

TEKNOFEST

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

İNSANLIK YARARINA TEKNOLOJİ YARIŞMASI

PROJE DETAY RAPORU

PROJE KATEGORİSİ: Engelli Dostu

PROJE ADI: Fiziksel Engelliler için Göz Takip Yöntemi Kullanılarak İletişim ve Kontrol Sisteminin Geliştirilmesi

TAKIM ADI: Gözcüler

BAŞVURU ID: #52983

TAKIM SEVİYESİ: Lise

İçindekiler

1. Proje Özeti (Proje Tanımı)
2. Problem/Sorun
3. Çözüm
4. Yöntem
5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü
6. Uygulanabilirlik
7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması
8. Proje Fikrinin Hedef Kitle (Kullanıcılar)
9. Riskler
10. Kaynaklar

1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

Çalışmada, bedensel engelli bireylere (felç, uzuv eksiklikleri, Parkinson, ALS vb.) günlük yaşantılarında bağımsız bir şekilde belirli ihtiyaçlarını karşılama, çevresiyle iletişime geçme ve acil durum bilgisi iletme gibi olanakların sunulması ve bakımları ile ilgili kolaylık sağlanması amaçlanmıştır. Bu amaçla, Python programla dili ile hazırlanan ve Raspberry Pi üzerinde çalıştırılan görüntü işleme tabanlı göz takip yöntemi kullanılarak iletişim ve ev kontrol sistemi geliştirilmiş, ev prototipi ile uygulanabilirliği test edilmiştir. Yöntem olarak Tasarım Tabanlı Araştırma Yöntemi-Geliştirme Araştırması basamaklarından yararlanılmıştır. Sistem, Python programla dili ile geliştirilmiştir. Komutlar ana sayfa içerisinde ev kontrolü ve ihtiyaçlar şeklinde sınıflandırılmıştır. Ev kontrolü penceresinde ışık, klima, kapı ve yatak kontrolü komutları; ihtiyaçlar penceresinde yemek, su, ilaç isteme; tuvalet ihtiyacı bildirme ve teşekkür etme komutları bulunmaktadır. Hızlı ulaşım için programın tüm pencerelerinde acil durum bildirme butonu yer almaktadır. Seçilen komutlar işitsel ve görsel uyarı vererek kullanıcıyı haberdar etmektedir. Fare imleci bakılan yönde hareket ettirilir ve çift göz kırılması ile fare imlecine tıklanır. Bu sayede kullanıcılar sistem ara yüzünü bilgisayara temas etmeden kullanabilmektedir. Sistem, Raspberry Pi ile kontrolü sağlanan servo motor, LED, fan elemanlarının bulunduğu bir ev prototipi ile test edilmiştir. Yapılan denemelerin ardından sistemin gerçek hayata rahatlıkla uygulanabileceği bir tasarım sunulmuştur. Geliştirilen sistem ile ilgili uzman görüşü alınmış ardından sistem kullanıcılar tarafından test edilmiştir. Kullanım kolaylığı, kameraya olan uzaklığın işleme gerçekleştirme başarısına olan etkisi, istenen komutun gerçekleştirme süresi gibi değişkenler bakımından sistemin başarısı incelenmiştir. Yapılan denemelerin ardından sistemin, görüntü işleme tabanlı göz takibini başarılı bir şekilde yaptığı, komutları istenen sürede algılayarak gerçekleştirdiği belirlenmiş, sistemin rahat bir kullanıma sahip olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Engelsiz teknolojiler, göz takip sistemi, görüntü işleme, Python, Raspberry Pi

2. Problem/Sorun:

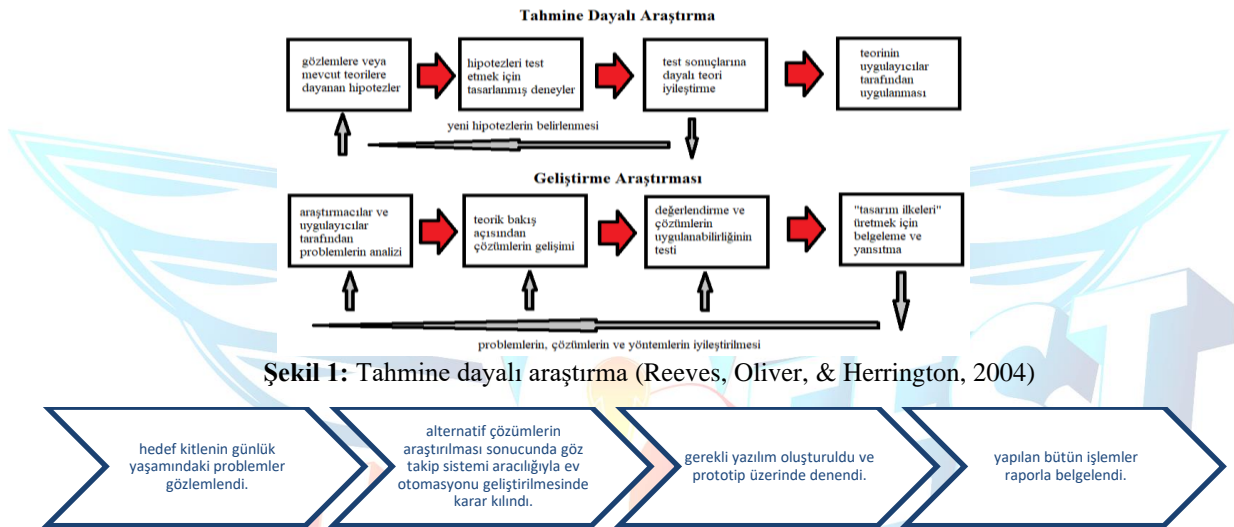
Her tür engellinin sağlıklı bir vatandaş kadar bağımsız bir şekilde yaşayabilme hakkının var olmasına rağmen bir dış yardım veya destek olmaksızın ev içerisinde birtakım eylemleri gerçekleştirememektedirler. Ayrıca bu konuda yapılan araştırmaların büyük bir miktarı engelli bireylerin fakirlik ve yoksulluk içinde yaşamlarını sürdürdüklerini bildirmektedir. Fakat onlara göre asıl zorlandıkları nokta toplumun kendilerine olan bakış açısıdır. Çoğu toplumda olduğu gibi bizim toplumumuzdaki engelli diyerek anılan bireyleri ötekileştirme durumunu azaltmak başlıca çözüm olacaktır (Koca, 2010). Bunu sağlayabilmek için de engelli bireylerin rahatlıkla topluma kaynaştırarak ve yaşamlarını daha kolay hale getirecek çeşitli desteklerin geliştirilmesi önemli bir ihtiyaçtır. Ülkemizde onlarca kurum ve kuruluş, bu konu üzerinde projeler yapmasına karşın daha tam olarak sorunun çözüldüğünden bahsedilemez (Yumuşak, 2014). Mevcut çözümler maliyet, donanımsal ihtiyaçlar ve kullanım kolaylığı konularında yetersiz kalması sebebiyle sınırlı bir kitleye ulaşabilmektedir. Geliştirilen sistemlerin geniş bir kitleye hitap edebilmesi için düşük maliyetli, kolay kullanımlı ve minimum donanımsal ihtiyaca sahip olması gerekmektedir.

3. Çözüm

Bu çalışmada, engelli bireylerin fiziksel kabiliyet kısıtlılıkları sebebiyle hayatlarının büyük bir çoğunluğunu geçirdikleri ev ortamında bağımsız yaşayamamaları ve ev içerisinde rahatlıkla iletişim kuramamalarına çözüm olarak görüntü işleme tabanlı göz takip sistemi ile ev kontrol ve iletişim sistemi getirilmiştir. Bu sistem kullanıcılara kapı, ışık, klima ve yatak kontrolü; yemek, su, ilaç isteme, tuvalet ihtiyacı bildirme ve teşekkür etme imkanı sunmaktadır. Sistem engelli bireylerin yaşadığı zorluklardan olan fiziksel çevrenin uygun düzenlenmemiş olması ve toplum ile iletişimsizliğe çözüm getirerek engelli bireyleri topluma kaynaştıracak ve yaşamlarını kolaylaştıracak destek ihtiyacını karşılamaktadır.

4. Yöntem

Çalışmada tasarım tabanlı araştırma yöntemi tercih edilmiştir. Bu yöntem; tasarım, kuram ve uygulama üçlüsünün birbirleri arasındaki etkileşimini daha ileri düzeye getirebilmek üzere geliştirilmiştir. Bu çalışmada R. C. Reeves, Ron Oliver ve Jan Herrington (2004)'ın oluşturduğu tasarım tabanlı araştırma basamakları izlenmiştir. Tercih edilen sistem iki ana başlık ve dört aşamadan oluşmaktadır: tahminsel ve gelişimsel araştırma basamakları. (Reeves, Oliver, & Herrington, 2004).



Literatür taraması yapılarak engelli bireyler için yapılan çalışmalar incelenmiştir. Engersiz bilişim platformu kurucusu aynı zamanda bilişim teknolojileri uzmanı, engelli bireyler için teknolojik destekleyici ürün geliştiren bir firma yetkilisi ve bilişim teknolojileri alanında uzman olan, engelli bireyler için bilişim çözümleri ile ilgili platformlarda çalışmalar sürdüren üç kişi ile görüşme yapılmıştır. Pandemi nedeni ile görüşme Zoom platformu üzerinden gerçekleştirilmiştir. Görüşmede engelli bireylerin ihtiyaçları, ticari boyutta geliştirilmiş teknolojik ürünler ve bu ürünlerin kullanımı sonucu yapılan geri dönütler, mevcut teknolojik sistemlerin geliştirilebilirliği için çözüm önerileri üzerinde durulmuştur. Proje konusuna karar verilmiş, yine aynı alan uzmanları ile görüşülerek proje fikrinin iyileştirilmesi konusunda görüş alınmıştır. Engellilerin hayatlarını kolaylaştıracak, onların bağımsızlığını artıracak bir göz takip sistemi ile kontrol edilebilen ev otomasyon sistemi geliştirilmesine karar verilmiştir.

4.1 Yazılım

Bu çalışmanın temelinde "Bilgisayarlı Görü" kavramı bulunmaktadır. Bilgisayar biliminin bir dalı olan bilgisayarlı görü, bilgisayarların verilen görüntü üzerinde birçok işlem yaparak uygun bir çıktı vermesini olanaklı hale getirmektedir (Postacı, 2020). Bu çalışmada da Python programlama dili aracılığı ile bilgisayarlı görü uygulanmıştır. Python programlama dili, geliştirilen kütüphaneleri ile birçok alana hitap etmesi ve geniş bir imkân yelpazesine sahip olması sebebiyle tercih edilmiştir. Bu çalışmanın temelini oluşturan görüntü işleme işlemleri için OpenCV (Open Source Computer

Vision) kütüphanesi kullanılmıştır. Opencv kütüphanesinin yanında, tanıma gibi işlemlerin gerçekleştirilebilmesi için makine öğrenmesi algoritmaları içeren Dlib kütüphanesi, ekran üzerinde fare imlecinin kontrolünün yapılabilmesi için kullanıcı girişlerini alıp taklit edebilen Mouse kütüphanesi, arayüzün tasarımında Tkinter ve Pillow kütüphaneleri, ses dosyalarının oynatılmasında Pygame kütüphanesi, kullanıcı yakınlarına e-posta yollanabilmesi için Smtplib kütüphanesi ve kullanıcının sistemi kullanıp kullanmadığının algılanabilmesi için Ctypes kütüphanesi tercih edilmiştir. Raspberry Pi kullanılarak prototip üzerindeki elemanların kontrolünde ise Rpi GPIO kütüphanesi kullanılmıştır. Geliştirilen program ilk olarak “Dlib” kütüphanesinin yüz bulma fonksiyonu ile kamerada bulunan yüzleri algılamakta, daha sonrasında da “facial mapping” yöntemi ile yüzün üzerindeki göz, ağız, kaş ve burun unsurlarını belirlemektedir (Şekil 3). Bu çalışmada, göz takibi yapılacağı için bulunan öğelerden yalnızca gözlerin konumunu veren noktalara odaklanılmıştır.

Şekil 3: “Facial mapping” şeması

İlk olarak gözün kırılıp kırılmadığının algılanması için bir fonksiyon tanımlanmıştır. Bu fonksiyon, “facial mapping” ile belirlenen noktaları kullanarak gözün en sağ ve en sol noktaları arasında yatay, üst ve altta bulunan ikişer noktanın ortasından geçen dikey bir çizgi çizmektedir. Belirtilen fonksiyon çizilen yatay çizginin dikey çizgiye oranını döndürmektedir. Göz kırıldığında yatay uzunluk aynı kalır iken dikey uzunluk azalmakta ve elde edilen oran artmaktadır. Program artışın belirli bir değer üzerine çıkmasını “Göz kırıldı.” olarak almaktadır. Gözün kırıldığı anda fare imlecinin tıklanmasının taklit edilebilmesi için ilk olarak Pynput kütüphanesi denenmiştir. Ancak çalışmanın ilerleyen basamaklarında Pynput kütüphanesinin kullanılan diğer kütüphaneler ile uygunluk göstermediği, dolayısıyla sistemin çalışmadığı görülerek “Mouse” kütüphanesi ile çalışma sürdürülmüştür.



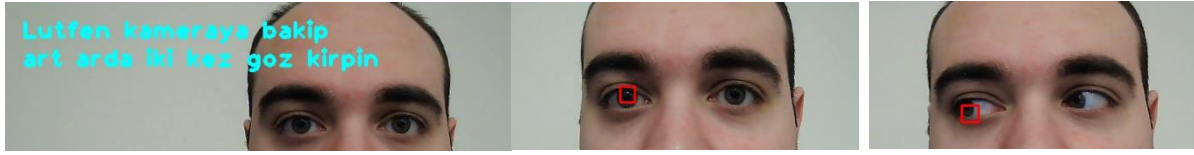
Şekil 4: a) Gözün noktalarının belirlenmesi ve çizgilerin gösterilmesi

b) Gözün kırılması durumunun belirlenmesi

c) Eşiklenmiş göz

Göz takibi basamağında üç yöntem denenmiş, yapılan denemelerin ardından kullanımı en uygun olan seçilmiştir. Denenen ilk yöntem Opencv kütüphanesi içerisindeki kontür bulma yönteminin kullanılmasıdır. Bu yöntem göz görüntüsü maske uygulanarak kamera görüntüsünden ayrılmaktadır. Elde edilen görüntü üzerinde “Median bulanıklığı”, gri ve tonlarına çevirme ile adaptif eşikleme işlemleri uygulanmaktadır. Daha sonrasında eşiklenmiş göz görüntüsü üzerinde Opencv kütüphanesinin kontür bulma fonksiyonu çalıştırılmaktadır. Bu fonksiyonun kullanılması ile bir koyuluk olan göz bebeğinin bulunabileceği düşünülmüştür ancak yapılan denemeler sonucunda bu yöntemin çevre koşullarından yüksek derecede etkilendiği gözlemlenmiştir. Ortam ışığının yetersizliği veya fazlalığı sonucunda görüntüdeki göz bebeğinin program tarafından bir bütün olarak algılanamadığı, göz üzerindeki ışık yansımalarının doğru bir tespiti engellediği ve kirpik, gölge gibi koyulukların göz bebeği ile karıştırıldığı görülmüştür. Problemin farkına varılmasının ardından farklı bir yöntem düşünülmüş, Opencv kütüphanesi içerisindeki takipçilerin kullanılması denenmiştir. Bu yöntemde kullanıcının kameraya baktığı andaki görüntüde gözünün orta noktası takipçiye verilmiştir. Ancak yapılan denemelerin ardından takipçilerin ortalama renk değerlerine

göre takip işlemi yapmasından kaynaklı olarak belirlenen noktanın değişkenlik gösterdiği gözlemlenmiştir.



Şekil 5: a) Göz bebeği ayarlama ekranı

b) Göz takibinin yapılması

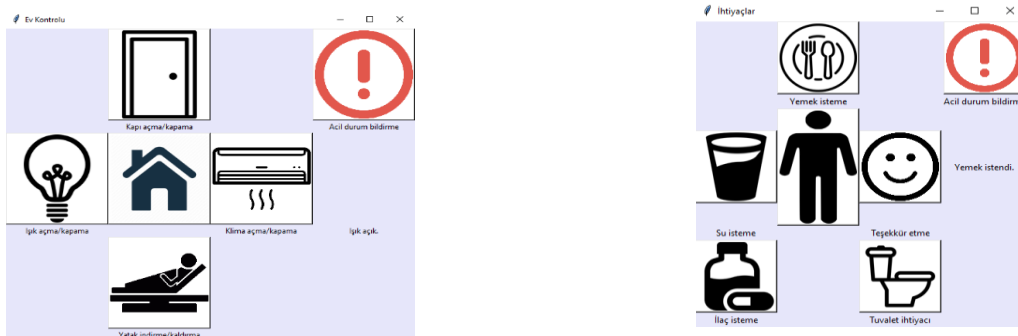
Takipçilerin doğruluğunun düşük olduğunun görülmesinin ardından bir başka yöntem denenmiştir. Bu yöntemde gözün görüntüsü “facial mapping” kullanılarak alınan noktalar ile ana görüntüden maske uygulanarak çıkarılmaktadır. Daha sonrasında yalnızca gözün bulunduğu görüntü üzerinde “median bulanklığı”, gri ve tonlarına çevirme ile adaptif eşiklenme işlemleri gerçekleştirilmektedir. Elde edilen görüntü, sağ ve sol olmak üzere iki eş parçaya bölünerek beyaz piksel miktarı alınmakta, bu miktardaki değişim değerlendirilerek gözün baktığı yön belirlenmektedir. Sağ yarıdaki beyaz miktarı belirli bir miktar üzerinde olduğu sürece sola bakılıyor, sol yarıdaki beyaz miktarı belirli bir miktar üzerinde olduğu sürece sağa bakılıyor olarak alınmaktadır. Bu durum kullanılarak sağ bakılıyorsa fare imlecinin sağa, sola bakılıyorsa fare imlecinin sola hareket etmesi sağlanmıştır. Bu yöntem yukarı ve aşağı bakma durumları için de denenmiş ancak yeterince sağlıklı sonuçlar alınamamıştır. Bunun üzerine fare imlecinin yalnızca yatayda hareket etmesi kararlaştırılmıştır.

4.2. Arayüz

Arayüz tasarımında Tkinter ve Pillow kütüphaneleri kullanılmıştır. Programda yer alacak komutlar kapı, klima, ışık açma/kapama, yatak indirme/kaldırma; ilaç, su, yemek isteme, tuvalet ihtiyacı bildirme, teşekkür etme ve acil durum bildirme olarak kararlaştırılmıştır. Bu komutlar “ev kontrolü” ve “ihtiyaçlar” olmak üzere iki kategoriye ayrılmış, acil durum bildirme komutu ise hızlı ulaşım için tüm program pencerelerine yerleştirilmiştir. Kullanıcının iki kategori arasında seçim yapabileceği bir ana sayfa oluşturulmuştur (Şekil 9). Seçilen komutlar sesli ve görsel uyarı vererek kullanıcıyı haberdar etmektedir. İhtiyaçlar kategorisindeki komutlar için sesli uyarı kullanıcının yakınına hitap edecek şekilde hazırlanmıştır. Arayüzün ilk tasarımında gözün baktığı yerin kullanılacağı varsayılarak dairesel bir tasarımın kullanımının daha rahat olacağı düşünülmüş ve kategorilerin pencerelerinde komutlar bu şekilde yerleştirilmiştir (Şekil 10).



Şekil 9: Ana sayfa tasarımı



Şekil 10: a) Ev kontrolü penceresi

b) İhtiyaç bildirme penceresi

Gözün yatayda baktığı yönün kullanılmasına karar verilmesinin ardından arayüz tasarımı yatay fare hareketine uygun olarak yeniden düzenlenmiştir.

Geliştirme sürecinin devamında sistemdeki komut sayısı arttırılmıştır. Ev kontrolü kategorisine pencere açma/kapama komudu, ihtiyaçlar kategorisine seslenme komudu eklenmiştir. Komut sayısının artmasının ardından butonların birbirine yaklaşması kullanıcıya zorluk yaratabileceğinden komutlar iki sıra halinde yeniden düzenlenmiş, iki sıra arasında geçişi sağlayabilmek için bir adet yukarı/aşağı butonu eklenmiştir. Eklenen yukarı/aşağı butonu “Toggle buton” olarak çalışmakta, fare imlecini yukarıda ise aşağıya, aşağıda ise yukarıya hareket ettirmektedir. Fare imlecinin hareketi, fare imlecin komutlar ile aynı hizaya gelmesi şeklinde gerçekleştirilmektedir. Bu hareket için buton yerine belirli bir süre göz kırpmasının kullanılması denenmiştir. Ancak bu yol için eklenen döngünün programın çalışma hızını düşürdüğü gözlemlenmiş ve butonun kullanılması kararlaştırılmıştır.



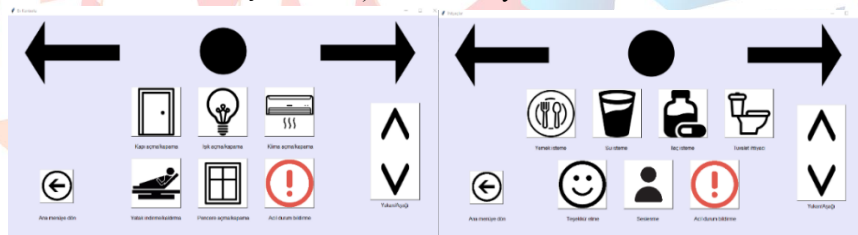
Şekil 11: a) Yeni ev kontrol penceresi tasarımı

b) Yeni ihtiyaçlar penceresi tasarımı

Kullanıcının komut penceresinden ana sayfaya dönmek istediğinde kullanabileceği bir geri dön butonu ev kontrolü ve ihtiyaçlar penceresine eklenmiştir. Ayrıca yapılan denemelerde kullanıcıların nereye bakmaları gerektiği konusunda sıkıntı yaşadıkları görülmüştür. Bu sorunu çözmek için arayüzün tüm pencerelerine fare imlecini hareket ettirmek için nereye bakmaları gerektiğini gösteren yön okları ve fare imlecini durdurmak için bakmaları gereken noktayı gösteren bir adet daire yerleştirilmiştir. Bu yeniliklere ek olarak arayüz pencereleri tam ekran olacak hale getirilmiştir (Şekil 13).



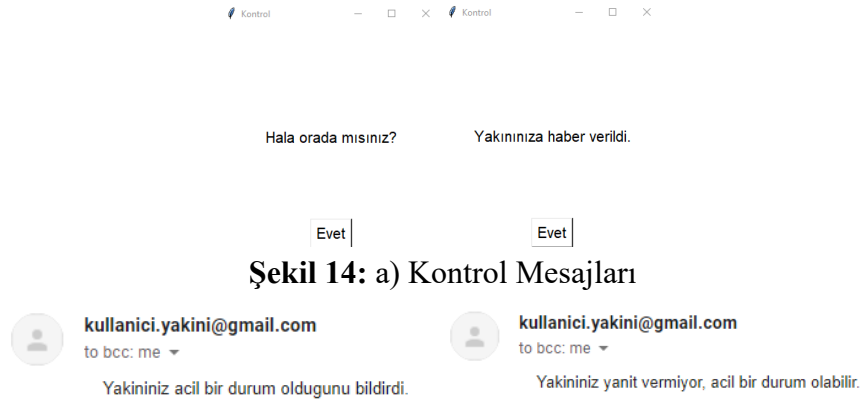
Şekil 13: a) Yeni ana sayfa tasarımı



Şekil 13: b) Yeni ev kontrol penceresi tasarımı b) Yeni ihtiyaçlar penceresi tasarımı

Yeni arayüz tasarımında fare hareketinin arttırılmasının kullanıcıya menülee arasında geçişte zorluk çıkarabileceği göz önünde bulundurulmuştur. Bu konudaki olası sıkıntıları gidermek fare imleci kullanıcı ana sayfada iken komutları ile aynı hizaya denk gelecek şekilde, komut pencerelerinde ise üst sıradaki komutlara denk gelecek şekilde otomatik olarak konumlandırılmaktadır. Arayüzün güncel tasarımına ulaşılmasının ardından acil durum bildirme sisteminin geliştirilmesi üzerine çalışılmıştır. Haber verilecek yakınının o sırada kullanıcı ile aynı mekanda olmaması olasılığı düşünülerek e-posta üzerinden haber verme özelliği sisteme eklenmiştir. Bu özelliğin eklenmesi ile acil durum bildirme butonuna basılması, sisteme girilen e-posta adresine “Yakınınız acil bir durum olduğunu bildirdi.” Yazılı bir e-posta yollamaktadır. Ayrıca kullanıcının durumunun, sistemden butonu erişemeyecek kadar ciddi olabileceği düşünülerek sistemin belirli bir süre kullanılmaması durumunda kullanıcıya orada olup olmadığını soran bir mesaj çıkarılmaktadır. Eğer kullanıcı bu mesaj üzerindeki butona belirli bir süre içerisinde basmaz

ise yakınına “Yakınınız yanıt vermiyor, acil bir durum olabilir.” Yazılı bir e-posta yollanmaktadır. Yakınına haber verildiğini bildiren bir yazı kullanıcıya gösterilmektedir. Eğer kullanıcı acil bir durum yaşamıyor ise kontrol mesajındaki butona daha kolay basabilmesi için fare imleci otomatik olarak butonun üzerine getirilmektedir (Şekil 14).



Şekil 14: a) Kontrol Mesajları

Şekil 14: b) Kullanıcı yakınına yollanan e-postalar

Sistemin daha kolay ulaşım sağlanan bir haberleşme yolu olan mesajlaşma üzerinden kullanıcı yakınına haberdar etmesi üzerindeki çalışmalar sürdürülmektedir.

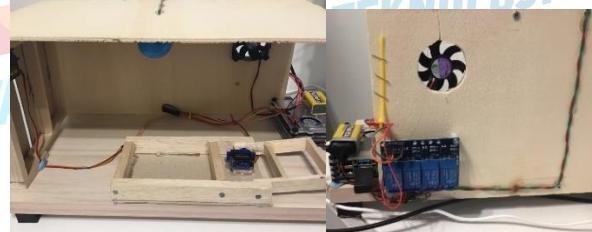
4.3. Prototip

Çalışmada kullanılacak prototip ilk olarak Tinkercad programı üzerine 3 boyutlu olarak tasarlanmıştır. 3B model üzerinde tasarımın kararlaştırılmasının ardından kullanılacak devre elemanlarının şeması Fritzing programı üzerinden çizilmiştir (Şekil 15). Planlama aşamasının ardından ilk prototip geliştirilmiştir. Geliştirilen prototip içerisinde yatak, kapı, ışık ve klimayı temsil eden bir adet fan bulundurmaktadır. Işık ve fan elemanları Relay modül röle kullanılarak Raspberry Pi'ya bağlanmıştır. Kapı ve yatak kontrolünde kullanılan SG90 servo motorlar ise artı uçları birleştirilerek Raspberry Pi'ya bağlanmıştır (Şekil 16).



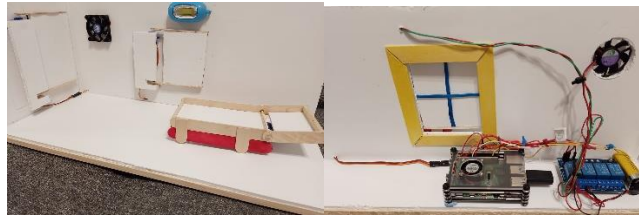
Şekil 15: a-b) 3B Ev Modeli

c) Devre şeması



Şekil 16: Geliştirilen Prototip

Pencere kontrolünün sisteme eklenmesinin ardından prototip tasarımı güncellenmiş, güncel tasarım kullanılarak ikinci bir prototip oluşturulmuştur. Yeni yapılan prototip içerisinde yatak, kapı, ışık, pencere ve klimayı temsil eden bir adet fan bulundurmaktadır. Önceki prototipte yer alan elemanların bağlantısı aynı bırakılmış, pencere kontrolünde kullanılan servo motor da yatak ve kapı da olduğu gibi Raspberry Pi'ya bağlanmıştır (Şekil 17).



Şekil 17: Güncel prototip

4.4. Denemeler

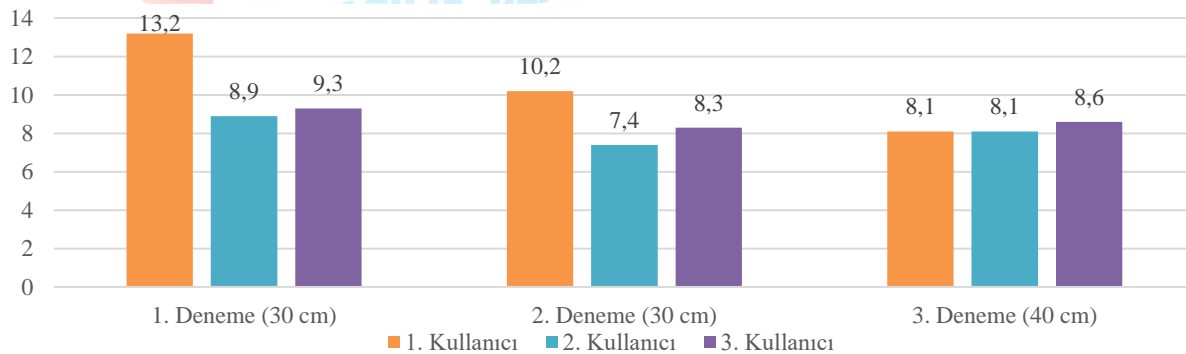
Sistem, güncel halinden bir önceki aşamada geliştirilen ilk prototip kullanılarak 3 kullanıcı ile test edilmiştir. Yapılan denemelerde komutların gerçekleştirilme süresi, komut bir şekilde komutların gerçekleştirilip gerçekleştirilemediği ve kameraya uzaklığın sistemin performansına etkisi incelenmiştir. Proje detay raporu şartlarında belirtilen sayfa sınırı üzerine sadece bir deneye ait tablo verileri verilmiştir.

Tablo 1: Yapılan deneme verileri

		İşlem												Toplam İşlem Süresi	
		Ev kontrolü	Acil Durum	İhtiyaçlar	Işık	Kapı	Yatak	Klima	Yemek	Su	Tuvalet	İlaç	Teşekkür		
1. kişi	Deneme 1 – 30 cm	Başarı	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
		Süre (s)	6.3	6	13.8	9.7	5.3	22.1	17.8	10.3	17.9	21.8	14.6	12.4	Toplam: 158s Ort: 13.2s
	Deneme 2 – 30 cm	Başarı	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
		Süre (s)	2.8	4.2	5.1	6.3	7.7	20.1	16.2	11.8	12.4	10.6	15.6	9.8	Toplam süre: 122.6 s Ortalama: 10.2 s
	Deneme 3 – 40 cm	Başarı	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
		Süre (s)	6.8	6.7	6.9	9.8	4.5	9.6	6.4	10.2	9.9	7.8	10.3	8.1	Toplam: 97s Ort: 8.1s
	Deneme 4 – 50 cm	Başarı	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
		Süre (s)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Toplam süre: - Ortalama: -

Tablo 1’de gösterilen veriler incelendiğinde kullanıcının kullanma hızının her bir denemede arttığı görülmektedir. Kullanım mesafesi olarak ise, kullanıcılar 40 santimetrelilik kurulumda fare imlecini daha rahat hareket ettirdiklerini bildirmişlerdir. Yani sistemin en iyi 40 santimetrede çalıştığı, 50 santimetre gibi daha uzak mesafelerde ise sağlıklı sonuçlar vermediği söylenebilir.

Tablo 2: Yapılan denemeler arası ortalama verileri



Sistemin güncel halinin kullanıcılar ile test edilmesi ve hedef kitleden bireylerin sistemi deneyerek görüşlerinin alınması üzerindeki çalışmalar devam etmektedir.

5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

Literatürde fazlasıyla göz takibi veya görüntü işleme tabanlı programlar kullanılarak geliştirilen yazılımlar bulunmaktadır. Ancak bu çalışmada geliştirilen program göz hareketinin sadece yönünü

belirlediğinden, benzer gayelere sahip diğer çalışmalardan farklı olarak özellikle ışık gibi ortam koşullarından daha az etkilenecek çalışabilmektedir. Ayrıca programın işlem sayısı azdır, programı çalıştırmak fazla efor kaybına sebep olmaz. Bu nedenle 15% işlemci kullanımı ile her türlü donanımda rahatlıkla çalıştırılabilmektedir. Aynı zamanda hassas işlemler uygulanmadığı için düşük maliyetli bir bilgisayar kamerası kullanılarak da sistem çalıştırılabilmekte, performansta bir kayıp yaşanmamaktadır. Engelli bireyler için sunulan akıllı ev sistemleri mevcut olsa da geliştirilen sistem hem kullanıcı tarafından bildirilen hem de sistemi uzun süre kullanmaz ise olduğu varsayılan bir acil durum anında yakınına uzaktan haber verebilmektedir. Ayrıca geliştirilen sistemin ev kontrolü, iletişim ve acil durum bildirme özelliklerini tek bir programda toplaması, kullanıcının bağımsızlığını daha da arttırmakta ve kullanım kolaylığı sağlamaktadır.

6. Uygulanabilirlik

Geliştirilen sistemin gerçek hayata uygulanabilirliği ev prototipi üzerinde test edilmiştir. Yapılan denemelerin ardından sistemin ev prototipi üzerinde başarılı bir şekilde çalıştığı görülmüştür. Ayrıca yapılan denemeler sistemin IOT gibi uygulamalar ile gerçek bir ev üzerinde uygulanabilir olduğunu göstermektedir. Günümüzde yaygınlaşan akıllı evler her kesime hitap etmektedir, bu akıllı ev otomasyonlarına en çok ihtiyaç duyan kesimi de engelli bireyler oluşturmaktadır. Geliştirilen sistem de engelli bireylerin ihtiyaçlarını karşılayabilecek niteliğe sahip olup akıllı ev otomasyonu şeklinde piyasaya sürülebileceği öngörülmektedir.

7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

Tablo 2: Kullanılan elektronik bileşenler ve maliyetleri

Ürün	Adet	Maliyet
Raspberry Pi 4 Model B	1	742,22 TL
MG90S Metal Dişli 180° Derece Servo Motor	3	33,04 TL
Relay Modül Röle	1	23,01 TL
Toplam	5	864,35 TL



Şekil 18: Proje zaman planlaması

8. Proje Fikrinin Hedef Kitle (Kullanıcılar):

Fiziksel yetersizlikler asırlar boyu insanların yaşamlarını olumsuz yönde etkilemiş ve çeşitli zorluklarla karşılaşmalarına neden olmuştur. Psikolojik ve fiziksel zorluklarla her gün mücadele etmek durumunda kalan engelli nüfusunun sayısı azımsanmayacak kadar geniştir. Engellilik “özel öğrenme, dil-konuşma güçlüğü; zihinsel, işitme, görme, bedensel yetersizliği; dikkat eksikliği; hiperaktivite (DEHB), yaygın gelişimsel bozukluk; süregen hastalık ve ortopedik yetersizlik; üstün ve özel yetenek şeklinde farklı gruplara ayrılmaktadır (Bilgin, 2015). OECD-AB ve Türkiye verilerine göre 7, 78 dünya nüfusunun 1.559.222’sini (%15) engelliler oluşturmaktadır (Engelsiz Yaşam Derneği, 2018).

Pandemi sebebiyle geliştirilen sistem hedef kitleden olan bireyler ile denenememiştir ancak ilerleyen süreçte denemesi, bireylerin fikrinin alınarak sistemin iyileştirilmesi planlanmaktadır. Denemelere katılacak kullanıcı grubu oluşturulmaya devam etmektedir ve kişi sayısı belirli değildir. Ancak projenin, hedef kitleden gelen kullanıcılar ile deneneceği kesin hedefler arasındadır. Yapılan denemelerde komutların gerçekleştirilme süreleri, kullanıcıların kullanım süreleri ve kullanıcının kameraya olan mesafesinin program performansında olan etkisi incelenecektir. Ayrıca kullanıcıların deneme ardından belirttikleri görüşler, iyileştirme çalışmalarında göz önünde bulundurulacaktır.

9. Riskler

		Etki		
		Yüksek	Orta	Düşük
Olasılık	Yüksek	Uygulama şartlarında ışık sorunu yaşanması (1)		
	Orta	Uygulama şartları sebebiyle kamera çözünürlüğünün yetersiz kalması (2)	Kullanıcının kullanımda zorluk yaşaması (4)	
	Düşük	Fare imleci hareketinin uyum sağlayamaması (3)	E-posta yollanmasında sıkıntı yaşanması (5)	

- (1) Kamera yanına aydınlatma LED'leri eklenir veya kızılötesi kamera kullanılarak ortam ışığının etkisi azaltılır.
- (2) Çözünürlüğü daha yüksek bir kamera ile denemeler yapılacaktır.
- (3) Yalnızca bakılan noktayı tespit etmeye yönelik farklı bir yöntem denenir.
- (4) Arayüz üzerindeki açıklamalar artırılır, kullanıcının pratik yapabileceği bir pencere eklenir.
- (5) E-postanın yollanmasında farklı bir kütüphane denenir.

10. Kaynaklar

- Bilgin, N. (2015, Haziran 29). *Özel Eğitim ve Engel Türleri*. Ocak 17, 2021 tarihinde Özel Bursa Hayat Özel Eğitim ve Rehabilitasyon Merkezi: <http://hayatozelegitim.com.tr/V2/ozel-egitim-ve-engel-turleri> adresinden alındı
- Çamoğlu, D. (2015). *Hobi Elektronik*. İstanbul: Dikeyksen Yayın Dağıtım.
- Dönmez, M. (2020). *Design and Development of a Game Based Eye Training Program for Children with Low Vision*.
- Engelsiz Yaşam Derneği. (2018, Mart 5). *Sayılarla Dünya'da ve Türkiye'de Engellilik*. Ocak 17, 2021 tarihinde Engelsiz Yaşam Derneği (EyDer): <https://ey-der.com/ana-sayfa/turkiye-ve-dunyada-engelliler/> adresinden alındı
- Koca, C. (2010). *Engelsiz Şehir Planlaması Bilgilendirme Raporu*. İstanbul. https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/9259/mod_resource/content/0/engelsiz%C5%9Fehirplanlama%20raporu.pdf adresinden alındı
- Kuzu, A., Çankaya, S., & Mısırlı, Z. A. (2011, Temmuz). Tasarım Tabanlı Araştırma ve Öğrenme Ortamlarının Tasarımı ve Geliştirilmesinde Kullanımı. *Anadolu Journal of Educational Sciences International*. Ocak 19, 2021 tarihinde alındı
- MG90S. (2018, 12 12). 12 12, 2018 tarihinde .towerpro.com.tw: www.towerpro.com.tw/product/mg90s-3/ adresinden alındı
- Reeves, T. C., Oliver, R., & Herrington, J. (2004). *A Development Research Agenda for Online Collaborative Learning*. Georgia. Ocak 27, 2021 tarihinde [file:///C:/Users/User/Downloads/download%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/download%20(2).pdf) adresinden alındı
- Yumuşak, M. (2014). *Engelli Bireylerin ve Ailelerinin Toplumsal Hayatta Yaşadıkları Zorluklar Araştırma Raporu*. Şanlıurfa. [file:///C:/Users/User/Downloads/Engelli%20Bireylerin%20ve%20Ailelerinin%20Toplumsal%20Hayatta%20Yaşadıkları%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/Engelli%20Bireylerin%20ve%20Ailelerinin%20Toplumsal%20Hayatta%20Yaşadıkları%20(3).pdf) adresinden alındı