



**ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK KULLANARAK UZAK  
REHBERLİK YARDIMI UYGULAMASI**

**Muhammed Fatih ŞENTÜRK**

**2021  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ**

**Tez Danışmanı  
Dr. Öğr. Üyesi Kasım ÖZACAR**

**ARTIRILMIŞ GERÇEKLIK KULLANARAK UZAK REHBERLIK  
YARDIMI UYGULAMASI**

**Muhammed Fatih ŐENTÖRK**

**T.C.  
Karabük Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü  
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında  
Yüksek Lisans Tezi  
Olarak Hazırlanmıştır**

**Tez Danışmanı  
Dr. Öğr. Üyesi Kasım ÖZACAR**

**KARABÜK  
Temmuz 2021**

Muhammed Fatih ŐENTÖRK tarafından hazırlanan ‘‘ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK KULLANARAK UZAK REHBERLİK YARDIMI UYGULAMASI’’ baŐlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Dr. Öğr. Üyesi Kasım ÖZACAR .....

Tez Danışmanı, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu alıŐma, jürimiz tarafından Oy Birliği ile Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 02/07/2021

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

BaŐkan : Dr. Öğr. Üyesi Yasin ORTAKCI ( KBÜ) .....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi İlyas ÖZER ( BANÜ) .....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Kasım ÖZACAR ( KBÜ) .....

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıŐtır.

Prof. Dr. Hasan SOLMAZ .....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

*“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”*

Muhammed Fatih ŞENTÜRK

## **ÖZET**

**Yüksek Lisans Tezi**

### **ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK KULLANARAK UZAK REHBERLİK YARDIMI UYGULAMASI**

**Muhammed Fatih ŞENTÜRK**

**Karabük Üniversitesi**

**Lisansüstü Eğitim Enstitüsü**

**Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı:**

**Dr. Öğr. Üyesi Kasım ÖZACAR**

**Temmuz 2021, 28 Sayfa**

Bu çalışmada, Covid-19 pandemisi ile hayatımıza giren sosyal mesafe kavramının oluşturduğu zorluklara çözüm getirilmesi amaçlanmıştır. Pandemi hayatımızdaki birçok günlük alışkanlıklarımızı değiştirmiştir. Örneğin, yerinde gerçekleştirilen basit çalışmalar yerlerini işaretleme gerektiren uzaktan iş birliklerine bırakmıştır. Bu tür görevleri gerçekleştirmek için geleneksel görüntülü arama ve telekonferans yaygın olarak kullanılırken, artırılmış gerçeklik sistemlerinin geleneksel sistemlerden (örneğin kullanım kılavuzları, ses ve video içeriği) daha kullanıcı dostu ve verimli olduğu gösterilmiştir. Bu nedenle, artırılmış gerçeklik teknolojisi son yıllarda gelişerek birçok endüstride ve uygulamalarda uygulanmaktadır.

Bu tezde, artırılmış gerçeklik teknolojisi ile görüntülü telefon görüşmelerinin birleştirilerek kullanıcı ve uzman arasındaki görüşmede işaretler ve çizimler

kullanabilmeleri amaçlanmıştır. Uygulama, yalnızca akıllı telefonlarda bulunan sensör teknolojilerini kullanmaktadır ve harici işaret (marker) gerektirmemektedir. Önerilen yaklaşım ile gerçek ve sanal dünyaları entegre edilmektedir hem kullanıcının hem de uzman tarafının görüntü üzerinde çizimler ve işaretler koymasını sağlamaktadır, böylelikle kullanıcı bakış açısı değişmesine rağmen uzmandan gelen talimatları başarılı bir şekilde görebilmektedir. Uzaktan yardım uygulamasının nasıl hizmet ettiğini görmek amaçlı bir kullanıcı deneyi gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın sonuçları sistemin uzaktan rehberlik sistemlerine katkı sağladığı görülmüştür.

**Anahtar Sözcükler :** Uzaktan destek, artırılmış gerçeklik, yardım sistemi.

**Bilim Kodu** : 92419, 92408

## **ABSTRACT**

**M. Sc. Thesis**

### **REMOTE GUIDING ASSISTANCE USING AUGMENTED REALITY**

**Muhammed Fatih ŞENTÜRK**

**Karabük University  
Institute of Graduate Programs  
Department of Computer Engineering**

**Thesis Advisor:**

**Assoc. Prof. Dr. Kasım ÖZACAR**

**July 2021, 28 pages**

In this study, we aim to find a solution to the difficulties created by the concept of social distancing that came into our lives with the Covid-19 pandemic. The pandemic has changed many of our daily habits in our lives. For instance, local operations have given place to remote collaborations in even simple tasks such as pointing or manual assembling operations. While conventional video call and teleconferencing are commonly in use to perform such tasks, Augmented Reality (AR) systems are shown to be more user-friendly and efficient than traditional systems (for instance user manuals, audio, and video content). Therefore, AR technology has been improved and applied in many industries and its applications in recent years.

In this thesis, we proposed to combine AR technology with video phone calls so that two remote users, one needing help and the other expert, can use signs and drawings in the conversation between each other. The system solely relies on self-contained sensing technologies exist on off-the-shelf mobile smartphone and does not require

any external markers. The proposed approach simply integrates the real and virtual worlds, enable both local (user needing help) and remote (expert) users to put anchors such as markings and drawings in the view, thus the local user can see instructions successfully from the remote user even perspective changes. We conducted preliminary user study to show how it serves as remote assistance system. Results of the study show that our system contributes as remote guidance.

**Key Word** : Remote assistance, augmented reality, assistance system.

**Science Code** : 92419, 92408



## TEŞEKKÜR

Bu tez alıŐmasının her aşamasında ilgi ve desteğini hibir zaman esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalıŐmamı bilimsel temellerde oluŐturmamı sağlayan, hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Kasım ÖZACAR'a teşekkürlerimi sunarım.

Tüm eğitim hayatım boyunca benden yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen her zaman yanımda olan aileme tüm kalbimle teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER .....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xii
BÖLÜM 1 .....	1
GİRİŞ .....	1
BÖLÜM 2 .....	3
LİTERATÜR ARAŞTIRMASI .....	3
BÖLÜM 3 .....	6
REMOTEHELPER: ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK KULLANARAK DÜŞÜK MALİYETLİ UZAK REHBERLİK UYGULAMASI.....	6
3.1. KULLANILAN YAZILIMLAR .....	6
3.1.1. UNITY3D .....	6
3.1.2. ARCore .....	8
3.1.3. AR Foundation .....	8
3.1.4. RTC (Real Time Communication) .....	9
3.1.5. JSON.....	9
3.1.6 TOF (Time of Flight) sensörü .....	9
3.2. ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK .....	10
3.2.1 Tanım.....	10
3.3 UYGULAMA GELİŞTİRME AŞAMALARI .....	13
3.3.1 Main Menu (Ana Menü).....	14

3.3.2 RemoteExpertScene (Uzak uzman sahnesi) .....	15
3.3.3 UserScene (Kullanıcı sahnesi).....	15
3.3.4 ARFoundation ile Kamera üzerinden görüntü alınması .....	15
3.3.6 Ekran görüş alanı dönüşümleri .....	17
3.4 ETKİLEŞİMLER .....	18
3.4.1 Artırılmış gerçeklik çizim özelliği.....	18
3.4.2 Artırılmış gerçeklik ok ekleme özelliği .....	19
3.4.3 Renk Değiştirme .....	20
3.4.4 Silme .....	20
BÖLÜM 4 .....	21
DENEYSEL SONUÇLAR .....	21
4.1. SONUÇ DEĞERLENDİRME .....	23
BÖLÜM 5 .....	24
SONUÇLAR .....	24
KAYNAKLAR .....	26
ÖZGEÇMİŞ .....	28

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 3.1 Agora üzerinden kullanıcı ve uzman tarafına verilerin aktarımı .....	9
Şekil 3.2 TOF sensörü çalışma prensibi.....	10
Şekil 3.3 Yerel kullanıcı ekranında oluşturulan ok görüntüsü.....	12
Şekil 3.4 Uzak kullanıcı ekranında oluşturulan ok görüntüsü .....	12
Şekil 3.5 Kullanıcı ve uzman giriş sahnesi .....	14
Şekil 3.6 Uzman tarafındaki görüntü .....	16
Şekil 3.7 Kullanıcı tarafındaki görüntü.....	17
Şekil 3.8 Ekran görüş alanı dönüşümleri .....	18
Şekil 3.9 Örnek kullanıcı çizimi.....	19
Şekil 3.10 Örnek kullanıcı işaretlemesi .....	20
Şekil 5.1 3 boyutlu sahnede yapılmış bir çizim .....	22
Şekil 5.2 Şekil 5.1'deki çizimin farklı bir açıdan görüntüsü.....	22

## ÇİZELGELER DİZİNİ

### Sayfa

Çizelge 4.1 Kullanıcı deneyindeki sonuçlar.....	23
---	----

## **KISALTMALAR**

3B : Üç Boyut

AR : Augmented Reality (Artırılmış Gerçeklik)

TOF : Time of Flight

IOS : Iphone Operating System (Iphone İşletim Sistemi)

OS : Operating System (İşletim Sistemi)

PC : Personal Computer (Kişisel Bilgisayar)

SDK : Software Development Kit (Yazılım Geliştirme Kiti)

VR : Virtual Reality (Sanal Gerçeklik)

IMU : Inertial Measurement Unit (Atalet Ölçüm Birimi)

SLAM: Simultaneous Localization and Mapping (Eşzamanlı Yerelleştirme ve Haritalama)

RGB : Red Green Blue (Kırmızı Yeşil Mavi)

CMOS: Complementary Metal Oxide Semiconductor (Bütünleyici Metal Oksit Yarı İletken)

RTC : Realtime Collaboration (Gerçek Zamanlı İş birliği)

JSON : JavaScript Object Notation

HMD : Head Mounted Display (Başa Takılı Ekran)

API : Application Programming Interface (Uygulama Programlama Arayüzü)

## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

COVID-19 pandemisi ile hayatımıza giren sosyal mesafeden dolayı yüz yüze yardımlaşma mümkün olmamaktadır ve teknolojinin hayatımıza girmesi ile uzaktan iş birliği uygulamaları da kullanılabilir hale gelmiştir. Artırılmış gerçeklik (AR) teknolojisi eğlence ve iş sektörleri gibi farklı alanlarda potansiyel kullanım vaat etmektedir. Bir konuda acemi olan kullanıcılar için bu işlemler ne kadar zorlayıcı olsa da pandemi şartlarında yalnız başlarına işlemleri yapmak zorunda kalmaktadırlar. Kullanıcılar, uygulama esnasında gerekli yönergeleri komut olarak almak üzere bir uzmana danışmaları gerekmektedir ve satın aldıkları ürünlerin kurulumları için belirli prosedürleri yerine getirmelidir. Bu ürünler montaja hazır mobilya ürünler, elektronik ürünler gibi ürünler olabilir. Örneğin, montaja hazır mobilya ürünlerin kurulumunda birçok zorlukla karşılaşmıştır. Acemi kullanıcı montaj işlemine geçmeden önce yapması gereken bilgileri edinmelidir. Eğer bilgisiz bir şekilde işlemi yapmaya kalkarsa ürüne ve kendine zarar verebilir.

Günümüzde, kullanım kılavuzları ve videolar sıkça kullanılmaktadır. Fakat bu yöntemlerin kullanılabilirliği yanında dezavantajları da vardır. Örneğin, kullanıcılar video örneğinde bulunmayan bir durumla karşılaşabilirler ve işlemi tamamlamaları oldukça zorlaşmaktadır. Bu durumda kullanıcılar bir uzmana veya müşteri hizmetlerine ulaşmak istediklerinde, çoğunlukla alacakları destek sadece sesli görüşme olarak sağlanacaktır. Verimli olması ve çözüm olasılığı oldukça düşüktür.

Artırılmış gerçeklik teknolojisi sanal içerik ile gerçek dünyayı sorunsuz bir halde birleştirmeyi hedeflemektedir. Artırılmış gerçeklik ile sanal öğeler gerçek dünyada nesnelere üzerine yerleştirilebilir. Örneğin, bir kullanıcı araba galerisinde gezinirken, arabalar hakkında yazı, video ve animasyonlar ile bilgi edinmektedir. Artırılmış gerçekliğin iş ve eğlence alanlarında büyük bir kullanım potansiyeli vardır. Aynı

zamanda, bu teknolojiyi kullanan sistemler uygun maliyetli ve mobildir. Kullanılan cihazların yüksek işlemci gücü gereksinimi ve maliyeti nedeniyle, uzun süreler boyunca son kullanıcıların ilgisini çekmemiştir. Ancak, son yıllarda mobil işlemcilerin, sensörlerin ve takip algoritmalarının gelişmesi ile artırılmış gerçeklik popülerlik kazanmıştır. Günümüzde Apple, Vuforia ve Google gibi birçok şirket tarafından artırılmış gerçeklik destekli cihazlar ve yazılımlar geliştirilmektedir.

Artırılmış gerçeklik, kullanım alanı olarak günlük kullanımında eğer kullandığınız cihaz destekliyorsa hem maliyet olarak düşük bütçeli hem de mobil bir kullanım sunmaktadır. Çapraz platform (cross platform) desteği ile farklı marka ve işletim sistemine sahip ürün kullanan kullanıcılar birbirleriyle sorunsuz olarak iletişim kurabilmektedir. Sensörlerin ve takip algoritmalarının gelişmesi ile artırılmış gerçeklik teknolojisinin son yıllarda popülerliği artmış durumda olması da başka bir itici güç olarak değerlendirilebilir. Literatür taraması bölümünde kullanıcıların karşılıklı etkileşim halinde oldukları artırılmış gerçeklik ve sanal gerçeklik sistemlerinin daha verimli olduğu gözlemlenmiştir [1].

Bölüm 2’de artırılmış gerçeklik teknolojisine ve artırılmış gerçeklik kullanılan uzak yardım sistemlerine yer verilmiştir. Bölüm 3’te artırılmış gerçeklik teknolojisi, Unity oyun motoru ve çalışacak olan platformların hakkında bilgiler yer almaktadır. Bölüm 4’te yapılan kullanıcı deneyler ve sonuçları açıklanmaktadır. Bölüm 5’te yapılan kullanıcı çalışmasında ve anketlerde kullanıcılar tarafından alınan geri dönüşlere yer verilmiş ve değerlendirilmiş, kısıtlamalar ve gelecekte yapılması muhtemel çalışmalardan bahsedilmiştir.



## BÖLÜM 2

### LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Çalışmada uzak kullanıcıya destek sağlamak amaçlı uzak rehber asistan uygulaması sunulmaktadır. Çalışma RTC (gerçek zamanlı iletişim) ile kullanıcıların birbirleri ile görüntülü konuşmasını ve aynı zamanda işaretler ve çizgilerin kullanımı ile kullanıcının videosunda uzmanın işaretleri ve çizdiği çizgiler ile yardımcı olması amaçlanmaktadır. Çalışma, uzak yardım kullanılabilen bütün çalışma alanlarında kullanılabilir ve internet bağlantısının olması durumunda her yerde kullanılabilinmektedir.

Uzak rehberlik sistemleri hizmeti birçok aracı (bilgisayar, mobil telefon, başlık) ile sağlanabilir. Kullanıcılar, mobil cihazlardan önce bilgisayarlar ile iletişimi sağlamışlardır. Ancak geleneksel bilgisayar iletişiminde sadece ses ve ses/görüntü iletişim sağlıyorlardı [2][3]. Uzaktan iş birliği sistemlerinde ise ses veya ses/görüntülü geleneksel iletişimin aksine yanı sıra etkileşim de amaçlanmaktadır.

Artırılmış gerçeklik, iş birliği alanında yapılan araştırmalar ve geliştirmeler için gelecek vaat eden bir alandır. 1993'te yapılan DIVE isimli çalışmada sanal gerçeklik aracılığı ile uzaktan iş birliği çalışması yapılmıştır [4]. Ancak sanal gerçeklik sistemleri doğası gereği ile insanları gerçek dünyadan ayırmaktadır ve kullanıcıların nesnelere ile etkileşimini engellemektedir, VR (sanal gerçeklik) sistemlerinde ise kullanıcıların sanal görseller ile gerçek dünyada etkileşim sağlaması ve doğal bir etkileşim sunması beklenmiştir. Fakat bu projeler her ne kadar başarılı çalışmalar olsalar da iş birliği için MR (karma gerçeklik) ve AR (artırılmış gerçeklik) sistemlerinin etkileşim kullanımı amaçlı daha mantıklı seçenekler olduğu gözlemlenmiştir.

Bunların yanı sıra artırılmış gerçeklik alanında da birçok çalışma yapılmıştır. İletişimde yapılan çalışmalarda yüz yüze, sesli ve görüntülü birçok deneyler yapılmıştır [5]. Kullanıcılar günümüz şartlarında sesli iletişim yerine verimartırıcı etkilerinden dolayı video iletişimini tercih etmektedirler. Hem sesli hem de sesli/görüntülü görüşme kalitesi yüz yüze görüşmeye göre daha verimi düşük olmasına sebep olmaktadır, bu nedenle verimi artıran etkinin bir aracı etkileşim ile olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Yüz yüze ve aracılı iletişimin kıyaslamasının yapıldığı çalışmada, sesli iletişimin yüz yüze iletişimden daha verimli olduğu düşünülmektedir [6]. Chapanis çalışmasında ise anlaşma olacak durumlarda görselliğin gerekliliğinden bahsetmiştir [7]. Sonuç aynı olmasa da orada bulunmak veya bulunmamak, görsel işaretlerin karşı tarafa aktarılması gerektiğini, karşılıklı verimli iletişimin buna göre sağlandığını düşünmektedir [8]. Bunlara rağmen, video iletişimi eylemsel işaretler ile gerçekleştirilmesinin fazla derecede büyütüldüğü fikri savunulmuştur ve video iletişimde eğer uygun ortak alanlar sağlanabilirse daha fazla çalışma uygunluğu sağlanabileceği düşünülmüştür. [9] Teknolojinin ulaşılabilirliğinin kısıtlılığı ve HMD cihazların maliyetinin yüksek olmasından dolayı 2000 öncesi dönemde çalışmalarda projektörler kullanılmıştır. Ancak maliyetinin HMD'lerden düşük olmasına rağmen çok az sayıda kullanıcı erişebilmekteydi ve kullanım için büyük alanlar gerekmekteydi [10]. HMD'lerin de kullanım açısından dezavantajları vardı, çalışmalarda kullanımdaki görüntünün garip olmasından şikâyet edilmiştir [11]. Zamanla mobil cihazlar daha fazla kullanıma uygun hale geldiler, BeThere isimli çalışmada, telefonlarda derinlik bilgilerinin elde edilememesinden dolayı Microsoft'un Kinect derinlik sensörü kullanılmıştır, aynı çalışmada hareket bilgileri Optrima ile bulunmaktadır. Çalışmada gelen veriler PC tarafında işlendiğinden dolayı hantal ve pahalı bir çalışmadır [12]. Başarılı bir çalışma olarak Microsoft'un 3D Collaboration Method over HoloLens™ and Skype™ isimli çalışması, çalışmada Microsoft'un ürünleri HoloLens ve Skype kullanılmıştır, çalışmada işaretlemeler ve görüşme çok başarılı olmasına rağmen pahalılık ve hantallık durumundan dolayı kısıtlamaları vardır [13]. Elle tutulabilir, dokunulabilir artırılmış gerçeklik uygulamasında, işaretler ile etkileşim sağlanmaktadır, kullanıcının kullandığı HMD üzerinde görüntüler oluşmakta ve kullanıcı işaretlere dokunarak etkileşim sağlamaktadır, işaretli etkileşim olması çalışmaya ilkellik katmaktadır [14]. 360 derece kamera kullanılarak yapılan çalışmada kullanıcı uzmana görüntüsünü aktarması için

360 derece kamera kullanması gerekmektedir ve uzmanın kendi bakış açısını kendi ayarlama özgürlüğü sağlamaktadır. Çalışmanın mobil olmaması ve pahalı araçlar kullanması gibi limitleri vardır [15]. Dolayısıyla bu tezde yapılan çalışma; düşük maliyetli, sadece günlük kullanmakta olduğumuz mobil cihaz gerektiren ve harici herhangi bir araç gerektirmeyen bir çözüm sunmayı amaçlamaktadır.

## BÖLÜM 3

### REMOTEHELPAR: ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK KULLANARAK DÜŞÜK MALİYETLİ UZAK REHBERLİK UYGULAMASI

Bu bölümde geliştirilen ve sunulan RemoteHelpAR adlı tamamen mobil ve harici bir cihaz gerektirmeyen artırılmış gerçeklik destekli uzak rehberlik uygulaması hakkında ana kavramlar ve terimler yer almaktadır. Bununla birlikte, Artırılmış gerçeklik kavramı hakkında bilgiler ve geliştirme ortamı olan Unity3D oyun motoru hakkında bilgiler de yer almaktadır.

#### 3.1. KULLANILAN YAZILIMLAR

##### 3.1.1. UNITY3D

Artırılmış gerçeklik sisteminin gereksinimlerinin karşılanabilmesi için güçlü bir geliştirme ortamı ihtiyaçlar arasındaydı. Unity3D oyun motoru bu iş için tüm özellikleri sağlayan bir geliştirme ortamıdır [16]. Yıllar önce tanıtılması, zamanla stabilize kazanması ve ücretsiz olması kullanıma en uygun geliştirme olduğunu göstermektedir. Unity3D, Unity Technologies tarafından üretilmiş ve cross-platform desteği olan bir geliştirme aracıdır. 2D, 3D, VR ve AR alanında oyunlar ve uygulama geliştirme için olanak sağlamaktadır. İçeriğinde fizik motoru da barındırmaktadır. Geliştirme süresini içerisinde bulundurduğu render, fizik motoru ve kodlama özellikleriyle birlikte çok fazla düşürmektedir. İlk olarak Apple OS X işletim sistemli cihazlar için tanıtıldı, zamanla 25 üzerinde platforma destek vermeye başladı örn; Android, IOS ve Universal Windows Platform. Bunlara ek olarak Unity teknolojileri ile uyumlu çalışan Apple, Microsoft ve Google gibi büyük firmalar çapraz platform uyumlu donanım ve yazılım geliştirmektedir.

Bu esneklik sayesinde geliştiriciler yapacakları küçük değişikler ile diğer platformlar için oyun ve yazılım geliştirilmektedir. Örneğin telefonlar için geliştirilen uygulamalar, ufak değişikler ile AR ve VR başlık desteği kazandırılabilir.

Böylelikle uygulamalar oyun veya uygulama olsun; 3 boyutlu grafikler ile render edilmesi, kullanıcı girişlerinin alınması ve pozisyon ve sanal nesnelerin takibi gereklidir. Bunların yanı sıra gerçekçilik için oyun motorunun fizik motorları da olması ve iyi çalışması gereklidir. Sonuç olarak yapılacak uygulama bu temeller üzerine inşa edildiğinden dolayı hem bu özelliklerin hem de uygulamanın sorunsuz çalışması sağlanmalıdır.

Unity uygulamalarda kullanılmak üzere birçok özellik barındırmaktadır ve bu özellikleri uygulama içerisinde hazır kütüphaneler ile kullanmak mümkündür.

#### -3 boyutlu işleme

İlkel bilgisayar grafik tekniklerinde kullanıcıların 3 boyutlu nesnelere kod ile oluşturulması beklenmektedir, ancak bu yöntemler ile görüntüler ve nesnelerin oluşturulmasında çok zaman harcanması gerekir bunlar yerine Unity Vulkan ve OpenGL gibi grafik kütüphanelerini barındırmaktadır böylelikle kullanıcı dostu bir uygulama olmuştur.

#### -Fiziksel simülasyon

Unity nesne tabanlı projeler için 3 boyutlu fizik desteği sunan bir fizik motoru içermektedir. Bunlar, rigidbody, collider ve karakter kontrolleri içermektedir.

#### -Kullanıcı giriş metotları

Unity kullanıcı verilerini almak üzere barındırdığı bir sistem içermektedir. Bu sistem dokunmatik ekran, klavye ve mouse gibi çevresel aygıtlar üzerinden veri alınmasını sağlamaktadır.

#### -Takip etme (tracking)

Takip etme (tracking) kalitesi kullanıcının kullandığı cihazın donanımın desteklediği donanımlara bağlı olsa da Unity kendi içerisinde barındırdığı ve dışarıdan dahil edilebilen kütüphaneler ile cihazlar üzerinde çalıştırılmasını sağlamaktadır.

### 3.1.2. ARCore

ARCore, android cihazlara AR desteği kazandırması amaçlanan Google tarafından üretilmiş bir platformdur. ARCore platformunun telefonlara kazandırdığı özellikleri 3 temel maddede özetleyebiliriz.

- Hareket algılama sayesinde cihaz gerçek dünyada nerede konumlandığını algılayabilir.
- Cihazlar çevredeki yüzeylerin boyutlarını ve konumlarını (örn. dikey veya yatay) algılayabilir.
- Işık tahmini, telefonun ortamdaki ışığın durumunu değerlendirmesine olanak tanır

Platform telefonlar üzerinde bulunan RGB kameralar ve IMU (Inertial measurement unit) sensörleri ile çevrenin derinlik algılarını sağlamaktadır ve aynı zamanda kameranın gerçek ortamdaki pozisyonunu algılayarak kullanıcı takibini sağlamaktadır. ARCore artı olarak SLAM (simultaneous localization and mapping) algoritması kullanarak kamera, IMU sensörleri ve kamera sensörlerinden verileri de kullanarak android cihazın pozisyonunu ve yatay ve dikey yüzeylerin algılanmasını sağlamaktadır. ARCore sınırlı cihazlarda sunduğu light estimation (ışık tahmini) özelliğini sunmaktadır, özellik görüntülerin daha gerçekçi olmasını sağlamaktadır. ARCore kendi sitesinde bulunan cihazlar dahilinde destek sunmaktadır [17].

### 3.1.3. AR Foundation

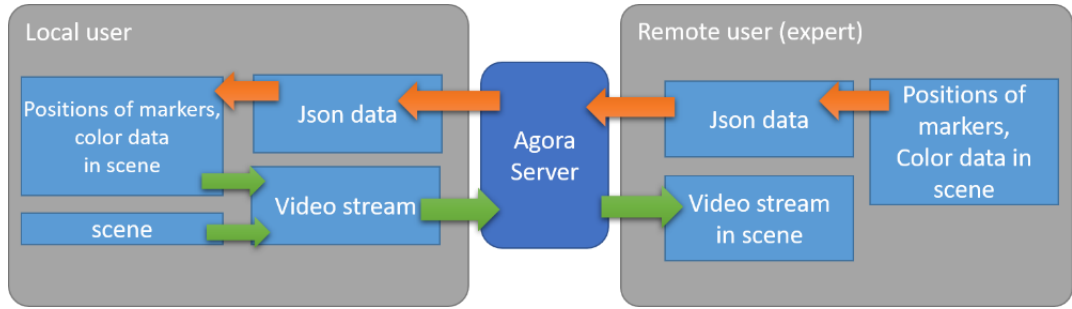
AR Foundation Unity tarafından geliştirilmiş bir frameworktur. Artırılmış gerçeklik projelerinin farklı platformlara uygun bir şekilde bir defada geliştirilmesine izin vermektedir. Böylelikle geliştirici aynı zamanda giyilebilir MR (mixed reality (karma gerçeklik)) cihazlarına, android tabanlı ARCore destekli cihazlara ve IOS tabanlı ARKit destekli cihazlara geliştirme yapılmasına olanak sağlamaktadır. Platform, Unity3D'de geliştirme yapan geliştiricilere kendi arayüzünü sağlayarak özelliklerin her mobil platformda kullanılmasını sağlamaktadır. ARFoundation bu geliştirme platformlarını birlikte kullanmayı sağlarken kendi içerisinde bir artırılmış gerçeklik desteği bulunmamaktadır [18].

### 3.1.4. RTC (Real Time Communication)

RTC kullanıcıların gerçek zamanlı olarak birbirleri ile görüşmesini sağlayan peer to peer (eşler arası) iletişim türüdür. İletişimde sesli iletişim veya sesli/görüntülü iletişim yapılabilir. Google, Microsoft, Mozilla ve Opera gibi büyük firmalar tarafından geliştirilmektedir ve destek sağlanmaktadır.

RTC desteği için Unity tarafında uyumluluğu bulunan Agora SDK kullanılmıştır [22]. Kullanıcıların gönderdiği ses ve video verilerinin yanı sıra, aynı protokol ile uzman kullanıcının gönderdiği işaret ve çizim verilerinin bilgilerinin de gönderimi sağlanmıştır. Çizelge 3.1’de bahsedilen Agora SDK aracılığı ile programda kullanıcı ve uzman taraflarına veri aktarımı ilgili süreç gösterilmektedir.

Şekil 3.1 Agora üzerinden kullanıcı ve uzman tarafına verilerin aktarımı.



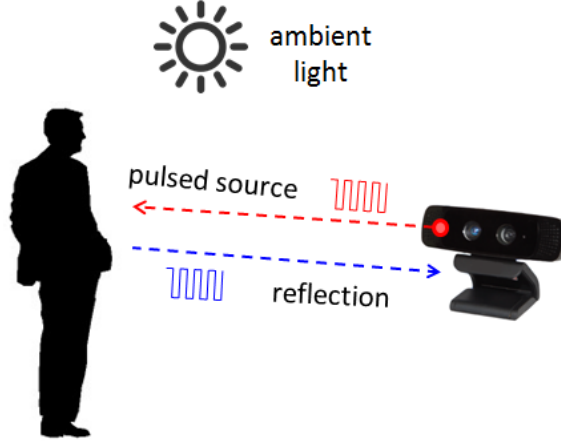
### 3.1.5. JSON

JSON, veri aktarımı için kullanılan hafif bir veri dönüştürme formatıdır. Kullanımı kolaydır, okuma ve yazma konusunda kolay bir dildir. Bilgisayarlar için de hafif yüklü olmasından dolayı ayrıştırılması ve dönüştürülmesi kısa zaman almaktadır. Temeli Javascript programlama diline dayanmaktadır. Uygulamada pozisyonları içeren sayısal veriler ve renk bilgileri JSON ile aktarılmıştır.

### 3.1.6 TOF (Time of Flight) sensörü

3D time of flight teknolojisi ışık kaynağından gelen ışığın uzaklığını hesaplayarak çalışmaktadır. Sadece CMOS sensörler kullanıldığından dolayı düşük maliyetli bir

donanımdır. Kompakt yapısından dolayı telefonlarda kullanımı kolay ve maliyet sorunu olmadığından tercih edilmektedir. Kompakt yapısı, kullanım kolaylığı, yüksek doğruluk oranları ile geniş alanlarda kullanılmıştır. Çalışma prensibinde RGB CMOS sensörler cihazdan gönderilen ışının geri gelmesinin zamanı ile hesaplanmasından oluşmaktadır [19].  $d=c*t/2$  ile hesaplanır, ışık mesafeyi iki defa kat ettiği için 2'ye bölünerek uzaklık elde edilmektedir.



Şekil 3.2 TOF sensörü çalışma prensibi [19].

## 3.2. ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK

Bu alt bölümde artırılmış gerçeklik tanımı, çalışma prensibi ve hangi yöntemlerin kullanıldığından bahsedilmektedir. Artırılmış gerçeklik ve sanal gerçekliğin karıştırılmasından dolayı, kıyaslama da bulunmaktadır.

### 3.2.1 Tanım

Artırılmış gerçeklik, gerçek dünyadaki çevrenin ve içindekilerin, bilgisayar tarafından üretilen; ses, görüntü ve grafik verileriyle zenginleştirilerek meydana gelen görüntüdür. Artırılmış gerçeklik, 1990'lı yıllarda popüler olamaya başladı. Kullanılan cihazların büyük bölümü transparan HMD cihazlarıydı. Sensörlerin gelişmemiş olması izleme sistemlerini kısıtlı kılmaktaydı.



Azuma, AR çalışmasında bulunması gereken 3 tane temel madde tanımlamıştır [20];

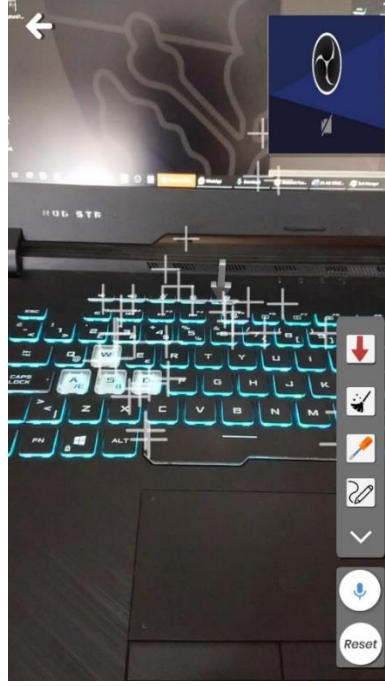
-Gerçek ile sanalın birleştirilmesi.

-Gerçek zamanlı interaktiflik.

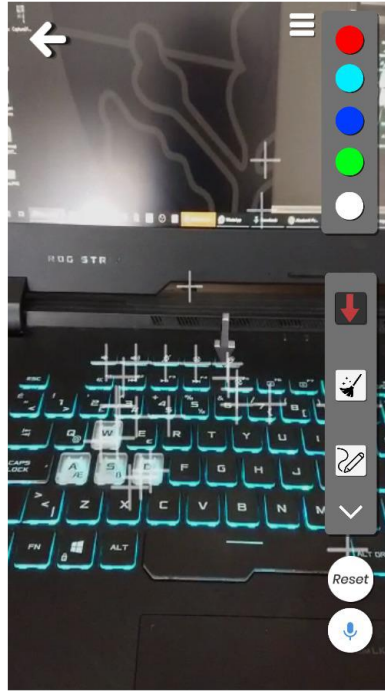
-3B ortamda bulunması.

Artırılmış gerçeklik destekleyen sistemlerin sanal gerçeklik destekleyen farklarından birisi de yukarıda ilk maddede bulunan gerçek ile sanalın birleştirilmesidir. Sanal gerçeklikte ise birleştirme gibi bir durum olmazken kullanıcı sadece sanal ortam ile etkileşim yaşamaktadır.

Unity ile AR uygulama geliştirmek istenildiğinde, android cihazlar için ARCore, IOS cihazlar için ARKit ve cross platformlar için Unity'nin geliştirdiği AR Foundation sistemi Unity tarafından desteklenmektedir. Dışarıdan kullanılacak kütüphaneler de Unity içerisine eklenebilmektedir, örneğin yaygın olarak kullanılan Vuforia ile temel seviyede uygulamalara artırılmış gerçeklik desteği eklenebilmektedir [21].



Şekil 3.3 Yerel kullanıcı ekranında oluşturulan ok görüntüsü.



Şekil 3.4 Uzak kullanıcı ekranında oluşturulan ok görüntüsü.

Çalışmada, AR Foundation yapısı içinde yer alan ARCore paketi kullanılarak artırılmış gerçeklik desteği verilmiştir. Artırılmış gerçeklik uygulamasında, kullanıcıların birbirlerine gerçek nesnelere işaretleyerek göstermeleri amaçlanmıştır.

Kullanıcıların verileri göndermeden önce ekran üzerinde dokundukları dokunmatik koordinatların uzman ekranındaki işaretleri gönderdikten sonra, kullanıcıya veriler JSON aracılığı ile normalize edilmiş olarak gelmektedir ve gelen veriler denormalize edildikten sonra kullanıcı ekranında görüntü oluşmaktadır. Kullanıcı ekranında oluşan görüntünün aynısı uzman ekranına AgoraRTC aracılığı ile gönderilmektedir. Şekil 3.2 ve 3.4'te örnek görseller verilmiştir.

### **3.3 UYGULAMA GELİŞTİRME AŞAMALARI**

Uygulamada 2 kullanıcı (1 kullanıcı ve 1 uzman) ile kullanılmak üzere karşılıklı görüntülü görüşme ve bu görüşmede artırılmış gerçeklik ile birbiri ile etkileşimi amaçlanmaktadır.

Uygulama İçin Gereksinimler;

Unity3D oyun motoru (2019 sürümü),

Kullanıcı ve uzman kullanıcıların kullanacağı 2 adet android cihaz,

Agora geliştirici hesabı,

Unity'de AR desteği kazandırmak için gerekli paketler,

AR Foundation 3.0.1,

AR Subsystems 3.0.2,

ARCore XR Plugin 3.0.1.

IOS cihazlar için ise işletim sistemi sürümü 11 ve üzeri olması gereklidir.

Uzman kullanıcı sahnesi görüntülü görüşme uygulaması olarak oluşturulmuş, android 4.4 ve üzeri cihazlarda sorunsuz çalışmaktadır.

Kullanıcı cihazı ARCore destekli olması gerekli, ek olarak android cihazlar için android sürümü 7.0 aynı zamanda ARCore servisleri yüklü olmalıdır.

Uygulamaya görüntülü görüşme desteği kazandırmak için Agora Real-Time Video SDK yüklenmelidir. Unity sürümüne göre paket yüklenmesi işlemi Unity Asset Store sekmesi veya Package Manager ile tamamlanabilir.

Unity projesi açıldıktan sonra cihaz kamerasından gelen görüntüyü elde edebilmek için Hierarchy panel'e sağ tıklayarak AR Session ve AR Session Origin seçilmelidir.

Kamera üzerinden gelen görüntüyü sahneye aktarabilmek için bu işlemler yapılmış olmalıdır. AR Session Origin altında bulunan AR Camera'nın etiketi Main Camera olarak değiştirilmelidir. Kamerada eğer odak problemi oluşursa odak uzaklığı AR Camera üzerinden ayarlanabilir. Görüntülü görüşmede Agora tarafından APPID alınmalıdır ve uygulamada doldurulmalıdır.

Proje build aşamasında iken proje ayarları bölümünde yapılması gereken ayarlar; Graphics API: GLES3 (Android 11'de gelen vulkan desteği ile vulkan da kullanılabilir.)

Multithread Rendering: off

Minimum API Level: Android 7.0 'Nougat' (API Level 24)

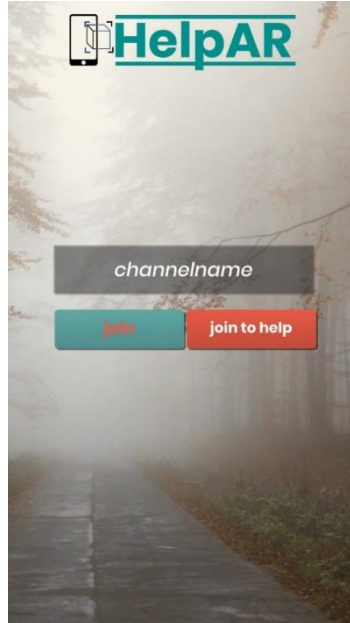
Uygulama bu aşamalar ile android bir tablet veya telefona oluşturulmak üzere hazır hale gelmiştir.

Proje, 3 ana sahneden oluşmuştur: Ana menü, uzman ve kullanıcı sahnesi.

Bu sahneler sırasıyla verilmiştir;

### 3.3.1 Main Menu (Ana Menü)

Kullanıcı ve uzman taraflarının aynı kanal adlarını girerek görüşmeleri sağlanmaktadır. Şekil 3.4'te kullanıcı ve uzman giriş alanı yer almaktadır.



Şekil 3.5 Kullanıcı ve uzman giriş sahnesi.

### **3.3.2 RemoteExpertScene (Uzak uzman sahnesi)**

Uzman tarafında karşılıklı görüşme sağlanmaktadır. Uzman kullanıcı, kullanıcı sahnesindeki görüntüleri görerek karşı tarafa işaretlemeler ve çizimler ile destek sağlamaktadır.

### **3.3.3 UserScene (Kullanıcı sahnesi)**

Kullanıcının yardım alacağı sahneyi içerir. Artırılmış gerçeklik özellikleri kullanıcı sahnesinde çalışmaktadır. Plane detection ve feature point algılama işlemleri bu sahnede gerçekleşir. Kullanıcı tarafında yerleştirilen çizimler ve işaretler birleştirilerek RTC aracılığıyla uzman ekranında görüntülenmektedir.

Bir cihaz üzerinden gelen yayın, diğeri üzerinde yayınlanmaktadır. Uzman kullanıcı ekranının gördüğünü düşük gecikme ile görülmektedir.

Agora RTC SDK içinde gelen kod parçacıklarında;

-Bant genişliği yeterli değilse otomatik olarak video kalitesi düzenlenir.

-Arka kamera ön kamera seçimleri yapılabilmektedir.

-Kameralar tarafından alınan veriler harici bir video kaynağı tarafından gönderilmektedir, bunun anlamı canlı görüntüler direkt olarak kamera tarafından aktarılmamaktadır. Bunun yerine görüntü kapsüllenerek gönderilmektedir.

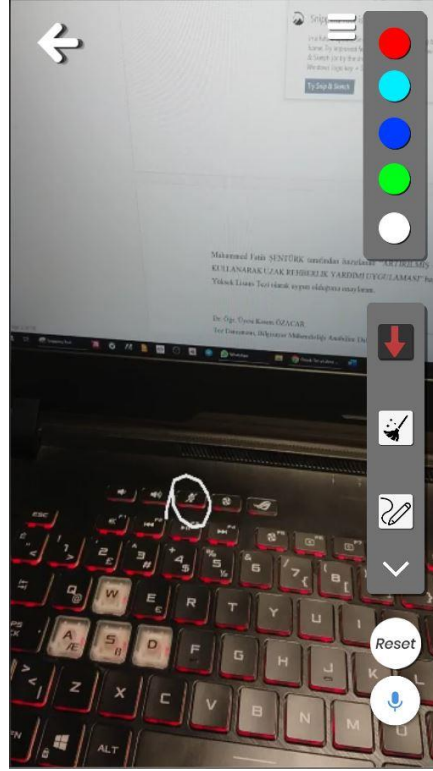
Karşı tarafa video akışı yapılabilmesi için iki adım gerçekleşmelidir; Kullanıcı tarafında arka kamera tarafından görüntü alınmalıdır. Alınan görüntü ham veri olarak API aracılığı ile harici video kaynağına gönderilmelidir, görüntü dönüştürülerek karşı tarafa aktarımı tamamlanmalıdır.

### **3.3.4 ARFoundation ile Kamera üzerinden görüntü alınması**

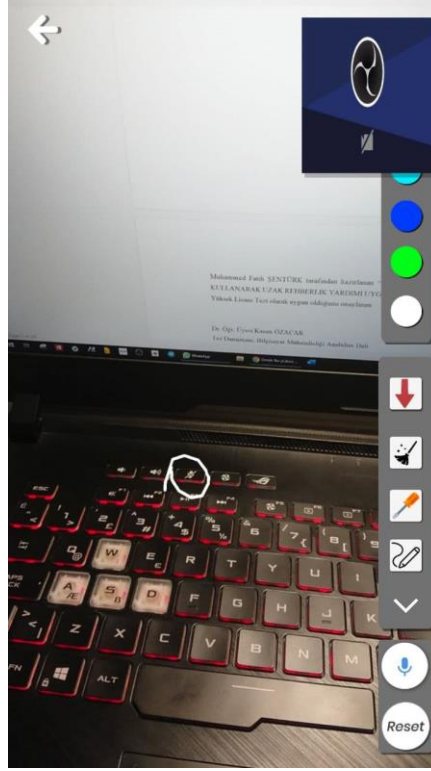
Unity'nin geliştirdiği ARFoundation platformu aracılığı ile artırılmış gerçeklik desteği kazandırılmıştır. Projede AR Session Origin eklenmesiyle AR Camera da

eklenmektedir. Hiyerarşide bulunan AR Camera ve AR Camera Manager C# kodu ile kamera üzerinden gelen görüntü elde edilmektedir, elde edilen görüntü artırılmış gerçeklik uygulaması geliştirilmesine uygun hale gelmektedir. Yüzey tarama ve feature point tarama ile görüntülere sabitlenerek kullanımı sağlanmıştır. 3.3.5 Kullanıcı ekran görüntüsünün Uzman tarafına aktarılması

Kullanıcı sahnesine eklenen kod parçacığı ile sahnede oluşan görüntülerin Agora Video SDK ile aktarımı sağlanmaktadır. Şekil 3.5 ve Şekil 3.6'da görüldüğü üzere kullanıcı ve uzman tarafında kullanıcılar eşzamanlı olarak görüşme sağlamaktadır.



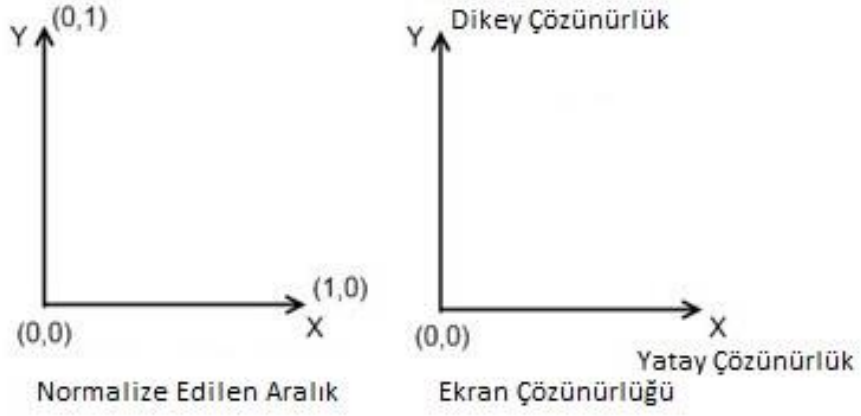
Şekil 3.6 Uzman tarafındaki görüntü.



Şekil 3.7 Kullanıcı tarafındaki görüntü.

### 3.3.6 Ekran görüş alanı dönüşümleri

Uygulama farklı ekran çözünürlüğündeki telefonlar ve tabletlerde uyumlu şekilde çalışabilmesi için cihazların üzerindeki dokunma noktaları 0 ile 1 arasında normalize edilerek karşılıklı aktarımı sağlanmıştır. Böylelikle farklı çözünürlük ve/veya en boy oranlarındaki cihazlarda, kameradan alınan görüntünün aynı noktaların işaretlenmesi sağlanmıştır.



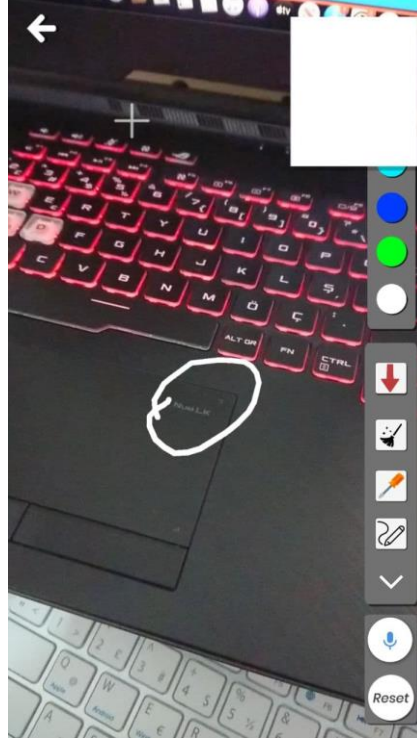
Şekil 3.8 Ekran görüş alanı dönüşümleri.

### 3.4 ETKİLEŞİMLER

#### 3.4.1 Artırılmış gerçeklik çizim özelliği

Unity kütüphanesinde bulunan `linerenderer` özelliği ile çizim yapılması sağlanmıştır. Başlangıçta yapılan çalışmalarda z koordinatı sabit değer verilerek çalıştırılmıştır, ancak kaymalar olduğundan dolayı yüzey taranarak yüzeye sabitlenmiştir. Kullanıcıların çizim yapabilmeleri için bir yüzey algılanması gereklidir, Şekil 3.7'de görüldüğü üzere yüzey algılanmasından sonra çizim yapılabilmektedir.

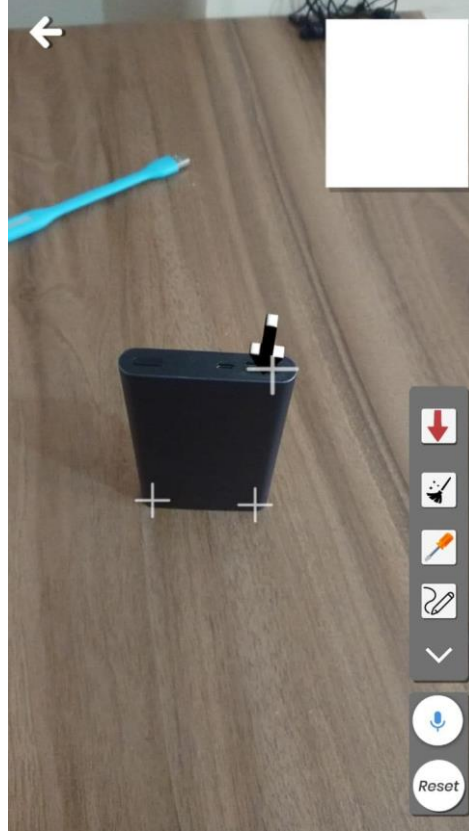




Şekil 3.9 Örnek kullanıcı çizimi.

### 3.4.2 Artırılmış gerçeklik ok ekleme özelliği

Ok ekleme seçeneği ARCore'un barındırdığı feature point bulma özelliği kullanarak eklenmiştir. Kullanıcılar böylelikle özel olarak işaretlemek istediği noktaları bu özellik ile işaretleyebilmektedir. Şekil 3.8'de kullanıcı işaretlemesi gösterilmiştir.



Şekil 3.10 Örnek kullanıcı işaretlemesi.

### 3.4.3 Renk Değiştirme

Renk değiştirme özelliği kullanıcı arayüzünde sağ tarafta olacak şekilde tasarlanmıştır. Böylelikle kullanıcı renk seçimini açılır pencereden seçerek istediği rengi kullanabilir. Ok eklemek özelliğinde ise her ok ile işaretleme yapıldığında farklı renk ok eklenebilmektedir.

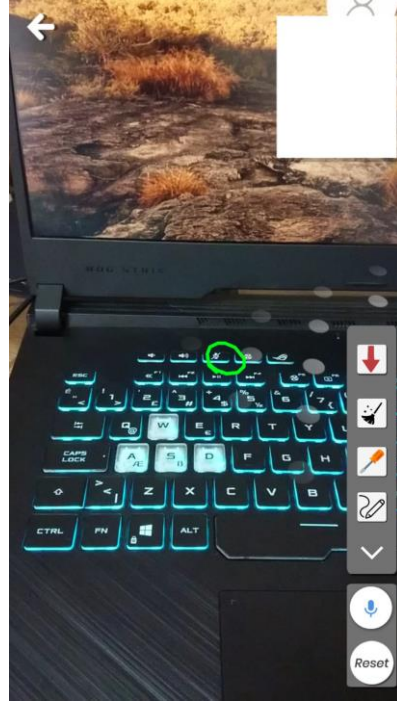
### 3.4.4 Silme

Kullanıcılar işaretlemelerine ihtiyaç olmaması veya yanlış işaretlemeleri durumunda, ekranın sağında yer alan silme butonu ile silme işlemini gerçekleştirebilmektedir.

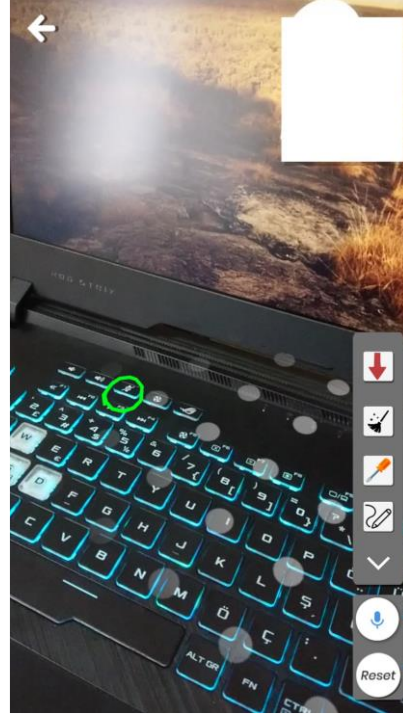
## BÖLÜM 4

### DENEYSEL SONUÇLAR

Bölüm 3’te bahsedilen RemotehelpAR uygulamasının etkinliğini gözlemek için kullanıcı deneyi yapılmıştır. Yapılan çalışma kullanıcılardan geri dönüşler alınmak üzere mühendislik fakültesi öğrencisi ve mühendislerden oluşan 8 katılımcı (1’i kadın) ile temel düzeyde bir deney gerçekleştirilmiştir. Katılımcılar ile kullanıcı ve uzman olarak gruplara ayrılmıştır. Artırılmış gerçeklik uzak iş birliği uygulamasına katılan katılımcıların yaşları 23 ile 34 (ortalama: 25.8) arasında olan kişilerden bir deney grubu oluşturulmuştur. Deneyde katılımcıların günlük olarak kullandıkları android işletim sistemli ve ARCore destekli telefonları kullanılmıştır. Katılımcıların telefonlarına uygulama yüklenmiştir. Katılımcılara sistem hakkında bilgiler verilmiştir, uygulamadaki işaretlemeler ve çizimler gösterilmiştir. Kullanıcıların serbest olarak 5 dakika uygulama ile etkileşim yapmaları istenmiştir. Kullanıcılara uzman tarafından bilgisayarlarının üzerine işaretlemeler ve çizimler yapılmıştır ve o yönergeler göre işlemler yapılması istenilmiştir. Kullanıcı tarafında belirli bir nesneyi göstermesi amaçlı çizimler ve işaretlemeler yapmışlardır. Kullanıcı ve uzman tarafında yapılan çizimlerin stabilizasyonunu gözlemek ve kontrol etmek için kullanıcılardan telefonlarını 60 derece olacak şekilde perspektiflerini değiştirmeleri istenilmiştir. Kullanıcıların perspektif değişimi ile oluşan kaymalar kabul edilebilir minimal kaymalar olduğu gözlemlenmiştir. Bu kaymaların sebeplerinin ise telefonların donanımlarından kaynaklanan derinlik kaybı ve IMU inertial measurement unit (Atalet ölçüm birimi) kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Katılımcılar ve uzman tarafları görevleri başarı ile yerine getirebildikleri görülmüştür. Kullanıcılardan uygulamanın kullanımı ile ilgili anket doldurmaları istenmiştir. Anket sonuçlarında kullanıcılar tarafından olumlu sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 5.1 3 boyutlu sahnede yapılmış bir çizim.



Şekil 5.2 Şekil 5.1'deki çizimin farklı bir açıdan görüntüsü.

Şekil 5.1 ve Şekil 5.2'de görüldüğü üzere kullanıcılardan telefonlarının stabilizasyonlarını ölçmeleri amaçlı perspektiflerini değiştirmeleri istenmiştir.

Kullanıcılar örnek görüntülerde görüldüğü üzere perspektiflerini değiştirmelerine rağmen çizimde, kullanıma engel olmayacak derecede kayma gözlemlenmiştir.

#### 4.1. SONUÇ DEĞERLENDİRME

Kullanıcı deneyi ile, olası bir kullanıcının uzmana ihtiyacı olması durumunda, uzmanın kullanıcının yanındaymış gibi vereceği destek ile uygulamanın başarısı kanıtlanmak istenmiştir. Aşağıdaki çizelgede kullanıcı deney sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.1 Kullanıcı deneyindeki sonuçlar.

Yaş ortalaması	25.8
Bilgisayar tamiri hakkında tecrübe oranı	%87,5
Yönergelerin ekrana gelme doğruluğu	%100
Zaman tasarrufu sağlayabilir mi? (5 üzerinden ortalaması)	4.75
Mental olarak yorulma durumu (5 üzerinden ortalaması)	0.75
Fiziksel olarak yorulma durumu (5 üzerinden ortalaması)	1.5
Kullanım kolaylığı (5 üzerinden ortalaması)	4.5

Yapılan anket sonuçlarına göre;

-Artırılmış gerçeklik kullanımı kayda değer bir zaman kazandırıyor. Nesnelerin üzerinde yönergelerin bulunması işleri daha kolaylaştırdığı görülmüştür.

-Katılımcılar geleneksel yöntemlere göre daha az hata yaptılar. Herhangi bir hata durumunda uzman kullanıcının hatayı düzeltmesi de verim artırımını sağladığı gözlemlenmiştir.

## BÖLÜM 5

### SONUÇLAR

Bu çalışmada pandemi koşullarında uzaktan iş birliği yoluyla çalışma ihtiyacı artmasına istinaden uygun bir çalışma yapılması amaçlanmıştır. Artırılmış gerçekliğin talep görmesi ve telefonlardaki gelişen işleme gücü çalışmaların artmasına neden olmuştur. Geleneksel video ve sesli iletişim yöntemleri uzaktan iş birliğine belirli bir seviyede izin verse de kullanıcıların ürünleri birbirlerine işaretlemesi gibi ihtiyaçları yerine getirememektedir. Artırılmış gerçeklik teknolojisi sayesinde kullanıcıların birbirleriyle etkileşimli olacak şekilde iletişim sağlaması amaçlanmaktadır. Bu tezde, kullanıcıların ihtiyaçları ve düşük maliyetli olması planlanarak RemoteHelpAR uygulaması geliştirilmiştir. Uygulama artırılmış gerçeklik teknolojisi ile video veya sesli görüşmeleri birleştirmektedir. Uygulamanın akıllı telefonlar ve tabletler ile kullanımı mümkündür.

Uygulama Unity ile geliştirilmiştir, android cihazlarda kullanılmıştır, artırılmış gerçeklik desteği ARCore platformu ile kazandırılmıştır. Uygulamada özellik noktası ve yüzey algılama desteklendiğinden dolayı işaretçi kullanımına ihtiyaç olmamıştır. İletişim desteğini kazandırmak için Agora SDK kullanılmıştır.

Çalışmanın belirli kısıtlamaları da vardı. Cep telefonları ve tabletlerin sınırlı işlemci güçleri, kamera sensörlerinin yapabildikleri ve kullanım esnasında cihazların yaklaşık tam güçte çalışmasından dolayı ısınma ve pil ömürlerinin kısıtlı olması. Telefonların modellerine göre bulabildikleri feature pointler ve yüzeylerin kalitesi birbirlerine göre değişmesi android modeller için bir kısıtlama oluşturmaktadır. Artırılmış gerçeklik ile çalışılması teknoloji ile arası iyi olmayan kullanıcılar için bir engel olabilir.

RemotehelpAR uygulamasının uygulanabilirliğini araştırmak için kullanıcı deneyi yapıldı. Sonuçlara göre kullanılan yöntem iletişimi daha verimli hale getirerek

çevrimiçi ortamda uzman kullanıcının talimatlarını diğerkullanıcıya kolay bir şekilde aktardığı gözlemlenmiştir. Böylelikle kullanıcının yapabileceği hatalarda uzman kullanıcı devreye girerek hataları engellemesi mümkündür. Kullanıcı araştırmalarında görüldüğü üzere işaretlemeler ve çizimler kullanıcılar arasındaki verim arttığı için daha iyi bir kullanıcı deneyimi gözlemlenmiştir.

## KAYNAKLAR

1. O. Oda, M. Sukan, S. Feiner, and B. Tversky, "Poster: 3d referencing for remote task assistance in augmented reality", *2013 IEEE Symposium on 3D User Interfaces (3DUI)*, 179–180 (2013)
2. Kuzuoka H., "Spatial workspace collaboration: a SharedView video support system for remote collaboration capability", *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, 533-540 (1992).
3. Bly, S. A., "A use of drawing surfaces in different collaborative settings." *In Proceedings of the 1988 ACM conference on Computer-supported cooperative work*, 250-256 (1988)
4. Carlsson, C., & Hagsand, O. "DIVE A multi-user virtual reality system", *In Proceedings of IEEE virtual reality annual international symposium*, 394-400 (1993)
5. Abigail J Sellen., "Remote conversations: The effects of mediating talk with technology", *Human-computer interaction*, 10(4):401-444 (1995)
6. Williams E, "Experimental comparisons of face-to-face and mediated", *Psychological Bulletin*, 963–976 (1977)
7. Chapanis A., "Interactive human communication. Scientific American", *Scientific American*, 36–42 (1975)
8. O'Malley, C., Langton, S., Anderson, A., Doherty-Sneddon, G., & Bruce, V., "Comparison of face-to-face and video-mediated interaction" *Interacting with computers*, 8(2), 177-192 (1996)
9. Whittaker, S., & O'Conaill, B., "The role of vision in face-to-face and mediated communication", *Video-Mediated Communication* (1997)
10. Regenbrecht, H., Haller, M., Hauber, J., & Billinghurst, M., "Carpeno: interfacing remote collaborative virtual environments with table-top interaction", *Virtual Reality*, 10(2), 95-107 (2006)



11. Poppe, E., Brown, R., Johnson, D., & Recker, J., “Preliminary evaluation of an augmented reality collaborative process modelling system”. *International Conference on Cyberworlds*, 77-84 (2012)
12. Sodhi, R. S., Jones, B. R., Forsyth, D., Bailey, B. P., & Maciocci, G., “BeThere: 3D mobile collaboration with spatial input” *In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 179-188 (2013)
13. Chen, H., Lee, A. S., Swift, M., & Tang, J. C. “3D collaboration method over HoloLens™ and Skype™ end points” *In Proceedings of the 3rd International Workshop on Immersive Media Experiences*, (pp. 27-30) (2015).
14. Sidharta, R., Oliver, J., & Sannier, A., “Augmented reality tangible interface for distributed design review”. *International Conference on Computer Graphics, Imaging and Visualisation (CGIV'06)*, 464-470 (2006).
15. Speicher, M., Cao, J., Yu, A., Zhang, H., & Nebeling, M., “360anywhere: Mobile ad-hoc collaboration in any environment using 360 video and augmented reality” *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, 1-20 (2018).
16. Internet: Unity Game Engine, “Unity Real-Time Development Platform | 3D, 2D VR & AR Engine”, [unity.com](https://unity.com) (2021)
17. Internet: Google AR, “Google Play Services for AR”, [developers.google.com/ar](https://developers.google.com/ar) (2021)
18. Internet: Unity AR Foundation, “Unity’s AR Foundation Framework | Cross platform augmented reality development software”, [unity.com/unity/features/arfoundation](https://unity.com/unity/features/arfoundation) (2021)
19. Li L., “Time-of-flight camera—an introduction”, [ti.com](https://www.ti.com), (SLOA190B). (2014)
20. R. T. Azuma, “A survey of augmented reality,” *Teleoperators & Virtual Environments*, 355–385 (1997)
21. Internet: Vuforia “Vuforia Enterprise Augmented Reality (AR) Software | PTC”, [ptc.com/en/products/vuforia](https://ptc.com/en/products/vuforia) (2021)
22. Internet: Agora SDK, “Agora Real-Time Voice and Video Engagement”, [agora.io](https://agora.io) (2021)

## ÖZGEÇMİŞ

Muhammed Fatih ŞENTÜRK ilk ve orta öğrenimini Çorum'da tamamladı. Çorum Anadolu Lisesi'nden mezun oldu. 2011 yılında Karabük Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği bölümü'nde öğrenime başlayıp 2018 yılında mezun oldu. 2019 yılında Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı'nda başlamış olduğu Bilgisayar Mühendisliği yüksek lisans programını 2021 yılında tamamladı.