

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİLİŞİM SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ  
ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**PEDİATRİK (ÇOCUK) FİZİK TEDAVİDE SANAL  
GERÇEKLİK KULLANIMI VE ÖRNEK BİR UYGULAMA**

**EMRE OZAN ÖZTÜRK**

**KOCAELİ 2021**

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİLİŞİM SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ**  
**ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**PEDİATRİK (ÇOCUK) FİZİK TEDAVİDE SANAL**  
**GERÇEKLİK KULLANIMI VE ÖRNEK BİR UYGULAMA**

**EMRE OZAN ÖZTÜRK**

**Dr. Öğr. Üyesi Adnan SONDAŞ**  
**Danışman, Kocaeli Üniversitesi**

.....

**Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Hikmet Bilgehan UÇAR**  
**Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi**

.....

**Doç. Dr. Ali ÇALHAN**  
**Jüri Üyesi, Düzce Üniversitesi**

.....

**Tezin Savunulduğu Tarih: 16.06.2021**

## **ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR**

Bu tez çalışmasında sanal gerçeklik ile ilgili detaylı araştırmalar yapılarak elde edilen sonuçlar neticesinde sanal gerçekliğin pediatrik fizik tedavide kullanımına yönelik örnek bir uygulama geliştirilmiştir. Çalışmanın sanal gerçekliğe ilgi duyan bireylere örnek olması ve içeriğindeki bilgiler ile sanal gerçeklikle ilgili yapılacak çalışmalara katkı sağlaması dileğiyle...

Yüksek lisans eğitimim ve bu tez çalışmasının gerçekleştirilmesi sürecinde her türlü bilgi ve deneyimini benimle paylaşan; fikir, düşünce ve yardımları ile daima bana yol gösteren danışman hocam sayın Dr. Öğr. Üyesi Adnan SONDAŞ'a teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmanın değerlendirilmesinde görüş ve düşüncülerini belirterek çalışmanın sonuçlarına katkı sağlayan fizyoterapistler Cansu ÖZTÜRK'e ve Emin KURT'a teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her aşamasında bana maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, daima beni cesaretlendirerek tüm zorlukları aşmamı ve hedeflerime ulaşmamı sağlayan ve beni asla yalnız bırakmayan aileme tüm sevgi ve saygıyla teşekkürü bir borç bilirim.

Nisan - 2021

Emre Ozan ÖZTÜRK

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR .....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iii
TABLolar DİZİNİ .....	iv
SİMGELEr VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT .....	vii
GİRİŞ .....	1
1. SANAL GERÇEKLIK VE ÖZELLİKLERİ .....	6
1.1. Sanal Gerçekliğin Tarihçesi .....	6
1.2. Sanal Gerçeklik Teknolojisi .....	10
1.3. Sanal Gerçeklik Donanımları ve Araçları .....	11
1.3.1. Sanal gerçeklik gözlükleri .....	12
1.3.2. Veri eldivenleri .....	15
1.3.3. Kontrol kumandaları .....	16
1.3.4. Platformlar .....	16
1.3.5. Giysiler .....	17
1.4. Sanal Gerçeklik Kullanım Alanları ve Uygulamaları .....	18
2. ÇEVRE ALGILAYICILAR: SENSÖRLER.....	25
3. UNİTY-3D VE ÖZELLİKLERİ .....	27
4. FİZİK TEDAVİ VE REHABİLİTASYON.....	29
4.1. Pediatrik Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon .....	30
5. GELİŞTİRİLEN SANAL GERÇEKLIK SİSTEMİ VE BİLEŞENLERİ.....	32
5.1. VRerapy: Sanal Gerçeklik Uygulaması .....	39
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	43
KAYNAKLAR .....	47
EKLER.....	53
KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER .....	56
ÖZGEÇMİŞ .....	57

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Sensoroma .....	7
Şekil 1.2. Sword of Damocles .....	7
Şekil 1.3. VPL Research ekipmanları.....	8
Şekil 1.4. Mekanik takip aracı.....	8
Şekil 1.5. Virtual wind tunnel projesi.....	9
Şekil 1.6. Örnek cave ortamı .....	9
Şekil 1.7. Ara bulucu teknik arayüz ilişkisi.....	11
Şekil 1.8. Virtual boy.....	13
Şekil 1.9. Sanal gerçeklik gözlükleri ve kullanıldıkları platformlar .....	14
Şekil 1.10. Sanal gerçeklik veri eldiveni .....	15
Şekil 1.11. HTC Vive kontrol kumandası .....	16
Şekil 1.12. Virtuix omni .....	17
Şekil 1.13. SG giysisi .....	18
Şekil 1.14. Uçak kokpit simülasyonu .....	20
Şekil 1.15. Ameliyat simülasyonu görüntüsü.....	21
Şekil 1.16. Sanal gerçeklik televizyon uygulaması .....	23
Şekil 3.1. Unity-3D geliştirme arayüzü .....	28
Şekil 5.1. Örnek paralel bar görüntüsü.....	32
Şekil 5.2. Sistem bileşenleri ve devre şeması.....	33
Şekil 5.3. Ultrasonik mesafe sensörü .....	34
Şekil 5.4. Kızılötesi hareket sensörü .....	35
Şekil 5.5. Gerçek zamanlı sensör verileri .....	35
Şekil 5.6. Sanal gerçeklik ortamı görüş açısı 1 .....	36
Şekil 5.7. Sanal gerçeklik ortamı görüş açısı 2 .....	36
Şekil 5.8. Sanal gerçeklik ortamı görüş açısı 3 .....	37
Şekil 5.9. Seri iletişim fonksiyonu .....	37
Şekil 5.10. Sistem akış diyagramı .....	38
Şekil 5.11. Sistem bileşenleri ve sistem çalışma modeli .....	40
Şekil 5.12. Sanal gerçeklik uygulaması birinci aşama görüntüsü .....	41
Şekil 5.13. Sanal gerçeklik uygulaması ikinci aşama görüntüsü.....	41
Şekil 5.14. Sanal gerçeklik uygulaması üçüncü aşama görüntüsü .....	42
Şekil 5.15. Başarılı tamamlanan senaryo sonu .....	42

## **TABLolar DİZİNİ**

Tablo 3.1. Unity-3D lisans özellikleri .....	27
--	----

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

°C	: Santigrat
Hz	: Hertz, (s <sup>-1</sup> )
m/s	: Metre/saniye
t	: Zaman, (s)
T	: Sıcaklık, (K)
V	: Hız, (m s <sup>-1</sup> )
X	: Mesafe, (m)

### Kısaltmalar

2-B	: 2-Boyutlu
3-B	: 3-Boyutlu
AR	: Augmented Reality (Artırılmış Gerçeklik)
BOOM	: Binocular Omni Oriented Monitors (İki Gözlü Bütün Tabanlı Ekranlar)
CAVE	: Computer Assisted Virtual Environment (Bilgisayar Destekli Sanal Çevre)
CRT	: Cathode Ray Tube (Katot Işın Tüpü)
FTR	: Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon
HMD	: Head Mounted Display (Başa Monte Edilen Ekran)
IDC	: International Data Corporation (Uluslararası Veri Kurumu)
IDE	: Integrated Development Environment (Tümleşik Geliştirme Ortamı)
LCD	: Liquid Crystal Display (Sıvı Kristal Ekran)
MR	: Manyetik Rezonans
NASA	: National Aeronautics and Space Administration (Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi)
SG	: Sanal Gerçeklik
VCASS	: Visually Coupled Airborne Systems Simulator (Görsel Olarak Eşleşmiş Hava Sistemleri Simülatörü)
VIVED	: Virtual Visual Environment Display (Sanal Görsel Ortam Ekranı)
VR	: Virtual Reality (Sanal Gerçeklik)
WHO	: World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)

## **PEDİATRİK (ÇOCUK) FİZİK TEDAVİDE SANAL GERÇEKLIK KULLANIMI VE ÖRNEK BİR UYGULAMA**

### **ÖZET**

Sanal gerçeklik, geçmişten günümüze kadar daima popüler teknolojilerden biri olmuştur. Sanal gerçeklik, günümüzde endüstri, eğitim, sağlık, eğlence, savunma vb. sektörlerde farklı amaçlara yönelik kullanılmaktadır. Yapılan araştırmalar yakın gelecekte sanal gerçekliğin en önemli teknolojilerden biri olacağını göstermektedir. Gelecekte teknoloji pazarında sanal gerçekliğin önemli bir paya sahip olacağı tahmin edilmektedir. Literatürde sağlık alanıyla ilgili çeşitli sanal gerçeklik çalışmaları bulunmaktadır. Yapılan çalışmaların birçoğunun sanal gerçekliğin sağlık alanına sunacağı katkıları araştırmaya yönelik olduğu görülmektedir. Araştırmalar sağlık hizmetlerinde sanal gerçeklik kullanımının birçok faydası olduğunu göstermektedir. Sanal gerçeklik uygulamalarının bireylerdeki motivasyonu ve ilgiyi artırdığı belirtilmektedir. Böylece tedavi süreci kısaltmakta ve tedavinin başarısı önemli ölçüde artmaktadır.

Bu tez çalışmasında pediatrik fizik tedavi ve rehabilitasyonda sanal gerçekliğin kullanımına yönelik bir uygulama geliştirilmiştir. Unity-3D ile geliştirilen uygulamada gerçek zamanlı konum verilerini elde etmek için ultrasonik mesafe sensörü ve kızılötesi hareket sensörü kullanılmıştır. Sensörlerden elde edilen veriler Arduino üzerinden Unity-3D'ye aktarılmıştır. Elde edilen gerçek zamanlı veriler ile sanal gerçeklik ortamındaki üç boyutlu nesnelerin davranışları kontrol edilmiştir. Çalışma sonucunda paralel bar mekanizması ile birlikte kullanılacak ve bireylere gerçek zamanlı sanal ortam deneyimi sunabilen bir sanal gerçeklik uygulaması elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon, Sanal Gerçeklik, Sanal Gerçeklik Uygulamaları, Sensörler.



## **USE OF VIRTUAL REALITY IN PEDIATRIC (CHILD) PHYSICAL THERAPY AND A SAMPLE APPLICATION**

### **ABSTRACT**

Virtual reality has always been one of the popular technologies from past to present. Nowadays, virtual reality is used for different purposes in industry, education, health, entertainment, defense etc. sectors. Researches show that virtual reality will be one of the most important technologies in the near future. In the future, it is estimated that virtual reality will have a significant share in the technology market. In the literature there are several virtual reality studies on the health care field. It is seen that most of the studies are aimed at researching the contributions of virtual reality to the health care field. Research shows that the many benefits of the use of virtual reality in health care. It is stated that virtual reality applications increase motivation and interest of individuals. Thus, treatment process is shortened and success of the treatment increases significantly.

In this thesis, an application was developed for use of virtual reality in pediatric physical therapy and rehabilitation. In the application that an ultrasonic distance sensor and an infrared motion sensor are used to obtain real time position data, was developed with Unity-3D. The data that obtained from the sensors, were transferred to Unity-3D via Arduino. Behavior of three-dimensional objects in the virtual reality environment was controlled with real time data obtained. As a result of the study, a virtual reality application that can be used with the parallel bar mechanism and offers real time virtual environment experience, has been obtained.

**Keywords:** Physical Therapy and Rehabilitation, Virtual Reality, Virtual Reality Applications, Sensors.

## GİRİŞ

Gelişen teknoloji daima insan yaşamının en önemli parçalarından biri olmuştur. Teknolojide yaşanan gelişmeler, keşfedilen yeni ürünler insan yaşamını kolaylaştırıcı birçok yeni hizmet sunmuştur. İnsan faktörünün olduğu her alanda gelişmiş teknolojiyi ve teknolojik araçları görmek mümkündür. Eğitim, savunma sanayi, endüstri, sağlık, spor gibi alanlarda yaşanan teknolojik gelişmeler insan yaşamının bir parçası olarak her geçen gün önemini artırmıştır. Gelişen altyapı ve internet hizmetleri ile insanların teknolojiye ulaşmaları ve kullanmaları gün geçtikçe kolaylaşmıştır. Teknolojinin tarihsel gelişimine bakıldığında her döneme damga vuran bir teknolojik ürün olmuştur. Günümüzde yapay zeka, nesnelerin interneti, artırılmış gerçeklik ve sanal gerçeklik gibi teknolojiler sürekli önemini ve değerini artırmıştır. Özellikle artırılmış gerçeklik ve sanal gerçeklik kavramlarının son zamanlarda popüler olmasıyla birlikte bu teknolojiler ile ilgili birçok yeni ürün geliştirilmeye başlanmıştır. Sanal gerçeklik (SG) teknolojisini kullanan ürün ve hizmetlerin bireylere sundukları yeni ve farklı deneyim imkanları, SG teknolojisine ilgiyi gün geçtikçe artırmıştır. Artan ilgi SG teknolojisi ile ilgili araştırma ve çalışmaların hızlanmasına yol açmıştır. Tarihsel süreçte sanal gerçeklik kavramı ilk olarak Jaron Lanier tarafından kullanılarak literatüre kazandırılmıştır [1]. Literatürde genel olarak, sanal gerçeklik; bilgisayar yazılım ve donanımlarının birleşimiyle elde edilen çoklu duyuşal uyaranlardan oluşan sanal çevre olarak tanımlanmıştır [2, 3]. Birçok teknolojik gelişmede olduğu gibi sanal gerçeklik de ilk dönemlerinde askeri amaçlar ve araştırmalar için kullanılmaya başlanmıştır [4]. SG teknolojisinin her geçen gün gelişmesi ve ihtiyaç duyulan donanım maliyetlerinin azalması ile eğitim, turizm, imalat, e-ticaret, tıp gibi farklı alanlarda da kullanılmaya ve yaygınlaşmaya başlamıştır.

Günümüzün genç popülasyonunun büyük bir kısmını oluşturan Z kuşağı dijital çağda büyüdüğü için hızla, tüketmeye ve iletişim için internete gerek duyan bir kitleyi oluşturmuştur. Z kuşakları için dijital internet teknolojileriyle birlikte teknolojik araçlar daima ilgi çekici ve önemli olmuştur [5].

Yakın dönemde, Z kuşağının dikkatini çekmek için geleneksel yöntemlere göre artıları olan süreçleri farklılaştırma ve zenginleştirebilme bakımından dinamik ortam sağlayabilen artırılmış gerçeklik ve sanal gerçeklik teknolojileri ön plana çıkmıştır [6, 7]. Öğrenim sürecine katılan duyu organlarının sayısının artmasının etkili öğrenmeye katkı sağladığı görülmüştür [8]. Sanal gerçeklik teknolojisinde kişinin kendini o ortamdaymış gibi hissetmesi, öğrenmeye katılan duyu organı sayısını doğrudan etkilediği görülmüştür [5]. Sanal gerçeklik teknolojisinin Z kuşağının ilgi alanına girmesi ve eğitim sürecine yönelik sağlayacağı önemli katkılardan dolayı eğitim alanında sanal gerçeklik ile ilgili yapılan çalışmalar ve araştırmaların sayısında artış olmuştur. Eğitim alanında yapılan araştırma ve çalışmalara bakıldığında, sanal gerçekliğin eğitim süreci üzerindeki etkileri [9, 10], sanal gerçekliğin görsel eğitim sürecine katkısı [11, 12], özel ilgi isteyen çocukların eğitim süreçlerindeki katkının görülmesi ve çeşitli uygulamaların geliştirilmesine [13, 14] yönelik konulara yoğunlaştığı görülmüştür. Ek olarak sanal gerçekliğin yabancı dil eğitimine sağlayacağı katkı [15] gibi alan içi konular, sağlık personellerinin eğitiminde sanal gerçekliğin kullanımı [5, 16] ve pilotluk gibi bazı mesleklerde meslek içi eğitim için sanal gerçeklik simülasyonlarının kullanımı [17] ile ilgili araştırma ve çalışmalar da mevcuttur.

İnsan ve insan sağlığı ile ilgili ihtiyaçlar geçmişten günümüze kadar birçok teknolojinin gelişmesine önemli katkılarda bulunmuştur. Sağlık ve tıp alanları da daima teknoloji ile yakından ilgilenerek yeni teknolojileri kullanmıştır. WHO (World Health Organization) sağlık hizmetlerindeki teknolojiyi; bir sağlık sorununu çözmek için üretilmiş aşular, ilaçlar, cihazlar ve sistemlerin geliştirilmesiyle birlikte yaşam kalitesini artırmaya yardımcı bilgilerin uygulanması olarak tanımlamıştır [18]. Sağlık teknolojilerinin amacı sağlıklı halin devam ettirilmesi, hastalıkların başlangıç aşamasının engellenmesi ve sağlık sorunlarına çözüm getirilmesi olarak belirlenmiştir [19]. Sağlık hizmetlerinde kullanılan teknolojiler, sağlık çalışanlarına daha az hata yapma şansı verirken, hastaların iyileşme süreçlerini hızlandırmakla beraber sağlık hizmetlerinin veriminin ve kalitesinin yükselmesine katkı sağlamıştır [4, 20]. Gelecek beş yıl içerisinde sağlık hizmetlerine yeni bir boyut kazandıracak önemli teknolojiler ve trendler arasında nanoteknoloji, 3-B (3-Boyutlu) yazıcılar ve yapay zekanın yanı sıra sanal gerçeklik teknolojisi de gösterilmiştir [21].

ABI araştırma şirketi tarafından yapılan araştırmalar, sanal gerçeklik teknolojisinin gelecek yıllarda sağlık hizmetleri sektöründe yaklaşık 300 milyon dolarlık paya sahip olacağını göstermiştir [22].

Sanal gerçeklik ile ilgili yapılan araştırma ve çalışmalara bakıldığında SG'nin tedavi, rehabilitasyon ve cerrahi araç olarak önemli katkılar sunacağı, hastaların motivasyonunu artırarak iyileşme süreçlerine önemli pozitif katkılar sunacağı ve üç boyutlu, interaktif, eğlenceli ve kişilerin aktif bir şekilde katılımını sağlayabilecek bir tedavi yöntemi olabileceği belirtilmiştir [23]. Lányi, sanal gerçekliğin motivasyon artışını sağlayarak hastaların iyileşme süreçlerine katkı sağlayacağını belirtmiştir [24]. SG'nin rehabilitasyon süreçlerinde kullanımı ile ilgili yapılan çalışmalarda SG teknolojisinin rehabilitasyon süreçlerine olumlu katkılar sağlayacağına yönelik görüşler literatürde mevcuttur. SG ortamında yapılan rehabilitasyon uygulamalarının, gerçek ortamda yapılan uygulamalara göre daha fazla motivasyon sağlayacağı bildirilmiştir [25, 26]. SG tabanlı rehabilitasyon uygulamalarının inmeli hastalarda, geriatric bireylerde, diz cerrahisi hastalarının tedavisinde yeni bir tedavi yaklaşımı olabileceği belirtilmiştir [27]. Gelişim geriliği yaşayan bireyler ve otistik çocukların gelişimi ile ilgili yapılan SG çalışmalarının iyileşme sürecini hızlandırdığı tespit edilmiştir [28]. Lewis ve Griffin alışmalarında, SG uygulamalarının rehabilitasyonda önemli olduğunu ve rehabilitasyonda kullanımına yönelik farklı çalışmalara ihtiyaç duyulduğunu belirtmişlerdir [29].

Literatürde sanal gerçeklik teknolojisinin, sağlık alanında kullanımına yönelik farklı çalışmalar bulunmaktadır. Sanal gerçeklik ile ilgili yapılan sağlık alanındaki çalışmaların eğitim süreçlerine yoğunlaştığı görölmektedir. Sağlık personelinin çalışma ortamlarını, cerrahi setleri öğrenmelerine yönelik [5, 16] yardımcı olabilecek çalışmalar mevcuttur. Diş hekimliği eğitiminde, diş modellerinin üç boyutlu görüntülenmesi [30] amacıyla sanal gerçekliğin kullanımına yönelik çalışmalar bulunmaktadır. Sanal gerçekliğin sağlık alanında eğitim amacıyla kullanılması ile daha donanımlı sağlık personelinin yetiştirilebileceği, kritik cerrahi operasyonlar öncesi çok sayıda farklı senaryolarla deneme fırsatının sunulmasıyla birlikte kritik operasyonların başarı oranının artacağı belirtilmiştir. Sanal gerçekliğin pratik ve düşük maliyetli özömlerinden dolayı cerrahi operasyon simölasyonları ve eğitim simölasyonları geliştirilmesine yönelik çalışmalar yaygınlaşmıştır.

Hastalıkların teşhisi aşamasında bireylerin korku ve endişelerini azaltmasını ölçmeye ve değerlendirmeye yönelik [31] sanal gerçeklik çalışmalarına rastlamak mümkündür. Çeşitli eklem ve fiziksel hastalıkların tedavilerinde kullanıma yönelik yardımcı sanal gerçeklik simülasyonları [32, 33] ile ilgili çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalara ek olarak sanal gerçekliğin hastalıkların tedavi süreçlerine sunacağı katkıyı göstermeye yönelik araştırma çalışmaları da [34-37] bulunmaktadır.

Sağlık hizmetlerinde, çocukların tedavi süreçlerinde daha kısa ve daha hızlı sonuç alınabilmesi için geliştirilecek projeler son derece önemli olmuştur. Bu tarz projeler hem çocukların tedavi sürecinden daha az etkilenmesine hem de süreçte daha istekli olmasını sağlamıştır. Çocuklar istekli bir şekilde tedavi sürecine dahil olduğunda sağlıkları daha kolay ve daha hızlı bir şekilde istenilen noktaya gelmektedir. Çocuklara yönelik geliştirilecek olan sağlık hizmetleri aynı zamanda ailelere hem maddi hem de manevi yönden büyük katkılar sağlamaktadır. Çocuklara yönelik sağlık hizmeti için yapılan son yıllardaki en başarılı çalışmalardan biri General Electric Healthcare firması tasarımcısı Doug Dietz'in tasarladığı, çocuklar için MR (Manyetik Rezonans) odaları olmuştur [38]. Dietz, bu çalışması ile sağlık bakımını çocuklar ve onların aileleri için dönüştürmeyi hedeflemiştir [39]. Korsan gemisi, uzay gemisi gibi farklı temalar ile tasarlanan bu MR odalarında, MR için gelen çocuklara, sağlık personeli sanki bir oyunun içindeymiş gibi davranarak sürecin daha hızlı tamamlanmasını sağlamaktadırlar. Geliştirilen bu proje ile çocukların MR sırasında korkularının azaldığı ve daha istekli davrandıkları görülmüştür. Geliştirilen bu proje sayesinde çocukların MR sırasında alması gereken ilaç oranları yaklaşık yüzde 70 kadar düşmüştür [40]. Proje ile hastanelerin anestezi uzmanı masrafları düşmüş ve bir günde daha fazla MR çekebilme durumları oluşmuştur [40]. Projenin en önemli kazanımı ise çocukların MR sürecindeki acılarının ve korkularının azalması olmuştur.

Günümüzde çocuklara yönelik geliştirilecek sağlık hizmetlerinin hem çocuklar hem aileler hem de sağlık kuruluşları açısından son derece önemli olduğu görülmektedir. Tedavi sürecindeki konsantrasyon ve isteğin tedaviyi başarıya ulaştırmada önemli olduğu fizik tedavi ve rehabilitasyon süreçlerine yönelik geliştirilecek olan projeler, FTR (Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon) tedavilerine yeni bir boyut kazandıracaktır.

Literatüre bakıldığında fizik tedavi ve rehabilitasyon alanıyla ilgili sanal gerçeklik teknolojisinin kullanıldığı çalışmalar olmakla birlikte simülasyon ve uygulamaya yönelik çalışmalar kısıtlı sayıda bulunmaktadır. Yapılan çalışmaların genellikle SG teknolojisinin kullanımının FTR sürecine sağlayabileceği katkıları araştırmaya yönelik olduğu görülmüştür. Doğrudan FTR sürecinde kullanılacak sanal gerçeklik uygulamalarının yetersiz olduğu görülmektedir. Özellikle çocuklara yönelik sanal gerçeklik teknolojisi ile geliştirilen çalışmaların eksikliği dikkat çekmektedir. Bu çalışmanın, sanal gerçeklik teknolojisi ile geliştirilmiş çocuklara yönelik fizik tedavi ve rehabilitasyon uygulamalarının ilk örneklerinden biri olarak literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmanın amacı, gerçek zamanlı sensör verilerini kullanan ve pediatrik (çocuk) fizik tedavi ve rehabilitasyon süreçlerinde kullanılacak yardımcı sanal gerçeklik uygulaması tasarımı gerçekleştirmektir.

Bu tez ile pediatrik fizik tedavide sanal gerçeklik kullanımına yönelik örnek çalışma eksikliğinin giderilmesi ve bundan sonra yapılacak olan benzer konudaki çalışmalara yardımcı bir bilgi kaynağı oluşturulması hedeflenmiştir.

Geliştirilecek uygulamanın asıl hedefleri; çocukların tedavi sürecindeki korku, endişe ve streslerini azaltmak, çocukların tedavi sürecine olan ilgilerini artırmak, tedavi süresini kısaltarak daha fazla çocuğa hizmet verebilmek, tedavi sürecinde ailelerin maddi ve manevi yükünü azaltmak ve sağlık personelinin üzerindeki stres ve baskıyı azaltmak olarak planlanmıştır.

## **1. SANAL GERÇEKLİK VE ÖZELLİKLERİ**

Son yılların en popüler teknolojilerinden biri olan sanal gerçeklik insanların çok fazla ilgisini çekmektedir ve çeşitli alanlarda farklı çalışmalar yapılmaktadır. Mobil cihazların ve uygulamaların gelişmesi ile daha fazla kişiye ulaşarak, kişisel deneyim sunabilecek ve geleceği şekillendirecek bir teknoloji olmuştur [41]. Sanal gerçekliği, bilgisayar ortamında hazırlanmış her türlü animasyon, resim, video ve ses içeriğinin çeşitli donanımlar yardımı ile kullanıcılara aktarılan tasarlanmış bir dünya olarak tanımlamak mümkündür. Sanal gerçeklik teknolojisi kullanıcılarına gerçek bir çevre içerisindeymiş gibi hissettirmektedir. Yapılan araştırmalar sanal gerçeklik teknolojisinin geleceğin en büyük sektörlerinden biri olacağını göstermektedir [42].

### **1.1. Sanal Gerçekliğin Tarihçesi**

Sanal gerçeklik teknolojisi 1990'lı yıllardan itibaren popüler olmaya başlamış ve çeşitli çalışmalara konu olmuştur. Sanal gerçeklik fikri, ilk kez Ivan Sutherland tarafından, "gerçekçi görünen, işitilen, hissedilen ve izleyicilerine gerçekçi şekilde yanıt veren sanal bir dünya oluşturma" düşüncesi ile 1965 yılında sunulmuştur [43].

Sanal gerçeklik teknolojisinin, ortaya çıkmasına ve günümüzdeki haline ulaşmaya kadar geliştirilmesine katkı sağlayan birçok teknolojik gelişme ve yenilik olmuştur.

Sanal gerçekliğin temelini oluşturan ilk teknolojiler tarihte simülatörler olarak karşımıza çıkmıştır. Duyuları etkileyebilme özelliği bulunan ilk simülatör örneği, Morton Heilig tarafından tasarlanan Sensoroma, 1962 yılında tasarlanmıştır. Çoklu duyu simülatörü olarak tasarlanan bu sistemde önceden kayıtlı görüntüler kullanılarak ses, koku, rüzgar, titreşim gibi duyuları etkileyen farklı deneyimler sunulmaktaydı. Sanal gerçeklik kavramının tanımlanmasından daha önce tasarlanmasına ve kullanıcısı ile herhangi bir etkileşim özelliği olmamasına rağmen Sensoroma ilk sanal gerçeklik sistemini oluşturan simülatör yaklaşımı olmuştur. Sanal gerçeklik konseptinin ilk örnek simülatörü olan Sensoroma'ya ait bir görüntü Şekil 1.1 ile gösterilmiştir [44-47].



Şekil 1.1. Sensorama [48]

1965 yılında Ivan Sutherland tarafından kurgulanan ve The Ultimate Display adı ile anılan bir yapay dünya konsepti tasarlanmıştır. Konseptin en önemli özellikleri ise kuvvet geri bildirimi ve etkileşimli grafikler olmuştur. 1968 yılında ise Ivan Sutherland ve Bob Sproull tarafından tarihteki ilk HMD (Head Mounted Display) örneği olan The Sword of Damocles geliştirilmiştir. Kullanıcıları ile etkileşim sağlayabilen sistem, kullanıcının baş hareketlerine ve yönüne göre şekillenebilen görüntüleri sunabilme özelliğine sahiptir. Şekil 1.2’de The Sword of Damocles’e ait bir görüntü gösterilmiştir [44-47].



Şekil 1.2. Sword of Damocles [49]



Kameralar aracılığıyla kaydedilen kullanıcı silüetlerinin ekrana yansıtılarak kullanıcıların birbirleri ile etkileşim kurabilmesine imkan sağlayan yapay gerçeklik konsepti olan VideoPlace 1975 yılında Myron Krueger tarafından tasarlanmıştır. İlk HMD tasarımlarının oluşturulmasının ardından HMD'ler ile ilgili çalışmalar hız kazanmıştır. Thomas Furnes, 1982 yılında HMD destekli ileri düzey uçuş simülatörü olan VCASS'i (Visually Coupled Airborne Systems Simulator) tasarlamıştır. 1984 yılında ise NASA (National Aeronautics and Space Administration) tarafından VIVED (Virtual Visual Environment Display) isimli monokrom HMD tasarlanmıştır. 1985-1988 yıllarına gelindiğinde ise VPL Research firması tarafından ilk ticari Data Glove ve EyePhone HMD üretilmiştir. Üretilen bu cihazlar satışa sunulan ilk ticari sanal gerçeklik cihazları olma özelliği taşımaktadır. VPL Research tarafından geliştirilen sanal gerçeklik ekipmanları Şekil 1.3 ile gösterilmiştir [44-47].



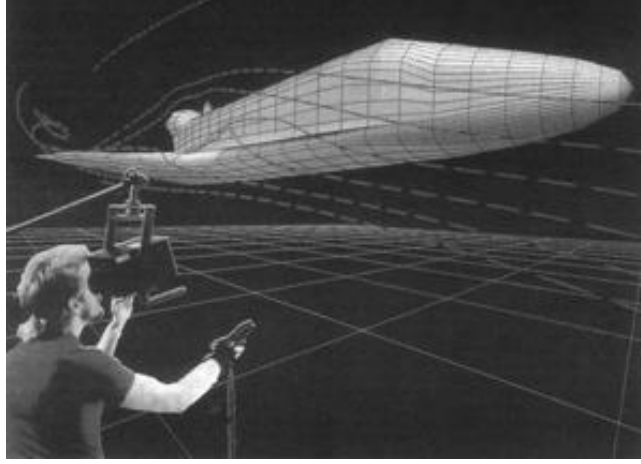
Şekil 1.3. VPL Research ekipmanları [50]

Fake Space Labs, CRT (Cathode Ray Tube) monitöre sahip küçük bir kutu şeklinde olan BOOM'i (Binocular Omni Oriented Monitors), 1989 yılında ticarileştirmiştir. Mekanik takip aracı BOOM'e ait bir görüntü Şekil 1.4'te gösterilmiştir [44-47].



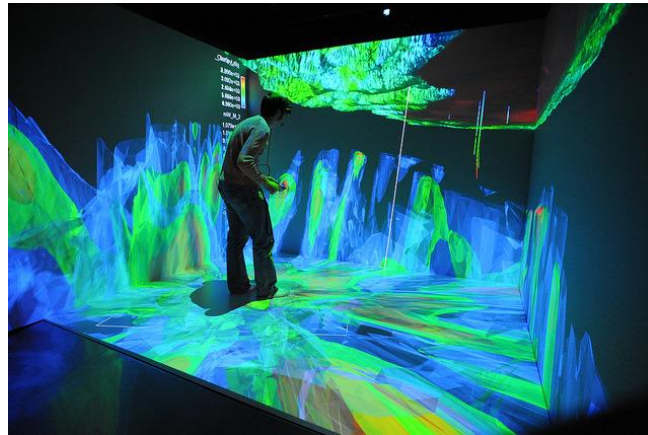
Şekil 1.4. Mekanik takip aracı [51]

Mekanik takip cihazları ve veri eldivenlerinde yaşanan gelişmelerin ardından bu iki cihazın birlikte kullanılabilirdiği projelerin geliştirilmesine başlanılmıştır. 1990'ların başlarında NASA, BOOM ve Data Glove yardımıyla akış alanlarının gözlemlenmesini ve araştırılmasını sağlayan Virtual Wind Tunnel isimli projeyi geliştirmiştir. Virtual Wind Tunnel projesinin çalışma anındaki durumunu gösteren örnek görüntü Şekil 1.5'te gösterilmiştir [44-47].



Şekil 1.5. Virtual wind tunnel projesi [52]

1992 yılında sunulan CAVE (Computer Assisted Virtual Environment) görselleştirme sistemi olarak tasarlanmıştır. Bu tür sistemlerde HMD kullanmak yerine oluşturulan görsel içerikler stereoskopik bir şekilde odanın duvarlarına yansıtılmaktadır. Yapılan işlem sayesinde HMD tabanlı sistemlere göre daha geniş görüş açısına sahip kaliteli bir ortam oluşturulmaktadır. Örnek bir CAVE ortamına ait görüntü Şekil 1.6 ile gösterilmiştir [44-47].



Şekil 1.6. Örnek cave ortamı [53]

## 1.2. Sanal Gerçeklik Teknolojisi

Sanal gerçeklik teknolojisinin yeni ve sürekli gelişmekte olduğu bir zamanda sıklıkla sanal gerçeklik terimi yerine farklı terimlerin ve tanımlamaların kullanıldığı görülmektedir. Sanal gerçeklik ve sanal ortamlar terimlerinin sıklıkla literatürde birbirlerinin yerine kullanıldığı görülmekle birlikte Sanal Dünyalar, Yapay Gerçeklik, Yapay Dünyalar ve Sentetik Deneyim terimlerinin de kullanıldığı literatürdeki kaynaklarda görülmüştür [54]. Bilgisayar ortamında hazırlanan sanal içeriklerin çeşitli donanımlar vasıtasıyla kullanıcılara iletildiği ve kullanıcıların tıpkı gerçek bir dünya içerisindeymiş gibi hissettiği sanal gerçeklik teknolojisi için literatürde ve kaynaklarda çok çeşitli ve farklı bakış açısı ile teknolojiye yaklaşan, farklı tanımlamalar bulunmaktadır.

Sanal gerçeklik, bilgisayar ortamında hazırlanan üç boyutlu, gerçek zamanlı ve etkileşimli grafikleri ekran teknolojileri ile birleştirerek kullanıcıları doğrudan modeller dünyasına çeken ve etkileyen bir teknoloji olarak tanımlanmıştır [55]. Sanal gerçeklik ile ilgili yapılmış olan tanımlamalara ve açıklamalara bakıldığında ortak noktanın yapay ve etkileşimli bir ortam olarak karşımıza çıktığı görülmüştür. Aslında sanal gerçeklik olarak tanımladığımız teknoloji çeşitli donanımlar ile kullanıcılara interaktif bir deneyim sunan üç boyutlu bilgisayar simülasyonları olarak karşımıza çıkmaktadır. Geliştirilen sanal gerçeklik ortamlarının kullanıcılarına etkili bir deneyim sunması son derece önemlidir. Sanal olarak hazırlanan ortamlar kullanıcılara mümkün olduğunca gerçeğe yakın bir deneyim ve hissiyat yaşatmalıdırlar. Gerçekçiliğe en yakın deneyim sunan sanal gerçeklik uygulamaları daha çok tercih edilmekte ve kazanç sağlamaktadırlar.

Sanal gerçeklik ortamları insan hislerini tüm noktalardan etkileyebilir seviyede olmalıdır ve sahip oldukları hissiyat deneyimi daldırma (immersive) seviyeleri ile ölçülmüştür [54]. Sanal gerçeklik hissini gösteren daldırma seviyeleri şu şekilde üç gruba ayrılmıştır [54, 56]:

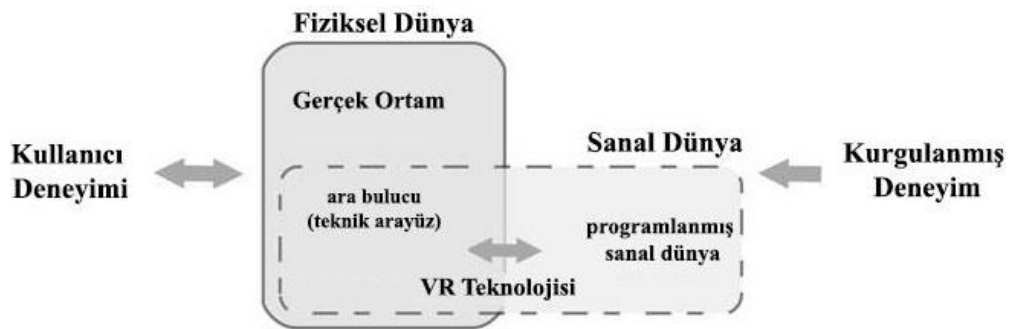
- Desktop Sanal Gerçeklik
- Fish Tank Sanal Gerçeklik
- Immersive Sanal Gerçeklik

Desktop SG, bilgisayar ortamında oluşturulmuş içerikleri bir ekran vasıtasıyla kullanıcılara ileten ve herhangi bir farklı duyu iletimi olmayan en basit sanal gerçeklik türüdür. Fish Tank SG, kullanıcının baş hareketlerini bilgisayar ortamına aktararak sanal ortamda bulunma hissini artıran desktop sanal gerçeklik sistemlerinin gelişmiş türüdür. Immersive SG sistemleri ise en gelişmiş sanal gerçeklik sistemleridir. Bu tür sistemler kullanıcıların bulunduğu fiziksel konumlara göre sanal ortamdaki sahnelerin değiştirilmesini sağlamaktadır. Ek olarak ses, duyu ve haptik arayüzler ile desteklenmektedirler [54].

### 1.3. Sanal Gerçeklik Donanımları ve Araçları

Gerçek dünyanın aksine sanal dünyalar programlanmış ve kurgulanmış dijital ürünler olarak karşımıza çıkmaktadır. Programlanmış bu sanal dünyalar bir araç vasıtasıyla görüntülenene kadar sadece bir fikir olarak kalırlar, fiziksel olarak tecrübe edilemezler ve etkileşim için bir araca ihtiyaç duymaktadırlar. Tasarlanan sanal dünyaların kullanıcılara aktarılabilmesi için ara bulucu sistemlerin erişebileceği ve algılayabileceği şekilde olması gerekmektedir.

Kurgulanmış sanal dünyaların modelleme kalitesi ancak sunumu sırasında kullanılan ara bulucuların kalitesi kadar hissedilebilmektedir [57]. Sanal gerçeklik teknolojisi, kurgulanmış sanal dünya düşüncesini sunabilmek için her zaman fiziksel dünyaya ihtiyaç duymaktadır. Kurgulanmış dünya ile fiziksel dünya arasındaki ara bulucu teknik arayüz ilişkisi Şekil 1.7 ile gösterilmiştir.



Şekil 1.7. Ara bulucu teknik arayüz ilişkisi [57]

Farklı özelliklere sahip ve farklı amaçlar için kullanılan birçok sanal gerçeklik donanımı mevcuttur. Sanal gerçeklik sistemlerinde kullanılan donanımlar, sanal ortam ile kullanıcılar arasında bir köprü görevi görmektedir.

Temel görevleri kurgulanmış olan sanal ortamı kullanıcılara aktarmak olan sanal gerçeklik donanımları giriş ve çıkış araçları olarak ikiye ayrılmaktadır. Giriş araçları, fiziksel ortamda bulunan kullanıcıların hareketlerini sanal ortama aktarmak amacıyla tasarlanmıştır. Çıkış araçları ise sanal ortamı fiziksel ortamda bulunan kullanıcılara aktarmak amacıyla tasarlanmıştır. Sanal gerçeklik sistemlerinde kullanılan donanım ve araçların kalitesi yaşanacak deneyim kalitesini artırmada oldukça önemlidir. Sanal gerçeklik teknolojisinde kullanılan sistemler kullanıcılara yönlendirilen yapay uyarılar ile fiziksel etkileşim oluşturmaktadır. Gerçekleşen fiziksel etkileşim sadece görsel veya işitsel olarak değil dokunsal, tatsal ve kokusal olarak da olabilmektedir [41]. Fiziksel dünyada bulunan kullanıcıların sanal dünyayı algılamasını ve etkileşim kurmasını sağlayan farklı özellik ve amaçlar için tasarlanmış birçok sanal gerçeklik donanımı bulunmaktadır. Kullanıcıların sanal gerçeklik ortamı ile etkileşime girmesini sağlayan sanal gerçeklik donanımları şu şekildedir:

- Sanal Gerçeklik Gözlükleri
- Veri Eldivenleri
- Kontrol Kumandaları
- Platformlar
- Giysiler

### **1.3.1. Sanal gerçeklik gözlükleri**

Sanal gerçeklik ortamında oluşturulan görüntülerin kullanıcılara aktarılmasını sağlayan sanal gerçeklik gözlükleri HMD olarak da adlandırılmaktadır. HMD'ler, kullanıcıların gözlerinin önüne yerleştirilen CRT veya LCD (Liquid Crystal Display) özellikli iki ekrandan oluşmaktadır [54]. Görüntülerin her açıdan kullanıcılara sunulması için HMD'ler çeşitli sensör ve izleyiciler içermektedir. Böylece kullanıcıların baş hareketlerini algılayarak kullanıcının baş konumuna göre görüntüler gösterilmektedir. HMD'lerin ergonomik ve hafif bir tasarıma sahip olması son derece önemlidir. HMD'ler düşünce olarak ortaya çıktığı ilk andan itibaren günümüze kadar birçok değişim geçirmiştir. HMD ile ilgili olarak 1916 yılında Albert B. Pratt tarafından ilk patent alınmıştır [58]. 1961 yılında Philco tarafından baş hareket takibi ile video kamera görüntüleme sistemi kontrolü yapılabilen HMD geliştirilmiştir [58].

1995 yılında Nintendo ve Sega firmaları tarafından tasarlanan Virtual Boy piyasaya sürülmüştür [49]. Virtual Boy, üç boyutlu görüntü sağlayan ilk taşınabilir oyun konsolu olma özelliğine sahiptir. Tek renk ile görüntüleri gözlük camına benzeyen bir yapı ile kullanıcılara sunmaktadır. Kullanımının zor olması ve pazarlama yetersizliğinden dolayı piyasada kısa vadeli olmuştur ve tutunamamıştır [49]. Virtual Boy'a ait bir görüntü Şekil 1.8 ile gösterilmiştir.



Şekil 1.8. Virtual boy [49]

Birçok değişim ve gelişim ile günümüze kadar uzanan HMD teknolojileri kazandıkları popülerlik ile birlikte büyük teknoloji şirketlerinin ilgisini çekmeyi başarmıştır. Samsung, HTC, Facebook, Sony, Google gibi şirketler kendilerine özgü HMD tasarımlarını ticarileştirmişlerdir. Teknoloji şirketlerinin geliştirmiş olduğu donanımlar ile birlikte sanal gerçeklik gözlükleri piyasada daha da yaygınlaşmıştır. Yaşanan gelişmeler sayesinde bu tarz donanımlar daha da ucuzlamıştır ve her bütçeye uygun donanımlara ulaşmak daha mümkün olmuştur. Günümüzde en dikkat çeken sanal gerçeklik gözlüklerinden bir tanesi olan Oculus Rift ilk olarak Kickstarter projesi olarak başlamıştır [58]. Oculus firmasının üretmiş olduğu bu HMD, stereoskopik görüş ve hızlı baş hareketi takibi sağlamanın yanı sıra 3 eksenli jiroskop, ivme ölçer ve manyetometreden aldığı verileri hızlı bir şekilde işleyerek, kullanıcılara sunulan görüntülerde gecikme olmamasını sağlamaktadır [59]. Kısa sürede yaygınlaşmaya başlayan Oculus Rift projesi Valve, Epic Games ve Unity gibi oyun geliştirici firmaların desteğini almayı başarmıştır [49]. Yakalamış olduğu başarı sayesinde Facebook 2014 yılında sanal gerçeklik ürünleri üreticisi olan Oculus firmasını satın almıştır [58].

Facebook, Oculus'u satın aldıktan sonra sanal gerçeklik ve sosyal medya platformlarını birleştirebilmek için çalışmalara başlamıştır. Günümüzde Oculus'a ait farklı özelliklere sahip sanal gerçeklik gözlükleri ve donanımları mevcuttur. Geliştirilen sanal gerçeklik gözlüklerine bakıldığında kablosuz ve bilgisayar bağımsız çalışabilen Oculus Quest modeli dikkat çekmektedir. Görüntü kalitesi bakımından diğer sanal gerçeklik gözlüklerinden ayrılan HTC Vive, HTC firmasının sanal gerçeklik alanındaki en büyük kozlarından biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Steam firması ile HTC arasında yapılan anlaşma sayesinde birçok oyuna erişim imkanı sağlaması HTC Vive'in dikkat çeken avantajları arasında gösterilmektedir [49]. Oyun sektörünün önemli aktörlerinden biri olan Sony, dünya genelinde milyonlarca kullanıcısı olan oyun konsolu Playstation ile uyumlu Playstation VR (Virtual Reality) projesini 2014 yılında tanıtmıştır [49]. Playstation 4 ve Vita oyun platformları ile tam uyumlu çalışabilen Playstation VR gelecekte çıkacak Playstation modelleriyle de uyumlu şekilde çalışabilme özelliğine sahiptir. Geliştirilen bu sistem ile oyun oynama deneyimi daha gerçekçi ve daha etkili bir hal almıştır. Samsung mobil cihazlar için geliştirmiş olduğu Gear VR ile sanal gerçeklik gözlüğü sektörüne etkili bir giriş yapmıştır. Samsung Gear VR'in en önemli özelliği cep telefonu ile birlikte çalışması sayesinde sunduğu mobilitedir. Samsung'un geliştirdiği bu sistem ile akıllı mobil cihazların birlikte kullanılabilmesi gelecekte mobil cihaz sektöründe farklı gelişmelere yol açacaktır. Farklı firmalar tarafından geliştirilmiş olan sanal gerçeklik gözlükleri ve birlikte kullanılabilen platformlar Şekil 1.9 ile gösterilmiştir.



Şekil 1.9. Sanal gerçeklik gözlükleri ve kullandıkları platformlar

Sanal gerçeklik ve mobil cihazların birlikte oluşturmuş olduğu etkiye Google da tepkisiz kalmamıştır.

Şirket geliştirmiş olduğu karton sanal gerçeklik gözlüğü ile basit, eğlenceli ve ekonomik bir çözüm sunmuştur. Google Cardboard adıyla piyasaya sürülen karton sanal gerçeklik gözlüğü sayesinde sanal gerçeklik içerikleri herkesin ulaşabileceği minimum maliyetli seviyelere ulaşmıştır. Google Carboard'ın maliyetinin yanı sıra en önemli bir diğer özelliği ise her model akıllı cep telefonu ile uyumlu olmasıdır.

### 1.3.2. Veri eldivenleri

Sanal gerçeklik uygulamalarında gerçeklik hissini artırabilmek için sanal gerçeklik ortamındaki nesnelere dokunabilme hissiyatını vermek son derece önemlidir. Sanal gerçeklik ortamındaki nesnelere dokunma hissiyatını vermek amacıyla veri eldivenleri (Data Gloves) geliştirilmiştir. Veri eldivenleri el, parmak hareketlerini ve dokunma yüzeylerini algılamaya yardımcı çeşitli sensörler ile donatılmıştır [41]. Veri eldivenleri sensörler yardımıyla eklem açılarını, basıncı ve hareketleri izleme bildirimlerini ölçebilmektedir [59]. Veri eldivenlerinde fiber optik, elektrik iletebilen mürekkep ve mekanik sensör olmak üzere üç ana teknoloji kullanılmaktadır [59]. Fiber optik teknolojisini kullanan veri eldivenleri ışık sensörlerinin yardımıyla parmak fleksiyonunu ölçerek çalışmaktadır. Elektrik ileten mürekkep kullanan eldivenler ise kullanıcı hareket ettikçe elektrik direncini değiştirerek işlemcinin hareketi tanımlamasını sağlamaktadır [60]. Mekanik sensörlü eldivenler, sensörlerin parmak eklem noktalarına sabitlenerek oluşturulan iskelet benzeri bir yapı ile geliştirilmişlerdir [60]. Veri eldivenleri sayesinde sanal gerçeklik sistemleri kullanıcıların elleri ile yaptıkları her hareketi görüntüler ile eşleştirerek simüle etmektedirler [41]. Teslasuit firmasının geliştirdiği veri eldiveni Şekil 1.10'da gösterilmiştir.



Şekil 1.10. Sanal gerçeklik veri eldiveni [61]



### 1.3.3. Kontrol kumandaları

Kontrol kumandaları (Wands), üzerlerinde bulunan çeşitli sensörler aracılığıyla kullanıcıların yapmış oldukları hareket ve komutları iletmektedirler. Kontrol kumandalarının içerisinde bulunan kızılötesi sensörler aracılığıyla kullanıcının konum bilgisi aktarılmaktadır. Ayrıca kumandalarda bulunan bluetooth vericiler, ivme ölçer ve jiroskop aracılığıyla alınan üç eksenli hareket bilgileri de kullanılmaktadır [59]. En popüler kontrol kumandalarından biri olan ve çeşitli hareket sensörlerine sahip Nintendo Wii, Nintendo tarafından üretilerek oyun konsolu ile birlikte piyasaya sürülmüştür [59]. Ayrıca Sony, oyun konsolu Playstation ile kullanılabilen Playstation Move ile kontrol kumandası ticarileştiren şirketlerden olmuştur [59]. Geliştirilen birçok sanal gerçeklik sisteminde sanal gerçeklik ortamını kontrol etmeyi sağlayan kontrol kumandalarına rastlamak mümkündür. HTC Vive ile kullanılabilen kontrol kumandası Şekil 1.11 ile gösterilmiştir.



Şekil 1.11. HTC Vive kontrol kumandası [62]

### 1.3.4. Platformlar

Sanal gerçeklik platformları günümüzde gittikçe popüler olmaya başlamışlardır. Platformlar, sanal ortama dalma hissini en üst seviyeye çıkararak sanal gerçeklik ortamında bulunan kullanıcılara gerçeklik hissini etkili biçimde yaşatmaktadırlar. Yuvarlak bir şekilde tasarlanan ve üzerlerinde bulunan çeşitli hareket algılama sensörleri sayesinde kullanıcıların hızlarını ayarlayarak her yöne hareket etmesini sağlamaktadırlar [41]. Sensörler sayesinde kullanıcılar, sanal gerçeklik ortamında aynı gerçek dünyada olduğu gibi hızlarını ve yönlerini ayarlayabilmektedir. Böylece en gerçekçi SG deneyimi kullanıcılara sunulmaktadır.

Platformlar son zamanlarda özellikle oyun sektöründe fazlasıyla kullanılmaktadır. Oyun sektörünün yanı sıra platformlar sahip oldukları özellikleriyle farklı alanlarda da kullanılabilme yeteneğine sahiptirler. Farklı firmalar tarafından farklı özelliklere sahip çeşitli sanal gerçeklik platformları üretilmektedir. Ülkemizde de sanal gerçeklik platformlarına yatırım yapan ve platform üreten girişimciler ve firmalar bulunmaktadır [41]. 2013 yılında bir Kickstarter projesi olarak başlatılan Virtuix Omni ilk sanal gerçeklik platformu olma özelliği ile karşımıza çıkmıştır [49]. Kullanıcılarına 360 derecelik görüş açısı sunan Virtuix Omni oyun için navigasyonu en üst düzeye çıkarmaktadır. Sahip olduğu sürtünme önleyici ayakkabılar ile birlikte kaymayı da önleyebilen Virtuix Omni kullanıcılarına özgürce hareket etme imkanı sağlamaktadır [49]. Şekil 1.12 ile Virtuix Omni'ye ait bir görüntü gösterilmiştir.



Şekil 1.12. Virtuix omni [63]

### 1.3.5. Giysiler

Sanal gerçeklik deneyimini en üst noktaya çıkarabilecek olan sanal gerçeklik giysileri son yıllarda gittikçe popüler olmaya başlamıştır. Vücuda giyilebilen giysiler kullanıcının hareketlerini sanal ortama aktarmak için çok sayıda hareket sensörü içermektedir. Hareket sensörlerinin yanı sıra sanal ortamda gerçekleşen çarpma, dokunma gibi fiziksel etkileri kullanıcının hissedebilmesini sağlayan çok sayıda küçük uyarıcı bulundurmaktadır. Böylece kurgulanmış ortam deneyiminin kullanıcı üzerindeki etkisinin daha gerçekçi bir hal alması sağlanmaktadır. Sanal gerçeklik giysileri çoğunlukla polis ve askeri birlik eğitimlerinde kullanılmaktadır [41].

Geliştirilen ve daha kompakt hale getirilen sanal gerçeklik giysileri oyun sektöründe de kullanılmaya başlanmıştır. Giysiler ile uyumlu oyun sayısının gittikçe artması ve daha fazla oyun geliştiricisi tarafından desteklenmesi ile oyun sektörüne önemli katkıları olması beklenmektedir. Şekil 1.13’de örnek bir sanal gerçeklik giysisi gösterilmiştir.



Şekil 1.13. SG giysisi [64]

#### 1.4. Sanal Gerçeklik Kullanım Alanları ve Uygulamaları

Teknolojik gelişmelerin gelişim süreçleri incelendiğinde birçok teknoloji ilk olarak güvenlik ihtiyaçlarını karşılamak için askeri amaçlar doğrultusunda keşfedilmiştir. Sanal gerçeklik teknolojisi de diğer teknolojik gelişmelerde olduğu gibi ilk olarak askeri amaçlar doğrultusunda kullanılabilmek amacıyla düşünülmüş ve bu doğrultuda geliştirilmeye başlanmıştır. Sanal gerçekliğin ticari olarak geliştirilmesi ve donanımların yaygınlaşması ile birlikte birçok sektörde sanal gerçeklik teknolojisi kullanılmaya başlamıştır. Sanal gerçeklik teknolojisinin günümüzde yaygın olarak kullanıldığı alanları şu şekilde sıralayabiliriz:

- Eğitim, Oyun
- Turizm, İmalat
- Tıp ve Sağlık hizmetleri
- Havacılık ve Savunma sanayi

Farklı alanlarda kullanılan sanal gerçeklik teknolojisi ile geliştirilen uygulamalar kullanım alanına göre özelleştirilmiştir. Sanal gerçekliğin kullanıldığı alanlardaki kullanım amaçları şu şekilde sıralanmaktadır [54]:

- Eğlence
- Simülasyon
- Motivasyon
- Eğitim ve Antrenman
- Veri ve Mimari Görselleştirme
- Modelleme, Tasarım, Planlama

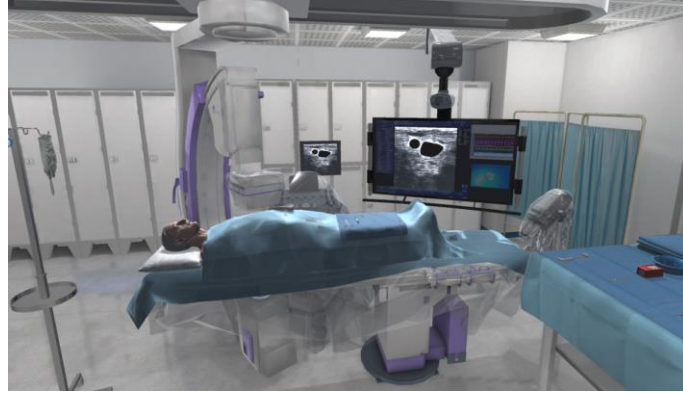
Sanal gerçeklik sistemleri insan makine etkileşimini üst seviyeye çıkaran, kullanıcı motivasyonunu artırarak öğrenme, uyum ve uygulama süreçlerinden maksimum verimin elde edilmesini sağlamaya çalışan sistemler olmuşlardır [32]. Sanal gerçeklik teknolojisi ile geliştirilen simülasyon uygulamaları gün geçtikçe artmaktadır ve yapılan çalışmalar çeşitli alanlardaki bireylerin yetiştirilmesi için önemli bir teknoloji olduğunu göstermiştir. Özellikle askeri ve sivil pilot yetiştirilmesi için farklı kurum ve firmalar tarafından pilotluk simülasyonları geliştirmeye yönelik çalışmalar yapılmıştır. Geliştirilen bu simülasyonlar ile pilotluk eğitiminin maliyeti azalmakta böylece pilotluk eğitimi alan bireyler daha fazla eğitim ve denemeler yapabilmektedir. Yapılan eğitimler farklı hava koşulları, coğrafi alanlar ve zorluk seviyelerine göre kolayca simüle edilebilmekte böylece yetiştirilen bireyler daha donanımlı olabilmektedir. Yine havacılık sektöründe farklı amaçlara yönelik personellerin yetiştirilmesinde sanal gerçeklik simülasyonlarının kullanılması mümkündür. Uçak içi personel eğitimi, havaalanı personelinin eğitimi, kontrol kulesi personellerinin eğitimi gibi farklı amaçlar için SG simülasyonları kullanılabilir. SG simülasyonlarının bir diğer kullanım örneği ise savunma ve askeri amaçlı simülasyonlardır. Bu simülasyonların yardımı ile askeri personeller birçok kez eğitim ve deneme şansı bularak ekipmanların kullanımını daha iyi kavrayabilmekte, operasyon ve tatbikatları farklı senaryolar eşliğinde farklı planlar, coğrafi koşullar ve iklim ortamlarında icra edebilme ve deneme fırsatı bulabilmektedir. Pilotluk eğitiminde kullanılan örnek bir simülasyon Şekil 1.14 ile gösterilmiştir.



Şekil 1.14. Uçak kokpit simülasyonu [65]

Sanal gerçeklik teknolojisi sayesinde öğrenme daha kolay, cazip ve kalıcı olmaktadır. Bundan dolayı farklı amaçlara yönelik çeşitli sanal gerçeklik eğitim uygulamaları geliştirilmiştir. Sanal gerçeklik uygulamaları eğitimde kullanılarak öğrencilerin eğitim sürecine daha aktif katılımlarını sağlamak amaçlanmıştır. Özellikle sanal gerçeklik teknolojisi fizik, kimya, matematik, tarih eğitiminde öğrencilere farklı deneyimler yaşatmaktadır. Eğitim amaçlı SG uygulamaları aracılığıyla karmaşık, anlaşılması zor ve soyut konular farklı yaklaşım ve bakış açıları ile deneyimlenebilmektedir. Fizik eğitiminde sanal gerçeklik kullanılarak çeşitli teorilerin uygulamalı bir şekilde tecrübe edinilmesi sağlanabilmektedir. Kimya eğitiminde SG uygulamaları ile birlikte deneyler farklı koşullar altında tekrarlanabilir ve sonuçlarının görsel olarak gözlemlenmesine imkan sağlanabilir. Matematik ve geometri eğitiminde sanal gerçeklik kullanılarak anlaşılması zor şekiller ve grafikler kolayca görsel olarak öğrencilere sunulabilmektedir. Görsel olarak sunulan şekiller ve grafikler farklı açılardan incelenerek anlaşılması kolaylaştırılır. Yine zor ve karmaşık matematiksel işlemler görselleştirilebilir veya bir oyun mantığı ile öğrencilerin işlemleri yapması sağlanabilir. Böylece matematiksel eğitim soyut olmaktan çıkarılarak anlaşılması daha kolay görsel ve somut bir hal alır ve akılda kalıcı eğitim sürecinin oluşturulması sağlanmaktadır. Sanal gerçekliği özel eğitim ihtiyacı bulunan çocukların eğitiminde kullanmakta mümkündür. Bu amaca yönelik geliştirilecek uygulamalar ile eğitim verimliliğinin artırılması, eğitim süresinin kısaltılması ve çocukların daha aktif ve istekli bir eğitim süreci geçirmesi mümkün olmaktadır. Sanal gerçekliğin eğitim amacı ile kullanıldığı bir diğer alan ise tıptır. Tıp eğitiminde kullanılan sanal gerçeklik uygulamaları ile üç boyutlu öğrenim süreci sunulması sağlanabilmektedir.

Sağlık personelinin eğitiminde de sanal gerçekliği kullanmak mümkündür. Kritik cerrahi operasyonlar öncesi SG simülasyonları ile operasyon sanal ortamda denenerek operasyon riskinin en aza indirilmesi ve operasyon sırasında oluşabilecek olumsuz durumlar için önceden önlem alınması sağlanabilmektedir. Stanford Medicine tarafından geliştirilmiş olan vasküler ve endovasküler ameliyat simülasyonuna ait örnek bir görüntü Şekil 1.15 ile gösterilmiştir.



Şekil 1.15. Ameliyat simülasyonu görüntüsü [66]

Sağlık alanında çeşitli hastalıkların tedavi süreçlerinde sanal gerçekliği kullanmak, tedavi sürecini hızlandırmakta ve iyileşme oranını artırmaktadır. Geliştirilecek uygulamalar ile hastanın tedavi sürecindeki motivasyonu artırılabilen, korkusu azaltılabilmekte ve bireye özgü bir tedavi süreci oluşturulması sağlanabilmektedir. Farklı hastalıklara yönelik çeşitli aktivite simülasyonları geliştirilmesi tedavi süreçlerini kısaltacağından dolayı hem kısa sürede daha fazla hastaya hizmet vermeyi hem de tedavinin başarı oranını artırmayı sağlamaktadır. Tedavi sürecinde yapılan tahlil sonuçlarının, MR ve röntgen görüntülerinin üç boyutlu bir şekilde görselleştirilmesi ve farklı sonuçların aynı anda değerlendirilmesi gibi işlemler içinde sanal gerçeklik uygulamaları kullanılabilir.

Sanal gerçeklik uygulamaları sporcu sağlığını korumak için spor ve antrenman alanlarında da kullanılabilir. Geliştirilecek olan çeşitli antrenman uygulamaları ile sporcuya özel antrenman programlarının hazırlanması mümkün olmaktadır. Geliştirilen uygulamalar sayesinde yapılan antrenmanın etkisi artırılarak sporcu gelişimine önemli katkılar sağlanabilmektedir. Antrenman süresindeki bireysel performansın takip edilmesi ve farklı koşullar altında antrenmanın tekrar edilebilmesi de mümkün olmaktadır.

Sanal gerçeklik ile tasarım, mimari ve imalat alanlarına katkı sağlayacak uygulamalar geliştirmek mümkündür. Mimari tasarımları daha az maliyet ile sanal gerçeklik uygulaması üzerinden üç boyutlu ve her açıdan incelemek ve test etmek mümkün olmaktadır. Böylece hem tasarımın eksik ve zayıf yönleri görülebilmekte hem de tasarım üzerinde anlık değişimler yapmak mümkün olmaktadır. İmalat ve endüstri alanlarında yapılan prototipleme süreçlerinde sanal gerçeklik uygulamaları çok büyük katkılar sunmaktadır. İmalat öncesi daha az maliyetli ve daha kısa sürede oluşturulabilecek prototipler üretme imkanı sağlamaktadır. Bununla birlikte üretilecek ürünün tasarımı ile ilgili eksiklikler kısa sürede üç boyutlu incelenebilecek ve herhangi bir değişikliğe ihtiyaç duyulduğu zaman kısa sürede değişikliklerin yapılabilmesi sağlanacaktır. E-ticaret sektöründe sanal gerçeklik uygulamalarının kullanılmasıyla alışveriş öncesi bir ürünü tüm açılardan üç boyutlu incelemekle birlikte giyim, aksesuar, mobilya, dekorasyon ihtiyaçlarını daha önceden deneyimleyerek satın almak mümkün olacaktır. Satın alınmak istenen ürünün farklı özellik ve renk seçeneklerini gerçekçi bir şekilde görmekle birlikte ürüne eklemeler yapmak, bu eklemeleri doğrudan ürünün üzerinde görmek mümkün olacak ve sonradan karşılaşılabilecek olumsuz durumlar en aza indirgenerek zaman-maliyet açısından katkı sağlanacaktır.

Büyük bir ekonomiye sahip olan oyun ve eğlence sektörü her zaman yeni teknolojileri kullanmaya çalışmıştır. Sanal gerçeklik teknoloji ile de yakından ilgilenen oyun ve eğlence sektöründe SG ürünleri geliştirilmiştir. Oyun firmaları sanal gerçeklik teknolojisi ile uyumlu video oyunları geliştirmeye başlamıştır. Geliştirilen SG uyumlu oyunlar, kullanıcıların oyun içi dünyanın bir parçası gibi hissetmesini sağlamaktadır. Sanal gerçeklik teknolojisi ile üretilen oyunların normal oyunlardan bir farkı ise kullanılan donanımlar sayesinde kullanıcıları hareket etmeye yönlendirmesidir. Oyun sektörünün yanı sıra televizyon ve film sektörü de sanal gerçeklik teknolojisini kullanmaya yönelik çalışmalar yapmaktadır. Televizyon kanalları ve film şirketleri üretmiş oldukları içerikleri sanal gerçeklik donanımları vasıtasıyla kullanıcılara ulaştırmayı hedeflemişlerdir. Sanal gerçeklik teknolojisi ile izlenen televizyon kanalları ve filmler kullanıcılara üç boyutlu ve her açıdan içeriği izleme şansı vermektedir. Sanal gerçeklik temalı bir dünyada geçen 2018 yapımı “Ready Player One” filmi sanal gerçekliğin geleceğini göstermektedir.

Sanal gerçeklik teknolojisi kullanılarak geliştirilen televizyon ve film uygulamasının bir örneği Şekil 1.16 ile gösterilmiştir.



Şekil 1.16. Sanal gerçeklik televizyon uygulaması [67]

Turizm sektörünü geliştirmek için yapılan çalışmalara son yıllarda sanal gerçeklik teknolojisi de eklenmiştir. Sanal gerçeklikle şehirlerin interaktif bir biçimde gezilebileceği sanal turlar, üç boyutlu ve gerçekçi bir gezi hissi yaşatmaktadır. Şehir turlarının yanı sıra çeşitli müzeler ve tarihi yapılar ile ilgili de SG tabanlı sanal turlar gerçekleştirmek mümkündür. Konser, tiyatro gibi farklı kültürel aktiviteler içinde sanal gerçeklik teknolojisi kullanılarak geliştirilen uygulamalar kültürel aktivitelere farklı bir boyut kazandırarak ilginin artmasını sağlayacaktır.

Günümüzde gelişmişlik yarışında geride kalmak istemeyen, stratejik davranan ülkeler ve teknolojik gelişmelere yön veren, teknoloji sektöründen daha fazla pay almak isteyen büyük teknoloji firmaları sanal gerçeklik yatırımlarını ön plana alarak önemli ölçülerde bütçeler ayırmıştır [5]. Dünya'nın en büyük araştırma şirketlerinden biri olan IDC (International Data Corporation) araştırmalarında, SG teknolojisine yapılan yatırım harcamalarında ABD'nin yaklaşık 4 milyar dolar ile başı çekeceği, Asya-Pasifik ve Batı Avrupa ülkelerinin ise yaklaşık 2,5 milyar dolar ile ABD'yi takip edeceği belirtilmiştir [68]. Teknolojinin önde gelen şirketleri Facebook, Microsoft, Apple, Google, Samsung, HTC, LG sanal gerçeklik teknolojisine yapılan yatırımlarına hız vererek çeşitli ürünler üretmeye başlamıştır. Facebook, ürettiği sanal gerçeklik başlığıyla büyük ilgi gören Oculus firmasını yaklaşık 2 milyar dolara satın almıştır [69]. Oculus firmasını satın alan Facebook, sanal gerçeklik teknolojisini sahip olduğu sosyal ağlar ile birleştirmeye çalışarak SocialVR sosyal ağ ortamını geliştirmeye başlamıştır.



Microsoft geliştirmiş olduğu Hololens ile sanal gerçeklik gözlüğü ve sanal gerçeklik içerikleri üretmeye başlamıştır. HTC firması da geliştirmiş olduğu HTC Vive ile sanal gerçeklik donanımı üreten ve ticari olarak satışını yapan firmalardan biri olmuştur. Youtube, 360 derece görüş açısına sahip çeşitli sanal video içeriklerini platformu üzerinden kullanıcılara sunmaya başlamıştır. Google'ın geliştirdiği sanal gerçeklik projesi olan Project Tango ile birlikte özel bir yazılım ve kamera yardımıyla ortamın 3 boyutlu görüntüsü mobil cihazlar aracılığıyla sanal ortama aktarılmıştır [41]. Güney Kore kökenli Samsung sanal gerçeklik teknolojisi ile ilgili farklı çalışmalar yapmaktadır. Geliştirmiş olduğu Samsung Gear VR ile sanal gerçeklik dünyasına adım atmıştır. Sahip olduğu mobil cihazlara sanal gerçeklik uyumluluğu getirmeye başlayan Samsung, milyonlarca kullanıcıyı sanal gerçeklik teknolojisi ile tanıştırmıştır. Bigscreen firması geliştirmiş olduğu Bigscreen TV ile çeşitli SG içerikleri kullanıcıların hizmetine sunmuştur. Bu içerikler arasında CNN, Fox Sports, Bloomberg gibi televizyon kanalları, çeşitli filmler, oyunlar ve birçok sanal gerçeklik uygulaması bulunmaktadır. Japon teknoloji devi Sony dünya genelinde milyonlarca kullanıcısı olan Playstation oyun konsolu için SG donanımları üretmiştir. Sony'nin yapmış olduğu bu hamle ile oyun sektöründe sanal gerçeklik teknolojisinin daha hızlı gelişmesi ve daha fazla kullanıcıya ulaşması beklenmektedir. Bahçeşehir Üniversitesi, ünlü oyun firması CryTek ile yaptığı ortaklık ile Türkiye'nin ilk sanal gerçeklik merkezini kurmuştur [70]. Merkezde sanal gerçeklik araştırmaları yapılmakla birlikte sanal gerçekliğe ilgi duyan araştırmacılara ve geliştiricilere çeşitli imkanlar sağlanmaktadır.

## 2. ÇEVRE ALGILAYICILAR: SENSÖRLER

Sanal gerçeklik uygulamaları, kullanıcılar ile sanal ortam arasındaki etkileşimi üst seviyeye çıkarabildiği kadar başarılı olmaktadır. Sanal gerçeklik uygulamalarının etkileşim seviyelerini artırmak amacıyla genellikle çeşitli sensörlerden ve donanımlardan yararlanılmaktadır. Sensörler özellikle içerisinde insan hareketini barındıran süreçlerde kullanıldığında uygulamaların başarısını önemli ölçüde artırabilmektedir. Sağlık hizmetlerinde kullanılmak üzere geliştirilen sanal gerçeklik uygulamalarında çeşitli özelliklere sahip sensörler kullanılabilir. Sağlık hizmetlerinde, tedavi aşamasındaki bireylerin hareketlerinin tam olarak algılanabilmesi her zaman çok önemli olmuştur [71]. Tedavi süreçlerinde, bireylerin gerekli hareketleri doğru olarak yapması tedavi sürecini hızlandırırken aynı zamanda tedavinin başarı oranını artırmaktadır. Bununla birlikte uzmanların tedavi sürecini daha doğru anlamlandırabilmesini ve bireylere daha verimli tedavi yöntemleri sunulmasını sağlamaktadır. Daha verimli ve doğru çalışan uygulamalar geliştirebilmek amacıyla hareket algılama, tanımlama ve ölçümleme gibi farklı eylemleri geliştiricilere sunan, farklı özelliklere sahip sensörler sanal gerçeklik çalışmalarında kullanılmıştır [72]. Kullanım amaçlarına ve teknik özelliklerine göre birçok sensör çeşidi bulunmaktadır. Yaygın olarak kullanılan bazı sensör çeşitleri şu şekildedir [73]:

- Ultrasonik sensörler
- Kızılötesi sensörler
- Sıcaklık sensörü
- Basınç sensörü
- Işık sensörü
- İvme ölçer

Ultrasonik sensörler, 40.000 Hz frekansında ürettikleri ses dalgalarının yayılımı prensibi ile çalışmaktadırlar. Ses dalgalarının bir engelle ulaşım geri dönme süresine göre ilgili hesaplamaları yapmaktadırlar [74].

Kızılötesi ışın yayan ve ışın yansımalarını kontrol eden foto komponentlerden oluşan kızılötesi sensörler, ürettikleri ışınların engel üzerinden geri dönmesi ile algılama işlemini gerçekleştirmektedirler [75].

Sıcaklık sensörleri, yarı iletkenler yardımı ile bulunduğu ortamdaki sıcaklığı ölçmektedirler. Etkileşim ile çalışan temaslı ve radyasyon kullanarak çalışan olmak üzere iki tür sıcaklık sensörü bulunmaktadır. Endüstriyel üretimde ve günlük hayatta farklı çeşitleri sıklıkla kullanılmaktadır [76].

Basınç sensörleri, uygulanan fiziksel etkilerdeki basınç farklılıklarını algılayarak elektrik enerjisine dönüştüren sensör çeşitleridir. Farklı çeşitleri yardımıyla mutlak basınç, gösterge basınç ve fark basınç ölçümleri yapılabilmektedir.

Işık sensörleri, görünür ve kızılötesi spektrumda bulunan ışık enerjisini elektrik enerjisine çevirmektedirler [76].

İvme ölçer, cisimlerin hızlarının değişimini ölçmeye yarayan sensör çeşididir. İvme ölçerler uçaklar, navigasyon sistemleri, mobil cihazlar, bilgisayar, insansız hava araçları gibi birçok farklı üründe kullanılmaktadır [77].

### 3. UNITY-3D VE ÖZELLİKLERİ

Unity-3D; bilgisayarlar, oyun konsolları, mobil cihazlar için oyun ve simülasyonlar geliştirmek için kullanılan Unity Teknoloji tarafından geliştirilmiş olan bir içerik geliştirme motorudur [78]. İlk versiyonu 2005 yılında yayınlanan Unity-3D günümüze kadar birçok versiyon güncellemesi ile son halini almıştır ve farklı geliştirici firmalar tarafından iş birliği için kullanılmıştır. Unity-3D'nin farklı özellik ve içeriklere sahip Personal, Plus, Pro ve Enterprise olmak üzere dört farklı versiyonu bulunmaktadır [79]. Bütün Unity-3D versiyonlarına ait lisans özellikleri Tablo 3.1 ile verilmiştir.

Tablo 3.1. Unity-3D lisans özellikleri [79]

Lisans	Açılış Ekranı	Çoklu Oyuncu	Gelir Kapasitesi	Performans Raporlama	Kaynak Kod	Premium Desteği	Ücret
Personal	Unity açılış ekranı	20	\$100000	Hayır	Hayır	Hayır	Ücretsiz
Plus	Hayır	50	\$200000	Evet	Hayır	Hayır	\$35/Ay
Pro	Hayır	200	Sınırsız	Evet	Evet	Evet	\$125/Ay
Enterprise	Hayır	Özel	Sınırsız	Evet	Evet	Evet	Anlaşmalı Fiyat

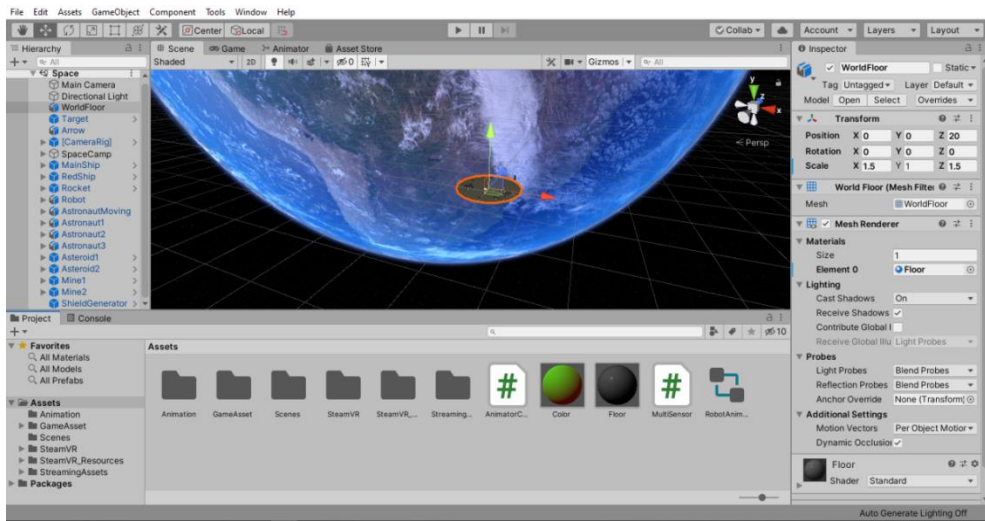
Unity-3D; web, mobil, bilgisayar gibi farklı seçeneklerde dışa aktarım imkanı sunarak farklı platform veya cihazlara içerik geliştirmeyi kolaylaştırmaktadır. Bu özelliğiyle çapraz platform çalışmaya olanak tanıyarak, geliştirilen içeriğin birden fazla platforma çıktı olarak alınabilmesini sağlamaktadır. Unity-3D, gerçek zamanlı değişimlere izin vererek yapılan değişiklikleri anında göstermesinin yanı sıra fizik motoru, çarpışma algılama, gölgeleme ve efektler gibi birçok özelliği de sağlamaktadır [80]. Unity-3D'nin motor çalışma zamanı C++ ve Microsoft .Net Api ile editör bölümü ise C# ile geliştirilmiştir [81].

Unity-3D, basit fizik motorları ve gölgelendiriciler ile birlikte çeşitli ses, video ve animasyon içeriklerini de desteklemektedir. Unity-3D, C# ve Javascript gibi birden fazla script dilini destekleyerek MonoDevelop ve Visual Studio ile otomatik senkronize bir yapıda çalışabilecek şekilde tasarlanmıştır [81].

2-B (2-Boyutlu) ve 3-B içeriklerin yanı sıra AR (Augmented Reality) ve VR içerikler üretmeye de imkan sağlayan Unity-3D farklı alanlar ve sektörlerde kullanılmaktadır. Unity-3D'nin kullanıldığı sektörler şu şekilde sıralanabilir [79]:

- Oyun ve Eğlence
- Otomotiv, Ulaşım ve Üretim
- Film, Animasyon ve Sinema
- Mimari, Mühendislik ve Yapı

Unity-3D sahip olduğu birçok özellik ve içeriğin yanı sıra Asset Store ile ücretli ve ücretsiz birçok içeriğe erişim imkanı sağlamaktadır. Asset Store'da bulunan içerikler sayesinde geliştiriciler kendi uygulamalarına en uygun içeriği satın alarak istedikleri gibi kullanabilmektedirler. Unity-3D, üstün geliştirme seçeneklerinden dolayı Google, Sony, Nintendo, Oculus, Microsoft, Intel gibi birçok teknoloji şirketi tarafından kullanılmaktadır [79]. Unity-3D'ye ait geliştirme arayüzü Şekil 3.1 ile gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Unity-3D geliştirme arayüzü

#### 4. FİZİK TEDAVİ VE REHABİLİTASYON

Fizik tedavi ve rehabilitasyon; sinir sistemi, kas ve iskelet problemleri, nörolojik hastalıklar, ortopedik rahatsızlıklar ve farklı durumlara bağlı olarak ortaya çıkmış hareket kısıtlaması veya engellilik durumlarının tanı, teşhis ve tedavi süreçleri ile ilgilenen tıp dalı olarak tanımlanmıştır [82]. Fizik tedavi uygulamaları uzman hekimler tarafından hastanın ve hastalığın durumuna göre planlanmalıdır ve yine uzmanlar tarafından uygulanmalıdır. FTR uygulamalarının başarıya ulaşabilmesi için tedavinin uygulanacağı hastalar çok iyi belirlenmelidir. Cerrahi yöntemler ile istenilen tedavi sonuçları tam olarak alınmadığında, hastalığın zaman içerisinde kronikleşme ihtimali olduğunda veya sakatlık gelişme riski bulunuyorsa ve hastanın günlük yaşantısını olumsuz etkileme durumlarında fizik tedavi ve rehabilitasyon yöntemleri tercih edilmiştir [83]. FTR yöntemleri farklı hastalıklar ve rahatsızlıklar ile ilgilenmektedir. FTR tedavi alanına giren hastalıkların bazılarını şu şekilde sıralamak mümkündür [82, 83, 84]:

- Kısmi/Tam felç durumları
- Pediatrik, Kardiyak ve Geriatrik hastalıklar
- Metabolitik eklem hastalıkları
- Spor sırasında oluşan rahatsızlıklar
- Omurga eğriliği, duruş bozuklukları ve kemik erimesi
- Romatizmal ve eklem hastalıkları
- Mikrocerrahi operasyonlar sonrası

FTR programları ve süreleri mutlaka hastaların sağlık durumlarına göre uzman hekimler ve fizyoterapistler tarafından planlanarak yine uzmanlar tarafından uygulanmalıdır. Hastalara uygulanacak olan FTR tedavilerinde çeşitli ilaçlar, fiziksel ajanlar veya terapötik egzersizlerden bir veya birkaçı kullanılabilir [83]. Fizik tedavi ve rehabilitasyon programlarının başarıya ulaşması için hasta ile uzman arasında güven ortamının oluşturulması, seçilen tedavi yönteminin ve programının eksiksiz bir şekilde uygulanması son derece önemlidir.

Günümüzde farklı durumların tedavisi için kullanılan, farklı teknoloji ve yöntemleri içeren fizik tedavi ve rehabilitasyon uygulamaları mevcuttur. Günümüzde kullanılan FTR yöntemlerinin bazıları şu şekilde sıralanabilir [82, 83, 85]:

- Termoterapi ve Hidroterapi
- Fototerapi ve Mekanoterapi
- Traksiyon ve Kriyoterapi
- Biofeedback ve Ortez uygulamaları
- Elektrik stimülasyonu
- Aralıklı pnömatik kompresyon tedavisi

#### **4.1. Pediatrik Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon**

Yetişkinlerde olduğu gibi çocuklar içinde fizik tedavi ve rehabilitasyon programları uygulanmaktadır. Pediatrik (Çocuk) fizyoterapi; genetik hastalıklar, kas hastalıkları veya sonradan oluşan farklı fiziksel ve mental durumların tedavisi için kullanılan yöntemler bütünüdür [86]. Çocuk FTR'si, çocukların duygusal ve motor becerilerini desteklemeyi, duruş bozukluklarını düzenlemeyi, cerrahi operasyonları desteklemeyi, çocukları gençlik ve yetişkinlik dönemlerine hazırlamayı amaçlamıştır [87].

Çocuk FTR programlarında tedavi edilen hastalık ve fiziksel bozuklukların bazıları şu şekilde sıralanabilir [86, 88]:

- Serebral palsi, Spina bifida, Spastisite
- Kafa travmaları ve omurilik yaralanmaları
- Kas-iskelet hastalıkları
- Yürüyüş ve duruş bozuklukları, Kamburluk
- Eklem İltihabı (Juvenil Artrit)
- Doğuştan (Konjenital) oluşan anomaliler
- Yutma ve Beslenme sorunları
- Çocukluk çağı diz ağrıları (Osgood-Schlatter Hastalığı)

Çocuk FTR uygulamaları çeşitli egzersiz programlarını, cihaz tedavilerini, ev egzersiz programlarını ve aile eğitimlerini kapsayan bütüncül bir tedavi yaklaşımı sunmaktadır [89].

Tedavi programı mutlaka uzman bir hekim ve çocuk fizyoterapisti tarafından programlanmalıdır. Tedavi sırasında FTR uzmanı ve çocuk fizyoterapisti bütüncül bir tedavi uygulayabilmek için psikologlar veya farklı branş hekimleri ile birlikte çalışabilmektedir [86]. Tedavi programları, bireylerin hareketlilik, iletişim, sosyalleşme ve bilişsel bağımsızlığını elde etmesi ile birlikte çocukların ve ailelerin yaşam kalitesini artırmayı hedeflemelidir [88]. Tedavi ve rehabilitasyon hedeflerinin, hastalıkların ve rahatsızlıkların durumlarına göre özenle belirlenmesi, uygun tedavi programlarının seçilmesi son derece önemli olmakla beraber tedavi sürecinde ailenin bilgilendirilmesi ve tedavi süresinin eksiksiz tamamlanması sürecin başarısını artıracaktır [87, 89].

Günümüzde farklı hastalıkları tedavi etmek amacıyla çeşitli tedavi yöntemleri uygulanmaktadır. Uygulanmakta olan bazı fizik tedavi ve rehabilitasyon yöntemleri ve uygulamaları şunlardır [86, 88]:

- Arneo Power
- Duyusal entegrasyon
- Robotik yürüme (Lokomat)
- Paralel bar ve Denge tahtası
- Neurodevelopmental terapi
- Ortez-Protez eğitim ve uygulamaları
- Elektromiyografi (EMG) ile botox tedavisi



## 5. GELİŞTİRİLEN SANAL GERÇEKLİK SİSTEMİ VE BİLEŞENLERİ

Sanal gerçeğin esnek ve gelişime açık yapısı sayesinde birçok farklı fizik tedavi ve rehabilitasyon yöntemine göre uygulama tasarlamak mümkündür. Bu tez çalışmasında geliştirilen sanal gerçeklik uygulaması, sıklıkla kullanılan fizik tedavi yöntemlerinden biri olan ve literatürde yapılmış sanal gerçeklik çalışması bulunmayan paralel bar tedavi yöntemine göre tasarlanmıştır.

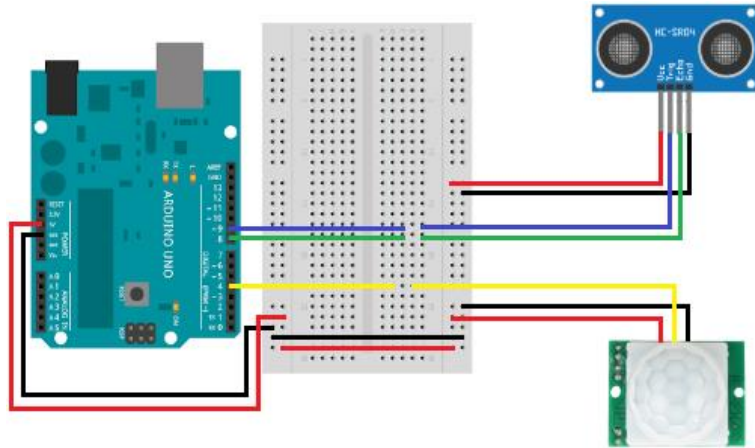
Paralel bar mekanizması, fizik tedavi ve rehabilitasyon süreçlerinde sıklıkla kullanılan, farklı uzunluk ve genişlikte olabilen, düz bir zeminin her iki yanında bulunan tutunma alanları bulunduran bir tasarıma sahiptir. Paralel barlar farklı yaş gruplarındaki bireylerin kullanımına uygun olabilecek şekilde tasarlanmaktadır. Doğuştan gelen veya cerrahi bir operasyon sonucunda oluşan hareket kısıtının giderilmesi, el-ayak hareketliliğinin kazanılması, vücut denge ve duruşunun düzeltilmesi gibi birçok farklı amaca yönelik tedavi süreçlerinde paralel bar mekanizması kullanılmaktadır. Felç, omurga yaralanmaları, serebral palsi gibi hastalıkların fizik tedavi süreçlerinde yardımcı tedavi aleti olarak paralel barları kullanmak mümkündür. Paralel bar mekanizmaları tedavi süreçlerinde denge tahtası, yürüyüş basamağı (merdiveni) gibi farklı fizik tedavi araçları ile birlikte sıklıkla kullanılmaktadır. Şekil 5.1 ile örnek bir paralel bar mekanizması gösterilmektedir.



Şekil 5.1. Örnek paralel bar görüntüsü

Çalışma içeriğindeki sanal gerçeklik uygulaması iki farklı aşamada geliştirilmiştir. İlk aşama Arduino ve çeşitli sensörlerin kullanıldığı donanım bileşeni ikinci aşama ise Unity-3D ile sanal gerçeklik ortamının tasarlandığı yazılım bileşenidir.

Donanım aşamasındaki geliştirme için Arduino, ultrasonik mesafe sensörü ve kızılötesi hareket sensörü kullanılmıştır. Sensörler fizik tedavi ve rehabilitasyon uygulamaları için oldukça önemlidir. Sensörler ile fizik tedavi ve rehabilitasyon süreçlerinde bireylerin hareketlerinin tam ve doğru olarak algılanması sağlanarak, tedavi süreçlerinin hızlanması ve başarısının artması sağlanmaktadır. Geliştirilen sistemde sensörlerden gelen gerçek zamanlı verilerin işlenerek sanal gerçeklik ortamına aktarılmasını sağlamak amacıyla Arduino kullanılmıştır. Böylece verilerin tutarlı ve gecikmesiz olarak sanal gerçeklik ortamına aktarılması sağlanarak hızlı ve tutarlı bir sistem geliştirilmiştir. Sistem bileşenleri ve sistem devre şeması Şekil 5.2 ile gösterilmektedir.



Şekil 5.2. Sistem bileşenleri ve devre şeması

Geliştirilen sistemde bireylerin gerçek zamanlı konumlarının belirlenebilmesi için ultrasonik mesafe sensörü kullanılmıştır. Sanal gerçeklik ortamında hedefe ulaşıp ulaşılmadığı ise kızılötesi hareket sensörü kullanılarak tespit edilmektedir.

Ultrasonik mesafe sensörleri, buldukları konumdan hedefe olan uzaklıkları ürettikleri ses dalgaları aracılığı ile ölçmektedir. Sensör üzerinde ses dalgalarının çıkışını sağlayan bir trigger pini ve engelden dönerek tekrar sensöre ulaşan ses dalgalarını alan bir echo pini bulunmaktadır. Çalışmada kullanılan HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörü Şekil 5.3 ile gösterilmektedir.



Şekil 5.3. Ultrasonik mesafe sensörü

Ultrasonik mesafe sensörü ile hedef cisme olan mesafeyi hesaplamak için temel hız ve zaman denklemi kullanılmaktadır. Mesafe hesabının ifadesi Denklem (5.1)'deki gibidir;

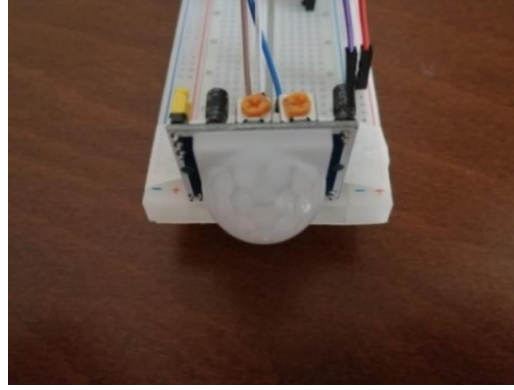
$$X = V \times (t \div 2) \quad (5.1)$$

Denklem (5.1)'de; X (m) mesafeyi, V (m/s) ses hızını, t (s) ise ses dalgalarının toplam ulaşım süresini ifade etmektedir. t, sensör ile hedef cisim arasındaki gidiş geliş süresinin toplamını kapsadığından dolayı hesaplamada t/2 şeklinde kullanılmaktadır. Mesafe hesabı yapılırken ses hızı, 21 °C sıcaklıkta 343 m/s olarak kullanılmaktadır. Ultrasonik mesafe sensörü ile daha hassas ölçüm yapabilmek için mevcut ortamın sıcaklığına bağlı olarak hız ifadesi tekrar hesaplanmalıdır. Hız ifadesinin hesabı Denklem (5.2)'deki gibidir;

$$V=331 \times \sqrt{1 + \frac{T_c}{273}} \quad (5.2)$$

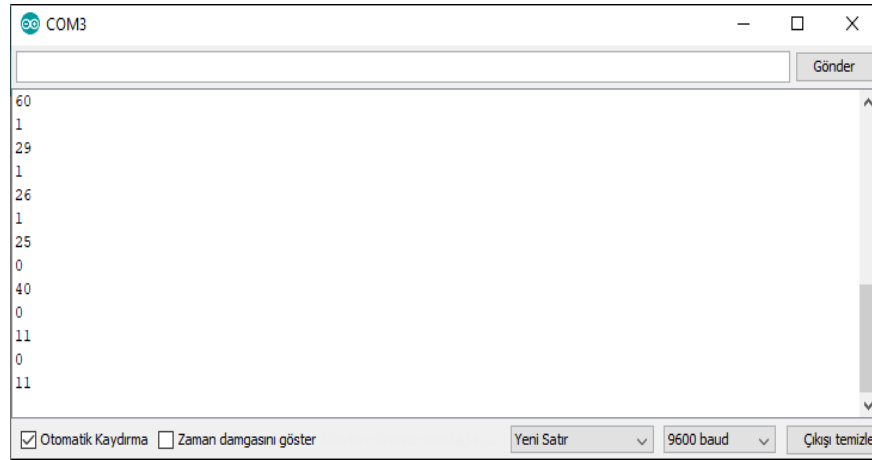
Denklem (5.2)'de ortamdaki ses hızı V ile ifade edilmektedir. Tc ise ses hızının hesaplanacağı ortamın sıcaklığını ifade etmektedir.

Kızılötesi hareket sensörleri, ortamdaki sıcaklığı takip eden kızılötesi bir alıcı mekanizması ile çalışmaktadır. Sensör, bulunduğu ortamdaki ani sıcaklık değişimlerine göre nesnelerin hareketini algılamaktadır. Hareket algılandığında lojik 1 çıkışı üretilirken, hareket algılanmadığı durumlarda lojik 0 çıkışı üretilmektedir. Çalışmada kullanılan HC-SR501 kızılötesi hareket sensörü Şekil 5.4 ile gösterilmektedir.



Şekil 5.4. Kızılötesi hareket sensörü

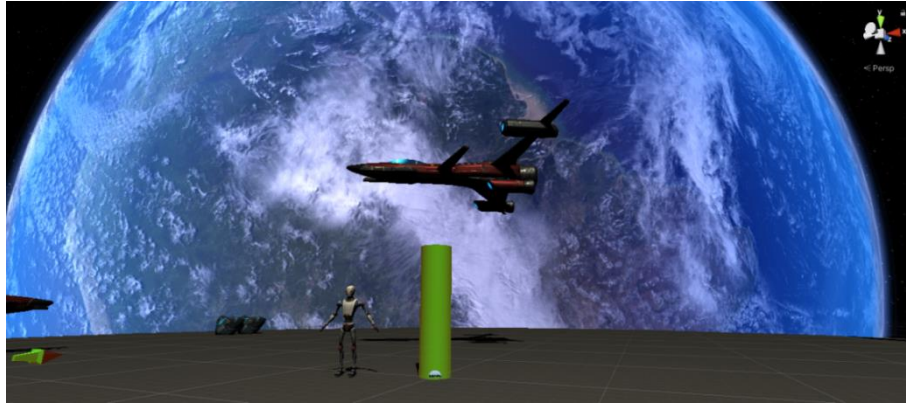
Arduino ve sensörlerden oluşan sistem ile bilgisayar arasındaki bağlantının kurularak sensörlerden elde edilen verilerin bilgisayar ortamına aktarılabilmesi için Arduino IDE (Integrated Development Environment) aracılığıyla bir script oluşturulmuştur. Oluşturulan script ile sensörlerden alınan gerçek zamanlı veriler Unity-3D’de kullanılabilir şekilde düzenlenerek bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Arduino’dan bilgisayara aktarılan sensör verileri Şekil 5.5 ile gösterilmektedir.



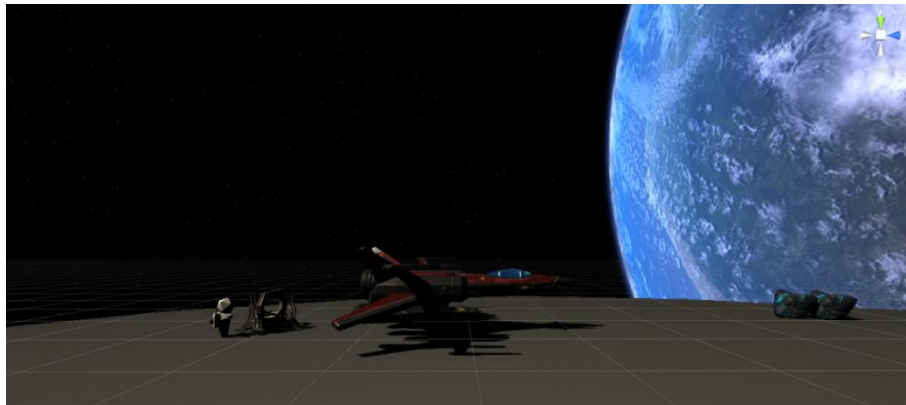
Şekil 5.5. Gerçek zamanlı sensör verileri

Sanal gerçeklik uygulamasının, yazılım aşamasının geliştirilmesi Unity-3D ile gerçekleştirilmiştir. Unity-3D, sahip olduğu özellikler sayesinde sanal gerçeklik uygulamalarının geliştirilmesinde sıklıkla kullanılmaktadır. Unity-3D aynı zamanda birçok sanal gerçeklik gözlüğünü ve donanımını yazılımsal olarak desteklemektedir. Çalışma kapsamında sanal gerçeklik gözlüğü olarak HTC Vive kullanıldığı için Unity-3D ile sanal gerçeklik gözlüğü arasındaki bağlantı SteamVR yazılım paketi ile sağlanmıştır. SteamVR ile Unity-3D ortamında hazırlanan içeriğin HTC Vive’e aktarılması sağlanmıştır.

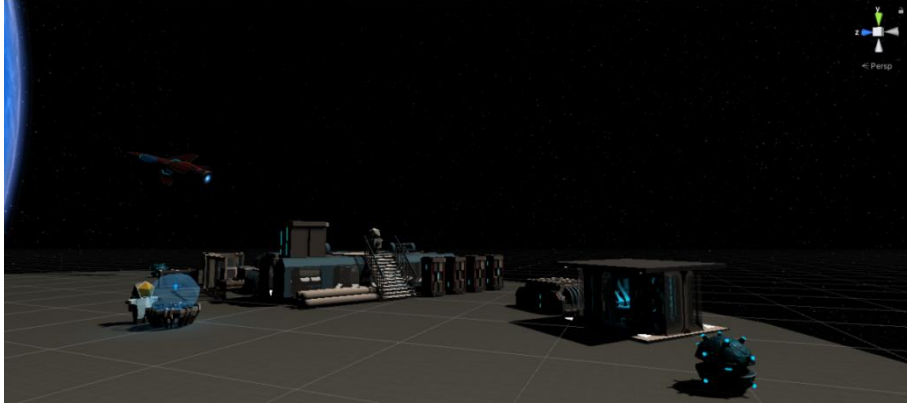
Tasarlanan senaryo gereği bazı durumlarda hareket edebilecek karakter oluşturulmuş ve aktarılan farklı animasyonları canlandırabilmesi için Unity-3D'nin insansı karakterler oluşturmak için kullanılan Humanoid özelliği eklenmiştir. Humanoid özelliği ile üç boyutlu karakterlerin insansı bir iskelet ve kas sistemine sahip olması sağlanmaktadır. Karakterlere aktarılacak animasyonlar Motion Library animasyon kütüphanesi kullanılarak oluşturulmuştur. Farklı animasyonlar için Kinect gibi insan hareketlerini algılayan donanımlar kullanılarak Unity-3D'ye aktarım yapılabilmektedir. Çalışma için belirlenen uzay temasına uygun olacak şekilde uzay araçları, karakterler, uzay istasyonu, çevresel nesnelere belirlenmiş ve sanal gerçeklik sahnesine yerleştirilmiştir. Farklı amaçlar için kullanılan üç boyutlu nesnelere ve modelleri Unity Asset Store'dan veya harici olarak temin etmek mümkündür. Unity-3D, farklı tasarım uygulamalarında oluşturulan üç boyutlu nesnelere ve modelleri kolaylıkla geliştirme sahnesine aktarmayı ve kullanabilmeyi sağlamaktadır. Uzay teması baz alınarak tasarlanan sanal gerçeklik ortamının farklı açılarına ait görüntüler Şekil 5.6, Şekil 5.7, Şekil 5.8 ile gösterilmektedir.



Şekil 5.6. Sanal gerçeklik ortamı görüş açısı 1



Şekil 5.7. Sanal gerçeklik ortamı görüş açısı 2



Şekil 5.8. Sanal gerçeklik ortamı görüş açısı 3

Sanal gerçeklik ortamı ile Arduino arasındaki veri aktarımının sağlanabilmesi için bir bağlantı oluşturulması gerekmektedir. Arduino ile Unity-3D arasında veri aktarımını sağlayabilmek için seri iletişim fonksiyonu oluşturulmuştur. Unity-3D ve Arduino arasındaki seri iletişimi sağlayan fonksiyon Şekil 5.9 ile gösterilmektedir.

```
//Arduino ile Unity arasında Seri İletişiminin Kurulması
public void startConnection()
{
    if (sp != null)
    {
        if (sp.IsOpen)
        {
            sp.Close();
            //print("Port is Closed!");
            sp.Open();
            //print("Port is open!");
        }
        else
        {
            sp.Open();
            print("Port is opened, Succesfull!");
        }
    }
    else
    {
        if (sp.IsOpen)
        {
            print("Port always open!");
        }
        else
        {
            print("Port is NULL!");
        }
    }

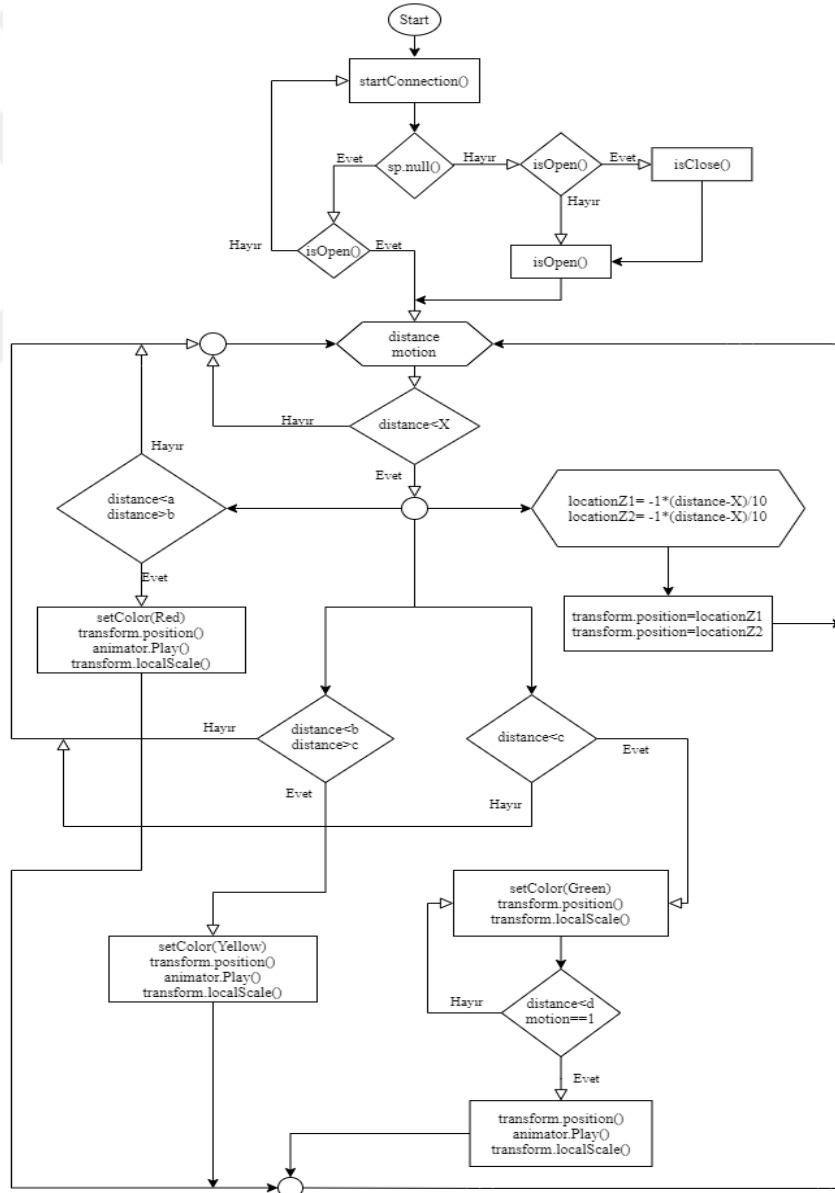
    /*void OnApplicationQuit()
    {
        sp.Close();
    }*/
}
```

Şekil 5.9. Seri iletişim fonksiyonu

Seri iletişim ile sensörlerden alınan verilerin sanal gerçeklik ortamında işlenebilmesi için kullanılan fonksiyon yapısı C# programlama dili ile kodlanmıştır. Oluşturulan kod yapısı ile sanal gerçeklik ortamında bulunan Game Object'lerin senaryo içerisinde gerçekleştirecekleri davranışlar, animasyonların çalışma sistemi gibi yapısal düzenlemelerin kontrolü sağlanmıştır.

Fiziksel mekanın özelliğine, paralel bar mekanizmasının uzunluk-genişlik gibi özelliklerine göre script içeriğindeki konum işlemleri ayarlanabilir olarak tasarlanmıştır. Script'in bu özelliği sayesinde sistemin daha esnek olması ve farklı ortam özelliklerinde çalışabilir olması sağlanmıştır.

Sanal gerçeklik uygulaması; sensörler ve Arduino ile sanal gerçeklik ortamı arasındaki bağlantının kurulması ile çalışmaya başlayarak senaryo içi başarı koşulunun sağlanması ile çalışmasını durdurmaktadır. Seri iletişimin kurulması ile başlayan ve senaryo içi başarı koşulunun sağlanmasına kadar geçen sürede sistemin çalışma akışını gösteren sistem akış diyagramı Şekil 5.10 ile gösterilmektedir.



Şekil 5.10. Sistem akış diyagramı

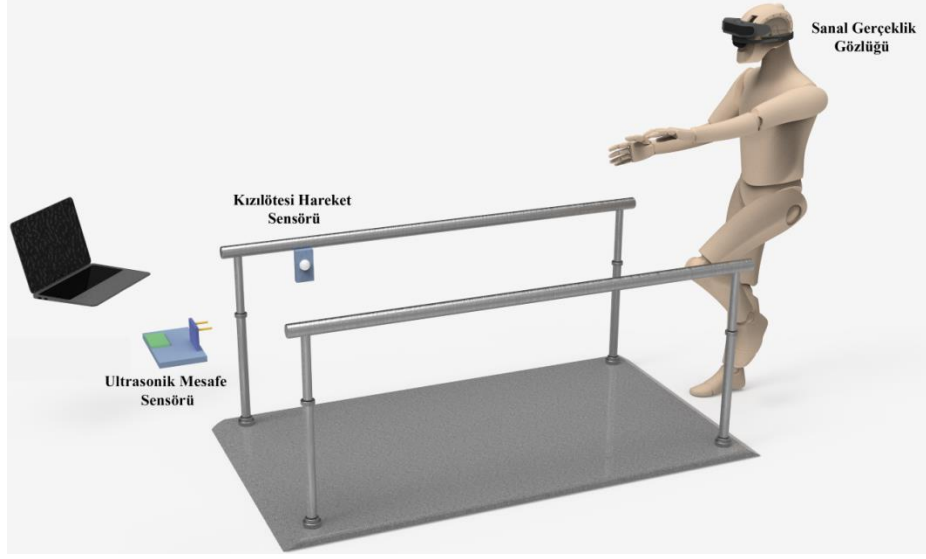
Sistem akışında ilk olarak Unity-3D ve Arduino arasındaki bağlantının başlatılabilmesi için Port kontrolü yapılmaktadır. Bağlantı için uygun Port bulunduğundan sonra ise Port açılarak seri iletişim kurulmaktadır. Seri iletişim kurulduktan sonra ultrasonik mesafe sensöründen (distance) ve kızılötesi hareket sensöründen (motion) gelen veriler uygulama kapatılana kadar sürekli olarak okunmaktadır.

Uygulama için senaryo gereği belirlenen mesafe (X) kontrolü sağlandıktan sonra mesafe verilerine göre uygulama için senaryo gerçekleştirilmektedir. Sensörlerden elde edilen konum verilerine bağlı olarak sanal gerçeklik ortamındaki astronot ve ok nesnelerinin location değerleri hesaplanır ve nesnelerin position özelliğine aktarılır. Uygulama için senaryonun gerçekleştirileceği mesafe koşullarına (a, b, c, d) göre senaryo aşamalarının aralıkları belirlenmektedir. Uygulama için senaryo aşamalarında Game Object'lerin özelliklerinin kontrolünü sağlamak için gerçek zamanlı sensör verilerine göre koşul ifadeleri kontrol edilmektedir. Belirlenmiş olan mesafe koşul aralıklarının sağlandığı durumlarda sanal gerçeklik ortamında bulunan Game Object'lerin farklı özellikleri position, localScale, setColor, animator fonksiyonları ile kontrol edilerek uygulama için senaryoya uygun şekilde davranmaları sağlanmıştır. Sistem akışında son olarak uygulama için başarılı senaryonun kontrolü için mesafe (d) ve kızılötesi hareket sensöründen hareket algılama durumu (motion=1) kontrol edilerek uygulama senaryosunun başarılı olma koşulunun kontrolü sağlanmaktadır. Başarılı senaryo koşulu sağlandığında sanal gerçeklik ortamındaki Game Object'lerin davranış özellikleri kontrol edilerek son kullanıcılara aktarılmaktadır.

### **5.1. VRerapy: Sanal Gerçeklik Uygulaması**

Uzay teması konsepti ile geliştirilen uygulama; sensörler, Arduino ve sanal gerçeklik gözlüğü olmak üzere üç donanım seviyesinden oluşmaktadır. Ultrasonik mesafe sensörü ile kullanıcının gerçek zamanlı (anlık) konumunun alınması, kızılötesi hareket sensörü ile kullanıcının parkuru tamamlayacağı konumun tespiti, Arduino ile sensörlerden gelen verilerin işlenerek bilgisayara aktarılması ve sanal gerçeklik gözlüğü ile sanal gerçeklik ortamının kullanıcılara aktarılması sağlanmıştır. Çalışmada kullanılan sistem bileşenleri, bileşenlerin genel yerleşimi ve sistem çalışma modeli Şekil 5.11 ile gösterilmektedir.

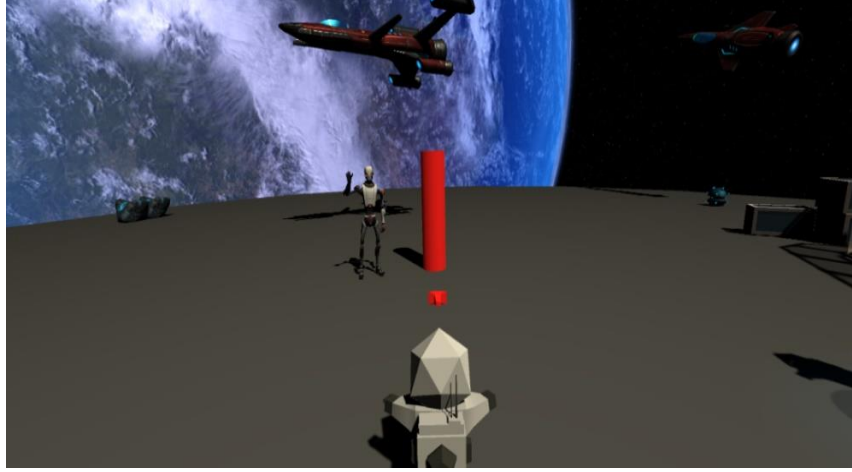




Şekil 5.11. Sistem bileşenleri ve sistem çalışma modeli

Uzay teması ile tasarlanan sanal gerçeklik ortamındaki Game Object'ler sensörlerden gelen verilere göre renk ve konum değişimi, animasyon değişimi gibi farklı davranışları gerçekleştirmektedir. Paralel bar mekanizması üç aşama olacak şekilde ayrıldığında her bir aşamada sanal gerçeklik ortamındaki nesnelerin davranışlarının değişimi sağlanmıştır. Bireyler paralel bar mekanizmasının başlangıç noktasından bitiş noktasına doğru ilerlerken, sensörlerden gelen verilere göre hesaplamalar yapılarak sanal gerçeklik sahnesinde farklı özelliklerin çalışması sağlanmaktadır. Sensör verilerine göre bazı Game Object'lerin konumu gerçek zamanlı olarak değiştirilirken bazı Game Object'lerin hedefe olan uzaklığa bağlı olarak renklerinin değiştirilmesi sağlanmaktadır. Sanal gerçeklik sahnesinde bireyin ulaşacağı hedef noktasının yanında bulunan robot karakterinin ise konum verilerine bağlı olarak farklı animasyonlara göre hareket etmesi sağlanmıştır.

Uygulama içi senaryonun birinci aşamasında; uygulama senaryosunun başladığını bireylere aktarabilmek için robot karakteri el sallama animasyon hareketini yapmaktadır. Sanal gerçeklik ortamındaki diğer nesnelere ise başlangıç durumu özelliklerine sahip olmaktadır. Uzay gemisi havada askıda kalacak şekilde pozisyonlanmış, ok ve hedef nesnelere ise kırmızı renge sahip olmaktadır. Astronot karakteri ise başlangıç konumunda bulunmaktadır. Bireyin ilk başlangıç noktasından birinci aşama bitiş sınırına kadar olan konum verilerine göre sanal gerçeklik ortamındaki değişimler Şekil 5.12 ile gösterilmektedir.



Şekil 5.12. Sanal gerçeklik uygulaması birinci aşama görüntüsü

İkinci aşamada; robot karakteri etrafa bakınma animasyon hareketlerini yapmaktadır. Uzay gemisi yeniden konumlanarak iniş yapacağı konuma yaklaşmakta olup, hedef ve ok nesnelere turuncu renge sahip olmaktadır. Aynı zamanda hedef nesnesinin boyutu da küçülmektedir. Astronot karakteri ise bireyin konumuna göre ilerlemesini sürdürmektedir. Bireyin, birinci aşama bitiş sınırı ile üçüncü aşama başlangıç sınırı arasında bulunduğu andaki ikinci aşama sanal gerçeklik ortamı değişimleri Şekil 5.13 ile gösterilmektedir.



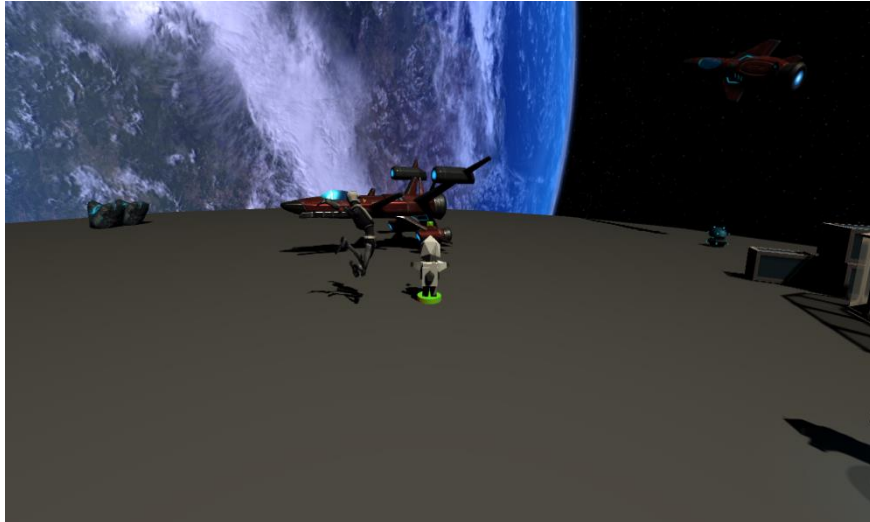
Şekil 5.13. Sanal gerçeklik uygulaması ikinci aşama görüntüsü

Üçüncü aşamada; uzay gemisi iniş pozisyonuna yaklaşırken hedef ve ok nesnelere yeşil renge sahip olmaktadır. Bireyin, üçüncü aşama başlangıç sınırı ile kızılötesi hareket sensörünün bulunduğu konuma kadar olan bölgedeki sensör verilerine göre sanal gerçeklik ortamında gerçekleşen değişimler Şekil 5.14 ile gösterilmektedir.



Şekil 5.14. Sanal gerçeklik uygulaması üçüncü aşama görüntüsü

Tüm aşamalarda bireyin gerçek zamanlı konum verilerine göre astronot karakterinin ve ok nesnesinin konumu gerçek zamanlı olarak değişmekte ve birey ile birlikte hedefe doğru hareket etmektedir. Birey, son aşamadayken kızılötesi hareket sensörünün bulunduğu noktadan geçerken sensör hareketi algıladığında uygulama senaryosunun başarılı bir şekilde tamamlandığı sonucuna ulaşılmaktadır. Kızılötesi hareket sensörünün çalışması ile birlikte hedef nesnesi tamamen küçülür ve astronot karakteri hedef noktasına ulaşır, robot karakteri ise sevinme animasyon hareketlerini yapmaktadır. Sanal gerçeklik uygulamasında başarıyla tamamlanan senaryodan sonra sanal ortamda oluşan değişiklikler Şekil 5.15 ile gösterilmektedir.



Şekil 5.15. Başarılı tamamlanan senaryo sonu

## 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Sanal gerçeklik kavramı; yazılımlar aracılığıyla üretilen ve özelleştirilmiş donanımlar ile insanlara aktarılan yapay çevre olarak tanımlanmaktadır. Tarihte sanal gerçeklik kavramı kullanılmadan önce de sanal gerçekliğin temelini oluşturan birçok ürünün geliştirildiği görülmektedir. Sanal gerçeklik kavramının ilk kez kullanıldığı andan itibaren sanal gerçeklik kavramı daha iyi anlaşılmiş ve geliştirilen ürünler daha net ve amaca yönelik olmaya başlamıştır. Birçok teknolojik gelişmede olduğu gibi sanal gerçeklik teknolojisi de ilk olarak askeri amaçlara yönelik geliştirilmeye ve kullanılmaya başlanmıştır. Zamanla yapılan araştırma sayısının artması ile birlikte sanal gerçekliğin ve sanal gerçeklik donanımlarının ticari olarak kullanılmasının önü açılmıştır. Ticarileşerek daha ulaşılabilir olmaya başlamasıyla birlikte yapılan sanal gerçeklik çalışmaları her geçen gün artarak devam etmiş ve günümüze kadar ulaşmıştır.

Sanal gerçeklik çevrelerinin kalitesi bireylere sunduğu gerçekçilik hissiyatı ile doğrudan ilgilidir. Sanal gerçeklik çevreleri bireylere çeşitli donanımlar ve araçlar vasıtasıyla aktarılmaktadır. Aktarım yapılan donanımlar geliştikçe bireyler ile sanal çevre arasında daha sıkı bağ kurulmakta ve karşılıklı iletişim daha gerçekçi bir şekilde iki yönlü olarak sağlanmaktadır. En temel sanal gerçeklik donanımı sanal gerçeklik gözlüğü olarak karşımıza çıkmaktadır. Sanal gerçeklik gözlüklerinin yanısıra kontrol kumandaları da sıklıkla kullanılan sanal gerçeklik donanımlarının başında gelmektedir. Son yıllarda gelişmişlik düzeyi üst seviye olan sanal gerçeklik araçları geliştirilmektedir. Veri eldivenleri, sanal gerçeklik giysileri ve platformlar bireyler ile sanal çevreler arasındaki etkileşimi en üst düzeye çıkaran teknolojik gelişmelerin başında gelmektedir. Gelişmiş üst seviye sanal gerçeklik donanımlarının temel özellikleri sadece sanal çevreden bireylere doğru değil fiziksel dünyada bulunan bireylerden sanal çevreye de veri aktarımı sağlayabilmesidir. Böylece sanal çevre ile bireyler arasındaki etkileşim çift yönlü olmakta ve sanal gerçeklik ortamının gerçekçilik hissiyatı üst seviyeye çıkarak bireyler ile sanal çevre arasındaki etkileşim artmaktadır.

Sanal gerçeklik uygulamalarının birçok alanda kullanıldığı görülmektedir. Eğitim, endüstri, sağlık, turizm, e-ticaret, savunma ve eğlence sektörleri sanal gerçeklik uygulamalarının en sık kullanıldığı sektörler olarak karşımıza çıkmaktadır. Üç boyutlu görsellik sağlama ve görsel eğitim yöntemlerinin algılama ve kavramayı kolaylaştırmasından dolayı farklı eğitim türleri için özelleştirilmiş sanal gerçeklik uygulamaları günümüzde kullanılmaktadır. Endüstriyel üretim sektöründe personel eğitimi, tasarım ve prototipleme süreçlerinde sanal gerçeklik uygulamalarının kullanıldığı görülmektedir. Zamanı kısaltması ve tasarım, prototipleme gibi maliyetleri düşürmesi sanal gerçekliğin endüstriyel üretimde kullanılmasının en önemli nedenleri arasındadır. Sağlık sektörü de sanal gerçekliği doğrudan kullanmaktadır. Sağlık personeli eğitimi, farklı cerrahi operasyon denemeleri, yardımcı fizik tedavi uygulamaları için sıklıkla sanal gerçeklik uygulamaları sağlık alanında tercih edilmektedir. Sanal gerçekliğin sunduğu gerçekçi üç boyutlu görselleştirme özelliği ile turizm ve e-ticaret sektörlerinde de sıklıkla kullanılmaktadır. Sanal gerçeklik ile üç boyutlu müze turları, tarihi mekan turları düzenlemek günümüzde mümkündür. E-ticarette ise bireylere üç boyut ile ürünleri incelemesine yardımcı sanal gerçeklik uygulamaları geliştirilmektedir. Savunma ve askeri alanda personel eğitimi, farklı koşullara göre tasarlanmış operasyon uygulamaları için sanal gerçekliğe başvurulduğu görülmektedir. Eğlence sektöründe başta oyun olmak üzere film ve televizyonculuk alanlarında sanal gerçeklik uygulamalarının sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Araştırmalar sanal gerçekliğin gelecekte milyar dolarlık pazar payına sahip olacağını göstermektedir. Geleceğin en önemli teknolojilerinden biri olarak gösterilen sanal gerçekliğe Facebook, Google, Sony, Apple gibi birçok teknoloji şirketi yatırım yapmaktadır. Teknoloji şirketleri geliştirdikleri sanal gerçeklik ürünleri ile hem sanal gerçeklik teknolojisine yön vermekte hem de yaptıkları yatırımlar ile sanal gerçeklik pazarındaki paylarını artırmayı hedeflemektedirler.

Literatürde sanal gerçekliğin sağlık alanında kullanımına yönelik farklı amaçlar için gerçekleştirilmiş birçok çalışma bulunmaktadır. Literatürde bulunan sanal gerçeklik çalışmaları incelendiğinde, çalışmaların ağırlıklı olarak sanal gerçekliğin sağlık alanında kullanıldığında sağlayacağı katkıları araştırmaya yönelik olduğu görülmektedir.

Çalışma sonuçları incelendiğinde sanal gerçeklik uygulamalarıyla nitelikli sağlık personeli yetiştirilebileceği, hasta motivasyonunun artacağı, tedavi süreçlerinin süresinin ve maliyetinin düşeceği belirtilmektedir. Ek olarak bireylerin tedavi süreçlerindeki korku ve endişe hislerini olumlu etkileyerek düşüreceği ve bu durumda tedavi sürecine olumlu yansıtacağı belirtilmektedir. Sanal gerçeklik uygulaması geliştirmeye yönelik çalışmalar literatürde bulunsada sayılarının çok fazla olmadığı görülmektedir. Uygulama geliştirmeye yönelik yapılan çalışmaların personel eğitimi, bazı hastalıkların tedavilerinde ve fizik tedavi süreçlerinde kullanılabilir simülasyonlar geliştirilmeye yönelik olduğu görülmektedir. Yazılımsal geliştirmeler için sıklıkla Unity-3D uygulamasının kullanıldığı ve popüler olduğu görülmektedir. Donanımsal olarak ise sanal gerçeklik gözlükleri birincil araçlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Sanal gerçeklik gözlüklerinin yanı sıra yardımcı araç olarak Kinect'in sıklıkla tercih edildiği görülmektedir. Literatürdeki sanal gerçeklik çalışmalarının sayısı çok fazlaymış gibi gözüksede bazı çalışmaların başlığında sanal gerçeklik ifadesi bulunmasına rağmen içerik olarak sanal gerçeklik kavramını tam olarak yansıtmadığı görülmektedir. Bu durumdan yola çıkarak sanal gerçeklik kavramının tam olarak algılanamadığı düşünülmektedir.

Bu tez kapsamında literatürde örneğine rastlanmayan pediatrik (çocuk) fizik tedavide kullanıma yönelik örnek bir sanal gerçeklik uygulaması tasarlanmıştır. Tamamlanan bu çalışma ile literatürde eksik olduğu düşünülen bir amaca yönelik başarılı örnek bir çalışma oluşturulmuştur. Çalışma ile hem sanal gerçekliğin farklı bir amaç için kullanımına yönelik örnek bir çalışma elde edilmiştir hem de benzer konular ile ilgili yapılacak daha sonraki çalışmalar için sanal gerçeklik, sanal gerçekliğin sağlık alanında kullanımı ve pediatrik fizik tedavide sanal gerçekliğin kullanımına yönelik kapsamlı bilgiler toplu bir şekilde sunulmuştur. Çalışma kapsamında kızılötesi hareket sensörü ve ultrasonik mesafe sensörü aracılığıyla alınan gerçek zamanlı veriler Arduino aracılığı ile sanal gerçeklik ortamına aktarılarak sanal gerçeklik ortamında üç boyutlu nesnelere üzerindeki çeşitli değişikliklerin gerçek zamanlı olarak bireylere aktarılması başarılı bir şekilde sağlanmıştır. Bu çalışmanın sensörlerden sanal gerçeklik ortamına gerçek zamanlı veri aktarımı yaklaşımı ile yeni araştırmalara kılavuz olarak kullanılabilir çalışma eksikliğini giderebileceği düşünülmektedir.

Sanal gerçekliğin sağlık alanında kullanımının faydalarını ve avantajlarını gösteren çalışmalardan elde edilen bilgiler ışığında, gerçekteştirilen bu çalışmanın da kullanım amacında başarılı olacağı ve hedeflerine ulaşacağı ön görölmektedir.

Uygulamanın geliştirilmesi tamamlandıktan sonra alanında uzman fizyoterapistlerin görüşlerine başvurulmuş ve mini bir anket çalışması yapılmıştır (Ek-A, Ek-B). Yapılan değerlendirmelere göre uzmanlar uygulamanın yenilikçi ve ilgi çekici olduğunu belirtmişlerdir. Uygulamanın paralel bar mekanizması ile birlikte uyumlu olarak çalışabileceği de uzmanların bir diğer görüşü olarak belirtilmiştir. Uzman kişilerin değerlendirmeleri ve ankete verdikleri cevaplara göre uygulamanın tedavi sürecindeki çocukların korku ve endişesini azaltabileceği, çocukların tedaviye olan ilgilerini artırabileceği görölmüştür. Uzman kişiler, geliştirilen sanal gerçekliik uygulamasının tedavi süreçlerinde kendilerine yardımcı olabileceğini ve uygulama ile çalışabileceklerini belirtmişlerdir. Yapılan değerlendirmelere göre fizik tedavi ve rehabilitasyon süreçlerinde sanal gerçekliik uygulamalarına daha fazla önem verilmesi gerektiği ve gelecekte fizik tedavi süreçlerinde sanal gerçekliik uygulamalarının daha fazla kullanılacağı belirtilmiştir.

Sanal gerçekliik teknolojisi henüz gelişimini tamamlayabilmiş bir teknoloji olmadığı için bu teknolojiyle ilgili yapılacak her türlü çalışma ve araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Gelecekte önemli bir yere sahip olacak olan sanal gerçekliğe yatırım yapmak son derece önemlidir. Günümüzde henüz büyük teknoloji firmaları tarafından ticarileştirilmiş piyasayı önemli derecede etkisi altına alan bir sanal gerçekliik ürünü bulunmamakla beraber sanal gerçekliik teknolojisi ile ilgili bir tekelleşme söz konusu değildir. Bundan dolayı gelecekte sanal gerçekliik teknolojisiyle ilgili söz sahibi olmak isteyen firmalar veya ölkeler şimdiden sanal gerçekliğe önemli yatırımlar yapmak durumundadır. Geliştirilecek ürünlerin gelecekte önemli teknoloji fikirlerine ve markalarına dönüşebilecek potansiyele sahip olacağı düşünölmektedir. Sanal gerçekliik ile ilgili yaşanacak her yeni gelişme ve ticarileşecek ürün, sanal gerçekliğin daha fazla insana ulaşmasını sağlamakla birlikte, araştırmacılara ve sanal gerçekliik ile ilgili çalışmak isteyen bireylere yeni fikirler için yardımcı olacaktır. Bir sanal gerçekliik çalışmasına başlamadan önceki en önemli nokta sanal gerçekliik kavramının iyi bir şekilde anlaşılmasıdır.

## KAYNAKLAR

- [1] Reznick M., Harter P., Krummel T., Virtual Reality and Simulation: Training The Future Emergency Physician, *Academic Emergency Medicine*, 2002, **9**(1), 78-87.
- [2] Michael H., The Metaphysics of Virtual Reality, *NY: Oxford University Press*, 1993, 109.
- [3] Zhang Z., Microsoft Kinect Sensor and Its Effect, *MultiMedia IEEE*, 2012, **19**(2), 4-10.
- [4] Demirci Ş., Sağlık Hizmetlerinde Sanal Gerçeklik Teknolojileri, *İnönü Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 2018, **6**(1), 35-46.
- [5] Aslan R., Erdoğan S., 21. Yüzyılda Hekimlik Eğitimi: Sanal Gerçeklik, Artırılmış Gerçeklik, Hologram, *Kocatepe Veterinary Journal*, 2017, **10**(3), 204-212.
- [6] Karahisar T., Dijital Nesil, Dijital İletişim ve Dijitalleşen Türkçe, *Online Academic Journal of Information Technology*, 2013, **4**(12), 71-83.
- [7] Somyürek S., Öğrenme Sürecinde Z Kuşağının Dikkatini Çekme: Artırılmış Gerçeklik, *Eğitim Teknolojisi Kuram ve Uygulama*, 2014, **4**(1), 63-80.
- [8] İnan C., Application Samples of The Constructivist Approach in Mathematics Teaching, *Düzce Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 2006, **6**, 40-50.
- [9] Karasar Ş., Eğitimde Yeni İletişim Teknolojileri -İnternet ve Sanal Yüksek Eğitim-, *The Turkish Online Journal of Educational Technology (TOJET)*, 2004, **3**(4), 16.
- [10] Çavaş B., Çavaş P.H., Can B.T., Eğitimde Sanal Gerçeklik, *The Turkish Online Journal of Educational Technology (TOJET)*, 2004, **3**(4), 15.
- [11] Erdem H.A., Utilization of Virtual Reality Environment as an Interactive Visual Learning Tool in Primary School Education System, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2013, 343046.
- [12] Kal O., Designing a Virtual Reality Educational Game for Cinematic Storytelling Education, Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2017, 473433.



- [13] Komşul M.Z., Zihinsel Engelli Çocukların Eğitiminde Sanal Gerçeklik Teknolojisinin Kullanılması ve Örnek Bir Uygulama Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne, 2007, 312999.
- [14] Üstünel H., Üstün Yetenekli Öğrencilerin Kullanımı için Sanal Gerçeklik Ortamında Kuvvet Geribeslemeli Haptik Uygulamaların Geliştirilmesi, Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne, 2014, 373029.
- [15] Albayrak M.Ş., Kinect Kullanılan 3 Boyutlu (3D) Sanal Gerçeklik Uygulamalarının İlkokul Öğrencilerinin Yabancı Dilde Kelime Öğrenimine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Fatih Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2015, 407086.
- [16] Taçgın Z., Ameliyathanede Kullanılan Cerrahi Setlerin Öğretimine Yönelik Bir Sanal Gerçeklik Simülasyonunun Geliştirilmesi ve Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2017, 473100.
- [17] Bayraktar E., Kaleli F., Sanal Gerçeklik ve Uygulama Alanları, *Akademik Bilişim 2007*, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, Türkiye, 31 Ocak-2 Şubat 2007.
- [18] WHO, Health Technology Assessment of Medical Devices, *World Health Organization Press*, 2011.
- [19] NCHS, Health, United States, 2009: With Special Feature on Medical Technology, *DHHS publication*, 2010-1232, 2010.
- [20] Seçim H., Pekelman T., Hastanelerde Verimliliği Yükseltici Uygulamalar: Biyomedikal Mühendislik Hizmetleri, *Eskişehir Anadolu Üniversitesi İİBF Dergisi*, 1990, **8**, 1-2.
- [21] Ammatuna G., Changcoco R., Which Trends Will Most Affect Talent Developers in The Healthcare Industry? Who Is doing The Training and How It's Delivered Is Changing, *TD Magazine*, 2017, **71**(4), 60.
- [22] Bay O., Virtual Reality in Medicine and Healthcare to Generate US \$285 Million in 2022, <https://www.abiresearch.com/press/virtual-reality-medicine-and-healthcare-generate-u/>, (Ziyaret Tarihi:28 Temmuz 2019).
- [23] Aran O.T., Köse B., Akel S., Öksüz, Ç., Ataksili Bir Bireyde Sanal Gerçeklik Temelli Rehebitasyon Uygulamasının Etkinliği-Olgu Raporu, *Ergoterapi ve Rehabilitasyon Dergisi*, 2014, **2**(3), 159-164.
- [24] Lányi C.S., Virtual Reality in Healthcare, *Studies in Computational Intelligence*, 2006, **19**, 87-116.
- [25] Holden M.K., Virtual Environments for Motor Rehabilitation: Review, *Cyberpsychology & Behavior*, 2005, **8**(3), 187-211.

- [26] Riener R., Harders M., Virtual Reality for Rehabilitation, *Virtual Reality in Medicine*, Springer, 2012, 161-180.
- [27] Chughtai M., Kelly J.J., Newman J.M., Sultan A.A., Khlopas A., Sodhi N., Mont M.A., The Role of Virtual Rehabilitation in Total and Unicompartmental Knee Arthroplasty, *The Journal of Knee Surgery*, 2018, **31**, 109-114.
- [28] Wiederhold B.K., The Potential for Virtual Reality to Improve Health Care, VRMC: The Virtual Reality Medical Center, <https://vrphobia.eu/wp-content/uploads/2018/01/WP-The-Potential-for-VR-to-Improve-Healthcare.pdf>, (Ziyaret Tarihi: 28 Temmuz 2019).
- [29] Lewis C.H., Griffin M.J., Human Factors Consideration in Clinical Applications of Virtual Reality, *Stud Health Technol Inform*, 1997, **44**, 35-56.
- [30] Bulut A.C., Sönmez O., Diş Hekimliği Preklinik Eğitimi için Sanal Gerçeklik Ortamında Diş Modellerinin Oluşturulması: Pilot Çalışma, *Turk J Clin Lab*, 2020, **2**, 42-49.
- [31] Kaplan B., Çocuklarda Damar Yolu Açma İşlemi Sırasında Oluşan Ağrıyı Azaltmada Sanal Gerçeklik Gözlüğünün Etkisi, Doktora Tezi, Erciyes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, 2020, 617939.
- [32] Durgut R., Sanal Gerçeklik Kullanarak Hareket Temelli Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Uygulamasının Geliştirilmesi, Doktora Tezi, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük, 2018, 515586.
- [33] Çabuk A., Kayıp Uzuv Sendromu için Artırılmış Gerçeklik Destekli Rehabilitasyon Sistemi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul, 2019, 613968.
- [34] Mete E., Diz Osteoartritli Hastalarda Sanal Gerçeklik Tabanlı Rehabilitasyon Programının Etkinliği, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2018, 513701.
- [35] Karaş H.E., Obstetrik Brakial Pleksuslu Hastalarda Nintendo Wii ile Sanal Gerçeklik Oyunlarının Üst Ekstremitte Fonksiyonlarına Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Okan Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2019, 617734.
- [36] Gökgöz E.R., Ankilozan Spondilit Hastalarında Uygulanan Sanal Gerçeklik Rehabilitasyon Yaklaşımının Düşme Riski, Denge, Yürüme ve Yaşam Kalitesi Üzerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2020, 618356.
- [37] Atalay C., İdiyopatik Parkinson Hastalarında Sanal Gerçeklik Tabanlı Lokomat Eğitiminin Yürüme ve Günlük Yaşam Kalitesine Etkisi, Tıpta Uzmanlık Tezi, Sağlık Bilimleri Üniversitesi, İstanbul Fizik Tedavi Rehabilitasyon Sağlık Uygulama ve Araştırma Merkezi, 2018, 539732.

- [38] <https://thisisdesignthinking.net/2014/12/>, (Ziyaret Tarihi: 01 Ağustos 2019).
- [39] <https://ed.ted.com/on/m16QBazg>, (Ziyaret Tarihi: 01 Ağustos 2019).
- [40] <https://saglikyonetimimerkezi.com/mrcekiminasileglenceliolur/>, (Ziyaret Tarihi: 01 Ağustos 2019).
- [41] Ferhat S., Dijital Dünyanın Gerçekliği, Gerçek Dünyanın Sanallığı Bir Dijital Medya Ürünü olarak Sanal Gerçeklik, *TRTakademi*, 2016, **1**(2), 724-746.
- [42] <https://singularityhub.com/2016/02/23/>, (Ziyaret Tarihi: 02 Ağustos 2019).
- [43] Sutherland I., The Ultimate Display, *Proceedings of IFIP Congress 65*, 1965, **2**, 506-508.
- [44] Balaguer J., Mangili A., Virtual Environments, Swiss Federal Institute of Technology, *TR of Computer Graphic Laboratory*, Lausanne, 1993.
- [45] Cruz-Neira C., Virtual Reality Overview, *SIGGRAPH'93 Course*, 1993, **23**, 1.1-1.18.
- [46] Gigante M., Virtual Reality: Definitions, History and Applications "Virtual Reality Systems", *Academic Press*, 1993, 3-14, ISBN 0-12-22-77-48-1.
- [47] Holloway R., Lastra A., Virtual Environments: A Survey of The Technology, *SIGGRAPH'95 Course*, 1995, **8**, A1-40.
- [48] <http://www.interactivearchitecture.org/sensorama.html>, (Ziyaret Tarihi: 04 Ağustos 2019).
- [49] <http://www.teknolo.com/sanal-gerceklik-nedir/>, (Ziyaret Tarihi: 04 Ağustos 2019).
- [50] <https://virtualspeech.com/blog/history-of-vr>, (Ziyaret Tarihi: 04 Ağustos 2019).
- [51] <https://www.researchgate.net/figure/15>, (Ziyaret Tarihi: 04 Ağustos 2019).
- [52] Bryson S., the Virtual Wind Tunnel, *SIGGRAPH'93 Course*, 1993, **43**, 2.1-2.10.
- [53] <https://txchnologist.com/post/80060479281/>, (Ziyaret Tarihi: 04 Ağustos 2019).
- [54] Mazuryk T., Gervautz M., Virtual Reality - History, Applications, Technology and Future, Vienna University of Technology, *Institute of Computer Graphics*, TR-186-2-96-06, 1996.
- [55] Fuchs H., Bishop G., Research Directions in Virtual Environments, *NFS Invitational Workshop*, University of North Carolina, 1992.

- [56] Schweber L., Schweber E., Virtually Here, *PC Magazine*, 1995, 168-198.
- [57] Coquillart S., Brunnett G., Welch G., Virtual Realities, *SpringerWienNewYork*, 2011, 77-96, ISBN 978-3-211-99177-0.
- [58] Sherman W.R., Craig A.B., *Understanding Virtual Reality: Interface, Application and Design*, 2nd ed., ELSEVIER, 2019.
- [59] Boas Y., Overview of Virtual Reality Technologies, *Interactive Multimedia Conference*, 2013.
- [60] Sturman D.J., Zeltzer D., A Survey of Glove-Based Input, *IEEE Computer Graphic Applications*, 1994, **14**(1).
- [61] <https://medium.com/technical-library/teslasuitin-yeni-vr-destekli-eldiveni-5e89852e8cd7>, (Ziyaret Tarihi: 31 Nisan 2020).
- [62] <https://vive.com/us/>, (Ziyaret Tarihi: 15 Ağustos 2019).
- [63] <https://www.virtuix.com/products/>, (Ziyaret Tarihi: 15 Ağustos 2019).
- [64] <https://www.vrfocus.com/2018/10/?s=tesla+suit>, (Ziyaret Tarihi: 16 Ağustos 2019).
- [65] <https://www.af.mil/News/Article-Display/Article/136868/>, (Ziyaret Tarihi: 28 Ağustos 2019).
- [66] <https://simforhealth.fr/en/projects/stanford-medicine/>, (Ziyaret Tarihi: 28 Ağustos 2019).
- [67] <https://www.roadtovr.com/bigscreen-tv-streaming-channels/>, (Ziyaret Tarihi: 29 Ağustos 2019).
- [68] <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS45123819>, (Ziyaret Tarihi: 29 Ağustos 2019).
- [69] <https://medium.com/turkce/sanal-gerceklik-nedir-249eb3cae318>, (Ziyaret Tarihi: 29 Ağustos 2019).
- [70] Arat T., Baltacıoğlu S., Sanal Gerçeklik ve Turizm, *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 2016, **19**(1), 103-118.
- [71] Su C.J., Chiang C.Y., Huang J.Y., Kinect Enabled Home Based Rehabilitation System Using Dynamic Time Warping and Fuzzy Logic, *Applied Soft Computing*, 2014, **22**, 652–666.
- [72] Han J., Shao L., Xu D., Shotton J., Enhanced Computer Vision with Microsoft Kinect Sensor: A Review, *IEEE Transactions on Cybernetics*, 2013, **43**(5), 1318 - 1334.

- [73] <https://www.electronicshub.org/different-types-sensors/>, (Ziyaret Tarihi: 14 Haziran 2020).
- [74] [https://en.wikipedia.org/wiki/Ultrasonic\\_transducer](https://en.wikipedia.org/wiki/Ultrasonic_transducer), (Ziyaret Tarihi: 14 Haziran 2020).
- [75] <https://maker.robotistan.com/robot-kontrolculeri-sensorler/>, (Ziyaret Tarihi: 14 Haziran 2020).
- [76] [https://www.electronics-tutorials.ws/io/io\\_4.html](https://www.electronics-tutorials.ws/io/io_4.html), (Ziyaret Tarihi: 14 Haziran 2020).
- [77] <https://en.wikipedia.org/wiki/Accelerometer>, (Ziyaret Tarihi: 20 Haziran 2020).
- [78] [https://tr.wikipedia.org/wiki/Unity\\_\(oyun\\_motoru\)](https://tr.wikipedia.org/wiki/Unity_(oyun_motoru)), (Ziyaret Tarihi: 14 Haziran 2020).
- [79] <https://unity.com/>, (Ziyaret Tarihi: 14 Haziran 2020).
- [80] Kröst K., Preiner R., Content Creation of a 3D Game with Unity 3D, *Central European Seminar on Computer Graphics*, 2011.
- [81] Oak J.W., Bae J.H., Development of Smart Multiplatform Game App Using Unity3D Engine for CPR Education, *International Jorunal of Multimedia and Ubiquitous Engineering*, 2014, **9**(7), 263-268.
- [82] <https://www.medicalpark.com.tr/fizik-tedavi-ve-rehabilitasyon/>, (Ziyaret Tarihi: 02 Ekim 2019).
- [83] <https://www.romatem.com/fizik-tedavi-ve-rehabilitasyon/>, (Ziyaret Tarihi: 02 Ekim 2019).
- [84] <https://www.rehabilitasyon.gen.tr/fizik-rehabilitasyon.html>, (Ziyaret Tarihi: 02 Ekim 2019).
- [85] <https://www.anadolusaglik.org/fiziksel-tip-rehabilitasyon-bolumu>, (Ziyaret Tarihi: 03 Ekim 2019).
- [86] <https://www.medipol.com.tr/tibbi-birimler/dahili-tip-birimleri/fizik-tedavi-ve-rehabilitasyon/pediyatrik-rehabilitasyon>, (Ziyaret Tarihi: 04 Ekim 2019).
- [87] Günel M.K., Rehabilitation of Children with Cerebral Palsy from a Physiotherapist's Perspective, *Acta Orthop Traumatol Turc*, 2009, **43**(2), 173-180.
- [88] <https://www.romatem.com/pediyatrik-rehabilitasyon/>, (Ziyaret Tarihi: 04 Ekim 2019).
- [89] <https://fizyomer.com.tr/bulletin/846-pediyatrik-rehabilitasyon>, (Ziyaret Tarihi: 04 Ekim 2019).

## **EKLER**

## Ek-A

### YÜKSEK LİSANS TEZİ DEĞERLENDİRME FORMU

Bu tez "Pediatrik (Çocuk) Fizik Tedavide Sanal Gerçeklik Kullanımı ve Örnek Bir Uygulama", Kocaeli Üniversitesi Dr. Öğr. Üyesi Adnan Sondaş danışmanlığında, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans öğrencisi Emre Ozan Öztürk tarafından yürütülen ve pediatrik fizik tedavide sanal gerçekliğin kullanımını araştıran bir çalışmadır. Tezin amacı pediatrik fizik tedavi süreçlerinde kullanılacak yardımcı örnek bir sanal gerçeklik uygulamasının tasarlanması ve gerçekleştirilmesidir.

*Bu değerlendirmeye tamamen gönüllü olarak katılıyorum ve verdiğim bilgilerin bilimsel amaçlı yayınlarda kullanılmasını kabul ediyorum.*

Tarih: 12.11.2020

(Ünvan) Ad-Soyad

İmza/Kaşe

Cansu Öztürk  
Fizyoterapist

	KATILYORUM	KARARSIZIM	KATILMIYORUM
Uygulamanın uzmanlara yardımcı olabileceğini düşünüyorum.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Uygulamanın çocukların ilgisini çekeceğini düşünüyorum.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Uygulamanın çocukların korku ve endişesini azaltabileceğini düşünüyorum.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Uygulamanın fizik tedavi süreçlerinde yardımcı ekipman olarak kullanılabilceğini düşünüyorum.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Uygulama ile çalışabileceğimi düşünüyorum.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## Ek-B

### YÜKSEK LİSANS TEZİ DEĞERLENDİRME FORMU

Bu tez "Pediatrik (Çocuk) Fizik Tedavide Sanal Gerçeklik Kullanımı ve Örnek Bir Uygulama", Kocaeli Üniversitesi Dr. Öğr. Üyesi Adnan Sondaş danışmanlığında, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans öğrencisi Emre Ozan Öztürk tarafından yürütülen ve pediatrik fizik tedavide sanal gerçekliğin kullanımını araştıran bir çalışmadır. Tezin amacı pediatrik fizik tedavi süreçlerinde kullanılacak yardımcı örnek bir sanal gerçeklik uygulamasının tasarlanması ve gerçekleştirilmesidir.

*Bu değerlendirmeye tamamen gönüllü olarak katılıyorum ve verdiğim bilgilerin bilimsel amaçlı yayımlarda kullanılmasını kabul ediyorum.*

Tarih: 2/11/2020

İmza/Kaşe

(Ünvan) Ad-Soyad

Emre Kurt  
Fizyoterapist

	KATILYORUM	KARARSIZIM	KATILMIYORUM
Uygulamanın uzmanlara yardımcı olabileceğini düşünüyorum.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Uygulamanın çocukların ilgisini çekeceğini düşünüyorum.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Uygulamanın çocukların korku ve endişesini azaltabileceğini düşünüyorum.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Uygulamanın fizik tedavi süreçlerinde yardımcı ekipman olarak kullanılabilceğini düşünüyorum.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Uygulama ile çalışabileceğimi düşünüyorum.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



## KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER

- [1] **Öztürk E.O.**, Sondaş A., Sanal Sağlık: Sağlıkta Sanal Gerçekliğe Genel Bakış, *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2020, **3(2)**, 164-169.
- [2] **Öztürk E.O.**, Ellü M.E., Durdu P.O., Usability Evaluation of e-Kocaeli M-Government Application, *2019 Innovations in Intelligent Systems and Applications Conference (ASYU)*, İzmir, Türkiye, 31 Ekim-2 Kasım 2019, 1-6, DOI: 10.1109/ASYU48272.2019.8946419.



## ÖZGEÇMİŞ

Emre Ozan Öztürk, ilk olarak Karabük Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği bölümünde lisans eğitimine başladı. Burada hazırlık ve lisans eğitiminin ilk iki yılını tamamladıktan sonra Kocaeli Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği bölümüne yatay geçiş yaptı. 2017 yılında Bilgisayar Mühendisliği bölümünden mezun oldu. 2018 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilişim Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı. Yüksek lisans eğitiminde kullanıcı deneyimi ve sanal gerçeklik konularında çalışmaları bulunmaktadır. Ayrıca, şu anda Yazılım Test Mühendisi olarak görev yapmaktadır.

