

Proje Ana Alanı	:Teknoloji ve Tasarım
Proje Tematik Alanı	:Sağlık Teknolojileri
Proje Adı (Başlığı)	:Üç Boyutlu Yazıcı Kalem Sisteminin Görme Engelli Bireyler İçin Eğitim Materyali Olarak Tasarlanıp Prototipinin Üretilmesi

Özet

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 ortamında maksimum düzeyde kullanabilecekleri, özel teknolojik donatılara sahip bir eğitim materyali üzerinde çalışılmıştır.

Görme engelli bireyler için geliştirilen eğitim materyalleri incelendiğinde yazıların Braille yazı sistemi ile yazılabildiği ancak şekillerin ve matematiksel ifadelerin yazılması veya doküman olarak sunulması noktasında geliştirilmiş bir materyale rastlanmamıştır. Çalışmada günümüzde giderek yaygınlaşan üç boyutlu yazıcı teknolojilerinden esinlenilmiştir. Yapılan sistem ile görme engelli bireyler üç boyutlu yazıcı kalem sistemi ve bu kalem için özel olarak üretilmiş olan yazma düzlemi ve akıllı eldiven ile anlık olarak yazı yazabilme yeteneğine sahip olacaklardır. Tasarımı yapılan sistemin en önemli özelliği ise görme engelli bireylere şekil çizebilme ve çizilen şekilleri algılayabilme imkanı sağlamasıdır. Yazıcı kaleme entegre edilen renk sensörü ve akıllı eldiven sistemi ile renklerin ayırt edilme imkanı sağlanmıştır. Kalem üzerindeki elektronik devrede bulunan ultrasonik sensörler düzlem üzerindeki kalemin konumunu tespit eder. Eldivende bulunan titreşim motorları kullanıcıyı çizmeyi istediği şekil için yönlendirir ve renklerin hissedilmesini sağlar. Ayrıca oluşturulan dokümanların arşivlenerek daha sonra kullanıcı tarafından okunulabilir hale getirilmesi hedeflenmiştir. Bu okumaların akıllı eldiven ile yapılması planlanmıştır. Düzlem, 3 boyutlu yazıcı kalem sistemi ve eldivenin tasarımı SolidWorks uygulaması üzerinde yapılmıştır. Projenin yazılımı ise Arduino IDE sistemiyle gerçekleştirilmiştir.

Bu sistem öğretmenler tarafından kullanılarak görme engelli bireyler için eğitim dokümanları da hazırlanmasına olanak sağlamaktadır. Sistem sayesinde düzenli eğitimler ile gelecekte görme engelli bireyler tasarım yapabilme kabiliyetine sahip olacaklardır.

Anahtar Kelimeler: Görme Engelli Bireyler, Eğitim, Teknoloji, 3 Boyutlu Yazıcı, Tasarım

1. Amaç

Eğitim alanında sıklıkla kullanılması hedeflenen bu üründe kağıt üzerinde yapılan çizimlerin istenilen uzunluğa uygun bir şekilde kağıda geçirilmesi hedeflenmiştir. Görme engelli bireylerin yaşam standartlarını yükseltebilmek için ortaya pek çok ürün konulmuştur. Bu ürünler görme engelli bireylerin hayatlarında hemen hemen her yerde yer almaktadır lakin bu ürünlerin ölçüm araç gereçlerini kullanarak çizim yapma ihtiyacını gideremediği görülmüştür. Görme engelli bireylerin veya istediği boyuttaki çizimleri kağıda taşıyamayan bireylerin bu ürün sayesinde hayatlarını kolaylaştırmak Buna ek olarak eğitim öğretimde anlamayı kolaylaştırmak için somutlaştırmanın önemli olduğu yerlerden olan otizmli bireylerin eğitim hayatlarında kullanımı da hedeflenmiştir. Şekiller ve harflerin aktarılması durumunda eğitim alanında kullanılacak sistemin kullanım alanlarına tasarımlar ve teknik resimler de eklenebilir.

Engellilerin eğitim ve sanat hayatları içerisinde yaşadıkları problemlerin gözlemlenmesi, yapılan araştırmaların incelenmesi ve yapılan ikili mülakatların sonucunda yapılan bu sistemde; herhangi bir şekil kağıt üzerine dökülmek istendiğinde yanlış bir şey yapılması durumunda Bluetooth sistemi ile kaleme bağlı olan bir eldiven kullanımıyla hangi yönün takip edilmesi gerektiğini belirtecek titreşim motorlarının aracılığıyla uyarılar verilebilmesi hedeflenmiş, renklerin ses modülü sayesinde algılatılabilmesi planlanmıştır.

2. Giriş

2010 yılında görme engellilerin küresel verilerini içeren Dünya Sağlık Örgütü tarafından yayınlanan bir rapora göre Dünya 'da 246 milyonu az görme sorunu yaşayan, 39 milyonu tamamen görme kaybına uğramış toplamda yaklaşık olarak 285 milyon görme engelli birey bulunmaktadır. (World Health Organization, 2012)

Günümüzde kağıt üzerinde çizim yapmaya erişim oldukça kolay olduğu tespit edilmiştir. Lakin kesin bir şekilde çizim yapabilmek için kalem ve kağıttan fazlasına ihtiyaç duyulmaktadır. İhtiyaç duyulan cetvel, iletki gibi ölçüm araç gereçlerini bir arada toplayan birçok ürün vardır. Ölçüm araçları genelden özele pek çok alanda kullanılmaktadır ama hepsinin ortak amacı çizimin boyutunu ölçmektir.

Bunlarla birlikte çoğu insan görme engellilerin cisimleri algılayabilmesini sağlayıp hayatlarında yaşadıkları çoğu problemleri aşmalarına yardım etmeye çalışmalarına rağmen hepsinin bir takım konularda yetersiz kaldığı gözlemlenmiştir. Görme sıkıntısı yaşayan ya da görme yetisini kaybetmiş insanlar için üretilen ölçüm araç gereçleri, cetvel üzerindeki sayıları Braille Alfabetiyle göstermekten ileri gidememiştir. (Schiff ve Foulke, 1982)

Eğitim alanında problem yaşayan çoğu insanın ortak sıkıntısı şekillerin kavranması ve görme engelliler için spesifik olarak harflerin kullanılmasıdır. Bu konuların eğitimin temellerini oluşturmaktan dolayı bir çocuk eğer bunu küçük yaşlarında kavrayamazsa büyüdüğünde de bunun sonuçlarına katlanıyor ve bu eksiklik eğitim hayatına kötü etki bırakmasına sebep olabiliyor. Öte taraftan bu tür insanların soyut zekasının yüksek olduğu dolayısıyla gerekli imkanlar tanındığında ortaya muhteşem eserler çıkarabildikleri görülmüştür. Mesela Eşref Armağan küçüklüğünde etrafından yardım almadan harfleri öğrenmiş, kağıtlara parmaklarıyla resimler çizmiş ve şimdi ise yaptığı tablolar ile bir aralar dünya gündemi haline gelmiş Türk görme engelli ressamdır. Küçük yaşlarında şekilleri babasının hazırladığı maketlerle öğrenmiş, renkleri ise belirli bir sıra ile öğrenmiştir. Zamanla Marmara Üniversitesi'nden aldığı yardımlarla perspektif ve gölgelendirme konusunda da kendisini geliştirmiştir. (Motluk, 2005)

Geçtiğimiz yıllarda ise Toronto Üniversitesi tarafından yapılan çalışmalarla birlikte küçük yaşlarında başladığı devamlı çalışmalarının normal bir insan beyinde görüntülerin yarattığı etkilerin, Eşref Armağan'ın beyinde, dokunmakla gerçekleşmesini sağladığı ortaya çıkmıştır. (Kennedy ve Juricevic, 2007)

Görme engellilerin şekil ve yön algılarının yapılan çalışmaların ardından cisimlerin kişiye göre konumundan dolayı olduğu anlaşılmıştır. Onların da sağlıklı insanlar gibi perspektif algılarının olduğu gözlemlenmiştir. İki konumun arasındaki ani yükseklik ve eğim artışından yola çıkarak şekilleri ve bu şekillerin x ve y doğrultusuna yerleştirerek konumları algılayabildikleri ortaya çıkmıştır. Konum ve şeklin dışında basınç farklarını kullanarak da yüzey özelliklerini algılayabildikleri gözlemlenmiştir. (Pennisi ve Cavalieri, 2016) Bu ve bu gibi durumların keşfinin ardından sağlık teknolojileri sektörü görme engelliler için üç boyutlu sistemlere dair olan araştırmalarını arttırmış ve özellikle bu sistemleri eğitim için kullanmıştır.

Öte yandan yapılan araştırmalarla birlikte eğitimde üç boyutlu cisimlerden yararlanabileceği tek özel durumun görme engeli olmadığı Otizm hastalığında da bu yöntemin kullanılabileceği anlaşılmıştır. Her yıl doğan bebeklerin otizmi olarak doğma oranı yaklaşık olarak %2'dir. Otizm hastalığına sahip bireyler odaklanmak konusunda sıkıntı çekmektedirler. Otizmi bireyleri hayata kazandırmak için dikkatlerini toplayabilecekleri pek çok ürün ortaya konulmuştur. Eğitim başlığı altında da geliştirilen ürünlerin ortak gayesi eğitimde güçlük çeken otizmi bireylere olabildiğince interaktif bir eğitim sağlamak olmuştur fakat otizmi bir bireyin kendisi için üretebileceği eğitim materyallerini geliştirme konusunda bir çalışmaya rastlanmamıştır. İlgi odağında üç boyutlu nesneler olan otizmi bireyler için eğitim materyali olarak genelde üç boyutlu cisimler kullanılmaktadır. (CDC Stacks Public Health Publication, 2014)

2.1. Yapılan çalışmalar:

Görme engelli bireylerin eğitim hayatlarını kolaylaştırması amaçlanan “3Doodler” isimli üründe kullanıcıya, özelleştirilmiş bir kalemle beraber kullanıcının istediğini düzleme aktarabilir hale getirilmesi hedeflenmiştir. Filamentin sıcaklığını bilmemekle beraber, kağıdın üzerine aktarılan filamentin aktarıldığı yer olan kalemin ucunun yüksekliği de bildirilmediği için güvenlik açısından ve sürekli düzlem değişimi gerektirdiğinden sürdürülebilirlik açısından yetersiz bulunmuştur. Bunlara ek olarak çizimde yardımcı olabilecek herhangi bir asistana rastlanmamıştır. (Şekil-1 ve Şekil-2) [1]



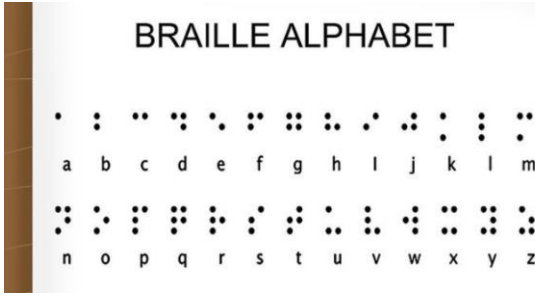
Şekil-1



Şekil-2

Braille Alfabesi de görme engelli bireylerin eğitim ihtiyaçlarını giderebilmek için kullanılan bir alfabedir. Kabartmalı harflerden oluşan bu alfabe dillere göre de ufak farklılıklar

göstermektedir. Ama bu alfabenin de her yerde bulunulabilir olmaması ve oldukça masraflı olması engelli birey için problemler oluşturabilmektedir. (Şekil-3 ve Şekil-4)



Şekil-3



Şekil-4

Son zamanlarda bilgisayar teknolojisi görme engellilerin hayatına da tecelli etmiş ve bu bireylerin not alabilmesini sağlayacak bir klavyeye sahip daktilo benzeri bir cihaz piyasaya sunulmuştur. Fakat, yine bu cihazın da boyutlarının biraz fazla olması ve pahalı olması cihazın fazla popülerleşebilmesine engel olmuştur. Bunların haricinde, şekil de çizemediği gözlemlenmiştir. (Şekil-5 ve Şekil-6)

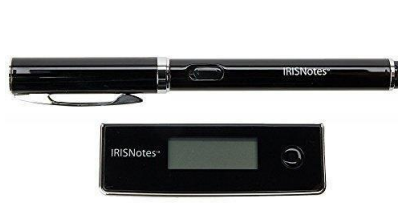


Şekil-5



Şekil-6

Yapılan çalışmaları konu alan tarama sırasında karşılaşılan ürünlerden birisi de IRISNotes 3 olmuştur. Tasarlanılan bu ürün kağıt üzerine yazılanları sanal ortamda da göstermeyi hedeflemektedir. Sensör ve geliştirilmiş bir kalemle oluşan bu ürün kağıt üzerine yazılanları sanal ortama aktarma konusunda önemli bir ürün ortaya koymuştur lakin bu ürünün görme engellinin aynı zamanda algılayabileceği bir çıktı verememesi görme engeli olan bireylere hitap etmediğini ortaya çıkarmıştır. Ayrıca kullanılabildiği sınırlı işletim sistemleri bir kısım kullanıcının ihtiyacını karşılayamamaktadır. Ürün hakkında yapılmış yorumlara bakıldığında ise yazıları algılamakta problemler yaşayabildiği için kesin sonuçlar veremediğine ve işletim sistemiyle olan bağlantı konusunda sorunlar yaşandığı görülmüştür. (Şekil-7 ve Şekil-8) [2]



Şekil-7



Şekil-8

3. Yöntem

Görme engelli bireylerin temel özellikle de eğitim alanında yaşadıkları problemlerin gözlemlenmesi ve çeşitli araştırmaların yapılmasının ardından görme engellilerin günümüz toplum hayatında en fazla zorlandığı şeylerin iki boyutlu cisimlerin algılanması ve hayatlarında kullanmaları olduğu ortaya çıkmıştır. Her ne kadar üç boyutlu cisimleri dokunarak inceleyebilme şansları olsa da aynı durum iki boyutlu cisimler için geçerli olamamıştır.

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 düzlem üzerine aktarmalarına yardımcı olacak elektronik bir asistanın geliştirilmesi ve bu cihazın kullanımının daha mümkün ve daha kolay hale getirilebilmesi için uygun düzlem, kalem üzerinde bulunacak sensörlerinin ve eldivenin tasarımları yapılmıştır.

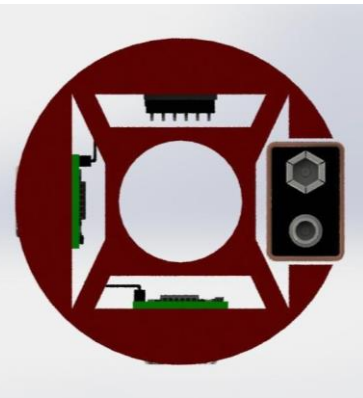
3.1. Proje Yapım Basamakları:

3.1.1. SolidWorks Tasarımları: Tasarlanılan objeler SolidWorks uygulaması üzerinden sanal ortama aktarılmıştır. Kullanılan parçaların pek çoğu proje dahilinde tarafımızca tasarlanmıştır lakin bazı kompleks parçalar GrabCAD sitesinden açık kaynaklı çizimler kullanılmıştır.

3.1.1.1. Kalemin uç kısmına yerleştirilen iki adet ultrasonik sensör, bir adet 9V pil ve bir adet HC-05 modülünün kullanıldığı ekipman tasarlandı ardından kalem ile birleştirildi. (Şekil-9, Şekil-10, Şekil-11 ve Şekil-12)



Şekil-9



Şekil-10

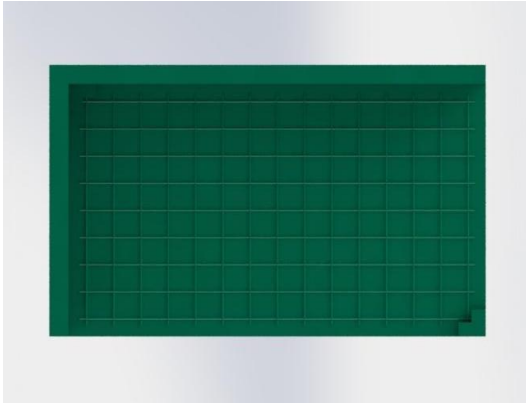


Şekil-11

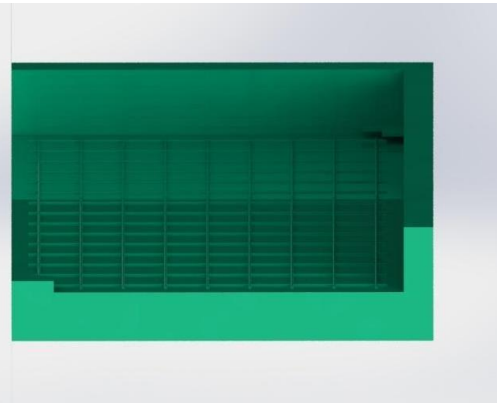


Şekil-12

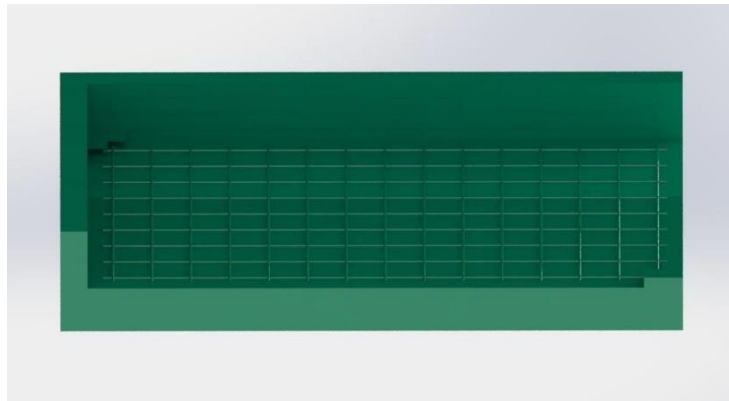
3.1.1.2. Üzerinde referans çizgileri bulunan ayrıca kağıdın kaymasını engellemek adına iki köşesine yükseltilerin yerleştirildiği iki kenarı normal yükseklikten fazla olan düzlem tasarlandı. (Şekil-13, Şekil-14 ve Şekil-15)



Şekil-13

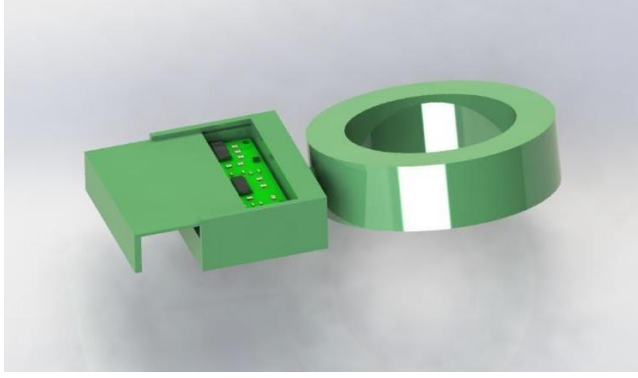


Şekil-14

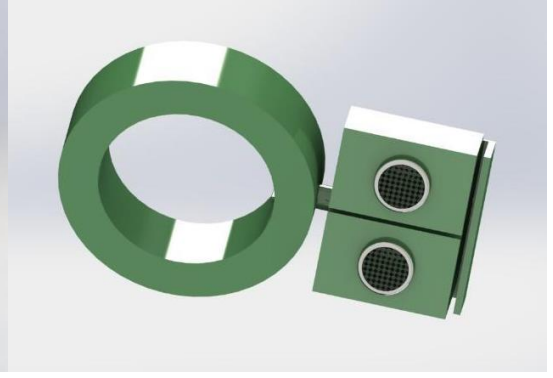


Şekil-15

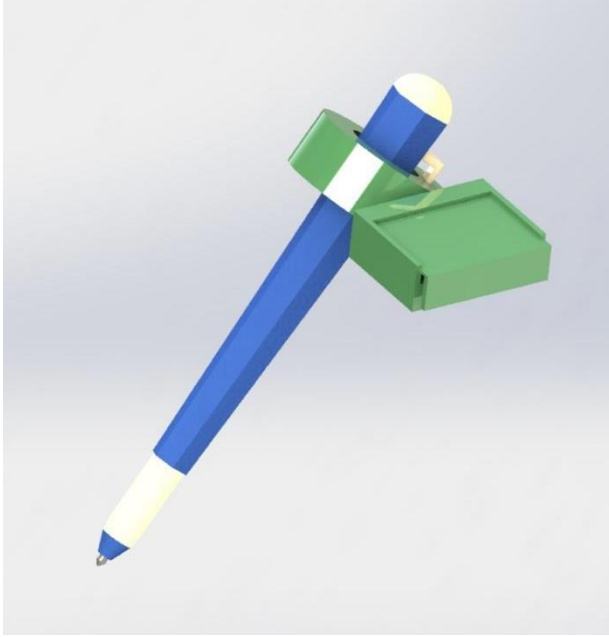
3.1.1.3. Kalemın en üst kısmına yerleştirilmesi planlanan bir adet ultrasonik sensör içeren ekipman tasarlandı ve kalem ile birleştirildi. (Şekil-16, Şekil-17, Şekil-18 ve Şekil-19)



Şekil-16



Şekil-17

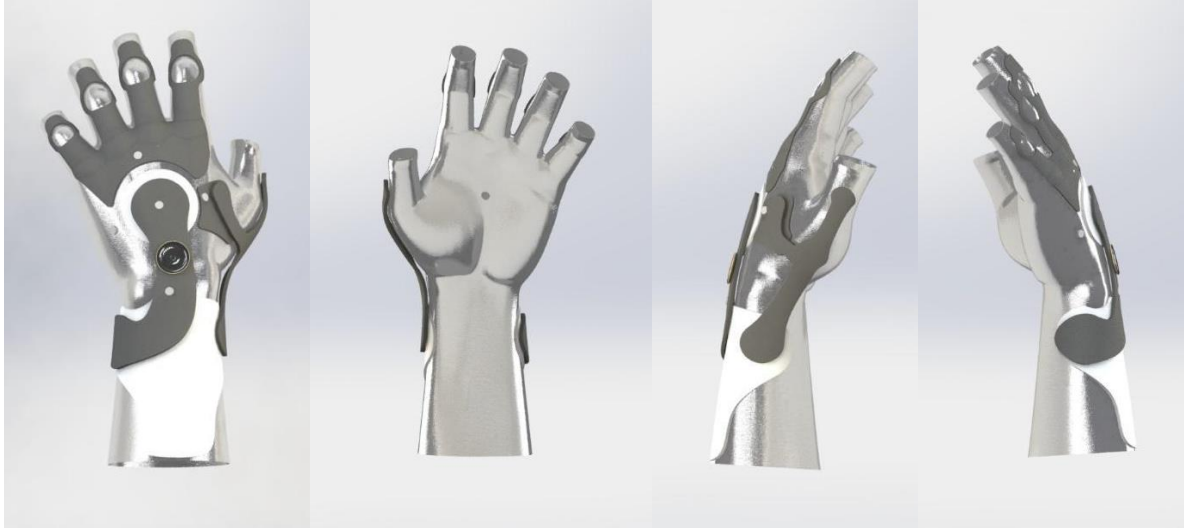


Şekil-18



Şekil-19

3.1.1.4. Üzerinde beş adet altında bir adet bulunmak üzere altı adet titreşim motorunun yerleştirildiği bilek kısmına bir adet 9V pilin, el üzerine gelecek şekilde yerleştirilen bir adet hoparlör, parmaklar ile elin birleştiği kısımda üç adet buton ve Arduino Nano 'nun yerleştirildiği bir eldiven tasarlandı. Ardından düzlem üzerindeki konumu gösterildi. (Şekil-20, Şekil-21, Şekil-22, Şekil-23, Şekil-24, Şekil-25 ve Şekil-26)

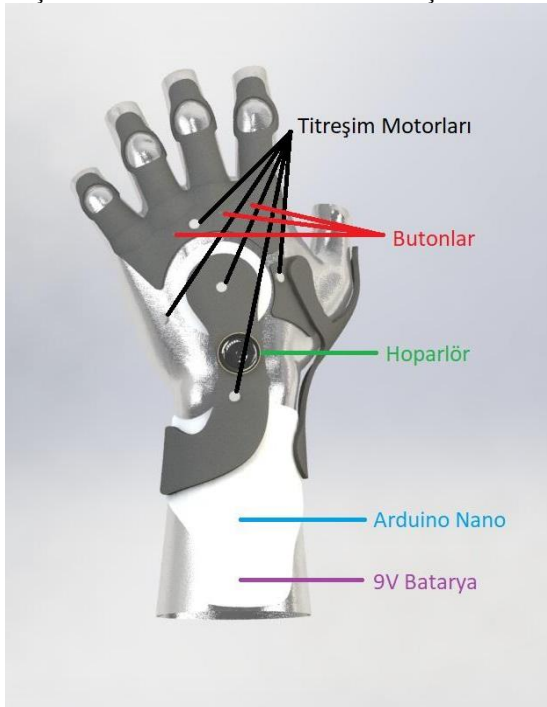


Şekil-20

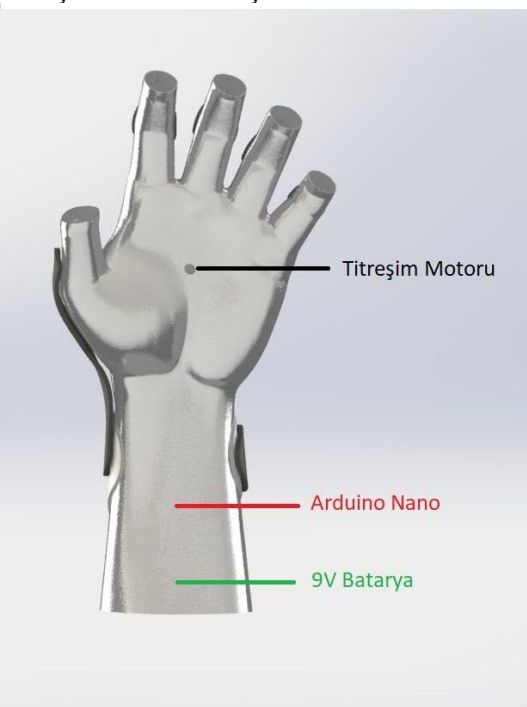
Şekil-21

Şekil-22

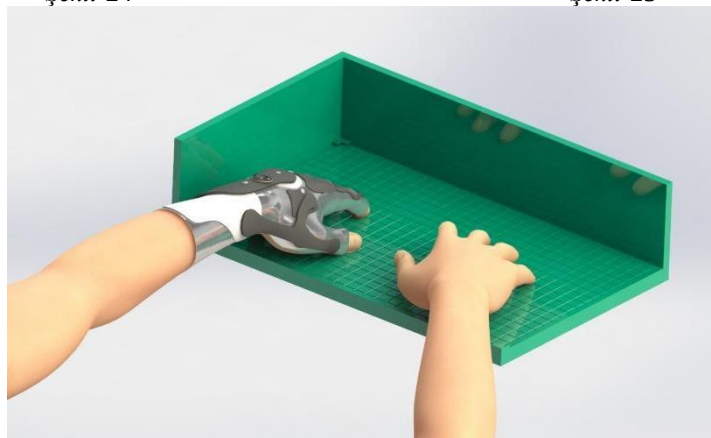
Şekil-23



Şekil-24

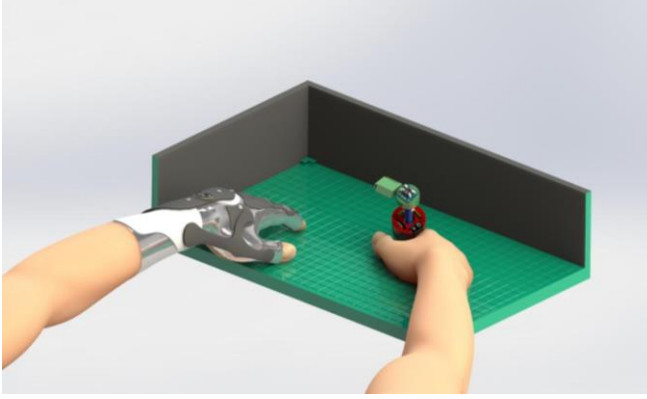


Şekil-25

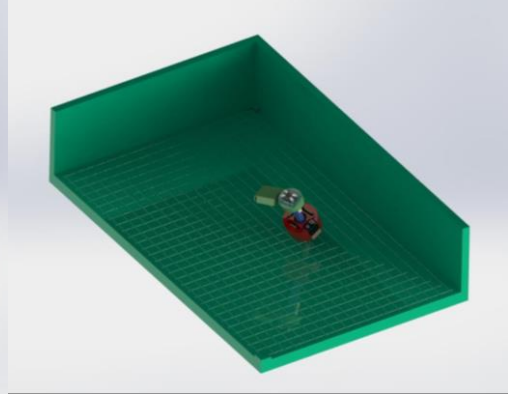


Şekil-26

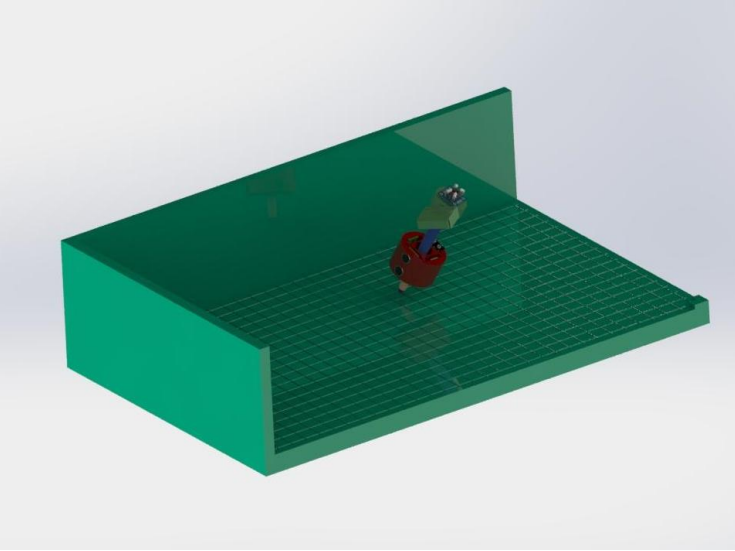
3.1.1.5. Devamında kalem ile ekipmanların birleştirilmiş hali ve eldivenin son hali düzlem üzerinde gösterildi. (Şekil-27, Şekil-28, Şekil-29, Şekil-30 ve Şekil-31)



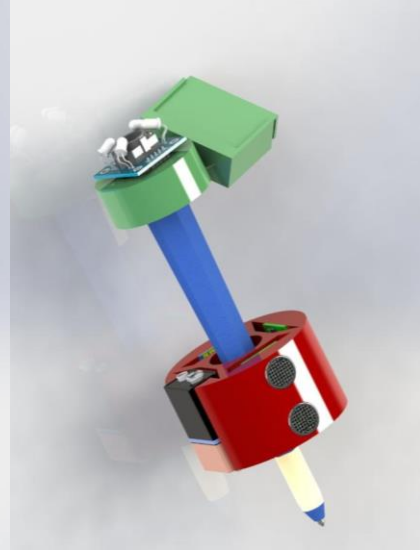
Şekil-27



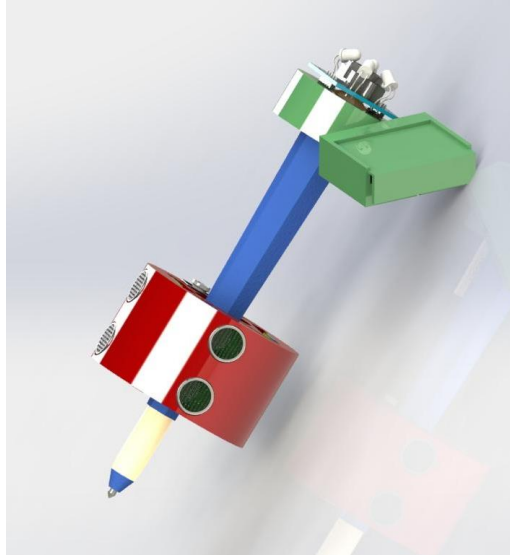
Şekil-28



Şekil-29



Şekil-30

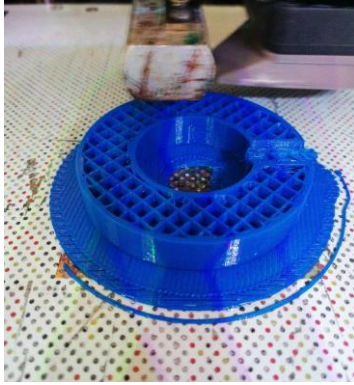


Şekil-31

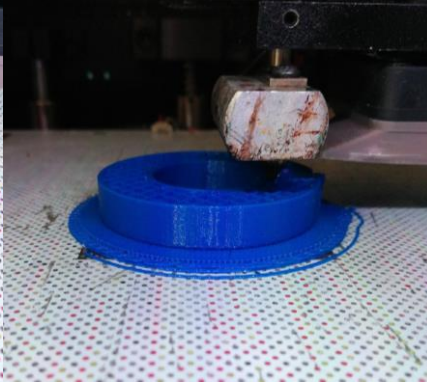
3.1.2. Yapılan Tasarımın Üç Boyutlu Yazıcıda Basımı

SolidWorks programı üzerinden yapılan üç boyutlu şekiller STL dosyası olarak kaydedildikten sonra dosya uzantısı üç boyutlu yazıcıda görülebilir bir uzantıya çevrilerek yazıcıdan basımı

için hazır hale getirilmiştir. Zortrax M200 modelinde prototip amaçlı üretilen parçalar, deneyde kullanılabilir hale getirilmiştir. (Grsel-1, Grsel-2, Grsel-3, Grsel-4, Grsel-5, Grsel-6, Grsel-7, Grsel-8 ve Grsel-9)



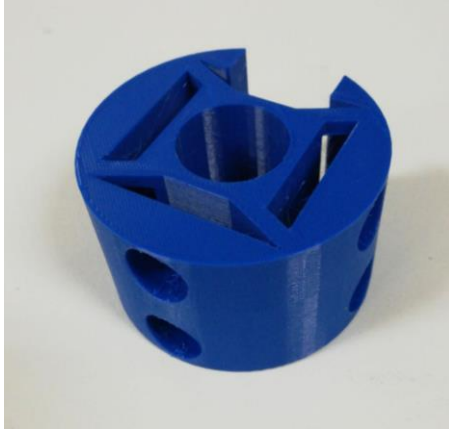
Grsel-1



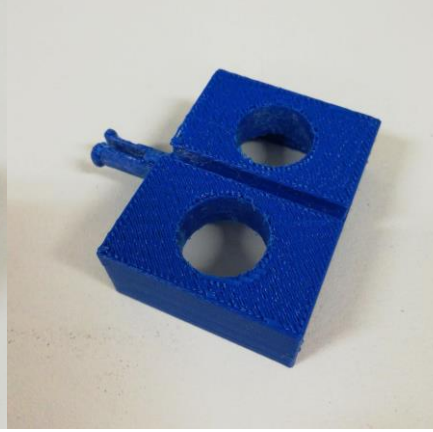
Grsel-2



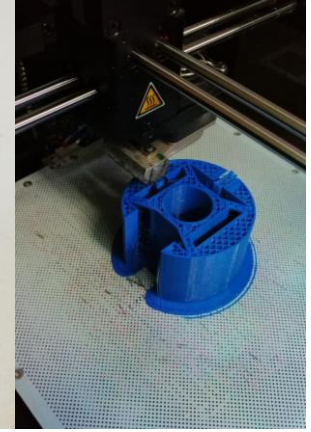
Grsel-3



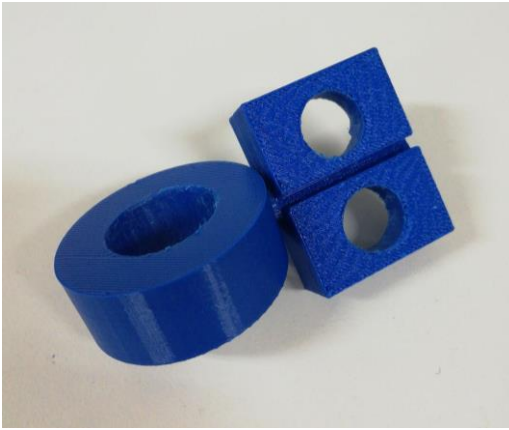
Grsel-4



Grsel-5



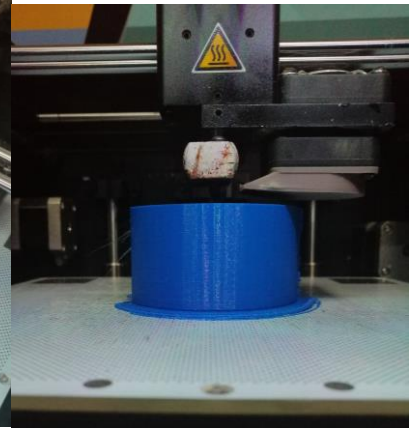
Grsel-6



Grsel-7



Grsel-8



Grsel-9

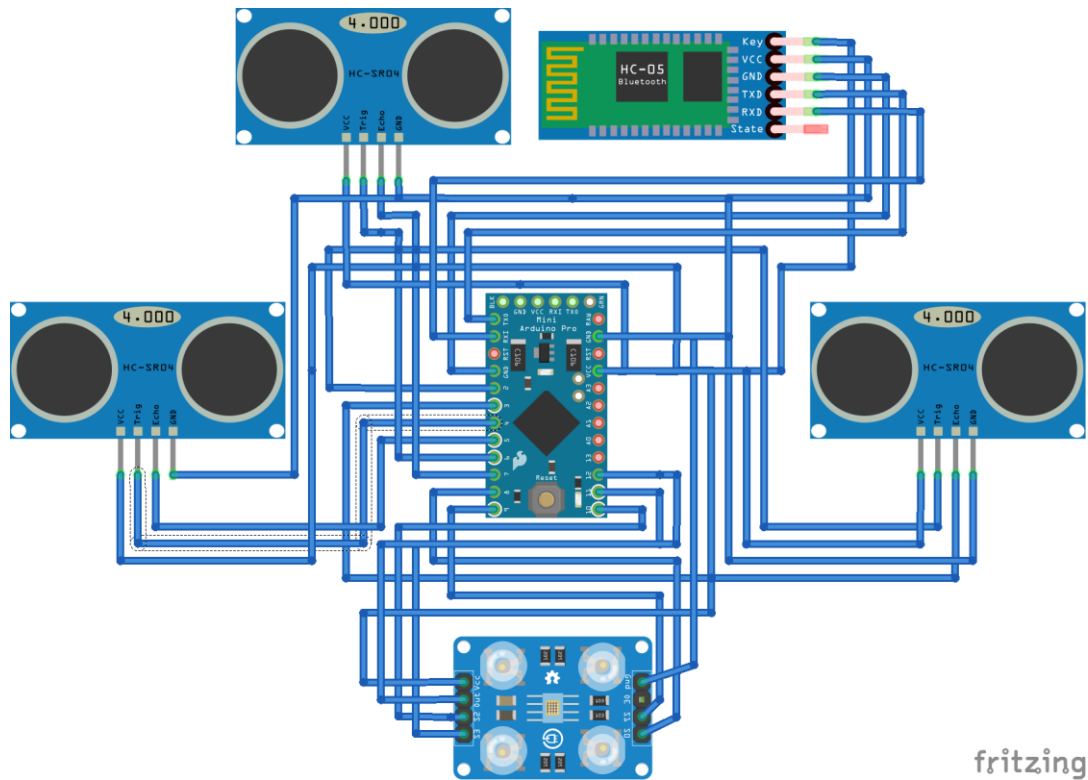
3.1.3. Arduino Donanım ve Yazılımı

Sistemde Arduino Pro Mini, Arduino Nano, Mini Titreşim Motorları, TCS3200 Renk Sensörü, Ultrasonik Sensörler, HC-05 Bluetooth Modülü, bir adet Mini DFPlayer Modülü ve bir tane de hoparlör kullanılmıştır. 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 çalışır hale getirilmiştir. Sistemin tasarlanması sürecinde olabildiğince ufak parçalar kullanılmaya dikkat edilmiştir. İki tane ayrı Arduino devresi kurulup Bluetooth üzerinden bilgi ve komut aktarımı gerçekleştirilmiştir.

3.1.3.1. Kalem üzerinde bulunan Arduino Devresinde kullanılan bazı parçalar:

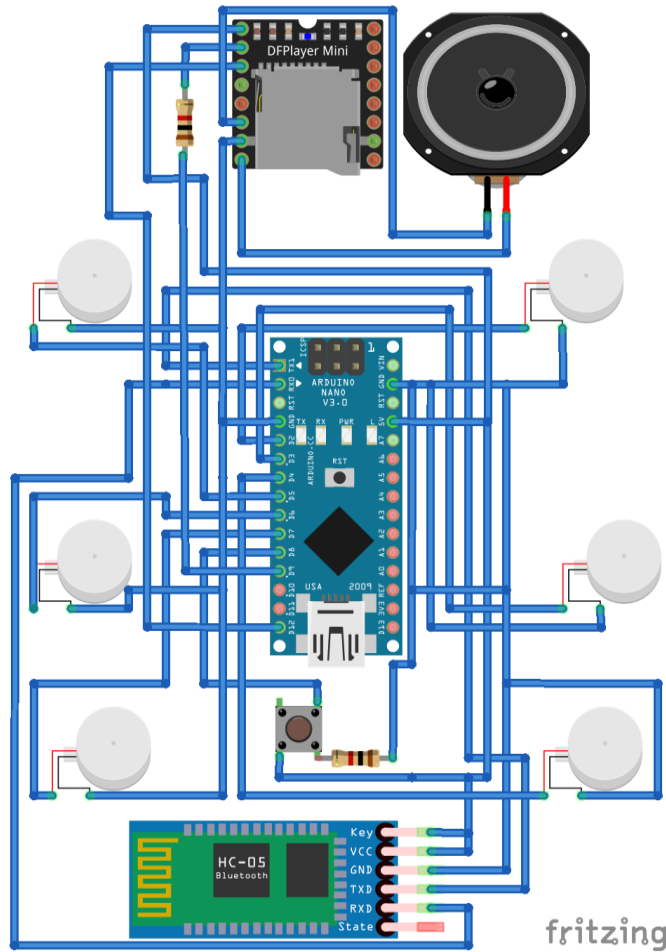
İsim	Görevi
TCS3200 Renk Sensörü	Kalemde bulunan filamentin rengini algılayacak sensör bu bilgileri mikroişlemciye gönderir
Ultrasonik Sensörler	Kaleme üç ayrı doğrultuda yerleştirilmiş olan ultrasonik sensörler, ses dalgaları yardımı ile kalemin düzlem duvarlarına uzaklığını ölçer ve bu uzaklıkları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



Diyagram-1(Kalemin üzerindeki devre)

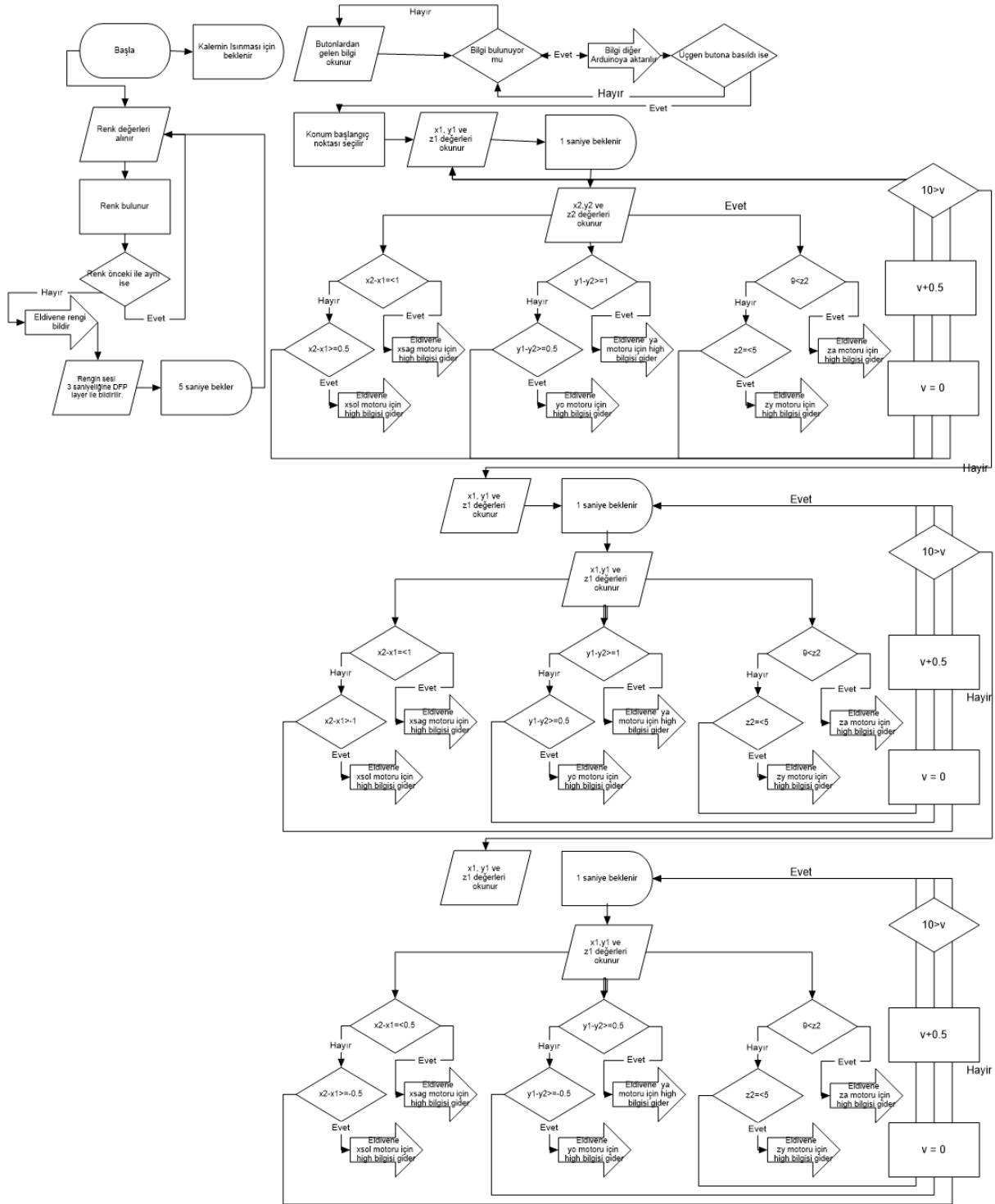
3.1.3.2. Eldiven üzerinde bulunan Arduino Devresinde kullanılan bazı parçalar:

İsim	Görevi
Titreşim Raporu	Eldiven üzerine yerleştirilmiş olan bu motorlar dengesiz bir yükün dönmesi sonucu bir titreşim oluştururlar. Titreşim motorlarından projede 6 tane olup ön, arka sağ sol yukarı ve aşağı olmak üzere elin hareket edebileceği ana yönler göre yerleştirilmişlerdir. Kullanıcının kalem tutan eli rota dışına çıkarsa titreşimler ile uyarılacaktır.
Mini DFPlayer Modülü	Üzerinde SD Kart girişi bulunur ve bu girişe takılan SD karttaki ses dosyalarını sistemden aldığı verilere göre hoparlör aracılığıyla oynatır. Projede renklerin bildirilmesi için kullanılacaktır.
Hoparlör	Mini DFPlayer Modülü'ne bağlı olarak çalışan hoparlör oradan gelen veriyi sese çevirir. Renklerin sesli bildirimi bu parça ile yapılır.



Diyagram-2(Eldivenin üzerinde bulunan devre)

Arduino sistemlerinin kodları Arduino'nun resmi uygulaması Arduino IDE ile yazılmıştır. Aynı ayrı çalışan iki devre bulunmaktadır. Devrelerin bağlantısı Bluetooth ile sağlanıyor olup Bluetooth bağlantısı ise Tera Term uygulaması ile konfigüre edilmiştir.



Diyagram-3 (Yazılım algoritması)

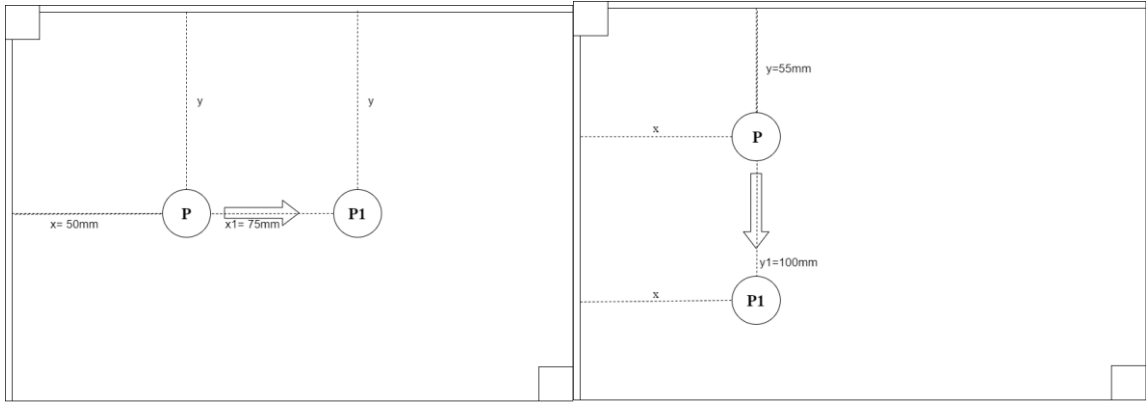
Kalemin yazılımının yazılması sürecinde kalemin yerinin tespit edilebilmesini, renklerin algılanabilmesini ve kullanıcıya uyarı ve bilgilendirmenin yapılabileceği bir programın yazılması hedeflenmiştir. Ve bu programın algoritması da Diyagram-a 'da gösterildiği şekilde hazırlanmıştır.

3.1.4 Kalemin konumunun tespit edilebilmesini sağlayan düzlem, sensör ve algoritma:

Kalem düzlemin üzerindeyken eldiven üzerindeki butonlardan birisine basılması durumunda kalem bulunduğu konumu uzaklık sensörlerini kullanarak hesaplar. Ultrasonik sensörlerin ses

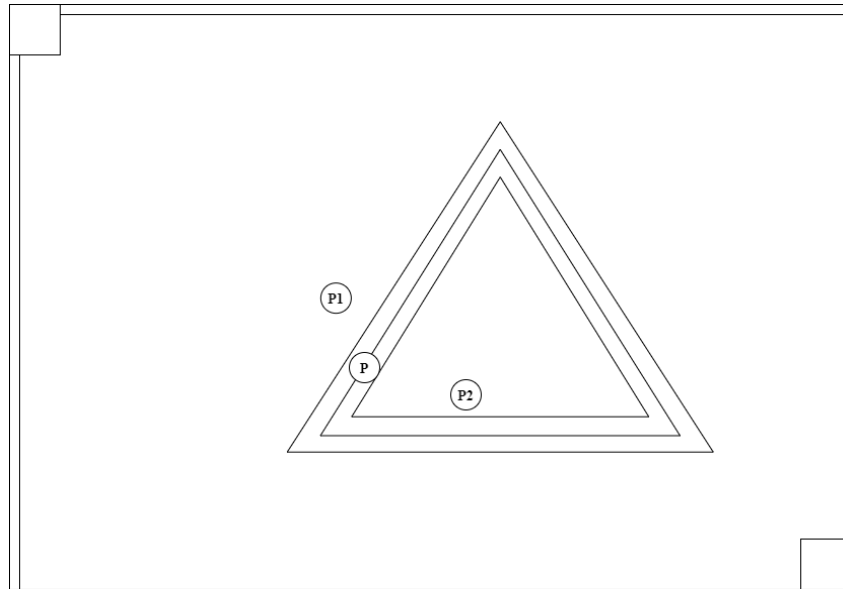
dalgalarının düzlemin duvarlarına çarpıp geri dönmesinin ardından geçen zaman ve sesin süratinin baz alınarak yapılan bu hesapların ardından kalem bu konumu başlangıç konumu olarak ayarlar ve bir yöne doğru olan hareketini ve yeni konumunu dört işlem kullanarak eldivene veri olarak gönderir. Bu sayede eldiven bir rota hesaplayacaktır ve bu rotanın dışına çıkılması durumunda kullanıcıyı uyacaktır.

Bu durum Şekil-32, Şekil-33 ve Şekil-34 'de de diyagramlarla açıklanmıştır. Şekil-32 'da kalemin sağa doğru hareketi sonucu x eksenindeki uzaklık artmıştır. Şekil-33 'de ise aynı durum y ekseninde gerçekleşmiştir. Şekil-34 'de ise düzlem üzerinde üçgen çizimi sırasındaki bir anın diyagramı verilmiştir. Ortadaki üçgeni çevreleyen üçgenler kalemin bulunabileceği alanlardır ve bu alanlar içerisinde olduğu sürece bir uyarı alınmaz. Fakat bu durum alanın dışına çıktığında devam etmez. Bu alanlar rotanın sınırları çizilerek belirtilirler ve yaklaşık 0.5 santimetrede bir kalemin alanın içinde olup olmadığı kontrol edilir.



Şekil-32

Şekil-33



Şekil-34

4. Proje İş-Zaman Çizelgesi

AYLAR (2019-2020)										
İşin Tanımı	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak
Literatür Taraması	X	X	X	X				X		
Teorik Modelin Kurulması				X	X					
Sistem Düzenineğinin Hazırlanması					X	X				
Sistemin Test Edilmesi, Yazılım Hatalarının Düzeltilmesi						X	X	X		
Proje Raporu Yazımı									X	X

5. Bulgular

Sistemin tasarımından hemen sonra temin edilen Arduino sistemi ile entegre olacak tasarlanmış parçalar üç boyutlu yazıcı vasıtasıyla çıkarılmıştır. Çıkan parçalarla ortaya çıkan sistem prototipi üzerinde yapılan birkaç değişiklik sonrası ürün bazı testlere tabi tutulmuştur. Akabinde öneriler kısmında değinilen problem ile karşılaştırılmış ve giderilmesi gereken eksiklikler belirlenerek çalışmanın tutarlılığı hakkında yorumda bulunulmuştur.

Tasarımın genel değerlendirmesi yapılmış ve düzlemin tasarıma uygun olan haliyle solak bireylere hitap etmediği görülmüştür. Buna ek olarak sistemin, düzlem olmadan da kullanıcıya yardımcı olabileceği öngörülmüştür. Ultrasonik sensörlerin iri yapısının tasarıma da etki etmesinden ötürü, kalem üzerindeki iri sensör yuvaları bazı kullanıcılar tarafından beğenilmemiş ama yerlerinin değiştirilebilir şekilde tasarlandığı için kullanıma yüksek ölçüde olumsuz bir etkisi olmadığı görülmüştür. Bu yorumlar baz alınarak ergonomik yeni bir tasarım planı yapılmıştır.

Öte yandan tasarımda sensörleri ve kabloları engellemeyen bir kablolama sisteminin tasarlanması kullanıcının kullanımını kolaylaştırmıştır. Üstelik tasarımın kişiye özelleştirilebilir yapısı kullanıcılar tarafından olumlu karşılanmıştır.

Eldivenin tasarımı işgörür olarak değerlendirilmiştir. Üstündeki parçaların yerleştirilmesi elin fiziki hareketine engel olmamakla birlikte üstündeki buton ve pilleri de kamufle edebilmiştir. Parmak uçlarının açık bırakılması görme engelli bireyin anlık olarak yazdıklarını ve çizdiklerini algılayabilmesini sağlamıştır.

Donanımda devreler kamufle edildiğinden dolayı dikkat çekmemiştir. Sadece y eksenini algılayan sensör tasarımının da etkisi ile biraz eğimli olduğundan dolayı ilk haliyle bazı hatalar vermiştir. Lakin bu hatalar da daha ufak bir yontma işlemi ile çözülmüştür.

Deneylerde otizmlı bireylere yer verilememiştir ama tedavilerinde ve eğitimlerinde dikkat çekmesi amacıyla kullanılan üç boyutlu cisimler, ortaya çıkan ürünün temel taşlarından olduğu görülmektedir. Otizmlı bireylerin tedavilerinde ve eğitimlerinde de kullanılması hedeflenen bu ürünün daha birçok yerde kullanılması hedeflenmektedir.

6. Sonuç ve Tartışma

Bu çalışmada engelli bireylerin gündelik yaşantılarında karşılaştıkları zorluklardan bir tanesi eğitim alanındaki materyallerin yetersizliğidir. Engelli bireylerin eğitim alanında karşılaştığı engellerin kaldırılmasını hedefli güden konsept tasarım, çizim asistanlığı yapması hedeflenen sisteme yönelik bir konsept tasarım yapılmış ve bu tasarım doğrultusunda prototip ürün üretilmiştir. Bu sistem kalem, düzlem ve eldiven olmak üzere üç temel parçadan oluşmaktadır. Kare şeklindeki yükseltelerin bulunduğu platform kullanıcı için referans düzlemi görevi görmektedir. Kalem üzerinde bir tanesi kalemin uç kısmına yakın bir tanesi kalemin sapına yakın şekilde yerleştirilmiş sensörler kalemin düzlem üzerindeki anlık konumunu eldivene aktarmaktadır. Bu sayede eldiven üzerinde bulunan titreşim motorları sayesinde kullanıcıya eş zamanlı uyarılar vererek düzlem üzerinde istenilen şeklin gerçeğe en uygun şekilde çizilmesi amaçlanmaktadır.

Proje fikrinin başlangıç dönemlerinde görme engelli bireylerin yazı yazabileceği ve üç boyutlu şekilleri düzlem üzerine aktarabileceği elektronik bir sistemin kurulmasına karar verilmiştir. Süreç içerisinde devreler ve tasarımlar hazır hale getirilmiş, sistemi çalıştıracak kod yazılmıştır. Düzlemin ızgara kabartmaya sahip yapısı bireyin yazı yazmasını ve kendi istediği şekilleri düzleme aktarabilmesini kolaylaştırdığı tespit edilmiştir. Braille Alfabeti gibi özel klavye ve kağıtlar gerektirebilecek bir sistemin aksine tüm kağıtlara uygulanabilir yapısı ve kullanımının hızlı olması ile eski sistemlerden daha rahat ve verimli olduğu anlaşılmıştır. Kullanıcının hissetmeyi talep ettiği şeklin kullanıcı tarafından ,herhangi bir kimseden destek almadan, düzleme aktarılması kullanıcının özgüvenini artıracasına inanılmaktadır..

Daha önceden Braille Alfabetini kullanmak durumunda olan görme engelli bireylerin bu sistemle birlikte Latin Alfabetini öğrenmesi daha kolay hale getirilebilir ve böylece az kullanılan masraflı bir alfabenin kullanımı yerine yaygın Latin Alfabetinin kullanımına yönlendirilen engelliler günlük hayatta yaşadıkları problemleri bir nebze de olsa azaltabileceklerdir. Üstelik otizmlı çocuklara üç boyutlu kalem sistemi normal kalemlerden farklı olan birçok özelliğe sahip bu kalemin kullanımı onlar için ilginç bir hale getirecektir.

7. Öneriler

Yazılanların sanal ortamda görülebilir ve kaydedilebilir hale getirilebilmesi bu projenin kullanım alanlarını genişletecektir. Çizimin yapılacağı düzlemin genişletilmesi ürünün kroki çizimlerinde veya plan çizimlerinde kullanılmasına olanak sağlar bu sayede kartografya ve mimari alanında kullanılabilir bir hale gelebilir. Düzleme yerleştirilebilecek bir fan sayesinde üç boyutlu yazıcı kalemin ısınması sonucu kullanım sırasında olası kazalar en aza indirgenebilir. Kullanılan sensörlerin daha az yer kaplayan ama aynı işlevi gören sensörler ile yer değiştirilmesi; kalem üzerine yerleştirilerek ekipmanların ergonomik bir yapıya sahip hale getirir, bunun sonucunda kullanıcıya uzun süreli kullanım avantajı sağlar. Geliştirilebilir bir mobil uygulama sayesinde çizim öncesi yapılmak istenilen şeklin ölçüleri girilir bu Tasarımda taşınabilir bir güç kaynağı barındırmayan ürün, barındırması dahilinde üç boyutlu kalemler için de kabloya ihtiyaç duymadan enerji ihtiyacını karşılayabilir hale getirilebilir. Taşınabilir bir tasarıma sahip olmayan ürüne portatif özellikler eklenmesi, kullanıcıyı sürekli aynı yerde kullanma yükümlülüğünden kurtarır.

8. Kaynaklar

- CDC Stacks Public Health Publication (2014). *Prevalence of autism spectrum disorder among children aged 8 years - autism and developmental disabilities monitoring network*, Erişim tarihi: 01.12.2019, <https://stacks.cdc.gov/view/cdc/22182>
- Kennedy J. M. ve Juricevic I. (2007) *Esref Armagan and perspective in tactile pictures*, Erişim Tarihi: 18.11.2019, <https://www.utoronto.ca/~kennedy/2007chapter.pdf>
- Motluk A. (2005). *Senses special: The art of seeing without sight*, Erişim Tarihi: 27.11.2019, <https://www.newscientist.com/article/mg18524841-700-senses-special-the-art-of-seeing-without-sight/>
- Pennisi, A. ve Cavalieri R. (2016). *Rappresentazione semantica nei ciechi congeniti, Uno studio sperimentale sulle stereotipie*. Erişim tarihi: 03.12.2019, <https://iris.unime.it/retrieve/handle/11570/3103980/146380/Tesi%20Dottorato-Sacc%20c3%a0%20Valentina%20XXIX%20ciclo.pdf>
- Schiff, W. ve Foulke, E. (1982). *Tactual Perception*. Retrieved from https://books.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=UvP0O0al0aMC&oi=fnd&pg=PA168&dq=braille&ots=gHEIusTsR&sig=enNMpxKKjJiipmE-LVLRkc0Y6Uo&redir_esc=y#v=onepage&q=braille&f=false
- World Health Organization. (2012). *Görme Engelliler Üzerinde Küresel Veriler*, Erişim Tarihi: 01.12.2019, <https://www.who.int/blindness/GLOBALDATAFINALforweb.pdf>
- <https://learn.the3doodler.com/rnib-3doodler/> (WobbleWorks, *A Whole New Way for the Blind to Create*, Erişim tarihi: 17.09.2019)
- (I.R.I.S S.A., *IRISNotes 3*, Erişim Tarihi: 18.09.2019, <https://www.irislink.com/EN-TR/c1521/IRISNotes-3---Digital-Pen.aspx>