MARMARA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

RASPBRAILLE: OPTİK KARAKTER TANIMA VE SES TANIMA ALGORİTMASI İLE BRAİLLE ALFABESİNE DÖNÜŞÜM

FİLİZ DALIP

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Bilgisayar Mühendisliği Yüksek Lisans Programı

DANIŞMAN

Doç. Dr. Kazım YILDIZ

EŞ-DANIŞMAN

Dr. Öğr. Üyesi Eyüp Emre ÜLKÜ

İSTANBUL, 2022

MARMARA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

RASPBRAILLE: OPTİK KARAKTER TANIMA VE SES TANIMA ALGORİTMASI İLE BRAİLLE ALFABESİNE DÖNÜŞÜM

FİLİZ DALIP

523619026

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Bilgisayar Mühendisliği Yüksek Lisans Programı

DANIŞMAN

Doç. Dr. Kazım YILDIZ

EŞ-DANIŞMAN

Dr. Öğr. Üyesi Eyüp Emre ÜLKÜ

İSTANBUL, 2022

MARMARA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Öğrencisi Filiz DALIP'ın "RaspBraille: Optik Karakter ve Ses Tanıma Algoritmaları ile Braille Alfabesine Dönüşüm" başlıklı tez çalışması, 24 Mayıs 2022 tarihinde savunulmuş ve jüri üyeleri tarafından başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri

Doç.Dr. Kazım YILDIZ (Danışman)

Marmara Üniversitesi ..... (İMZA).....

Doç.Dr. Buket DOĞAN (Üye)

Marmara Üniversitesi ..... (İMZA).....

Dr. Öğr. Üyesi Arzu KAKIŞIM (Üye)

İstanbul Ticaret Üniversitesi ..... (İMZA).....

ONAY

Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun …… tarih ve …… sayılı kararı ile Filiz DALIP'ın Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı Bilgisayar Mühendisliği Programında Yüksek Lisans/Doktora derecesi alması onanmıştır.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Prof. Dr. Bülent EKİCİ

ÖNSÖZ

Tez çalışmamın araştırılmasında ve yürütülmesinde her daim destek olan, her fırsatta yardımını esirgemeyen değerli danışmanım Doç.Dr. Kazım YILDIZ'a, eşdanışmanım Dr. Öğr. Üyesi Eyüp Emre ÜLKÜ'ye, her zaman yanımda olan arkadaşım Mahmut ÇAKAR'a ve FYL-2021-10370 numaralı projeye desteklerinden dolayı Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne

Teşekkürlerimi sunarım.

MAYIS, 2022 **Filiz DALIP**

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖNSÖZ **i**

İÇİNDEKİLER **ii**

ÖZET **iv**

ABSTRACT **vi**

KISALTMALAR **viii**

ŞEKİL LİSTESİ **ix**

TABLO LİSTESİ **xi**

1. GİRİŞ **1**

1.1. Zihinsel Engellilik **1**

1.2. İşitme Engelliliği **2**

1.3. Bedensel Engellilik **2**

1.4. Görme Engelliliği **3**

1.5. Genel Bakış **3**

1.5.1. Problemin Tanımı **4**

1.5.2. Amaç ve Hedef **4**

1.5.3. Ana Katkılar **5**

1.6. Braille Alfabesi **6**

1.7. Literatür Çalışmaları **13**

2. MATERYAL VE YÖNTEM **29**

2.1. Veriseti **30**

2.2. Optik Karakter Tanıma Algoritması **32**

2.3. Ses Tanıma Algoritması **34**

2.4. Donanım Cihazı **35**

2.4.1. Raspberry Pi 4 **35**

2.4.2. MG90s Metal Dişli Servo Motor **37**

2.4.3. PCA9685 16 Kanal 12 Bit PWM Motor Sürücü Devresi **38**

2.4.4. Üç Boyutlu Yazıcı **40**

3. BULGULAR VE TARTIŞMA **43**

SONUÇLAR **50**

KAYNAKLAR **52**

ÖZGEÇMİŞ **56**

ÖZET

RASPBRAILLE: OPTİK KARAKTER TANIMA VE SES TANIMA ALGORİTMASI İLE BRAİLLE ALFABESİNE DÖNÜŞÜM

Görme engelli bireyler için fiziksel olarak basılmış kitap, makale veya yayınlanmış herhangi bir materyali okuyup incelemek hayatları boyunca oldukça zor bir mücadeledir. Aynı zamanda günlük hayatlarındaki her yerde karşılarına çıkabilecek fiziksel olarak basılı tabela ve metin gibi materyalleri okumak da problem yaşamaktadırlar.

Görme engelli bireyler ile diğer bireyler arasındaki bilgi akışını ve iletişimi teşvik etmek için iletişimdeki bu asimetriyi dengelemeye yardımcı olabilecek teknolojilere ihtiyaç vardır [1]. Bu amaçla, görme engelli bireyler için okuyabilecekleri bir alfabe geliştirilmiştir. Bu alfabe kendisi de görme engelli olan Louis Braille tarafından icat edilmiş ve onun adıyla Braille alfabesi olarak isimlendirilmiştir. Braille sistemini oluşturan Louis Braille, bir yazı mucidi olarak da kabul edilir [2]. Bu devrimci sistem ile birlikte görme engelli bireylerin yazılı kültüre erişmesine imkan sağlanmıştır ve yaşam kalitesinde de büyük bir ilerleme görülmüştür [2].

Braille harfleri olarak da bilinen bu alfabe görme engelliler için tasarlanmış özel harflerden oluşmaktadır. Bir Braille harfi, üç sıra iki sütundan oluşan dikdörtgen şeklinde düzenlenmiş altı noktanın değişik şekilde kombinasyonu sonucuyla ifade edilir. Bu noktalar ile altmış dört farklı kombinasyon oluşabilmektedir.

Optik karakter tanıma teknolojisi evrakları, pdf gibi dosyaları ve kamerayla çekilen resimleri düzenleyebilir ve aranabilir verilere dönüştürebilir. Resimlerdeki harfleri seçip ayırır. Harflerden kelimeleri, kelimelerden cümleleri ve paragrafları doğru bir çıktı olarak verir. Optik karakter tanıma arka planı beyaz olarak gelen verinin üzerinde siyah noktalardan oluşan bütünü yani harfleri, sayıları, sembolleri ya da diğer imgeleri vb. algılayacak ve okuyacak bir yapıya sahiptir. Konuşma tanıma algoritması, bilgisayar, tablet, cep telefonu, ses kaydedici cihazlar vb. gibi teknolojik ürünlerle insan sesinin bir mikrofon aracılığıyla algılanıp tanınması işlemidir.

Tez kapsamında ilk olarak Braille alfabesine çevrilmesi istenen kitapların her bir sayfasının görseli alınarak optik karakter tanıma algoritmasıyla belirli bir karakter seti kullanılarak bir dönüşüm gerçekleştirilmiştir. Bir diğer adım ise konuşma ile okunarak kaydedilmiş kitapların sesin metne dönüştürülmesi algoritmasıyla her bir harfin Braille alfabesine hızlı bir şekilde dönüşüm işlemi yapılmıştır. İki aşama sonrasında dönüştürülen bu karakterlerin elde edilmesiyle, görme engelli bireylerin okuyabileceği Braille harflerinin gösterimi için fiziksel bir donanım cihazı geliştirilmiştir.

MAYIS, 2022 **Filiz DALIP**

ABSTRACT

RASPBRAILLE: CONVERSION TO BRAILLE ALPHABET WITH OPTICAL CHARACTER RECOGNITION AND SPEECH RECOGNITION ALGORITHM

Reading and examining physically printed books, articles or any published material is a very difficult struggle for visually impaired individuals throughout their lives. At the same time, they also have problems reading materials such as physically printed signage and text that they may encounter everywhere in their daily lives.

Technologies that can help balance this asymmetry in communication are needed to encourage the flow of information and communication between visually impaired individuals and other individuals [1]. For this purpose, an alphabet has been developed for visually impaired individuals. This alphabet was invented by Louis Braille, who is also visually impaired, and named after him as the Braille alphabet Louis Braille, who created the Braille system, is also considered an inventor of writing [2]. With this revolutionary system, visually impaired individuals have been given access to written culture and a great improvement has been observed in the quality of life [2].

This alphabet, also known as Braille letters, consists of special letters designed for the visually impaired. A Braille letter is expressed as a result of different combinations of six dots arranged in a rectangle made up of three rows and two columns. Sixty-four different combinations can be formed with these points.

Optical character recognition technology can organize documents, pdf files and pictures taken with the camera and convert them into searchable data. It can detect and separate the letters in the pictures. It gives accurate output of words, sentences, paragraphs from words.

Optical character recognition has a structure to perceive and read all things consisting of black dots, namely letters, numbers, symbols or other images, etc., on a white background. Speech recognition algorithm is the process of detecting and recognizing the

human voice through a microphone with technological products such as computers, tablets, mobile phones, voice recorders, etc.

Within the scope of the thesis, firstly, the images of each page of the books to be translated into Braille alphabet were taken and a transformation was carried out using a certain character set with the optical character recognition algorithm. Another step is to convert each letter into Braille alphabet quickly with the algorithm of converting the voice to text of the books recorded by reading with speech. By obtaining these converted characters after two stages, a physical hardware device has been developed for displaying Braille letters that can be read by visually impaired individuals.

MAY, 2022 **Filiz DALIP**

KISALTMALAR

OCR	**:**	Optical Character Recognition
STT	**:**	Speech to Text
IVR	**:**	Interactive Voice Response
3BY	**:**	Üç Boyutlu Yazıcı
RMS	**:**	Root Mean Square
LPC	**:**	Linear Predictive Coding
DTW	**:**	Dynamic Time Warping
ARM	**:**	Acorn Risc Machine
OBCR	**:**	Optical Braille Character Recognition
OBR	**:**	Optical Braille Recognition
DCNN	**:**	Deep Convolutional Neural Network
TTS	**:**	Text to Speech
MOS	**:**	Mean Opinion Score

ŞEKİL LİSTESİ

SAYFA

Şekil 1.1. Engel Türleri……..…….…….……..1

Şekil 1.2. Braille Alfabesindeki Noktaların Numaralandırılması ……..7

Şekil 1.3. C Harfinin Braille Alfabesi ile Gösterimi……..7

Şekil 1.4. L Harfinin Braille Alfabesi ile Gösterimi …….……..…….....7

Şekil 1.5. Braille Harflerinin Braille Alfabesi ile Gösterimleri ……9

Şekil 1.6. Braille Rakamlarının Braille Alfabesi ile Gösterimi ……..10

Şekil 1.7. Braille İmgelerinin Braille Alfabesi ile Gösterimi …….12

Şekil 1.8. A. Mohamed Ismail, K. Yuvaraj, S. Vigneswaran, P. Nagarajan 2020 yılında görme engelliler için geliştirdikleri kabartma makinesi ..……....15

Şekil 1.9. K. Smelyakov, A. Chupryna, D. Yeremenko, A. Sakhon ve V. Polezhai 2018 yılında görme engelliler için kullandıkları Kiril alfabesi ..…….....17

Şekil 1.10. S. Kumari, A. Akole, P. Angnani, Y. Bhamare ve Z. Naikwadi 2020 yılında geliştirdikleri proje cihazının iç görünümü …….……18

Şekil 1.11. S. Kumari, A. Akole, P. Angnani, Y. Bhamare ve Z. Naikwadi 2020 yılında geliştirdikleri projenin solenid gösterimi…….……19

Şekil 1.12. S. Kumari, A. Akole, P. Angnani, Y. Bhamare ve Z. Naikwadi 2020 yılında geliştirdikleri proje için kullandıkları alfabe ve haritalama yapısı……20

Şekil 1.13. Ilya G. Ovodov geliştirdiği projede kullanılan perspektifi bozulmuş bir görüntü ……21

Şekil 1.14. Ilya G. Ovodov geliştirdiği projede kullanılan eğik bir sayfa görseli ……21

Şekil 1.15. Angelina Braille Görüntüleri Veri Kümesi Örneklemesi …….……22

Şekil 1.16. R. Sawant, Prabhav, P. Shrivastava, Dr. Priti Shahane ve Dr. Harikrishnan geliştirdikleri cihaz görseli……...23

Şekil 1.17. A. AlSalman, A. Gumaei, A. AlSalman ve S. Al-Hadhrami'nin topladıkları veri setinden bir dizi Braille hücre görüntüleri ……24

Şekil 1.18. Orijinal taranmış Braille görüntüsü ……..……24

Şekil 1.19. Bölümlere ayrılmış görüntü……...……25

Şekil 1.20. İlk veri kümesinin 27 sınıf etiketi …….……25

Şekil 1.21. İlk veri kümesinin 35 sınıf etiketi……..……25

Şekil 1.22. Braille'den metne dönüştürücü prototip kurulum ..……26

Şekil 1.23. "ABCD" karakterlerinin Braille'den metne dönüştürülmesi ……27

Şekil 1.24. Titreşim bandı prototip kurulumu……..……28

Şekil 2.1. Optik Karakter Tanıma ve Ses Tanıma Algoritması ile Braille Alfabesine Dönüşüm Projesinin UML Diagramı…….…….30

Şekil 2.2. Optik Karakter Tanıma Algoritmasının Blok Diagramı…….....34

Şekil 2.3. Genel Çalışma Mimarisi..…….…...35

Şekil 2.4. Raspberry Pi 4……. ……..…...36

Şekil 2.5. Tower Pro MG90s Servo Motor …….…….…….37

Şekil 2.6. MG90s Servo Motor Boyutları…….……38

Şekil 2.7. PCA9685 16 Kanal 12 Bit PWM Motor Sürücü Devresi…….…….39

Şekil 2.8. Üç Boyutlu Yazıcı Genel Ölçüleri…… …….…….40

Şekil 2.9. Prototip Cihazın Alt Kısmının Dijital Görüntüsü…….……41

Şekil 2.10. Prototip Cihazın Üst Kısmının Dijital Görüntüsü…….…….42

Şekil 3.1. Kitap sayfa görüntüsü …….…….44

Şekil 3.2. OCR Algoritması girdi olarak verilen resim çıktısı ..…….…….45

Şekil 3.3. OCR algoritması sonrasında elde edilen dijital harflerin Braille alfabesine dönüştürülmüş hali……..…….46

Şekil 3.4. Ses tanıma algoritması sonucunda elde edilen çıktı…….…...46

Şekil 3.5. Ses tanıma algoritması sonrasında sonrasında elde edilen dijital harflerin Braille alfabesine dönüştürülmüş hali...…… …….….47

Şekil 3.6. Tez kapsamında geliştirilen prototip cihaz...…….…...48

Şekil 3.7. Tez kapsamında geliştirilen prototip cihazın kapalı görünümü……..……49

TABLO LİSTESİ

SAYFA

Tablo 1.1. İşitme kaybı dereceleri ……2

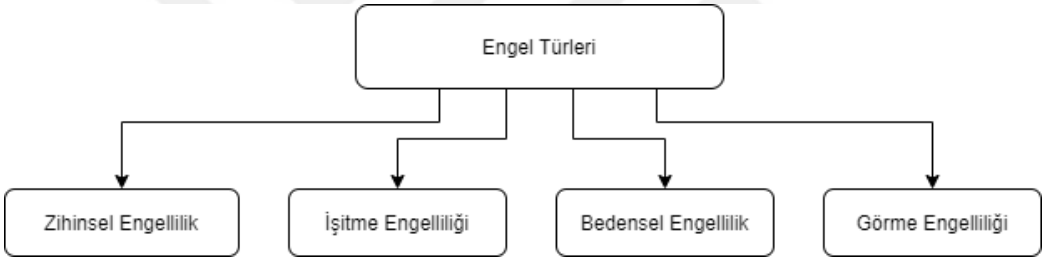
Tablo 2.1. Semboller ve Sembollerin Braille Harf Değerleri ……..……... 32

Tablo 2.2. Terresact Kütüphanesi Sonuçları……33

1. GİRİŞ

Temel insanı hakların başında yaşam hakkı gelmektedir [3]. Bunun en önemli koşulu da sağlıklı olmaktır [3]. Sağlık herhangi bir hastalığın olmaması değil, ruhsal olarak, sosyal ve fiziksel açıdan iyi olma durumudur [4]. Bu tür sebeplerden dolayı her bir bireyin sağlık durumu ihtiyaçtır ve temel bir haktır [4]. Birtakım nedenlerde dolayı bireyler doğduklarında ya da sonradan birtakım sebeplerden ötürü bireysel engelli olarak hayatta yaşam mücadelesi vermektedirler [3].

Bireylerin sahip oldukları engel ve kısıtlamalar "engel türleri" adı altında dörde ayrılmaktadır. Şekil 1.1.'de engel türlerinin sınıflandırılması görülmektedir. Engel türleri zihinsel engellilik, işitme engelliliği, bedensel engellilik ve görme engelliliği olmak üzere dört farklı gruba ayrılmaktadır [5].



Şekil 1.1. Engel Türleri

Tez içeriği dört ayrı bölüm olarak ele alınmştır. "Giriş" bölümünde engel türleri ile ilgili genel bilgilere, Braille alfabesi ve literatür çalışmalarına yer verilmektedir. İkinci bölümde "Materyal ve Yöntem" bölümünde kullanılan verisetinden, Optik Karakter ve Ses Tanıma algoritmalarından, prototip olarak oluşturulan donanım cihazı içerisindeki malzeme detaylarına ait bilgiler verilmektedir. Üçüncü bölümde "Bulgular ve Tartışma" bölümünde algoritmaların çalışma ortamı, donanım cihazı performansı ve sonuçları anlatılmıştır. Son bölümde "Sonuçlar" bölümünde ise çalışma genel olarak özetlenerek algoritmaların ve donanım cihazı ile çalışmalarına dair bilgiler yer almaktadır.

1.1. Zihinsel Engellilik

Zihinsel engellik, bireyin kavramada, olayları anlamlandırmada, sosyal ve pratik uyum becerilerinde yaşıtlarından geri kalmasına yol açan bir engellilik çeşidi ve eksikliğidir [6]. Zihinsel engellilik problem çözmede zorluk, eğitim alanında öğrenme güçlüğü, soyut

durumları anlamlandırmada ve tecrübe ile elde edilen durumları kavramada bir gerilik olarak da ifade edilmektedir.

Engelli çocuklar arasında da en sık karşılaşılan bir engel çeşididir ve fiziksel yönleri, yetenek kabiliyetleri vb. gibi durumlarda normal çocuklarla çok benzerlik göstermektedirler. Eğitilebilir zihinsel engelli çocuklar bütün zihinsel engellilerin yaklaşık %85'ini oluşturmaktadır [7].

1.2. İşitme Engelliliği

İnsan kulağının belirli sesleri algılama yetisi vardır ve bu yetiyi yeterince yerine getirememe haline işitme kaybı denilmektedir [8].

Odyogram grafiği, iki kulaktaki işitme kaybını gösteren bir grafiktir ve kişinin işitebildiği ses miktarıdır (125-8000 arasında değerden oluşmaktadır) [9]. Normal bir bireyin bu değer aralığında sesi işitememesi durumuna da işitme engelliliği var demektir. Duyma yetisini tamamen ya da kısmen kaybetmiş kişilere "İşitme engelli" denir [9].

İşitme kaybına neden olan desibel değerleri işitme kaybı derecelerine göre aşağıdaki Tablo 1.1'de listelenmiştir.

Tablo 1.1. İşitme kaybı dereceleri

Desibel Değerleri	**İşitme Kayıpları**
0–25 dB	Normal İşitme Sınırlarında
26–40 dB	Hafif İşitme Kaybı
41–55 dB	Hafif-Orta İşitme Kaybı
56–70 dB	Orta-İleri İşitme Kaybı
71–90 dB	İleri İşitme Kaybı
91- ve daha üzeri dB	Çok İleri İşitme Kaybı

1.3. Bedensel Engellilik

Sinir, kas ve iskelet sistemindeki bozukluklardan dolayı bedensel kabiliyetlerini çeşitli derecelerde kaybetmiş bireylere bedensel engelli bireyler denilmektedir.

Bu bedensel engelli bireyler toplum içerisinde uyum sağlamada, günlük yaşamlarındaki ihtiyaçlarını karşılamada vb. durumlarda zorluk çekmektedir. Bu bireylerin destek, danışman, korunma ve bakım gibi ihtiyaçları bulunmaktadır.

Bedensel engele neden olan hastalıklar [10] aşağıdaki gibi listelenmiştir.

- Doğuştan Kol Felci
- Serebral Palsı Hastalığı
- Omurilik Kapanma Defektleri
- Merkezi Sinir Sistemini Etkileyen Metabolik, Dejeneratif ve Genetik Kökenli Hastalıklar
- Doğuştan Kas Hastalıkları
- Travmatik Nedenli Sinir Sistemi Yaralanmaları
- Mental Motor Geriliği

Yukarıda belirtilen durumlardan kaynaklı oluşan bedensel engellilik durumları için günümüzde bazı tedavi yöntemleri de bulunmaktadır.

1.4. Görme Engelliliği

Bazı sebeplerden dolayı doğuştan veya hastalık, kaza vb. gibi durumlardan görme organının işlevini yerine getirememe sonucunda görme yetisini kaybetmiş kişiler görme engelli bireylerdir.

Görme engellilik; hiç görmeyenler (körler) ve az görenler olarak ikiye ayrılmaktadır. İyi olan gözünde görüş açısı 20 dereceyi geçemeyen ve görme gücünün en fazla onda biri barındıran bireylere kör, görme keskinliği 20/70 ve 20/200 arasında olan bireyler de az görenler olarak nitelendirilmektedir [11].

Görme engelli bireylerin günlük aktivitelerinde, sosyal gelişimlerinde, öğrenme ve anlamlandırma gibi becerilerinde zorluklarla karşılaşmasından dolayı bu engel türü hayatlarını olumsuz yönde etkilemektedir [5].

Engel türleri kapsamında günümüzde teknolojinin gelişmesiyle birlikte engelli bireyler için de hayatlarını bir nebze de olsa kolaylaştırabilecek çeşitli ürünler üretilmiştir. Tez çalışmasında üretilen ürünlere ek olarak bir donanım cihazı ile daima hızla ilerleyen teknolojiyle çoğalan bilgiler neticesinde görme engelli bireylerinde bu bilgilerden yararlanabilmesi, elektronik ortamlarda verilere erişebilmesi ve kendilerini

geliştirebilmeleri adına bir cihaz geliştirilmiştir. Bu geliştirilen cihaz sayesinde artık görme engelli bireylerinde normal insanların erişebildiği kaynaklara erişiminin daha kolay olması amaçlanmaktadır.

1.5. Genel Bakış

Günümüzde teknolojinin gelişmesi ile birlikte internet, kitap, sesli anlatım vb. yöntemlerle çoğalan milyonlarca bilgiye görme engelli bireylerin erişimi oldukça zordur. Bu zorluklar neticesinde; engelli bireylerin diğer normal bireylerden geri kalmamaları, kendileri geliştirebilmeleri ve yeni bilgiler öğrenebilmeleri adına bu tür üretilen kaynaklara kolayca erişebilmeleri gerekmektedir.

1.5.1. Problemin tanımı

Görme engelli bireyler için okumak oldukça zor bir süreçtir ve bu süreç içerisinde bilgilere ulaşabilmek için farklı yöntemler geliştirilmiştir. Bu tez kapsamında görme engelli bireylerin bilgiye ulaşabilme problemine yardımcı olabilmek ve başka kaynaklara da kolayca erişimlerini sağlayabilmek adına Braille alfabesi kullanılarak bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu sayede normal bireylerin erişebildiği bilgilerin çoğuna görme engelli bireylerinde erişebilmelerini sağlamak hedeflenmiştir.

1.5.2. Amaç ve hedef

Görme engelli bireylerin yaşamlarında karşılaştığı birtakım engeller mevcuttur [1]. Bu engeller içerisinde internetteki kaynaklara, gazete, makale gibi yayınlara vb. yazılı metinlerin görme engelli bireyler tarafından okunamaması onların yaşamlarını zorlaştırmaktadır. Tez çalışmasında bu engeller içerisinden bir tanesine çözüm üretebilmek amaçlanmıştır. Tez süreci boyunca insanların kolayca erişebildikleri kaynaklara, görme engelli bireylerin de aynı rahatlıkla erişebilmelerini sağlamak amacıyla kaynakların görme engelli bireylerin okuyabileceği Braille alfabesine dönüştürülmesi gerçekleştirildi.

Braille alfabesi dönüşümü için belirli bir karakter seti yer almaktadır. Tez içerisinde optik tarayıcı, özel devre kartları, fotoğraf makinesi, telefon kamerası vb. gibi fiziksel cihazlarla çekilen belgelerin dijital ortama aktarılması sağlanmıştır. Daha sonrasında optik karakter tanıma algoritmasıyla birlikte bu dijital ortama aktarılmış olan belge

üzerinde yer alan karakterler dijital belgelere kopyalanarak fiziksel olan belgenin dijital bir kopyası elde edilmiştir.

Çalışma içerisinde gerçekleştirilen bir diğer işlem de bilgisayar, tablet, cep telefonu, ses kaydedici cihazlar gibi teknolojik ürünlerle insan sesinin bir mikrofon aracılığıyla algılanıp konuşma tanıma algoritmasıyla birlikte işlenerek fiziksel ortamdan elde edilen seslerin dönüşümü sayesinde kelimeler, harfler ve karakterin elde edilmesi sağlanmıştır.

İşlemler sonucunda elde edilen karakterlerden oluşan veriler ile görme engelli bireylerin kullandığı Braille alfabesi için önceden oluşturulmuş veri setiyle bir dönüşüm gerçekleştirilmiştir. Fiziksel ortamdan alınan verilerin optik karakter tanıma ve konuşma tanıma algoritmalarıyla işlenmesiyle birlikte görme engelli bireylerin okuyabildiği Braille alfabesine dönüşümü gerçekleştirilmiştir. Daha sonrasında iki sütun ve üç satırdan oluşan dikdörtgen şeklinde 6 tane nokta bulunan Braille alfabesine dönüştürülen bu karakterlerin gösterilebilmesi için bir donanım cihazı geliştirilmiştir. Donanım cihazı kendi işlemcisi, Ram belleği ve giriş/çıkış gibi birimleri bünyesinde barındıran bir mikrodenetleyicidir. Bu mikrodenetleyiciye 6 tane noktadan oluşan Braille alfabesini gösterebilmesi için motorlar ilave edilerek bu sayede görme engelli bireylerin donanım cihazına dokunarak bu harfleri okuyabilmesinin sağlanmıştır.

1.5.3. Ana katkılar

Tez kapsamında görme engelli bireyler için iki farklı yöntem ile onların okuyabileceği alfabe olan Braille alfabesine dönüşüm gerçekleştirilmiştir. Bu iki farklı adımdan biri optik karakter tanıma, bir diğeri ise ses tanıma algoritmalarını içermektedir.

Optik karakter tanıma algoritması ile sisteme verilen bir metin, kitap, makale, fotoğraf gibi üzerinde yazı içeren ürünlerin bu algoritma ile çalıştırılması sonucunda bu ögelerde yer alan harflerin, kelimelerin dijital bir ortama aktarılması sağlanmıştır.

Ses tanıma algoritması ile mikrofon, ses kaydedici cihazlar, telefon, bilgisayar vb. teknolojik cihazlarla insanlar tarafından konuşulan sesin okunabilir bir metne dönüştürülmesini ve dijital ortama aktarılması gerçekleştirilmiştir.

Bu sayede optik karakter tanıma ve ses tanıma algoritmaları bir arada kullanılarak görme engelli bireylerin okuyabileceği alfabe olan Braille alfabesine dönüşüm iki farklı adımla gerçekleştirilmiştir.

Algoritmalar sonucunda elde edilen Braille harflerinin, görme engelli bireylerin okuyabilmeleri ve normal bireylerin elde ettikleri kaynaklara onların da erişebilmeleri adına bir özgün donanım cihazı geliştirilmiştir. Donanım cihazı içerisinde Raspberry Pi 4, servo motorlar, servo motor sürücü ve metal teller yer almaktadır. Bu prototip cihazın tamamlanması sonucunda iki farklı algoritmadan çıkan değerlerle Braille harflerine dönüştürülmesi sonucunda elde edilen verilerin, gömülü bir sistem içerisinde yer alan metal teller yardımı ile görme engelli bireylerin de bir sürü kaynağa erişebilmeleri ve okuyabilmeleri sağlanmıştır.

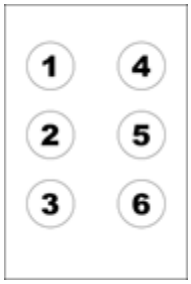
Algoritmalar ve donanım cihazı entegresi için kodlar Python programlama dili kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

1.6. Braille Alfabesi

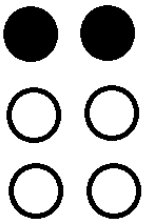
Okumak, görme engelli kişiler için oldukça zor bir süreçtir. Bu kişiler okuyabilmek için özel olarak yazılmış kitaplara ve özel olarak hazırlanmış kaynaklara ihtiyaç duyarlar. Bilgisayar, internet gibi teknolojilerin günümüzdeki tüm insanlar için önemi büyüktür [12]. Günümüzde bilgiye ulaşmak için okumak ve araştırmak gerekmektedir. Görme engelli kişilerin de bilgiye ulaşması ve faydalanması için onlara özel bir alfabe üretilmiştir ve bu alfabeye Braille alfabesi denilmektedir. Körler alfabesi olarak da ifade edilen bu alfabe çeşidi 1821 yılında Louis Braille tarafından geliştirilmiştir. Braille harfleri ifade edebilmek için iki sütun ve üç satırdan oluşan noktalar yer almaktadır. Altmışdört farklı kombinasyondan biri bir imgeyi, bir harf ya da bir rakamı ifade etmektedir.

Braille alfabesindeki harfleri ifade edebilmek için Şekil 1.2. içerisinde yer alan noktaların pozisyonları, bulundukları yere göre söylenir;

- Şekil 1.3.'da temsili bir C harfinin ifade ediliş: Sağ ve sol yandan birinci noktalar işaretli şeklinde ifade edilir [13].
- Şekil 1.4.'de temsili bir L harfinin ifade edilişi: Yukarıdan aşağıda, sol yanda 1'den 3'e kadar noktalar işaretli olarak ifade edilir [13].

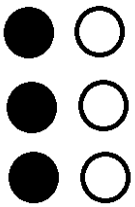


Şekil 1.2. Braille Alfabesindeki Noktaların Numaralandırılması



C

Şekil 1.3. C Harfinin Braille Alfabesi ile Gösterimi



L

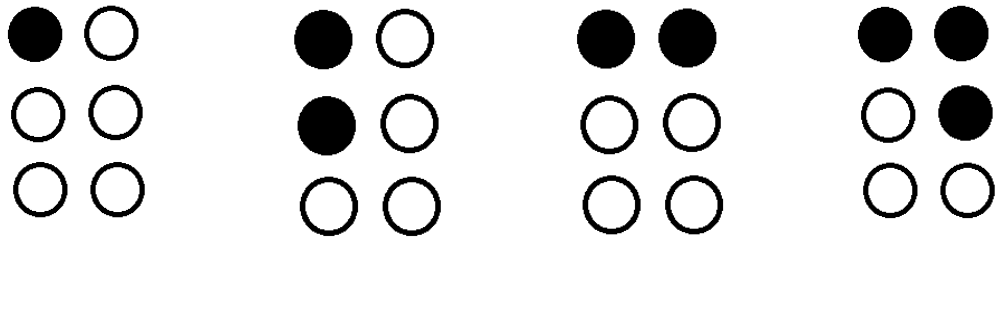
Şekil 1.4. L Harfinin Braille Alfabesi ile Gösterimi

Braille alfabesi için örnek gösterimler;

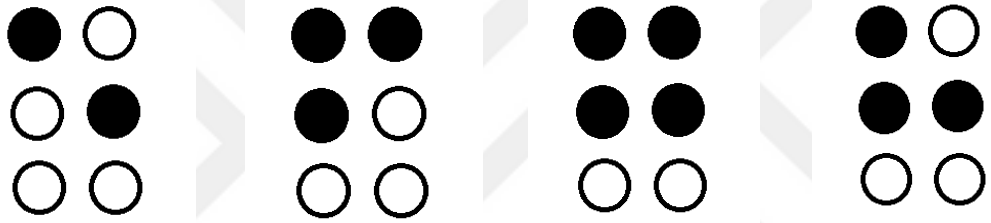
Görme engelli bireylerin okuyabildiği Braille alfabesi için harf, sayı ve imge gösterimleri bu bölümde yer almaktadır.

Harf gösterimleri

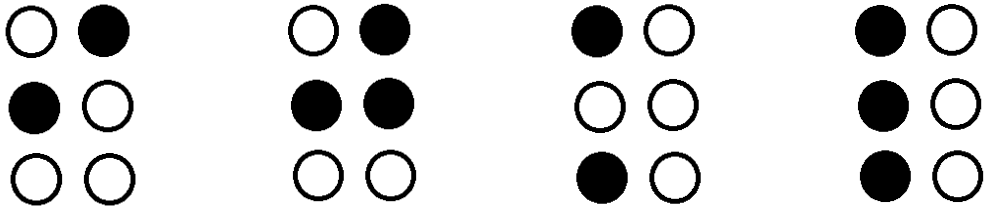
Braille harflerinin Braille alfabesindeki karşılığı olarak gösterimleri Şekil 1.5.'de yer almaktadır.



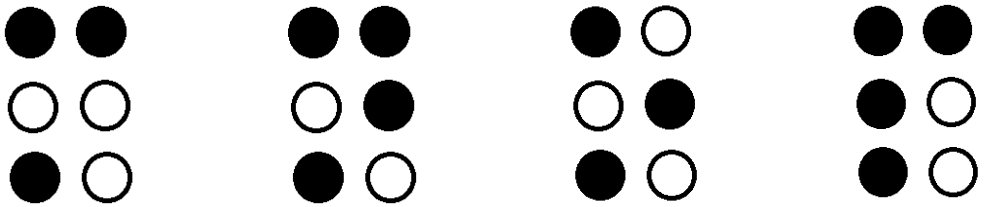
A B C D



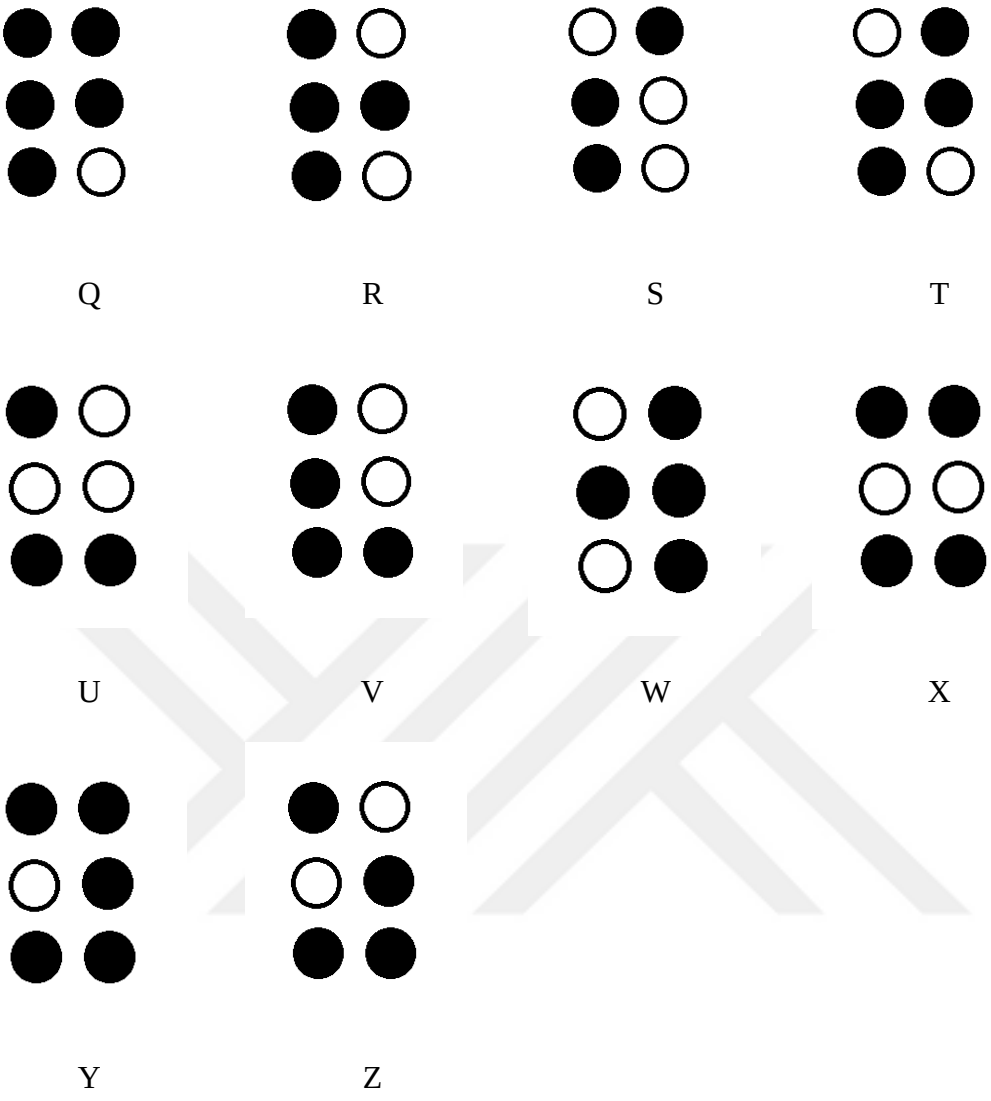
E F G H



I J K L



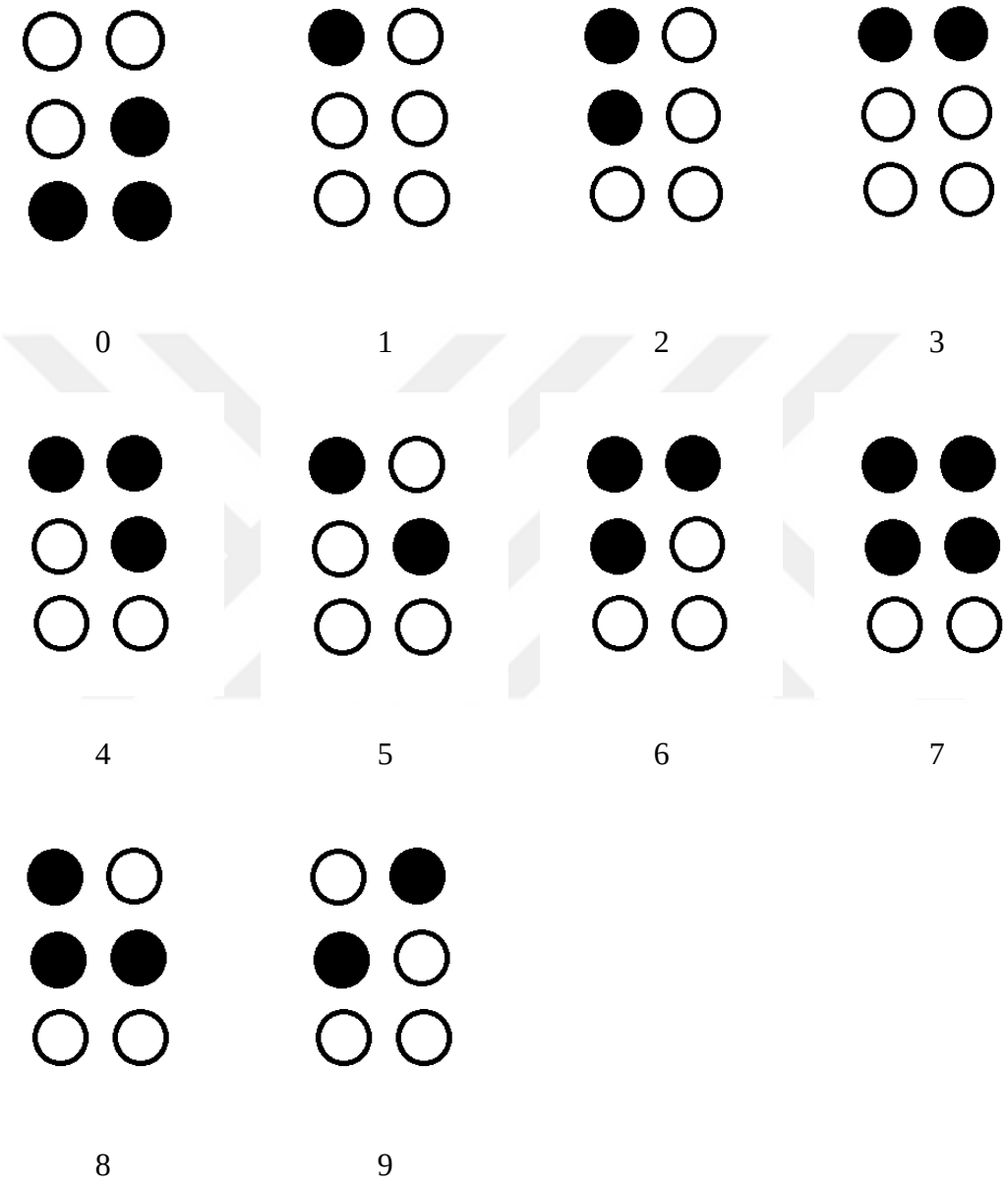
M N O P



Şekil 1.5. Braille Harflerinin Braille Alfabesi ile Gösterimleri

Sayı gösterimi

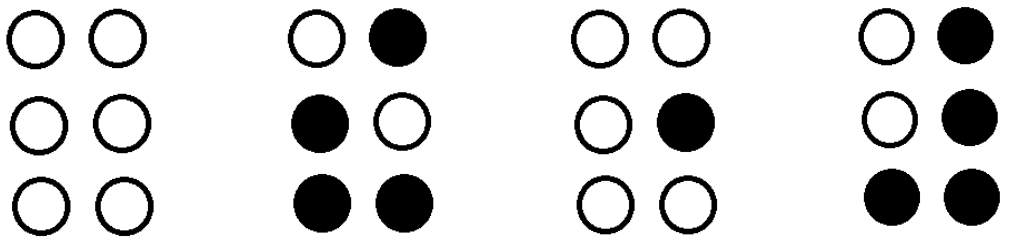
Braille rakamlarının Braille alfabesindeki karşılığı olarak gösterimleri Şekil 1.6.'da yer almaktadır.



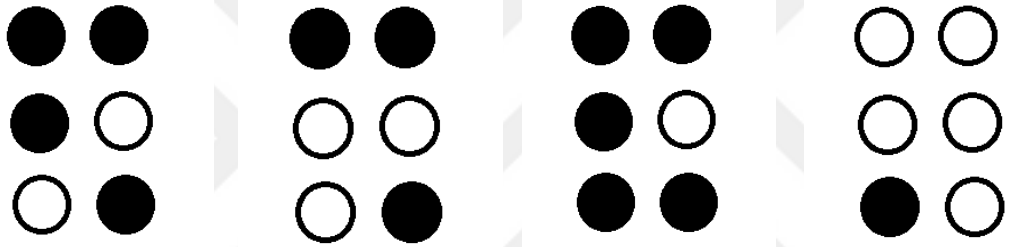
Şekil 1.6. Braille Rakamlarının Braille Alfabesi ile Gösterimi

Diğer imge gösterimleri

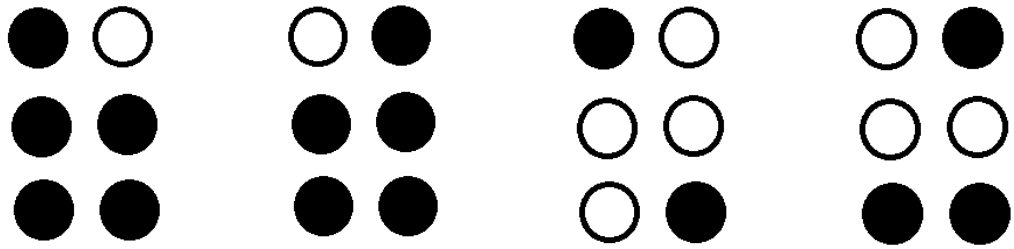
Braille imgelerinin Braille alfabesindeki karşılığı olarak gösterimleri Şekil 1.7.'de yer almaktadır.



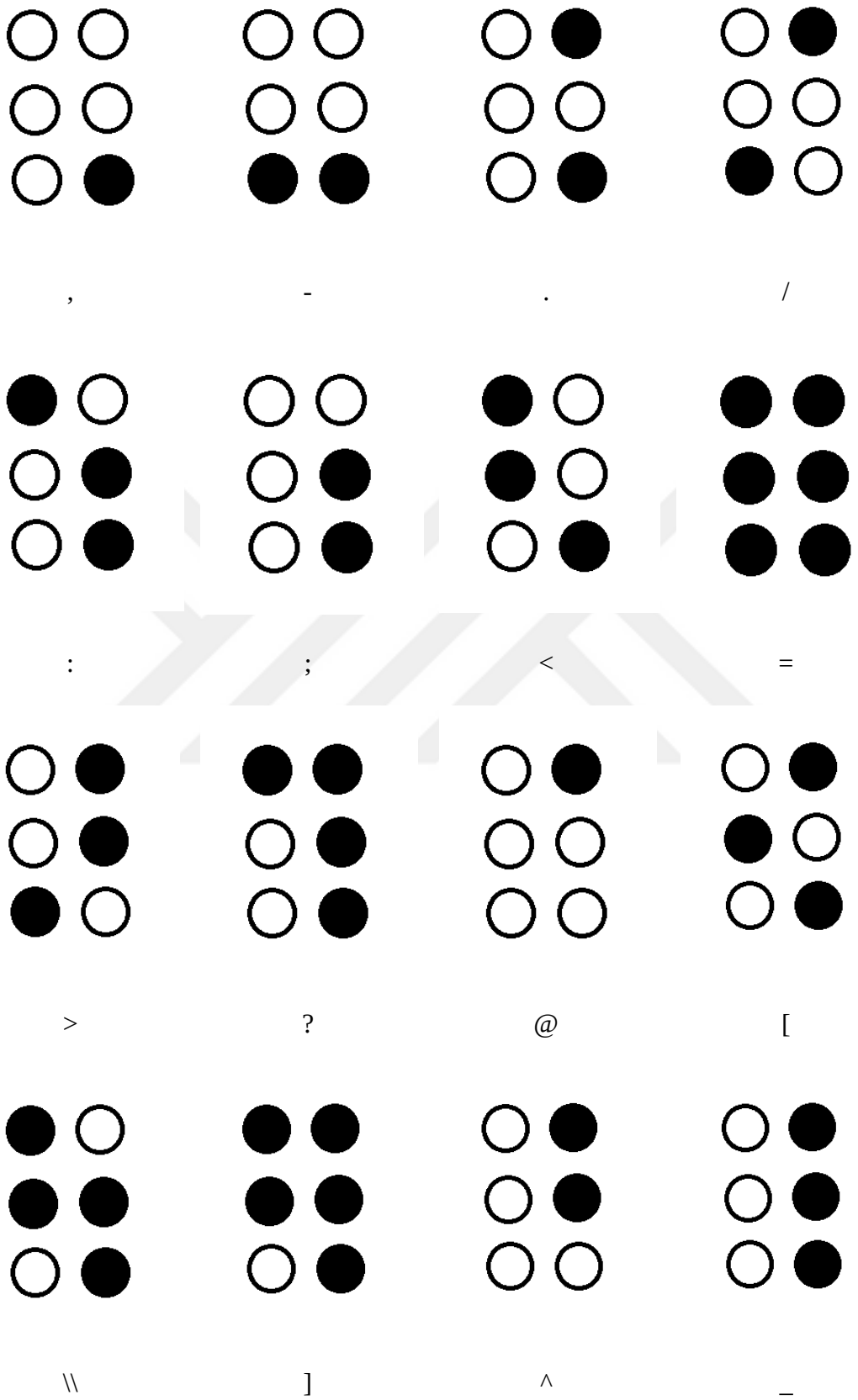
Boşluk ! “” #



$ % & ‘’



( ) * +



Şekil 1.7. Braille İmgelerinin Braille Alfabesi ile Gösterimi

1.7. Literatür Çalışmaları

E. Afşin ve A. Koyun'un 2017 yılında derin öğrenme ile iki boyutlu optik karakter tanıma üzerine yaptıkları çalışmada görüntülerdeki verilerin saklanması ve kağıt üzerindeki verilerin dijital kopyalarının tutulması adına optik karakter tanıma ile ilgili çalışmaları bulunmaktadır. Makine öğrenmesi yöntemleri kullanılarak optik karakter tanıma sonuçlarını iyi doğruluk oranına ve hızlı sonuçlar elde etmek adına bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Matlab ortamında bileşen olarak gelen OCR ve derin öğrenme ile yapılan çalışma sonucunda satır sayısı arttıkça hızın daha da arttığını gözlemlemişlerdir. Derin öğrenme ile yapılan OCR'ın her bir satırın ayrı ayrı bulunmaya çalışmasından kaynaklı olduğu tespit edilmiştir [14].

T. Ovatman, K. Erol, C. Sönmez ve I. Erer 2005 yılında yaptıkları çalışmada gerçek zamanlı bir optik karakter tanıma sistemi ile var olan bir otomosyan sistemi içerisindeki mekanik taşıyıcı sistem ve dijital basım sistemi arasında oluşan senkronizasyon problemini araya optik karakter tanıma sistemini sokarak sayısal kameraların ve senkronizasyon ünitelerinin gerçek zamanlı çalışmasıyla ilgili bir çalışma gerçekleştirmişlerdir [15].

Karakter tanıma teknolojisinin sağladığı kolaylıklar ve kullanılan alanlar arasında basılı olan metinlerin dijital ortama aktarılması, bankacılık sisteminde, tüm metin içerisinde arama işlemlerinde vb. yerlerde kullanılmaktadır [16]. B. Bektaş, S. Babur, U. Turhal ve E. Köse'nin 2016 yılında yaptıkları çalışma içerisinde karakter tanıma için farklı sınıflandırma yöntemlerinin performans sonuçları ve sürelerine ait veriler ile en iyi yöntemi belirleme çalışmalarını gerçekleştirmişlerdir [17].

B. Tekindal ve G. Arık 2012 yılında yaptıkları görme engelli bireyler için türkçe metinden konuşma sentezleme yazılımı ile görme engelli kişilerin bilgisayar kullanımlarını arttırmayı amaçlamışlardır. Daha kolay ve pratik kesimleme ile etiket yapısına sahip projede parça tabanlı ardışık eklemeli konuşma sentezleme tekniği kullanılmıştır. Bu sayede sondan ekmeli bir dil olan türkçe metinlerden konuşma sentezleme yapabilen Okuyucu TTS [18] isimli metin okuyucu yazılımını geliştirmişlerdir. Yazılım sonucunda MOS [19] benzeri bir derecelendirme yöntemi ile 5 üzerinden 3,7 puan almışlardır [20].

M. T. Meral ve M. M. Özbilen 2014 yılındaki çalışmada görme engelli bireyler için optik karakter tanıma, ses sentezleme ve ses tanıma işlemlerini bir arada kullanarak kitap, dergi

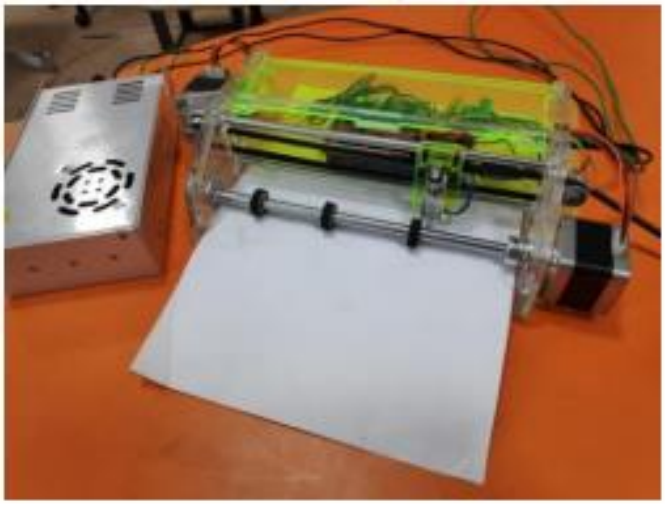
gibi yazıların görme bireyler için seslendirilmesini gerçekleştirmişlerdir. Görme engelli bireylerin okumak istedikleri yazıyı uygulama içerisinde okuma modülünden gerçekleştirebilmektedirler. Bu işlemin daha kısa sürebilmesi adına sunucu tarafında multithreading yaparak bütün çekirdekleri daha verimli kullanmışlardır ve %80 lere varan bir doğruluk oranı elde etmişlerdir. Daha sonrasında bu oranı yükseltmek için öğrenen bir akıllı sözlük sistemi geliştirmişlerdir. Bu sözlük ikili arama ağacından oluşmaktadır ve bu sayede performans kaybını düşürerek başarı oranlarını %90'a çıkarmışlardır [21].

M. K. Baygün ve A. K. Yaldır 2006 yılındaki çalışmaların türkçe ses tanıma sistemlerinin çok yaygın olmaması üzerine ses tanıma süreci ve sesin işlenmesi süreçlerin bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışma içerisinde ses tanıma sürecinde yer alan sesin kaydedilmesi ve ifadenin saptanması aşamasında sözcüklerin saptanması için RMS (Kök kare ortalama) [22] değerlerinden faydalanmışlardır. Sesin işlenmesi aşamasında da LPC (Doğrusal Öngörülü Kodlama) [23] kullanılmışlardır ve karşılaştırma ile eşleştirme aşamasında da doğrusal öngörülü kodlama için parametrelerin üzerinde DTW (Dinamik Zaman Bükülmesi) [24] uygulanmışlardır. Kelimeler için LPC kodlamaları ile şablonlar oluşturup, çalışma anında tüm kayıtlı şablonlar içerisinden DTW algoritması kullanılarak karşılaştırma yapmışlardır. Karşılaştırma sonrasında elde edilen en yakın şablon ile birlikte kelime eşleştirilmesi gerçekleştirilmiştir [25].

Ramiati, Siska Aulia, Lifwarda ve S. Ningrum Nindya Satriani'nin 2020 yılındaki yaptıkları projede görme engelli bireylerin, halkın körlerin ürettiği eserleri anlaması için bir senaryo okuma sistemi geliştirmişlerdir. Braille karakterleri üzerinden çalışarak Braille ile karakterize edilmiştir. Bir tarayıcı veya Raspberry Pi tabanlı kamera [26] ile braille alfabesinde yer alan karakterleri yakalayıp optik karakter tanıma görüntülerini işleyerek Braille karakterlerini alfabetik şekillere dönüştürür. Yapay sinir ağları [27] kullanılarak Braille karakter kalıplarının tanımlaması işlemlerinde sonra sese dönüştürülmesi ile %88.462'lik bir ortalama ile test doğruluğunun çalışabildiğini tespit etmişlerdir. Bu işlemlerde çizim kağıtları 70 gsm HVS kağıdı [28] ve 52 adet eğitim görüntüsünden elde edilmiştir. Böylece görme engelliler ve topluluk tarafından duyulabilen ses tabanlı braille karakterlerinin tercümanı olarak kullanılabilecek bir yapıyı gerçekleştirmişlerdir [29].

P. Rajarapollu, S. Kodolikar, D. Laghate, A. Khavale 2013 yılında yaptıkları çalışmalarda FPGA Spartan3 [30] kitinde Braille afabesinden metin ve konuşma dönüştürücüne ait bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Farklı kombinasyon ile üretilmiş Braille alfabesi FPGA, girişi VHDL [31] dilinde kod çözme mantığı ile karşılık gelen ingilizce metinlerinin dönüşümünü sağlamışlardır. Bu dönüşümle birlikte alfabe algoritma aracılığıyla konuşmaya dönüştürmüştür, ayrıca LCD'yi Spartan3 kitine de arayüzleyerek LCD'de görüntülenmesini sağlamışlardır [32].

A. Mohamed Ismail, K. Yuvaraj, S. Vigneswaran, P. Nagarajan 2020 yılında geliştirdikleri proje içerisinde körler için üretilen yazıcıların pahalı olmasından dolayı daha uygun fiyatta ve braille koduyla oluşturulan A4 boyutundaki bir sayfaya basılan bir kabartma makinesi geliştirmeyi amaçlamışlardır. Bu amaç neticesinde arduino uno denetleyicisini kullanarak step motorun açısal konumlarını kontrol etmişlerdir. Girilen veri ile arduino IDE'nin [33] seri monitorüne metin formatını eklemişlerdir. Ve bu girilen metinlerin ilgili braille kodunu almak için Unicode'a [34] bir dönüşüm gerçekleştirmişler. Braille alfabesine dönüştürülen bu metin daha sonrasında step motorlar yardımı ile Şekil 1.8.'de yer alan kabartma makineleri sayesinde daha uygun fiyatlarda kağıda basılması sağlanmıştır. Bu sayede görme engelli bireyler daha uygun fiyatlarda yazıcı temin edebilmişlerdir [35].



Şekil 1.8. A. Mohamed Ismail, K. Yuvaraj, S. Vigneswaran, P. Nagarajan 2020 yılında görme engelliler için geliştirdikleri kabartma makinesi [35]

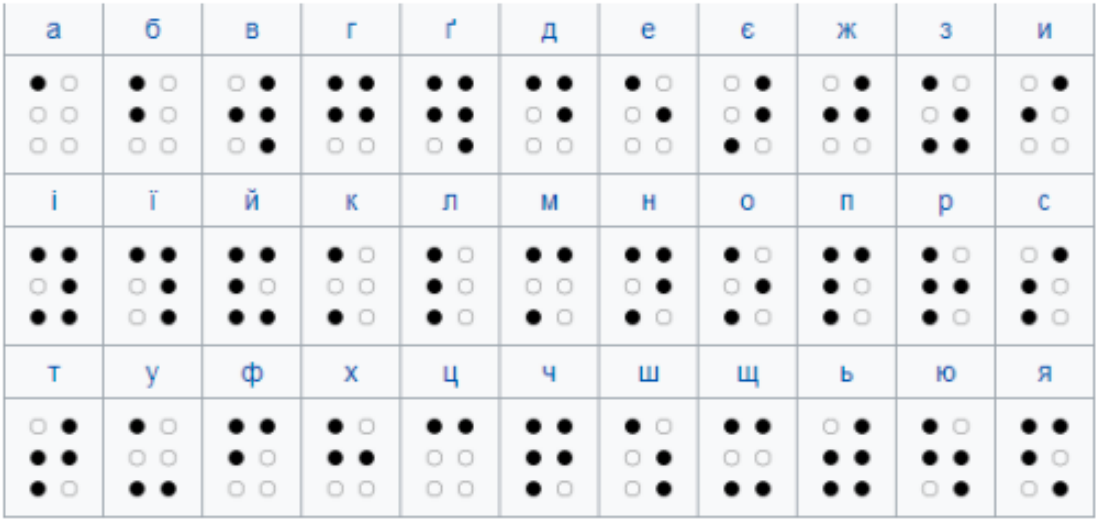
A. Korde O. Gaikar, S. Nikam, S. Rukhande 2020 yılında gerçekleştirdikleri çalışmalarında görme engelli bireylerin dünya çapında yaklaşık 39 milyon, Hindistan'da

ise bu sayının 12 milyon civarında olduğunu tespit etmişlerdir. Bu tespitte Hindistan'ın dünyadaki kör nüfusun üçte birini oluşturduğu görülmektedir. Telekomünikasyon teknolojisinin gelişmesi hızla devam ederken görme engelli bireylerin bu teknolojilere erişimleri kısıtlıdır. Mobil cihazlardan, bilgisayarlardan tam olarak yararlanmakta zorluk çekmektedirler. Dolayısıyla, telekomünikasyon alanındaki tekonolojik ilerlemeden dolayı görme engelli bireyler ile son kullanıcılar arasında bilgi farklılığı doldurmak adına bir Braille Pad'i geliştirmişlerdir. Braille Pad'i ile mobil cihazlar veya masaüstü bilgisayarlar arasında arayüz oluşturan bir sistem tasarlamışlardır. Bu sistem, görme engelli kişilerin Braille dilini kullanarak son kullanıcılarla iletişim kurmasına yardımcı olacaktır [36].

İ. Avcı ve M. Yıldırım'ın 2021 yılında yaptıkları çalışmada görme engelli bireylerin uygulama sayesinde çevrelerindeki nesneleri tanımaları sağlanmıştır. Uygulama içerisinde seslendirme de bulunmaktadır, bu sayede görme engelli bireyler etraflarında bulunan nesneleri tanıma fırsatları ve seslendirme ile yönlerini bulmada yardımcı olmaktadırlar. Böylelikle yalnız başlarına da dışarı çıkarıp nesneleri tespit edebilmişlerdir. Proje kapsamında nesne tespiti için YOLO [37] algoritmasından yararlanmışlardır. Nesne tanımasında önerilen model için 81 adet nesne yapay sinir ağı modeli ile eğitilmiştir. QT Designer programı ile de kullanıcılara arayüz tasarlamışlardır [38].

C. Özgönül ve E. Gelir 2021 yılındaki yaptıkları projede görme engelli bireyler için görsel algıya benzeyen bir yapay görme sistemi geliştirmişlerdir. Sırt cildindeki reseptif alanları kullanarak duyu ikamesi yöntemlerine dayalı bir giyilebilir cihaz geliştirmişlerdir. Cihaz performansını değerlendirmek için üç ayrı test uygulamışlardır. Bunlardan ilki çorabın siyah veya beyaz olduğunu ayırma testidir. Bir diğeri kaldırımda yürüme simülasyon testinde kenara bir metreden fazla yaklaşıldığında giyilebilen cihazda yer alan motorların hangi kenara daha yakınsa uyarı vermelerini sağlamışlardır. Son test aşaması da önünden geçen kişinin yönünün tespit edilmesidir. Bu kişi ile görme engelli birey arasında üç metrelik bir mesafenin olması gerekmektedir. Bu test sonuçları neticesinde görme engelli bireylerin gündelik yaşamlarında yer alacak adımlardan birkaçına katkı sunmuşlardır [39].

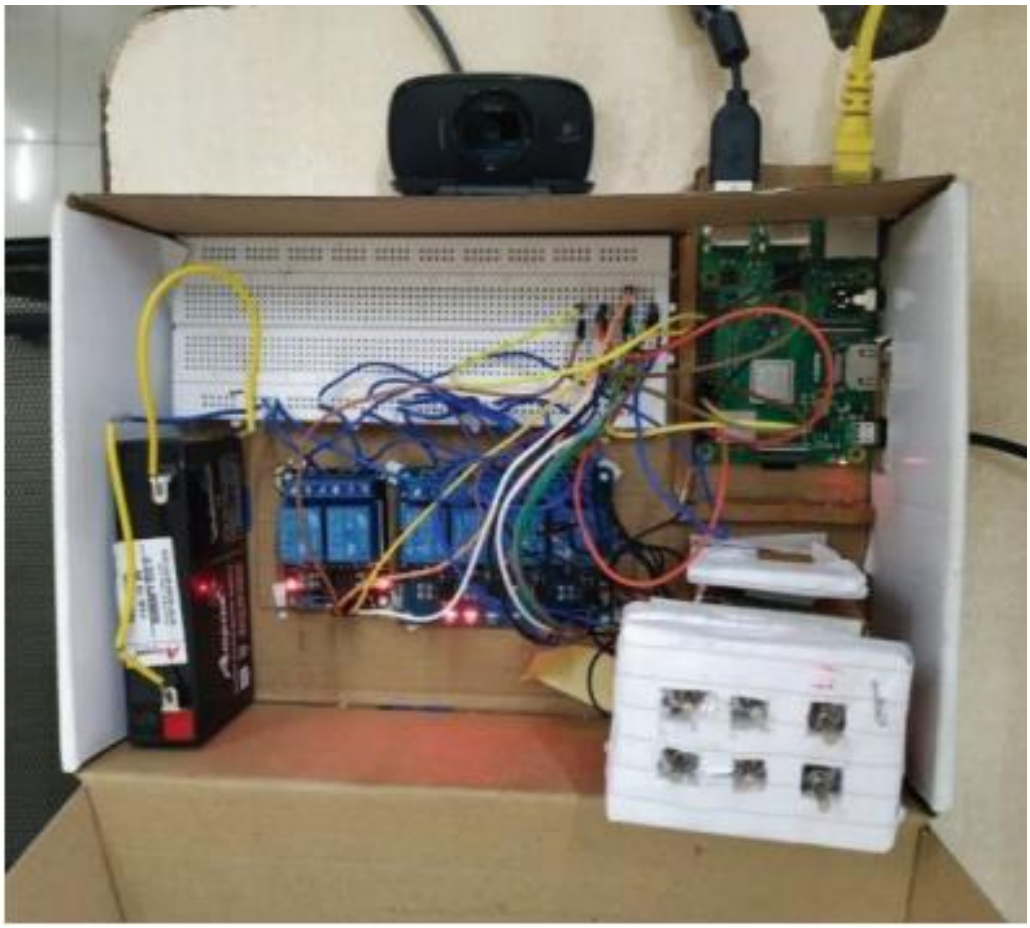
K. Smelyakov, A. Chupryna, D. Yeremenko, A. Sakhon ve V. Polezhai 2018 yılında geliştirdikleri proje içerisinde Optik Braille karakter tanıma algoritması (OBCR) ile görme engelli bireylerin gören bireyler arasındaki köprüleri kurabilmeyi için Braille karakterlerini karşılık gelen doğal bir dil karakterine çevirmeyi gerçekleştirmişlerdir. Bu sayede Braille alfabesini bilmeyen ve görme engelli biri ile ilgilenmesi gereken herkese yardımcı olabilmektedir. Optik Braille karakter tanıma algoritması iki adımdan oluşmaktadır. Braille hücrelerinin tanınması (göürntü elde etme, ön işleme, Braille noktalarının tanınması, Braille hücrelerinin tanınması ve segmentasyonu) ve Braille hücrelerine karşılık gelen doğal dil karakterine dönüştürülmesidir. Braille gösterim sistemindeki Kiril alfabesi harflerinin Şekil 1.9'da yer alan harf görüntülerinin tanımlamak için yapay sinir ağı geliştirmişlerdir. Görüntü işleme yöntemleri ve yapay sinir ağları yaklaşımı ile birlikte sistem örneği oluşturmuşlardır. Bu sayede yüksek hız ve tanıma doğruluğu elde etmişlerdir [40].



Şekil 1.9. K. Smelyakov, A. Chupryna, D. Yeremenko, A. Sakhon ve V. Polezhai 2018 yılında görme engelliler için kullandıkları Kiril alfabesi [40]

S. Kumari, A. Akole, P. Angnani, Y. Bhamare ve Z. Naikwadi 2020 yılında geliştirdikleri proje kapsamında dünya genelinde yer alan 37 milyon kör vatandaş için Braille alfabesinde bulunmayan belgelere veya elektronik ortamdaki verilere erişimini sağlamışlardır. Bu proje kapsamında görme engelli kişiler için metin veya içeriklerinin okunmasına yardımcı olacak bir Braille sistemi geliştirmişlerdir. Görüntü verisini kamera ile alarak, görüntü işleme teknikleri ile görüntüyü işlemişlerdir. Bu sayede kameradan

aldıkları verileri metne dönüştürmüşlerdir. Elde edilen metin, her karakteri tanıyan ve onu Braille koduna dönüştürecek olan Raspberry Pi cihazına aktarmışlardır. Solenoid yardımıyla o Braille kodunu göstermişlerdir. Geliştirdikleri cihaz görselleri Şekil 1.10 ve Şekil 1.11 içerisnde yer almaktadır. Her bir harfi haritalandırdıkları yapı Şekil 1.12 içeisinde gösterilmektedir [41].



Şekil 1.10. S. Kumari, A. Akole, P. Angnani, Y. Bhamare ve Z. Naikwadi 2020 yılında geliştirdikleri proje cihazının iç görünümü [41]



Şekil 1.11. S. Kumari, A. Akole, P. Angnani, Y. Bhamare ve Z. Naikwadi 2020 yılında geliştirdikleri projenin solenid gösterimi [41]

Karakter	Değeri
A	100000
B	110000
C	100100
D	100110
E	100010
F	110100
G	110110
H	110010
I	010100
J	010110
K	101000

L	111000
M	101100
N	101110
O	101010
P	111100
Q	111110
R	111010
S	011100
T	011110
U	101001
V	111001
W	010111
X	101101
Y	101111
Z	101011

Şekil 1.12. S. Kumari, A. Akole, P. Angnani, Y. Bhamare ve Z. Naikwadi 2020 yılında geliştirdikleri proje için kullandıkları alfabe ve haritalama yapısı [41]

Ilya G. Ovodov geliştirdiği proje kapsamında tüm Braille karakterlerini bir kerede algılamak için nesne algılama evrişimli sinir ağı kullanan Optik Braille tanıma yöntemi geliştirmiştir. Bu algoritma içerisinde görüntüde gösterilen sayfanın deformasyon ve perspektif bozulmalara karşı dayanaklı hale getirmiştir. Akıllı bir telefon kamerası ile çekilen eğik sayfalar ve perspektifi bozulmuş görüntüler (Şekil 1.13 ve Şekil 1.14) dahil olmak üzere Braille metinlerini tanınması için kullanılabilir bir hale dönüştürmüştür. Bu algoritma mevcut yöntemlere kıyasla yüksek performans ve doğruluk göstermiştir. Ayrıca Braille metinlerinin açıklamalı 240 fotoğrafını içeren yeni bir "Angelina Braille

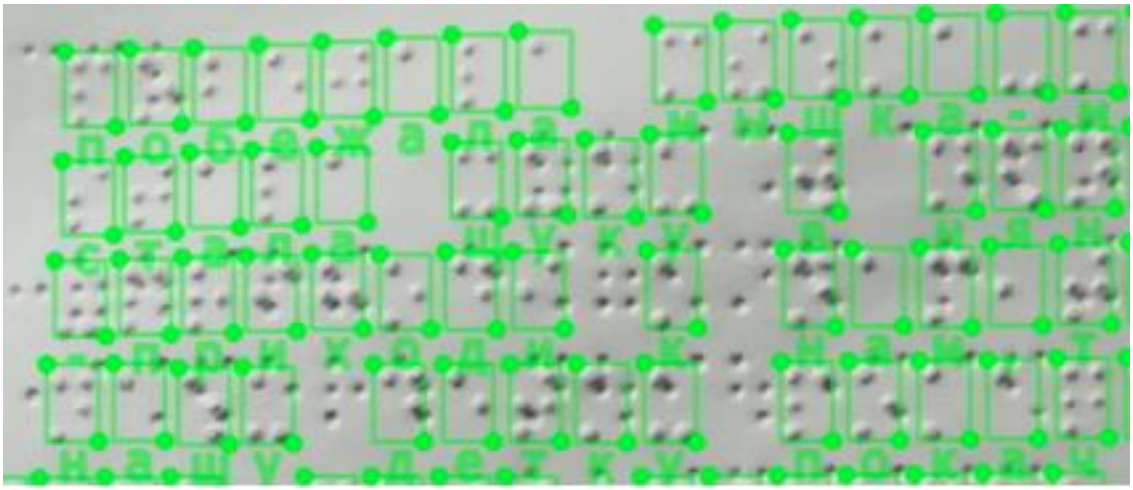
Görüntüleri Veri Kümesini" sunmuştur, Şekil 1.15 içerisinde bir örneği yer almaktadır [42].



Şekil 1.13. Ilya G. Ovodov geliştirdiği projede kullanılan perspektifi bozulmuş bir görüntü[42]



Şekil 1.14. Ilya G. Ovodov geliştirdiği projede kullanılan eğik bir sayfa görseli [42]



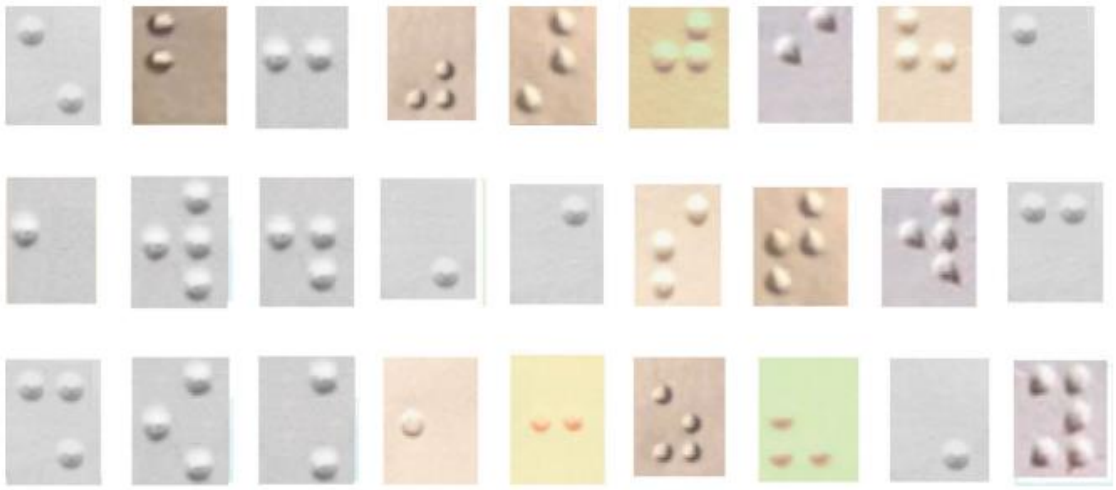
Şekil 1.15. Angelina Braille Görüntüleri Veri Kümesi Örneklemesi [42]

R. Sawant, Prabhav, P. Shrivastava, Dr. Priti Shahane ve Dr. Harikrishnan 2021 yılındaki yaptıkları projede metni Braille'ye dönüştürmek için, her seferinde bir harf olmak üzere bilgisayar klavyesinden veri girilmesini istemişlerdir. Daha sonrasında kullanıcı Arduino'nun seri motor penceresine harfi yazmaktadır. Elde edilen harfi kaynak kod yardımı ile işlemişlerdir. Braille alfabesinde yer alan harfleri simüle etmek için Arduino'ya bağlı altı servo motor yardımı ile motorların dönen kollarına altı adet metal çubuk bağlanmışlardır. Servo motorları küçük bir açı ile döndürüldüğünde çubukların ileri geri hareket etmesini sağlamışlardır. Çubukların bu ileri geri hareketi sayesinde cihazın yüzeyinde bir çöküntüye veya yükselmeye neden olmuştur. Şekil 1.16 içerisinde 3 sıra 2 sütun ile Braille harflerini bu şekilde oluşturmuşlardır [43].



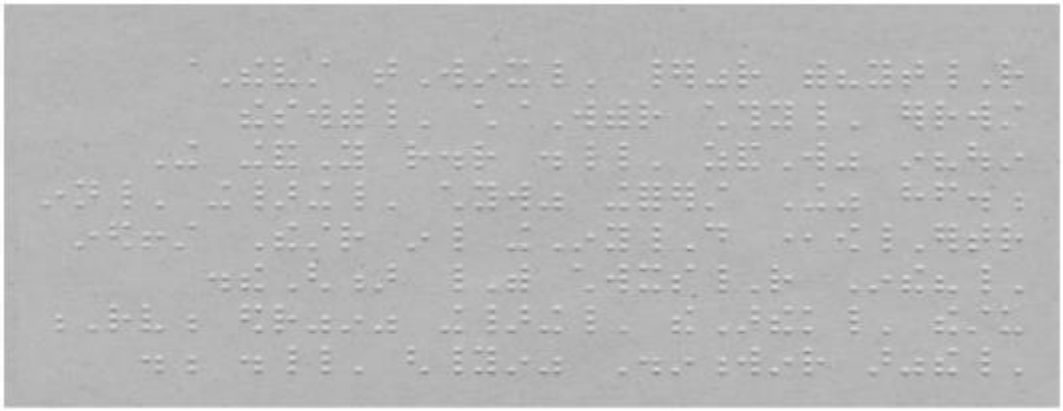
Şekil 1.16. R. Sawant, Prabhav, P. Shrivastava, Dr. Priti Shahane ve Dr. Harikrishnan geliştirdikleri cihaz görseli [43]

A. AlSalman, A. Gumaei, A. AlSalman ve S. Al-Hadhrami geliştirdikleri projede görme engelli bireyler ile normal bireyler arasındaki iletişimi kolaylaştırmayı amaçlamışlardır. Optik Braille Tanıma teknolojisi görme engelli bireylerin Braille hücrelerini okumalarına ve anlamlarına yardımcı olur. Ancak Braille belgelerinde asimetrik çok dilli dönüştürülmesine ilişkin mevcut OBR sistemlerinde açık bir boşluk bulunmaktadır. Çok az sistem, gören kişilerin kendi kendine öğrenme uygulamaları için Braille belgelerini okumasına ve anlamasına imkan sağlar. Bu çalışma içerisinde, Braille görüntülerini çok dilli metinlere dönüştürmek için derin öğrenmeye dayalı bir yaklaşım önermişlerdir. Bu, görüntü elde etme ve ön işleme ile başlayan ve çok dilli haritalama adımıyla biten bir dizi etkili adımla elde edilmiştir. Şekilde 1.17.'de projede kullanılacak veri setinden görüntüler yer almaktadır [44].



Şekil 1.17. A. AlSalman, A. Gumaei, A. AlSalman ve S. Al-Hadhrami'nin topladıkları veri setinden bir dizi Braille hücre görüntüleri [44]

Braille hücrelerini tanıma yaklaşımının ikinci adımından girdilerini alan bir derin evrişimsel sinir ağı (DCNN) modeli geliştirmişlerdir. DCNN modelinin performansını değerlendirmek için iki Braille görüntüsü veri kümesi üzerinde çeşitli deneyler yapmışlardır. Braille edinme ve ön işleme adımının çıktısı olarak Şekil 1.18'de orijinal taranmış Braille görüntüsü ve Şekil 1.19 içerisinde de bölümlere ayrılmış görüntü bulunmaktadır [44].

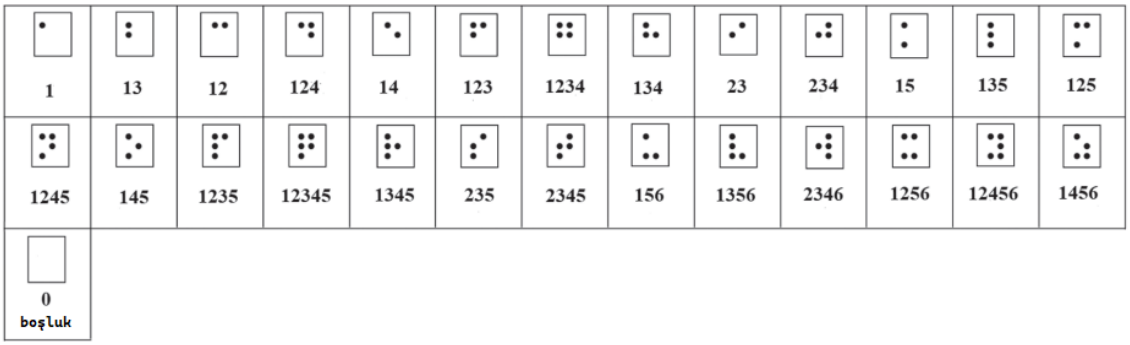


Şekil 1.18. Orijinal taranmış Braille görüntüsü [44]



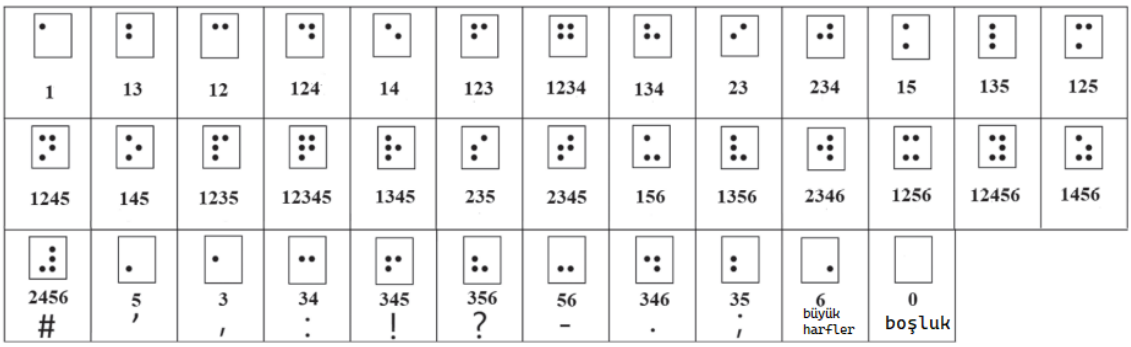
Şekil 1.19. Bölümlere ayrılmış görüntü [44]

Şekil 1.20'de ilk veri seti, alfabe karakterlerini temsil eden 27 Braille sembolünün 1404 etiketli görüntüsünü içermektedir. [44]



Şekil 1.20. İlk veri kümesinin 27 sınıf etiketi [44]

İkinci veri seti, alfabe karakterlerini, sayıları ve noktalama işaretlerini temsil eden 37 Braille sembolünden oluşan 5.420 etiketli görüntüden oluşmaktadır ve Şekil 1.21 içerisinde yer almaktadır.

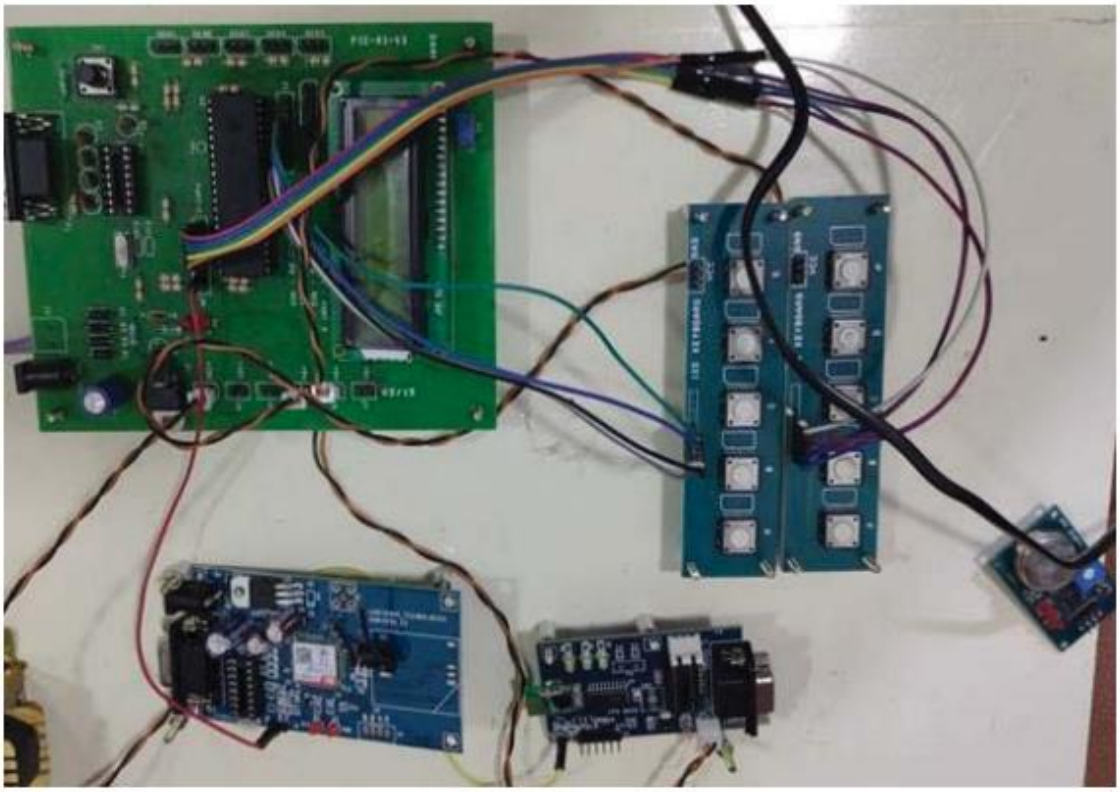


Şekil 1.21. İlk veri kümesinin 35 sınıf etiketi [44]

Önerilen model, birinci veri setinin test setinde %99.28 ve ikinci setin test setinde %98.99 sınıflandırma doğruluğu elde etmişlerdir. [44]

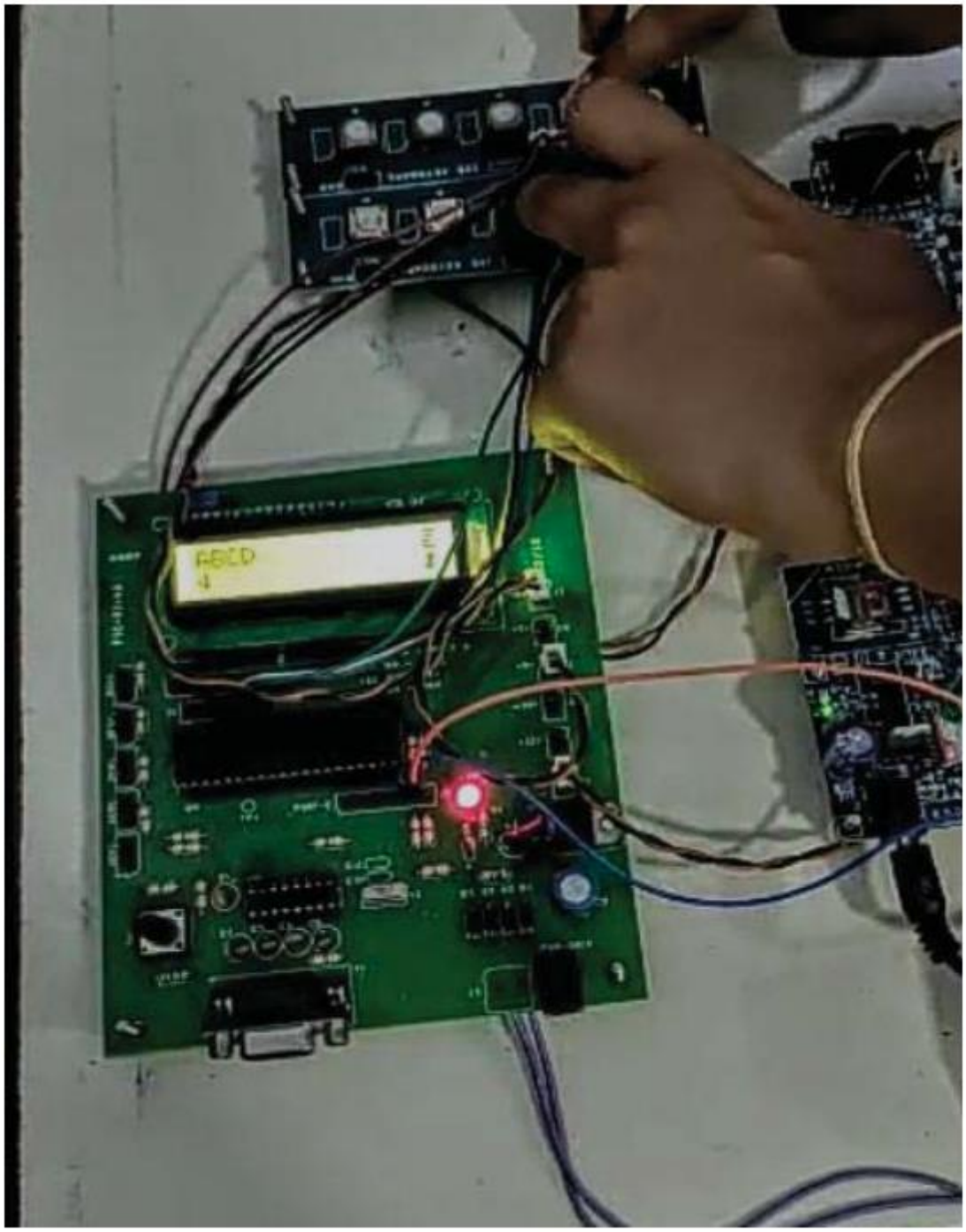
Bu sonuçlar neticesinde, gören insanlarla iletişimde çok dilli Braille dönüşümü için önerilen yaklaşımlarında kullanılan DCNN modelinin uygulanabilirliğini doğrulamışlardır. [44]

S. Ramachandran, N. Rajan, Pallavi K N, Subashree J, Suchithra S ve Sonal B 2021 yılındaki yaptıkları projede sağır, kör, görme bozukluğu ve işitme kaybı olan kişiler için uygun bir iletişim cihazı geliştirmeyi amaçlamışlardır. Bu amaç neticesinde sağırlık ve körlükten muzdarip insanlar için Braille'i metne dönüştüren Şekil 1.22 içerisinde yer alan düşük maliyetli, taşınabilir ve bağımsız bir iletişim cihazı tasarlamışlardır [45].



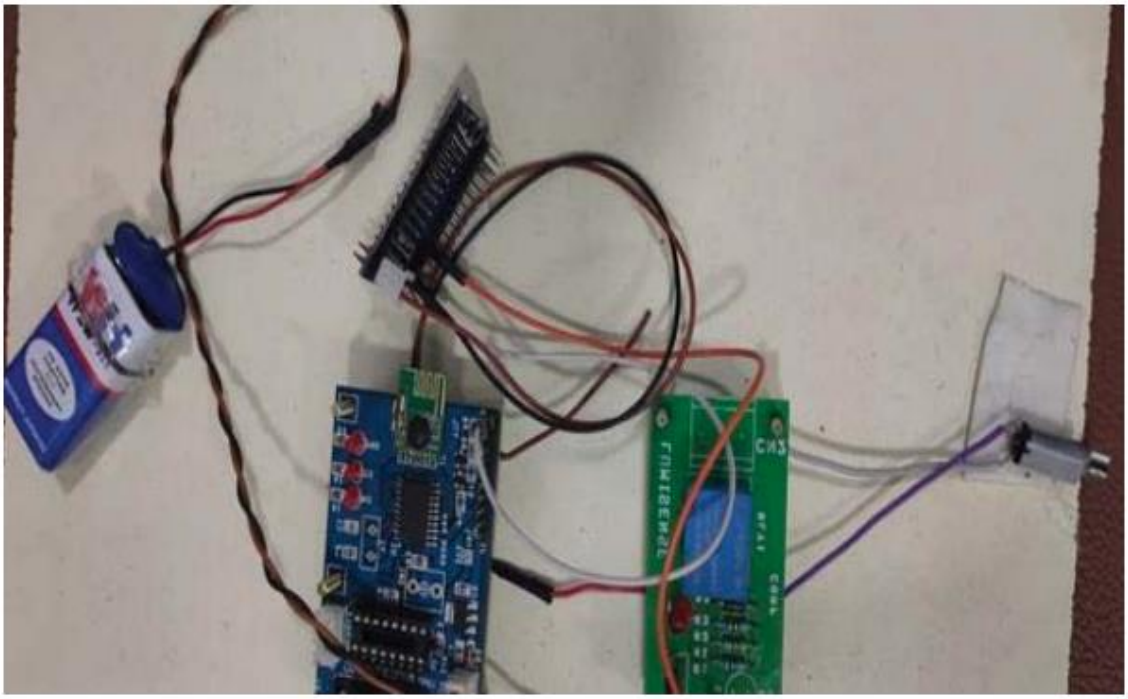
Şekil 1.22. Braille'den metne dönüştürücü prototip kurulum [45]

Bu tasarım içerisinde iki iletişim modu uygulanabilmektedir. Bunlar kısa mesafeli iletişim (yüzyüze) ve uzun mesafali olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Kısa mesafeli iletişim için sırasıyla giriş olarak Şekil 1.23'de yer alan Braille tuş takımı ve çıkış olarak LCD ekran kullanmışlardır [45].



Şekil 1.23. “ABCD” karakterlerinin Braille’den metne dönüştürülmesi [45]

Uzun mesafeli iletişim için, mesajı uzaktaki alıcıya göndermek için GSM modülü arayüzlemişlerdir. Maliyeti düşürmek için Braille klavyenin yerini aynı işlevlere sahip butonlar eklemişlerdir. Şekil 1.24’de bulunan mesaj gönderildiğinde de kullanıcıya bilgilendirmek için bir titreşim bandı tasarlamışlardır [45].



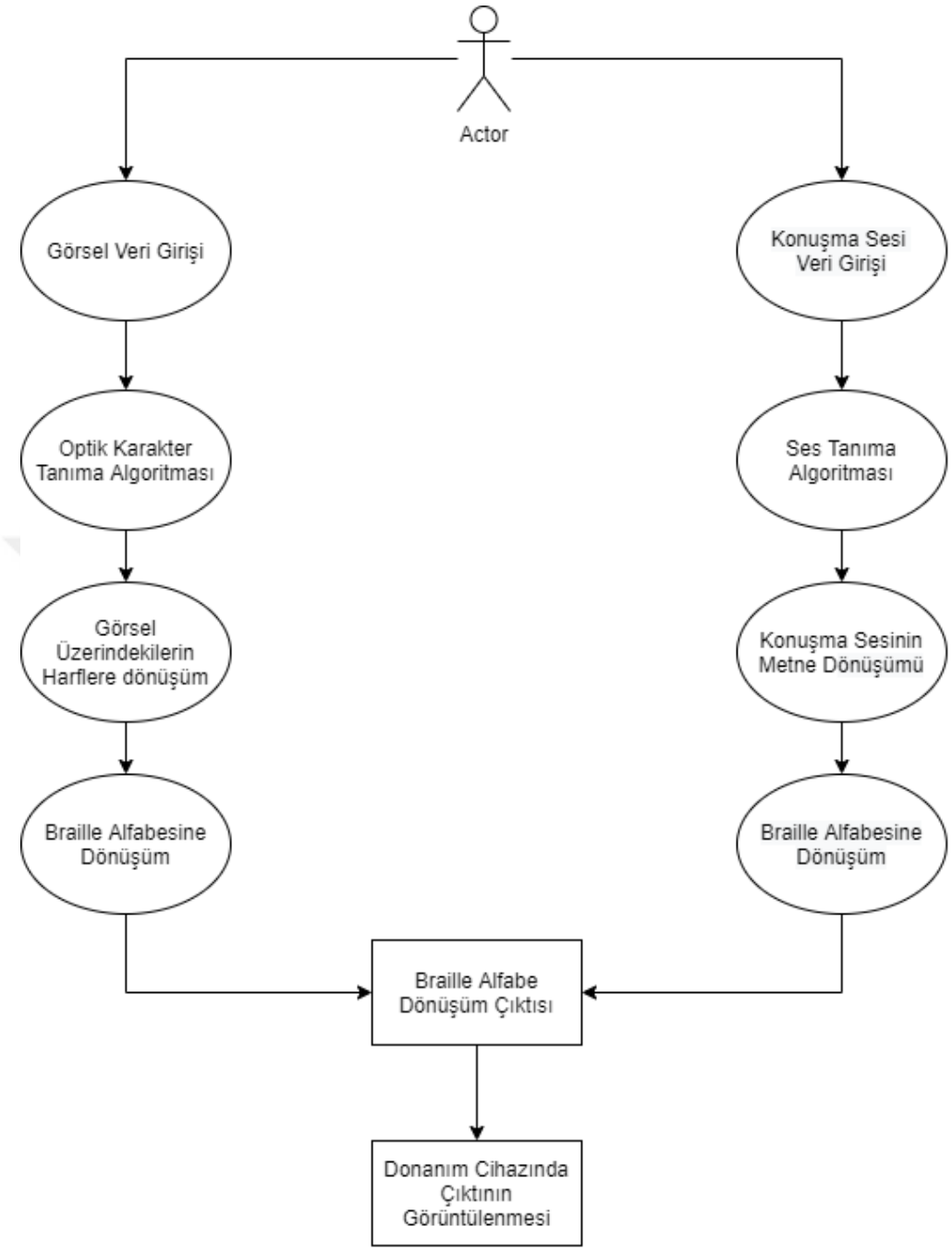
Şekil 1.24. Titreşim bandı prototip kurulumu [45]

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Görme engelli bireylerin hayatlarını kolaylaştırmak ve bu sayede, diğer bireylerin ulaşabildiği kaynaklara kitaplara, belgelere, metinlere ulaşabilmelerini hedef olarak belirlenip gerçekleştirilmiştir. Şekil 2.1. içerisinde tezde kullanılan algoritmalar, izlenen adımlar ve bu işlemler sonucunda elde edilecek verilere ait use-case diyagramı yer almaktadır. Bu tez kapsamında belge, metin, evrak vb. yazılı materyallerin görme engelli bireylerin okuyabileceği Braille alfabesine çevrilmiştir.

Tez içerisinde yer alan görme engelli bireylerin okuyabileceği alfabeye dönüşüm işlemleri iki farklı adımla gerçekleştirilmiştir. İlk adım olarak optik karakter tanıma algoritması ile optik tarayıcılar, fotoğraf makinesi ile çekilen belgeler, özel devre kartları vb. cihazlarla elde edilen belgelerin dijital ortama aktarılması ile belge içerisindeki paragrafların, kelimelerin ve harflerin bir çıktı olarak elde edilmesi sağlanmıştır.

Bir diğer adım olan sesin metne dönüşmesi algoritması da teknolojik cihazlarla (cep telefonu, bilgisayar, ses kaydedici cihazlar vb.) insanlar tarafından alınan konuşma sesinin okunabilir bir metne dönüştürülmesini sağlamıştır. İki farklı yol ile yapılan dönüşümle birlikte elde edilen metinlerde yer alan harflerin, karakterlerin ya da kelimelerin görme engelli bireylerin kullandığı Braille alfabesi için önceden oluşturulmuş verisetiyle bir dönüşümü gerçekleştirilmiştir. Bu dönüşüm sonucunda Braille alfabesine dönüştürülen veriler prototip bir donanım cihazında gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Optik Karakter Tanıma ve Ses tanıma algoritması ile Braille Alfabesine Dönüşüm Projesinin UML Diyagramı

2.1. Veriseti

Bu çalışma içerisinde hazır veriseti olarak karakter, sayı, harf ve imge için Tablo 2.1. içerisinde yer alan semboller veriseti olarak kullanılmıştır. Her sembolün Braille harflerine karşılık gelen değerleri Tablo 2.1.'de Braille kolonunda gösterilmektedir.

Optik Karakter Tanıma ve Ses Tanıma algoritmaları sonrasında elde edilen verinin dönüşümü için tablodaki değerler hazır veriseti olarak kullanılmıştır.

Bu verisetleri algoritmalarda kullanılacak girdiler için geniş bir içeriği oluşturmaktadır. Bu sayede çoğu karakterin dönüşümü gerçekleştirilmiştir.

Tablo 2.1. Semboller ve Sembollerin Braille Harf Değerleri

Sembol	Braille	Sembol	Braille
' '	' '	'!'	'⠮'
'"'	' ⠐'	'#'	'⠼'
'$'	'⠫'	'%'	'⠩'
'&'	'⠯'	'''	'⠄ '
'('	'⠷'	')'	'⠾'
'*'	'⠡'	'+'	'⠬'
','	' ⠂'	'-'	'⠤'
'.'	' ⠲'	'/'	'⠌'
'0'	'⠴'	'1'	'⠂ '
'2'	'⠆ '	'3'	'⠒'
'4'	'⠖'	'5'	'⠢'
'6'	'⠦'	'7'	'⠶'
'8'	'⠔'	'9'	'⠐'
':'	'⠱'	';'	' ⠰'
'<'	'⠣'	'='	'⠿'
'>'	'⠜'	'?'	'⠹'
'@'	' ⠈'	'a'	'⠁ '

'b'	'⠃'	'c'	'⠉'
'd'	'⠙'	'e'	'⠑'
'f'	'⠋'	'g'	'⠛'
'h'	'⠓'	'i'	'⠊'
'j'	'⠚'	'k'	'⠅'
'l'	'⠇'	'm'	'⠍'
'n'	'⠝'	'o'	'⠕'
'p'	'⠏'	'q'	'⠟'
'r'	'⠗'	's'	'⠎'
't'	'⠞'	'u'	'⠥'
'v'	'⠧'	'w'	'⠺'
'x'	'⠭'	'y'	'⠽'
'z'	'⠵'	'['	'⠪'
'\\'	'⠳'	']'	'⠻'
'^'	'⠘'	'_'	'⠸'

2.2. Optik Karakter Tanıma Algoritması

Optik karakter tanıma teknolojisi evrakları, .pdf uzantılı dosyaları ve kamerayla çekilen resimleri düzenleyebilir ve aranabilir verilere dönüştürebilir. Bu teknoloji, resimlerdeki harfleri seçip ayırmakta ve harflerden kelimeleri, kelimelerden cümleleri, paragrafları bize doğru bir çıktı olarak vermektedir. Optik karakter tanıma arka planı beyaz olarak gelen input üzerinde siyah noktalardan oluşan bütünü yani harfleri, sayıları, sembolleri ya da diğer imgeleri vb. algılayacak ve okuyacak bir yapıya sahiptir. Belge içerisinde yer alan resim, fotoğraf, tablo ve figür gibi görsel nesnelerin tanınması için optik karakter tanıma teknolojileri kullanılmamaktadır.

Şekil 2.2.'de optik karakter tanıma algoritması tekniğinin adımları yer almaktadır. Ön işleme (Pre-processing) adımında renkli doküman gri-seviyeli dokümana dönüştürülür.

Özellik çıkarma (Feature extraction) adımında karakterin merkezi alınır, en uzun yarıçapı, iz adımları, sektör başlangıcı, karakteri oluşturan piksellerin birbiri ile olan ilişkileri gibi özellikler belirlenir. Bir sonraki adımda karakterler bir önceki adımda çıkartılan özelliklere bakılarak sınıflandırılır. İşlem sonrası (Post processing) model adımında optik karakter ile doğru şekilde belirlenemeyen karakterler tanımlanmaya çalışılır.

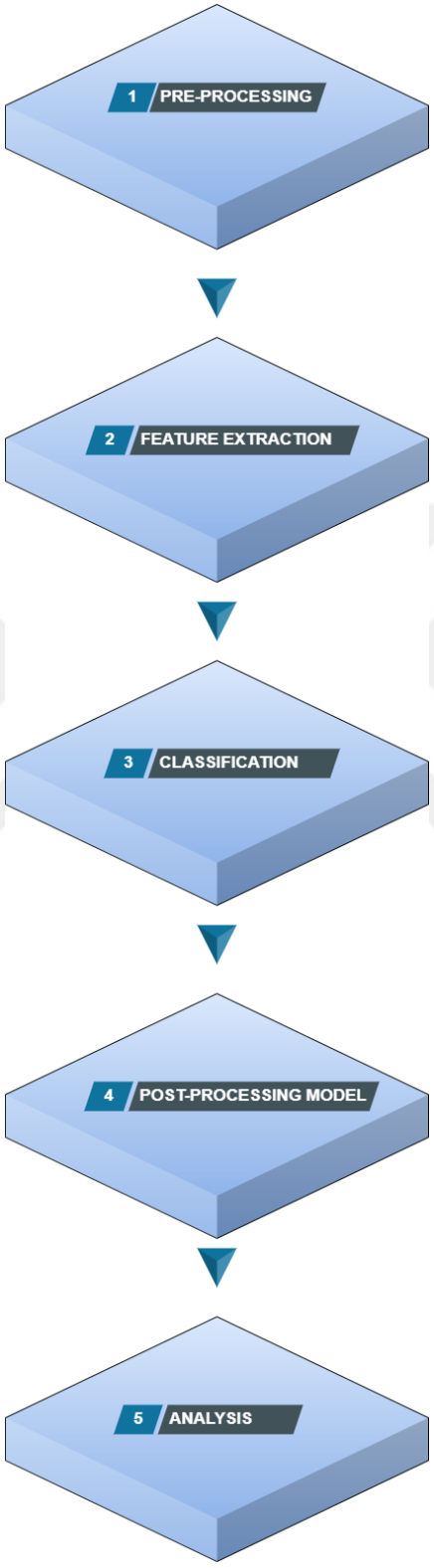
Temel olarak daha önceden düzgün şekilde çevrimi yapılmış karakterlere benzerlik oranları üzerinden uygulanan bir metotla bu işlem gerçekleştirilir. Son adımda ise çevrilen bütün karakterlerin analizi ve doğrulaması yapılır.

Tez kapsamında kodlama Python'da geliştirilmiştir ve OCR için terresact kütüphanesi kullanılmıştır. Terresact kütüphanesinin doğruluk değerleri Tablo 2.2'de yer almaktadır [46].

Tablo 2.2. Terresact Kütüphanesi Sonuçları

Test Durumları	Sonuçlar
200dpi, çok temiz, italik/kalın içerir	%100
72dpi, siyah beyaz, temiz	%97
72 dpi Küçük doğrusal bozulma	%97
72dpi, küçük doğrusal bozulma ve 2 derece eğik	%96

Optik Karakter Tanıma Algoritması Adımları



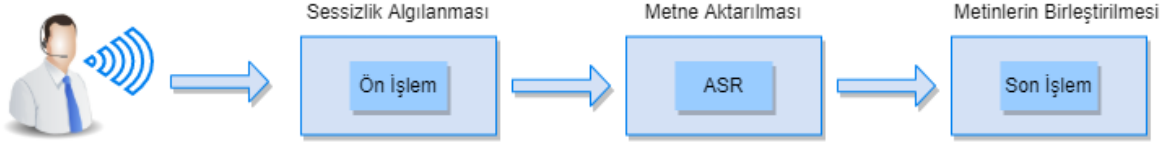
Şekil 2.2. Optik Karakter Tanıma Algortimasının Blok Diyagramı

Optik karakter algoritma teknolojisi belgelerin dijital kopyalara çevrilmesini oldukça kolaylaştırmıştır. Bu sayede bireylere zaman kazandırma, çabalarını daha aza indirme ve insan hatalarını azaltması gibi avantajları da bulunmaktadır.

2.3. Ses Tanıma Algoritması

Günümüzde teknolojinin gelişmesiyle birlikte ses tanıma, otomatik ses tanıma sistemleri, sesin metne ya da metnin sese dönüştürülmesi gibi birçok teknolojik gelişmeler söz konusudur. 1950'li yılların sonlarından itibaren Microsoft'un da üzerinde çalıştığı ses tanıma sistemi oldukça popüler bir çalışma alanı sahiptir [47]. Bu tez kapsamında sesin metne dönüştürülmesi algoritması kullanılmıştır. Google'ın ses tanıma teknolojisinin kullanıldığı bu projede yıllara göre ses tanıma sisteminin hata oranı 2012 yılında %30'dan fazla, 2016 yılında temmuz ayında %8.5 ve aralık ayında değer %6.1'e kadar düşmektedir [48]. Günümüzde bu teknolojisin hata payı %4 olarak düşürülerek yükse başarı elde edilmektedir [49].

Sesi metne dönüştürme (STT: Speech to text) teknolojisi mikrofon, ses kaydedici cihazlar, telefon, bilgisayar vb. teknolojik cihazlarla insanlar tarafından konuşulan sesin okunabilir bir metne dönüştürülmesini sağlar [50]. Sesli yanıt sistemi (IVR: Interactive Voice Response), eğitim sistemleri, çağrı merkezleri, akıllı ev sistemlerinde kullanılan cihazlar, güvenlik sistemleri, haber ve gazetecilik alanında mülakatlar, görüşmeler ya da röportajların arşivlenmesi gibi birçok alan içerisinde konuşma tanıma sistemleri yaygın olarak kullanılmaktadır [51]. Görüşme, röportaj gibi durumlarda sesin metne dönüştürülmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu kapsamda Şekil 2.3. içerisindeki çalışma mimarisinde önce sessizliğin algılanması ve bunun akabinde metne aktarılmasıyla birlikte kelimelerin birleştirilmesi ile metinlerin elde edilmesi sağlanmaktadır [51]. Metne aktarım işleminde kullanılan otomatik konuşma tanıma (ASR) insan konuşmasını okunabilir bir metne dönüştürmek için makine öğrenmesi ve yapay zeka teknolojisi kuallanılmaktadır [52].



Şekil 2.3. Genel Çalışma Mimarisi [40]

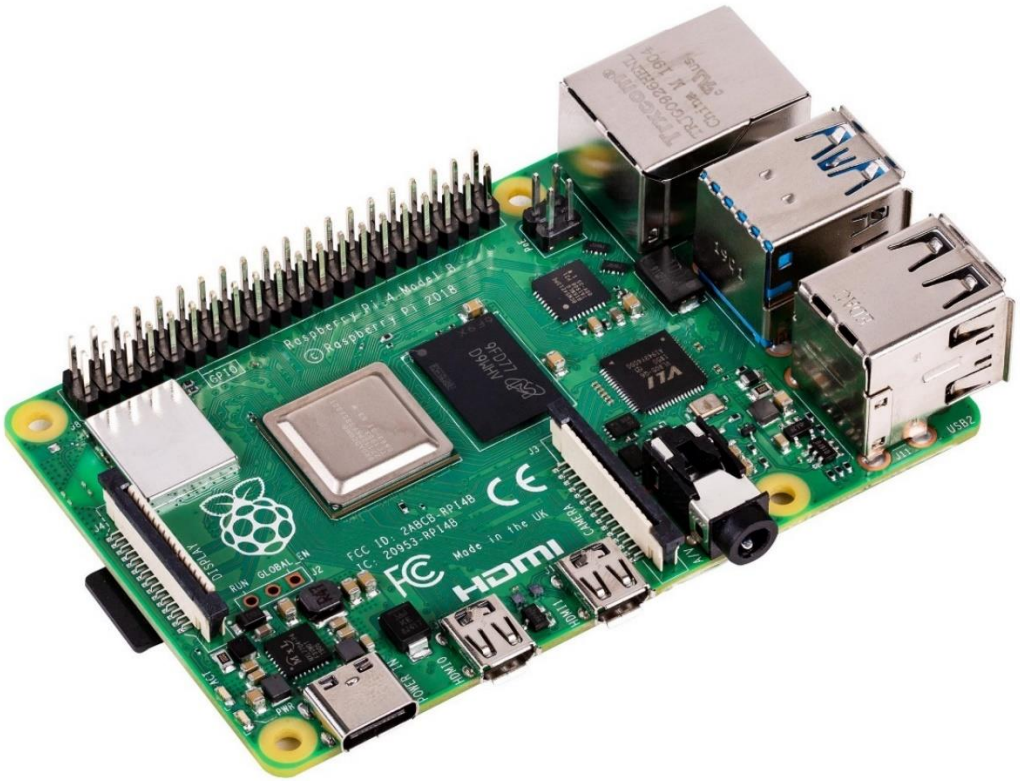
2.4. Donanım Cihazı

Tez içerisinde yapılan donanım cihazı ile görme engelli bireylerin okuyabildiği Braille alfabesinin gösterildiği bir prototip cihaz geliştirilmiştir. Bu cihaz için kullanılan malzemeler Raspberry Pi 4, altı adet servo motor, adaptör, servo motor sürücü ve üç boyutlu yazıcıdır.

2.4.1. Raspberry Pi 4

Raspberry Pi 4 2019 yılında piyasaya sürülen küçük boyutlara sahip bir bilgisayardır. Şekil 2.4.'de yer alan Raspberry Pi 4, Raspberry Pi Vakfı tarafından Birleşik Krallık'ta geliştirilen bu kart çocukların kodlamaya merak uyandırmasında ve elektronik olan bu devre sayesinde elektronik ürünleri sevmesinde büyük rol oynar [53].

Raspberry Pi 4'e monitör, klavye, mouse birlikte güç verildiği taktirde bir bilgisayar gibi kullanılabilir hale gelmektedir.



Şekil 2.4. Raspberry Pi 4 [54]

Raspberry Pi 4 özellikleri listelenmektedir.

- Broadcom BCM2711 işlemci
- 4 çekirdekli ARM mimarisine sahip Cortex-A72
- İşlemci (CPU) çalışma frekansı 1.5 GHz
- LPDDR4 RAM'e sahip ve 2 GB, 4 GB, 8 GB olmak üzere 3 farklı RAM opsiyonları
- Pi üzerinde 4 adet USB portu yer almaktadır (İkişer adet 2.0 ve 3.0)
- Gigabir Ethernet portu
- 5.0 GHz Wireless bağlantısı
- Bluetooth 5.0
- 2 adet micro HDMI portu
- GPIO pinleri

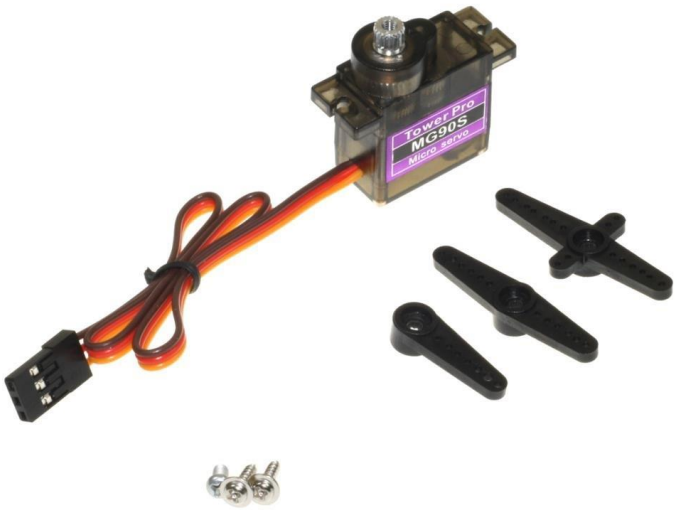
Bulunmaktadır [55].

Raspberry Pi 4 bir önceki modeline göre %10 oranında daha fazla bir hıza sahiptir [55].

2.4.2. MG90S Metal Dişli Servo Motor

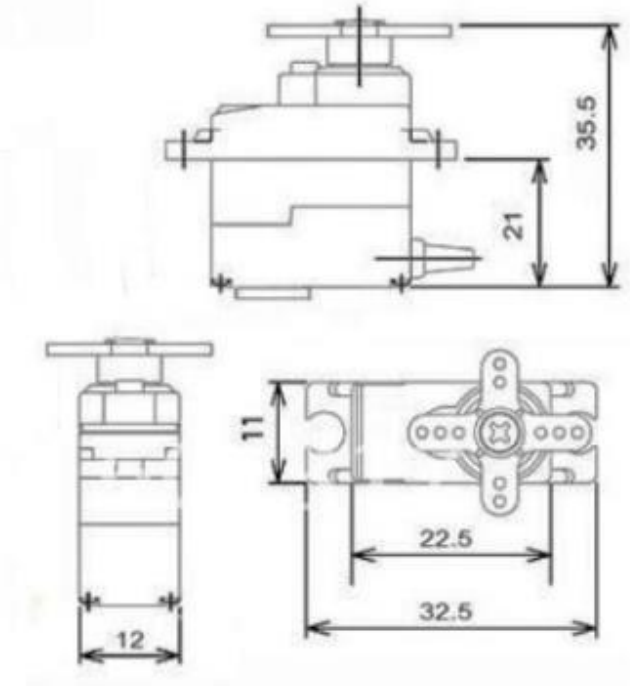
Şekil 2.5.'deki görselde yer alan servo motor, Tower Pro firması tarafından üretilen küçük mekanizmalar için ideal bir servo motordur.

Güç ve dayanıklılık için metal dişlilere sahiptir. Bu servo motor RC Uçak, helikopter, quadcopter veya robot için ideal bir ürün olarak piyasada yer almaktadır. Yaklaşık 180 derece dönebilmektedir (her yöne 90 derece). Servo motorlar servo kodu, donanım malzemeleri ya da servo motor kütüphanesinde yer alan kodlamalar ile kullanılabilmektedir.



Şekil 2.5. Tower Pro MG90s Servo Motor [56]

Şekil 2.6. içerisinde yer alan servo motor boyutlarının küçük olmasından dolayı yeni başlayanlar ya da küçük bir prototip cihaz yapacaklar için kullanışlı bir malzemedir.



Şekil 2.6. MG90s Servo Motor Boyutları [57]

Tower Pro MG90s Servo motor özellikleri [58]:

- Servo motor boyutları en 22.8mm, boy 12.2mm ve yükseklik 28.5mmdir.
- Servo motor ağırlığı 13.4 gramdır.
- Servo motor hızı 4.8v için 0.1sec/60°, 6v için 0.08sec/60°,
- Servo güç torku 4.8V için 1.8kg/cm, 6V için 2.2kg/cm,
- Çalışma hızı: 4.8V-6V
- Kablo Uzunluğu: 175mm

2.4.3. PCA9685 16 Kanal 12 Bit PWM Motor Sürücü Devresi

PCA9685 16 Kanal 12 bit motor sürücü I2C seri protokol kullanır. Şekil 2.7.'daki görselde yer alan motor sürücü devresinin üzerinde 16 adet PWM çıkışı sadece iki pin ile kontrol edilir. Devre 5V uyumludur ama 6V'a kadar güvenle çıkılabilir.



Şekil 2.7. PCA9685 16 Kanal 12 Bit PWM Motor Sürücü Devresi [59]

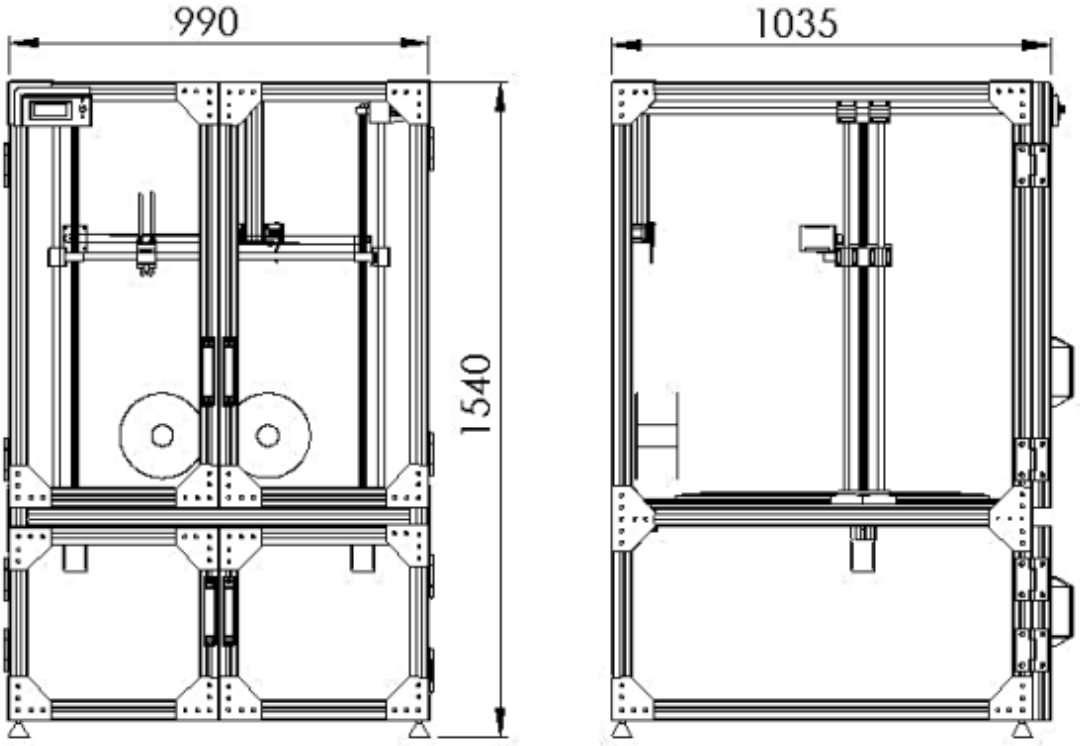
Tower Pro MG90s Servo motor özellikleri [60]:

- Motor sürücü ölçüleri en 62.5mm, boy 25.4mm, yükseklik 3mm'dir.
- 5.5 gram motor sürücü ağırlığıdır.
- 0x60-0x80 arası servo motro sürücüsünde kullanılan adres I2C'dir.

- Ters polaritenin korunması için terminal bloğu bulunmaktadır.
- Servo motor sürücüne maximum 16 servo motor bağlanabilmektedir.
- Kondansatör yeri sayesinde voltaj girişine bağlanabilecek bir yer kart üzerinde mevcuttur.
- Kullanılan adres protokolünde 6 adet lehim noktasını atlama yeri bulunmaktadır.
- I2C yer alan adres pimlerinden altı adet seçim pimi bulunmaktadır ve bu sayede toplam 992 çıkış oluşturulmaktadır.
- 1.6 KHz'e kadar PWM değeri ayarlanabilir.
- Sürücü devresinde yer alan çıkışlardan her biri 12 bit çözünürlüğü destekler.
- Motor sürücü 60Hz hızına sahip bir güncelleme özelliği de yer almaktadır.

2.4.4. Üç Boyutlu Yazıcı

Üç boyutlu yazıcı teknolojisi sanayi devriminden sonra devrim niteliğinde sayılan büyük bir gelişim olarak görülmektedir [61]. Şekil 2.8. içerisinde 3B yazıcıların genel olarak standart boyutları 990x1035x1540 mm olarak nitelendirilmektedir [62].

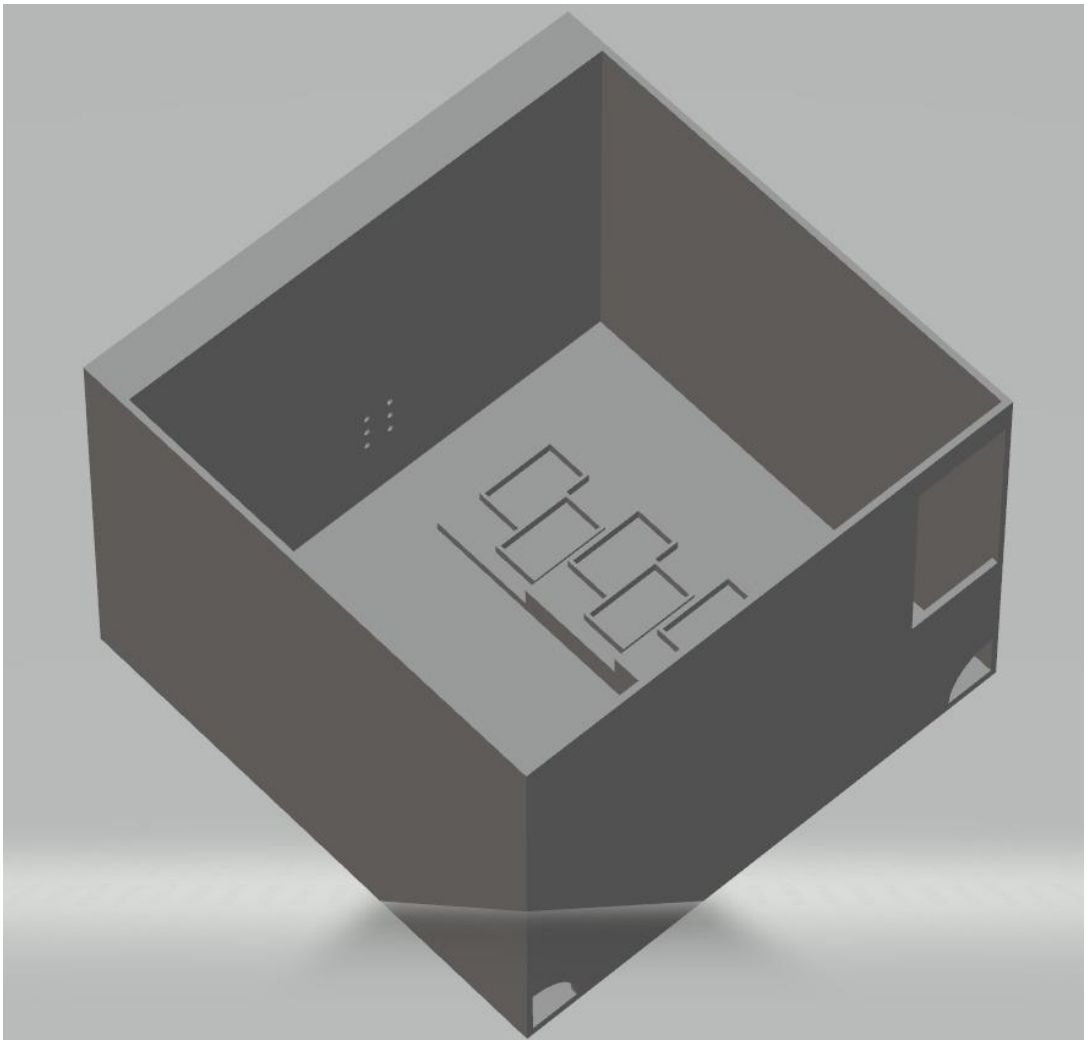


Şekil 2.8. Üç Boyutlu Yazıcı Genel Ölçüleri [62]

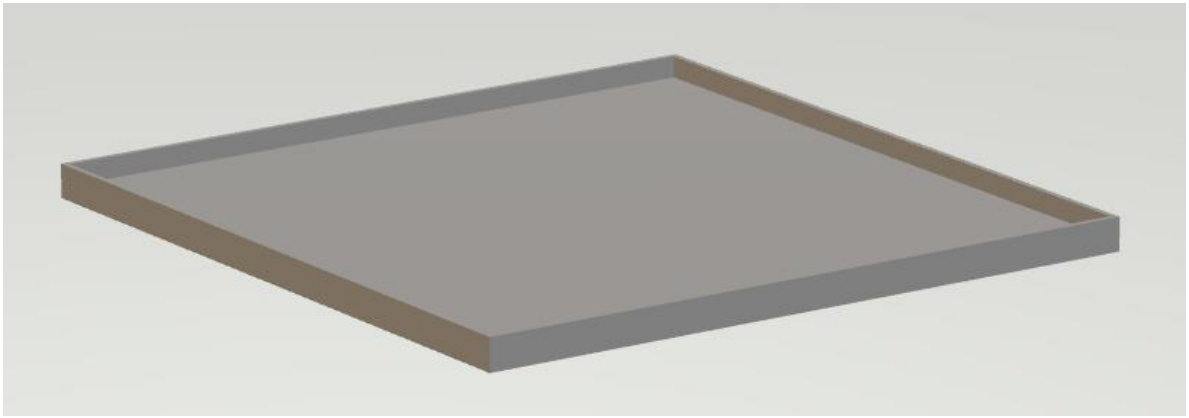
3B yazıcılar için AutoCAD, 3DS Max, SketchUp vb. gibi programlar ile modelleme işlemleri yapılabilmektedir. Yazıcılar sayesinde modellenmiş bir tasarımı hızlıca üretip kısa süre içerisinde somut nesneler haline dönüştürülmektedir.

3B yazıcılar için plastik, seramik, metal, reçine, toz, yiyecek hammaddeleri, biyomateryal malzemeler vb. gibi ürünler hammadde olarak kullanılmaktadır [63]. 3B mürekkep olarak bilinen filamentler sayesinde ürünler fiziksel nesnelere dönüştürülebilmektedir, ABS ve PLA olarak iki çeşit filament bulunmaktadır [64].

3B yazıcıların öncelikli kullanım amaçları prototip ve kalıp oluşturma, topografik katı modelleme, kitlesel bireyselleştirme, medikal ve dental uygulamalar, yedek parça üretimleridir [63]. Bu tez kapsamı içerisindeki donanım ürünün üretilmesinde prototip ve kalıp oluşturma kullanım amacı hedeflenerek üretim elde edilmiştir. Şekil 2.9. ve Şekil 2.10'da tez için kullanılan donanım cihazının motorların, motor sürücünün, raspberry pi malzemelerin içerisinde yer alacağı ürünlerin dijital görüntüleri mevcuttur.



Şekil 2.9. Prototip Cihazın Alt Kısmının Dijital Görüntüsü

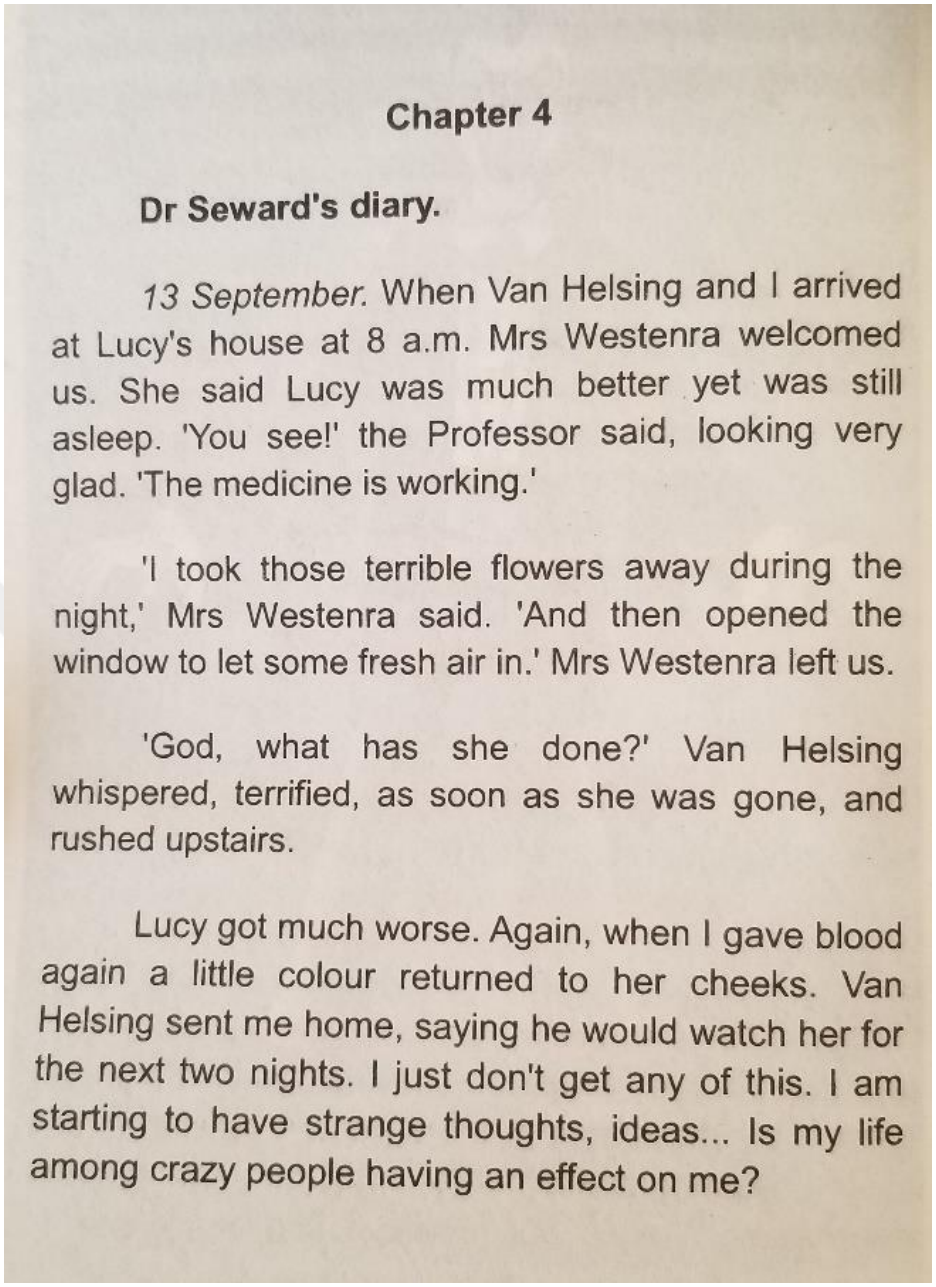


Şekil 2.10. Prototip Cihazın Üst Kısmının Dijital Görüntüsü

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölüm kapsamında Optik Karakter Tanıma ve Ses Tanıma algoritmalarının sonuçları, algoritma sonucunda oluşan harflerin Braille harflerine dönüşmesi ve sonrasında donanım cihazı üzerindeki gösterimi yer almaktadır.

Tez kapsamında OCR algoritması ile verilen resim, belge, makale gibi görsellerin üzerinde yer alan harflerin dijital ortama aktarılması sağlanmıştır. Bu OCR algoritması için rastgele bir kitap içerisinden bir sayfa çekilerek algoritma çalıştırılmıştır. Şekil 3.1. içerisinde orijinal telefon kamerasından çekilmiş resim yer almaktadır. Şekil 3.2.'de de çekilen resmin OCR algoritması sonucunda çıkan harflerin sonuçları yer almaktadır. Resim üzerinde bulunan boşluk, karakter, harf, imge, rakam vb. gibi sembolleri OCR algoritması ile işlenerek dijital ortama bir kopyasının oluşturulmasıyla tüm semboller aynı şekilde çıktı olarak ekrana yansımaktadır.



Chapter 4

Dr Seward's diary.

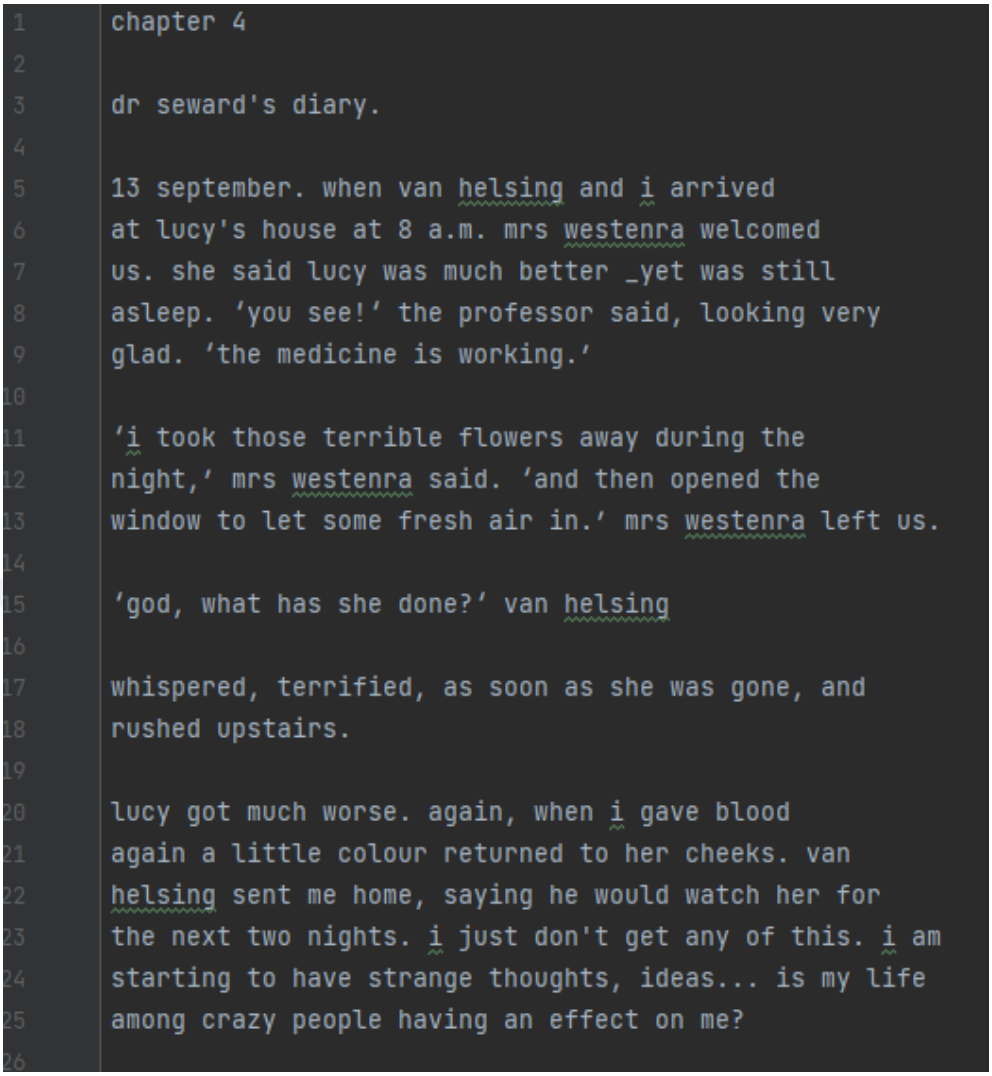
13 September. When Van Helsing and I arrived at Lucy's house at 8 a.m. Mrs Westenra welcomed us. She said Lucy was much better yet was still asleep. 'You see!' the Professor said, looking very glad. 'The medicine is working.'

'I took those terrible flowers away during the night,' Mrs Westenra said. 'And then opened the window to let some fresh air in.' Mrs Westenra left us.

'God, what has she done?' Van Helsing whispered, terrified, as soon as she was gone, and rushed upstairs.

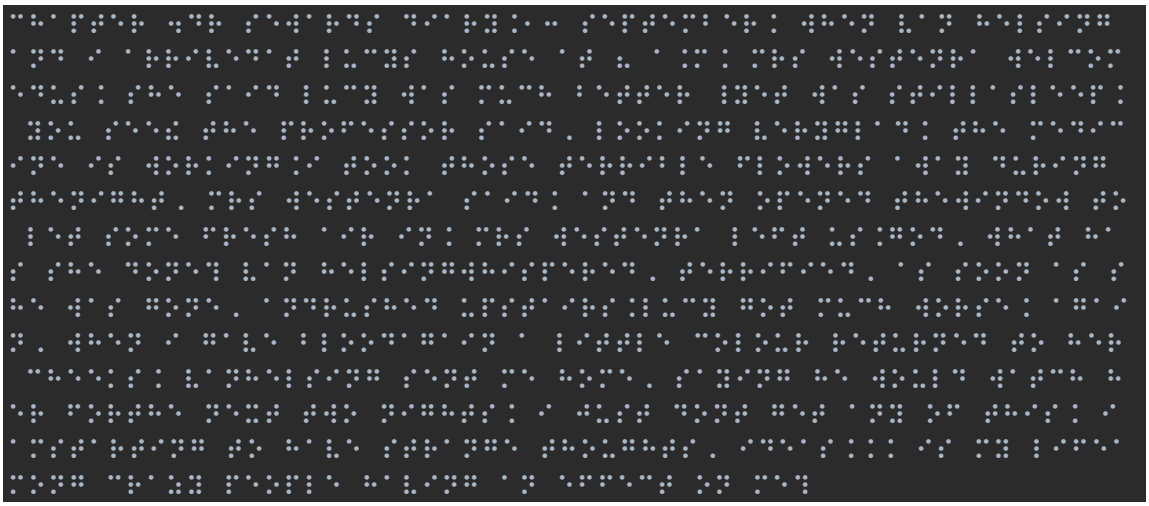
Lucy got much worse. Again, when I gave blood again a little colour returned to her cheeks. Van Helsing sent me home, saying he would watch her for the next two nights. I just don't get any of this. I am starting to have strange thoughts, ideas... Is my life among crazy people having an effect on me?

Şekil 3.1. Kitap sayfa görüntüsü



Şekil 3.2. OCR Algoritması girdi olarak verilen resim çıktısı

Optik karakter tanıma algoritması sonrasında elde edilen harfler teker teker Braille alfabesi dönüşüm koduna sokularak bir dönüşüm elde edilmiştir. Bu dönüşüm çıktısı Şekil 3.3'te görülmektedir. Dönüşüm işleminde 6 noktadan oluşan Braille harfleri için her harfe özel işaretli/işaretsiz alanlar 1,0 olarak belirtilmiştir. 6 noktalı Braille harfi için İşaretli alanlar 1, işaretsiz alanlar 0 olarak tanımlanmıştır.



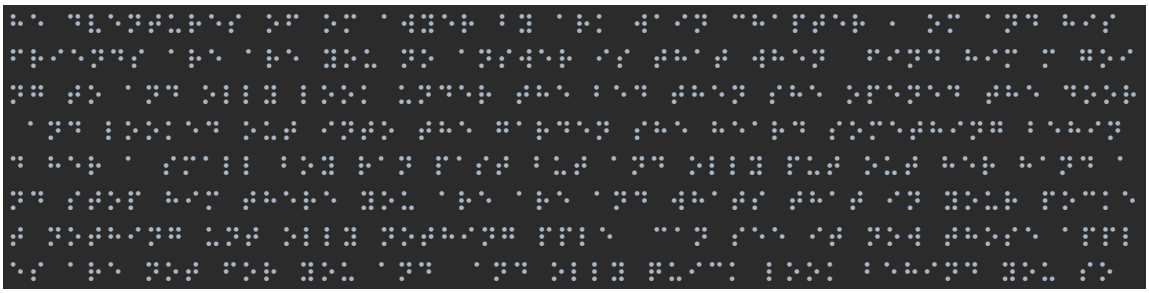
Şekil 3.3. OCR algoritması sonrasında elde edilen dijital harflerin Braille alfabesine dönüştürülmüş hali

Ses tanıma algoritmasında konuşma, ses kaydedici cihazlar, mikrofon, bilgisayar gibi cihazlarla elde edilen konuşma seslerinin okunabilir bir metne dönüştürülmesi sağlanmıştır. Ses tanıma algoritması ile birlikte rastgele bulunan bir hikaye girdi olarak verilerek algoritma çalıştırılmıştır. Algoritma sonucunda iki farklı çıktı mevcuttur. Şekil 3.4. içerisinde yer alan çıktı ses tanıma algoritması sonucunda ses kaydından elde edilen harfler, kelimeler yer almaktadır. Girdi olarak verilen sesin ses tanıma algoritma işlemi sonrasında ses kaydında yer alan harflerin dijital bir çıktısı elde edilmiştir.

```
The Adventures of Tom Sawyer by Mark Twain chapter 1 Tom and his
friends are are you no answer is that when I find him I'm going to and
Polly look under the bed then she opened the door and looked out into
the garden she heard something behind her a small boy ran past but and
Polly put out her hand and stop him there you are are and what's that
in your pocket nothing Aunt Polly nothing Apple I can see it now those
apples are not for you and I and Polly quick look behind you so
```

Şekil 3.4. Ses tanıma algoritması sonucunda elde edilen çıktı

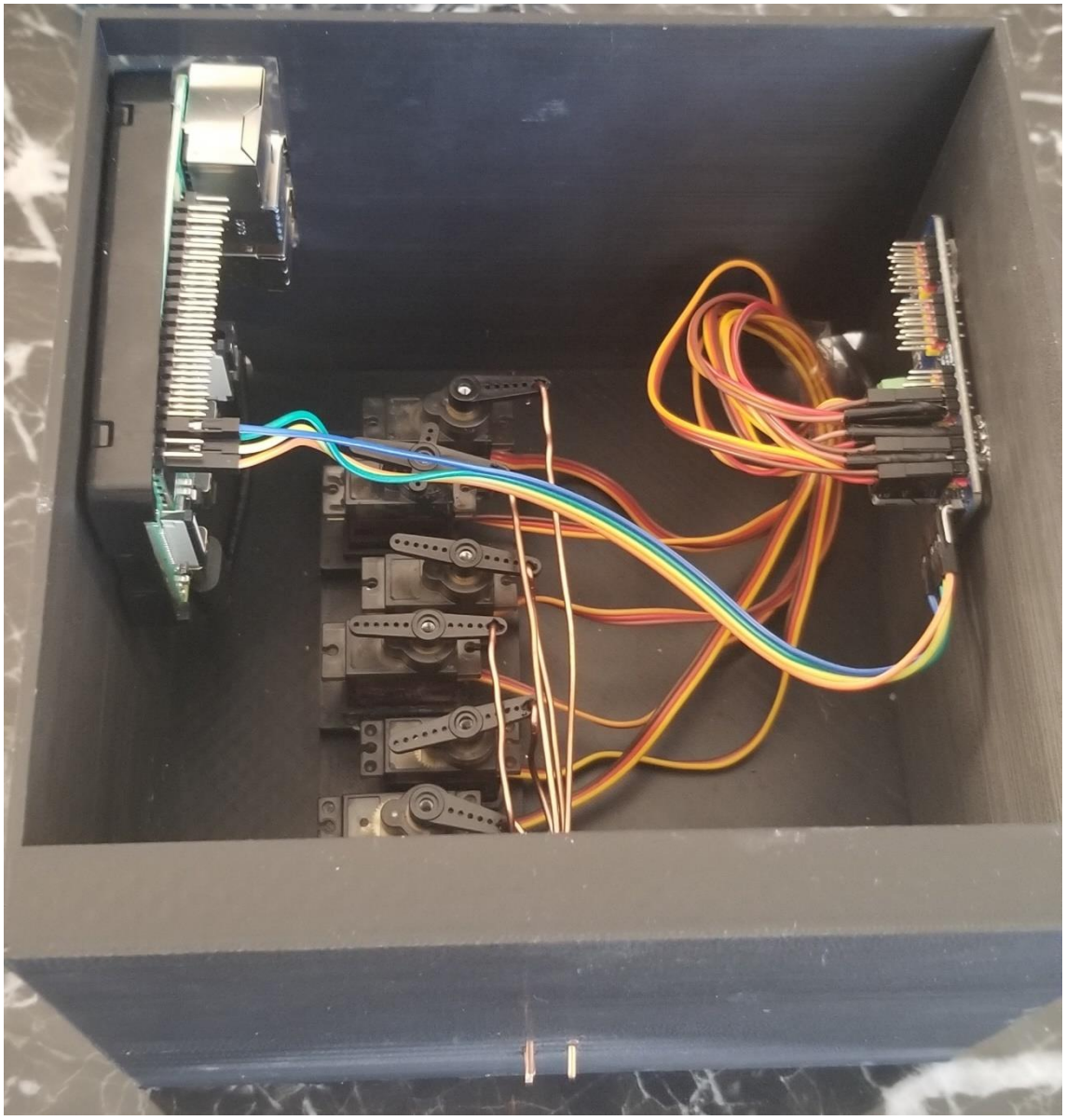
Ses tanıma algoritması sonrasında dijital olarak elde edilen harfler Braille alfabesi dönüşüm koduna sokularak bir dönüşüm elde edilmiştir. Bu dönüşüm sonrasında elde edilen çıktı Şekil 3.5. içerisinde yer almaktadır ve bununla birlikte 6 noktadan oluşan Braille harfleri için her harfe özel işaretli/işaretsiz alanlar 1,0 olarak tanımlanmıştır.



Şekil 3.5. Ses tanıma algoritması sonrasında sonrasında elde edilen dijital harflerin Braille alfabesine dönüştürülmüş hali

Optik karakter tanıma ve ses tanıma algoritmaları ile iki farklı işlem sonucunda elde edilen Braille harflerinin gösterimi için Şekil 3.6. ve Şekil 3.7.'de yer alan prototip özgün bir donanım cihazı geliştirilmiştir. Bu prototip cihaz sayesinde normal bireylerin erişebildiği makale, gazete, kitap, dergi vb. gibi kaynaklara görme engelli bireylerinde erişebilmeleri sağlanmıştır.

Bu gömülü sistem içerisinde Raspberry Pi 4, altı adet servo motor, motor sürücü ve Braille harflerinin gösterimi için metal teller yer almaktadır. Optik karakter tanıma ve ses tanıma algoritmaları sonucunda elde edilen dijital verilerin Braille alfabesine dönüştürülmesi sonrasında oluşan 6 noktalı semboller donanım cihazı içerisinde yer alan metal teller yardımı ile görme engelli bireylerin de normal bireylerin erişebildiği o kaynaklara erişebilmeleri ve okuyabilmeleri sağlanmıştır.



Şekil 3.6. Tez kapsamında geliştirilen prototip cihaz



Şekil 3.7. Tez kapsamında geliştirilen prototip cihazın kapalı görünümü

Görme engelli bireylerin okuyabildiği Braille alfabesi harfleri cihazın önünde yer alan 2 sütun ve 3 sıradan oluşan altı noktayla ifade edilmektedir. Bu altı nokta ile altmış dört farklı kombinasyon oluşturalabilmektedir.

Bu noktalar neticesinde verilen giriş bilgilerinin optik karakter tanıma ve ses tanıma algoritması ile Braille alfabesine dönüşüm işlemleri sonrasında elde edilen sonuçlar donanım cihazında yer alan altı metal tel yardımı ile gösterilmektedir. Görme engelli bireylerin de bu sayede ellerinde bulunan bu fiziksel cihaz ile normal bireylerin ulaşabildiği kaynaklara hızlı bir şekilde onların da erişebilmeleri sağlanmıştır. Gündelik hayatlarında dergi, kitap, internet sayfası gibi her türlü yazılı metne ya da insan sesi ile kaydedilmiş röportaj, eğitim videoları, ses kayıtları gibi kaynaklara erişip bunları okuyabilmeleri tez kapsamında geliştirilen bu donanım cihazı sayesinde gerçekleştirilmiştir.

SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında, görme engelli bireylerin yaşamlarındaki birçok sıkıntıdan birine çözüm bulma ve bu sayede diğer bireylerin erişebildiği ve okuyabildiği belge, makale vb. ürünlere görme engelli bireylerinde erişebilmesi sağlanmıştır. Literatür araştırmaları doğrultusunda genel olarak optik karakter tanıma ile ilgili çalışmalar mevcuttur.

Tez çalışması kapsamında iki farklı algoritma ile veri okuma sistemi yer almaktadır. Bu algoritmalar optik karakter tanıma ve ses tanıma algoritmalarıdır.

Optik karakter tanıma algoritması ile Braille alfabesine çevrilmesi istenen verinin kitap, dergi, broşür, makale, eğitim içerikleri gibi içerisinde yazı bulunan malzemelerin algoritmaya girdi olarak verilerek çalıştırılması sonucunda içeriklerde yer alan yazı kısımlarındaki harfleri, kelimeleri dijital ortama aktarılmasını sağlar.

Ses tanıma algoritması ses kaydedici cihazlar, telefon, bilgisayar, tablet, mikrofon gibi teknolojik cihazlarla insanlar tarafından oluşturulan konuşma sesini okunabilir bir metne dönüştür ve bu sayede ses ile kaydedilen bu ürünler de dijital ortama aktarılmış olur.

Tez kapsamında görme engelli bireyler için hem optik karakter tanıma hem de ses tanıma algoritmaları ile birlikte erişebilecekleri ve bu sayede okuyabilecekleri kaynak sayısının fazlalaşması sağlanmıştır.

Algoritmalar sonucunda dijital ortama aktarılan harfleri görme engellilerin okuyabildiği Braille alfabesine dönüştürülmüştür. Braille alfabesindeki harfler üç sıra ve iki sütundan oluşan dikdörtgen şeklinde düzenlenmiş altı noktanın farklı şekilde kombinasyonları sonucunda oluşmaktadır.

Hazır veriseti ile test edilen algoritma sonuçlarının optik karakter tanıma ile kitap, makale, belge vb., ses tanıma algoritması ile de ses kayıtlarının, eğitim sistemlerinin, akıllı ev sistemlerinde kullanılan cihazların, röportajların vb. kaynakların görme engelli bireyler için Braille alfabesine dönüştürülmesi gerçekleştirilmiştir. Bu sayede iki farklı yöntem ile görme engelli bireylerin fiziki olarak basılmış veya sesli bir anlatım ile anlatılmış kitaba erişimi sağlanmıştır.

Tez kapsamında görme engelli bireylerin, diğer normal bireylerin erişebildiği kaynaklara erişip onları okuyabilmeleri için özgün bir donanım cihazı geliştirilmiştir. Bu özgün donanım cihazında oluşturulacak Braille harfleri için yapılan, 3B yazıcıdan basılan

prototip cihaz içerisinde raspberry pi 4, altı adet servo motor, motor sürücü devresi ve harflerin gösterimi için altı adet metal tel yer almaktadır. Optik karakter tanıma ve ses tanıma algoritmalarının neticesinde elde edilen harflerin Braille harflere dönüştürülmesi sonucunda, yapılan bu prototip cihaz üzerinde yer alan altı noktadan gösterilerek görme engelli bireyin kitap, belge, sesli anlatım, görüşme, röportaj gibi erişmek istedikleri ögelere fiziksel bir cihazla erişimi sağlanmıştır. 200 milisaniye aralıklarla ardarda harfler cihaz üzerinde gösterilmektedir. Bu sayede normal bireylerin rahatlıkla erişebildikleri kaynaklara görme engelli bireylerin de hayatlarında yaşadıkları bu zorlu alanda için bir çözüm üretilmiştir.

Yüksek Öğretim Kurulu sistemindeki verilere göre 51.647 kayıtlı engelli öğrenci bulunmaktadır [65]. Bu öğrenciler içerisinde 27.782 öğrenci ön lisans, 23.581'i lisans, 236'sı yüksek lisans ve 48'i de doktora düzeylerinde eğitim görmektedir [65]. Bu bireyler arasında görme engelli bireylerin öğrenim hayatlarına devam edebilmesi ve normal diğer öğrencilerin erişebildikleri yayınlara bu bireylerinde erişebilmelerine olarak sağlanmıştır. İlerleyen çalışmalar içerisinde projeye mobil uygulama ile hızlı erişim gerçekleştirilebilir. Donanım cihazına buton eklenerek anlık çevrilen OCR ya da Ses tanıma algoritmalarının tekrar baştan okunması sağlanabilir.

KAYNAKLAR

[1] B.-M. Hsu, "Braille Recognition for reducing asymmetric communication between the blind and non-blind," *Symmetry,* vol. 12, no. 7, p. 1069, 2020.

[2] J. Jiménez, J. Olea, J. Torres, I. Alonso, D. Harder, and K. Fischer, "Biography of louis braille and invention of the braille alphabet," *Survey of ophthalmology,* vol. 54, no. 1, pp. 142-149, 2009.

[3] Y. Arslan, H. M. Şahin, U. Gülnar, and M. Şahbudak, "Görme engellilerin toplumsal hayatta yaşadıkları zorluklar (Batman Merkez Örneği)," *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi,* vol. 4, no. 2, pp. 1-14, 2014.

[4] S. Bodur and Y. Durduran, "Konya'da engelli çocukların sağlık hizmetlerinden yararlanma ve beklenti durumu," *Genel Tip Dergisi,* vol. 19, no. 4, 2009.

[5] G. T. DEMİR and E. L. İLHAN, "Spora katılım motivasyonu: görme engelli sporcular üzerine bir araştırma," *Gaziantep Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi,* vol. 4, no. 1, pp. 157-170, 2019.

[6] S. Aydilek. "Zihinsel Engellilik Nedir?" https://www.ahenkrehabilitasyon.com/zihinsel-engellilik-nedir/ (Erişim Tarihi: 11 Ekim, 2022).

[7] L. İlhan, "Eğitilebilir zihinsel engelli çocuklarda beden eğitimi ve sporun sosyalleşme düzeylerine etkisi," *Kastamonu eğitim dergisi,* vol. 16, no. 1, pp. 315-324, 2008.

[8] M. RAM. "İŞİTME ENGELİ NEDİR?" https://manavgatram.meb.k12.tr/meb_iys_dosyalar/07/12/970601/dosyalar/2016_02/24091119_tmeblten.pdf (Erişim Tarihi: 11 Ekim, 2021).

[9] A. R. Merkezi. "İşitme Engelliler Nedir?" http://www.onurcanrehabilitasyon.com/bilgiicerik-Isitme-engelliler-nedir-40.html (Erişim Tarihi:11 Ekim, 2021).

[10] Ç. D. K. Ö. E. v. R. Merkezi. "Bedensel Engel Nedir? Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Nedir?" https://corluozelegitim.com/bedensel-engel-nedir-fizyoterapi-ve-rehabilitasyon-nedir/ (Erişim Tarihi: 12 Ekim, 2021).

[11] T. Demir and Ü. SEN, "GÖRME ENGELLİ ÖĞRENCİLERİN ÇEŞİTLİ DEĞİŞKENLER AÇISINDAN ÖĞRENME STİLLERİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA," *Journal of International Social Research,* vol. 2, no. 8, 2009.

[12] B. G. Emiroğlu, "Üniversitelerde görme engelli öğrenciler için bilişim," *Akademik Bilişim,* vol. 5, 2008.

[13] C. Patel, A. Patel, and D. Patel, "Optical character recognition by open source OCR tool tesseract: A case study," *International Journal of Computer Applications,* vol. 55, no. 10, pp. 50-56, 2012.

[14] A. Koyun and E. Afşin, "Derin öğrenme ile iki boyutlu optik karakter tanıma," *Türkiye Bilişim Vakfı Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği Dergisi,* vol. 10, no. 1, pp. 11-14, 2017.

[15] T. Ovatman, *A Real-Time Optical Character Recognition System*. İstanbul: İstanbul Technical University, Institute of Science and Technology …, 2005.

[16] M. Şekerci, "Birleşik ve eğik Türkçe el yazısı tanıma sistemi," Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007.

[17] B. BEKTAŞ, S. BABUR, U. TURHAL, and E. KÖSE, "MAKİNE ÖĞRENMESİ YARDIMIYLA OPTİK KARAKTER TANIMA SİSTEMİ."

[18] C. Ungurean, D. Burileanu, V. Popescu, C. Negrescu, and A. Dervis, "Automatic diacritic restoration for a TTS-based e-mail reader application," *UPB Scientific Bulletin, Series C,* vol. 70, no. 4, pp. 3-12, 2008.
[19] J. E. Meyer, "MOS models and circuit simulation," *RCA review,* vol. 32, no. 1, pp. 42-63, 1971.
[20] B. Tekindal and A. Güray, "Görme Engelliler için Türkçe Metinden Konuşma Sentezleme Yazılımı Geliştirilmesi," *Bilişim Teknolojileri Dergisi,* vol. 5, no. 3, pp. 9-18, 2012.
[21] P. Hazırlayan, M. T. Meral, Y. D. D. M. M. Özbilen, and B. Projesi, "Kameralı Gözlük ve Akıllı Telefonlar ile Optik Karakter Tanıma, Ses Sentezleme ve Ses Tanıma."
[22] T. Chai and R. R. Draxler, "Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)," *Geoscientific Model Development Discussions,* vol. 7, no. 1, pp. 1525-1534, 2014.
[23] Y. Ding, X. Yu, J. Zhang, and X. Xu, "Application of linear predictive coding and data fusion process for target tracking by Doppler through-wall radar," *IEEE Transactions on Microwave theory and Techniques,* vol. 67, no. 3, pp. 1244-1254, 2018.
[24] X. Cai, T. Xu, J. Yi, J. Huang, and S. Rajasekaran, "Dtwnet: a dynamic time warping network," *Advances in neural information processing systems,* vol. 32, 2019.
[25] M. K. Baygün, "Türkçe komutları tanıyan ses tanıma sistemi geliştirilmesi," Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006.
[26] Y. Kutlu, Z. Alanoglu, A. Gökçen, and M. Yeniad, "Raspberry Pi Based Intelligent Robot that Recognizes and Places Puzzle Objects," *arXiv preprint arXiv:2101.12584,* 2021.
[27] J. J. Hopfield, "Artificial neural networks," *IEEE Circuits and Devices Magazine,* vol. 4, no. 5, pp. 3-10, 1988.
[28] C.-R. Piao, S. Beack, D.-M. Woo, and S.-S. Han, "A blind watermarking algorithm based on HVS and RBF neural network for digital image," in *International Conference on Natural Computation*, 2006: Springer, pp. 493-496.
[29] R. Ramiati, S. Aulia, and L. Lifwarda, "Aplikasi Identifikasi Huruf Braille Menggunakan Computer Vision Berbasis Raspberry Pi," *Jurnal Nasional Teknik Elektro,* vol. 9, no. 1, pp. 12–20, 2020.
[30] P. P. Chu, *FPGA prototyping by VHDL examples: Xilinx Spartan-3 version*. John Wiley & Sons, 2011.
[31] M. Shahdad, "An overview of VHDL language and technology," in *23rd ACM/IEEE Design Automation Conference*, 1986: IEEE, pp. 320-326.
[32] P. Rajarapollu, S. Kodolikar, D. Laghate, and A. Khavale, "FPGA based Braille to text & speech for blind persons," *International Journal of Scientific & Engineering Research,* vol. 4, no. 4, pp. 348-353, 2013.
[33] M. Fezari and A. Al Dahoud, "Integrated Development Environment "IDE" For Arduino," *WSN applications,* pp. 1-12, 2018.
[34] R. Seethalakshmi *et al.*, "Optical character recognition for printed Tamil text using Unicode," *Journal of Zhejiang University-SCIENCE A,* vol. 6, no. 11, pp. 1297-1305, 2005.
[35] A. M. Ismail, K. Yuvaraj, S. Vigneswaran, and P. Nagarajan, "Development of Low cost 6 Dot Unicode Braille printer for aiding visually impaired persons," in

IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, vol. 995, no. 1: IOP Publishing, p. 012001.

[36] A. Korde, O. Gaikar, S. Nikam, and S. Rukhande, "Wireless Emanation of Braille to Text/Voice and Vice Versa," in *Soft Computing: Theories and Applications*: Springer, 2020, pp. 403-411.

[37] G. H. Aly, M. Marey, S. A. El-Sayed, and M. F. Tolba, "YOLO based breast masses detection and classification in full-field digital mammograms," *Computer methods and programs in biomedicine*, vol. 200, p. 105823, 2021.

[38] İ. Avcı and M. Yıldırım, "Görme Engelli Bireyler İçin Derin Öğrenme Tabanlı Nesne Tanıma Modeli."

[39] C. Ozgonul, "Görme Engelliler İçin Yapay Zeka Destekli Yapay Görme Sistemi," 2021.

[40] K. Smelyakov, A. Chupryna, D. Yeremenko, A. Sakhon, and V. Polezhai, "Braille character recognition based on neural networks," in *2018 IEEE Second International Conference on Data Stream Mining & Processing (DSMP)*, 2018: IEEE, pp. 509-513.

[41] S. Kumari, A. Akole, P. Angnani, Y. Bhamare, and Z. Naikwadi, "Enhanced Braille Display Use of OCR and Solenoid to Improve Text to Braille Conversion," in *2020 International Conference for Emerging Technology (INCET)*, 2020: IEEE, pp. 1-5.

[42] I. G. Ovodov, "Optical Braille recognition using object detection CNN," *arXiv preprint arXiv:2012.12412*, 2020.

[43] R. Sawant, P. Shrivastava, P. Shahane, and R. Harikrishnan, "Text to Braille Conversion System," in *2021 International Conference on Innovative Computing, Intelligent Communication and Smart Electrical Systems (ICSES)*, 2021: IEEE, pp. 1-5.

[44] A. AlSalman, A. Gumaei, A. AlSalman, and S. Al-Hadhrami, "A deep learning-based recognition approach for the conversion of multilingual braille images," *Computers, Materials & Continua*, vol. 67, no. 3, pp. 3847-3864, 2021.

[45] S. Ramachandran, N. Rajan, K. Pallavi, J. Subashree, S. Suchithra, and B. Sonal, "Communication Device for the Visual and Hearing Impaired Persons to Convert Braille Characters to English Text," in *2021 International Conference on Emerging Smart Computing and Informatics (ESCI)*, 2021: IEEE, pp. 587-592.

[46] A. Kay. "Tesseract: an Open-Source Optical Character Recognition Engine." https://dl.acm.org/doi/fullHtml/10.5555/1288165.1288167 (Erişim Tarihi: 25 Mayıs, 2022).

[47] N. YALÇIN, "Konuşma Tanima Teorisi ve Teknikleri," *Kastamonu Eğitim Dergisi*, vol. 16, no. 1, pp. 249-266, 2008.

[48] VentureBeat. "Google's speech recognition." https://venturebeat.com/2017/05/17/googles-speech-recognition-technology-now-has-a-4-9-word-error-rate/ (Erişim Tarihi: 25 Mayıs, 2022).

[49] H. Chen. "Does Word Error Rate Matter?" https://www.smartaction.ai/blog/does-word-error-rate-matter/ (Erişim Tarihi: 25 Mayıs, 2022).

[50] A. Gunawan, "English digits speech recognition system based on hidden Markov models," in *Proceedings of International Conference Computer*, 2010.

[51] S. Oyucu, H. Polat, and H. Sever, "Sessizliğin kaldırılması ve konuşmanın parçalara ayrılması işleminin Türkçe otomatik konuşma tanıma üzerindeki etkisi," *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi,* vol. 8, no. 1, pp. 334-346, 2020.

[52] K. Foster. "What is ASR? A Comprehensive Overview of Automatic Speech Recognition Technology." https://www.assemblyai.com/blog/what-is-asr/ (Erişim Tarihi: 25 Mayıs, 2022).
[53] B. Balon and M. Simić, "Using Raspberry Pi computers in education," in *2019 42nd International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)*, 2019: IEEE, pp. 671-676.
[54] R. Pi. "Raspberry Pi 4." https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-4-model-b/ (Erişim Tarihi: 31 Ocak, 2022).
[55] M. M. KAYA. "Raspberry Pi Nedir? Modelleri ve Neler Yapılabilir?" https://maker.robotistan.com/raspberry-pi-dersleri-0-raspberry-piyi-taniyalim/ (Erişim Tarihi: 03 Kasım, 2021).
[56] RoboLink. "Tower Pro MG90S Servo Motor." https://www.robolinkmarket.com/tower-pro-mg90s-servo-motor?gclid=EAIaIQobChMIh8z2gMHc9QIVRY1oCR2adw9wEAAYAiAAEgIdnfD_BwE (Erişim Tarihi: 31 Ocak, 2022).
[57] S. Mekatronik. "Mini Servo MG90 METAL DİŞLİ -B6." https://www.otomasyoncu.net/urun/mini-servo-sg90 (Erişim Tarihi: 31 Ocak, 2022).
[58] Robolink. "Tower Pro MG90S Servo Motor." https://www.robolinkmarket.com/tower-pro-mg90s-servo-motor?gclid=EAIaIQobChMIopOC9fL88wIVGs13Ch2nkwNXEAAYAiAAEgL9-_D_BwE7 (Erişim Tarihi: 03 Kasım, 2021).
[59] R. Store. "PCA9685 I2C 16 Kanal 12 Bit PWM Servo Motor Sürücü Devresi." https://urun.n11.com/arduino-urunleri-ve-setleri/pca9685-i2c-16-kanal-12-bit-pwm-servo-motor-surucu-devresi-P248039078 (Erişim Tarihi: 31 Ocak, 2022).
[60] Direnç. "PCA9685 16 Kanal 12 Bit PWM - Servo Motor Sürücü Devresi I2C Modülü." https://www.direnc.net/pca9685-16-kanal-12-bit-pwmservo-i2c-surucu-modul (Erişim Tarihi: 03 Kasım, 2021).
[61] K. Şahin and B. O. TURAN, "ÜÇ BOYUTLU YAZICI TEKNOLOJİLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ," *Stratejik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi,* vol. 2, no. 2, pp. 97-116, 2018.
[62] B. GÜLER and K. ÇETİNKAYA, "ENDÜSTRİYEL BOYUTLU ÇİFT BAŞLI KARTEZYEN TİPİ ÜÇ BOYUTLU YAZICI TASARIMI VE PROTOTİP ÜRETİMİ," *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry,* vol. 2, no. 1, pp. 11-22, 2018.
[63] K. DEMİR, E. B. K. DEMİR, Ç. Cansu, U. TUĞTEKİN, H. İSLAMOĞLU, and K. Abdullah, "Üç boyutlu yazdırma teknolojilerinin eğitim alanında kullanımı: Türkiye'deki uygulamalar," *Ege Eğitim Dergisi,* vol. 17, no. 2, pp. 481-503, 2016.
[64] Filamentto. "PLA Filament 1.75mm (10 KG)." https://www.filamentto.com/pla-20-kg-1.75mm-pla20kg175 (Erişim Tarihi: 31 Ocak, 2022).
[65] YÖK. "Yüksek Öğretim Kurulu." https://www.yok.gov.tr/Sayfalar/Haberler/2020/engelsiz-erisim-engelsiz-egitim.aspx (Erişim Tarihi: 25 Mayıs, 2022).

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı **:** Filiz DALIP

Yabancı Dili **:** İngilizce

Öğrenim Durumu

Derece	**Bölüm/Program**	**Üniversite/Lise**	**Mezuniyet Yılı**
Lise	Anadolu Lisesi	Gönen Anadolu Lisesi	Haziran 2012
Lisans	Bilgisayar Mühendisliği	Marmara Üniversitesi	Eylül 2017

İş Deneyimi

Yıl	**Firma/Kurum**	**Görevi**
2018	Soft İş Çözümleri A.Ş.	Uzman Programcı

Bilimsel Eserler:

1. Dalip F., Çakar M., Büyüktanır B, Doğan B. (2021, Mayıs). Effects of Covid-19 Pandemic on Distance Workers. II. International Covid-19 and Current Issues Congress