

İŞARET DİLİ TANIMA VE ÇEVİRİ SİSTEMLERİNE YÖNELİK ÖN ARAŞTIRMA RAPORU

İçindekiler

1. Giriş
2. İşaret Dili Veri Seti Üzerine Yapılan Çalışmalar
3. Görüntü İşleme ile İşaret Dili Tanıma
4. Literatürde Kullanılan Yöntemler
5. Veri Setleri ve Etiketleme Zorlukları
6. Türk İşaret Dili (TİD) Üzerine Mevcut Çalışmalar
7. Gerçek Zamanlı Sistem Tasarımı
8. Çıktıya Dönüştürme Adımları
9. Kullanılabilecek Teknolojiler
10. Önerilen Proje Fikri
11. Kaynakça

1. Giriş

İşaret dili, işitme engelli bireylerin iletişim kurmak için kullandıkları doğal bir dildir. Ancak bu dili bilen birey sayısının sınırlı olması, işitme engellilerin toplumla olan etkileşimlerinde zorluklara neden olmaktadır. Bu bağlamda, görüntülü görüşmelerde kullanılmak üzere geliştirilecek otomatik işaret dili tanıma ve çeviri sistemleri, iletişim engellerini azaltma potansiyeline sahiptir.

Bu rapor, böyle bir sistemin geliştirilmesine yönelik yapılacak bitirme projesinin ilk adımı olarak; yöntemler, teknolojiler, veri setleri ve mimari önerileri araştırma amacı taşımaktadır.

2. İşaret Dili Veri Seti Üzerine Yapılan Çalışmalar

Sign2Text: Konvolüsyonel Sinir Ağları Kullanarak Türk İşaret Dili Tanıma: Bu çalışmada, Türk İşaret Dili (TİD) hareketlerinin kamera aracılığıyla tespit edilip yazılı metne dönüştürülmesi amaçlanmıştır. İşitme engelli bireylerin, işaret diliyle iletişim kurabilmesine rağmen, genellikle hastane gibi kamu kurumlarında kendilerini ifade etmekte ve karşısındaki kişileri anlamakta zorlandıkları bilinen bir gerçektir. Bu zorlukları aşmak için geliştirilen bu sistemde, derin öğrenme tekniklerinden Konvolüsyonel Sinir Ağları (CNN) ve Uzun Kısa Süreli Bellek (LSTM) kullanılmıştır. Sistem, sensörler yerine yalnızca bir kamera aracılığıyla işaret dili hareketlerini algılamakta ve bu hareketleri yazılı metne dönüştürmektedir. Çalışma, öncelikle video görüntülerinde baş ve el bölgesinin tespit edilmesi ve ardından el hareketlerinin takip edilmesiyle başlamakta; videolar kırılarak uygun hale getirilmekte ve her bir frame, eğitim için kullanılarak modelin öğrenmesi sağlanmaktadır. CNN, el hareketlerinin görsel özelliklerini çıkartırken, LSTM ise zaman bağımlılıklarını öğrenerek işaret dilinin sıralı

yapısını anlamaya çalışmaktadır. Çalışma sonucunda, kamera karşısında yapılan 10 rakam ve 29 harfin işaret dili hareketleri ile eğitim verilen model, %97 başarı oranına ulaşarak, işaret dili hareketlerinin doğru bir şekilde yazılı metne dönüştürülmesini sağlamıştır. Bu sonuç, derin öğrenme yöntemlerinin işaret dili tanıma ve çevirisinde yüksek başarı sağladığını ve işitme engelli bireylerin kamera aracılığıyla yaptıkları işaret dili hareketlerinin metne dönüştürülmesinde etkili bir çözüm sunduğunu göstermektedir [1].

Evrişimsel Sinir Ağları ile İşaret Dili Tanıma : Bu çalışmada, işitme engelli bireylerin iletişimde yaşadığı zorlukları azaltmak amacıyla işaret dili tanıma üzerine bir sistem geliştirilmiştir. Özellikle, Türkiye'de işaret dili bilen insan sayısının az olması, engelli bireylerin günlük yaşamda iletişimde büyük güçlükler yaşamasına yol açmaktadır. Çalışma, Ankara Ayrancı Anadolu Lisesi öğrencileri tarafından oluşturulan rakamsal işaret dili veri seti üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu veri seti, 0 ile 9 arasındaki rakamların işaret dili görüntülerinden oluşmaktadır ve toplamda 2062 adet görüntü içermektedir. Veri seti, eğitim ve test işlemleri için %80 eğitim ve %20 test oranında rastgele bölünmüştür; bu da 1649 görüntüyle eğitim ve 413 görüntüyle test yapılmasını sağlamıştır. Çalışmada, işaret dili tanıma için Evrişimsel Sinir Ağı (CNN) modeli kullanılmıştır. Yapılan analizler sonucunda, bu modelin veri seti üzerinde %97.8 başarı oranı elde ettiği görülmüştür. Ayrıca, modelin başarısını belirleyen parametreler, başarı ve hata oranları detaylı bir şekilde raporlanmıştır. Bu çalışma, işaret dili tanıma sistemlerinin derin öğrenme yöntemleri ile ne kadar etkili olabileceğini göstermektedir [2].

Derin öğrenme yöntemi kullanılarak görüntü-tabanlı türk işaret dili tanıma: Bu çalışmada, işitme problemi yaşayan bireylerin hayatını kolaylaştırmak amacıyla Türk İşaret Dili (TİD) parmak alfabesindeki hareketlerin yazı diline çevrilmesi hedeflenmiştir. Çalışmada, klasik makine öğrenmesi yöntemleri yerine derin öğrenme yöntemlerinden biri olan Konvolüsyonel Sinir Ağları (CNN) kullanılarak, işaret dilindeki parmak alfabesi hareketlerinin tanınması sağlanmıştır. Veri seti, üç farklı bireyden alınan 522 adet renkli (RGB) görüntü ile oluşturulmuş ve bu görüntüler üzerinde ön işleme ve segmentasyon işlemleri uygulanarak yalnızca el bölgelerini içeren siyah beyaz görüntüler elde edilmiştir. Veri setine veri arttırma yöntemleri uygulanarak görüntü sayısı 4176'ya çıkarılmış ve bu artışın sınıflandırma başarısını nasıl etkilediği değerlendirilmiştir. İşaretlerin tanınması için, özel olarak tasarlanmış 14 katmanlı bir CNN yapısı ve önceden eğitilmiş AlexNet modeli kullanılmıştır. Ayrıca, siyah beyaz görüntülerden oluşan veri setine Yönlü Gradyanların Histogramı (HoG) özellik çıkarma yöntemi uygulanmış ve bu özellikler, Yapay Sinir Ağları (ANN), Destek Vektör Makineleri (SVM) ve Rastgele Orman (RF) gibi farklı sınıflandırma yöntemleriyle sınıflandırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, derin sinir ağları kullanılarak elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmış ve en başarılı yöntem belirlenmiştir. Bu çalışma, işaret dili tanıma alanında derin öğrenme yöntemlerinin etkinliğini ve sınıflandırma başarısını incelemektedir [3].

Hareket geçmişi görüntüsü yöntemi ile Türkçe işaret dilini tanıma uygulaması: Bu çalışmada, işitme ve konuşma engelli bireylerin toplumla daha sağlıklı iletişim kurabilmelerini sağlamak amacıyla bir işaret dili tanıma sistemi geliştirilmiştir. Sistemde, kameradan alınan görüntüler üzerinden işaret dili hareketleri tanınmakta ve bu hareketler, daha önce eğitilmiş işaret dili verisiyle karşılaştırılarak anlamları belirlenmektedir. Hareketlerin tanınabilmesi için "Hareket Geçmişi Görüntüsü" yöntemi kullanılmıştır. Tanımlanan hareketlerin sınıflandırılması

için ise "En Yakın Komşuluk" algoritması uygulanmıştır. Çalışmanın sonunda, geliştirilen sistem işaret dili hareketlerini doğru bir şekilde metne dönüştürmüş ve toplamda %95 başarı oranına ulaşmıştır. Bu sistem, işitme veya konuşma engeli olan bireylerin iletişimde daha fazla kolaylık ve erişilebilirlik elde etmelerini sağlamayı amaçlamaktadır [4].

Türk İşaret Dilinin Sınıflandırılması için Derin Öğrenme Yaklaşımları: Bu çalışmada, Türk İşaret Dili (TİD) için literatürde ilk kez bir rakam temelli yeni veri seti önerilmiştir. Bu veri seti, Türk İşaret Dili'ni otonom bir şekilde sınıflandırmak ve sağır ve dilsiz bireylerin iletişimini bilgisayar temelli bir şekilde yapabilmesi amacıyla geliştirilmiştir. Çalışmada, en güncel derin öğrenme yaklaşımlarından biri olan Konvolüsyonel Sinir Ağları (CNN) kullanılarak, VGG, ResNet, MobileNet, DenseNet ve EfficientNet gibi popüler mimariler uygulanmıştır. Deneysel çalışmalar sonucunda, ResNet152 modeli %98.76 doğruluk, %98.85 kesinlik, %98.81 duyarlılık ve %98.80 F1-skoru ile diğer modellere göre en yüksek performansı göstermiştir. Ayrıca, diğer kullanılan modellerin tamamı %90'ın üzerinde bir başarı oranı elde ederek, önerilen veri setinin etkililiğini doğrulamıştır. Bu sonuçlar, CNN modellerinin Türk İşaret Dili'ni tanımada oldukça başarılı olduğunu ve işaret dilinin otomatik tanınmasının mümkün olduğunu ortaya koymaktadır [5].

Yinelemeli sinir ağları ile işaret dili tanıma: Bu çalışma, işitme engelli veya konuşma zorluğu çeken bireylerin iletişimini kolaylaştırmak amacıyla işaret dili tanıma teknolojisinin zorlukları ve gelişmeleri üzerine odaklanmaktadır. İşaret dili, el ve vücut hareketleri ile yüz ifadeleri kullanılarak yapılan sözsüz bir iletişim şeklidir ve bu nedenle tanınması zor bir problem oluşturur. İşaretlerin benzerliği ve her bireyin farklı şekillerde işaret yapması, işaret dili tanımanın zorluklarından biridir. Son yıllarda derin öğrenme alanındaki gelişmeler, özellikle GPU'ların artan hesaplama gücüyle, bu tür zorlukların üstesinden gelmeyi hızlandırmıştır. Bu çalışmada, işaret dili tanıma için derin öğrenme algoritmalarının kullanıldığı belirtilmiştir. Ayrıca, işaret dilini tanımayı daha az ortam ve kişi bağımlı hale getirmek için iskelet anahtar noktaları (sadece el ve kol) kullanılmıştır. Bu noktalar, zaman bağımlılıklarını modellemek için iki yönlü olarak oluşturulan uzun kısa süreli bellek (LSTM) ve kapılı tekrarlayan hücreler (GRU) modelleriyle işaret dilini tanımak için kullanılmıştır. Modellerin performansları Türkçe İşaret Dili (AUTSL) veri seti üzerinde test edilmiştir ve LSTM modelinin daha kısa sürede daha yüksek doğruluk sağladığı, ancak GRU modelinin daha düşük maliyetle çalıştığı gözlemlenmiştir. Bu çalışma, işaret dili tanıma sistemlerinde kullanılan derin öğrenme yöntemlerinin etkinliğini ve verimliliğini karşılaştırarak önemli sonuçlar sunmuştur [6].

Çift Elli Durağan Parmak Türk İşaret Dili Alfabesi Tanıma : Recognition of Two-Handed Posture Finger Turkish Sign Language Alphabet: Bu özet, işitme engelli bireylerin toplumla daha kolay iletişim kurabilmesinin önemine odaklanmaktadır. Çalışmada, Türk İşaret Dili'ne ait iki elle yapılan parmak alfabesinin tanınması, Leap Motion adlı bir sensör cihazı kullanılarak incelenmiştir. Veri toplamanın yanı sıra, çalışmada dört aşama bulunmaktadır: ön işleme, öz nitelik çıkarımı, boyut indirgeme ve sınıflandırma. Tanıma başarısı, makine öğrenmesi yöntemlerinden biri olan geleneksel sınıflandırıcı kullanılarak analiz edilmiştir. Bu analizde,

tanıma modeli k-katlı çapraz doğrulama yöntemiyle test edilmiş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Analizlerde, PCA (Ana Bileşenler Analizi) ve LDA (Doğrusal Ayrımcı Analiz) öznitelik seçme algoritmalarıyla seçilen özniteliklerin, bağımsız olarak ve hibrit bir yapıda kullanıldığında elde edilen başarı oranları, orijinal verilerin tüm öznitelikleriyle karşılaştırılmıştır. Detaylı analizlerin sonuçları, PCA ve LDA algoritmaları kullanılarak seçilen özniteliklerin hibrit bir yapıda kullanıldığında daha başarılı bir tanıma sağladığını göstermektedir [7].

Isolated sign language recognition using Improved Dense Trajectories

Bu çalışma, işaret dili tanıma konusundaki araştırmaları ele almaktadır. İşaret dili, işitme engelli bireylerin iletişim için kullandığı ana araçtır ve bu nedenle insan-bilgisayar etkileşiminde önemli bir yer tutmaktadır. Bu çalışmada, daha önce büyük ölçekli eylem tanıma için kullanılan Geliştirilmiş Yoğun Yörünge (IDT) öznitelikleri kullanılarak işaret tanıma için bir yöntem önerilmiştir. Önerilen yöntemde, işaret örneklerini temsil etmek için Fisher Vektörleri (FV) kullanılmıştır. Çalışmada, 200 işareten oluşan bir test seti kullanılarak yedi farklı öznitelik kombinasyonu karşılaştırılmış ve bu karşılaştırmada Destek Vektör Makineleri (SVM) sınıflandırıcısı kullanılmıştır. En iyi kombinasyon, Optik Akışın Histogramı (HOF) ve Hareket Sınır Histogramı (MBH) bileşenleri birlikte kullanıldığında %80,43 başarı oranı elde edilmiştir [8].

Evrimsel Sinir Ağları Kullanılarak Video Tabanlı İzole İşaret Dili Tanıma

Bu çalışma, işaret dili tanıma (İDT) teknolojilerindeki mevcut sınırlamaları ele alarak, işaret dili algılama doğruluğunu ve genellenabilirliğini artırmayı amaçlamaktadır. İşaret dili, dünya genelinde işitme engelli bireyler için önemli bir iletişim aracıdır, ancak işitme engelli olmayanlar arasında yaygın olarak bilinmemektedir, bu da sosyal izolasyon riskini artırmaktadır. Tezde, işaret dilinin hem manuel (el ve parmak hareketleri) hem de manuel olmayan (yüz ve vücut hareketleri) unsurları derin öğrenme tabanlı sistemlerle analiz edilmiştir. İlk çalışmada, uzamsal ve zamansal özellikleri etkili bir şekilde çıkaran R3(2+1)D-SLR ağı önerilmiştir. Bu sistem, işaretçinin vücut, el ve yüz hareketlerinden elde edilen verileri Destek Vektör Makinesi (SVM) ile sınıflandırarak yüksek doğruluk ve sağlamlık sağlamaktadır. İkinci çalışmada, izole işaret dili tanıma için yeni bir yaklaşım geliştirilmiş, burada poz verileri ile türetilen Hareket Tarihçesi Görüntüleri (HTG) birleştirilmiştir. Bu yaklaşım, parmak hareketlerini daha hassas bir şekilde yakalayarak doğruluğu artırmıştır. Ayrıca, eksik poz verilerini tamamlamak için doğrusal enterpolasyon kullanılarak model performansı iyileştirilmiştir. Üçüncü çalışmada ise, parmak hareketlerine odaklanan çok kanallı bir model önerilmiştir. Bu model, parmak hareketlerinin detaylı analizini yaparak işaret dili tanımada yüksek doğruluk ve hassasiyet sunmaktadır. Tüm bu çalışmalar, önerilen yöntemlerin işaret dili tanıma alanındaki mevcut yaklaşımlara göre daha iyi sonuçlar elde ettiğini ve bu sistemlerin pratik uygulamalarda etkinliğini artırarak iletişim engellerini azaltma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir [9].

3. Görüntü İşleme ile İşaret Dili Tanıma

Görüntü işleme, işaret dili tanıma sistemlerinin temelini oluşturur. Sistem genellikle kamera ile alınan video akışını çerçevelere ayırır ve her karede el, parmak, kol pozisyonları ile yüz mimiklerini analiz eder.

Öne çıkan teknikler:

- **Segmentasyon:** Elin arka plandan ayrıştırılması.
- **Landmark Tespiti:** El ve parmakların eklem noktalarının bulunması (örneğin MediaPipe ile 21 nokta).
- **Takip (Tracking):** Hareket halindeki elin her karede doğru şekilde takip edilmesi.
- **Zaman Serisi Analizi:** Hareket dizilerinin sıralı yapısının öğrenilmesi.

4. Literatürde Kullanılan Yöntemler

CNN (Convolutional Neural Networks)

Görüntülerdeki uzamsal özelliklerin çıkarılmasında etkilidir. El şekillerinin ve parmak pozisyonlarının sınıflandırılmasında kullanılır.

RNN / LSTM

İşaret dili zamanla değişen bir yapıdadır. RNN'ler ve özellikle LSTM'ler, el hareketlerinin zaman içinde nasıl evrildiğini anlamada kullanılır.

Transformer Tabanlı Modeller

Görsel ve dil tabanlı veriler üzerinde paralel çalışabilen bu modeller, video çevirilerinde hız ve doğruluk açısından avantaj sağlar.

MediaPipe

Google tarafından geliştirilen bu araç, el, yüz ve vücut pozisyonlarını gerçek zamanlı ve yüksek doğrulukla belirleyebilir.

OpenPose

Kişinin tüm vücut pozunu, yüz mimiklerini ve el hareketlerini çıkarabilir. Çoklu kişi desteği de sunar.

5. Veri Setleri ve Etiketleme Zorlukları

İşaret dili tanıma sistemleri için geniş ve çeşitli veri setlerine ihtiyaç vardır. Bu veri setleri genellikle videolar, her kareye ait açıklamalar (label) ve çevirileri içerir.

Mevcut Veri Setleri:

- **RWTH-PHOENIX-Weather 2014T**: Almanca işaret dili, hava durumu sunumlarından elde edilmiştir. (<https://www-i6.informatik.rwth-aachen.de/~koller/RWTH-PHOENIX-2014-T/>)



- **ASLLVD**: Amerikan İşaret Dili için büyük bir video tabanlı sözlük veri seti.



- **TİD-İstanbul**: Türk İşaret Dili üzerine oluşturulmuş, sınırlı kelime haznesine sahip akademik veri seti.
- **Sign Language MNIST**: Harf tanıma düzeyinde veri içerir; kelime ve cümle tanımak için yetersizdir.



Etiketleme Sorunu:

- Hareketlerin başlangıç/bitiş zamanlarının manuel olarak belirlenmesi gereklidir.
- Aynı işaretin farklı kişiler tarafından farklı şekillerde yapılması, modelin genelleştirilmesini zorlaştırır.

6. Türk İşaret Dili (TİD) Üzerine Mevcut Çalışmalar**6.1 TİD'in Dilsel Özellikleri**

Türk İşaret Dili (TİD), Türkiye'de işitme engelli bireyler tarafından kullanılan doğal ve görsel-işitsel bir dildir. Türkçeyle benzer kelime köklerini paylaşırsa da yapısal ve gramer açısından oldukça farklıdır. TİD'de kelime sıralaması genellikle özne-nesne-fiil (ONF) şeklindedir; bu da Türkçenin özne-fiil-nesne (ÖFN) yapısından farklıdır.

Örnek:

- Türkçe: “Ben okula gidiyorum.”
- TİD: “Ben okul git.”

Diğer dikkat çeken özellikler:

- Yüz ifadeleri ve vücut hareketleri, sözdiziminin bir parçasıdır. Örneğin soru ifadesi, yüz mimikleriyle belirtilir.
- TİD'de zaman belirteçleri (dün, yarın vb.) genellikle cümle başında kullanılır.
- Bazı kelimeler ellerin değil, vücut duruşunun veya baş hareketinin yardımıyla ifade edilir.

Bu farklılıklar, işaret dilinden yazılı/sesli Türkçeye çeviri yapılırken sadece kelime tanımının yeterli olmadığını, anlam düzeyinde modellemeye ihtiyaç duyulduğunu gösterir.

6.2 Akademik ve Teknolojik Çalışmalar**Boğaziçi Üniversitesi - Türk İşaret Dili Sözlüğü Projesi**

Bu proje, TİD'in sistemli biçimde belgelenmesi amacıyla TÜBİTAK destekli olarak yürütülmüştür. 2.000'den fazla işaret videosu içeren çevrimiçi bir TİD sözlüğü oluşturulmuştur. Videolarda, işaretlerin nasıl yapıldığı, hangi el hareketleriyle ifade edildiği detaylı biçimde açıklanır.

- Proje kapsamında morfolojik yapı, anlam kategorileri, çoklu işaret varyantları gibi bilgiler de etiketlenmiştir.
- Örnek Sözlükler: <https://tidsozluk.aile.gov.tr/> - <https://isaretdilisozlugu.com/> - <https://isaretce.com/>

ODTÜ & Hacettepe Üniversiteleri – Derin Öğrenme ile TİD Tanıma Çalışmaları

Çeşitli yüksek lisans ve doktora tezlerinde, derin öğrenme modelleri kullanılarak parmak alfabesi ve temel TİD kelimeleri tanınmaya çalışılmıştır. Bu çalışmalarda CNN tabanlı

modellerin yüksek doğruluk sağladığı görülmüştür, ancak TİD’in doğal akışındaki tüm cümlelerin tanınması için veri miktarı yetersizdir.

TÜBİTAK 4004 & 1001 Projeleri

- İşaret dili öğretim materyallerinin hazırlanması ve otomatik tanıma algoritmalarının geliştirilmesi amacıyla desteklenen bazı projeler bulunmaktadır.
- Örnek: “İşaret Dili ile İnsan Bilgisayar Etkileşimi” projesi kapsamında işaret tanıma sistemleri üzerine simülasyonlar geliştirilmiştir.

6.3 Eğitim Amaçlı Girişimler ve STK Destekli Uygulamalar

Milli Eğitim Bakanlığı – TİD Eğitim Videoları

MEB, işitme engellilere yönelik eğitici videolar hazırlamıştır. Bu videolar genellikle statik kelime tanıtımı ve günlük ifadeler üzerine kuruludur.

STK’lar Tarafından Geliştirilen Mobil Uygulamalar

- İşaret Dili Öğreniyorum gibi uygulamalar, TİD öğrenmek isteyen bireylere yönelik hazırlanan görsel içerikli mobil platformlardır.
- Ancak bu uygulamaların çoğu tanıma değil, öğretme odaklıdır.

6.4 TİD’e Özgü Zorluklar

İngilizce ya da Amerikan İşaret Dili (ASL) üzerine yapılan çalışmaların birçoğu doğrudan TİD’e uyarlanamaz. Bunun başlıca nedenleri:

1. **Yetersiz Veri:** TİD için açık erişimli büyük boyutlu video veri setleri oldukça sınırlıdır.
2. **İşaret Varyantları:** Türkiye genelinde işaretlerin bölgesel farklılıkları vardır (örneğin İstanbul’da kullanılan işaret ile Diyarbakır’daki farklı olabilir).
3. **Sözdizimi Uyumsuzluğu:** TİD, yazılı Türkçeyle birebir çeviri ilişkisi içinde değildir. Bu da NLP tarafında özel bir TİD→Türkçe modelleme ihtiyacını doğurur.
4. **Çoklu Modalite:** İşaretler yalnızca el hareketlerinden ibaret değildir; yüz, kaş, ağız ve omuz hareketleri de anlamın parçasıdır. Modelin bu tüm sinyalleri birlikte işlemesi gerekir.

6.5 Gelecekteki Yönelimler ve Açık Alanlar

- **Büyük Ölçekli TİD Veri Seti Oluşturma:** Üniversiteler ve kamu kurumları iş birliğiyle, bölgesel varyantları da içeren 10.000+ işaretlik bir veri havuzu oluşturulabilir.
- **TİD-Türkçe Paralel Cümle Çeviri Çalışmaları:** Video → TİD Anlam Etiketi → Türkçe Cümle akışını sağlayan modellerin geliştirilmesi gerekmektedir.

- **Evrensel TİD Modeli:** Transfer learning yöntemleriyle diğer işaret dillerinde eğitilmiş modeller, TİD üzerine uyarlanabilir (örneğin Multilingual Sign Transformer).
- **Gerçek Zamanlı Tanıma + NLP Çıkış Entegrasyonu:** TİD tanıma ile Türkçeye çevirinin aynı anda yapıldığı sistemler geliştirilmelidir.

7. Gerçek Zamanlı Sistem Tasarımı

Mimari Bileşenler:

- **Kamera Girdisi:** Görüntü sürekli olarak alınır.
- **Önişleme:** Görüntü netleştirme, arka plan silme vb.
- **Landmark Çıkartma:** El, yüz ve vücut noktaları tespit edilir.
- **İşaret Tanıma:** Derin öğrenme modeli ile sınıflandırma.
- **Cümle Kurulumu:** Tanınan işaretler sıraya sokulur ve dil modeli ile anlamlı cümleye çevrilir.
- **Çıktı Sunumu:** Sesli (TTS) ya da yazılı olarak gösterilir.

8. Çıktıya Dönüştürme Adımları

Tanınan işaretlerin Türkçeye çevrilmesinde NLP kullanılır. Buradaki temel hedef:

- İşaretlerin sıralamasını anlamlı cümlelere dönüştürmek.
- Türkçeye özgü dilbilgisi kurallarına uygun hale getirmek.
- Kullanıcıya sesli veya yazılı geri bildirim sunmak.

Örnek:

İşaretler: [Ben] → [okul] → [git]

NLP Modeli: “Ben okula gidiyorum.”

TTS (Text-to-Speech): Yazılı çıktı sesli hale getirilir.

9. Kullanılabilecek Teknolojiler

Alan	Teknoloji / Kütüphane
Görüntü İşleme	OpenCV, MediaPipe
Derin Öğrenme	TensorFlow, PyTorch
Veri İşleme	NumPy, Pandas
NLP	HuggingFace Transformers, spaCy
TTS (sesli çıktı)	gTTS, pyttsx3
Web Tabanlı Uygulama	Flask, Streamlit, ReactJS

10. Önerilen Proje Fikri

Kamera ile El Hareketi Yakalama + NLP ile Cümle Üretme

Bu sistemde, kullanıcı kamera önünde işaret diliyle konuşur. Sistem:

1. MediaPipe/OpenPose ile el ve yüz verilerini çıkarır.
2. CNN+LSTM ya da Transformer modeliyle işareti tanır.
3. Tanınan işaretler sırayla NLP sistemine gönderilir.
4. Dil modeli Türkçe cümle oluşturur.
5. gTTS veya benzeri bir kütüphane ile sesli çıktı sağlanır.

Avantajlar:

- Gerçek zamanlı çalışabilir
- Mobil ya da web platformlara entegre edilebilir
- Açık kaynak veri ve kütüphanelerle geliştirilebilir

KAYNAKÇA:

- [1] Çelik, Ö., & Odabas, A. (2020). Sign2Text: Konvolüsyonel Sinir Ağları Kullanarak Türk İşaret Dili Tanıma. *Avrupa Bilim Ve Teknoloji Dergisi*(19), 923-934. <https://doi.org/10.31590/ejosat.747231>
- [2] Kemaloğlu, N., & Sevlı, O. (2019, November 14–16). *Evrişimsel Sinir Ağları ile İşaret Dili Tanıma*. Proceedings of the 2nd International Conference on Technology and Science (pp. 942). Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Türkiye.
- [3] Ezel, E. (2018). *Derin öğrenme yöntemi kullanılarak görüntü-tabanlı Türk İşaret Dili tanıma* (Yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı). Konya, Türkiye.
- [4] Yalçınkaya, Ö., Atvar, A., & Duygulu, P. (t.y.). *Hareket geçmişi görüntüsü yöntemi ile Türkçe işaret dilini tanıma uygulaması [Turkish sign language recognition application using motion history image]*. İhsan Doğramacı Bilkent Üniversitesi & Hacettepe Üniversitesi, Ankara, Türkiye.
- [5] Pacal, I., & Alaftekin, M. (2023). Türk İşaret Dilinin Sınıflandırılması için Derin Öğrenme Yaklaşımları. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 13(2), 760-777. <https://doi.org/10.21597/jist.1223457>
- [6] Çetinkaya, İ. (2023). *Yinelemeli sinir ağları ile işaret dili tanıma* (Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi). Danışman: Tamer Ölmez. Orijinal dil: İngilizce.
- [7] Katılmış, Z., & Karakuzu, C. (2020). *Çift elli durağan parmak Türk işaret dili alfabesi tanıma: Recognition of two-handed posture finger Turkish sign language alphabet*. In *Proceedings of the 2020 5th International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK)* (pp. 1-6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/UBMK50275.2020.9219364>

[8] Özdemir, O., Camgoz, N. C., & Akarun, L. (2016). *Isolated sign language recognition using improved dense trajectories*. In *Proceedings of the 2016 24th Signal Processing and Communication Application Conference (SIU)* (pp. 245-249). IEEE. <https://doi.org/10.1109/SIU.2016.7496151>

[9] Akdağ, A. (t.y.). *Evrişimsel sinir ağları kullanılarak video tabanlı izole işaret dili tanıma* [Video-based isolated sign language recognition using convolutional neural networks] (Yüksek lisans tezi, Konya Teknik Üniversitesi). https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=usXiZIM9Lp0wk-YzRoAT-7ZPfhzHCCAkxFFC4qR1sD0vxMnZr-AehOg6V5_xk8FF