

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİLİŞİM SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ETKİLEŞİMLİ SANAL KOKPİT EĞİTİM UYGULAMASININ
GELİŞTİRİLMESİ

AHMET HAN FURKAN KAHVECİ

KOCAELİ 2023

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİLİŞİM SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ETKİLEŞİMLİ SANAL KOKPİT EĞİTİM UYGULAMASININ
GELİŞTİRİLMESİ

AHMET HAN FURKAN KAHVECİ

Dr. Öğr. Üyesi Adnan SONDAŞ
Danışman, Kocaeli Üniversitesi

.....

Prof. Dr. Hikmet Hakan GÜREL
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi

.....

Dr. Öğr. Üyesi Güven ÇATAK
Jüri Üyesi, Bahçeşehir Üniversitesi

.....

Tezin Savunulduğu Tarih: 20.01.2023

ETİK BEYAN VE ARAŞTIRMA FONU DESTEĞİ

Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu,
- Çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı,
- Bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi,
- Bu çalışmanın Kocaeli Üniversitesi'nin abone olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun olduğunu,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı,

beyan ederim.

☐ Bu tez çalışmasının herhangi bir aşaması hiçbir kurum/kuruluş tarafından maddi/alt yapı desteği ile desteklenmemiştir.

☒ Bu tez çalışması kapsamında üretilen veri ve bilgiler Kocaeli Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FBA-2020-2157 no'lu proje kapsamında maddi/alt yapı desteği alınarak gerçekleştirilmiştir.

Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

.....

Ahmet Han Furkan KAHVECİ

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI

Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda belirtilen koşullarla kullanıma açma izninin Kocaeli Üniversitesi'ne verdiğimi beyan ederim. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanımı bana ait olacaktır.

Tezin kendi özgün çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim kurulu tarafından yayınlanan **“Lisanüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”** kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricinde YÖK Ulusal Tez Merkezi/ Kocaeli Üniversitesi Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

☐ Enstitü yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihinden itibaren 2 yıl ertelenmiştir.

☐ Enstitü yönetim kurulu gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihinden itibaren 6 ay ertelenmiştir.

☒ Tezim ile ilgili gizlilik kararı verilmemiştir.

.....
Ahmet Han Furkan KAHVECİ

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Sanal gerçeklik teknolojisi her geçen gün gelişmeye devam ediyor, eğitim alanında da bu teknolojiden faydalanılması gerekir. Günümüzde sanal gerçeklik başlıklarını edinmek bir akıllı telefon edinmek kadar mümkün olmuştur. Sanal gerçeklik teknolojisi geleceğin önemli teknolojileri arasına girmektedir. Sanal gerçeklik ile uygulanan eğitimlerin, başarı oranlarını yükselteceğini düşünmekteyim. Talep ve maliyetler arttıkça eğitim alanında uygulamaların sanal gerçeklik ile birleşimi artacaktır.

Lisans ve Yüksek Lisans eğitimim süresince akademik anlamda her zaman yardımcı olan ve çalışmalarında bana fikir ve görüşleri ile yol gösteren ve güvenen, bu çalışmada yardımcı olan danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Adnan SONDAŞ'a teşekkürlerimi sunarım.

Lisans ve Yüksek Lisans eğitimimde beni yönlendiren, çalışmalarına destek veren, güvenen ve teze dönütleriyle katkı sağlayan Sayın Öğr. Gör Yavuz Selim FATİHOĞLU'na, Kocaeli Üniversitesi, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi'nde bu çalışmaya destek ve katkılarından dolayı Sayın Doç. Dr. Satılmış ÜRGÜN'e teşekkür ederim.

Bu çalışmayı, FBA-2020-2157 no'lu proje kapsamında destekleyen Kocaeli Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine teşekkür ederim.

Bu çalışmanın hem Kocaeli Üniversitesi için hem de havacılık eğitimi alacak tüm öğrencilere faydalı olmasını dilerim.

Ocak - 2023

Ahmet Han Furkan KAHVECİ

İÇİNDEKİLER

ETİK BEYAN VE ARAŞTIRMA FONU DESTEĞİ.....	i
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
TABLOLAR DİZİNİ.....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	viii
ÖZET	ix
ABSTRACT	x
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	5
2.1. Çalışmanın Amacı	5
2.2. Çalışmanın Literatüre Katkısı.....	5
2.3. Literatür Taraması	6
3. SANAL GERÇEKLİK	10
3.1. Sanal Gerçeklik ve Artırılmış Gerçeklik	11
3.2. Sanal Gerçeklik Tarihsel Gelişimi.....	11
3.2.1. 1990’larda VR	12
3.2.2. 2000’lerde VR	13
3.3. Sanal Gerçeklik Yazılım Geliştirme Araçları.....	14
3.3.1. Oculus Integration	14
3.3.2. OpenXR.....	14
3.3.3. OpenVR.....	15
3.3.4. Mixed Reality Toolkit (MRTK)	15
3.4. Sanal Gerçeklik Çalışma Mekanizması.....	15
3.5. Sanal Gerçeklik Sistem Şeması	16
4. UNITY TEMEL BİLEŞENLERİ	17
4.1. TextMesh Pro Plugin’i	18
5. MATERYAL VE YÖNTEM.....	19
5.1. Materyal.....	19
5.1.1. Donanım	19
5.1.2. Yazılım	20
5.2. Yöntem	20
5.2.1. VR Uygulamasının Geliştirme Aşamaları.....	20
5.2.2. Unity Projesinin Ayarlanması	22
5.2.2.1 Oculus Integration SDK’nın Uygulamaya Dahil Edilmesi	22
5.2.2.2 MRTK SDK’nın Uygulamaya Dahil Edilmesi.....	23
5.2.3. Unity’de 3D Modellerin Tasarlanması.....	25
5.2.4. Dijital Çizimlerin Oluşturulması ve 3D Modellerin Materyallendirilmesi.....	26
5.2.5. Düğme ve Kontrolcü Modellerin Panellere Yerleştirilmesi	28
5.2.5.1 Bileşen İsimlerinin Panellere Yerleştirilmesi	29
5.2.6. Simülasyon Ortamının Ayarlanması	31
5.2.6.1 Bileşenler ile Etkileşim ve Geri Bildirim	31
5.2.7. Etkileşimli Arayüzlerin Tasarlanması	32
5.2.7.1 Bilgilendirme Sistemi	32

5.2.7.2 Senaryo Sistemi	33
5.2.7.3 Uygulamalı Eğitim Sistemi	35
6. DENEYSEL ÇALIŞMA	37
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	40
KAYNAKLAR.....	43
EKLER	47
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER.....	49
ÖZGEÇMİŞ.....	50



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1.	Gerçeklik-Sanallık Spektrumu	10
Şekil 3.2.	Meta (Oculus) Quest Pro sanal gerçeklik başlığı	14
Şekil 3.3.	VR sisteminin şematik görünümü	16
Şekil 4.1.	Unity3D editör görüntüsü.....	17
Şekil 4.2.	Unity3D editörü üzerinde Rigidbody bileşeni penceresi	17
Şekil 4.3.	Unity 3D editörü üzerinde Hinge Joint bileşeni penceresi.....	18
Şekil 5.1.	Meta (Oculus) Quest 2 sanal gerçeklik başlığı ve kumandaları	19
Şekil 5.2.	Airbus A320 kokpitinin dijital referans çizimi.....	21
Şekil 5.3.	Unity3D programının build (derleme) ayarları	22
Şekil 5.4.	Oculus Integration kütüphanesinin uygulamaya dahil edilmesi	23
Şekil 5.5.	Oculus Integration kütüphanesinin kurulum ekranları	23
Şekil 5.6.	Microsoft Mixed Reality Feature Tool kurulum ekranı	24
Şekil 5.7.	MRTK Unity3D projesi yapılandırma penceresi	24
Şekil 5.8.	MRTK SDK'nın bileşenleri ve fiziksel sınırlama ayarları.....	25
Şekil 5.9.	Kokpit panellerinin modellenmiş görünümü.....	26
Şekil 5.10.	Kokpit vektör çiziminin hazırlanması	27
Şekil 5.11.	Airbus A320 kokpitinin iç görünümü	28
Şekil 5.12.	Box Collider ve Hinge Joint bileşenlerinin pozisyonlarının ayarlanması.....	29
Şekil 5.13.	TextMesh Pro bileşenine ait ayarların bulunduğu pencere	29
Şekil 5.14.	Kokpitin iskeleti (solda) ve bileşenlerinin yerleştirilmiş hali (sağda)	30
Şekil 5.15.	Radyo paneli düğmelerinin ayarlanması	30
Şekil 5.16.	Simülasyon ortamının Unity3D'deki genel görüntüsü.....	31
Şekil 5.17.	Bilgileri gösteren sanal paneller	33
Şekil 5.18.	Arayüz panelinden senaryo seçimi.....	34
Şekil 5.19.	A320 kokpit yangın testi panelleri görüntüsü	34
Şekil 5.20.	Yangın test senaryosunun uygulama esnasında görüntüsü	35
Şekil 5.21.	Uygulamalı öğrenme paneli ve kullanım esnasındaki görüntüsü.....	35
Şekil 5.22.	Uygulama adımlarının oluşturulduğu ve ayarlandığı pencere	36
Şekil 5.23.	Kullanıcının etkileşime geçtiği düğmeden yazdırılan bilgiler	36
Şekil A.1.	Öğrencilerle test öncesi anlatım	48

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 6.1.	Gönüllülere uygulanan genel içerikli anket ve cevapları	38
Tablo 6.2.	Geliştirilen uygulama ile ilgili anket soruları ve cevap oranları	39
Tablo 6.3.	Gönüllülerin VR uygulama hakkındaki düşünceleri ve değerlendirmeler	39



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar

AR	: Augmented Reality (Artırılmış Gerçeklik)
LCD	: Liquid Crystal Display (Sıvı Kristal Ekran)
MR	: Mixed Reality (Karma Gerçeklik)
MRTK	: Mixed Reality Toolkit (Karma Gerçeklik Aracı)
NASA	: National Aeronautics and Space Administration (Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi)
PLUGIN	: Programa Ek Özellikleri Sağlayan Yazılım Paketi/Eklenti
SDK	: Software Development Kit (Yazılım Geliştirme Kiti)
UI	: User Interface (Kullanıcı Arayüzü)
UNITY3D	: 3-Boyutlu Oyun Motoru Yazılımı
UV	: “U” Yatay ve “V” Dikey, 2-Boyutlu Doku Koordinatları
VR	: Virtual Reality (Sanal Gerçeklik)
XR	: Extended Reality (Genişletilmiş Gerçeklik)
2D	: 2-Dimensional (2-Boyutlu)
3D	: 3-Dimensional (3-Boyutlu)

ETKİLEŞİMLİ SANAL KOKPİT EĞİTİM UYGULAMASININ GELİŞTİRİLMESİ

ÖZET

Günümüzde sanal gerçeklik teknolojisinin önem kazanması ve üstün donanımına sahip sanal gerçeklik başlıklarının kısa zamanda milyonlarca kullanıcıya ulaşması sonucu, VR platformu için yeni eğitim simülasyonu uygulamalarının geliştirilmesi ve daha fazla güncel araştırmaların yapılması gerekmektedir. Kullanılmakta olan yüksek maliyetli simülatörlere ihtiyaç duyulmaksızın benzetim aracılığıyla sanal ortamda eğitimlerin gerçekleştirilebilmesi oldukça önemlidir. Bu doğrultuda bu tez çalışmasında, sanal gerçeklik tabanlı uçuş eğitim simülasyonunun geliştirilmesine karar verilmiş ve yeni nesil VR başlıklarında ileride diğer eğitim simülasyonlarının geliştirilmesine yardımcı olabileceği öngörülen bir uygulama geliştirilmiştir. Bu tez çalışmasında, Unity3D yazılımı kullanarak, Airbus-A320 kokpitinin 3D modellemesi ve sanal gerçeklik tabanlı interaktif şekilde etkileşime geçilebilen kokpit eğitim uygulaması geliştirilmiştir. Bu sayede, güncel teknolojileri kullanılarak daha gerçekçi sanal simülasyon deneyiminin sağlanması amaçlanmaktadır. Çalışma öncesi, A320 model uçak kokpitine ait düğme ve kontrolcü bileşenlerin bilgileri derlenmiştir. Unity3D ile geliştirilen prototip uygulamalar Oculus Quest 2 VR başlığı kullanılarak test edilmiştir. Eğitim uygulaması üç bölümden oluşmaktadır, bunlar kokpitin bileşenlerine ait verilerin sağlandığı Bilgilendirme Bölümü, kokpit uçuş durumlarının ayarlandığı Senaryolar Bölümü ve kullanıcının eğitim düzeyinin tespit edildiği uygulamalı eğitim seçeneklerini sağlayan Test Bölümüdür. VR tabanlı eğitim sistemi ile birçok öğrencinin başarı düzeyini yükseltmesi ve eğitimin daha iyi bir şekilde değerlendirilebilmesi beklenmektedir. Geliştirilen uygulama kokpit içerisinde bulunan bileşenlerin eğitimini kapsadığından uygulamada ayrıyeten bir çevre (havaalanı, dış mekân) tasarımı yapılmamıştır.

Çalışma sonucunda kullanıcının sanal ortamda kokpitin tüm bileşenlerini kontrol edebildiği ve öğrenildiği tam kapsamlı bir eğitim uygulaması çıkmıştır. Bu çalışma diğer kokpit veya araçların eğitim simülasyonlarının geliştirilmesi için bir rehber olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Airbus-A320 VR, Eğitimde Sanal Gerçeklik, İnsan-Bilgisayar Etkileşimi, Sanal Gerçeklik Eğitim Simülasyonu, Uçak Kokpit Simülasyon Eğitimi.

DEVELOPMENT OF INTERACTIVE VIRTUAL COCKPIT TRAINING APPLICATION

ABSTRACT

Nowadays, as virtual reality technology gains importance and high-end virtual reality headsets reach millions of users in a short period of time, it is important to develop new educational simulation applications for the VR platform and conduct more current research. Without the use of expensive simulators, this study aims to carry out training in a virtual environment using simulation. In the direction of this thesis, the decision was made to create a virtual reality-based flight training simulation, and an application was developed that is expected to assist the development of more training simulations in the future for new generation VR headsets. In this thesis, 3D modeling of the Airbus-A320 cockpit and a virtual reality-based interactive cockpit training application were developed using the Unity3D software. In this regard, it aims to deliver a more realistic virtual simulation experience through the use of cutting-edge technologies. Prior to the study, information about the A320 model airplane's cockpit components, such as buttons and controllers, was gathered. Unity3D prototype applications were tested using the Oculus Quest 2 VR headset. The training application consists of three parts: the Information Section, where data on the components of the cockpit are provided; the Scenarios Section, where the cockpit flight conditions are set; and the Test Section, where the training level of the user is determined. With the VR-based education system, it is expected that many students will improve their states, and their education trainings can be evaluated in a better way. Since the developed application covers the training of the components in the cockpit, the application does not include a separate environmental (airport and outdoor) design.

As a result of the study, a full-fledged training application has emerged where the user can control and learn all the components of the cockpit in a virtual environment. This study provides a preliminary guide for the development of training simulations of other cockpits or vehicles.

Keywords: Airbus-A320 VR, Virtual Reality in Education, Human-Computer Interaction, Virtual Reality Training Simulation, Aircraft Cockpit Simulation Training.

1. GİRİŞ

Günümüzde birçok alanda simülatörler kullanılarak, ilgili kişinin gerçek uygulamaya geçilmeden önce çalışmalar gerçekleştirebilmesi ve yeterli eğitim düzeyine gelinceye kadar, gerçek uygulama esnasında oluşabilecek risklerin en aza düşürülebilmesi mümkündür. Simülatörler aslına oranla düşük maliyetli eğitim imkânı ve çevreden bağımsız olarak tekrar tekrar kullanılabilen sanal simülasyon ortamı sağlamaktadırlar. Simülatörler, sağlamış oldukları bu imkanlardan dolayı vazgeçilmez öğrenme araçları haline gelmiştir. Bununla birlikte günümüz koşullarında simülatörlerin, yüksek teknoloji ürünü olmaları, kurulum maliyetleri, sertifikasyon ücreti ve fazla üretilmemesi gibi birçok nedenden dolayı maliyetleri oldukça yüksek kabul edilmektedir. Yüksek maliyet değerlerine rağmen eğitime olan katkıları nedeniyle, eğitim aşamasında simülatörlerin kullanımından vazgeçmek mümkün değildir (Mevlütöğlu, 2013). Tahminlere göre günümüzde dünya çapında pilot açığı devam etmektedir ve 2025 yılına kadar 34000 pilotluk bir boşluk bulunduğu ve en olumsuz senaryoda 50000 kişiye varabileceği belirtilmiştir (Murray ve Green, 2022). Simülatörler, pilotaj eğitimlerinin önemli eğitim araçları haline gelmişlerdir. Ticari havacılık sektörünün büyümesi ile sivil uçak simülatörlerine olan ihtiyaç artmıştır. Ülkemiz açısından bakacak olursak, sivil havacılık alanında daha fazla çalışana ihtiyaç duyulacağı beklenmektedir. Bu alanda çalışacak olan personelin eğitimleri aşamasında ihtiyaç duyulan simülatörler genellikle yurtdışından getirilmektedir ve maliyetleri oldukça yüksektir. Bu nedenle eğitim için vazgeçilmez olan simülatörlere pilotaj eğitim firmaları dışında diğer havacılık eğitimlerinde ya da amatör kullanıcılar tarafından ulaşılamamaktadır.

Sanal gerçeklik teknolojisi ilk çıkışından günümüze kadar geçen süreçte insan-bilgisayar etkileşimi ve kullanım alanları kapsamında sürekli gelişmektedir. Günümüz teknolojisinin sağlamış olduğu donanımsal yeterlilikler ve bu donanımların daha ulaşılabilir olması sonucu bu teknolojiye olan ilgi ve ihtiyaç artmış olup sanal gerçeklik kavramı yaşantımıza girmiştir. Statista verilerine göre, 2024 yılına kadar bütün dünyada 34 milyon adet sanal gerçeklik başlığının satılması beklenmektedir (Alsop, 2022). Sanal gerçeklikle birlikte, farklı alanlarda kullanılan çeşitli “gerçeklik” kavramları kullanılmaya başlanmıştır. “Gerçeklik” kavramı, ortamın dijital veya gerçek olma oranına göre ayrılmaktadır. Sanal Gerçeklik (Virtual Reality: VR), kullanılan gözlükler sayesinde

kişinin kendisini dijital bir bilgisayar simülasyonunu içerisindeymiş gibi hissetmesini sağlayan deneyim olarak tanımlanmıştır (Unity, 2022). Genellikle oyun ve eğlence amaçlı satılan sanal gerçeklik cihazları aynı zamanda farklı eğitim ve iş alanlarındaki ihtiyaçları karşılamak için de kullanılmaktadır.

Son yıllarda büyük teknoloji şirketleri (Meta, Microsoft, HTC) sanal gerçeklik teknolojilerinin geliştirilmesi ve daha fazla kullanıcıya ulaştırılması için yatırımlar yapmaktadırlar. Bu şirketler kendi sanal gerçeklik teknolojilerini üretmekte ve geliştirmektedirler (Wirtz, 2022). Ayrıca oyun motoru yazılım şirketleri de (Unity Technologies, Epic Games, Godot vb.) bu alanda büyük yatırımlar yapmaktadır (Vidra, 2022). Teknoloji alanında araştırmaların ve geliştirmelerin her geçen gün daha ileriye gittiği bu dönemde genç bireylerin birden fazla akıllı cihaz sahibi olduğu görülmektedir. Eğlence ve sosyal medyaya olan ilginin artması ile pazarın genişlemesi, sanal gerçeklik alanında da büyük ilgi yaratmıştır. Büyümekte olan sanal gerçeklik pazarı için şirketler birçok ürün ve hizmet sunmaktadır. Bu gelişmelerle birlikte sanal gerçekliğin eğitim alanında kullanımı yenilikçi ve verimli eğitimler vermek için de oldukça önemlidir. Eğitim ve teknoloji alanlarında yaşanan gelişmeler, insanlığa kolaylık ve ekonomik katkı sağlamaktadır. Yüksek teknolojileri geliştirebilmek ve daha fazla bireyin kullanabilmesini sağlamak için üst düzey eğitimlerin verilmesi gereklidir. Verimli bir eğitim için de yeni teknolojilerden faydalanmak daha verimli olacaktır. Eğitim teknolojisi, verimli teknoloji ortamı aracılığıyla öğretme ve öğrenme kavramı şeklinde tanımlanmıştır. Eğitim teknolojisinin temel amaçları; eğitim kalitesinin iyileştirilmesi ve öğrenme sürecinin geliştirilmesi olarak belirtilmiştir. Teknolojinin, öğretme ve öğrenme sürecini büyütmesi aynı zamanda içerdiği verimlilik ve kolaylık ile de eğitim sistemlerinin performansına katkı sağlaması beklenmektedir (Leverageedu, 2021). Eğitim amaçlı çalışmalarda bireyler sınırlama olmadan tekrar aynı eğitimleri alabilmekte, eğitim esnasında katılımcılar etkileşimli ve anlık olarak hatalarını görebilmekte, adımlarının doğruluğu hakkında bilgi edinebilmektedirler. Literatür çalışmaları incelendiğinde, bilgisayar ile yapılan sanal eğitim simülatörü çalışmalarının günümüzün sanal gerçeklik çalışmalarının geliştirilmesine bir temel sağladığı görülmektedir. Günümüzde, sanal gerçeklik teknolojisi kullanılarak, fiziksel ortamlarda bulunma zorunluluğu olmadan veya zaman fark etmeksizin eğitimler verilebilmektedir. Böylece

hem etkileşimli ve görsel bir eğitim yapılabilmekte hem de kaynak maliyetleri düşürülebilmektedir.

Bu tez çalışmasının amacı, kokpit uçuş eğitimlerinin geliştirilecek gerçek ortama en yakın sanal gerçeklik deneyimini zaman ve mekân kavramlarından bağımsız olarak verilebilmesi, verilen eğitimi alan kişinin uygulama içinde başarı düzeyinin ölçülebilmesi ve oluşturulan senaryoları tekrar tekrar deneyimleyebilmesi amaçlanmaktadır. Çalışmanın diğer bir amacı ise özel kurumlarda verilen kokpit simülasyon eğitimlerine düşük maliyetli bir alternatif eğitim aracı oluşturmaktır. Tez çalışması kapsamında, öncelikle Unity3D yazılımında Airbus-A320 kokpitinin üç boyutlu (3-B) modellemesi, gerçek boyutlarına uygun olacak şekilde yapılmış ve Sanal Gerçeklik (Virtual Reality: VR) tabanlı, etkileşimli kokpit eğitim uygulaması gerçekleştirilmiştir. İlgili uygulamada kullanıcı, modellenen kokpit üzerindeki bileşenlerle interaktif şekilde etkileşime geçebilmektedir. Kullanıcı kendini kokpit içerisinde hissederek, düğme ve kolların işlevlerini zamandan ve mekândan bağımsız olacak şekilde öğrenebilmektedir. Böylece yüksek maliyetli simülatlara ihtiyaç duyulmadan benzetim aracılığıyla sanal ortamda eğitimler gerçekleştirilebilmektedir. Ayrıca uygulamada, kokpit eğitimlerinin yanı sıra kullanıcının öğrendiklerini de test edebileceği bir bölüm bulunmaktadır. Burada kullanıcının, farklı durumlarda kullanması gerektiği düğme veya kolları bulması istenerek, kullanıcının bilgilerini pekiştirmesi sağlanmaktadır. Tez kapsamında geliştirilmiş olan sanal gerçeklik tabanlı dijital modelin, sivil havacılık sektöründe, oldukça kullanışlı bir uygulama olması beklenmektedir.

Geliştirilen sanal kokpit uygulaması, eğitim amaçlı olarak kullanılacağı için, üzerindeki bileşenlerin görevleri ile ilgili adaptif konumlu açıklayıcı şeffaf görsel ve/veya işitsel paneller hazırlanmıştır. Kullanıcı ilgili bileşen üzerine işaretçiyi konumlandığında veya el hareketleri ile etkileşime geçtiğinde, o bileşenle ilgili özet bilgi şeffaf panel üzerinde belirlemekte, böylece kullanıcı bileşen hakkında gerekli bilgiyi öğrenmektedir. Kullanıcı aktif panel üzerindeki butonu tıklayarak (dokunarak) ilgili bileşen hakkında daha detaylı bilgi veren paneli açabilmektedir. Detaylı bilgi içeren panel kullanıcı önünde belirlemekte, kullanıcı istediğinde de yine işaretçi aracılığı veya el hareketleri ile bu paneli kapatabilmektedir. İlgili bilgi panelleri, her basılan düğmenin üzerinde dinamik olarak belirlemekte ve konumları kullanıcıya doğru dinamik olarak ayarlanmaktadır.

Tezin ikinci bölümünde, çalışmanın amacı, literatüre katkısı ve literatür taraması bulunmaktadır. Üçüncü bölümde sanal gerçekliğin tanımı, çalışma mekanizması, tarihsel gelişimi ve sanal gerçeklik yazılım geliştirme araçlarından bahsedilmiştir. Dördüncü bölümünde Unity3D ile proje geliştirirken kullanılan bileşenler hakkında bilgiler verilmiştir. Beşinci bölümde materyal ve uygulama geliştirme aşamaları anlatılmıştır. Altıncı bölümde gerçekleştirilen deneysel çalışma hakkında bilgiler açıklanmış ve uygulanan anket sonuçları değerlendirilmiştir. Son bölümde ise çalışmanın sonuç ve önerileri detaylı olarak açıklanmıştır.



2. GENEL BİLGİLER

Bu bölüm, çalışmanın amacı, literatüre katkısı ve literatür taraması başlıklarını içermektedir.

2.1. Çalışmanın Amacı

Tez kapsamında geliştirilen çalışmanın amacı kokpit uçuş eğitimlerinin zaman ve mekân kavramlarından bağımsız olacak şekilde sanal gerçeklik teknolojisi ile verilebilmesidir. Bu uygulama sayesinde kullanıcı, oluşturulan senaryoları tekrar tekrar deneyimleyebilmekte ve uygulama içinde başarı düzeyini ölçebilmektedir. Bu çalışmanın diğer bir amacı da özel kurumlarda verilen kokpit simülasyon eğitimlerine düşük maliyetli bir alternatif eğitim aracı oluşturmaktır. Fiziksel simülasyonların aynı anda birden fazla kişiye eğitim verememe dezavantajı bulunmaktadır. Sanal gerçeklik teknolojisi zamana bağlı olmadan tekrarlanabilir biçimde birden fazla kişiye eğitim alma avantajı sağlamaktadır.

Ayrıca tasarlanan bu uygulama Kocaeli Üniversitesi, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Havacılık Elektrik Elektronik Bölümü öğrencileri ile test edilmiş ve öğrencilerden olumlu geri dönüşler alınmıştır.

2.2. Çalışmanın Literatüre Katkısı

Literatür çalışmaları incelendiğinde sanal gerçeklik teknolojisi kullanılarak verilen eğitim uygulamaları bulunmaktadır ancak bu uygulamaların güncel sanal gerçeklik donanımlarının sunduğu avantajlardan geri kaldıkları görülmektedir.

Bu çalışma kokpit simülasyon eğitimlerinde yeni donanımların avantajlarını göstermekte ve geliştirilecek eğitim uygulamalarının daha gerçekçi deneyim sunmaları için ön rehber olmaktadır.

Ek olarak kablosuz mobil sanal gerçeklik başlıklarına bir VR uygulaması geliştirirken dikkat edilmesi gereken bilgiler, uygulamanın optimizasyonu ve literatür çalışmalarında yeterince görülmeyen el hareket takibi için kullanılan kütüphanelerin nasıl kullanılması hakkında ve neden tercih edildiğine dair bilgilerin ileride gerçekleştirebilecek çalışmaları yapacak kişilere katkı sağlayacağı öngörülmektedir.

2.3. Literatür Taraması

Cha ve diğer araştırmacılar tarafından 2012 yılında Kore’de gerçekleştirilen bir çalışmada, yangın dinamiği verilerine entegre sanal gerçeklik tabanlı yangın eğitim simülatörü geliştirilmiştir. Geliştirilen yangın eğitim simülatöründe eğitim alacak deneyimsiz personellerin gerçek yangın çıkması durumunda hızlı karar alabilmeleri, güvenli ve organize müdahaleler yapabilecekleri; bu doğrultuda yangına önceden hazırlıklı olacakları belirtilmiştir. Yangın ısı ve ortamda bulunan zararlı gazlara ait verilerin gerçek zamanlı olarak sanal gerçeklik tabanlı yangın eğitim simülasyonuna aktarıldığı belirtilmiştir. Sanal gerçeklik tabanlı yangın eğitim simülatörünün deneyimsiz personellerin yangın eğitiminin geliştirilmesi ve daha etkili olmasına yardımcı olduğu ve faydalı bilgiler sağladığı sonucuna varıldığı yönünde değerlendirilme yapılmıştır (Cha ve diğ., 2012).

Aslandere ve arkadaşları, 2014 yılında Almanya’da gerçekleştirilen bir çalışmada, sanal gerçeklik ile genel bir uçuş simülasyonu prototipini tanıtmışlardır. Sanal uçuş simülatörlerinin, uçakların geliştirilmesi ve test edilmesi dışında, pilot eğitimi amacı ile de kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Bu çalışmada, sanal el düğme etkileşimini değerlendirmek amacı ile 16 kişilik bir deney grubu oluşturulmuştur. Katılımcılardan genellikle VR başlığının ağır olduğu ve parmak izleme cihazının el ile tam uyumlu olmadığı yönünde olumsuz geri dönüşlerin alındığı belirtilmiştir. Bütün bu olumsuzluklara rağmen, sanal uçuş simülasyonu prototipinin umut verici yönde olduğunun değerlendirmesi yapılmıştır (Aslandere ve diğ., 2014).

Grabowski ve Jankowski tarafından 2014 yılında Polonya’da gerçekleştirdikleri bir çalışmada, yeraltı kömür madencileri için sanal gerçeklik tabanlı eğitim uygulaması sunulmuştur. Yüksek derinliğin sanal boşlukta hareketi ve nesnelerin manipülasyonunu iyileştirdiği ve kursiyerlerin kullanılan sistemi faydalı buldukları belirtilmiştir. 21 kişinin katılımıyla gerçekleştirilen pilot eğitimde farklı görüş açılı (geniş 110 derece, ve nispeten dar 45 derece) olan VR başlıkları karşılaştırılmış, geniş görüş açısının VR eğitimi için en iyi çözüm olduğu değerlendirilmiştir (Grabowski ve Jankowski, 2014).

2017 yılında Oberhauser ve Dreyer tarafından gerçekleştirilen çalışmada, insan faktörleri mühendisliği için bir sanal gerçeklik uçuş simülatörü kullanılmıştır. Göz takibi, fizyolojik

veriler, baş ve parmak hareketleri pilotları değerlendirmek amacı ile kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, insan faktörleri için sanal gerçeklikten faydalanmanın insan-makine etkileşimi teknolojilerinin erken geliştirme sürecinde güvenilir ve düşük maliyetli bir yöntem olduğu belirtilmiştir (Oberhauser ve Dreyer, 2017).

2018 yılında Koçbuğ tarafından İstanbul Üniversitesi'nde yayınlanan yüksek lisans tez çalışmasında, sanal gerçeklik araçlarının kelime öğrenimi ve hafızada kalıcılığı üzerinde verimliliği araştırılmak amaçlı iki grup ile çalışma gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen çalışmada deney grubuna sanal gerçeklik araçları ile öğretim uygulandığı ve kontrol grubuna geleneksel öğretim yöntemleri uygulandığı belirtilmiştir. Uygulamada ön test, son test ve takip testi kullanılmıştır. Katılımcıların sanal gerçeklik araçlarıyla yapılan öğretime ilişkin fikirlerini almak için anket uygulanmıştır. Yapılan araştırmanın sonuçlarında ise sanal gerçeklik araçlarının kelime öğrenmede ve akılda tutmada etkili olduğu değerlendirilmiştir. Son test ve takip testine katılan, yaş ortalamasının yüksek olduğu deney grubunun, kontrol grubundan düşük puan aldıkları belirtilmiştir (Koçbuğ, 2018).

İlk ve ekibi 2019 yılında bir uzay aracı kokpitinin sanal gerçeklik ortamında uygulanması üzerine çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada Oculus Rift sanal gerçeklik başlığı kullanılmıştır. Unity ile geliştirilen bu çalışmada, Leap Motion isimli el hareket algılayıcı cihazdan faydalanılarak, uzay aracının kokpiti içerisindeki düğmelerle doğrudan elleri kullanarak etkileşim desteği sunulmuştur (İlk ve diğ., 2019).

Martinsson'ın 2019 yılında Linköping Üniversitesi'nde yayınlanan yüksek lisans tez çalışmasında, savaş uçağı simülasyonunda sanal gerçeklik kokpiti için çözümlerin değerlendirilmesi yapılmıştır. Leap Motion el hareketi takip cihazı ve VR başlığı kullanılarak, sanal gerçeklik ortamında oluşturulan prototip savaş uçağı kokpitinde, kullanıcının elleriyle (el hareketleriyle) serbest etkileşime girmesi amaçlanmıştır. Kullanıcılardan, sesli geri bildirimlerin faydalı olacağı yönünde geri dönüşler almışlardır. Kullanıcıların el takip teknolojisinden etkilendikleri, çok memnun kaldıkları ve bu yüzden uygulamada kullanılan teknolojinin bu bağlam için uygun olduğu belirtilmiştir (Martinsson, 2019).

2019 yılında Joyce ve Robinson tarafından yayınlanan makalede, kokpit tasarımı için sanal gerçeklik ortamının değerlendirilmesi yapılmıştır. Geri bildirimlerin ve performansın değişimi incelenmek amacıyla iki farklı grup üzerinde sanal ve gerçek uçuş simülasyonları karşılaştırılmıştır. Bir grup sanal gerçeklik başlıkları ile diğer grup ise masaüstü bilgisayar ekranlarındaki simülatörleri kullanarak geri bildirimler yapmışlardır. Takip görevinde, sanal gerçeklik kullanan grubun masaüstü ekran kullanan gruba göre daha fazla hata payı olduğu, bunun nedeninin VR cihazlarının dokunmatik ekranlara göre yeterince keskin görüntüyü henüz sağlayamadığı belirtilmiştir. Her iki grup kokpit içerisinde tuş takımı içeren tasarıma sahip cihaz tipini kullanmayı tercih ettiklerini belirtmişlerdir. Gelecekte daha kapsamlı uçuş simülasyonu ile deneyimli pilotlar üzerinde sanal gerçeklik ortamının karşılaştırılmasının araştırılabileceği belirtilmiştir (Joyce ve Robinson, 2019).

Kwok ve diğer araştırmacılar tarafından 2019 yılında Çin’de gerçekleştirilen çalışmada, acil durum tatbikat eğitimlerinin sanal teknolojilerden faydalanarak simülasyon tabanlı eğitimler ile kullanıcı algılarını incelenmek amaçlı iki laboratuvar çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada sanal gerçeklik, iletişim ve ayrık olay simülasyonu teknolojilerini kullanmak için 60 adet üniversite öğrencisi tercih edilmiştir. Çalışmanın sonucunda kriz yönetimi eğitimi uygulamak için simülasyon kullanımının doğru bir yaklaşım olduğu sonucuna varılmış ve daha büyük örneklerde daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulduğunu belirtilmiştir (Kwok ve diğ., 2019).

2020 yılında Töpfer ve diğer araştırmacılar, sanal gerçeklik simülasyonu için Federatsiya kokpitinde uzay aracı sistemlerinin uygulaması üzerine yaptıkları çalışmada, farklı acil durum senaryoları oluşturmuşlardır. Uçuş eğitmeni, simülasyonu farklı bir kullanıcı arayüzünden takip edebilmekte ve senaryoları tasarlanan arayüz üzerinden seçebilmektedir. Sanal gerçeklik kullanılarak yapılan farklı senaryolar içeren simülasyonların, astronotların eğitimlerinde faydalı olacağı belirtilmiştir (Töpfer ve diğ., 2020).

Sun ve arkadaşları 2021 yılında Çin’de gerçekleştirdikleri çalışmada, helikopter ile acil kurtarma uygulamasında ekip verimliliği ve sanal gerçeklik senaryo haritalama modeli geliştirmişlerdir. Sun, karmaşık gerçek görevlerin VR senaryolarına dönüştürmek için R-E-A-D (Raporla, Değerlendir, Onayla, Yap) modelini önermiş ve haritalama yöntemini

geliştirmiştir. Değerlendirme yöntemi ve uygulanabilirliğini doğrulamak için deney çalışması gerçekleştirmiştir. Bu yöntemin diğer karmaşık çok kişili ve çok sahneli eğitimler için uygulanabileceği belirtilmiştir (Sun ve diğ., 2021).

Benthem ve Herdman'ın 2021 yılında Kanada'da havacılık için daha yaşlı pilotların kaza riskini yönetebileceği sanal gerçeklik bilişsel sağlık tarama aracı üzerine gerçekleştirdikleri çalışmada, Cessna-172 simülatöründe uçuş sırasında kritik olay yaşayan (simüle edilmiş uçuş senaryolarına entegre edilmiş) daha yaşlı pilotlar üzerinde sanal gerçeklik uygulamasının etkinliği incelenmiştir. Çalışmada yaşları 17 ile 71 arasında olan 51 sertifikalı pilotun performans verileri elde edilmiştir. Çalışma sonucunda, sanal gerçeklik bilişsel tarama aracının risk altındaki pilotları belirlemek için iyi bir algılayıcı olduğu belirlenmiştir. Ayrıca sanal gerçeklik uygulaması esnasında nadiren de olsa yaşlı ve genç pilotlarda araç tutması benzeri simülasyon denge bozukluğu olduğu görülmüştür (Benthem ve Herdman, 2021).

2022 yılında Han ve diğer araştırmacılar, 3D sanal gerçeklik ile verilen inşaat güvenliği eğitiminin geleneksel eğitime göre daha iyi performans gösterdiği sonucuna varmışlardır. Çalışmada araştırmacıların geliştirmiş oldukları inşaat güvenliği eğitim ortamında kursiyerlerin eğitim süreci ve öğrenme çıktılarına bağlı performans değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir. Eğitimden önce ve sonra güvenlik performansını ölçmek için cilt direnci gibi fizyolojik veriler toplanmıştır. Dokuz kategoride değerlendirme ölçümleri oluşturulmuştur. Bulgular, sanal gerçeklik tabanlı eğitimlerin geleneksel metin ve resim gibi ezberlemekle sınırlı olmadığını ve kursiyerlerin sanal ortam ile etkileşime girerek sürükleyici deneyim ve çok duygulu etkileşim yaşadığına yönelik derinlemesine analiz sağlamıştır (Han ve diğ., 2022).

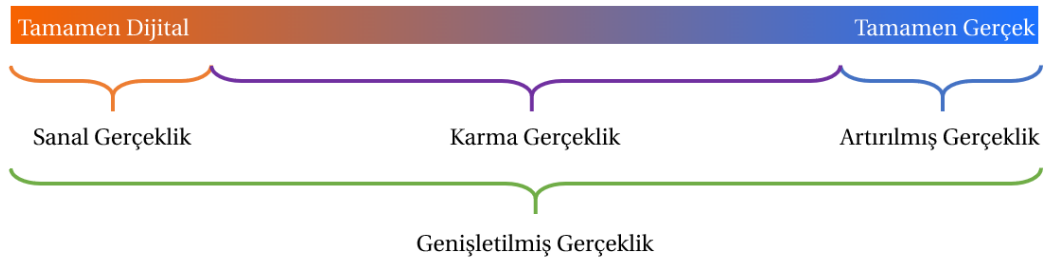
3. SANAL GERÇEKLİK

Sanal Gerçeklik (VR), üç boyutlu grafiklerin ve hareketlerin bir başlık içerisindeki stereo ekranlara yansıtılması ile oluşturulan sanal bir ortam deneyimidir (Philip ve Johnny, 2009). Sanal gerçeklik deneyiminin belirli temel özelliklere sahip olması gerekmektedir. Bunlar:

- Sanal dünya (kullanıcının etkileşime geçtiği alanın oluşturulması).
- Ortamda bulunma hissi (kullanıcının etkileşime geçmesi durumu).
- Geri bildirim (kullanıcı faaliyetinin eş zamanlı gösterimi).
- Sanal dünyayla etkileşim (kullanıcının sanal nesnelerle etkileşime girmesi).
- Katılımcılar (en az bir katılımcı olması).

şeklinde sıralanabilir. Gelişmiş sanal gerçeklik sistemleri, iyi bir sanal deneyim sunabilmek için temel sistemlere göre daha performanslı ve donanımlı cihazlara ihtiyaç duymaktadır (Muhanna, 2015).

Milgram ve Colquhoun yaptıkları çalışmada gerçeklik ve sanallık arasında kalan Karma gerçeklik (Mixed Realities) kavramını tanımlamışlardır. (Milgram ve Colquhoun, 1999). Günümüzde gerçeklik kavramları (VR, AR, MR), XR Genişletilmiş gerçeklik (Extended Reality) çatısı altında toplanmıştır, Şekil 3.1’de, kapsayıcı Gerçeklik-Sanallık spektrumu sunulmuştur (Chuah, 2019). Sanal gerçeklik tamamen dijital olmakla birlikte gerçek dünyadan alınan verilerin sanal ortam ile etkileşim amaçlı olarak kullanılmaktadır. Artırılmış gerçeklik ise yazılımlar üzerinden gerçek dünya verilerine sanal eklemeler yapmaktadır. Karma gerçeklik VR ve AR kavramlarının bir arada kullanılması ile gerçek ortamın sanallaştırılması veya gerçek ortama sanal öğeler aktarmadır.



Şekil 3.1. Gerçeklik-Sanallık spektrumu

3.1. Sanal Gerçeklik ve Artırılmış Gerçeklik

Sanal Gerçeklik ile Artırılmış Gerçeklik kavramlarının günümüzde teknolojik cihazların sağladıkları deneyimler açısından farklılıkları karşılaştırılmaktadır. MR başlıkları bu iki kavramın özelliklerini bir arada sunmaktadır. VR kavramının AR kavramından başlıca farklılıkları:

1. VR tamamen sanal ortam içerisinde, giyilebilir bir başlık üzerinden deneyim sağlamaktadır. AR ise gerçek ortamda bulunan nesneleri kameralar aracılığıyla algılamakta ve algılanan ortamın görüntüsünün önüne sanal nesneleri fiziksel olarak bulunuyormuş gibi yerleştirmekte daha sonra da fiziksel ekrandaki artırılmış ortamı göstermektedir.
2. VR deneyimin daha etkili olması için başlıktaki özel sensörlerden faydalanılmaktadır. Yüksek grafik ihtiyacı durumunda, bilgisayarlar ile daha iyi deneyimler sağlanabilmektedir. AR, ekrana ve kameraya sahip akıllı telefon veya tablet cihazları üzerinde deneyim sunabilmektedir. Bu cihazların işlemcilerinin işlem gücü daha kısıtlı olduğu için grafik seviyesi çok yüksek seviyelere ulaşamamaktadır (Splunk, 2022).

3.2. Sanal Gerçeklik Tarihsel Gelişimi

VR'nin tarihi 1939'lu yıllara kadar uzanmaktadır. 1939'lu yılların başlarında View-Master adlı stereoskop üzerine film diskleri yerleştirilerek sanal bir görüntü deneyiminin elde edilmesi amaçlanmıştır (Burch, 2016).

Henüz 'sanal gerçeklik' terimi ortaya çıkmamışken, 1960'lı yılların başlarında, Morton Heilig tarafından tasarlanan "Sensorama" ışık, ses, hareket ve hatta koku hislerini kullanarak kullanıcıya motosiklet yolculuğu deneyimi sunmayı amaçlamaktadır (Lu ve diğ., 1999). Sensorama'nın sanal gerçeklik teknolojisi için geliştirilen ilk sistemlerden biri olduğu kabul edilmektedir (Poetker, 2019).

Bu tarihsel süreçte modern havacılık için bir uçuş eğitim simülatörü teknolojisinin ilk temelleri atılmıştır. Uçuş simülatörleri bireylerin hayatını ve ekipmanları riske atmadan, yeni nesil uçakların ve uzay araçlarının uygun maliyetli bir şekilde deneyimlenmesini sağlanmaktadır (Lu ve diğ., 1999).

1965 yılında Ivan Sutherland, bilgisayarın bir gün sanal dünyalara nasıl "pencere" olacağını anlattığı "The Ultimate Display" isimli makaleyi yayınlamıştır. 1968 yılında Ivan Sutherland, kullanıcının kafa hareketlerini takip edebilen ve bilgisayarın oluşturduğu grafiklerin görüntülenmesini sağlayan ilk başa takılabilen ekranı üretmiştir. Bu cihaz, kullanıcıya oluşturulan grafiklerin simülasyonlarını sol ve sağ açıdan görüntüleme imkânı sağlamıştır. Bu deneyim sayesinde, kullanıcının kafası hareket ettiğinde, sanal sahneler 3 boyutlu gerçek bir nesneye bakıyormuş izlenimi yaratmıştır. 1980'li yılların ortasında NASA (Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi), uçuş simülatörlerinde kullanılan ekipmanın yüksek maliyetini azaltmak için hazır LCD, TV ve diğer elektronik bileşenlerden nispeten daha düşük maliyetli sanal gerçeklik ekipmanı geliştirmeye başlamıştır. Aynı zamanda, bilgisayarların işlem gücü 1980'li yılların başlarında önemli ölçüde artmasıyla gerçek zamanlı simülasyonların ve etkileşimli grafiklerin masaüstü bilgisayarlarda kullanılmasına imkân sağlanmıştır (Lu ve diğ., 1999).

3.2.1. 1990'larda VR

1990'lı yılların başlarına doğru "Sanal Gerçeklik" terimi araştırmacı Jaron Lanier tarafından ortaya atılmıştır (Poetker, 2019). 1960'lı yıllardan 1990'lara kadar yapılan tüm bu gelişmelerle birlikte 1990'lı yılların başlarında sanal gerçekliğin ticari olarak kullanılmasının önü açılmıştır (Lu ve diğ., 1999).

1991 yılında VR teknolojisi ticari amaçlı eğlence sektörüne Virtuality isimli girişim tarafından sunulmuştur. Virtuality'e ait ağ bağlantılı, çok oyunculu ve kumandalı VR oyun cihazı üretilmiş ve böylece ilk sanal gerçeklik deneyimi sağlanmıştır (Burch, 2016).

1991, 1993 ve 1994 yıllarında Sega isimli şirket üretmiş olduğu oyun konsolu ve Sega VR başlıklarını duyurmuştur. Bu başlıklar kafa hareketlerini algılayabilmekte, stereo ses desteği sağlamakta ve LCD ekran teknolojisini kullanmaktaydı. Fakat geliştirme zorluklarından dolayı prototip aşamasında kalmıştır.

1995 yılında, ilk taşınabilir ve 3-D grafikler görüntüleyebilen VR cihazını Nintendo isimli şirket üretmiştir ancak cihazın grafiklerdeki renk eksikliği (sadece çift renk desteklemesi), yazılım desteği eksikliği ve kullanımının rahat olmamasından dolayı üretimi ve satışı durdurulmuştur (Virtual Reality Society, 2022).

Anlaşıldığı üzere, 1990'larda ticari olarak eğlence sektörüne yönelik geliştirilmiş olan VR cihazları, geliştirme zorlukları ve teknolojinin maliyetli olması gibi nedenlerden dolayı tam olarak istenen başarıya ve satışlara ulaşamamıştır veya prototip aşamasında kalmışlardır.

3.2.2. 2000'lerde VR

2010'da Palmer Luckey tarafından Oculus Rift VR başlığı prototipi tasarlanmış ve 2014 yılında Oculus, 3 milyar dolar karşılığında Facebook şirketi tarafından satın alınmıştır. 2013'te Valve, gecikme olmadan VR içeriğinin aktarılmasını sağlayan çalışmasını diğer şirketler ile paylaşmıştır. 2014'te oyun sektöründe bilinen üretici Sony Playstation 4 konsolu için Playstation VR isimli başlığını tanıtmış ve 2016'da satışa çıkarmıştır. 2015'te akıllı telefonların performans artışı ve yüksek çözünürlüklü ekranlar ile satılmasıyla Google şirketi kartondan tasarlanmış lenslere sahip Cardboard ismini verdiği stereoskopik VR başlıklarını tanıtmıştır. Bu başlıkların içerisine akıllı telefonlar konularak, alternatif VR başlıklarına göre daha düşük maliyetli olacak şekilde sanal gerçeklik deneyimi elde etmek mümkün olmuştur (Poetker, 2019).

2015'te Valve ve HTC ortak üretimi olan HTC Vive isimli VR başlığını, bilgisayar üzerinden yüksek çözünürlüğe sahip görüntüleri gecikmesiz olarak aktarabilen, kablolu kontrolcülere ve başlık hareket takibine sahip olan yeni nesil bir VR oyun platformu olarak tanıtmış ve 2016'da satışa çıkarmıştır (Burch, 2016).

Facebook 2018 yılındaki F8 konferansında, 140 derece görüş açısına sahip Oculus VR başlığını tanıtmıştır (Oculus, 2019).

2019 yılında Facebook şirketi Oculus Quest isimli taşınabilir VR başlığını tanıtmıştır. Oculus Quest, başlığın üzerinde bulunan kameralar aracılığıyla el hareket takibi yapabilmekte, yüksek performanslı işlemci ve yüksek çözünürlüğe sahip ekranları ile kullanıcılara iyi bir VR deneyimi sunulabilmektedir (Hardawar, 2019).

Günümüzde VR alanında büyük şirketler ciddi yatırımlar yapmışlardır, Facebook Meta ismiyle gelecek vizyonunu VR teknolojisi üzerine belirlemiştir. Yeni üretilen VR başlıkları kullanıcılara VR ve MR deneyimi sunmaktadır. VR başlıklarının fiyatları günümüzde akıllı telefonlar ile benzerlik göstermektedir. Yüksek grafikler ve çözünürlük

tercih eden kullanıcılar 8K çözünürlüğe sahip VR başlıklarını tercih etmektedir. Şekil 3.2’de 2022 yılında tanıtılmış olan Meta (Oculus) Quest Pro model üst düzey VR başlığının görüntüsü sunulmuştur (Meta, 2022).



Şekil 3.2. Meta (Oculus) Quest Pro sanal gerçeklik başlığı

3.3. Sanal Gerçeklik Yazılım Geliştirme Araçları

Genellikle VR başlığının üreticisi tarafından sunulan yazılım geliştirme araçları bulunmaktadır. Microsoft gibi büyük şirketler kendi cihazları dışında diğer üreticilerin çok satan cihazlarına uygulama geliştirmeye olanak tanımaktadır. Bu araçlar geliştiricilere cihazın sistem ayarlarını değiştirebileceği, sensörleri ve kontrolcülerini kontrol edebileceği belirli dokümanlarla birlikte yardımcı olmaktadır. Günümüzde kullanılan yazılım geliştirme araçlarının bir kısmı aşağıda incelenmiştir.

3.3.1. Oculus Integration

Oculus firması tarafından, Oculus VR cihazları için ücretsiz sunulan SDK’dır. Unity oyun motoru ile yazılım geliştirmeyi desteklemektedir. İçerisinde el hareket takibi ve kontroller için örnek araçlar bulundurmaktadır. Oculus Android platformu için de geliştirmeyi desteklemektedir (Oculus, 2022).

3.3.2. OpenXR

OpenXR, Khronos Group tarafından oluşturulmuş açık kaynaklı sunulan, VR ve AR cihaz platformlarının çoğunluğunu destekleyen, ticari kullanımda ücret talep etmeyen, içerdiği

kısayollar sayesinde VR geliştirmeyi basitleştiren bir araçtır. SteamVR, Hololens, Oculus, Vive, Magic Leap tarafından üretilen XR cihazlarına Unity ve Unreal Engine üzerinden eklenti sunmaktadır. Yüksek performanslıdır ve çapraz platform desteği sunmaktadır. El hareketi takibi desteği konusundaki çalışmalar devam etmektedir (URL-1).

3.3.3. OpenVR

OpenVR birden fazla donanıma uyumlu ticari kullanımı serbest bir SDK'dır. Uygulama geliştirirken diğer donanımlara özel ayarların yapılması ihtiyaını ortadan kaldırmaktadır (URL-2). OpenVR, Unity XR Plugin'i ile Unity zerinde HTC, OCULUS, VALVE ve diğer üreticilerin VR başlıklarına ortak bir kütüphane ile uygulama geliştirmeyi desteklemektedir (URL-3).

3.3.4. Mixed Reality Toolkit (MRTK)

Microsoft tarafından geliştirilmiş olan MRTK, başta Hololens serisi cihazlara MR desteği sağlamakla birlikte, Oculus Quest gibi cihazlara VR ve AR desteği de sağlamaktadır. Genellikle Kurumsal ve Askeri uygulamalar için tercih edilmektedir. MR alanında yaygın kullanılan açık kaynaklı kütüphanelerden biridir. Unity veya Unreal Engine üzerinde kullanılması mümkündür. El hareketleri ile kontroller konusunda diğer kütüphanelere göre ileri seviye fiziksel hareketlerin sorunsuz ve kullanıcı arayüzü (UI) ile etkileşimin kolaylıkla gerçekleştirilebilmesi ve optimize olmasıyla ne çıkmaktadır. MR alanı odaklı bir araç olmasından dolayı el hareketleri ile st düzey bir deneyim sağlayabilmektedir. Ayrıca Windows Mixed Reality, OpenXR, OpenVR ve mobil (iOS ve Android) platformlarını desteklemektedir (Microsoft, 2022a).

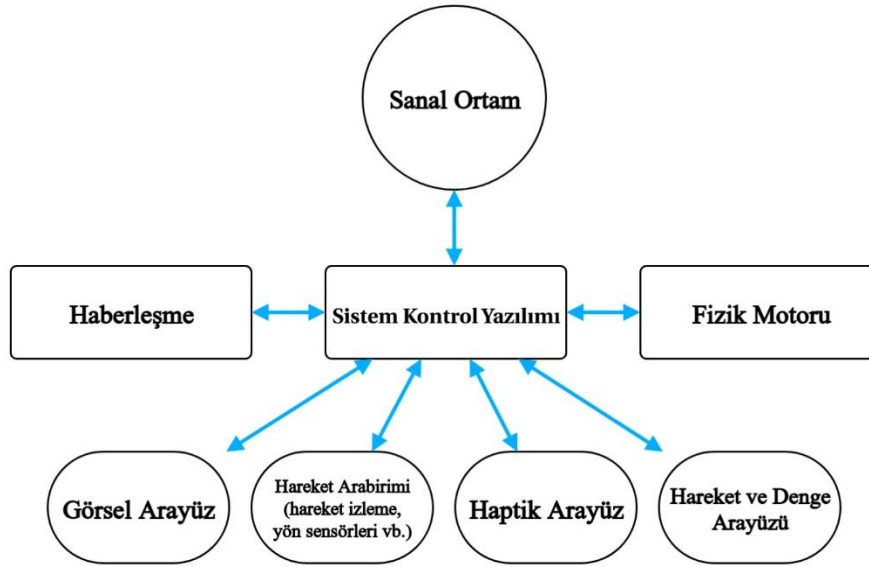
3.4. Sanal Gerçeklik alışma Mekanizması

VR sistemi; VR başlığı, kullanıcı ve sanal ortam bileşenlerinden meydana gelmektedir. VR, sensörler, kontrolcüler ve hareket takibi teknolojilerini kullanarak, bilgisayarda tasarlanmış 3D sanal grafiklerin ve seslerin, bilgisayar veya yüksek performanslı mobil cihaz üzerinden VR başlığının içerdiği ekran ve hoparlörlere gerçek zamanlı olarak aktarılmasıyla ve kullanıcının etkileşimiyle sanal deneyim yaşamasını sağlayan bir teknolojidir (Mihelj ve diğ., 2014). VR sisteminde sensörlerinin başlığın konumu ve

kullanıcının hareketlerini hatasız tespit etmesi için genellikle aydınlık, geniş ve boş bir ortam gereklidir.

3.5. Sanal Gerçeklik Sistem Şeması

Şekil 3.2’de temel bir VR sistem şeması gösterilmektedir. Sistem kontrol yazılımı, arayüz katmanlarıyla (görsel, haptik, hareket ve denge katmanları) sanal ortam arasında bilgi akışını yönetmektedir. Kullanıcı gerçek dünyada bir değişiklik yaptığında, bu katmanlardan gelen bilgiyle birlikte sanal ortam eş zamanlı olarak değiştirilir. Sanal ortam içerisinde değişime uğrayacak olan nesnelerin (sanal kamera veya temsilci avatarlar) biçimleri, konumları, özellikleri gibi değişkenlere yeni değerler uygulanmaktadır. Ayrıca sistem, kontrol yazılımı haberleşme birimi üzerinden internete bağlanabilir ve çok kullanıcı sistem desteği sağlanabilir (Christou, 2010).

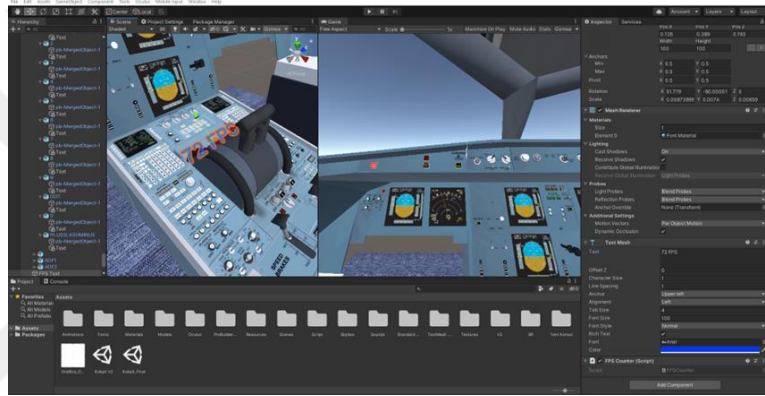


Şekil 3.3. VR sisteminin şematik görünümü

Simülasyonların gerçeğe uygun bir şekilde oluşturulabilmesi için fizik oyun motoru kullanılmaktadır. Fizik oyun motoru, dinamik nesnelerin diğer nesnelerle fiziksel temasa geçtiği durumları hesaplamakta ve yönetmektedir. Fizik oyun motorunda çarpışma algılama, yerçekimi, sürtünme, kuvvet etkilerini uygulayan Newton yasalarının simülasyonu bulunmaktadır. Fizik oyun motoru, nesnelerin bütün bu fiziksel özellikleri hesaplamaktadır (Christou, 2010).

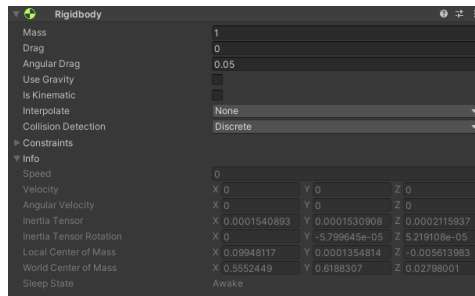
4. UNITY TEMEL BİLEŞENLERİ

Unity3D, hızlı prototipleme yapabilme, çoklu platformlarda çalışabilen uygulamalar geliştirme ve sanal gerçeklik cihazlarına özel geliştirme desteği sağlamaktadır. Bu uygulamanın seçiminde, Unity3D'nin kullanılacak olan Oculus Quest 2 model VR cihazı için yazılım desteği sunması ve Unity3D platformunun simülasyon uygulamaları geliştirme alanında başarılı olması dikkate alınmıştır. Sanal ortamda nesneler ile temas işlemlerini algılamaya yardımcı olacak olan Colliderlar'ın, gerekirse Joint ve Rigidbody araçlarının fiziksel temas işlemlerinde eklenmesi gerekir. Şekil 4.1'de Unity3D editörü üzerinde sanal gerçeklik uygulamasının örnek bir görüntüsü sunulmaktadır.



Şekil 4.1. Unity3D editör görüntüsü

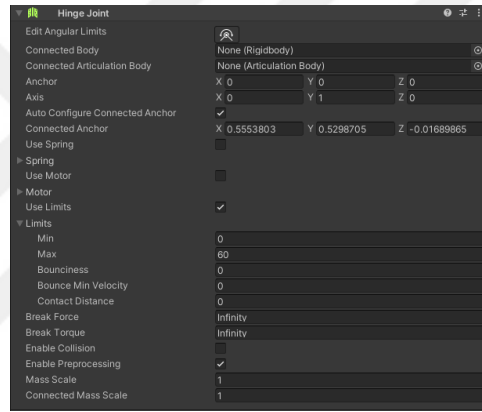
Fiziksel etkileşimde bulunacağımız modellerin içerisinde bulunması gereken bileşenler (Component) içerisinde Rigidbody; objelerin gerçekçi bir şekilde hareket etmesini sağlamaktadır. Rigidbody; objenin kuvvet ve ivme gibi fiziksel etkenlerle etkileşime girmesine de olanak sağlamaktadır. Şekil 4.2'de Unity3D editörü üzerinde örnek bir Rigidbody bileşeninin görüntüsü sunulmaktadır.



Şekil 4.2. Unity3D editörü üzerinde Rigidbody bileşeni penceresi

Etkileşimde bulunan modellerin içerisindeki Collider bileşeni; herhangi bir GameObject (Sanal Obje) ile fiziksel teması için kullanılmaktadır. Box Collider, çok az bir işlem gücüne ihtiyaç duymaktadır ve kullanıcı tarafından görülmediği için optimize edilebilmekte ve şekli ayarlanabilmektedir.

Joint bileşeni sayesinde, sahne içerisindeki fiziksel iki nesne birbirine bağlanabilmekte ve açıları ayarlanabilmektedir. Kokpit içerisinde bulunan çeşitli mekanik düğme, kol ve anahtarların işlevlerini simülasyon ortamında fiziksel olarak modelleyebilmek ve sanal eller ile temas durumlarında etkilenebilmesi için modellere eklemek ve gerekli ayarlamaların yapılması gerekmektedir. Şekil 4.3'te Unity3D editörü üzerinde örnek bir Hinge Joint bileşenin görüntüsü sunulmaktadır.



Şekil 4.3. Unity3D editörü üzerinde Hinge Joint bileşeni penceresi

Unity3D programında, 3D modelleme yapabilmek için ProBuilder plugin'i bulunmaktadır. Bu plugin'i kullanabilmek için gerekli olan kütüphaneleri Paket Yöneticisi içerisinde indirmek ve projeye dahil etmek mümkündür.

4.1. TextMesh Pro Plugin'i

Unity3D programında sahneye 2D veya 3D yazılar eklemek için TextMesh Pro plugin'i bulunmaktadır. Paket Yöneticisi içerisinde TextMesh Pro projeye dahil edilmiştir. Bu plugin ile yüksek detaylı yazılar oluşturmak ve biçimlendirmek mümkündür. TextMesh Pro bileşenlerine kodlar ile erişilebilmektedir. Oluşturulan 3D TextMesh Pro bileşenleri sahne içerisinde ilgili panellerin ve düğmelerin üzerinde yatay olarak konumlandırılmıştır.

5. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde bir VR uygulamasının geliştirme sürecinde kullanılan materyaller ve uygulamanın geliştirme aşamalarını genel bir bakış açısından sunan yöntem bölümü anlatılmıştır.

5.1. Materyal

Bu bölümde VR uygulamasını geliştirmek için tercih edilen donanımlar ve yazılımların özellikleri hakkında bilgiler bulunmaktadır.

5.1.1. Donanım

Tez çalışması kapsamında uygulamayı geliştirmek için bir bilgisayar ve bir Oculus Quest 2 VR cihazı (başlığı) kullanılmıştır. Kullanılan VR cihazının donanım özellikleri aşağıda verilmektedir. Şekil 5.1’de kullanılan Oculus Quest 2 VR başlığı ve kumandaların görüntüsü sunulmuştur (Meta, 2020).

- İşlemci: Qualcomm Kryo 585
- Grafik İşlemcisi: Adreno 650
- Bellek: 6GB LPDDR4X
- Kapasite: 256 GB
- Kamera: 4 Kızılötesi Kamera
- Sensörler: İvmeölçer, Jiroskop



Şekil 5.1. Meta (Oculus) Quest 2 sanal gerçeklik başlığı ve kumandaları

5.1.2. Yazılım

İlgili sanal kokpit eğitim simülasyonunun geliştirme çalışmaları Windows 10 işletim sistemi üzerinde gerçekleştirilmiştir. Unity3D (2020 versiyonu) programı ile proje geliştirilmiştir. Projenin kodları (C# programlama dili) Microsoft tarafından geliştirilen Visual Studio Code programı üzerinden yazılmıştır. Oculus Quest 2 (Android işletim sistemine sahip) VR cihazı ile uyumluluğu bulunan Oculus Integration SDK (47 versiyonu) ve Microsoft Mixed Reality Toolkit SDK (2.8.3 versiyonu) kütüphaneleri projeye dahil edilmiştir. Unity3D programı içerisinde bulunan 3D modelleme işlemleri ProBuilder isimli plugin kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Unity3D program sahnesi içerisinde oluşturulan 2D ve 3D yazılar TextMesh Pro isimli plugin ile oluşturulmuştur. İlgili kokpit panellerinin grafik tasarımları Photopea isimli web tarayıcı tabanlı görsel düzenleme aracı (ücretsiz) kullanılarak yapılmıştır. Unity3D projesi içerisinde kullanılan ses dosyaları için MP3 dosya formatı tercih edilmiştir.

5.2. Yöntem

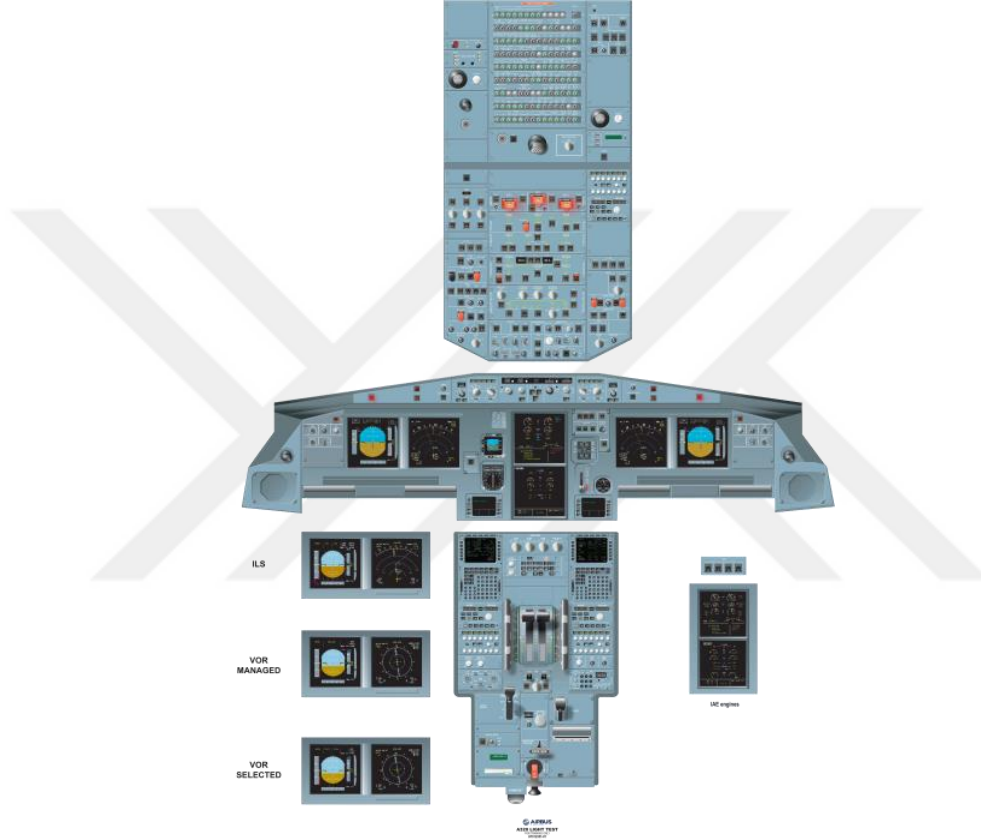
Bu bölümde tez kapsamında geliştirilmiş olan VR uygulamasının; geliştirme aşamaları, mimarisi ve yöntemleri anlatılmıştır.

5.2.1. VR Uygulamasının Geliştirme Aşamaları

Çalışma öncesinde, VR başlıklarına (Oculus, HTC) özel tasarlanmış simülasyon uygulamaları ve simülasyon oyunları incelenmiş ve incelenen uygulamaların kontrolleri, grafikleri ve arayüzleri hakkında temel bilgiler edinilmiştir. A320 model uçak kokpitine ait düğme ve kontrolcü bileşenlerin bilgileri derlenmiştir. Literatürde yer alan sanal gerçeklik çalışmaları ve akademik VR deney çalışması uygulamaları incelenerek prototipin içermesi gereken temel bileşenler belirlenmiştir. Dikkat edilmesi gereken konular şu şekilde özetlenebilir:

- Kullanılan yazı boyutu kolaylıkla okunabilir boyutlarda olmalı.
- Arayüz karmaşık olmamalı.
- Gerçekçi el hareketleri ile etkileşim sağlanabilmeli.
- Uygulama yüksek performanslı olmalı.
- Sanal ortam gerçek ortama yakın boyutlarda tasarlanmalı.

Ön çalışmanın tamamlanmasından sonra, geliştirilecek olan VR kokpit uygulamasının prototip tasarımı oluşturulmaya başlanmıştır. Modelleri oluşturmak için öncelikle Unity3D programı içerisinde bulunan ProBuilder eklentisi kullanılmıştır. Materyal kaplamaları için A320 model uçak kokpitinin dijital görsel çizimi baz alınarak ücretsiz fotoğraf düzenleme yazılımı üzerinden basitleştirilmiş dış tasarım yapılmıştır. Şekil 5.2’de kullanılan dijital referans çizimi görülmektedir (URL-4).



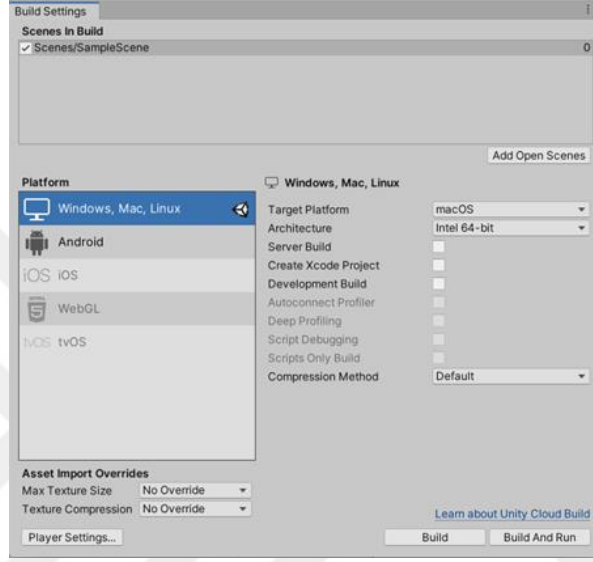
Şekil 5.2. Airbus A320 kokpitinin dijital referans çizimi

VR kokpit uygulamasının geliştirilebilmesi için gerekli araçların (VR SDK) kurulması gerekmektedir. Uygulama içerisinde Oculus Integration ve MRTK yazılım geliştirme araçları kullanılmıştır. Uygulama içerisinde bulunan görev açıklama yazıların sese dönüştürülmesi için ise Azure (Microsoft) Metin Okuma hizmeti kullanılmıştır. Tüm gerekli kaynaklar toplandıktan sonra projeye dahil edilmiştir. Uygulamanın optimum bir performansla mobil cihazlarda da çalışabilmesi için kullanılan modeller poligon seviyesinde modellenmiştir. Geliştirilen uygulamanın ayarları, kullanılacak olan VR

başlığının işletim sistemi temel alınarak, Android 10 (API 29) ve üzeri sürümler için ayarlanmıştır.

5.2.2. Unity Projesinin Ayarlanması

Geliştirilecek olan uygulama Oculus Quest 2 VR cihazı üzerinde çalıştırılacağından dolayı hedef platformun Unity3D üzerinden Android olarak seçilmesi gerekmektedir.



Şekil 5.3. Unity3D programının build (derleme) ayarları

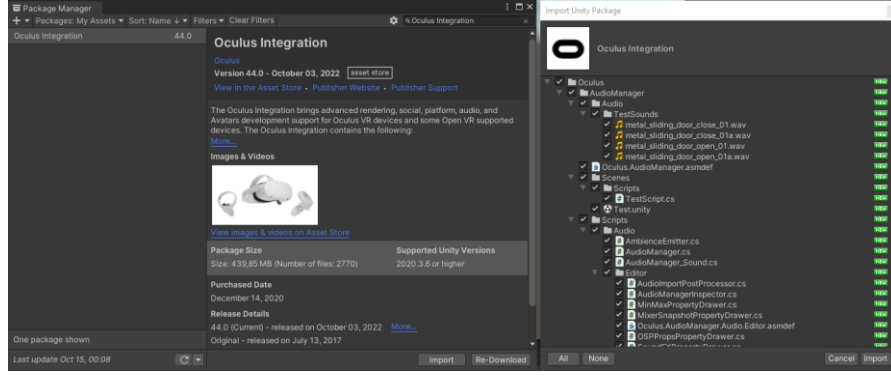
Şekil 5.3'te Unity3D projesi oluşturulduğunda varsayılan ayarlar görünmektedir. Projenin cihazın desteklediği ön ayarlara uyumlu olması gerekmektedir.

Quest 2 model VR donanımı ColorSpace*: Linear ve Graphic API OpenGL ES3 ayarlarıyla uyumlu çalışmaktadır. Projenin cihaz ile uyumunu sağlayacak gerekli ön ayarlar Unity3D üzerinde gerçekleştirilmiştir.

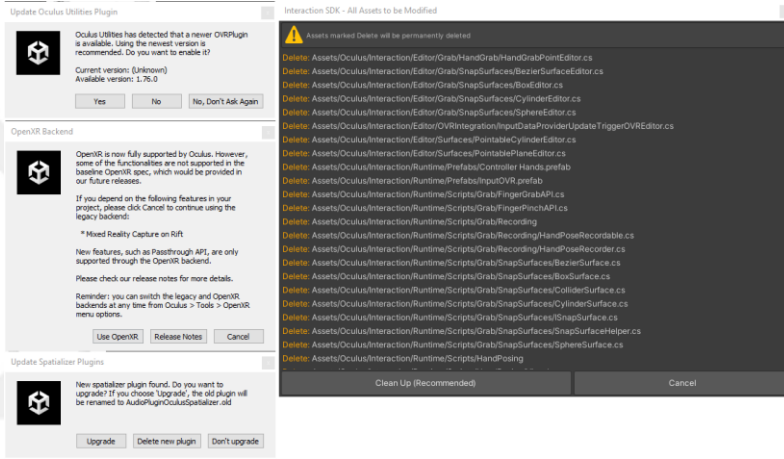
5.2.2.1. Oculus Integration SDK'nın Uygulamaya Dahil Edilmesi

Geliştirilen Unity3D projesinin VR başlığının donanımına uygun olarak çalışabilmesi için Paket Yöneticisi panelinden "Oculus Integration" SDK projeye dahil edilmelidir

Şekil 5.4'te Paket Yöneticisi panelinden "Oculus Integration" SDK'nın uygulamaya dahil edilmesi işlemi gerçekleştirilmektedir.



Şekil 5.4. Oculus Integration kütüphanesinin uygulamaya dahil edilmesi



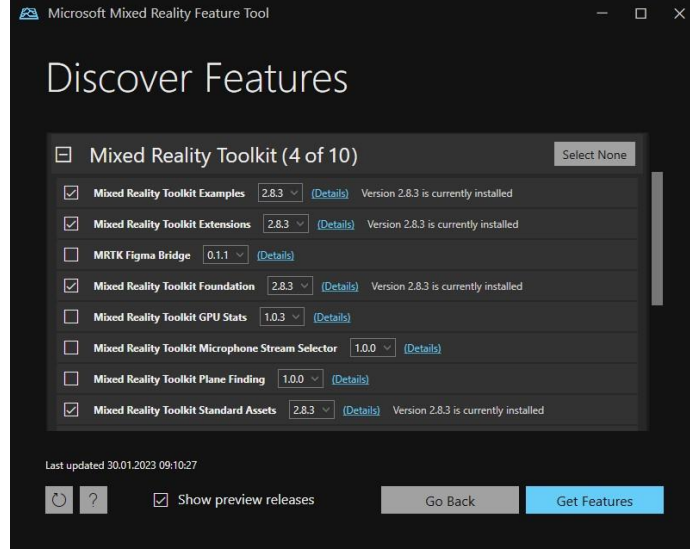
Şekil 5.5. Oculus Integration kütüphanesinin kurulum ekranları

Şekil 5.5'te görüldüğü üzere, Integration kütüphanesinin güncelleme seçeneklerine izin verilerek Unity3D içerisine aktarımı tamamlanmaktadır.

5.2.2.2. MRTK SDK'nın Uygulamaya Dahil Edilmesi

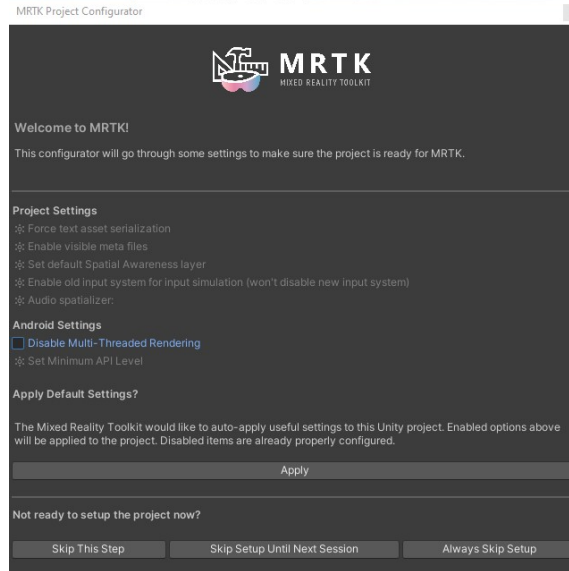
Mixed Reality Feature Tool isimli programın yardımıyla MRTK SDK'nın Unity3D projesi içerisine otomatik dahil edilmesi sağlanmaktadır. Öncelikle ilgili program Microsoft sitesinden indirilmelidir. Programın arayüzünden Unity3D projesinin klasör konumu seçilir ve MRTK kütüphanesinin araçlarının otomatik olarak kurulumu gerçekleştirir (Microsoft, 2022b).

Şekil 5.6'da Mixed Reality Feature Tool programı üzerinden ilgili MRTK kütüphanesinin kurulum ekranı görüntüsü sunulmuştur.



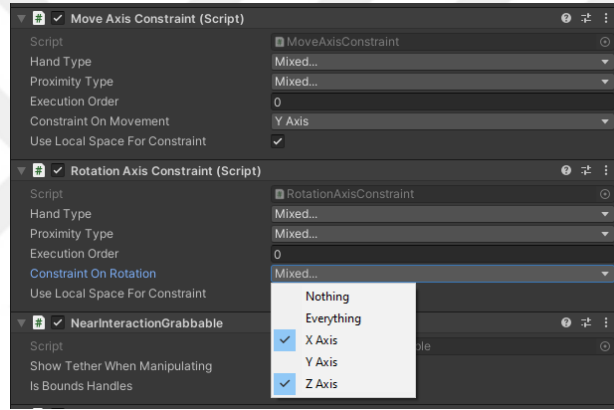
Şekil 5.6. Microsoft Mixed Reality Feature Tool kurulum ekranı

Kurulum işlemi tamamlandıktan sonra Unity3D programı içerisinde MRTK Proje Yapılandırma penceresi açılmaktadır. Burada MRTK için önerilen hazır ayarlar bulunmaktadır. Android ayarları bölümünden Disable Multi-Threaded Rendering seçeneği iptal edilmiştir, bu durumda Oculus Quest 2 cihazı üzerinde çalışacak uygulamanın işlemci yükünün hafiflemesi sonucu performansta artış göstermesi amaçlanmıştır. Şekil 5.7’de MRTK yapılandırma penceresi ayarlarının bulunduğu pencerenin görseli sunulmuştur.



Şekil 5.7. MRTK Unity3D projesi yapılandırma penceresi

Unity3D programı içerisinde Paket Yöneticisinden MRTK Examples (Örnekleri) plugin'i bölümünden HandTracking isimli örnek proje dosyaları uygulamaya dahil edilir. Örnek dosyalar içerisinde cihaz kütüphaneleri ile uyumlu profil ayarları ve sahneler bulunmaktadır. MRTK SDK'nın Oculus Quest'in kullanmış olduğu kütüphane ile entegrasyonunun sağlanması için Mixed Reality Toolkit sekmesi içerisinde bulunan Oculus başlığı altından modüllerin entegrasyonu gerçekleştirilmelidir. Örnek sahneler içerisinde MRTK SDK'nın bileşenleri kullanılarak VR başlığı için uygulama test edilmelidir. İlgili 3D düğme ve kontrolcülere MRTK bileşenleri eklenmeli ve fiziksel hareket sınırlama ayarlamaları yapılmalıdır. Şekil 5.8'de Unity3D editörü üzerinde MRTK SDK'nın bileşenleri ve fiziksel hareket sınırlama ayarlarının bulunduğu pencerenin görüntüsü sunulmuştur.

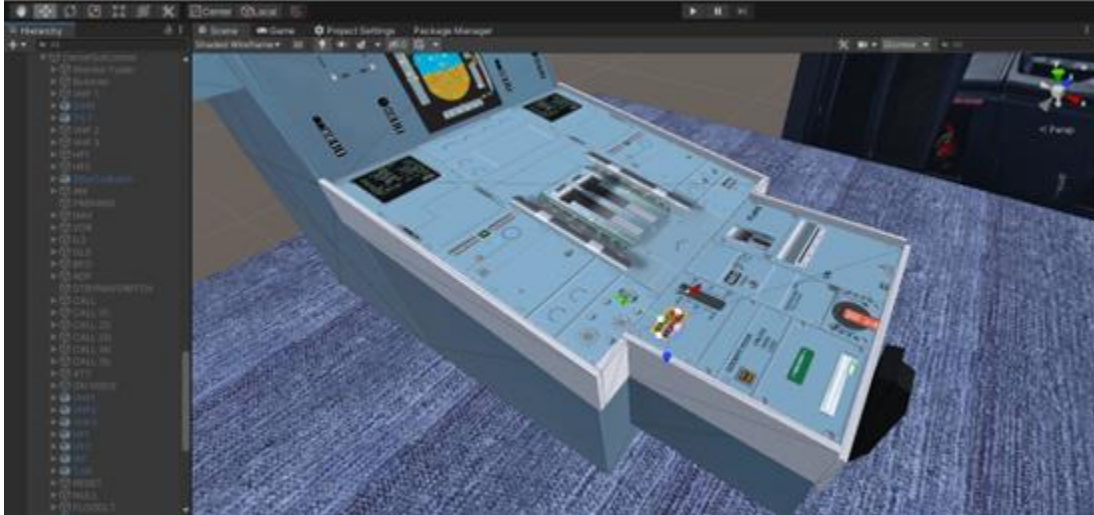


Şekil 5.8. MRTK SDK'nın bileşenleri ve fiziksel hareket sınırlama ayarları

5.2.3. Unity'de 3D Modellerin Tasarlanması

Kokpit ve bileşenlerin 3D modellenmesi için Unity3D'nin ücretsiz modelleme aracı olan ProBuilder, Paket Yöneticisi üzerinden projeye dahil edilmiştir. 3D modelleme programları yerine orta düzey bilgi ve deneyimin yeterli olduğu ProBuilder; basit arayüzü ile kolay ve hızlı modeller oluşturmak için tercih edilmiştir. ProBuilder modelleme aracı, UV haritalama ve düzenleme (3D modelin 2D dokusunun oluşturulması), parametrik şekiller oluşturma ve modeli çıktı alma özelliğine sahiptir. ProBuilder ile Unity sahnesi içerisinde özel geometrik modeller oluşturmak, düzenlemek ve kaplamak mümkündür. Uygulama gerçek zamanlı çalışacağı için işlemciye olabildiğince az yük binmesi açısından tasarlanacak olan modellerin mümkün olduğunca düşük sayıda poligon

(çokgen) içermesi gerekmektedir. Unity3D fizik motoru, sahne içerisinde oluşturulan bir birimin bir metreye karşılık geldiğini kabul etmektedir (URL-5). Tasarıma başlarken alt orta kısımda bulunan panelin modellenmesi ile başlamanın uygun olduğuna karar verilmiş ve panellerin referans ölçüleri belirlenmiştir (URL-6). Bu ölçüler doğrultusunda ilgili panelin dış iskeletinin ayrı ayrı modellenmesi tamamlanmıştır. Kokpitin dış kısmında kalan ve işlevsel olmayan bölümlerin (zemin, ön, sağ ve sol cephe), referans görsellere basit modeller kullanılarak eklenmesi performans ve geliştirme zamanı açısından daha uygun görülmüştür. Airbus-A320'ye ait olan referans görsellerden ana panelde bulunan düğmelerin modellenmesi ve kaplamaları sırayla ProBuilder araçları kullanılarak yapılmıştır. Kokpit içerisinde bulunan düğmelerin işlevselliği ve mekanikleri referanslar doğrultusunda belirlenmiş ve projeye uygun prototipler kullanılmıştır. Kokpit içerisinde bulunan tüm düğme ve kontrolcülerin modelleri yapılmıştır. Modellerin konumlarını merkez noktalarının yerleşecekleri kısımlardan tasarlamak önemlidir. Bu noktalar referans alınarak animasyonlar ve fiziklere dayalı işlemler uygulanmıştır. Şekil 5.9'da modelleme ve yerleştirme aşamasında olan 3D panelin prototip görüntüsü sunulmuştur.



Şekil 5.9. Kokpit panellerinin modellenmiş görünümü

5.2.4. Dijital Çizimlerin Oluşturulması ve 3D Modellerin Materyallendirilmesi

Unity3D oyun motorunun sağladığı materyaller ile istenilen doku/görsellerin 3D model üzerinde görüntülenmesi sağlanmaktadır. Dijital görselleri tasarlamak için Airbus-A320

model uçağın kokpit bileşenlerinin bulunduğu dijital çizim, referans alınmak amacı ile fotoğraf düzenleme aracına aktarılmıştır. 3D model üzerinde farklı panellerin boyutlarına uygun biçimde görseller kırpılmış ve PNG formatında kaydedilmiştir. Kaydedilen dosyalar fotoğraf düzenleme aracına ayrı ayrı aktarılmış ve aktarılan görsellerin üzerinde bulunan referans düğmelerin ve isimlerinin bulunduğu bölgeler arka plan rengi ile boyanarak gizlenmiştir.

Bu işlemin amacı, 3D panellerin üzerine eklenen düğmelerin, yazıların ve işaretlerin yerleşecekleri konumlarını belirlemek içindir. İşaretler daha sonraki işlemlerde fotoğraf düzenleme araçları kullanılarak siyah renk ile yeniden tasarlanmış böylece daha net bir panel görüntüsü oluşturulmuştur. İstenildiği takdirde bu renklerin tekrar değiştirilmesi mümkündür.

Şekil 5.10’da iki farklı vektör çizimin hazırlanma aşaması bulunmaktadır.



Şekil 5.10. Kokpit vektör çiziminin hazırlanması

İlgili düğmeler yerleştirildikten sonra materyallere düğmesiz ve yazısız kaplamalar eklenmiştir. Bu aşamada Airbus-A320 kokpitinin 360° keskin bir netlikte panellerin tüm detaylarının çıktığı panorama çekilmiş fotoğrafına ulaşılmıştır.

Şekil 5.11’de A320 model uçağın kokpitinin iç kısmının görüntüsü sunulmuştur. Bu sayede tasarlanacak panellerin ortalama boyutları, yerleşecekleri yerleri gibi birtakım bilgiler edinilmiştir (URL-7).



Şekil 5.11. Airbus A320 kokpitinin iç görünümü

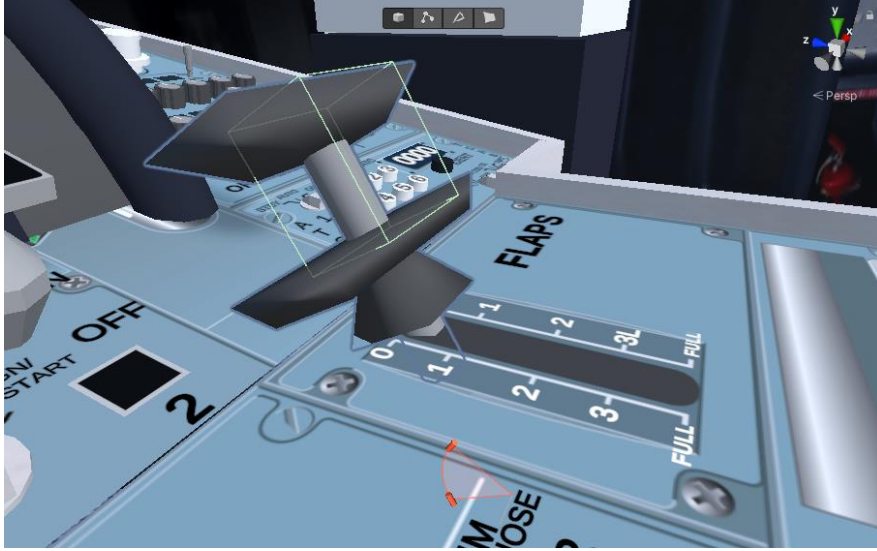
5.2.5. Düğme ve Kontrolcü Modellerin Panellere Yerleştirilmesi

Düğme ve kontrolcülerin Unity3D sahnesi içerisinde düzenli isimlendirmesi ve paneller içerisinde bölümlerine göre gruplama işlemi yapılmıştır. Düğmeler ve kontrolcülerin tümü sahneye uygun biçimde yerleştirilmiştir.

Her düğme ve kontrolcü modeli ile etkileşime geçilmesi, temas işlemlerinin algılanmasına yardımcı olan Collider bileşenleri, gerekirse Joint ve Rigidbody bileşenleri fiziksel temas işlemlerinin uygulama içerisinde simüle edilmesi amaçlı eklenmiştir.

Düğmeler ve kontrolcülere uygun renklere sahip materyaller verilmiştir. Bu modeller üzerinde ortak materyallerin kullanılması uygulamanın optimize ve performanslı çalışmasını sağlamaktadır.

Şekil 5.12’de Unity3D editörü üzerinden örnek bir panel üzerinde yerleştirme işlemleri tamamlanmış bir kontrolcü (Flaps) 3D modeli üzerinde bulunan Box Collider (yeşil renk) ve Hinge Joint (kırmızı renk) bileşenlerinin yerleştirildiği pozisyonlar gösterilmektedir.

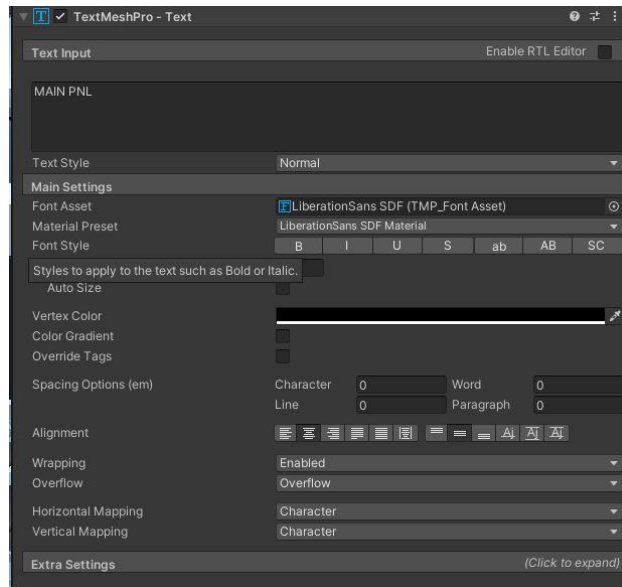


Şekil 5.12. Box Collider ve Hinge Joint bileşenlerinin pozisyonlarının ayarlanması

5.2.5.1. Bileşen İsimlerinin Panellere Yerleştirilmesi

Unity3D üzerinde yazı bileşenleri (3D Text Mesh), düğme açıklamalarının bulunduğu materyalin referans düğme ve panel kontrol isimlerine göre eş sayıda oluşturulmuş ve isimlendirilmiş ve görsel açıklamaların üzerine konumlandırılmıştır.

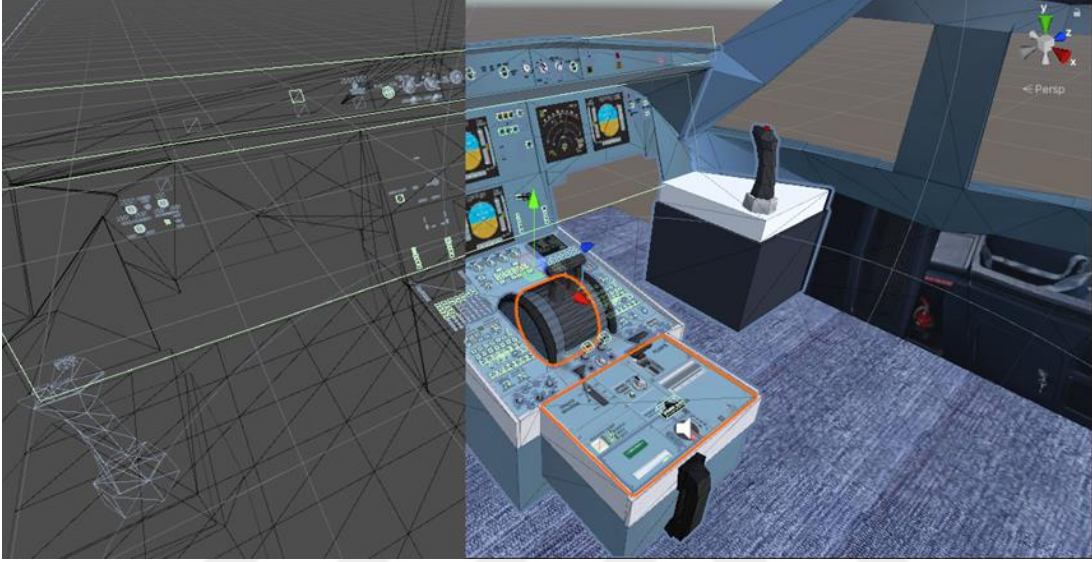
Şekil 5.13'te Unity3D editörü üzerinde örnek bir yazıya ait TextMesh Pro bileşenine ait ayarların bulunduğu pencere sunulmuştur.



Şekil 5.13. TextMesh Pro bileşenine ait ayarların bulunduğu pencere

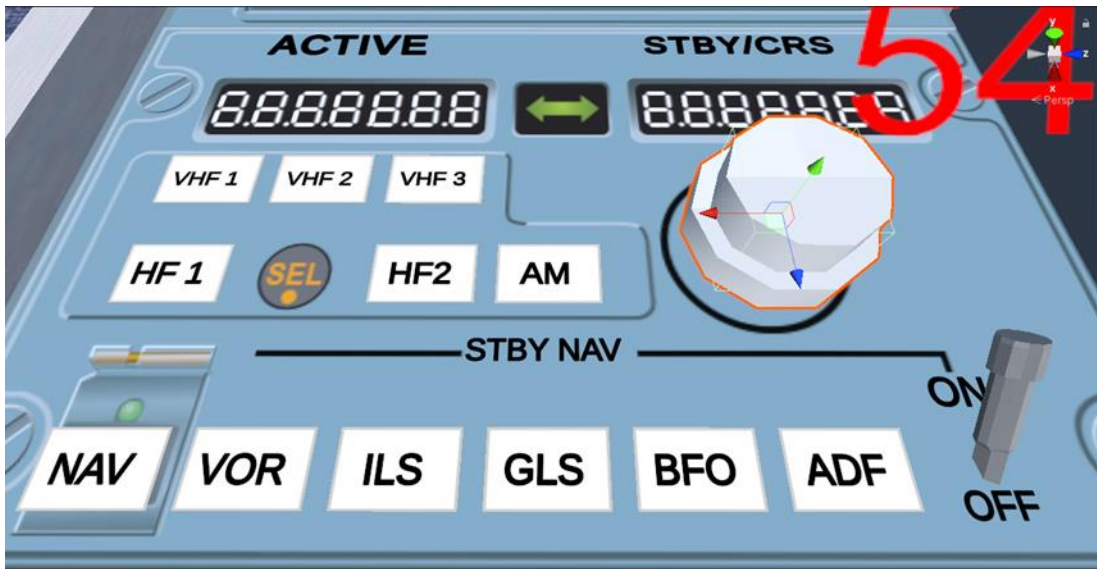
Konumlandırma işlemi tamamlandıktan sonra, açıklamaların bulunduğu materyal diğer düzenlenen dijital görsel ile güncellenmiştir.

Şekil 5.14'te tüm düğme ve kontrolcüler yerleştikten sonra kokpitin iskelet yapısı gösterilmektedir.



Şekil 5.14. Kokpitin iskeleti (solda) ve bileşenlerin yerleştirilmiş hali (sağda)

Şekil 5.15'te örnek olarak, radyo (radio) kontrol paneli üzerinde düğmelerin yerleşimi gösterilmektedir.



Şekil 5.15. Radyo paneli düğmelerinin ayarlanması

5.2.6. Simülasyon Ortamının Ayarlanması

Kokpit simülasyon sahnesinin istenilen görüş açısına getirilmesi için Unity3D içerisinde sanal kameraların konumu göz kararı ile ayarlanmış ve sanal gerçeklik başlığı ile gerçekleştirilen denemeler üzerinden en ideal konum sahne içerisinde belirlenmiştir. Cihazın desteklediği sınırlar içerisinde ellerin (sanal ortamda) düğmeler ile temas aşamasının fiziksel ve animasyonlu açıları gözlemlenebilmektedir. Unity3D sahnesinde bulunan kameranın görüş açısındaki 3D modellerin sayısı ve poligon miktarına bağlı olarak değişken performans değerleri dikkate alınmış ve optimize edilmiştir. Şekil 5.16'da simülasyon ortamının Unity3D sahnesindeki genel görüntüsü bulunmaktadır, sağ ve sol kontrolcüler yerine temsili modeller konumlandırılmıştır.



Şekil 5.16. Simülasyon ortamının Unity3D'deki genel görüntüsü

5.2.6.1. Bileşenler ile Etkileşim ve Geri Bildirim

Kokpit panelleri üzerinde bulunan düğmeler ve hareketli kontrolcülerin gerçek işlevine en yakın biçimde basılma hissi sağlaması ve hareket etmesi gerekmektedir. Düğmelere basıldığında aktif olduğuna dair renk geçişlerinin yapılması gerekmektedir. Uzaktan etkileşime geçmek için çizgi biçiminde ışın gösterimi, düğme veya kontrolcülere sanal

ortamda erişim sağlanmasını kolaylaştırabilir. VR cihazının kameralar ile algıladığı el hareket takibinin yapılamadığı durumlarda, örneğin ellerin tamamen üst panel ile etkileşime geçmesi ve kullanıcının ön panelde bulunan prosedürleri okuması durumunda sanal el sabitleme düğmeleri geliştirilmiştir.

5.2.7. Etkileşimli Arayüzlerin Tasarlanması

Tasarlanan arayüzlerin sade ve anlaşılır olması ilk defa uygulamayı kullanacak kullanıcılar ve tekrar eden kullanımların verimli olması açısından çok önemlidir. Arayüzler, her bir seçenek için gösterilmesi gereken tüm bilgileri olabildiğince az sayıda arayüz paneli içerisinde göstermelidir. Arayüzlerin kokpitin panellerini kapatacak kadar büyük tasarlanmamasına dikkat edilmesi gerekir. Birinci arayüz (sanal panel) büyük dikdörtgen biçimine sahiptir, tüm işlemlerin tek bir arayüz üzerinde menüler aracılığıyla değişmesi planlanmıştır. Dikey dikdörtgen biçimli küçük boyutlu düğmelerin kısa açıklamalarını içeren ikinci bilgi arayüzü planlanmış ve arayüzlerin sahip olması gereken temel özellikler belirlenmiştir. Sanal gerçeklik ortamında yazıların kalın ve büyük boyutlu olması tercih edilmiştir. Mavi arka plan üzerinde beyaz renkli yazıların kullanılması tercih edilmiştir. Arayüzlerin istenildiği takdirde kapatılması için de sol üst köşeye, kapatmak amaçlı sanal tuş konumlandırılmıştır. Birinci ana arayüzün dinamik olarak boyutlandırılması ve sanal ortamda istenilen konuma yerleştirilmesinin kullanıcı açısından kolaylık sağladığı yönünde denemeler yapılmış ve bu özellikler dahil edilmiştir. Ek olarak MRTK kütüphanesinin sağladığı kullanıcıyı takip etme özelliği sanal tuş olarak eklenmesine karar verilmiştir. Bu özellik sayesinde, kullanıcının baktığı yöne panel otomatik olarak dönmektedir. İkinci bilgi arayüzünün alt kısmında hangi düğmeye ait olduğuna dair vurguya sahip olması kullanıcının sanal ortamda anlaşılır çalışması için gerekmektedir. Ana arayüz seçenekleri üç bölüme ayrılmıştır, bunlar Bilgilendirme, Senaryo, Uygulamalı eğitim sistemleridir.

5.2.7.1. Bilgilendirme Sistemi

Bilgilendirme sisteminin amacı kullanıcının kokpit içerisinde temas ettiği düğme, kontrolcü veya istenildiği takdirde herhangi bir bileşene ait açıklamaların (bilgilerin) ve sesli anlatımların arayüz panelinden ve bileşenlerin üzerinde açılan bilgi panelinde gösterimini sağlamaktır. Ana arayüz panelinden seçildiğinde bilgilendirme sistemi aktif

olmaktadır. Bilgilendirme sistemi ilgili düğmelerin ne işe yaradığı hakkında bilgileri ana arayüz paneli ve ikinci düğmeler üzerinde oluşan bilgi arayüz panelinden okunmasını sağlamaktadır. Deneme amaçlı bilgilerin sesli olarak dinlenebildiği belirli düğmeler bilgilendirme sistemine eklenmiştir. Kullanıcı başka bileşenlerle etkileşime geçtiği durumlarda bilgiler değişmekte ve ilgili bileşenin üzerine bilgi paneli konumlandırılmaktadır. Şekil 5.17’de bilgi panelinin öğrenme amaçlı kullanımı gösterilmektedir.



Şekil 5.17. Bilgileri gösteren sanal paneller

5.2.7.2. Senaryo Sistemi

Senaryo sisteminin amacı kokpit içerisinde bulunan tüm bileşenlerin ve ekranların durum göstergelerini ilgili uçuş senaryosunun ortamına ayarlamak ve kullanıcının etkileşimi doğrultusunda simüle etmektedir. Ana arayüz panelinden ilgili senaryo seçildiği zaman sistem aktif olmakta ve başlamaktadır. Kokpit içerisinde düğmeler, anahtarlar, kontrolcüler ve ekranlar senaryo için ayarlanmaktadır. Etkileşimler senaryo doğrultusunda ilerlemektedir. Şekil 5.18’de senaryoyu arayüz üzerinden belirleme aşaması gösterilmiştir.



Şekil 5.18. Arayüz panelinden senaryo seçimi

Şekil 5.19’da A320 üzerinde yangın testi için kullanılan ana bileşenler görülmektedir. Örnek olarak Motorda Acil Durum Yangın senaryosu eklenmiştir. Senaryo sistemi için tüm panellerin ekranları ve göstergelerine dinamik arayüzler (prosedür bilgilerinin yazdırıldığı) tasarlanmıştır. Senaryo seçildiğinde, kokpitin ön kısmında bulunan ekranlara gerçek uçuş esnasında yapılması gereken prosedürler yazdırılmaktadır. Doğru adımlar sonucunda ilgili senaryo sonuçlanmaktadır. Farklı acil durumlar değişken uyarılar ve etkilere sahiptir, senaryolar tam kapsamlı biçimde uyarı sesleri ve ışıklar ile sanal ortam içerisinde simülasyon hissi yaşatmak amaçlı tasarlanmıştır. Şekil 5.20’de, uygulamada modellenmiş olan yangın test senaryosunun görüntüsü verilmektedir (URL-8).



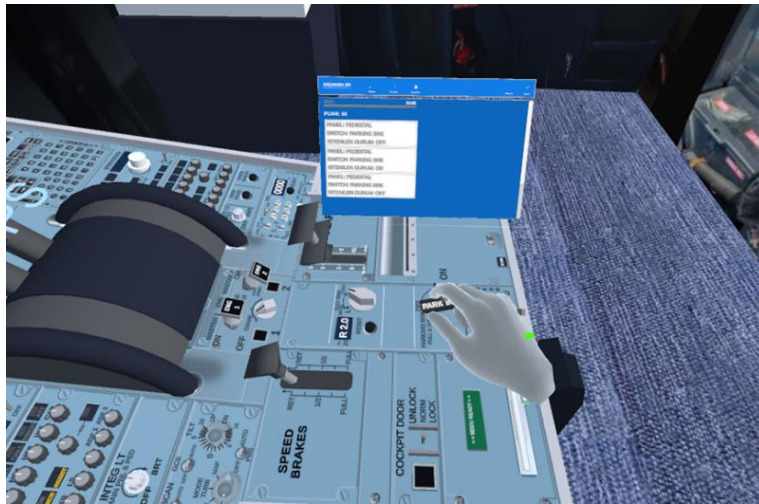
Şekil 5.19. A320 kokpit yangın testi panelleri görüntüsü



Şekil 5.20. Yangın test senaryosunun uygulama esnasında görüntüsü

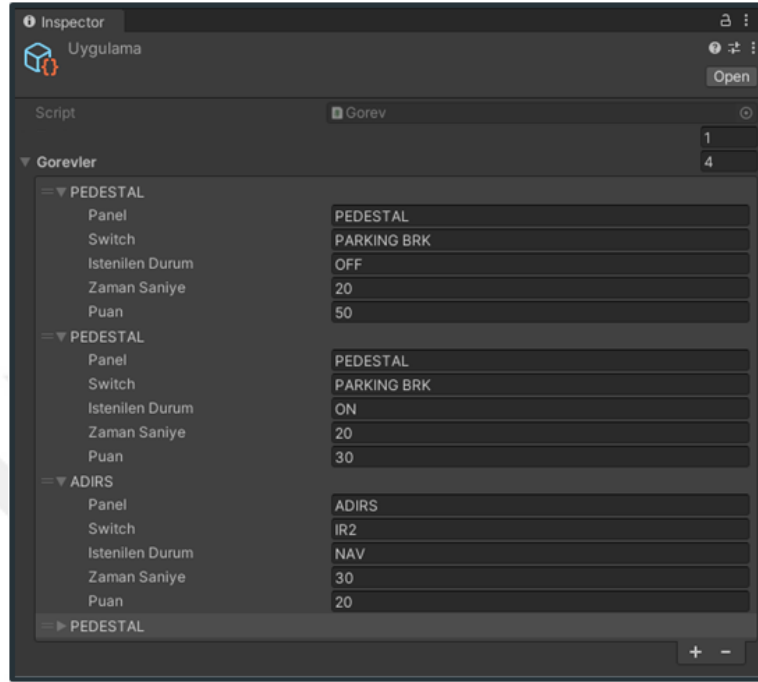
5.2.7.3. Uygulamalı Eğitim Sistemi

Uygulamalı eğitim sisteminin amacı, ana arayüz üzerinde belirtilen düğmeler veya kontrolcülerin belirtilen zaman içerisinde gereken ayarlara kullanıcı tarafından getirilmesi ile her doğru aşamadan sonra diğer aşamaya geçiş yaparak puan toplamasını sağlamak ve başarı düzeyini ölçmektir. Tekrarlanan eğitimler sonucunda bilgilerin hafızada kalması hedeflenmektedir. İstenildiği durumda kullanıcının düğmeler veya kontrolcü bileşenler üzerinde yaptıkları değişikliklerin simüle edilmesi için altyapı yönetim sistemi programlanmıştır. Uygulamalı eğitim için istenilen biçimde prosedürler oluşturmak mümkündür. Kullanıcının başarılı olduğu aşamalar için puanlar ve toplam zaman belirlenmektedir. Kullanıcının arayüz paneli üzerinden sıradaki aşamaları ve kalan zamanı görmesi mümkündür. Zaman sonlandığında toplam elde edilen puan ekrana gelmektedir. Şekil 5.21’de uygulamalı test esnasında adımları ve kalan zamanın bulunduğu uygulamalı eğitim arayüz panelinin örnek bir görüntüsü sunulmuştur.



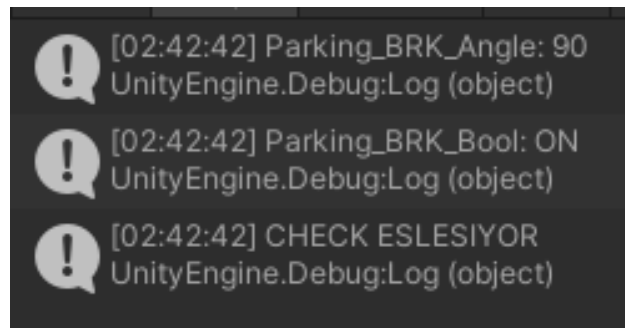
Şekil 5.21. Uygulamalı öğrenme paneli ve kullanım esnasındaki görüntüsü

Şekil 5.22’de Unity3D editörü üzerinde uygulama adımlarının (görevlerinin) oluşturulduğu ve ayarlandığı uygulamalı eğitim görev penceresinin örnek bir görüntüsü sunulmuştur.



Şekil 5.22. Uygulama adımlarının oluşturulduğu ve ayarlandığı pencere

Şekil 5.23’te Unity3D editörü penceresine yazdırılan, uygulamalı eğitim test esnasına örnek bir kullanıcının etkileşime geçtiği nesnelerden kontrol amaçlı elde edilen bilgilerinin görüntüsü sunulmuştur.



Şekil 5.23. Kullanıcının etkileşime geçtiği düğmeden yazdırılan bilgiler

6. DENEYSEL ÇALIŞMA

Bu bölümde VR uygulamasının işlevselliğini belirlemek ve değerlendirmek için gerçekleştirilen deneysel çalışma anlatılmıştır. Deney çalışması, Kocaeli Üniversitesi, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Havacılık Elektrik Elektronik Bölümü’nde ikinci sınıftan “Bordo Aletleri-I” dersinde başarılı olmuş olan toplam 19 adet gönüllü öğrenci ile gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen VR uygulaması ile ilgili dersin içeriği paralellik gösterdiğinden dolayı bu öğrencilerle test çalışması yapmanın daha uygun olduğuna karar verilmiştir. Bu deney çalışması yaklaşık olarak 3 saat içerisinde tek bir oturumda gerçekleştirilmiştir. Uygulamayı test edecek gönüllü öğrencilerin büyük çoğunluğunun sanal gerçeklik deneyimi olmadığından dolayı öğrencilere önceden kısa bir bilgilendirme toplantısı yapılmış ve daha sonra uygulama kullanıdırılmıştır. Çalışmaya katılan öğrencilere VR test uygulaması ve sanal gerçeklik ile ilgili iki farklı anket çalışması yapılmış ve öğrencilerin VR uygulaması deneyimlerini değerlendirmeleri istenmiştir.

Deneysel çalışma, öğrencilerin eğitim gördüğü sınıfta sıra ile her öğrenci için kalibre edilmiş ve 5 dakikalık süre içerisinde Oculus Quest 2 VR başlığı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. VR uygulamasını test edecek olan ve daha önce sanal gerçeklik deneyimi olmayan öğrencilere yönlendirme ile destek sağlanarak daha verimli bir oturum gerçekleştirilmiştir.

Öncelikle çalışmaya katılan gönüllülere sanal gerçeklik ile ilgili genel soruları içeren VR farkındalık anketi yapılmıştır. Tablo 6.1’de anket içerisinde sorular ve gönüllülerin verdiği cevaplar (Evet veya Hayır) yer almaktadır.

Tablo 6.1’de verilen cevaplara göre mühendislik alanında teknik konuları öğrenmek için eğitimde VR uygulamalarının kullanımı hakkında öğrencilerin çoğunluğu yararlı ve çekici bulduklarını belirtmişlerdir. Ankette bulunan 1. soruda öğrencilerin çoğunun sanal gerçeklik hakkında bilgi sahibi oldukları anlaşılmış ve 2. soruda çoğunluğun VR oyunu oynamadığı görülmüştür. 3. soruda VR’ın geleneksel yaklaşımdan daha etkili olduğuna gönüllülerin % 66,7 oranı evet cevabı vererek katılmakta, %33,3 öğrenci ise hayır cevabı vererek katılmamaktadır. 6. soruya gönüllülerin sonraki eğitimlerinde sanal gerçeklik kullanılmasına çoğunluğu istekli oldukları yönünde evet cevabı vermiştir.

Tablo 6.1. Gönüllülere uygulanan genel içerikli anket ve cevapları

Gönüllülere yönlendirilen soru		Verilen Cevaplar	
		Evet	Hayır
1-)	Sanal gerçekliğin ne hakkında olduğunu biliyorum?	%94,7	%5,3
2-)	Daha önce hiç VR oyunu oynadınız mı?	%11,8	%88,2
3-)	VR, geleneksel yaklaşımdan daha etkili.	%66,7	%33,3
4-)	VR kullanmak, mühendislik alanında yeni teknik konuları öğrenmek için çekicidir.	%100	%0
5-)	VR uygulamalarının eğitiminiz için yararlı olabileceğini düşünüyor musunuz?	%100	%0
6-)	Sonraki eğitimlerinizde VR uygulamalarının kullanılmasını ister misin?	%94,4	%5,6

Öğrencilerin güncel sanal gerçeklik uygulamaları hakkında bilgilendirilmesinin VR uygulama deneyimleri açısından daha verimli olacağı düşünülmektedir.

Öğrencilerin eğitimleri için kullanabilecekleri VR uygulamaları sağlandığında büyük çoğunluğun kullanmak istediği ve memnun kalacağı sonucuna varılmıştır.

Çalışmaya katılan öğrencilere uygulanan ikinci anket, test edilen VR uygulaması hakkındaki görüşlerini değerlendirebilecekleri soruları içermektedir. Bu anket ile VR test uygulamasının başarısının değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Tablo 6.2’de verilen cevaplara göre gönüllülerin tamamı VR uygulamasının eğitim için uygun ve yararlı olduğuna katıldıklarını, aynı zamanda eğlenceli olduğu yönünde cevaplar vermişlerdir. 1. soruda gönüllülerin %81,3’ü VR uygulamasının kullanımının kolay olduğu yönünde görüş belirtmişlerdir.

İkinci ankete verilen cevaplar doğrultusunda VR uygulamasının daha kolay kullanılabilmesi için çalışmalar yapılması gerektiği düşünülmüştür.

VR deneyiminin kolay olduğu sorusuna kararsız kalan öğrencilerin ve uygulamayı ilk defa deneyimleyecek kişilerin daha kolay kullanabilmesi için tanıtım ve açıklama içeren bir açılış paneli yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Aşağıda verilen Tablo 6.2’de anket içerisinde sorular ve gönüllülerin verdikleri cevaplar (Katılıyorum veya Kararsızım) bulunmaktadır.

Tablo 6.2. Geliştirilen uygulama ile ilgili anket soruları ve cevap oranları

Gönüllüye yönlendirilen soru		Verilen Cevaplar	
		Katılıyorum	Kararsızım
1-)	VR kokpit simülasyonunu kullanmanın kolay olduğunu düşünüyor musunuz?	81,3%	18,8%
2-)	Kokpit VR uygulaması eğitim için uygundur.	100%	0%
3-)	Kokpit VR uygulaması eğlenceli.	100%	0%
4-)	Kokpit VR uygulaması yararlıdır.	100%	0%
5-)	VR deneyimi kolaydı.	53,8%	46,2%

Gerçekleştirilen deney çalışması sonrasında isteyen öğrencilerden deneyimlerini paylaşımları istenmiştir. Öğrencilerin VR Kokpit uygulaması ile ilgili düşünceleri ve yapmış olduğumuz değerlendirmeler Tablo 6.3’te yer almaktadır.

Tablo 6.3. Gönüllülerin VR uygulama hakkındaki düşünceleri ve değerlendirmeler

Deneyim hakkındaki görüşünüz	Değerlendirme
Uygulama içinde farklı modlar oluşturulabilir. Elektrik, hidrolik sistem kontrol panellerinde arıza durumunda izlenen yollar yansıtılabilir.	Çalışmanın amacı A320 kokpit yapısının öğretilmesi olduğundan dolayı bu tür çalışmalar yapılmamıştır. İleriye dönük gerçekleştirilebilir.
Hassasiyetin ayarlanması gerektiğini düşünüyorum. Tuşlara dokunurken çizgiyi ayarlamak zor olabiliyor. Tuşların işlevleri ile ilgili sesler eklenebilir.	Test süresinin kısa olmasından dolayı bu düşünce oluşmuştur. Uygulama kullanıldıkça bunun üstesinden gelinecektir. Bazı olaylar için sesler eklenmiştir, ileriye dönük tüm bileşenler için ilgili uygun sesler eklenebilir.
Grafik kalitesi optimize edilebilir. Fikir güzel. Deneyim güzel daha fazla zaman lazım almak için.	Grafik kalitesi donanım paralelinde performans açısından optimize edilmiştir.
Hassasiyeti ayarlanabilir. Checklist'lerin ekranda kullanılması yararlı olabilir.	İleriye dönük çalışmalarda farklı senaryolar uygulamaya dahil edilecektir.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, yeni nesil yüksek performanslı sanal gerçeklik başlıkları kullanarak, kablolu veya sistemin çalıştırıldığı bir bilgisayara bağlı kalmadan çalışan gerçekçi ve etkileşimli kokpit eğitim simülasyonu geliştirilmiştir. Kokpit eğitim uygulamasının öğrencilerin araştırmalarına katkı sağlaması ve eğitimi için kullanılması planlanmaktadır. Kullanıcının ellerini (el hareket takibi) kullanarak Airbus-A320 uçak kokpitinin tüm bileşenlerini kontrol edebildiği bir simülasyon sistemi ve eğitim seçeneklerini içeren sanal arayüz paneli bu tezin temelini oluşturmaktadır. Bu çalışma senaryo, bilgilendirme ve uygulamalı eğitim sistemlerinin simülasyon içerisinde bir araya getirilmesiyle gerçekçi, etkileyici ve olabildiğince verimli sanal deneyim sağlamayı hedeflemiştir. Öncelikle Airbus-A320 uçağının referanslarına göre kokpit tasarlanmıştır. Yeterince kullanıcı tarafından uzun süreli test edilmediği için uygulamanın tasarımının tamamen son kullanıcılara hazır olduğuna dair net yorum yapmak için erkendir. Son kullanıcı için uygulama hakkında kişisel tahminlerde bulunmak mümkündür. Sanal gerçeklik uygulamasına ihtiyaç doğrultusunda yeni özellikler eklenmesi ve değişiklikler yapılması için yeterli altyapısı olacak biçimde geliştirilmesi yapılmıştır. Devamında Unity3D projesine, Oculus Integration ve MRTK kütüphanesinin araçları kullanılarak kokpit bileşenleri üzerinde fiziksel etkileşimler uygulanmıştır. Bileşenleri yöneten sistemin altyapısı geliştirilmiş ve son olarak, eğitim sistemi oluşturulmuştur. İlgili sistemlerin kontrolü için kullanıcı arayüzleri tasarlanmıştır. Eğitimcilerin açıklamaları ve uygulamalı eğitimler için prosedürler oluşturmasını sağlayabilmesi için girdi paneli oluşturulmuştur. Eğitimciler senaryoları kontrol edebilmekte ve eğitimini verilebilecekleri farklı senaryoların oluşturulması için, örneğin motor yangın durumu gibi, eğitimler hazırlayabilecekleri altyapı sağlanmıştır. Uçuş ve kokpit eğitimi başarıyla tamamlaması gereken öğrencilerin pek çok senaryoya hazır olmasını sağlamak ve eğitim maliyetlerini düşürmek için sanal gerçeklik uygulaması geliştirilmiştir. Uygulamanın altyapısı ileride geliştirilecek diğer eğitim simülasyonlarına uyarlanabilecek biçimde, helikopter eğitimi gibi, uygulamaları geliştirmeye açıktır.

İleride simülasyona eklenebilecek farklı özellikler ve öneriler olabilir. Bunun için yeni arayüz sistemleri eklenebilir. İlk açılış ekranında kullanıcıya uygulamayı nasıl kullanacağı hakkında başlangıç yardımı sayfası sunulabilir.

Kullanıcı veri tabanı sistemi oluşturulabilir. Uygulama kullanıcıyı ayırmamaktadır, kullanıcıdan ismi alınarak uygulama içerisinde hareketleri ayrı kayıtlar altına alınarak farklı kullanıcıların tekrar eski sonuçlarını görebileceği arayüzler geliştirilebilir.

Hata raporlama sistemi yararlı olacaktır. Kullanıcı eğitim esnasında karşılaştığı hataları anlık raporlama yaparak eğitime tekrar başlayabilmelidir.

Sesli geri bildirimler ve dış ses efektleri detaylandırılabilir; uygulamanın uçuş şartlarına göre kaydedilmiş sesleri oynatması sanal gerçekliğin derinliğini iyileştirebilir ve kullanıcının düğmeler ve kontrolcülerin hareketlerine dair seslerle daha etkili simülasyon deneyimi yaşaması sağlanabilir.

İleride yapılacak büyük bir değişiklik dış çevrenin eklenmesi olabilir, uçuş şartlarına göre değişen çevrenin 3D modellerinin olabildiğince optimize tasarlanması önerilmektedir.

Senaryo sisteminin geliştirilmesi ve senaryoların düzenlenebildiği sistemin altyapısı oluşturulabilir.

Uygulanan sistem senaryoların sonuçlarını hataları göstermemektedir. Kullanıcının senaryo eğitimini tamamladıktan sonra detaylı başarı sonucunu ve yanlış adımları görebileceği bir sistem ve arayüz geliştirilebilir.

Unity3D içerisinde eğitimcilerin anlık takip edebildiği ve eğitimlere ait bilgileri, prosedürleri düzenleme işlemlerini yaptığı dinamik arayüzler geliştirerek eğitimci tarafı daha da detaylandırılabilir.

Yönetim sistemine ikinci kullanıcının çevrimiçi eş zamanlı olarak dahil edildiği altyapı geliştirerek iki kişilik eğitimler veya eğitimci kişinin sanal ortam içerisinde anlatım yapması sağlanabilir. Her iki kullanıcıya özel arayüzler tasarlamak gerekecektir.

Düğme ve kontrolcüler ile etkileşime geçecek olan sanal ellerin önceden pozları alınabilir, alınan pozlara göre daha gerçekçi temas deneyimi kullanıcıya sunulabilir.

Sağ ve sol kısımda bulunan kontrolcülerin işlevleri eksiktir, bu işlevler el hareket takibine uygun olarak tasarlanmalı ve geliştirilmelidir.

Yukarıda bahsedilen bütün bu özelliklerin eklenmesi zaman kısıtından dolayı uygulamaya eklenememiştir fakat tez çalışmanın devamında bu özelliklerin de uygulamaya eklenmesi planlanmaktadır.



KAYNAKLAR

- Alsop, T. (2022). *Virtual Reality (VR) Headset Unit Sales Worldwide From 2019 to 2024*. Statista, <https://www.statista.com/statistics/677096/vr-headsets-worldwide/> (Erişim tarihi: 22 Aralık 2022).
- Aslandere, T., Dreyer, D., Pankratz, F., Schubotz, R., (2014). A Generic Virtual Reality Flight Simulator, *Virtuelle und Erweiterte Realitt, 11. Workshop der GI-Fachgruppe Tagung Band*, Bremen, Almanya, 25 Eyll 2014.
- Bentham, K.V., (2021). A Virtual Reality Cognitive Health Screening Tool for Aviation: Managing Accident Risk for Older Pilots. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 85, 103169.
- Brey, P., Soraker, J.H. (2009). Philosophy of Computing and Information Technology. Meijers, A., (Ed.), *Handbook of the Philosophy of Science* (1st ed.) (1341-1407). Kuzey Hollanda: Elsevier BV.
- Burch, A. (2016). *Infographic – The History of Virtual Reality (VR)*. Touchstoneresearch, <https://touchstoneresearch.com/infographic-the-history-of-virtual-reality-vr/> (Ziyaret tarihi: 16 Kasım 2022).
- Cha, M., Han, S., Lee, J., Choi, B. (2012). A Virtual Reality Based Fire Training Simulator Integrated with Fire Dynamics Data. *Fire Safety Journal*, 50, 12-24.
- Christou, C. (2010). Virtual Reality in Education. Tzanavari, A., (Ed.), Tsapatsoulis, N., (Ed.), *Affective, Interactive and Cognitive Methods for E-Learning Design: Creating an Optimal Education Experience* (1st ed.) (228-243). New York: Information Science Reference.
- Chuah, S. H. (2019). *Why and Who Will Adopt Extended Reality Technology? Literature Review, Synthesis, and Future Research Agenda*. SSRN, https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3300469 (Ziyaret tarihi: 16 Kasım 2022).
- Grabowski, A., Jankowski, J., (2015). Virtual Reality-based Pilot Training for Underground Coal Miners. *Safety Science*, 72, 310-314.
- Han, Y., Yang, J., Diao, Y., Jin, R., Guo, B., Adamu, Z., (2022). Process and Outcome-Based Evaluation Between Virtual Reality-Driven and Traditional Construction Safety Training. *Advanced Engineering Informatics*, 52(4), 101634.
- Hardawar, D. (2019). *Oculus Quest Review: VR Freedom Comes at a Cost*. Engadget, <https://www.engadget.com/2019-04-30-oculus-quest-review-wireless-vr.html> (Ziyaret tarihi: 16 Kasım 2022).

- Ilk, V., Ewald, R., Bruguera, M.B., (2019). Implementation of a Spacecraft Cockpit in a Virtual Reality Environment. Yüksek Lisans Tezi, Stuttgart Üniversitesi, Uzak Sistemleri Enstitüsü, Stuttgart.
- Joyce, R., Robinson, S.K., (2019). Evaluation of a Virtual Reality Environment for Cockpit Design. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 63(1), 2328-2332. DOI: 10.1177/1071181319631309
- Koçbuğ, R. (2018). The Effectiveness of Virtual Reality Tools on Vocabulary Learning and Retention. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 511320.
- Kwok, P.K., Yan, M., Chan, B.K.P., Lau, H.Y.K., (2019). Crisis Management Training Using Discrete-Event Simulation and Virtual Reality Techniques. *Computers & Industrial Engineering*, 135, 711-722.
- Leverageedu. (2021). *Objectives of Educational Technology*. Leverage Edu Blog, <https://leverageedu.com/blog/objectives-of-educational-technology/> (Ziyaret tarihi: 22 Aralık 2022).
- Lu, S.C., Shpitalni, M., Gadh, R. (1999). Virtual and Augmented Reality Technologies for Product Realization. *CIRP Annals*, 48(2), 471-495.
- Martinsson, T., (2019). Evaluation of Solutions for a Virtual Reality Cockpit in Fighter Jet Simulation. Yüksek Lisans Tezi, Linköping Üniversitesi, Bilgisayar ve Bilişim Bilimleri Enstitüsü, Linköping.
- Meta. (2020). *Introducing Oculus Quest 2, the Next Generation of All-in-One VR*. Meta Quest, <https://about.fb.com/news/2020/09/introducing-oculus-quest-2-the-next-generation-of-all-in-one-vr/> (Ziyaret tarihi: 19 Ocak 2023).
- Meta. (2022). *Meta Connect 2022: Meta Quest Pro, More Social VR and a Look Into the Future*. Meta, <https://about.fb.com/news/2022/10/meta-quest-pro-social-vr-connect-2022/> (Ziyaret tarihi: 19 Ocak 2023).
- Mevlütöğlü A. (2013). Uçuş Eğitiminde Simülatörler. *Mühendis ve Makina Dergisi*, 54(636), 17-21.
- Microsoft. (2022). *Karma Gerçeklik Toolkit 2 Nedir?*. Microsoft Learn, <https://docs.microsoft.com/tr-tr/windows/mixed-reality/mrtk-unity/mrtk2/?view=mrtkunity-2022-05> (Ziyaret tarihi: 16 Kasım 2022).
- Microsoft. (2022). *Welcome to the Mixed Reality Feature Tool*. Microsoft Learn, <https://learn.microsoft.com/en-us/windows/mixed-reality/develop/unity/welcome-to-mr-feature-tool> (Ziyaret tarihi: 22 Aralık 2022).

- Mihelj, M., Novak, D., Begus, S. (2014). Introduction to Virtual Reality. Tzafestas, S.G., (Ed.), *Virtual Reality Technology and Applications* (1st ed.) (1-16). Dordrecht: Springer Dordrecht.
- Milgram, P., Colquhoun, H. (1999). A Taxonomy of Real and Virtual World Display Integration. Ohta, Y., (Ed.), Tamura, H., (Ed.) *Mixed Reality-Merging Real and Virtual Worlds* (1st ed.) (5-30). Heidelberg: Springer Berlin.
- Muhanna, A.M., (2015). Virtual Reality and the CAVE: Taxonomy, Interaction Challenges and Research Directions. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 27(3), 344-361.
- Murray, G., Green, J. (2022). *After Covid-19, Aviation Faces a Pilot Shortage*. Oliver Wyman, <https://www.oliverwyman.com/our-expertise/insights/2021/mar/after-covid-19-aviation-faces-a-pilot-shortage.html> (Ziyaret tarihi: 22 Aralık 2022).
- Oberhauser, M., Dreyer, D., (2017). A Virtual Reality Flight Simulator for Human Factors Engineering. *Cognition Technology and Work*, 19(2), 263-277. DOI: 10.1007/s10111-017-0421-7
- Oculus. (2019). *Half Dome Updates: FRL Explores More Comfortable, Compact VR Prototypes for Work*. Oculus Blog, <https://www.oculus.com/blog/half-dome-updates-frl-explores-more-comfortable-compact-vr-prototypes-for-work/> (Ziyaret tarihi: 16 Kasım 2022).
- Oculus. (2022). *Unity Utilities Overview-Understand Package Components*. Developer Oculus, <https://developer.oculus.com/documentation/unity/unity-utilities-overview/> (Ziyaret tarihi: 16 Kasım 2022).
- Poetker, B. (2019). *The Very Real History of Virtual Reality (+A Look Ahead)*. G2, <https://www.g2.com/articles/history-of-virtual-reality> (Ziyaret tarihi: 16 Kasım 2022).
- Splunk. (2020). *What Are Augmented Reality and Virtual Reality?*. Splunk Data Insider, https://www.splunk.com/en_us/data-insider/what-are-augmented-reality-and-virtual-reality.html (Ziyaret tarihi: 16 Kasım 2022).
- Sun, X., Liu, H., Tian, Y., Wu, G., Gao, Y., (2020). Team Effectiveness Evaluation and Virtual Reality Scenario Mapping Model for Helicopter Emergency Rescue. *Chinese Journal of Aeronautics*, 33(12), 3306-3317.
- Töpfer, J., Ewald, R., Bruguera, M.B., (2020). Implementation of Spacecraft Systems in the Federatsiya Cockpit for a Virtual Reality Simulation. Lisans Tezi, Stuttgart Üniversitesi, Uzay Sistemleri Enstitüsü, Stuttgart.
- Unity. (2022). *What is AR, VR, MR, XR, 360?*. Unity How-to, <https://unity.com/how-to/what-is-xr-glossary> (Ziyaret tarihi: 22 Mart 2022).

URL-1: https://www.khronos.org/api/index_2017/openxr, (Ziyaret tarihi: 16 Kasım 2022).

URL-2: <https://github.com/ValveSoftware/openvr>, (Ziyaret tarihi: 16 Kasım 2022).

URL-3: <https://github.com/ValveSoftware/unity-xr-plugin>, (Ziyaret tarihi: 16 Kasım 2022).

URL-4: <https://cockpitrevolution.ecwid.com/Airliners-c29239491>, (Ziyaret tarihi: 22 Aralık 2022).

URL-5: <https://docs.unity3d.com/Manual/class-Transform.html>, (Ziyaret tarihi: 16 Kasım 2022).

URL-6: <https://sim-on-a320.com/gallery/a320-cockpit-dimensions/>, (Ziyaret tarihi: 22 Aralık 2022).

URL-7: <https://ccntservice.airbus.com/apps/cockpits/a320/>, (Ziyaret tarihi: 22 Aralık 2022).

URL-8: <https://www.youtube.com/watch?v=IzNeDvVgrhg>, (Ziyaret tarihi: 22 Aralık 2022).

Vidra, E. (2022). The Top 10 Companies Investing Billions in the Metaverse. VC Cafe, <https://www.vccafe.com/2022/08/02/the-top-10-companies-investing-billions-in-the-metaverse/> (Erişim tarihi: 22 Aralık 2022).

Wirtz, B. (2022). *The Worlds Largest Virtual Reality Companies: Meet The Studios Dominating The Industry.* Gamedesigning, <https://www.gamedesigning.org/gaming/virtual-reality-companies/> (Ziyaret tarihi: 22 Aralık 2022).



EKLER

Ek-A



Şekil A.1. Öğrencilerle test öncesi anlatım

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

Kahveci, A. H. F., Sondaş, A. (2022). Eğitimde Sanal Gerçeklik Teknolojisine Genel Bakış. *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, (Basım Aşamasında).*



ÖZGEÇMİŞ

Lise eğitimini 2013 yılında tamamladıktan sonra 2014 yılında girdiği Kocaeli Üniversitesi Bilişim sistemleri bölümünden 2019 yılında mezun oldu. Mezuniyetinin ardından oyun geliştirme alanına olan ilgisinden dolayı mobil oyun geliştirici olarak bireysel çalışmalarına devam etti. Çalışırken kendi sanal gerçeklik projelerini de geliştirmeyi sürdürdü. 2019 senesinde Kocaeli Bilişim Sistemleri Mühendisliği bölümde yüksek lisans eğitimine başladı. Halen kendi işinde mobil oyunlar geliştirmekte ve mobil oyun geliştirici olarak çalışmaya devam etmektedir.

