Yapay Zeka Tekniğiyle İşitme Engelliler İçin Uzaktan İletişim Sistemi

Özer Çelik

DOKTORA TEZİ

Matematik- Bilgisayar Anabilim Dalı

Ocak 2019

An Artificial Intelligence Based Remote Communication System for Hearing Impaired

Özer Çelik

DOCTORAL DISSERTATION

Department of Mathematics and Computer

January 2019

Yapay Zeka Tekniğiyle İşitme Engelliler İçin Uzaktan İletişim Sistemi

Özer Çelik

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Matematik - Bilgisayar Anabilim Dalı
Bilgisayar Bilimleri Bilim Dalında
DOKTORA TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Doç. Dr. Alper Odabaş

Ocak 2019

ONAY

Matematik - Bilgisayar Anabilim Dalı Doktora öğrencisi Özer Çelik'in DOKTORA tezi olarak hazırladığı "**Yapay Zeka Tekniğiyle İşitme Engelliler İçin Uzaktan İletişim Sistemi**" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek oybirliği ile kabul edilmiştir.

Danışman **:** Doç. Dr. Alper ODABAŞ

İkinci Danışman **: -**

Doktora Tez Savunma Jürisi:

Üye : Prof. Dr. Zekeriya ARVASİ

Üye : Prof. Dr. Veysel ASLANTAŞ

Üye : Prof. Dr. Erdal ULUALAN

Üye : Doç. Dr. Alper ODABAŞ

Üye : Dr. Öğr. Üy. Ahmet Faruk ASLAN

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ..... tarih ve ..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Hürriyet ERŞAHAN
Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Doç. Dr. Alper ODABAŞ danışmanlığında hazırlamış olduğum "Yapay Zeka Tekniğiyle İşitme Engelliler İçin Uzaktan İletişim Sistemi" başlıklı DOKTORA tezimin özgün bir çalışma olduğunu; tez çalışmamın tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; tezimde verdiğim bilgileri, verileri akademik ve bilimsel etik ilke ve kurallara uygun olarak elde ettiğimi; tez çalışmamda yararlandığım eserlerin tümüne atıf yaptığımı ve kaynak gösterdiğimi ve bilgi, belge ve sonuçları bilimsel etik ilke ve kurallara göre sunduğumu beyan ederim. 18/01/2019

Özer ÇELİK

İmza

ÖZET

Dünyada 230 milyondan fazla işitme engelli bulunurken ülkemizde bu sayı 3.5 milyon civarındadır. İşitme engelliler görsel olarak iletişim kurabildiklerinden, yaklaşık %80'i ülkelerinin dilini okumak ve yazmakta zorlanır. İletişim kurmak ve bilgiye erişmek için yalnızca işaret diline güvenirler. Bugün dünyada 124'den fazla farklı işaret dili kullanılmaktadır. Her işaret dilinin kendi semantiği ve sözdizimi vardır.

Engelli insanların bilgi ve teknoloji kullanım oranı engelsiz insanlara kıyasla kayda değer biçimde düşüktür. Bazı durumlarda engelli insanlar telefon, televizyon ve internet gibi en temel araçlara ve hizmetlere bile erişimden mahrum olabilmektedir. Sürekli artan interaktif içeriklerin tercüman yardımıyla çevrilmeye çalışılması birçok içeriğin ya hiç çevrilmemesine veya güncel olamamasına sebep olmaktadır. Bu yüzden işaret dili çeviri sistemlerinde tercümanların yanı sıra yüksek teknoloji destekli çeviri sistemlerinin geliştirilmesi büyük öneme sahiptir. İşitme engelliler duyma becerisine sahip olmadıkları ve konuşamadıkları için engelli olmayanlarla iletişim kurmakta büyük güçlükler yaşamaktadırlar. Özellikle deprem ve diğer doğal afetler gibi acil durumlarda polis, itfaiye veya sağlık hizmetlerine erişimde işaret dili bilmeyen kişiler ile uzaktan iletişime geçme ihtiyacının olduğu durumlarda daha da artmaktadır.

Dünyada çeşitli işaret dilleri için çeviri hizmeti sunan birkaç sistem geliştirilmiştir. Fakat Türk İşaret Dili için büyük ölçekli bir çalışma yapılmamıştır. Bu tez çalışması kapsamında, işitme engellilerin iletişimini kolaylaştırmak amacıyla interaktif bir sistem geliştirilmiştir. 3 boyutlu sanal bir asistan sayesinde girilen bir metnin anlık olarak işaret diline çevrilmesi ve işitme engellilerin yapmış olduğu hareketlerin iki farklı metotla algılanıp metne çevrilmesi üzerine çalışılmıştır. Geliştirilen bu sistemler ve VoIP sunucular kullanılarak işitme engellilerin uzaktan iletişimlerini kolaylaştıracak çözümler üzerine çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: İşaret Dili, İşaret Dili Çeviri Sistemi, Makine Öğrenmesi, Derin Öğrenme, Konvolüsyon Sinir Ağı, Tekrarlayan Sinir Ağı, Kinect.

SUMMARY

There are more than 230 million hearing impairments in the world. In our country, the number of hearing impairments is around 3.5 million. As hearing impaired people use visual language to communicate, nearly 80% have difficulty in reading and writing the language of their country. The majority of hearing impaired people rely solely on sign language to communicate and access information. Today more than 124 different sign languages are used in the world.

The rate of use of information and technology for people with disabilities is considerably low compared to unhindered people. In some cases people with disabilities may be deprived of access even to the most basic tools and services such as telephone, television and internet. Since hearing impaired people do not have the ability to hear and speak, they have great difficulties in communicating with the non-disabled. Especially in emergencies such as earthquakes and other natural disasters, the need for remote communication with people who do not know sign language in access to police, fire brigade and health services is increasing.

Several systems have been developed that provide translation services for various sign languages in the world. However, there is no large scale study for Turkish Sign Language. Within the scope of this thesis, an interactive system has been developed to facilitate the communication of the hearing impaired. Translating the entered text momentarily into sign language with the help of a 3-D virtual assistant and the translation of the sign language movements of the hearing impaired by two different methods to the text were studied. Using these systems and VoIP servers, solutions were studied to facilitate the remote communication of the hearing impaired.

Keywords: Sign Language, Sign Language Translation System, Machine Learning, Deep Learning, Convolution Neural Network, Recurrent Neural Network, Kinect

TEŞEKKÜR

Beni bu çalışmaya sevk eden ve yöneten, çalışma boyunca değerli yardımlarını esirgemeyen, Hocalarım, Sayın;

Prof. Dr. Zekeriya ARVASİ ye,

Doç. Dr. Alper ODABAŞ a,

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Faruk ASLAN a

eşim ve aileme sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET…….……..... vi

SUMMARY …….……..... viii

TEŞEKKÜR …….……..……..... x

İÇİNDEKİLER …….……..…..... xi

ŞEKİLLER DİZİNİ ……..……..... xiv

ÇİZELGELER DİZİNİ ……..……...……..…..... xvii

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ……...…….....……..... xix

1. GİRİŞ VE AMAÇ ….……...……..…….....……..…….. 1

2. İŞARET DİLİ ……...……..…….....……..…….. 5

2.1. İletişim ve İşitme Engelliler …….....……..... 5

2.2. İşitme Engellilerin Yaşadığı Problemler ....……..……..…….....……..... 7

2.3. Türk İşaret Dili (TİD) 8

2.4. İşaret Dili Sözlükleri ……..……..…….....……..... 9

2.4.1. Türk işaret dili sözlüğü: ……...……..……...……..…….....……..... 9

2.4.2. Milli eğitim bakanlığı işaret dili sözlüğü ……...……..……..... 10

2.4.3. Diyanet işleri daire başkanlığı Türk işaret dili kavramlar sözlüğü …….....12

2.4.4. İstanbul Büyükşehir Belediyesi işaret dili sözlüğü …….……....…13

2.4.5. Güncel Türk işaret dili sözlüğü ……..……..……..…….....13

2.5. Türk İşaret Dili Dil Yapısı ..……..…….....……..... 14

2.6. Uluslararası İşaret Dileri ve ASL …….……....……...……..... 17

2.7. Bulgular ve Tartışma ....……...……..…….....……..... 20

3. METİNDEN İŞARET DİLİNE ÇEVİRME SİSTEMİ …....…….……..……. 22

3.1. Metinden işaret diline çeviri sistemi giriş ……..……....…….....……..... 22

İÇİNDEKİLER(devam)

Sayfa

3.2. Doğal Dil İşleme ……..…..…..... 22

3.2.1. Part-Of-Speech (POS) etiketleme ……..…….....……. 23

3.2.2. Morfolojik analiz ……..……...…….……..…… 23

3.2.3. Normalizasyon ……..……..……...……..... 24

3.2.4. İsimlendirilmiş varlık tanıma (NER) ……..……...…..….... 24

3.3. Türkçe Doğal Dil İşleme Kütüphaneleri ……...…..…… 24

3.3.1. Zemberek NLP kütüphanesi …….....……... 25

3.3.2. TRMorph kütüphanesi ……...…..…….. 27

3.4. Metinden İşaret Diline Çeviri Materyal ve Yöntemleri ...……...……..…….. 30

3.5. Metinden İşaret Diline Çeviri Materyali ...……...…….……..... 30

3.5.1. Unity3D ……...…….……...….... 30

3.5.2. WebGL (Web Graphics Library)…….…...……...……..…….. 30

3.5.3. 3dsMax ……...……....…….....……... 31

3.6. Metinden İşaret Diline Çeviri Yöntemi ….....…...……...……..... 32

3.6.1. Türk İşaret Dili dil bilgisi …….....……...…..... 32

3.6.2. İşaret dili dil bilgisi kuralları …….……...……...……..…. 33

3.6.3. Sanal asistan veri tabanı …..……....…..….... 39

3.6.4. Metinden işaret diline çevirme algoritması ……..……...…..…..... 43

3.7. Metinden İşaret Diline Çeviri Bulguları ve Tartışması ……...……...…..... 47

4. İŞARET DİLİNDEN METNE ÇEVİRİ SİSTEMİ ……....……....…….. 56

4.1. İşaret Dilinden Metne Çeviri Sistemi Giriş ……...……....…….……..... 56

4.2. Kinect Cihazı İle Makine Öğrenme Yöntemi …….……...……...…….....…. 57

4.2.1. Makine öğrenme yöntemi materyali …….....…….…….…..... 57

İÇİNDEKİLER(devam)

Sayfa

4.2.2. Makine öğrenme yöntemi modeli ….....…….....…….....……..…….. 62

4.2.3. Makine öğrenme yöntemi ile araştırma sonuçları …….....…….... 65

4.3. Web Kamerası İle Derin Öğrenme Yöntemi …..…….....…….…… 66

4.3.1. Konvolüsyonel yapay ağlar (CNN) …….....…….…..... 66

4.3.1.1. Giriş / çıkış katmanı …….....…….....…….....…….... 67

4.3.1.2. Konvolüsyon katmanı …….....….....….... 68

4.3.1.3. Aktivasyon katmanı …….....…..…….. 68

4.3.1.4. Havuzlama ……..……..…..…….... 70

4.3.1.5. Tam bağlı katman (Fully connected layer) ……..... 71

4.3.2. CNN ile transfer öğrenim …….....…….... 72

4.3.3 Tekrarlayan sinir ağları (Recurrent neural network) ……..…..…….…..... 73

4.3.3.1. Long Short -Term Memory Units (LSTM) …….....…..…….....74

4.3.4. Derin öğrenme yöntemi video ön işleme ve eğitim …….....…….…..... 75

4.3.5. Derin öğrenme yöntemi araştırma sonuçları …….....…..……..…..…..... 91

4.4. İşaret Dilinden Metne Çeviri Bulguları ve Tartışması ….....……..…… 93

5. UZAKTAN İLETİŞİM SİSTEMİ ….....……...…. 95

5.1. Uzaktan İletişim Sistemi Giriş……..……..…. 95

5.2. Uzaktan İletişim Sistemi Materyal Ve Yöntemler …….....……..…..……..….. 96

5.3. Voip Sunucuları ……...……... 96

5.3.1. VoIP sunucu kurulumu …….....…….....…….…..... 98

5.4. Uzaktan İletişim Sistemi Bulguları ve Tartışması ……...…...…….…… 104

6. SONUÇ VE ÖNERİLER …… 105

KAYNAKLAR DİZİNİ ……...…..... 110

ÖZGEÇMİŞ ……..……...…..... 114

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil **Sayfa**

2.1. Dünya sağlık örgütü raporu …… 7
2.2. Türk dil kurumu işaret dili sözlüğü görseli…… 10
2.3. Milli eğitim bakanlığı işaret dili sözlüğü görseli…… 11
2.4. Türk işaret dili dini kavramlar sözlüğü…… 12
2.5. İstanbul Büyükşehir Belediyesi işaret dili sözlüğü …… 13
2.6. Güncel Türk işaret dili sözlüğü …… 14
2.7. TİD'de harfler (Kubuş & Hohenberger 2011) …… 15
2.8. ASL' de harfler …… 18
3.1. 3ds Max Studio 2017 ekran görüntüsü …… 31
3.2. Yüz ve mimik hareketleri için hazırlanan program arayüzü …… 41
3.3. Sözlük bazlı yapılan animasyonların kontrolleri …… 42
3.4. Türkçe'den Türk İşaret Dili'ne çeviri sistemi algoritması …… 44
3.5. Merhaba ben çelebi cümlesi işaret görseli …… 45
3.6. Dün okula gelmedim cümlesi işaret görseli …… 46
3.7. Web sitesi işaret dili çeviri sembolü ekran görüntüsü …… 47
3.8. Çelebinin web sitesi üzerinde görüntüsü …… 47
3.9. Test uygulaması ara yüzü …… 49
3.10. Teste katılan erkek ve kız öğrenci sayıları …… 51
3.11. Teste katılan öğrenci yaş grafiği …… 51
3.12. Testte kullanılan kelimelerin anlaşılma oranları …… 52
3.13. Testte kullanılan cümle anlaşılma oranları …… 53
3.14. Test çalışmasının başarı oranı …… 53
3.15. Temel bilgi teknolojileri test başlangıç ekranı …… 54
3.16. TİD çeviri sistemi ile test uygulaması …… 55
4.1. Microsoft Kinect 360 …… 58

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Şekil **Sayfa**

4.2. Microsoft Kinect One ……..……..... 58
4.3. Kinect cihazının tanımladığı eklem noktaları ……..…..... 61
4.4. Geliştirilen programın ara yüz görünümü ……....……....…. 63
4.5. Veri seti xml yapısı ……....……...……..…... 64
4.6. Veri seti oluşturma ara yüzü ……...…….....……..... 64
4.7. EVET kelime tahminleme sonucu ……....…….....…..... 65
4.8. LeNet mimarisi ……..……..……. 66
4.9. CNN mimarı bileşenleri (Convolutional Neural Networks for Visual Recognition,2018) .....…….....……..... 67
4.10. Aktivasyon fonksiyonları (what are artificial neural networks? , 2018) …..... 69
4.11. ReLU aktivasyon işlemi (Fergus vd., 2015) ……....….... 69
4.12. Max-havuzlama örneği …….....…….. 70
4.13. Tam bağlı katman (Fully connected layer)……..…….…..... 71
4.14. InceptionV3 modeli mimarisi …….....……..…….... 73
4.15. RNN Mimarileri …….....……..…….. 74
4.16. Basit bir LSTM yapısı …….....……..... 75
4.17. Hayır kelimesinin işaretinin gösterimi ……...…..... 76
4.18. Kabul kelimesinin işaretinin gösterimi …….....……..... 76
4.19. Videoların Framelere ayrılması algoritma şeması isimlendirmede genel çerçeve aşağıdaki gibi olacaktır ……..... 77
4.20. (a) ve (b) Kafa bölgesi tespiti sonrası siyah çerçeveli frame …….....…..... 78
4.21. Etiketlenmiş el .....……... 79
4.22. Ellerin tespiti ve takibi algoritmasının akış diyagramı …….....……..... 81
4.23. (a) ve (b) Ten tespiti sonrası siyah çerçeveli frame ……..…...…..... 82
4.24. Frame listesi …….....……..…….... 83
4.25. Tespit edilemeyen framelerin temizlenme akış diyagramı ……..…..... 84
4.26. (a) ve (b) Sabit ellerin silindikten sonraki görünümü …….....…....….... 84
4.27. Sabit ellerin silinme algoritma şeması …….....……..... 85

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Şekil **Sayfa**

4.28. Siyah frame silme algoritma şeması ……..... 86
4.29. El boyutu kadar frame kırpılması algoritma şeması ……...…….... 87
4.30. (a) ve (b) Sabit el boyutuna uygun el kırpılmış görüntüsü .....…….…... 88
4.31. Eğitime verilecek frame sayılarının eşitlenmesi algoritma şeması ..……..... 89
4.32. Hareketli el bölgesinin kırpılması ve boyutlandırması sonrası frameler 90
4.33. Derin öğrenme yöntemi çalışma modeli .....…….... 91
4.34. Eğitime verilen frame görünümü .....…..…….....…... 92
4.35. İkinci test için eğitime verilen frame .....…….....…….....…... 93
5.1. VOIP sunucu çalışma şekli ……..……...…..... 97
5.2. Voip Sunucu kurulum adımı 1 …….....……..... 98
5.3. Voip kurulum ağ bağdaştırıcı seçim ekranı ……..…….... 99
5.4. Voip kurulum sabit disk seçim ekranı ……..…….....…..... 99
5.5. Voip kurulum sonrası açılış ekranı ……..…….... 100
5.6. Lisans anahtarı giriş ekranı ……..…….. 100
5.7. Network adapter seçim ekranı ……..…….. 101
5.8. Şekil 4.8. Kurulum tamamlandı ekranı ……..……..... 101
5.9. Kurulum sonrası dashboard ekranı ……..……..…. 102
5.10. Softphone yazılım ekleme ekranı ……....……..... 102
5.11. Uzaktan iletişim program ara yüzü …….....……..... 103
6.1. İşitme engelliler uzaktan iletişim sistemi …….…… 105

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge **Sayfa**

3.1. Temel Varlıklar……..……...… 24
3.2. Özne eylem diziliş örnek cümleleri ……..……..…..... 33
3.3. Eylemin/eylemsinin tek üyesi olduğu örnek cümleler ……..... 33
3.4. Geçişli eylemlerde işaret dizimi …….…… 34
3.5. Çift nesneli eylemlerle sözcük dizilişi …….……..... 34
3.6. İsim öbekleri sözcük dizilişi …….…….. 34
3.7. İki kelimeden oluşan sıfat örnekleri …….…….. 35
3.8. Sayıların sıfat durumunda sözcük dizilişi …….……..…….. 35
3.9. Sayı ve sıfat dizilişi …….…….…….... 35
3.10. “Yüzde” sözcüğü kullanım örneği …… 36
3.11. İçin ve göre öbek dizilişi ……...……..... 36
3.12. Olumlu ve basit cümleler ……...……..... 36
3.13. “Değil” ekiyle olumsuzlaştırma ……..... 37
3.14. “Yok” ekiyle olumsuzlaştırma ……..... 37
3.15. “Hiç” ekiyle olumsuzlaştırma ……..... 37
3.16. Bitmişlik olumsuzluğu: “hiç” ……... 37
3.17. Olasılık olumsuzluğu: “olmaz” ……... 38
3.18. Yasaklama: “Hayır” ……...……..... 38
3.19. Evet - Hayır soru cümleleri ……...…….... 38
3.20. Ne-soru cümleleri ……...…….... 39
3.21. El ve mimik hareketleriyle soru cümlesi ……...…..... 39
3.22. TİD sözlük ve kelime sayıları …….…..... 40
3.23. Zemberek kütüphanesi morfolojik analiz sonucu …….…….... 43
3.24. Zemberek kütüphanesi morfolojik analiz sonucu ……...…….... 45
3.25. Çalışmada kullanılan kelimeler …….....…... 50
3.26. Çalışmada kullanılan cümleler …….....…... 50

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

Çizelge **Sayfa**

4.1. Kinect 360 ve kinect one kıyaslaması ……..……. 59
4.2. Kinect one cihazının vücut üzerinden algıladığı eklem noktaları ….....….. 60
4.3. Veri seti listesi ……...…….....….... 62
4.4. El tespitinden el takibine geçiş süreci …….....……...….... 80
4.5. İlk test eğitim bilgileri …….…...……. 92
4.6. İlk test tahminleme sonuçları ……..…..……..... 92
4.7. İkinci eğitim test sonuçları ……...……..…….…..... 93

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
BMEHS	Birleşmiş Milletler Engellilerin Haklarına İlişkin Sözleşme
TİD	Türk İşaret Dili
MEB	Milli Eğitim Bakanlığı
İBB	İstanbul Büyükşehir Belediyesi
ASL	Amerika İşaret Dili
LSF	Fransız İşaret Dili
BSL	İngiliz İşaret Dili
POS	Part-Of-Speech
NER	Named Entity Recognition
NLP	Naural Language Processing
WebGL	Web Graphics Library
HMM	Hidden Markov Model
CNN	Convolutıion Neural Network
LSTM	Long Term Short Memory
SVM	Support Vector Machine
RGB	Red Green Blue
3B	3 Boyutlu
VoIP	Voice Over Internet Protocol

1. GİRİŞ VE AMAÇ

İşaret dili, işitme engellilerin kendi aralarında iletişim kurarken, el hareketlerini ve yüz mimiklerini kullanarak oluşturdukları görsel bir dildir. İşitme engelliler kendi aralarında işaret dili yardımıyla rahatlıkla iletişim kurabilmelerine rağmen hastane gibi kamu kurumlarında, hizmet almaya giden işitme engelliler kendilerini ifade etmekte ve karşılarındakileri anlamakta büyük zorluklar çekmektedirler.

Dünya sağlık örgütünün raporlarına göre 2018 yılında Avrupa'da 34 milyon işitme engelli bulunmakta, bu sayının 2050 yılına kadar 46 milyon olması beklenmektedir. İşitme engelliler yakın zamana kadar toplum içerisinde sosyal hayattan izole tutulmuşlardır. Haunaland (2007) ve Murray (2008) çalışmalarında, bir asırdan fazla bir süredir işitme engellilerin bir araya gelerek spor ve eğlence alanlarında uluslararası faaliyetler içinde bulunmuş olmalarına rağmen, farklı topluluklardan gelen işitme engelliler kendi aralarında bile iletişim kurmakta zorluk çektiklerini belirtmektedirler. Ayrıca Gondon (2005) çalışmasında, dünyada 124'den fazla işaret dilinin bulunduğunu ve bunların birbirine benzer taraflarının olmasına rağmen yine karşılıklı iletişim kurmakta problemler yaşadıklarını belirtmektedir.

Dünya Engellilik Raporu, genellikle işitme engellilerin işaret dili tercümesine erişiminde sıkıntılar yaşadığını ortaya koymuştur. 93 ülkeyi kapsayan bir araştırmaya göre 31 ülkede tercüme hizmeti bulunmamakta, 30 ülkede ise tercüme hizmeti için yetkili tercüman sayısı 20 veya daha az sayıda olduğu görülmüştür. İşitme engelliler için erişilebilir formatta olan mevcut bilgi yetersizdir ve iletişim ihtiyaçlarının çoğunu karşılamamaktadır.

Marshall vd. (2003), Bungeroth ve Ney (2004), Almohimeed vd. (2011) Arapça ve İngilizce işaret dilleri için metinlerin işaret diline çevirme sistemlerini geliştirmişlerdir. Bu çalışmalarda kural tabanlı ve örnek tabanlı metotlar kullanılmıştır. İşaret dili dil bilgisi kurallarını göz önünde bulundurarak geliştirdikleri sistemlerde metinlerin animasyonlar veya video görüntüleri ile işaret diline çevrilmesi sağlanmıştır.

Tkashashi ve Kishino (1992), Wang vd. (2006), Shanableh ve Assaleh (2011) çalışmalarında, cihazlar kullanarak işaret dilini metne çevirme üzerine araştırmalarda bulunmuşlardır. Bu cihazların başında Microsoft firmasının üretmiş olduğu Microsoft Kinect cihazı gelmiştir. Son yıllardaki çalışmalarda ise Kinect cihazı özelliklerini taşıyan Intel firmasının geliştirmiş olduğu Intel RealSense ve el hareketlerini izleyen daha küçük Leap Motion cihazları da kullanılmıştır.

İnternet hızının artmasıyla beraber mobil cihazlar üzerinde görüntülü görüşmeler problemsiz sağlanmaktadır. İşitme engelliler birbirleriyle veya işaret dili bilenlerle görüntülü olarak iletişim kurabilmektedirler. Karşı taraftaki kişi işaret dili bilmiyor ise görüntülü arama yapılması iletişim kurmak için yeterli olamamaktadır.

Bu tez çalışmasında, işitme engellilerin gündelik hayatta yaşamış oldukları iletişim problemlerini giderebilmek için, metni işaret diline ve işaret dili hareketlerini metne çeviren uzaktan bir iletişim sistemi geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bu sayede işitme engelliler, aramak istedikleri sabit veya cep telefonu numarasını tuşlayarak aramayı başlattıktan sonra, kamera karşısında yaptıkları hareketler metne/sese dönüştürülüp hattın diğer ucundaki kişiye iletilecektir. Karşı tarafın söyledikleri ise telefon veya bilgisayar ekranında "ÇELEBİ" adını verdiğimiz 3 boyutlu sanal bir asistan yardımıyla işaret diline çevrilecektir. Bu şekilde işitme engellilerin uzaktan iletişim kurmaları sağlanacaktır.

Tez çalışması beş bölümden oluşmuştur. İkinci bölümde işaret dili dilbilgisi yapısı üzerinde çalışılarak dil kuralları belirlenmiştir. Ayrıca Millî Eğitim Bakanlığının 1986 kelime ve deyimden oluşan Türk İşaret Dili Sözlüğü, Milli Eğitim Bakanlığı Özel Eğitim ve Rehberlik Hizmetleri Genel Müdürlüğünün 1507 kelimelik Milli Eğitim Bakanlığı İşaret Dili Sözlüğü, Aile ve Sosyal Politikalar Bakanlığının 2000 kelimelik Güncel İşaret Dili sözlüğü, Diyanet İşleri Daire Başkanlığının 800 kelimelik dini sözlüğü ve İstanbul Büyükşehir Belediyesi Sağlık ve Sosyal Hizmetler Daire Başkanlığı Özürlüler Müdürlüğünün 800 kelimelik sözlüğü incelenmiştir.

Üçüncü bölümde ise metnin veya sesin işaret diline çeviri sistemi geliştirilmiş ve bu sistem kullanılarak metinler anlık olarak işaret diline çevrilmiştir. Morfolojik analiz olarak Akın vd. (2007) tarafından Apache 2.0 Lisanslı ile Java tabanlı Türkçe Doğal Dil İşleme

kütüphanesi, Zemberek-NLP kullanımı incelenmiştir. Türkçe cümlelerin Türk İşaret Dili(TİD) dil bilgisi kurallarına göre Türkçe'den TİD'e çeviri algoritması geliştirilmiştir. Tez çalışması kapsamında Çelebi ve işaret dili sözlüklerinde bulunan kelimelerin animasyon veri tabanı oluşturulmuştur. Ayrıca Anadolu Üniversitesi Entegre Yüksekokulu'nda 55 işitme engelli öğrenci ile test çalışması yapılmıştır.

Dördüncü bölümde işitme engellilerin yapmış olduğu hareketlerin algılanıp metne çevrilmesi üzerinde çalışılmıştır. Bu sistem geliştirilirken iki farklı yöntem üzerinde durulmuştur. İlk yöntemde 2013 yılında Microsoft tarafından üretilen Kinect One cihazı ile birlikte makine öğrenmesi teknikleri kullanılmıştır. Kinect One, USB 3.0 bağlantısı vasıtasıyla bilgisayara bağlanarak 3 boyutlu modelleme görevi için girdi olarak kullanılma kabiliyetine sahiptir. Cihazının üzerinde bulunana sensörler ile işaret yapan kişinin eklem yerlerinin (vücut üzerinden 24 eklem noktası) x, y, z koordinatları elde edilerek Saklı Markov Model (Hidden Markov Model- HMM) makine öğrenmesi tekniği kullanılmıştır.

Dördüncü bölümde ikinci yöntem olarak işitme engellilerin yapmış olduğu hareketlerin web kamerası aracılığı ile alınarak derin öğrenme yöntemleriyle analiz edilmesi üzerinde çalışılmıştır. Derin öğrenme tekniklerinden Konvolüsyonel Yapay Ağlar (CNN: Convolution Neural Networks), Transfer Öğrenme ve Uzun Kısa Süreli Bellek (LSTM: Long Short Term Memory) kullanılmıştır. CNN hayvanların görme merkezinden esinlenerek ortaya çıkmış görüntüleri girdi olarak içeren problemlerle çalışmak için özel olarak tasarlanmış bir çok katmanlı yapay sinir ağıdır. Facebook ve Google gibi büyük teknoloji şirketleri, yüz tanıma ve görsel arama gibi çeşitli amaçlar için çok sayıda konvolüsyonel katmanı olan derin konvolüsyonel sinir ağları kullanırlar. CNN algoritmaları başta görüntü işleme olmak üzere ses ve doğal dil işleme gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Transfer öğrenme ise, önceden eğitilmiş bir modelin yeni bir problem üzerinde yeniden kullanılmasıdır. CNN ağlarının az veriyle eğitilmesine yardımcı olduğu için Transfer Öğrenme, Derin Öğrenme alanında popüler bit tekniktir. Gerçek dünyadaki sorunların çoğu, bu gibi karmaşık modelleri eğitmek için milyonlarca etiketli veri noktasına sahip değildir. Transfer öğrenmede, önceden eğitilmiş bir makine öğrenimi modelinin bilgisi farklı fakat ilgili bir soruna uygulanır. LSTM üniteleri, Alman araştırmacılar Hochreiter ve Schmidhuber (1997) tarafından kaybolan gradyan sorununa bir çözüm olarak önerilmiştir. LSTM birimleri, tekrarlayan bir sinir ağının (RNN)

katmanları için bir yapı birimidir. LSTM birimlerinden oluşan bir RNN'ye genellikle LSTM ağı denir. Ortak bir LSTM birimi bir hücreden, bir giriş geçidinden, bir çıkış geçidinden ve bir unutma geçitten oluşur. Hücre, rastgele zaman aralıklarındaki değerleri "hatırlamaktan" sorumludur. Üç geçitten her biri, çok katmanlı bir sinir ağında olduğu gibi geleneksel bir yapay nöron olarak düşünülebilir. Yani, ağırlıklı bir toplamın bir aktivasyonu, bir aktivasyon fonksiyonu kullanılarak hesaplanır. Bununla birlikte LSTM'nin bağlantılarından geçen değer akışının düzenleyicileri olarak düşünebilen "kapı" adı verilen ve hücreler ile arasında çeşitli bağlantılar içeren birimler vardır. Web kamerasından gelen görüntülerin CNN ve LSTM modellerine verilmeden önce düzenlenmeleri gerekir. Bu kapsamda görüntülerin CNN – LSTM modellerinde kullanılabilecek şekilde filtrelenerek kullanılması sağlanmıştır.

Beşinci bölümde işitme engelliler ile uzaktan iletişimin sağlanması amacıyla VoIP sunucuları üzerinde çalışmalar yapılmıştır. VoIP sunucu kurulumu, sunucuya ses gönderilmesi ve sunucudan ses dosyaların alınması için softphone yazılımlar incelenmiştir. Üçüncü bölümde geliştirilen metinden işaret diline çeviri sistemi için, sesin metne dönüştürülmesi amacıyla Google'ın sunmuş olduğu speech-to-text uygulaması Python programlama dili aracılığıyla kullanılmıştır. Dördüncü bölümde geliştirilen işaret dilinden metne çeviri sisteminde metinlerin karşı tarafa ses olarak gönderilmesi için ise Google'ın sunmuş olduğu text-to-speech uygulaması kullanılmıştır. Tasarlanan arayüz ile işitme engellinin sabit veya cep telefonu numarasını arayarak, kamera karşısında yaptıkları hareketlerin metne ve sese, karşı taraftaki kişinin telefonda söylediklerinin ise VoIP sunucusuna iletilerek, oradan alınan sesin metne ve daha sonra işaret diline dönüştürülmesi sağlanmıştır. Böylelikle işitme engelliler için çift yönlü ilk uzaktan iletişim sistemi geliştirilmiştir.

2. İŞARET DİLİ

2.1. İletişim ve İşitme Engelliler

İletişim duygu, düşünce yâda bilgilerin bireyler, gruplar, toplumlar veya cihazlar arasında akla gelebilecek her türlü yolla (söz, yazı, görüntü, hareket vb.) karşılıklı olarak aktarılmasıdır. Kişilerin iletişim alanında en yaygın olan iletişim yöntemi, duyma ve konuşma temeli olan sözlü iletişimdir. Ancak işitme kaybı sebebiyle işitme engeli olan bireyler bu iletişim yöntemini kullanamazlar. 27 Mayıs 2009 tarihli Bakanlar Kurulu kararınca Birleşmiş Milletler Engellilerin Haklarına İlişkin Sözleşme (BMEHS)'nin resmi Türkçe çevirisi 14 Temmuz 2009 tarihinde resmi gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. BMEHS gereğince engelli bireyler, haklar ve sorumluluklar bakımından eşit vatandaşlar olarak kabul edilmektedir. Ülkemizde engelli bireylere tüm kamusal ortamlarda eşit olanaklar sunmak anayasal bir zorunluluk, aksi ise ayrımcılık suçu kabul edilmektedir.

Bununla birlikte tıbbi bakış açısı, engelli bireyi "kişisel bir problem" olarak nitelendirir ve yalnızca bazı mesleklerin uzmanlık alanları olarak görür. BMEHS'ye göre engeli olan bireyin eşit bir vatandaş olması gerektiği hususundan hareket ile engelli bireyler "toplumsal bir sorun" olarak nitelenmeye başlanmıştır. Engelli bireylere eşit imkânlar sağlamak, devletlerin ve bürokratların "iyilik yapma" veya "biraz daha koruyucu devlet olma" veya "toplumun bu işler için ayılmasını kabul edeceği kaynaklar" gibi düşünceleri ile kısıtlanmamalıdır. Engelli bireylerin de toplumun diğer bireylerin sahip olduğu bütün imkânlara aynı oranda ulaşabilmeleri için iletişim olanaklarının artırılması gerekmektedir. İşitme engelli bireylerin konuşma dillerini öğrenebilme becerileri işitme kaybının derecesine bağlı olarak değişmektedir. İşaret dili, doğal bir dil olup kendine özgü bir dil bilgisi, alfabesi ve hareketleri bulunan; el, yüz ve mimiklerden oluşan; işitme engelli bireylerin kendi aralarında ve işitme engeli olmayan bireylerle iletişime geçmek için kullandıkları en temel görsel iletişim yoludur. İşitme engelli bireylerin ana dilleri işaret dili olarak kabul edilir. İşaret dili sözsüz iletişim elemanlardan oluşan bir dildir. Tutar vd. (2014) çalışmasında sözlü olmayan iletişimde jestler ve hareketler gibi bazı sembollerle iletişim sağlanır. İşitme engelli bireylerin kendi aralarında işaret diliyle iletişim

sağlamalarına rağmen işitme engelli olmayan bireylerle iletişim kuramazlar. İşitme engelli bireylerle işitebilenlerin iletişim kurabilmeleri ancak işitme engelli olmayanların işaret dilini öğrenmeleri ile mümkündür.

İşaret dilinde işitme engelli bireylerin Türkçe dilinin gramerinde olan noktalama işaretleri gibi bazı durumları göz ardı ettiği tespit edilmiştir. Akçamete tarafından 1999 yılında yapılan bir çalışmada işitme kaybı olan çocuklarla ilgili olarak şu tespitlerde bulunmuştur;

- Sözcük dağarcıkları zayıftır.
- Çoğul eki gibi bazı ekleri, edat ve fiilleri kullanmazlar.
- Kısa ve basit cümleler kurarlar.
- Soru cümlelerini anlamada ve cevaplandırmada zorluk yaşarlar.

Her ülkenin işaret dili farklıdır. İşitme engelli bireylerin farklı işaret dilleriyle iletişim kurmaları farklı iki ülke vatandaşlarının farklı diller kullanarak konuşmalarına benzemektedir. Her ülkenin işaret dili kendine özgü kurallara sahiptir. İşaret dilleriyle ilgili şunlar söylenebilir:

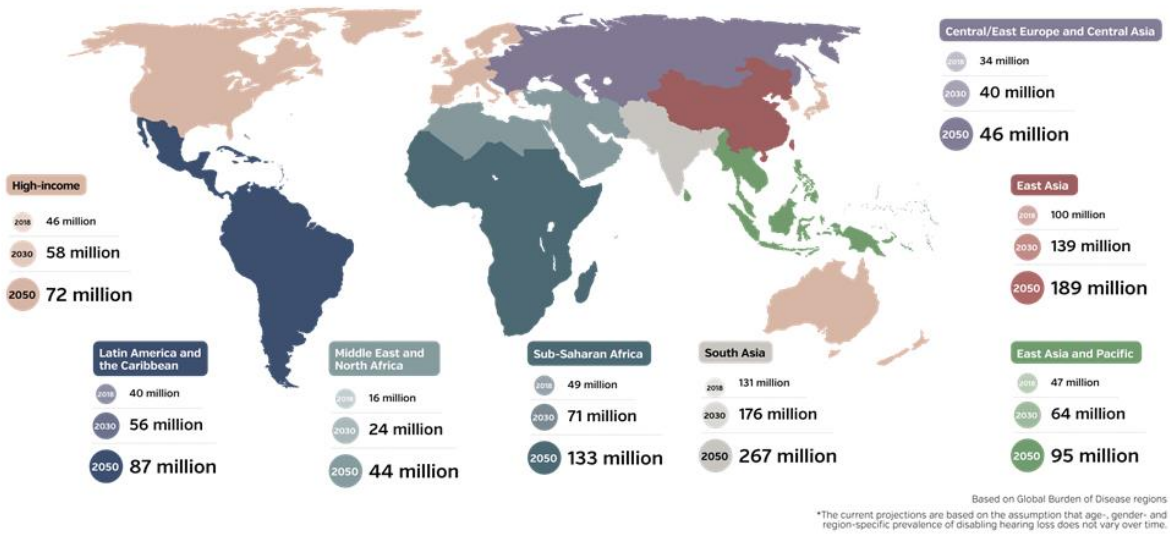
- Konuşma dillerindeki gibi kendine özgü dil bilgisi kuralları vardır.
- Konuşma dillerinden etkilenmişlerdir fakat onlardan türediği söylenemez.
- Konuşma dillerindeki gibi erken yaşlarda öğrenilmesi gerekir.
- Her ülkenin işaret dili ve gramer kuralları birbirinden farklılık göstermektedir.
- Aynı ülkedeki farklı bölgelerde bile bazı işaretlerde küçük değişimler gözlenmektedir.
- İşaret dili hareketlerinde tek veya çift el kullanılabilir.
- Dilin gramerinde olan noktalama işaretleri işaret dilinde kullanılmaz

2.2. İşitme Engellilerin Yaşadığı Problemler

Günümüzde işaret dili, işitme engelli bireyler tarafından çok sık kullanılan bir iletişim şekli halini almıştır. Gündelik hayatta işitme engelli bireyler banka, hastane, belediye vb. kurumlarda hizmet alırken işaret dili çevirmeni bulunmadan veya bu kurumlarda işaret dili personeli bulunmadan iletişim kuramazlar. Bu sebepten dolayı işitme engelli bireylerin diğer kişiler ile iletişim kurmasını sağlayan çeşitli yazılım ve uygulamalar geliştirilmiştir.

Günümüzde işitme engellilerin %50 ye yakınının okuma yazma bilmemektedir. Okuma yazma bilen işitme engellilerin işaret dilinde kelime ek kavramı olmadığı için okuduklarını anlamada zorluk çekmektedirler. Genel olarak bu sorunları yaşayan işitme engellilerin hayatını kolaylaştırmak için üç boyutlu avatarlar tasarlanmıştır.

Dünya sağlık örgütünün raporlarına göre 2018 yılında yaşayan işitme engelli sayısı ile 2050 yılına kadar olması öngörülen işitme engelli sayısı Şekil 2.1'de gösterilmiştir. Bu istatistiklere göre sadece günümüzde 34 milyon işitme engelli Avrupa'da bulunmaktadır, bu sayının 2050 yılına kadar 46 milyon olması beklenmektedir.



Şekil 2.1. Dünya sağlık örgütü raporu

2.3. Türk İşaret Dili (TİD)

Zeshan (2003) çalışmasına göre Türk İşaret Dili (TİD), tarihteki en eski işaret dillerinden birisidir. TİD'in varlığı ve tarihi ile ilgili az miktarda bilgiye ulaşılırken dil bilgisi ile ilgili bilgi daha da azdır.

Demir (2010) çalışmasında TİD'in Osmanlı saraylarında yaygın olarak kullandığını belirtmiştir. "Dilsiz" olarak bilinen işitme engelli bireylerin Fatih Sultan Mehmed Han döneminde sarayda özellikle güvenlik gibi konularda görev yapmaya başlamıştır. İşitme engelli bireyler 19. yüzyıla kadar sadece saraylarda istihdam edilmekteyken sonrasında gizli konuların görüşüldüğü toplantılarda da görev almaya başlamışlardır. İşitme engelli kişilerin sarayda padişahla, saray erkânıyla ve kendi aralarında özel işaretlerle anlaştıkları da bilinmektedir. Özellikle 17. yüzyılda işaret dilinin sarayda kullanımı yaygınlaşmıştır. Hatta işaret dili işitme engelli olmayan bireyler tarafından da kullanılmaya başlanmıştır (Demir, 2010). Osmanlı İmparatorluğu'nda kullanılan bu işaret dili, batılı devletlerde kullanılan işaret dillerinden bağımsız bir şekilde gelişen, özgün bir dil olduğu bilinmektedir. Osmanlı İmparatorluğu'ndaki ilk işaret dili okulu 2. Abdülhamid Han tarafından 1902'de açılmıştır. Bu okulda Osmanlı İşaret Dili, Türkçe ile birlikte kullanılmıştır. O yıllarda kullanılan Osmanlı İşaret Dili günümüz Türk İşaret Dili'nin alt yapısını oluştursa da, Osmanlı İşaret Dili'ndeki alfabe ile TİD'de kullanılan alfabe farklılıklar göstermektedir.

1953 yılında Milli Eğitim Bakanlığı'nın çıkarmış olduğu bir yasa ile işaret dilinin okullarda kullanması yasaklanmıştır. Bundan sonra işaret dilinin yerine sözel eğitim verilmiş, böylece sözel eğitimin işitme engelli bireyler arasında yaygınlaştırılması ve erken yaştaki işitme engelli bireylerin konuşabilecekleri düşünülmüştür. Bunun neticesinde işaret dili sözlüğü, dil bilgisi ve ders kitaplarının hazırlanması, ulusal işaret dilinin oluşması ve yaygınlaşması kesintiye uğramıştır ve böylece TİD'le ilgili çalışmaların yapılması da gecikmiştir. Bu yasağın sonucunda TİD, okullarda kullanılamaması ve öğretilmemesiyle standartlaştırılamamıştır, TİD bölge bazında farklılık gösteren bir dil haline gelmiştir. Ancak gelişmiş ülkelerde diğer ülkelere nazaran ortak ulusal bir işaret dili olabilmiş ve bu sayede dil bilgisi kuralları ile ilgili daha fazla kaynağa ulaşılabildiği görülmektedir. İşaret dili yasaklanma düşüncesinin yanlış olduğu uzun zaman sonra fark edilmiş ve 2005'te bu

yasak kaldırılmıştır. Halihazırda TİD'nin gelişmesi ve yaygınlaşması için çalışmalar yürütülmektedir. TİD üzerine yapılan dil bilimi araştırmaları eski tarihlere dayanmamaktadır. TİD sözlüğünün ilk basımı 1993 yılında Ankara'da olmuştur. Şimdiye kadar yapılan dil bilimi araştırmaları yeterli seviyede değildir. Var olan TİD sözlüklerinin verimli bir şekilde çalışmaması bu konuda daha fazla araştırma yapılması gerektiğini göstermektedir.

TİD ile ilgili temel niteliğinde olan akademik çalışma Alman araştırmacı Zeshan tarafından 2003 yılında yapılmıştır. TİD'in konu edindiği makalelerde genellikle TİD işaretlerinin görüntü işleme teknikleriyle tanınması konusu ele alınmış ve TİD'in dil bilgisi özellikleri kısmen incelenmiştir.

İşaret dili etkin bir iletişim aracıdır. Birkaç ifadenin aynı zamanda verilmesi olan eş zamanlılık, işaret dilinde konuşma diline nazaran daha fazla kullanılmaktadır (Özkul, 2016). Konuşma dilinde yapısal sebeplerden dolayı eş zamanlılık kullanımı fazla değildir. Bunlara ek olarak, işaret dilindeki el hareketlerine yüz mimiklerinin eklenmesi ile mana önemli miktarda değişebilmektedir.

2.4. İşaret Dili Sözlükleri

Türk İşaret Dili için birden fazla sözlük çalışması mevcuttur. Türk İşaret Dili sözlükleri kelime sayıları ve Kurumları ile birlikte aşağıdaki gibi listelenmiştir.

2.4.1. Türk işaret dili sözlüğü:

Millî Eğitim Bakanlığı tarafından 1986 yılında kelime ve deyimden oluşan Türk İşaret Dili Sözlüğü yayınlamıştır. Türk İşaret Dili Türk Dil Kurumu Sözlüğü 1986 Kelimeden oluşmaktadır. Şekil 2.2'de yer aldığı gibi Kelime erkek ve bayanların görsel hareketleri, sağ ve sol el hareketlerin bulunduğu yeri, hareketin görseli ve açıklaması yer almaktadır. (MEB, 2012)



A

Her iki el göğüs hizasında, sağ elin işaret parmağı ve orta parmağı açık öbür parmaklar kapalıdır. Sol elin işaret parmağı, sağ elin iki parmağının ortasından geçecek şekilde tutulur. Şekil olarak A harfi hayal edilir.

ABDEST

Sol elin avuç içi kendinize bakacak şekilde, parmaklar açık düz kıvrık biçimdedir. Sağ el, sol elin kıvrılan parmaklarının üstüne konur ve dirseğe doğru indirilir. Abdest alırken kolların yıkandığı hayal edilebilir.

ABİ

Sağ elin başparmağı açık, öbür parmakları kapalıdır. Açık başparmak, çeneye konur, aşağıya ve öne doğru hareket ettirilir.

ABİYE

Sağ elin işaret parmağı ve orta parmağı açık, öbür parmaklar kapalıdır. Açık parmaklar çeneye dokunur. Ardından her iki el açık kıvrık, avuç içleri kendinize bakacak şekilde omuz hizasından aşağıya belin iki yanına doğru sürüklenir. Güzel bir kıyafetin gösterildiği hayal edilebilir.

ABLA

Sağ elin işaret parmağı ve orta parmağı açık kıvrık, öbür parmaklar kapalıdır. Avuç içi kendinize bakacak biçimde açık parmaklar çenenin sağ kenarından kaldırılarak, sağ yanağa konur.

ABONE

Her iki el göğüs hizasında, sol el açık düz ve avuç içi yukarıya bakacak şekildedir. Sağ el yumruk, işaret parmağı öne doğru çıkarılmış biçiminde (T el) sağ el resimdeki gibi avuç içine konur. Mühür basıldığı hayal edilebilir.

1

Şekil 2.2. Türk Dil Kurumu İşaret Dili Sözlüğü Görseli

2.4.2. Milli eğitim bakanlığı işaret dili sözlüğü

Sözlük Milli Eğitim Bakanlığı Özel Eğitim ve Rehberlik Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından 2015 yılında yayınlanmıştır. Milli Eğitim Bakanlığı İşaret Dili sözlüğü işitme engelli bireylerin günlük konuşmalarında en sık kullandıkları 2607 kelimeden oluşmaktadır. Şekil 2.3'de görüldüğü gibi her bir kelimenin karşılığından gelen işaretin görseli, elin ayrıntılı resmi, işaretin sözel anlatımı, görseller, çizimler yoluyla her bir işaretin şekli, konumu (hareket alanı) ve simetrisine bulunmaktadır. (MEB, 2015)

A

A

Alfabenin birinci harfi





Her iki el göğüs hizasında, sağ elin işaret parmağı ve orta parmağı açık öbür parmaklar kapalıdır. Sol elin işaret parmağı, sağ elin iki parmağının ortasından geçecek şekilde tutulur.

ABARTMAK

-i 1.Bir nesneyi veya durumu olduğundan daha önemli, daha büyük veya daha çok göstermek, mübalağa etmek 2. Bir iş, bir davranış vb.nde gereğinden fazlasına kaçmak, aşırıya kaçmak







Sağ elin işaret parmağı şakağa dokunur. Her iki elin parmak uçları birleştirilir. Sağ el, sol el parmak uçlarına dokunur.

ABDEST

isim, din b. Müslümanların, belli ibadetleri yapabilmek için bir düzen içerisinde bazı organları yıkayıp bazılarını mesh etme yoluyla yaptıkları arınma

1. İŞARET



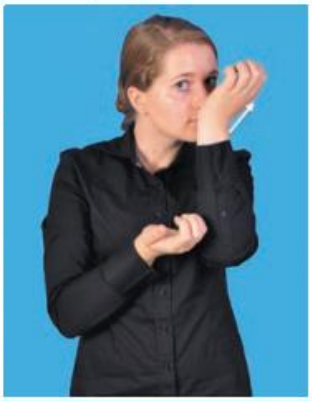




Sol elin avuç içi kendinize bakacak şekilde, parmaklar açık düz kıvrık biçimdedir. Sağ el, sol elin kıvrılan parmaklarının üstüne konur ve dirseğe doğru indirilir.

2. İŞARET





Her iki el göğüs hizasında, parmakları kıvrık eller buruna doğru götürülür.

Şekil 2.3. Milli Eğitim Bakanlığı İşaret Dili Sözlüğü Görseli

2.4.3. Diyanet işleri daire başkanlığı Türk işaret dili kavramlar sözlüğü

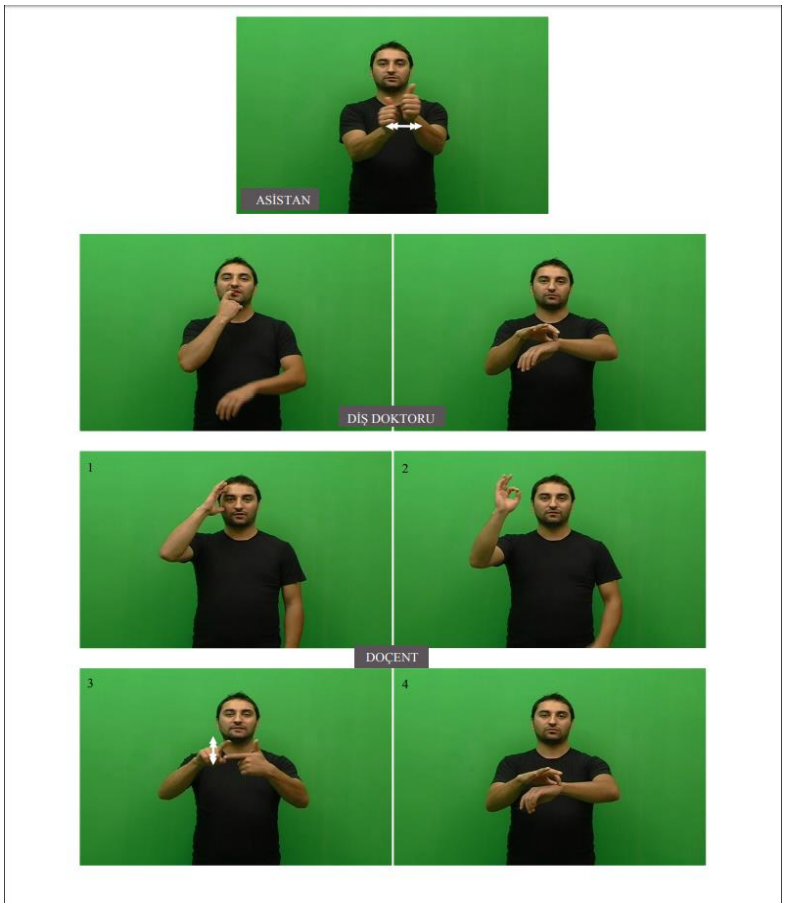
Sözlük, Diyanet işleri daire başkanlığı 800 kelimelik dini sözlük yayına alınmıştır. Şekil 2.4'de görüldüğü üzere diğer sözlüklerdeki yapı kullanılmıştır. (Diyanet, 2014)



Şekil 2.4. Türk İşaret Dili Dini Kavramlar Sözlüğü

2.4.4. İstanbul Büyükşehir Belediyesi işaret dili sözlüğü

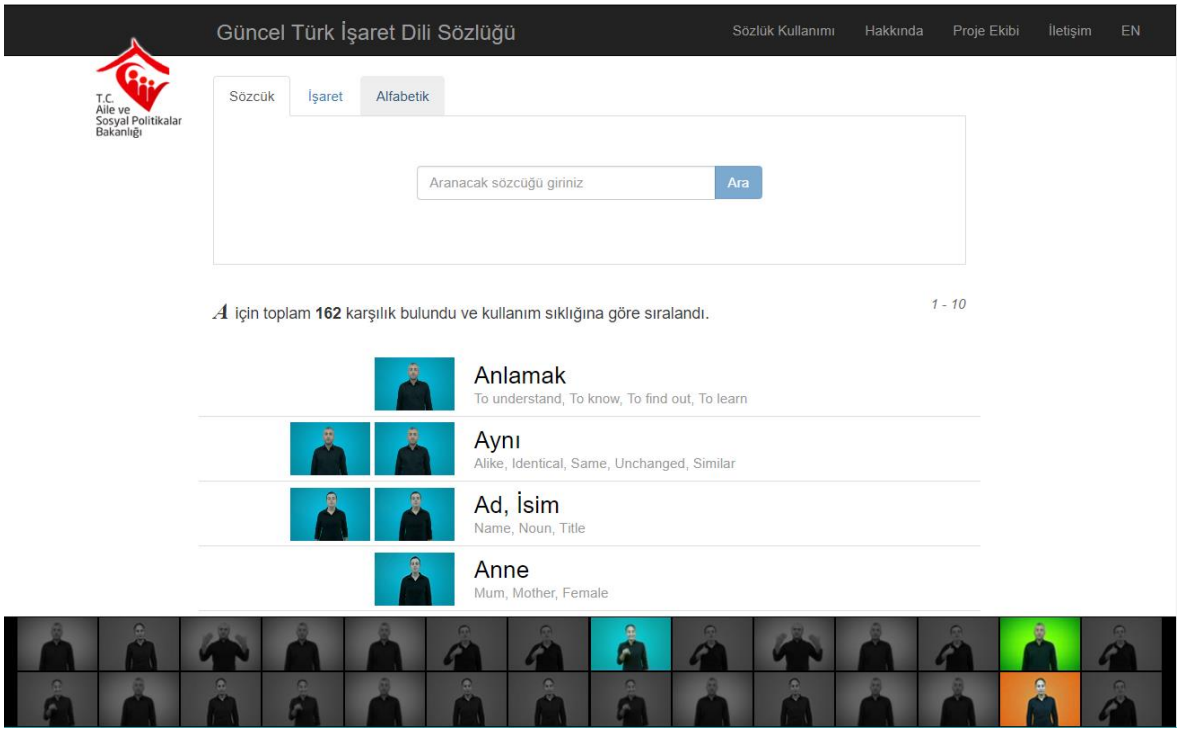
İstanbul Büyükşehir Belediyesi Sağlık ve Sosyal Hizmetler Daire Başkanlığı Özürlüler Müdürlüğü tarafından eşyalar, gıdalar, kültür sanat, milli güvenlik, sağlık, seyahat-gezi, spor, zaman, hayvanlar, ilçeler, iller, renkler ve ülkeler olmak üzere 13 bölüm ve 844 işaretten oluşmaktadır. (İBB, 2012). Şekil 2.5'te görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 2.5. İstanbul Büyükşehir Belediyesi işaret dili sözlüğü

2.4.5. Güncel Türk İşaret Dili Sözlüğü

Güncel Türk İşaret Dili Sözlüğü, Aile ve Sosyal Politikalar Bakanlığı tarafından 116 anadili konuşucusu tarafından en fazla sıklığa sahip olan 2000 kelime oluşturulmuştur. Sözlük, diğer sözlüklerden farklı olarak işaret, anlam ve örnek olmak üzere 3 farklı türdeki toplam 11.428 videodan hazırlanmıştır. (Makaroğlu, B., ve Dikyuva, H., 2017). Şekil 2.6'te ekran görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 2.6. Güncel Türk işaret dili sözlüğü

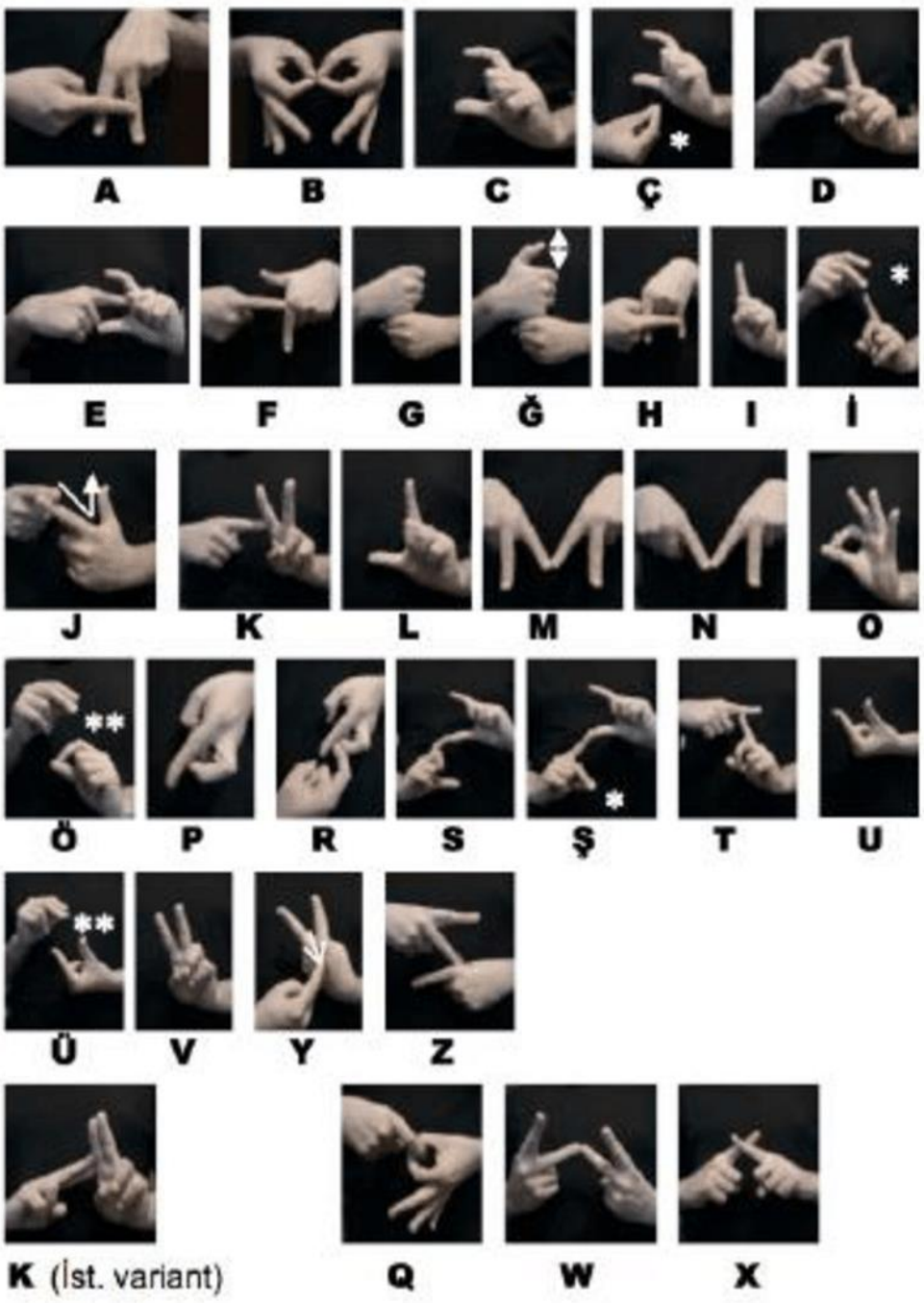
2.5. Türk İşaret Dili Dil Yapısı

Kubuş vd.(2016) yaptığı çalışmada konuşma dillerindeki gibi dile özgü kurallar işaret dillerinin de mevcut olduğunu bildirmiştir. Çeviriler TİD dil bilgisi kuralları göre yapılır. Metindeki kelimelere ait hareketleri peş peşe yapmayı işaret dili olarak düşünmek doğru değildir. İşaret dili dilbilgisi kuralları çerçevesinde metindeki kelimelerin hareketleri yapılmalıdır.

Dikyuva vd. (2015), ülkelerin konuşma dillerindeki farklılıklara benzer durumlar işaret dillerinde de mevcut olsa da bu durum iletişimi önemli düzeyde kötü etkilemediğini belirtmektedir. Ayrıca bazı kelimeler sadece hareket yapılmasıyla anlaşılmaz, jest ve mimiklerle aynı anda desteklenmelidir. Tek elli hareketler aynı el ile çift elli hareketler ise aynı temel el ile yapılmalıdır. Aksi takdirde ilgili kişinin ellerin ve mimiklerin takibi konusunda zorluklar yaşaması kaçınılmazdır.

Türkçe ile TİD arasında büyük oranda benzerlikler olsa da çoğul ekler, olumsuz ekler ve zaman konusunda farklılıklar bulunmaktadır. TİD dil bilgisine ait özellikler şu şekilde özetlenebilir;

- İşaret Dilinde harf gösteriminde çift el kullanılır. TİD harf alfabesi Şekil 2.7'de yer almaktadır.



Şekil 2.7. TİD'de harfler (Kubuş ve Hohenberger 2011)

- İşaretler sabit ya da hareketlidir.

Şekil 2.8'de görülen TİD alfabesinde Ç, Ğ, İ, J, Ö, Ş ve Ü harfin işareti hareketli, diğerleri sabittir. Alfabede olduğu gibi birçok kelime işaretlerinde de hareketlilik mevcuttur.

- Bayrak'a (2009) göre İşaretler kelimelere göre farklılık gösterir
- Kelimenin hareketi ile Türkçe karşılığı arasında şekilsel bir bağlantı olmasına gerek yoktur.
- Uysal (2010) yaptığı tez çalışmasında hareketlerin bazıları tek hamlede bazıları birden fazla işaretle yapıldığını belirtmektedir.
- Türk'e (2015) göre, İşaretin anlamı cümleye göre farklılık gösterebilir.
- Alfabesindeki bazı harfler şekilsel ve sabit, bazıları ise hareketli yapılır.
- MEB (2015) Türk işaret Dili Sözlüğüne göre TİD parmak alfabesinde Şekil 2.8'de görüldüğü gibi C, I, L, O, P, U, V harflerin hareketi tek el ile yapılmaktadır.
- Göksel ve Taşçı (2016) ve Bayrak (2009) çalışmaların da hareketi olmayan özel isim, yabancı kelime, akademik terim, kısaltma, ek, eş anlamlı kelime veya hareketi olmayan herhangi bir kelime olduğu durumda kelime harflere parçalandığını ve alfabetik gösterimle işaretler yapıldığını belirtmektedir.

Örneğin AHMET kelimesi TİD'e çevrilirken A-H-M-E-T harfleri sırası ile yapılmaktadır.

- Jest ve mimikler neredeyse tüm kelimelerde kullanılmakla birlikte anlam üzerinde önemli etkiye sahiptir.
- Doğaçlama bir şekilde hareket türetmelere rastlamak mümkündür.
- Göksel ve Taşcı (2016) tek, eli işaretin çift elle uygulanması veya diğer işaret dillerindeki kelimelerle işaret türetilebileceğini belirtmektedir.
- Oral (2016) eş anlamlı kelimeler bölgesel farklılıktan dolayı farklı işaretlere sahip olabileceğini belirtmiştir. Bazı kelimeler kısa olmasına rağmen işareti birkaç kelimenin birleşimiyle olabilmektedir.
- Zeshan (2003) çalışmasında işaret dilinde hal ekleri olmadığını belirtmektedir.
- Dikyuva vd. (2015) çalışmasında kelimeye çoğulluk, "ÇOK" kelimesinin işaretinin ana kelimeye eklenmesiyle sağlandığı belirtmektedir.

Örneğin Türkçe’de “Bugün kitaplarımı aldım” cümlesi, işaret dilinde “Bugün kitap çok almak ben” biçiminde kullanılır.

- Kelimeye olumsuzluk, “DEĞİL” kelimesinin işaretinin ana kelimeye eklenmesiyle sağlanmaktadır.

Örneğin, Türkçe’de “Bugün okula gitmedim” cümlesi, işaret dilinde “Bugün okul gitmek değil ben” biçiminde kullanılır.

- Gereklilik ve şart durumu “LAZIM” veya “MECBUR” kelimesinin işaretinin ana kelimeye eklenmesiyle sağlanmaktadır.
- Bildirim ve soru cümleleri jest ve mimiklerle işaret edildiğini belirtilmektedir.

2.6. Uluslararası İşaret Dilleri ve ASL

İşitme engelliler her zaman ve her yerde var olmuşlardır, ancak yakın zamana kadar işitme engelliler hem kendi aralarında hem de etrafındakilerden izole edilmişlerdir. Haunaland (2007) ve Murray (2008) ise çalışmalarında her ne kadar işitme engelliler spor ve eğlence alanında uluslararası faaliyetler için bir asırdan fazla bir süredir bir araya gelmiş olsalarda, sadece son elli yıl boyunca, farklı topluluklardan işitme engelliler arasındaki temas ülkeler arasında olduğu kadar içlerinde de önemli ölçüde büyüdüğünü belirtmektedir.

Gondon (2005) dünyada 124 farklı işaret dilini olduğunu ve işaret dilleri birbirine benzer yanları bulunduğunu ama karşılıklı anlaşılır olmadığını belirtmektedir. Bu işaret dilleri arasında en yaygın olanı Amerika İşaret Dili (ASL)’dir. ASL'nin kesin başlangıcı net değildir, ancak bazıları yerel işaret dilleri ile Fransız İşaret Dili'nin (LSF veya Langue des Signes Française) karıştırılmasından 200 yıl önce ortaya çıktığını ileri sürer. Bugünün ASL'si bazı LSF unsurlarını içerir. Modern ASL ve modern LSF ayrı dillerdir ve hala benzer işaretler içerirken, birbirlerinin kullanıcıları tarafından anlaşılamamaktadır. İngiliz İşaret Dili (BSL) ASL'den farklı bir dildir ve ASL'yi bilen Amerikalılar BSL'yi anlayamayabilir.

ASL'de harflerin hepsi tek elle yapılır ve her harfin farklı sembolleri vardır. ASL alfabesindeki harfler Şekil 2.8'de verilmiştir.



Şekil 2.8. ASL' de harfler

Yerler, organizasyonlar ve markalar ASL harfleri kullanarak işaret diline çevirilir. Bazı yemek çeşitlerinin işaretleri varken bazılarının karşılığı olmadığı için harf harf çevrilir. Bununla birlikte tüm isimler harf harf çevrilmez, bazı önemli kişilerin isimlerinin ASL'de karşılığı vardır.

Morford J, ve Carlson M. (2011), DuBow, S., ve National Association of the Deaf. (2000) ve Fant, L. J. ve Miller, B. G. (1994) çalışmalarında ASL ve dil yapısı hakkında aşağıdaki özellikleri belirtmiştir:

- ASL'de yaklaşık 6000 kelime vardır.
- ASL, evrensel bir işaret dili değildir.
- ASL'nin, 15.000.000 insan tarafından kullanıldığı tahmin ediliyor.

- Diğer dillerdeki gibi, ASL'de fikirleri ifade etmenin belirli yolları ASL kullanıcılarının yaptığı kadar değişiklik gösterir. İfadedeki bireysel farklılıklara ek olarak, ASL bölgesel aksan ve lehçelere sahiptir. Ülkenin farklı bölgelerinde belirli İngilizce sözcükler farklı konuşulduğu gibi, ASL imzalama, form ve telaffuz ritminde bölgesel değişimlere sahiptir. Etnik köken ve yaş ASL kullanımını etkileyen ve çeşitliliğine katkıda bulunan birkaç faktördür.

İngilizce kelimelerden işaret diline kelime türetilirken genellikle kelimelerin eksiksiz halleri kullanılır. Örneğin;

"Teacher" = "Teach" + "Agent" şeklinde yapılır ancak hareket yapılırken dudak "Teach Agent" şeklinde değil "Teacher" şeklinde hareket ettirilir.

Hangi kelimenin hangi ekle birleştirileceğinin belli bir kuralı yoktur. İngilizce dilbilgisinde cümle yapısı "Özne+yüklem+nesne" ASL'de "Nesne+Özne+Yüklem" biçiminde kullanılır. Örneğin:

İngilizce: I have a brown dog.
ASL: DOG BROWN I HAVE

ASL'de elin veya parmakların yönü kelime yapısını genel olarak etkiler. Örneğin; "me-meet-you" cümlesi "görüşmek üzere" anlamına gelirken işaret parmağını kendinize dönük olarak yaparsanız "bana geldin/bana yaklaştın" anlamına gelir.

İngilizce gramer kurallarındaki ekler ASL'de kullanılmaz, kelimeler köklerinden oluşur. Sadece zaman belirten kelimeler cümlenin başına eklenir. Örneğin:

WEEK-PAST MY CAR I WASH

İngilizce soru cümlelerinde yapı "Yardımcı fiil + özne + yüklem + nesne" biçiminde iken ASL'de "Nesne + Özne(Genelde Kullanılmıyor.) + Yüklem" biçimindedir. Örneğin "Do you love strawberries? " cümlesi ASL'de "Strawberry you love? / Strawberry love?" biçiminde kullanılır.

Soru cümlelerinde genellikle kişi zamiri kullanılmaz. “Wh question” işareti ile cümle bitirilir.
(Ayrıntılar için bknz: https://www.handspeak.com/word/search/index.php?id=2392) İngilizce konuşanlar seslerini yükselterek soru sorarken, ASL kullanıcıları kaşlarını yükselterek, gözlerini genişleterek ve bedenlerini öne doğru eğerek soru sorarlar. İngilizce negatif cümlelerde yapı “Özne + yardımcı fiil + not + yüklem+ nesne” biçiminde iken ASL’de “Nesne+Özne+Yüklem+not/none” biçimindedir. Örneğin “I don't have any dogs.” cümlesi ASL’de “DOG I HAVE NONE” biçiminde kullanılır.

“None”, ifadesi genellikle sahip olma, bulundurma, varlık anlamındaki kelimeleri olumsuzlaştırmak için kullanılır.

2.7. Bulgular ve Tartışma

Türk işaret dili Osmanlı zamanından beri önemli olmuştur. Osmanlıdan günümüze işaret dili kullanımları mevcuttur. İşaret dili ülkelere göre farklı olduğu gibi Zeshan (2003) çalışmasında Türkiye’de bölgesel farklılıkların da olduğunu belirtmiştir. Türkçe’de 20.000’e yakın kelime olmasına rağmen işaret dili sözlüklerinde ortalama 2.000 kelimeden meydana geldiği gözlemlenmiştir. İşitme engelliler işaret dili sözlüğünde olmayan kelimeleri harflere bölerek veya bölgesel olarak resmi sözlüklerde bulunmayan hareketlerle ifade etmektedirler.

Günümüzde Aile ve Sosyal Politikaları Bakanlığı ve Milli Eğitim Bakanlığı resmi sözlükler ile çalışmalar yaptığı gözlemlenmiştir. En güncel işaret dili sözlüğü TİD Güncel olarak Aile ve Sosyal Politikaları Bakanlığı tarafından yayınlanmıştır. TİD Güncel ve MEB sözlüklerini kıyasladığımızda her iki sözlükte yer alan aynı kelimelerde hareket farklılıkları olduğu gözlemlenmiştir. 570 kelimenin TİD Güncel ve MEB sözlüğünde kelimelerin farklı hareketler olduğu görülmektedir. Farklı hareketli kelimelerin listesine http://fef.ogu.edu.tr/ocelik/tez/sozluk_fark.xlsx adresinden erişilebilir. Türkiye’de gerek işitme engelliler gerekse ilgili kurumlarda ortak çalışma eksikliği ve sözlük konusunda da eksikler olduğu gözlemlenmiştir.

Ülkeler göre işaret dilleri farklılaştığı için ortak dil olan uluslararası işaret dilin bilinmesi gerekmektedir. Çalışma neticesinde farklı işaret dillerinin bir biri arasında çevirme sistemlerinin de ihtiyaç olduğu saptanmıştır. Farklı ülkeler de bulunan işitme engellilerin uluslararası işaret dilini bilmedikleri zaman iletişim kuramazlar. Bu sorunu gidermek için de işaret dilleri arası çeviri sistemlerin yapılması ihtiyacı olduğu gözlemlenmiştir.

3. METİNDEN İŞARET DİLİNE ÇEVİRİ SİSTEMİ

3.1. Metinden işaret diline çeviri sistemi giriş

Eken vd. (2011) çalışmalarında Saklı Markov Modeli kullanarak sesi / metni işaret diline çeviren bir sistem geliştirmişlerdir. İşaret dilini görselleştirmek için 3 boyutlu animasyon kullanmışlar ve bu kapsamda 40 kelime için test etmişlerdir. Ancak işaret dili sözlüklerinde yaklaşık 4.000 kelime bulunmaktadır

Marshall vd. (2003), Bungeroth ve Ney (2004), Almohimeed vd. (2011) Arapça ve İngilizce gibi işaret dilleri için metinlerin işaret diline çevirme sistemleri geliştirmişlerdir. Bu çalışmalarında kural tabanlı ve örnek tabanlı yöntemler kullanılmıştır. İşaret dili dil bilgisi kurallarını göz önünde bulundurarak geliştirdikleri sistemlerde metinlerin animasyonlar veya video görüntüleri kullanarak işaret diline çevrilmesi sağlanmıştır.

Boğaziçi Üniversitesi Algısal Zekâ Laboratuvarında (2012) İşaret Dili Eğitmeni projesi kapsamında TİD işaret dili sözlüğü geliştirmiştir. TİD işaret dili sözlüğü veri tabanında kayıtlı olan kelime veya cümlelerin seçilmesiyle daha önce kayıt altına alınan videoları ekranda göstermektedir. Anlık olarak işaret dili çevirisinden ziyade daha çok önceden çekilmiş videolar ile eğitim amaçlı kullanılmaktadır.

3.2. Doğal Dil İşleme

Dil İşleme günümüzde dilbilim, dil eğitimi, bilgisayar mühendisliği gibi pek çok farklı alanı birleştiren bir araştırma alanıdır. Grishman (1986) çalışmasına göre Doğal Dil İşleme çalışmaları 1950 yıllarında bilgisayarla çeviri yöntemi kullanma ile başlamıştır. 1970 ve 1989 yılları arasında Doğal Dil İşleme çalışmaları hız kazanmıştır. Chowdhury (2003) çalışmasında konuşmaların metinlerin bilgisayar tarafından algılanması ve bilgisayar bunların nasıl işleneceği öğretilmesinin de Doğal Dil İşleme olduğu kabul edildiğini belirtmiştir.

Doğal Dil İşleme, doğal dillerin kurallı yapısının çözümlenerek anlaşılması veya yeniden üretilmesi amacını taşır. Doğal Dil İşleme;

- Yazılı dokümanların otomatik çevrilmesi
- Soru-cevap makineleri
- Otomatik konuşma ve komut anlama
- Konuşma sentezi ve konuşma üretme
- Otomatik metin özetleme
- Bilgi sağlama

alanlarında çeşitli kullanıma sahiptir. Google Translate, chatbotlar, Siri (Iphone, Apple), arama motorları Doğal Dil İşleme yöntemlerini etkin olarak kullanılmaktadır.

Doğal Dil İşleme'de kullanılan dört temel yöntem (fonksiyon) vardır.

3.2.1. Sözcük Türü (Part-Of-Speech-POS) etiketleme

POS, Türkçe'ye "Konuşmanın Bölümü" olarak çevrilebilir. POS Etiketleme her bir kelimeyi söz dizimsel rolünü gösteren benzersiz bir etiketlemeyi amaçlar. Örneğin; Çoğul, İsim, Zarf vd. (Collobert, 2008)

3.2.2. Morfolojik analiz

Morfoloji, kelimelerin iç yapısının incelenmesidir ve bugün dilbilimsel çalışmanın temel bir parçasını oluşturur. Morfolojik Analiz iki kısımda incelenir:

a) Verilen kelimenin kökünü ayırma, Kök Analizi

Türkçe bir kelimenin kökünü bulurken bir kök veri tabanına ihtiyaç vardır. Kelime bu veri tabanı ile karşılaştırarak etiketleme yapabilir ve kök bulunabilir.

b) Kelimeyi eklere ayırma, Ek Analizi

Türkçe kelimelerde her bir kökten sonra gelebilecek ek kümeleri bellidir. Ayrıca her bir ek'in ardından gelebilecek ek kümeleri de bellidir. Bu sayede zincir kuralları ile ek analizi yapılabilir.

3.2.3. Normalizasyon

Normalizasyon Doğal Dil İşlemenin filtresi olarak görülebilir. Metinlerde bulunan yazım ve imla gibi birçok hata, Normalizasyon Fonksiyonu sayesinde giderilebilir. Ayrıca verilerin diğer fonksiyonlar ile işleme sokmadan önce normalize olmuş olması başarılı eğitimler ve doğru sonuçlar getirir.

3.2.4. İsimlendirilmiş varlık tanıma (NER)

Named Entity Recognition (NER), Türkçe'ye "İsimlendirilmiş Varlık Tanıma" olarak çevrilmiştir. Temel olarak doğal dil metinlerindeki beş temel varlığın belirlenmesi ve etiketlenmesi üzerinde çalışır. Çizelge 3.1'de temel varlıklar yer almaktadır.

Çizelge 3.1. Temel Varlıklar

TÜRKÇE	**İNGİLİZCE**
Kişi	Person
Yer	Location
Şirket	Company
Tarih	Date
Nesne	Object

3.3. Türkçe Doğal Dil İşleme Kütüphaneleri

Bu bölümde Türkçe diline özgü açık kaynak kodlu Doğal Dil İşleme kütüphanelerinden bahsedilecektir.

3.3.1. Zemberek NLP kütüphanesi

Zemberek NLP, Akın vd. (2007) tarafından Apache 2.0 Lisanslı ile Java tabanlı Türkçe Doğal Dil İşleme kütüphanesi olarak geliştirilmiştir. Zemberek NLP kütüphanesiyle imla denetimi, morfolojik analiz, morfolojik belirsizlik çözme, kelime üretme, cümle sınırları tespiti ve dil algılama yapılabilmektedir. Son versiyonu 0.16.0, 29 Ekim 2018 tarihinde yayınlanmıştır. Zemberek NLP kütüphanesinin 11 farklı modülü bulunmaktadır.

Core modülü, özel veri yapıları ve yardımcı sınıfları içermektedir. Morphology Modülü ile morfolojik analiz, morfolojik belirsizlik çözme ve Kelime Üretme işlevlerini üstlenir. Nesne oluşturma modülü temel Türkçe morfolojik analizi ve üretimini sağlar. Kelime ve cümle düzeyinde analiz yapabilen bu modül, kelime seviye analizi ve üretimi için, `TurkishMorphology` sınıfını kullanır. Bir kelimeyi analiz etmek için `analyze` metodu kullanılır ve `WordAnalysis` nesnesi döndürür. Zemberek, Türkçe `Tokenizer` adlı bir kural tabanlı belirteç sınıfı sunmaktadır. Bu belirteç, özel bir `Antlr gramer tabanlı` *Lexer* kullanır. Zemberek, metindeki cümleleri ayırmak (Split) için bir mekanizma sağlamaktadır. Bu genellikle bir Doğal Dil İşleme uygulaması için ilk adımdır. `TurkishSentenceExtractor` sınıfı bu amaç için kullanılır. Bu sınıf, cümle sınırlarını bulmak için basit kuralların bir kombinasyonunu ve "İkili Ortalamalı Perceptron" (Binary Averaged Perceptron) modelini kullanır.

Bundan sonra, bir paragraftan, paragraf listesinden veya bir belgeyi temsil eden bir *String* değişkeninden cümleler çıkarmak için üç yöntem kullanılabilir. Bir paragraftan cümleleri çıkartmak için:

```
String input = "Merhaba! Bugün 2. köprü Fsm.'de trafik vardı.değil mi?";
List<String> sentences = extractor.fromParagraph(input);

sentences -> "Merhaba!", "Bugün 2. köprü Fsm.'de trafik vardı.", "değil mi?"
```

Girdi satır sonları içeriyorsa, `fromDocument` yöntemi kullanılmalıdır. Bu yöntem önce girişi satır sonlarından paragraflara böler ve sonra dâhili olarak

`fromParagraphs` öğesini çağırır. `fromParagraph` yöntemi cümleleri satır sonlarından ayırmaz.

```
String input = "Merhaba\nNasılsınız?";
List<String> sentences = extractor.fromDocument(input);
sentences -> "Merhaba", "Nasılsınız?
```

Normalization modülü Türkçe yazım denetleyici ve yazım önerisi metotlarını içermek. Yazım denetleyici, bir kelimenin doğru yazılıp yazılmadığını kontrol etmek için bir yöntem sunar ve bir kelime için önerilerde bulunur. `TurkishSpellChecker` sınıfı bunun için kullanılır.

```
TurkishMorphology morphology = TurkishMorphology.createWithDefaults();
TurkishSpellChecker spellChecker = new TurkishSpellChecker(morphology);
```

Bir kelimenin doğru yazıldığını tespit etmek için `check(kelime)` metodu kullanılır.

```
String[] words = {"okuyabileceğimden","okuyablirim", "Ankara", "Ankar'ada",
"3'de", "3'te"};

for (String word : words) {
    System.out.println(word + " = " + spellChecker.check(word));
}
```

Çıktısı şu şekilde olacaktır:

```
okuyabileceğimden = true
okuyablirim = false
Ankara = true
Ankar'ada = false
3'de = false
3'te = true
```

Zemberek basit bir öneri mekanizması sunmaktadır. Yanlış kelimelerle ilgili önerileri almak için `suggestForWord` metodu kullanılır.

```
okuyablirim = [okuyabilirim]
tartısıyor = [tartışıyor, tartılıyor, tartınıyor]
```

Zemberek-NLP, Türkçe için basit bir İsimlendirilmiş Varlık Tanıma modülü sunmaktadır. Şu anda modülün içinde herhangi bir model bulunmaması sebebiyle kullanıcıların kendi modellerini oluşturması gerekir. Bir NER modeli oluşturmak için önce bir eğitim setine ihtiyacı bulunmaktadır. Bu eğitim seti öncelikle `tokenize` edilmeli daha sonra da varlık sınırları ve türleri belirlenmelidir.

```
<START:ORG> Enerji Verimliliği Merkezi <END> kurucu başkanı <START:PER> Bülent
Yeşilata , <START:LOC> Ankara'da <END> bir toplantıya katıldı.
```

Burada `PER` (Kişi) , `ORG` (Organizasyon) ve `LOC` (Yer) adlı varlık tipleri kullanılmıştır. Ancak bu isimler keyfidir, kullanıcı daha fazla tip tanımlayabilir. Zemberek-NLP, metin sınıflandırma, belge sınıflandırma, duyarlılık analizi veya spam algılama gibi çeşitli Doğal Dil İşleme görevlerinde kullanılabilen `Classification` metodu yine Java'da geliştirilmiş ve `fastText` projesine dayanan basit bir metin sınıflandırma modülü sunmaktadır. Language Identification Method; metin tabanlı bir dil tanımlama algoritması uygulaması sağlar ve 62 dili tanımlayabilir.

3.3.2. TRMorph kütüphanesi

TRmorph kütüphanesi Türkçe için Doğal Dil İşleme Kütüphanesi olarak Çöltekin (2010) tarafından C dili geliştirilmiştir. Çeşitli kullanımlar için sonlu automata ve dönüştürücüler oluşturmak için Foma üzerinde geliştirilmiştir. Morfolojik analizör üretme gibi birçok doğal dil işleme uygulaması için özel desteği vardır.

Kütüphane, Foma ve bir C önişlemcisine ve birkaç UNIX aracına ihtiyaç duymaktadır. Analizörü derlemek için `make` komutunu kullanılarak, Foma formatında `trmorph.fst` adlı bir ikili otomat (binary automaton) elde edilir.

```
$ foma
...
foma[0]: regex @"trmorph.fst";
2.3 MB. 53564 states, 149484 arcs, Cyclic.
foma[1]: up okudum
oku<v><past><1s>
foma[1]: down oku<v><past><2s>
okudun
foma[1]: exit
$ echo "okudum" |flookup trmorph.fst
okudu   oku<v><past><1s>
```

TRmorph kullanıcının isteklerine göre geliştirilen açık kaynak kodlu bir analizör olduğu için istenilen değişiklikler yapılarak özel bir analizör oluşturulabilir. Henüz hepsi kullanımda olmasa da TRmorph' da özelleştirme seçenekleri aşağıda verilmiştir.

`CAPITALIZE_FIRST_LETTER [evet | hayır]`

Bir kelimenin ilk harfinin büyük harf kullanımı.

`ALL_CAPS [hayır | evet]`

Büyük harf ile başlayan her kelimeye izin ver.

`ALL_LOWERCASE [hayır | evet]`

Küçük harf ile başlayan her kelimeye izin ver.

`ALLOW_ALL_ASCII [hayır | evet]`

Türk Alfabesi' nde ASCII olmayan tüm harfleri devre dışı bırakır.

`APOSTROPHE_AFTER_NP [evet | belki | hayır]`
`APOSTROPHE_AFTER_NUMBER [rakam | alfa | digitsrelaxed | alpharelaxed | hepsi | hiçbiri]`

`NUMBER_THOUSAND_SEP [nokta | virgül]`

`NUMBER_DECIMAL_SEP [virgül | nokta]`

Sayılar için bin ve ondalık ayırıcı.
`NUMBER_PERC_AFTER [hayır | evet]`

Türkçede yüzde işareti '%' sayıdan önce yerleştirilir. Varsayılan olarak önce '%' sonra sayı gelmektedir. Bu ayar ile sıra değiştirilebilir.

`NUMBER_CURRENCY_BEFORE [hayır | evet]`

`ALLOW_NO_C_ASSIMILATION [hayır | evet]`

TRmorph iki alternatif sözlükle gelmektedir. Sözlükler sırasıyla 1.500 ve 37.101 kelime içermektedir. Her iki sözlük de, sözcük öğelerini 9 ayrı kategoride sınıflandırır.

Bu kategoriler:

- Sıfatlar
- Zarflar
- Bağlaçlar
- Sıfatlar
- İsimler
- Edatlar
- Zamirler
- Düzgün İsimler
- Fiiller

biçimindedir.

Türkçe'nin morfolojik bir analizörün göz önünde bulundurması gerektiği birtakım morfo-semik (morpho-phonemic) değişimleri vardır. TRmorph morfo-semik' e geçmeden önce dilin alfabesini, ilgili fonemleri (ya da harfleri) ve kullanılan analiz sembollerini incelemektedir.

3.4. Metinden işaret diline çeviri materyal ve yöntemleri

Bu bölümde bu tez çalışmasında kullanılan bazı yöntem ve materyaller verilmiştir

3.5. Metinden işaret diline çeviri materyali

Bu çalışmada Unity3D, WebGL ve 3dsMax materyalleri kullanılmıştır. Materyallerin özellikleri ve tez kapsamında kullanımları hakkında açıklamalar yer almaktadır.

3.5.1. Unity3D

Unity3D, Unity Teknoloji firması tarafından Rusya'da geliştirilmiş bir oyun motorudur. Java Script ve C#.net programlama dilleri kullanılarak 3 boyutlu manipülasyon ve simülasyon alt yapısı sağlamaktadır. Unity ile geliştirilen oyun veya programları farklı platformlarda yayınlama imkânı sunulmaktadır. Masaüstü platformu için exe, web platformu için eklentiye gerek kalmadan webGL, android işletim sistemleri için apk, ios işletim sistemi için ipa formatında program çıktısı vermektedir. Ayrıca Apple TV, Samsung TV ve Tizen platformunu destekleyen TV'lerde çalışma imkânı bulunmaktadır. 3dsMax ve Blender gibi 2 ve 3 boyutlu platformlardan geliştirilen animasyonlar, fbx formatında Unity3D platformunda eklenerek C#.net veya Javascript ile programlanarak dinamik hale getirebilmektedir. Sahne içerisinde kamera, ışık ve diğer tipteki objeler kullanıcının kullanımına sunmaktadır. Unity3D programının aylık ve yıllık lisanslama modeli ile ücretli olarak dağıtımı yapılmaktadır.

3.5.2. WebGL (Web Graphics Library)

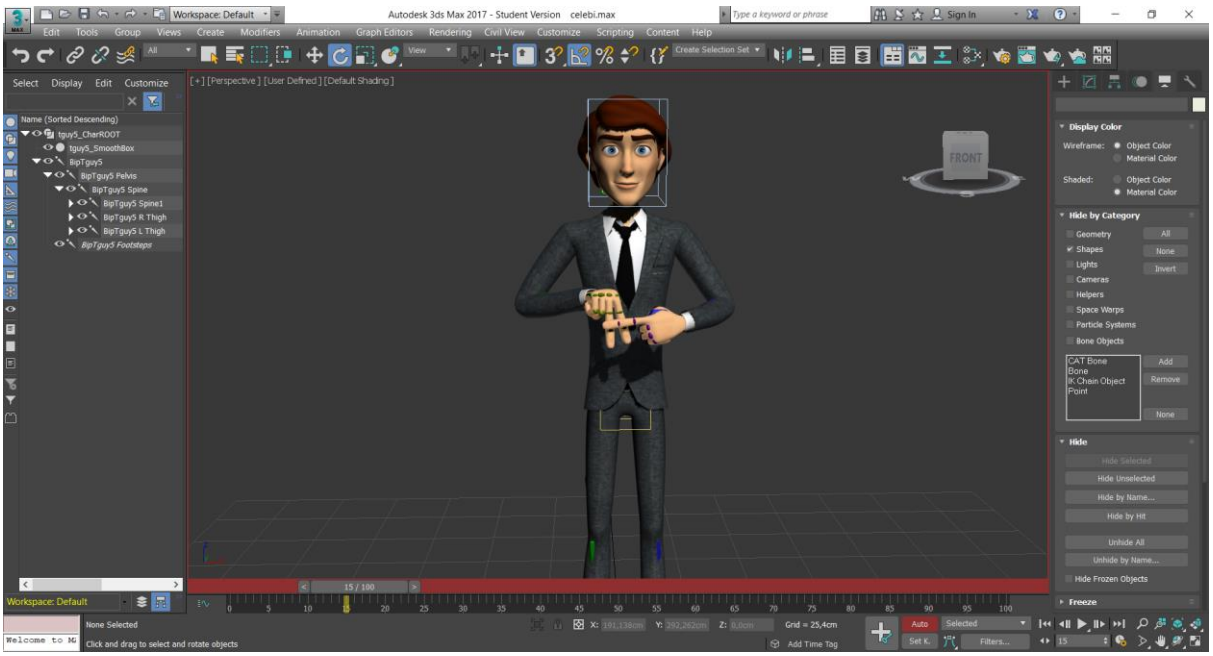
WebGL, web tarayıcılarında üç boyutlu görseller çizdirebilmek için kullanılan bir (API) programlama ara yüzüdür. Ortiz (2010) ve Evans vd. (2010), JavaScript uygulaması programlama ara yüzü kullanarak WebGL'i yerleşik sistem için OpenGL'e (OpenGLES2) erişme yetenekleri nedeniyle web tabanlı 3 boyutlu görselleştirme için bir çözüm olarak önerdiler. WebGL başlangıçta 2006'da kâr amacı gütmeyen teknoloji konsorsiyumu olan Khronos Group tarafından Mozilla'da uygulamaya konmuştur.

Bir web standardı kabul edilen WebGL, OpenGL ES 2.0 sürümünün üzerinden temellendirilmiş ve otomatik hafıza yönelimli JavaScript benzeri dillere uyum sağlaması için küçük değişikliklerle modifiye edilmiştir. OpenGL ES ile karşılaştırıldığında yapı olarak büyük farklılıklara sahip olmayan WebGL, HTML5'in Canvas elementiyle çalışmakta ve 3 boyutlu grafik çizimlerini mümkün hale getirmektedir.

2017 yılında yayınlanan WebGL 2.0 ile Internet Explorer 11, Mozilla Firefox 4, Google Chrome 9, Apple Safari 5.1 ve Opera 11 tarayıcısına sahip herhangi bir bilgisayar ek bir yükleme yapılmasına gerek kalmaksızın çalıştıralabilir.

3.5.3. 3dsMax

Autodesk (Autodesk,2018) tarafından geliştirilen 3DsMax, PC tabanlı bir 3 Boyutlu modelleme, animasyon ve görüntüleme yazılımıdır. 3dsMax, 3 boyutlu modelleme yazılımları arasında en yaygın kullanıma sahip uygulamalar arasındadır. İlk olarak 3D Studio DOS olarak 1990 yılında yayınlanmıştır, son sürümü ise 3ds Max 2019'dur. 3ds Max Studio ile Şekil 3.1'de görüldüğü gibi 3 boyutlu karakterleri ekran üzerinde animasyon hareketleri yapılmaktadır.



Şekil 3.1. 3ds Max Studio 2017 ekran görüntüsü

3.6. Metinden işaret diline çeviri yöntemi

Metinden işaret diline çeviri sistemi için öncelikle Türk İşaret Dili dil bilgisi üzerinde çalışılmıştır. Türkçe'den Türk İşaret Diline çeviri algoritması için TİD dil bilgisi önem arz etmektedir.

3.6.1. Türk İşaret Dili dil bilgisi

Dikyuva vd. (2015), Aile ve Sosyal Politikaları Bakanlığı desteği ile Türk İşaret Dili dil bilgisi yapısını detaylı bir kitap çalışması yapmıştır. Bu kitaptaki çalışmalardan yararlanarak TİD'de, Türkçe konuşma dilinde de olan kurallara benzer dil yapısı bu bölümde verilmiştir.

Türk İşaret Dili sözlüklerinde bulunmayan ve Alfabe aşağıdaki durumlarda kelimelerin harfleri işaret dili alfabesine teker teker harflerin hareketlerinin yapılması ile çevrilir. Bu yöntem genellikle

- Özel isimlerde
- Yabancı kelimelerde,
- Akademik terimlerde,
- Kısaltmalarda,
- Eklerde,
- Eş anlamlı kelimelerde.

kullanılır.

Örneğin "AHMET" kelimesi özel isim olduğu için işaret dilinde "A-H-M-E-T" hareketleri yapılarak gösterilmektedir.

Çekim eklerinin TİD'de karşılığı yoktur. Fakat bazı çekim eklerinin önemi büyüktür. Örneğin <Kitabımı istedi> cümlesi <Benim kitap istemek o> olarak işaret diline çevrilmelidir. TİD'de, cümlelerin yüklemlerinin zaman ekleri yoktur. Hareketi olmayan bir kelime türetilmesi TİD için bir inceleme gerektirmeyebilir. <kitapçı> kelimesi <kitap> kelimesinden türetilmiştir ve analizi önce <kitap+çı> şeklinde parçalanır. Fakat <kitap>

kelimesinin anlamı <kitapçı> kelimesinin anlamını doğru bir şekilde açıklayamaz. Çünkü gerçek anlam <kitap satan kişi> olduğu için bu kelime <Kitap+satmak+kişi> olarak çevrilmelidir. Kelimeler morfolojik analiz sonrasında veri tabanında varsa doğrudan kullanılır, yoksa yukarıdaki işlemler uygulanır.

3.6.2. İşaret dili dil bilgisi kuralları

Eylemin/eylemsinin anlamsal olarak edici, etkilenen veya deneyimci gibi tek bir öğe olduğu durumlarda özne, eylem dizilişinde görülmektedir. Çizelge 3.2'de Türkçe ve TİD örneğinin bulunduğu cümleler yer almaktadır.

Çizelge 3.2. Özne eylem diziliş örnek cümleleri

TÜRKÇE	**TİD**
Bebek ağlıyor	Bebek Ağlamak.
Ben öğrenciyim	Ben Öğrenci
Araba güzel.	Araba Güzel

Eylemin/eylemsinin tek üyesi olduğu ancak birden fazla ismin farklı anlamlarda kullanıldığı durumlarda, eylem/eylemsi yine cümlenin sonunda yer almaktadır. Bu duruma örnek aşağıdaki Çizelge 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Eylemin/eylemsinin tek üyesi olduğu örnek cümleler

TÜRKÇE	**TİD**
Kitabın yanında kalem var.	Kitap Yan Kalem Var
Arabada bebek var.	Araba Bebek Var
Senin bisikletin var.	Senin Bisiklet Var

Eylemin tek nesneli yani anlamsal olarak hem edici hem de etkilenen, deneyimci gibi konusal role sahip üyenin olduğu durumlarda özne, nesne, eylem sırası ile kullanılmaktadır. Bu duruma örnek aşağıdaki Çizelge 3.4'de verilmiştir.

Çizelge 3.4. Geçişli eylemlerde işaret dizimi

TÜRKÇE	**TİD**
Anne çocuğu seviyor.	Anne Çocuk Sevmek
Anne bebeği öptü.	Anne Bebek Öpmek
Sen mektup yazdın.	Sen Mektup Yazmak

Üç ögeli eylemlerde yani anlamsal olarak hem etkin ve etkilenen hem de ikinci bir nesnenin olduğu durumlarda, özne-nesne1-nesne2-eylem şeklinde diziliş kullanılır. Çizelge 3.5'te cümle dizilim örnekleri yer almaktadır.

Çizelge 3.5. Çift nesneli eylemlerle sözcük dizilişi

TÜRKÇE	**TİD**
Kadın evinden şemsiye aldı.	Kadın Ev Şemsiye Almak
Ben anneme hediye aldım	Ben Anne Hediye Almak

TİD'de isim öbeklerini oluşturan birimlerin dizilişi göreceli olarak daha serbesttir. Sayı öbekleri ve niteleme sıfatlarının birbirleri arasında herhangi bir öncelik ilişkisi yoktur. Çizelge 3.6'da isim öbekleri sözcük dizilişleri yer almaktadır.

Çizelge 3.6. İsim öbekleri sözcük dizilişi

TÜRKÇE	**TİD**
Çeşitli kitaplar okudum.	Çeşitli Kitap Okumak Ben
Farklı arabalar almalıyız.	Farklı Araba Almak Lazım

Türkçe konuşma dilinde tek kelimeden oluşan bazı sıfatların TİD'deki karşılığı iki kelimeden oluşabilmektedir. Aşağıdaki Çizelge 3.7 bu duruma örnektir.

Çizelge 3.7. İki kelimeden oluşan sıfat örnekleri

TÜRKÇE	**TİD**
Lezzetli	Tat+Güzel
Yakışıklı	Yüz+İyi
İnatçı	Kafa+Sert
Çirkin	Yüz+Kötü
Dik Kafalı	Kafa+Taş

Sayılar, sıfat durumunda iken Çizelge 3.8'de yer alan örnekte olduğu gibi nitelendiği kelimenin iki yanında da bulunabilmektedir;

Çizelge 3.8. Sayıların sıfat durumunda sözcük dizilişi:

TÜRKÇE	**TİD**
Akşam hep üç yumurta alırım.	Akşam Hep Yumurta Üç Almak

TİD'de sayı ve sıfatların dizilişi esnektir, fakat birden fazla kelimeden oluşan tamlamaların dizilişi sıralı olmalıdır. Bu duruma örnek aşağıdaki Çizelge 3.9'da verilmiştir.

Çizelge 3.9. Sayı ve sıfat dizilişi

TÜRKÇE	**TİD**	**DOĞRU/YANLIŞ**
Bisiklet çantası almak istiyorum.	Bisiklet Çanta Almak İstemek	DOĞRU
Bisiklet çantası almak istiyorum.	Çanta Bisiklet Almak İstemek	YANLIŞ

TİD'de "Yüzde" sözcüğü, niteleyeceği kelimenin (sayının) önünde veya arkasında yer alabilir. Bu duruma örnek aşağıdaki Çizelge 3.10' da verilmiştir.

Çizelge 3.10. "Yüzde" sözcüğü kullanım örneği

TÜRKÇE	**TİD**
Yüzde seksen şansı var.	Yüzde Seksen Şans Var
Yüzde yirmi beş hak veriyorum.	Yirmi Beş Yüzde Hak Vermek

İsim öbeklerinin dizilişi esnektir. İçin, Kadar, Göre gibi ilgeç öbeklerinin dizilişi ise katıdır. Bu duruma örnek aşağıdaki Çizelge 3.11'de verilmiştir.

Çizelge 3.11. İçin ve göre öbek dizilişi

TÜRKÇE	**TİD**
Ders için okula gittim	Ders İçin Okula Gitmek
Bisiklet gibi bir şey vermemiz lazım.	Bisiklet Gibi Birşey Vermek Lazım

İşaret dili cümle yapısında olumlu, olumsuz ve soru cümleleri bulunmaktadır. Bu cümle türleri kendi aralarında farklı yapılara sahiptir. Aşağıdaki Çizelge 3.12'de bazı olumlu cümle türlerine örnekler verilmiştir.

Çizelge 3.12. Olumlu ve basit cümleler

TÜRKÇE	**TİD**	**Yüklem Türü**
O uyuyor.	O Uyumak	Eylem
Ben polisim.	Ben Polis	İsim
Uçak büyük	Uçak Büyük	Sıfat
Araba yavaş.	Araba Yavaş	Sıfat

TİD'de cümleler Değil, Yok, Hiç, Olmaz ve Hayır ekleri ile olumsuzlaştırılır. Çizelge 3.13'te "Değil" ekiyle Çizelge 3.14'de "Yok" ekiyle, Çizelge 3.15'te "Hiç" ekiyle olumsuzlaştırma örnekleri verilmiştir.

Çizelge 3.13. "Değil" ekiyle olumsuzlaştırma

TÜRKÇE	**TİD**
Yapmadım	Ben Yapmak Değil
O patlıcan sevmez.	O Patlıcan Sevmek Değil
Araba ucuz değil.' (yüklem isim)	Araba Ucuz Değil

Çizelge 3.14. "Yok" ekiyle olumsuzlaştırma

TÜRKÇE	**TİD**
Çorbanın tuzu yok	Çorba Tuz Yok
Çocuğun huzuru yok.	Çocuk Huzur Yok

Çizelge 3.15. "Hiç" ekiyle olumsuzlaştırma

TÜRKÇE	**TİD**
Hiç bisiklet sürmedi.	O Bisiklet Sürmek Hiç
Henüz almadım.	Ben Almak Hiç

Not: Sadece belirteç olan "Hiç" sözcüğü olumsuz yapıda olmayıp eyleme Çizelge 3.16'da verilen örnekteki gibi "Değil" sözcüğü de eklenmelidir.

Çizelge 3.16. Bitmişlik olumsuzluğu: "hiç"

TÜRKÇE	**TİD**
Şimdiye kadar İstanbul'a hiç gitmedim.	Ben Hiç İstanbul Gitmek Değil

Türkçede, "–maIı" eki ile ihtimal bildiren durumlarda kullanılır. TİD'de ise bu durum "Olmaz" işaretinin yanında baş geriye yatırılarak ve kaşlar kaldırılarak uygulanır. Bu duruma örnek aşağıdaki Çizelge 3.17'de verilmiştir.

Çizelge 3.17. Olasılık olumsuzluğu: "olmaz"

TÜRKÇE	**TİD**
Yarın okula gelemeyiz.	Yarın Okul Gelmek Olmaz
Kar nedeniyle büyük ihtimal gidemeyiz.	Biz Kar Yağmak Gitmek Olmaz
Saat on oldu, şimdi gitmek (uygun) olmaz.	Saat On, Şimdi Gitmek Olmaz

TİD'de yasaklı cümlelerin sonuna "Hayır" eki eklenir. Bu duruma örnek aşağıdaki Çizelge 3.18 de verilmiştir.

Çizelge 3.18. Yasaklama: "Hayır"

TÜRKÇE	**TİD**
Tek başına gidemezsin.	Sen Tek Gitmek Hayır
Kendi başına karar veremezsin.	Kendi Karar Vermek Hayır

TİD'de Evet-Hayır ve Ne soru cümle yapıları bulunmaktadır. TİD'de cevabı evet veya hayır olan soru cümlelerinde genelde, kişinin başını ileriye doğru uzatması ve kaşlarını kaldırması ile uygulanır. Bazen ise cümle sonunda el ile soru işareti yapılır. Bu duruma örnek aşağıdaki Çizelge 3.19'da verilmiştir.

Çizelge 3.19. Evet - Hayır soru cümleleri

TÜRKÇE	**TİD**
Arabanın rengi güzel mi?	Araba Renk Güzel
Senin araban var mı?	Senin Araba Var 'Soru İşareti'

TİD'de soru sözcükleri: Ne/Hangi, Kim, Neden, Ne Zaman, Nerede, Kaç ekleri kullanılarak yapılır. Bu duruma örnek aşağıdaki Çizelge 3.20'de verilmiştir.

Çizelge 3.20. Ne-soru cümleleri

TÜRKÇE	**TİD**
Yarın ne giyeceksin?	Sen Yarın Ne Giymek
Yarın hangi elbiseyi giyeceksin?	Sen Yarın Elbise Ne Giymek

Bununla birlikte, TİD'de bazen sadece el ve mimik hareketleriyle soru sorulur. Bu duruma örnek aşağıdaki Çizelge 3.21'de verilmiştir.

Çizelge 3.21. El ve mimik hareketleriyle soru cümlesi

TÜRKÇE	**TİD**
Şimdi ne yapacaksın?	Şimdi Yapmak Sen

3.6.3. Sanal asistan veri tabanı

Bu Tez çalışmasında Millî Eğitim Bakanlığı İşaret Dili Sözlüğü (MEB, 2015) ve Güncel Türk İşaret Dili Sözlükleri (Makaroğlu, B., ve Dikyuva, H., 2017) üzerinde çalışılmıştır. Resmi sözlüklerde bulunmayıp, İstanbul Büyükşehir Belediyesi İşaret Dili Sözlüğü (İBB, 2012) ile çıkartılan sözlükteki kelimeler belirlenmiştir. Ayrıca Diyanet İşleri Başkanlığı (Diyanet, 2014) tarafından hazırlanan Dini Bilgiler İşaret Dili Sözlüğü incelenmiştir. Veri tabanına eklenecek sözlükler ve yapıları çıkarıldıktan sonra, Microsoft SQL veri tabanı yazılımı üzerinde ilişkisel veri tabanı yapısı oluşturulmuştur. Türk işaret dilinde aynı kelimeler farklı sözlüklerde, farklı anlamlarda ifade edildiği göz önünde bulundurularak, veri tabanında İşaret Dili Sözlük türlerini ve bu sözlüklerde yer alan kelimeleri ve kelime türlerini ilişkisel veri tabanıyla kurgulanarak tasarlanmıştır. Veri tabanı, ileride farklı sözlükler ve barındırdıkları kelimeleri de ilave edilecek şekilde tasarlanmıştır. Tasarlanan veri tabanında en uygun şekilde veri çekimi için çalışmalar yapılmıştır. Veri tabanı içerisinde sözlükleri, sözlüklerin içerisinde kayıtlı kelimeler ve

kelimelerin hareketlerinin JSON formatında yer almıştır. Veri tabanı içerisinde aşağıdaki Çizelge 3.22'de verilmiştir

Çizelge 3.22. TİD sözlük ve kelime sayıları

TİD Sözlük	**Kelime Sayısı**
Milli Eğitim Bakanlığı İşaret Dili Sözlüğü	2607
TİD Güncel İşaret Dili Sözlüğü	530
İşitme Engelliler Federasyonu İşaret Dili Sözlüğü	844
Diyanet İşleri Daire Başkanlığı Türk İşaret Dili Kavramlar Sözlüğü	800

Bu sözcüklerin Autodesk 3ds Max animasyon dosyasında hangi framelere (çerçeve) karşılık geleceklerine başlangıç ve bitiş frameleri de veri tabanında kaydederek düzenlemeler yapılmıştır. Şekil 3.1'te 3ds Max Studio 2017 ekran görüntüsü verilmiştir. Böylelikle işaret dilinde kelimelerin anlamları olan, animasyonların, ayrı ayrı dosyalarda tutulması yerine, tek animasyon tablosunda frame numaraları veri tabanında tutarak ulaşılması sağlanmıştır.

Vücut, el, parmak hareketleri ve mimikler işaret dilinde kelimelerin ifade edilmesinde önem arz etmektedir. İşaret dili sözlüklerindeki kelimelerin görselleştirilmesi için ÇELEBİ adını verdiğimiz 3 boyutlu karakter kullanılmıştır. 3ds Max programı içerisinde Riglenmiş karakteri, bilgisayarın faresi kontrolü ile istenilen hareketler frame bazlı olarak kaydedilmiştir. Rigleme, iskelet animasyonunda birbirine bağlı bir dizi dijital kemik kullanarak bir 3D karakter modelini temsil etmek için kullanılan bir tekniktir. Animasyonlar bir dizi durağan görüntüden oluşur. Hızlı bir şekilde arka arkaya bakıldığında bu görüntüler sürekli hareket üretir. Her görüntü bir frame olarak adlandırılır. Sözlüklerdeki her kelime işareti için 40 framelik içerisinde gerçekleştirerek işaretlerin animasyonları tasarlanmıştır.

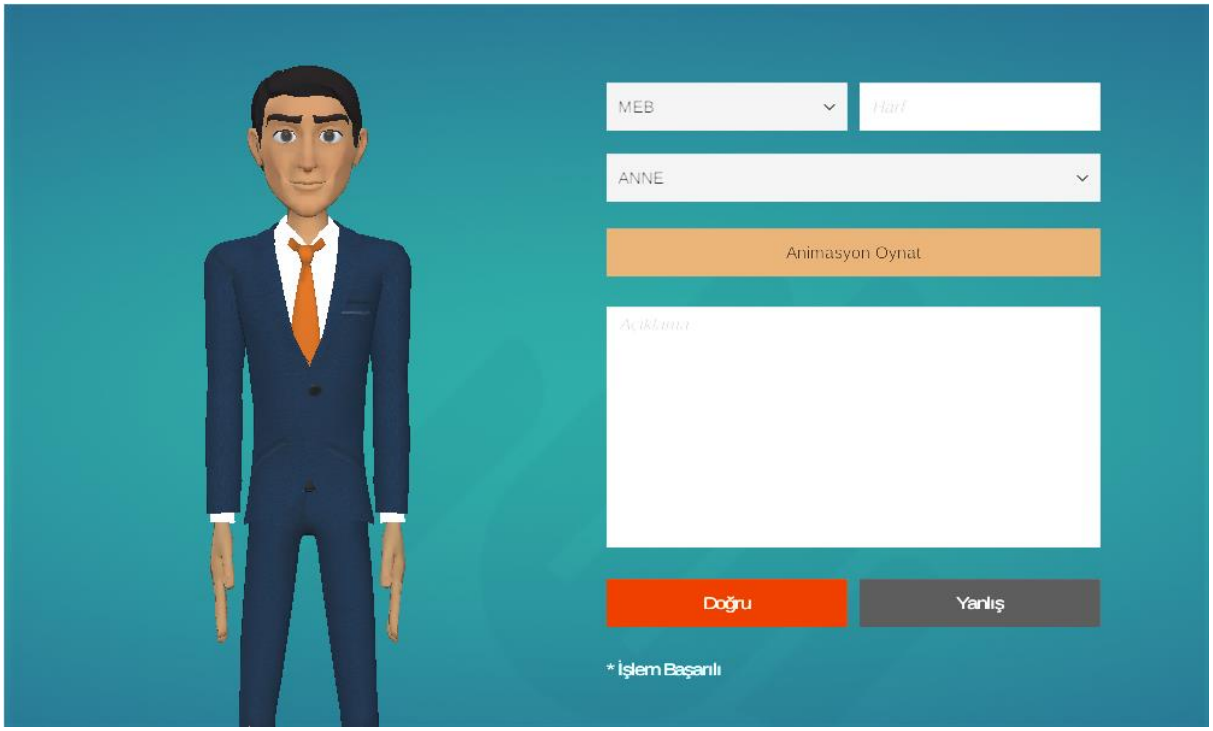
3ds Max programı içerisinde Çelebi'nin el, kol, vücut hareketlerini JSON formatında alınabilmektedir. Fakat yüz ve mimik hareketleri JSON formatında alınamaz. Bu nedenle Unity programı içerisinde yüz ve mimik hareketlerini JSON formatında kaydetmek için arayüzü Şekil 3.2'de verilen dinamik bir program tez kapsamında geliştirilmiştir.



Şekil 3.2. Yüz ve mimik hareketleri için hazırlanan program ara yüzü

Program içerisinde Çelebi'nin riglenmiş yüz noktalarına Unity programı içerisinden ulaşılarak arayüz ile düzenlenme yapılacak hale getirilmiştir. İşaret Dili Sözlükleri ve bulunduğu kelimeler MS-SQL veri tabanından çekilecek şekilde dinamik tasarlanmıştır. Veri tabanında kayıtlı sözlük ve kelime seçilerek kayıtlı olan animasyon izlenebilmektedir. Çelebi'nin yüz hattında bulunan 24 rig arayüz ile mimik hareketleri tasarlanarak yine veri tabanına JSON formatında kaydedilmiştir. Geliştirilen programı web platformunda yayınlamak için Unity programı içerisinde WebGL formatında yayınlanmıştır. Programa http://fef.ogu.edu.tr/ocelik/tez/mimik_kontrol adresinden erişilebilir.

İşaret dili vücut hareketleri, el kol hareketleri, parmak hareketleri ve mimik hareketlerine göre anlam kazandığı için aynı hareketin vücudun farklı yerinde yapılması farklı anlamlara yol açmaktadır. Tez çalışması kapsamında yaptığımız hareketlerin doğruluğunun teyidi ve yanlış hareketlerin ise düzeltilmesi gereken yerlerin kaydedilmesi için Unity ile başka bir program daha geliştirilmiştir. Program ara yüzü Şekil 3.3'te yer almaktadır.



Şekil 3.3. Sözlük bazlı yapılan animasyonların kontrolleri

Program işaret dili sözlükleri kaydettiğimiz MS-SQL veri tabanı ile bağlantılı olup, kayıtlı olan sözlükler ve kelimeler ara yüz üzerinden seçilebilmektedir. Şekil 3.3'te programın ara yüzü üzerinde veri tabanında kayıtlı sözlükler yer almaktadır. Sözlük ve sözlükteki kelime seçilerek kayıtlı olan işaretin Çelebi canlandırılması sağlanır. Eğer seçilen kelimenin hareketi doğru ise veri tabanında ilgili tabloya kaydı gerçekleştirilir. Harekette yanlışlık varsa program üzerinde açıklama kısmına kelimenin hareket kontrol tabloya kaydedilir. Program birden fazla işaret dili bilen ve işitme engellilere sunularak işaret dili sözlüğündeki tasarlanan kelimelerin animasyon kontrolleri sağlanmıştır. Program http://fef.ogu.edu.tr/ocelik/tez/animasyon_kontrol adresinden ulaşılabilir.

3.6.4. Metinden işaret diline çevirme algoritması

Tez çalışmasında TİD dilbilgisi ve işaret dili sözlüklerinde yer alan kelimelerin animasyonları gerçekleştirildikten sonra Türkçe cümlelerin TİD'e çevirme sistemi algoritması ve programı geliştirilmiştir. Metinden İşaret diline çevirme algoritma şeması Şekil 3.4'te yer almaktadır.

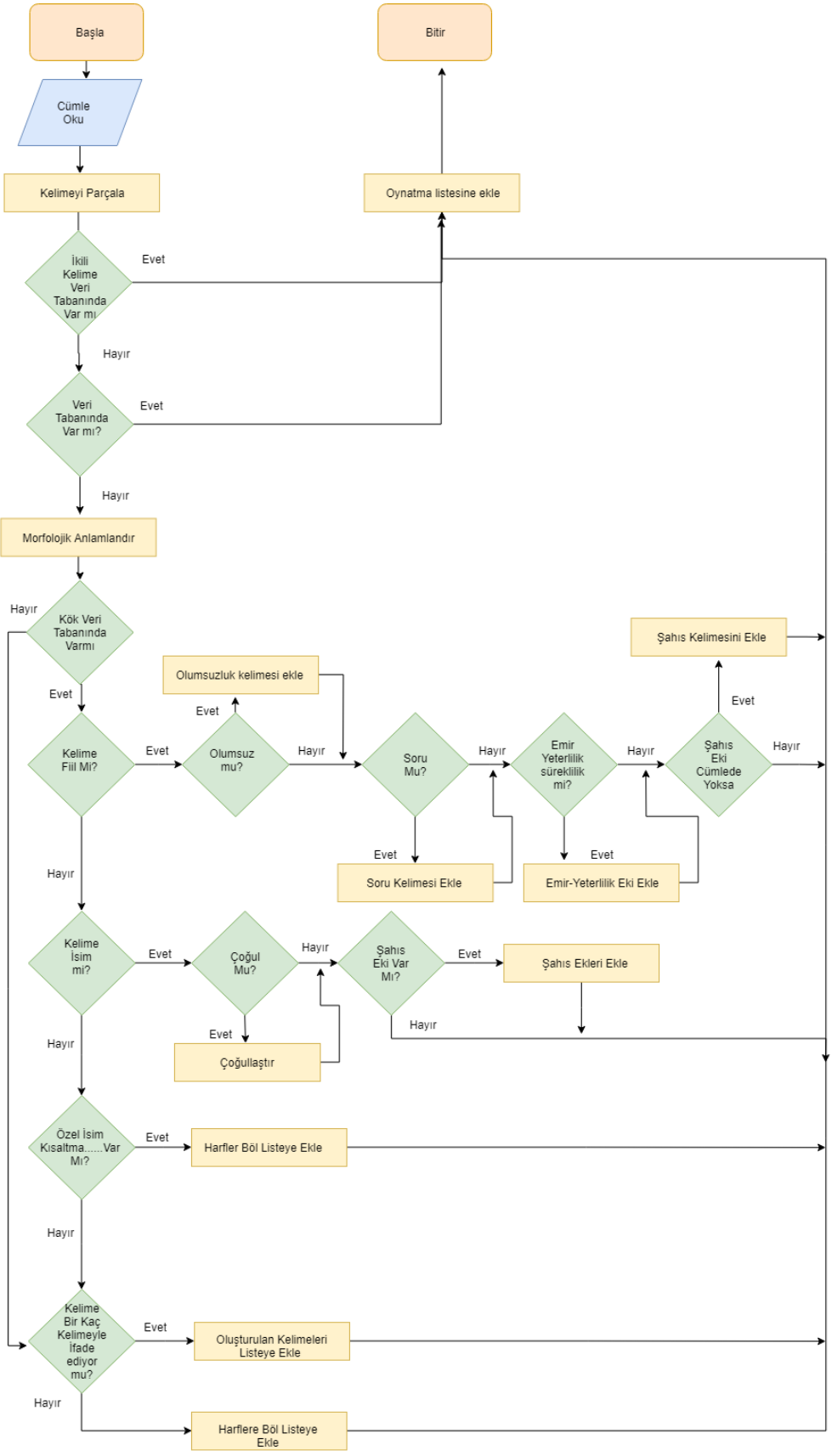
Algoritma tez çalışması kapsamında ASP.net programlama dili ile web servis olarak geliştirilmiştir. Unity programlama dili ile içerisinde online olarak kullanım sağlanacağı için web servis olarak sunucuda yayına alınmıştır. Şekil 3.4'te yer aldığı gibi, işaret diline çevrilecek metin unity platformunda geliştirdiğimiz programa gelmektedir, geliştirdiğimiz web servise cümle metot ile parametresi olarak post edilir.

Algoritmadaki ilk aşama cümlelerin kelimelere parçalanmasıdır. Cümlenin morfolojik analizi gerçekleştirilmeden önce tekli, ikili veya üçlü kelimelerin veri tabanın da kaydı kontrol edilir. Eğer veri tabanında kayıtlı işareti var ise oynatma listesine eklenir.

Bir sonraki aşamada Bölüm 1.3.1'de detaylandırılan Zemberek kütüphanesinin morfolojik anlamlandırım metodunu kullanarak cümlenin içerisindeki kelime kökleri ve türleri Çizelge 2.23 yer aldığı gibi çıkartılır. Listedeki kelimelerin tür kontrolleri yapılarak türlere göre işaret dili dil bilgisi kurallarına göre işaret dili cümlesi oluşturulur.

Çizelge 3.23. Zemberek kütüphanesi morfolojik analiz sonucu

CÜMLE	**MORFOLOJİK ANALİZ SONU**
Merhaba ben Çelebi	`[merhaba:Interj] merhaba:`**`Interj`**` | [ben:Pron,Pers] ben:`**`Pron`**`+A1sg | [Çelebi:Noun,Prop] çelebi:`**`Noun`**`+A3sg |`
Dün okula gelmedim	`[dün:Noun,Time] dün:`**`Noun`**`+A3sg | [okul:Noun] okul:`**`Noun`**`+A3sg+a:Dat | [gelmek:Verb] gel:`**`Verb`**`+me:Neg+di:Past+m:A1sg |`



Şekil 3.4. Türkçe'den Türk İşaret Dili'ne çeviri sistemi algoritması

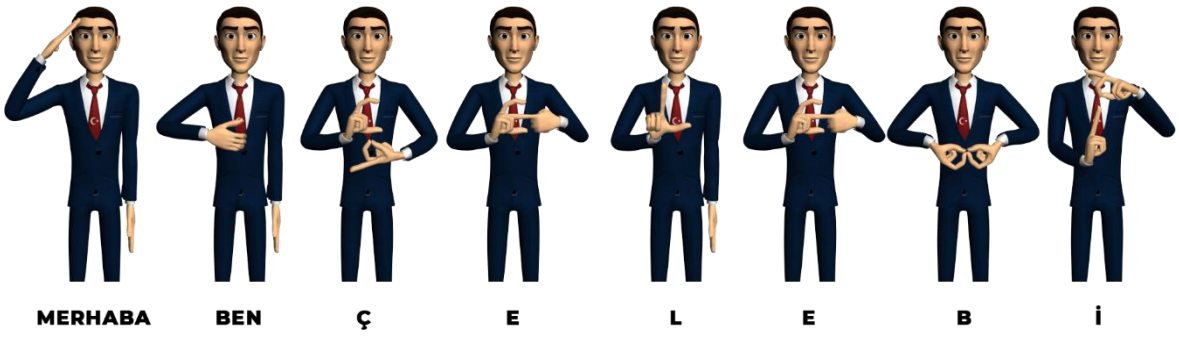
Fiil türündeki kelimeler için öncelikle olumsuzluk kontrolü yapılır. Fiil kelimesi olumsuz ise kelimenin kokunun bulunduğu listeye işaret dilindeki DEĞİL işaretinin kayıtlı olduğu _DEGİL kelimesi eklenir. Daha sonra soru cümlesi kontrolü ile cümle sonuna soru işareti eklenir. Cümlenin emir, yeterlilik ve süreklilik durumları da fiil ekinde olduğu için kontroller ile işaret dili dil kuralına uygun işaretler eklenir. Fiile ait şahıs ekleri varsa ve cümlede zamir geçmediyse ilgili zamir kelime işareti eklenir.

İsim türündeki kelimelerde ise çoğulluk kontrolü yapılır. Örneğin cümlede kitaplar kelimesi geçiyor ise işaret dil dil bilgisine göre kitap + çoğul işaretleri ile ifade edileceği için çoğul eki isimden sonra listeye eklenir. İsimler de de şahıs eki kontrolü yapılarak ilgili zamir kelime işareti listeye eklenir. Morfolojik anlamlandırma da özel isim olarak dönen kelimelerde ise direk harflere bölünerek listeye eklenir.

Son olarak veri tabanında karşılıkları bulunmayan kelimeler harflere parçalanır ve var olan liste tekrar güncellenir. Çizelge 3.24 te yer aldığı gibi kurallar uygulanarak yeni cümle yapısı elde edilir. İşaret Dili bilgisi kuralları ve işaret dili veri tabanları kontrol edilerek cümlenin Çelebi ile görsel olarak işaret diline çevrilir. Bu aşamada Şekil 3.5 ve Şekil 3.6'da yer alan işaret dili görseli elde edilir.

Çizelge 3.24. Zemberek kütüphanesi morfolojik analiz sonucu

CÜMLE	**ALGORİTMA SONRASI**
Merhaba ben Çelebi	Merhaba + Ben + Ç+E+L+E+B+İ
Dün okula gelmedim	Dün + Okul + Gelmek + Değil + Ben



Şekil 3.5. Merhaba ben Çelebi cümlesi işaret görseli

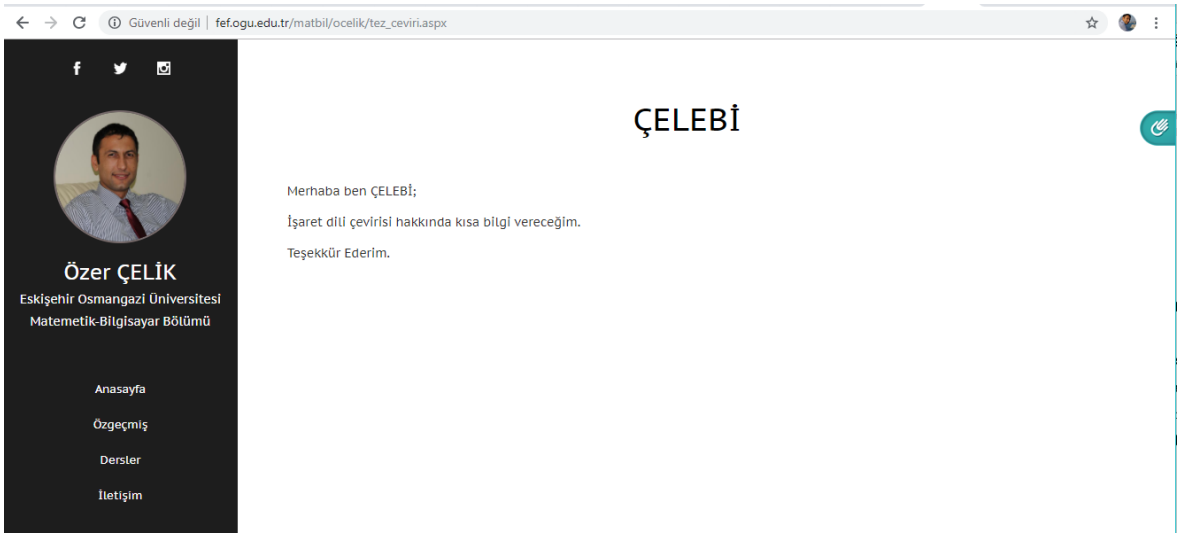


Şekil 3.6. Dün okula gelmedim cümlesi işaret görseli

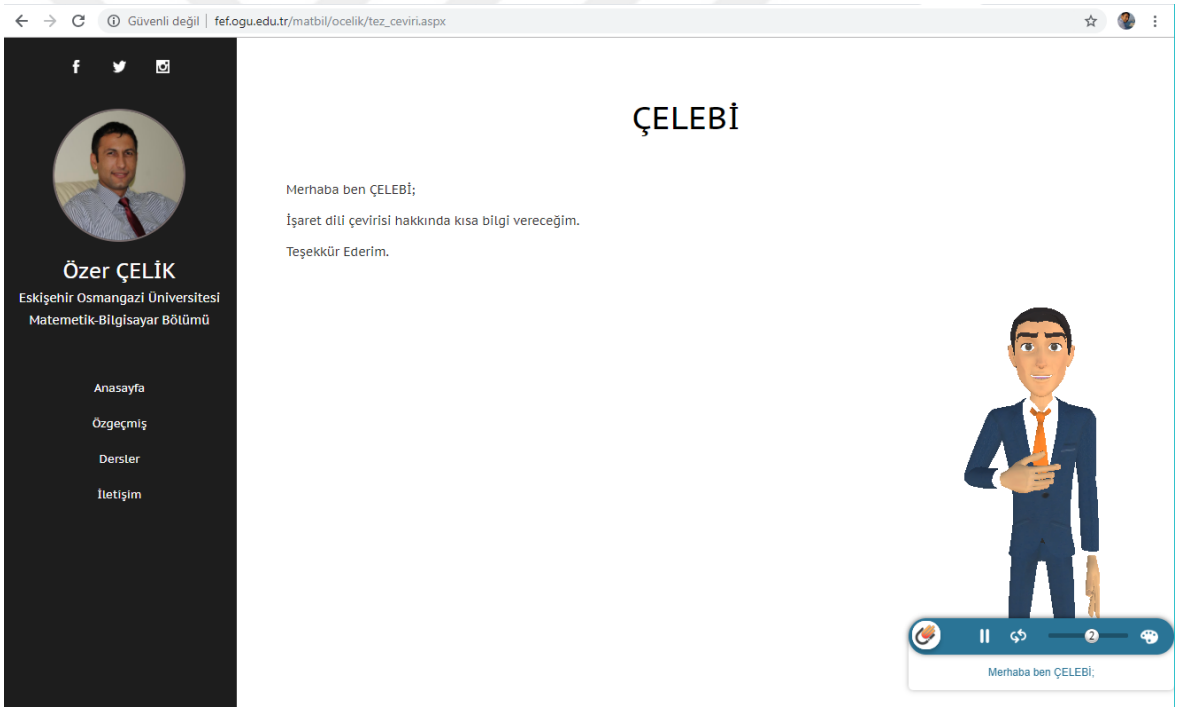
Metinden işaret diline çeviri sistemi ile birlikte sesten gelen dosyaların metne dönüştürülerek sesten işaret diline çeviri sistemlerinde kullanımı planlanmıştır.

Tez çalışması kapsamında web siteleri için anlık işaret dili çeviri sistemi geliştirilmiştir. İşitme engellilerin okuma yazma oranları düşüktür. Ayrıca duyamadıkları için okuma yazması olanların bile anlama oranları düşüktür. Bu nedenle internet sitelerindeki içerikleri de anlamakta zorluk çekerler. Tez çalışması kapsamında geliştirilen sistemi aktif edilmesi için Şekil 3.7'de yer aldığı gibi web sitelerine işaret dili çeviri sembolü yerleştirilmiştir.

Sembolün tıklanmasıyla Şekil 3.8'te verilen ekran görüntüsünde olduğu gibi Çelebi sitenin sağ alt kısmında açılacaktır. Çeviri aktifleştirdikten sonra site içerisindeki cümleler tıklanabilir hâle gelmektedir. Tıklanan cümleler ASP.net ile geliştirdiğimiz web servis ile sunucuya iletilir. Cümle önce Zemberek kütüphanesiyle morfolojik analizini gerçekleştirilip, işaret dili dil bilgisi kurallarına göre işaret dili çeviri algoritmasıyla işaret dili yapısına dönüştürülür. Oluşan yeni cümlenin kelimeleri veri tabanında kayıtlı olan işaretlerin JSON'ları çekilerek web servis ile site üzerindeki Çelebi ile işaret gerçekleştirilir. Böylelikle anlık işaret dili çeviri sistemi sağlanmıştır.



Şekil 3.7. Web sitesi işaret dili çeviri sembolü ekran görüntüsü



Şekil 3.8. Çelebinin web sitesi üzerinde görüntüsü

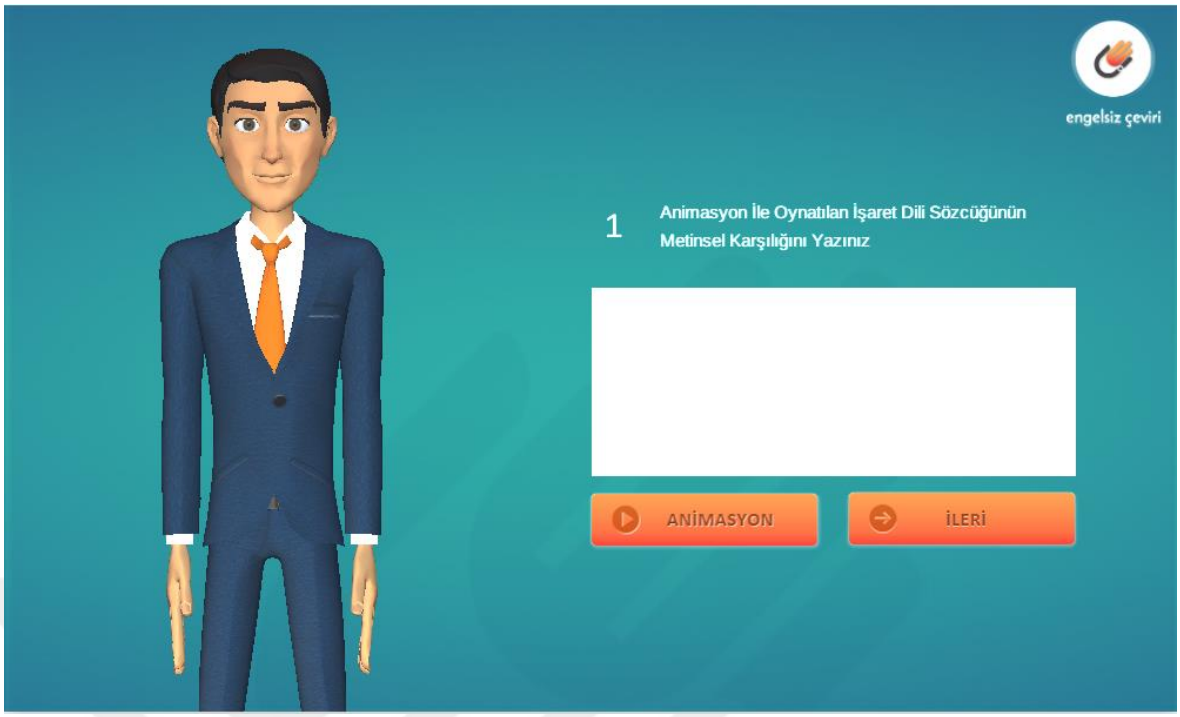
3.7. Metinden İşaret Diline Çeviri Bulgu ve Tartışması

Tez kapsamında geliştirilen metinden işaret diline çeviri sisteminin başarı oranını tespiti için bir çalışma yapılmıştır. Türkçe cümlenin doğal dil işleme teknikleri ile işlenip kelimelerin cümle içerisindeki kökleri çıkartılıp daha sonra metinden işaret diline çeviri

sistemi algoritmasıyla işaret dili dil bilgisi yapısına uygun cümle haline getirilmiştir. İşaret dili sözlüklerinden oluşturduğumuz veri tabanında kayıtlı kelimeler belirlenip, kayıtlı olmayanlar ise harflere parçalanarak karşılığındaki alfabe işaretleri veri tabanından çekilmiştir. En son adım olarak da işaret dili dil bilgisine uygun birleştirilen kelimelerin karşılığında gelen animasyonlar Çelebi ile görsel olarak işaret diline çevrilmiştir. Bu şekilde cümlenin işaret diline çevrilmesi tez kapsamında tamamlanmıştır. Bu çalışmaların başarı oranlarını hem Türkçeden TİD'de çevrilme başarısı hem de Çelebi ile yapılan işaretlerin işitme engelliler tarafından anlaşılma oranları elde etmek için çalışmalar yapılmıştır.

Tez çalışmasında yapılan çalışmanın testlerinin gerçekleştirilmesi için Unity platformu ile online test ara yüzü geliştirilmiştir. Test ara yüzü Unity platformunun 3 boyutlu gücü ve arka planda C#.net programlama dili ile Microsoft SQL veri tabanı ile geliştirilmiştir. Test uygulamasında Çelebi'nin 3 boyutlu görseli ve yan tarafında ise Çelebinin yaptığı hareketlerin anlamını girilmesi için metin giriş alanın bulunmaktadır. Test kullanıcılarına Çelebi'nin yaptığı hareketleri tekrar izleyebilmesi için tekrar butonu konulmuştur. Bir sonraki soruya geçmesi içinde ileri butonu ile sağlanmaktadır.

Gerçekleştirilen test uygulaması Unity programı ile geliştirilip, WebGL formatında publish edilerek site üzerinden yayına alınmıştır. Şekil 3.9'da ara yüzü verilen test http://fef.ogu.edu.tr/ocelik/tez/isitme_engelli_test adresinde yer almaktadır. Öğrenciler herhangi bir tarayıcı üzerinden site adresini girerek herhangi bir eklenti kurmadan test erişim sağlamıştır. Sınıf ortamında öğrencilerin ayrı ayrı bilgisayar başında test yapmaları ve tüm test sonuçlarını veri tabanın da erişip işleyebilmek hem test esnasında hem de test sonuçlarının incelenmesinde büyük kolaylık sağlamaktadır.



Şekil 3.9 Test uygulaması ara yüzü

Bu tez çalışmasında geliştirdiğimiz metinden işaret diline çeviri sisteminin başarı oranını bulmak için Anadolu Üniversitesi Entegre Yüksekokulu'nda bulunan 55 adet öğrenci ile test gerçekleştirilmiştir. Testlerden önce işaret dili çevirmeni ve dersin hocaları tarafından tez hakkında kısa bir bilgi işaret dili ile öğrenciler aktarılmıştır. Testler bilgisayar başında yapıldığı için öğrencilere testlerin girilmesi gereken internet adresi tahtaya yazılarak, sınıfta bulunan her öğrencinin farklı bir bilgisayarlardan girmeleri sağlanmıştır. Testin sağlıklı sonuç alınması için öğrencilerin birbirleriyle görüşmemeleri ve iletişim halinde bulunmaları önlenmiştir. Anlaşılırlığı ölçülmesi hedeflendiği için 11 adet kelime ve 9 cümleden oluşan test kümesi kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan kelimeler Çizelge 3.25'te yer almaktadır. Kelime seçimi yaparken el kol hareketlerinin konumları ve mimik hareketlerinin anlaşılırlığı test edilecek şekilde seçilmiştir.

Çizelge 3.25. Çalışmada kullanılan kelimeler

#	KELİME
1	Anne
2	Atmak
3	Bebek
4	Ben
5	Büyük
6	Bahar
7	Dağ
8	Gelmek
9	Kara
10	Kızmak
11	Masa

Test içerisinde yer alan cümleler ise Çizelge 3.26'te yer almaktadır. Cümle seçimlerinde ise Türkçeden Türk işaret diline çeviri sistemlerindeki algoritma yapısını görmek amaçlı olumlu, olumsuz ve soru cümleleri kullanılmıştır.

Çizelge 3.26 Çalışmada kullanılan cümleler

#	CÜMLE
1	Merhaba ben Çelebi
2	Dün okula gelmedim
3	Bugün yemekler çok güzeldi
4	Ne zaman okula geleceksin?
5	2 hafta sonra okula geleceğim.
6	Öğretmenimi ve arkadaşlarımı çok seviyorum.
7	Türkçe dersi ödevi çok zordu.
8	Ne zaman ders çalışalım?
9	Yarın benim evde ders çalışalım.

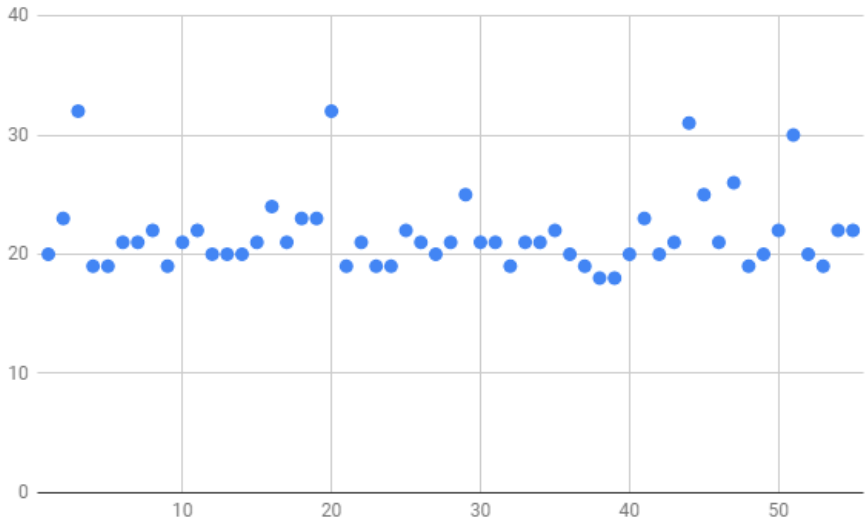
Öğrencilerin gündelik hayatta kullandıkları ve hepsi tarafından işaretlerinin bilindiği düşünülen kelime ve cümleler seçilmiştir.

Test öncesinden öğrencilerin demografik bilgilerini girilmesi istenmiştir. Öğrencilerin demografik bilgilerine baktığımızda oranları Şekil 3.10'da yer aldığı gibi 24 adet kız ve 31 adet erkek öğrenci yer almıştır.



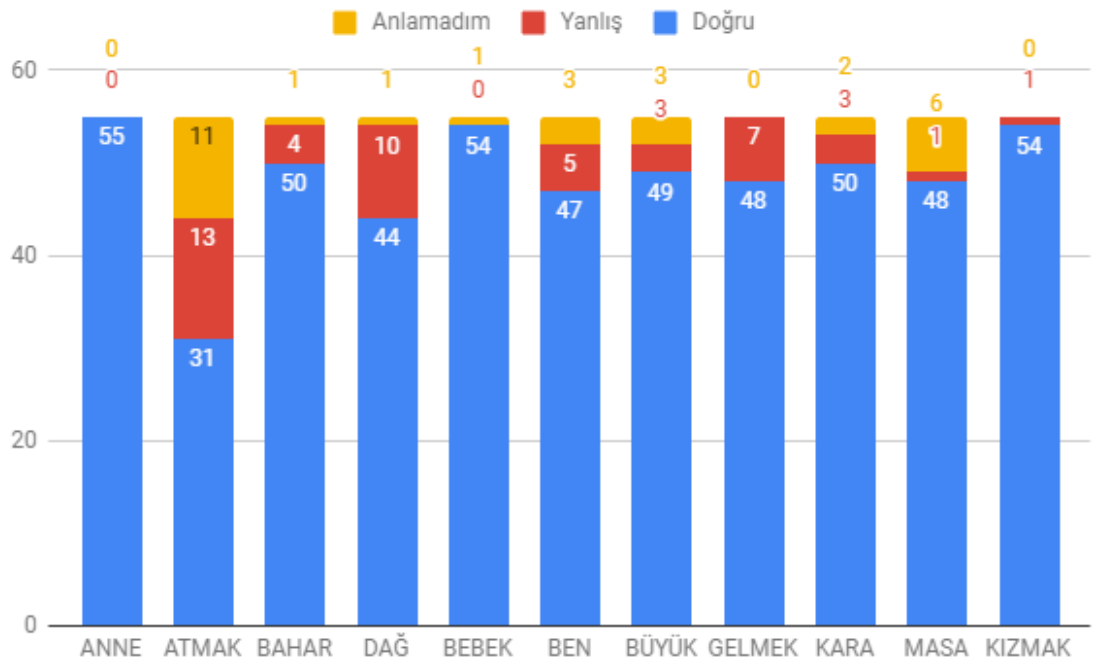
Şekil 3.10. Teste katılan erkek ve kız öğrenci sayıları

Entegre Yüksekokulu'nda 2 yıllık ve 4 yıllık bölümler bulunmaktadır. Uygulamalı Güzel Sanatlar ve Bilgisayar bölümü öğrencileri ile çalışılmıştır. Öğrencilerin yaş ortalaması 21 olup yaş dağılımı Şekil 3.11'de yer almaktadır.



Şekil 3.11. Teste katılan öğrenci yaş grafiği

Test online olarak gerçekleştirildiği için sonuçlar veri tabanına kaydedilmiştir. 11 adet kelimenin yer aldığı sonuçlar Şekil 3.12'de yer almaktadır.

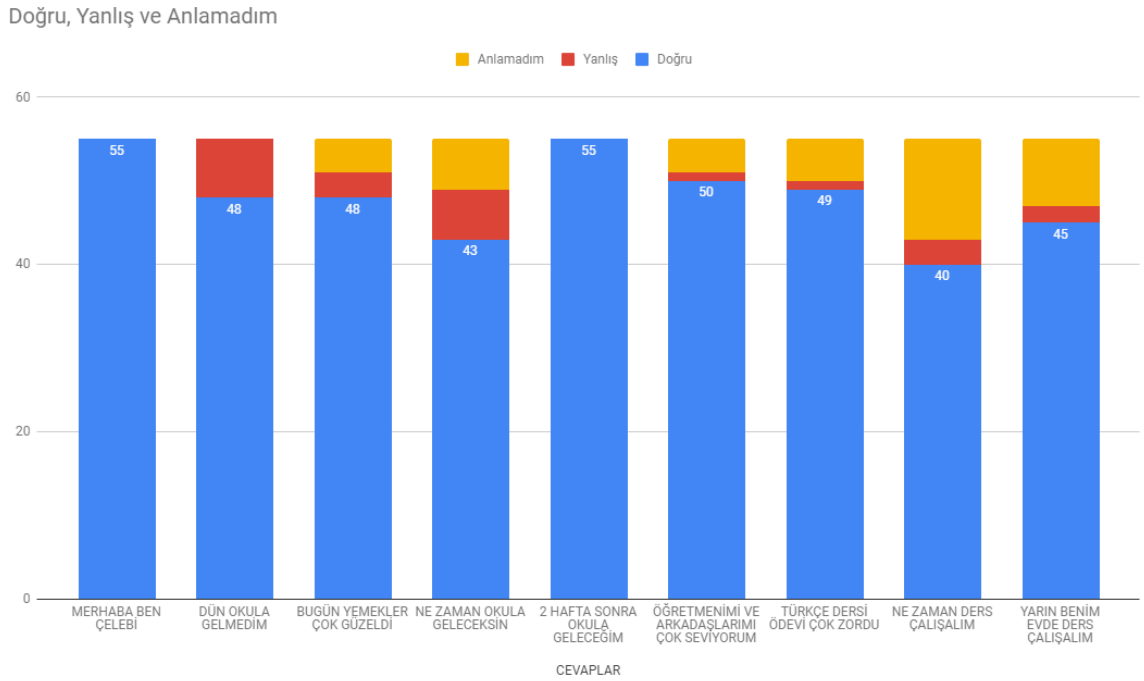


Şekil 3.12. Testte kullanılan kelimelerin anlaşılma oranları

Test Sonuçları incelendiğinde el kol hareketleri ve mimik hareketlerinin belirgin olduğu Anne ve Kızmak kelimelerinin tüm öğrenciler tarafından anlaşıldığı gözlemlenmiştir. Dağ ve Kapadokya kelimelerin hareketleri birbirine çok benzediği en çok yanlış bilinen kelimeler arasında yer almıştır. Öğrencilerin 31 tanesi Atmak kelimesini doğru, 13 tanesi yanlış anlamıştır. 11 tanesi ise kelimenin işaretini anlamadıklarını gözlemliyoruz. Cevaplar Çizelgesini incelediğimiz zaman yanlış bilen öğrencilerin Atmak kelimesi yerine beysbol ve çöp atmak, gibi cevaplar girdikleri görülmüştür. Aslında Atmak ve beysbol oynamadaki el hareketi aynı fakat elin konumu farklı olduğu için yanlışlık olduğu anlaşılmıştır. Çelebi'nin hareketi yaparken geriye doğru çok ilerlemeden ve omuz hizasından yapması gerektiği anlaşılmıştır.

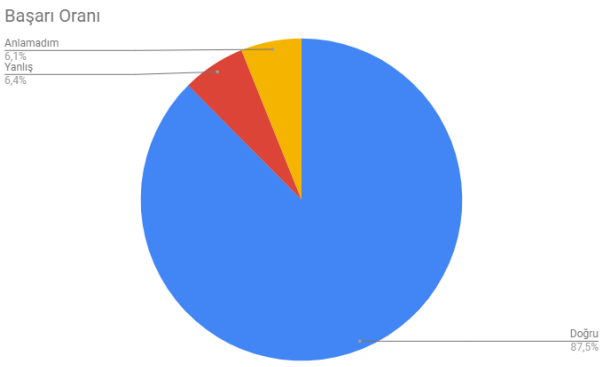
Teste öğrencilere sorulan sorulardan 9 tane yer alan cümlelerin sonuçları ise Şekil 3.13'te verilmiştir. Cümle sonuçlarını incelediğimizde "Merhaba Ben Çelebi" ve "2 Hafta Sonra Okula Geleceğim" cümlelerinin tüm öğrenciler tarafından anlaşıldığı

gözlemlenmiştir. “Merhaba Ben Çelebi” cümlesinden “Çelebi” özel isim olduğu için harflere parçalanarak harf olarak gösterimi yapılmaktadır. Test çalışmasında harflere parçalanan kelimelerin anlama oranlarının da yüksek olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 3.13. Testte kullanılan cümle anlaşılma oranları

“Ne Zaman Okula Geleceksin” soru cümlesinin ise en çok yanlış bilinen cümle olduğu görülmektedir. Yine içerisinde Ne Zaman soru kipi olan “Ne zaman Ders Çalışalım” cümlesi en çok anlaşılmayan cümle olmuştur.



Şekil 3.14. Test çalışmasının başarı oranı

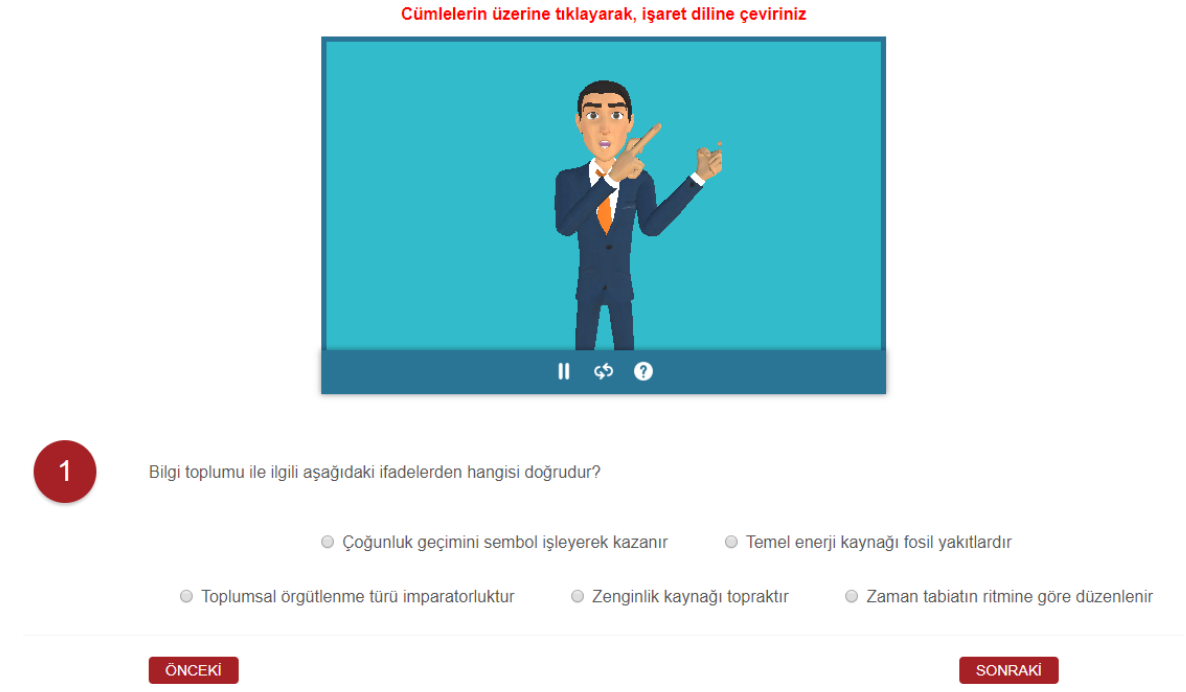
11 Kelime ve 9 cümle ile oluşturulan testin metinden işaret diline çeviri sisteminin başarı oranı Şekil 3.14'de yer aldığı gibi %87,5 olmuştur. Bu başarı oranı hem Çelebi'nin yaptığı hareketlerin tam olarak işaret dilindeki karşılığına gelmesi hem de Türkçeden Türk işaret diline çeviri algoritmasının başarısının bütününü içermektedir. Her iki durumda işitme engellilerin anlamasını önemli etkisi olduğu için beraber değerlendirmenin doğru olacağı gözlemlenmiştir. Aynı test çalışmasını gerçek çevirmen ile gerçekleştirildiğinde de anlaşılmama olasılığı olacaktır. İleri çalışmalarda bu oranlarında çıkarılması planlanmıştır.

Başarı oranını ölçmek için tez kapsamında ikinci bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Unity üzerinden geliştirdiğimiz programı, unity'nin çoklu platform desteği özelliği ile WebGL formatında çıktı alınarak web platformunda çalıştırılmıştır. Şekil 3.15'de yer alan çalışma, Anadolu Üniversitesi Açık Öğretim Fakültesi bünyesinde ortak okutulan Temel Bilgi Teknolojileri dersi test için geliştirilmiştir. Yapılan test çalışmasına http://fef.ogu.edu.tr/ocelik/tez/tid_ile_test adresinden erişilmektedir.



Şekil 3.15. Temel bilgi teknolojileri test başlangıç ekranı

Bu çalışma kapsamında Şekil 3.16'da yer aldığı gibi teste yer alan sorular ve cümleler site içerisinde tıklandığında anlık olarak işaret diline çevrimleri gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.16. TİD çeviri sistemi ile test uygulaması

Anadolu Üniversitesi Açık Öğretim Fakültesi ile yaptığımız görüşmelerde 2018 yılı eğitim öğretim döneminde 2600'e yakın işitme engellinin fakültenin herhangi bir programına kayıtlı olduğu verisine ulaşılmıştır. İşitme engellilerin okuduklarını anlama oranlarını düşük olduğunu için ders materyallerinden anlamada zorluk çekebilecekleri gözlemlendiği için ön çalışma yapılmıştır. Temel Bilgi Teknoloji I ortak dersi için 20 soruluk teste işaret dili çeviri özelliği eklenmiştir. Şekil 3.15'de yer aldığı gibi teste başlamadan önce işaret dili ile bilgi verilerek işitme engellilere test soruları ve cevapları Çelebi ile işaret diline çevirme özelliği getirilmiştir. Şekilde 3.16'de ekran görüntüsü yer alan teste görüldüğü gibi Çelebinin alt kısmında işitme engellinin tıkladığı soru ve şıklar anlık olarak işaret diline çevrilmektedir.

4. İŞARET DİLİNDEN METNE ÇEVİRME SİSTEMİ

4.1. İşaret Dilinden Metne Çeviri Sistemine Giriş

İkinci bölümde verilen metinden işaret diline çeviri sistemi ile metinlerin/seslerin işitme engellilerin anlayabileceği şekilde görselleştirilmiştir. Bu bölümde işitme engellilerin yapmış oldukları hareketlerin işaret dili bilmeyenlerin anlayacağı şekilde metne ve/veya sese dönüştürülmesi üzerine çalışılacaktır. İşitme engelli ile işaret dili bilmeyenlerin çift taraflı iletişimin sağlanması için işaret dilinden metne çevirme sisteminin önemi büyüktür. Bu amaç için iki farklı yöntem kullanılacak ve başarı oranları kıyaslanacaktır.

İlk yöntemde Microsoft'un geliştirmiş olduğu Kinect One cihazı kullanılarak işaretlerin algılanması sağlanmıştır. Kinect One cihazının üzerinde bulunana sensörler ile işaret yapan kişinin eklem yerlerinin (vücut üzerinden 24 eklem noktası) x, y, z koordinatları elde edilerek Saklı Markov Model (Hidden Markov Model - HMM) makine öğrenmesi tekniği kullanılmıştır.

İkinci yöntemde ise herhangi bir sensör kullanılmadan, web kamerası karşısında yapılan hareketlerin Konvolüsyonel Yapay Ağlar **(** Convolutıion Neural Network) ve Uzun Kısa Süreli Bellek (Long Short Term Memory) derin öğrenme teknikleri kullanılmıştır.

İşaret dilinden metne çevirme sistemlerinin geliştirilme aşamasında makine öğrenmesi ve derin öğrenme teknikleri ile birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. Starner vd. (1998), Saklı Markov Modeli (HMM) makine öğrenme tekniğini kullanarak, Amerikan İşaret Dili cümlelerini metne çevirme çalışmalarında bulunmuştur. Globel ve Assan (1997) ise %94 lük başarı oranı ile Hollanda'nın işaret dilini için bir sistem geliştirmiştir. Chai vd. (2013.) ise çalışmasında Çince İşaret Dilinden Çince'ye çevirme üzerinde çalışmalar yapmıştır.

Tkashashi ve Kishino (1992), Wang vd. (2006), Shanableh ve Assaleh (2011) çalışmalarında donanımsal cihazlar kullanarak işaret diline metne çevirme üzerine

çalışmalarda bulunmuşlardır. Donanımsal cihazların başında Microsoft firmasının üretmiş olduğu yaygın kullanılan Microsoft Kinect cihazı gelmiştir. Son yıllardaki çalışmalarda ise Kinect cihazı özelliklerini taşıyan Intel firmasının geliştirmiş olduğu Intel RealSense ve el hareketlerini izleyen daha küçük Leap Motion cihazları da kullanılmıştır.

Haberdar ve Albayrak (2005), Işıkdoğan ve Albayrak (2011) , Ketenci vd.(2015) ise Türk işaret dili görüntülerinden Türkçe'ye çevirme sistemleri üzerinden çalışmalarda bulunmuşlardır. Türk işaret dili tanıma çalışmalarında makine öğrenme yöntemlerinde Saklı Markov Model (HMM), K-En Yakın Komşu (KNN), Destek Vektör Makineleri (Support Vector Machine- SVM) ve Temel Bileşen Analizi (PCA) ağırlık olarak kullanılmıştır, son yıllardaki çalışmalarda ise derin öğrenme tekniklerin Convolusion Neural Network (CNN) modellerin kullanıldığı gözlemlenmiştir. Bu çalışmalardan farklı olarak ilk yöntemle Kinect cihazından alınan vücudun eklem noktalarının x, y, z koordinatları kullanılarak HMM ile model oluşturulmuştur. İkinci yöntem ile de var olan çalışmalardan farklı olarak web kamerasından alınan görüntülerin önce CNN ile tahminlendirilip, daha sonra ise LSTM ile yeni bir model oluşturulmuştur. Böylelikle hareketli olan işaretlerinde doğru tahminlenmesi sağlanmıştır.

4.2. Kinect Cihazı ile Makine Öğrenme Yöntemi

4.2.1. Makine öğrenme yöntemi materyali

Kinect 360 Microsoft firması tarafından Haziran 2010 tarihinde üretilmiştir. Şubat 2012'de ise Windows sürümü yayınlanmıştır. Kinect, üzerinde bulundurduğu hoparlör ve sensörler ile sese ve mimik hareketlere bağlı olarak oyunlarda etkileşimlerinde çözümler sunmaktadır. Bu özellikleri ile sadece oyun alanında değil, tiyatro performansları doğal ara yüzler ve robotik alanında kullanılan popüler bir cihaz haline gelmiştir. Şekil 4.1'de Kinect 360 görseli yer almaktadır.



Şekil 4.1. Microsoft Kinect 360

Smisek vd. (2013) yaptığı çalışmada 'Kinect' kelimesini 'Kinematics' kelimesinden geldiğini, çünkü çalışma koşullarında vücudun iskeletini ve eklem yerlerini algıladıklarını belirtmiştir. Kinect, RGB (Red Green Blue) ve derinlik sinyallerini deşifre eden hem donanıma hem de yazılıma dayalı teknolojiye sahiptir. Bu sensörün donanım kısmı, bir RGB kamera, üç boyutlu bir derinlik sensörü (bir kızılötesi kamera ve bir projektör), bir ivmeölçer, bir dizi mikrofon ve ivme güçlerini üretebilen bir eğim motorundan oluşur.

Microsoft, 2013 yılında özellikle oyun piyasasında daha gelişmiş bir versiyon olarak Kinect One cihazı üretmiştir. Kinect One, USB 3 bağlantısı kullanarak bilgisayara bağlanabilir ve 3 boyutlu modelleme görevi için girdi olarak kullanılabilir. Şekil 4.2'de Kinect One görseli yer almaktadır. Kinect üzerinde 2 adet derinlik kamerası, 1 adet RGB kamera ve 2 adet mikrofon bulunmaktadır.



Şekil 4.2. Microsoft Kinect One

Kinect 360 ve Kinect One cihazlarının kıyaslaması Çizelge 4.1'de yer almaktadır. Bununla birlikte Microsoft 2017 yılında aldığı karar ile Kinect üretimini durdurmuştur.

Çizelge 4.1. Kinect 360 ve kinect one kıyaslaması

Özellikleri	**Kinect 360**	**Kinect One**
RGB Kamerası	640 x 480 @ 30 Hz	1920 x 1080 @ 30 Hz
Derinlik Kamerası	640 x 480 @ 30 Hz	512 x 424 @ 30 Hz
Max Derinlik Uzaklığı	~ 4.5 M	~4.5 M
Min Derinlik Uzaklığı	40 cm	50 cm
Eğim Motoru	Var	Yok
Yatay Görüş Alanı	57 Derece	70 Derece
Dikey Görüş Alanı	43 Derece	60 Derece
Tanımlanan İskelet Eklemi	20 Eklem	26 Eklem
İzlenen Tam iskeletler	2	6
USB Standardı	2.0	3.0
Özel Adaptör	Gerekli Değil	Gerekli

Kinect yazılım araçları, kütüphanede bulunan algoritmik bileşenlerle birlikte Kinect geliştirme kütüphanesini içermektedir. Halen, OpenNI, Microsoft Kinect Yazılım Geliştirme Kiti (SDK) ve OpenKinect (LibFreeNect) gibi çeşitli yazılım araçları bulunmaktadır. OpenNI her zaman NITE adı verilen ve 2.0'ın en yüksek sürümüne sahip Uyumlu bir ara katman yazılımı ile çalışmaktadır. Çok platformlu ve açık kaynak kodlu bir araçtır. Microsoft Kinect SDK, Microsoft tarafından yayımlandı ve 1.7'nin en son sürümüne sahiptir ve sadece Windows işletim sistemlerinde kullanılmaktadır. OpenKinect, ise bir Kinect topluluğu topluluğu tarafından oluşturulmuş ve ücretsiz açık kaynaklı bir kütüphanedir.

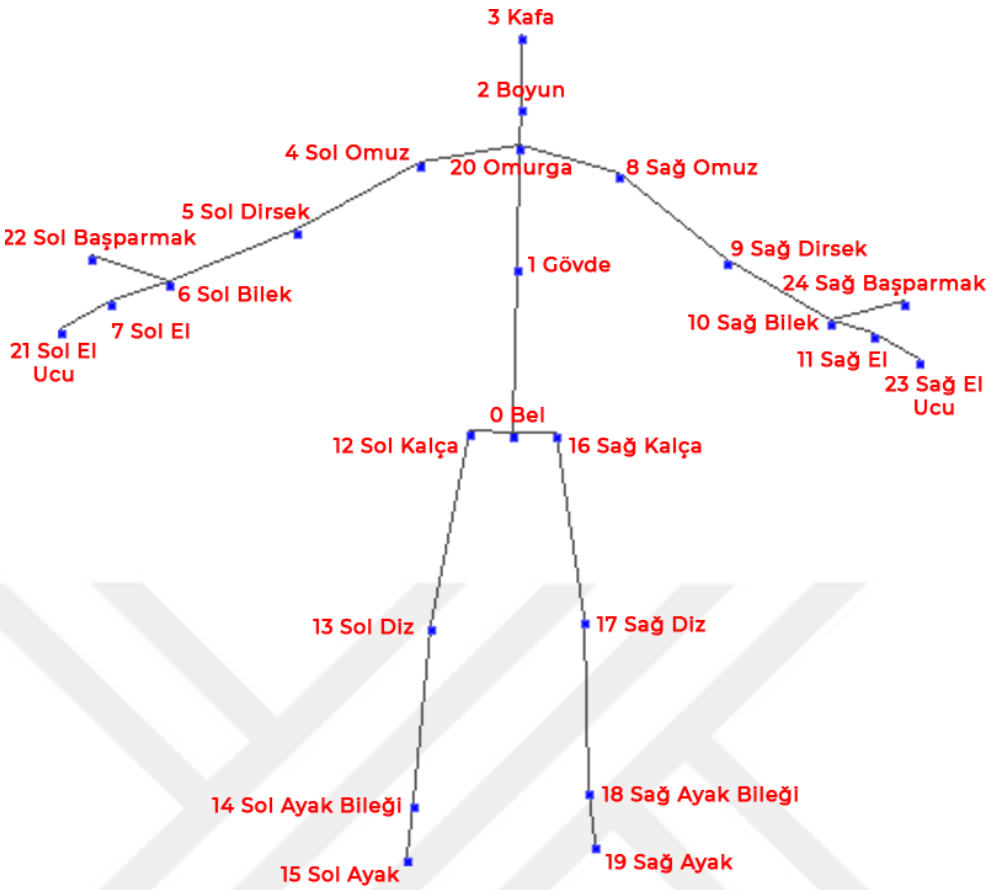
Kinect, iskelet yapısını, Çizelge 4.2''de gösterildiği gibi 25 eklem noktasından oluşturur. Şekil 4.3'te insan vücudu üzerinde işaretlenmiştir. Her bir bağlantı noktası, 3B koordinatları içeren ve bir zaman serisi olarak gösterilen Kinect koordinat ekseninde önceden tanımlanmış bir vücut bölgesine aittir. Microsoft Kinect SDK ile insan iskeletinin 25 eklemi takip edilerek gerçek zamanlı ve gelişmiş animasyonlar için kullanılabilir.

Çizelge 4.2. Kinect one cihazının vücut üzerinden algıladığı eklem noktaları

Eklem Noktaları	
Kafa	Sağ Kalça
Boyun	Sol Kalça
Sağ Omuz	Sağ Ayak
Sol Omuz	Sol Ayak
Sağ Dirsek	Sağ Ayak Bileği
Sol Dirsek	Sol Ayak Bileği
Sağ Bilek	Gövde
Sol Bilek	Bel
Sağ El	Sağ El İpucu
Sol El	Sol El İpucu
Sağ Diz	Sağ Baş Parmak
Sol Diz	Sol Baş Parmak
Omurga	

Saklı Markov Modelleri, her bir sıra birim gözlemi için bir durum geçişi olan ve her durum için bir çıkış sembolü emisyonunun olduğu sonlu durum makineleri olarak görülebilir.

Saklı Markov Modelleri ilk kez 1960'ların ikinci yarısında Boam L.E. Vd. tarafından bir dizi istatistik makalesinde tanımlanmıştır. HMM'lerin ilk uygulamalarından biri 1970'lerin ortalarından itibaren konuşma tanıma idi. Nitekim, konuyla ilgili en kapsamlı açıklamalardan biri 1989 yılında Rabiner L.R. tarafından “Saklı Markov Modelleri ve Konuşma Tanımada Seçilmiş Uygulamalar Üzerine Bir Kitap” ta yayınlanmıştır.



Şekil 4.3. Kinect cihazının tanımladığı eklem noktaları

Bir Markov zinciri tarafından yönetildiği varsayılan dinamik yapıdaki dinamik sistemler bir dizi gözlemlenebilir çıktı yayar. Markov varsayımı altında, son çıktının sadece sistemin mevcut durumuna bağlı olduğu varsayılmaktadır. Bu tür durumlar, genellikle yalnızca çıktı değerleri gözlenebilir olduğunda gözlemciden bilinmez.

Saklı Markov Modelleri, bu tür sistemleri modellemeye çalışır ve diğer şeylerin yanı sıra, belirli bir çıktı dizisi üreten en muhtemel durum dizisini çıkarmaya izin verir, en muhtemel sonraki durum olacaktır (ve sonraki çıktı böylece tahmin eder)) ve verilen bir çıktı sırasının sistemden kaynaklandığı olasılığını hesaplar (sıra sınıflandırması için Saklı Markov modellerinin kullanılmasına izin verir).

Saklı Markov Modellerinde “saklı”, gözlemcinin sistemin hangi durumda olduğunu bilmediğinden, ancak nerede olması gerektiğine ilişkin olasılıksal bir iç görüye sahip olduğu gerçeğinden gelir.

Geleneksel olarak, HMM'ler aşağıdaki beşlik tarafından tanımlanmıştır:

$$\lambda = (N, M, A, B, \pi)$$

Burada;

N, model için durum sayısıdır

M, durum başına farklı gözlem sembollerinin sayısıdır, yani ayrı alfabe büyüklüğü.

A, A = {aij} şeklinde bir matris şeklinde verilen NxN durum geçiş olasılık dağılımıdır.

B, bir matris şeklinde verilen NxM gözlem sembolü olasılık dağılımıdır B = {bj (k)}

π ilk durum dağıtım vektörü π = {πi}

M ve N yapı parametrelerini seçersek, daha sık kullanılan kompakt gösterime sahip olur.

$$\lambda = (A, B, \pi)$$

4.2.2. Makine öğrenme yöntemi modeli

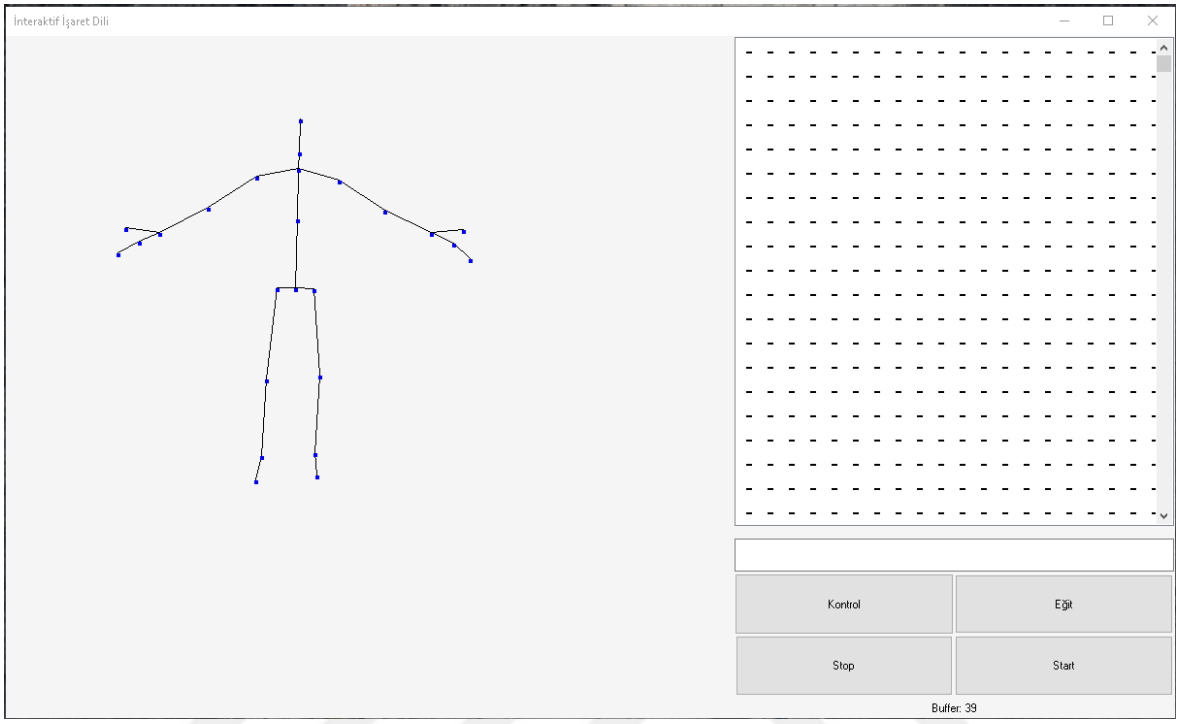
Çalışmada Çizelge 4.3'te verilen 10 adet kelimeden oluşan veri seti kullanılmıştır. 4 farklı kişiden 13 er adet çekim yapılarak, kişilerin eklem nokta kayıtları XML formatında kaydedilmiştir.

Çizelge 4.3: Veri seti listesi

NO	KELİME	NO	KELİME
1	ANNE	6	GÜLE GÜLE
2	BEN	7	GÜZEL
3	ÇEKİÇ	8	HAYIR
4	ÇOK	9	MERHABA
5	EVET	10	SEVMEK

Kinect karşısında yapılan çekimler için C#.net programlama dili kullanılarak Şekil 4.4'deki ara yüz hazırlanmıştır. Veri setinde bulunan kişilerin her bir hareket için sabit konumlarından hareketler başlatılarak, hareketin tamamlanmasına kadarki süreçte kinect

one'nın vermiş olduğu Şekil 4.4'te verilen 25 eklem yerlerinin x, y koordinat kayıt edilmiştir.



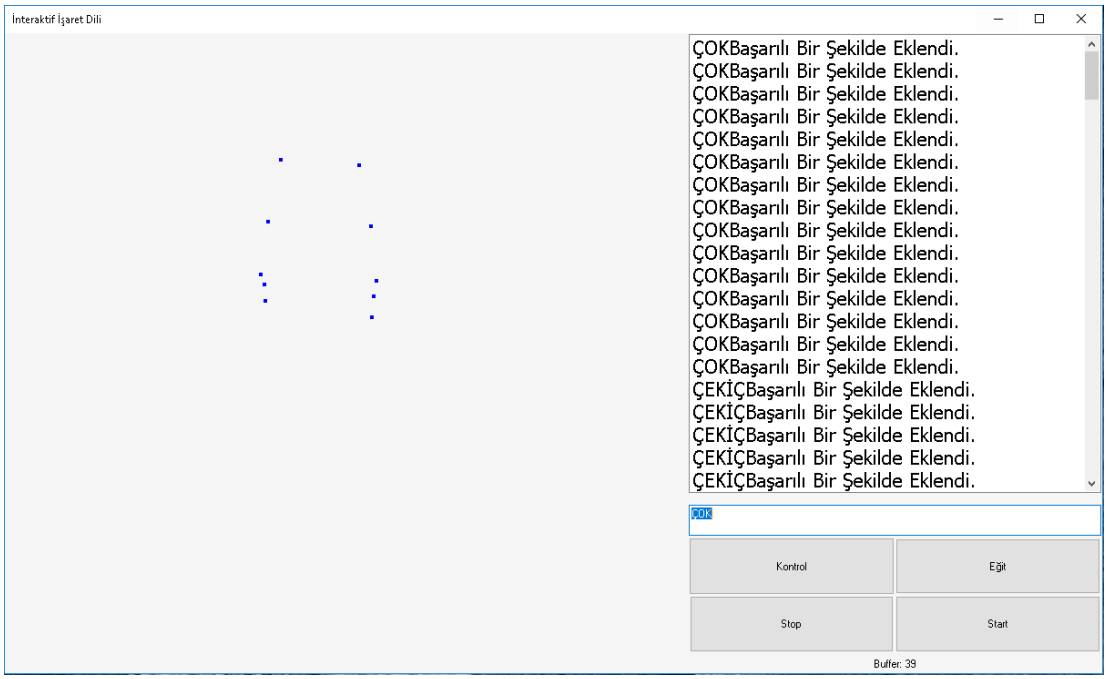
Şekil 4.4. Geliştirilen programın ara yüz görünümü

C#.net ile geliştirilen ara yüzde kinect one'dan gelen eklemlerin x, y koordinatları ile yapılan işaretin karşılında gelen metin Şekil 4.5'de yer aldığı formatta kaydedilmiştir.

Eğitim ve test aşamasında eklem yerlerinin tamamı kullanılmamıştır. Şekil 4.6'da yer aldığı gibi tüm hareketlerde sabit olan eklem yerleri çıkartılarak, farklı eklem yerleri olan sağ omuz, sağ dirsek, sağ başparmak, sağ bilek, sağ el, sağ el ucu, sol omuz, sol dirsek, sol başparmak, sol bilek, sol el ucu ve sol el ucu eklemleri alınmıştır. Her kelime için yapılan hareket kaydedilmiştir. Tüm kelimeler için farklı kişilerin yaptığı hareketler kaydedilerek HMM ile eğitim gerçekleştirilmiştir.

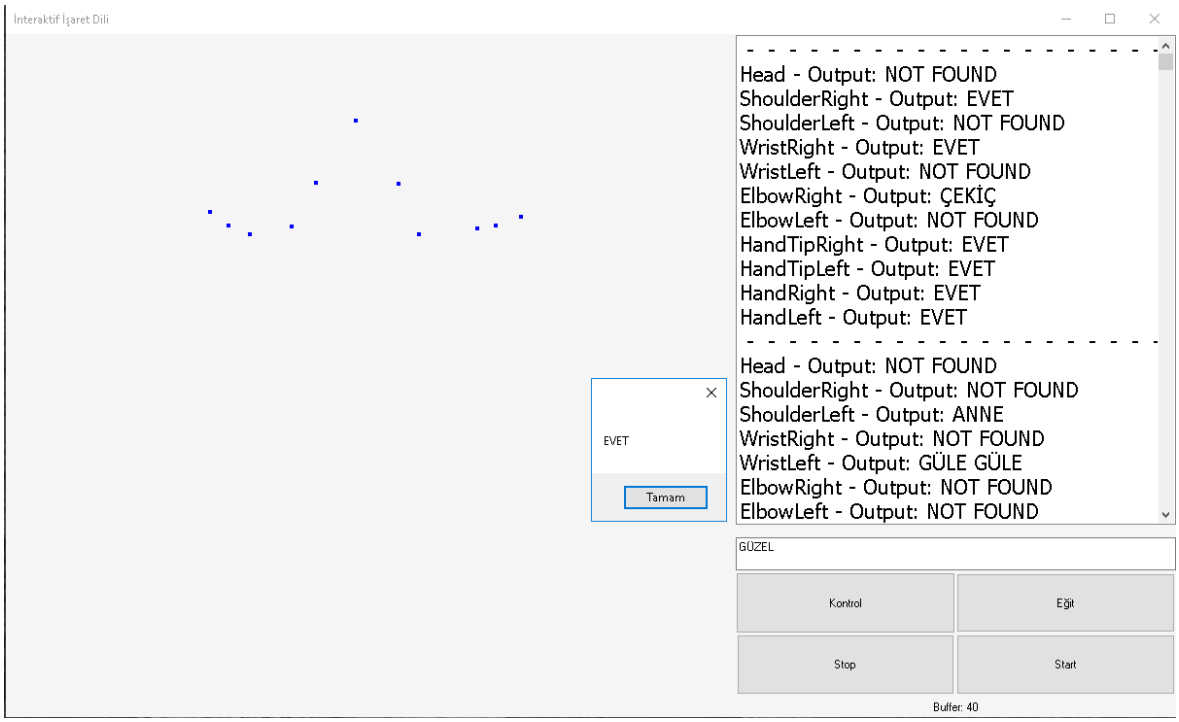
```
<?xml version="1.0"?>
<ArrayOfSequence xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance">
  <Sequence>
    <Classes>
      <string>ANNE</string>
      <string>BEN</string>
      <string>ÇEKİÇ</string>
      <string>ÇOK</string>
      <string>EVET</string>
      <string>GÜLE GÜLE</string>
      <string>GÜZEL</string>
      <string>HAYIR</string>
      <string>MERHABA</string>
      <string>SEVMEK</string>
    </Classes>
    <SourcePath>
      <Point>
        <X>257</X>
        <Y>150</Y>
      </Point>
      <Point>
        <X>257</X>
        <Y>150</Y>
      </Point>
      <Point>
        <X>257</X>
        <Y>150</Y>
      </Point>
      <Point>
        <X>257</X>
        <Y>150</Y>
      </Point>
      <Point>
        <X>257</X>
        <Y>150</Y>
      </Point>
      <Point>
        <X>257</X>
        <Y>150</Y>
      </Point>
      <Point>
        <X>257</X>
        <Y>150</Y>
      </Point>
      <Point>
        <X>257</X>
```

Şekil 4.5. Veri seti xml yapısı



Şekil 4.6. Veri seti oluşturma ara yüzü

Eğitim ile oluşturulan modeli geliştirilen ara yüz içerisinde kontrol bölümünü ile test süreci Şekil 4.7'de veri verilmiştir. 11 eklem noktasının HMM ile tahminlemesi sonucunda belirlenen eşik değer olan 3 ve üzeri eklem yerinin tahminlemesi sonuç tahmini olarak alınmıştır. Eğitim ve testlerde elde edilen sonuçlarda eşik değerinin hareketlere göre farklılık gösterdiği gözlemlenmiştir. Seçilen kelimelerde en iyi sonuç 3 eklem noktası olarak saptanmıştır.



Şekil 4.7 EVET kelime tahminleme sonucu

4.2.3. Makine öğrenme yöntemi araştırma sonuçları

Kinect ile makine öğrenme yönteminde 10 adet kelime ile eğitim ve test süreci gerçekleştirilmiştir. Kelime seçimlerini tek ve çift el hareketli işaretler seçilerek yapılmıştır. Video kamerası üzerinden gelen görüntülerin frame üzerinde tahminleme sonuçlar hareketli işaretlerde maalesef iyi sonuçlar vermemektedir. Kinect kullanarak hareketli işaretlerin tahminleme çalışması gözlemlemek amacıyla bu yöntem uygulanmıştır. Sadece eklem noktaların x, y konumlarına göre HMM ile tahminlemesinde iyi sonuçlar alınmamıştır. Enlem noktaları arasında koordinat olarak farklı yerlerde işaret edilen kelimelerin tahminlemeleri doğru olurken, eklem koordinatlarının yakın olanlarında

yanlış sonuçlar alınmıştır. 10 kelimeden “anne”, “evet”, “hayır”, “merhaba” ve “sevmek” kelimelerini tahminleyebilmiştir. Program içerisinde 50 buffer ile tahminlendiği için işaretin buffer 0 iken harekete başlanması gerektiği gözlemlenmiştir. Ayrıca kinect one cihazından elin sadece el, baş parmak ve el eklemlerin verdiği için parmak hareketlerinin eğitim ve tahminlemesi kinect koordinatları ile imkânsız olduğu da gözlemlenmiştir. Bu yöntem hareketli işaretlerin tahminlenmesi oranları için uygulanmıştır.

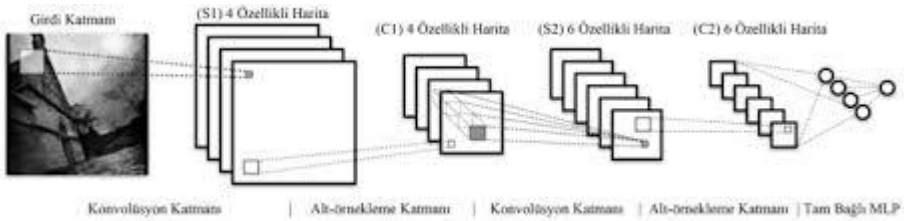
4.3. Web kamerası ile derin öğrenme yöntemi

Bu yöntemde Lenova Yoga 720 diz üstü bilgisayar kamerası kullanılarak veri seti oluşturulmuş ve testler gerçekleştirilmiştir.

4.3.1. Konvolüsyonel yapay ağlar (CNN)

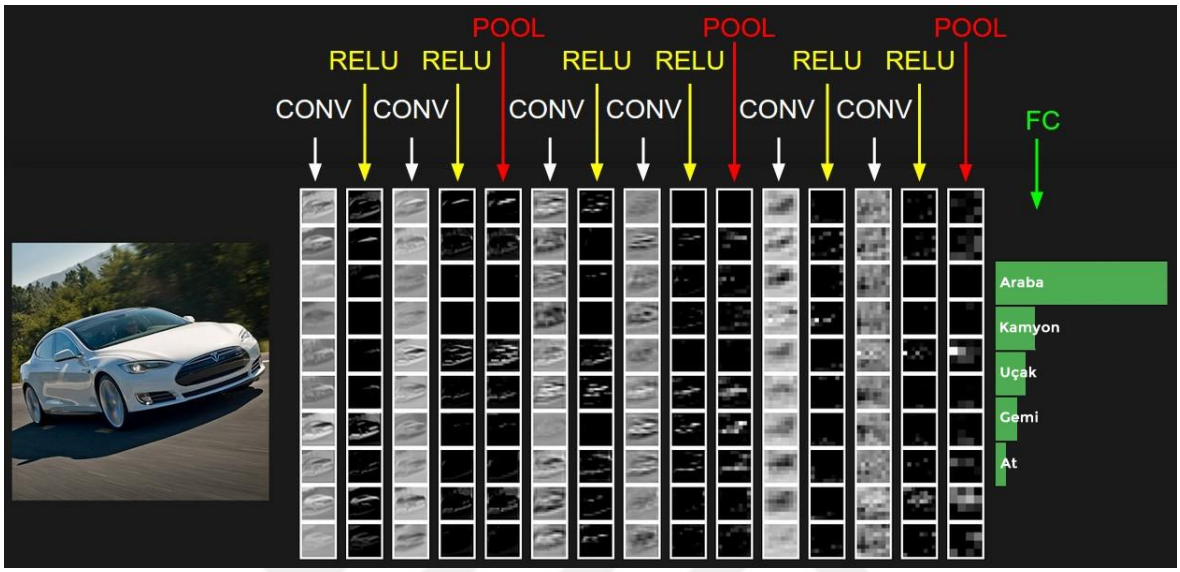
Konvolüsyonel Yapay Ağlar (CNN : Convolution Neural Networks) ileri beslemeli hayvanların görme merkezinden esinlenerek ortaya çıkan çok katmanlı yapay sinir ağıdır. CNN, görüntüleri girdi olarak içeren problemlerle çalışmak için özel olarak tasarlanmıştır. Facebook ve Google gibi büyük teknoloji şirketler, yüz tanıma ve görsel arama gibi çeşitli amaçlar için çok sayıda konvolüsyonel katmanı olan derin konvolüsyonel sinir ağları kullanırlar. CNN algoritmaları başta görüntü işleme olmak üzere ses ve doğal dil işleme gibi birçok alanda kullanılmaktadır.

İlk CNN ağı 1998 yılında Yann LeCun (1998) tarafından geliştirilen Şekil 4.8’de verilen LeNet mimarisidir.



Şekil 4.8. LeNet mimarisi

CNN Mimarisinin eğitim ve test yapılacak verinin girdisi ile en son çıktı aşamasına kadar Şekil 4.9'da yer aldığı gibi birçok aşamadan geçmektedir. Bu aşamaları ve yapılan işlemlere sırasıyla bu bölümde verilmiştir.



Şekil 4.9. CNN mimarı bileşenleri (Convolutional Neural Networks for Visual Recognition,2018)

4.3.1.1. Giriş / çıkış katmanı

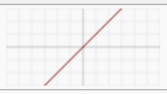
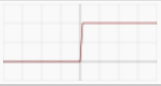
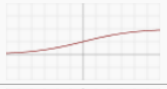
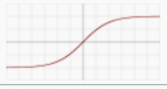
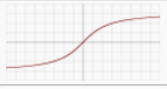
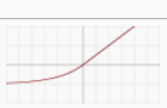
Konvolüsyonel Yapay Ağlarına (CNN) verilen girişler, her değeri 0 ile 255 arasında değişen bir piksel değerleri dizisidir. Örneğin, giriş, 35x35 boyutlarında bir görüntü ise, dizi, 35x35x3 biçiminde 3 boyutlu bir matris oluşturulacaktır. Bir görüntüdeki her piksel, 3 değerle temsil edilir. Bu 3 değer Red Green Blue (RGB), yani kırmızı, yeşil ve mavi yoğunluğunu temsil eder. Görüntü sınıflandırma durumunda, CNN'in işi, bu görüntüyü, yani bir piksel değerleri dizisini, bir girdi olarak almak ve belirli bir sınıfa ait olma ihtimallerini çıkarmaktadır. Tahmin problemlerinde ise, model girdi olarak piksel değerlerini alır ve karşılık gelen çıktı değerlerini tahmin eder.

4.3.1.2. Konvolüsyon katmanı

Konvolüsyon Katmanı, CNN'deki ilk katmandır. Bu katman verilen bir girdideki düşük seviyenin yanı sıra yüksek seviye karmaşık özelliklerin tanımlanmasından sorumludur. Konvolüsyonel, ağın geçmişte öğrendiklerine bakarak giriş sinyalini etiketlemeye çalıştığı bir süreçtir. Giriş sinyali daha önce gördüğü nesne görüntülerine benziyorsa, görüntüdeki nesne referans sinyali giriş sinyaline karışacak veya katlanacaktır. Sonuçta ortaya çıkan çıkış sinyali bir sonraki katmana geçirilir. Konvolüsyonel katman sayısı, tasarlanan CNN ağının yapısına göre farklılık göstermektedir. Arel vd. (2010) çalışmasın da konvolüsyon katmanında, uygulanan konvolüsyon katmanı arttıkça girdideki görüntüye dair özellik haritalarının çıkarımının artacağı için derin anlamda özellik haritası çıkarımını sağlanacağını vurgulamaktadır. Böylelikle çoklu konvolüsyon katmanlı ağlarda girdi verinin daha ayrıntılı analiz edildiği düşünülmektedir.

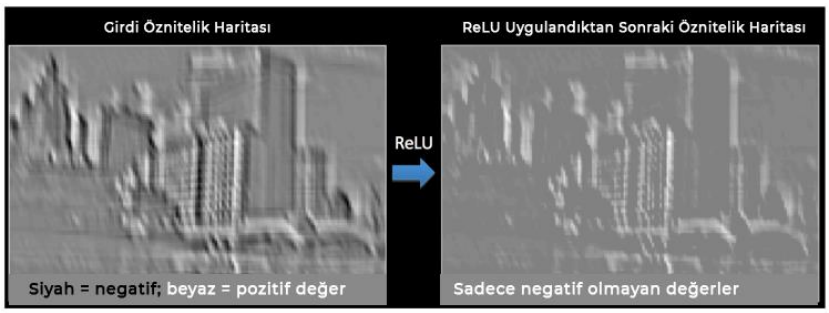
4.3.1.3. Aktivasyon katmanı

Aktivasyon katmanı, CNN mimarisinin sonuna veya arasına konan bir katmandır. Aktivasyon katmanı, sinyalin bir katmandan diğerine nasıl aktarıldığını kontrol ederek beynimizdeki nöronların nasıl ateşlendiğini taklit eder. Geçmiş referanslarla güçlü bir şekilde ilişkili olan çıkış sinyalleri, sinyallerin tanımlanması için daha verimli bir şekilde yayılmasını sağlayan daha fazla nöronu aktive eder. CNN’de, sinyal yayılımını modellemek için Şekil 4.10’da yer alan çok çeşitli karmaşık aktivasyon fonksiyonları kullanılır. CNN’de en yaygın aktivasyon fonksiyonu, daha hızlı eğitim hızı için tercih edilen Rektifiye Doğrusal Birimdir (ReLU).

İsim	Grafik	Denklem	Türev
Identity		$f(x) = x$	$f'(x) = 1$
Binary step		$f(x) = \begin{cases} 0 & \text{for } x < 0 \\ 1 & \text{for } x \geq 0 \end{cases}$	$f'(x) = \begin{cases} 0 & \text{for } x \neq 0 \\ ? & \text{for } x = 0 \end{cases}$
Logistic (a.k.a Soft step)		$f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}$	$f'(x) = f(x)(1-f(x))$
TanH		$f(x) = \tanh(x) = \frac{2}{1+e^{-2x}} - 1$	$f'(x) = 1 - f(x)^2$
ArcTan		$f(x) = \tan^{-1}(x)$	$f'(x) = \frac{1}{x^2+1}$
Rectified Linear Unit (ReLU)		$f(x) = \begin{cases} 0 & \text{for } x < 0 \\ x & \text{for } x \geq 0 \end{cases}$	$f'(x) = \begin{cases} 0 & \text{for } x < 0 \\ 1 & \text{for } x \geq 0 \end{cases}$
Parameteric Rectified Linear Unit (PReLU) [2]		$f(x) = \begin{cases} \alpha x & \text{for } x < 0 \\ x & \text{for } x \geq 0 \end{cases}$	$f'(x) = \begin{cases} \alpha & \text{for } x < 0 \\ 1 & \text{for } x \geq 0 \end{cases}$
Exponential Linear Unit (ELU) [3]		$f(x) = \begin{cases} \alpha(e^x - 1) & \text{for } x < 0 \\ x & \text{for } x \geq 0 \end{cases}$	$f'(x) = \begin{cases} f(x) + \alpha & \text{for } x < 0 \\ 1 & \text{for } x \geq 0 \end{cases}$
SoftPlus		$f(x) = \log_e(1 + e^x)$	$f'(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}$

Şekil 4.10. Aktivasyon fonksiyonları (what are artificial neural networks? , 2018)

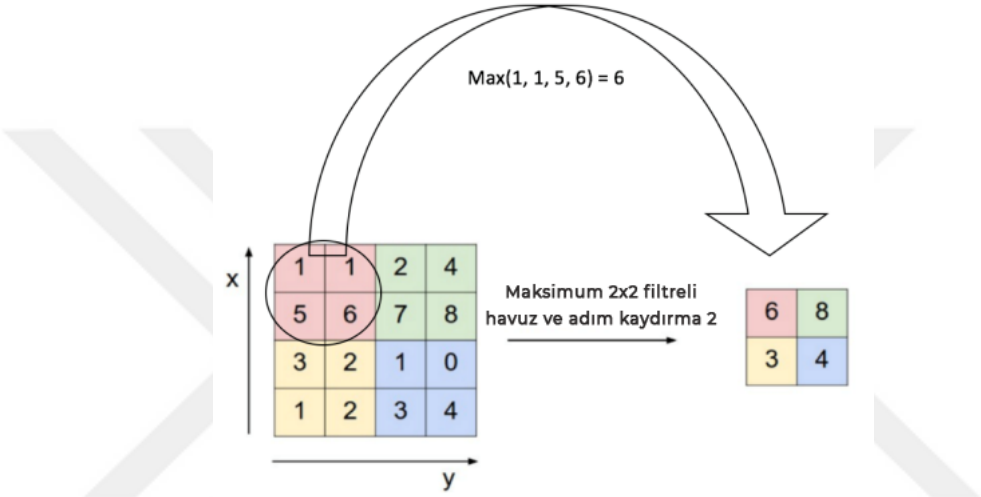
ReLU işlevi, günümüzde sinir ağlarında en yaygın kullanılan aktifleştirme işlevidir. ReLU'nun diğer aktivasyon fonksiyonlarına göre en büyük avantajlarından biri, tüm nöronları aynı anda aktifleşmemesidir. Şekil 4.11'de yer alan ReLU işlevi için olan görüntüden, tüm negatif girdileri sıfıra dönüştürdüğünü ve nöronun aktif hale gelmediğini fark edilmektedir. Bu durum, zaman başına az sayıda nöronun aktive olması nedeniyle CNN'i hesaplama açısından verimli kılar.



Şekil 4.11. ReLU aktivasyon işlemi (Fergus vd., 2015)

4.3.1.4. Havuzlama

Havuzlama katmanı, bir CNN mimarisindeki Konvolüsyon katmanları arasında görülebilir. Bu katman temel olarak ağdaki uzamsal boyutu giderek azaltır ve aşırı uyumu kontrol ederek ağdaki parametre ve hesaplama miktarını küçültür. Max, Min, Ortalama ve L2 Norm havuzlama yöntemleri bulunmaktadır. Şekil 4.12'te max-havuzlama örneği verilmiştir.



Şekil 4.12. Max-havuzlama örneği

Max-havuzlama, yöntemi bir havuzdan yalnızca maksimum değerin alınması esasına dayanır. Girdi boyunca kayan filtrelerin kullanılmasıyla maksimum değerler matrisi oluşturulur. Konvolüsyon katmanından farklı olarak, havuzlama katmanı ağın derinliğini değiştirmez, derinlik boyutunu sabit bırakır.

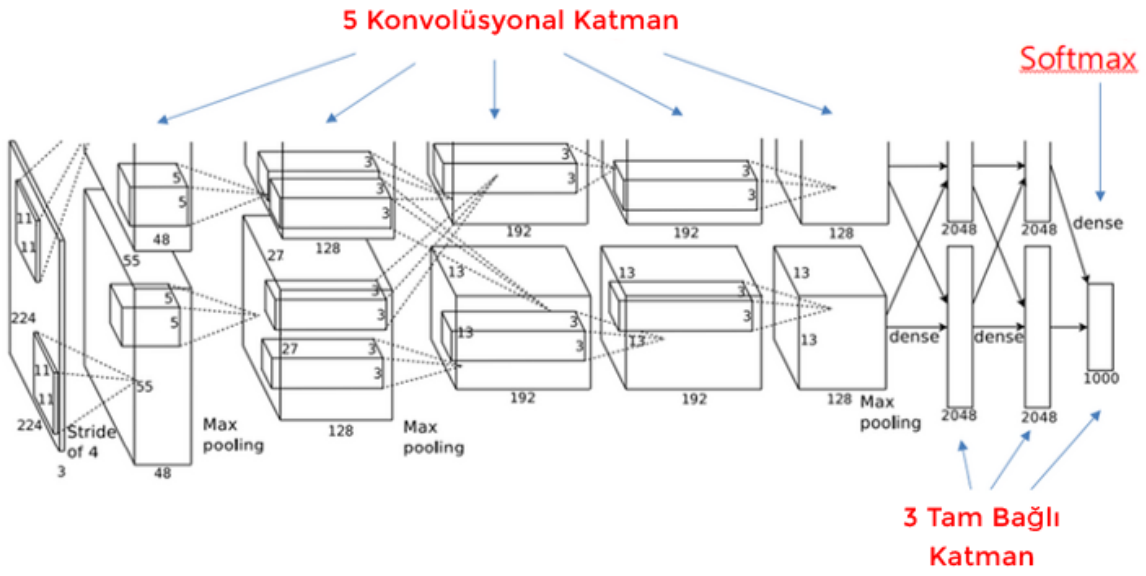
Max-havuzlama sonrası çıktının formülü; n adım sayısı, F filtrenin boyutu, N havuz katmanına giriş boyutu olmak üzere

$$(N - F) / n + 1;$$

biçimindedir.

4.3.1.5. Tam bağlı katman (Fully connected layer)

Bu katman, CNN mimarisinin son katmanıdır. Bu katmanda, nöronlar önceki katmanlardan gelen tüm aktivasyonlarla tam bağlantıya sahiptir. Amacı, 3 boyutlu birime giriş yapmak ve N'nin sınıf sayısı olduğu bir N boyutlu vektör çıkarmaktır. Şekil 4.13'de CNN ağı üzerinde tam başlı katmanı yer almaktadır.



Şekil 4.13. Tam bağlı katman (Fully connected layer)

Convolutional Neural Networks for Visual Recognition, (2018) çalışmasında MNIST veri setinde N, 10'a eşit olmaktadır. Modelin sonunda tamamen bağlı katman bize bir N boyutlu vektör sağlayacaktır. Bu vektördeki her değer, belirli bir sınıfa ait giriş görüntüsünün olasılığını gösterir. Örneğin, [0.5 0.1 0.23 0.33 0.9], tamamen bağlı katman tarafından çıkarılan 5 boyutlu bir vektördür, 0.5, sınıf 1'e ait modele verilen giriş olasılığı, 0.1 sınıf 2'ye ait olma olasılığıdır. Bunun gibi, 5. sınıfa ait girdi olasılığı en yüksek olduğu için, CNN modelimizin girişi 5. sınıfa sınıflandırdığı sonucuna varılmıştır. Bu, en son tam olarak bağlanan katman üzerinde bir kayıp fonksiyonu olarak softmax fonksiyonuna sahip olmakla mümkündür. Her sınıfa ait girişin olasılıklarını tahmin etme yaklaşımına softmax yaklaşımı denir.

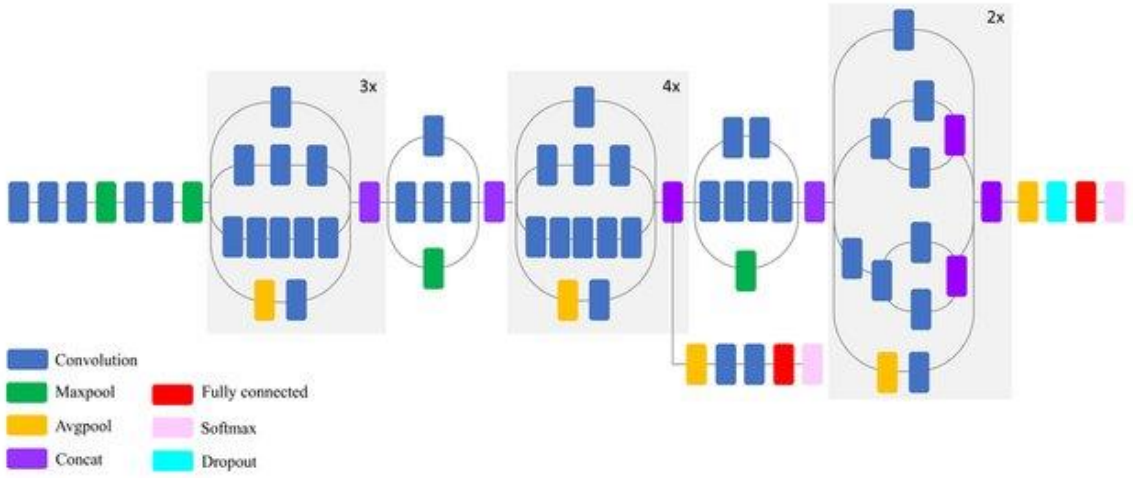
Weston vd. (2012) ve Krizhevsky vd. (2012) çalışmalarında tam bağlı katmanından sonra etiketin tahminin yapılmasında softmax işleminin kullanıldığını belirtmektedir. Softmax işleminde, tahminlenecek sınıfın değer aralığını, sigmoid fonksiyonu gibi [0,1] aralığında değerlere karşılık olasılığını tahminlemektedir.

4.3.2. CNN ile transfer öğrenime

Transfer öğrenme, önceden eğitilmiş bir modelin yeni bir problem üzerinde yeniden kullanılmasıdır. CNN ağlarını az veriyle eğitilmesini sağladığı için Transfer Öğrenme, Derin Öğrenme alanında çok popülerdir. Gerçek dünyadaki sorunların çoğu, bu gibi karmaşık modelleri eğitmek için milyonlarca etiketli veri noktasına sahip değildir. Transfer öğrenmede, önceden eğitilmiş bir Makine Öğrenimi modelinin bilgisi farklı fakat ilgili bir soruna uygulanır. Örneğin, bir görüntünün bir sırt çantası içerip içermediğini tahmin etmek için basit bir sınıflandırıcı çalıştırılırsa, eğitim sırasında kazandığı bilgiyi güneş gözlüğü gibi diğer nesneleri tanımak için kullanılabilir.

Transfer öğrenme, çoğunlukla çok fazla miktarda hesaplama gücü gereksinimi olan Bilgisayar Görme ve Doğal Dil İşleme alanlarında kullanılır. Önceden eğitilmiş birçok transfer öğrenme modelleri vardır. Bu çalışmada, ImageNet “Büyük Görsel Tanıma Mücadelesi” için eğitilmiş olan InceptionV3 modeli kullanılmıştır.

ImageNet 22.000 nesne kategorisine ait 1,2 milyon eğitim görüntüsünün bulunduğu bir veri setidir. Model oluşturmak için 100.000 test görüntüsü ve 50.000 doğrulama görüntüsü kullanılmıştır. Szegedy vd. (2016) tarafından önerilen InceptionV3 modeli CNN tabanlı bir mimariye sahip, sınıflandırma ve tespitte için en iyi transfer öğrenme modelleri arasındadır.



Şekil 4.14. InceptionV3 modeli mimarisi

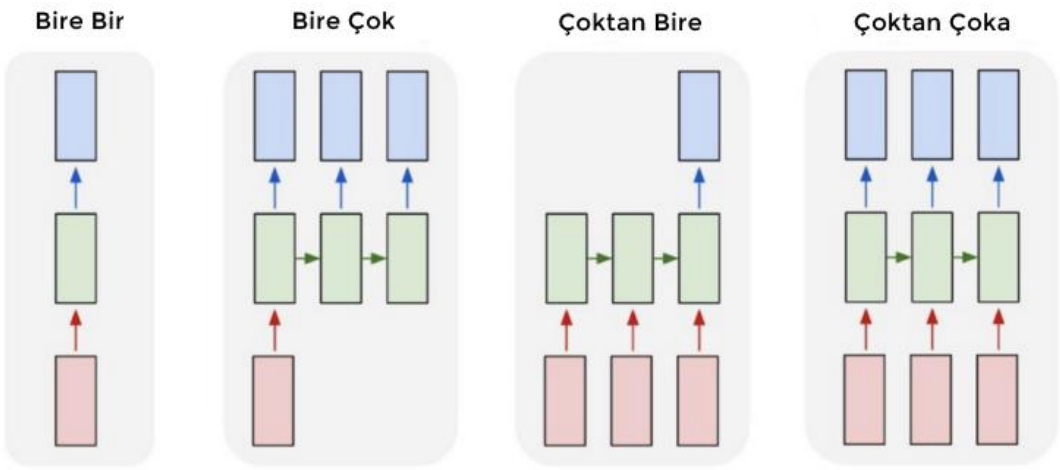
InceptionV3 modeli, ağın aynı modülünde 1 × 1, 3 × 3 ve 5 × 5 konvolüsyonlar hesaplanarak uygulanan "çok seviyeli bir özellik çıkarıcı" olarak tasarlanmıştır. Ağ, konvolüsyonlardan elde edilen sonucun kanal boyutu boyunca istifleneceği ve daha sonra ağdaki tabakaya besleneceği şekilde inşa edilmiştir. Şekil 4.14'de, InceptionV3 modelinin mimarisini göstermektedir.

4.3.3 Tekrarlayan Sinir Ağları (Recurrent Neural Network)

Tekrarlayan sinir ağları (RNN); metin, genom, el yazısı, konuşulan kelime veya sensörler, borsalar ve devlet kurumlarından çıkan sayısal zaman serileri gibi veri dizisindeki kalıpları tanımak için tasarlanmış bir yapay sinir ağı türüdür. RNN'ler, diğer birçok derin öğrenme algoritması gibi, nispeten eskidir. Başlangıçta 1980'lerde yayınlanmıştır, ancak mevcut hesaplama gücündeki artış, günümüzde sahip olduğumuz muazzam miktarda veri ve 1990'larda LSTM icadı nedeniyle yalnızca birkaç yıldan bu yana gerçek potansiyeli göstermektedir.

Dahili hafızası nedeniyle, RNN'ler aldıkları girdiyle ilgili önemli şeyleri hatırlarlar, bu da gelecekleri tahmin etmekte çok kesin olmalarını sağlar. Tekrarlayan yapay sinir ağları, diğer algoritmaların yapamadığı ardışık verilerde tahminde bulunur.

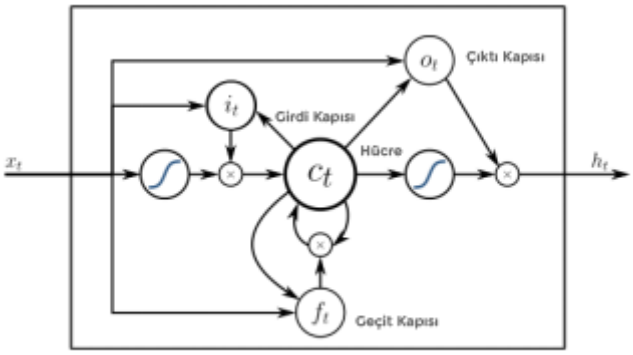
İleri beslemeli bir sinir ağı, diğer tüm derin öğrenme algoritmaları gibi girdilerine bir ağırlık matrisi atar ve ardından çıktıyı üretir. RNN ise mevcut ve önceki girişlere ağırlık uygular. Ayrıca ileri beslemeli sinir ağları bir girişi bir çıkışa eşlerken, Şekil 4.15'de yer yer aldığı gibi RNN'ler bir- çok, çok - çok (çeviri) ve çok - bire (ses sınıflandırması) haritalayabilmektedir.



Şekil 4.15. RNN Mimarileri

4.3.3.1. Uzun Kısa Süreli Bellek Ünitesi (Long Short -Term Memory Units)

Alman araştırmacılar Hochreiter ve Schmidhuber (1997) tarafından kaybolan gradyan sorununa bir çözüm olarak "Long Short Term Memory Units" LSTM'leri ile tekrarlayan netin bir varyasyonu önerilmiştir. LSTM birimleri, tekrarlayan bir sinir ağının (RNN) katmanları için bir yapı birimidir. LSTM birimlerinden oluşan bir RNN'ye genellikle LSTM ağı denir. Ortak bir LSTM birimi bir hücreden, bir giriş geçidinden, bir çıkış geçidinden ve bir unutma geçitten oluşur. Hücre, rastgele zaman aralıklarındaki değerleri "hatırlamaktan" sorumludur. Dolayısıyla LSTM'de "hafıza" kelimesi var. Üç geçitten her biri, çok katmanlı (veya ileriye dönük) bir sinir ağında olduğu gibi "geleneksel" bir yapay nöron olarak düşünülebilir. Yani, ağırlıklı bir toplamın bir aktivasyonunu (bir aktivasyon fonksiyonu kullanarak) hesaplar. Sezgisel olarak, LSTM'nin bağlantılarından geçen değer akışının düzenleyicileri olarak düşünebilen "kapı" ifadesi vardır. Bu kapılar ve hücre arasında çeşitli bağlantılar vardır. Kapılar ve hücre bağlantıları Şekil 4.16'da ayrıntılı olarak verilmiştir.



Şekil 4.16. Basit bir LSTM yapısı

4.3.4. Derin öğrenme yöntemi video ön işleme ve eğitim

Video içerisindeki hareketlerin algılanıp işaret diline çevirme işleminde derin öğrenmek teknikleri kullanılmıştır. Günümüzde makine öğrenmesi ve derin öğrenme tekniklerinin açık kaynak kodlu Python dili ve R programlama diller popüler olarak kullanılmaktadır. Tez çalışmasında derin öğrenme teknikleri Python programlama dil kullanılmıştır. Python windows, macintosh ve linux platformlarında kullanılmaktadır.

TensorFlow, derin öğrenme modellerini uygulamak için farklı işlevler sağlayan Python kütüphanesidir. Tensorflow makine öğrenimi ve derin sinir ağları araştırması yürütmek amacıyla Google'ın Google Brain ekibi tarafından 2015 yılında geliştirilmiştir. Grafikteki düğümler, matematiksel işlemleri temsil ederken, grafik kenarları aralarında iletilen çok boyutlu veri dizilerini (tensörler) temsil eder. Esnek mimari, hesaplamayı tek bir API ile bir masaüstü, sunucu veya mobil cihazdaki bir veya daha fazla CPU'ya veya GPU'ya dağıtmasına olanak tanır.

Bu tez çalışmasında TensorFlow kütüphanesiyle transfer öğrenme modellerinden InceptionV3 modelini kullanılmıştır. InceptionV3, çok sayıda görüntü türünü ayırt edebilen milyonlarca parametreye sahip devasa bir görüntü sınıflandırma modelidir.

Veri setimiz 10 adet rakam ve 29 adet harf videolarından oluşmaktadır. 4 farklı kişiden 5 er adet video ile toplam 200 videodan oluşmaktadır. Veri setini oluşturmak için

tek el sabit, çift elli ve sadece tek parmak farklılıklarıyla sınıflandırma yapılacak kelimeler seçilmiştir.

Video çekimlerinde video karesinde sadece 1 kişinin bulunmasına dikkat edilmiştir. İşaret dilinde el ve parmak hareketleri önemli arz ettiği için veri seti videolarında el konumları ve parmakların belirgin olmasına dikkat edilmiştir. Video çekimlerinde her bir hareket için yaklaşık 3 sn çekim yapılmış ve hareketlerin başlangıç konumları sağ ve sol ellerin sabit iken başlatıp, hareketin bitimiyle tamamlanmıştır İşaret dili sözlüğünde yer alan videoların kısa ve uzun olmasını eğitim sürecinde sorun çıkarmaması açısından kısa süreli hareketlerde son framelerin çoğaltılması planlanmıştır.

Şekil 4.17'te yer alan Hayır kelimesi işaretinde tek el kullanıldığı görülmektedir.



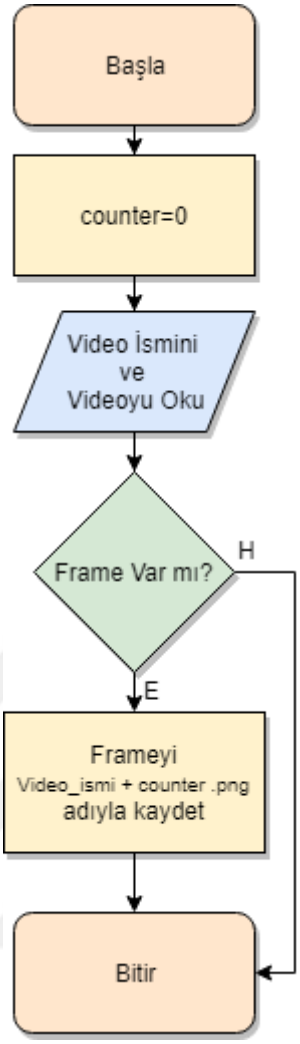
Şekil 4.17. Hayır kelimesinin işaretinin gösterimi

Şekil 4.18'de çift elin kullanıldığı kabul kelimesinin hareketi yer almaktadır**.**



Şekil 4.18. Kabul kelimesinin işaretinin gösterimi

Hazırlanan videoların Konvolüsyonel Yapay Ağlar (CNN) eğitim modeli için frameler ile eğitimi amaçlanmıştır. Veri seti videoların eğitim aşamasında kullanılması için framelere parçalanmıştır. Video frameleri için Şekil 4.19'da verilen algoritma kullanılmıştır.



Şekil 4.19. Videoların Framelere ayrılması algoritma şeması isimlendirmede genel çerçeve aşağıdaki gibi olacaktır.

```
"KİŞİ ADI" _ "HAREKET ADI" _ "TEKRAR SAYISI" _ "FRAME SAYISI" .JPG
Örnek: AHMET_HAYIR_1_10.jpg
```

İşaret dili hareketlerinde öncelikli olarak el ve parmak hareketlerinin tahminlemesi gerçekleştirilir. Sadece el hareketleri için eğitim modeli besleneceği için ten renginin bulunduğu kafa bölgesi tespiti çalışması gerçekleştirilmiştir. Tüm framelerde tespit edilen kafa bölgesi siyah çerçeve ile kapatılmıştır. Şekil 4.20'de kafa tespitinden sonra tek el ve çift el hareketli görüntüler verilmiştir.



(a) Tek el hareketli görüntüden kafa tespiti

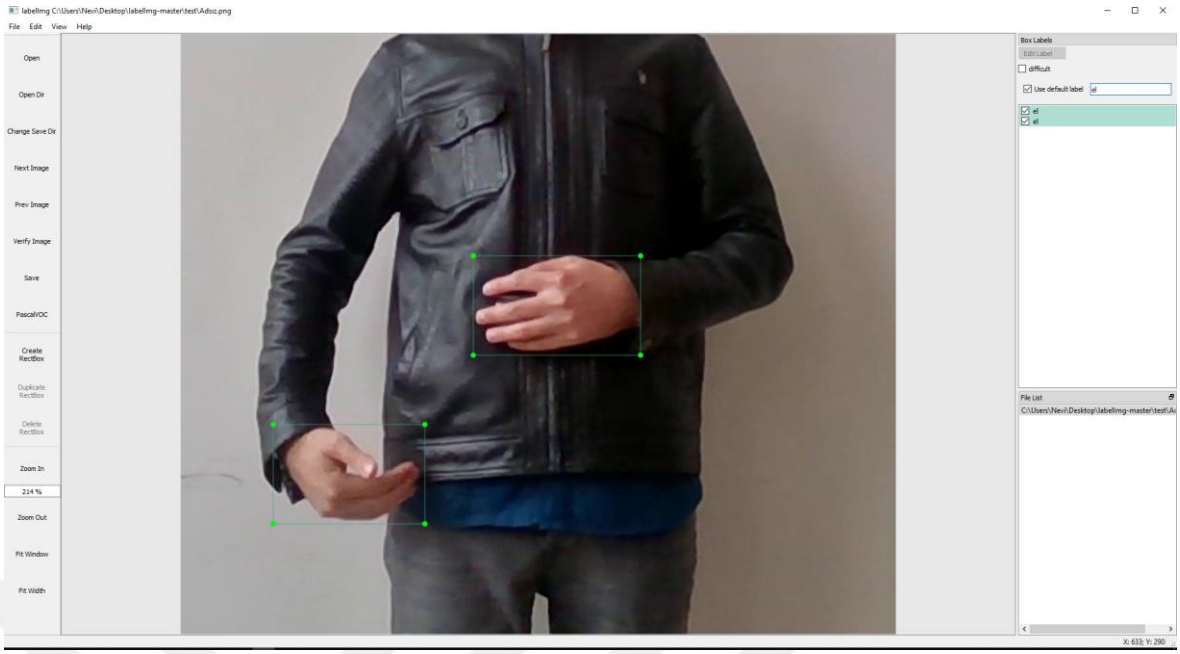


(b) Çift el hareketli görüntüden kafa tespiti

Şekil 4.20. (a) ve (b) Kafa bölgesi tespiti sonrası siyah çerçeveli frame

İşaret dilinde el hareketleri önemli arz ettiği için eğitime sadece el bölgesi alınmıştır. El dışındaki alanlar işaretlere olumsuz etkisi olacağından dolayı temizlenmiştir. Görüntü yakalamada temel amaç resmin tamamının değil yalnızca işe yarayan kısımlarını alınmasıdır. El algılama için Object Detection yöntemi kullanılmıştır. Tez kapsamında el tespiti için modeli 2 aşama da gerçekleştirilmiştir;

Günümüzde nesne takibi ile çok başarılı çalışmalar yapılmaktadır. Lakin el tespiti nesne takibine benzemek ile beraber işaret dili hareketlerinde el sabit şekilde kalmadığı için çok farklı şekiller almaktadır. Veri seti için oluşturulan videolar framelere parçalanarak el tespiti veri seti olarak kullanılmıştır. Etiketleme işlemini "LabelImg" aracını kullanarak yapılmıştır. Videolardaki tüm hareketler için bütün frameler bu aracı kullanarak Şekil 4.21'de verildiği gibi etiketlenmiştir. (Bakınız: https://github.com/tzutalin/labelImg).



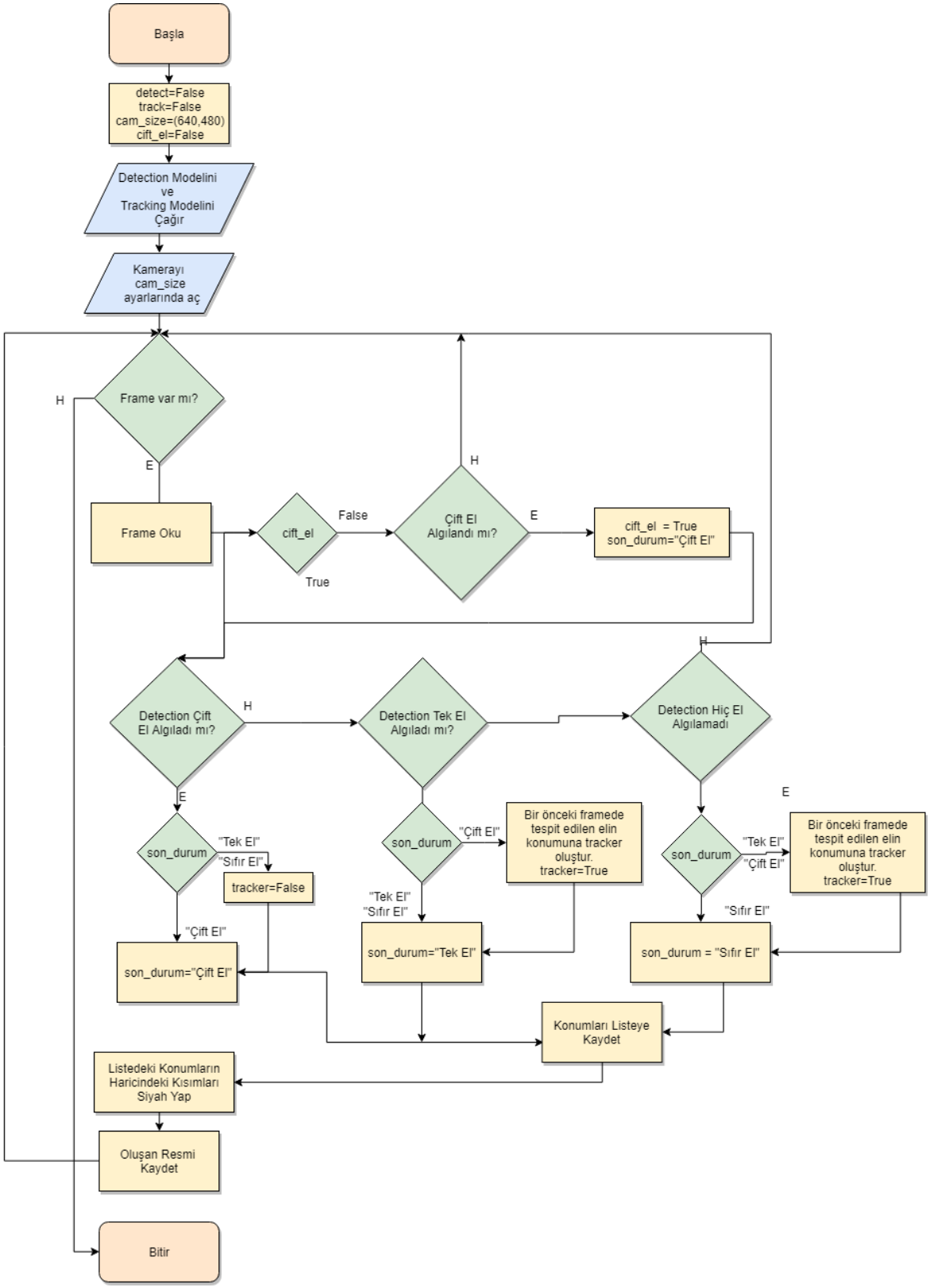
Şekil 4.21. Etiketlenmiş el

Eğitim için Tensorflow ve transfer öğrenme modeli kullanılmıştır. Transfer modeli için daha önceden eğitilmiş modellerinden birisi olan “ssd_mobilenet_v1_coco” modelini kullanılmıştır.

İşaret dili hareketlerinde farklı şekiller aldığı Şekil 4.17’deki gibi el tespiti yapılamamaktadır. Bu sorunu çözmek için el tespit ve takibi birlikte kullanılmıştır. Sürekli olarak el tespiti metodu çalıştırılmaktadır. El tespiti modelinin el hareketinin algılanmadığı framelerde veya sadece tek elin tespit edildiği durumlarda el tespiti devreye girmektedir. Bu durumda Çizelge 4.4’deki algoritma işlenmektedir. Şekil 4.22 ‘de ellerin tespit ve takip algoritması verilmiştir.

Çizelge 4.4: El tespitinden el takibine geçiş süreci

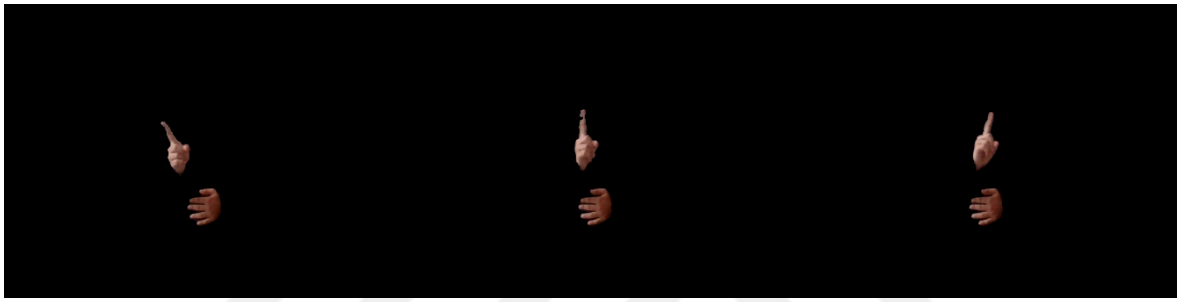
Elin Şuanki Konumu	**Elin Geçmiş Konumu**	**AÇIKLAMA**
Çift El	Tek El Algılama Yok	Çift el algılandığında sorun yoktur. Sadece ellerin son konumlarını tutulması yeterli olacaktır.
Tek El	Çift El	Şuan ki algılanan el ile El tespit modelinden gelen son konumları kıyaslayıp hangi elin kaybolduğunu belirlenmesi gerekmektedir. Daha sonra belirlenen ele izleyici (tracker) eklenmiştir.
	Algılama Yok	Şuanki algılanan el ile Trackingden gelen son konumları kıyaslayıp hangi elin algılandığını belirlenmesi gerekmektedir. Daha sonra eski trackerları sıfırlayıp yeni belirlenen ele tracker konulmuştur.
Algılama Yok	Çift El	Son konumları detection'dan alınıp iki adet yeni tracker oluşturulması gerekmektedir.
	Tek El	Son konumları trackerdan alıp, eski trackerları sıfırlayıp yeni iki adet tracker oluşturulması gerekmektedir.



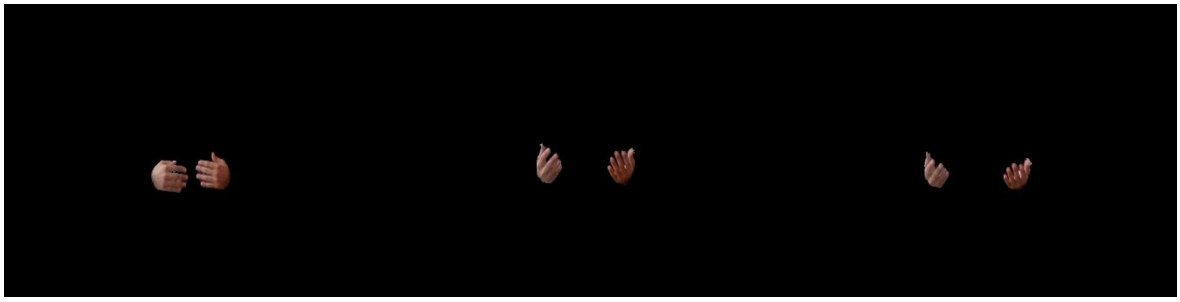
Şekil 4.22. Ellerin tespiti ve takibi algoritmasının akış diyagramı

Ten tespiti ile kafa, kol ve el bölgelerinin bulunduğu framelerin alınması hedeflenmiştir. Bir önceki adımda kafa bölgesi siyah çerçeve ile kapatıldığı için ten tespiti ile el ve kol bölgeleri dışındaki tüm pikseller silinmiştir. Kişilere göre ten rengi değiştiği için belirlediğimiz alt ve üst renk aralığındaki pikseller seçilmiştir.

Videolardaki ten tespiti için alt aralık [0, 140, 77], üst aralık ise [255, 173, 127] olarak RGB değerleri belirlenmiştir. Bu değerler ortam ışığına göre değişiklik gösterebilir. Ten tespiti işleminden sonra Şekil 4.23.a'da Tek el hareketli ve Şekil 4.23.b'de çift el hareketli frame çıktılarını yer almaktadır.



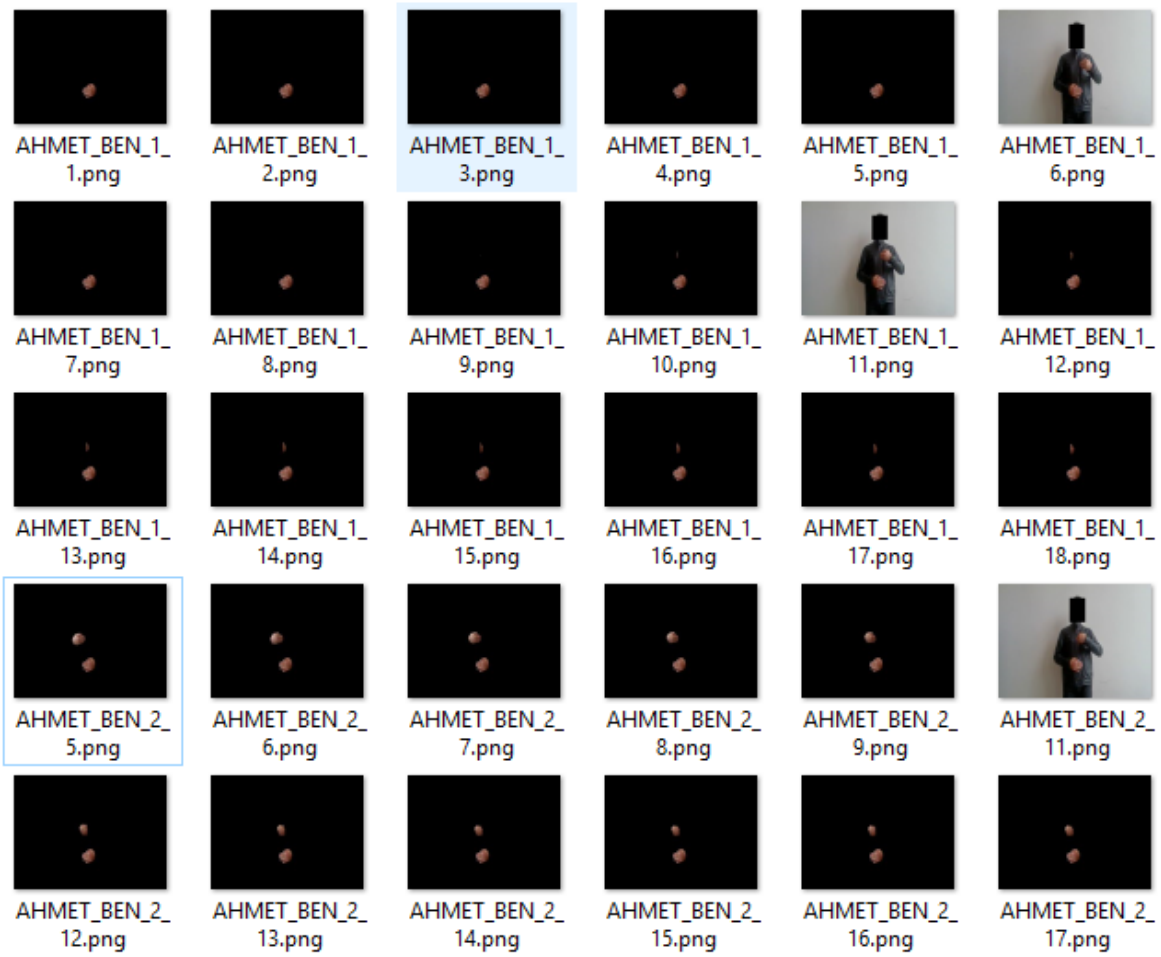
(a) Çift el hareketli görüntüden ten tespiti



(b) Çift el hareketli görüntüden ten tespiti

Şekil 4.23. (a) ve (b) Ten tespiti sonrası siyah çerçeveli frame

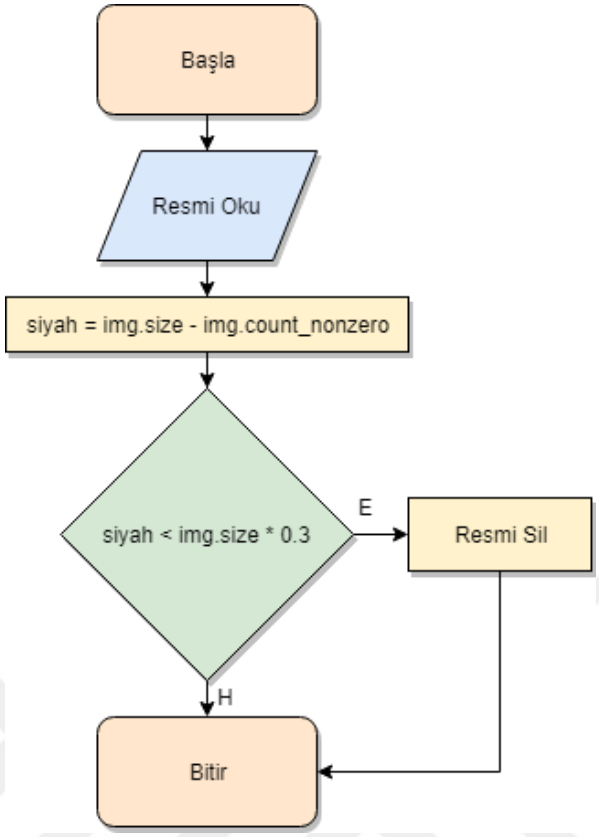
Daha sonra Detection ve tracking algoritmalarında herhangi bir sonuç üretmeyen (tespit edilememiş) frameler devre dışı bırakılmalıdır. Şekil 4.24'de elin tespit ettiği ve edilemediği frameler yer almaktadır.



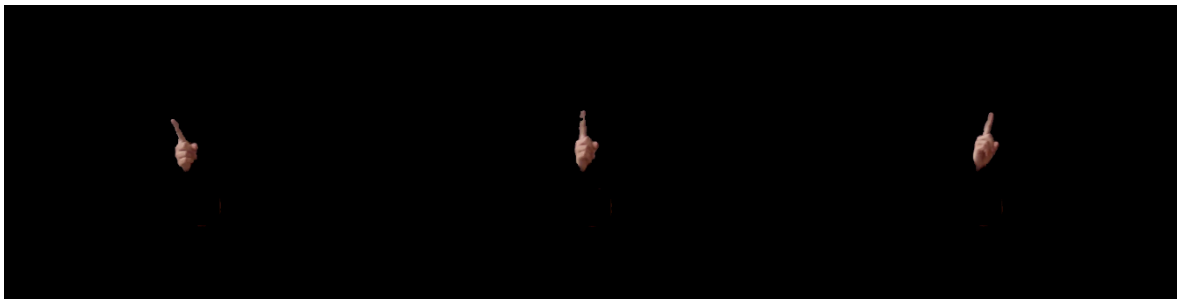
Şekil 4.24. Frame listesi

Elin Tespit edilemeyen framelerin eğitimi olumsuz etkilememesi için Şekil 4.25'de yer alan algoritmaya göre silinme işlemi gerçekleştirilmiştir.

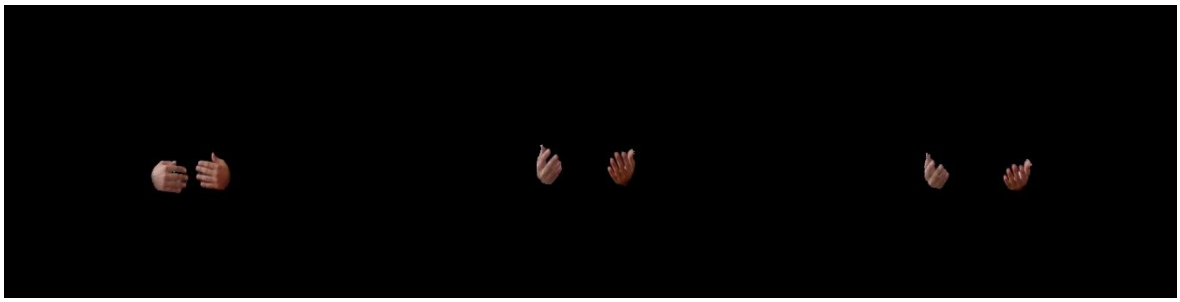
Bu aşamada kelimenin hareketi tek el ile yapılıyorsa kullanılmayan diğer sabit el silinmektedir. Şekil 4.26.a'da verildiği gibi sabit olan sol el silinmiştir. Şekil 4.26.b de ise çift elde hareketli olduğu için herhangi bir silme işlemi gerçekleştirilmemiştir. Bu aşamada gerçekleştirilen algoritmanın akış diyagramı Şekil 4.27'te yer almaktadır.



Şekil 4.25: Tespit edilemeyen framelerin temizlenme akış diyagramı

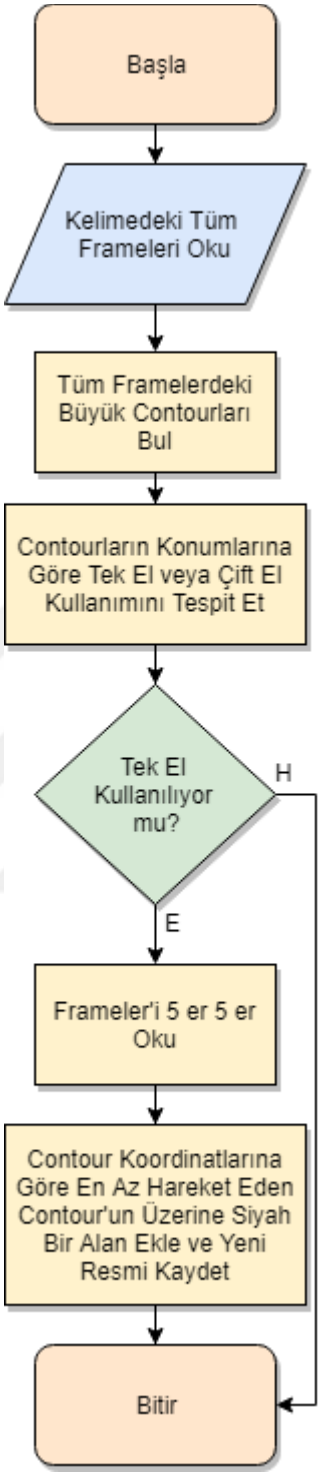


(a) Tek El hareketli görünümü



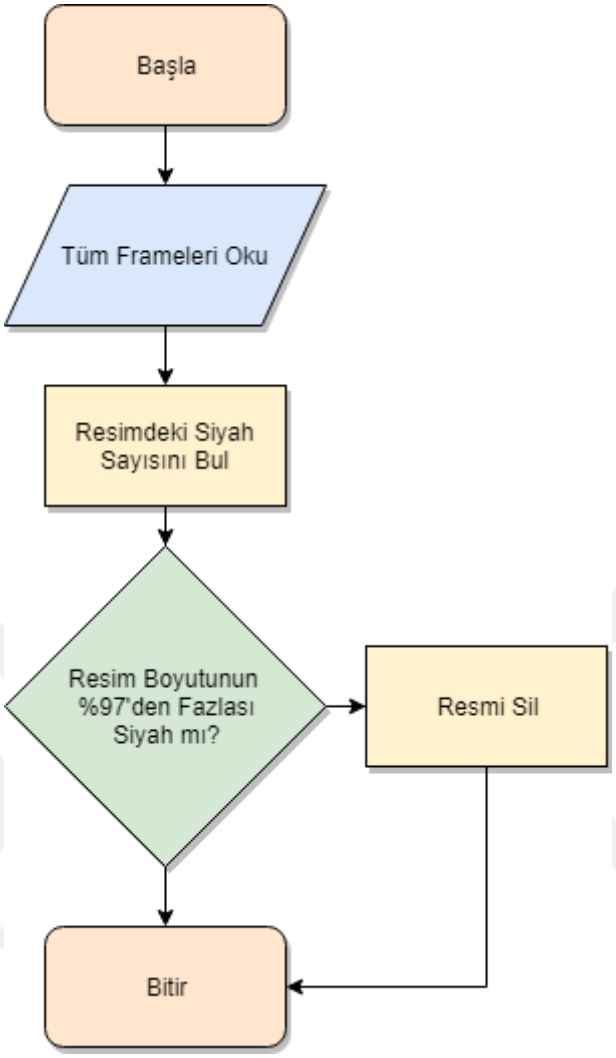
(b) Çift El hareketli görünümü

Şekil 4.26. (a) ve (b) Sabit ellerin silindikten sonraki görünümü



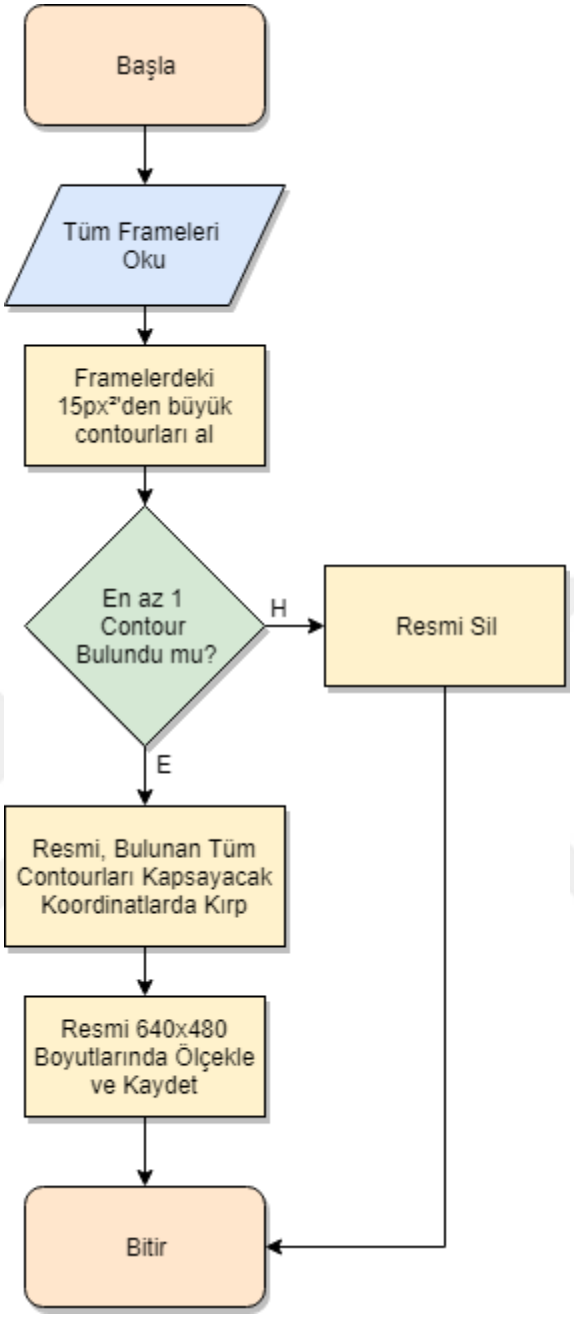
Şekil 4.27. Sabit ellerin silinme algoritma şeması

Ellerin birlikte sabit oldukları noktalarda, ilgili framelerin silinmesi için Şekil 4.28'de verilen algoritma geliştirilmiştir.



Şekil 4.28. Siyah frame silme algoritma şeması

Veri setinde ön planda olması istenilen kısım el olduğundan dolayı, büyük bir siyahlık ortasında küçük bir el kullanmak yerine el bölgesi Şekil 4.29'de yer alan algoritmaya göre kırpılıp tekrar boyutlandırılmıştır.



Şekil 4.29. El boyutu kadar frame kırpılması algoritma şeması

CNN algoritmasında en boy değerlerinin belli bir oranda sabit tutulması gerekliliğinden dolayı, tüm resimler 640x480 boyutlandırılır. Şekil 4.30'da tek ve çift el hareketli işaretlerin görünümleri yer almaktadır.



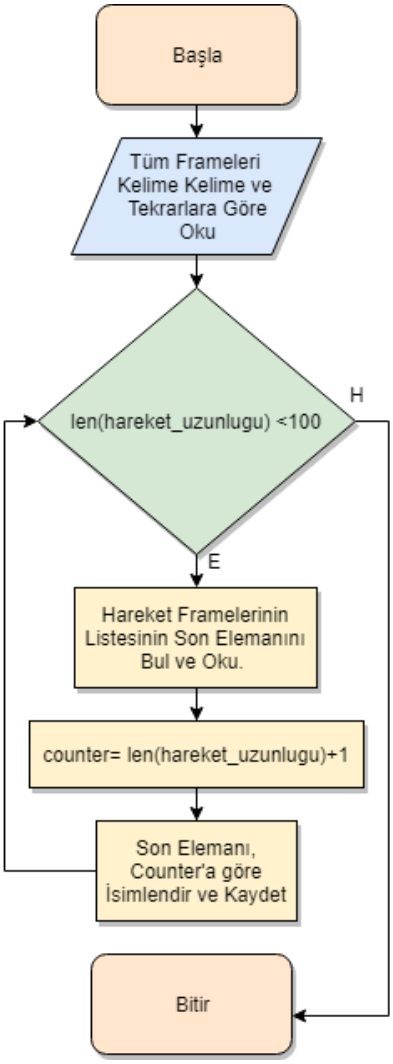
(b) Tek el hareketli görüntünü kırpılmış görünümü



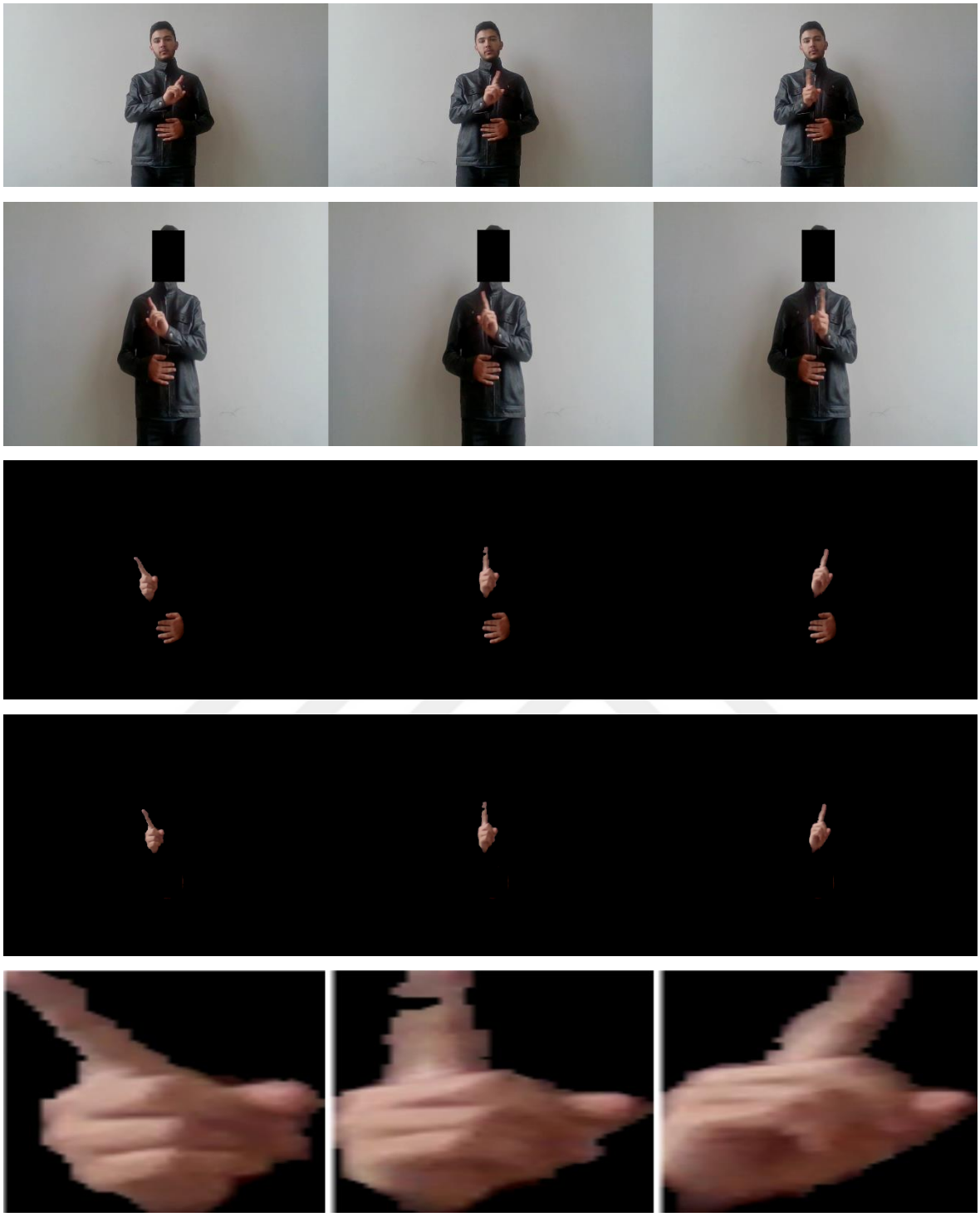
(b) Çift el hareketli görüntünü kırpılmış görünümü

Şekil 4.30. (a) ve (b) Sabit el boyutuna uygun el kırpılmış görüntüsü

CNN için hazırlanan framelerin eğitim sonrası softmax sonuçlarını bir sonraki LSTM modelini giriş değerleri olacağı için, LSTM ağı için eşit boyutta veri ile beslenmesi gerekmektedir. İşaret dili hareketi kısa olan videoların videoların Şekil 4.31'de yer alan algoritmaya son frameleri çoğaltılarak eşitlendirilir. Tüm ön işleme süreçlerini aşağıdaki Şekil 4.32'te yer almaktadır.



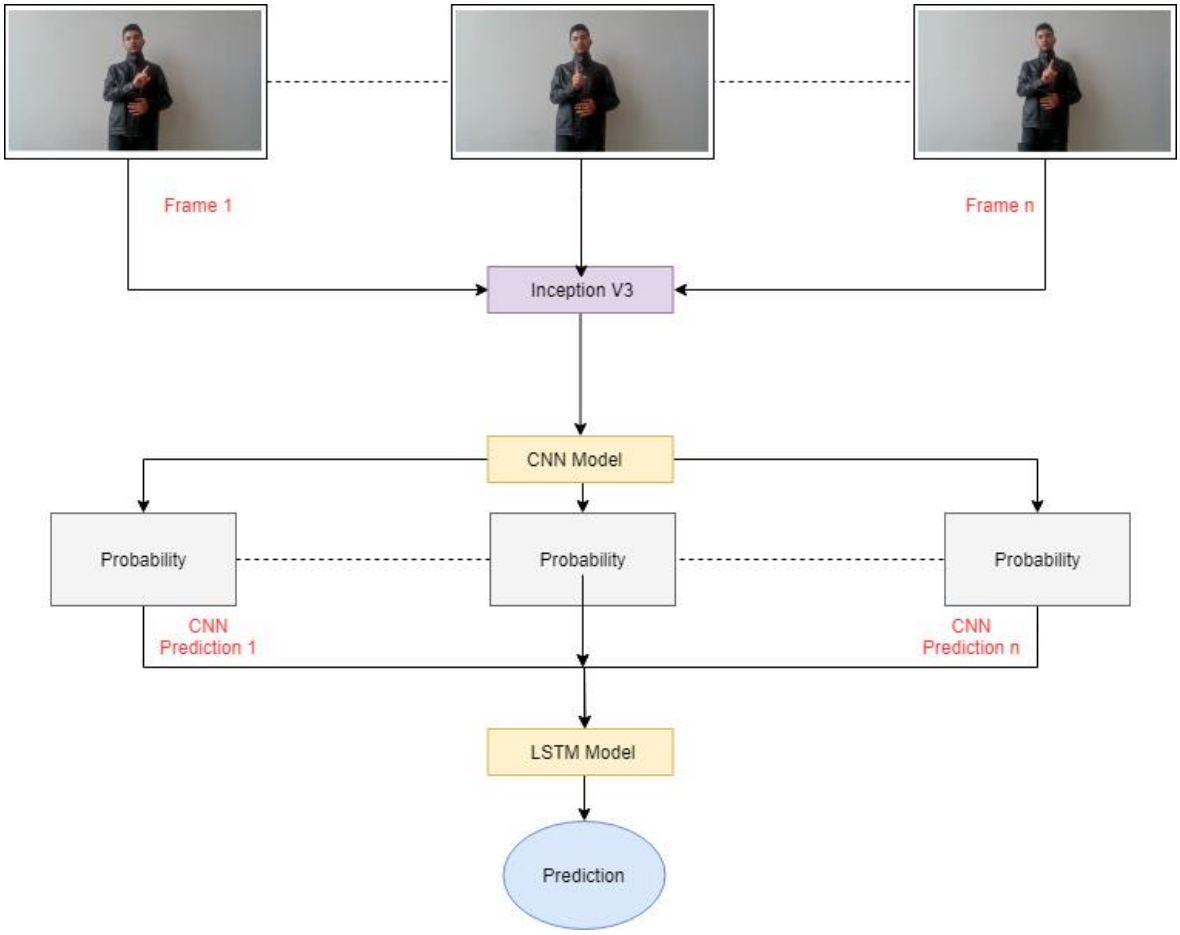
Şekil 4.31. Eğitime verilecek frame sayılarının eşitlenmesi algoritma şeması



Şekil 4.32. Hareketli el bölgesinin kırpılması ve boyutlandırması sonrası frameler

Video ön işleme aşamalarından elde edilen frameler ile CNN InceptionV3 modeli ile eğitim gerçekleştirilmiştir. Softmax katmanına veri setindeki kelimeler verilmiştir. Eğitim aşamasından sonra oluşan modele, her bir frame'in tahminlendirilmektedir.

Sabit işaretler için bu tahminleme başarılı sonuçlar vermesine karşı, hareketli işaretlerde hareketin tamamı işareti ifade ettiği için maalesef iyi sonuçlar elde edilmemektedir. Ön işlemeden gelen veriler CNN modeli ile tahminlendirip, gelen tahminler ise Şekil 4.33'te görüldüğü LSTM ile eğitilerek model oluşturulmuştur. Böylelikle hareketli işaretlerin tüm sıralı frameler ile tahminleme gerçekleştirilmiştir.

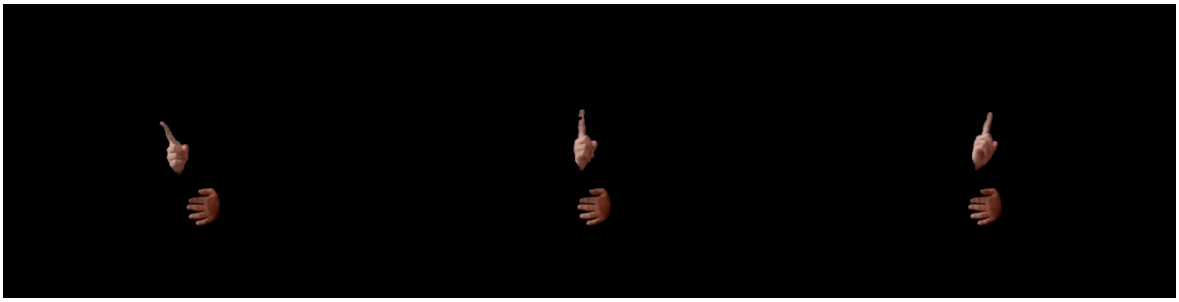


Şekil 4.33. Derin öğrenme yöntemi çalışma modeli

4.3.5. Derin öğrenme yöntemi araştırma sonuçları

Video ön işlem aşamasında gelinen en son nokta için farklı eğitim ve testler yapılmıştır. Bu testlerin sonuçlarını sırasıyla aşağıda yer almaktadır.

İlk test videodan çıkartılan framelerin el detection ve tracking sonucunda elde edilen görüntülerin eğitim ve tahminlemesi üzerine yapılmıştır. Videodan elde edilen görüntü Şekil 3.34 te verilmiştir. Çizelge 4.5'te eğitim bilgilerine yer verilmiştir.



Şekil 4.34 Eğitime verilen frame görünümü

Çizelge 4.5. İlk test eğitim bilgileri

Görüntü Özelliği	Sadece ellerin bulunduğu orijinal boyut
Eğitim adım sayısı	4.000
Toplam frame sayısı	41.790
Eğitimde kullanılan kelime sayısı	39
Doğru tahmin sayısı	21
Yanlış tahmin sayısı	18
Test Başarı Oranı	%53.8

Tahminen kelimelerin doğruluklarına Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6 İlk test tahminleme sonuçları

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
☑	☑	✕	☑	✕	☑	✕	✕	✕	✕

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

İkinci test çalışmasında ise veri setindeki kelimelerin el ve parmak hareketleri belirgin olmasından dolayı el bölgesi kesilerek 640x480 oranında büyülterek eğitime alınmıştır. Ayrıca sabit elli olan işaretlerde ise sabit el de temizlenmiştir. Şekil 4.35'te eğitime verilen frame yer almaktadır.



Şekil 4.35. İkinci test için eğitime verilen frame

Eğitim özellikleri test sonuçları Çizelge 4.7'de verilmiştir. Sadece hareketli elin büyültülerek eğitime verilmesiyle başarı oranı % 91'e yükselmiştir. 39 kelime'den sadece 3 kelime tahminlemesin de hatalı tahminlenmiştir. 0 kelimesinin işareti yerine O harfini, I kelimesi yerine 1 rakamını, O kelimesi yerine de 0 harfi olarak yanlış tahminlemiştir. Yanlış tahminlenen harf ve rakamların işaretleri birbirine çok benzemektedir.

Çizelge 4.7. İkinci eğitim test sonuçları

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
✗	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑

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

4.4. İşaret Dilinden Metne Çeviri Bulguları ve Tartışması

Tez kapsamında işaret dilinden metne çevirme işlemi için birisi Microsoft Kinect ile makine öğrenmesi diğeri web kamerası ile derin öğrenme olmak üzere iki farklı yöntem üzerinde çalışılmıştır.

Kinect cihazı kullanıldığı yöntemde vücudun 25 eklem noktası alınmasına rağmen, el ve parmak bölgeleri yeterince belirgin olmamaktadır. Parmak hareketlerinin önemli olduğu işaretlerde Kinect cihazından alınan eklem noktalarının koordinatları ile tahminleme imkânsız olduğu gözlemlenmiştir. Hareketli işaretlerin tahminlemesin de ise eklemlerin koordinatları çoğu kelimenin işaretinde ortak olduğu için her eklemin tahminlemesi farklı çıkabilmektedir, bunun için belirlenen eşik değeri ise farklı kelime

işaretlerine göre değişkenlik gösterildiği gözlemlenmiştir. Bu durum başarı oranını etkileyen en önemli etkendir. Bu yöntemde başarı oranı %50 olarak ölçülmüştür.

Derin öğrenme tekniklerinde resimlerin CNN ile tahminlemesinde daha iyi sonuçlar alınmıştır. Özellikle el ve parmak hareketlerinin belirgin olarak kelimenin işaretini gösteren alfabede iyi sonuçlar alınmıştır. Sadece CNN ile videodan gelen tek frame'in tahminlemesi sabit hareketli işaretler için başarılı olmasına karşı, hareketli işaretlerde ise maalesef iyi sonuçlar alınamamıştır. Hareketli işaretlerde işareti birden fazla frame'deki görüntü ifade ettiği için CNN ile sadece tek frame ile sonuç alınmaktadır. Bu sorunu gidermek için CNN ile her bir frame tahminlenerek, sonuçlar sıralı olarak LSTM modeli ile tahminlenmiştir. Böylelikle hareketli işaretlerin tahminlemesindeki sorun giderilmiştir. En son resim ön işleme adımları gerçekleştirilip CNN + LSTM modellerinde tahminlemesinde % 97 başarı oranı elde edilmiştir. İşaret dilinde yaklaşık 4000 kelime bulunmaktadır. Tüm kelimeler için oluşturulacak eğitim modellerinde benzer hareketlerin çok olacağı için başarı oranları düşecektir. İleriki çalışmalarda daha fazla veri seti ile sonuçların alınması hedeflenmektedir.

5. UZAKTAN İLETİŞİM SİSTEMİ

5.1. Uzaktan iletişim sistemi giriş

VoIP (Voice Over Internet Protocol), IP üzerinden ses verisi gönderilmesidir. Bu, protokol ücretsiz uluslararası telefon görüşmesi yapmanın bir yoludur bununla birlikte kullanışlı ve ucuzdur. Bazı servisler, sizin sadece aynı servisi kullanan kişiler ile görüşmenize izin verir, fakat bazıları ise uluslararası dahil herhangi bir telefon numarası olan herkesi aramanızı destekler. Burd (2016) çalışmasında, VoIP sesinizi internet üzerinde yolculuk yapan dijital sinyallere çevirdiğini belitmiştir. Eğer geniş bant servisini kullanarak, normal bir telefon numarası aranıyorsa, sinyal varış noktasına ulaşmadan önce normal telefon sinyaline dönüştürülür. Bunların hepsi normal ya da analog telefon hatları yerine geniş bantlı internet bağlantısı aracılığıyla gerçekleştirilir. Bunu mümkün kılmak için gerekli olan donanım ise geniş bantlı yüksek hızlı bir internet bağlantısıdır. Bir bilgisayar, adaptör ya da bu amaç için üretilmiş diğer bir telefon da gereklidir.

Bazı VoIP servisleri, VoIP adaptörüne bağlı normal telefonlarınızı kullanmanızı desteklerken, bazıları sadece bilgisayarınız ya da özel VoIP telefonunda çalışır. Eğer bilgisayar–üzerinden telefon görüşmesi yapılacaksa, bazı yazılımlara ve bir mikrofona ihtiyaç duyulur. Bazı özel VoIP telefonlar direkt olarak geniş bant bağlantıya bağlanır ve daha çok normal bir telefonmuş gibi çalışır. Eğer adaptörü olan bir telefon kullanıyorsa bu durumda her zaman kullanılan bir telefon gibi kullanılır. Bilgisayar ile ücretsiz uluslararası VoIP telefon görüşmesi yapmak için internet sağlayıcını bu aramaları yapma desteklediğinden emin olmak gerekir. Abone olunan servisin neleri desteklediği önemlidir.

VoIP'nin diğer bir avantajı ise kullanıcıların hem geniş bant bağlantıya hem de normal telefon hattına ücretine ödemesini engelleyerek tasarruf ettirmesidir. Diğer bir avantaj ise, bilgisayarın ve VoIP telefon servisinin aynı anda kullanabiliyor olmasıdır. Fakat VoIP, elektrik kesintisi esnasında çalışmayacaktır. VoIP'nin çalışması için bilgisayarın açık olmasına gerek yoktur ancak internet bağlantısı aktif olmalıdır. SIP

dışında popüler olarak bilinen H323, MGCP ve SS7 gibi VoIP servisi sunan firmalarının altyapılarında kullanılan teknolojiler kullanılmaktadır.

Guha vd. (2005)'te, Skype Peer-to-Peer VoIP sistemini incelemiştir. Sonuç olarak, Skype sisteminin yapısının diğer P2P sistemlerine, özellikle de KaZaA'ya benzer olduğunu fakat trafikte önemli farklılıklar olduğunu saptamışlardır. Aktif müşteri sayısı, coğrafyadan bağımsız olarak normal çalışma saatleri ile korelasyon gösteren günlük ve çalışma haftası davranışlar gösterdiğini bildirmişlerdir.

Goode (2003) ise 2002'de VoIP ile ilgili bir çalışma yapmıştır. Yakın bir gelecekte, telefon trafiğinin sadece İnternet üzerinden çalışan başka bir uygulama olacağını söylemiştir. Sesin sadece başka bir İnternet uygulaması olmasını engelleyen birçok mühendislik detayı üzerinde çalışılmaktadır. Yazısında, İnternet protokolü (VoIP) üzerinden ses uygulamasının teknik yönlerini ele almıştır. Kodek seçimi ve gecikme bütçesi ile ilgili bir tartışmadan sonra, ağ hizmet kalitesine ulaşmak için çeşitli teknikler tartışılmaktadır. Arama kurulumu çok önemli olduğundan, sonraki sayfa, H.323, SIP, MGCP ve Megaco / H.248 dahil olmak üzere birkaç VoIP çağrı sinyalizasyon protokolüne genel bir bakış sunar. IP (TRIP) üzerinden telefon yönlendirme konusunda bir bölüm bulunmaktadır.

Endler (2006)'da VoIP'in Açığını Yakalamak: IP Üzerinden Ses Güvenlik Sırları ve Çözümleri isminde bir çalışma yapmıştır. Wang vd. 2005'te İnternet hızını değiştirmeden VoIP kapasitesini arttırmak için önerilerde bulunmuşturlar.

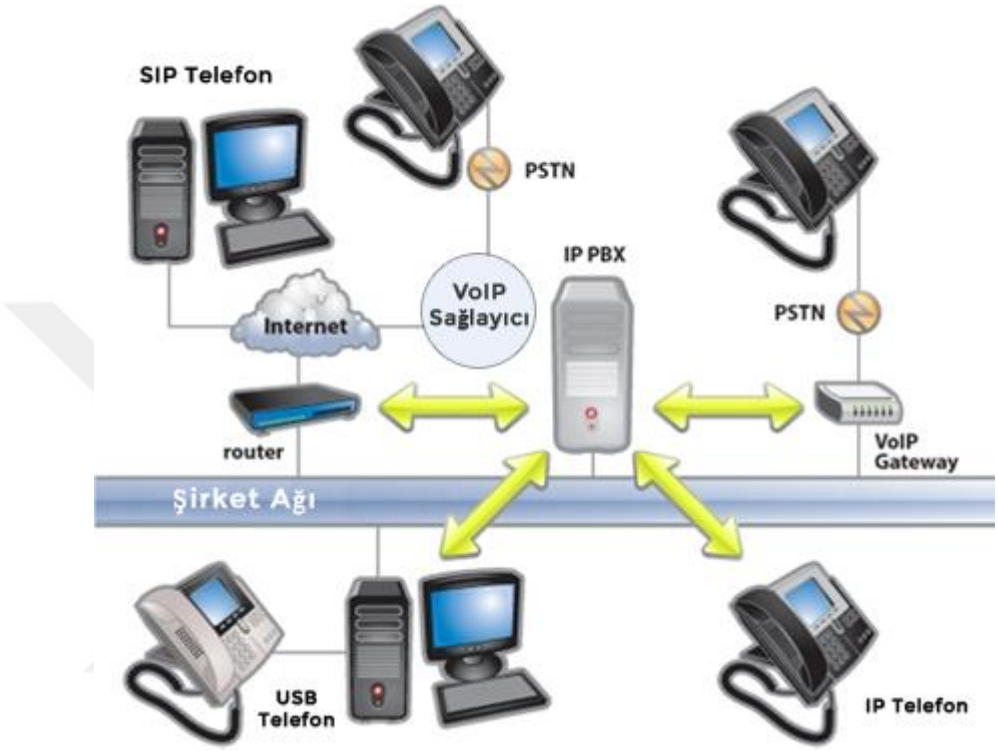
5.2. Uzaktan İletişim Sistemi Materyal ve Yöntemleri

Bu bölümde materyal olarak VoIP sunucuları kullanılmıştır.

5.3. VoIP Sunucuları

Bir VOIP Telefon Sistemi / IP PBX sistemi, bir veya daha fazla SIP telefonu / VOIP telefonu, bir IP PBX sunucusu ve opsiyonel olarakta bir VOIP Cihazı içerir. IP PBX sunucusu bir proxy sunucusuna benzer: SIP istemcileri yani yazılım ya da donanım tabanlı

telefonlar, IP PBX sunucusuna kaydolur ve bu telefonlar arama yapmak istediklerinde IP PBX'in bağlantı kurmasını isterler. IP PBX'te tüm telefonların/kullanıcıların ve cevap veren SIP adreslerinin bir listesi vardır ve bu yüzden dahili arama ya da VOIP cihazı veya bir VOIP hizmet sağlayıcısı aracılığıyla harici arama yapabilir.



Şekil 5.1. VoIP sunucu çalışma şekli

PBX'in açılımı, Özel Santral demektir, yani bir şirket içerisinde kullanılan özel telefon şebekesidir. PBX telefon sistemi kullanıcıları, dışarıya telefon etmek için birkaç tane dış telefon hattını paylaşır. Şekil 5.1'de VoIP sunucu çalışma şekli yer almaktadır.

Bir PBX, işyeri içindeki iç hat telefonlarını birbirine bağlar ve ayrıca halka ait aktarmalı telefon şebekelerine de (PSTN) bağlanır. PBX telefon sisteminin en son yönelimlerinden birisi, ayrıca IP PBX olarak da bilinen, İnternet Protokolü üzerinden aramaları aktaran, VOIP PBX'in geliştirilmesidir.

Son günlerde, dört farklı PBX telefon sistemi seçenekleri bulunuyor:

- PBX

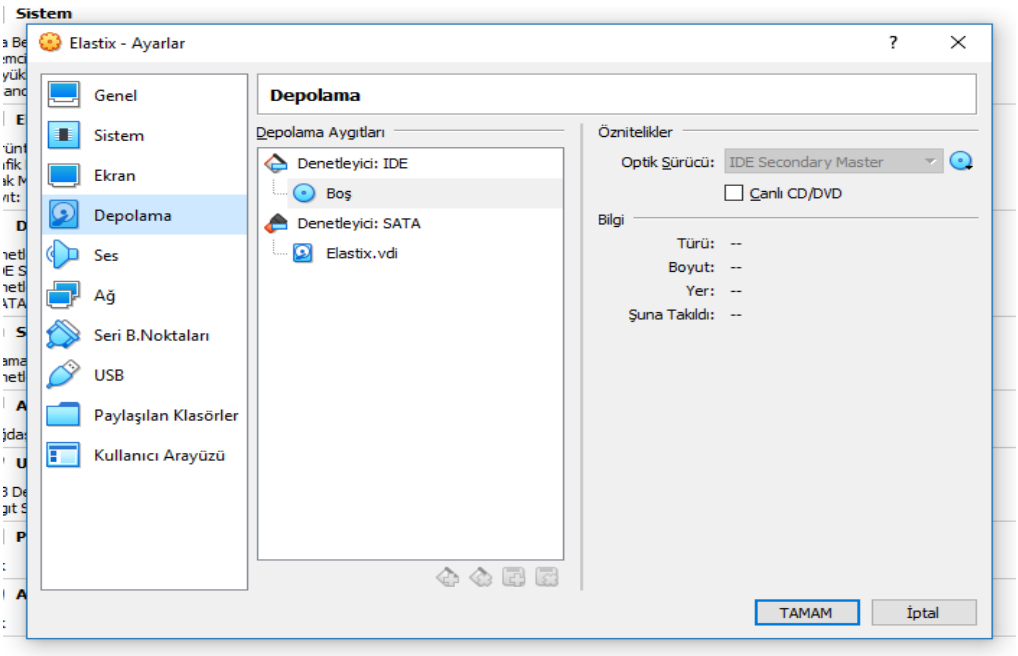
- Sunucu/Sanal PBX
- IP PBX
- Sunucu/Sanal IP PBX

IP PBX, yazılım-tabanlı, belirli işleri başarmaya yardım eden bir PBX telefon sistemi çözümüdür ve geleneksel müseccel PBX'i kullanırken uygulamaya koyması zor olabilen ve pahalı olan servisleri sunar.

Bu tez çalışmasında Elastix 5.0 voip sunucusu kullanılmıştır. Çalışmada kullanmak için kişisel bilgisayar üzerinden Oracle VM Virtual Box üzerine kurulum sağlanmıştır.

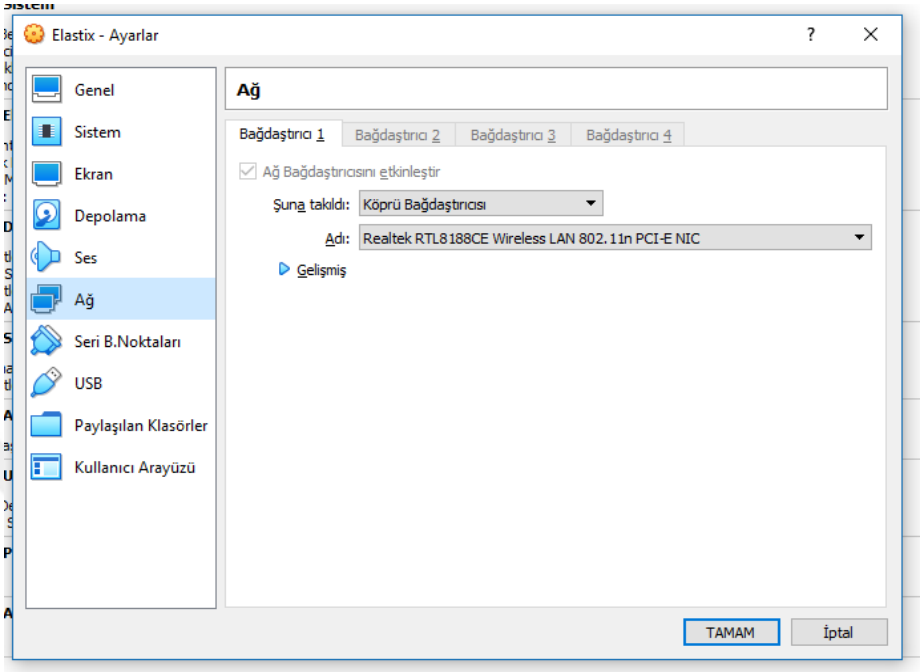
5.3.1. VoIP sunucu kurulumu

- Elastix 5.0 ISO dosyası indirilir. (https://www.elastix.org/downloads/)
- Elastix sitesine kayıt olunur ve ücretsiz key alınır.
- Oracle VM Virtual Box kullanılarak, indirilen Elastix 5.0 ISO dosyası çalıştırılır.
- Oracle VM üzerinde sihirbaz ile sanal ortam oluşturulur.
- Eklenen sanal ortama sağ tıklanarak Depolama sekmesinden Denetleyici:IDE altındaki BOŞ yazan kısma tıklanarak indirilen Elastix 5.0 ISO dosyası seçilir.

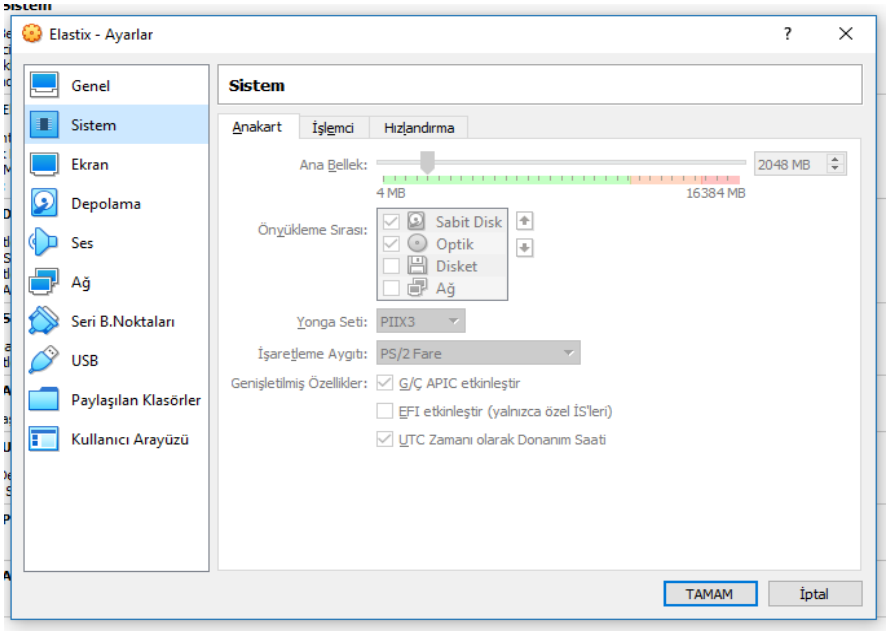


Şekil 5.2. VoIP Sunucu kurulum adımı 1

- Ağ sekmesinden köprü bağdaştırıcısı seçilir. Ekran görüntüsü aşağıda Şekil 5.3'te yer almaktadır.

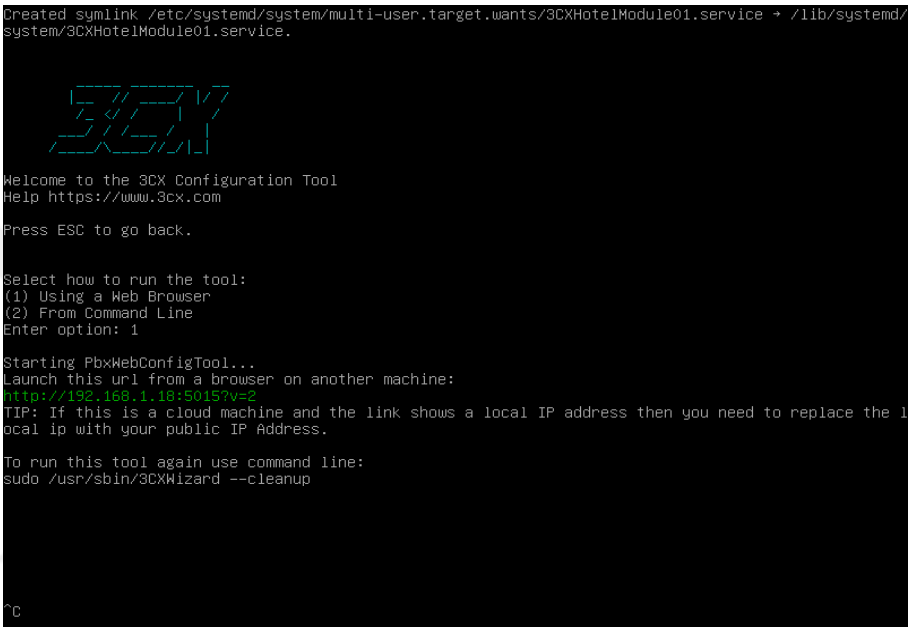


Şekil 5.3. VoIP kurulum ağ bağdaştırıcı seçim ekranı



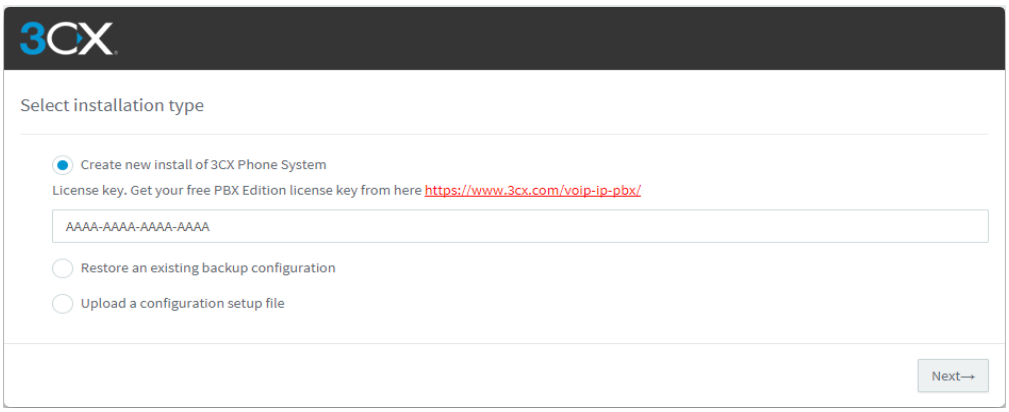
Şekil 5.4. VoIP kurulum sabit disk seçim ekranı

- Anakart sekmesinden Sabit Disk'e tik atılarak üst tarafa getirilir. Şekil 5.4'te görüntüsü yer almaktadır.
- Sonrasında oluşturulan sanal ortam başlatılarak Elastix kurulumuna geçilir.
- Elastix kurulumunda sorulan sorulara olumlu yanıt verilerek kurulum tamamlanır.
- Kurulum tamamlandıktan sonra çıkan Şekil 5.5'te yer alan ekranda web client seçilir.



Şekil 5.5. VoIP kurulum sonrası açılış ekranı

- Açılan web sekmesinde, alınan ücretsiz lisans anahtarı girilerek devam edilir. Şekil 5.6'ta yer aldığı gibi lisans anahtarı 12 karakterdir.



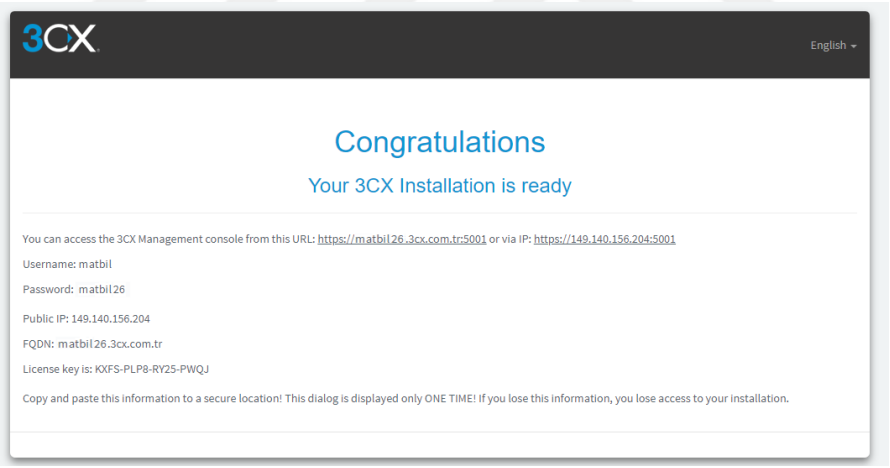
Şekil 5.6. Lisans anahtarı giriş ekranı

- Şekil 5.7’ ekranından local ip seçilerek devam edilir.



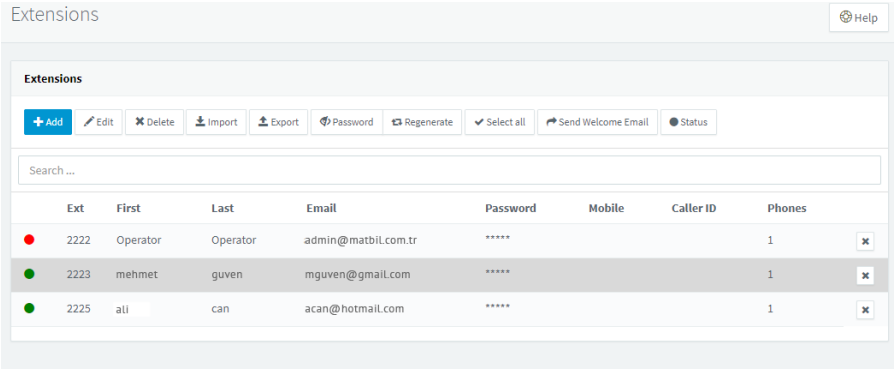
Şekil 5.7. Network adapter seçim ekranı

- Dinamik ip seçilerek devam edilir.
- 4 digits seçilerek devam edilir.
- Kurulum tamamlanır. Şekil 5.8’te yer alan ekran görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 5.8. Kurulum tamamlandı ekranı

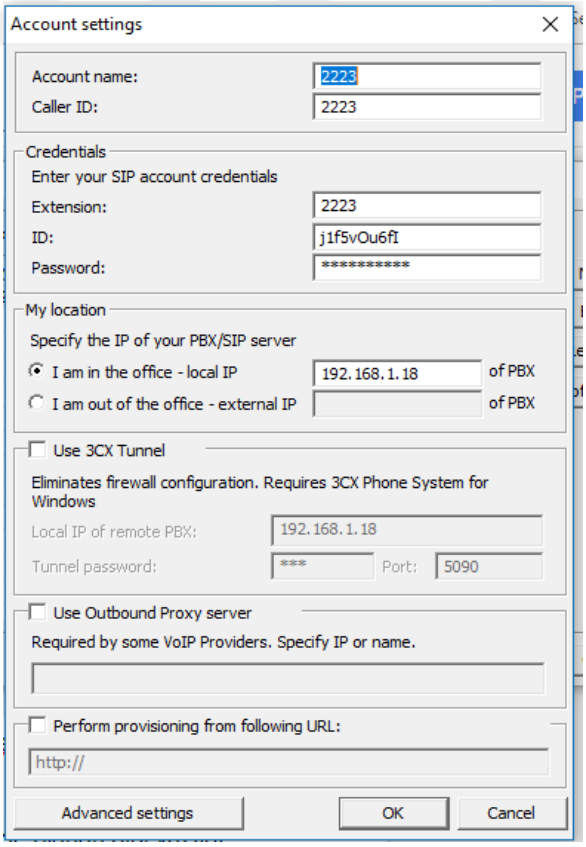
- Sonrasında 192.168.1.18:5001 (local ip:port) kullanılarak, username ve passport ile giriş yapılır.
- Açılan dashboard’da Extensions seçmesine gelinerek, kullanıcılar oluşturulur. Dashboard ekranı Şekil 5.9’ta yer almaktadır.



Şekil 5.9. Kurulum sonrası dashboard ekranı

Kullanıcılardan ikisinin yeşil olmasının sebebi (3cxphone ve Xlite softphone yazılımlarıyla eşleştirilmiş olması, kırmızı olan eşleştirilmedi)

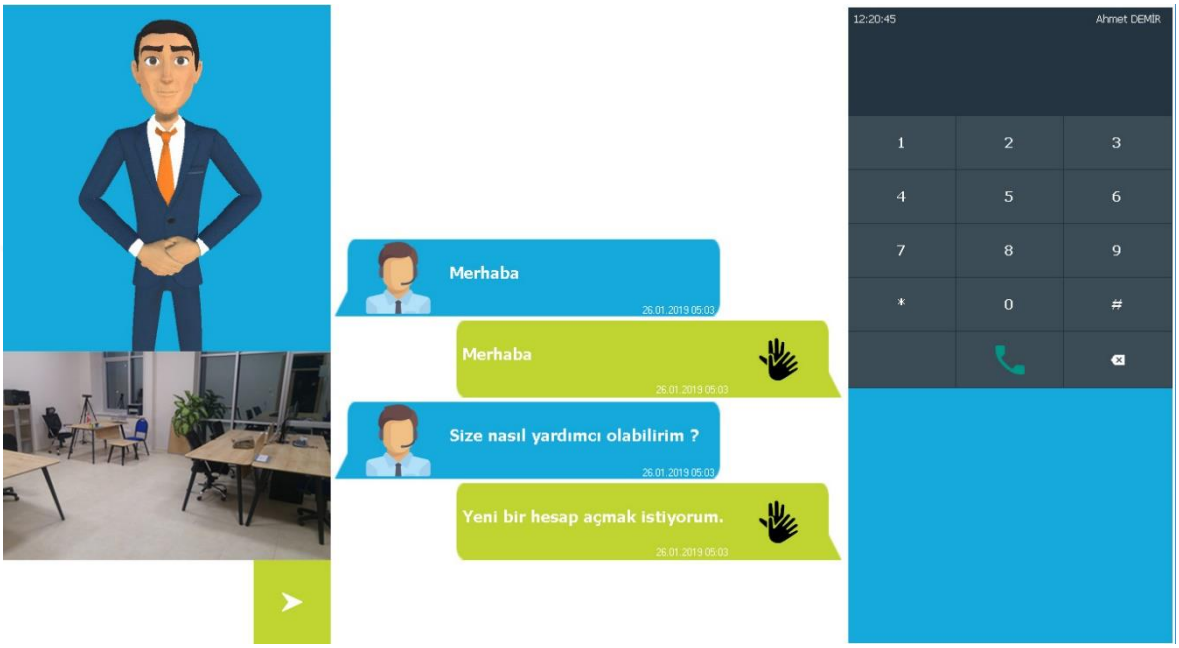
- 2223 ve 2225 numaralı kişiler softphone yazılımlarına eklenir.
- 3CXPhone yazılımı için kişi bilgileri aşağıdaki ekran görüntüsünde olduğu gibi yazılır:



Şekil 5.10. Softphone yazılım ekleme ekranı

- Sonrasında iki softphone'dan 2223 ve 2225 numaraları çevrilerek birbirleri başarılı bir şekilde iletişim kurulur.

Tez kapsamında İşitme engellinin uzaktan iletişim kurmasını sağlamak amacıyla Şekil 5.11'de ekran görüntüsü verilen C#.net ile uzaktan iletişim programı geliştirilir.



Şekil 5.11. Uzaktan iletişim program ara yüzü

Program içerisinde işitme engellinin hareketlerinin algılanması için web kamera bölümü, karşı taraftaki kişinin söylediklerinin işitme engelliye aktarımı için Çelebi, görüşmelerin kayıt altında tutulması ve anlaşılmayan cümlelerin tekrar gönderimi yâda işaret diline çevrilmesi için mesaj alanı ve son olarak VoIP sunucusu ile iletişim kurulması için eklenen tuş takımı ve softphone özelliği bulunmaktadır.

Program ile işitme engelli aramak istediği numarayı tuş takımı ile girip arayabilmektedir. Bağlantı VoIP sunucusuyla sağlanmaktadır. Karşı taraf aramayı kabul ettiğinde softphone api kanalıyla arayan kişinin işitme engelli olduğunu görüşmede gecikmeler olabileceğini vurgulayan sabit bir ses mesajı dinletilmektedir. İşitme engellinin web kamerası karşısında yaptığı hareketler VoIP sunucusu üzerinden karşı tarafa ses olarak iletilmektedir. Karşı taraftan gelen yanıtlar ise sesten metne dönüştürülerek Çelebi ile işaret

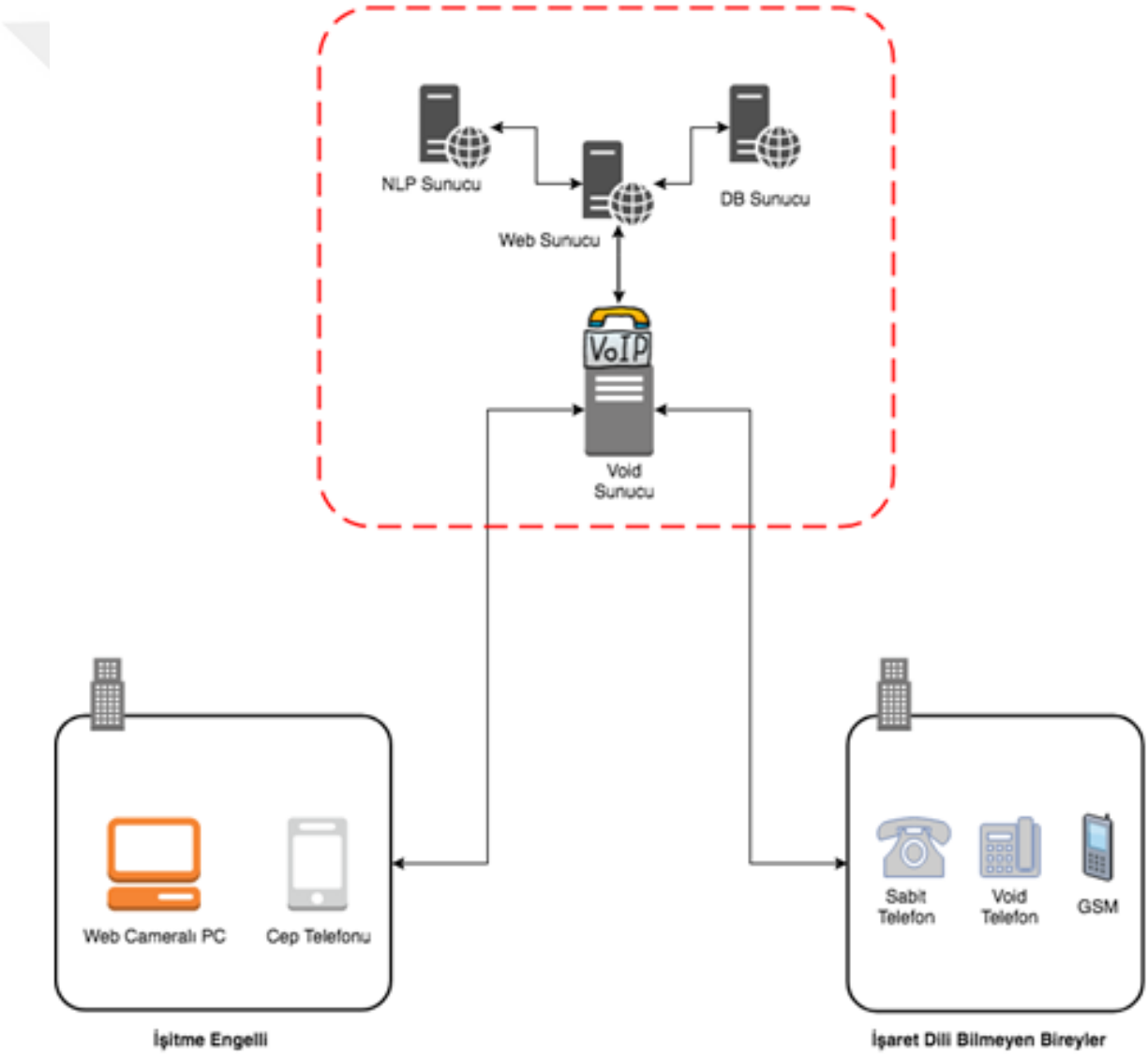
diline çevrilmektedir. Karşılıklı görüşmeler işitme engellinin ekranında ulaşılabilir ve kaydedilebilmektedir.

5.4. Uzaktan İletişim Sistemi Bulguları ve Tartışması

Bu çalışmada VoIP sunucusu kişisel bilgisayara kurulum gerçekleştirilerek Yerel ağa bağlı bilgisayarların haberleşmesi sağlanmıştır. VoIP sunucu kurulumları gerçekleştirilerek, sesin karşı tarafa iletilmesi ve karşı taraftan gelen sesin işlenmesi sağlanmıştır. VoIP sunucu kurulumundan sonra iletişimin sağlanması için sucuya tanımlanan softphone kurulum sağlanmış ve bilgileri voip sunucusuna girilmiştir. Softphone yazılımlarının sunmuş oldukları API'ler sayesinde ses dosyası gönderimi ve karşı taraftan gelen seslerin işlenmesi işitme engellilerin uzaktan iletişim sisteminin önemli adımını sağlanmıştır. Yerel ağa bağlı bilgisayarlara kurulan softphone yazılımı ile iletişim başarıyla sağlanmıştır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, işitme engellilerin gündelik hayatta yaşamış oldukları iletişim problemini giderilmesine yardımcı olmak amacıyla, uzaktan iletişim sistemi geliştirilmiştir. Tez kapsamında oluşturulan sistem mimarisi Şekil 6.1'de verilmiştir.



Şekil 6.1. İşitme engelliler uzaktan iletişim sistemi

İşitme engelliler duyup konuşamadıkları için işaret dili bilmeyenlerle etkileşiminde çok büyük iletişim problemleri yaşanmaktadır. Tez çalışması sürecinde işitme engelliler ile çalışma ve problemlerini yakında görme fırsatı bulunmuştur. Bu süreçte işitme engellilerin %50 ye yakınının okuma yazmasının olmadığı gözlenmiştir. Bununla birlikte işitme engelliler duyamadıklarından ve işaret dilinde ek kavramı olmadığından okuma yazması olanların bile anlama da zorluk çektiği anlaşılmıştır.

Tez çalışmasında geliştirdiğimiz bu sistem içerisinde üç farklı sistemi barındırmaktadır. Öncelikle çift taraflı iletişimin sağlanması için metinden işaret diline ve işaret dilinden metne çevirme sistemleri geliştirilmiştir. Bu sistemlerin geliştirilme aşamasından önce Türk İşaret Dili dil kuralları üzerinde detaylı bir çalışma yapılarak sisteme özgü Türkçe'den Türk işaret diline çeviri algoritması geliştirilmiştir.

Geliştirilen metinden işaret diline çeviri sistemi sayesinde metinler anlık olarak işaret diline çevrilmesi gerçekleştirilmiştir. Tez çalışması kapsamında 3 boyutlu sanal asistan (Çelebi) ile İşaret dili sözlüklerinde bulunan kelimelerin bulunduğu ve içerisinde 4000 ne yakın animasyonun yer aldığı veri tabanı oluşturulmuştur. Anadolu üniversitesi Entegre Yüksek Okulundaki öğrenciler ile yapılan testlerde %87.5 başarı oranı elde edilmiştir.

İşaret dilini metne çevirme sistemi için Kinect ile makine öğrenmesi ve web kamerası ile derin öğrenme olmak üzere iki farklı yöntem üzerinde çalışılmıştır. Yöntemlerin başarı oranları kıyaslanarak derin öğrenme yönteminin daha başarılı olduğu saptanmıştır.

Son olarak bu iki sistem kullanılarak uzaktan erişimin sağlanması amacıyla VoIP sunucuları üzerinde çalışmalar yapılmıştır. VoIP sunucu kurulumu ve sunucuya ses gönderim ve sunucudan ses dosyaların alınması için client yazılım olan softphone yazılımlar incelenerek, sağlanan API'ler ile geliştirdiğimiz sistemlere entegre sağlanmıştır.

Çalışmada karşılaşılan en büyük zorluklardan biri işaret dili sözlüklerinin farklılıkları olmuştur. Türk işaret dili sözlükleri Bolüm 1.3' te yer aldığı gibi MEB, Aile ve Sosyal Politikalar Bakanlığı, İstanbul Büyükşehir Belediyesi ve Diyanet İşleri Daire

başkanlığı tarafından çalışmalar yapılmıştır. Bu sözlükler incelendiğinde Türkçede aynı olan birçok kelimenin sözlüklerde farklı işaretler yapıldığı gözlenmiştir. Aynı şekilde Türk işaret dili dil bilgisi alanında da çok az çalışma yapılmıştır.

İşaret dilinde el ve parmaklar önemli olduğu için ve işaretleri yaparken eller farklı şekiller aldığından dolayı ellerin tespiti ve takibi üzerinde çalışmaya özgü yöntemler geliştirilmiştir.

İşaret dilinde el ve parmak hareketleri kadar, mimik hareketlerini çok önemlidir. Metinden işaret diline çeviri sistemlerinde anlama oranının yükseltilmesi için daha gerçekçi 3 boyutlu sanal asistan kullanılmasını önerilmektedir. Ayrıca Çelebi yerine hareketlerin insanlar tarafından yapılmasına yönelik çalışmalar planlanmaktadır.

Bu tez kapsamında "İşitme engelliler için uzaktan iletişim sistemi ve yöntemi", "İşitme engelliler için geliştirilmiş sesten/metninden videoya anlık İşaret dili çeviri Yöntemi", ve "İşitme engelliler için geliştirilmiş çeviri yöntemi ve kiosk sistemi " buluş başlıklı 3 adet ulusal patent başvurusu gerçekleştirilmiştir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Agirre E., Ansa O., Martinez D., Hovy E., 2001, Enriching Wordnet Concepts with Topic Signatures, Proc. of the NAACL Workshop on Wordnet and other Lexica Resources: Applications, Extensions And Customizations, Pittsburg, USA, 123-132.

Akalın Ş. H., 2013, Türk İşaret Dili, Yeni Türkiye Dergisi (Türkçe Özel Sayısı), 55, 1496-1502.

Akın A. A., Akın M. D., Zemberek, an open source NLP framework for Turkic languages, Structure 10 (2007).

Almohimeed A., Wald M., Damper R. I., 2011, Arabic Text to Arabic Sign Language Translation System for the Deaf and HearingImpaired Community, In, EMNLP 2011: The Second Workshop on Speech and Language Processing for Assistive Technologies (SLPAT), Edinburgh, UK, Scotland, pp. 101-109.

Arel I., Rose D. C., Karnowski T. P., 2010, "Deep machine learning-a new frontier in artificial intelligence research [research frontier]", IEEE computational intelligence magazine, 5(4), 13-18.

Autodesk https://www.autodesk.com.tr/products/3ds-max/overview 2018, erişim tarihi: 14.11.2018.

Bayrak S., 2009, İşaret dilinin bilgisayarlı yorumlanması, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Bungeroth J., Ney H., Statistical sign language translation, In Proc. of the Workshop on Representation and Processing of Sign Languages (LREC2004), pages 105–108, Lisbon, Portugal, 2004.

Chai X., Li G., Chen X., Zhou M., Wu G., Li H., "VisualComm: A Tool to Support Communication Between Deaf and Hearing Persons with the Kinect", 15th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility, p. 76, 2013.

Chowdhury G.G., 2003, Natural language processing, Annual Review of Information Science and Technology, 37(1), 51-89.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Collobert R., Weston J., 2008, July, A unified architecture for natural language processing: Deep neural networks with multitask learning. In Proceedings of the 25th international conference on Machine learning (pp. 160-167), ACM.

Convolutional Neural Networks for Visual Recognition http://cs231n.github.io/convolutional-networks/ Erişim : 23.11.2018.

Çöltekin Ç., A Freely Available Morphological Analyzer for Turkish In Proceedingsof the 7th International Conference on Language Resources and Evaluation (2010).

Demir T., 2006, Türk dilbilgisi, (2. Baskı), Ankara: Kurmay Kitap Yayın ve Dağıtım.

Dikyuva H., Makaroğlu B., Arık E., 2015, Türk İşaret Dili dilbilgisi kitabı, Ankara: Aile ve Sosyal Politikalar Bakanlığı.

Diyanet (Diyanet İşleri Daire Başkanlığı Türk İşaret Dili Kavramlar Sözlüğü), 2014, Türk İşaret Dili Dini Kavramlar Sözlüğü, https://engelsiz.diyanet.gov.tr, erişim tarihi: 26.10.2018.

DuBow S., National Association of the Deaf, 2000, Legal rights the guide for deaf and hard of hearing people (5th ed., completely rev ed.), Washington, D.C: Gallaudet University Press.

Dünya Sağlık Örgütü, Körlük ve Sağlık Raporu, 2018 https://www.who.int/pbd/deafness/estimates/en/, erişim tarihi: 2.10.2018.

Evans A., Romeo M., Bahrehmand A., Blat J., "3Dgraphics on the web: a survey", Computers & Graphics, vol. 41,pp. 43–61, 2014.

Fant L. J., Miller, B. G., 1994, The American sign language phrase book (Rev. ed.), Chicago: Contemporary Books.

Gordon R. G., Jr. ed., 2005, Ethnologue: Languages of the World, Fifteenth edition, Dallas TX: SIL International.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Grishman R., "Computational linguistics: an introduction.", Cambridge Cambridgeshire/New York: Cambridge University Press, (1986).

Grobel K., Assan M., "Isolated Sign Language Recognition using Hidden 65 Markov Models", IEEE International Conference on Computational Cybernetics and Simulation, Systems, Man, and Cybernetics, pp. 162–167, 1997.

Göksel A., Taşçı S. S., 2016, Türk İşaret Dili'nde ödünçlemeler, Ellerle konuşmak: Türk İşaret Dili araştırmaları, (1. Baskı), Ed. Engin Arık, İstanbul: Koç Üniversitesi Yayınları.

Haberdar H., 2005, Saklı Markov Modelleri Kullanılarak Görüntüden Gerçek Zamanlı Türk İşaret Dili Tanıma Sistemi, Bilgisayar Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi.

Han J., Ling S., Dong X., Jamie S., "Enhanced computer vision with microsoft kinect sensor: A review." Cybernetics, IEEE Transactions on 43, no, 5 (2013): 1318-1334.

Haualand H., 2007, The two week village, The significance of sacred occasions for the deaf community, In Benedicte Ingstad & Ssuan R., Whyte, ed., Disability in local and global worlds, 33-55, Berkeley: University of California Press.

Hochreiter S., Schmidhuber J., 1997, Long short-term memory. Neural computation, 9(8), 1735-1780.

I. Marshall É. S., A prototype text to British Sign Language (BSL) translation system, Proceedings of the 41st Annual Meeting on Association for Computational Linguistics - Volume 2, Sapporo, Japan: Association for Computational Linguistics, 2003, pp. 113-116. [6].

Işikdoğan F., Albayrak S., 2011, June, Automatic recognition of Turkish fingerspelling, In Innovations in Intelligent Systems and Applications (INISTA), 2011 International Symposium on (pp. 264-267), IEEE.

İBB (İstanbul Büyükşehir Belediyesi Sağlık ve Sosyal Hizmetler Daire Başkanlığı Özürlüler Müdürlüğü), 2015, Türk İşaret Dili Eğitim Kitabı http://www.ibb.gov.tr/sites/SaglikVeSosyalHizmetler/isom/Pages/İSARETDİLİEGİTİMKİTABİ.aspx, erişim tarihi: 08.11.2018.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Ketenci S., Kayikçioğlu T., Gangal A., 2015, May, Recognition of sign language numbers via electromyography signals, In Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), 2015 23th (pp. 2593-2596), IEEE.

Krizhevsky A., Sutskever I., Geoffrey E., 2012, "ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks", Advances in Neural Information Processing Systems 25 (NIPS 2012).

Kubuş O., İlkbaşaran, D., Gilchrist S. K., Türkiye'de işaret dili planlaması ve Türk İşaret Dili'nin yasal durumu, Ellerle konuşmak: Türk İşaret Dili araştırmaları, (1. Baskı), Ed. Engin Arık, İstanbul: Koç Üniversitesi Yayınları.

Lane H., 1984, When the mind hears, A history of the deaf, New York: Random House

MEB (Milli Eğitim Bakanlığı - Özel Eğitim ve Rehberlik Hizmetleri Genel Müdürlüğü), 2012, Türk İşaret Dili Sözlüğü, http://www.tdk.org.tr/index.php?option=com_content&view=article&id=264, erişim tarihi: 29.11.2018.

Makaroğlu B., Dikyuva H., (Ed.), 2017, Güncel Türk İşaret Dili Sözlüğü, Ankara: Aile ve Sosyal Politikalar Bakanlığı, http://tidsozluk.net.

Monaghan, L., 2001, A world eye's view: Deaf cultures in global perspective, In Leila Monaghan, Constanze Schmaling, Karen Nakamura, Graham H. Turner (eds.) Many ways to be deaf, International variation in deaf communities, 1-25, Washington DC: Gallaudet University Press.

Morford J., Carlson M., 2011, Sign perception and recognition in non-native signers of ASL, Language learning and development, 7: 149.

Murray J. J., 2008, Coequality and transnational studies: understanding deaf lives, In H.-D. L. Bauman (ed.) Open your eyes, Deaf studies talking, 100-110.. London: University of Minnesota Press.

Oral A. Z., 2016, Türk İşaret Dili çevirisi, (1. Baskı), Ankara: Siyasal Kitabevi.

Ortiz S., "Is 3d finally ready for the web?", Computer, vol. 43,no. 1, pp. 14–16, 2010.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Özkul A., 2016, Türk İşaret Dilinde araç bildiren isim ve fiil çiftlerine birim bilimsel bir bakış, Ellerle konuşmak: Türk İşaret Dili araştırmaları, (1. Baskı), Ed. Engin Arık, İstanbul: Koç Üniversitesi Yayınları.

Penilla, A. R., Taylor A. L., 2012, Signing For Dummies, with Video CD, Wiley.

Shanableh T., Assaleh K., 2011, User-independent recognition of Arabic sign language for facilitating communication with the deaf community, Digital Signal Processing: A Review Journal, 21 (4), 535-542.

Smisek J., Michal J., Tomas P., "3D with Kinect." In Consumer Depth Cameras for Computer Vision, pp, 3-25, Springer London, 2013.

Starner T., Weaver J., Pentland A., "Real-time American Sign Language Recognition using Desk and Wearable Computer based Video", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 20, pp. 1371–1375, 1998.

Szegedy C., Vanhoucke V., Ioffe S., Shlens J., Wojna Z., Rethinking the inception architecture for computer vision, The IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), (2016), pp. 2818–2826.

Takahashi T., Kishino F., 1992, A hand gesture recognition method and its application, Systems and Computers in Japan, 23 (3), 38-48.

Tutar H., Yılmaz, M. K., Eroğlu Ö., 2014, Genel Teknik İletişim, 6. Baskı, Ankara: Seçkin Yayıncılık.

Türk Y., 2015, Türk-Alman işaret dilleri tercümesi etkinliğinin örneklerle incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sakarya.

Uysal A., 2010, İşitme engellilerde Türkçe öğretimi, sorunlar, öneriler, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Wang H., Leu M., Oz C., C., 2006, American Sign Language recognition using multidimensional Hidden Markov Models, Journal of Information Science and Engineering, 22 (5), 1109-1123.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

WebGL 2.0 Specification, 2017 , https://www. khronos.org/registry/webgl/specs/latest/2.0/, erişim tarihi: 20.10.2018.

WebGL 2.0 https://www.khronos.org/registry/webgl/specs/latest/2.0/, erişim tarihi: 05.11.2018.

Weston J., Ratle F., Mobahi H., Collobert R., 2012, "Deep learning via semi-supervised embedding", In Neural Networks: Tricks of the Trade (pp. 639-655). Springer, Berlin, Heidelberg.

What are Artificial Neural Networks ? https://towardsdatascience.com/activation-functions-and-its-types-which-is-better-a9a5310cc8f Erişim : 23.11.2018.

Zafer H. R., "Nuve: A Natural Language Processing Library for Turkish in C#" Available: https://github.com/hrzafer/nuve. [Erişim: 05-Kasım-2018].

Zagura, "How Does The Kinect 2 Compare to the Kinect 1?", http://zugara.com/how-does-the-kinect-2-compare-to-the-kinect-1 (Erişim :01.10.2018).

Zeshan U., Aspects of Türk İşaret Dili (Turkish Sign Language), Sign Language & Linguistics, 6 (1), pp. 43-75, ISSN 13879316, 2003.

Zeshan U., 2002, Sign Language in Turkey: The story of a hidden language, Turkic Languages, 6(2), 229-274.

ÖZGEÇMİŞ

Özer Çelik 29 Temmuz 1983 tarihinde Polatlı'da doğmuştur. Lisans öğrenimine 2002 yılında Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mimarlık-Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümüne ve 2003 tarihinde Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümüne (Çift Anadal) başlayıp, 2007 yılında her iki bölümden mezun olmuştur. Yüksek lisans öğrenimini 2015 tarihinde Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliğinde tamamlamıştır. İş hayatına Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Bilgi İşlem Daire Başkanlığına uzman olarak başlamıştır. 2011-2015 yılları arasında Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sağlık, Uygulama ve Araştırma Hastanesinde Sistem koordinatörü olarak görev yapmıştır. 2015 yılından itibaren Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Matematik-Bilgisayar bölümünde çalışmaya başlamış ve halen aynı bölümde akademik çalışmalarına devam etmektedir.

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Fen- Edebiyat Fakültesi
Matematik- Bilgisayar Bölümü
Eskişehir