



**T.C.**  
**NECMETTİN ERBAKAN**  
**ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**SANAL GERÇEKLİK İLE OTOMOTİV  
SEKTÖRÜ İÇİN UYGULAMA TASARIMI VE  
GERÇEKLEŞTİRİLMESİ**

**Mustafa AKIN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı**

**TEMMUZ-2022**  
**KONYA**  
**Her Hakkı Saklıdır**

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

## SANAL GERÇEKLİK İLE OTOMOTİV SEKTÖRÜ İÇİN UYGULAMA TASARIMI VE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Mustafa AKIN

Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Yusuf UZUN

2022, 61 Sayfa

Jüri

Dr. Öğr. Üyesi Yusuf UZUN

Dr. Öğr. Üyesi Ömer Faruk AKMEŞE

Dr. Öğr. Üyesi Halime ERGÜN

İnsan-teknoloji ilişkisi geçmişten günümüze artarak devam etmektedir. Teknoloji bazen kötü amaçlarla kullanılsa da genellikle insanlık için faydalı olmuştur. Örneğin; hastalar için farklı tedavi yöntemleri, öğrenciler için çeşitli eğitim yöntemleri, stres atmak için oynanan oyunlar vb. gibi olaylar teknolojinin olumlu yönlerini göstermektedir. Teknolojinin ilerlemesiyle sanal gerçeklik teknolojisi hayatımıza girmiştir. İnsanları tamamen sanal olan bir dünyanın içine alan bu teknoloji eğitim, sağlık, alışveriş vb. birçok alanda kullanılmaktadır. Bu projenin amacı, kişilerin otomobil seçmek, seçtiği otomobilde renk değişikliği yapmak ve otomobil ile ilgili gerekli bilgileri okumasını sağlamaktır. Yapılmış olan proje de sanal gerçeklik teknolojisinden faydalanılmıştır. Kullanıcılar buldukları ortamdan sanal gerçeklik ekipmanları ile bu otomobil mağazasını gezebilecek, etkileşimlerde bulunabileceklerdir. Çalışma için gerekli 3D modeller Blender programı, yazılım ise Unity3D oyun motoru ile yapılarak uygulama geliştirilmiştir. Yapılan uygulama 26 kişinin katılımı ile test edilmiştir. Katılımcılar geliştirilen uygulamayı faydalı, yenilikçi ve eğlenceli bulmuşlardır. Çalışmanın geliştirilerek literatüre farklı katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** 3D Modelleme, Blender, Otomobil, Sanal Gerçeklik, Unity3D

## **ABSTRACT**

### **MS THESIS**

# **APPLICATION DESIGN AND IMPLEMENTATION FOR THE AUTOMOTIVE INDUSTRY WITH VIRTUAL REALITY**

**Mustafa AKIN**

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF  
NECMETTIN ERBAKAN UNIVERSITY  
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE  
IN MECHATRONICS ENGINEERING**

**Advisor: Asst. Prof. Dr. Yusuf UZUN**

**2022, 61 Pages**

**Jury**

**Asst. Prof. Dr. Yusuf UZUN**

**Asst. Prof. Dr. Omer Faruk AKMESE**

**Asst. Prof. Dr. Halime ERGUN**

The human-technology relationship continues to increase from the past to the present. Although technology is sometimes used for malicious purposes, it has generally been beneficial to humanity. For example, different treatment methods for patients, various educational methods for students, games played to relieve stress, etc. Events like these show the positive aspects of technology. With the advancement of technology, virtual reality technology has entered our lives. This technology, which includes people in a completely virtual world, can be used in education, health, shopping, etc. used in many fields. The purpose of this project is to enable people to choose a car, change the color of the car they choose, and read the necessary information about the car. Virtual reality technology was used in the project. Users will be able to visit and interact with this auto shop with virtual reality equipment from their environment. The 3D models required for the study were made with the Blender program, and the software was made with the Unity3D game engine, and the application was developed. The application was tested with the participation of 26 people. Participants found the developed application useful, innovative and entertaining. It is thought that the study will be developed and contribute to the literature in different ways.

**Keywords:** 3D Modelling, Automobile, Blender, Unity3D, Virtual Reality

## ÖNSÖZ

Yüksek Lisans çalışmamda bilgi ve desteğini esirgemeyen danışmanım Seydişehir Ahmet Cengiz Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölüm Başkanı Dr. Öğr. Üyesi Yusuf UZUN' a ve eşim Kübra Nur AKIN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Hayatımın her aşamasında yanımda olan maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme sonsuz teşekkür ederim.

Mustafa AKIN  
KONYA-2022



# İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vi</b>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>vii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>viii</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR</b> .....	<b>ix</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	<b>x</b>
<b>GRAFİKLER DİZİNİ</b> .....	<b>xi</b>
<b>TABLolar DİZİNİ</b> .....	<b>xi</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ARAŞTIRMASI</b> .....	<b>6</b>
<b>3. SANAL GERÇEKLIK TEKNOLOJİSİ</b> .....	<b>12</b>
3.1. Sanal Gerçeklik.....	12
3.1.1. Sanal gerçekliğin tarihçesi .....	14
3.1.2. Sanal gerçekliğin kullanım alanları .....	16
3.1.3. Sanal gerçeklik teknolojisinde kullanılan donanımsal araçlar.....	17
3.2. Sanal Gerçeklik Sistemi.....	21
3.2.1 Tamamen Sürükleyici Sistemler (Fully-Immersive Systems) .....	21
3.2.2 Yarı Sürükleyici Sistemler (Semi-Immersive Systems) .....	22
3.2.3 Sürükleyici Olmayan Sistemler (Non-Immersive Systems).....	23
<b>4. MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....	<b>24</b>
4.1. Blender.....	24
4.2. Inkscape .....	29
4.3. Unity3D Oyun Motoru.....	31
4.4. Oculus Quest-2 .....	37
<b>5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA</b> .....	<b>39</b>
<b>6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER</b> .....	<b>45</b>
6.1 Sonuçlar .....	45
6.2 Öneriler .....	45
<b>7. KAYNAKLAR</b> .....	<b>47</b>

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Kısaltmalar

2B	İki Boyutlu
3D	Üç Boyutlu (Three Dimensional)
4B	Dört Boyutlu
AR	Artırılmış Gerçeklik (Augmented Reality)
APK	Android Package Kit
BIM	Bina Bilgi Modellemesi (Building Information Modelling)
BOOM	Binoküler Omni Oryantasyon Monitör
CAVE	Otomatik Sanal Ortam Mağarası
EYP	El Yapımı Patlayıcılar
HMD	Başta Takılan Ekran (Head Mounted Display)
LCD	Sıvı Kristal Ekran (Liquid Crystal Display)
LEEP	Genişlik Geliştirilmiş Perspektif (Large Expanse Enhanced Perspective)
MR	Karma Gerçeklik (Mixed Reality)
SİHA	Silahlı İnsansız Hava Aracı
SG	Sanal Gerçeklik
TB2	Taktik Blok 2
UNESCO	Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Kurumu (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization)
VIBSIM	Sanal Kör Nokta Tanımlama Sistemi
VR	Sanal Gerçeklik (Virtual Reality)
VRSE	Sanal Gerçeklik Alışveriş Deneyimi (Virtual Reality Shopping Experience)
ZSGDUEL	Zenginleştirilmiş Sanal Gerçeklik Destekli Uzaktan Eğitim Laboratuvarı
XR	Genişletilmiş Gerçeklik (Extended Reality)

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Sanal Gerçeklik ile Bayraktar TB2 SİHA Bilgilendirme Simülasyonu .....	2
Şekil 1.2. Walmart Sanal Gerçeklik Mağazası .....	3
Şekil 3.1. VR Teknolojisinin 2025 Yılında Beklenen Kullanım Alanları .....	13
Şekil 3.2. Gerçeklik-Sanallık Sürekliliği .....	14
Şekil 3.3. Sanal Gerçeklik Teknolojisinin İşleyiş Şeması .....	17
Şekil 3.4. Görüntüleme Başlıkları .....	18
Şekil 3.5. Masaüstü Sanal Gerçeklik Sistemleri .....	19
Şekil 3.6. BOOM .....	19
Şekil 3.7. Sanal Ortam Odası- CAVE .....	20
Şekil 3.8. Data Glove .....	20
Şekil 3.9. 3D Fare ve Manevra Kolu .....	21
Şekil 3.10. Tamamen Sürükleyici Sanal Gerçeklik Sistemi .....	22
Şekil 3.11. Yarı Sürükleyici Sanal Gerçeklik Sistemi .....	23
Şekil 3.12. Sürükleyici Olmayan Sanal Gerçeklik Sistemi .....	23
Şekil 4.1. Otomobil Mağazasını İç Mekân Çizimi .....	25
Şekil 4.2. Otomobil Mağazasını Dış Mekân Çizimi .....	26
Şekil 4.3. Materyal ve Dokular .....	27
Şekil 4.4. Gerçekçi Materyal Görüntüsü .....	27
Şekil 4.5. Mağazanın Renklendirilmiş İç Mekânı .....	28
Şekil 4.6. Mağazanın İç Mekân Işıklandırması .....	29
Şekil 4.7. Inkscape Programında Tasarlanan Kullanıcı Arayüzü .....	30
Şekil 4.8. Unity3D Platformunda Kullanılan Canvas .....	30
Şekil 4.9. Unity3D Platformunda Otomobil Mağazasının İç Mekân Görüntüsü .....	31
Şekil 4.10. Unity3D Platformunda Otomobil Mağazasının Dış Mekân Görüntüsü .....	32
Şekil 4.11. Unity3D Platformunda Materyal .....	33
Şekil 4.12. HDRI Görüntüsü-1 .....	33
Şekil 4.13. HDRI Görüntüsü-2 .....	34
Şekil 4.14. Unity3D Platformunda Uygulama İçin Kullanılan Canvas .....	34
Şekil 4.15. Araç Renk Değişimi Kodları .....	35
Şekil 4.16. Araç seçim kodları .....	37
Şekil 4.17. Oculus Quest-2 .....	37
Şekil 5.1. Geliştirilen VR Uygulamasının Ayakta Kullanılması .....	39
Şekil 5.2. Geliştirilen VR Uygulamasının Otururken Kullanılması-1 .....	40
Şekil 5.3. Geliştirilen VR Uygulamasının Otururken Kullanılması-2 .....	40
Şekil 5.4. VR Gözlüğü ile Uygulama-1 .....	41
Şekil 5.5. VR Gözlüğü ile Uygulama-2 .....	41

## GRAFİKLER DİZİNİ

<b>Grafik 3.1.</b> Sanal Gerçeklik Teknolojisinin Yıllara Göre Değeri .....	13
<b>Grafik 5.1.</b> “Daha önce VR deneyimi yaşadınız mı?” Sorusuna Verilen Cevaplar .....	42
<b>Grafik 5.2.</b> “VR’da tasarımın nasıl olmasını isterdiniz?” Sorusuna Verilen Cevaplar .	43
<b>Grafik 5.3.</b> “VR uygulamalarını ne sıklıkla kullanmayı düşünürsünüz?” Sorusuna Verilen Cevaplar .....	43
<b>Grafik 5.4.</b> Sürüklenme ile Yürümede Yaşanan Olumsuz Durumlar .....	44

## TABLolar DİZİNİ

<b>Tablo 3.1.</b> Sanal Gerçeklik Teknolojisinin Tarihsel Gelişimi.....	14
---	----

## 1. GİRİŞ

İçinde bulunmuş olduğumuz çağ, internet ve bilgisayarın, hayatımızın merkezinde bulunduğu bir dönemdir. Dijital uygulamalar gün geçtikçe çoğalmakta ve buna bağlı olarak insanların iletişim biçimleri de değişmektedir (Arslan ve Elibol, 2015). Bu dijital uygulamalar geniş bir çerçevede insan hayatında yer almaya başlamıştır. Akıllı telefon, internet ve kişisel bilgisayarların yaygınlaşmasıyla birlikte dijital uygulamaların kullanımı büyük oranda artmıştır (Alp, 2019).

Hızla gelişen ve değişen dünyada, bilgi ve iletişim teknolojilerindeki hızlı gelişmeler fiziksel ve sanal dünyaların yakınsaması ile mekân ve zaman algısında değişimler gerçekleştirmekte ve birçok alanda yeni bir döneme geçişin yaşandığını göstermektedir. Tüm dünyada bilginin, bireysel ve sosyal olarak fiziksel ve sanal alanlardaki etkileşimleri ile ihtiyaçlarına, inançlarına ve geçmiş bilgilerine bağlı olarak yapılandırıldığı görülmektedir (Jonassen, 1999).

Bilim ve teknolojiye bu gelişmeler, bilginin önemini artırmakta ve bilgi toplumunun oluşmasını sağlamaktadır. İnsanoğlu bilginin bilgisayarla işlenmesi ve sunulması için çeşitli arayışlara gitmiş, farklı kavramları ortaya çıkarmıştır. Bu kavramlardan birisi de “sanal gerçeklik” kavramıdır. Sanal gerçeklik kavramı kısaca “gerçeğin yeniden inşa edilmesi” olarak tanımlanabilmektedir.

Geçmişte sanallık ve gerçeklik kavramları birbirinden tamamen ayrı bir şekilde anılmaktaydı. İnsanların somut olarak direkt etkilendikleri yer “gerçek ortam”; zaman, araç-gereç, yerçekimi gibi fizik yasalarıyla sınırlandırılmayan, bilgisayarlardan oluşan ortam ise “sanal ortam” olarak isimlendirilmektedir (Azuma, 1997).

Sanal gerçeklik, bilgisayarda oluşturulan animasyon ve 3D (Three Dimensional) modellerden oluşmaktadır. Teknolojik araçlar vasıtasıyla kişiler kendilerini bu sanal ortamların içinde hissetmekte, 3D nesnelere ile etkileşim halinde bulunmaktadırlar.

Şekil 1.1’de kişisel gelişim amaçlı yapmış olduğum “Sanal Gerçeklik ile Bayraktar TB2 SİHA Bilgilendirme Simülasyonu” çalışmamdan bir görsel bulunmaktadır. Burada da görüldüğü üzere VR (Virtual Reality) gözlük ve dokunmatik VR denetleyicileri ile sanal dünyada gezilebilir ve simülasyonun gereklilikleri yerine getirilebilmektedir.

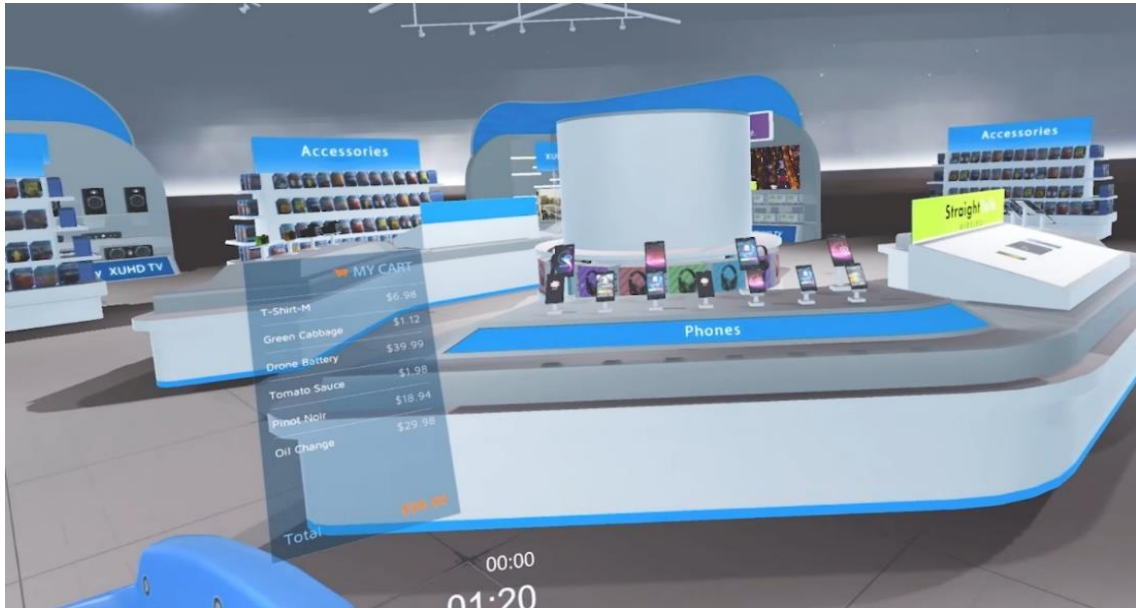


**Şekil 1.1.** Sanal Gerçeklik ile Bayraktar TB2 SİHA Bilgilendirme Simülasyonu

Sanal ortamlar, olağan kabul edilenin, normalin, sıradan olanın dışına çıkarak, mevcut düzenin ve kuralların ötesinde yeni bir “gerçeklik” sunmaktadır. Sunulan bu gerçeklik, alışılmış dünyaya ve kurallara yeni bir bakış açısı ile bakılabilmeyi ve birçok alandaki problemlere kısa ve etkin çözümler sunabilmeyi olanaklı hale getirebilmektedir (Özarslan, 2013).

Sanal dünyaya hızlı bir şekilde adapte olan kişiler için teknoloji yaşamlarının her alanında önemli olmuştur. Teknoloji ve unsurları insanların yaşam tarzlarını ve hatta olaylara veya dünyaya bakış açılarını dahi değiştirmektedir. Örneğin, alışveriş genç yaşlı demeden insanların vazgeçilmez ihtiyaçlarından biridir. Alışveriş denilince akla ilk olarak mağazalar, dükkanlar gelse de günümüzde sanal ortamda da alışveriş yapılabileceği gerçektir. Sanal gerçeklik teknolojisi sayesinde insanlar buldukları yerden kendilerini alışverişte gibi hissedecek, ürünleri 3D olarak görebileceklerdir. Sanal alışverişin üretimden tüketime kadar olumlu etkilerinin olduğu görülmüştür (Köse ve Yengin, 2018). Sanal alışverişe örnek olarak Walmart’ın konsept mağazasını verilebilir. Oluşturulmuş bu sanal dünyadaki markette dolaşılabilen ve ürünler alınıp alışveriş arabasına koyulabilmektedir. Ayrıca mağazada alışveriş yapan kişilere yardımcı olmak için dijital müşteri temsilcileri bulunmaktadır. Alışverişiniz bittiğinde ödeme dijital cüzdanınızdan çekilmektedir. Son olarak ürünler gerçek dünyadaki adresinize

gönderilmektedir (Walmart Metaverse, 2022). Şekil 1.2’de Walmart’ın sanal gerçeklik mağazasından bir görüntü bulunmaktadır.



Şekil 1.2. Walmart Sanal Gerçeklik Mağazası

Bilgi teknolojilerindeki hızlı gelişmeler ile SG (Sanal Gerçeklik) teknolojisi mühendislik, eğitim, sağlık, mimari ve tasarım alanların da kullanılmaya başlanmıştır (Juan ve ark, 2010). Organizasyonlara göre sanal gerçeklik, müşteri ilişkilerini üst seviyelere çıkarabileceği ve firmanın değerlerini ortaya koyabileceği bir ortam olarak algılanmıştır (Kuliga ve ark, 2015). Sanal gerçeklik ile tamamen sanal olan bir görüntü kullanıcıya yansıtılır. Sanal gerçeklik, insanların sadece çevre ile etkileşime girme biçimlerine farklı bir yöntem ilave etmekle kalmayıp, gerçek adı verilen olguya daha değişik bakış açısı katmaktadır (Tamayo ve ark, 2016). VR teknolojisi, bilgisayar ile kullanıcılara 3D, simüle edilmiş ve kontrol edilebilen sanal bir dünyayı gerçek dünyaymış gibi sunmaktadır (Westerdahl ve ark, 2006). VR ekipmanları, kullanıcıların sanal dünya ile etkileşimlerini sağlamaktadır. Bu sayede insanların hayal güçleri genişlemekte, çevre ile etkileşimlerinde yeni bir alan sunulmaktadır.

Kısaca SG, gerçekçi dünyalar oluşturmak amacıyla bilgisayarın kullanıldığı, kişilerin kendilerini oluşturulan bu sanal dünyanın bir parçasıymış hissini veren ve kullanıcının girdilerine göre gerçek zamanlı değişen bir benzetimdir (Burdea ve Coiffet, 2003). Kullanıcıların bilgisayar ile oluşturulan 3D dünyada aktif rol almasını sağlayan SG, kullanıcıları gerçek dünyadan soyutlayarak, sanal olan dünyaya daldırmak için kullanılabilir (Anderson ve ark, 2001). SG uygulamaları, gidilmesi zor olan yerlere

gitmekte, yapılması neredeyse imkânsız olan, tehlikeli sonuçlar doğurabilecek işlerde kullanılabilir. Sanal gerçeklik uygulamaları sayesinde hem soyut kavramları algılama ve görselleştirmede hem de çok çeşitli alanlarda kullanılabilir. Günden güne gelişen bilgisayar teknolojisi sayesinde gerçek ortamların ve objelerin benzetimleri kolaylıkla yapılabilir (Tunç, 2018).

Sanal gerçeklik uygulamalarının çokça kullanılmasının beklendiği sektörlerden biri de otomotiv sektörüdür. Günümüzde otomotiv sektöründe sanal gerçeklik kavramı hem müşteri hem de çalışan olarak değerlendirildiğinde, Z ve Y kuşakları önümüze çıkmaktadır. Gelişmiş ülkeler başta olmak üzere birçok ülke, azalan nüfus ile mücadele etse bile, şu anda Z Kuşağı dünyadaki en büyük nesildir (Wikipedia, Generation Z, 2022). 1980-1999 neslini kapsayan, üretmeyi ve düşünmeyi seven, sorgulamaya açık olan Y kuşağının vazgeçilmez teknolojisi akıllı telefonlar iken, hırslarına düşkün, internet çağı milenyum Z kuşağının gözde teknolojisi VR ve AR (Augmented Reality – Artırılmış Gerçeklik)'dir.

Dünya popülasyonunun 32%'sinin Z kuşağından oluştuğunu göz önünde bulundurursak, otomotiv sektöründe satın alma ve kurumsal organizasyonlarda SG teknolojilerinden faydalanılacağı görülmektedir. Tüketici pazarının çoğunluğuna sahip olan otomobil endüstrisinde, küreselleşen pazar ve beraberindeki rekabet nedeniyle; işletmeler kalite, maliyet, zaman bakımından yeni problemlerle karşı karşıya kalmaktadırlar (Erdoğan ve Feyzulloğlu, 2020). Bu sebeplerden dolayı otomotiv şirketleri çalışma ortamlarını ve araçlarını Z kuşağının ilgi ve alışkanlıklarına göre şekillendirmesi gerekmektedir.

Otomobil üretici veya satıcılarının tasarladıkları showroom vb. yerlerde, müşterilere sanal gerçeklik ile deneyim yaşatabilmeleri mümkündür. 360 derece görüş sağlayan VR gözlüğü ile kafasını çevirdiğinde kendini sanal bir dünyanın içerisinde bulmaktadır. VR gözlükleri sayesinde, gözlüğü takan kişi; kendisini arabanın içindeymiş gibi hissedebilmektedir. Böylelikle aracı sağ, sol, ön, arka istediği yerden görebilmekte, aracı inceleyebilmektedir. Kişiler, 3D modelleme ile tasarlanan showroom içerisinde gezinme fırsatını da bulmaktadırlar. İçinde bulunduğumuz pandemi koşullarını da göz önünde bulundurursak, insanlar kalabalık ortamlarda bulunmak istememektedirler. Sanal gerçeklik teknolojisi bu gibi durumlarda oldukça faydalıdır.

Sanal gerçeklik sektörü otomobil üretiminde de oldukça önemli bir teknolojidir. Örneğin, üretim hattında çalışacak insanlara VR gözlükler ile sanal ortamda eğitim verilebilir. Bu eğitim için tasarlanmış sanal bir ortam ve VR gözlük yeterli olacaktır.

Böylelikle üretici firmalar zaman ve maliyetten kazanarak üretim hatlarını durdurmadan eğitimleri tamamlamış olmaktadırlar.

Otomobil üreticilerinden olan SEAT, tasarımda SG teknolojisinden faydalanarak, üretimde zaman tasarrufu yapmış, hata payını azaltmış ve prototip üretim süresini %30 oranında azaltmıştır (Seat, 2018).

Bir başka otomobil üreticisi olan Toyota ise, CHR modelinin lansman kampanyasını sanal gerçeklik teknolojisi ile gerçekleştirmiştir. Müşterilerin VR'da aracı dijital olarak kişiselleştirmelerine ve keşfetmelerine olanak sağlamıştır (Zerolight, 2016). Türk otomotiv sektöründen olan TürkTraktör, sanal gerçeklik ile eğitim yapan firmalardan olmuştur. Eğitim sonrasında, insan kaynaklı hataların %89 azaldığı, montaj becerilerinin %28 arttığı ve eğitimin öğrenmeye %81 olumlu etkisinin olduğu gözlemlenmiştir. Ford firması Co-Creation adını verdiği program ile dünyanın farklı yerlerinde bulunan mühendislerini VR dünyasında bir araya getirerek çalışma imkânı sağlamaktadır. Burada tasarımcılar gerçek zamanla 3D modellemeler oluşturabileceklerdir. Böylelikle aylarca süren işler 40 saat gibi kısa zamanlara indirgenmektedirler. Sanal gerçeklik alanında uygulama yapmış firmalara Volvo, BMW, McLaren, Audi firmalarını da eklemek mümkündür (Nsocialtr).

Sanal showroom sayesinde;

- Markalar araçlarını her yerden sergileyebileceklerdir.
- Kullanıcılar showrooma 7/24 erişim sağlayabilecekleridir.
- İşletme ve çalışan maliyetleri azalacaktır.
- Sanal eğitim sayesinde etkileşimli ve deneysel öğrenmeye olanak sağlanacaktır.
- Kullanıcılar showroomu gerçek dünyadaymış gibi 360 derece görme imkanına sahip olacaklardır.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Gelişim tarihi 1980'lere dayanan sanal gerçeklik (SG), son yıllarda yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Fiziksel olarak var olduğumuz gerçek dünyadan bağımsız olan, etrafımızdaki nesnelere ve çevrenin bilgisayar yazılımı ile oluşturulmasıyla ortaya çıkan tasarımlar sanal ortamlardır. Sanal gerçeklik teknolojisinde gerçeklik algısı önemlidir. Bunun için çeşitli elektronik sensörlere/cihazlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu cihazlar sayesinde duyu organlarımız ile hissedilen gerçeklik artmaktadır. Günümüzde sağlık, eğitim, eğlence ve reklamcılık vb. birçok kullanım alanına sahiptir (Sezen, 2019).

Makara (1996) yapmış olduğu tez çalışmasında, 3D modeller ile bilgisayar ekranında kullanıcılara 3D ortamda bulunma hissi vermeyi amaçlamıştır. Noktalardan doğrular, doğrulardan yüzeyler ve bunların hepsi ile 3D nesnelere oluşturmuştur. İki boyutlu bilgisayar ekranında tek noktalı perspektif projeksiyon yöntemi kullanarak 3D nesnelere izdüşümünü almıştır. Nesnelere olan bakış açısı ve uzaklık Mouse ile değiştirilerek hareket işlemi sağlanmıştır (Makara, 1996).

Sezer (2009), tez çalışmasında sanal gerçeklik teknolojisini kullanarak fizik tedavi ve rehabilitasyon bölümündeki doktor ve hastalar için bir oyun sistemi geliştirmiştir. Sistemde puan ve zaman bilgisi bulunmakta ve bu bilgiler ilgili doktorlara gönderilerek hastaların kontrolü yapılabilmektedir. Geliştirilen oyun sisteminin en önemli özelliği hastaların tedavi sürecinde motivasyonlarının bozulmamasıdır. Böylelikle hastalar gerekli kaslarını daha iyi çalıştırmış ve tedavilerinin daha kısa sürede sonuç vermesi sağlanmıştır (Sezer, 2009).

Saposnik ve ark. (2010) felçli hastaların tedavisinde kullanılmak üzere sanal gerçeklik uygulaması geliştirmiştir. Yapılan çalışma sonucunda VR teknolojisi ile tedavinin hastalar üzerinde olumlu etkilerinin olduğu görülmüştür (Saposnik ve ark, 2010).

Komşul (2012), zihinsel engelli bireylerin eğitimi ile ilgili bir çalışma yapmıştır. Bilgilerin görsel olarak alınması daha uzun sürede hafıza da tutulmasını sağlamaktadır. Oyun formatında yapılmış olan bu çalışma, bireylere daha verimli öğrenme fırsatı sağlamaktadır. Tez çalışmasının amacı, öğretmenlerin zihinsel engelli bireylere, web tabanlı SG teknolojisi ile öğretme süreçlerinin daha kalıcı ve kolay olabileceğini göstermektir. Böylelikle bireylerin mesleki ya da sosyal hayatta önlerine çıkabilecek problemleri çözmeleri için gerekli kavramları SG ile öğretilmesi hedeflenmiştir (Komşul, 2012).

Rostami Kia (2013) Sanal K r Nokta Tanımlama Sistemi (VIBSIM) tasarlamıştır. Sistem ile şantiyelerdeki k r noktaların açığa çıkarılarak, kazaya bağlı ölüm oranının azalmasını amaçlanmıştır. VIBSIM'in çalışmasında, 3DsMax ve Vray programları kullanılarak sanal bir dünya oluşturulmuştur. VIBSIM modelinin analiz raporlarına göre ekipman operatörlerinin oluşabilecek kazalara karşı farkındalık duygularını geliştirdikleri görülmüştür (Rostami Kia, 2013).

Erdem (2013) ilkokul öğrencileri için bir sanal gerçeklik uygulaması yapmıştır. Hayat bilgisi, İngilizce, matematik ve fen bilimleri dersleri için bir sanal ortam tasarlanmıştır. Çalışmada,  ğrencilerin 3D nesnelere olan etkileşimini artırmak ve ders için gerekli olan ek materyal ihtiyacını ortadan kaldırmak amaçlanmıştır (Erdem, 2013).

Nagendran ve ark. (2013) cerrahi  ğrencilerinin eğitimi amacıyla sanal gerçeklik uygulaması üzerine çalışmıştır. Sanal gerçeklik eğitimi ile öğrencilerin ameliyat performanslarının arttığı görülmüştür (Nagendran ve ark, 2013).

Hafner ve ark. (2013) mühendislik eğitiminde kullanılmak üzere sanal gerçeklik teknolojisinden faydalanarak bir uygulama geliştirmişlerdir. Çalışma yüksek lisans ve lisans öğrencileri ile test edilmiştir. Çalışmada projeler sanal ortama taşınmış ve öğrencilere takım çalışması öğretilmiştir. Öğrenciler simülasyonda hata yapsalar da VR ile eğitimi motive edici bulmuşlardır (Hafner ve ark, 2013).

Civelek (2014) doktora tezinde sanal gerçekliğin eğitim üzerindeki olumlu etkisini ortaya koyan bir çalışma yapmıştır. Uygulamada Visual Studio C++ yazılım platformu kullanılmıştır. Gezegenlerin yörüngeleri, büyüklükleri, yörünge hızları, çekim kuvveti ve dönme hızları hesaplanacak şekilde kodlanmıştır. Öğrenciler için bir sanal gerçeklik laboratuvarı oluşturulmuştur. Yapılan uygulama öğrenciler tarafından kullanılmış ve geleneksel ders anlatımına göre daha verimli olduğu sonucuna varılmıştır (Civelek, 2014).

 st nel (2014)  st n yetenekli öğrenciler için eğitim uygulaması geliştirmiştir. Uygulama yazılımı için Visual Studio C++ platformu kullanılmıştır. İstanbul Bilim ve Sanat Merkezinde eğitime devam eden 52 öğrenciye, kimyasal bağlar konusu sanal gerçeklik ortamında öğretilmiştir. Yapılan anketler sonucunda uygulamanın, üstün yetenekli öğrencilerin öğrenim süreçlerine olumlu etki yaptığı görülmüştür ( st nel, 2014).

Siller ve ark. (2015) otomotiv imalatı için sanal gerçeklikte ciddi oyun çalışması yapmışlardır. Operatörler için sanal eğitim ortamları oluşturulmuştur. Bu ortamlar 3 zorluk derecesine sahip 5 farklı sahneden oluşmaktadır. Her bir eğitim sahnesi

tamamlandıktan sonra hata sayısı ve geçen süre sistem tarafından kaydedilmiştir. Elde edilen sonuçlara bakıldığında oyun ile öğrenmenin geleneksel öğrenme yöntemlerine göre maliyet ve zaman açısından daha verimli olduğu görülmüştür (Siller ve ark, 2015).

Lawson ve ark. (2016) sanal gerçeklik teknolojisinin otomotiv endüstrisindeki önemini anlatmak amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Bir otomobil üreticisinin 11 mühendisi ve çalışanlarıyla yapılan röportajda, VR teknolojisinin otomotiv sektörünün maliyet, zaman ve kalite parametrelerine olumlu olarak etki edeceği görülmüştür (Lawson ve ark, 2016).

Jung ve ark. (2016) yaptıkları çalışmada müzeleri sanal gerçeklik ile gezilebilmeyi amaçlamıştır. Çalışma ile müzeler sanal ortama aktarılmış ve gerçekliğin artması için sesler de kullanılmıştır. Yapılan bu çalışma ile turist deneyiminin artmış olduğu görülmüştür (Jung ve ark, 2016).

Kurtuluş (2017) fobilerin belirlenmesi ve tedavisinde yardımcı olacak, s-FoBiT adını verdiği bir uygulama geliştirmiştir. Uygulamada fobik kişiler için sanal gerçeklik dünyasında ortam hazırlanarak, korku duyduğu obje ile yüzleşmesi sağlanmıştır. Kişilerin korkularının üstüne gitmesi ve korkuyu yenmesine yardımcı olunmuştur. Bu yöntem ile hastanın fizyolojik ölçümleri de kaydedilecek ve doktorun hasta ile ilgili raporunun oluşturulması sağlanmıştır. Fizyolojik ölçümler eşik değerini aştığında uygulama otomatik olarak sonlanacaktır. Unity3D platformunda geliştirilen s-FoBiT'in geleneksel tedavi yöntemlerine göre daha etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Kurtuluş, 2017).

Kıssaboylu (2017) tez çalışmasında, sanal gerçeklik ortamında ameliyat simülasyonu tasarlamıştır. Çalışma sırasında VR gözlüğün yanında el hareketlerinin algılanabilmesi için haptik robotik cihaz kullanılmıştır. Visual Studio ortamında yazılım geliştirmesi yapılmış, sanal olarak ameliyathane ve 3D ayak modellenmiştir. Geliştirilen uygulama rastgele seçilmiş 35 öğrenci üzerinde denenmiştir. Öğrencilere yapılan anket ile ameliyat öncesinde ve ameliyat sırasında uygulamanın öğrenmeyi artıracak sonucuna varılmıştır (Kıssaboylu, 2017).

Durgut (2018) fizik tedavi ve rehabilitasyon hastaları için bir sanal gerçeklik uygulaması geliştirmiştir. Uygulama ile fizik tedavide hastanın yapması gereken egzersizleri doğru olarak yaptığını anlaması amaçlanmıştır. Böylelikle hasta egzersizde yaptığı hataları fark edecek ve hatalarını düzelterek tedavisinden daha iyi sonuçlar elde etmesini sağlayacaktır (Durgut, 2018).

Güleç (2018) yazılım geliştiricileri için sanal bir dünya oluşturmuştur. Burada yazılım geliştiricileri, 5 karakterle birlikte işe yeni alınmış bir kişi rolündedir. Kullanılan

5 karakter yapay zekâ tarafından kontrol edilmektedir. Böylelikle kişiler, yazılım geliştirmede gerçek dünyadaki projelerinde yaşanabilecek sorunları simülasyonda görebilmektedirler. Tasarlanan bu sanal ortam ile yazılım dünyasına eğitim platformu yapmak amaçlanmıştır. Yapılan testler ile eğitim platformunun, yazılım geliştiricilerinin öğrenimi için verimli olduğu sonucuna varılmıştır (Güleç, 2018).

Aras (2018) yapmış olduğu tez çalışmasında endüstri 4.0 ve robotlu üretim hatlarında kullanılacak sanal gerçeklik projesi gerçekleştirmiştir. Uygulama ABB RobotStudio platformunda yazılmış, sanal gerçeklik ekipmanları ile sanal dünyada test edilmiştir (Aras, 2018).

Arısoy (2018) doktora tezinde askerlere mayın tarama eğitimi vermek amacıyla sanal gerçeklik çalışması yapmıştır. Çalışmada askerlerin mayın tarama işlemi için 6 farklı konum ve 3 değişik hava şartı bulunmaktadır. Böylelikle eğitim farklı konum ve hava şartlarında verilmektedir. Ayrıca detektörler için 4 farklı toprak tipi kullanılmıştır. Çalışma sonrası günümüzde verilen eğitim ile sanal gerçeklik eğitimi karşılaştırılmıştır. Sanal gerçeklik simülatörü ile verilen eğitimin maliyet ve zaman açısından oldukça faydalı olduğu görülmüştür. Hiçbir risk faktörünün olmaması ise yapılan çalışmanın oldukça güvenilir olduğunu göstermiştir (Arısoy, 2018).

Çevik (2019) yaptığı çalışmada, 2018 yılında UNESCO Dünya Kültür Mirası Listesi'ne giren Şanlıurfa'daki Göbeklitepe'yi bilgisayar ortamında 3D olarak tasarlamış ve sanal gerçeklik ortamına aktarmıştır. Bu çalışmanın amacı, Göbeklitepe ile ilgili bilgilerle 12.000 yıl önceki halini canlandırmaktır. Böylelikle kişiler Göbeklitepe'nin 12.000 yıl önceki halini mekân ve zamandan bağımsız olarak görebileceklerdir (Çevik, 2019).

Ergün (2019) sanal gerçeklik teknolojisini mimari tasarımda kullanmak için bir çalışma yapmıştır. Çalışmasında, Bina Bilgi Modellemesi (BIM) ile ilişkili bir tasarım aracı geliştirmiştir. Ayrıca sanal ve karmaşık gerçeklik ortamları için iki farklı öğretici ciddi oyun geliştirmiştir. Geliştirilen bu ciddi oyun ve tasarım aracı kişiler üzerinde test edilmiştir. Yapılmış olan çalışmanın verimli olduğu sonucuna varılmıştır (Ergün, 2019).

Kıllıoğlu (2019) sanal gerçeklikte madencilik eğitimi için bir ciddi oyun projesi geliştirmiştir. Gerekli modellemeler için 3DsMax programı, oyun motoru olarak da Unity3D platformu kullanılmıştır. Çalışma ile maden ocaklarının tanınması, iş sağlığı ve güvenliği gibi konuların öğretilmesinde daha verimli olunmuştur. Unity3D platformu ile geliştirilen modüller başka sanal ortamlarda da kullanılacak ve böylece madencilik için farklı ciddi oyunlar geliştirilebilecektir (Kıllıoğlu, 2019).

Özel (2019) yapmış olduğu tez çalışmasında, sanal bir şantiye ortamı tasarlamıştır. Çalışmanın amacı, şantiyelerdeki tehlikeli ortamların tanınmasını sağlamaktır. Geliştirilen sanal gerçeklik uygulamasının, tehlike tanıma oranında olumlu sonuçları olduğu gözlemlenmiştir (Özel, 2019).

Dilipak ve Güneş (2020), el yapımı patlayıcı maddelerin tespiti ile ilgili bir çalışma yapmışlardır. Unity3D platformunda geliştirilen uygulamada gerekli 3D nesnelere bulunmaktadır. Oluşturulan senaryolar ile kullanıcıların patlayıcı maddeleri aktif etmeden tespit etmeleri istenmiştir. Çalışmanın patlayıcı maddelerin tespitinde görevli kişilerin eğitiminde kullanılması amaçlanmıştır (Dilipak ve Güneş, 2020).

Yerden (2020), Mekatronik eğitimi için Zenginleştirilmiş Sanal Gerçeklik Destekli Uzaktan Eğitim Laboratuvarı (ZSGDUEL) geliştirmiştir. Mühendislik ve ön lisans öğrencilerine eğitim verilmesi amaçlanmıştır. Yapılan uygulamanın anket sonuçlarına göre öğrencilerin %45 oranında daha başarılı oldukları görülmüştür. Sanal laboratuvar ile derslerin öğrencilerin daha çok dikkatini çektiği ve dersin güvenilirlik oranının arttığı anlaşılmıştır (Yerden, 2020).

Gürer (2021) madencilik sektörü için Mining-Virtual oyununu geliştirmiştir. Bu oyun ile madencilik sektöründe çalışan kişilere eğitim verilmesi amaçlanmıştır. Unity3D platformunda geliştirilen oyunun sanal gerçeklik ve bilgisayar versiyonları bulunmaktadır. Geliştirilen oyun, 30 kişi tarafından test edilmiştir. Elde edilen sonuçlarda kullanıcıların oyundan olumlu yönde etkilendiği görülmüştür (Gürer, 2021).

Kölüş (2021) blockchain tabanlı bir sanal gerçeklik uygulaması geliştirmiştir. Bu uygulamada amaç, kişilerin oluşturdukları avatar ile sanal dünyayı güvenle kullanabilmeleridir. Ayrıca insanların gerçek hayata benzer deneyim sağlamaları da amaçlanmıştır. Çalışma için VR ekipmanları, Infura API ve Ethereum blok zinciri kullanılarak mimari oluşturulmuştur. Uygulama, Unreal Engine platformu kullanılarak geliştirilmiştir (Kölüş, 2021).

İbrahim (2021) elektrik motorlarının çalışma prensibi ile ilgili sanal gerçeklik uygulaması geliştirmiştir. Çalışma Unity3D platformunda geliştirilmiş, gerekli nesnelere 3D modelleri tasarlanmıştır. Uygulamada çeşitli motorlar için parçalar bulunmaktadır. Bu uygulamada kişilerin seçtiği motoru doğru şekilde monte etmesi amaçlanmıştır (İbrahim, 2021).

Chen ve ark. (2021) yapmış oldukları çalışmada, otomotiv üretiminde sanal gerçeklik teknolojisini ele almışlardır. İsveç'teki merkez ile Çin'de bulunan üretim tesisi arasındaki haberleşmeyi VR teknolojisi ile yapmak amacıyla bir uygulama demosu

geliştirilmiştir. Böylelikle ülkeler arası seyahat azalarak çevresel sürdürülebilirliğe katkıda bulunulmuştur (Chen ve ark, 2021).

Güneş (2021) yapmış olduğu doktora tezi çalışmasında, EYP (el yapımı patlayıcılar) ve mayın ile mücadele eden kişilerin eğitimi için sanal gerçeklik ve ciddi oyun uygulaması geliştirmiştir. İlk uygulamada, bilgisayarda detektör kullanılmasıyla patlayıcı madde arama çalışmaları yapılmıştır. İkinci uygulama olan sanal gerçeklik uygulamasında ise sanal dünyada patlayıcı madde arama işlemi yapılması istenmiştir. Çalışma Unity3D oyun motoru kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu ve benzeri uygulamalar ile konuda görevli kişilerin eğitimine büyük katkı sağlanırken, can kaybı yaşanmaması en önemli etkidir (Güneş, 2021).

Kılıç (2021) çalışmasında sanal dünyada bir giyim mağazası tasarlamıştır. VRSE (Virtual Reality Shopping Experience) adı verilen uygulama Unity3D platformunda tasarlanmıştır. Uygulamanın VR gözlük ve akıllı telefonlarda kullanılabilir olması daha çok kişi tarafından deneyimlenebilmesine olanak sağlamaktadır. Kullanıcıların VRSE uygulamasını test ettikten sonra ankete katılmaları istenmiştir. Anket sonucunda kişiler VRSE gibi uygulamaları, online alışveriş sitelerine göre uygun bulmuşlardır. Ürünleri 3D inceleyerek ve sanal dünyada kendilerini alışverişte gibi hissetmişlerdir (Kılıç, 2021).

Ebnali ve ark. (2021), otonom araçlar ile ilgili bir sanal gerçeklik uygulaması geliştirmiştir. Çalışmada otonom araçlara olan güven test edilmiş aynı zamanda sürüş eğitimi için de kullanılması amaçlanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre uygulama, araç kiralama merkezlerinde ve bayilerde otomatik sürüş eğitimi için kullanılabilir (Ebnali ve ark., 2021).

Tai ve ark. (2022) VR'da eğitim amaçlı bir çalışma yapmışlardır. Yapılan çalışma, sanal gerçeklik ile araba detaylandırma eğitimidir. Bu eğitim teknik öğrenciler için hazırlanmıştır. Geliştirilen uygulama 143 öğrencinin katılımıyla test edilmiştir. Çalışmalar sonucunda VR'da tasarlanan eğitimin öğrencilerin ilgisini çektiği ve öğrenmeye olumlu katkılarının olduğu gözlemlenmiştir (Tai ve ark., 2022).

### 3. SANAL GERÇEKLİK TEKNOLOJİSİ

Bu tez çalışmasında sanal gerçeklik teknolojisi kullanılarak otomotiv sektörü için uygulama geliştirilmiştir. Sanal gerçeklik ortamı ve gerekli nesnelere Blender programı ile tasarlanmış, kullanıcı arayüzü ise Inkscape programı kullanılarak yapılmıştır. 3D ortam ve nesnelere, Unity3D oyun motoruna entegre edilmiş, Visual Studio programı yardımıyla C# programlama dili kullanılmıştır. Bilgisayar ortamında geliştirilen bu uygulama Oculus Quest-2 sanal gerçeklik gözlüğüne aktarılmıştır.

#### 3.1. Sanal Gerçeklik

Sanal gerçeklik tanımını oluşturan kelimelerden sanal; hayali olan, gerçek kelimesi ise var olan her şey anlamındadır. Sanal gerçeklik, bilgisayarda insanlara gerçeklik hissi vermek için oluşturulan sanal dünyadır. İnsanlar sanal dünyada gezinirken modellenen nesnelere ile etkileşim halinde olabileceklerdir (Yavuz ve Uslu, 2021).

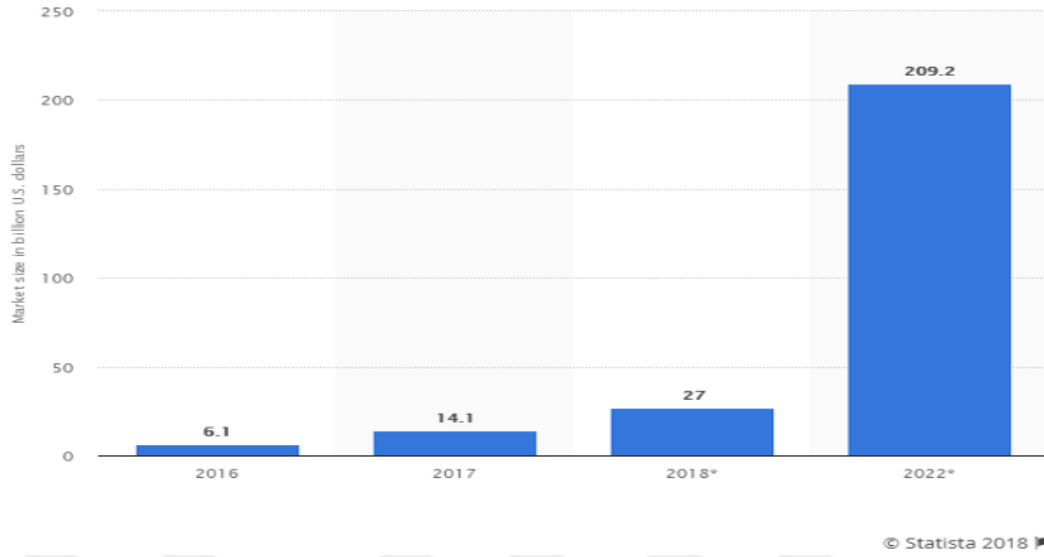
Sanal gerçekliğin avantajları (Hoş, 2021);

- Eğitim alanında kullanılması ile masraflar azaltılabilir.
- Deneyimler görsel olduğu için daha sürükleyicidir.
- VR'ı destekleyen çok sayıda büyük şirket bulunmaktadır: Google, Facebook, Microsoft, Samsung vs.
- VR, bir mekanın ayrıntılı ve tam görünümünü vermektedir.
- VR en büyük avantajının etkili iletişim olduğu görülmektedir.
- Görsel öğrenme ile kullanıcı tutma oranı artmaktadır.

Sanal gerçekliğin dezavantajları;

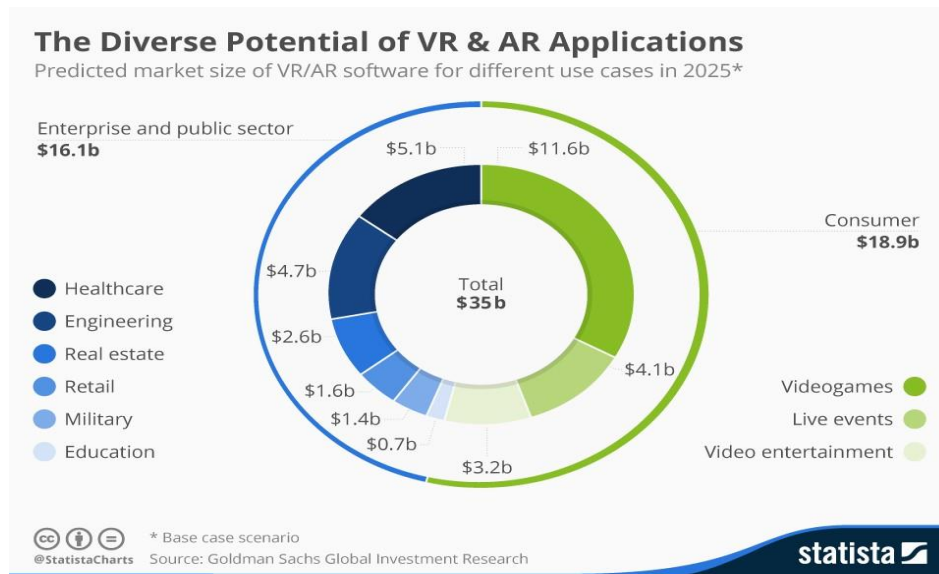
- Yüksek kaliteli deneyim sayısı azdır.
- Ana akımın bu teknolojiyi benimsemesi oldukça yavaştır.
- VR kullandıktan sonra bazı insanlarda halsizlik, baş ve göz ağrısı gibi etkiler ortaya çıkmaktadır.

Sanal gerçeklik teknolojisi gün geçtikçe önemini artırmakta ve gelişmeye devam etmektedir. Dünyanın en büyük araştırma kuruluşlarından olan Statista'nın verilerine göre (Grafik 3.1) sanal gerçeklik teknolojisinin değeri, 2016 yılından günümüze çok ciddi bir artış göstermiştir (GFDS,2020).

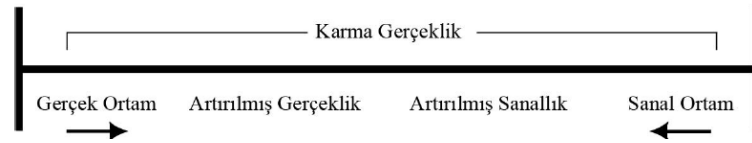
**Grafik 3.1.** Sanal Gerçeklik Teknolojisinin Yıllara Göre Değeri

Sanal gerçeklik, bilgisayarda oluşturulan animasyon ve 3D modellerden oluşmaktadır. Teknolojik araçlar vasıtasıyla kişiler kendilerini bu sanal ortamların içinde hissetmekte, 3D nesnelere ile etkileşim halinde bulunmaktadır. Artırılmış gerçeklik ve masaüstü sanal gerçeklik, SG teknolojisine bağlı olarak geliştirilmiş bir teknolojidir. Artırılmış gerçeklik teknolojisi de sanal gerçeklik gibi birçok kullanım alanına sahiptir.

Şekil 3.1’de sanal ve artırılmış gerçeklik teknolojileri için 2025 yılında beklenen kullanım alanları gösterilmiştir. Video oyun, sağlık ve mühendislik sektörleri başta olmak üzere birçok alanda bu teknolojilerin kullanıldığı görülmektedir (Richter, 2016).

**Şekil 3.1.** VR Teknolojisinin 2025 Yılında Beklenen Kullanım Alanları

Şekil 3.2’de artırılmış, sanal ve karma gerçeklik kavramlarının birbiri ile olan iletişimi görülmektedir. Solda gerçek ortam varken, sağda sanal ortam bulunmaktadır. Bu iki ortam arasındaki geçiş “Karma Gerçeklik” olarak adlandırılmaktadır (Küçük Avcı, 2018). MR (Karma Gerçeklik, Mixed Reality) VR ve AR uygulamalarının birleşimi olarak tanımlanmaktadır. Karma gerçeklikte sanal ve gerçek ortam nesnelere bir arada bulunmaktadır. MR teknolojisi, VR ve AR’dan farklı olarak fiziksel olarak desteklenebilmektedir (Avcı ve Taşdemir, 2019).



Şekil 3.2. Gerçeklik-Sanallık Sürekliliği

### 3.1.1. Sanal gerçekliğin tarihçesi

Teknoloji geçmişten günümüze durmaksızın ilerlemektedir. Son yıllarda çokça duyulan ve insanların oldukça ilgisini çeken sanal gerçeklik teknolojisinin geçmişi aslında çok eskiye dayanmaktadır. Birçok alanda kullanılmakta olan SG teknolojisinin tarihsel gelişimi Tablo 3.1’de gösterilmektedir. Tabloda üç sütundan oluşmaktadır; ilk sütun gelişim yılını, ikinci sütun geliştirici kişi veya kurum isimlerini, üçüncü sütun ise geliştirilmiş olan çalışmayı temsil etmektedir.

Tablo 3.1. Sanal Gerçeklik Teknolojisinin Tarihsel Gelişimi

1916	Albert B. Prett	Başa takılan ilk ekran tasarlanmıştır (Sherman ve Craig, 2003).
1929	Edward Link	Pilot eğitimi olan Link Trainer uçuş simülatörü geliştirildi (Sherman ve Craig, 2003).
1946	Pensilvanya Üniversitesi	ABD ordusu için, ENIAC adı verilen ilk bilgisayar geliştirilmiştir (Platzman, 1979).
1962	Morton Heiling	İlk sanal gerçeklik uygulaması olan Sensorama geliştirilmiştir (Gutiérrez ve ark, 2008).
1963	Ivan Sutherland	Skechpad uygulaması geliştirilmiştir. Uygulama lazer kullanarak çizim yapmaya imkan vermiştir (Sutherland, 1998).
1968	Ivan Sutherland ve David Evans	Stereoskopik HMD (Head Mounted Display) sanal gerçeklik kaskı geliştirilmiştir (Sherman ve Craig, 2003).
1975	Myron Kruger	Video yakalama çalışması olan Videoplace geliştirilmiştir (Mazuryk ve Gervautz, 1996).

1979	Eric Howlett	LEEP (Large Expanse Enhanced Perspective) görüntü sistemi geliştirilmiştir. Sistem NASA'nın geliştirdiği HMD sisteminde kullanılmıştır (Sherman ve Craig, 2003).
1979	Gary Grimes ve Bell Labs	Eldiven geliştirilmiştir (Sürücü, 2017).
1981	Jim Clark	Silicon Graphics şirketi kurulmuştur. Şirketin amacı, maliyeti az ve hızlı grafikler geliştirmektir (Sherman ve Craig, 2003).
1983	Mark Callahan	HMD geliştirilmiştir (Sürücü, 2017).
1985	VPL Research	Şirket tarafından mekanik eldiven olan "Data Glove" geliştirilmiştir (Gutiérrez ve ark, 2008).
1990	Jim Kramer	"Cyber Glove" adı verilen eldiven geliştirilmiştir (Didi ve ark, 2000).
1990	W-Industries	HDM, el ile kontrol edilen çubuk ve oyuncuların içinde buldukları halka platform ekipmanlarından oluşan bir sistem tasarlanmıştır (Sherman ve Craig, 2003).
1992	Chicago Illinois Üniversitesi	Kullanıcıların yürüyebilecekleri, hareket edebilecekleri küp şeklinde tasarlanmış olan sanal gerçeklik odası CAVE tanıtılmıştır (Sherman ve Craig, 2003).
1993	SenseAble Devices	İlk masaüstü haptik cihaz olan "Phantom" geliştirilmiştir (Phantom Premium, 2013).
1997	Virtual Technologies	Veri girişi olarak parmak hareketlerini algılayan, geri beslemeli "Cyber Grasp" cihazı piyasaya sürülmüştür (Sherman ve Craig, 2003).
2000	Lowa State Üniversitesi	6 yüzeye sahip ilk CAVE kurulmuştur (Komşul, 2012).
2007	Google	Google, "Street View" çalışmasını duyuruldu (Yengin ve Bayrak, 2017).
2010	Oculus	VR gözlüğü olan Oculus Rift tanıtılmıştır (Yengin ve Bayrak, 2017).
2014	Sony	"Playstation VR" çalışması tanıtılmıştır (Yengin ve Bayrak, 2017).
2017	Sony	"Kablosuz VR" patentini almıştır (Yengin ve Bayrak, 2017).
2018	Oculus VR & Xiaomi	Oculus Go VR gözlüğü geliştirilmiştir (Wikipedia, Oculus Go, 2021).
2019	Oculus VR & Lenovo	Oculus Rift S sanal gerçeklik gözlüğü geliştirilmiştir (Wikipedia, Oculus Rift S, 2021).
2019	Oculus VR	Oculus Quest VR gözlüğü geliştirilmiştir (Wikipedia, Oculus Quest, 2022).
2020	Facebook Technologies	Oculus Qeust 2 (yeni adıyla "Meta Quest-2") geliştirilmiştir (Wikipedia, Oculus Quest 2, 2022).

### 3.1.2. Sanal gerçekliğin kullanım alanları

Kullanım alanı oldukça geniş olan sanal gerçeklik aynı zamanda 3D tasarım, akıllı kontrol, desen algılama, görüntü işleme, bilgisayarlı görme, ağ vb. çok fazla yüksek teknoloji içermektedir. VR teknolojisi eğitim, mühendislik, mimari tasarım, ulaşım, askeri, tıp, eğlence gibi birçok sektörde kullanılmaktadır. Yapılmış olan uygulamaların içerik, arayüz, yazılım gibi kendine özgü özellikleri bulunmaktadır. Çalışmalarda kullanılan donanımlar da farklılık göstermektedir.

Sanal gerçeklik teknolojisinin etkin olarak kullanıldığı alanlardan birisi eğitimdir. Verilen eğitimi oyunlaştırdığından, öğrencilerin motivasyonlarını artırmakta ve derse daha yoğun katılımını sağlamaktadır. Böylelikle öğrenme ve eğlence süreçleri sanal gerçeklik aracılığı ile birbirini destekleyecek şekilde kullanılabilir. Ayrıca sanal gerçeklik, öğrencilerin aynı sanal ortamda bulunmasını da sağlamaktadır. Bu şekilde öğrenciler birlikte etkileşim içinde bulunmakta ve ortak çalışmalar yapabilmektedirler. Sanal gerçeklik teknolojisi, öğrencileri daha farklı öğrenme türlerini keşfetmelerine olanak sağlamaktadır. Bu keşifler ile öğrenciler, farklı öğrenme türlerine olan eğilimlerini de artırmaktadırlar. Kısacası sanal gerçeklik, öğrenmeyi geliştirmek, eğlenceli ve daha cazip hale getirmek için yeni bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır (Şimşek ve Can, 2019).

Sanal gerçeklik ile sanal ortamda şehirleri, binaları veya hayal gücü ile oluşturduğunuz bir yeri gezmek mümkün olmaktadır. Örneğin; Türkiye'deki SG teknolojisine sahip antik kent gezisi uygulaması ile Bergama'daki Zeus, Asklepios, Kızıl Avlu ve Athena tapınakları 3D olarak gezilebilmektedir. Ayrıca METAB ve Mersin Büyükşehir Belediyesi tarafından, Mersin ilini tanıtmak amaçlı, Tekno Mersin Projesi geliştirilmiştir. Bu proje ile Mersin, sanal ortamda gezilebilmektedir (Ekici ve Güven, 2017).

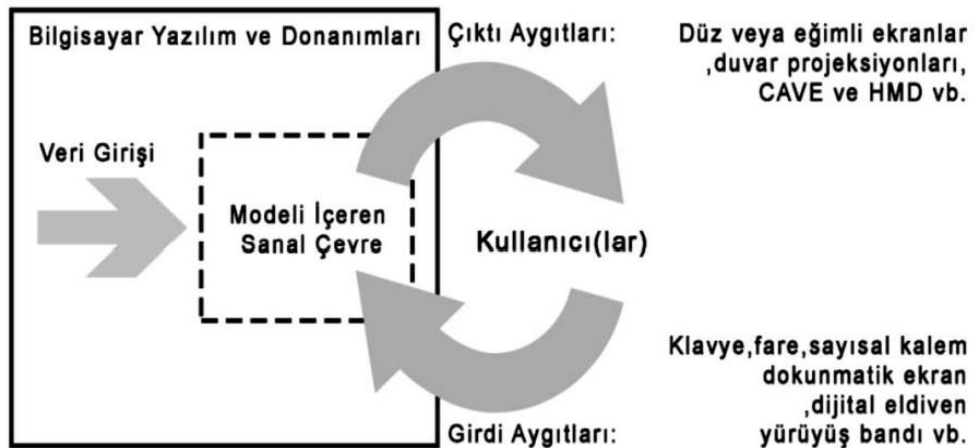
Dijital çağda bilgi akışı çok yoğun bir şekilde yaşanmaktadır. Bu durum haber sunumlarında farklılıkların aranmasına neden olmaktadır. Habercilik sektörü, sanal gerçeklik ile farklı arayışlar içerisine girmiştir. Habercilikte kullanılan SG ile izleyici, kendisini olayın içerisinde gibi düşünebilmekte ve olaya karşı empati oluşturmaktadır. Yani izleyici haberi sadece izlemekle kalmayacak, habere kendi duygu ve düşüncelerini de katabilecektir. Bu gazetecilik 'immersive gazetecilik' olarak adlandırılmaktadır. İmmersive, izleyiciyi olayın içine çekmeyi amaçlamak olarak tanımlanmaktadır (Çaba, 2018).

Sanal ameliyathaneler ile tıp öğrencilerine eğitim verilmesi, fizik tedavi hastalarının egzersizlerini daha doğru şekilde yaparak kısa sürede iyileşmelerinin sağlanması, online alışverişe farklı bir bakış açısı katarak insanların kendini alışverişte imiş gibi hissetmesi, sevdikleri otomobil markalarının sanal mağazalarında gezinerek araçları inceleyebilmesi vb. çok sayıda sanal gerçeklik uygulamasına örnek olarak verilebilmektedir.

### 3.1.3. Sanal gerçeklik teknolojisinde kullanılan donanımsal araçlar

Sanal gerçeklik, kişilerin bilgisayar ile oluşturmuş oldukları sanal dünyadır. Kişi ile yazılım arasındaki etkileşim, sanal dünyayı gerçeğe yaklaştırma adına önemli olmaktadır (Bayraktar ve Kaleli, 2007). SG teknolojisi, bir veya birden fazla duyu organına hitap edebilmektedir. Bunun sağlanabilmesi için insanlar kendilerini gerçek dünyadan soyutlayarak tamamen sanal dünyaya adapte olabilmeleri gerekmektedir (Dede, 2006). Sanal gerçeklik dünyası oluşturabilmek için Unity3D, Unreal Engine, Gamestudio, Quest3D, DX Studio, UNIGINE vb. oyun motoru ve yazılım platformları kullanılmaktadır. Günümüzde sanal gerçeklik için etkileyici yazılım ve donanım geliştirmek önemli hale gelmiştir (National Research Council, 1995).

İlk günlerinden itibaren sürekli gelişim gösteren sanal gerçeklik, diğer uygulama alanları için temel teknoloji olmuştur. Kullanılan donanımlar, oluşturulan sanal gerçeklik dünyasının geliştirilmesinde, tasarlanmasında ve uygulamaların belirlenmesinde önemlidir. Çünkü sanal gerçeklik teknolojisinin amacı, kullanıcıya gerçekçi bir dünya ortamı oluşturarak 3D nesnelere etkileşime girmesini sağlamaktır (Gutiérrez ve ark, 2008).



Şekil 3.3. Sanal Gerçeklik Teknolojisinin İşleyiş Şeması

Şekil 3.3'te sanal gerçeklik teknolojisinin işleyiş şeması gösterilmektedir. Girdi aygıtları: Klavye, mouse, dijital eldiven, yürüyüş bandı vb. ekipmanlardır. Girdi aygıtları aracılığı ile giriş verileri oluşturulabilmektedir.

Sanal gerçeklik sistemlerinde veri girişi, 3D modeller ve yapılan yazılımlardır. Yazılım ve 3D modeller olmadan sanal gerçeklik teknolojisi düşünülemez. Bu bağlamda, bilgisayar ortamında modellenen nesnelere ve çevreye entegre edilen yazılım ile etkileşim yüklenmektedir. Bu sayede kullanıcılar nesnelere etkileşime girerek, sanal dünyaya daha çabuk uyum sağlamaktadırlar.

Sanal gerçeklik sistemlerinin çıktı aygıtlarına örnek olarak ekranlar, CAVE, HMD'ler verilebilmektedir. Çıktı aygıtları sayesinde kullanıcılar kendilerini sanal dünyanın içinde bulmuş olurlardır.

Sanal gerçeklik teknolojisinde kullanılan donanımlar (Çevik, 2019):

**Görüntüleme Başlığı (HMD):** Başa takılan, görüntü gösterme birimidir. Günümüzde yaygın olarak kullanılan bu birim, üzerindeki LCD ekran ile modellenen sanal ortamda kullanıcının etkileşime girmesini sağlamaktadır (Şekil 3.4). Örnek olarak; Oculus Quest 1-2, Microsoft, Samsung VR, Valve, HTC Vive, Varjo vb. verilebilir.



Şekil 3.4. Görüntüleme Başlıkları

**Masaüstü sanal gerçeklik sistemleri:** Bilgisayar ve 3D sanal gerçeklik platformlarından oluşmaktadır (Şekil 3.5). Bu sistemler nesnelerin 2B (iki boyutlu) canlandırmaları ya da hareketli videolardan daha çok 3D gösterimlerde etkilidir.



Şekil 3.5. Masaüstü Sanal Gerçeklik Sistemleri

**BOOM (Binoküler Omni Oryantasyon Monitör):** Mekanik takip ve stereoskopik görüntüleme teknolojilerini birlikte kullanan karmaşık bir cihazdır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. BOOM

**Otomatik sanal ortam mağarası (CAVE):** Oda duvarlarına resim yansıtılmasıyla oluşturulan sanal ortamda, birden fazla kişi rahatlıkla gezinebilmektedir. CAVE, BOOM ve HMD'ye kıyasla daha geniş görüş açısına sahiptir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Sanal Ortam Odası- CAVE

**Veri eldiveni (Data glove):** Tasarlanan sanal gerçeklik ortamında etkileşimi sağlamak ve dokunma hissini oluşturmak amacıyla kullanılmaktadır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Data Glove

**3D fare ve manevra kolu:** Sanal dünyada gezinme ve etkileşimi sağlamaktadırlar. Üzerinde joystick ve düğmeler bulunmaktadır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. 3D Fare ve Manevra Kolu

### 3.2. Sanal Gerçeklik Sistemi

Sanal gerçeklik sistemleri, 3D gözlük, tasarlanan uygulamada etkileşimi sağlayan el kumandaları ve yüksek kapasiteli ekran kartı ve işlemcisi olan bilgisayardan oluşmaktadır. Simülasyonlar, 3D ve etkileşimli sistemler, 4B (4 boyutlu) bilgisayar tabanlı tasarım, sanal çevreler vb. sistemler VR ile örtüşen teknolojilerdir (White, 2002). Basit bir sanal gerçeklik sistemi, 3D görüntüler, ses ve el kumandaları veya bilgisayar klavyesini içermektedir. Oluşturulan sanal dünya içinde bulunma hissi veren eğlence ve eğitim sistemleri ise HMD başlık ve sanal dünyadaki gezintinin yapılmasını sağlayan yürüyüş bandı vb. içermektedir (Kalkan, 2020). Sanal gerçeklikte kullanıcılar, VR gözlük, el kumandaları, üzerinde sensörler bulunan kıyafetler gibi donanımlar yardımıyla oluşturulan 3D ortamlarla etkileşime girmektedirler. Sanal gerçeklik sistemlerini tamamen sürükleyici sistemler, yarı sürükleyici sistemler ve sürükleyici olmayan sistemler olmak üzere 3'e ayırmak mümkündür.

#### 3.2.1 Tamamen Sürükleyici Sistemler (Fully-Immersive Systems)

Tamamen sürükleyici VR sistemleri, kullanıcılara 3D sanal ortamları geniş görüş açısıyla sunmaktadır. Bir kişinin belirli bir anda görebileceği görüntünün derecelendirilmesi, görüş alanı olarak ifade edilmektedir (Sherman ve Craig, 2003).

Örneğin, bir insan yatay olarak ileriye bakarken 180 derece görüş alanına sahiptir. Tamamen sürükleyici sanal gerçeklik sistemine HMD veya kask örnek olarak gösterilebilmektedir (Melzer ve Moffitt, 1997). Şekil 3.10'da tamamen sürükleyici sanal gerçeklik sistemlerinin askeri eğitimde kullanılmasına ait görüntü bulunmaktadır.



Şekil 3.10. Tamamen Sürükleyici Sanal Gerçeklik Sistemi

### 3.2.2 Yarı Sürükleyici Sistemler (Semi-Immersive Systems)

Bu sistem, tamamen sürükleyici ve sürükleyici olmayan sistemlerin karışımı olarak belirtilmektedir. Bu, bilgisayar ekranı veya sanal gerçeklik gözlük ve el kumandası ile ilerleyebileceğiniz bir 3D alan veya sanal ortam olarak tanımlanabilmektedir. Büyük ekranlara görüntü yansıtılmaktadır. Burada sanal dünyaya dalma söz konusu değildir. Kısacası, kullanıcılar kendi uzuvlarını ve gerçek dünyayı deneyim sırasında görebilmektedirler. Sürüş veya pilot eğitimi vb. amaçlarla kullanılmaktadır (Şekil 3.11) (Topuz ve Özdener, 2018).



Şekil 3.11. Yarı Sürükleyici Sanal Gerçeklik Sistemi

### 3.2.3 Sürükleyici Olmayan Sistemler (Non-Immersive Systems)

Sürükleyici olmayan sanal gerçeklik sistemlerinde sanal dünyaya dalma özelliği hiç yok denilebilecek kadar az bulunmaktadır. Diğer sanal gerçeklik sistemlerine göre daha az maliyetleri bulunmaktadır (Topuz ve Özdener, 2018). Şekil 3.12’de sürükleyici olmayan sanal gerçeklik sistemine örnek gösterilmiştir. Burada hastanın fiziksel tedavisi için sanal gerçeklik sisteminden faydalanılmaktadır.



Şekil 3.12. Sürükleyici Olmayan Sanal Gerçeklik Sistemi

## 4. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada öncelikle gerekli 3D modeller Blender programında yapılmıştır. Yapılan modellerin “fbx” çıktıları Unity3D platformuna aktarılmıştır. Burada ilk olarak modellerin konumları ve boyutları ayarlanmıştır. Daha sonra VR entegrasyonuna geçilmiştir. Proje, XR Interaction Toolkit alt yapısı kullanılarak geliştirilmiştir.

Çalışmada, tasarlanan otomobil mağazasında gezinme, araç seçimi, renk değiştirme gibi etkileşimler bulunmaktadır.

### 4.1. Blender

3D tasarımda hangi programın kullanılacağına kişilerin tercihi ve çalışmanın ihtiyaçları doğrultusunda karar verilmektedir. Günümüzde 3DsMax, Maya, Blender, ZBrush, Cinema4D gibi birçok modelleme programı bulunmaktadır.

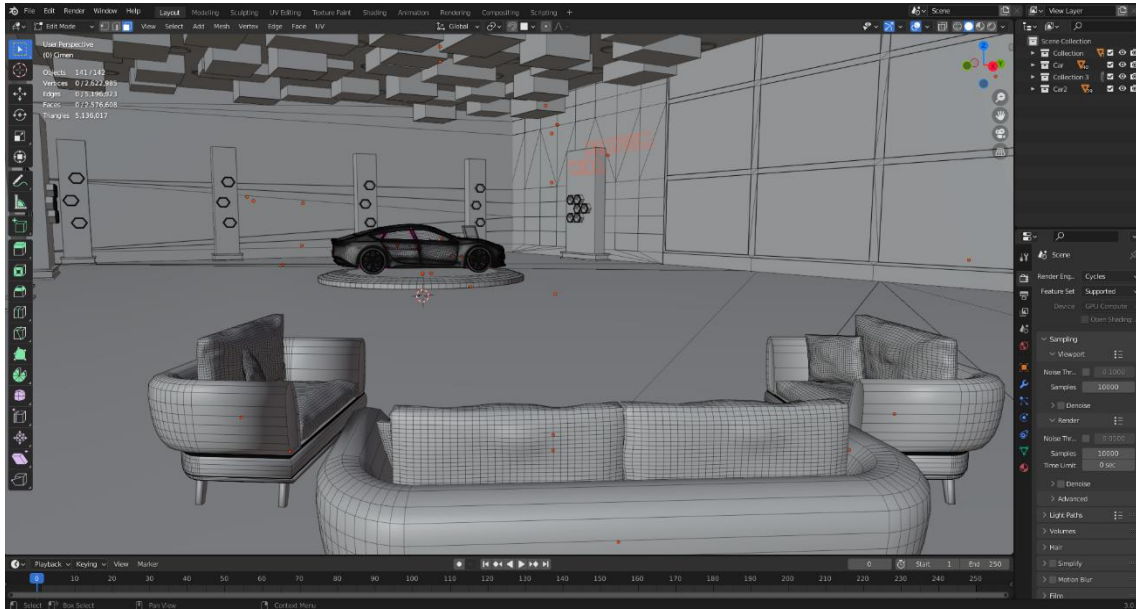
Blender, açık kaynaklı ve ücretsiz bir platformdur. 3D modelleme, animasyon, doku oluşturma gibi birçok özelliği bulunmaktadır. Program, 2002 yılında kurulan Blender Vakfı tarafından geliştirilmektedir. Üst düzey kullanıcılar tarafından geliştirilmeye devam eden programı, animatörlerden profesyonellere kadar herkes kullanabilmektedir (Akar, 2020).

Ücretsiz ve açık kaynak olması sebeplerinden dolayı bu tez çalışmasında sanal dünya ve gerekli 3D nesnelere Blender programı kullanılarak modellenmiştir. Sınırları olmayan VR’da sınırları olmayan tasarım yapmak mümkündür. Yer çekimi, maliyet, dayanıklılık gibi gerçek dünyada büyük öneme sahip faktörlerin hiç biri sanal dünyada önemli değildir. Hayal edilen ve tasarlanan her şey sanal dünyada kullanılabilir. Sınırları olmayan sanal dünyanın yazılım ve donanımsal olarak yeterli olması, gerçeklik hissi yaşatması diğer önemli unsurlardır. Kullanıcılara gerçeklik hissi yaşatmak için çalışmanın tasarımında gerçek dünyadan esinlenilmiştir.

Blender programında, nokta (vertex), kenar (edge) ve yüzey (face) bileşenleri kullanılarak modelleme yapılmıştır. Bu bileşenler poligon olarak adlandırılmaktadır ve poligon sayısının az olması sistem açısından önemlidir. Otomobil mağazası için iç ve dış alanı güzelleştirmek adına farklı nesnelere de modellenmiştir. Bu çizimler kullanıcıların kendini gerçek bir mağazada bulunduğu hissini vermek amacıyla yapılmıştır.

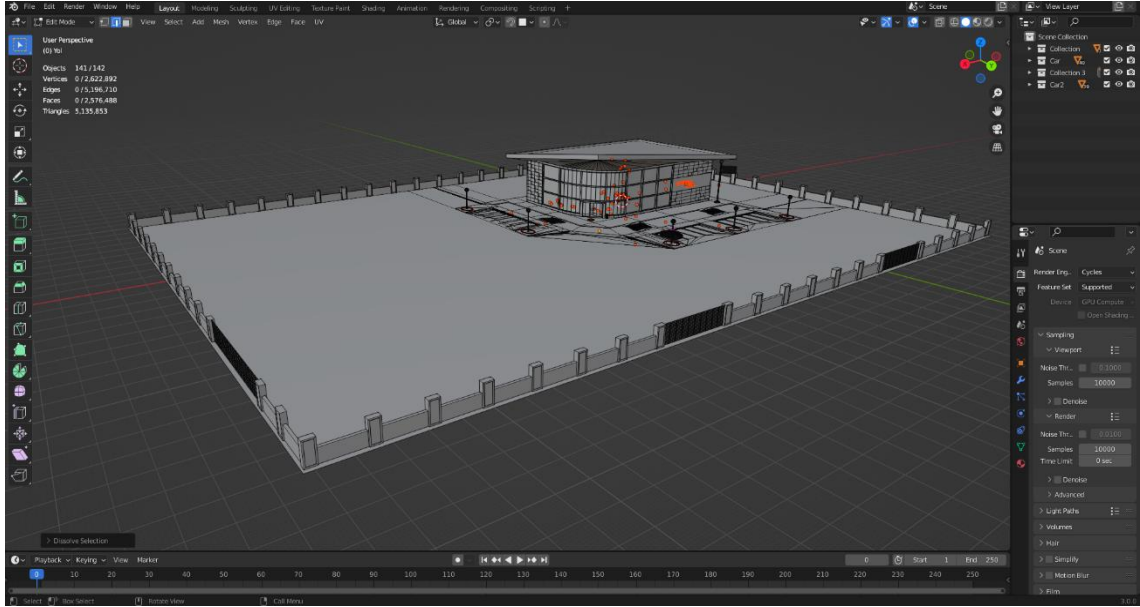
Otomobil mağazasının iç mekânında araç, sahne, koltuk, saksı, bilgi ekranı ve çeşitli ışıklandırmalar bulunmaktadır. Mağaza modeli hayali olsa da gerçeklikten

uzaklaşmamak amaçlanmıştır. Kullanıcılar araçları incelemek, bahçe ve mağazada gezmek, koltuğa oturup etrafı izlemek gibi gerçek hayat aktivitelerini VR'da da gerçekleştirebilmektedirler. Şekil 4.1'de otomobil mağazasına ait iç mekân çiziminden örnek verilmiştir. Burada sahnenin Solid Mod görünümünden faydalanılmıştır.



Şekil 4.1. Otomobil Mağazasını İç Mekân Çizimi

Dış mekânda ise araç, otopark, kaldırım, çimen ve sokak lambaları bulunmaktadır. Ayrıca kullanıcıların mağaza bahçesinden çıkmamaları için duvar da modellenmiştir. Şekil 4.2'de otomobil mağazasına ait dış mekân çiziminin Solid Mod görüntüsü bulunmaktadır.



Şekil 4.2. Otomobil Mağazasını Dış Mekân Çizimi

Blender programında sadece 3D modelleme yapılmamıştır. Modellenen nesnelere materyal ve texture (doku) atama işlemleri de bu program ile yapılmıştır. Bazı nesnelere renk materyali yeterli olurken bazılarında texture kullanılmıştır. Texture kullanılmasının nedeni gerçekçiliği artırmaktır.

Çalışmada kullanılan texture (dokular) Color Map, Ambient Occulusion, Normal Map, Displacement (Height Map) kanallarından oluşmaktadır.

Color Map: Nesneye renk vermek amacıyla kullanılmaktadır

Ambient Occulusion: Kullanılan doku üzerindeki leke detaylarını objeye aktarmak amacıyla kullanılmaktadır.

Normal Map: Dokuda bulunan girinti ve çıkıntılar gölgelendirilerek nesneye aktarılmaktadır. Bu kanal ile gerçekçi görüntü elde edilmeye başlanmış olmaktadır.

Displacement (Height Map): Dokunun 3D görünmesini sağlamak amacıyla kullanılmaktadır.

Kullanılan texture kanalları nesnelere üç boyut hissi kazandırırken, poligon sayısının az olmasını da sağlamaktadır. Örneğin; kaldırım taşlarını ya da zeminde küçük taşları 3D olarak modellemek poligon sayısının artmasına dolayısıyla sistemin zorlanmasına yol açmaktadır. Bu nedenle kaldırım ve zemin nesnelere texture materyal kullanılmıştır.

Kullanılan materyallerde ise yansıma, parlaklık, opaklık vb. ayarlar, nesnelere özelliklerine uygun olacak şekilde seçilmiştir.

Şekil 4.3'te yapılan 3D çalışma materyal ve dokuları atanmış olarak görülmektedir. Blender'da materyalleri görebilmek için Material Mod görünümü kullanılmıştır.



Şekil 4.3. Materyal ve Dokular

Şekil 4.4'de ise yerde kullanılan çakıl taşı materyalinin kullanılan kanallar aracılığı ile gerçekçi görüntü oluşturduğu görülmektedir.



Şekil 4.4. Gerçekçi Materyal Görüntüsü

Şekil 4.5'te mağazanın iç mekanına ait renklendirilmiş resim bulunmaktadır. Mağaza iç mekanının renklendirilmesi aşamasında; renk, texture ve emisyon türü materyaller kullanılmıştır. Koltuklarda kumaş hissi oluşturabilmek için texture, ışıklandırmada emisyon ve diğer yüzeylerde renk materyali kullanılmıştır.

Emisyon materyal nesnelerin yüzeylerinde parlaklık oluşturmaktadır. Blender programındaki ışık objeleri Unity 3D oyun motoruna aktarılamamaktadır. Bu nedenle ışıklandırma işlemi için emisyon materyal kullanılmıştır. Unity 3D'de tasarlanan modellerin ışıklandırılmasının yetersiz olduğu düşünülürse, ek olarak ışık koyma işlemi mümkündür.



Şekil 4.5. Mağazanın Renklendirilmiş İç Mekânı

Şekil 4.6'da ise mağazanın iç mekân ışıklandırmasına ait görsel bulunmaktadır. Bu resim Blender programında "Render" alınarak elde edilmiştir. Görüntü kalitesini artırmak için Render değerini yükseltmek gerekmektedir. Işıklandırmalar, camların yansımaları, materyallerin parlaklık değerleri gibi noktalar Render resimlerinde daha net olarak görülmektedir. Çalışma ile ilgili diğer görseller Blender ara yüzünü göstermek amacıyla bilgisayar ekran görüntüsü alınarak oluşturulmuştur.

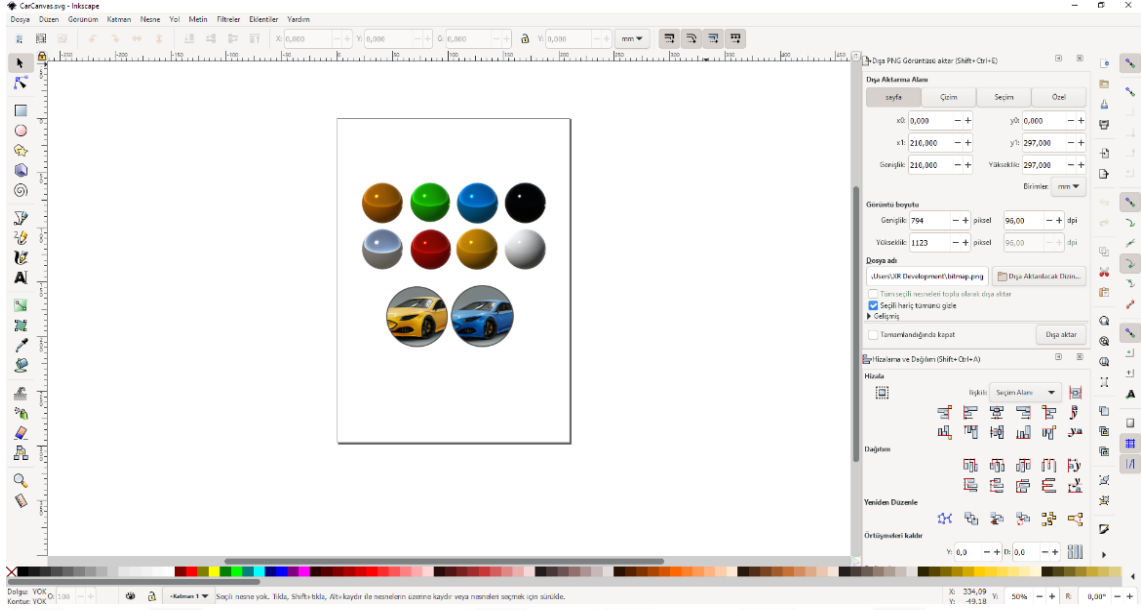


Şekil 4.6. Mağazanın İç Mekân Işıklandırması

## 4.2. Inkscape

2003 yılından beri geliştirilmekte olan Inkscape; grafik, düzenleme ve tasarlama programıdır. Bu program ile illüstrasyonlar, logolar, çizelgeler vb. birçok karmaşık grafik işlemleri yapılabilmektedir. Blender gibi Inkscape' de kullanıcılara ücretsiz ve açık kaynak olarak sunulmuştur (Anonim).

Çalışmada Inkscape programı kullanılarak kullanıcı arayüzü tasarlanmıştır. Unity3D programında kullanılan Canvas, VR ile etkileşime girme konusunda önemlidir. Buton, yazı, resim vb. öğeleri sisteme eklemek için Canvas kullanılmaktadır. Şekil 4.7'de, kullanılan arayüz butonları gösterilmektedir.



Şekil 4.7. Inkscape Programında Tasarlanan Kullanıcı Arayüzü

Yapılan çalışmada kullanıcılar, öncelikle otomobil daha sonra renk seçme, seçilen otomobil ile ilgili bilgi okuma işlemleri yapabileceklerdir. Böylelikle araçların farklı renkte nasıl görüldüğünü görebilecek, araç ile ilgili bilgi edineceklerdir. Şekil 4.8’de Unity3D platformunda kullanılan Canvas gösterilmektedir. Burada 8’i renk butonu olmak üzere 10 adet buton kullanılmıştır. Bilgi ekranını açan “i” ve menüden çıkışı sağlayan “x” butonları da bulunmaktadır.



Şekil 4.8. Unity3D Platformunda Kullanılan Canvas

### 4.3. Unity3D Oyun Motoru

Unity3D, Unity Technologies tarafından geliştirilen, konsollar, mobil cihazlar ve bilgisayarlar için simülasyon ve video oyunları oluşturmakta kullanılan bir oyun motorudur (Wikipedia, 2021). 3D animasyon ve etkileşimli içerikleri ile oldukça üretici bir platformdur. Unity3D’de kodlamaya başlanmadan önce tasarım ve analiz yapılması gerekmektedir. Nesne, üzerine eklenen script’e göre davranış sergilemektedir. Bu nedenle Script kod yazımı önemlidir. Unity editörü, oyun projesi geliştirmek amacıyla kullanılan arayüzdür. Unity3D’nin en önemli özelliklerinden biri farklı platformlara (Mac, PC, iOS, Web, Android, Xbox vb.) uyumlu olmasıdır. Böylelikle bilgisayar için geliştirilmiş olan bir çalışma, diğer platformlarda da tek tıklamayla çalışabilmektedir. Oyun motorlarında kod ve grafik ayrı çalışırken Unity3D, kod ve grafikleri birlikte çalıştırmaktadır. Bu çalışma mantığı sayesinde uygulama geliştirme süresi kısaltılmaktadır (Boyras ve Kırıcı, 2019).

Kişisel kullanımlarda ücretsiz olan Unity3D ve C# yazılım dili bu tez çalışmasında birlikte kullanılmıştır.

Blender ile modellenen 3D nesnelerin “fbx” formatında çıktısı alınarak Unity3D platformunda kullanımı sağlanmıştır. Şekil 4.9’da Unity3D oyun motorunun arayüzü ve buraya aktarılan sanal gerçeklik mağazasının iç mekân görüntüsü gösterilmektedir.



Şekil 4.9. Unity3D Platformunda Otomobil Mağazasının İç Mekân Görüntüsü

Yapılan çalışmanın dış mekânına ait görüntü Şekil 4.10’da gösterilmektedir. Kullanıcıların simülasyon sınırları dışına çıkmasını ve nesnelerin içinden geçmesini engellemek amacıyla “Box Collider” kullanılmıştır. Box Collider kısaca engel olarak tanımlanabilmektedir. Örneğin, bahçe duvarlarına Box Collider uygulanmazsa kullanıcılar duvarın diğer tarafına geçerek boşluğa düşmektedirler. Boşluğa düşen yani simülasyondan çıkan kullanıcılar tekrar giriş yapmak durumunda kalmaktadırlar.



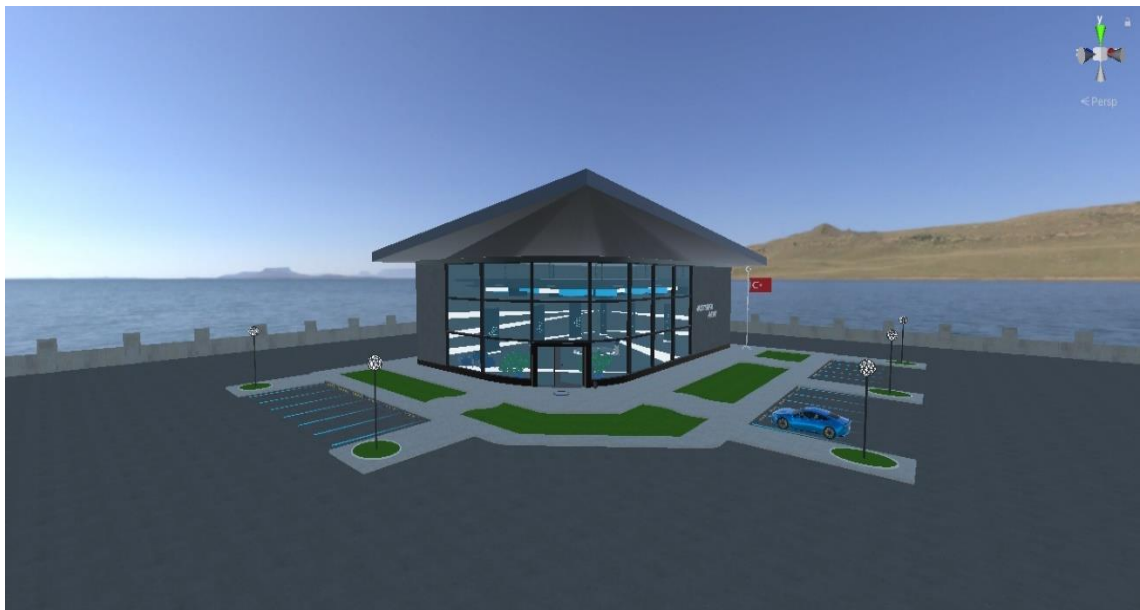
Şekil 4.10. Unity3D Platformunda Otomobil Mağazasının Dış Mekân Görüntüsü

Unity3D kullanıcılara, nesnelere materyal ve texture atama kolaylığı sağlamaktadır. Şekil 4.11’de de görüldüğü gibi Blender programında kullanılan çakıl taşı materyali, Unity3D platformunda değiştirilmiştir. Nesnelere Blender platformunda renklendirmeyip bu işlem tamamen Unity3D’de yapabilmek mümkündür.



**Şekil 4.11.** Unity3D Platformunda Materyal

VR’da tasarlanan ortam ve gökyüzü kullanıcılara gerçeklik hissi yaşatma konusunda önemlidir. Unity3D’de skybox özelliğini kullanarak farklı gökyüzü görüntüleri oluşturabilmek mümkündür. Skybox oluşturmanın bir diğer yolu da HDRI resimleridir. HDRI resimler 360 derece görüş sağlamaktadırlar. Bu sayede tasarlanan ortamın dış çevresi için modelleme yapmaya gerek kalmamaktadır. Çünkü bu tarz çevre modelleri poligon sayısını artırmaktadır. Şekil 4.12’de mağazanın dışında bulunan deniz, dağ ve gökyüzü bir HDRI görüntüsüdür.



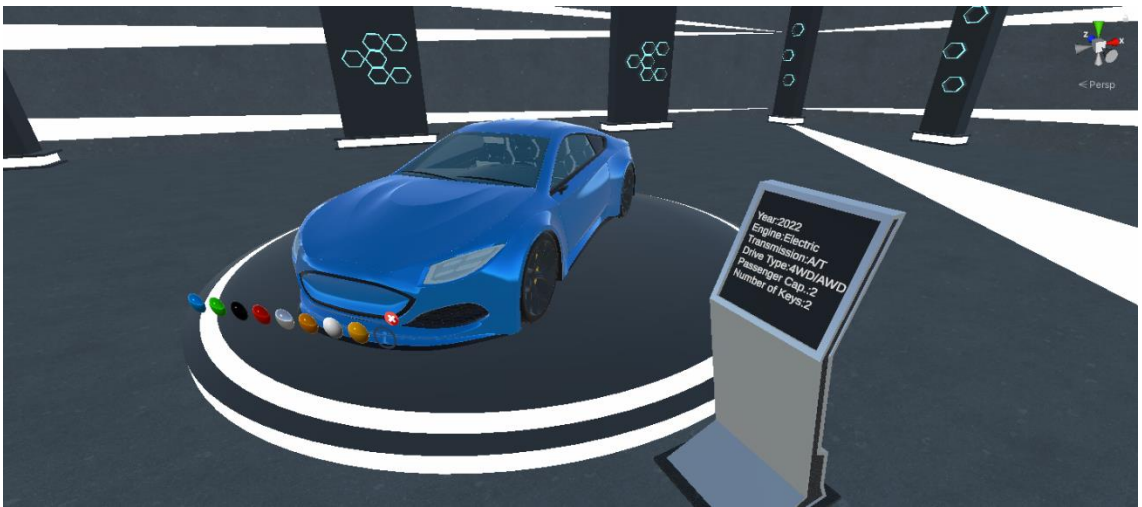
**Şekil 4.12.** HDRI Görüntüsü-1

Şekil 4.13'te mağazanın iç mekânından görüntü bulunmaktadır. Camlardan dışarıya bakıldığında HDRI resminin gerçekçiliği görülmektedir.



Şekil 4.13. HDRI Görüntüsü-2

Şekil 4.14'te ise Unity3D platformunda bulunan ve kullanıcıların etkileşime girmelerini sağlayacak olan “Canvas” yapısı ve bilgi ekranı gösterilmektedir. Canvas sayesinde kullanıcılar araç modeli seçme, renk değiştirme ve bilgi okuma işlemlerini yapabilmektedirler.



Şekil 4.14. Unity3D Platformunda Uygulama İçin Kullanılan Canvas

```

Assembly-CSharp | ColorPicker
1  using UnityEngine;
   ④ Unity Betiği | 0 başvuru
2  public class ColorPicker : MonoBehaviour
3  {
4      //Materyal dizisi oluşturma
5      //Materyal değişkeni oluşturma
6      //Renderer değişkeni oluşturma
   ④ Unity İletisi | 0 başvuru
7  void Ştart() {
8      //GetComponent komutu ile Renderer bileşenini yakalama
9  }
   0 başvuru
10 public void BlueColor(){
11     //0.indeksi Renderer'e atama
12     //Renderer'ı Materyal'e atama
13 }
   0 başvuru
14 public void GreenColor(){
15     //1.indeksi Renderer'e atama
16     //Renderer'ı Materyal'e atama
17 }
   0 başvuru
18 public void BlackColor(){
19     //2.indeksi Renderer'e atama
20     //Renderer'ı Materyal'e atama
21 }
   0 başvuru
22 public void RedColor(){
23     //3.indeksi Renderer'e atama
24     //Renderer'ı Materyal'e atama
25 }
   0 başvuru
26 public void GreyColor(){
27     //4.indeksi Renderer'e atama
28     //Renderer'ı Materyal'e atama
29 }
   0 başvuru
30 public void OrangeColor(){
31     //5.indeksi Renderer'e atama
32     //Renderer'ı Materyal'e atama
33 }
   0 başvuru
34 public void WhiteColor(){
35     //6.indeksi Renderer'e atama
36     //Renderer'ı Materyal'e atama
37 }
   0 başvuru
38 public void YellowColor(){
39     //7.indeksi Renderer'e atama
40     //Renderer'ı Materyal'e atama
41 }
42 }
43

```

Şekil 4.15. Araç Renk Değişimi Kodları

Şekil 4.15'te araç renk değişim Script'inin Pseudo Code'u verilmiştir. Pseudo Code kısaca, bir kodun herkesin anlayabileceği, günlük konuşma dilini andıran ifadelerle yazılması olarak tanımlanmaktadır. Unity3D ortamında oluşturulan Script dosyası "ColorPicker" olarak adlandırılmıştır. Başlangıçta dizi ve değişkenler tanımlanmıştır. Dizi elemanları dışarıdan erişim ile istenilen sayıda oluşturulabilmektedir. 8 renk olarak oluşturulan ara yüz, istenilen sayıdaki renklerle oluşturulmaya açık bırakılmıştır. Bu yazılım SOLID prensiplerine göre geliştirilmiştir.

SOLID prensibi, Nesne Yönelimli Programlama (OOP) ile geliştirilen yazılımın, geliştirilmeye uygun ve esnek yapıda olması için gerekli olan kurallar olarak tanımlanmaktadır. Bu prensip doğrultusunda geliştirilen uygulamalar kesinlikle karmaşık olmayacaktır (Kürekçi, 2021). SOLID prensibi 5 farklı prensipten oluşmaktadır;

1. Single Responsibility Principle (Tek Sorumluluk Prensibi)
2. Open/Closed Principle (Açık/Kapalı Prensip)
3. Liskov Substitution Principle (Yerine Geçme Prensibi)
4. Interface Segregation Principle (Ara yüz Ayırım Prensibi)
5. Dependency Inversion Principle (Bağımlılığın Ters Çevrilmesi Prensibi)

İkinci prensip olan Open/Closed prensibine göre yazılımı gelişime açık bırakılmıştır. Her bir renk için ayrı fonksiyon kullanılmıştır. Her fonksiyona bir görev verilmiştir. Böylelikle SOLID prensiplerinin ilk prensibi olan tek sorumluluk prensibi yerine getirilmiştir. Butonlara bu Script kodları yüklenerek, ilgili butonlara gerekli fonksiyon atamaları yapılmıştır.

Şekil 4.16'da araç seçim Script'inin Pseudo Code'u verilmiştir. Farklı araç seçimlerinde çakışmaları önlemek için CarControlManager Script dosyası oluşturulmuştur. Burada seçilen araç ile ilgili dosyalar ekrana gelmekte, diğer araç bilgileri ekrandan silinmektedir. Böylelikle farklı araba bilgilerinin çakışması önlenmiştir.

```

Assembly-CSharp CarControlManager
1  using UnityEngine;
2
3  public class CarControlManager : MonoBehaviour
4  {
5      //1. arabanın GameObject değişkeni
6      //2. arabanın GameObject değişkeni
7      public void TwoDoorCarSystem()
8      {
9          //1. araba görünüm aktif
10         //2. araba görünüm pasif
11     }
12     public void FourDoorCarSystem()
13     {
14         //2. araba görünüm aktif
15         //1. araba görünüm pasif
16     }
17 }

```

şekil 4.16. Araç seçim kodları

#### 4.4. Oculus Quest-2

Oculus Quest-2, Oculus VR tarafından geliştirilen başa takılan bir VR cihazıdır. 2019 yılında piyasaya sürülen bu cihaz, bilgisayara bağlı veya bilgisayardan bağımsız çalışabilmektedir (Wikipedia, Oculus Quest 2, 2022). Gz lğn kullanıcının etkileşime girmesini sağlayan 2 adet kumandası bulunmaktadır. Kullanıcılar bu kumandalar ile yürüme, ışınlanarak gezinme, butonlara tıklama, nesnelere tutma gibi görevleri yapabilmektedirler. şekil 4.17’de Oculus Quest-2’ye ait görüntü bulunmaktadır.



şekil 4.17. Oculus Quest-2

Tasarlanan ve oyun motorunda geliştirilen tez çalışması, Oculus Quest-2 sanal gerçeklik gözlüğü ile test edilmiştir.

Oculus Quest-2'yi bilgisayara bağladıktan sonra donanımsal olarak gerekli ayarlamalar yapılmaktadır. Uygulamaya geçmeden önce kumandalar ile zemin algılama ve güvenli alan oluşturma işlemlerinin yapılması gerekmektedir. VR gözlüğe zemin algılatmanın amacı, simülasyonda kendimizi havada veya yerde gibi hissetmemizin önüne geçmektir. Zemin algılaması işlemi ile simülasyona girdiğimizde ayakta dururken, yerden kendi boyumuz seviyesindeki yükseklikte olmamız sağlanır. Bu entegrasyon ile koltuğa oturduğumuzda gerçek hayattaki gibi yerden yüksekliğimiz azalacaktır. Güvenli alan ise gözlük başımızda iken gerçek dünyada bulunan etrafımızdaki nesnelere çarpmamızı önlemek amacıyla oluşturulmaktadır. Güvenli alan içinde bulunduğumuz sürece sadece sanal dünyadaki görüntü görülmektedir. Eğer kullanıcı güvenli alan sınırları dışına çıkarsa, gözlük üzerinde bulunan kameralar sayesinde gerçek dünyayı görmeye başlayacaktır. Böylelikle herhangi bir yere çarpma riski ortadan kalkmış olacaktır.

El kumadaları etkileşim için gerekli cihazlardır. Yapılan tez çalışmasında, el kumandası üzerindeki joystick ile sağa sola dönme, ileri ışınlanma etkileşiminde bulunulabilmektedir. Kumanda arkasında bulunan tetikleyici ile Canvas arayüzündeki butonlar kullanılabilir.

## 5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, sanal gerçeklik teknolojisi kullanılarak otomobil sektörü için geliştirilen uygulama sunulmuştur.

Sanal gerçeklik teknolojisi kullanıcıların kendini gerçek dünyada gibi hissetmesini sağlayarak etkileşimde bulunabildikleri eğlenceli bir teknolojidir. Yapılan bu çalışma ile kullanıcılara gerçekçi bir dünya deneyimi yaşatılmıştır.

Sanal gerçeklik teknolojisi ile uygulaması yapılmış olan çalışmada aşağıdaki adımlar gerçekleştirilmiştir:

- Blender platformunda 3D modelleme yapılması
- .fbx uzantılı 3D modellerin Unity3D platformuna aktarılması
- Unity3D platformu ile uygulamanın geliştirilmesi
- VR gözlüğün bilgisayardan bağımsız çalışması için APK oluşturulması



Şekil 5.1. Geliştirilen VR Uygulamasının Ayakta Kullanılması

Şekil 5.1’de yapılan sanal gerçeklik uygulamasının kullanıcı ayakta dururken hangi yükseklikte simülasyonda olduğuna dair görüntüler bulunmaktadır.



Şekil 5.2. Geliştirilen VR Uygulamasının Otururken Kullanılması-1



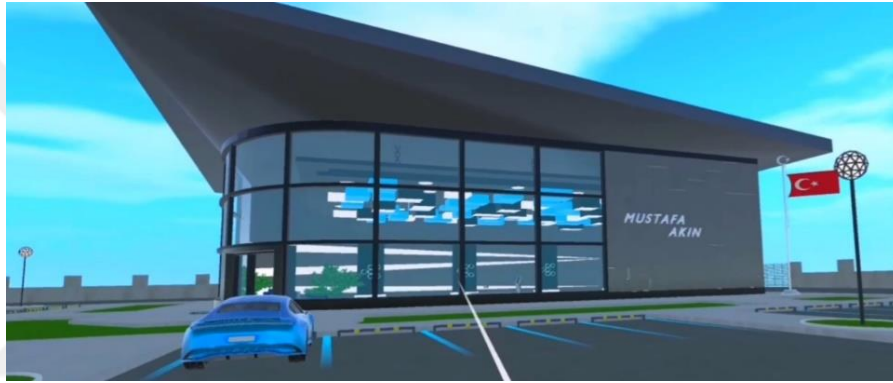
Şekil 5.3. Geliştirilen VR Uygulamasının Otururken Kullanılması-2

Şekil 5.2 ve Şekil 5.3'te yapılan sanal gerçeklik uygulamasının kullanıcı otururken hangi yükseklikte simülasyonda olduğuna dair görüntüler bulunmaktadır. Gerçek hayattaki eğilme-doğrulma gibi hareketlerimiz sanal dünyada da bulunmaktadır.

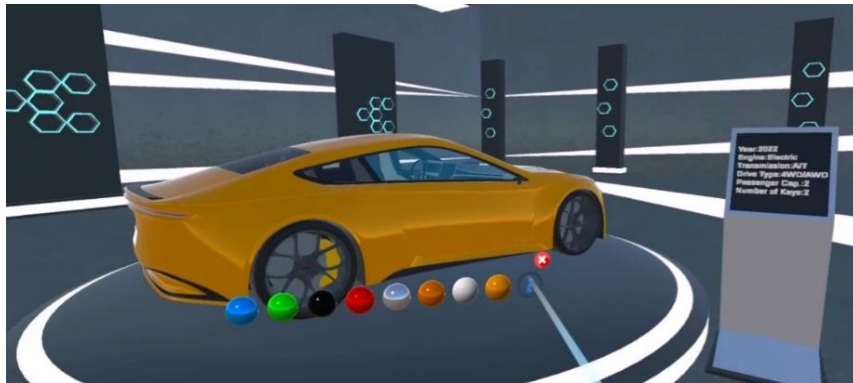
Örneğin, simülasyonda aracın camına doğru eğilerek iç tasarım görülebilmektedir. Bu gibi özellikler kişilerin sanal dünyaya daha kolay adapte olmasını sağlamakta ve sanal dünyanın gerçekçiliğini artırmaktadır.

Verilen görüntüler karşılaştırıldığında Oculus Quest-2'yi kullanmadan önce yapılan zemin algılama işleminin önemi görülmektedir. Algılanan zemine göre yükseklik değişmektedir. Böylelikle kullanıcılar sanal dünyayı daha gerçekçi görmektedirler.

Sanal el olarak tabir edebileceğimiz kumandalar ile etkileşime geçilmektedir. Şekil 5.3'te kumandalar ile otomobil renginin değiştirildiği görülmektedir. Ellerin sanal görünümü olan ışınlar sayesinde etkileşim sağlanmaktadır. Otomobilin yanında bulunan bilgi ekranı ise seçilen araca ait bilgileri göstermektedir.



Şekil 5.4. VR Gözlüğü ile Uygulama-1



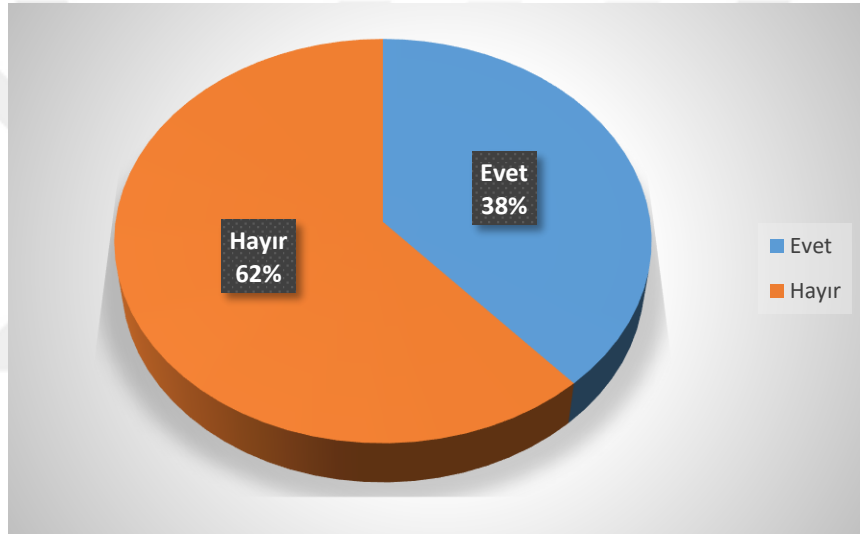
Şekil 5.5. VR Gözlüğü ile Uygulama-2

Sanal gerçeklik gözlüğü ile simülasyonda gezinirken ekran kaydı almak mümkündür. Şekil 5.4 ve Şekil 5.5'te VR gözlüğünden alınan ekran kaydına ait görseller bulunmaktadır. Simülasyon mağazanın bahçesinde başlamaktadır (Şekil 5.4). Kişiler kumandalar sayesinde bahçe ve mağazada istedikleri gibi gezerek, yazılımsal olarak

yapılmış etkileşimlerde bulunabilmektedirler. Mağazada 2 tane otomobil modeli ve 8 adet renk butonu bulunmaktadır. Kullanıcılar VR ekipmanları aracılığı ile otomobil seçme, seçilen otomobilin rengini değiştirme ve bilgi ekranından seçilen otomobile ait özelliklerin okunması etkileşimlerini gerçekleştirebilmektedirler.

Yapılan çalışma Oculus Quest-2 cihazı kullanılarak farklı kişiler tarafından test edilmiştir. 20-40 yaş aralığında bulunan 26 kişi bu teste katılmıştır. Katılımcılara ilk olarak daha önce VR deneyimi yaşayıp yaşamadıkları sorulmuş ve geliştirilen uygulamayı test etmeleri sağlanmıştır. Grafik 5.1’de alınan cevaplara ilişkin veriler bulunmaktadır.

**Grafik 5.1.** “Daha önce VR deneyimi yaşadınız mı?” Sorusuna Verilen Cevaplar

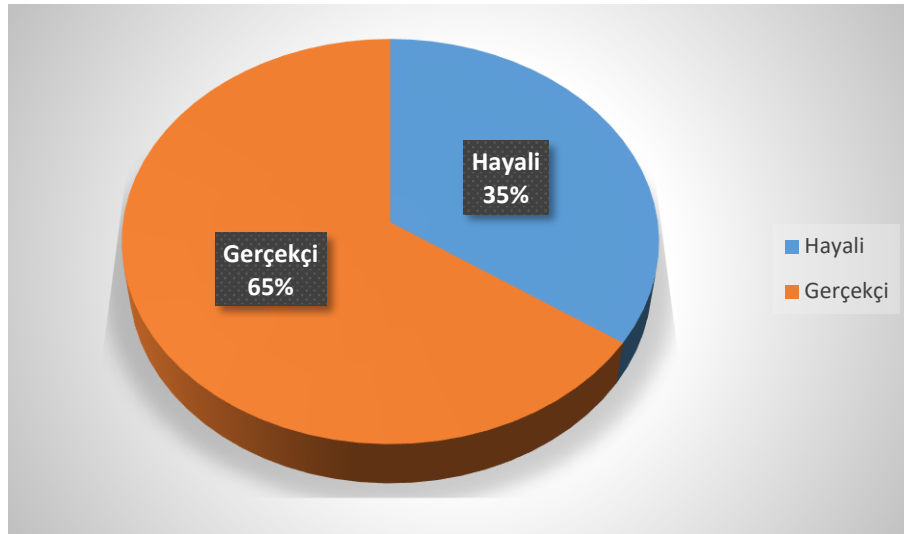


Ek olarak katılımcılara şu sorular da sorulmuştur;

- VR’da tasarım hayali mi olmalı yoksa gerçekçi mi olmalı?
- VR uygulamalarını ne sıklıkta kullanmayı düşünürsünüz?

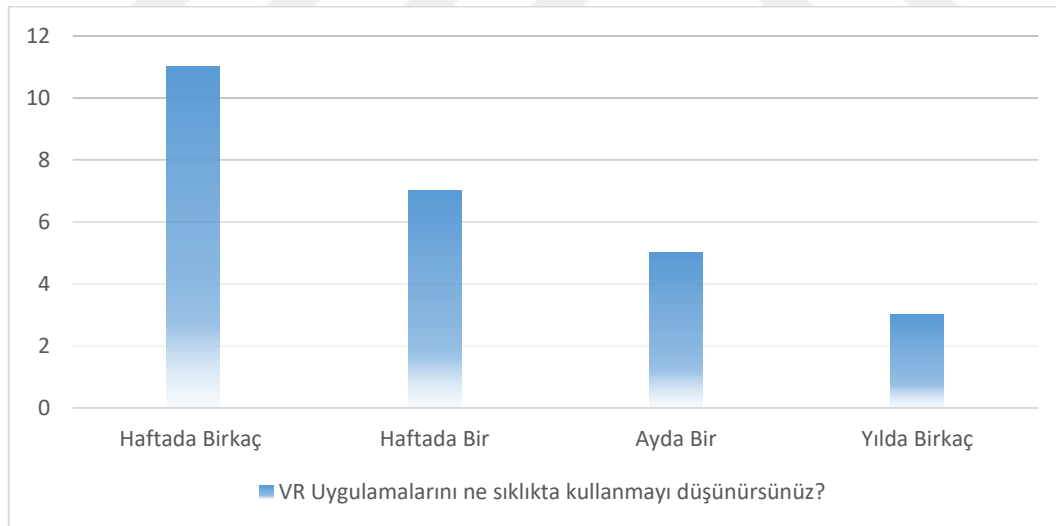
Sorulan sorular ile katılımcıların VR uygulamaları ile ilgili düşünceleri öğrenilmiştir. Bu verilerin başka çalışmalara da katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

**Grafik 5.2.** “VR’da tasarımın nasıl olmasını isterdiniz?” Sorusuna Verilen Cevaplar



Grafik 5.2’ de kullanıcılara sorulan “VR’da tasarımın nasıl olmasını istediniz?” sorusuna alınan cevapların oranları gösterilmektedir. Çoğunluk gerçekçi bir tasarım istese de %35’lik kısmın hayali tasarımdan yana olduğu görülmektedir.

**Grafik 5.3.** “VR uygulamalarını ne sıklıkla kullanmayı düşünürsünüz?” Sorusuna Verilen Cevaplar

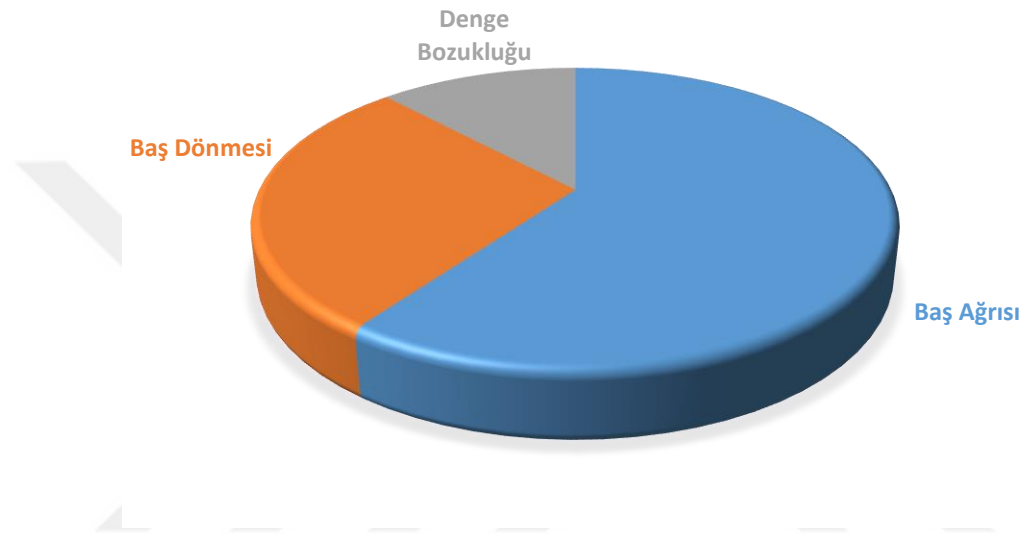


Grafik 5.3’e bakıldığında katılımcıların VR uygulamalarını ne sıklıkta kullanmayı düşündükleri görülmektedir. Katılımcıların birçoğu haftada birkaç kez kullanacağını düşünürken, yılda birkaç kez yani çok az kullanacağını belirten kişilerde olmuştur.

VR uygulamasında yürüme eylemi, ışınlanma veya sürüklenme olarak gerçekleştirilebilmektedir. Kumanda üzerinde bulunan joystick ile yürüme işlemi yapılmaktadır. Kullanıcılar ışınlanma ve sürüklenerek yürüme konusunda farklı

tutumlarında bulunmuşlardır. Kullanıcıların her iki yürüme eylemi sonrasında yaşadıkları olumsuzluklar Grafik 5.4'te gösterilmektedir. Bazı kullanıcılar sürüklenerek yürüme işlemi sırasında baş ağrısı yaşadıklarını, bazıları ise kendilerini normal hissettiklerini belirtmişlerdir. Bu nedenle sürüklenerek yürüme yani gerçek hayattaki yürüme eylemini isteyen kişilerin kullanabilmeleri için aktif hale getirmeleri gerekmektedir. Bunun için simülasyon başlangıcında “yürümeyi aktif et” butonu bulunmaktadır.

**Grafik 5.4.** Sürüklenme ile Yürümede Yaşanan Olumsuz Durumlar



Kullanıcılar uzun süreli VR gözlük kullanımında göz ağrısı, gözlerin sulanması gibi sorunlar da yaşamışlardır. Ayrıca VR gözlüğün başa takılma süresiyle orantılı olarak göz çevresinde kızarıklık oluşmasına neden olduğu da gözlemlenmiştir. Tüm olumsuzluklara rağmen kullanıcılar VR uygulamasının farklı bir deneyim olduğunu ve eğlendiklerini belirtmişlerdir.

Sonuç olarak yapılan çalışma kullanıcılar tarafından faydalı ve eğlenceli bulunmuştur. Sanal gerçeklik teknolojisi sayesinde pandemi, olumsuz hava koşulları veya uzaklık vb. nedenlerle kişiler gidemedikleri showroamlara kolaylıkla gidebilecektir.

## 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

### 6.1 Sonuçlar

Yapılan çalışma VR gözlük bilgisayara bağlı ve bilgisayardan bağımsız olarak test edilmiştir. Uygulamanın her iki türlü de sorunsuz olarak çalıştığı gözlemlenmiştir. Sonuç olarak; kullanıcılar Oculus Quest-2 ve kontrolcü ile mağazayı rahatlıkla gezebilmektedirler. Bu mağazayı oluştururken aşağıdaki adımlar gerçekleştirilmiştir.

1. Başlık olarak Oculus Quest-2 ve kontrolcülerini kullanılmıştır.
2. Android işletim sistemi tabanlı geliştirme yapılmıştır.
3. Blender ile istenilen ortam modellenmiştir.
4. Unity3D platformu üzerinde VR desteği olan bir proje geliştirilmiştir.

Unity3D platformunda geliştirilen uygulamanın kullanımında takip edilmesi gereken adımlar:

1. Uygulama dosyasının VR gözlüğüne yüklenmesi
2. VR gözlüğün başa takılarak güvenli alan oluşturulması
3. Uygulamanın gözlük içinde açılarak kullanılması

Geliştirilen uygulamada VR teknolojisinin kullanılması, oluşturulan otomobil mağazasını daha gerçekçi kılmıştır. 3D nesnelere kullanılan materyal ve dokular da sisteme gerçekçilik kazandıran diğer unsurlardır.

Yapılan tez çalışması sonuç olarak faydalı ve eğlenceli bulunmuştur. Baş ağrısı, göz ağrısı, baş dönmesi vb. sorunlar yaşansa da katılımcılar VR dünyasının kendileri için farklı bir deneyim olduğunu belirtmişlerdir.

### 6.2 Öneriler

Bu tez çalışmasında kullanıcıların otomobil mağazasında gezmesi, araç rengi ve araç çeşidi seçmesi, bilgi okumasını sağlamak amaçlanmıştır.

Çalışma, farklı özellikler eklenerek geliştirilebilir:

- Sisteme daha fazla araç yüklenerek çeşitliliğin artması sağlanabilir.
- Renk çeşitliliğinin yanı sıra far, jant, çamurluk vb. nesnelere farklı modelleri oluşturularak özelleştirilmiş araç yapımı sağlanabilir.
- Sistemdeki etkileşimi artırmak amacıyla kapılar, kaporta ve bagaj açılır/kapanır yapılabilir.
- Otomobil firmaları kendi web sitelerini uygulamaya yükleyerek

kullanıcıların tek tıkla siteye bağlanmaları sağlanabilir. Eklenen web sitesi ile araç alımı dahi yapılabilir.

- Çalışma gerekli araştırma ve işlemlerden sonra e-ticaret sistemine dönüştürülebilir. Böylelikle online alışverişe farklı bir boyut kazandırılabilir.
- Blok zinciri sistemleriyle birleştirilerek çok daha güvenli sanal dünyaların oluşturulması sağlanabilir.
- Uygulama multiplayer hale getirilerek aynı andan birden fazla kişinin uygulamayı kullanması sağlanabilir. Birbirinden uzakta olan kişiler VR'da bir araya gelerek modellenmiş araçları birlikte inceleyebilir.



## 7. KAYNAKLAR

- Akar, İ., 2020, Blender Nedir? Özellikleri Nelerdir? Ve Size Uygun Mu?, [https://www.3dmadmax.com/3d\\_design/blender-nedir-ozellikleri-nelerdir-ve-size-uygun-mu/#:~:text=Blender%2C%203D%20geli%C5%9Ffirminin%20hemen%20hemen,ba%C5%9Fka%20ara%C3%A7%20ile%20birlikte%20gelir](https://www.3dmadmax.com/3d_design/blender-nedir-ozellikleri-nelerdir-ve-size-uygun-mu/#:~:text=Blender%2C%203D%20geli%C5%9Ffirminin%20hemen%20hemen,ba%C5%9Fka%20ara%C3%A7%20ile%20birlikte%20gelir), [Erişim Tarihi: 10.12.2021].
- Alp, K., 2019, Sanal Gerçeklik Video Oyun Teknolojisini Kullanmaya Devam Etme Niyetini Etkileyen Faktörlerin Teknoloji Kabulünün İncelenmesi Skyrım Örneği, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Anderson, P. L., Rothbaum, B. O. and Hodges, L., 2001, Virtual reality: Using the virtual world to improve quality of life in the real world, *Bulletin of the Menninger Clinic*, 65(1), 78- 91.
- Anonim, Inkscape Nedir? Inkscape Dersleri, <https://wmaraci.com/nedir/inkscape>, [Erişim Tarihi: 12.12.2021].
- Aras, A., 2018, Endüstri 4.0 ve Robotik Sistemlerde Sanal Gerçeklik Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kocaeli.
- Arslan A. ve Elibol, M., 2015, Eğitsel artırılmış gerçeklik uygulamalarının incelenmesi: Android işletim sistemi örneği, *International Journal of Human Sciences*, 12(2), 1792-1817. doi:10.14687/ijhs.v12i2.3524
- Avcı, A. F. ve Taşdemir, Ş., 2019, Artırılmış ve Sanal Gerçeklik ile Periyodik Cetvel Öğretimi, *Selçuk-Teknik Dergisi*, 18(2), 68-83.
- Azuma, R., 1997, A Survey of Augmented Reality, *International Journal of Presence: Teleoperators and Virtual Environment*, 6(4), 355-385.
- Bayraktar, E. ve Kaleli, F., 2007, Sanal Gerçeklik ve Uygulama Alanları, *Akademik Bilişim*, (31 Ocak-2 Şubat 2007) Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya.
- Boyraz, G. ve Kırıcı, P., 2019, Unity 3D Oyun Yapma Simülatörü ile Oyun Tasarımı, *International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies*, 3(2), 225-229.
- Burdea, G. C. and Coiffet, P., 2003, *Virtual Reality Technology*. John Wiley & Sons Inc., New Jersey, ISBN:0-471-36089-9
- Chen, X., Gong, L., Berce, A., Johansson, B. and Despeisse, M., 2021, Implications of Virtual Reality on Environmental Sustainability in Manufacturing Industry: A Case Study, *Procedia CIRP*, 104, 464-469.
- Civelek, T., 2014, Orta Öğretim Öğrencilerinin Fizik Eğitiminde Kullanmak Amacıyla Sanal Gerçeklik Ortamında Kuvvet Geribeslemeli Haptik Uygulamalar Geliştirilmesi, Doktora Tezi, *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Edirne.

- Çaba, D., 2018, Dijital Çağda Değişen Haber Sunumu: Gazetecilikte Sanal Gerçeklik Uygulamaları, *Gümüşhane Üniversitesi İletişim Fakültesi Elektronik Dergisi*, 6 (1), 693-723.
- Çevik, İ. F., 2019, Üç Boyutlu Tasarım ve Sanal Gerçeklik Kullanımı (Göbeklitepe Çalışması), Sanatta Yeterlilik Tezi, *İstanbul Arel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İstanbul.
- Dede, C., 2006, Introduction to Virtual Reality in Education. Themes in Science and Technology Education. 1: 7-9.
- Didi, N., Baron, S., Pradat-Diehl, P. and Sirigu, A., 2000, Analyse De La Préhension Par Le Cyber-Glove. In La préhension, Springer. Verlag Paris, 63- 68.
- Durgut, R., 2018, Sanal Gerçeklik Kullanarak Hareket Tanıma Temelli Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Uygulamasının Geliştirilmesi, Doktora Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük.
- Ebnali M., Lamb R., Fathi R. and Hulme K., 2021, Virtual Reality Tour for First-Time Users og Highly Automated Cars: Comparing the Effects of Virtual Environments with Different Levels of Interaction Fidelity, *Applied Ergonomics*, 90, 103226.
- Ekici, R. ve Güven, A., 2017, Sanal Gerçeklik Teknolojisinin Turizm Endüstrisindeki Rolü, *Avrasya Bilimler Akademisi Sosyal Bilimler Dergisi*, Özel Sayı, 403-418.
- Erdem, H. A., 2013, Sanal Gerçeklik Ortamının- Etkileşimli Görsel Eğitim Aracı Olarak- İlkokul Eğitiminde Kullanılması, Yüksek Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir.
- Erdoğan, A. A. ve Feyzulloğlu, E., 2021, Otomotiv Sektöründe Kullanılan Yeni Trend Hatasızlaştırma ve Alternatif Kontrol Yöntemleri, *Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 4(1), 22-28.
- Ergün, O., 2019, Mimari Tasarımlar İçin Yapı Bilgi Modellemesi Tabanlı Sanal Gerçeklik ve Karma Gerçeklik Ortamlarının Geliştirilmesi ve Ciddi Oyunlar ile Kullanıcı Etkileşimlerinin İyileştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Ortaoğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- GFDS, 2020, Teknoloji Pazarı Büyüyor: AR/VR Pazarının Geleceği, <https://medium.com/gfds-blog/teknoloji-pazar%C4%B1-b%C3%BCy%C3%BCyor-ar-vr-pazar%C4%B1n%C4%B1n-gelece%C4%9F-f1baf8571c97>, [Erişim Tarihi:15.01.2022].
- Gutiérrez, M. A., Vexo, F. and Thalmann, D., 2008, Stepping Into Virtual Reality, England: Springer-Verlag London.
- Güleç, U., 2018, Yazılım Geliştirmenin Uygulama Deneyimi İçin Tasarlanmış Sanal Gerçeklik Tabanlı Eğitim Ortamı, Doktora Tezi, *Ortaoğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.

- Güneş, M., 2021, El Yapımı Patlayıcılara Müdahalede Sanal Gerçeklik ile Kazaların Önlenmesine Yönelik Bir Uygulama, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Güneş, M. ve Dilipak H., 2020, Patlayıcı Maddelerin Tespitine Yönelik Bir Sanal Gerçeklik Uygulaması, *International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies*, 4(1), 29-40.
- Gürer, S., 2021, Yeraltı Madenciliğinde İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimi İçin Sanal Gerçeklik Tabanlı Ciddi Oyun Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Ortadoğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Hafner, P., Hafner, V. and Ovtcharova, J., 2013, Teaching methodology for virtual reality practical course in engineering education, *Procedia Computer Science*, 25, 251-260.
- Hoş, S., 2021, Gerçek Dünya ile Hayal Ettiğiniz Dünyayı Birleştirin: Sanal Gerçeklik (VR) Nedir, <https://www.niobehosting.com/blog/vr-nedir/>, [Erişim Tarihi: 10.12.2021].
- İbrahim, N. S., 2021, Elektrik Makinesi İçin Sanal Gerçeklik, Yüksek Lisans Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ.
- Juan, Y. K., Chien, S. F., and Li, Y. J., 2010, Customer Focused Sistem for Pre-sale Housing Customisation Using Case-based Reasoning and Feng Shui Theory. *Indoor and Built Environment*, 19(4), 453-464.
- Jung, T., tom Dieck, M. C., Lee, H., and Chung, N., 2016, Effects of virtual reality and augmented reality on visitor experiences in museum, *Information and Communication Technologies in Tourism 2016*, 621-635.
- Jonassen, D. H., 1999, Designing constructivist learning environments, *Instructional design theories and models: A new paradigm of instructional theory*, vol. 2, pp. 215-239.
- Kalkan N., 2020, Temel Teknik Beceri Öğreniminde Sanal Gerçeklik Teknolojisinin Etkililiğinin İncelenmesi: Masa Tenisi Örneği, Doktora Tezi, *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, Manisa.
- Kılıç, E., 2021, Sanal Gerçeklik Ortamında Bir E-Alışveriş Uygulamasının Tasarlanması ve Test Edilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, İstanbul.
- Kıllıoğlu, S. Y., 2019, Madencilik Endüstrisi İçin Sanal Gerçeklik Tabanlı Ciddi Oyun Geliştirilmesi, Doktora Tezi, *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Kıssaboylu, H., 2017, Sanal Gerçeklik Ortamlarında 6DOF Kuvvet Geribeslemeli Haptik Cihaz Yardımıyla Tıpta Ameliyat Simülasyonu Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, *Kırklareli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kırklareli.

- Komşul, M. Z., 2012, Zihinsel Engelli Çocukların Eğitiminde Sanal Gerçeklik Teknolojisinin Kullanılması ve Örnek Bir Uygulama Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Edirne.
- Kölüş, Ç., 2021, Blockchain Tabanlı Sanal Gerçeklik Ortamı, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Köse, N. ve Yengin, D., 2018, Dijital Pazarlamadan Fijital Pazarlamaya Geçiş Örneği Olarak Artırılmış Gerçeklik ve Sanal Gerçeklik Uygulamalarının Pazarlama Üzerindeki Katkılarının İncelenmesi, *İstanbul Aydın Üniversitesi Dergisi*, 10(1), 77-111.
- Kuliga, S. F., Thrash, T., Dalton, R. C. and Holscher, C., 2015, Virtual reality as an empirical research tool- Exploring user experience in a real building and a corresponding virtual model. *Computers Environment and Urban Systems*, 54, 363-375.
- Kurtuluş, F., 2017, Sanal Gerçeklik Teknolojisi Kullanılarak Fobilerin Belirlenmesi ve Başa Çıkma Yolları, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Kültür Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Küçük Avcı, Ş., 2018, Üç Boyutlu Sanal Ortamlar ve Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarının Öğrenme Başarısı Üzerindeki Etkisi: Bir Meta-Analiz Çalışması, Doktora Tezi, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Kürekcı, F., 2021, SOLID Yazılım Geliştirme Prensipleri, <https://yazilimcigenclik.com.tr/solid-yazilim-gelistirme-prensipleri/>, [Erişim Tarihi: 20.02.2022].
- Lawson, G., Salanitri, D. And Waterfield, B., 2016, Future Directions For The Development of Virtual Reality Within An Automotive Manufacturer, *Applied Ergonomics*, 53(B), 323-330.
- Makara, H., 1996, Sanal Gerçeklik Ortamının PC’de Simülasyonu, Yüksek Lisans Tezi, *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kütahya.
- Mazuryk, T. and Gervautz, M., 1996, Virtual reality, History, applications, technology and future, Technical Report, TR-186-2-96-06. Institute of Computer Graphics Vienna University of Technology.
- Melzer, J. E., and Moffitt, K., 1997, Head Mounted Displays: Designing for the User. In *Head Mounted Displays: Designing for the User*.
- Nagendran, M., Gurusamy, K. S., Aggarwal, R., Loizidou, M. and Davidson, B. R., 2013, Virtual reality training for surgical trainees in laparoscopic surgery, *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 8.
- National Research Council, 1995, *Virtual Reality: Scientific and Technological Challenges*. National Academies Press, 384.

- Nsocialtr, Otomobil Markaları İçin Sanal Gerçeklik ve Otomotiv Sektöründe Sanal Gerçeklik, <https://www.nsocialtr.com/vr-otomotiv-sanal-gerceklik.html>, [Erişim Tarihi: 15.12.2021].
- Özarslan, Y., 2013, Genişletilmiş Gerçeklik ile Zenginleştirilmiş Öğrenme Materyallerinin Öğrenen Başarısı ve Memnuniyeti Üzerindeki Etkisi, Yayınlanmamış Doktora Tezi, *Anadolu Üniversitesi*, Eskişehir.
- Özel, B. E., 2019, Göz Takibi ve Sanal Gerçeklik Teknolojileri ile Şantiyelerde Tehlike Farketme Yeteneği Ölçümü, Yüksek Lisans Tezi, *Ortadoğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Phantom Premium, 2013, <http://www.geomagic.com/en/products/phantom-premium/overview> [Erişim Tarihi: 25.02.2022].
- Platzman, G. W., 1979, The ENIAC Computations of 1950-Gateway to Numerical Weather Prediction, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 60(4), 302-312.
- Richter, F., 2016, The Diverse Potential of VR & AR Applications, <https://www.statista.com/chart/4602/virtual-and-augmented-reality-software-revenue/>, [Erişim Tarihi: 17.01.2022].
- Rostami Kia, F., 2013, Sanal Gerçeklik Yöntemini Kullanarak İnşaat Projelerinde Kör Noktaların Tespiti: VIBSIM Modeli, Yüksek Lisans Tezi, *Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Eskişehir.
- Saposnik, G., Teasell, R., Mamdani, M., Hall, J., McIlroy, W., Cheung, D. and Bayley, M., 2010, Effectiveness of virtual reality using Wii gaming technology in stroke rehabilitation: a pilot randomized clinical trial and proof of principle, *Stroke*, 41(7), 1477-1484.
- Seat, 2018, How SEAT Applies VR, <https://www.seat.com/company/news/cars/virtual-reality-car-manufacturing.html>, [Erişim Tarihi: 20.12.2021]
- Sezen, S., 2019, Sanal Gerçeklik Ortamında, İki ve Üç Boyutlu Arayüz Tasarımlarının, Kullanılabilirlik Üzerindeki Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Sezer, L., 2009, Sanal Gerçeklik Teknolojisi Kullanılarak Geliştirilen Fiziksel Etkileşimli Oyun Sisteminin Sanal Rehabilitasyon Tedavisi İçin Kullanılması: Bir Durum Çalışması, Yüksek Lisans Tezi, *Atılım Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Sherman, W. and Craig, A., 2003, *Understanding Virtual Reality: Interface, Application and Design*, Morgan Kaufman Publishers.
- Siller, H. R., Gorecky, D., Romero, D. and Ordaz, N., 2015, Serious Games and Virtual Simulator for Automotive Manufacturing Education & Training, *Procedia Computer Science*, 75, 267-274.

- Sutherland, I. E., 1998, Sketchpad-a Man-Machine Graphical Communication System. In *Seminal Graphics*. 391-408. ACM.
- Sürücü, O., 2017, Sanal Gerçekliğin Kültürel Mirası Korumada Kullanımı Salih Bozok Villası Örneği, Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Sync Media Network, Walmart Metaverse Shopping, 2022, [https://www.youtube.com/watch?v=u6UYGwPaLf8&ab\\_channel=SyncMediaNetwork](https://www.youtube.com/watch?v=u6UYGwPaLf8&ab_channel=SyncMediaNetwork), [Erişim Tarihi: 05.02.2022].
- Şimşek, İ. ve Can, T., 2019, Yüksek Öğretimde Sanal Gerçeklik Kullanımı ile İlgili Yapılan Araştırmalara Yönelik İçerik Analizi, *Folklor/Edebiyat*, 25(97-1), 76-90. Doi: 10.22559/folklor.928
- Tai K., Hong J., Tsai C., Lin C. and Hung Y., 2022, Virtual Reality for Car-Detailing Skill Development: Learning Outcomes of Procedural Accuracy and Performance Quality Predicted by VR Self-Efficacy, VR Using Anxiety, VR Learning Interest and Flow Experience, *Computer and Education*, 182, 104458.
- Tamayo, J. L., Barrio, M. G., and Garcia, F. G., 2016, Virtuality continuum in communication and education: user experience and interaction design in simulation and interactivity approaches in real and virtual environments. Paper presented at the *8th International Conference on Education and New Learning Technologies (EDULEARN)*, Barcelona.
- Topuz, Y. ve Özdener, N., 2018, Tıp Eğitimde Sanal Gerçeklik Teknolojisi, 225- 256. doi:10.14527/3389
- Tunç, S., 2018, Sanal Gerçeklik Ortamlarında Kişilerin Etkileşim ve İzlenme Kaygılarının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kırşehir.
- Üstünel, H., 2014, Üstün Yetenekli Öğrencilerin Kullanımı İçin Sanal Gerçeklik Ortamında Kuvvet Geribeslemeli Haptik Uygulamaların Geliştirilmesi, Doktora Tezi, *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Edirne.
- Varol Arısoy, M., 2018, Sanal Gerçeklik Destekli Mayın Tarama Simülatörü, Doktora Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta.
- Westerdahl, B., Suneson, K., Wernemyr, C., Roupe, M., Johansson, M., and Allwood, C. M., 2006, Users' evaluation of a virtual reality architectural model compared with the experience of the completed building. *Automation in Construction*, 15(2), 150-165.
- White, J., 2002, *Virtual Reality and the Built Environment*. UK: Architectural Press.
- Wikipedia, 2021, Oculus Go, [https://tr.wikipedia.org/wiki/Oculus\\_Go](https://tr.wikipedia.org/wiki/Oculus_Go), [Erişim Tarihi:31.01.2022].

- Wikipedia, 2021, Oculus Rift S, [https://tr.wikipedia.org/wiki/Oculus\\_Rift\\_S](https://tr.wikipedia.org/wiki/Oculus_Rift_S), [Erişim Tarihi: 31.01.2022].
- Wikipedia, 2021, Unity (Oyun Motoru), [https://tr.wikipedia.org/wiki/Unity\\_\(oyun\\_motoru\)](https://tr.wikipedia.org/wiki/Unity_(oyun_motoru)), [Erişim Tarihi: 10.01.2022].
- Wikipedia, 2022, Generation Z, [https://en.wikipedia.org/wiki/Generation\\_Z#cite\\_note-113114](https://en.wikipedia.org/wiki/Generation_Z#cite_note-113114), [Erişim Tarihi: 17.03.2022].
- Wikipedia, 2022, Oculus Quest, [https://tr.wikipedia.org/wiki/Oculus\\_Quest](https://tr.wikipedia.org/wiki/Oculus_Quest), [Erişim Tarihi: 02.02.2022].
- Wikipedia, 2022, Oculus Quest 2, [https://en.wikipedia.org/wiki/Oculus\\_Quest\\_2](https://en.wikipedia.org/wiki/Oculus_Quest_2), [Erişim Tarihi: 02.02.2022].
- Yavuz, E. ve Uslu, Ö., 2021, Sosyal Bilgiler Öğretmen Adaylarının Sanal Gerçeklik Teknolojisinin Eğitimde Kullanımına İlişkin Görüşlerinin Değerlendirilmesi, *Uluslararası Alan Eğitimi Araştırmaları Dergisi*, 2(2), 132-152.
- Yengin, D. ve Bayrak, T., 2017, Sanal Gerçeklik VR, Der Yayınları, No: 0199, İstanbul.
- Yerden, A. U., 2020, Zenginleştirilmiş Sanal Gerçeklik Destekli İnternet Tabanlı Uzaktan Erişimli Laboratuvar Tasarımı ve Uygulaması, Doktora Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Zerolight, 2016, Toyota C-HR VR Experience at VR & AR World 2016, <https://www.youtube.com/watch?v=UyivBx4IJMI>, [Erişim Tarihi: 20.12.2021].