

TEKNOFEST

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

İNSANLIK YARARINA TEKNOLOJİ YARIŞMASI PROJE DETAY RAPORU

PROJE KATEGORİSİ: Engelli Dostu

PROJE ADI: Üç Boyutlu Yazıcı Kalem Sisteminin Görme Engelli Bireyler İçin Eğitim Materyali Olarak Tasarlanıp Prototipinin Üretilmesi

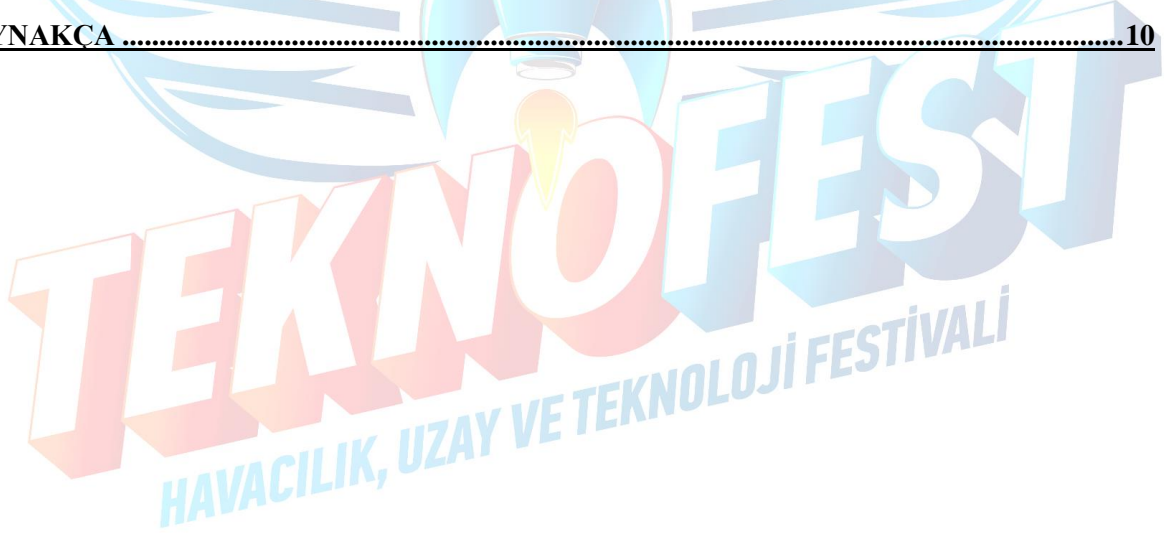
TAKIM ADI: MATE-TECH

Başvuru ID: #69373

TAKIM SEVİYESİ: Lise

İçindekiler

PROJE ÖZETİ (PROJE TANIMI)	3
PROBLEM/SORUN.....	3
ÇÖZÜM.....	4
YÖNTEM	6
YENİLİKÇİ (İNOVATİF YÖNÜ).....	8
UYGULANABİLİRLİK	8
TAHMİNİ MALİYET VE PROJE ZAMAN PLANLAMASI	9
PROJE FİKRİNİN HEDEF KİTLESİ (KULLANICILAR).....	10
RİSKLER.....	10
KAYNAKÇA	10

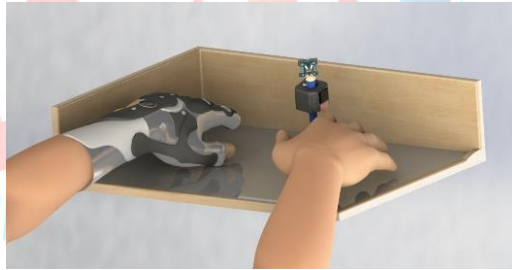


1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

Bu çalışmada görme engelli bireylerin eğitim yaşamında karşılaştıkları sıkıntıları ortadan kaldırmak ve daha nitelikli bir eğitim almalarını sağlamak amacıyla yeni bir eğitim materyali tasarlanmış ve prototipi üretilmiştir. Projede görme engelli bireylerin dokunsal ve işitsel duyularını öğrenme sürecine dahil edecek, özel teknolojik donatılara sahip bir eğitim materyali üzerinde çalışılmıştır.

Görme engelli bireyler için geliştirilen eğitim materyalleri incelendiğinde, yazıların Braille alfabesi ile yazılabildiği ancak şekillerin ve matematiksel ifadelerin iki boyutlu düzlem üzerinde gösteriminin yetersiz kaldığı görülmüştür. Çalışmada günümüzde giderek yaygınlaşan üç boyutlu yazıcı teknolojilerinden esinlenilmiş ve bu teknolojinin görme engelli bireyler için optimize edilmesi hedeflenmiştir. Yapılan sistem ile görme engelli bireyler üç boyutlu yazıcı kalem sistemi, akıllı asistan eldiven ve kalem için özel olarak tasarlanmış yazma düzlemi ile anlık olarak iki boyutlu düzlem üzerinde kabartmalı olarak yazı yazabilme, kompleks şekilleri çizibilme ve resim yapabilme yeteneklerine ve ardından ortaya koymuş olduklarını tekrar okuyabilme, anlayabilme yeteneğine sahip olacaklardır. Tasarımı yapılan sistemin piyasada bulunan diğer eğitim materyallerinden farklı en önemli özelliği görme engelli bireylere şekil çizibilmeyi öğretebilmesi ve çizilen şekilleri algılayabilme imkânı sağlamasıdır. Kalem üzerindeki elektronik devrede bulunan ultrasonik sensörler düzlem üzerindeki kalemin konumunu tespit eder. Eldivende bulunan titreşim motorları kullanıcıyı çizmeyi istediği şekil için sistemin oluşturduğu rotada dokunsal uyarılarla yönlendirir ve kullanılan filamentin rengini sesli olarak kullanıcıya bildirir. Sistemin tüm yapıtaşları SolidWorks uygulamasında tasarlanmış, yazılım ise Arduino IDE programı ile yazılmıştır.

Bu sistem öğretmenlere görme engelli bireyler için eğitim dokümanları hazırlama konusunda destek sağlayacaktır. Geliştirilen eğitim materyalinin kullanımıyla düzenli eğitimlerle görme engelli bireyler tasarım yapabilme kabiliyetine sahip olabilirler.



Şekil 1: Projemiz sonucunda oluşturmayı planladığımız kullanımın bir illüstrasyonu.

2. Problem/Sorun:

2020 yılı görme engellilerin küresel verilerini içeren, ARVO (Association for Research in Vision and Ophthalmology) tarafından yayınlanan bir rapora göre Dünya 'da 49 milyon insan tamamen görme kaybına uğramıştır.^[1]

Araştırmalar, görme engelli bireylerin iki konumun arasındaki ani yükseklik ve eğim artışından yola çıkarak şekilleri ve bu şekillerin x ve y doğrultusuna yerleştirerek konumları algılayabildiklerini göstermektedir.^[2] Bu nedenle görme engelliler için oluşturulan eğitim müfredatları özellikle dokunsal ve işitsel duyuları merkeze alarak geliştirilmiştir.

a. İki Boyutlu Şekillerin Algılanamaması:

Yapılan literatür taraması sonucunda görme engelli bireylerin günümüz eğitim hayatında en fazla yaşadığı eksikliğin iki boyutlu cisimlerin algılanamaması olduğu görülmüştür. Bilgi çağında bilginin daha çok iki boyutlu eğitim materyalleriyle aktarılıyor olması görme engelli bireyleri olumsuz etkilemektedir. Bu durum gerek eğitim hayatlarında gerekse tasarımlar üretmekte zorlanmalarına sebep olmaktadır.

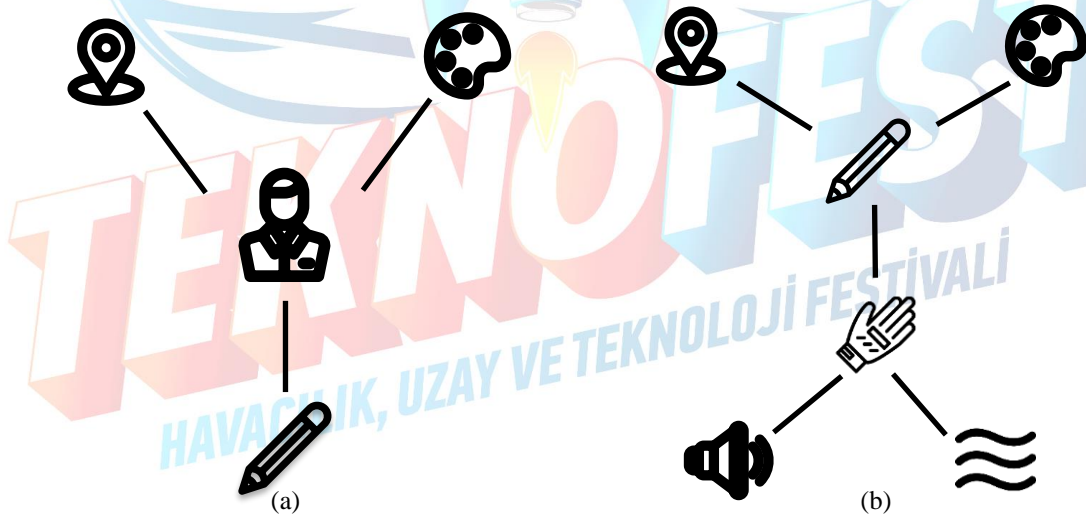
b. Braille Alfabesinin Yetersiz Olması:

Görme engelli bireylerin erişim sağlayabildikleri Braille alfabesi her ne kadar bilgiyi aktarma yolunda etkili olsa da bu alfabeyle erişim her yerde mümkün değildir. Braille alfabesi sınırlı sayıda karakter içermesinden ötürü uluslararası bir nitelik taşımamaktadır. Kabartmalı bir yazı olan bu alfabenin kullanımı ile yazı yazmak oldukça maliyetlidir ve özel klavyeler gerekmektedir.

c. Üretkenliğin Kısıtlanması:

Her ne kadar görme engelli bireyleri topluma kazandırmak ve eğitim hayatlarında yaşadıkları sorunları azaltmak adına pek çok eğitim materyali geliştirilmiş olsa da bu materyaller pahalı ve yetersizdir. Ayrıca geliştirilen materyaller arasında ölçüm araç gereci kullanmadan çizim yapmayı sağlayan bir ürüne rastlanmamıştır.

Öte yandan yapılan araştırmalarla birlikte görme engelli bireylerin yanı sıra, "otizm" hastalarının da eğitim materyali olarak üç boyutlu cisimleri kullandıkları görülmüştür. Otizm hastalığına sahip bireyler odaklanmak konusunda sıkıntı çekmektedirler ve onları hayata kazandırmak için dikkatlerini toplayabilecekleri pek çok interaktif eğitim materyali ortaya konulmuştur.^[3]



Diyagram 1: (a) Sağlıklı birey renk ve konum verilerini direkt olarak algılayabilir ve bu doğrultuda çıktılar üretebilir. Diyagram (b) de gösterildiği üzere bu projede geliştirilen sistem, normalde renk ve konum verilerini algılayamayan görme engellilerin bu verileri işitsel ve dokunsal uyarılarla kalem ve eldiven aracılığıyla dolaylı olarak algılamasını sağlar ve çizim yapılabilmesini kolaylaştırır.

3. Çözüm

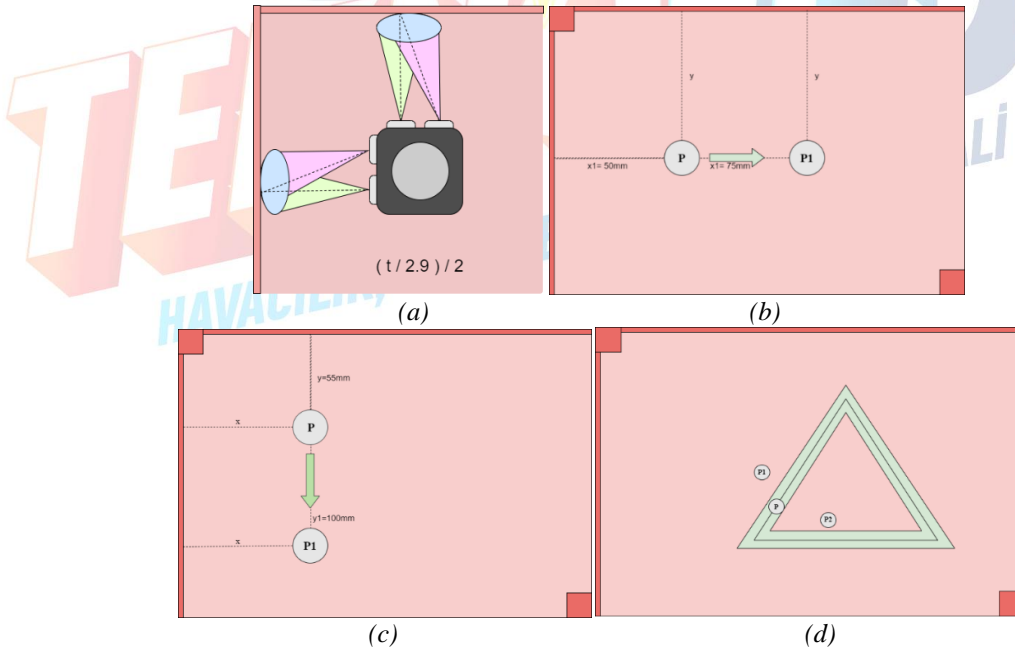
Bu proje ile engellilerin eğitim ve sanat hayatları içerisinde yaşadıkları problemlerin gözlemlenmesi, yapılan araştırmaların incelenmesi, eğitim materyali olarak ortaya konulan ürünlerin yetersizliği ve yapılan ikili mülakatların sonucunda tasarlanan bir sistem ile; istenilen herhangi bir şeklin bir düzlem üzerine kabartmalı olarak çiziminin öğretilmesinin mümkün hale getirilmesi hedeflenmektedir. Sistemimiz üç boyutlu

yazıcı kalemi görme engelli bireylerin kullanımı için optimize ederek eğitim ve öğretimdeki bilginin görme engelli bireyler için somutlaştırılmasını sağlayacaktır.

Belirlenen yöntemin geliştirilebilmesi için temel olarak üç bileşenin kullanımı kararlaştırılmıştır. Bunlar: üç boyutlu yazıcı kaleme takılacak ve konumun anlaşılmasını sağlayan ultrasonik sensörleri barındıracak üç boyutlu yazıcı kalem aparatı, kullanıcıya verileri işitsel ve dokunsal olarak aktarması hedeflenen eldiven ve son olarak ise kalemin düzlemdeki koordinatını elde etmek için gerekli olan iki kenarı yükselttili düzlemdir. Sistem belirlenen çizimi izlenmesi gereken bir rota haline getirdikten sonra görme engelli bireye bu rota üzerinde ilerleyebilmesi için dokunsal veriler sağlayacaktır. Kullanılan filamentin rengini de işitsel veri olarak kullanıcıya sunacaktır. Sistemin temel olarak çalışma mantığı: görsel verileri; işitsel ve dokunsal verilere çevirerek kullanıcıya spesifik şekillerin çizimini öğretirken tasarım yapılmasına da imkan tanıyabilmektedir. (Diyagram 1 (b))

Kalemin konumunun tespit edilmesini sağlayacak algoritmik çözüm:

Kalem düzlemin üzerindeyken çizilmesi istenen bir şeklin rota bilgilerinin girilmesi durumunda kalem bulunduğu konumu uzaklık sensörlerini kullanarak hesaplar. Ultrasonik sensörlerin ses dalgalarının düzlemin duvarlarına çarpıp geri dönmesinin ardından geçen zaman ve sesin süratinin baz alınarak yapılan bu hesapların ardından kalem bu konumu başlangıç konumu olarak kabul eder ve bir yöne doğru olan hareketini ve yeni konumunu eldivene veri olarak gönderir. Bu sayede eldiven bir rota hesaplayacaktır ve bu rotanın dışına çıkılması durumunda kullanıcıyı uyaracaktır. Diyagram 2 (d) yeşil bölge kalemin bulunabileceği alandır ve kalem bu alan içerisinde bulunduğu sürece bir uyarı alınmaz. Fakat alanın dışına çıktığında uyarı alınır.



Diyagram 2: (a)'da uzaklık sensörlerinin çalışma prensibine dair bir diyagrama yer verilmiştir. (b) ve (c)'deki diyagramlarda kalemin düzlem üzerindeki hareketleri sonucunda x ve y eksenindeki uzaklıklar değişmiştir. (d)'de sistem tarafından üretilen üçgen çizim rotasına dair takip diyagramı verilmiştir.

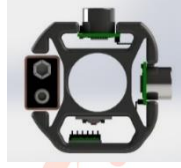
4. Yöntem

Bu projede; görme engelli bireylerin ve eğitim alanında çeşitli problemler yaşayan bireylerin; eğitim hayatlarında şekiller başta olmak üzere iki boyutlu oluşları algılamasına ve daha iyi bir şekilde bu oluşları kendi isteklerine uygun boyutta çizebilmelerini öğreten bir sistem oluşturulmuştur. Sistemde düzgün şekil çizimini sağlayacak bir kalem aparatı, çizim yaparken bildirim sağlayan asistan eldiven ve kalemin kullanımını daha kolay hale getirilebilecek bir düzlem geliştirilmiştir.

a. Tasarım:

Tasarlanan objeler SolidWorks uygulaması üzerinden sanal ortama aktarılmıştır.

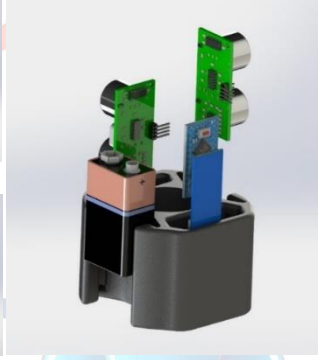
- i) Kalemin uç kısmı için iki adet ultrasonik sensör, bir adet 9V pil ve bir adet HC-05 modülünün kullanıldığı aparat tasarlanmış ardından kalem ile birleştirilmiştir.



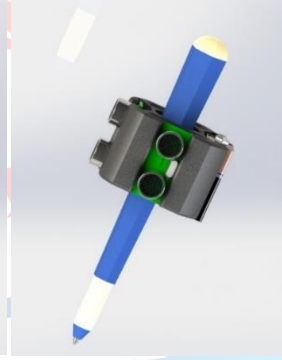
Şekil 2.



Şekil 3.

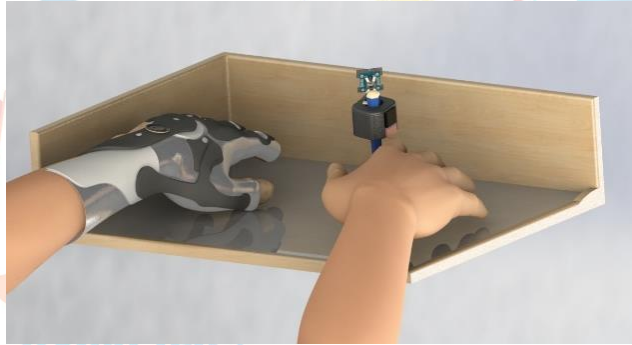


Şekil 4.

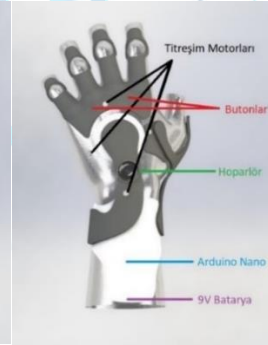


Şekil 5.

- ii) Üzerinde dört adet titreşim motoru, bir adet 9V pil, bir adet hoparlör, iki adet buton ve Arduino Nano yerleştirilen akıllı asistan eldiven tasarlanmıştır.



Şekil 6. Prototipimiz için öngörülen kullanım.



Şekil 7. Asistan eldiven

- iii) Kalem üzerindeki ultrasonik sensörlerin ölçüm yapabilmek için ihtiyaç duyduğu yüzeyler oluşturulan düzlemle sağlanır. Düzlemin üzerinde referans çizgileri bulunur ayrıca kağıdın oturabilmesi için özel bir tasarıma sahiptir. (Şekil 8)



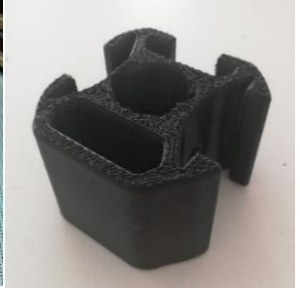
Şekil-8 Düzlem

b. Prototip Üretimi:

SolidWorks programı üzerinden yapılan üç boyutlu şekiller STL dosyası olarak kaydedildikten sonra dosya uzantısı üç boyutlu yazıcıda görüntülenebilir bir uzantıya çevrilerek üç boyutlu baskı için hazır hale getirilmiştir. Zortrax M200 3B yazıcının kullanımıyla prototip amaçlı üretilen parçalar, testlerde kullanılabilir hale getirilmiştir.



Şekil-11



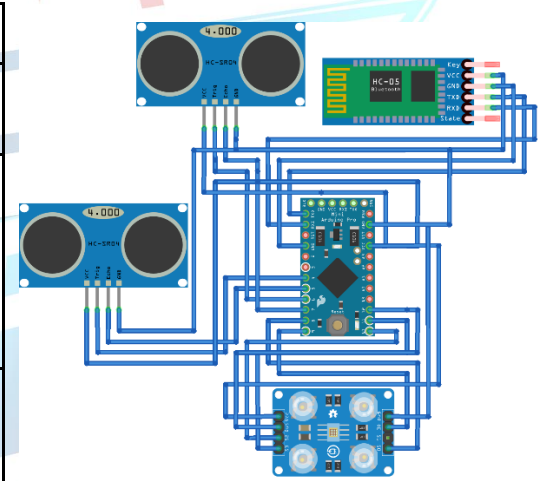
Şekil-12

c. Arduino Donanım ve Yazılımı:

Sistemin elektronik devre elemanları ortak arduino mikro işlemcilerine bağlanılarak tüm sistem çalışır hale getirilmiştir. Daha sonra sistemin çalışabilmesi için gerekli yazılım hazır hale getirilmiş ve işlemciye yüklenerek sistem tamamlanmıştır. Sistemin tasarlanması sürecinde olabildiğince küçük parçalar kullanılmaya dikkat edilmiştir.

Tablo 1. Kalemde bulunan Arduino Devresinde kullanılan parçalar.

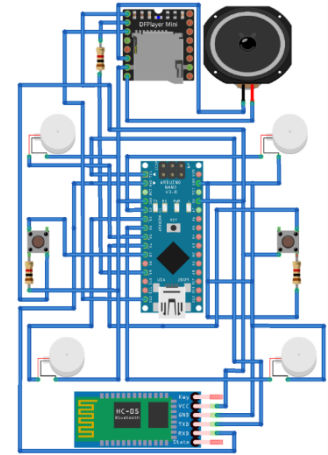
İsim	Görevi
TCS3200 Renk Sensörü	Kalemde bulunan filamentin rengini algılayacak sensör bu bilgileri mikroişlemciye gönderir.
Ultrasonik Sensörler	Kaleme iki ayrı doğrultuda yerleştirilmiş olan ultrasonik sensörler, ses dalgaları yardımıyla kalemin düzlem duvarlarına uzaklığını ölçer ve bu uzaklıkları Arduino'ya gönderir. Bu veriler Arduino'da x ve y koordinatları olarak kaydedilir. Daha sonrasında bu koordinat verilerine göre rota işlemleri yapılır.
HC-05 Bluetooth Modülü	Modül kalemde bulunan işlemci tarafından seri işlem portuna yazılmış bilgileri eldivende bulunan diğer Bluetooth Modülü aracılığı ile eldivendeki Arduino'ya aktarır.



Diyagram 3: Kalemde bulunan elektronik devre

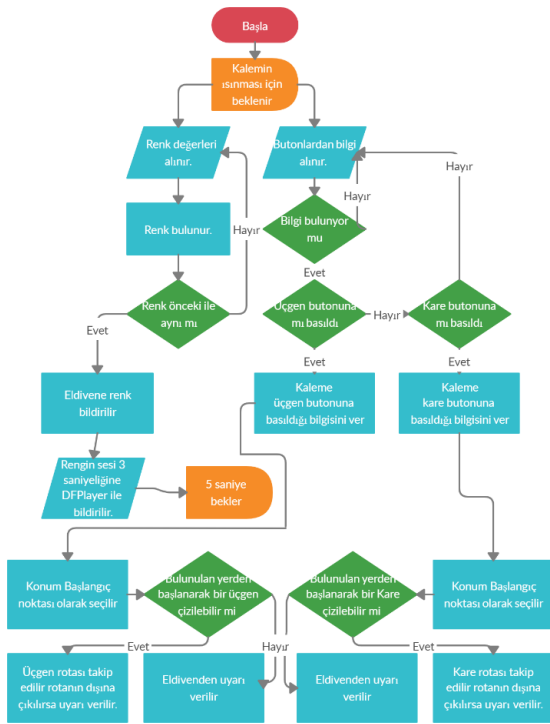
Tablo 2. Eldivende bulunan Arduino Devresinde kullanılan parçalar.

İsim	Görevi
Titreşim Motoru	Eldiven üzerine yerleştirilen bu motorlar titreşim oluştururlar. Titreşim motorlarından eldivende 4 tane olup ön, arka, sağ ve sol olmak üzere elin hareket edebileceği ana yönler göre yerleştirilmişlerdir. Kullanıcının rotayı takip etmesini sağlarlar.
Mini DFPlayer Modülü	Sisteme kaydedilen ses dosyalarını sistemden aldığı verilere göre hoparlör aracılığıyla oynatır. Projede kullanılan filamentin rengini bildirmek için kullanılmaktadır.
Hoparlör	Mini DFPlayer Modülü'ne bağlı olarak çalışan hoparlör gelen veriyi sese çevirir. Renklerin sesli bildirimi bu parça ile yapılır.



Diyagram 4: Eldivende bulunan elektronik devre.

d. Algoritmalar:



Diyagram 5: Yazılım algoritması.

Diyagram 5'te algoritmasına yer verilen sistemin çalışabilmesini sağlayacak yazılım Arduino IDE'de yazılmıştır. Sistemde ayrı ayrı çalışan iki devre bulunmaktadır. Devrelerin bağlantısı Bluetooth ile sağlanıyor olup Bluetooth üzerinden bilgi ve komut aktarımı gerçekleştirilmektedir. Bluetooth bağlantısı Tera Term uygulaması ile konfigüre edilmiştir. Şu anki yazılım sadece şekil çizdirebilmek için kullanılmakla beraber aynı zamanda herhangi bir şeklin çizilip kaleme gönderilmesini sağlayacak bir yazılım üzerinde de çalışılmaktadır. Bu yazılım ise C# dilinde geliştirilmekte olup Visual Studio programında yazılmaktadır. Rota bilgilerinin direkt olarak Bluetooth teknolojisinin kullanımıyla bilgisayarlardan kablolu olarak aktarımı hedeflenmektedir.

5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

Her geçen gün engelli bireylerin hayatlarını kolaylaştırmak adına çeşitli adımlar atılmaktadır. Bu adımlar ile her ne kadar görme engelli bireyler ile görme engeli bulunmayan bireyler arasındaki uçurum farkı kapatılmaya çalışılıyor olsa da yetersiz kalmaktadır. Bu projede bu soruna üç boyutlu yazıcı kalem ile inovatif bir çözüm getirilmesi amacı ile bu sistem oluşturulmuştur. Üç boyutlu yazıcı kalem, görme engelli bireylerin eğitim hayatlarında öğretici bir materyal olarak optimize edilmiştir. Üç boyutlu yazıcı kalem kullanımı esnasında olası kazaların önüne geçmek adına yapılmış bir çalışma ile karşılaşılmamış ama bu proje ile birlikte güvenlik önlemleri arttırılmıştır. Görme engelli bireylerin kısıtlı olan eğitim materyalleri arasına iki boyutlu düzlemin ekleniyor olması eğitim materyali olarak yeni bir boyutun açılıyor olması anlamına gelmektedir. İkinci boyutun efektif bir şekilde kullanımı normal bireyler ile görme engelliler arasında açılan farkı kapatmak için önemli bir adımdır. Ayrıca proje, çizim yapmayı öğreten bir asistan olduğu için sadece görme engelliler tarafından değil diğer birçok insan için ölçüm araç gereci kullanmadan çizim yapmayı mümkün hale getirecektir.

6. Uygulanabilirlik

Proje temel itibarıyla üç temel kısımdan oluşmaktadır ve her kısmın kendine özel elektronik bileşenleri bulunmaktadır. Geliştirilen üründe elektronik parçalar Arduino ile uyumlu olduğundan dolayı devreler olabildiğince ucuz ve kolay şekilde üretilmiştir. Ayrıca tasarlanan kalem aparatı benzeri mekanik parçalar çok kompleks bir yapıya sahip değildir. Dolayısıyla üretimleri kolaydır. Şu an için geliştirilen prototipteki aparat 3B

yazıcı kullanımı ile dört saat gibi kısa bir sürede basılmıştır. Ürün üretimi prototip sürecinin dışına çıkıp seri üretime geçilirse üretim süreleri çok daha azalacak ve kullanılan materyal kalitesi artacaktır. Ayrıca kullanılan elektronikler de küçülecek ve maliyette azalmaya gidilecektir. Bu durum halihazırda çok düşük bir maliyete üretilen ürünün daha da ucuzlamasını sağlar. Dünyadaki görme engelli ve otizmli nüfus göz önünde bulundurulursa talebin çok fazla olabileceği beklenmektedir. Nitekim yapılan ikili mülakatlardan olumlu dönüşler alınmıştır. Bu durum ürünün ülkemiz için önemli bir ihracat metası olabileceği anlamına gelmektedir. Ürünün daha fazla gelişmesiyle mühendislik ve mimarlığa da uyarlanması sağlanabilir bu durum küresel talebi olumlu yönde etkileyecektir. Bu süreçten önce ürünün ergonomik kullanıma sahip olması mühimdir ve bu yönde çalışmalar devam etmektedir.

7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

Projemizin prototip üretiminde kullanılan tüm parçaların maliyetine Tablo 3'te yer verilmiştir. Yer verilen bileşenler ilerleyen süreçte daha hassas ölçümler almak ve daha hafif bir kullanım sunmak için değişiklik gösterecektir. Şu anki parçaların çoğu 2021 Mart-Nisan döneminde temin edilmiştir. Prototipi geliştirmek adına kullanılacak parçaların 2021 Temmuz-Ağustos döneminde temin edilmesi hedeflenmektedir.

Tablo 3: Proje prototipinin maliyet tablosu.

Kullanılan Malzeme	Adet	Birim Maliyet (TL)	Toplam Maliyet (TL)	Kullanılan Malzeme	Adet	Birim Maliyeti (TL)	Toplam Maliyet (TL)
TCS3200 Renk Sensörü	1	50	50	Arduino Pro Mini 5	1	45	45
Ultrasonik Sensörler	2	8	16	Arduino NANO	1	55	55
HC-05 Bluetooth Modülü	2	40	80	Eldiven	1	25	25
Titreşim Motoru	4	8	32	9V Pil	2	18	36
Mini DFPlayer Modülü	1	25	25	Kullanılan Filament	150gr	-	20
Hoparlör	1	15	15	Toplam	-	-	399

Tüm parçaların maliyetlerinin hesaplanması sonucunda mevcut prototip masrafının 399 TL olduğu görülmüştür. Bu maliyet projenin seri üretime geçmesiyle azalacaktır. Öte yandan piyasada bulunan ve daha basit işlevler gören birçok sistemin çok daha yüksek maliyetlere sahip olduğu bilinmektedir. Örnek vermek gerekirse, görme engelliler için geliştirilen bir klavyenin fiyatının 10.000 TL dolaylarında olduğu görülmüştür.

Tablo 4: Proje zaman çizelgesi.

İşin Tanımı	AYLAR (2020-2021)											
	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos
Literatür Taraması	X	X	X	X						X		X
Kullanılacak Elektroniklerin Belirlenmesi				X	X	X	X					
SolidWorks Tasarımlarının Gerçekleştirilmesi						X	X	X		X		
Sistem Düzeneklerinin Gerçek Havata Gecirilmesi							X	X			X	
Sistemin Test Edilmesi, Yazılım Hatalarının Düzeltilmesi								X	X		X	X

8. Proje Fikrinin Hedef Kitle (Kullanıcılar):

Projenin temel kullanıcı kitle 2B şekilleri algılamakta sorunlar yaşayan ve bu şekilleri eğitim hayatlarında kullanmak isteyen görme engelli bireylerdir. Ayrıca projenin eğitimde zorluklarla karşılaşan diğer bir kitle olan otizmli bireylere de hitap ettiği düşünülmektedir. Hedef kitemiz yalnızca engelli veya hasta bireyler değildir. Çünkü sistemimizin temel amacı şekil çizdirmek veya çizmeyi öğretmek olduğu için herhangi bir yaş ve hastalık kriteri aranmamaktadır. Bu durum projemizin özellikle Covid-19 pandemi süreci benzeri durumlarda uzaktan öğretimi kolaylaştırmasını, ayrıca birinci elden tecrübe sağladığı için kazanımları sağlamlaştırmasını sağlayacaktır. Ayrıca ilerleyen süreçte kompleks şekillerin çizimini kolaylaştıracak yazılımların eklenmesiyle birlikte sistemin mimar ve mühendisler tarafından kroki ve taslak çizim aşamalarında daha ölçülü çizimler elde edebilmek için kullanılabilmesi hedeflenmektedir.

9. Riskler

Projeyi olumsuz etkileyen temel durumlardan bir tanesi sistemin boyutudur. Bu sorunun önüne daha gelişmiş ve küçük sensörlerin kullanımıyla geçilmesi hedeflenmektedir. Ayrıca geri bildirimler doğrultusunda düzlemin ağır olduğu yönünde bir eleştiri alınmıştır. İlerleyen süreçte portatif bir tasarımla beraber bu sorunun da önüne geçmek hedeflenmektedir. Sistem şu anki haliyle çok fazla enerji tüketmektedir. Yarım saat içerisinde sistemin 9V bir pili tükettiği gözlemlenmiştir. Fakat devre elemanlarının değiştirilmesi veya düzleminde açılacak özel bir şarj yuvasıyla beraber bu sorunun da önüne geçmek hedeflenmektedir. Özellikle eldiven bileşeninde kablolu aşamasındaki sorunların da önüne daha iyi bir lehimleme yöntemi ile geçmek hedeflenmiştir. Zaman planlaması şu an için doğru bir şekilde takip edilmektedir. Dolayısıyla bu alanda sorunlar yaşanmamaktadır. Proje bütçesi de genel itibarıyla yeterlidir. Devre elemanlarının değişikliği maliyette artışa sebep olacakken seri üretimin uzun vadede maliyeti düşüreceği düşünülmektedir.

10. Kaynaklar

1. Rupert R A Bourne, Jaimie Adelson, Seth Flaxman, Paul Briant, Michele Bottone, Theo Vos, Kovin Naidoo, Tasanee Braithwaite, Maria Cicinelli, Jost Jonas, Hans Limburg, Serge Resnikoff, Alex Silvester, Vinay Nangia, Hugh R Taylor; Global Prevalence of Blindness and Distance and Near Vision Impairment in 2020: progress towards the Vision 2020 targets and what the future holds.. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 2020;61(7):2317.
2. Pennisi, A. ve Cavalieri R. (2016). Rappresentazione semantiche nei ciechi congeniti, Uno studio sperimentale sulle stereotipie.
3. CDC Stacks Public Health Publication (2014). Prevalence of autism spectrum disorder among children aged 8 years-autism and developmental disabilities monitoring network.
4. Schiff, W. ve Foulke, E. (1982). Tactual Perception.
5. WobbleWorks, A Whole New Way for the Blind to Create, Erişim tarihi: 17.09.2019, <https://learn.the3doodler.com/rnib-3doodler/>