

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 Gereksinim Listesi
 - 4.2 Detaylı Açıklamalar
5. İŞLEVSEL OLMAYAN GEREKSİNİMLER
 - 5.1 Performans Gereksinimleri
 - 5.2 Güvenlik Gereksinimleri
 - 5.3 Kullanılabilirlik Gereksinimleri
6. TEKNOLOJİ BİLEŞENLERİ VE SİSTEM MİMARİSİ
 - 6.1 Teknoloji Yığını
 - 6.2 Sistem Mimarisi
7. EKLER VE REFERANSLAR
 - 7.1 Kullanılan Kaynaklar
 - 7.2 Kullanıcı Senaryoları
 - 7.3 Test Dokümantasyonu

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 İşaret Dili ve Linguistik Terimler

Terim	Açıklama
TİD (Türk İşaret Dili)	Türkiye'de yaşayan işitme engelli bireylerin kullandığı, görsel-uzamsal modaliteye dayalı, kendi gramer yapısına sahip doğal dil sistemi
ASL (American Sign Language)	Amerika Birleşik Devletleri ve Kanada'da kullanılan işaret dili
BSL (British Sign Language)	İngiltere'de kullanılan işaret dili
Bilateral Sensorinöral İşitme Kaybı	Her iki kulakta iç kulak veya işitme sinirindeki hasardan kaynaklanan işitme kaybı
Unilateral İşitme Kaybı	Tek kulakta meydana gelen işitme kaybı
Cross-modal Çeviri	Farklı duyuşal modaliteler (görsel, işitsel) arasında yapılan çeviri işlemi
Hibrit Etkileşim	Aynı anda birden fazla girdi modalitesinin (işaret + ses + metin) kullanılması

3.2.2 Bilgisayarla Görü ve Yapay Zeka Terimleri

Terim	Açıklama
MediaPipe	Google tarafından geliştirilen, gerçek zamanlı multimodal algı için açık kaynak framework
Hand Landmark Detection	El anatomisinin 21 kritik noktasının (parmak eklemleri, avuç içi) tespit edilmesi teknoloji
Facial Expression Recognition	Yüz kaslarındaki değişimleri analiz ederek duygusal ifadeleri tanıma teknolojisi
Gesture Tracking	El ve kol hareketlerinin 3 boyutlu uzayda takip edilmesi
3D Hareket Analizi	Uzaysal koordinatlarda hareket paternlerinin matematiksel olarak analiz edilmesi

Terim	Açıklama
Computer Vision (Bilgisayarla Görü)	Dijital görüntülerden anlamlı bilgi çıkarmak için kullanılan yapay zekâ dalı
Deep Learning (Derin Öğrenme)	Çok katmanlı sinir ağları kullanarak karmaşık veri paternlerini öğrenme yöntemi
CNN (Convolutional Neural Network)	Görüntü işleme için özelleşmiş derin öğrenme ağ mimarisi
RNN (Recurrent Neural Network)	Ardışık veri analizi için kullanılan sinir ağı türü
LSTM (Long Short-Term Memory)	Uzun vadeli bağımlılıkları öğrenebilen özel RNN türü

3.2.3 Sistem Performans ve Kalite Metrikleri

Terim	Açıklama
Accuracy (Doğruluk Oranı)	Sistemin doğru tanıma yapma yüzdesi (örnek: %95 doğruluk)
Latency (Gecikme Süresi)	Girdi alındıktan çıktı üretilene kadar geçen süre (örnek: <2 saniye)
Real-time Processing	Gerçek zamanlı işleme, anlık veri işleme kapasitesi
Frame Rate (Kare Hızı)	Saniyede işlenen görüntü karesi sayısı (örnek: 30 fps)
Resolution (Çözünürlük)	Görüntü kalitesi ölçüsü (örnek: 720p, 1080p)
Confidence Score	Sistemin tanıma işlemindeki güven seviyesi (0-1 arası)
F1 Score	Precision ve Recall değerlerinin harmonik ortalaması
Precision (Kesinlik)	Pozitif tahmin edilen örneklerin ne kadarının gerçekten pozitif olduğu
Recall (Duyarlılık)	Gerçek pozitif örneklerin ne kadarının doğru tahmin edildiği

3.2.4 Teknoloji Altyapı Terimleri

Terim	Açıklama
API (Application Programming Interface)	Farklı yazılım uygulamaları arasında veri alışverişini sağlayan arayüz
SDK (Software Development Kit)	Yazılım geliştirme için gerekli araçlar, kütüphaneler ve dokümantasyon paketi
TensorFlow	Google tarafından geliştirilen açık kaynak makine öğrenmesi platformu
OpenCV	Bilgisayarlı görü uygulamaları için açık kaynak kütüphane
WebRTC	Web tarayıcılarında gerçek zamanlı iletişim sağlayan teknoloji
REST API	Web servisleri arasında veri transferi için kullanılan mimari stil
JSON (JavaScript Object Notation)	Veri değişimi için kullanılan hafif, metin tabanlı format
WebSocket	İstemci ve sunucu arasında çift yönlü, gerçek zamanlı iletişim protokolü

3.2.5 Erişilebilirlik ve Standart Terimleri

Terim	Açıklama
WCAG 2.1	Web Content Accessibility Guidelines - web erişilebilirlik standartları
KVKK	Kişisel Verilerin Korunması Kanunu - Türkiye veri koruma mevzuatı
Text-to-Speech (TTS)	Yazılı metni sesli okumaya çeviren teknoloji
Speech-to-Text (STT)	Sesli konuşmayı yazılı metne çeviren teknoloji
Multi-modal Interface	Birden fazla girdi/çıkış modalitesini destekleyen kullanıcı arayüzü
Adaptive UI	Kullanıcı ihtiyaçlarına göre kendini ayarlayan kullanıcı arayüzü
Accessibility (Erişilebilirlik)	Engelli kullanıcılar için sistem kullanılabilirliğini artıran tasarım yaklaşımı

3.2.6 Proje ve Metodoloji Terimleri

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

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/çıkıtı 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 geçmişini".

4.3 Öğrenme ve Eğitim Gereksinimleri

FR-06: Sık Kullanılan Soru-Cevap Hazır Yanıtları

Sistem, kullanıcıların hem sistem ile hem de diğer kişilerle iletişiminde 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" tanıdığıanda 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**'da yer almaktadır.

6.1.2 Yazılım Stack Özeti

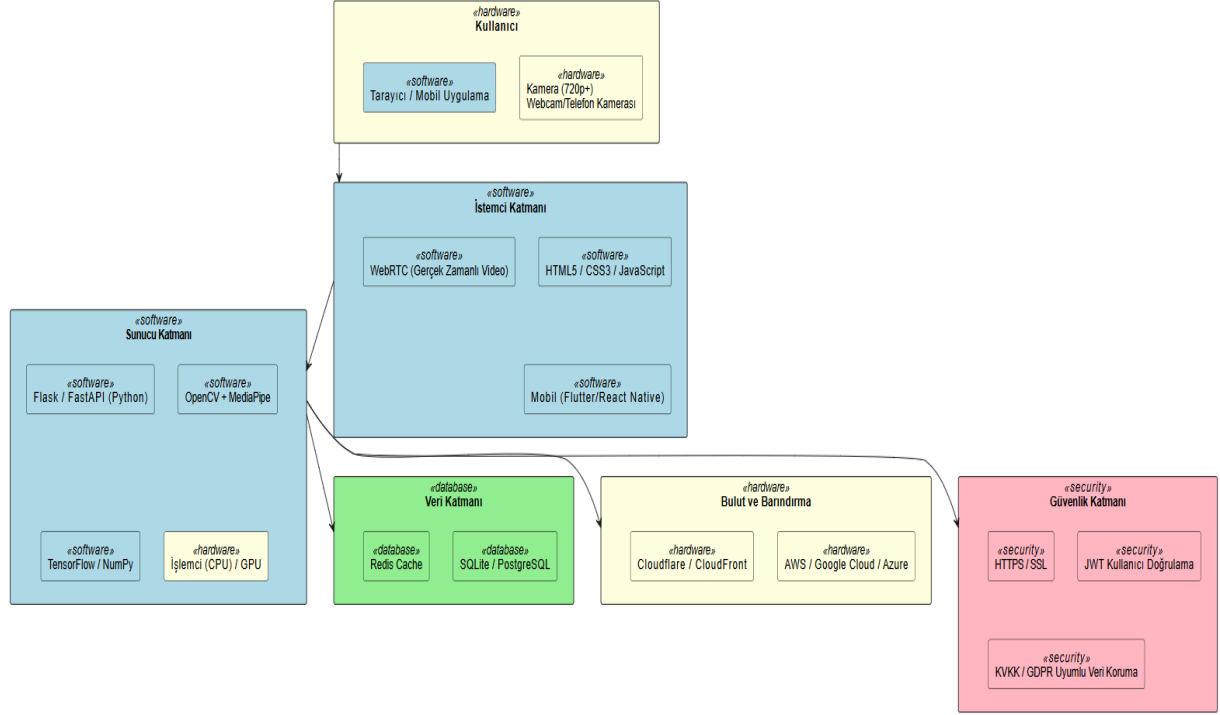
Ana yazılım bileşenleri Python, MediaPipe, OpenCV ve TensorFlow teknolojileri üzerine kuruludur. Web geliştirme için FastAPI/Flask, mobil geliştirme için React Native/Flutter kullanılmaktadır. Detaylı yazılım kütüphaneleri **Ek B**'de listelenmiştir.

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



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)