerilmiş. VA genellikle bir dizi olası durum geçişi olasılığını karşılaştırarak ve bunlardan hangisinin en yüksek olay olasılığına sahip olduğuna karar vererek hata olasılığını en aza indirmek olarak görülmüştür. VA, bir dizi gözlem verildiğinde, bir kafes boyunca en olası yolu, yani en kısa yolu bulan bir algoritma olarak ifade edilmiştir. VA,  $t$  zamanında her bir duruma bakar ve bu duruma giden tüm geçişler için hangisinin gerçekleşme olasılığının en yüksek olduğuna, yani en büyük metriğe sahip geçişe karar verir [74].

### 2.3.7.2. Yapay Sinir Ağları

Yapay Sinir Ağları, insan beyninin çalışma prensibini taklit edilmesiyle geliştirilen bir sistemdir. [75]'te model seçimi ve bunların sınıflandırılması, fonksiyon tahmini, veri sınıflandırılması ve en uygun değeri bulma işlerinde başarılı olduğu belirtilmiştir.

YSA, konuşma tanıma sisteminde sistemin eğitimi aşamasında ses sinyalinin MFKK vb. işlemlerle elde edilen verileri kendisine giriş olarak alır; sonrasında çıkış olarak onu ifade edecek bir kod üretir. Test aşamasında konuşulan kelime YSA'nın girişine verilir, eğitim aşamasında hesaplanan ağırlık değerleri kullanılarak YSA çıkışları hesaplar. Sonuçlara göre konuşulunun tanınıp tanınmadığı belirlenir [76]. Yapay Sinir Ağı Düzümü Şekil 2.8'de gösterilmiştir.



Şekil 2.8: Yapay Bir Sinir Düzümü [92].

### 2.3.7.3. Dinamik Zaman Uydurma

Dinamik Zaman Uydurma (Dynamic Time Warping- DTW) algoritması, aynı kelimenin farklı zamanlarda veya farklı kişiler tarafından seslendirildiğinde oluşan zaman farklılıklarını daraltma veya yayma işlemleri ile ortadan kaldırmayı amaçlar. Çalışması dinamik programlama teknikleri ile gerçekleşen bu algoritma sözcük tabanlı ses tanıma sistemlerinde sıkça kullanılır. Algoritma ses sinyallerinin aralarındaki benzerlik ve farkları çıkarmayın yanı sıra iki seri farkını, seriden ikişer ikişer alınan örneklerin farklarını hesaplanması üzerine kurularak bu farklardan yararlanmaktadır [77].

### 3. SİSTEM TASARIMI

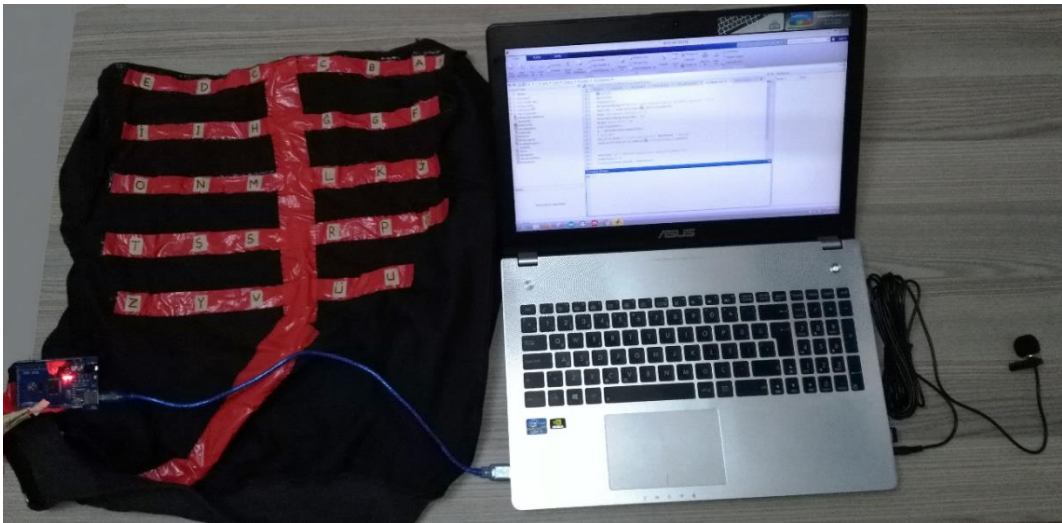
Bu bölümde işitme engelli bireylerin eğitimi için sesi titreşime dönüştüren sistem tasarımının yapısı ve çalışması hakkında bilgiler verilecektir. Geliştirilen sistem, Türkçe kelime tabanlı konuşma tanıma sisteminin olup; eğitim ve uygulama olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır.

#### 3.1. SİSTEM DONANIMI

Geliştirilen titreşimli yeleğin tasarımı, mikrofon vasıtasıyla alınan sesin tanınmak üzere bilgisayar aktarılması ve bilgisayardaki tanıma işleminden sonra bilginin mikrodnetleyici üzerinden titreşim motorlarına aktarılması mantığına dayanmaktadır. Sistemin tasarım ve genel görünümü ve Şekil 3.1 ve Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3.1: Sistemin Çalışma Yapısı.



Şekil 3.2: Sistemin genel görünümü.

Çizelge 3.1: Kullanılan Donanımlar ve Özellikleri.

Malzeme Adı	Özellikleri	Resmi
Mikrofon	Kablolu, mono yaka mikrofonu.	
Bilgisayar	Core i7 2.40GHz işlemci, 16GB bellek, 64bit Windows 8 işletim sistemine sahip dizüstü bilgisayar.	
Mikrodenetleyici	Arduino Mega2560- Atmega 2560 mikroişlemcili, 54 adet dijital giriş/çıkış pinlidir ve USB kablo ile bağlantı sağlanır.	
Titreşim Motoru	Düğme tipinde şaftsız, 10mm x 3mm boyutlarında, 1,2 gr ağırlığında, çalışma gerilimi 3V'dir.	
Yelek	Tam fermuarlı, cepli ve vücuda tam oturan yapıdadır.	

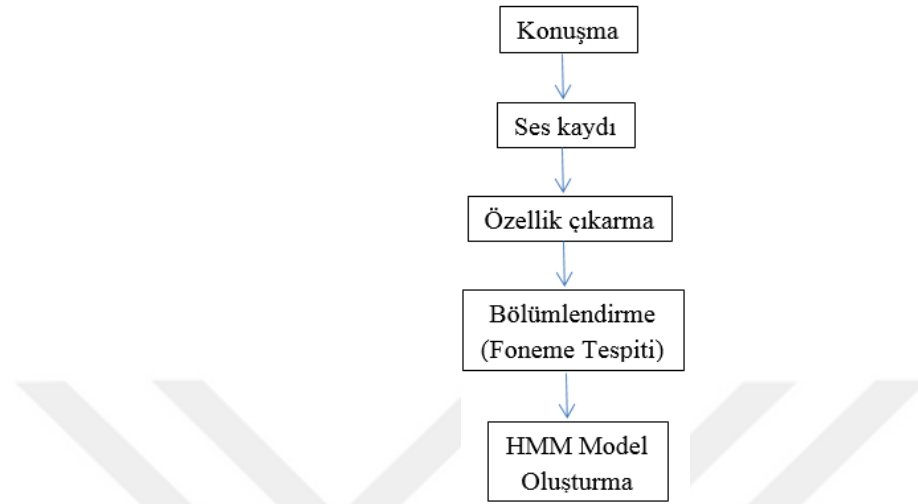
### 3.2. SİSTEM YAZILIMI

Bu işlem için gerekli yazılım uygulaması, Windows 8.1 işletim sisteminde MATLAB programında geliştirilmiştir. Programa ses sinyalini işlemek (çerçeveleme, pencereleme, spektrum vb.) için Voicebox ve örüntü tanıma işlemleri için de H2M (özellik vektörleri sınıflandırılması için istatistiksel yöntem içerir) kod kütüphaneleri eklenmiştir. Geliştirilen uygulama [78]'de yer alan çalışma model alınarak hazırlanmıştır.



### 3.2.1. Kelimelerin Sisteme Kaydedilmesi

Sistemin eğitimi aşamasında, istenen kelimeler Şekil 3.3'teki blok şemaya göre sisteme tanıtılmıştır.

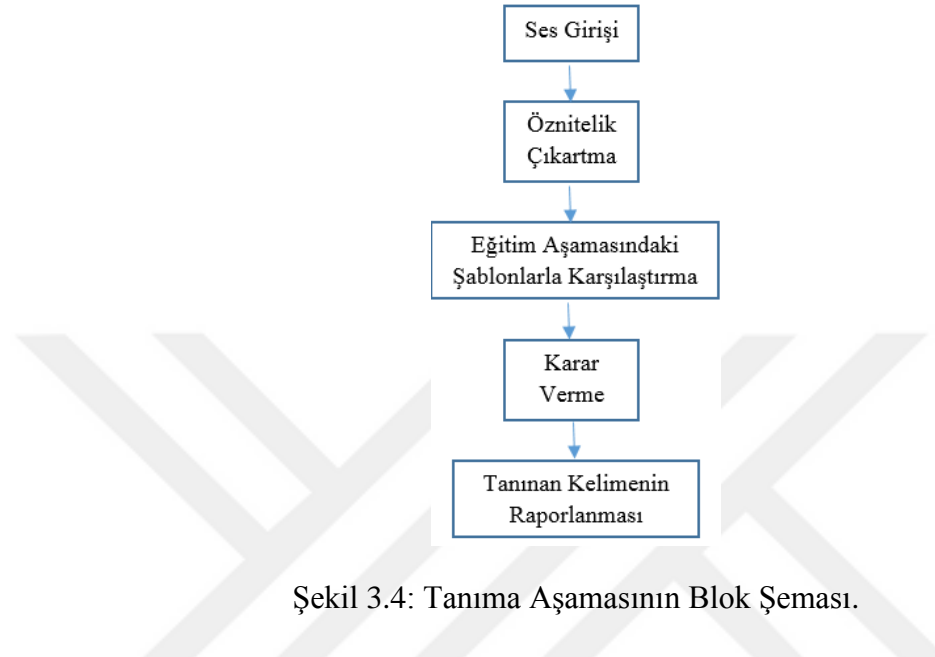


Şekil 3.3: Eğitim Aşamasının Blok Şeması.

Uygulama çalıştırıldığında eğitilmek istenen kelime istenir; kelime yazıldıktan sonra mikrofon vasıtasıyla 2 saniye süresince ses kaydı alınır. Kelimeler sisteme 22050 Hz, 16 bit ve mono formatında, dosya adı kelimenin kendisi, uzantısı wav olacak şekilde eğitilen kelimeler klasörüne kaydedilir. Ardından sistem ses dosyasından işe yarayan ve istenilen özelliklerinin ayıklanmasını için MFKK yöntemini kullanarak özellik çıkarma işlemi yapar. MFKK'nin çıktısı  $1 \times 22$  boyutlu bir matristir. Sonrasında kelimenin fonemlerine bölünmesi için fonem ağırlıklandırma algoritması ile fonem algılama ve segmentasyon işlemi yapılır. Fonem tespitinden sonra MFKK matrisinin her bir fonem kısımları için SMM modelleri yapılır. SMM modelleri dosya adı kelimenin kendisi, uzantısı ise mat olarak bir klasöre kaydedilir. Tanıma doğruluğunu artırmak için 2 SMM durumundan oluşturulur. Her oluşturulan SMM dosyası  $\mu$  ve  $\sigma$  olmak üzere iki parametre içerir.  $\mu$  2 satır 22 sütunlu gözlem vektörü matrisidir; benzer şekilde  $\sigma$ ,  $1 \times 22$  boyutunda bir matristir. Bu işlemler sisteme eklenmek istenen her kelime için ayrı ayrı yapılması gerekmektedir.

### 3.2.2. Sistemin Sesleri Tanınması

Sesin tanınma aşaması olarak adlandırılan bu kısımda yeni ses kaydının, önceden SMM modelleri oluşturulmuş ses kayıtları ile karşılaştırılıp, hangisi ile eşleştiği tespit edilir. Bu aşamanın adımları Şekil 3.4'deki blok şemada gösterilmiştir.



Şekil 3.4: Tanıma Aşamasının Blok Şeması.

Tanım yazılımı çalıştırıldığında kullanıcıdan konuşmaya başlaması istenir ve 2 sn. boyunca konuşulan ifade “x.wav” adıyla kaydedilir. Ardından eğitim aşamasında olduğu gibi bu ses dosyasının melcepst fonksiyonu ile özniteliği çıkarılıp veritabanındaki şablonlarla karşılaştırılması yapılır. Bu işlem için HMM Viterbi Search algoritması kullanılır. Literatür taramalarında Viterbi Arama algoritmasının konuşma tanıma, modern model tabanlı konuşma geliştirme ve gizli durumların en muhtemel sırasını bulmada tercih edilen bir algoritma olması sebebiyle uygulamada tercih edilmiştir.

Sonrasında bir döngü ile daha önceden sisteme tanıtılan sözcükler için model parametreleri yüklenir ve ardından hmm\_vit fonksiyonu kullanılarak tanınması istenen kelime için bir değer elde edilir. Elde edilen en büyük değer, en benzer kaydı ifade ettiğinden kelime tespit edilmiş olur. Tanınan kelime raporlanır ve işlevin gerçekleştirilmesi aşamasına aktarılır.

### 3.2.3. Harflerin Titreşime Dönüşümü

Bu aşamada önceki adımda tespit edilen kelime, harflerine ayrılıp ASCII koduna dönüştürülür ve bu kodlar seri port üzerinden Arduino mikrodenetleyicisine gönderilir.

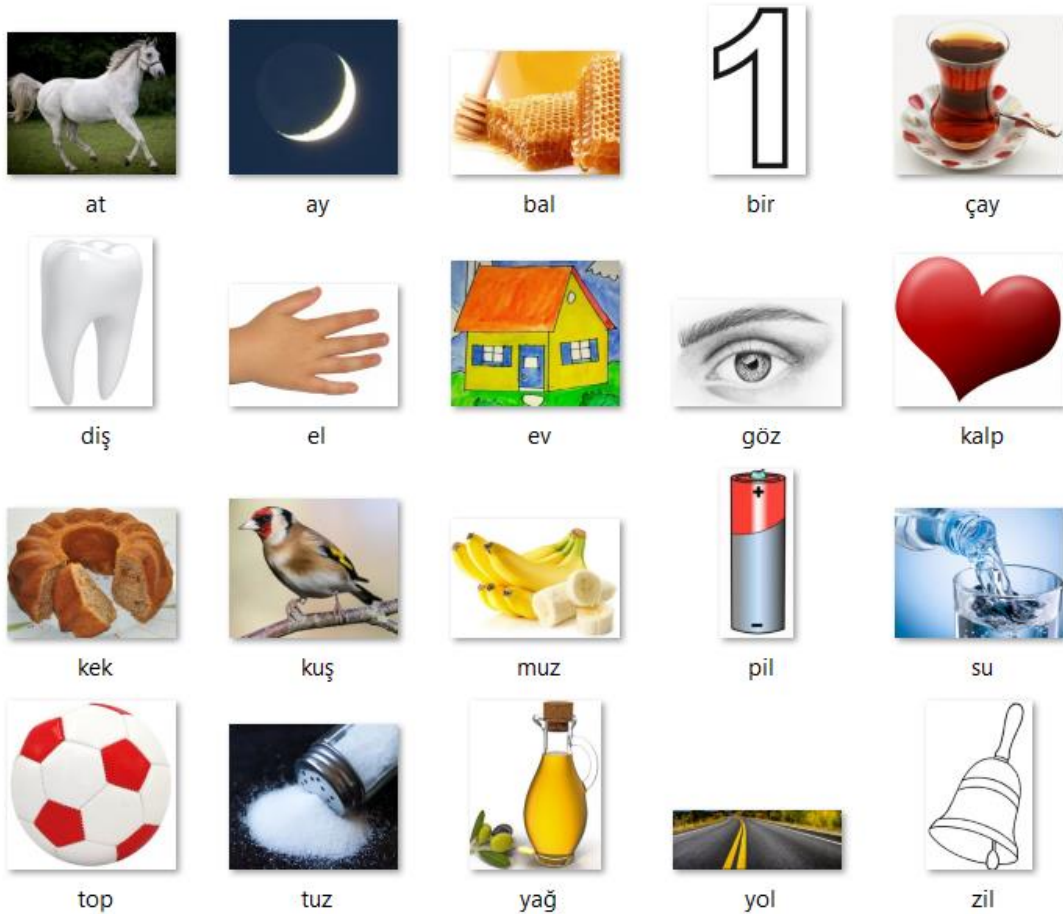
Mikrodenetleyiciye gelen kodların harf karşılıkları tespit edildikten sonra Arduino'nun çıkış portlarına yerleştirilmiş titreşim motorlarına birer saniye aralıkla gönderilir. Titreşim motorları, Türk alfabesindeki her bir harf için bir tane olmak üzere yelek üzerine sırasıyla Şekil 3.5'te (resim yeleğin iç tarafından çekilmiştir.) gösterildiği gibi yerleştirilmiştir. Yelekteki harf dizilişleri Ek-1'de verilmiştir. Daha önceden sistemin çalışması hakkında eğitilmiş olan işitme engelli birey bu sayede söylenen kelimenin ne olduğunu sırtındaki titreşimler yoluyla anlaması sağlanacaktır.



Şekil 3.5: Türkçe alfabesindeki 29 harfin yelek üzerindeki yerleşim düzeni.

## 4. DENEYSEL PERFORMANS ÖLÇÜMLERİ

Geliştirilen sistem performans ölçümleri için sağlıklı bir birey üzerinde denenmiştir. Okuma yazma bilen bu bireye öğretilmek istenen sözcükler yazılı ve görsel olarak gösterilerek eğitim ve test işlemleri yapılmıştır. İlk önce günlük hayatında sık karşılaştığı 20'şer adet basit (tek ve 2 heceli sözcükler) ve 10'ar adet zor (3 veya daha fazla heceli sözcükler) olmak üzere toplam 60 adet sözcükler/görsellerden oluşan tablolar hazırlanmıştır. Bu sözcüklerin/görsellerin tabloları, Şekil 4.1, Şekil 4.2, Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1: Tek heceli sözcükler.



Şekil 4.2: İki heceli sözcükler.



Şekil 4.3: Üç heceli sözcükler.



Şekil 4.4: Dört heceli sözcükler.

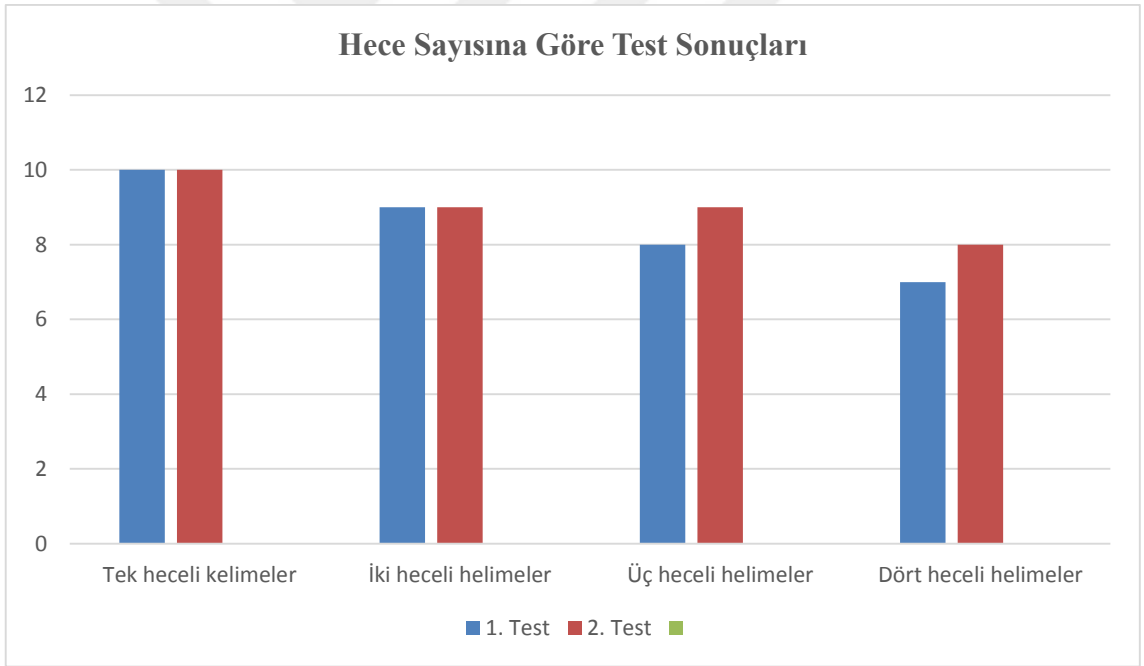
Çalışmanın deneysel ortamı (eğitim ve test aşamaları) Intel Core i7 işlemci, 16 GB ram, 1 TB sabit disk özellikleri olan ve harici yaka mikrofonu dahil edilen bilgisayar ile gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen uygulama programı, Matlab2018b yazılımında Voicebox ve H2M eklentileri ilave edilerek kodlanmıştır. Bireyin eğitime başlanmadan önce çizelgelerdeki kelimeler yazar tarafından seslendirilerek uygulama programı aracılığıyla uygulama yazılımının veri tabanına kaydedilmiş olup; bu kelimelerin öznitelik dosyaları oluşturulmuştur. Sonrasında kolaydan zora doğru bir yöntem izlenerek kelimeler teker teker sıra ile bireye gösterilmiştir. Hemen ardından o kelimenin harfleri sırası ile sırtındaki yelekte bulunan ilgili harflerin titreşim motorları birer saniye süre ile ve her harf arasında da birer saniye bekleme ile çalıştırılmıştır. Bu işlem her gün yaklaşık bir saatlik zaman dilimlerinde ve 10 gün süresince tekrarlanmıştır. Eğitimin ilerleyen günlerinde bireyin kelimeleri tanıma ezberleme ihtimali göz önünde bulundurularak kelimeler çizelgelerdeki sıra ile değil karışık olarak da bireye sorularak eğitim gerçekleştirilmiştir. Eğitim aşamasında seslendirilen kelimeler geliştirilen uygulama yazılımı tarafından hatasız biçimde doğru tespit edilmiştir. Tüm bu işlemler (Sisteme kelimelerin ses kayıtlarının yapılması, bireyin eğitilmesi ve bireyin test edilmesi) gürültüsüz bir ev ortamında gerçekleştirilmiştir.

Eğitim tamamlandıktan sonra bireyin öğrenme durumunu tespit etmek için test aşamasına geçilmiştir. Test işlemleri eğitim aşamasında öğretilen kelimeler arasından rasgele seçilen 10'ar kelime/görsel ile yapılmıştır; fakat bu işlemler uygulama yazılımının eğitiminde kullanılan ses kayıtları ile değil yeni yapılan ses kayıtları ile gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada eğitim kartları gösterilmeden öğretilen sözcükler karışık olarak bireyin söyleyenin ağzını görmeyecek ve sesini duymayacak şekilde seslendirilerek bireyin

kelimeleri tanması istenmiştir. Bu işlem her sözcük için ikişer kez tekrarlanmıştır. Yazar tarafından yeniden seslendirilen sözcükler uygulama yazılımı tarafından doğru biçimde tanınmış ve ilgili harflerin motorları titreştirilerek bireyin anladığı sözcük veya görseli kartta göstermesi izlenmiştir. Bireyin doğru bildiği kelime sayıları hece bazında Çizelge 4.1’de ve başarı yüzdeleri ise Şekil 4.5’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1: Test aşamasında doğru bilinen kelime sayıları.

	Tek heceli kelimeler		İki heceli kelimeler		Üç heceli kelimeler		Dört heceli kelimeler	
	1. Test	2. Test	1. Test	2. Test	1. Test	2. Test	1. Test	2. Test
Okuma-Yazma Bilen Sağlıklı Birey	10	10	9	9	8	9	7	8



Şekil 4.5: Okuma-Yazma bilen sağlıklı bireylerin doğru tahmin sayıları.

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tezde, işitme engelli bireylerin eğitimi için sesi titreşime dönüştüren sistem tasarımı ve uygulaması gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışma, Türkçe için konuşmacıya bağımlı ve kelimeyi titreşim yoluyla tanıma uygulamasıdır.

Seçilen kelimeler üzerinden yapılan deneylerde, sistemin kelimeyi tanıma başarısının %100'e yakın olduğu görülmüştür. Sistem veritabanında kayıtlı olmayan kelimeleri tanımadığı ve ayrıca kelimelerin test aşamasındaki söyleniş biçiminin, eğitim aşamasındakine yakın yapılmasının uygulamanın kelimeyi doğru tanımada çok büyük etkisi olduğu gözlemlenmiştir. Sistemin söylenen kelimeyi doğru tanıdığı durumlar üzerinden bireylerin kelimeyi doğru tanıma başarısı, okuma yazma bilen sağlıklı bir bireyde %90 olarak ölçülmüştür.

Sonraki çalışmalara ışık tutması açısından, sistemin başarısını ve kullanılabilirliğini artırmak için şu öneriler söylenebilir. Birincisi, sistem yazılımının mobil akıllı cihaz üzerinden çalışması; bu değişiklik, bilgisayara olan bağımlılığı ortadan kaldıracak dolayısıyla mekandan bağımsız kullanım imkanı sağlayacaktır. İkincisi mikrodenetleyici ve bilgisayar arasındaki kablo bağlantısı yerine bluetooth ile iletişim sağlanması; bu değişiklik de yine kabloya bağlı çalışmayı ortadan kaldırarak her yerde daha pratik kolay kullanıma olanak sağlayacaktır. Üçüncüsü, ses veri tabanını farklı cinsiyet ve yaş guruplarından kişilerle ve gürültülü ortamlarda yapılan ses kayıtları ile kişiden ve ortamdan bağımsız bir veritabanı oluşturulması sistemin gerçek hayata daha uygun olmasını sağlayacaktır.



## 6. KAYNAKLAR

- [1] H. GÜRGÜR ve P. ŞAFAK, *İşitme ve görme yetersizliği*, 1. baskı. Ankara: Pegem Akademi, 2017.
- [2] U. Tüfekçioğlu, “İşitme Engelliler”, *Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Yayınları.*, ss. 107–122, 2003.
- [3] İ. ÖZGÜR, *Engelli Çocuklar ve Eğitimi*, 1. baskı. Adana: Karahan Yayınevi, 2004.
- [4] WHO, “Deafness and hearing loss”, *World Health Organization*, 2019. [Çevrimiçi]. Available at: <https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>. [Erişim: 16-Haz-2019].
- [5] WHO, “Millions of People in the world have hearing loss that can be treated or prevented”, *World Heal. Organ.*, s. 20, 2013.
- [6] World Health Organization, *Addressing the rising prevalence of hearing loss*, sayı February. Switzerland: World Health Organization, 2018.
- [7] A. Ç. ve S. H. Bakanlığı, “İstatistik Bülteni Ekim 2018”, Ankara, 2018.
- [8] Türkiye İstatistik Kurumu Başkanlığı, “Sağlık Araştırması 2012”, Türkiye İstatistik Kurumu Matbaası, Ankara, Ankara, 2012.
- [9] M. GÜNGÖR, A. BOLAT, H. CENGİZ, ve N. ASLAN, “Özürlülere Yönelik Teknolojik Düzenlemeler”, *Sektörel Araştırma ve Strat. Dairesi Başkanlığı*, ss. 1–147, 2011.
- [10] H. S. TEKİR, “Osmanlı Devleti’nde Sağır Dilsiz Ve Âmâların Eğitimi Ve Toplumsal Hayattaki Rollerini”, *Doktora tezi, Tar. Anabilim Dalı, Sos. Bilim. Enstitüsü, Kafkas Üniversitesi, Kars, Türkiye*, 2015.
- [11] B. F. Frank A. Saunders, William A. Hill, “A wearable tactile sensory aid for profoundly deaf children”, *J. Med. Syst.*, c. 5, sayı 4, ss. 265–270, Ara. 1981.
- [12] N. C. Camgöz, “Sağlık ve finans uygulamalarında işitme engellilerin işaret dili ile bilgisayar etkileşim platformu”, *Yüksek lisans tezi, Bilgi. Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilim. Enstitüsü, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul, Türkiye*, 2016.
- [13] M. Y. Javed, M. M. Gulzar, S. T. H. Rizvi, M. J. Asif, ve Z. Iqbal, “Implementation of image processing based Digital Dactylology Converter for deaf-mute persons”, *2016 Int. Conf. Intell. Syst. Eng. ICISE 2016*, ss. 14–18, 2016.
- [14] P. Martins, H. Rodrigues, T. Rocha, ve M. Francisco, “Accessible options for Deaf people in e-Learning platforms: technology solutions for Sign Language translation”, *Procedia - Procedia Comput. Sci.*, c. 67, sayı Dsai, ss. 263–272, 2015.
- [15] E. N. Tiryaki, “Ortaokulda Öğrenim Gören İşitme Engelli Öğrencilerin Türkçe

- Derslerinde Kullanılan Materyaller Üzerine Bir Değerlendirme”, *Mustafa Kemal Üniversitesi Okuma Yazma Eğitimi Araştırmaları*, 2014.
- [16] Z. KAYA, “İşitme Engelli Yükseköğretim Öğrencilerine Bilgisayar Yazılımı Kullanımının Öğretilmesi”, *Doktora tezi, Özel Eğitim Anabilim Dalı, Eğitim Bilim. Enstitüsü, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye*, 2012.
- [17] C. C. ÇAL, “İşitme Engelliler İçin Uzaktan Eğitim Amaçlı, Web Tabanlı Bir Arayüz Tasarımı Ve Uygulaması”, *Yüksek lisans tezi, Bilgi. Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilim. Enstitüsü, Trak. Üniversitesi, Edirne, Türkiye*, 2011.
- [18] J. Wu, Z. Tian, L. Sun, L. Estevez, ve R. Jafari, “Real-time American Sign Language Recognition using wrist-worn motion and surface EMG sensors”, içinde *2015 IEEE 12th International Conference on Wearable and Implantable Body Sensor Networks (BSN)*, 2015, ss. 1–6.
- [19] U. M. KALAYCI ve F. K. ASLAN, “Konuşan Eller”, içinde *Uluslararası Engelsiz Bilişim 2015 Kongresi, Manisa, Türkiye*, 2015.
- [20] R. Thome, S. Offutt, L. Bagley, A. Weaver, J. Page, ve M. E. Tyler, “Tactile Auditory Sensory Substitution”, *Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, Wisconsin Orto-Rehab Tıp Üniversitesi, Madison*, c. 200, sayı September, s. 300, 2006.
- [21] L. ŞILBİR, “Grafik Sembolleri Temel Alan Teknoloji Destekli Öğrenme Ortamlarının İşitme Engelli Öğrencilerin Okuryazarlık Ve İletişim Becerileri Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi”, *Doktora tezi, Bilgi. ve Öğretim Teknol. Eğitimi Anabilim Dalı, Eğitim Bilim. Enstitüsü, Karadeniz Tek. Üniversitesi, Trabzon, Türkiye*, 2017.
- [22] E. BİÇEK, “Android ve web tabanlı bir uygulama ile işitme engellilere yönelik sesli dersi yazılı takip sistemi.”, *Yüksek lisans tezi, Elektr. Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilim. Enstitüsü, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Türkiye*, 2016.
- [23] G. KARASU, “İşitme Engelli Öğrencilerde Dengeli Okuma Yazma Öğretimi Yaklaşımıyla Sözcük Dağarcığı Geliştirme Stratejileri”, *Çankırı Karatekin Üniversitesi Sos. Bilim. Enstitüsü Derg.*, c. 2, sayı 2, ss. 1–22.
- [24] G. SARMAŞIK, “Bilgisayar destekli dudak okuma eğitim aracı”, *Doktora tezi, Bilgi. Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilim. Enstitüsü, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, Türkiye*, 2009.
- [25] F. B. BAŞ, “Bir mobil işaret dili uygulaması: Mtids”, *Yüksek lisans tezi, Bilgi. Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilim. Enstitüsü, Trak. Üniversitesi, Edirne, Türkiye*, c. 3, sayı 2, ss. 54–67, 2015.
- [26] H. Ketabdar ve T. Polzehl, “Tactile and visual alerts for deaf people by mobile phones”, *Conf. Pap. · January 2009 DOI 10.1145/1639642.1639701 · Source DBLP*, sayı January 2009, s. 253, 2009.
- [27] A. Sood ve A. Mishra, “AAWAAZ: A communication system for deaf and dumb”, *2016 5th Int. Conf. Reliab. Infocom Technol. Optim. ICRITO 2016 Trends Futur. Dir.*, ss. 620–624, 2016.
- [28] A. SARMAN, “İşitme engelliler için konuşma ve metinden üç boyutlu yüz

- sentezleme”, *Yüksek lisans tezi, Bilgi. Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilim. Enstitüsü, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2004.*
- [29] Z. KATILMIŞ, “Konuşan parmaklar”, *Yüksek lisans tezi, Bilgi. Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilim. Enstitüsü, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye, 2015.*
- [30] A. BAŞ, “İşitme engellilere yönelik dinamik web sayfasının geliştirilmesi ve değerlendirilmesi”, *Yüksek lisans tezi, Bilgi. Mühendisliği Anabilim Dalı, Bilişim Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2014.*
- [31] N. C. Patil, K. A. Parane, M. V. Guruprasad, ve S. R. Poojara, “MuteTrans: A communication medium for deaf”, *Souvenir 2014 IEEE Int. Adv. Comput. Conf. IACC 2014*, ss. 106–111, 2014.
- [32] D. S. BERİGEL, “Teknoloji destekli matematik öğrenme ortamlarının işitme engelli öğrencilerin matematik becerilerine etkilerinin incelenmesi”, *Doktora tezi, Ortaöğretim Fen ve Mat. Alanları Eğitimi Anabilim Dalı, Eğitim Bilim. Enstitüsü, Karadeniz Tek. Üniversitesi, Trabzon, Türkiye, 2017.*
- [33] A. Good, M. J. Reed, ve F. A. Russo, “Compensatory plasticity in the deaf brain: Effects on perception of music”, *Brain Sci.*, c. 4, sayı 4, ss. 560–574, 2014.
- [34] E. ÇİFTÇİ, “İşitme engelli öğrenciler için hazırlanan bilgisayar destekli yazılı anlatım becerisi geliştirme materyalinin tasarımı”, *Yüksek lisans tezi, Bilgi. ve Öğretim Teknol. Eğitimi Anabilim Dalı, Fen Bilim. Enstitüsü, Karadeniz Tek. Üniversitesi, Trabzon, Türkiye, ss. 1–5, 2009.*
- [35] F. Yaman, O. Dönmez, E. Avcı, ve I. K. Yurdakul, “İşitme engelli öğrencilerin okuma-yazma eğitiminde mobil uygulama kullanımı”, *Eğit. ve Bilim*, c. 41, sayı 188, ss. 153–174, 2016.
- [36] Y. UYGUN, A. K. TEKE, ve D. M. GEZGİN, “İşitme engelli öğrencilerin türkçe eğitiminde bilgisayar destekli eğitim yazılımı”, *J. Instr. Technol. Teach. Educ.*, c. 7, sayı 1, ss. 36–45, 2018.
- [37] L. ŞILBİR, “İşitme engelli öğrencilerin türkçe okuma yazma becerilerinin geliştirilmesine yönelik görsel yardım paketi”, *Yüksek lisans tezi, Bilgi. ve Öğretim Teknol. Eğitimi Anabilim Dalı, Eğitim Bilim. Enstitüsü, Karadeniz Tek. Üniversitesi, Trabzon, Türkiye, s. 130, 2011.*
- [38] J. Bukhari, M. Rehman, S. I. Malik, A. M. Kamboh, ve A. Salman, “American sign language translation through sensory glove; SignSpeak”, *Int. J. u- e-Service, Sci. Technol.*, c. 8, sayı 1, ss. 131–142, 2015.
- [39] M. Sakajiri, K. Nakamura, S. Fukushima, T. Ifukube, ve S. Miyoshi, “Voice pitch control using tactile feedback for the deafblind or the hearing impaired persons to assist their singing”, *Conf. Proc. - IEEE Int. Conf. Syst. Man Cybern.*, ss. 1483–1487, 2010.
- [40] P. Kumari, P. Goel, ve S. R. N. Reddy, “PiCam: IoT based wireless alert system for deaf and hard of hearing”, *Proc. - 2015 21st Annu. Int. Conf. Adv. Comput. Commun. ADCOM 2015*, ss. 39–44, 2016.

- [41] S. Mirri, C. Prandi, P. Salomoni, ve L. Monti, “Fitting like a GlovePi: A wearable device for deaf-blind people”, *2017 14th IEEE Annu. Consum. Commun. Netw. Conf. CCNC 2017*, ss. 1057–1062, 2017.
- [42] M. K. BAYGÜN, “Türkçe komutlari taniyan ses tanima sistemi gelistirilmesi”, *Yüksek lisans tezi, Bilgi. Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilim. Enstitüsü, Pamukkale Üniversitesi, Denizli, Türkiye, 2006.*
- [43] O. Eray, “Destek vektör makineleri ile ses tanima uygulaması”, *Yüksek lisans tezi, Elektr. Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilim. Enstitüsü, Pamukkale Üniversitesi, Denizli, Türkiye, 2008.*
- [44] H. K. TEZER, “Gerçek zaman ve ses tanima tabanlı bir sistemin geliştirilmesi”, *Yüksek lisans tezi, Elektron. Sist. Mühendisliği Anabilim Dalı, Deniz Bilim. ve Mühendisliği, Enstitüsü, Deniz Harp Okulu, İstanbul, Türkiye, 2013.*
- [45] M. D. DEMİRCİ, “Bilgisayar destekli ses tanima sistemi tasarımı”, *Yüksek lisans tezi, Bilgi. Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilim. Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2005.*
- [46] T. GÜLOĞLU, “Dalgacık teknikleri kullanarak Türkçe ses biliminden yararlanarak Türkçe ses tanima”, *Yüksek lisans tezi, Elektr. Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilim. Enstitüsü, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, Türkiye, 2014.*
- [47] A. Fleury, N. Noury, M. Vacher, H. Glasson, ve J.-F. Seri, “Sound and speech detection and classification in a Health Smart Home”, *30th Annu. Int. IEEE EMBS Conf. Vancouver, Br. Columbia, Canada, August 20-24, 2008*, ss. 4644–4647, 2009.
- [48] O. Buyuk, “Mobil araçlarda Türkçe konuşma tanima için yeni bir veri tabanı ve bu veri tabanı ile elde edilen ilk konuşma tanima sonuçları”, *Pamukkale Univ. J. Eng. Sci.*, c. 24, sayı 2, ss. 180–184, 2018.
- [49] T. L. Nwe, S. W. Foo, ve L. C. De Silva, “Speech emotion recognition using hidden markov models”, *Speech Commun.*, c. 41, sayı 4, ss. 603–623, 2003.
- [50] Y. Yurtcan ve B. G. Kilic, “Gürültülü ortamlarda mobil cihazlar ile konuşma tanima”, *26th IEEE Signal Process. Commun. Appl. Conf. SIU 2018*, ss. 1–4, 2018.
- [51] C. Jeyalakshmi, V. Krishnamurthi, ve A. Revathy, “Transcribing deaf and hard of hearing speech using hidden markov model”, *2011 - Int. Conf. Signal Process. Commun. Comput. Netw. Technol. ICSCCN-2011*, sayı Icscn, ss. 326–331, 2011.
- [52] S. Oberle ve A. Kaelin, “Recognition of acoustical alarm signals for the profoundly deaf using hidden markov models”, *Inst. Signal Inf. Process. ETH-Zentrum, CH-8092 Zurich, Switz.*, ss. 2285–2288, 2002.
- [53] P. Heracleous, D. Beautemps, ve N. Aboutabit, “Cued speech automatic recognition in normal-hearing and deaf subjects”, *Speech Commun.*, c. 52, sayı 6, ss. 504–512, 2010.
- [54] F. Liu, “Audio fingerprinting for speech reconstruction and recognition in noisy environments”, *Master thesis, Comput. Sci. Univ. Victoria, Canada, 2017.*

- [55] F. Su, L. Yang, T. Lu, ve G. Wang, “Environmental sound classification for scene recognition using local discriminant bases and HMM”, içinde *Proceedings of the 19th ACM international conference on Multimedia - MM '11*, 2011, s. 1389.
- [56] B. Tombaloglu ve H. Erdem, “MFCC-SVM tabanlı Türkçe konuşma tanıma sisteminin geliştirilmesi”, *IEEE-2016 978-1-5090-1679-2/16/*, ss. 929–932, 2016.
- [57] G. POLAT, “Duygu sınıflandırma probleminde öznitelik seçim algoritmaları kullanarak özniteliklerin sınıf ayırt edebilme kabiliyetinin iyileştirilmesi”, *Yüksek lisans tezi, Elektr. Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilim. Enstitüsü, Niğde Üniversitesi, Niğde, Türkiye*, 2007.
- [58] L. Canen, “İşitme engellilere bas frekanslar titreşimleri ile ritim öğretim metodu”, *Yüksek lisans tezi, Türk Musik. Anasanat Dalı, Sos. Bilim. Enstitüsü, Haliç Üniversitesi, İstanbul*, 2017.
- [59] S. Novich, “Sound-to-touch sensory substitution and beyond”, *PhD thesis, Electr. Comput. Eng. Rice Univ. Houston, Texas*, 2015.
- [60] M. YAĞANOĞLU, “Duyma engelliler için giyilebilir titreşim tabanlı ses tanıma uygulamaları”, *Doktora tezi, Bilgi. Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilim. Enstitüsü, Karadeniz Tek. Üniversitesi, Trabzon, Türkiye*, 2018.
- [61] R. I. Damper, S. Member, ve M. D. Evans, “A multifunction omestic alert system for the deaf-blind”, *IEEE Trans. Rehabil. Eng.*, c. 3, sayı 4, ss. 354–359, 1995.
- [62] M. Yağanoğlu ve C. Köse, “Real-time detection of important sounds with a wearable vibration based device for hearing-impaired people”, *Electron. MDPI*, c. 7, sayı 4, 2018.
- [63] P. Milnes, J. C. Stevens, B. H. Brown, I. R. Summers, ve P. G. Cooper, “Use of micro-controller in a tactile aid for the hearing impaired”, *18th Annu. Int. Conf. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. Amsterdam 1996*, ss. 413–414, 2002.
- [64] H.-W. Huang, Xuedong, Alejandro Acero, Hon, “Spoken language processing a guide to theory, algorithm, and system development”, *Prenticc Hall PTR, Inc. Up. Saddle River, New Jersey 07458*, c. 66, ss. 37–39, 2012.
- [65] L. R. Rabiner ve R. W. Schafer, *Digital Processing Of Speech Signals*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, 1978.
- [66] J. O. Smith, “Mathematics of the discrete fourier transform”, *Cent. Comput. Res. Music Acoust. Dep. Music. Stanford Univ. Stanford, Calif.*, c. 94305, 2002.
- [67] H. Atasoy, “Spektral sızıntı ve pencere fonksiyonları”, <http://www.atasoyweb.net/>. [Çevrimiçi]. Available at: <http://www.atasoyweb.net/Spektral-Sizinti-Ve-Pencere-Fonksiyonlari>. [Erişim: 10-Kas-2019].
- [68] E. ÖZKAYNAK, “Paralel programlama ile ses tanıma işleminin gerçekleştirilmesi”, *Yüksek lisans tezi, Bilgi. Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilim. Enstitüsü, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye*, 2013.
- [69] T. KAYA, “Bir ve iki boyutlu sayısal filtre tasarımı için akıllı hesaplama yöntemleriyle yeni bir pencereleme fonksiyonunun geliştirilmesi”, *Doktora tezi*,

*Elektr. Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilim. Enstitüsü, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye, 2011.*

- [70] A. BARUTÇUOĞLU, “İnternet çağında yeni dijital ses kodlamaları ve müzik paylaşım yolları”, *Yüksek lisans tezi, Sanat Ve Tasarım Anasanat Dalı Sos. Bilim. Enstitüsü, Yıldız Tek. Üniversitesi, İstanbul, 2011.*
- [71] P. ÇİVİVİOĞLU, A. E. Karkinli, ve E. Beşdok, “Konuşma tanıma algoritmalarının Cbs’de kullanımı ve dsa tabanlı bir konuşma tanıma uygulaması”, *IV. Uzak. Algılama ve Coğrafi Bilgi Sist. Sempozyumu*, ss. 16–19, 2012.
- [72] M. UZUNÇARŞILI, “Vektör nicemleme tekniklerine dayalı konuşmacı tanıma algoritmalarının incelenmesi”, *Yüksek lisans tezi, Elektron. Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilim. Enstitüsü, Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2005.*
- [73] L. R. Rabiner, “A tutorial on hidden markov models and selected applications in speech recognition”, *Proceeding IEEE, Vol. 77 No.2, c. 77, sayı 2, 1989.*
- [74] D. Akkidias, “Viterbi algorithm”, *J. Exp. Algorithmics*, 2015.
- [75] M. A. KARADAŞ, “Bilişim teknolojisi sınıflarında konuşma tanıma teknolojisi ile sınıf otomasyonu”, *Yüksek lisans tezi, Bilişim Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2014.*
- [76] M. ÇELEBİ, “Ses komut tanıma ile gezgin araç kontrolü”, *Yüksek lisans tezi, Elektron. Eğitimi Anabilim Dalı, Fen Bilim. Enstitüsü, Marmara Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2012.*
- [77] M. AYDIN, “Altı serbestlik derecesine sahip bir robot kolunun ses ile kontrolü”, *Yüksek Lisans Tezi, Elektron. Bilgi. Eğitimi Anabilim Dalı, Fen Bilim. Enstitüsü, Marmara Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2012.*
- [78] V. TUNALI, “Türkçe için konuşmacı bağımlı, geniş sözcük dağarcıklı, ayrık sözcüklü tanıma sistemi”, *Yüksek lisans tezi, Bilgi. Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilim. Enstitüsü, Marmara Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2005.*

## 7. EKLER

### 7.1. EK 1: HARFLERİN YELEKTEKİ DİZİLİMİ

<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>Ç</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
<b>F</b>	<b>G</b>	<b>Ğ</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>İ</b>
<b>J</b>	<b>K</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>N</b>	<b>O</b>
<b>Ö</b>	<b>P</b>	<b>R</b>	<b>S</b>	<b>Ş</b>	<b>T</b>
	<b>U</b>	<b>Ü</b>	<b>V</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>

# ÖZGEÇMİŞ

## KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Umut ÇELİK  
Doğum Tarihi ve Yeri : 01/03/1981 - Çaycuma  
Yabancı Dili : İngilizce  
E-posta : umutcelik6703@hotmail.com

## ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Bilgisayar Öğretmenliği	Fırat Üniversitesi	2003
Lise	Bilgi-İşlem	Çaycuma Anadolu Ticaret Meslek Lisesi	1999

## YAYINLAR

Kara Resul, Çelik Umut (2019). Vest Wearable Design For The Education Of The Deaf.  
6th International Congress on Fundamental and Applied Sciences, Tiran/Arnavutluk