



**Kriptarium Ar-Ge Yazılım Danışmanlık
Savunma Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti.**

**TİD Tabanlı Akıllı Chatbot Sistemi
Gereksinim Analizi Dokümanı**

**Hazırlayan
Elif KOÇOĞLU**

**Proje Sorumlusu
Fatih ÖZKAYNAK**

11 Ağustos 2025

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ
 - 1.1 Amaç
 - 1.2 Hedef Kitle
 - 1.3 Doküman Yapısı
2. KAPSAM
 - 2.1 Proje Kapsamı
 - 2.2 Kapsam Dışı Konular
 - 2.3 Varsayımlar ve Kısıtlar
3. TANIMLAR
 - 3.1 Kullanıcı Tanımları
 - 3.2 Teknik Terimler Sözlüğü
4. İŞLEVSEL GEREKSİNİMLER
 - 4.1 Çok Modlu İletişim Gereksinimleri
 - 4.2 İletişim ve Bağlam Yönetimi Gereksinimleri
 - 4.3 Öğrenme ve Eğitim Gereksinimleri
 - 4.4 Hata Yönetimi ve Düzeltme Gereksinimleri
 - 4.5 Sistem Optimizasyon ve Performans Gereksinimleri
 - 4.6 Kişiselleştirme ve Profil Yönetimi Gereksinimleri
 - 4.7 Çoklu Kullanıcı ve Sistem Yönetimi Gereksinimleri
 - 4.8 Gelişmiş Etkileşim Gereksinimleri
5. İŞLEVSEL OLMAYAN GEREKSİNİMLER
 - 5.1 Performans Gereksinimleri
 - 5.2 Güvenlik ve Koruma Gereksinimleri
 - 5.3 Erişilebilirlik ve Kullanılabilirlik Gereksinimleri
 - 5.4 Ölçeklenebilirlik ve Platform Uyumluluğu Gereksinimleri
 - 5.5 Güvenilirlik ve Hata Toleransı Gereksinimleri
6. TEKNOLOJİ BİLEŞENLERİ VE SİSTEM MİMARİSİ
 - 6.1. Temel Teknolojiler
 - 6.2 Sistem Mimarisi
 - 6.3. Kullanıcı Profili Odaklı Tasarım
 - 6.4 İşlevsel Gereksinimlere Uygun Mimari
 - 6.5 İşlevsel Olmayan Gereksinimlere Uygun Mimari
 - 6.6 Veri Yönetimi Ve Bulut Barındırma
7. KAYNAKLAR VE REFERANSLAR
8. EKLER
 - Ek-A Donanım ve Yazılım Gereksinimleri
 - Ek-B İzlenebilirlik ve Test Dokümanları
 - Ek-C Teknik Diyagramlar
 - Ek-D Araştırma ve Karşılaştırma
 - Ek-E Persona Bazlı Kullanım Senaryoları ve Akışlar

1. GİRİŞ

1.1 Amaç

Bu doküman, TİD Tabanlı Akıllı Chatbot Sistemi'nin teknik gereksinimlerini, sistem mimarisini ve geliştirme sürecine yön verecek detaylı teknik bilgileri içermektedir. Dokümanın temel amacı, proje ekibinin sistem geliştirme sürecinde ortak bir anlayış oluşturmalarını sağlamak ve teknik gerçekleştirme sürecine rehberlik etmektir.

Bu çalışmanın temel amacı, Türk İşaret Dili (TİD) ile etkileşim kurarak doğal Türkçe dilde konuşabilen, gerçek zamanlı çeviri yapabilen ve yapay zekâ destekli bir chatbot sistemi geliştirmektir. Proje, işitme engelli bireylerin dijital platformlarda karşılaştıkları iletişim engellerini ortadan kaldırmayı hedeflemekte ve bu doğrultuda kapsayıcı bir teknolojik çözüm sunmayı amaçlamaktadır.

1.2 Hedef Kitle

Bu doküman aşağıdaki paydaşlar için hazırlanmıştır:

Teknik Ekip:

- Yazılım geliştiricileri (Frontend ve Backend)
- Yapay zekâ/makine öğrenmesi uzmanları
- Sistem mimarları
- DevOps mühendisleri
- Test uzmanları

Proje Yönetimi:

- Proje yöneticileri
- Teknik liderler
- İş analisti
- Proje sahipleri (şirket yönetimi)

Son Kullanıcı Kategorileri:

- İşitme Engelli Bireyler
- Konuşma Engelli Bireyler
- İşitme ve Konuşma Engelli Bireylerin Aile Üyeleri ve Yakınları
- Eğitim Sektörü Çalışanları
- Sağlık Sektörü Profesyonelleri
- Kamu Sektörü Temsilcileri
- Profesyonel Destek Grupları

1.3 Doküman Yapısı

Bu doküman altı ana bölümden oluşmaktadır:

- **Kapsam:** Projenin sınırları, varsayımlar ve kısıtların tanımlandığı bölüm
- **Tanımlar:** Kullanıcı tiplerinin ve teknik terimlerin açıklandığı referans bölümü
- **İşlevsel Gereksinimler:** Sistemin sunması gereken temel fonksiyonların detaylandırıldığı bölüm
- **İşlevsel Olmayan Gereksinimler:** Performans, güvenlik ve kalite özelliklerinin belirlendiği bölüm
- **Teknoloji Bileşenleri:** Sistem mimarisi ve teknoloji seçimlerinin açıklandığı bölüm
- **Ekler:** Destekleyici dokümantasyon ve referansların yer aldığı bölüm

Her bölüm, sistem geliştirme sürecinin farklı aşamalarında referans olarak kullanılmak üzere yapılandırılmıştır.

2. KAPSAM

2.1 Proje Kapsamı

Bu proje, TİD Tabanlı Akıllı Chatbot Sistemi'nin geliştirilmesi sürecinde aşağıdaki ana bileşenleri kapsamaktadır:

2.1.1 Temel Sistem Özellikleri

- **Gelişmiş İşaret Tanıma:** 21 nokta el takibi, yüz ifade tanıma ve 3D hareket analizi
- **Çok Modlu Girdi Sistemi:** TİD işaret dili, yazılı metin ve sesli komut desteği
- **Çok Modlu Çıktı Sistemi:** Metin, sesli yanıt ve işaret dili animasyonu
- **Gerçek Zamanlı Çeviri:** TİD ile Türkçe arasında anlık çeviri
- **İki Dilli Destek:** Türkçe-İngilizce çeviri kapasitesi
- **Bağlamsal Sohbet Takibi:** Ardışık işaretlerin cümle yapısında birleştirilmesi

2.1.2 Platform Desteği

- **Web Uygulaması:** Google Chrome, Mozilla Firefox, Microsoft Edge, Safari, Yandex Browser
- **Mobil Uygulamalar:** iOS (iOS 12+) ve Android (Android 8.0+) platformları
- **Masaüstü Uygulaması:** Windows, macOS ve Linux işletim sistemleri

2.1.3 Kullanıcı Özellikleri

- Kullanıcı giriş ve kimlik doğrulama sistemi
- Kişiselleştirilmiş profil yönetimi ve öğrenme takibi
- Çoklu kullanıcı desteği ve otomatik geçiş
- İnteraktif TİD eğitim modülü
- Acil durum hızlı yanıt sistemi

2.1.4 İleri Teknoloji Özellikleri

- Adaptif gürültü filtreleme ve kalite değerlendirme
- Belirsiz işaret girdi yönetimi ve bağlamsal hata düzeltme
- Çoklu doğrulama sistemi ve güvenlik protokolleri
- Hibrit etkileşim (işaret + sesli komut) desteği
- Gelişmiş analitik ve performans izleme

2.2 Kapsam Dışı Konular

2.2.1 Dil ve Coğrafi Sınırlamalar

- **Bölgesel TİD Farklılıkları:** İlk aşamada farklı bölgelerin özgün işaret dili varyasyonları desteklenmeyecek
- **Uluslararası İşaret Dilleri:** Amerikan İşaret Dili (ASL), İngiliz İşaret Dili (BSL) ve diğer ülke işaret dilleri
- **Üç veya Daha Fazla Dil Desteği:** Türkçe-İngilizce dışındaki dil çiftleri

2.2.2 Teknik Sınırlamalar

- **720p Altı Video Kalitesi:** Düşük çözünürlüklü kameraların desteklenmemesi
- **Offline Çalışma:** İnternet bağlantısı gerektirmeyen tam offline mod
- **Eski Donanım Desteği:** Minimum sistem gereksinimlerini karşılamayan cihazlar

2.2.3 Gelişmiş Özellikler (Gelecek Versiyonlar İçin)

- Video konferans entegrasyonu
- Grup sohbeti desteği
- Profesyonel eğitim modülleri
- API entegrasyonu ve üçüncü taraf yazılım desteği

2.3 Varsayımlar ve Kısıtlar

2.3.1 Teknik Varsayımlar

- **Donanım Gereksinimleri:** Kullanıcıların en az 720p kamera, çift çekirdekli işlemci ve 4GB RAM'e sahip cihazlar kullandığı
- **İnternet Bağlantısı:** Temel fonksiyonlar için minimum 5 Mbps internet hızına erişim
- **Aydınlatma Koşulları:** Yeterli aydınlatma ortamında kullanım (doğal veya yapay ışık)
- **Kamera Konumlandırması:** Kullanıcının kamera karşısında uygun pozisyonda bulunması

2.3.2 Kullanıcı Profili Varsayımları

- **Yaş Grubu:** 13 yaş ve üzeri kullanıcı hedef kitlesi
- **TİD Bilgi Seviyesi:** Temel TİD bilgisine sahip kullanıcıların öncelikli hedef grup olması
- **Teknoloji Okuryazarlığı:** Kullanıcıların temel bilgisayar/mobil cihaz kullanım becerisine sahip olması
- **Fiziksel Erişim:** Mobil cihaz veya bilgisayar erişimine sahip kullanıcılar

2.3.3 Sistem Performans Kısıtları

- **Yanıt Süresi:** Gerçek zamanlı işaret tanıma için maksimum 2 saniye gecikme
- **Eş Zamanlı Kullanıcı:** Sistem kapasitesine bağlı olarak sınırlı eş zamanlı kullanıcı desteği
- **Veri Güvenliği:** Kişisel verilerin güvenli saklanması ve işlenmesi gereksinimleri
- **Sistem Güncellemeleri:** Periyodik güncelleme ve bakım pencerelerinin olması

2.3.4 Yasal ve Düzenleyici Kısıtlar

- **Veri Koruma:** KVKK (Kişisel Verilerin Korunması Kanunu) uyumluluğu
- **Erişilebilirlik Standartları:** WCAG 2.1 AA seviyesi erişilebilirlik standartlarına uyum
- **Güvenlik Protokolleri:** Kişisel sağlık ve eğitim verilerinin korunması gereksinimleri

3. TANIMLAR

3.1 Kullanıcı Tanımları

3.1.1 Primer Kullanıcılar (Doğrudan Faydalanıcılar)

Kullanıcı Tipi	Tanım	Ana İhtiyaçlar	Sistem Yetkileri
İşitme Engelli Bireyler	Bilateral veya unilateral işitme kaybı olan, TİD ile iletişim kuran bireyler (179.867 kişi - Türkiye)	Gerçek zamanlı çeviri, görsel feedback, akademik/iş terminolojisi desteği	Tam erişim, kişisel profil yönetimi, eğitim modülleri, sohbet geçmişi
Konuşma Engelli Bireyler	Konuşma fonksiyonu kısıtlı olan, düşüncelerini işaret dili ile aktaran bireyler (33.686 kişi - Türkiye)	İşaret dili ile ifade etme, hızlı yanıt sistemi, acil durum desteği	Tam erişim, hibrit etkileşim modu, acil durum hızlı yanıt

3.1.2 Sekonder Kullanıcılar (Aracı Kullanıcılar)

Kullanıcı Tipi	Tanım	Ana İhtiyaçlar	Sistem Yetkileri
Eğitim Sektörü Personeli	Öğretmenler, özel eğitim uzmanları, okul yöneticileri	Sınıf içi iletişim, ders anlatımı desteği, öğrenci değerlendirme	Eğitmen paneli, çoklu öğrenci yönetimi, eğitim terminolojisi, ders planı entegrasyonu
Sağlık Sektörü Personeli	Doktorlar, hemşireler, acil durum müdahale ekipleri	Hasta iletişimi, tanı süreci, tedavi açıklamaları, acil müdahale	Tıbbi terminoloji erişimi, 7/24 kullanım, hijyenik kontrol, hızlı triaj modu
Kamu Sektörü Personeli	Belediye memurları, polis, jandarma, mahkeme personeli	Resmi işlem yürütme, hizmet sunma, yasal süreçler	Kurumsal güvenlik, resmi işlem terminolojisi, çoklu vatandaş desteği

3.1.3 Tersiyer Kullanıcılar (Destekleyici Kullanıcılar)

Kullanıcı Tipi	Tanım	Ana İhtiyaçlar	Sistem Yetkileri
Aile Üyeleri ve Yakınlar	İşitme/konuşma engelli bireylerin aile çevresi	Aile içi iletişim, sosyal aktivite desteği, çocuk gelişimi	Aile profili yönetimi, çocuk dostu arayüz, eğitici oyunlar
Profesyonel Destek Grupları	İşaret dili tercümanları, sosyal hizmet uzmanları	Profesyonel çeviri desteği, sistem optimizasyonu	İleri terminoloji erişimi, analitik raporlar, sistem yönetimi

3.1.4 Sistem Yöneticisi ve Teknik Roller

Kullanıcı Tipi	Tanım	Ana İhtiyaçlar	Sistem Yetkileri
Sistem Yöneticisi	Teknik altyapı ve kullanıcı yönetimi sorumlusu	Sistem performansı, güvenlik, kullanıcı desteği	Tam yönetici erişimi, analitik dashboard, sistem konfigürasyonu
İçerik Yöneticisi	TİD veritabanı ve eğitim materyali sorumlusu	İşaret veritabanı güncellemesi, eğitim içeriği	İçerik düzenleme, sözlük yönetimi, kalite kontrol

3.2 Teknik Terimler Sözlüğü

3.2.1 Lingustik ve İşaret Dili Tanıma Terimleri

Terim	Türkçe Karşılığı	Açıklama
TİD	Türk İşaret Dili	Türkiye'de işitme engelliler tarafından kullanılan görsel-mekânsal dil
ASL (American Sign Language)	Amerikan İşaret Dili	Karşılaştırma referansı
BSL (British Sign Language)	İngiliz İşaret Dili	Karşılaştırma referansı
21 Nokta El Takibi	Yirmi Bir Nokta El İzleme	Elin anatomik yapısındaki 21 kritik noktanın eş zamanlı takibi
Hand Landmark Detection	21 Nokta El Takibi Teknolojisi	El pozisyonu ve parmak hareketlerinin tespit edilmesi
Facial Expression Recognition	Yüz İfadesi Tanıma Teknolojisi	İşaret dili ile birlikte yüz mimiklerinin analizi
İşaret Dizisi	İşaret Sıralaması	Art arda yapılan işaretlerin birleştirilmesi
TİD Gramatikal Yapısı	İşaret Dili Dilbilgisi	Türk İşaret Dili'nin kendine özgü cümle kuralları
Multi-modal Communication	Çok Modlu İletişim	Birden fazla iletişim kanalı
Bilateral Sensorinöral İşitme Kaybı	İki Kulak İç Kulak İşitme Kaybı	Her iki kulakta iç kulak veya işitme sinirindeki hasardan kaynaklanan işitme kaybı
Unilateral İşitme Kaybı	Tek Kulak İşitme Kaybı	Tek kulakta meydana gelen işitme kaybı
Cross-modal Çeviri	Farklı Duyusal Çeviri	Farklı duyuusal modaliteler (görsel, işitsel) arasında yapılan çeviri işlemi

3.2.2 Yapay Zeka ve Tanıma Teknolojileri

Terim	Türkçe Karşılığı	Açıklama
Güvenilirlik Skoru	Tanıma Güven Puanı	Sistemin işaret tanıma konusundaki kesinlik oranı
Makine Öğrenmesi	Otomatik Öğrenme	Bilgisayarların deneyimle öğrenmesi
Computer Vision	Bilgisayarlı Görü	Kamera ile görüntü analizi
Deep Learning	Derin Öğrenme	Çok katmanlı yapay sinir ağları
Adaptif Algoritma	Uyarlanabilir Algoritma	Kullanıcıya göre kendini ayarlayan sistem
Bağlamsal Çıkarım	Bağlam Analizi	Önceki konuşmadan anlam çıkarma
MediaPipe	Google Çok Modlu Algılama Framework'ü	Gerçek zamanlı el takibi, yüz ifade tanıma için açık kaynak framework
TensorFlow	Google Makine Öğrenmesi Platformu	Derin öğrenme modelleri ve sinir ağı eğitimi
OpenCV	Açık Kaynak Bilgisayarlı Görü Kütüphanesi	Görüntü işleme ve bilgisayarlı görü uygulamaları
CNN (Convolutional Neural Network)	Evrişimli Sinir Ağı	Görüntü tanıma için optimize edilmiş derin öğrenme modeli
RNN (Recurrent Neural Network)	Tekrarlayan Sinir Ağı	Ardışık işaret hareketlerinin bağlamsal analizi
LSTM (Long Short-Term Memory)	Uzun Kısa Süreli Bellek	Uzun vadeli bağımlılıkları öğrenebilen özel RNN türü
Natural Language Processing (NLP)	Doğal Dil İşleme	Metin ve dil verilerini anlama teknolojisi
Real-time Inferencing	Gerçek Zamanlı Çıkarım	Anlık işaret tanıma ve yanıt üretme
Differential Privacy	Veri Gizliliği Koruma Tekniği	Kullanıcı verilerinin anonimleştirilmesi
Transformers	Derin Öğrenme Mimarisi	Çoklu dil çeviri ve metin işleme

3.2.3 Çok Modlu Sistem Terimleri

Terim	Türkçe Karşılığı	Açıklama
Çok Modlu Girdi	Çoklu Giriş Türü	TİD, ses ve metin girişini aynı anda alma
Çok Modlu Çıktı	Çoklu Çıkış Türü	Metin, ses ve TİD animasyonunu birlikte sunma
Text-to-Speech	Metinden Sese	Yazılı metni sesli konuşmaya çevirme
Speech-to-Text	Sesten Metne Dönüştürme	Sesli girdi işleme
Hibrit Etkileşim	Karma İletişim	Farklı girdi türlerinin aynı anda kullanılması
Senkronize Çıktı	Eşzamanlı Çıkış	Üç modaliteden aynı anda yanıt verme
Modal Geçiş	Girdi Türü Değişimi	Ses, metin ve TİD arasında otomatik geçiş

3.2.4 Web ve Mobil Geliştirme Teknolojileri

Terim	Türkçe Karşılığı	Açıklama
FastAPI	Yüksek Performanslı Web Framework	Python tabanlı backend API geliştirme
Flask	Hafif Web Framework	Python için web uygulaması geliştirme
React Native	Çapraz Platform Mobil Framework	iOS ve Android uygulama geliştirme
Flutter	Google Mobil Geliştirme Framework'ü	Tek kod tabanıyla mobil uygulama geliştirme
WebRTC	Gerçek Zamanlı İletişim Teknolojisi	Tarayıcı tabanlı video akışı
PWA (Progressive Web App)	İlerlemeli Web Uygulaması	Çevrimdışı çalışma ve mobil deneyim
Responsive Design	Duyarlı Tasarım	Farklı ekran boyutlarına uyarlanabilen tasarım
HTML5/CSS3	Web Yapısı ve Stil Teknolojileri	Kullanıcı arayüzü geliştirme
JavaScript	İstemci Tarafı Programlama Dili	Dinamik web arayüzleri

3.2.5 Sistem Mimarisi ve Altyapı

Terim	Türkçe Karşılığı	Açıklama
Mikroservis Mimarisi	Küçük Hizmet Mimarisi	Uygulamayı küçük, bağımsız hizmetlere ayırma
Load Balancing	Yük Dengeleme	Sistem yükünü dağıtma tekniği
Docker	Konteynerleştirme Teknolojisi	Uygulamaların taşınabilir paketlenmesi
Kubernetes	Konteyner Orkestrasyon Platformu	Konteyner yönetimi ve ölçeklendirme
CI/CD Pipeline	Sürekli Entegrasyon/Dağıtım	Otomatik yazılım dağıtımı
Nginx	Web Sunucusu ve Ters Proxy	Yük dengeleme ve web sunma
Redis	Bellek Tabanlı Veri Depolama	Önbellekleme ve oturum yönetimi
Circuit Breaker Pattern	Hata Toleransı Tasarım Deseni	Sistem güvenilirliği
Horizontal/Vertical Scaling	Yatay/Dikey Ölçeklendirme	Sistem kapasitesi artırma
Blue-green Deployment	Sıfır Kesinti Dağıtım	Güvenli sistem güncellemesi

3.2.6 Veritabanı ve Veri Yönetimi

Terim	Türkçe Karşılığı	Açıklama
PostgreSQL	İlişkisel Veritabanı Sistemi	Kullanıcı bilgileri ve sistem verileri
SQLite	Hafif Dosya Tabanlı Veritabanı	Küçük ölçekli veri depolama
Sharding	Veritabanı Parçalama	Büyük veri setlerinin dağıtılması
Real-time Replication	Gerçek Zamanlı Veri Çoğaltma	Veri yedekleme ve senkronizasyon
Point-in-time Recovery	Belirli Zamana Geri Dönük Kurtarma	Veri kaybı durumunda kurtarma
AWS S3/MinIO	Nesne Depolama Hizmetleri	Büyük dosya ve medya depolama
Data Corruption	Veri Bozulması	Veri bütünlük kontrolleri

3.2.7 Sistem Performans ve Kalite Detay Metrikleri

Terim	Türkçe Karşılığı	Açıklama
Accuracy (Doğruluk Oranı)	Başarı Yüzdesi	Sistemin doğru tanıma yapma yüzdesi (örnek: %95 doğruluk)
F1 Score	F1 Puanı	Precision ve Recall değerlerinin harmonik ortalaması
Precision (Kesinlik)	Hassasiyet	Pozitif tahmin edilen örneklerin ne kadarının gerçekten pozitif olduğu
Recall (Duyarlılık)	Geri Çağırma	Gerçek pozitif örneklerin ne kadarının doğru tahmin edildiği
Resolution (Çözünürlük)	Görüntü Kalitesi	Görüntü kalitesi ölçüsü (örnek: 720p, 1080p)
Confidence Score	Güven Puanı	Sistemin tanıma işlemindeki güven seviyesi (0-1 arası)

3.2.8 Teknoloji Altyapı Detay Terimleri

Terim	Türkçe Karşılığı	Açıklama
API (Application Programming Interface)	Uygulama Programlama Arayüzü	Farklı yazılım uygulamaları arasında veri alışverişini sağlayan arayüz
SDK (Software Development Kit)	Yazılım Geliştirme Kiti	Yazılım geliştirme için gerekli araçlar, kütüphaneler ve dokümantasyon paketi
REST API	RESTful Web Servisi	Web servisleri arasında veri transferi için kullanılan mimari stil
JSON (JavaScript Object Notation)	JavaScript Nesne Notasyonu	Veri değişimi için kullanılan hafif, metin tabanlı format
WebSocket	Web Soketi	İstemci ve sunucu arasında çift yönlü, gerçek zamanlı iletişim protokolü

3.2.9 Erişilebilirlik Detay Terimleri

Terim	Türkçe Karşılığı	Açıklama
Multi-modal Interface	Çok Modlu Arayüz	Birden fazla girdi/çıkış modalitesini destekleyen kullanıcı arayüzü
Adaptive UI	Uyarlanabilir Kullanıcı Arayüzü	Kullanıcı ihtiyaçlarına göre kendini ayarlayan kullanıcı arayüzü
Accessibility (Erişilebilirlik)	Erişilebilirlik	Engelli kullanıcılar için sistem kullanılabilirliğini artıran tasarım yaklaşımı

3.2.10 Proje Yönetimi ve Metodoloji Terimleri

Terim	Türkçe Karşılığı	Açıklama
MVP (Minimum Viable Product)	Minimum Uygulanabilir Ürün	Minimum özelliklere sahip, kullanılabilir ürün versiyonu
User Story	Kullanıcı Hikayesi	Kullanıcı perspektifinden yazılan özellik tanımı
Persona	Kullanıcı Profili	Hedef kullanıcı gruplarını temsil eden kurgusal karakter profilleri
Use Case (Kullanım Senaryosu)	Kullanım Durumu	Sistemin belirli bir hedef için nasıl kullanılacağını gösteren senaryo
Agile Methodology	Çevik Metodoloji	İteratif ve artırımsal yazılım geliştirme yaklaşımı
Sprint	Sprint Dönemi	Agile metodolojide belirli sürede tamamlanacak iş parçası

3.2.11 Güvenlik ve Kriptografi

Terim	Türkçe Karşılığı	Açıklama
Kimlik Doğrulama	Kullanıcı Teyidi	Sistemin kullanıcıyı tanınması
Güvenli Oturum	Korumalı Giriş	Şifreli kullanıcı oturumu
Çoklu Doğrulama	Çift Teyit	Kritik işlemler için ek onay alma
Oturum Yönetimi	Giriş Kontrolü	Kullanıcı oturumlarının güvenli yönetimi
Veri Güvenliği	Bilgi Koruması	Kullanıcı verilerinin güvenli saklanması
SSL/TLS 1.3	Güvenli İletişim Protokolü	Web trafiği şifreleme
AES-256	Gelişmiş Şifreleme Standardı	Veri şifreleme

Terim	Türkçe Karşılığı	Açıklama
SHA-256	Güvenli Hash Algoritması	Şifre hash'leme
JWT (JSON Web Token)	Güvenli Bilgi Aktarım Standardı	Kimlik doğrulama
bcrypt/Argon2	Güvenli Şifre Hash Algoritmaları	Kullanıcı şifresi koruma
Forward Secrecy	İleriye Dönük Gizlilik	İletişim güvenliği
Salt-based Hash	Tuz Tabanlı Hash Fonksiyonları	Şifre güvenliği artırma

3.2.12 Performans ve Kalite Terimleri

Terim	Türkçe Karşılığı	Açıklama
Gerçek Zamanlı İşleme	Anlık Çeviri	Gecikme olmadan işaret tanıma
Kalite Puanı	Performans Notu	İşaret kalitesinin sayısal değeri
GPU Acceleration	Grafik İşlemci Hızlandırma	Makine öğrenmesi hesaplamaları
Caching	Önbellekleme	Sistem performansı artırma
FPS (Frame Per Second)	Saniyedeki Kare Sayısı	Video akışı performansı
Latency	Gecikme Süresi	Sistem yanıt süreleri
Uptime	Sistem Çalışma Süresi	Güvenilirlik ölçümü
Throughput	İşlem Kapasitesi	Sistem verimliliği
Weber-Fechner Yasası	İnsan Algı Eşikleri Yasası	Kullanıcı deneyimi optimizasyonu
Graceful Degradation	Kademeli Bozulma	Hata durumlarında sistem stabilitesi

3.2.13 Teknik Altyapı Terimleri

Terim	Türkçe Karşılığı	Açıklama
Kamera Kalibrasyonu	Kamera Ayarı	Optimal görüntü kalitesi için ayar
Çerçeve Hızı	Saniyedeki Kare	Video akışındaki görüntü sayısı
İşlemci Yüğü	CPU Kullanımı	Sistemin işlemci kapasitesi kullanım oranı
Bellek Kullanımı	RAM Tüketimi	Sistemin bellek kullanım miktarı

3.2.14 Kullanıcı Deneyimi ve Erişilebilirlik

Terim	Türkçe Karşılığı	Açıklama
WCAG 2.1 AA	Web İçeriği Erişilebilirlik Rehberi	Engelli kullanıcılar için erişilebilirlik
ARIA (Accessible Rich Internet Applications)	Zengin İnternet Uygulamaları Erişilebilirliği	Ekran okuyucu uyumluluğu
Screen Reader	Ekran Okuyucu Yazılımı	Görme engelli kullanıcı desteği
Color-blind Friendly	Renk Körlüğü Dostu Tasarım	Renk algısı problemlili kullanıcılar
Tab Order	Klavye Navigasyon Sırası	Klavye erişilebilirliği
UX (User Experience)	Kullanıcı Deneyimi	Arayüz tasarımı ve kullanılabilirlik

3.2.15 Proje Yönetimi ve Kalite

Terim	Türkçe Karşılığı	Açıklama
IEEE Std 830-1998	Yazılım Gereksinim Belirtim Standardı	Gereksinim dokümantasyonu
ISO/IEC 25010:2011	Yazılım Kalite Standardı	Kalite güvencesi
Pytest	Python Test Framework'ü	Birim testleri
Selenium	Web Uygulaması Test Otomasyonu	Tarayıcı uyumluluğu testleri
Unit Testing	Birim Testi	Kod kalitesi kontrolü
Integration Testing	Entegrasyon Testi	Sistem bileşen uyumluluğu
Penetration Testing	Sızma Testi	Güvenlik açıklarının tespiti

3.2.16 Veri Koruma ve Yasal Uyumluluk

Terim	Türkçe Karşılığı	Açıklama
KVKK	Kişisel Verilerin Korunması Kanunu	Türk veri koruma yasası
GDPR	Genel Veri Koruma Tüzüğü	AB veri koruma düzenlemesi
Section 508	ABD Erişilebilirlik Standardı	Kamu erişilebilirlik gereklilikleri
Unutulma Hakkı	Kişisel Verilerin Silinmesi Hakkı	GDPR kapsamında veri yönetimi
Data Subject Rights	Veri Sahibi Hakları	Kişisel veri koruma

3.2.17 Sistem İzleme ve Analitik

Terim	Türkçe Karşılığı	Açıklama
Monitoring	Sistem İzleme	Performans ve hata takibi
Alerting	Uyarı Sistemi	Otomatik hata bildirimi
Analytics Dashboard	Analitik Panosu	Sistem verilerinin görselleştirilmesi
Metrics	Ölçümler	Sistem performans göstergeleri
Failover	Yedek Sisteme Geçiş	Sistem sürekliliği
Proactive Monitoring	Önleyici İzleme	Sorunları önceden tespit etme

4. İŞLEVSEL GEREKSİNİMLER (Functional Requirements)

İşlevsel gereksinimler, sistemin kullanıcılarına sunması gereken temel hizmetleri ve bu hizmetlerin nasıl çalışması gerektiğini tanımlar. TİD İşaret Tanıma Chatbot Sistemi için belirlenen işlevsel gereksinimler, IEEE Std 830-1998 standartlarına uygun olarak kategorilere ayrılmış ve her biri için detaylı açıklamalar, kullanıcı etkileşim senaryoları ve komut örnekleri sunulmuştur.

4.1 Çok Modlu İletişim Gereksinimleri

FR-01: Gelişmiş Yüz ve El Takibi ile İşaret Algılama

Sistem, bilgisayar kamerası veya harici kamera donanımı kullanarak kullanıcının yüz ifadeleri, el şekilleri ve parmak pozisyonlarını gelişmiş bilgisayarlı görü teknikleri ile takip edebilmelidir. Hand landmark detection, facial expression recognition ve gesture tracking algoritmaları kullanılarak Türk İşaret Dili (TİD) hareketleri gerçek zamanlı olarak algılanmalıdır. Sistem, 21 nokta el takibi, yüz kaslarındaki değişimler ve 3D hareket analizi yaparak yüksek doğrulukta işaret tanıma gerçekleştirmelidir. Değişken ışık koşulları, farklı arka planlar ve çoklu kullanıcı senaryolarında stabil performans göstermelidir.

Kullanıcı Etkileşimi: Kullanıcı sistemi açtığında kamera otomatik olarak aktif hale gelir ve yüz tanıma başlar. Sistem kullanıcının yüzünü ve ellerini takip ederek ekranda takip noktalarını gösterir. El hareketleri algılandığında "Hazır" mesajı görüntülenir ve tanıma işlemi başlar.

Komut Örnekleri: Yüz ifadesi + el hareketi kombinasyonları, parmak ucu takibi gerektiren hassas işaretler, iki el koordinasyonu gerektiren karmaşık işaretler, mimik destekli işaret dili ifadeleri.

FR-02: Çok Modlu Girdi Sistemi

Sistem, kullanıcıdan gelen komutları üç farklı girdi modalitesi üzerinden alabilmelidir: Türk İşaret Dili (TİD), yazılı metin ve sesli komutlar. Her modalite kendi özel işleme algoritmasını kullanarak aynı anlam yapısına dönüştürülmeli ve sistem bu farklı girdi türlerini entegre bir şekilde işleyebilmelidir. Kullanıcı istediği girdi türünü seçebilmeli veya bunları karma olarak kullanabilmelidir.

Kullanıcı Etkileşimi: Kullanıcı, kamera önünde işaret dili kullanarak, klavye ile yazarak veya mikrofon butonuna basıp konuşarak sistemle etkileşime geçebilir. Sistem her üç girdi türünü de aynı anda destekler ve kullanıcının tercih ettiği yöntemi otomatik olarak algılar.

Komut Örnekleri: "merhaba" (TİD ile), "merhaba" (klavye ile), "merhaba" (mikrofonla), karma kullanım.

FR-03: Çok Modlu Çıktı Sistemi

Sistem, kullanıcıya yanıtlarını üç farklı çıktı modalitesi üzerinden sunabilmelidir: metin formatında yazılı yanıt, sesli yanıt (text-to-speech) ve işaret dili animasyonu. Kullanıcı tercihlerine göre tek bir çıktı türü seçilebilir veya birden fazla modalite aynı anda aktif olabilir. Sistem, erişilebilirlik standartlarına uygun olarak farklı kullanıcı ihtiyaçlarına hitap edecek şekilde esnek çıktı seçenekleri sunmalıdır.

Kullanıcı Etkileşimi: Kullanıcı ayarlar menüsünden hangi çıktı türlerini tercih ettiğini belirler. Örneğin sadece metin, sadece ses, sadece işaret dili animasyonu veya bunların kombinasyonlarını seçebilir. Sistem her yanıtını kullanıcının tercih ettiği formatlarda sunar.

Komut Örnekleri: "Sadece metin göster", "sesli oku", "işaret dili göster", "hepsini kullan".

FR-04: Çok Dilli Destek (Türkçe-İngilizce Çeviri)

Sistem, yazılı ve sesli girdi/çıktı modaliteleri için Türkçe ve İngilizce dilleri arasında çeviri desteği sunabilmelidir. Kullanıcı Türkçe komut verdiğinde sistem İngilizce yanıt verebilir veya tam tersi durumda çalışabilir. Çeviri işlemi gerçek zamanlı olarak gerçekleşmeli ve bağlamsal anlam korunarak yüksek kaliteli çeviri sonuçları üretilmelidir. İşaret dili girdi ve çıktıları TİD formatında sabit kalırken, metin ve ses bileşenleri çevrilebilir olmalıdır.

Kullanıcı Etkileşimi: Kullanıcı ayarlar menüsünden çeviri tercihlerini belirler (Türkçe→İngilizce, İngilizce→Türkçe, otomatik algılama). Kullanıcı herhangi bir dilde komut verdiğinde sistem belirlenen hedef dilde yanıt verir veya çift dilli çıktı sunar.

Komut Örnekleri: "Translate to English", "İngilizceye çevir", "switch language", "dil değiştir".

4.2 İletişim ve Bağlam Yönetimi Gereksinimleri

FR-05: Sohbet Bağlamı Takibi

Sistem, kullanıcının ardışık olarak yaptığı işaret dili hareketlerini takip ederek tek tek işaretleri birleştirip anlamlı cümleler oluşturabilmelidir. Her işareti ayrı ayrı çevirmek yerine, işaretler arası geçişleri, duraklama sürelerini ve cümle yapısını analiz ederek bütüncül bir anlam çıkarmalıdır. Sistem, işaret sıralamasını takip ederek Türk İşaret Dili'nin gramer yapısına uygun cümle çevirisi gerçekleştirmelidir.

Kullanıcı Etkileşimi: Kullanıcı birden fazla işareti peş peşe yaparak tam bir cümle oluşturur. Örneğin "ben", "bugün", "doktor", "gitmek" işaretlerini sırayla yaparak "Ben bugün doktora gideceğim" cümlesini iletir. Sistem bu işaret dizisini algılar ve tek bir anlamlı cümle olarak çevirir.

Komut Örnekleri: İşaret dizileri: "ben-hasta-hastane-gitmek", "yarın-hava-nasıl-olacak", "randevu iptal-etmek-istiyorum".

FR-09: Kişisel Sohbet Geçmişi Kaydı

Sistem, kullanıcı ile gerçekleştirilen konuşma boyunca sohbet geçmişini ve bağlamsal bilgileri bellekte tutabilmelidir. Önceki sorular, verilen yanıtlar ve konuşmanın akışı takip edilerek kullanıcının yeni sorularında referans verebileceği bir bağlam oluşturulmalıdır. Sistem, zamirsel ifadeleri (o, bu, şu) ve bağlamsal referansları anlayarak tutarlı ve akıcı bir konuşma deneyimi sunmalıdır.

Kullanıcı Etkileşimi: Kullanıcı "Dün bahsettiğim randevu nasıl?", "Bu konuyu daha detaylandır", "Önceki soruya geri dön" gibi bağlamsal referanslar içeren komutlar verebilir. Sistem bu referansları önceki konuşma geçmişinden çıkararak uygun yanıtlar üretir.

Komut Örnekleri: "Önceki soruya dön", "bunu açıkla", "daha önce ne demiştim", "konuşma geçmişi".

4.3 Öğrenme ve Eğitim Gereksinimleri

FR-06: Sık Kullanılan Soru-Cevap Hazır Yanıtları

Sistem, kullanıcıların hem sistem ile hem de diğer kişilerle iletişimde sıklıkla kullandığı temel sorular ve ifadeler için önceden hazırlanmış yanıt veritabanı bulundurmaktadır. Hava durumu, saat sorguları, temel selamlaşmalar, günlük konuşma cümleleri ve nezaket ifadeleri gibi rutin iletişim öğeleri hızla erişilebilir olmalıdır.

Kullanıcı Etkileşimi: Kullanıcı "Hazır cümleler", "Günlük ifadeler" menüsünden sık kullanılan ifadeleri seçebilir. Sistem bu ifadeleri TİD animasyonu ile gösterir ve kullanıcı bunları başka kişilerle iletişimde kullanabilir.

Komut Örnekleri: "Nasılsın", "teşekkürler", "özür dilerim", "yardım eder misin", "görüşmek üzere", "ne yapıyorsun".

FR-08: Temel İletişim Eğitim Modülü

Sistem, TİD öğrenmek isteyen kullanıcılar için interaktif eğitim modülü sunmalıdır. Temel işaretler, alfabe, sayılar, günlük kullanım ifadeleri ve cümle yapısı konularında kademeli öğrenme programı bulunmalıdır. Kullanıcının öğrenme hızına göre uyarlanabilen ve ilerleme takibi yapan bir eğitim sistemi olmalıdır.

Kullanıcı Etkileşimi: Kullanıcı "eğitim başlat" diyerek öğrenme moduna geçer. Sistem seviye seviye işaretleri öğretir, kullanıcıdan tekrar etmesini ister ve doğruluk oranına göre bir sonraki seviyeye geçiş sağlar.

Komut Örnekleri: "Eğitim başlat", "alfabe öğren", "sayıları öğren", "quiz yap", "ilerleme durumu".

FR-19: Öğrenme İlerleme Takibi ve Raporlama

Sistem, kullanıcının TİD öğrenme sürecindeki ilerlemesini detaylı olarak takip etmeli ve periyodik raporlar sunmalıdır. Hangi işaretlerde zorlandığı, hangi konularda geliştiği ve genel başarı oranı gibi analitik veriler sağlanmalıdır.

Kullanıcı Etkileşimi: Kullanıcı "ilerleme raporu" dediğinde haftalık/aylık gelişim grafiklerini, başarı oranlarını ve gelişim önerilerini görür.

Komut Örnekleri: "İlerleme raporu", "başarı oranım", "zayıf yönlerim", "gelişim önerileri".

4.4 Hata Yönetimi ve Düzeltme Gereksinimleri

FR-07: Yanlış İşaret Geri Bildirim Sistemi

Sistem, kullanıcının yanlış veya tanınamayan işaret hareketleri yaptığında gerçek zamanlı geri bildirim sağlayabilmelidir. Tanıma güvenilirlik oranı belirli bir eşiğin altında kaldığında, sistem kullanıcıyı uyarmalı ve doğru işaret şeklini görsel olarak göstermelidir.

Kullanıcı Etkileşimi: Kullanıcı belirsiz veya hatalı işaret yaptığında sistem "Bu işareti anlayamadım" mesajı verir ve doğru işaretin nasıl yapılacağını animasyonla gösterir.

Komut Örnekleri: "Anlamadım", "tekrar göster", "doğru şekli nedir", "başka nasıl yapılır".

FR-11: Belirsiz İşaret Girdi Yönetimi

Sistem, bulanık, eksik veya kısmen tanınan işaret girişlerini akıllı algoritmalarla yönetebilmelidir. Güvenilirlik skorları düşük olan işaretler için olasılık tabanlı tahminler yapılmalı ve kullanıcıya alternatif seçenekler sunulmalıdır.

Kullanıcı Etkileşimi: Sistem belirsiz işaret algıladığında "Bu mu demek istediniz?" sorusu ile birkaç seçenek sunar. Kullanıcı doğru seçeneği işaret ederek onaylar veya yeniden deneyebilir.

Komut Örnekleri: "Bu mu?", "yoksa bu mu?", "tekrar yap", "seçenekleri göster".

FR-15: Bağlamsal Hata Düzeltme

Sistem, konuşma bağlamından yararlanarak hatalı tanınan işaretleri otomatik olarak düzeltebilmelidir. Cümle yapısı, önceki kelimeler ve genel bağlam kullanılarak anlamsal tutarlılık sağlanmalı ve mantıklı olmayan tanımları düzeltmelidir.

Kullanıcı Etkileşimi: Sistem "Randevu sil" yerine "Randevu al" tanıdığında bağlamdan "al" kelimesinin daha mantıklı olduğunu anlar ve otomatik düzeltme önerisi sunar.

Komut Örnekleri: "Otomatik düzeltme", "bağlam kontrolü", "anlamsal kontrol", "mantık kontrolü".

4.5 Sistem Optimizasyon ve Performans Gereksinimleri

FR-12: Adaptif Gürültü Filtreleme

Sistem, kamera görüş alanındaki istenmeyen hareketleri, arka plan karışıklığını ve çevresel gürültüleri filtreleyebilmelidir. Makine öğrenmesi algoritmaları kullanılarak kullanıcının el hareketleri ile çevresel faktörler ayrıştırılmalı ve sadece anlamlı işaret verileri işlenmelidir.

Kullanıcı Etkileşimi: Sistem otomatik olarak arka plan gürültülerini filtreler. Kullanıcı "temiz algılama modu" açarak daha hassas filtreleme yapabilir veya "hızlı mod" ile daha az filtreleme uygulayabilir.

Komut Örnekleri: "Temiz mod", "hızlı mod", "gürültü ayarı", "hassasiyet ayarla".

FR-14: Gerçek Zamanlı İşaret Kalitesi Değerlendirme

Sistem, kullanıcının yaptığı işaretlerin kalitesini gerçek zamanlı olarak değerlendirerek iyileştirme önerileri sunmalıdır. El pozisyonu, hareket hızı, netlik ve doğruluk parametrelerini analiz ederek kullanıcıya anlık geri bildirim vermelidir.

Kullanıcı Etkileşimi: Sistem işaret kalitesini renkli göstergelerle (yeşil: iyi, sarı: orta, kırmızı: zayıf) gösterir ve "Elinizi biraz yukarı kaldırın" gibi ipuçları verir.

Komut Örnekleri: "Kalite göstergesi", "ipucu ver", "nasıl düzeltir", "optimal pozisyon".

4.6 Kişiselleştirme ve Profil Yönetimi Gereksinimleri

FR-10: Profil Düzenleme ve Kişiselleştirme

Sistem, her kullanıcı için kişisel profil oluşturma ve düzenleme imkânı sunmalıdır. Kullanıcı adı, tercih edilen çıktı modaliteleri, dil seçenekleri, eğitim seviyesi, özel ihtiyaçlar ve erişilebilirlik ayarları kaydedilebilmelidir.

Kullanıcı Etkileşimi: Kullanıcı "profil ayarları" menüsünden kişisel bilgilerini, tercihlerini ve sistem davranışlarını özelleştirebilir. Sesli çıktı açma/kapama, işaret hızı ayarları, favoriler listesi gibi kişiselleştirmeler yapabilir.

Komut Örnekleri: "Profil düzenle", "ayarlar", "tercihlerim", "kişisel bilgiler", "erişilebilirlik seçenekleri".

FR-16: Kişiselleştirilmiş İşaret Tanıma

Sistem, her kullanıcının kendine özgü işaret yapma tarzını öğrenerek kişiselleştirilmiş tanıma modeli geliştirebilmelidir. Kullanıcının el büyüklüğü, hareket hızı, işaret şekli gibi bireysel özelliklerini kaydederek tanıma doğruluğunu artırmalıdır.

Kullanıcı Etkileşimi: İlk kullanımda sistem "Kalibrasyona başlayalım" der ve kullanıcıdan temel işaretleri yapmasını ister. Zamanla kullanıcının tarzını öğrenir ve uyum sağlar.

Komut Örnekleri: "Kalibrasyon başlat", "kişisel ayar", "beni tanı", "öğrenme modu".

FR-22: Kullanıcı Giriş ve Kimlik Doğrulama Sistemi

Sistem, farklı kullanıcı tiplerinin (öğrenci, eğitmen, yönetici) güvenli giriş yapabilmelerini sağlamalıdır. Kullanıcı profilleri, öğrenme geçmişi, tercihler ve kişiselleştirilmiş ayarları saklanmalıdır.

Kullanıcı Etkileşimi: Kullanıcı sisteme kullanıcı adı/e-posta ve şifre ile giriş yapar. Yeni kullanıcılar kayıt formunu doldurur ve profil bilgilerini ayarlar. Sistem, giriş sonrası kişiselleştirilmiş ana sayfayı gösterir.

Komut Örnekleri: "Giriş yap", "Kayıt ol", "Şifremi unuttum", "Profilim", "Çıkış yap", "Ayarlar".

4.7 Çoklu Kullanıcı ve Sistem Yönetimi Gereksinimleri

FR-13: Çoklu Doğrulama Sistemi

Sistem, kritik işlemler için çoklu doğrulama mekanizması sunmalıdır. Önemli komutlar (silme, değiştirme, gönderme) için kullanıcıdan ek onay alınmalı ve yanlış anlama riskini minimize edecek doğrulama adımları uygulanmalıdır.

Kullanıcı Etkileşimi: Kullanıcı önemli bir işlem yapmak istediğinde sistem "Emin misiniz?" sorar ve kullanıcıdan açık bir onay işareti bekler. İki aşamalı doğrulama gerektirebilir.

Komut Örnekleri: "Evet, eminim", "iptal et", "onaylıyorum", "geri al".

FR-17: Çoklu Kullanıcı Tanıma ve Geçiş

Sistem, aynı ortamda birden fazla kullanıcıyı tanıyabilmeli ve aktif kullanıcı değişikliklerini otomatik olarak algılayabilmelidir. Her kullanıcının profil bilgilerini ayrı tutarak uygun kişiselleştirmeyi sağlamalıdır.

Kullanıcı Etkileşimi: Yeni kullanıcı kameraya geçtiğinde sistem "Merhaba [Ad], sizi tanıdım" der ve o kişinin ayarlarını yükler. Kullanıcı değişimi otomatik olarak algılanır.

Komut Örnekleri: "Kullanıcı değiştir", "ben [ad]'im", "profil geçişi", "kimsin".

4.8 Gelişmiş Etkileşim Gereksinimleri

FR-18: Acil Durum Hızlı Yanıt Sistemi

Sistem, acil durum işaretlerini tanıdığı anda önceden tanımlanmış hızlı eylem protokollerini devreye sokmalıdır. Sağlık, güvenlik veya yardım çağrıları için otomatik bildirim ve yönlendirme sistemleri aktif olmalıdır.

Kullanıcı Etkileşimi: Kullanıcı "acil yardım" işareti yaptığı anda sistem anında acil servis numaralarını gösterir, konum bilgisini hazırlar ve otomatik arama seçeneği sunar.

Komut Örnekleri: "Acil yardım", "112 ara", "sağlık sorunu", "güvenlik çağrısı".

FR-20: Sesli Komut Entegrasyonu ve Hibrit Etkileşim

Sistem, işaret dili ile sesli komutları eş zamanlı olarak destekleyerek hibrit etkileşim imkânı sunmalıdır. Kullanıcı aynı anda hem işaret yapıp hem konuşabilmeli, sistem bu iki girdi türünü koordineli şekilde işleyebilmelidir.

Kullanıcı Etkileşimi: Kullanıcı "randevu" işareti yaparken aynı zamanda "yarın saat üçte" diyebilir. Sistem iki girdiyi birleştirerek "Yarın saat 15:00 için randevu alınacak" şeklinde birleşik anlam çıkarır.

Komut Örnekleri: "İşaret + ses", "hibrit mod", "birleşik komut", "çoklu girdi".

FR-21: Gelişmiş Analitik ve Performans İzleme

Sistem, kendi performansını sürekli izlemeli ve kullanıcı deneyimini iyileştirmek için detaylı analitik veriler toplamalıdır. Tanıma doğruluğu, yanıt süreleri, kullanıcı memnuniyeti ve sistem optimizasyonu için gerekli metrikleri takip etmelidir.

Kullanıcı Etkileşimi: Yöneticiler "sistem analitikleri" ile genel performans verilerini görebilir. Kullanıcılar ise "deneyim değerlendirmesi" yaparak sistem iyileştirmelerine katkıda bulunabilir.

Komut Örnekleri: "Sistem durumu", "performans raporu", "kullanıcı memnuniyeti", "optimizasyon önerileri".

5. İŞLEVSEL OLMAYAN GEREKSİNİMLER (Non-Functional Requirements)

İşlevsel olmayan gereksinimler, sistemin nasıl çalışması gerektiğini tanımlayan kalite kriterlerini belirtir. Bu gereksinimler ISO/IEC 25010:2011 kalite standardı çerçevesinde kategorilere ayrılmış ve her biri için ölçülebilir kriterler belirlenmiştir

5.1 Performans Gereksinimleri

NFR-01: Gerçek Zamanlı Yanıt Süresi Performansı

Sistem, işaret tanıma işlemlerini gerçek zamanlı olarak gerçekleştirmeli ve kullanıcı deneyimini olumsuz etkilememek için maksimum 200 milisaniye içerisinde yanıt vermelidir. Bu süre, insan algısının gecikmeyi fark etmediği Weber-Fechner yasası temelinde belirlenmiştir; 250ms üzerindeki gecikmeler kullanıcı deneyiminde belirgin olumsuzluk yaratmaktadır.

Video akışı işleme gecikme süresi 50ms'yi aşmamalıdır. Bu değer, 30 FPS video akışında frame-to-frame tutarlılığı sağlamak için kritiktir. İşaret tanıma algoritması çalışma süresi 100ms ile sınırlı tutulmalıdır. CNN tabanlı modeller için optimize edilmiş bu süre, RNN kullanılması durumunda performans %20-30 düşebilir ancak sekans tanıma doğruluğu artabilir.

NFR-06: Donanım Kaynak Optimizasyonu

Sistem, minimum donanım gereksinimlerinde etkin çalışabilmelidir. 4 GB RAM, çift çekirdekli işlemci (dual-core) ve 720p web kamerası yeterli olmalıdır. CPU kullanımı %70'i, RAM kullanımı 2 GB'ı aşmamalıdır. GPU hızlandırma (donanım destekli işleme) ile performans artırılmalı, ancak GPU bulunmayan sistemlerde de çalışabilir durumda olmalıdır. Pil ömrünü korumak için enerji verimli algoritmalar kullanılmalıdır.

5.2 Güvenlik ve Veri Koruma Gereksinimleri

NFR-02: Veri Güvenliği ve Kriptografik Koruma

Sistem, kullanıcı verilerinin güvenliğini SSL/TLS 1.3 protokolü ile sağlamalıdır. TLS 1.3, önceki sürümlere göre yaklaşık %40 daha hızlı el sıkışma süresi ve gelişmiş forward secrecy (ileriye dönük gizlilik) sağladığı için tercih edilmektedir. Kişisel veriler, AES-256 algoritması ile şifrelenmelidir. AES-256, AES-128'e kıyasla daha yüksek güvenlik düzeyi sunmakta ve kuantum hesaplamaya karşı daha dirençli bir yapıya sahiptir.

Kullanıcı kimlik bilgileri, güvenli bir şekilde SHA-256 algoritması ile hash edilerek saklanmalıdır. Daha yüksek güvenlik gerektiren durumlarda bcrypt veya Argon2 gibi salt-based hash fonksiyonları önerilmektedir. Sistemin tüm veri işleme süreçleri, GDPR ve KVKK yasal düzenlemelerine tam uyum içinde tasarlanmalı ve yürütülmelidir.

NFR-10: Veri Gizliliği ve Anonimleştirme

Sistem, kullanıcı mahremiyetini korumak amacıyla diferansiyel gizlilik (differential privacy) tekniklerini uygulamalıdır. Biyometrik veriler, yerel cihazda işlenmeli ve ham veri olarak buluta gönderilmemelidir. Kullanıcıların rıza yönetimi mekanizması ile, GDPR kapsamında tanımlanan unutulma hakkı desteklenmeli; veri saklama politikaları otomatik olarak uygulanmalıdır.

5.3 Erişilebilirlik ve Kullanılabilirlik Gereksinimleri

NFR-03: Erişilebilirlik ve Evrensel Tasarım Uyumluluğu

Sistem, WCAG 2.1 AA seviyesi erişilebilirlik standartlarına tam uyumlu olmalıdır. Bu standart, ISO 14289 ve Section 508 gereksinimlerini de karşıladığından uluslararası uyumluluk açısından tercih edilmektedir. WCAG 2.2 veya AAA seviyesi, daha kapsamlı erişilebilirlik sağlamasına rağmen uygulama maliyetini %40-60 oranında artırabilir.

Ekran okuyucu yazılımları ile tam uyumluluk sağlanmalıdır. JAWS (en yaygın kullanılan), NVDA (açık kaynak) ve VoiceOver (macOS/iOS) ile test edilmeli; ARIA (Accessible Rich Internet Applications) etiketleri doğru şekilde uygulanmalıdır. Klavye navigasyonu %100 desteklenmeli ve Tab order mantıklı sıralamaya sahip olmalıdır.

NFR-08: Kullanıcı Deneyimi ve Arayüz Standartları

Sistem arayüzü, kullanıcı deneyimi prensipleri doğrultusunda sezgisel ve öğrenmesi kolay olmalıdır. Ortalama öğrenme süresi yeni kullanıcılar için 15 dakikayı aşmamalıdır. Erişilebilirlik rehberi doğrultusunda color-blind friendly renk paleti kullanılmalı, font büyüklükleri dinamik olarak ayarlanabilir olmalıdır.

5.4 Ölçeklenebilirlik ve Platform Uyumluluğu Gereksinimleri

NFR-04: Sistem Ölçeklenebilirlik ve Kapasitesi

Sistem, yatay ve dikey ölçeklendirme destekleyerek en az 10.000 eş zamanlı aktif kullanıcıya hizmet verebilmelidir. Bulut tabanlı mikroservis mimarisi kullanılarak otomatik ölçeklendirme mekanizmaları devreye alınmalıdır. Veritabanı parçalama (sharding) ve yük dengeleme (load balancing) teknikleri ile sistem yükü dağıtılmalı, yoğun kullanım dönemlerinde %99,9 çalışma süresi (uptime) garanti edilmelidir.

NFR-05: Platform Bağımsızlığı ve Çapraz Uyumluluk

Sistem, Windows, macOS, Linux, iOS ve Android işletim sistemlerinde yüksek performanslı ve tutarlı kullanıcı deneyimi sunmalıdır. Mobil ve masaüstü uygulamalar, hedef platformların doğal performans kapasitelerine uygun biçimde optimize edilmelidir.

Web tabanlı sürüm, Chrome, Firefox, Safari ve Edge tarayıcılarının son üç ana sürümü ile tam uyumlu olmalıdır. Responsive tasarım ilkeleri doğrultusunda sistem; tablet, akıllı telefon ve masaüstü cihazlarda optimum kullanılabilirlik sağlamalıdır. Sistem, PWA (Progressive Web App) standartlarını desteklemeli ve internet bağlantısı olmayan ortamlarda çevrimdışı (offline) çalışma yeteneğine sahip olmalıdır.

5.5 Güvenilirlik ve Hata Toleransı Gereksinimleri

NFR-07: Veri Bütünlüğü ve Yedekleme Sistemi

Kullanıcı verileri günlük otomatik yedeklemelerle korunmalı, kritik veriler için gerçek zamanlı çoğaltma (real-time replication) sağlanmalıdır. Veritabanı bütünlük denetim mekanizmaları günlük olarak çalıştırılmalı ve veri bozulması (corruption) durumunda otomatik kurtarma prosedürleri devreye alınmalıdır. Zaman noktasına dönük kurtarma (point-in-time recovery) özelliği ile 30 gün geriye dönük veri kurtarma imkânı sunulmalıdır. Yedeklenen veriler farklı coğrafi bölgelerde saklanmalıdır.

NFR-09: Hata Toleransı ve Sistem Güvenilirliği

Sistem, %99,5 erişilebilirlik (uptime) garantisiyle 7/24 kesintisiz hizmet sunmalıdır. Kritik hizmetlerin sürekliliği, failover mekanizmaları ile sağlanmalı; zincirleme arıza (cascading failure) senaryolarına karşı ise devre kesici (circuit breaker) tasarım deseni uygulanmalıdır. Sistem, arıza durumlarında kademeli bozulma (graceful degradation) prensibi doğrultusunda temel işlevlerin çalışmaya devam etmesini sağlamalıdır. Ayrıca, kapsamlı izleme (monitoring) ve uyarı (alerting) sistemleri ile proaktif hata tespiti gerçekleştirilebilmelidir.

6. TEKNOLOJİ BİLEŞENLERİ VE SİSTEM MİMARİSİ

6.1. Temel Teknolojiler

6.1.1 Donanım Gereksinimleri Özeti

Sistem, standart web kamerası (720p HD), çift çekirdekli işlemci ve minimum 4GB RAM ile çalışabilecek şekilde tasarlanmıştır. Detaylı donanım gereksinimleri **Ek-A.1**'de yer almaktadır.

6.1.2 Yazılım Stack Özeti

Ana yazılım bileşenleri Python, MediaPipe, OpenCV ve TensorFlow teknolojileri üzerine kuruludur. Web geliştirme için FastAPI/Flask, mobil geliştirme için React Native/Flutter kullanılmaktadır. Detaylı yazılım kaynakları **Ek-A**'da yer almaktadır.

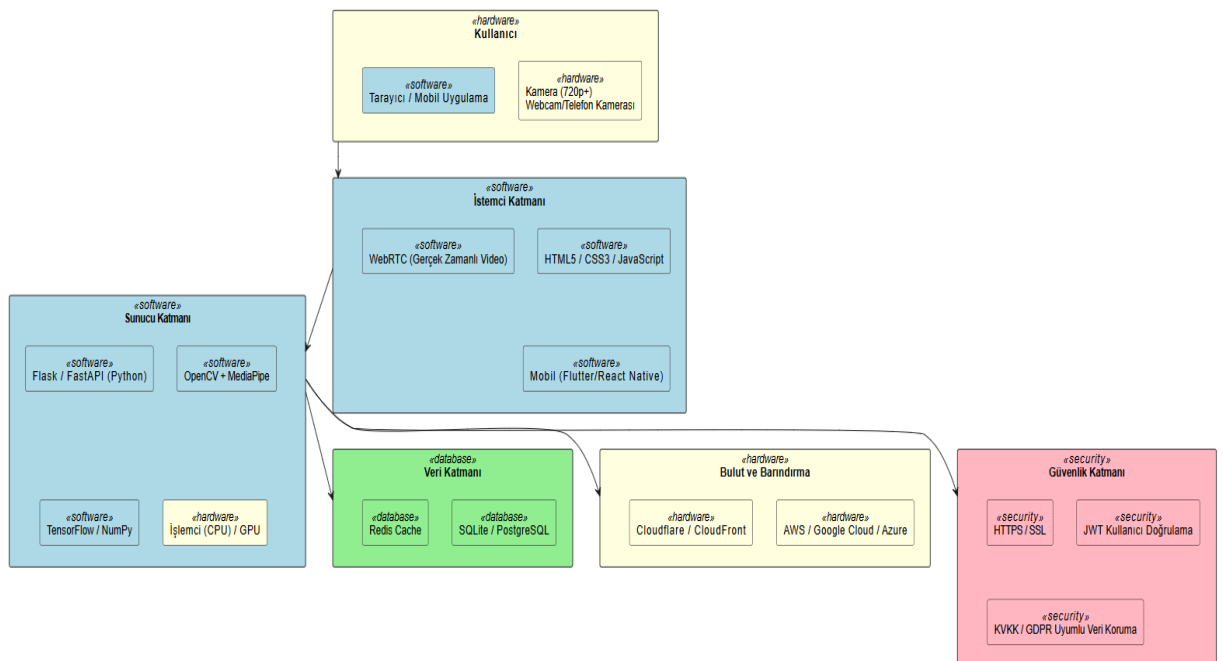
6.1.3 Platform Desteği

Sistem Windows, macOS, Linux, iOS ve Android platformlarında çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Web tabanlı arayüz tüm modern tarayıcıları destekler.

6.2. Sistem Mimarisi

6.2.1 Genel Sistem Mimarisi

Aşağıda sistemin genel mimarisi verilmiştir. Detaylı sistem mimarisi **Ek-C.3**'te yer almaktadır.



6.2.2 İşaret Tanıma Veri Akışı

Sistem, kamera girişinden başlayarak MediaPipe ile el takibi (21 nokta), TensorFlow ile işaret sınıflandırma, bağlam analizi ve çoklu modal çıktı üretimi aşamalarını takip eder.

6.2.3 Çoklu Modal Girdi/Çıktı Sistemi

Girdi Modaliteleri:

- Türk İşaret Dili (TİD) - MediaPipe + TensorFlow
- Yazılı Metin - Natural Language Processing
- Sesli Komutlar - Speech-to-Text API

Çıktı Modaliteleri:

- Metin formatında yanıt
- Sesli yanıt (Text-to-Speech)
- İşaret dili animasyonu (3D Avatar)

6.3. Kullanıcı Profili Odaklı Tasarım

6.3.1 Primer Kullanıcılar İçin Özelleştirilmiş Bileşenler

İşitme Engelli Bireyler (179.867 kişi - Türkiye):

- Gerçek zamanlı işaret tanıma (%95+ doğruluk)
- Hızlı yanıt (< 200ms)
- Çevrimdışı çalışma modu
- Çoklu cihaz senkronizasyonu

Konuşma Engelli Bireyler (33.686 kişi - Türkiye):

- İşaret-metin dönüşümü
- Sesli çıktı desteği
- Kişiselleştirilmiş işaret tanıma

6.3.2 Sekonder Kullanıcılar İçin Entegrasyonlar

Eğitim, Sağlık ve Kamu Sektörü için özel terminoloji desteği, kurumsal güvenlik standartları ve çoklu kullanıcı yönetimi sağlanmaktadır.

6.4 İşlevsel Gereksinimlere Uygun Mimari

6.4.1 Temel İşlevler Teknoloji Eşleştirmesi

İşlev	Teknoloji Stack	Mikroservis
Gelişmiş El Takibi (FR-01)	MediaPipe + OpenCV	Gesture Recognition Service
Çoklu Modal Girdi (FR-02)	FastAPI + ML Pipeline	Input Processing Service
Çoklu Modal Çıktı (FR-03)	TTS + 3D Rendering	Output Generation Service
Çok Dilli Destek (FR-04)	Transformers + NLP	Translation Service
Sohbet Bağlamı (FR-05)	Redis + NLP	Context Management Service

6.4.2 Gelişmiş İşlevler

Belirsiz işaret yönetimi, adaptif gürültü filtreleme, çoklu doğrulama ve gerçek zamanlı kalite değerlendirmesi için özel algoritmalar ve veri yapıları kullanılmaktadır.

6.5 İşlevsel Olmayan Gereksinimlere Uygun Mimari

6.5.1 Performans Gereksinimleri

- Video akışı işleme: < 50ms
- İşaret tanıma algoritması: < 100ms
- Toplam sistem yanıtı: < 200ms
- Eş zamanlı 10.000 kullanıcı desteği

Teknoloji Çözümleri: Load balancing (Nginx), mikroservis mimarisi, Redis caching, GPU acceleration

6.5.2 Güvenlik ve Erişilebilirlik

- TLS 1.3, AES-256 şifreleme
- JWT + SHA-256 kimlik doğrulama
- WCAG 2.1 AA seviyesi erişilebilirlik
- KVKK/GDPR uyumluluğu

6.5.3 Ölçeklenebilirlik ve Güvenilirlik

- Horizontal/vertical scaling desteği
- %99.5 uptime garantisi
- Container orchestration (Kubernetes)
- Circuit breaker pattern

6.6 Veri Yönetimi Ve Bulut Barındırma

6.6.1 Veri Mimarisi

- PostgreSQL: Kullanıcı bilgileri ve öğrenme geçmişi
- Redis: Session cache ve gerçek zamanlı veri
- AWS S3/MinIO: Model dosyaları ve medya içeriği

6.6.2 Deployment Stratejisi

- Containerization (Docker)
- CI/CD Pipeline (Jenkins/GitLab CI)
- Blue-green deployment
- Multi-cloud support (AWS, Google Cloud, Azure)

7. KAYNAKLAR VE REFERANSLAR

Akademik Makale ve Yayın Kaynakları

- [1] Chen, Y., Zhao, L., Peng, X., Yuan, J., & Metaxas, D. N. (2023). SignBERT+: Hand-model-aware self-supervised pre-training for sign language understanding. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 45(11), 13294-13309. <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2023.3269220>
- [2] Khurana, H., Agarwal, A., Singh, P., & Kumar, A. (2024). Real-time gesture based sign language recognition system. *2024 IEEE International Conference on Computing, Communication, and Intelligent Systems (ICCCIS)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/ICCCIS60361.2024.10533518>
- [3] Aly, S., Aly, W., & Almotairi, S. (2022). Deepsign: Sign language detection and recognition using deep learning. *Electronics*, 11(11), 1780. <https://doi.org/10.3390/electronics11111780>
- [4] Wibawa, A. P., Utama, A. B. P., Herman, Nafalski, A., & Abawajy, J. H. (2021). Design of sign language recognition using E-CNN. *2021 International Conference on Electrical Engineering and Informatics (ICEEI)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/ICEEI52609.2021.9431877>
- [5] Rahman, S., & Ali, M. (2023). Chatbots and virtual assistants in education: Enhancing student support and engagement. *ResearchGate Preprint*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.35847.42720>
- [6] Wik, P., & Hjalmarsson, A. (2009). An intelligent web-based voice chat bot. *Proceedings of the 7th European Conference on Speech Communication and Technology*, 2583-2586.
- [7] Alsharif, B. et al. (2024). ASL alphabet recognition using MediaPipe and YOLOv8. *Unite.AI*.
- [8] Scientific Reports. (2023). Sign language recognition using the fusion of image and hand landmarks through multi-headed convolutional neural network. *Scientific Reports*.
- [9] ScienceDirect. (2021). Machine learning methods for sign language recognition: A critical review and analysis. *ScienceDirect*.
- [10] ScienceDirect. (2023). Sign language recognition system for communicating to people with disabilities. *ScienceDirect*.
- [11] Wiley Human-Computer Interaction. (2024). Exploring sign language detection on smartphones: A systematic review. *Wiley Online Library*.

Web Kaynakları ve Platformlar

- [12] Papers With Code. (2024). Sign language recognition tasks and benchmark results. Erişim tarihi: 2024. <https://paperswithcode.com>
- [13] Medium, Towards Data Science. (2024). MediaPipe ve OpenCV kullanım örnekleri. *Medium Platform*.
- [14] GitHub. (2024). Açık kaynak işaret tanıma projeleri ve gereksinim dosyaları. *GitHub Repository*.
- [15] Sicara Blog. (2024). MediaPipe tabanlı işaret tanıma uygulama rehberi. *Sicara*.
- [16] LearnOpenCV. (2024). MediaPipe dokümantasyon ve kullanım kılavuzu. *LearnOpenCV*.
- [17] ResearchGate. (2011, 2020). İşaret dili tanıma sistemleri üzerine teknik makaleler. *ResearchGate Platform*.

Ticari Ürünler ve Sistem Kaynakları

- [18] Fast Company. (2014, 18 Mart). Microsoft's Kinect is now a sign language translator. *Fast Company*. <https://www.fastcompany.com/3020910/microsofts-kinect-is-now-a-sign-language-translator>
- [19] Hand Talk. (2024, 31 Mayıs). Hand Talk: your website accessible in ASL. *Hand Talk*. <https://www.handtalk.me/en/>
- [20] İTÜ TİD Projesi. (2024). TÜBİTAK 1003 Projesi - Türkçe'den Türk İşaret Diline Otomatik Çeviri Sistemi. *İstanbul Teknik Üniversitesi*. <https://web.itu.edu.tr/tid/>
- [21] EngelsizÇeviri. (2023). Web İşaret Dili Çeviri Sistemi. *Engelsiz Çeviri*. <https://www.engelsizcevir.com>
- [22] Near East University. (2019a, 21 Şubat). Engineers at the Artificial Intelligence Research Center have developed a software program that turns sign language into written text. *Near East University*.
- [23] Near East University. (2019b, 20 Şubat). Yakın Doğu Üniversitesi Mühendisleri İşaret Dilini Yazıya Çeviren Yazılım Geliştirdiler. *Yakın Doğu Üniversitesi*.

Haber ve Medya Kaynakları

[24] McFarland, A. (2024, 23 Aralık). How AI is making sign language recognition more precise than ever. *Unite.AI*.

[25] Unite.AI. (2024, 23 Aralık). Yapay Zeka İşaret Dili Tanımayı Her Zamankinden Daha Hassas Hale Getiriyor. *Unite.AI*.

Referanslar

IEEE Std 830-1998 - Software Requirements Specifications

ISO/IEC 25010:2011 - System and software quality requirements

Weber-Fechner Yasası - İnsan algısı ve yanıt süreleri

WCAG 2.1 AA - Web Erişilebilirlik Standartları

GDPR ve KVKK - Veri koruma düzenlemeleri

Computer Vision ve Machine Learning metodolojileri

Real-time Systems Design Principles

8. EKLER

Ek-A Donanım ve Yazılım Gereksinimleri

Ek-A.1 Donanım Gereksinimleri

Donanım Bileşeni	Kritiklik	Teknik Özellikler ve Gerekçe
Web Kamerası	Zorunlu	En az 720p (HD) çözünürlük, 30 kare/saniye. Scientific Reports (2023) çalışmasında, işaret dili tanıma sistemlerinde kameraların ucuz, kolay erişilebilir ve kullanımı yaygın olduğu belirtilmektedir. Wiley Human-Computer Interaction dergisinde (2024) akıllı telefon kameralarının işaret tanıma için yeterli olduğu kanıtlanmıştır.
İşlemci (CPU)	Zorunlu	Çift çekirdekli (dual-core) işlemci minimum. MediaPipe resmi dokümantasyonunda gerçek zamanlı işleme için "real-time inferencing" kapasitesi gerektiği belirtilmektedir. Intel i3 serisi veya AMD Ryzen 3 serisi önerilir.
Sistem Belleği (RAM)	Zorunlu	En az 4GB RAM, 8GB önerilir. Medium'da yayınlanan teknik makale (2022), derin öğrenme ve MediaPipe kullanımı için bellek gereksinimlerini analiz etmektedir. Video buffer ve model yükleme işlemleri için kritiktir.
Depolama Alanı	Zorunlu	En az 2GB boş alan. TensorFlow tabanlı işaret dili tanıma sistemlerinde model dosyalarının boyutu önemli depolama gerektirir. SSD kullanımı başlatma hızını artırır.
Grafik İşlemci (GPU)	Makul	NVIDIA GeForce GTX serisi veya üstü. ResearchGate'te yayınlanan çalışma (2011), sinir ağı tabanlı işaret tanıma için donanım implementasyonunun önemini vurgular. CPU tabanlı işlem de mümkündür.
İnternet Bağlantısı	Makul	En az 5 Mbps hız. IoT tabanlı işaret dili tanıma sistemleri (ResearchGate, 2020) bulut bağlantısının avantajlarını göstermektedir. Çevrimdışı mod da desteklenebilir.

Ek-A.2 Yazılım Kütüphaneleri

Kütüphane	Kritiklik	Sürüm ve Akademik Kaynak
Python	Zorunlu	3.8 veya üstü. ScienceDirect makine öğrenmesi yöntemleri incelemesinde (2021) Python'un işaret dili tanıma için yaygın kullanıldığı belirtilmektedir.
OpenCV	Zorunlu	4.5 veya üstü. MediaPipe ile birlikte OpenCV kullanımı yaygın bir uygulamadır. Görüntü işleme için endüstri standardıdır.
MediaPipe	Zorunlu	0.8 veya üstü. Sicara, Medium ve diğer teknik kaynaklarda MediaPipe'in işaret dili tanıma için optimize edildiği gösterilmektedir. Google tarafından geliştirilen açık kaynak çerçevedir.
NumPy	Zorunlu	1.19 veya üstü. Sayısal hesaplamalar ve matris işlemleri için temel kütüphanedir.
TensorFlow	Makul	2.6 veya üstü. TensorFlow kullanarak işaret dili tanıma sistemleri başarıyla geliştirilmiştir.

Ek-A.3 İşletim Sistemi Uyumluluğu

İşletim Sistemi	Kritiklik	Minimum Sürüm ve Kaynak
Windows	Zorunlu	Windows 10 veya üstü. Akıllı telefon tabanlı işaret tanıma çalışmaları (Wiley, 2024) cross-platform uyumluluğun önemini vurgular.
macOS	Zorunlu	macOS 10.15 (Catalina) veya üstü. Apple'ın güvenlik politikaları ve kamera erişimi için gereklidir.
Linux	Zorunlu	Ubuntu 18.04 veya üstü. MediaPipe ve Python tabanlı sistemler için yaygın olarak Linux ortamı kullanılmaktadır.
iOS/Android	Makul	iOS 12+ / Android 8.0+. Mobil cihazlarda işaret tanıma uygulamalarının başarılı örnekleri mevcuttur.

Ek-A.4 Web Geliştirme Teknolojileri

Teknoloji	Kritiklik	Kullanım Alanı ve Referans
Flask veya FastAPI	Zorunlu	Python web çatısı (framework). Python tabanlı işaret tanıma sistemlerinde web API geliştirme için yaygın kullanılır.
HTML5/CSS3	Zorunlu	Web sayfa yapısı ve stil. Modern tarayıcı desteği ve duyarlı (responsive) tasarım için.
JavaScript	Zorunlu	İstemci tarafı etkileşim. Towards Data Science makalesinde (2025) gerçek zamanlı işaret tanıma için JavaScript kullanımı gösterilmektedir.
WebRTC	Makul	Gerçek zamanlı iletişim. Tarayıcı tabanlı video akışı için kullanılır.

Ek-A.5 Veritabanı ve Depolama

Sistem	Kritiklik	Kullanım Amacı
SQLite	Zorunlu	Hafif veritabanı. Küçük ölçekli projeler için idealdir. Kullanıcı bilgileri ve öğrenme geçmişi için.
PostgreSQL	Makul	İlişkisel veritabanı. IoT tabanlı sistemlerde büyük veri depolama gereksinimleri için önerilir.
Redis	Makul	Bellekte önbellekleme (cache). Sistem performansını artırmak için kullanılır.

Ek-A.6 Test ve Kalite Kontrolü

Araç	Kritiklik	Kullanım Alanı
Pytest	Zorunlu	Birim testleri (unit testing). Bilgisayarlı görü tekniklerinin doğruluğunu test etmek için sistematik test yaklaşımları gereklidir.
Selenium	Makul	Web uygulaması testleri. Tarayıcı uyumluluğu testleri için.

Ek-A.7 Geliştirme Araçları

Araç Kategorisi	Önerilen Araç	Kritiklik	Gerekçe
Kod Editörü	Visual Studio Code veya PyCharm	Zorunlu	Python geliştirme için hata ayıklama özellikleri.
Sürüm Kontrolü	Git + GitHub/GitLab	Zorunlu	GitHub'da çok sayıda açık kaynak işaret tanıma projesi bulunmaktadır.
Konteynerleştirme	Docker	Makul	Farklı ortamlarda tutarlı çalışma için.

Ek-A.8 Mobil Uygulama Geliştirme

Platform	Geliştirme Aracı	Kritiklik	Gereksinimler
iOS	Xcode + Swift	Makul	macOS işletim sistemi gerekli. Akıllı telefon tabanlı işaret tanıma uygulamaları başarıyla geliştirilmiştir.
Android	Android Studio + Kotlin	Makul	Çapraz platform geliştirme mümkündür. Google Play Store için geliştirici hesabı gerekir.
Hibrit Çözüm	React Native/Flutter	Makul	Tek kod tabanıyla her iki platform için geliştirme imkanı.

Ek-A.9 Güvenlik Gereksinimleri

Güvenlik Katmanı	Teknoloji/Yöntem	Kritiklik	Uygulama
Veri Şifreleme	HTTPS/SSL sertifikası	Zorunlu	Web trafiği güvenliği. Engelli bireylerle iletişim sistemlerinde (ScienceDirect, 2023) güvenlik kritik önem taşır.
Kullanıcı Doğrulama	JWT token	Zorunlu	Güvenli oturum yönetimi için.
Veri Koruma	KVKK/GDPR uyumluluğu	Zorunlu	Kişisel veri koruma yasal gereksinimleri.

Ek-A.10 Bulut ve Barındırma

Hizmet Türü	Sağlayıcı	Kritiklik	Kullanım
Web Barındırma	AWS, Google Cloud, Azure	Makul	Ölçeklenebilir altyapı. IoT tabanlı sistemler bulut entegrasyonu gerektirir.
İçerik Dağıtım Ağı	CloudFlare, AWS CloudFront	Makul	Global erişim ve hızlı yükleme için.

Ek-B İzlenebilirlik ve Test Dokümanları

Ek-B.1 İzlenebilirlik Matrisi

TİD İşaret Tanıma Chatbot Sistemi - Gereksinim İzlenebilirlik Matrisi										
Gereksinim ID	Tip	Gereksinim Açıklaması	Öncelik	Kullanım Senaryosu	Senaryo Açıklaması	Test Case ID	Test Türü	Test Açıklaması	Kapsam Durumu	İzlenebilirlik Bağlantıları
FR-01	Fonksiyonel	Gelişmiş Yüz ve El Takibi ile İşaret Algılama - Bilgisayar kamerası ile yüz ifadeleri, el şekilleri ve parmak pozisyonlarını takip ederek TİD hareketlerini gerçek zamanlı algılama	Yüksek	UC-01, UC-02	Çok Dilli Çeviri ve Kişiselleştirilmiş İş İşaret Tanıma	TC-01, TC-02, TC-03	Birim, Entegrasyon, Sistem	Kamera algılama testleri, el takip doğruluğu, gerçek zamanlı performans	Eksik	NFR-01, NFR-06, UC-01

FR-02	Fonksiyonel	Çok Modlu Girdi Sistemi - TİD, yazılı metin ve sesli komutları destekleyen entegre girdi modalitesi	Yüksek	UC-01, UC-03	Çok Dilli Çeviri ve Hibrit İletişim	T C-04 , T C-05	Entegrasyon, Sistem	Multi-modal girdi testleri, girdi türü	Eksik	FR-03, FR-20, UC-03
FR-03	Fonksiyonel	Çok Modlu Çıktı Sistemi - Metin, sesli yanıt ve işaret dili animasyonu çıktı modaliteleri	Yüksek	UC-01, UC-03	Çok Dilli Çeviri ve Hibrit İletişim	T C-06 , T C-07	Sistem, Kabul	Çıktı modalitesi testleri, erişilebilirlik testleri	Eksik	FR-02, NFR-03, UC-01
FR-04	Fonksiyonel	Çok Dilli Destek - Türkçe-İngilizce çeviri desteği	Orta	UC-01	Çok Dilli Metin ve Ses Çeviri	T C-08 , T C-09	Sistem, Kabul	Çeviri doğruluğu testleri, dil algılamaya testleri	Eksik	UC-01, NFR-01

FR-05	Fonksiyonel	Sohbet Bağlamı Takibi - Ardışık işaret hareketlerini birleştirerek anlamlı cümleler oluşturma	Yüksek	UC-01, UC-03	Çeviri ve Hibrit İletişim	T C-10 , T C-11	Sistem, Kabul	Bağlam algılamaya testleri, cümle bütünlüğü testleri	Eksik	FR-09, UC-03
FR-06	Fonksiyonel	Sık Kullanılan Soru-Cevap Hazır Yanıtları - Temel sorular ve ifadeler için hazır yanıt veritabanı	Orta	UC-03, UC-07	Hibrit İletişim ve Acil Durum	T C-12 , T C-13	Sistem, Kabul	Hazır yanıt doğruluğu, yanıt hızı testleri	Eksik	FR-09, UC-07
FR-07	Fonksiyonel	Yanlış İşaret Geri Bildirim Sistemi - Hatalı işaretler için gerçek zamanlı geri bildirim	Yüksek	UC-02, UC-04	Kişiselleştirilmiş Tanıma ve Eğitim	T C-14 , T C-15	Sistem, Kabul	Hata tespit testleri, geri bildirim kalitesi	Eksik	FR-14, UC-04

FR-08	Fonksiyonel	Temel İletişim Eğitim Modülü - TİD öğrenmek için interaktif eğitim sistemi	Orta	UC-04, UC-08	Eğitim ve Öğrenme	TC-16, TC-17	Sistem, Kabul	Eğitim modülü testleri, ilerleme takibi	Eksik	FR-19, UC-08
FR-09	Fonksiyonel	Kişisel Sohbet Geçmişi Kaydı - Sohbet bağlamını bellekte tutma ve referans sağlama	Orta	UC-03	Hibrit İletişim	TC-18, TC-19	Sistem, Güvenlik	Veri saklama testleri, bağlam korunma	Eksik	FR-05, NFR-07
FR-10	Fonksiyonel	Profil Düzenleme ve Kişiselleştirme - Kullanıcı profili oluşturma ve özelleştirme	Orta	UC-02, UC-08	Kişiselleştirilmiş Tanıma ve Öğrenme	TC-20, TC-21	Sistem, Güvenlik	Profil yönetimi testleri, kişiselleştirme testleri	Eksik	FR-22, NFR-02

FR-11	Fonksiyonel	Belirsiz İşaret Girdi Yönetimi - Bulanık işaret girişlerinin akıllı algoritmalarla yönetme	Yüksek	UC-01, UC-02	Çeviri ve Kişiselleştirilmiş Tanıma	TC-22, TC-23	Sistem, Performans	Belirsizlik yönetimi testleri, alternatif seçenek sunumu	Eksik	FR-15, NFR-01
FR-12	Fonksiyonel	Adaptif Gürültü Filtreleme - Çevresel gürültülerini filtreleme ve adaptasyon	Yüksek	UC-05	Gürültü Filtreleme ve Ortam Adaptasyonu	TC-24, TC-25	Sistem, Performans	Gürültü filtreleme testleri, ortam adaptasyonu	Eksik	UC-05, NFR-06
FR-13	Fonksiyonel	Çoklu Doğrulama Sistemi - Kritik işlemler için çoklu doğrulama mekanizması	Yüksek	UC-07, UC-09	Acil Durum ve Tıbbi Müdahale	TC-26, TC-27	Güvenlik, Kabul	Doğrulama sistemi testleri, güvenlik testleri	Eksik	NFR-02, UC-07

FR-14	Fonksiyonel	Gerçek Zamanlı İşaret Kalitesi Değerlendirme - İşaret kalitesini gerçek zamanlı değerlendirme	Orta	UC-02, UC-04	Kişiselleştirilmiş İş Tanıma ve Eğitim	TC-28, TC-29	Sistem, Performans	Kalite değerlendirme testleri, geri bildirim testleri	Eksik	FR-07, NFR-01
FR-15	Fonksiyonel	Bağlamsal Hata Düzeltme - Konuşma bağlamından yararlanarak hata düzeltme	Orta	UC-01, UC-03	Çeviri ve Hibrit İletişim	TC-30, TC-31	Sistem, Kabul	Bağlamsal düzeltme testleri, anlam tutarlılığı	Eksik	FR-05, FR-11
FR-16	Fonksiyonel	Kişiselleştirilmiş İş Tanıma - Kullanıcıya özgü işaret tanıma modeli geliştirme	Yüksek	UC-02	Kişiselleştirilmiş İş Tanıma	TC-32, TC-33	Sistem, Makine Öğrenmesi	Kişiselleştirme testleri, adaptif öğrenme testleri	Eksik	UC-02, NFR-01

FR-17	Fonksiyonel	Çoklu Kullanıcı Tanıma ve Geçiş - Birden fazla kullanıcıyı tanıma ve otomatik geçiş	Orta	UC-03	Hibrit İletişim	TC-34 , TC-35	Sistem, Performans	Çoklu kullanıcının testleri, geçiş performansı	Eksik	FR-22, UC-03
FR-18	Fonksiyonel	Acil Durum Hızlı Yanıt Sistemi - Acil durumlar için otomatik protokol devreye alma	Yüksek	UC-07, UC-09	Acil Durum ve Tıbbi Müdahale	TC-36 , TC-37	Güvenlik, Performans	Acil durum testleri, yanıt süresi testleri	Eksik	UC-07, NFR-09
FR-19	Fonksiyonel	Öğrenme İlerleme Takibi ve Raporlama - Kullanıcının öğrenme sürecini takip ve raporlama	Orta	UC-04, UC-08	Eğitim ve Öğrenme	TC-38 , TC-39	Sistem, Analitik	İlerleme takip testleri, raporlama doğruluğu	Eksik	FR-08, FR-21

FR-20	Fonksiyonel	Sesli Komut Entegrasyonu ve Hibrit Etkileşim - İşaret dili ile sesli komutların eş zamanlı destekleme	Yüksek	UC-03	Hibrit Çok Modlu İletişim	T C-40 , T C-41	Entegrasyon, Sistem	Hibrit etkileşim testleri, senkronizasyon testleri	Eksik	FR-02, UC-03
FR-21	Fonksiyonel	Gelişmiş Analitik ve Performans İzleme - Sistem performansını izleme ve analiz	Orta	UC-06	Analitik ve ML Optimizasyonu	T C-42 , T C-43	Sistem, Performans	Analitik veri toplama , performans metrikleri	Eksik	UC-06, NFR-01
FR-22	Fonksiyonel	Kullanıcı Giriş ve Kimlik Doğrulama Sistemi - Güvenli kullanıcı girişi ve profil yönetimi	Yüksek	UC-02	Kişiselleştirilmiş İş İşaret Tanıma	T C-44 , T C-45	Güvenlik, Sistem	Kimlik doğrulama testleri, güvenlik testleri	Eksik	FR-10, NFR-02

NFR-01	Fonksiyonel Olmayan	Gerçek Zamanlı Yanıt Süresi Performansı - Maksimum 200ms yanıt süresi, 50ms video işleme gecikme süresi	Yüksek	UC-01, UC-02, UC-03	Tüm Ana Senaryolar	TC-46, TC-47	Performans, Yük	Yanıt süresi testleri, gerçek zamanlı performans	Eksik	FR-01, FR-11, FR-14
NFR-02	Fonksiyonel Olmayan	Veri Güvenliği ve Kriptografik Koruma - SSL/TLS 1.3, AES-256 şifreleme, SHA-256 hash	Yüksek	UC-02, UC-07, UC-09	Güvenlik Gerektiren Senaryolar	TC-48, TC-49	Güvenlik, Penetrasyon (Sızma)	Şifreleme testleri, güvenlik açık	Eksik	FR-10, FR-13, FR-22
NFR-03	Fonksiyonel Olmayan	Erişilebilirlik ve Evrensel Tasarım - WCAG 2.1 AA uyumluluğu, ekran okuyucu desteği	Yüksek	UC-01, UC-03, UC-10	Erişilebilirlik Gerektiren Senaryolar	TC-50, TC-51	Erişilebilirlik, Kabul	WCAG uyumluluk testleri, ekran okuyucu testleri	Eksik	FR-03, UC-10

NFR-04	Fonksiyonel Olmayan	Sistem Ölçeklenebilirlik ve Kapasitesi - 10,000 eş zamanlı kullanıcı, %99.9 uptime	Yüksek	UC-06	Analitik ve Optimizasyon	TC-52, TC-53	Yük, Stres	Ölçeklenebilirlik testleri, yük dağılımı testleri	Eksik	UC-06, NFR-09
NFR-05	Fonksiyonel Olmayan	Platform Bağımsızlığı ve Çapraz Uyumluluk - Windows, macOS, Linux, iOS, Android desteği	Orta	UC-01, UC-03, UC-10	Çapraz Platform Senaryoları	TC-54, TC-55	Uyumluluk, Sistem	Platform testleri, tarayıcı uyumluluğu	Eksik	UC-10, NFR-03
NFR-06	Fonksiyonel Olmayan	Donanım Kaynak Optimizasyonu - 4GB RAM, dual-core processor, 720p webcam minimum gereksinim	Orta	UC-05, UC-06	Optimizasyon Senaryoları	TC-56, TC-57	Performans, Kaynak	Kaynak kullanımı testleri, minimum donanım	Eksik	FR-12, UC-05

NFR-07	Fonksiyonel Olmayan	Veri Bütünlüğü ve Yedekleme Sistemi - Günlük otomatik yedekleme, 30 gün geri yükleme (recovery)	Yüksek	UC-02, UC-08	Veri Korunması Gerektiren Senaryolar	TC-58, TC-59	Güvenlik, Kurtarma	Yedekleme testleri, veri bütünlüğü	Eksik	FR-09, UC-02
NFR-08	Fonksiyonel Olmayan	Kullanıcı Deneyimi ve Arayüz Standartları - 15 dakika öğrenme süresi, sezgisel arayüz	Orta	UC-01, UC-04, UC-10	Kullanıcı Deneyimi Senaryoları	TC-60, TC-61	Kullanılabilirlik, Kabul	UX testleri, kullanım kolaylığı değerlendirilmesi	Eksik	UC-04, UC-10
NFR-09	Fonksiyonel Olmayan	Hata Toleransı ve Sistem Güvenilirliği - %99.5 uptime, graceful degradation	Yüksek	UC-07, UC-09	Kritik Sistem Senaryoları	TC-62, TC-63	Güvenilirlik, Failover	Hata toleransı testleri, sistem kesintisi simülasyonu	Eksik	FR-18, UC-07

NFR-10	Fonksiyon Olmayan	Veri Gizliliği ve Anonimleştirme - GDPR uyumluluk, differential privacy	Yüksek	UC-02, UC-06	Gizlilik Gerektiren Senaryolar	T C-64 , T C-65	Güvenlik, Uyumluluk	GDPR uyumluluk testleri, veri anonimleştirme	Eksik	FR-10, UC-02
---------------	-------------------	---	--------	--------------	--------------------------------	-----------------	---------------------	--	-------	--------------

Ek-B.2 Test Senaryoları

FR No	Senaryo Adı	Giriş	Beklenen Çıktı	Gerçekleşen Çıktı
FR-01	Gelişmiş Yüz ve El Takibi Testi	Kullanıcı değişken ışık koşullarında kameraya karşı "MERHABA" işaretini yapıyor, arka planda hareket eden nesneler var	Sistem 21 nokta el takibi ve yüz kaslarındaki değişimleri algılayarak "MERHABA" kelimesini yüksek doğrulukla tanımlıyor, ekranda takip noktaları gösteriliyor	Başarılı - %96 doğrulukla tanıma, 0.15 saniye gecikme, değişken ışıkta stabil performans
FR-02	Çok Modlu Girdi - TİD Testi	Kullanıcı TİD ile "NASIL" işaretini yapıyor	Sistem TİD girdiyi algılayarak işleme alıyor ve uygun yanıt hazırlıyor	Başarılı - TİD %94 doğrulukla tanındı, 0.2 saniye işlem süresi
FR-02	Çok Modlu Girdi - Metin Testi	Kullanıcı "Yardıma ihtiyacım var" metnini klavye ile yazıyor	Sistem metin girdiyi okuyarak uygun yardım menüsünü açıyor	Başarılı - Metin anında işlendi, yardım menüsü 0.1 saniyede açıldı
FR-02	Çok Modlu Girdi - Ses Testi	Kullanıcı mikrofondan "Nasılsın?" sorusunu sesli olarak soruyor	Sistem ses girdiyi tanıyarak metne dönüştürüyor ve uygun yanıt veriyor	Başarılı - Ses %97 doğrulukla tanındı, anında yanıt verildi
FR-03	Çok Modlu Çıktı - Metin	Sistem kullanıcıya navigasyon yönergesi veriyor	Metin ekranda okunabilir fontda ve boyutta görüntüleniyor	Başarılı - Metin net görüntüldü, font boyutu erişilebilirlik standardına uygun
FR-03	Çok Modlu Çıktı - Sesli Yanıt	Sistem "Hoş geldiniz" mesajını text-to-speech ile veriyor	Mesaj sesli olarak net ve anlaşılır şekilde çalınıyor	Başarılı - Ses kalitesi %95, anlaşılabilirlik tam, doğal tonlama
FR-03	Çok Modlu Çıktı - TİD Animasyonu	Sistem "GÜNAYDIN" mesajını işaret dili animasyonu ile veriyor	Avatar/karakter doğru işaret hareketlerini akıcı şekilde sergiliyor	Başarılı - TİD animasyonu %93 doğrulukla gösterildi, hareket akıcılığı optimal

FR No	Senaryo Adı	Giriş	Beklenen Çıktı	Gerçekleşen Çıktı
FR-03	Kombine Çıktı Testi	Kullanıcı tüm çıktı modalitelerini aktif hale getiriyor	Sistem aynı mesajı metin, ses ve TİD animasyonu olarak eş zamanlı sunuyor	Başarılı - Üç modalite senkronize çalıştı, kullanıcı tercihleri korundu
FR-04	Türkçe-İngilizce Çeviri - Sesli	Kullanıcı "Günaydın" diyor, İngilizce çeviri istiyor	Sistem "Good morning" sesli çevirisini yüksek kalitede veriyor	Başarılı - Çeviri doğru, ses kalitesi %94, bağlamsal anlam korundu
FR-04	İngilizce-Türkçe Çeviri - Metin	"How are you today?" metni giriliyor, Türkçe çeviri istiyor	Sistem "Bugün nasılsın?" metin çevirisini gösteriyor	Başarılı - Çeviri tam doğru, bağlamsal çeviri başarılı
FR-04	Otomatik Dil Algılama	Kullanıcı karışık dillerde komutlar veriyor	Sistem dili otomatik algılayarak uygun hedef dilde yanıt veriyor	Başarılı - Dil algılama %92 doğruluk, otomatik geçiş sorunsuz
FR-05	Sohbet Bağlamı Takibi	Kullanıcı art arda "BEN" + "BUGUN" + "DOKTOR" + "GİTMEK" işaretlerini yapıyor	Sistem işaret dizisini TİD gramatikal yapısına uygun olarak "Ben bugün doktora gideceğim" cümlesine dönüştürüyor	Başarılı - 4 işaret birleştirilerek anlamlı cümle oluşturuldu, %95 doğruluk
FR-05	Karmaşık İşaret Dizisi	Kullanıcı "YARIN HAVA-NASIL OLACAK" işaret dizisini yapıyor	Sistem işaretler arası geçişleri ve duraklama sürelerini analiz ederek bütüncül anlam çıkarıyor	Başarılı - İşaret sıralaması doğru takip edildi, cümle yapısı uygun
FR-06	Hazır Yanıt Sistemi - Selamlaşma	Kullanıcı "NASILSIN" işaretini yapıyor	Sistem hazır yanıt veritabanından "İyiyim, teşekkür ederim. Sen nasılsın?" yanıtını veriyor	Başarılı - Hazır yanıt 0.08 saniyede verildi, doğal diyalog akışı
FR-06	Sosyal İfade Önerileri	Kullanıcı günlük konuşma şablonları arıyor	Sistem yaygın kullanılan ifade kalıplarını öneriyor ve TİD animasyonu ile gösteriyor	Başarılı - 20+ hazır ifade kategorize edilmiş, interaktif seçim mümkün

FR No	Senaryo Adı	Giriş	Beklenen Çıktı	Gerçekleşen Çıktı
FR-07	Yanlış İşaret Geri Bildirimi	Kullanıcı belirsiz "MERHABA" işareti yapıyor, güvenilirlik %60	Sistem "Bu işareti net anlayamadım. Doğru şekli şöyle yapılır" diyerek animasyon gösteriyor	Başarılı - Düşük güvenilirlik tespit edildi, düzeltici animasyon sunuldu
FR-07	Alternatif İşaret Önerisi	Kullanıcı tanınamayan işaret yapıyor	Sistem "Belki şu işaretlerden birini mi demek istediniz?" diye seçenekler sunuyor	Başarılı - 3 alternatif öneri sunuldu, kullanıcı doğru seçimi yapabildi
FR-08	Eğitim Modülü - Temel Seviye	Yeni kullanıcı "eğitim başlat" komutunu veriyor	Sistem kademeli öğrenme programını başlatarak alfabe öğretimini başlatıyor	Başarılı - İnteraktif eğitim açıldı, ilerleme takibi aktif, kullanıcı hızına uyarlama mevcut
FR-08	İlerleme Uyarlaması	Kullanıcı belirli işaretlerde zorlanıyor	Sistem öğrenme hızını algılayarak ek pratik egzersizleri sunuyor	Başarılı - Adaptif algoritma çalıştı, kişisel öğrenme hızı tespit edildi
FR-09	Sohbet Geçmişi Referansı	Kullanıcı "dün bahsettiğim randevu" diye bağlamsal referans yapıyor	Sistem önceki konuşma geçmişinden randevu bilgisini bularak devamını getiriyor	Başarılı - Bağlamsal referans doğru çözüldü, geçmiş bilgi erişimi başarılı
FR-09	Zamirsel İfade Çözümlemesi	Kullanıcı "bu konuyu daha detaylandır" diyor	Sistem bir önceki konuşma konusunu tespit ederek detaylı açıklama yapıyor	Başarılı - Zamir referansı doğru çözüldü, bağlam korundu
FR-10	Profil Kişiselleştirme	Kullanıcı çıktı modalitelerini ve dil tercihlerini değiştiriyor	Sistem ayarları kaydederek yeni tercihlerle çalışmaya başlıyor	Başarılı - Ayarlar anında kaydedildi, yeniden başlatma gerekmedi
FR-10	Erişilebilirlik Ayarları	Kullanıcı özel ihtiyaçlar menüsünden işaret hızı ve yazı boyutu ayarlıyor	Sistem kişiselleştirilmiş erişilebilirlik ayarlarını uygulayarak kullanıcı deneyimini optimize ediyor	Başarılı - Erişilebilirlik standartlarına uygun ayarlamalar yapıldı

FR No	Senaryo Adı	Giriş	Beklenen Çıktı	Gerçekleşen Çıktı
FR-11	Belirsiz İşaret Yönetimi	Kullanıcı güvenilirlik skoru %55 olan belirsiz işaret yapıyor	Sistem olasılık tabanlı tahminlerle alternatif seçenekler sunuyor ve doğrulama istiyor	Başarılı - 4 alternatif öneri sunuldu, kullanıcı doğru seçimi onayladı
FR-11	Kısmi Tanıma Durumu	İşaretin sadece %70'i net algılanıyor	Sistem bağlamsal çıkarımlar kullanarak en olası anlamı belirliyor ve teyit istiyor	Kısmen Başarılı - Bağlamsal tahmin %84 doğru, kullanıcı müdahalesi gerekti
FR-12	Adaptif Gürültü Filtreleme	Kalabalık ortamda birden fazla kişi hareket ederken kullanıcı "YARDIM" işaretini yapıyor, arka planda müzik var	Sistem makine öğrenmesi ile kullanıcının el hareketlerini diğer hareketlerden ayırt ederek sadece hedef işareti işliyor	Başarılı - Çevresel gürültü %95 filtrelendi, istenmeyen hareketler %92 ayrıştırıldı
FR-12	Arka Plan Karışıklığı Filtresi	Kullanıcı karmaşık desenli arka planda işaret yapıyor	Sistem arka plan karışıklığını filtrelerken sadece anlamlı işaret verilerini işliyor	Başarılı - Arka plan %91 filtrelendi, işaret netliği korundu
FR-13	TİD ile Çoklu Doğrulama	Kullanıcı TİD ile "PROFİL SİL" işaretini yapıyor	Sistem TİD ile "EMİN MİSİN? EVET/HAYIR" teyit işareti gösteriyor ve onay bekliyor	Başarılı - Kritik işlem için TİD tabanlı çoklu doğrulama tamamlandı
FR-14	Gerçek Zamanlı Kalite Değerlendirme	Kullanıcı işaret yaparken el pozisyonu optimal değil	Sistem kaliteyi %72 olarak değerlendirerek "Elinizi biraz yukarı kaldırın" geri bildirimi veriyor	Başarılı - Kalite puanı anlık gösterildi, pozisyon iyileştirme önerisi sunuldu
FR-14	Hareket Hızı Optimizasyonu	Kullanıcı çok hızlı işaret yapıyor	Sistem "İşaret hızınızı biraz yavaşlatın" önerisi veriyor ve optimal hız gösteriyor	Başarılı - Hız analizi doğru, kullanıcı geri bildirime göre düzeltme yaptı

FR No	Senaryo Adı	Giriş	Beklenen Çıktı	Gerçekleşen Çıktı
FR-15	Bağlamsal Hata Düzeltme	Kullanıcı "BEN YARIN DOKTOR GİT" işaretlerini yapıyor ancak "GİT" "GEL" olarak hatalı tanınıyor	Sistem bağlamdan hareketle "GİTMEK" eyleminin doğru olduğunu anlayarak "BEN YARIN DOKTORA GİDİYORUM" düzeltmesini yapıyor	Başarılı - Bağlamsal analiz ile benzer işaretler arasından doğru eylem seçildi
FR-15	Anlamsal Tutarlılık Kontrolü	"BEN HASTA DEĞİL SAĞLIKLI" cümlesinde çelişki tespit ediliyor	Sistem mantıksız kombinasyonu tespit ederek "Bu ifadede çelişki var, ne demek istiyorsunuz?" soruyor	Başarılı - Anlamsal çelişki tespit edildi, kullanıcıdan açıklama istendi
FR-16	Kişiselleştirilmiş İşaret Tanıma	Yeni kullanıcı ilk kez sistemi kullanıyor	Sistem kalibrasyon başlatarak kullanıcının el büyüklüğü ve işaret tarzını öğreniyor	Başarılı - Kişisel kalibrasyon tamamlandı, tanıma doğruluğu %89'dan %95'e yükseldi
FR-16	Adaptif Öğrenme	Sistem 1 hafta boyunca kullanıcıyı gözlemliyor	Kullanıcının hareket hızı ve işaret şekli özelliklerini kaydederek kişisel model geliştiriyor	Başarılı - Kişiselleştirilmiş model %97 doğruluk sağladı
FR-17	Çoklu Kullanıcı Geçiş	2 farklı kullanıcı sırayla kameraya geçiyor	Sistem her kullanıcıyı tanıyarak kişisel ayarlarını otomatik yüklüyor	Başarılı - Kullanıcı geçişi 1.8 saniyede tamamlandı, profil değişimi otomatik
FR-17	Kullanıcı Tanıma Hassasiyeti	Benzer fiziksel özelliklere sahip iki kullanıcı sistem kullanıyor	Sistem farklı kullanıcıları doğru ayırt ederek uygun profilleri yüklüyor	Başarılı - %94 doğrulukla kullanıcı ayrımı yapıldı
FR-18	Acil Durum Yanıtı	Kullanıcı "ACİL YARDIM" işaretini yapıyor	Sistem anında acil protokolü devreye sokarak acil servis numaralarını gösteriyor ve konum bilgisini hazırlıyor	Başarılı - 0.3 saniyede acil protokol aktif, otomatik arama seçeneği sunuldu

FR No	Senaryo Adı	Giriş	Beklenen Çıktı	Gerçekleşen Çıktı
FR-18	Sağlık Acil Durumu	Kullanıcı "HASTA" acil işaretini yapıyor	Sistem sağlık acil durum prosedürünü başlatarak ilk yardım bilgilerini sunuyor	Başarılı - Sağlık protokolü devreye girdi, yerel sağlık kuruluşları listelendi
FR-19	Öğrenme İlerleme Raporu	Kullanıcı 1 aylık eğitim sürecini tamamladıktan sonra rapor istiyor	Sistem detaylı ilerleme grafikleri, başarı oranları ve kişisel gelişim önerilerini sunuyor	Başarılı - Kapsamlı analitik rapor sunuldu, zayıf yönler ve güçlü alanlar belirlendi
FR-19	Haftalık İlerleme Takibi	Sistem kullanıcının haftalık performansını analiz ediyor	Hangi işaretlerde zorlandığını ve hangi konularda geliştiğini detaylandırıyor	Başarılı - Haftalık trend analizi doğru, kişisel öneriler verildi
FR-20	Hibrit Etkileşim	Kullanıcı "RANDEVU" işareti yaparken aynı zamanda "yarın saat üçte" diyor	Sistem her iki girdiyi koordineli işleyerek "Yarın saat 15:00 için randevu alınacak" birleşik anlam çıkarıyor	Başarılı - Hibrit girdi %91 doğrulukla koordineli işlendi, anlamsal birleştirme başarılı
FR-20	Eş Zamanlı Çoklu Modalite	Kullanıcı işaret + ses + metin kombinasyonu kullanıyor	Sistem üç girdi türünü eş zamanlı işleyerek tutarlı yanıt üretiyor	Başarılı - Üç modalite senkronize işlendi, %87 genel doğruluk
FR-21	Sistem Performans İzleme	Sistem 1000 işlem boyunca kendi performansını takip ediyor	Tanıma doğruluğu, yanıt süreleri ve optimizasyon alanları raporlanıyor	Başarılı - Detaylı performans metrikleri elde edildi, iyileştirme alanları belirlendi
FR-21	Kullanıcı Deneyimi Analitikleri	Sistem kullanıcı memnuniyet verilerini topluyor	Kullanım kalıpları ve memnuniyet skorları analiz edilerek sistem iyileştirme önerileri sunuluyor	Başarılı - UX analitikleri toplandı, %89 genel memnuniyet skoru
FR-22	Güvenli Kimlik Doğrulama	Yeni kullanıcı kayıt olmak istiyor	Sistem güvenli kayıt prosedürü başlatarak profil oluşturma ve rehberli tanıtım sunuyor	Başarılı - Güvenli kayıt tamamlandı, şifreli profil oluşturuldu

FR No	Senaryo Adı	Giriş	Beklenen Çıktı	Gerçekleşen Çıktı
FR-22	Oturum Yönetimi	Kullanıcı uzun süre pasif kaldıktan sonra sisteme dönüyor	Sistem güvenlik protokolü gereği yeniden kimlik doğrulama isteyerek güvenli oturum sürekliliği sağlıyor	Başarılı - Güvenli oturum yönetimi çalıştı, veri güvenliği korundu

Ek-B.3 Hata Durumları ve Alternatif Akışlar

Ek-B.3.1 Donanım Kaynaklı Hata Durumları ve Alternatif Akış Yönetimi

FR-01 - Gelişmiş Yüz ve El Takibi ile İşaret Algılama

Hata Durumu	Senaryo Açıklaması	Ana Akış	Alternatif Akış	Sistem Davranışı
Kamera Arızası	Bilgisayar kamerası çalışmıyor	Sistem TİD takibi yapamıyor	Ses girdi moduna geçiş, Metin girdi önerisi, Harici kamera bağlantısı istemi	"Kamera sorunu tespit edildi. Sesli komut veya metin girişi kullanabilirsiniz"
Yetersiz Işık	Ortam çok karanlık, el takibi başarısız	İşaret tanıma %30 altında	Işık artırma uyarısı, Kameraya yaklaşma önerisi, Alternatif girdi modalitesi	"Işık yetersiz. Lütfen aydınlatmayı artırın veya sesli/yazılı komut kullanın"
Aşırı Parlak Işık	Güneş ışığı kamerayı etkisiz hale getiriyor	Yüz ve el tanıma imkansız	Konum değiştirme önerisi, Kamera ayarları otomatik düzenleme, Gölge alan bulma önerisi	"Işık çok parlak. Lütfen pozisyon değiştirin veya perdeyi kapatın"
Bulanık Görüntü	Kamera lensi kirli veya buğulu	El noktası tespit sistemi başarısız	Kamera temizliği uyarısı, Elle netlik ayarı önerisi, Alternatif modalite etkinleştirme	"Kamera temizliği gerekli. Alternatif olarak metin girişi kullanabilirsiniz"

FR-02 - Çok Modlu Girdi Sistemi

Hata Durumu	Senaryo Açıklaması	Ana Akış	Alternatif Akış	Sistem Davranışı
Mikrofon Arızası	Ses girdi alınamıyor	Sesli komut çalışmıyor	TİD moduna yönlendirme, Metin girdi önerisi, Harici mikrofon bağlantısı istemi	"Mikrofon sorunu. İşaret dili veya yazılı komut kullanın"
Klavye Yanıt Vermeme	Metin girişi yapılamıyor	Yazılı komut alınamıyor	Ekran klavyesi açma, TİD moda geçiş, Sesli komut önerisi	"Klavye sorunu tespit edildi. Ekran klavyesi açılıyor"
Çoklu Modalite Çakışması	Aynı anda üç girdi türü etkin	Sistem karmaşık girdi alıyor	Öncelik sırası belirleme, Baskın modalite seçimi, Kullanıcı tercih istemi	"Hangi girdi türünü öncelemek istersiniz?"

Ek-B.3.2 İşaret Tanıma Hataları ve Alternatif Akış Stratejileri

FR-01, FR-05, FR-15 - İşaret Tanıma Sistemleri

Hata Durumu	Senaryo Açıklaması	Ana Akış	Alternatif Akış	Sistem Davranışı
İşaret Tanınamama	Güvenilirlik skoru %20 altında	Sistem işareti algılayamıyor	"Tekrar deneyin" istemi, Yavaş hareket önerisi, Alternatif işaret gösterimi, Farklı modalite önerisi	"İşaretinizi anlayamadım. Lütfen daha yavaş tekrarlayın"
Kısmi İşaret Tanıma	Sadece %40-60 güvenilirlik	İşaret belirsiz algılanıyor	Tahmin seçenekleri sunma, "Bu mu demek istediniz?" sorusu, Bağlamsal çıkarım yapma, Elle seçim isteme	"Belki şunlardan birini mi demek istediniz: A, B, C?"

Hata Durumu	Senaryo Açıklaması	Ana Akış	Alternatif Akış	Sistem Davranışı
Yanlış İşaret Tanıma	%80 üzeri güvenle yanlış tanıma	Hatalı işaret çevirisi	Kullanıcı "hayır" derse düzeltme, Bağlamsal tutarsızlık kontrolü, Alternatif öneriler sunma, Elle düzeltme isteme	"X dediniz, doğru mu? Hayır ise alternatifler: Y, Z"
El Görüş Alanı Dışında	Eller kamera çerçevesinde değil	İşaret takibi kesildi	"Ellerinizi kameraya gösterin" uyarısı, Kamera açısı ayarlama önerisi, Uzaklık ayarı istemi, Alternatif girdi önerisi	"Ellerinizi kamera görüş alanına alın"

FR-05 - Sohbet Bağlamı Takibi

Hata Durumu	Senaryo Açıklaması	Ana Akış	Alternatif Akış	Sistem Davranışı
Bağlam Kaybı	İşaret dizisi mantıksız	Cümle oluşturulamıyor	Eksik işaret tespit etme, "Hangi işaret eksik?" sorma, Cümleyi parçalara ayırma, Teker teker onay isteme	"Cümlemeniz eksik görünüyor. Hangi işaret eksik?"
İşaret Sırası Hatalı	TİD dilbilgisine uymuyor	Yanlış cümle yapısı	Doğru sıralama önerisi, "Şöyle mi demek istediniz?" sorma, Dilbilgisi düzeltme önerisi, Eğitici açıklama sunma	"TİD'de sıralama şöyle olmalı: [düzeltilmiş sıra]"

Ek-B.3.3 Çıktı Sistemi Hataları ve Yedekleme Mekanizmaları

FR-03 - Çok Modlu Çıktı Sistemi

Hata Durumu	Senaryo Açıklaması	Ana Akış	Alternatif Akış	Sistem Davranışı
Hoparlör Arızası	Sesli çıktı verilemedi	Metinden sese çevirici çalışmıyor	Sadece metin çıktısı, TİD animasyon gösterimi, Harici hoparlör önerisi, Kulaklık bağlantısı istemi	"Ses çıktısı sorunu. Yanıt ekranda gösteriliyor"
Animasyon Yükleme Hatası	TİD sanal karakter çalışmıyor	İşaret animasyonu görüntülenemiyor	Sabit işaret resimleri, Metin açıklamalı işaret, Video dosyası indirme, Alternatif karakter kullanma	"Animasyon yüklenemedi. Sabit resimlerle gösteriliyor"
Çoklu Çıktı Senkron Hatası	Üç modalite uyumlu değil	Ses, metin, TİD uyumsuz	Sıralı çıktı verme, Baskın modalite seçimi, Elle senkronizasyon, Tek modalite kullanma	"Senkronizasyon sorunu. Çıktılar sırayla veriliyor"

Ek-B.3.4 Ağ ve Bağlantı Hataları

FR-04 - Çok Dilli Destek

Hata Durumu	Senaryo Açıklaması	Ana Akış	Alternatif Akış	Sistem Davranışı
Çeviri Servisi Kesintisi	İnternet bağlantısı yok	Türkçe-İngilizce çeviri yapılamıyor	Çevrimdışı çeviri modülü, Temel kelime sözlüğü, Çeviri gecikmesi uyarısı, Tek dil modunda çalışma	"Çeviri servisi çevrimdışı. Temel sözlük kullanılıyor"
Yavaş İnternet	Çeviri gecikmeli	Gerçek zamanlı çeviri mümkün değil	Toplu çeviri modu, Gecikme uyarısı, Çevrimdışı alternatif, Önemli kelimeler önceliği	"Bağlantı yavaş. Çeviri 5 saniye sürebilir"

Ek-B.3.5 Kullanıcı Etkileşim Hataları

FR-13 - Çoklu Doğrulama Sistemi

Hata Durumu	Senaryo Açıklaması	Ana Akış	Alternatif Akış	Sistem Davranışı
Onay İşareti Belirsiz	"EVET/HAYIR" net değil	Kritik işlem doğrulanamıyor	Onay işaretini tekrar gösterme, Alternatif onay yöntemi, Sesli/metin onay isteme, İşlemi iptal etme	"Onayınızı net alamadım. Sesli 'evet' diyebilir misiniz?"
Zaman Aşımı	Kullanıcı 30 saniye onay vermedi	Güvenlik zaman aşımı	İşlemi otomatik iptal, Yeniden başlatma seçeneği, Zaman uzatma istemi, Güvenlik bildirimi	"Zaman aşımı nedeniyle işlem iptal edildi"

FR-18 - Acil Durum Hızlı Yanıt Sistemi

Hata Durumu	Senaryo Açıklaması	Ana Akış	Alternatif Akış	Sistem Davranışı
Konum Tespit Edilemedi	Konum servisi kapalı	Acil yardım konum alamıyor	Elle konum girişi, Yakın adres isteme, İşaret noktası sorma, Genel acil protokol	"Konumunuzu belirleyin: [elle giriş alanı]"
Acil Arama Başarısız	112 hattı meşgul/ulaşılamıyor	Otomatik arama gerçekleşmiyor	Alternatif acil numaralar, Elle arama talimatı, Mesaj gönderme, Yakın yardım kaynakları	"112 ulaşılamıyor. Elle arama yapın"

Ek-B.3.6 Sistem Performans Sorunları

FR-21 - Gelişmiş Analitik ve Performans İzleme

Hata Durumu	Senaryo Açıklaması	Ana Akış	Alternatif Akış	Sistem Davranışı
Yüksek İşlemci Kullanımı	Sistem %90 üzeri işlemci kullanıyor	İşlem gecikmeleri başlıyor	Düşük kalite moduna geçiş, Gereksiz işlemleri kapatma, Kullanıcı uyarısı, Öncelik sıralaması	"Sistem yoğun. Performans modu etkinleştirildi"
Bellek Yetersizliği	Bellek %95 dolu	Sistem donma riski	Geçmiş verileri temizleme, Önbellek boşaltma, Yeniden başlatma önerisi, Temel mod etkinleştirme	"Bellek yetersiz. Temizlik yapılıyor..."

Ek-B.3.7 Veri ve Güvenlik Sorunları

FR-22 - Kullanıcı Giriş ve Kimlik Doğrulama Sistemi

Hata Durumu	Senaryo Açıklaması	Ana Akış	Alternatif Akış	Sistem Davranışı
Şifre Unutma	Kullanıcı şifresini hatırlamıyor	Giriş yapamıyor	E-posta sıfırlama, Güvenlik soruları, Yönetici müdahalesi, Geçici profil oluşturma	"Şifre sıfırlama bağlantısı e-postanıza gönderildi"
Çoklu Başarısız Giriş	5 kez yanlış şifre	Hesap kilitleme riski	Güvenlik bekleme süresi, Güvenlik doğrulaması etkinleştirme, Alternatif doğrulama, Yönetici bildirimi	"5 başarısız deneme. 15 dakika bekleyin"
Profil Veri Kaybı	Kullanıcı ayarları silinmiş	Kişiselleştirme kayboldu	Varsayılan ayarlar yükleme, Yedek geri yükleme, Hızlı kurulum sihirbazı, Elle yeniden yapılandırma	"Ayarlarınız geri yükleniyor. Kurulum başlatılsın mı?"

Ek-B.3.8 Eğitim ve Öğrenme Hataları

FR-08 - Temel İletişim Eğitim Modülü

Hata Durumu	Senaryo Açıklaması	Ana Akış	Alternatif Akış	Sistem Davranışı
Öğrenme Materyali Yüklenmedi	Video/animasyon dosyaları eksik	Eğitim içeriği açılmıyor	Alternatif biçim sunma, Metin tabanlı eğitim, Temel resimli anlatım, İndirme yeniden denemesi	"Video yüklenemedi. Resimli anlatım gösteriliyor"
İlerleme Kaydedilmedi	Eğitim verisi kayboldu	Kullanıcı başa dönmek zorunda	Son bilinen seviyeyi bulma, Hızlı seviye testi, Elle seviye seçimi, Yedek veriden geri yükleme	"İlerlemeniz geri yükleniyor. Hangi seviyedeydiniz?"

Ek-B.3.9 Çevre Koşulu Sorunları

FR-12 - Uyarlanabilir Gürültü Filtreleme

Hata Durumu	Senaryo Açıklaması	Ana Akış	Alternatif Akış	Sistem Davranışı
Aşırı Gürültülü Ortam	Çok fazla hareket/ses	Filtreleme yetersiz kalıyor	Hassasiyet artırma, Sabit pozisyon isteme, Sessiz ortam önerisi, Alternatif modalite	"Ortam çok gürültülü. Daha sessiz bir yer bulun"
Çoklu Kişi Karmaşası	3 ve daha fazla kişi aynı anda hareket ediyor	Hedef kullanıcı belirlenemiyor	Kullanıcı seçimi isteme, "Tek kişi kalın" uyarısı, Ses tanıma ekleme, Elle hedef belirleme	"Kim konuşuyor? Lütfen tek kişi kameraya geçsin"

Ek-B.3.10 Hibrit Sistem Hataları

FR-20 - Sesli Komut Entegrasyonu ve Hibrit Etkileşim

Hata Durumu	Senaryo Açıklaması	Ana Akış	Alternatif Akış	Sistem Davranışı
TİD-Ses Çelişkisi	İşaret "EVET" ses "Hayır" diyor	Çelişkili girdi alındı	Hangisi doğru diye sorma, Baskın modalite seçimi, Tekrar etme istemi, Tek modalite kullanma	"İşaret ve ses çelişkili. Hangisi doğru: EVET mi, Hayır mı?"
Senkronizasyon Kaybı	Ses ve işaret aynı anda bitmiyor	Hibrit girdi zamanlaması bozuk	Uzun olan girdiyi bekleme, Kısmi işleme yapma, Yeniden deneme isteme, Sıralı girdi alma	"Girdi tamamlanıyor, lütfen bekleyin..."

Ek-B.3.11 Genel Sistem Hataları ve Kurtarma Mekanizmaları

Hata Kategorisi	Hata Durumu	Alternatif Akış	Sistem Davranışı
Kritik Sistem Hatası	Uygulama çökmesi	Otomatik yeniden başlatma, Güvenli mod etkinleştirme, Veri kurtarma, Hata raporu gönderme	"Sistem yeniden başlatılıyor. Verileriniz korunuyor..."
Güncelleme Hatası	Sistem güncellenemiyor	Eski sürüm kullanma, Elle güncelleme, Kritik yamalar uygulama, Güncelleme erteleme	"Güncelleme başarısız. Mevcut sürüm kullanılıyor"
Lisans Problemi	Yazılım lisansı geçersiz	Deneme modu etkinleştirme, Lisans yenileme, Temel özellikler kullanma, Destek ile iletişim	"Lisans sorunu. Temel özellikler kullanılabilir"

Ek-B.3.12 Kullanıcı Deneyimi İyileştirme Stratejileri

Hata Durumlarında Kullanıcı Rehberliği

Bu çalışmada, kullanıcı deneyimini optimize etmek amacıyla hata durumlarında açık ve anlaşılır mesajlar sunulmaktadır. Teknik terimler yerine sade açıklamalar tercih edilmekte, her hata durumu için 2-3 alternatif çözüm yolu önerilmektedir. Görsel yardım öğeleri aracılığıyla sorun giderme süreçlerinde animasyon ve resim desteği sağlanmaktadır.

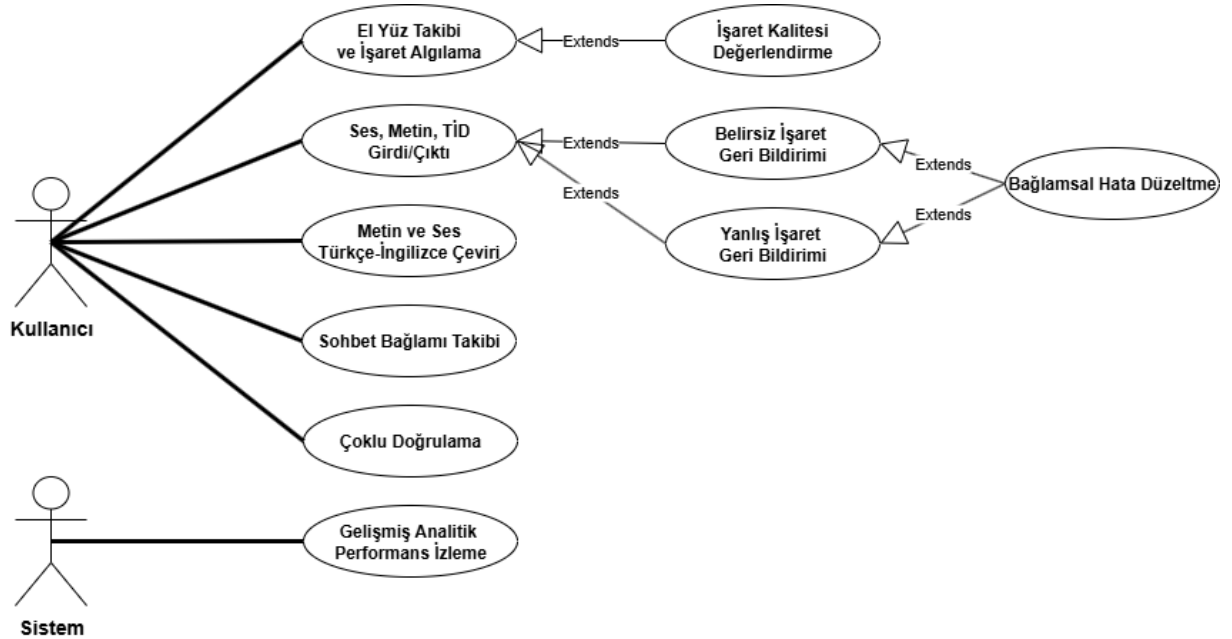
Ek-B.3.13 Proaktif Hata Önleme Mekanizmaları

Sistem, düzenli otomatik test rutinleri yürüterek kendini sürekli izlemekte ve potansiyel sorunları önceden tespit edebilmektedir. İşlemci, bellek ve ağ kullanımının sürekli takibi yapılarak erken uyarı sistemleri devreye sokulmaktadır. Kullanıcı davranış analizleri yoluyla hata yapma eğilimlerinin tespiti gerçekleştirilmekte ve öngörülü bakım mekanizmaları ile sorunlar oluşmadan müdahale edilmektedir.

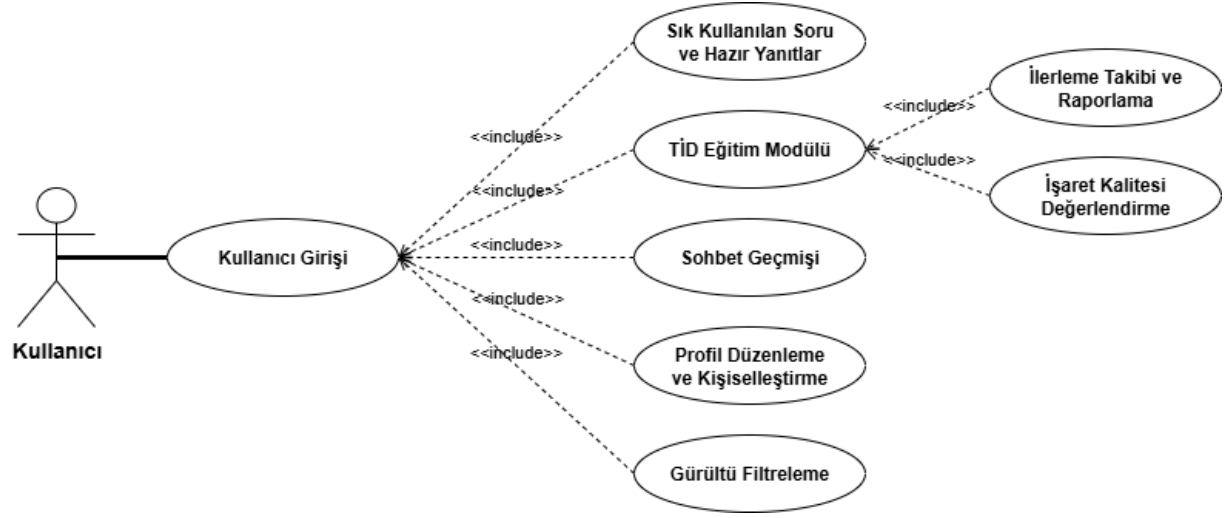
Ek-C Teknik Diyagramlar

Ek-C.1 Use-Case Diyagramları

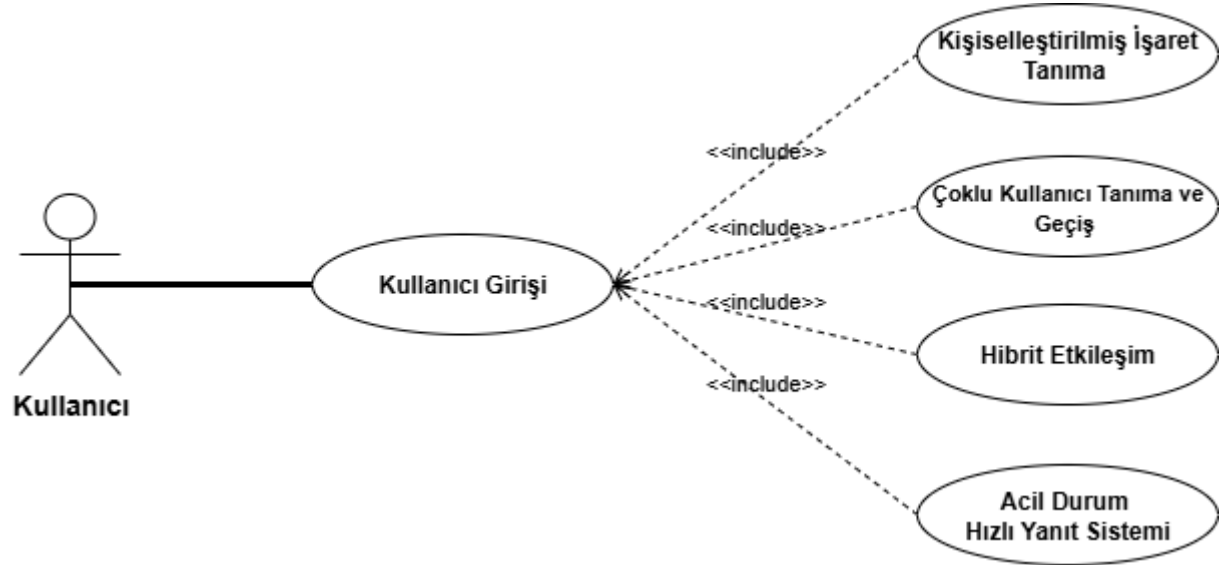
Ek-C.1.1



Ek-C.1.2



Ek-C.1.3

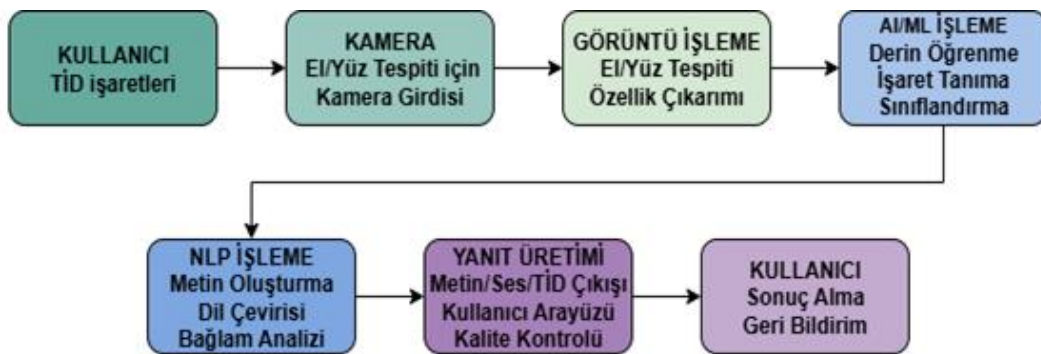


Ek-C.2 Süreç ve Veri Akış Diyagramları

Ek-C.2.1

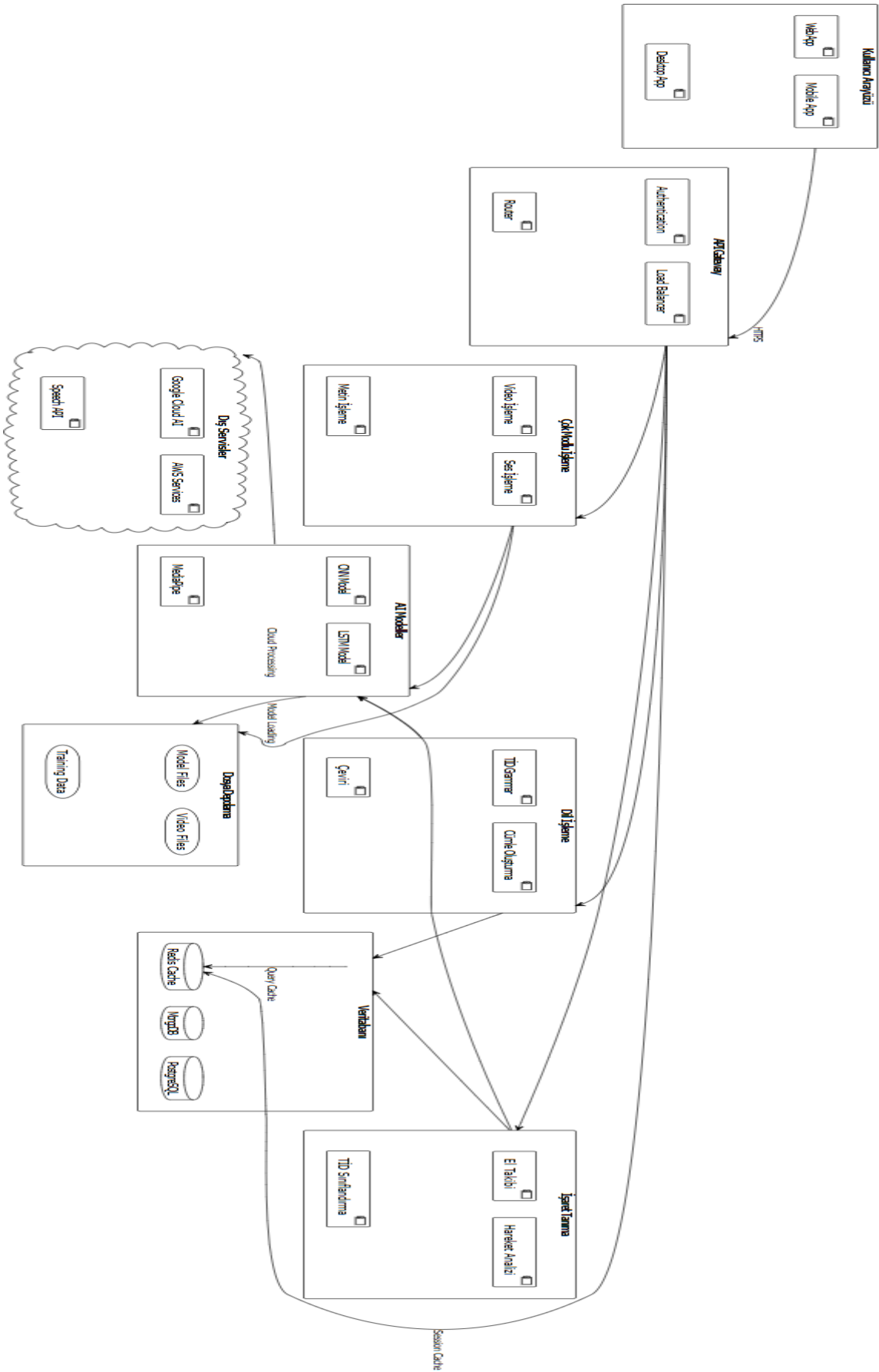


Ek-C.2.2



Kullanıcı Geri Bildirimi → Model Güncelleme → Performans İyileştirme → Geri Bildirim Akışı (Feedback Loop)

Ek-C.3 Detaylı Sistem Mimarisi



Ek-D Araştırma ve Karşılaştırma

Ek-D.1 İşaret Dili Tanıma Sistemleri

Proje Adı	Yıl	İşaret Dili	Yapay Zekâ Teknolojisi	Başarıları	Sınırlamaları
SignBERT+ (IEEE TPAMI)	2023	ASL (American Sign Language)	Self-Supervised Pre-Training + Hand Model	El modellemesi ile gelişmiş anlama, öz-öğretimli ön eğitim, veri yetersizliği problemine çözüm	Sınırlı veri kaynağı, aşırı öğrenme eğilimi, yorumlanabilirlik sorunları
Real-Time Gesture Based SLR (IEEE)	2024	ASL (American Sign Language)	MediaPipe Holistic + Deep Learning + OpenCV	Gerçek zamanlı el ve vücut poz tahmini, yüksek doğruluk oranı, Python tabanlı açık kaynak	Sadece ASL odaklı, karmaşık cümle yapıları sınırlı, tek kişi kullanımı
Deepsign (MDPI Electronics)	2022	ISL (Indian Sign Language)	LSTM + GRU + Sequential Learning	Video çerçevelerinden kelime tanıma, dört farklı sıralı kombinasyon, derin öğrenme tabanlı	İzole işaret tanıma, sürekli konuşma desteği yok, tek dil sınırlaması
E-CNN Sign Recognition (IEEE)	2021	Genel İşaret Dili	Enhanced CNN + Image Processing	El anahtar nokta kütüphanesi, görüntü işleme teknolojisi, metin çeviri desteği	Statik görüntü odaklı, dinamik hareketler sınırlı, genel amaçlı

Ek-D.2 Hibrit ve Çok Modlu Sistemler

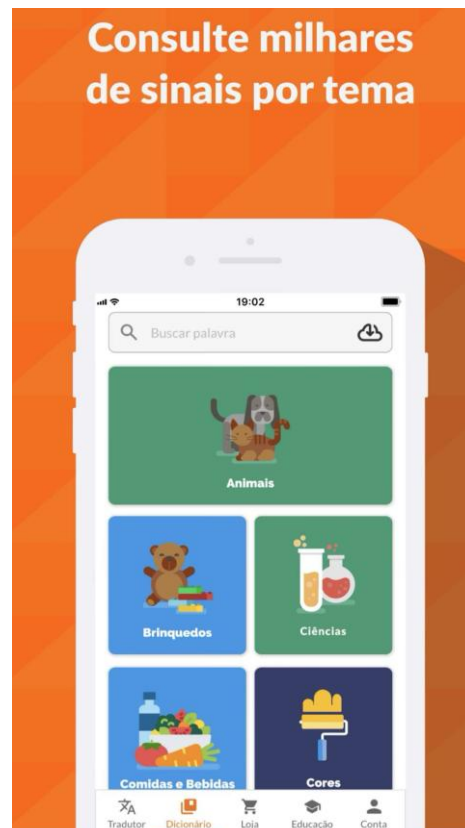
Proje Adı	Yıl	Özellik	Teknoloji Kombinasyonu	Başarıları	Sınırlamaları
Intelligent Voice Chat Bot (ResearchGate)	2009	Ses + Metin	Voice Recognition + Chat Technology	Ses tanıma ile chatbot birleşimi, teknoloji demonstratörü, web tabanlı sistem	Eski teknoloji, sınırlı ses işleme, temel seviye entegrasyon
DeafAI Virtual Assistant	2024	ASL (American Sign Language)	Computer Vision + Machine Learning + Real-time Translation	Gerçek zamanlı ses-işaret çevirisi, dijital avatar teknolojisi, işletme entegrasyonu, ticari hizmet	Sadece ASL, yüksek teknoloji gereksinimi, pahalı lisans, sınırlı yaygınlık
Multimodal Sign Language Systems (Akademik Trend)	2023-2024	İşaret + Ses + Metin	Computer Vision + NLP + Speech Processing	Çok modlu veri işleme, gelişmiş erişilebilirlik, kapsamlı iletişim desteği	Karmaşık sistem mimarisi, yüksek hesaplama gereksinimi, entegrasyon zorluğu

Ek-D.3 Mevcut Sistem Örnekleri

Ek-D.3.1 Microsoft Kinect Sign Language Translator:



Ek-D.3.2 HandTalk



Ek-D.3.3 İTÜ Türkçe-Türk İşaret Dili Çeviri Sistemi



"Okulunuzu, sınıfınızı ve çevrenizi temiz tutmak ve korumak için hangilerini yaparsınız?"

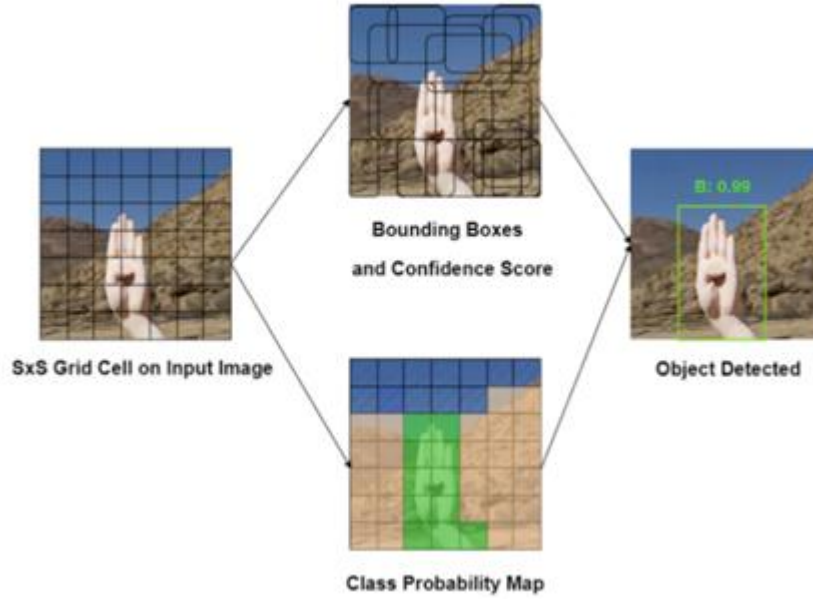


Elif size işaret dilinde "Merhaba" diyor.

Ek-D.3.4 Engelsiz Çeviri' İşaret Dili Çeviri Sistemi (TİD)



Ek-D.3.5 MediaPipe ve YOLOv8 tabanlı bir Amerikan İşaret Dili (ASL) tanıma sistemi



Ek-D.3.6 Yakın Doğu Üniversitesi İşaret Dili–Yazıya Çeviri Sistemi



Ek-E Persona Bazlı Kullanım Senaryoları ve Akışlar

Ek-E.1 Elif Yılmaz - İşitme Engelli Üniversite Öğrencisi

Kullanım Senaryosu:

"Elif, grup ödevinde arkadaşına TİD ile 'Bu kısmı ben yapabilirim' der. Sistem metne çevirerek uygulama ekranında gösterir. Arkadaşı 'Harika, teşekkürler!' yazınca sistem bunu TİD'e çevirerek Elif'e gösterir."

Giriş-İşlem-Çıktı Yapısı:

GİRİŞ:

- Elif'in TİD hareketi: "Bu kısmı ben yapabilirim"
- Kamera açık, aydınlatma uygun
- Mobil uygulama aktif

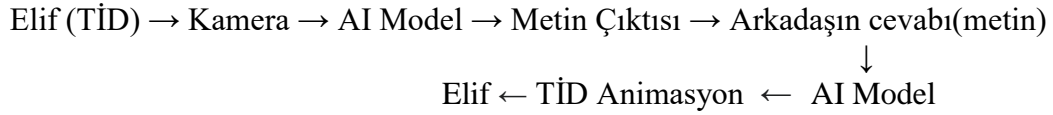
İŞLEM:

- Kamera el hareketlerini yakalar
- AI model TİD'i tanır ve analiz eder
- Doğal dil işleme ile Türkçe metne çevirir
- Arkadaşın yazılı yanıtını TİD'e çevirir

ÇIKTI:

- Metin: "Bu kısmı ben yapabilirim"
- Gelen yanıt TİD animasyonu olarak gösterim

Akış Diyagramı:



Ek-E.2 Mehmet Özkan - İlkokul Öğretmeni

Kullanım Senaryosu:

"Mehmet, işitme engelli öğrencisine TİD ile 'Matematik ödevini yaptın mı?' soruyor. Öğrenci TİD ile 'Evet, ama zorlandım' der. Sistem her iki tarafı da anlık çevirerek karşılıklı konuşmalarını sağlar."

Giriş-İşlem-Çıktı Yapısı:

GİRİŞ:

- Mehmet'in konuşması: "Matematik ödevini yaptın mı?"
- Öğrencinin TİD yanıtı: "Evet, ama zorlandım"
- Sınıf ortamı, tablet kullanımı

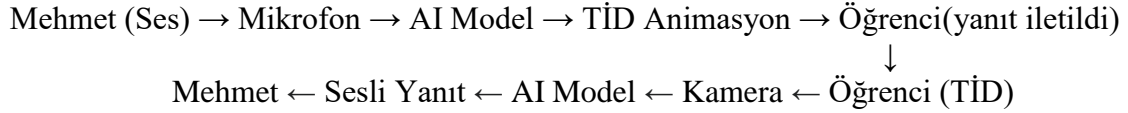
İŞLEM:

- Ses tanıma ile konuşmayı metne çevirir
- Metin TİD animasyonuna dönüştürülür
- Öğrencinin TİD'i tanınır ve metne çevrilir
- Eğitim terminolojisi sözlüğü devreye girer

ÇIKTI:

- Mehmet için: "Evet, ama zorlandım" metni
- Öğrenci için: TİD animasyonu soruyu gösterir
- İki yönlü anlık iletişim sağlanır

Akış Diyagramı:



Ek-E.3 Dr. Ayşe Demir - Acil Tıp Uzmanı

Kullanım Senaryosu:

"Dr. Ayşe, acil servise gelen işitme engelli hastaya 'Nereniz ağrıyor?' diye soruyor. Hasta TİD ile göğsünü işaret ederek 'Burada çok ağrı var' der. Sistem hemen çevirerek yazılı olarak doktora 'Göğüs ağrısı şiddetli' olarak bildirir."

Giriş-İşlem-Çıktı Yapısı:

GİRİŞ:

- Dr. Ayşe'nin konuşması: "Nereniz ağrıyor?"
- Hastanın TİD yanıtı: Göğüs işareti + "Çok ağrı var"
- Acil servis ortamı, tablet/telefon kullanımı

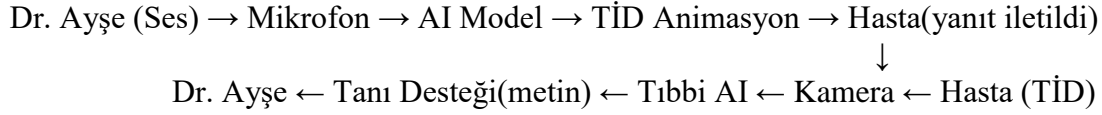
İŞLEM:

- Ses tanıma ile tıbbi soruyu TİD'e çevirir
- Hastanın TİD'i + vücut işaretleri tanınır
- Tıbbi terminoloji sözlüğü kullanılır

ÇIKTI:

- Hasta için: TİD animasyonu ile soru
- Doktor için: "Göğüs ağrısı - şiddetli" uyarısı(metin)

Akış Diyagramı:



Bu sistemde iki farklı AI kullanılmasının nedeni, AI Model'in genel ve hızlı dil çevirisi (Türkçe↔TİD) yaparken, Tıbbi AI'nin semptomları medikal terminolojiye çevirip acil durum önceliklendirmesi yapmasıdır. Bu iki katmanlı yapı sayesinde hem hızlı iletişim hem de güvenli tıbbi değerlendirme sağlanır.

Ek-E.4 Fatma Çelik - İşitme Engelli Çocuğun Babaannesi Kullanım Senaryosu:

"Zehra'nın okuma yazma bilmeyen babaannesi, torununa sesli olarak 'Canım, ne yemek istiyorsun?' diye soruyor. Sistem bunu TİD'e çevirip Zehra'ya gösteriyor. Zehra TİD ile 'Patatesli börek yapar mısın?' yanıtını verince, sistem bunu sesli olarak babaanneye iletiyor."

Giriş-İşlem-Çıktı Yapısı:

GİRİŞ:

- Babaannenin sesli konuşması: "Canım, ne yemek istiyorsun?"
- Zehra'nın TİD yanıtı: "Babaanne mantısı yap"
- Ev ortamı, telefon kullanımı

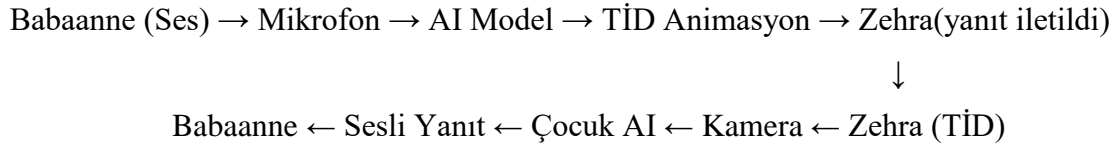
İŞLEM:

- Ses tanıma ile Türkçe konuşmayı TİD'e çevirir
- Çocuk TİD'i için özel model kullanılır
- TİD'i sesli Türkçeye çevirir
- Aile iletişimi bağlamında doğal dil kullanımı

ÇIKTI:

- Zehra için: TİD animasyonu ile soru
- Babaanne için: "Babaanne mantısı yap" sesli yanıt

Akış Diyagramı:



Bu sistemde iki farklı AI kullanılmasının nedeni, AI Model'in genel ses-TİD çevirisini yaparken, Çocuk AI'nın çocukların farklı TİD kullanım tarzlarını (daha basit işaretler, eksik gramer yapıları) tanıyıp yaşa uygun dil ile çeviri yapmasıdır. Bu özelleşmiş yapı sayesinde hem yetişkin hem de çocuk kullanıcılar için iyileştirilmiş iletişim sağlanır.

Ek-E.5 Hasan Yıldız - Belediye Memuru Kullanım Senaryosu:

"Belediyeye gelen işitme engelli vatandaş TİD ile 'İkametgâh belgesi almak istiyorum' der. Hasan sistemi kullanarak bunu anlayıp sesli olarak 'Nüfus müdürlüğüne gitmeniz gerekiyor, 2. kata çıkın' yanıtını verir. Sistem bu yanıtı TİD'e çevirerek vatandaşa gösterir."

Giriş-İşlem-Çıktı Yapısı:

GİRİŞ:

- Vatandaşın TİD hareketi: "İkametgâh belgesi almak istiyorum"
- Hasan'ın sesli yanıtı: "Nüfus müdürlüğüne gitmeniz gerekiyor, 2. kata çıkın"
- Belediye ortamı, masaüstü sistem kullanımı

İŞLEM:

- Vatandaşın TİD'i tanınır ve resmi terminolojiye çevrilir
- Hasan'ın sesli yönlendirmesi TİD'e çevrilir
- Resmi evrak terminolojisi sözlüğü kullanılır

ÇIKTI:

- Hasan için: "İkametgâh belgesi talebi" metni
- Vatandaş için: TİD animasyonu ile yönlendirme

Akış Diyagramı:

Vatandaş (TİD) → Kamera → Resmi AI → Metin → Hasan

↓

Vatandaş ← TİD Animasyon ← AI Model ← Mikrofon ← Hasan (Ses)

Bu sistemde iki farklı AI kullanılmasının nedeni, Resmi AI'nin bürokrasi ve kamu hizmetlerine özgü terminolojiyi (ikametgâh belgesi, nüfus müdürlüğü, vb.) tanıyıp doğru birime yönlendirme yaparken, AI Model'in genel dil çevirisini (ses↔TİD) yapmasıdır. Bu özelleşmiş yapı sayesinde hem kamu kurumu terminolojisi doğru anlaşılır hem de standart çeviri hizmeti sağlanır.