

T.C.  
SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ  
TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ  
MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

## **EL HAREKETLERİNİ SANAL ORTAMA TAŞIYAN VERİ ELDİVENİ**

**Mekatronik Mühendisliği Tasarımı Raporu**

**B180918017 Muhammet Emre DUŞ  
B180918022 Harun Reşit ÖZDEMİR**

**Danışmanı : Prof. Dr. Durmuş KARAYEL**

**Ocak 2023**

T.C.  
SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ  
TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ  
MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

## EL HAREKETLERİ尼 SANAL ORTAMA TAŞIYAN VERİ ELDİVENİ

**Mekatronik Mühendisliği Tasarımı Raporu**

**B180918017 Muhammet Emre DUŞ  
B180918022 Harun Reşit ÖZDEMİR**

**Danışmanı : Prof. Dr. Durmuş KARAYEL**

**Bu rapor 11.01.2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.**

**Prof. Dr. Durmuş  
KARAYEL  
Danışman**

**Prof. Dr. Osman  
ELDOĞAN  
Üye**

**Prof. Dr. Sinan  
Serdar ÖZKAN  
Üye**

**Arş. Gör. Büşra  
ALTUN KELEŞ  
Üye**

## **BEYAN**

Rapor içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafimdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, raporda yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir çalışmada kullanılmadığını beyan ederiz.

Muhammed Emre DUŞ

Harun Reşit ÖZDEMİR

05.12.2022

## **TEŞEKKÜR**

Lisans eğitimimiz boyunca bilgisinden ve tecrübesinden faydalandığımız, her konuda desteğini bizlerden esirgemeyen değerli danışman hocamız Sayın Prof. Dr. Durmuş KARAYEL ‘e araştırmanın başından sonuna kadar tüm aşamalarında verdiği tavsiye ve fikirlerle ufkumuzu açıp bizi teşvik ettiği, her sorumuza büyük bir ilgi ve alakayla cevap verdiği için teşekkürlerimizi sunarız.

## İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR .....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ .....	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	v
TABLOLAR LİSTESİ .....	vii
ÖZET .....	viii
ABSTRACT .....	ix

### BÖLÜM 1.

GİRİŞ .....	10
1.1. Sanal Gerçeklik Teknolojisi .....	10
1.2. Sanal Gerçeklik Uygulamaları .....	11
1.3. Sanal Gerçeklik Ortamlarıyla Etkileşim .....	13
1.4. Sanal Gerçeklik Ortamlarında Giyilebilir Teknolojiler .....	14
1.5. Giyilebilir Teknolojide Eldivenler .....	16

### BÖLÜM 2.

ÖNCEKİ ÇALIŞMALARIN ARAŞTIRILMASI .....	18
2.1. Eldivenlerin Sınıflandırılması .....	18
2.1.1. Geleneksel eldivenler .....	18
2.1.2. Yüksek .....	19
2.1.3. Dış iskeletler .....	19
2.2. Önceki Yapılan Çalışmalar .....	20
2.2.1. Cybergrasp .....	20
2.2.2. HaptX .....	21
2.2.3. Cerrahi için hareket yakalama veri eldiveni .....	21
2.2.4. Tyndall Sanal Gerçeklik Eldiveni .....	23

2.2.5.	KHU-1 veri eldiveni.....	24
2.2.6.	IMU tabanlı veri eldiven tasarımı .....	25
2.2.7.	Rehabilitasyon için akıllı kumaş eldiven .....	26
2.2.8.	İşaret dilini algılayan veri eldiveni.....	26
 BÖLÜM 3.		
YÖNTEM VE TASARIM.....		27
3.1.	Tasarımın Problemlerinin Belirlenmesi .....	27
3.2.	Sanal Ortam Etkileşimi İçin Geliştirilen Eldiven Tasarımı.....	28
3.3.	Sistemde Kullanılan Yazılımsal Bileşenler.....	29
3.3.1.	Visual Studio Code .....	29
3.3.2.	Unity.....	29
3.3.3.	Fusion 360.....	30
3.3.4.	Wokwi.....	30
3.4.	Sistemde Kullanılan Donanımsal Bileşenler.....	30
3.4.1.	ESP32.....	30
3.4.2.	Potansiyometre.....	31
3.4.3.	MPU6050 .....	31
3.4.4.	Yaylı anahtarlık.....	32
3.5.	Prototip Tasarım Geliştirilmesi .....	32
3.6.	Prototip Eldiven Geliştirilmesi.....	40
3.7.	Güç Analizi.....	42
3.8.	Maliyet Tablosu.....	43
 BÖLÜM 4.		
TARTIŞMA VE SONUÇ.....		44
KAYNAKLAR .....		45
ÖZGEÇMİŞ .....		46

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

CAD	: Computer Aided Design
DC	: Direct Current
ESP	: Electronic Stability Program
FPCB	: Finger Flexible Composite Board
IMU	: Inertial Measurement Unit
LI-ION	: Lithium Ion
MCM	: Motion-Capture Mainboard
ROM	: Range of Motion
USB	: Universal Serial Bus
VR	: Virtual Reality
VS CODE	: Visiual Studio Code

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Sensorama makinesi.....	11
Şekil 1.2. NASA'nın 1990'da yaptığı sanal gerçeklik sistemi.....	12
Şekil 1.3. Sanal ortam başlığı.....	13
Şekil 1.4. Sanal gerçeklik kontrolcüsü.....	14
Şekil 1.5. Sanal gerçeklik yeleği.....	15
Şekil 2.1. Cybergrasp dış iskelet tipi eldiven.....	20
Şekil 2.2. Geleneksel eldiven türü olan haptx'in kompresör.....	21
Şekil 2.3. Düşük maliyetli cerrahi veri eldiveni.....	22
Şekil 2.4 Cerrahi veri eldiveni doğruluk oranları.....	22
Şekil 2.5. Tyndall VR eldiveni.....	23
Şekil 2.6. Tyndall parmak algılama düzeneği.....	23
Şekil 2.7. KHU-1 geleneksel veri eldiveni.....	24
Şekil 2.8. IMU tabanlı geleneksel eldiven.....	25
Şekil 2.9. Geleneksel tip mikrofiber veri eldiveni.....	26
Şekil 3.1. El ve parmak hareketlerini simülasyon ortamına taşıyan eldiven tasarımı	28
Şekil 3.2. Esp32 WROOM.....	30
Şekil 3.3. 10K Potansiyometre.....	31
Şekil 3.4. MPU-6050.....	31
Şekil 3.5. Yaylı Anahtarlık.....	32

Şekil 3.6. Parmak hareketlerini algılayacak sistem.....	33
Şekil 3.7. Potansiyometre değerlerinin okunması.....	33
Şekil 3.8. Potansiyometre değerlerinin seri porta yazdırılması.....	34
Şekil 3.9. ESP32 ve potansiyometre bağlantısı.....	35
Şekil 3.10. ESP32'ye IMU ve potansiyometre bağlantısı.....	35
Şekil 3.11. IMU sensöründen gelen değerlerin seri porta yazdırılması.....	36
Şekil 3.12. Unity ortamında el dönüş hareketlerinin kodlanması.....	37
Şekil 3.13. IMU sensörü ile el dönüş hareketleri.....	37
Şekil 3.14. El modeli ile sanal ortamda nesne manipülasyonu.....	38
Şekil 3.15. Unity ortamında parmak eklem dönüşlerinin kodları.....	39
Şekil 3.16. Potansiyometre değerine göre parmak eklemlerinin döndürülmesi.....	39
Şekil 3.17. Prototip eldivenin testi.....	40

## **TABLOLAR LİSTESİ**

Tablo 2.1. KHU-1 doğruluk oranı.....	24
Tablo 2.2. Rehabilitasyon veri eldiveninin doğruluk oranı.....	25
Tablo 3.1. Elektronik komponentlerin güç analizi.....	42
Tablo 3.2. Maliyet tablosu.....	43

## ÖZET

Anahtar kelimeler: Sanal gerçeklik, Gerçek zamanlı simülasyon, Veri eldiveni

Her geçen gün sanal gerçeklik ortamlarının gelişmesiyle kullanıcının sanal gerçeklik ortamındaki etkileşimi ve ortama uyumu arttırmak istenmektedir. El hareketlerinin bu sanal ortamlara aktarılması kullanıcı deneyimi açısından çok büyük önem taşımaktadır. Piyasada bulunan çoğu sanal gözlük firmaları, el hareketlerini tetik sistemi kullanarak ortama aktarmaktadır. Kullanılan bu tetik sistemi parmak hareketlerini hassas bir şekilde algılamaması kullanıcının sanal ortamda özgürlük hissini ve gerçeklik hissini azaltmaktadır.

Bu çalışmada, sanal gerçeklik uygulamalarında önemli bir sistem olarak kabul edilen el hareketlerini algılamaya yönelik sistemler üzerine araştırma yapılmıştır. Bu araştırmanın amacı, düşük maliyetli ve kolay üretilen bir prototip geliştirmek ve bu prototipi bir sanal gerçeklik simülasyonu üzerinde deneyimlemektir. Bu prototipin sanal gerçeklik uygulamalarında kullanılabilen bir sistem olması hedeflenmektedir.

Çalışmada geliştirilen prototip eldiven, parmak ucuna sabitlenen ipin uzayıp kısalmasını ölçmesiyle parmak hareketlerini algılayacaktır. Prototipte ek olarak IMU (Atalet Ölçüm Sistemi) sensör kullanılarak elin uzaydaki hareketleri ölçülerek simülasyona aktarılacaktır. Eldivenden gelecek verilerin gözlemlenmesi amacıyla yapılan simülasyonda bulunacak el modelinin, eldiven hareketlerini gerçek zamanlı bir şekilde taklit etmesi sağlanacaktır. Bu gerçek zamanlı simülasyon sistemiyle nesne etkileşimi ve manipülasyonu gerçekleştirilecektir.

## ABSTRACT

Keywords: Virtual reality, Real-time simulation, Data glove

As virtual reality environments continue to evolve, there is an increasing need to enhance user interaction and immersion in these environments. The transfer of hand movements to these virtual environments is of great importance for the user experience. Most virtual reality headset companies currently transfer hand movements to the environment using a trigger system. However, this trigger system does not accurately detect finger movements, which can reduce the sense of freedom and realism for the user.

In this study, we conducted research on systems for detecting hand movements, which are considered an important system in virtual reality applications. The aim of this research was to develop a low-cost and easily reproducible prototype and to test this prototype in a virtual reality simulation. The goal is for this prototype to be used as a system in virtual reality applications.

The prototype developed in the study will detect finger movements by measuring the extension and contraction of a string attached to the finger tip. In addition to this, an IMU (Inertial Measurement Unit) sensor will be used to measure the movement of the hand in space and transfer it to the simulation. The simulation will include an arm model that will mimic the movements of the glove in real-time. This real-time simulation system will allow for object interaction and manipulation.

# **BÖLÜM 1. GİRİŞ**

## **1.1. Sanal Gerçeklik Teknolojisi**

Sanal gerçeklik (VR), insanlara gerçek dünya tecrübesini sanal ortamda deneyimleyebileceği bir ortam oluşturmayı hedefleyen teknolojidir. Bu teknoloji, kullanıcıların sanal ortamda hareket edebilmelerini ve orada bulunan nesnelerle etkileşim kurabilmelerini sağlar. Bu ortam kullanıcının gözlerini, kulaklarını ve diğer duyularını taklit eden bir sistem tarafından oluşturulur. Kullanıcı bu sayede, sanal ortamda hareket edebilir ve orada bulunan nesnelerle etkileşim kurabilir.

VR teknolojisi, kullanıcıların deneyimleyebileceği birçok farklı ortam yaratmak için kullanılabilir. Bunlardan önde gelen uygulamalar çoğunlukla oyunların oynanmasında ve sinemalarda filmlerin izlenmesinde kullanılmaktadır. VR teknolojisi sayesinde, insanlar gerçek dünyaya ilgisi olmayan fantastik dünyaları keşfedebilir ve bu dünyalarda gerçekleştirilemeyecek deneyimler yaşayabilirler. Ayrıca VR teknolojisi cerrahi eğitiminde de [2] kullanılabilir. Doktorlar VR sistemleri sayesinde, cerrahi işlemleri gerçekleştirmeden önce sanal bir ortamda pratik yapabilirler. Böylece, gerçek cerrahi işlemler sırasında daha deneyimli olabilirler ve ameliyatlarını daha başarılı bir şekilde gerçekleştirebilirler.

## 1.2. Sanal Gerçeklik Uygulamaları

Sanal gerçeklik (VR) teknolojisi, 1950'lerin ortalarından beri geliştirilmektedir. Morton Heilig tarafından geliştirilen Sensorama adlı cihaz bu alanda yapılan ilk çalışmalarlardandır. Kullanıcının başına kaplayan küçük bir kabin şeklinde tasarlanan bu cihaz, kullanıcıya bir dizi duyusal deneyim sunmayı amaçlar. Örneğin, Sensorama bir kullanıcının bir motosiklete binmesini sağlayarak onu sokakta bir yolculuğa çıkarmayı ve hatta bir yolda kokularımasına izin vermeyi hedefliyordu (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 Sensorama makinesi

1960'larda ise, Morton Heilig'in geliştirdiği Telesphere Mask ise bilinen ilk sanal gerçeklik başlığı oldu. Böylelikle ilk VR gözlükleri geliştirilmeye başlanmıştır ve bu gözlükler sayesinde insanlar daha gerçekçi sanal dünyaları deneyimleyebilme olanağı bulmuştur. Bu gözlükler, kullanıcının göz hareketlerini takip ederek, kullanıcının gözünden görüntünün yansıtılmasını sağladı. Böylece, kullanıcı gerçek dünya yerine, bir bilgisayar tarafından oluşturulan sanal dünyayı deneyimleyebilecektir.

Sanal gerçeklik (VR) teknolojisinin eğitim alanında ilk uygulamalarından biri, 1960'larda NASA tarafından geliştirilmiş ve astronotların eğitiminde kullanılmıştır. Bu sistem, kullanıcıların bir uzay gemisi içinde bulunabilecekleri ve uzayda yaşayabilecekleri koşulları deneyimleyebilecekleri bir ortam yaratmayı amaçlamaktaydı. Kullanıcılar, bu sistem aracılığıyla uzayda yapacakları hareketleri, işlemleri veya görevleri önceden deneyimleyebiliyorlardı ve bu sayede gerçek uzayda karşılaşabilecekleri durumlara daha iyi hazırlanabilirdiler. Bu sistem, çeşitli sensörler, kulaklıklar, gözlükler ve hareket algılama cihazları gibi donanımları kullanarak gerçekçi bir VR deneyimi sağlamaya çalışılmış. NASA'nın 1990'da yaptığı bir başka çalışma temsili olarak (Şekil 1.2) gösterilmiştir.



Şekil 1.2 NASA'nın 1990'da yaptığı sanal gerçeklik sistemi

Günümüzde ise, VR teknolojisi alanında birçok yenilikçi çalışma yapılmaktadır. Örneğin, "Oculus Rift" ve "PlayStation VR" gibi sistemler, kullanıcıların daha gerçekçi bir VR deneyimi yaşayabilecekleri ve bu deneyimi daha rahat bir şekilde sürdürmelerini mümkün kılmaktadır. Bu sistemler ayrıca, artırılmış gerçeklik (AR) teknolojisiyle birlikte kullanılabilecek özelliklere de sahiptir.

### 1.3. Sanal Gerçeklik Ortamlarıyla Etkileşim

İnsanlar, nesnelerin doğasını ve özelliklerini anlamak için dokunma duyularına güvenirler. Gerçek hayatı, nesneler ile etkileşime girerken nesnelerden aldığımız geri bildirim sayesinde nesnelerin özellikleri ile ilgili daha çok bilgi sahibi oluruz. Bu dokunsal geri bildirim sistemlerinin amaçları, kullanıcıya bilgi vermek ve kullanıcıların sanal ortamlardaki nesneleri hissetmelerini, etkileşime girmelerini sağlamaktır.

İnsanlar gerçek hayatı bir nesneye dokunduklarında duyularından ve sinir sistemlerinden gelen sinyalleri beyinlerinde değerlendirmesiyle algılar. Bu yüzden sanal ortamda kullanıcıya bu bilgilerin tümüyle aktarılması oldukça zordur. Sanal gerçeklik ortamlarıyla etkileşime girmemizi sağlayan ekipmanlar genellikle birkaç hissi aktarabilir. Bu ekipmanların kullanıcıya ettiği geri bildirim çoğunlukla görme ve duymadır.

VR teknolojilerinde yaygın kullanılan ekipmanlar kısaca şöyle sıralanabilir;

- VR Başlıklar: Sanal ortamı görsel ve işitsel algılamamızı sağladığı için en önemli ekipmandır. Bu başlıklar her göz için bulundurduğu mercekli ekran sayesinde sanal ortamı görmemizi sağlar. Ayrıca sahip olduğu sensör sayesinde kafa hareketlerini sanal ortama aktarır (Şekil 1.3).



Şekil 1.3 Sanal ortam başlığı

- El Kontrolcüsü: Sahip oldukları altı serbestlik dereceli sensörüyle ve üzerinde bulundurduğu düğmelerle sanal ortamda el hareketlerini kısıtlı bir şekilde sanal ortama aktaran ekipmanlardır (Şekil 1.4).



Şekil 1.4 Sanal gerçeklik kontrolcüsü

- İzleme Sistemleri: Sanalar ortama kullanıcının hareketlerinin aktarılması için ve sanal ortamın buna göre düzenlenmesi için odaya yerleştirilen kamerayla görüntü işleme yapılarak kullanıcın hareketleri ortama aktarılır.

#### **1.4. Sanal Gerçeklik Ortamlarında Giyilebilir Teknolojiler**

Sanal gerçeklik (VR) sistemlerinde kullanılan giyilebilir teknolojiler, kullanıcının sanal ortamda daha gerçekçi ve inandırıcı bir deneyim yaşamamasını sağlar. Giyilebilir teknolojiler, VR sistemlerini daha inandırıcı ve kullanışlı hale getirebilir.

Sanal gerçeklik (VR) sistemleri genellikle dokunma duyusunu simüle eden haptik teknolojisi kullanarak kullanıcı için daha kapsamlı bir deneyim sunar. VR'da haptik kullanımı, sanal ortamın gerçekçiliğini büyük ölçüde artırabilir ve kullanıcıların sanal dünyaya daha içgüdüşel bağlı hissetmelerine yardımcı olur. Sanal gerçeklik ortamlarında kullanılan başlıca ekipmanlar;

- Titreşimli kontrolcüler: Sanal gerçeklik ortamında kullanıcıya dokunma geri bildirimi sağlayan cihazlardır. VR ortamında belirli eylemler gerçekleştirildiğinde titreşir. Kontrol cihazı, kullanıcının sanal dünyada bir nesneye vurduğunda veya sanal dünyada bir nesne tarafından vurulduğunda titreşebilir.
- Kuvvet Geri Bildirim Cihazı: Sanal gerçeklik (VR) sistemlerinde kullanıcıya dokunma geri bildirimi sağlamak için kullanılan cihazlardır. Kuvvet geri bildirim cihazı, kullanıcının sanal dünyada bir nesneyi hareket ettirmeye çalıştığında veya sanal dünyada bir nesne tarafından vurulduğunda direnç sağlayabilir.
- Haptik Yelekler: Üzerinde geri bildirim veren motor ve aktüatörler sayesinde vücudunuza temas eden unsurlar hakkında uyarı verir. Örneğin sanal ortamda bir silah ile vurulduğunuzda o noktaya uyarı verir. Böylece oyundaki gerçeklik hissyatını arttırmır (Şekil 1.5).



Şekil 1.5 Sanal gerçeklik yeleği

### **1.5. Giyilebilir Teknolojide Eldivenler**

Veri eldiveni, elin ve parmaklarını bükülmesini, konumunu ve hareketlerini ölçebilmek için tasarlanan giyilebilir bir teknolojidir. Eldivenin dönüşünü hesaplayabilmek için manyetik veya atalet izleme cihazı (IMU) kullanılır. Algılanan hareketler bir işlemci tarafından işlenir ve bu bilgileri kategorize eder. Yapılan çalışmalar arasında işaret dilini konuşma diline çevirebilen, dokunsal eğitimleri simülasyon ile gerçeğe yaklaşırabilen, fizik tedaviyi daha eğlenceli bir hâle getirebilen uygulamalar olabilir. Sanal gerçeklik ve arttırlılmış gerçeklik ortamlarında sıkça kullanılır. Hareketlerin tespiti sağlamak için kullanılan birçok sensör ve cihaz vardır. Bunlardan en yaygın kullanılan hareket tespit sensörlerine degeinilecektir.

- Atalet ölçü birimi (IMU), açısal hızı ve doğrusal ivmeyi ölçebilen iki ayrı sensörün birleşimidir. Bunlardan birisi olan ivmeölçer içerisinde bulunan konumlandırılmış kütlenin değişen konumuyla referans konumunu kıyaslayarak ölçüm yapar. Dünyada ölçüm yapılrken ivme ölçerde z ekseni her zaman yerçekiminden dolayı +1 olarak başlar. IMU'da bulunan bir diğer sensör ise jiroskoptur. Dönüş ölçer olarak ifade edebileceğimiz bu sensör birbirine dik iki adet çemberin hızlıca döndürülmesiyle çalışır. Jiroskop dönüş ekseninde sabit kalır bu sayede uçaklarda ve uydularda yaygın olarak kullanılır.

Jiroskop ve ivmeölçerin birleştirilmesiyle oluşan IMU hız, pozisyon bilgisini tek bir birimden sağlar. Serbestlik derecesi 3 eksen jiroskop 3 eksen ivme ölçerli ve bununla beraber 3 eksen manyetometre olan bir IMU 9 serbestlik derecesi olarak ifade edilir.

Manyetometre belirli bir referans noktasına uzaklığını hesaplamak için kullanılan bir diğer sensördür.

- Esneklik sensörü, bir direnç olarak çalışır bükülmeye bağlı olarak değişkenlik gösterir. Düz bir halde  $10\Omega$  direnç gösterirken büküldükçe maksimum  $20\Omega$  direnç değerine kadar ulaşır. Bağlantı pinleri hassas olduğu için uzun süreli kullanımlara uygun değildir ve kolay bozulurlar.
- Piezorezistif veya basınca duyarlı malzeme ile yapılan kumaşlar parmak izleme ve dönme sensörleriyle beraber kullanılarak el hareketlerini tespit eder. Kumaşa bulunan sentezlenmiş granül katmanıyla titreşim sağlayarak nesneleri hissetmelerini sağlar.
- El hareketlerini tanıtmak için kullanılan bir diğer teknik ise bilgisayarlı görme kullanılarak elde edilen görüntüleri işleyerek tespit etmektir. Bilgisayarlı görme teknikleri genelde iki yöntem tercih edilir Open-NI kütüphanesi veya OpenCV kütüphanesi aracılığıyla görüntü işleme ve gerçek zamanlı çalışma teknikleri kullanılır. Bu yöntemde başlıca sorunlar aydınlatmanın değişimi sistemin çalışmasını olumsuz etkiler. Bununla beraber mesafe kameranın veya bilgisayarın görüş açısıyla sınırlıdır.

## **BÖLÜM 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALARIN ARAŞTIRILMASI**

### **2.1. Eldivenlerin Sınıflandırılması**

Veri (Data) Eldivenlerin sistemlerinde kullanıcının ellerinin ve parmaklarının hareketi sistem sensörleri tarafından ölçülür ve sanal gerçeklik ortamına iletilir. İşlenen bilgilere dayanarak, sanal ortamda nesnelerle etkileşime geçilir.

Literatürde ki incelemeleri basit bir şekilde kategorileştirmek için üç ana başlıkta toplayabiliriz. Bu kategoriler geleneksel eldivenler, elektronik yüksükler ve dış iskeletlerdir. Her ne kadar ulaşılması gereken hedefler aynı olsa da teknik açıdan bazı farklılıklar vardır.

#### **2.1.1. Geleneksel eldivenler**

Geleneksel eldivenlerde genellikle esnek bir kumaştan yapılmış giyilebilir eldivenlerden oluşur. Geleneksel eldivenler parmakların ayrı ayrı hareket etmesine izin verir. Parmakların kinematik hareketlerini ölçen sensörler, kullanıcının cildine veya kas sisteme geri bildirim sağlayan kumaşa dikilir. Bu eldivenlerin tasarımları ve üretiminde iki temel sorun vardır. Bunlardan ilki sensörlerin ve aktüatörlerin elin ve parmakların hareketini kısıtlamaması için mümkün olduğunda küçük olmalıdır. İkinci olarak kullanılan ekipmanların esnek ve sürekli tekrarlara, deformasyon, bükülme, uzama olmadan dayanabilmesi ve hiçbir fonksiyonunu kaybetmemesi gereklidir. Geleneksel eldivenler bilgi toplamak amacıyla veri eldiveni olarak kullanılabilir.

### **2.1.2. Yüksek**

Yükseklerde kullanıcının taktığı parmak ucu aktüatörleriyle dokunsal geri bildirim almak için kullanılır. Birkaç parmağa birden fazla yüksek takılabilir. Bu sayede çoklu dokunma hissi elde edilebilir. Yüksükler kuvvet geri bildirimi sağlayamaz yalnızca titreşimli dokunsal geri bildirim sağlarlar. Yüksükler tasarlanırken üç temel problemle karşılaşılır. İlk olarak aktüatörlerin, sensörlerin ve sarf cihazların tek bir kompakt cihaza entegrasyonu zorluk oluşturur. İkinci olarak, el hareketini kısıtlayıcı durumlardan ve parmak ucunda bir yük taşımaktan dolayı parmakların yorulmaması için yükseklerin mümkün olduğunda hafif olması gereklidir. Ayrıca yüksükler farklı parmak boyutlarına ve yarıçaplarına göre ayarlanabilecek şekilde tasarlanmalıdır, böylece farklı kullanıcılar tarafından giyildiğinde parmakları sıkması ve kaymasının önüne geçilmiş olur.

### **2.1.3. Dış iskeletler**

Dış iskeletli eldivenler parmak hareketlerini mekanik olarak tespit etmeyi sağlayan mekanizmalardan oluşur. Genellikle elektronik veya pnömatik motorlarla beraber kullanılarak dokunsal geri bildirim vermek amacıyla kullanılırlar. Dış iskeletlerde eklemli mekanizma yapısı sayesinde kuvvetlerin kullanıcıların ellerine ve parmaklarına iletilmesi sağlanır. Dış iskeletlerdeki problem farklı el şekillerine ve boyutlarına göre ayarlanması zor olmalıdır. Bu mekanizma geleneksel eldivenlere ve yüksüklere göre daha ağır ve hantaldır. Fakat kullanıcının ellerine ve parmaklarına daha fazla kuvvet geri bildirimi sağlar.

## 2.2. Önceki Yapılan Çalışmalar

### 2.2.1. Cybergrasp

Cybergrasp fizik tedavide, askeri simülasyon eğitimlerinde ve otomotiv parçaların CAD çizimlerini değerlendirmede kullanılabilir. Bu siber eldiven her bir parmağa direnç uygulayan dış iskelet tipi eldivendir. Eldivenle sanal ortamda nesnelerin boyutları ve şekilleri algılanır. Üzerinde bulundurduğu DC motorlar sayesinde sanal ortamda nesneye temas edildiğinde nesnenin şeklinin ve boyutunun algılanmasını sağlar. Aktüatörler kablo tahrikli mekanizma ile çalışma ünitesine bağlıdır. Çalıştırma ünitesi kabloyla bağlı olduğu için kullanımı sınırlıdır, ağırlığı 20 kilogramdır ve 120W enerji harcar (Şekil 2.1). Etkin çalışma mesafesi iki metre çapındaki dairesel alandır. Parmak uçlarında 12N kuvvet sağlayabilir. Cybergrasp eklemlerin hareketini algılayabilmek için 15 esneklik sensörü, yönü ve açayı algılayabilmek için IMU kullanılarak elin ve parmakların hareketini 18 serbestlik derecesinde takip edebilir. Kuvvet ve konum bilgilerini 115 kbps hızında aktarır. Farklı boyutlardaki ellere göre ayarlanabilir şekilde tasarlanmıştır.[1]



Şekil 2.1 Cybergrasp dış iskelet tipi eldiven

### **2.2.2. HaptX**

Geleneksel tipte geliştirilen HaptX kuvvet geri beslemeli eldiven 5 parmak hareketini algılayabilmek için tasarlanmıştır. 5 adet pnömatik aktüatör ile parmaklar üzerinde uzayıp bükülmeyi algılayabilmiş ve parmaklara 18N değerinde kuvvet geri beslemesi sağlayabilmiş. Pnömatik aktüatörlere güç vermek için kullanılan basınçlı hava, parmak ucuna yerleştirilmiş akıllı silikon bazlı kanallarla sağlanmış.

Ellerin ve parmakların hareketleri, eldiven üzerine yerleştirilen hall efekt sensörleri ile üretilen manyetik alanları algılayarak ölçülmüş. 30 serbestlik derecesinde hareketleri hassas bir şekilde takip edebilmiştir. Dezavantajı ise 18 kilogram hava kontrolörü ve 16 kilogram akıllı kompresöre sahip olmasından dolayı dar çalışma alanına sahip olmasıdır. Hava kontrolörü ve kompresör (Şekil 2.2) gösterilmiştir.



Şekil 2.2 Geleneksel eldiven türü olan haptx'in kompresör

### **2.2.3. Cerrahi için hareket yakalama veri eldiveni**

Ceo ve ark. [2] cerrahi eğitimde kullanılan nesnelerin nadir ve sınırlı oluşunu çözmek için sanal cerrahi simülasyonu gerçekleştirmiştir. Toplam el hareketini ölçmek için

direnç sensörü kullanılarak 15 eklemde 20 serbestlik hareket tespiti yapılmış. Bunu daha basitleştirmek için birinci eklemden alınan veriye göre diğer eklemlerin dönüş açısını oranlayarak sensör sayısı 4'e düşürülmüş. Direncin değerleri mikrodenetleyici tarafından ölçülecek bluetooth modülü ile bilgisayara iletilmiş (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 Düşük maliyetli cerrahi veri eldiveni

Maliyet bakımından her ne kadar düşük olsa da direnç sensörünün sağladığı doğruluk oranı ( Şekil 2.4 ) düşük kaldığından hastanede kullanıma uygun olmayıp, üniversitede eğitim amaçlı kullanmak için daha uygun olduğuna kanaat getirilmiştir.

Gestures	DATA		
	Pitch	Roll	Yaw
0	17.027197	43.586250	32.591675
1	17.026934	43.585163	32.592159
2	17.025414	43.585999	32.589664
3	17.024542	43.587837	32.587002
4	17.023672	43.587624	32.586281
5	17.024185	43.588509	32.587162
6	17.024094	43.589054	32.588566
7	17.024233	43.589417	32.590218
8	17.010231	43.626625	32.578827
9	17.008472	43.626476	32.578709
10	17.005980	43.627213	32.576633

Şekil 2.4 Cerrahi veri eldiveni doğruluk oranları

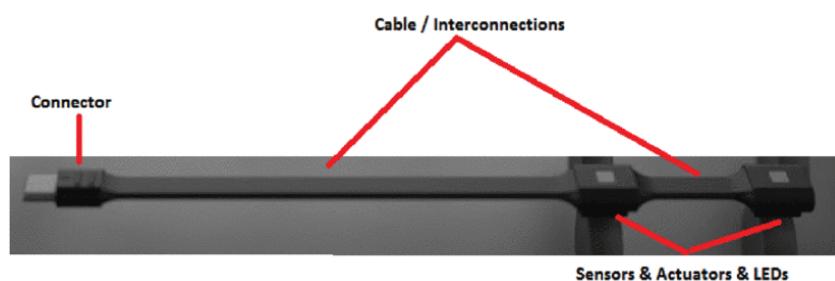
#### 2.2.4. Tyndall Sanal Gerçeklik Eldiveni

Sanches ve ark. [3] Sanal gerçeklik uygulamaları için geliştirdikleri bu eldiveni, iki temel bölüme ayırmışlar. Kontrol ünitesine, algılama prensipleri için parmak üzerinde bulunması gerekmeyen elektronik entegreleri yerleştirmiştir. Bunlar arasında mikrodenetleyici, pil, kablosuz iletişim modülleri vardır (Şekil 2.5).



Şekil 2.5 Tyndall VR eldiveni

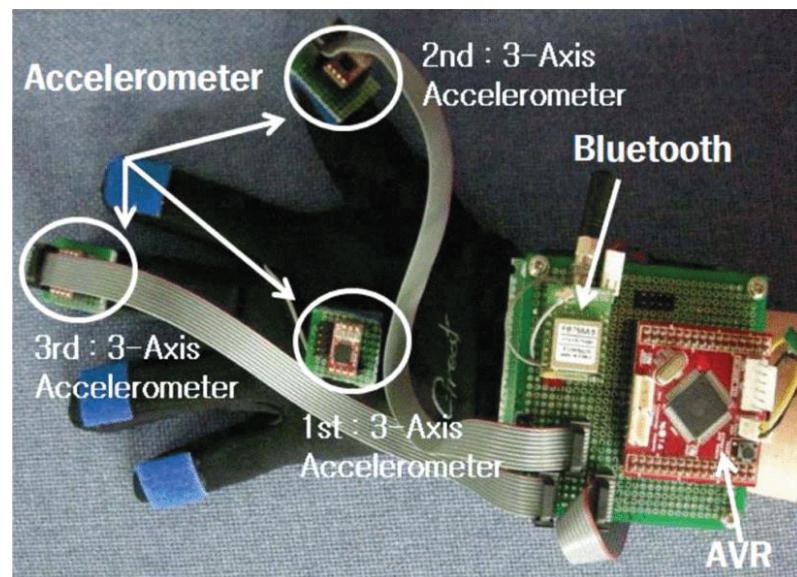
Diğer bölüm olan parmak algılama birimi, her bir parmağın ucunda ve ortasında bulunan 9 eksenli IMU ile kontrol ünitesine bağlantıyı sağlayan USB kablosundan oluşur. Ayrıca bilek ve avuç hareketlerini ölçebilmek için el üzerinde 2 adet daha IMU kullanılmış. Sensörlerin birbirlerine göre konumları sensör füzyon algoritmasıyla tespit edilmiş (Şekil 2.6).



Şekil 2.6 Tyndall parmak algılama düzeneği

### 2.2.5. KHU-1 veri eldiveni

KHU-1 [4] veri eldiveni tasarlanırken üç adet üç eksenli bir ivmeölçeri baş parmağın ve orta parmağın ucuna ve avucun arka tarafına gelecek şekilde entegre edilmiş. Hareket ölçümünü sağlayan sensörlerden gelen sinyaller bluetooth modülü ile AVR mikrodenetleyicisine gönderilmiş (Şekil 2.7).



Şekil 2.7 KHU-1 geleneksel veri eldiveni

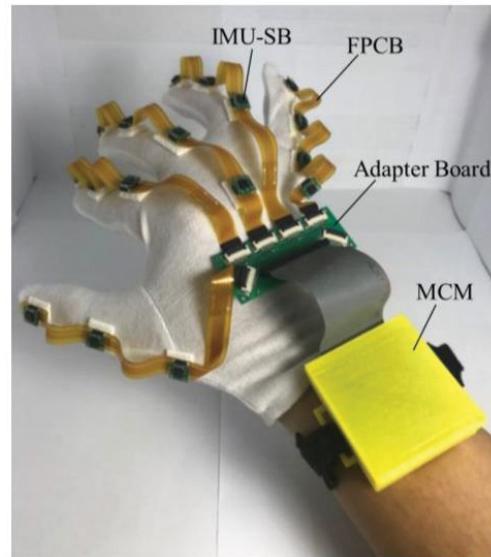
Kinematik zincir teorisi aracılığıyla 3 boyutlu bir dijital el modeli uygulanmış olup. Bu teori avuç içi eklemi 0-180 derece arası hareket edebiliyorken, orta eklem 0-90 derece hareket ettiğini belirttiği için buna göre bir algoritma yazılarak az sayıda olan sensörlerden basit el hareketleri tespit ederken 100% başarıya (Tablo 2.1) ulaşmışlar.

Tablo 2.1 KHU-1 doğruluk oranı

Faaliyetleri	Deneme	Başarı Oranı
Makas	50	100%
Taş	50	100%
Kağıt	50	100%

### 2.2.6. IMU tabanlı veri eldiven tasarımı

Lin ve ark [5] tarafından yapılan çalışmada doktorların rehabilitasyon çalışmaları için veri eldiveninden alınan hareket parametrelerini tutuş füzyon algoritması kullanarak doktorlar tarafından kullanılan ROM bilgiye çevirmiştir. Tasarımın donanım kısmı hareket algılama kartı (MCM), esnek şeritler üzerine yerleştirilen kompozit kartı (FPCB) ve 18 IMU ile oluşmuştur. Temel olarak hareket tespitini IMU üzerinden sağlayıp kontrol kartı tarafından işleme mantığıyla çalışmaktadır.



Şekil 2.8 IMU tabanlı geleneksel eldiven

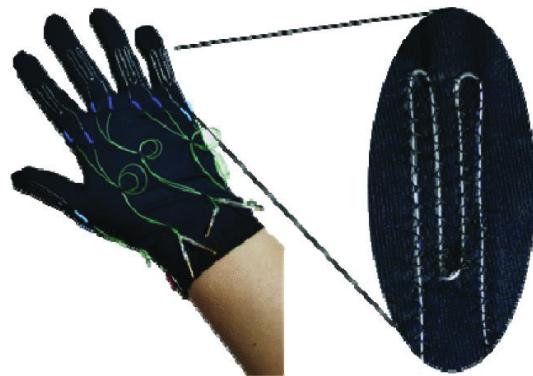
Kullanılan algoritmayla  $0^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$  ve  $120^\circ$  açılarını ölçülümsüz doğruluk oranları (Tablo 2.2) gösterilmiştir.

Tablo 2.2 Rehabilitasyon veri eldiveninin doğruluk oranı

Referans Açısı ( $^\circ$ )	0	30	60	90	120
Ölçülen Açıların Ortalaması ( $^\circ$ )	0.09	30.04	60.17	88.37	116.47
Referans Açılarıyla Yüzdelik fark ( $^\circ$ )	0.15	0.05	0.10	0.19	0.09

### **2.2.7. Rehabilitasyon için akıllı kumaş eldiven**

Ghate ve Ark [7] tarafından rehabilitasyon hastalarını uzaktan izleyebilecek ve oyun oynayarak çalışmalarına dahil edebilecek kumaştan veri eldiveni tasarlanmıştır. Parmağın eğilip bükülürken oluşturduğu gerginliği ölçebilmek için gerilime dayanaklı mikrofiber bir sensör kullanılmış. Gerilebilir mikrofiber sensörün tasarımında polidimetilsilosan asetona batırılıp içerisinde galyum metalik alaşımı enjekte edilerek yapılmış. Mikrofiber sensörleri eldivene dikerek konfor oluşturmayı amaçlamışlar (Şekil 2.9).



Şekil 2.9 Geleneksel tip mikrofiber veri eldiveni

### **2.2.8. İşaret dilini algılayan veri eldiveni**

Lokhande ve Prajapati [7] yaptıkları çalışmada sağır-dilsiz insanların iletişim kurmak için kullandıkları işaret dilini algılayıp metin ve ses formatına çevirebilecek bir veri eldiveni tasarladılar. Esneklik sensörleri ve 3 eksenli ivmeölçer kullanılarak el hareketlerine karşılık gelen kelimelelere çevirir. Başparmak haricinde diğer parmaklarda biri üstte biri alta olmak üzere 2 esneklik sensörü bulunur. Toplama 9 esneklik sensörü vardır. Gürültüden çok etkilendiği için  $10\Omega$  direnç ile birlikte devreye bağlanır.

## **BÖLÜM 3. YÖNTEMLER VE TASARIM**

### **3.1. Tasarımın Problemlerinin Belirlenmesi**

Veri eldivenleri kullanıcıların sanal gerçeklik ortamlarıyla daha doğal ve yoğun bir şekilde etkileşim kurmalarına yardımcı olur. Bu eldivenler, kullanıcının el ve parmaklarının hareketlerini izleyen sensörler ve kontrolörlerle donatılmıştır, bu sayede kullanıcılar sanal nesneleri kavrama ve manipüle etme gibi eylemleri gerçekleştirebilir.

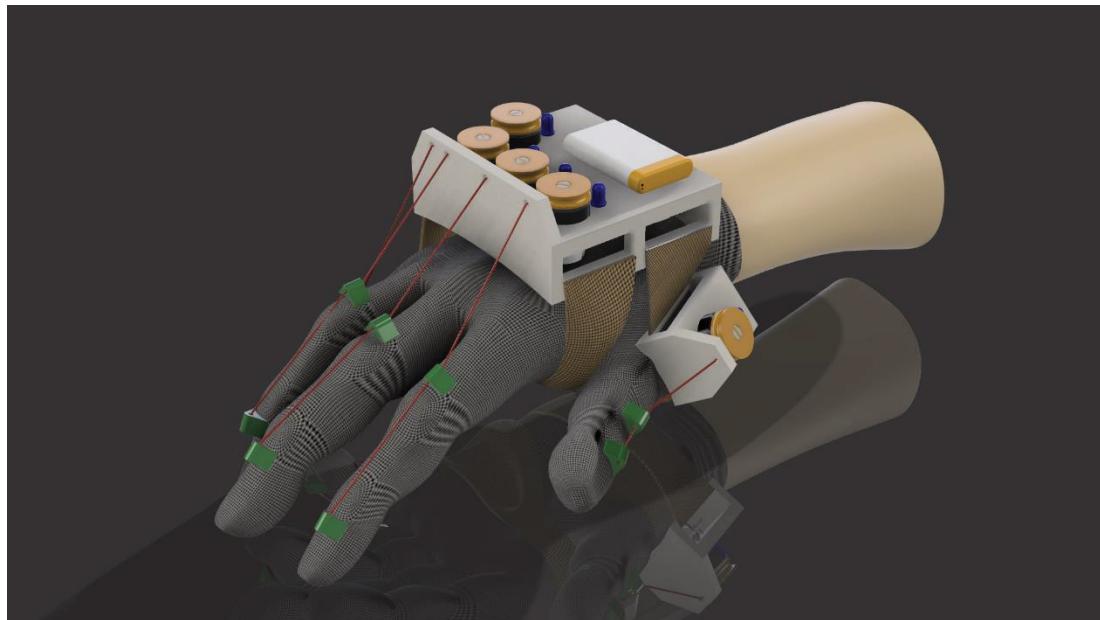
Eldivenlerinin tasarımında dikkate alınması gereken önemli bir nokta, genellikle uzun süre boyunca giyilecekleri için rahat olmalarıdır. Eldivenler hafif olmalı ve rahatsızlık vermemesi gerekmektedir. Ayrıca, sensörler ve kontrolörler, kullanıcının doğal el hareketlerini engellenmeden el ve parmak hareketlerini doğru bir şekilde izlemek için stratejik konumlara yerleştirilmelidir.

Bu bilgiler doğrultusunda tasarımın ana hedefi el ve parmak hareketlerini sanal gerçeklik ortamına aktarabilecek bir prototip oluşturmaktır. Bu görevi gerçekleştirmek için aşağıdaki önemli adım basamakları takip edilmiştir.

- El ve parmak hareketlerin gözlemlenebildiği, elin ergonomisine uygun, kolay ve düşük maaliyetlerle üretilebilecek bir eldiven mekanizması tasarımı gerçekleştirmektir.

- El ve parmak hareketlerini istenilen şekilde algılayabilecek sensör, kontrolcü ve komponentlerin seçimi yapmaktadır.
- Sensörlerden kontrolcüye aktarılan bilgilerin simülasyon ortamıyla haberleşmesini sağlamaktır.
- El ve parmak hareketlerinin gözlemleneceği ve nesnelerle etkileşime girilecek bir sanal gerçeklik ortamının tasarılanmasıdır.

### **3.2. Sanal Ortam Etkileşimi İçin Geliştirilen Eldiven Tasarımı**



Şekil 3.1 El ve Parmak Hareketlerini Simülasyon Ortamına Taşıyan Eldiven Tasarımı

Bu tasarım, sanal gerçeklik ortamlarında kullanıcıların el ve parmak hareketlerini doğru bir şekilde izlemesine yardımcı olacak özelliklere sahiptir. Eldivenin el hareketlerini algılaması için kullanılan IMU sensörü, elin pozisyon ve açısını ölçmek için kullanılmıştır. Parmak hareketlerinin algılanması için ise parmak uçlarına bağlanan ipin potansiyometreyi döndürmesiyle parmak hareketleri algılanmıştır. Bu potansiyometre değerleri, dönüş oranına göre parmak hareketlerini algılamıştır. (Şekil 3.1).

Sensör ve potansiyometreden toplanan bu bilgiler, ESP32 kontrolcüsüne gelir ve kontrolcüde gerekli işlemler yapılır. Bu işlemler sonucu elde edilen bilgiler, seri haberleşme yöntemiyle Unity ortamına aktarılmıştır. Kontrolcü ve simülasyon ortamıyla haberleşmesi sağlanan sistemle birlikte gerçek zamanlı bir simülasyon ortamı oluşturulmuştur.

### **3.3. Sistemde Kullanılan Yazılımsal Bileşenler**

#### **3.3.1. Visual Studio Code**

Visual Studio Code, Microsoft tarafından geliştirilen ve dağıtılan ücretsiz bir kod düzenleyicisidir. Birçok farklı programlama dilini destekleyen bu yazılım geliştiricilere kolaylıkla kod yazma ve bunları test etme imkânı sunar. Bu gibi sebepler doğrultusunda ESP32 kontrolcüsünün C/C++ dilinde programlanması ve Unity ortamında kullanılan C# dilinde programlamasında VS Code yazılımı tercih edilmiştir.

#### **3.3.2. Unity**

Unity, oyun geliştiriciler tarafından sıkılıkla tercih edilen bir oyun motorudur ve çok yönlü bir platform olması sebebiyle çeşitli alanlarda da kullanılabilmektedir. Unity ortamında yapılabilecek çalışmalara simülasyonlar, eğitim amaçlı çalışmalar ve animasyonlar gibi örnekler verilebilir.

Unity aynı zamanda VR uygulamaları oluşturmak için de oldukça başarılı bir platformdur. VR sistemler için geliştirilen çeşitli araç ve kütüphaneleri barındırdığı için Unity gerçek zamanlı VR simülasyon yapımında tercih edilmiştir.

### **3.3.3. Fusion 360**

Fusion 360, 3B bilgisayar destekli tasarım (CAD) programıdır ve 3B modeller oluşturma yeteneğine sahiptir. Birçok farklı eklentisi ve aracı olan Fusion 360 bu tasarımda, 3B baskısı alınacak parçaların modellenmesinde kullanılmıştır. Bu modeller, üretim işlemleri için dilimlenerek 3B baskı için hazır hale getirilmiştir.

### **3.3.4. Wokwi**

Wokwi web tarayıcısı üzerinden erişilebilen bir simülatördür. Bu simülatörde çeşitli elektronik komponentlerin denemeleri gerçekleştirilebilir. Sistemde kullanılacak elektronik komponentlerin önceden testlerinin gerçekleştirilmesinde Wokwi yazılımı kullanılmıştır.

## **3.4. Sistemde Kullanılan Donanımsal Bileşenler**

### **3.4.1. ESP32**

Esp32 wifi ve bluetooth desteği sayesinde kablosuz projelerde kullanılabilir. ESP32'nin uykuya akımı  $5 \mu\text{A}$ 'dan azdır, Giyilebilir teknolojilere uygunluğundan dolayı tercih edilmiştir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Esp32 WROOM

### 3.4.2. Potansiyometre

Potansiyometre üzerinde bulunan milin dönmesi vasıtasyla direnci değişen elektronik bir komponenttir. Projede kullanılmak üzere mili uzun ve 0-10k ohm arasında değer alan bir potansiyometre seçilmiştir (Şekil 3.3).

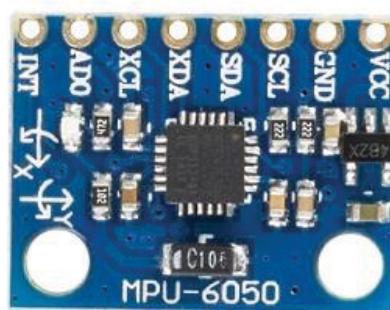


Şekil 3.3 10K Potansiyometre

### 3.4.3. MPU6050

MPU6050, üç eksenli jiroskop ve 3 eksenli ivmeölçerden oluşan bir IMU'dur. Bir nesnenin hareketlerini ölçmesi için kullanılır. Bu modül küçük boyutu ve hafifliği nedeniyle ve hassas hareket ölçüm kabiliyetinden dolayı uygun görülmüştür

(Şekil 3.4).



Şekil 3.4 MPU-6050

### 3.4.4. Yaylı anahtarlık

Kompakt ve ucuz bir şekilde temin edilebildiği için tercih edilmiştir. Dahili yaylı bu komponent (Şekil 3.5) projede parmağın bükülmesiyle uzayan ipin geri toplanması için kullanılmıştır.



Şekil 3.5 Yaylı Anahtarlık

### 3.5. Prototip Tasarım Geliştirilmesi

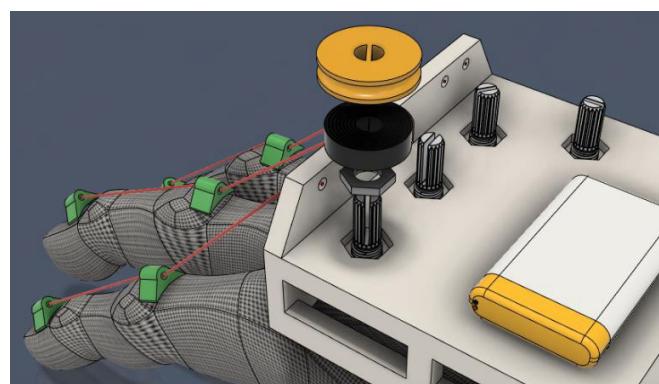
Literatürde araştırılan eldiven tasarımları incelediğinde, parmak hareketlerinin algılanması için iki sistem üzerine düşünülüp eksik yönleri göz önünde bulundurularak yeni bir tasarım yapılmaya çalışılmıştır.

Parmak hareketlerini algılanmasında sıkılıkla kullanılan esneklik sensörleri incelediğinde bu sensörlerin zamanla doğru değer verilmemiği görülmüştür (Lokhande ve Prajapati). Eğilme ve bükmelere karşı oldukça dayanıksız olan esneklik sensörleriyle yapılacak çalışmanın uzun ömürlü olmayacağına karar verilmiştir. Ancak belirli firmaların ürettiği özel esneklik sensörleri bulunmaktadır. Bu ürünler de diğerlerinden farklı olarak esneklik sensörü, yumuşak plastik içine yerleştirerek koruma altına alınmıştır. Korucuyu malzeme içine yerleştirilen sensörün

digerlerine göre oldukça uzun ömürlü olduğu görülmüştür. Tedarik sorunu ve fiyatları göz önünde bulundurularak prototipte tercih edilmemiştir.

Literatür araştırılması yapılrken sıkılıkla karşılaşılan bir diğer yöntem ise parmak hareketlerinin IMU sensör kullanılarak algılanmasıdır. Bu sistemde parmak uçlarına yerleştirilen sensörler birbirleriyle veya merkez IMU ile referans alınarak konum bilgisi alınmaktadır. IMU sensörler diğer yöntemlere göre parmak hareketlerini daha yüksek serbestlik derecesiyle tespit etmektedir. Ancak her bir parmak hareketi için bu sistemi kullanmak maliyetli ve karmaşık hesaplamalar gerektiren bir yöntemdir. IMU sensörler, el üzerine koyularak el konum bilgisi ve açı bilgisi için neredeyse her sistemde tercih edilmektedir. Bizim çalışmamızda da IMU sensör bu amaçla kullanılacaktır.

Araştırmalar neticesinde prototip çalışmasında sistemi karmaşıklıktan uzaklaştmak ve maliyeti düşürmek amacıyla parmak hareketlerinin potansiyometre ile ölçülmesine karar verilmiştir. Parmak ucuna bağlanan ipin parmak hareketiyle uzayıp kısalması potansiyometre dönüsüne çevrilecek ve bu sayede ölçüm yapılacaktır. İp makaraya dolanarak potansiyometrenin miline geçirilecektir. İpin makara yardımıyla döndürülmesi mile daha fazla tork uygulayarak sıkışmanın önüne geçecektir. Parmak hareketiyle dönen potansiyometrenin ipi geri toplayabilmesi için zemberek yay ile geri kuvvet uygulanacaktır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 Parmak hareketlerini algılayacak sistem

Parmaktan hareketlerinden dönen potansiyometre bu bilgileri analog değer şeklinde çıkış verir. Potansiyometrenin analog değer çıkışı ESP32'nin analog pinlerine bağlanarak bu kontrolcüde işlenir. ESP32, gelen analog değerleri aşağıdaki kod satırlarıyla algılmaktadır (Şekil 3.7):

```

1 void setup() {
2     pinMode(34 , INPUT);
3     pinMode(35 , INPUT);
4     pinMode(32 , INPUT);
5     pinMode(33 , INPUT);
6     pinMode(25 , INPUT);
7     delay(100);
8 }
9
10 void loop() {
11     int serce = analogRead(34);
12     int yuzuk = analogRead(35);
13     int orta = analogRead(32);
14     int isaret = analogRead(33);
15     int bas = analogRead(25);
16 }
```

Şekil 3.7 Potansiyometre değerlerinin okunması

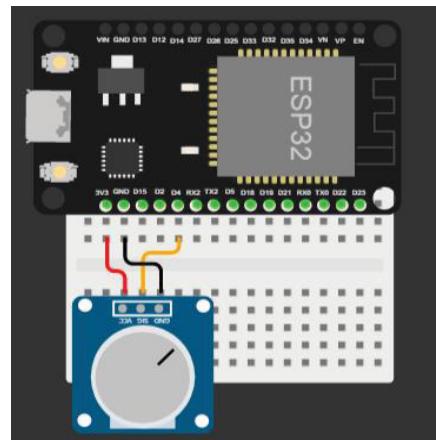
Kod satırında ilk olarak potansiyometrelerin bağlı olduğu ESP32 pinleri INPUT olarak atanmıştır. Kodun sürekli çalıştıracağı loop(döngü) fonksiyonunda bu değerler ilgili oldukları parmak isimlerine göre farklı değişkenlere tanımlanmıştır (Şekil 3.8).

```

1 void setup() {
2     Serial.begin(115200);
3     pinMode(34 , INPUT);
4     pinMode(35 , INPUT);
5     pinMode(32 , INPUT);
6     pinMode(33 , INPUT);
7     pinMode(25 , INPUT);
8     delay(100);
9 }
10
11 void loop() {
12     int serce = analogRead(34);
13     int yuzuk = analogRead(35);
14     int orta = analogRead(32);
15     int isaret = analogRead(33);
16     int bas = analogRead(25);
17 }
18     serce = map(serce, 0, 4095, 0, 100);
19     yuzuk = map(yuzuk, 0, 4095, 0, 100);
20     orta = map(orta, 0, 4095, 0, 100);
21     isaret = map(isaret, 0, 4095, 0, 100);
22     bas = map(bas, 0, 4095, 0, 100);
23
24     float datas[] = {bas,isaret,orta,yuzuk,serce};
25
26     for(int i = 0; i < 4; i++)
27     {
28         Serial.println(datas[i]);
29     }
30 }
```

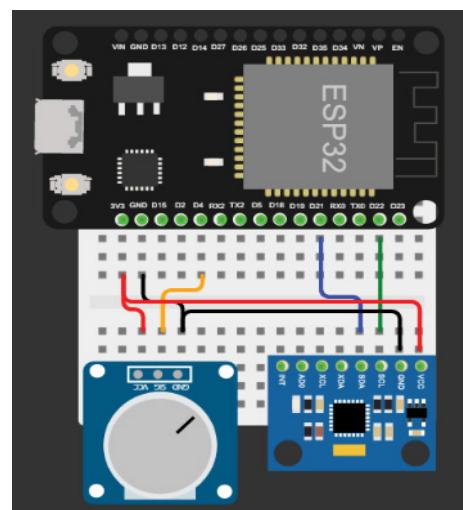
Şekil 3.8 Potansiyometre değerlerinin seri porta yazdırılması

Potansiyometreleri verdiği değer aralıkları yapılan ilk testle 0 ile 4095 arası olduğu gözlemlenmiş ve bu değeri ufaltmak amacıyla 0 ile 100 arasına dönüştürülmüştür. Dönüşürtülen bu değerleri Unity ortamına aktarmak için seri haberleşme portuna dizi şeklinde sırayla bastırılmıştır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9 ESP32 ve potansiyometre bağlantısı

Potansiyometreden gelen değerlerin sıkıntısız şekilde gözlemleyip seri haberleşme portuna bastırıldıktan sonra IMU sensöründen elin konum ve açı bilgisini almak için sensörün ESP32'ye bağlantıları yapılmıştır (Şekil 3.10).



Şekil 3.10 ESP32'ye IMU ve potansiyometre bağlantısı

Breadboard üzerinde ESP32 ile bağlantıları yapılan IMU sensörü MPU6050 test amaçlı yazılan kod satırları (Şekil 3.11) gösterilmiştir.

```

1 #include <basicMPU6050.h>
2 #include <imuFilter.h>
3 basicMPU6050<> imu;
4 imuFilter fusion;
5 void setup() {
6     Serial.begin(38400);
7     // IMU Kalibresi
8     imu.setup();
9     imu.setBias();
10    // Filtrelenmiş jiroskop başlatma:
11    fusion.setup( imu.gx(), imu.gy(), imu.gz() );
12 }
13 void loop() {
14     // jiroskop değerlerini alma:
15     fusion.update( imu.gx(), imu.gy(), imu.gz());
16     // açıların yazdırılması:
17     Serial.print( fusion.pitch() );
18     Serial.print( " " );
19     Serial.print( fusion.yaw() );
20     Serial.print( " " );
21     Serial.print( fusion.roll() );
22     Serial.println();
23 }
```

Şekil 3.11 IMU sensöründen gelen değerlerin seri porta yazdırılması

Kod satırında ilk olarak MPU6050 sensörü için hazır bulunan kütüphane ve değerleri gürültüsüz şekilde alabilmek için filtre kütüphanesi tanımlanmıştır. Gerekli kurulum kodları yazıldıktan sonra 6 serbestlik dereceli sensörden gelen Roll, Pitch, Yaw açı değerleri seri haberleşme portuna yazdırılmıştır.

ESP32 ile seri haberleşme portuna yazdırılan değerleri Unity ortamında gözlemelemek için ilk olarak unity ortamında boş bir ortam oluşturularak bu değerlerin konsola yazdırılması sağlanmıştır. Konsola yazdırılan değerler ile ESP32'den Unity ortamına haberleşme altyapısı test edilmiştir. Unity ortamına kuaterniyon (Şekil 3.12) cinsinde atılan IMU sensör verileri ile sanal ortamdaki el modelini döndürmek için yazılan script adı verilen kod satırları aşağıda gösterilmiştir.

```

void Start()
{
    stream.Open();
}

void Update()
{
    strReceived = stream.ReadLine();
    strData = strReceived.Split(',');

    //El Hareketi:
    if (strData[0] != "" && strData[1] != "" && strData[2] != "" && strData[3] != "")
    {
        strData_received[0] = strData[0];
        strData_received[1] = strData[1];
        strData_received[2] = strData[2];
        strData_received[3] = strData[3];

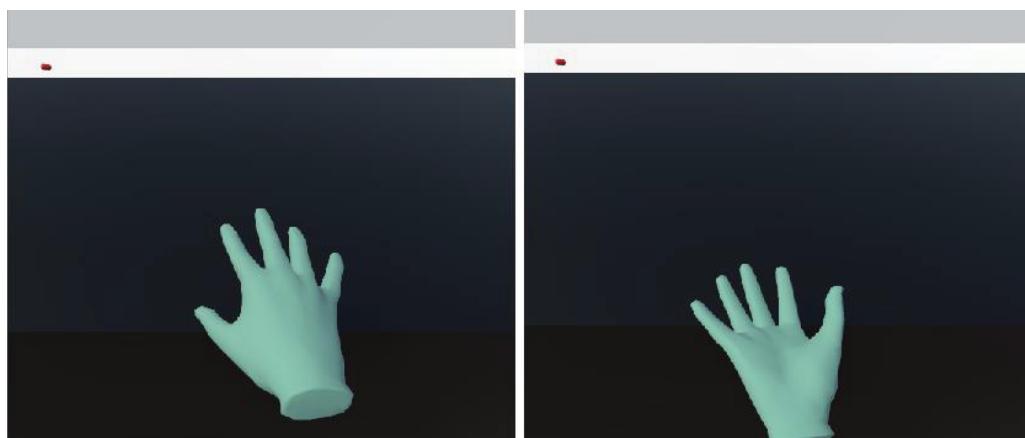
        qw = float.Parse(strData_received[0]);
        qx = float.Parse(strData_received[1]);
        qy = float.Parse(strData_received[2]);
        qz = float.Parse(strData_received[3]);

        hand.transform.rotation = new Quaternion(-qy, -qz, qx, qw);
    }
}

```

Şekil 3.12 Unity ortamında el dönüş hareketlerinin kodlanması

Kod satırlarında, ilk olarak ESP32'den gelen veriler “,” (virgül) işaretini ile ayırtırılarak her biri bir değişkene atanmıştır. ESP32'den gelen verileri el modelinin kuaterniyon dönüş fonksiyonuna atanması yapılarak IMU dönüşlerine göre gerçek zamanlı olarak simülasyon ortamına el dönüşleri aktarılmıştır (Şekil 3.13).



Şekil 3.13 IMU sensörü ile el dönüş hareketleri

Unity'de oluşturan el modelinin ortamda oluşturulan modeller ile etkileşime girebilmesi için collider adı Unity aracına ihtiyaç vardır. Collider aracı atandığı nesneye fizik özellikleri (yer çekimi gibi) kazandırarak diğer collider'ı bulunan nesneler ile fiziksel etkileşime girebilmesini sağlar.

El modelinin her bir parmak ekseni boyutlarına göre atanmış colliderler sayesinde el modeli ortamındaki nesneleri manipüle edebilme özelliği kazanmıştır (Şekil 3.14).



Şekil 3.14 El modeli ile sanal ortamda nesne manipülasyonu

Sanal ortamda el hareketlerini tamamen aktarmak için potansiyometreden gelen değerleri parmak hareketlerine çevirmek gerekmektedir. ESP32 ile aktarılan potansiyometre değerleri Unity ortamında seri haberleşme portundan alınarak ilgili değişkenlere atama işlemi yapılmıştır (Şekil 3.15).

```

serce = float.Parse(strData_received[4]);
yuzuk = float.Parse(strData_received[5]);
orta = float.Parse(strData_received[6]);
isaret = float.Parse(strData_received[7]);
bas = float.Parse(strData_received[8]);

//isaret joints: index1 , index2 , index3
//orta joints: middle1 , middle2 , middle3
//yuzuk joints: ring1 , ring2 , ring3
//serce joints: pinky0 , pinky1 , pinky2 , pinky3
//bas joints: thumb1 , thumb2 , thumb3

index1.transform.localRotation = Quaternion.Euler(-74, 106, 61-isaret);
index2.transform.localRotation = Quaternion.Euler(0, 0, index1.transform.localRotation.z - isaret);
index3.transform.localRotation = Quaternion.Euler(0, 0, index2.transform.localRotation.z - isaret);

middle1.transform.localRotation = Quaternion.Euler(-80, 18, 151-orta);
middle2.transform.localRotation = Quaternion.Euler(0, 0, middle1.transform.localRotation.z - orta);
middle3.transform.localRotation = Quaternion.Euler(0, 0, middle2.transform.localRotation.z - orta);

ring1.transform.localRotation = Quaternion.Euler(-69, -21, -169-yuzuk);
ring2.transform.localRotation = Quaternion.Euler(0, 0, ring1.transform.localRotation.z - yuzuk);
ring3.transform.localRotation = Quaternion.Euler(0, 0, ring2.transform.localRotation.z - yuzuk);

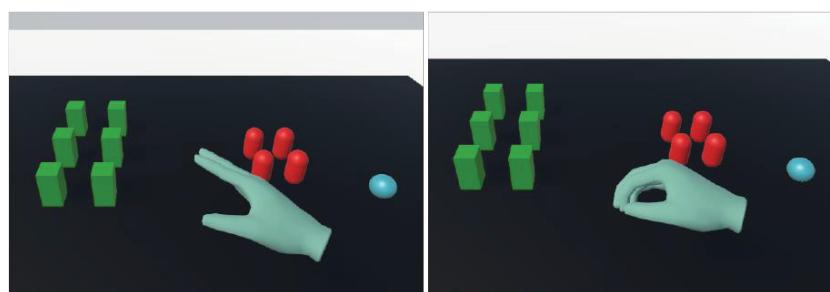
pinky0.transform.localRotation = Quaternion.Euler(-50, -26, 26);
pinky1.transform.localRotation = Quaternion.Euler(-1, -2, -175-serce);
pinky2.transform.localRotation = Quaternion.Euler(0, 0, pinky1.transform.localRotation.z - serce);
pinky3.transform.localRotation = Quaternion.Euler(0, 0, pinky2.transform.localRotation.z );

thumb1.transform.localRotation = Quaternion.Euler(9, 156, 27-bas);
thumb2.transform.localRotation = Quaternion.Euler(0, 0, thumb1.transform.localRotation.z - bas);
thumb3.transform.localRotation = Quaternion.Euler(0, 0, thumb2.transform.localRotation.z - bas);

```

Şekil 3.15 Unity ortamında parmak eklem dönüşlerinin kodları

Parmak isimlerine göre değişkenlere atanan bu değerler Unity'nin döndürme fonksiyonları kullanılarak eklem açısına aktarılacaktır. Her bir parmağın eklem açısını değiştirecek bu değerler ilk olarak birinci parmak eklemini döndürür. Birinci eklem değeri referans alınarak ikinci parmak eklemini döndürülür. Bu sayede parmaklar gelen değere göre gerçek zamanlı olarak simülasyonda kapatılabilir (Şekil 3.16).

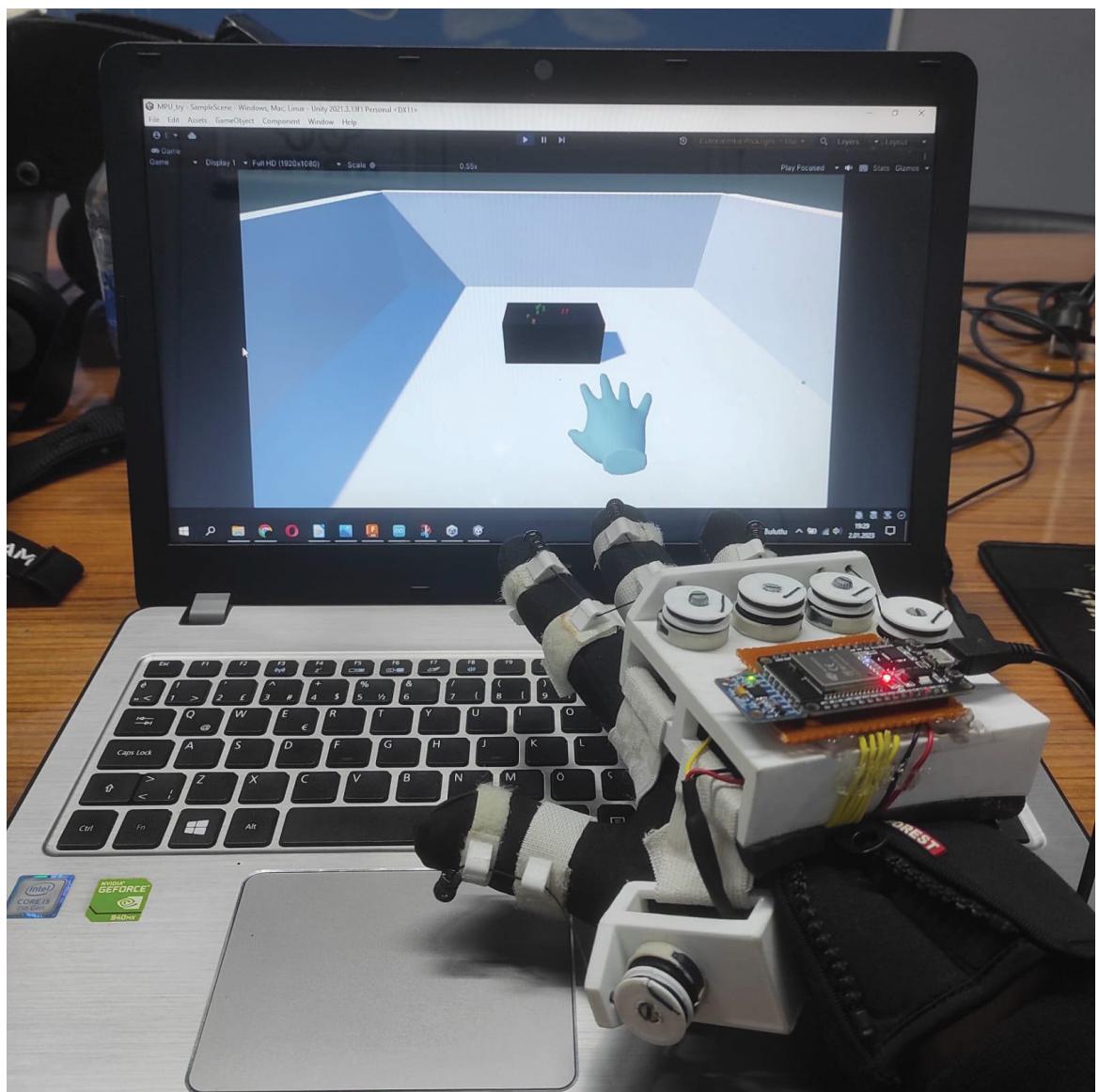


Şekil 3.16 Potansiyometre değerine göre parmak eklemlerinin döndürülmesi

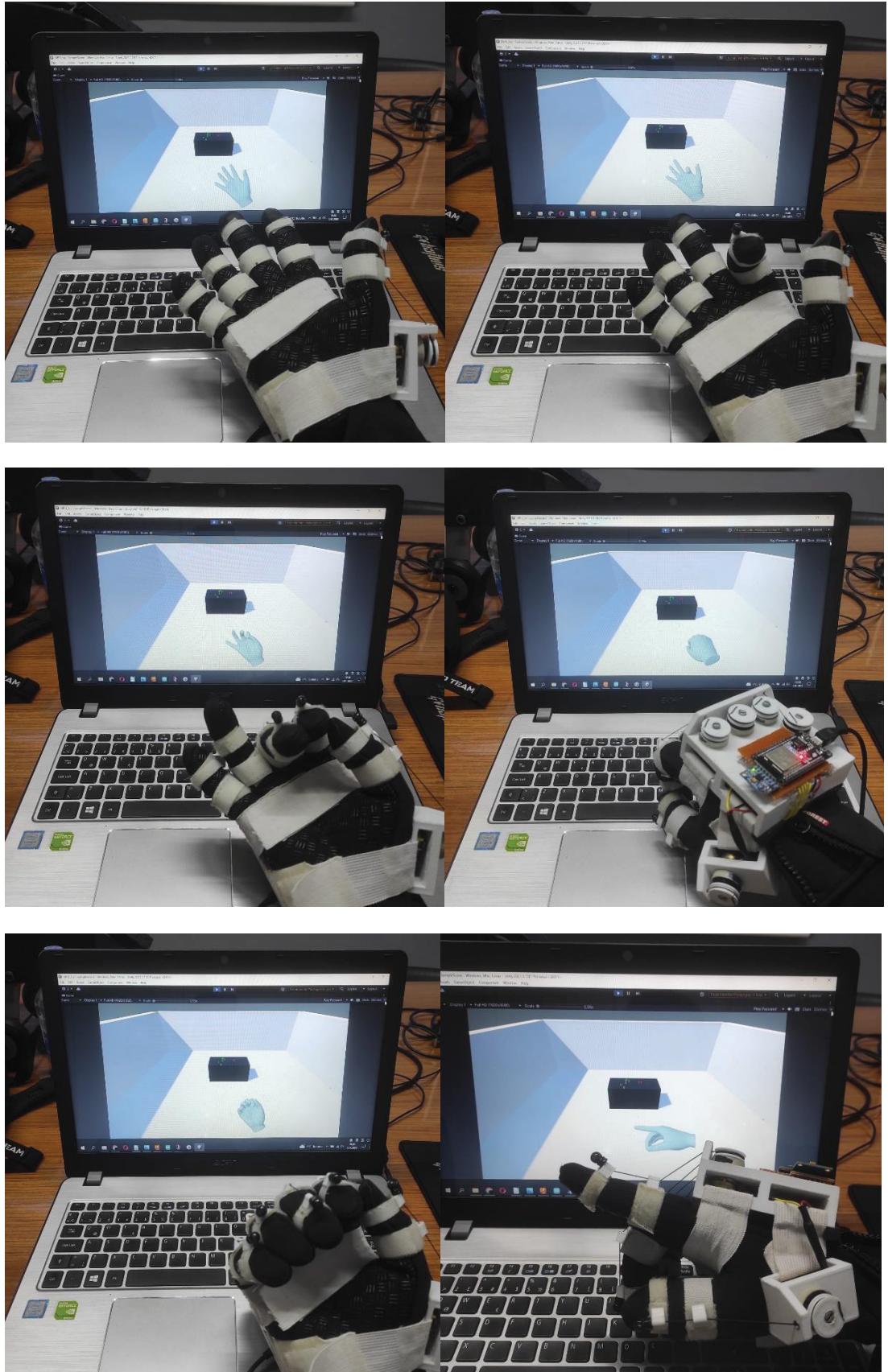
### 3.6. Prototip Eldiven Geliştirilmesi

3B ortamda tasarlanıp modellenen eldiven prototipi 3B yazıcıda baskısı alınıp montaj ve işçiliği yapılarak mekanik sistemi hazır hale getirilmiştir. Elektronik komponentlerinin kablolanması ve lehim işi yapılarak çalışır hale getirilmiştir.

Prototip tasarım geliştirmesi başlığında yapılan işlemler neticesinde hazır hale getirilen sistemlerle prototip eldivenin test aşaması başarıyla gerçekleştirilmiştir. Aşağıda prototip eldivenin test görselleri gösterilmektedir (Şekil 3.17).



Şekil 3.17 Prototip eldivenin testi



### 3.7. Güç Analizi

Tasarlanan veri eldiveninin hedeflenen 5 saatlik çalışma süresini sağlamak için  $\geq 3000$  mAh kapasite gerekli görülmüştür. Bu doğrultuda VTC6 18650 Li-on pilin kullanılması uygun görülmüştür.

Seçilen güç kaynağının şarj edilebilmesi için çıkış akımı 1A olan Tp4056 şarj cihazı kullanılabilir.

$$\text{Harcanan güç hesaplaması} = \frac{3000\text{mAh}}{1\text{A}} = 3(\text{saat}) \quad (3.1)$$

Hesaplamada (Denklem 3.1) da görüldüğü gibi seçilen güç kaynağının ortalama şarj süresi 3 saattir. Tasarlanan Eldivenin istenilen süre boyunca çalıştığındı harcadığı güç miktarı gösterilmiştir (Tablo 3.1).

Tablo 3.1 Elektronik komponentlerin güç analizi

Komponent	Adet	Voltaj(V)	Akım(A)	Kullanım süresi (Saat)	Tüketim (Amper*Saat)
ESP32	1	5	0,5	5	2,5
MPU6050	1	5	0,08	5	0,4
Toplam					2,9

### 3.8. Maliyet Tablosu

Tasarlanan veri eldiveni piyasada muadili olduğu diğer eldivenlere göre [1], [2] çok daha düşük maliyetli olmasıyla ön planda olmayı hedeflenmiştir. Maliyet tablosu (Tablo 3.2) gösterilmiştir.

Tablo 3.2 Maliyet tablosu

Alt Sistemler	Üretim	Adet	Maliyet(TL)
Potansiyometre	Tedarik	5	25
ESP32	Tedarik	1	150
MPU6050	Tedarik	1	38
Yaylı Anahtarlık	Tedarik	5	25
Yapıştırıcı	Tedarik	1	7
Cırt Kayış	Tedarik	1	10
Eldiven	Tedarik	1	120
3B Baskı	Üretim	1	20
Li-on pil	Tedarik	1	115
Toplam			510

## **BÖLÜM 4. TARTIŞMA VE SONUÇ**

Yaptığımız veri eldiveni tasarımının gelecekte sanal gerçeklik sistemlerine katkı sağlayabileceğini, insanların bu tecrübeyi daha iyi deneyimlenmesine imkân sağlayacağını umuyoruz. Gelecekte hareket algılama sistemlerinin gelişmesiyle birlikte daha kararlı ve insan fizyolojisine uygun bir tasarım gerçekleştirilebilecektir.

Tasarımın el ve parmak hareketlerini kabul edilebilir bir doğruluk oranıyla algılamaktadır. Fakat sanal ortamdaki nesneleri kavrayıp taşıyabilecek yetkinlikte değildir. Sanal ortamdaki fizik modellerinin geliştirilmesiyle eldiven ve nesne arasındaki etkileşim daha sağlıklı bir hâle getirilebilir.

Sanal gerçeklikte kullanılan veri eldivenleri, yaygın olarak kullanılan kontrolcülerin yerini almasıyla birlikte tuşlarla yapılan birçok uygulamanın gerçeğe en yakın hâliyle tecrübe edilmesini sağlayacaktır. Cerrahi operasyonlarında, fizik tedavi uygulamalarında, öğrenci ve stajyer eğitimlerinde, oyunlarda ve diğer eğlence platformlarında kullanıcının deneyimlerini zenginleştirmeye yardımcı olabilir.

Henüz sanal ortamdaki nesne ile etkileşime geçildiğinde kullanıcıya temas ettiği nesne hakkında bir geri bildirim verebilecek sistem entegre edilmemiştir. Gelecekte bu açığın kapatılmasıyla kullanıcı deneyimini oldukça artırmak hedeflenen iş paketleri arasındadır.

## KAYNAKLAR

- [1] Almeida, L., Lopes, E., Yalçinkaya, B., Martins, R., Lopes, A., Menezes, P., & Pires, G. Towards natural interaction in immersive reality with a cyber-glove. In 2019 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (SMC) (pp. 2653-2658). 2019.
- [2] Cao, Q., Gao, C., Wang, Y., & Li, T. The motion capture data glove device for virtual surgery. (pp. 1-2), 2016.
- [3] Torres-Sánchez, J., Tedesco, S., & O'Flynn, B. a 3D hand motion capture device with haptic feedback for virtual reality applications. In 2018 IEEE Games, Entertainment, Media Conference (GEM) (pp. 232-238), 2018.
- [4] Kim, J. H., Thang, N. D., & Kim, T. S. 3-D hand motion tracking and gesture recognition using a data glove. In 2009 IEEE international symposium on industrial electronics (pp. 1013-1018), 2009.
- [5] Lin, B. S., Lee, I., Chiang, P. Y., Huang, S. Y., & Peng, C. W. a modular data glove system for finger and hand motion capture based on inertial sensors. Journal of medical and biological engineering, 39(4), (pp. 532-540), 2019.
- [6] Ghate, S., Yu, L., Du, K., Lim, C. T., & Yeo, J. C. Sensorized fabric glove as game controller for rehabilitation. In 2020 IEEE SENSORS (pp. 1-4), 2020.
- [7] Lokhande, P., Prajapati, R., & Pansare, S. data gloves for sign language recognition system. International Journal of Computer Applications, (pp.975,8887), 2015.

## **ÖZGEÇMİŞ**

Harun Reşit ÖZDEMİR, 29.04.2000'de İstanbul'da doğdu. İlkokul, ortaokul ve lise eğitimini İstanbul'da tamamladı. 2018 yılında Ahmet Rasim Anadolu Lisesinden mezun oldu. 2018 yılında Sakarya Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Mekatronik Mühendisliği Bölümü'ne başladı. Mesleki ilgi alanları arasında gömülü sistemler, bilgisayar destekli tasarım, pnömatik sistemler vardır.

Muhammet Emre DUŞ, 26.01.2000'de İstanbul'da doğdu. İlkokul, ortaokul ve lise eğitimini İstanbul'da tamamladı 2018 yılında Ayazağa Anadolu İmam Hatip Lisesinden mezun oldu. 2018 yılında Sakarya Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Mekatronik Mühendisliği Bölümü'ne başladı. Mesleki ilgi alanları arasında bilgisayar destekli tasarım ve robotik sistemler vardır.

## EKLER

### **STANDARTLAR VE KISITLAR FORMU**

#### **1. Çalışmanın amacını özetleyiniz.**

Sanal gerçeklik ortamları gerçek hayatı yapması zor veya imkânsız senaryoları deneyimlemek için harika bir araçtır. Günümüzde gerçekleştirilen birçok eğitim programı uygulama ve deneysellik yönünden kısıtlayıcı çevre ortamlarından dolayı zayıftır. Sanal gerçeklik teçhizatlarının ve platformlarının yaygınlaşmasıyla dünyanın her yerindeki kişiler benzer eğitimleri ve deneyimleri edinebilecektir. Görsel ve işitsel cihazlar mevcut ihtiyaçları büyük oranda karşılaşmasına karşın henüz dokunsal deneyimler istenilen ölçüde gelişmemiştir. Bu tasarımda piyasanın ihtiyacını karşılayabilecek bir ön ürün tasarımı yapmak amaçlanmıştır.

#### **2. Çalışmanın tasarım boyutunu açıklayınız.**

Sanal ortamlar için veri eldiveni projemiz. Dünyanın her yerindeki araştırmacıların ve şirket çalışanlarının ilgisinde olan ve yakın geleceğin teknolojisinde öne çıkmak için yarışan bir projedir. Sanal ortamdaki nesnelere doğrudan elinizle temas edebilmenize olanak sağlayan bu teknolojinin en temel fonksiyonlarını karşılayabilecek bir tasarım yapılmıştır.

#### **3. Bu çalışmada bir mühendislik problemini kendiniz formüle edip, çözdünüz mü?**

Yapılan çalışmada sanal ortamdaki gerçekçilik hissini artırmaya yönelik çalışmalar yapılmış ve kullanıcı deneyimini zenginleştirmek amaçlanmıştır.

**4. Çalışmada kullandığınız yöntemler nelerdir ve önceki derslerde edindiğiniz hangi bilgi ve becerileri kullandınız? Açıklayınız.**

Bilgisayar destekli tasarım derslerinden edinilen bilgi ve tecrübelerle tasarımın gövdesi oluşturuldu. Programlama ve Mikrodenetleyici dersinden öğrenilen temel gömülü yazılım bilgileri, projeyi oluştururken birçok faydası oldu.

**5. Kullandığınız veya dikkate aldığınız mühendislik standartları nelerdir?**

Tasarım mekanizması geliştirilirken standart makina elemanları kullanılmıştır.

**6. Kullandığınız veya dikkate aldığınız gerçekçi kısıtlar nelerdir? Lütfen çalışmanızla uygun yanıtlarla doldurunuz.**

a) Ekonomi:

Diger tasarımlara kıyasla [1], [2] projeyi oluşturan ürünler oldukça ucuza temin edilebilir. Öğrencilerin bile kolaylıkla ulaşabileceği bir teknoloji olarak üretilmiştir.

b) Çevre sorunları:

Projenin çevreye zarar verebilecek herhangi bir tarafı mevcut değildir.

c) Sürdürülebilirlik:

Eğer geri besleme sistemlerinin daha minimalize olması konusunda büyük bir gelişme kat edilirse. Projeden beklenilen ihtiyaçları daha iyi karşılayacağı için sürdürülebilir bir durumda olur.

d) Üretilebilirlik:

Tasarımın gövdesi 3B yazıcıda bastırıldığından, kullanılan mekanizmanın kolaylıkla bulunabilecek olmasından ve hareket algılama sisteminin temel elektronik malzemelerden oluşmasından dolayı tasarım oldukça kolay üretilebilir.

e) Etik:

Proje kendisi etik açıdan bir soruna sebep olacağı düşünülmemektedir. Ancak kullanım amacına göre değişkenlik gösterebilir.

f) Sağlık:

Tasarım uzun süreli kullanımda yorabilir. Bu sebepten ötürü dinlenilerek kullanılmasında fayda vardır.

g) Güvenlik:

Tasarımın kullanılırken kişinin etrafına ve kendisine zarar verebileceği nesneleri uzaklaştırması gerekmektedir.

h) Sosyal ve politik sorunlar:

Sanal gerçeklik ortamında sağlanan bu gelişimler insanların kolaylıkla kendilerini ödüllendirebileceği bir olanak sağladığı için bağımlılık yapabilir. Kişiler sanal ortamlarda daha çok vakit geçirip gerçek dünyayla olan bağlarını azaltabilirler. Bu da gerçek dünyadaki sosyalleşmeyi azaltıp sanal ortamdakini arttırabilir.

<b>Çalışmanın Adı</b>	El Hareketlerini Sanal Ortama Taşıyan Veri Eldiveni
<b>Çalışmayı</b>	Muhammed Emre DUŞ
<b>Hazırlayan(lar)</b>	Harun Reşit ÖZDEMİR
<b>Danışman Onayı</b>	Prof. Dr. Durmuş KARAYEL