

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİLİŞİM SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK TEKNOLOJİSİ KULLANILARAK
ZİHİNSEL ENGELLİ BİREYLERİN TEMEL EĞİTİMİ İÇİN
MOBİL UYGULAMA GELİŞTİRİLMESİ

EREN PAPAKÇI

KOCAELİ 2022

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİLİŞİM SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK TEKNOLOJİSİ KULLANILARAK
ZİHİNSEL ENGELLİ BİREYLERİN TEMEL EĞİTİMİ İÇİN
MOBİL UYGULAMA GELİŞTİRİLMESİ

EREN PAPAKÇI

Dr. Öğr. Üyesi Adnan SONDAŞ
Danışman, Kocaeli Üniversitesi

.....

Prof.Dr. Cüneyt BAYILMIŞ
Jüri Üyesi, Sakarya Üniversitesi

.....

Doç.Dr. Serdar SOLAK
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi

.....

Tezin Savunulduğu Tarih: 23.06.2022

ETİK BEYAN VE ARAŞTIRMA FONU DESTEĞİ

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

- Bu tezin/projenin 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/Projenin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez/proje çalışması olarak sunmadığımı,

beyan ederim.

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

☐ Bu tez/proje çalışması kapsamında üretilen veri ve bilgiler tarafından 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.

.....

Eren Papakçı

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI

Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/projemin 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/projemin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanımı bana ait olacaktır.

Tezin/projenin kendi özgün çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin/projenin 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 **“Lisansüstü 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/projemin erişime açılması mezuniyet tarihinden itibaren 2 yıl ertelenmiştir.

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

☒ Tezim/projem ile ilgili gizlilik kararı verilmemiştir.

.....

Eren Papakçı

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Teknoloji her alanda gelişirken artan toplum nüfusu içerisindeki her bireyin gelişen teknolojiden pozitif anlamda faydalanması sağlanmalıdır. Günümüzde mobil akıllı cihazlar toplumsal yaşamın her alanında etkili olmaktadır. Artırılmış gerçeklik teknolojisi ise geleceğin önemli teknolojileri arasında sayılacaktır. Mobil akıllı cihazların toplumdaki etkisi göz önüne alınıp ve bu artırılmış gerçeklik teknolojisiyle desteklenirse eğitim alanında hem çocuklarda hem de sayıları yadsınamayacak derecede fazla olan zihinsel engelli bireylerin eğitiminde etkili olacağını düşünmekteyim. Zirâ nüfus artışı ve eğitim maliyetleri arttıkça eğitim alanında uygulama yöntemleri değişmeye devam edecektir.

Her zaman yanımda oldukları ve beni her daim destekledikleri için sevgili aileme şükranlarımı sunuyorum.

Lisans ve Yüksek Lisans eğitimim boyunca benden yardımlarını esirgemeyen akademik anlamda ve kariyer anlamında bana yol gösteren ve güvenen sevgili danışmanım Sayın Dr.Öğr. Adnan SONDAŞ'a teşekkürlerimi sunarım.

Lisans ve Yüksek Lisans eğitimimde bana farklı bakış açıları sağlayan, yönlendiren, bilgisini asla esirgemeyen, bana güvenen ve teze dönütleriyle katkı sağlayan Sayın Doç.Dr. Serdar SOLAK'a,

Yüksek öğrenim yaşantımın kırılma noktalarında bana güvenen ve desteklerini esirgemeyen Sayın Prof.Dr. Hikmet Hakan GÜREL'e ve bölümüm Bilişim Sistemleri Mühendisliği tüm Öğretim Üyeleri ve Araştırma Görevlilerine,

Savunma sınavında değerli dönütleriyle çalışmaya katkı sağlayan jüri üyesi Sayın Prof. Dr. Cüneyt BAYILMIŞ'a,

Deney çalışması sırasında Kardelen Özel Eğitim ve Rehabilitasyon merkezinde benimle günlerce ilgilenen ve değerli bilgiler paylaşan tüm çalışanlarına, Özel eğitim öğretmenleri Emre İRİ ve Ahmet ADAR'a teşekkür ederim.

Bu çalışmanın hem zihinsel engelli bireyler için hem de eğitim olanağı kısıtlı olan tüm çocuklara fayda sağlamasını temenni ederim.

Ağustos - 2022

Eren PAPAKÇI

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.....	4
2.1. Çalışmanın Amacı.....	4
2.2. Çalışmanın Literatüre Katkısı.....	4
2.3. Literatür Taraması.....	5
3. ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK.....	10
3.1. Artırılmış Gerçeklik ve Sanal gerçeklik	11
3.2. Artırılmış Gerçeklik Tarihsel Gelişimi.....	11
3.2.1. 1990’larda AR.....	12
3.2.2. 2000’lerde AR.....	12
3.3. Artırılmış Gerçeklik Uygulama Geliştirme SDK’leri.....	13
3.3.1. Vuforia.....	13
3.3.2. Wikitude.....	13
3.3.3. ARToolKit.....	14
3.3.4. ARKit.....	14
3.3.5. ARCore.....	15
3.3.5.1 ARCore Hareket İzleme.....	15
3.3.5.2 ARCore Çevre Algılama.....	16
3.3.5.3 ARCore Derinlik Algılama.....	17
3.3.5.4 ARCore Işık Tahmini.....	17
3.4. Artırılmış Gerçeklik Çalışma Mekanizması.....	17
3.5. Artırılmış Gerçeklik Akış Şeması.....	18
4. ANDROID MOBİL UYGULAMA.....	19
4.1. Android İşletim Sistemi.....	19
4.2. Android Jetpack.....	19
4.3. MVVM Mimarisi.....	19
4.4. Android Repository Tasarım Deseni.....	20
4.5. Activity ve Fragment Sınıfları.....	21
4.6. ViewModel Sınıfı.....	21
4.7. LiveData Sınıfı.....	22
4.8. Layout.....	22
4.9. Yerel Veri Tabanı (Room Kütüphanesi)	22
4.10. Google Firebase.....	23
5. MATERYAL VE YÖNTEM.....	24
5.1. Materyal.....	24
5.1.1. Donanım.....	24
5.1.2. Yazılım.....	24

5.1.3. Test Cihazları.....	24
5.2. Yöntem.....	25
5.2.1. Android Uygulama Geliştirme Aşamaları.....	25
5.2.2. Artırılmış Gerçeklik Uygulama Mimarisi.....	26
5.2.3. ARCore'un Uygulamaya Dahil Edilmesi.....	30
5.2.4. ARCore'un Uygulamada Kullanılması.....	31
5.2.5. Firebase Storage'a Eğitim Kartı Eklenmesi.....	34
6. DENEYSEL ÇALIŞMA.....	35
6.1. Artırılmış Gerçeklik Uygulamasının Başarı Testleri.....	35
6.2. Artırılmış Gerçeklik Uygulamasının Kullanılabilirliği.....	38
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	40
KAYNAKLAR	41
EKLER	46
KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER	53
ÖZGEÇMİŞ	54

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1.	Milgram-Kishino'nun Gerçeklik-Sanallık spektrumu.....	10
Şekil 3.2.	Heiling'in Sensorama adlı simülatörü.....	11
Şekil 3.3.	Rosenberg'in Virtual Fixture adlı cihazı.....	12
Şekil 3.4.	Wikitude SDK'nin genel yapısı.....	14
Şekil 3.5.	ARCore hareket izleme.....	16
Şekil 3.6.	ARCore çevre algılama.....	16
Şekil 3.7.	ARCore ışık tahmini.....	17
Şekil 3.8.	AR sistemi için akış şeması.....	18
Şekil 4.1.	Repository tasarım deseni mimarisi.....	20
Şekil 4.2.	Activity sınıfı örneği.....	21
Şekil 4.3.	Layout hiyerarşisi.....	22
Şekil 4.4.	Room kütüphanesi çalışma mimarisi.....	23
Şekil 5.1.	AR mobil uygulama arayüz şablonu.....	26
Şekil 5.2.	AR mobil uygulama mimarisi.....	27
Şekil 5.3.	DashboardActivity akış şeması.....	28
Şekil 5.4.	MenuFragment ekranı.....	29
Şekil 5.5.	MenuDetailFragment ekranı.....	29
Şekil 5.6.	Modelin ARSceneActivity üzerinde gösterilmesi.....	30
Şekil 5.7.	ARCore'un projeye dahil edilmesi.....	30
Şekil 5.8.	Layout içerisinde ArFragment eklenmesi.....	31
Şekil 5.9.	Activity sınıfı içerisinde ArFragment'in tanımlanması kod bloğu.....	31
Şekil 5.10.	Firebase Storage'dan AR modeline erişim kod bloğu.....	31
Şekil 5.11.	AR modelinin gösterilmesi.....	32
Şekil 5.12.	AR modelinin sahne sırasındaki tıklama aksiyonu kod bloğu.....	32
Şekil 5.13.	AR modelinin Render edilmesi sırasında kod bloğu.....	33
Şekil 5.14.	AR modelinin sahnede boyutunun ayarlanması için kod bloğu.....	33
Şekil 5.15.	Firebase Storage'da eğitim kartlarının ana görünümü.....	34
Şekil 5.16.	Firebase Storage'da eğitim kartlarının içeriği.....	34
Şekil 5.17.	Firebase Storage'da GLB AR modelleri.....	34
Şekil 6.1.	Deneyisel çalışma ortamı -1.....	35
Şekil 6.2.	Deneyisel çalışma ortamı -2.....	35
Şekil 6.3.	Klasik yöntem eğitim kartları.....	37

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1.1.	Zihinsel engelli birey sınıflandırması	2
Tablo 2.1.	Takip test puanları için tanımlayıcı istatistikler.....	5
Tablo 6.1.	Başarı testi sonucu.....	38
Tablo 6.2.	Kullanılabilirlik testi sonucu.....	39



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar

WHO	: World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)
IQ	: Intelligence Quotient (Zekanın Kat Sayısı)
AR	: Augmented Reality (Artırılmış Gerçeklik)
VR	: Virtual Reality (Sanal Gerçeklik)
2D	: 2-Dimensional (2-Boyutlu)
3D	: 3-Dimensional (3-Boyutlu)
SDK	: Software Development Kit (Yazılım Geliştirme Kiti)
IDE	: Integrated Development Environment (Tümleşik Geliştirme Ortamı)
AAC	: Android Architecture Components (Android Mimari Bileşenleri)
API	: Application Programming Interface (Uygulama Programlama Arayüzü)
NASA	: National Aeronautics and Space Administration (Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi)
MVVM	: Model View ViewModel (Model Görünüm GörünümModel)
SLAM	: Simultaneous Localization and Mapping (Eş Zamanlı Konum Belirleme ve Haritalama)
LIDAR	: Light Detection and Ranging (Işın Algılama, Mesafe Ölçme)
IMU	: Inertial Measurement Unit (İnertiyel Ölçme Ünitesi)

ARTIRILMIŞ GERÇEKLIK TEKNOLOJİSİ KULLANILARAK ZİHİNSEL ENGELLİ BİREYLERİN TEMEL EĞİTİMİ İÇİN MOBİL UYGULAMA GELİŞTİRİLMESİ

ÖZET

Gelişen teknolojiyle beraber her alanda olduğu gibi eğitim alanında da yöntemler değişmektedir. Bu yöntemler içerisinde artırılmış gerçekliğin önemli bir payı vardır. Artırılmış gerçekliğin eğitim alanında kullanılmasıyla öğretim etkileşimli hale gelmekte ve öğretimde üç boyutlu modeller kullanılarak anlaşılması zor konular kolaylaşmaktadır. Toplum içerisinde zihinsel engelli bireylerin sayısı azımsanmayacak derecede fazladır ve bu bireylerin toplum içerisinde yer almalarını sağlayacak bazı temel eğitimleri almaları gerekmektedir. Özel eğitim kurumlarında verilen bu temel eğitimler için eğitim kartları kullanılmaktadır. Ancak bu eğitimlerin eğitim kartlarıyla verilmesi üç boyutlu olarak öğretilmesi gereken konularda yetersiz kalmakta eğitimciyi ve öğrenciyi zorlamaktadır. Ayrıca öğretilen bazı konuların zorluğu, zaman ve materyal maliyetini de arttırmaktadır. Gerçekleştirilen bu çalışmanın amacı zihinsel engelli bireylerin veya 0-6 yaş aralığındaki çocukların eğitiminde kullanılmak üzere üç boyutlu olarak öğretilmesi daha uygun olan bazı temel konuları artırılmış gerçeklik teknolojisi kullanarak öğretmektir. Bu amaçla Android mobil uygulaması geliştirilmiş ve geliştiren bu uygulama özel eğitim kurumlarındaki öğrenciler üzerinde test edilmiştir. Uygulama geliştirilirken güncel teknolojiler ve ARCore artırılmış gerçeklik kütüphanesi kullanılmıştır. Uygulama geliştirilirken literatürdeki çalışmalar ve eğitim kurumlarındaki eğitimcilerin görüşleri de dikkate alınmıştır. Uygulama içerisinde kullanılan artırılmış gerçeklik modelleri ve ses dosyaları uzak sunucuda depolanmış ve uygulama boyutu azaltılmıştır. Uygulama içerisinde kullanılan eğitim kartlarına daha sonra farklı artırılmış gerçeklik modelleri eklenebilir hale getirilmiştir. Uygulamanın düşük boyuta sahip olması, yeni teknolojileri kullanması uygulamanın daha stabil çalışmasını sağlamıştır. Literatürde zihinsel engelli bireylerin eğitime yönelik bir artırılmış gerçeklik mobil uygulama çalışma sayısı oldukça kısıtlıdır. Bu çalışma zihinsel engelli bireylere yönelik bir artırılmış gerçeklik mobil uygulama konusuna kaynak teşkil ederken Android tabanlı mobil cihazlar için artırılmış gerçeklik uygulama geliştirme konusunda yol gösterebilir.

Çalışmanın deney çalışmasında 20 eğitimciye deney ve kontrol gruplarının başarı durumunu ve uygulama arayüzünü değerlendirerek 17 soruluk anket doldurmaları istenmiştir. Anket sonuçları yorumlandığında genel olarak artırılmış gerçeklik ile eğitim gören deney grubundaki öğrenciler klasik eğitim kartlarıyla öğrenim gören kontrol grubundaki öğrencilere göre daha başarılı olmuştur. Uygulama sadece zihinsel engelli bireylerin dışında 0-6 yaş aralığındaki çocuklar içinde kullanılabileceği ve uygulama arayüzünün gelişmeye açık yanları da belirtilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Artırılmış Gerçeklik, Android Mobil Uygulama, Mobil Uygulama Geliştirme, Zihinsel Engelli Bireyler.

DEVELOPING A MOBILE APPLICATION FOR THE BASIC EDUCATION OF MENTALLY HANDICAPPED INDIVIDUALS USING AUGMENTED REALITY TECHNOLOGY

ABSTRACT

With the developing technology, methods are changing in the field of education as in every field. Among these methods, augmented reality has an important share. With the use of augmented reality in the field of education, teaching becomes interactive and difficult to understand topics are facilitated by using three-dimensional models in teaching. The number of mentally disabilities individuals in the society is substantial and these individuals need to receive some basic training to enable them to take part in the society. Education cards are used for these basic trainings given in private education institutions. However, giving these trainings with training cards is insufficient in the subjects that need to be taught in three dimensions, and it forces the educator and the student. In addition, the difficulty of some of the subjects taught increases the time and material cost. The aim of this study is to teach some basic subjects, which are more suitable to be taught in three dimensions, using augmented reality technology to be used in the education of mentally disabilities individuals or children aged 0-6. For this purpose, an Android mobile application has been developed and tested on students in private education institutions. While developing the application, current technologies and ARCore augmented reality library were used. While developing the application, the studies in the literature and the opinions of the educators in the educational institutions were also taken into consideration. Augmented reality models and sound files used in the application are stored on the remote server and the application size is reduced. Later, different augmented reality models can be added to the training cards used in the application. The small size of the application and the use of new technologies made the application work more stable. In the literature, the number of studies on an augmented reality mobile application for the education of mentally disabilities individuals is very limited. While this study provides a source for an augmented reality mobile application for individuals with intellectual disabilities, it can guide the development of augmented reality applications for Android-based mobile devices.

In the experimental study of the study, 20 educators were asked to fill out a 17-question questionnaire by evaluating the success status of the experimental and control groups and the application interface. When the results of the questionnaire were interpreted, the students in the experimental group who were educated with augmented reality in general were more successful than the students in the control group who were educated with classical education cards. It is stated that the application can be used not only for mentally disabilities individuals, but also for children aged 0-6, and the aspects of the application interface that are open to development.

Keywords: Augmented Reality, Android Mobile Application, Mobile Application Development, Mental Disabilities Individuals.

1. GİRİŞ

Dünya genelinde kabul görmüş bir engellilik tanımı yoktur. Dünya sağlık örgütü (WHO)'a göre engelli bireyin tanımı; bir insan için normal olarak nitelendirilen tarz veya çizgide bir etkinlikte bulunma yeteneğinin kısıtlılığı veya yokluğu şeklinde tanımlamaktadır (WHO, 2011). Günümüzde engelli bireyler içerisinde zihinsel engelli (zihinsel gelişimi normalden farklı) bireylerin sayısı hiç yadsınamayacak şekilde fazladır. Dünya genelinde bir nüfus çalışması yapılmasa da ABD'de yapılan Otizm yaygınlığı üzerine yapılan çalışmada 2000 yılında 150 çocuk üzerinde 1 otizmlili belirtisi görülürken, 2018 yılında ise 44 çocuk içerisinde 1 otizm belirtisi görülmektedir (NCBDDD, 2022). Türkiye'de ise 2002 yılında yapılan bir çalışmada nüfus üzerinde engelli birey oranı yüzde 12,29 idi. (Özsaygı, 2020). 2000 yılında yapılan bir çalışmaya göre ise engelli bireyler içerisinde Türkiye'de 200 bin zihinsel engelli birey bulunmaktaydı (Şen, 2018). Günümüzde ise 2022 yılında Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı tarafından yapılan çalışmada Engelli Sağlık Kurulu Raporu almış kişi sayısı 2,5 milyon kişi civarındadır. Bu kişiler içerisinde 385, 313 bin zihinsel engelli birey bulunmaktadır (Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı, 2022). Zihinsel engellilik, geniş bir grubu kapsayabilir. Bu grup içerisinde, Down sendromlu bireyler, otizmlili bireyler veya zihinsel gelişimi normal düzeyin altında bireyler girebilir. Bu sınıftaki bireyler genelde öğretilabilir sınıflandırmasına girmektedirler (Zervas ve diğ., 2014). Zihinsel engellilik sınıflandırması IQ seviyesine göre tespit edilebilen bir sınıflandırmadır. Ancak bireyin sadece IQ seviyesine göre zihinsel engelli olduğu açıklanamaz. Zihinsel engelli bireylerin aile, çevre ile olan ilişkileri, zekâ yaşı bölümleri, kendi kurdukları dünyaları, etkilendikleri olaylar, algıları, korkuları, sevinçleri birbirinden farklı olması nedeniyle tek bir tipte zihinsel engelden ya da engelli birey tipinden bahsetmek çok güçtür. Ancak Tablo 1.1'de gösterildiği gibi zihinsel engelli bireyler ağırlık derecelerine göre genellikle iki farklı yaklaşımla sınıflandırılmaktadırlar. Bunlardan biri psikolojik tanılama yaklaşımı, diğeri de eğitsel tanılama yaklaşımıdır (Millî Eğitim Bakanlığı, 2015).

Tez kapsamına psikolojik tanıya göre hafif ve orta, eğitsel tanıya göre öğretilabilir ve öğretilen tanıdaki zihinsel gelişimi normalden farklı bireyler dahildir. Zihinsel engelli bireylerin eğitimi ve toplumda aktif şekilde yer almaları oldukça önemlidir. Gelişen teknolojiyle beraber her alanda olduğu gibi eğitim ve öğretim alanında da

teknoloji standart yöntemler karşısında daha verimli, hızlı, mekân ve zaman bağımsız aynı zamanda anlaşılması zor konuları dahi kolayca anlamaya olanak sağlayan yöntemler içermektedir.

Tablo 1.1. Zihinsel engelli birey sınıflandırması

IQ	Psikolojik Tanı	Eğitsel Tanı
70-55	Hafif	Eğitilebilir
55-35	Orta	Öğretilebilir
35-25	Ağır	Bağımlı
25-Altı	Çok Ağır	Tam Bağımlı

Bu teknolojiler içerisinde eğitim alanında artırılmış gerçeklik son dönemde oldukça önem kazanmıştır (Boz, 2019). Artırılmış gerçeklik (Augmented reality = AR), gerçek dünyadaki çevrenin ve içindekilerin, sanal makineler tarafından üretilen; ses, görüntü, grafik ve GPS verileriyle zenginleştirilerek meydana getirilen canlı veya dolaylı fiziksel görünümüdür. Bu kavram kısaca gerçekliğin bilgisayar tarafından değiştirilmesi ve artırılmasıdır (Azuma, 1995). AR günümüzde birçok alanda kullanılmaktadır. Pazarlama, reklam, alışveriş, mimari, turizm ve eğitim öne çıkan alanlardır (Bozat, Dedelioğlu, 2018). Artırılmış gerçekliğin özellikle eğitim alanında kullanılmasıyla anlaşılması zor olan kavramları somutlaştırması, soyut kavramları veya 3D olarak öğretilmesi gereken konuları daha akılda kalıcı, anlaşılır, merak uyandırıcı, etkileşimli, katılımcı ve basitleştirerek öğretimi kolaylaştırır (Somyürek, 2014). Özel eğitim kurumlarında klasik yöntemle zihin engelli bireylerin eğitiminde kullanılan eğitim kartları bazı konularda yetersiz kalmaktadır. Bu konular bazıları: sınıf ortamına getirilemeyen 3D cisimler, eylem faaliyetleri ve duygu eğitimi sayılabilir.

Çalışma kapsamında öncelikle literatürdeki deneysel çalışmaları yapılmış AR tabanlı eğitim uygulamaları incelenmiş ve bu çalışmalar değerlendirilerek temel bir arayüz çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu arayüz çalışmasında özel eğitim kurumlarındaki öğretmenlerin de görüşleri alınmıştır. Uygulama menülerinin ve içeriğin oldukça basit ve öğrenciyi yönlendirici olması gerekmektedir (İçten, Bal 2017). Uygulama içerisinde basit ama 3D anlaşılması gereken konular seçilmiştir. Eğitimcilerin de tavsiyesiyle eğitim menü kartları içerisindeki 3D AR modellerinin aynı standartta ve gerçek imgeleri

çağrıştırıcı olmalarına dikkat edilmiştir buna uygun olarak Hayvanlar ve Renkler menü kartları uygulamaya eklenmiştir. Uygulama tasarlanırken mobil işletim sistemi Android platformu seçilmiştir. Android işletim sisteminin seçilmesinin en önemli nedeni dünya üzerindeki erişimi en kolay ve en fazla kullanıcı sayısına sahip mobil işletim sistemi olmasıdır. 2021 itibarıyla günümüzde akıllı cep telefonu kullanıcı sayısı yaklaşık 5,22 milyar civarındadır. 4,66 milyarı da internet erişimine sahiptir ve bu oran içerisinde yaklaşık %72,5 Android kullanıcısı vardır (Kemp, 2021). Mobil uygulamalarda AR teknolojisinin kullanılabilmesi için yazılım geliştirme kiti (SDK) gerekmektedir. Uygulama içerisinde Google firmasının ARCore SDK'yi kullanılmıştır. Ayrıca uygulama tasarımında Google'ın önerdiği mimari prensipleri izlenmiştir. Uygulamada MVVM mimarisi ve Android Jetpack kütüphane paketi kullanılmıştır. Uygulama içerisinde kullanılan AR 3D modelleri ve ses dosyaları uzak sunucuda depolanarak uygulama boyutu küçülmesi sağlanmıştır. Bütün bunlar sayesinde uygulamanın daha stabil ve hızlı çalışması amaçlanmıştır. Uygulama içerisinde kullanılan Hayvanlar ve Renkler menü kartlarına daha sonra yeni kart eklenebilecek şekilde tasarlanmıştır.

Çalışmamızın ikinci bölümünde çalışmanın amacından, literatüre katkısından ve literatür taramasından bahsedilmiştir. Üçüncü bölümde AR'ın tanımı, çalışma mekanizması, tarihi ve günümüzde popüler olan bazı AR SDK'lerinden bahsedilmiştir. Dördüncü bölümünde uygulama tasarlanırken kullanılan Android teknolojileri temel olarak anlatılmıştır. Beşinci bölümde kullanılan materyal ve uygulama geliştirme aşamaları anlatılmıştır. Altıncı bölümünde Özel eğitim kurumunda yapılan deneysel çalışma, son bölümde ise çalışmanın sonuç ve önerileri açıklanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

Bu bölümde çalışmanın amacı, literatüre katkısı ve daha önce yapılan çalışmalar literatür taraması başlığında yer almaktadır.

2.1 Çalışmanın Amacı

Uygulama geliştirilmeden önce eğitim amaçlı tasarlanmış AR uygulamaları incelenmiştir. Aynı şekilde literatürde yer alan hem 0-6 yaş aralığındaki çocuklara yönelik hem de zihinsel engelli bireyler için yapılan AR çalışmaları incelenmiştir. Özel eğitim kurumlarındaki eğitimcilerin görüşleri de alınmıştır. Gerçekleştirilen çalışmanın amaçlarından ilki özel eğitim kurumlarında eğitim kartlarıyla verilen öğretimin zorluklarını azaltmaktır. Bu zorluklar; üç boyutlu (3D) cisimlerin iki boyutlu (2D) kartlarla öğretilmesi, sınıf ortamına getirilemeyen 3D objeler, duygu ve eylem faaliyetleri olarak sıralanabilir. Diğer amaçları eğitim kurumlarındaki teknik malzeme ve materyal eksikliğinden dolayı oluşan etkiyi AR teknolojisinin sağladığı avantajlarla gidermektir. Aynı zamanda zaman ve materyal maliyetlerini de düşürmektir. Uygulama içerisinde zihinsel engelli bireylerin 3D olarak öğrenmesi gereken konular öncelik olarak yer almaktadır ancak uygulama içerisinde kullanılan eğitim kartları sadece zihinsel engelli bireyler için değil, 0-6 yaş aralığındaki çocuklar için de kullanılabilir.

Uygulama bu amaçla tasarlanmış ve tasarlanan uygulama özel eğitim kurumlarında test edilerek başarı sonuçları paylaşılmıştır.

2.2 Çalışmanın Literatüre Katkısı

Literatür incelediğinde AR teknolojisi tabanlı eğitim uygulamaları yer almaktadır ancak zihinsel engelli bireylerin eğitimine yönelik uygulama çalışması oldukça kısıtlıdır. Bu çalışma zihinsel engelli bireylerin eğitiminde kullanılacak bir AR eğitim uygulaması için yol gösterici olabilir. Ayrıca Android platformunda bir AR mobil uygulaması geliştirilirken dikkat edilmesi gereken noktaları, geliştirilen uygulamanın mimarisini ve literatür çalışmalarında diğer SDK'lere göre daha az kullanılan ARCore'un uygulamalarda nasıl kullanılması gerektiğini anlatılmasıyla uygulama geliştirecek kişilere yol gösterebilir.

2.3 Literatür Taraması

Demirer ve Erbaş, 2015'te mobil AR uygulamalarının eğitim yönünden kullanılabilirliği üzerine bir test çalışması gerçekleştirmişlerdir. Bu amaçla Alive, Augment, Aurasma, Blippar, Junaio, Layer ve Wikitude adlarında uygulamalar seçilmiştir. Bu uygulamalar belirlenen kriterlere göre karşılaştırmalı olarak kıyaslanmıştır. Çıkan sonuca göre eğitsel içeriklerin somutlaştırılması ve öğrencinin yakınlaştırma, döndürme gibi fonksiyonları kullanarak özellikle karmaşık konuları 3D model olarak görmeleri öğrenimi daha kolaylaştırabilir sonucu çıkmıştır. Ayrıca mobil AR uygulamalarında konu içeriğine uygun video kullanılması günümüzde kolay ulaşılabilir öge olmasından dolayı uygulamalara işlevsellik katabileceğini belirtmişlerdir. Bunlarla birlikte uygulamalar içerisinde web sayfası bağlantıları ve konum tabanlı özellikleri eklenmesiyle AR eğitim uygulamaları daha kullanılabilir hale getirilebileceği açıklanmıştır. Ayrıca mobil cihazların günümüzde kullanım oranları baz alındığında eğitim alanında mobil AR uygulamalarının daha fazla kullanılacağı öngörülmüş ve çalışmada bu yönde sonuç gösterilmiştir (Demirer ve Erbaş, 2015).

Doğan, 2016 yılında yapmış olduğu deney çalışmasında İngilizce kelime öğreniminde AR teknolojisinin kullanılmasının akılda kalıcılığı arttırdığı sonucuna ulaşmıştır. Çalışmada Erzincan Üniversitesi İngilizce hazırlık öğrencileri üzerinde karışık yöntem araştırma deseni ile 5 haftalık bir deney çalışması gerçekleştirilmiştir. Denekler 40 hazırlık öğrencisinden oluşmuştur. Toplanan veriler Ancova ve bağımsız örneklem t-testleri aracılığıyla analiz edilmiştir. Deney sonuçları Tablo 2.1'den görebileceği üzere deney grubu lehine ortalama puan bazında ve hata ortalamasında anlamlı başarı göstermiştir (Doğan, 2016).

Tablo 2.1. Takip test puanları için tanımlayıcı istatistikler

Grup	Deney Kişi Sayısı	Ortalama Puan	Sapma	Hata Ortalaması
Kontrol Grubu	20	45,25	17,204	3,847
Deney Grubu	20	65,25	9,588	2, 144

2016 yılında benzer bir çalışma Gül tarafından bilgisayar donanım dersleri için uygulandı. Gül araştırmasında açıklayıcı desen yöntemini kullanarak, Ahi Evran Üniversitesi Meslek Yüksek Okulu 1. Sınıf 1. Dönem Bilgisayar Programcılığı bölümünde okuyan 122 (Deney Grubu 61, Kontrol Grubu = 61) öğrenciyi seçmiştir. Verilerin analizinde t-testi ve betimsel analiz yöntemi kullanmıştır. Çıkan sonuçlara göre AR kullanarak öğretilen bilgisayar donanımı dersindeki deney grubundaki öğrencilerin başarıları anlamlı şekilde daha yüksek çıkmıştır. Aynı zamanda eğitimciler ve uzman kişilerin AR kullanılarak öğretim şeklinin farklı eğitim alanlarında da kullanmak istediklerini belirtmişlerdir (Gül, 2016).

Altan ve Göktürk'ün 2018 yılında yaptığı çalışmada normal zihinsel gelişim göstermeyen çocuklar üzerinde bir oyun eğitim uygulaması üzerinden test yapılmıştır. AR teknolojisi ile geliştirilen oyunda yer alan nesnelerin tanımlanmasında kullanılan metaforlar ile oyunun kullanıldığı ortama ait arayüz metaforları olan hareket ettirme, kaydırma, fırlatma gibi metaforların etkisi normal zihinsel gelişim göstermeyen öğrenciler üzerinde incelenmiştir. Yapılan çalışmaya 1 Down sendromlu, 8 Otizmlı ve 3 orta düzey zihinsel engelli birey olmak üzere 12 kişi katılmıştır. Sonuç kısmında özellikle, zihinsel gelişim bozukluğu gösteren bireyler için AR eğitim uygulamalarının hem fiziksel pratik sağlaması hem de bilinçli akıl düzeylerinin gelişmesi açısından önerileceği vurgulanmıştır (Altan ve Göktürk, 2018).

2018 yılında Peru'da Cesâr Vallejo Üniversitesinde gerçekleştirilen çalışmada 4 yaşındaki çocuklar için sayılar ve sesli harflerin AR teknolojiyle öğretilmesinin klasik yöntemle başarı durumu test edilmiştir. Sesli harfler için gerçekleştirilen çalışmada klasik yöntemde her bir harfin öğrenimi için öğrenciler ortalama 2,95 puan alırken aynı eğitimi AR uygulaması ile gerçekleştirilmesiyle öğrenciler ortalama 4,33 puan almışlardır. Toplamda ortalama %27,60 başarı sağlanmıştır. Aynı şekilde sayılar üzerinde gerçekleştirilen deneyde ise her bir sayıdan 3,35 puan alan öğrenciler aynı çalışmanın AR uygulaması ile gerçekleştirilmesiyle 4,48 puan almışlardır. Toplamda ortalama %22,60 başarı sağlanmıştır. Çalışmada AR uygulaması geliştirilirken, AR Vuforia SDK'si ve uygulama geliştirme Unity platformu kullanılmıştır (Cieza ve Lujan, 2018). Kurniawan ve arkadaşları 2018 yılında yaptıkları çalışmada öğrencilerin insan anatomisinin görselleştirilmesi sırasında yaşadıkları zorluklardan yola çıkarak bir AR uygulaması

geliştirmiş ve başarı sonuçlarını test ederek paylaşmışlardır. Klasik öğretimde 2D olarak gösterilen anatomik resim ve organların AR uygulamasıyla 3D model olarak gösterilmesi ve bu 3D model üzerinde öğrenciler tarafından detaylı incelemelerin yapılabilir olmasından kaynaklı öğretimin çok daha kolay ve anlaşılabilir olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Özellikle ders kitaplarındaki 2D görsellerin anatomi derslerinde kullanılması öğrencilerin 3D olarak görselleştirmelerinde zorluklar yaratmaktadır. Bu sorunu AR teknoloji kullanarak içerisinde 3D model, yazı ve video ile destekleyerek daha kolay ve anlaşılabilir hale getirmeye çalışmışlardır bu sayede öğrenciler üzerinde özgüven oluşması ve zor gözüken anatomi konusunu kolay öğrenebilecekleri algısı oluşmuştur. Çalışmada bir grup öğrenci Android platformu için tasarlanan AR uygulamasını kullanıp, kontrol grubu ise AR uygulaması kullanmadan klasik yöntemle anatomi dersi almıştır daha sonra iki grup arasında kısa sınav yapılmıştır. Yapılan sınav sonuçları değerlendirildiğinde AR uygulamasıyla öğretimde %18’lik başarı sağlanmıştır (Kurniawan ve diğ., 2018).

2018 yılında Coşkun yaptığı çalışmada AR ile öğretimin öğrenciler üzerindeki başarı, kaygı ve motivasyon etkisini Ortaöğretim Fen Bilgisi dersinin “Güneş sistemi ve Ötesi” ünitesinde incelemiştir. Aynı öğretmenden iki farklı şubede öğrenim gören öğrencilere deney çalışması gerçekleştirilmiş, deney grubuna AR ile eğitim verilirken kontrol grubuna ise anlatım, soru cevap ve tartışma yöntemleriyle eğitim verilmiştir. Verilere ait sonuçlar analiz edilmiş ve AR ile desteklenen öğretimin akademik başarı üzerine olumlu yönde etki yaptığı belirlenmiştir. Ayrıca çalışmada deney ve kontrol gruplarının motivasyon ve kaygı tutum düzeyleri arasındaki kayda değer bir farklılık bulunmamıştır (Coşkun, 2018).

2019 yılında Altan ve Göktürk’ün yaptığı doktora çalışmasında ise geleneksel 2D düzlem (kâğıt), 2D dokunmatik ekran ve bilgisayar destekli 3D sanal görüntüleme alanı AR kullanılarak, zihinsel gelişimi normalden farklı olan öğrencilerin zihin kuramı testlerini yapmaları sağlanmıştır. 3 boyutlu görüntü elde etmek için tablet tabanlı AR metodu kullanılmıştır. Zihin kuramı başarıları deneysel verilere göre karşılaştırılmıştır. Ulaşılan deney sonuçlarında; Sanal ortam, öğrencilerin öğrenme aktivitelerinden keyif almalarını sağlamıştır. Ayrıca, öğrencilerin konuları anlamalarına, performanslarını geliştirmelerine ve öğrenmeyle meşgul olmalarına yardımcı olacağı sonucu çıkmıştır. 3D ve sanal

ortamın, öğrencilerin temel görsel öğrenimlerinde daha etkili olacağı belirtilmiştir. AR'ın otizmlili öğrenciler için etkili, tatmin edici ve eğlenceli bir ortam sağlayacağı belirtilmiştir. AR ile eğitimin zihinsel engelli bireyler için gelecekteki eğitimlerine pozitif etki edeceği belirtilmiştir. Bilgisayar arayüzü ve bilgisayar sistemleri'nin zihinsel gelişimi normalden farklı olan öğrencilerin klasik yöntemle göre daha konsantre tuttuğu açıklanmıştır. Ayrıca AR teknolojisi eğitimler tarafından desteklenmektedir (Altan ve Göktürk, 2019).

Yavuz 2019 yılında gerçekleştirdiği çalışmasında mobil AR uygulamalarının kullanılabilirlik kriterlerinin en önemlileri arasında güvenlik, gizlilik, öğrenme kolaylığı, uygulama modelinin görüntü kalitesi ve kullanım kolaylığı olarak belirtmiştir (Yavuz, 2019).

2019 yılında Lindner ve arkadaşlarının Almanya Ruhr Üniversitesinde yaptıkları başka bir çalışmada özellikle karmaşık konuların AR 3D modellerle gösterilmesinin avantajlarından bahsederek, Dünya ve Ay arasındaki mesafenin öğretilmesinde AR teknolojisi 3D modellemesini örneklemiştir. Projelerinde Unity platformu ve Vuforia SDK'si kullanmışlardır. Tasarladıkları uygulamayla öğrenciler üzerinde deney çalışması gerçekleştirdiklerinde öğrencilerin AR gibi farklı öğretim yöntemiyle öğrenmeleri öğrencileri motive ettiği sonucu ortaya çıkmıştır. Aynı zamanda AR teknolojisinin ortaöğretimdeki öğrencilerin anlamada zorluk çektiği karmaşık konuları daha anlaşılabilir hale getirdiğini ifade etmişlerdir (Linder ve diğ., 2019).

2019 yılında Ekici, "Lise Fizik ve Kimya dersleri için AR uygulaması" adlı tez çalışmasında, literatürde eğitim alanında AR araştırmalarını baz alarak Unity platformu ve Vuforia SDK'si ile uygulama geliştirmiş ve öğrenciler üzerinde test etmiştir. Sonuç değerlendirmesinde hem Fizik hem de Kimya derslerinde soyut kavramların daha basit ve anlaşılır şekilde somutlaştırılmasında AR teknolojisinin pozitif etki ettiğini aynı zamanda birçok okuldaki laboratuvarların malzeme eksiliği sebebiyle oluşabilecek problemleri engellediği, görselliği sayesinde ise her iki dersinde öğrencilerin ilgi ve dikkatlerini çektiği sonuçlarını değerlendirmiştir (Ekici, 2019). Akkiren 2019 yılında gerçekleştirmiş olduğu tez çalışmasında AR uygulamalarının 6. sınıf öğrencilerinin fen bilgisi dolaşım sistemi konusundaki akademik başarılarına etkisini incelemiştir. Deney ve kontrol grubu olarak ikiye ayırdığı sınıflarda deney grubundaki öğrenciler AR

uygulamasıyla eğitim görürken, kontrol grubundaki öğrenciler ise 2D modellerle öğretim görmüştür. AR ile eğitim gören deney grubundaki öğrencilerin anlamlı şekilde daha başarılı olduğu görülmüştür. Ayrıca öğrenci ve öğretmen görüşlerindeki bulgularda, AR'ın 3D olması, öğrencilerin ilgisini çekmesi ve öğrencileri anlamlı şekilde motive etmesi gibi etmenlerde sonuçlarla paylaşılmıştır (Akkiren, 2019).

Kurtça 2021 yılında gerçekleştirdiği doktora çalışmasında zihinsel engelli çocuklara yaya becerilerinin kazandırılmasında Sanal gerçeklik (Virtual reality = VR) uygulamasının etkililiğini incelemiştir. Çalışmanın deney aşamasına 11-15 yaş aralığında üç zihin engelli çocuk katılmıştır. Tüm katılımcıların yaya becerilerini öğrendikleri ve öğretim tamamlandıktan 1, 3 ve 5 hafta sonra da öğrendikleri becerileri sürdürdükleri görülmüştür. Bununla beraber katılımcılar öğrendikleri becerileri gerçek ortama (yaya geçidi ve ışıklı yaya geçidi) genelledikleri görüşmüştür. Katılımcı ve annelerinden toplanan sosyal geçerlik verileri yorumlandığında ise VR uygulamalarıyla öğretimin ilgi çekici ve eğlenceli olduğu buna ek olarak farklı öğretimsel amaçlar içinde kullanılabileceği görüşü ortaya çıkmıştır (Kurtça, 2021).

Abdüsselam 2022 yılında gerçekleştirdiği çalışmasında ortaokul 8. sınıf öğrencileri üzerinde Fen bilimleri dersi konularından olan mikroskop ve mikroskopla inceleme konularının AR ve VR teknolojileri kullanılarak uygulanmasında öğrencilerin akademik başarısına etkisini incelemiştir. Mikroskop kullanımında öz yeterlik inançları açısından VR deney grubu lehine anlamlı bir fark olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca öğrencilerin uygulamalarda verimli bir etkileşimde bulunmalarının etkisinin yüksek olduğu belirtilmiştir (Abdüsselam, 2022).

3. ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK

AR, gerçek zamanlı fiziksel görüntülerin dolaylı veya dolaysız olarak sanal makineler tarafından farklı bilgiler eklenerek artırılmasıdır. Bu bilgiler görüntü, grafik, ses veya küresel konumlama sistemi (GPS) verisi olabilmektedir (Cai ve diğ., 2013). Bir AR sisteminin bazı temel özelliklere sahip olması gerekmektedir. Bunlar:

- Gerçek ve sanal dünyayı birleştirmesi.
- Etkileşimin real-time (gerçek zamanlı) olması.
- Gerçek ve sanal nesneleri 3D olarak üst üste bindirmesi.
- Şeklinde sıralanabilir.

AR 3D nesneleri kullanarak etkileşimli bir şekilde gerçek ve sanal nesneleri birleştirir (Houston, 2020). Milgram ve Kishino 1994 yılında Karma gerçeklik (Mixed reality) adıyla sanal ve gerçek görüntüler arasında Şekil 3.1'deki spektrumu oluşturmuşlardır. (Skarbez ve diğ., 2021). Gerçek ortam (Real environment) gerçek dünya içerisinde bulunan ve diğer canlıların gerçekliği ile etkileşim içinde olunan ortamdır. Gerçek ortam, doğal çevre ve dünyada bulunan canlı ve cansız nesneleri kapsar. AR sanal nesneleri doğal dünyaya getirir. Bu nesneler doğal ortam nesneleriyle etkileşime geçebildiğinden Şekil 3.1'deki spektrumda gösterildiği gibi gerçek ortama daha yakındır. Artırılmış sanallık (Augmented virtuality) artırılmış gerçekliğin tam tersidir. Temel olarak doğal dünya nesnelerinin sanal dünyaya yerleştirilmesidir. Sanal ortam (Virtual environment) ise gerçek dünyadan tamamen kopma, sanal makineler tarafından üretilen çevredir. Bütün bunlarla beraber görüleceği üzere AR gerçek ortama yakınken AV sanal ortama daha yakındır (Milgram ve Kishino, 1994).



Şekil 3.1. Milgram-Kishino'nun Gerçeklik-Sanallık spektrumu

3.1 Artırılmış Gerçeklik ve Sanal Gerçeklik

Günümüzde AR ve VR kavramları ön plana çıkmaktadır. VR, sanal ortamda üretilen çevre ve içindekilerin birey tarafından teknolojik cihaz aracılığıyla karşılıklı etkileşime geçme durumudur (Slater ve diğ., 2016). AR ve VR arasındaki temel farklar ise şunlardır:

1. AR teknolojisinde gerçek dünya deneyimi artırılırken, VR teknolojisinde gerçek dünyadan tamamen soyutlanma ve sanal dünya ile etkileşim söz konusudur.
2. AR teknolojisinde, akıllı bir mobil cihaz veya akıllı gözlük gibi daha az maliyetli cihazlar kullanılırken, VR teknolojisinde güçlü donanıma sahip grafik kartı ve sensörler kullanılır. Dolayısıyla daha maliyetli teknolojik cihazlar gereklidir.

3.2 Artırılmış Gerçeklik Tarihsel Gelişimi

AR tarihi incelendiğinde 1950 yılına kadar geriye gidebilmektedir. 1950’li yılların sonlarında sinematograf Mort Heiling, Şekil 3.2’deki Sensorama adlı simülatörü icat etmiştir. Bu simülatör stereo ses, mekanik titreşim, fan ve koku bir arada ve aynı anda birleştirilerek izleyicilere sanal bir izlenim deneyimi vermeyi amaçlamıştır. Bu VR teknolojisi için yapılan ilk girişimdir ve AR teknolojisinin başlangıcı olarak kabul edilmektedir (Dhiraj ve Govilkar, 2015).



Şekil 3.2. Heiling’in Sensorama adlı simülatörü

1968 yılında Ivan Sutherland adlı bilgisayar bilimci Demokles'in Kılıcı adını verdiği ilk başa takılan ekranı tasarlamıştır. Bu ekran dünyaya ilişkin duyuşsal algıları geliştiren ve bilgisayar tarafından oluşturulan grafikleri görüntülenmesini sağlayan ilk deneyimdir. 1975'te bilgisayar araştırmacısı ve sanatçı Myron Krueger, ilk kez sanal objelerle bilgisayar-insan etkileşimini interaktif olarak kullanılmasını sağlayan "Videoplace" adında yapay gerçeklik laboratuvarı kurmuştur. NASA ve North Carolina Üniversitesi tarafından 1970 ve 1980'li yıllar boyunca AR teknolojisiyle ilgili araştırmalar devam etmiştir (Poetker, 2019).

3.2.1 1990'larda AR

Gerçek anlamda AR terimi 1990'lı yıllarda doğdu. Boeing adlı havayolu şirketinde araştırmacı olarak çalışan Thomas Caudell ve David Mizell'in çalışmalarında ilk AR terimini kullandılar. 1992 yılında ABD Hava Kuvvetleri araştırma laboratuvarında çalışan Louis Rosenberg, Şekil 3.3'teki "Virtual Fixture" adı verilen ve uçaklardaki makineleri sanal olarak kontrol edilmesini sağlayan cihazı geliştirdi. Bu cihazın amacı pilotları daha güvenli uçuş uygulamaları konusunda eğitmektir (Poetker, 2019).



Şekil 3.3. Rosenberg'in Virtual Fixture adlı cihazı

3.2.2 2000'lerde AR

2000 senesinde Japon bilim insanı Hirokazu Katu, ARToolKit adlı AR açık kaynak yazılım geliştirme kitini geliştirdi ve yayınladı. ARToolKit, yazılımcıların AR

uygulamaları geliştirmelerine, sanal grafikleri gerçek dünyaya yerleştirmelerine ilk kaynaklık eden açık kaynaklı yazılım olmuştur (Burch, 2016).

İlerleyen yıllarda 2008’de Wikitude adlı şirket Android mobil cihazları için bir AR Seyahat Rehberi hazırladı.

2013’te Google adlı şirket beta Bluetooth vasıtasıyla internete bağlanabilen Google Glass adlı cihazı test etti. 2015’te Microsoft adlı şirket AR gözlüğü HoloLens adlı ürününü tanıttı.

2016’de ise Niantic adlı firma mobil cihazlar için Pokemon Go adlı oyunu yayınladı. Uygulama, oyun endüstrisine büyük etki gerçekleştirdi ve AR teknolojiye olan ilgiyi arttırdı (Poetker, 2019).

3.3 Artırılmış Gerçeklik Uygulama Geliştirme SDK’leri

AR teknolojişinin uygulamalar içerisinde kullanılabilmesi için yazılım SDK’leri kullanılmalıdır. SDK’lerin ana avantajı, yazılım geliştiricilerin, tüm genel ve tipik sorunlarını tek tek çözmek ve bunlara zaman harcamak yerine, benzer ve zamana göre iyi test edilmiş çözümleri ve kısa yolları uygulama geliştirme aşamasında uygulamalara hazır olarak sunmaktır (Massis, 2015).

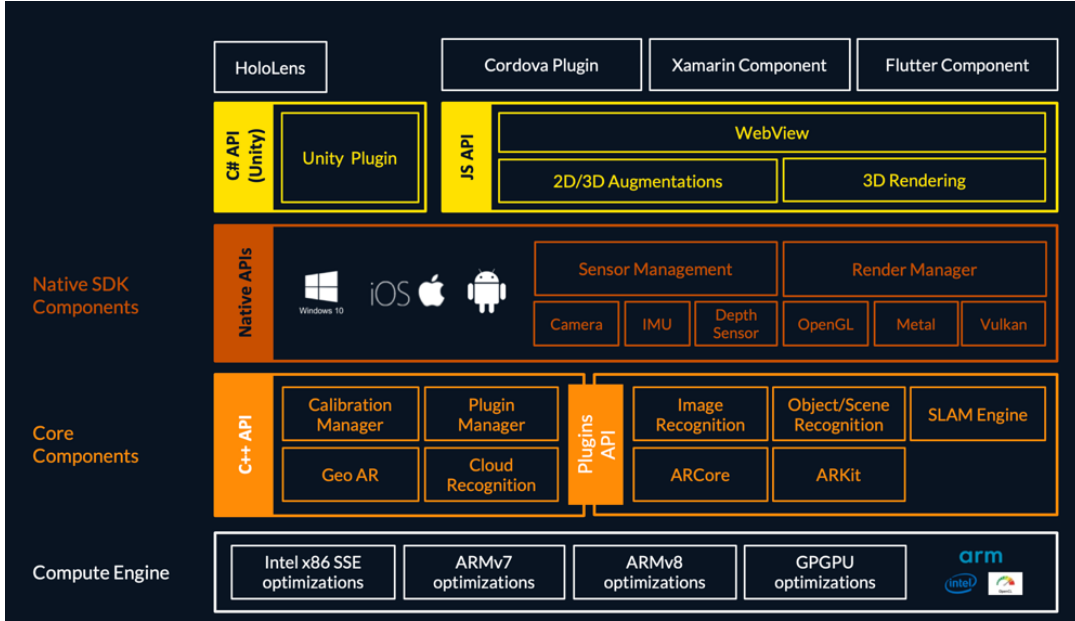
3.3.1 Vuforia

Vuforia, bazı kullanımları dışında daha çok kurumsal uygulamalar için tercih edilen ücretli bir AR SDK’dir. AR deneyimleri geliştirmek için Vuforia Engine, Studio ve Chalk adlı bir dizi ürün sunar. Nesne tanıma ve 3D modelleme için yaygın kullanılan SDK’lerden biridir. Vuforia, hem IOS hem de Android platformları için geliştirmeyi desteklerken, Unity adlı oyun motoru ile her iki platforma da kolayca taşınabilen AR uygulamalarının geliştirilmesine olanak tanır (Vuforia, 2022).

3.3.2 Wikitude

Wikitude mobil uygulamalar için kullanılmak üzere AR teknolojisi sağlayıcıdır. Wikitude SDK’si belli sürümleri açık kaynak olmasına rağmen geniş kullanımda ücretsiz değildir. Ancak kamera görünümünde Wikitude logosu vb. gibi bazı sınırlamalarla

kullanılabilir. Wikitude ilk olarak Android platformunda kullanıma sunulmuş ardından IOS platformu içinde genişletilmiştir. Wikitude'nin diğer SDK'lerden en büyük avantajı herhangi bir programlama becerisinin gerekli olmamasıdır. Wikitude'nin sağladığı stüdyo ortamında, nesneleri kolayca sürükleyerek, AR uygulamaları oluşturulabilen bir geliştirme prosedürü sağlar (Zdrânc, 2019). Şekil 3.4'te Wikitude SDK'nın genel yapısı gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Wikitude SDK'nın genel yapısı

3.3.3 ARToolKit

ARToolKit Hirokazu Kato tarafından tasarlanan, ilk, ücretsiz ve açık kaynak kodlu AR SDK'yi olması açısından önemlidir. Android ve IOS mobil işletim sistemleri yanı sıra, Windows, Linux ve MacOS işletim sistemlerinde AR uygulamaları için kullanılabilir. 1999'da ortaya çıkan ARToolKit, günümüze kadar çeşitli güncellemelerden geçerek güncel tutulmaya devam edilmektedir. ARToolKit'de ayrıca her platform için standart API sağlanır (Kato, 2000).

3.3.4 ARKit

ARKit SDK'yi Apple firması tarafından geliştirilmiştir. ARKit'in en büyük dezavantajı Android akıllı telefonlarda kullanamamaktır. ARKit'in avantajları arasında hızlı hareket

izleme, yüz izleme, hızlı görünüm (kolayca taşınabilen ve ölçeklendirilebilen modelleri ve sahneleri görüntüleme) ve çeşitli oluşturma efektlerini kullanılmasıdır. Apple firması, IOS mobil işletim sisteminin her yeni sürümünde ARKit eğitim materyallerini ve güncellemelerini (ARKit 1.5, ARKit 2, ARKit 3) yayınlayarak AR'yi yazılım geliştiriciler için kolay ve anlaşılır tutmaktadır (Apple, 2022).

3.3.5 ARCore

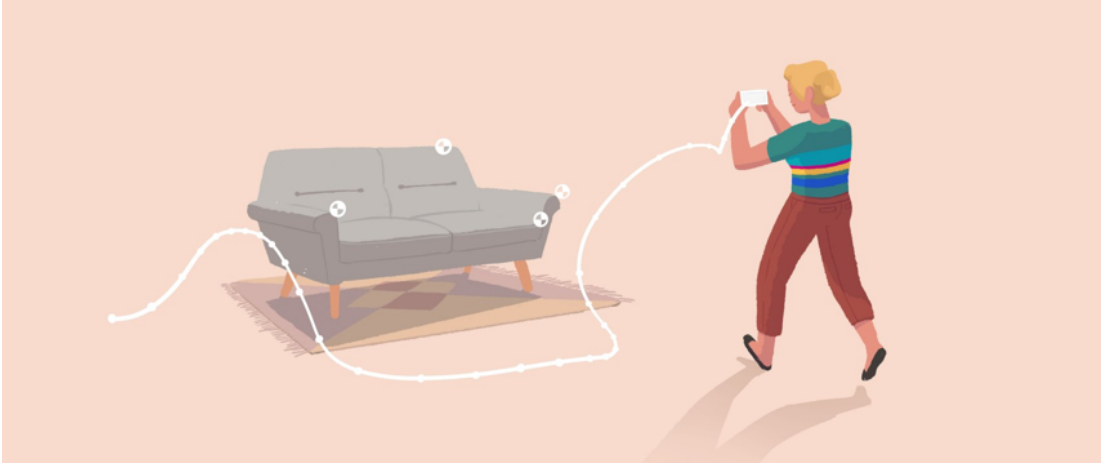
ARCore, Google firması tarafından geliştirilen ücretsiz ve açık kaynak kodlu SDK'dır. Özellikle Android mobil işletim sistemlerinde performanslı çalışmaktadır (Romilly, 2019). Android dışında, IOS mobil işletim sistemi, Unity oyun motoru ve Web ortamında da kullanılabilir. Sanal ve gerçek dünya nesnelerini birleştirmek için dört temel özellik kullanır. Bunlar:

- Hareket İzleme
- Çevre Algılama
- Derinlik Algılama
- Işık Tahmini

3.3.5.1 ARCore Hareket İzleme

ARCore, mobil akıllı telefon kamera aracılığıyla dış çevrede hareket ederken, cihazın, etrafındaki dünyaya göre nerede olduğunu anlamak için eşzamanlı yerelleştirme ve eşleme diğer adıyla SLAM adı verilen bir süreç kullanır. ARCore, yakalanan kamera görüntüsünde özellik noktaları adı verilen görsel olarak farklı özellikleri algılar ve bu noktaları konum değişikliğini hesaplamak için kullanır. Görsel bilgiler, kameranın dünyaya göre pozunu (konum ve yönelimi) zaman içinde tahmin etmek için cihazın IMU sensöründen alınan atalet ölçümleriyle birleştirilir.

İlgili 3D içeriği sanal kameranın pozuyla, ARCore tarafından sağlanan cihazın kamerasının pozuyla hizalayarak, sanal içeriği doğru perspektiften oluşturur. Oluşturulan sanal görüntü, cihazın kamerasından elde edilen görüntünün üzerine bindirilerek sanal içeriğin gerçek dünyanın bir parçası gibi görünmesi sağlanır (Google, 2022). Şekil 3.5'te simüle edilmiş hali gösterilmektedir.

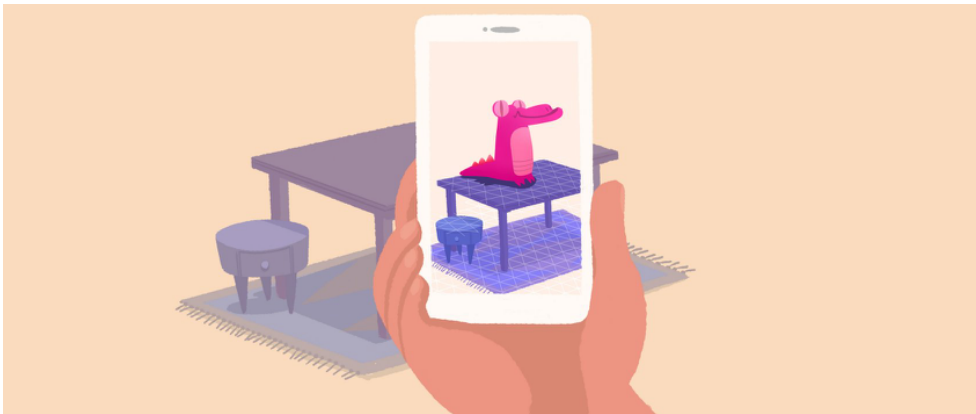


Şekil 3.5. ARCore hareket izleme

3.3.5.2 ARCore Çevre Algılama

ARCore, sürekli(real-time) olarak özellik noktalarını ve düzlemleri tespit ederek gerçek dünya ortamına ilişkin anlayışını geliştirir. Çevredeki masa veya duvar gibi ortak yatay veya dikey yüzeylerde uzanıyor gibi görünen özellik noktaları kümelerini arar ve bu yüzeyleri AR uygulaması için geometrik düzlemler olarak kullanılabilir hale getirir. ARCore ayrıca her bir geometrik düzlemin sınırını belirleyebilir ve bu bilgiyi AR uygulaması için kullanılabilir hale getirebilir. Düz yüzeyler üzerinde duran 3D sanal nesneleri yerleştirmek için bu bilgi kullanılır.

Düzlemleri algılamak için özellik noktalarını kullandığından, beyaz duvar gibi dokusuz düz yüzeyler düzgün şekilde algılanmayabilir (Google, 2022). Şekil 3.6’da simüle edilmiş hali gösterilmektedir.



Şekil 3.6. ARCore çevre algılama

3.3.5.3 ARCore Derinlik Algılama

ARCore, desteklenen bir cihazdan gelen ana RGB kamerayı kullanarak, derinlik haritaları, belirli bir noktadan yüzeyler arasındaki mesafe hakkında veri içeren görüntüler oluşturabilir. Derinlik haritası tarafından sağlanan bilgileri, sanal nesnelerin gözlemlenen yüzeylerle doğru bir şekilde çarpışmasını sağlamak veya gerçek dünya nesnelerinin önünde veya arkasında görünmesini sağlamak gibi gerçekçi kullanıcı deneyimlerini oluşturmak için kullanılır (Google, 2022).

3.3.5.4 ARCore Işık Tahmini

ARCore, çevresinin aydınlatmasıyla ilgili bilgileri algılar ve belirli bir kamera görüntüsünün ortalama yoğunluğunu ve renk düzeltmesini sağlayabilir. Bu bilgi, 3D nesneleri çevredeki ortamla aynı koşullar altında aydınlatmaya ve gerçekçilik duygusunu artırmaya olanak tanır (Google, 2022). Şekil 3.7’de simüle edilmiş hali gösterilmektedir.



Şekil 3.7. ARCore ışık tahmini

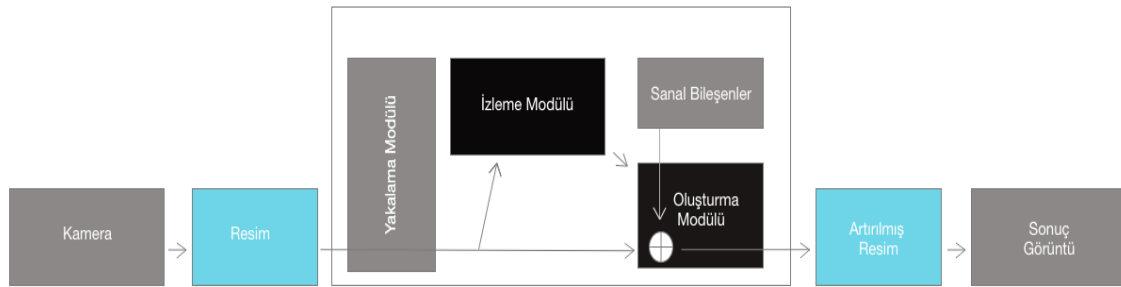
3.4 Artırılmış Gerçeklik Çalışma Mekanizması

AR sistemi; kamera, hesaplama birimi ve ekrandan oluşur. AR, bilgisayarla görü, SLAM (Eş Zamanlı Konum Belirleme ve Haritalama) teknikleri kullanarak, bilgisayar ortamında oluşturulan sanal içeriklerin, gerçek dünya üzerinde gerçek zamanlı olarak görüntülenebilmesine olanak sağlayan bir teknolojidir (Carmigniani ve Furht, 2015). AR sisteminde sanal nesnelerin düzgün şekilde yerleşebilmesi için, kameranın konumunu

veya çevreyi algılaması için çeşitli bilgiler gereklidir. Bu bilgiler kameraların sensörleri (derinlik ölçer, ışık, LIDAR, IMU vb.) kullanılır.

3.5 Artırılmış Gerçeklik Akış Şeması

Şekil 3.8’de basit bir AR sistemi için akış şeması göstermektedir. Yakalama modülü (Capturing module) görüntüyü kameradan yakalar ve İzleme modülü (Tracking module)’e iletir. İzleme modülü sanal kaplama için doğru konumu ve yönlendirmeyi hesaplar ardından Oluşturma modülü (Rendering module)’e iletir. Oluşturma modülü hesaplanan pozu kullanarak orijinal görüntüyü ve sanal bileşenleri birleştirir ardından artırılmış görüntüyü ekranda gösterilir (Pawar ve diğ., 2014).



Şekil 3.8. AR sistemi için akış şeması

İzleme modülü, AR sisteminin merkezindedir. İlgili kameranın pozunu gerçek zamanlı olarak hesaplar. Poz terimi, bir nesnenin altı serbestlik derece konumu belirtir. Bu kısaca bir nesnenin 3D konumu ve 3D yönelimi anlamına gelir. İzleme modülü, görüntülemenin yapılabilmesi için referans olarak alınan bir nesnenin tanımlanması ile 3D konum ve yön bilgisinin hesaplanma sürecidir.

Oluşturma modülü, sistemin gerçek kamerasıyla aynı sanal bir kamera oluşturmaktadır. Böylece sahnedeki sanal nesneler gerçek nesnelerle aynı şekilde yansıtılır. Gerçek kamerayı taklit edebilmek için sistemin kameranın optik özelliklerini bilmesi gerekir. Bu özellikleri belirleme işlemine kamera kalibrasyonu denir. Kamera kalibrasyonu AR sisteminin bir parçası olabilir veya ayrı bir işlem olabilir. Birçok araç kiti bir kalibrasyon aracı sağlar. Vuforia, ARCore, ARToolKit gibi AR SDK’leri kalibrasyon işlevine sahiptir (Pawar ve diğ., 2014).

4. ANDROID MOBİL UYGULAMA

Bu bölümde, uygulama geliştirilirken kullanılan teknolojilerin teorik bilgileri anlatılmıştır. Android mobil uygulamalar günümüzde Google firmasının önerdiği önergelerle daha stabil ve modern teknolojilerle tasarlanmaktadır. Uygulama tasarlanırken kullanılan bu teknolojiler zorunlu olmamakla birlikte kullanılması durumunda uygulamanın hem daha hızlı ve stabil olmasını hem de daha sonra uygulamaya gelebilecek bir güncelleme durumunda uygulama içerisindeki kodların daha kolay anlaşılması ve değiştirilmesi bakımından önemlidir. Yazılım geliştirmek dışında, yazılımın bakım maliyeti de yazılımın önemli faktörlerinden biridir.

4.1 Android İşletim Sistemi

Android, Google firması tarafından desteklenen Linux tabanlı ve açık kaynaklı bir mobil işletim sistemidir. Günümüzde dünya üzerinde %70'ten fazla kullanıcısıyla en fazla kullanım oranına sahip mobil işletim sistemidir. Android' in ilk sürümü 2008 yılında Android 1.0 ile yayımlanmış ve günümüzde 2022 yılı itibariyle Android 13 Beta sürümüyle güncel tutulmaya devam edilmektedir (Mixon, 2020).

4.2 Android Jetpack

Android Jetpack, Android mobil yazılım geliştiricileri için en iyi pratikleri sunan, geliştiricileri gereksiz kod karışıklığından koruyan ve Google tarafından desteklenen kütüphane paketidir. Jetpack içerisinde bir mobil Android uygulaması geliştirilirken sıkça başvurulmuş veri tabanı işlemleri, yaşam döngüsü sorunları (lifecycle management issues), asenkron işlemler (asynchronous operations) ve daha birçok özellik için çeşitli kütüphaneler yer alır (Muntenescu, 2021). Zorunlu olmamakla birlikte günümüz modern Android uygulamaları bu kütüphane koleksiyonundan faydalanarak geliştirilir. Google, Jetpack içerisindeki kütüphanelerin zamanla güncellenmesi veya kullanımdan kaldırılması noktasında uygulama geliştiricileri bilgilendirir.

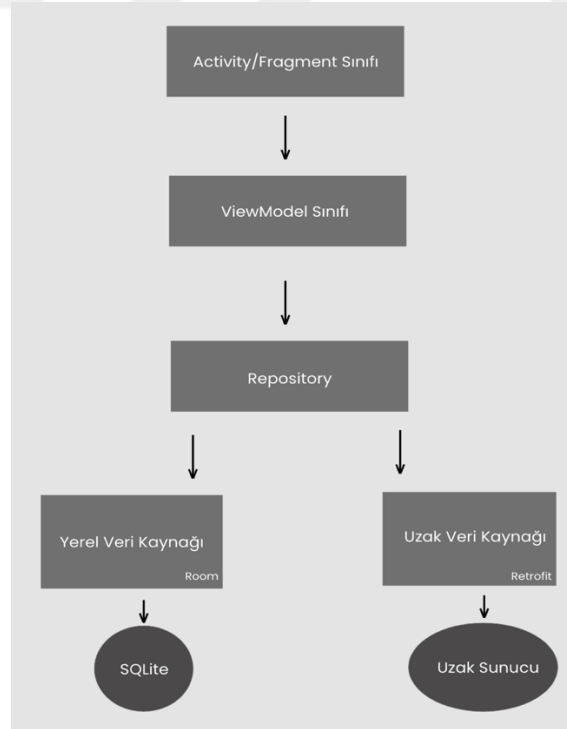
4.3 MVVM Mimarisi

MVVM mimarisi ilk olarak John Gossman tarafından 2005 yılında önerilmiştir. Temel yazılım mimari örüntülerinden olan MVVM sadece mobil uygulamalarda değil yazılımın

birçok alanında kullanılır. MVVM mimarisinde yazılım içerisindeki işler birbirlerinden soyutlanır. M(Model), V(View), VM(ViewModel) isimlerinde katmanlara ayrılır ve her bir katmanın görevi birbirinden farklıdır. Model, yazılım içerisindeki kullanılacak veri modellerini temsil ederken, View kullanıcının etkileşime geçeceği ekranı temsil eder. ViewModel ise Model ve View arasında köprü görevi görür. Bu sayede proje içerisinde bölümlendirme yapılır. Bu bölümlendirme birbirlerine daha az bağlı esnek, test edilebilir bir yazılım ve daha az karmaşıklık yaratır (Alp, 2019).

4.4 Android Repository Tasarım Deseni

MVVM mimarisi uygulanmış Android projelerinde Model modülünde uzak veya yerel veri tabanlarından gelen veri modellerini kullanırken kod tekrarları görülebilir. Repository Tasarım deseni bu kod tekrarını önlemeye ve veri ihtiyacını basitleştirerek tek bir merkezden kullanılmasını amaçlayan bir tasarım kalıbıdır. Google firması modern android uygulamalarında MVVM mimarisinin yanında Repository Tasarım deseni kullanıldığını tavsiye etmektedir. Şekil 4.1’de Repository tasarım deseni mimarisi gösterilmektedir.



Şekil 4.1. Repository tasarım deseni mimarisi

4.5 Activity ve Fragment Sınıfları

Android uygulamalarda bir Activity sınıfı, kullanıcının uygulamayla etkileşime girerken gördüğü ilk ekrandır. Kullanıcılar genel olarak uygulama ekranında Activity sınıfları ile iletişim kurarlar. Her Activity sınıfı farklı eylemler gerçekleştirmek için farklı Activityler başlatabilir. Şekil 4.2’de tipik bir Activity sınıfı gösterilmiştir.

```
class MainActivity : AppCompatActivity() {  
  
    override fun onCreate(savedInstanceState: Bundle?) {  
        super.onCreate(savedInstanceState)  
        setContentView(R.layout.activity_main)  
    }  
}
```

Şekil 4.2. Activity sınıfı örneği

Fragment sınıfları ise tıpkı Activity sınıfları gibi kullanıcıların etkileşime geçtiği ekranlardır. Ancak Fragmentlar tek başlarına faaliyet gösteremezler. Fragmentler bir Activity sınıfına bağlı olarak uygulama içerisinde yer alabilirler aynı zamanda Fragment sınıfların kendi yaşam döngüleri vardır (Kumari, 2021).

4.6 ViewModel Sınıfı

ViewModel sınıfı, bir Activity sınıfı veya Fragment sınıfı için gerekli verileri hazırlamaktan ve yönetmekten sorumlu sınıftır. Ayrıca, Activity veya Fragment sınıflarının uygulamanın geri kalanıyla iletişimini de yönetir. Bir ViewModel sınıfı her zaman bir kapsam (Fragment veya Activity sınıfı) ile birlikte oluşturulur ve kapsam canlı olduğu sürece korunur. ViewModel sınıfının amacı, bir Activity veya Fragment sınıfı için gerekli olan bilgileri elde etmek ve saklamaktır. Activity veya Fragment sınıfları, ViewModel sınıfındaki değişiklikleri gözlemleyebilmelidir (observable).

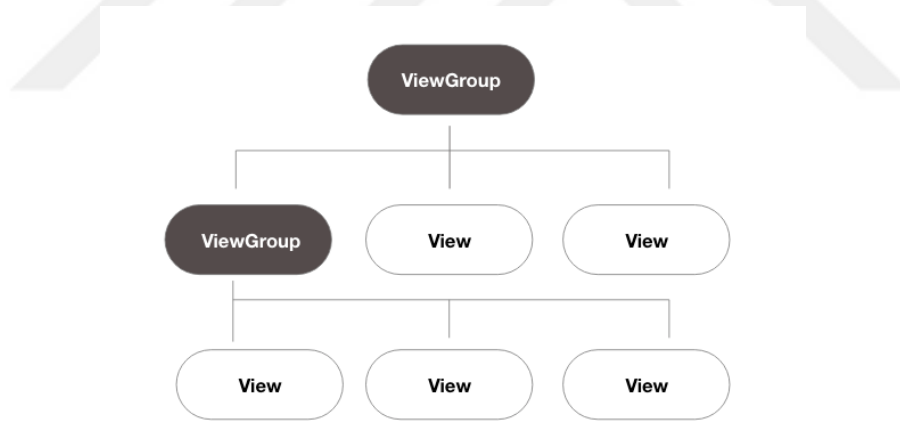
ViewModel sınıfının en büyük sorumluluğu, kullanıcı arayüzü için verileri yönetmektir. Modern MVVM mimarisinde ViewModel, Activity veya Fragment sınıfına ait bir referans tutmamalıdır.

4.7 LiveData Sınıfı

Android Jetpack öğelerinden olan LiveData objesi observable bir veri sınıfıdır. Observable, gözlemlenebilir demektir. Gözlemlenebilirlik, bir nesnenin verilerindeki değişiklikler hakkında diğerlerini bilgilendirme yeteneğini ifade eder. LiveData'nın diğer gözlemlenebilirlerden temel farkı yaşam döngüsü (lifecycle-aware) sürecinde çalışır. Yani Activity veya Fragment yaşam döngüsü boyunca gözlemleye devam edecektir.

4.8 Layout

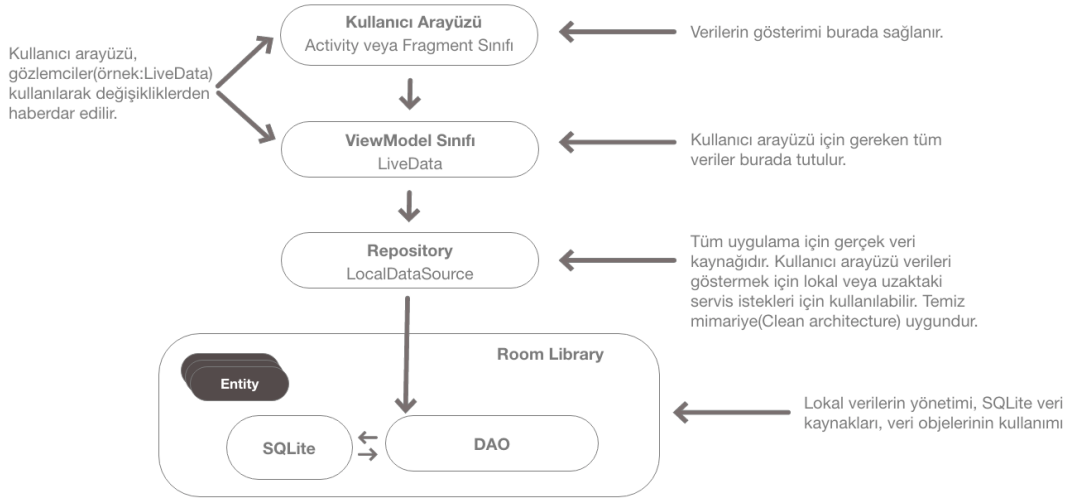
Android sisteminde layout, uygulamadaki Activity sınıfı gibi bir kullanıcı arabiriminin yapısını tanımlar. Layouttaki tüm öğeler, View ve ViewGroup nesnelerinin hiyerarşisi kullanılarak oluşturulur. Bir View genellikle kullanıcının görebileceği ve etkileşimde bulunabileceği bir yapı çizer. ViewGroup, Şekil 4.3'te gösterildiği gibi View ve diğer ViewGroup nesneleri için düzen yapısını tanımlayan görünmez bir kapsayıcıdır (Lake, 2016).



Şekil 4.3. Layout hiyerarşisi

4.9 Yerel Veritabanı (Room Kütüphanesi)

Android uygulamalarında veri tabanı işlemleri için genel olarak SQLite kullanılır. Günümüz modern Android uygulamalarında SQLite kullanmayı daha stabil ve basit hale getiren ve Jetpack 'in öğelerinden olan Room kütüphanesi kullanılır. Şekil 4.4'te çalışma mantığı gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Room kütüphanesi çalışma mimarisi

4.10 Google Firebase

Google firması tarafından geliştirilen Firebase, özellikle mobil ve web uygulamaların sunucu tarafıyla (server-side) ilgili geliştirilmesi gereken (veri tabanı, kullanıcı oturum bilgileri) gibi bilgilerin uygulama geliştiricinin uğraşmasına gerek kalmadan kullanıcı giriş yetkilendirmeli ve verilerini gerçek zamanlı ve senkron bir şekilde tutulmasını sağlayan bir platformdur. Geliştirilen uygulamaların geniş kitlelerce kullanılabilmesi için IOS, Android ve web platformlarında ayrı ayrı geliştirilir fakat her platformun kendine ait yazılım dili ve bağlantı şekilleri vardır. Sunucu tarafı dediğimiz arka plandaki verilerin tutulması ve gerektiği zaman kullanıcıya kullanılması her platformun ortak sorunudur. Firebase bu konuda geliştirilmiş ortak çözümlerden birisidir.

5. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde AR uygulaması geliştirilirken kullanılan donanım, yazılım materyallerinden ve uygulama geliştirme süreçleri anlatılmıştır. Yöntem bölümü bir AR Android mobil uygulaması geliştirilirken, genel bir bakış açısı sunmaktadır.

5.1 Materyal

Bu bölümde AR uygulaması için test aşamasında kullanılan test cihazlarından ve kullanılan yazılımın özellikleri hakkında bilgi verilmiştir.

5.1.1 Donanım

Tez çalışması kapsamında uygulama geliştirilirken aşağıdaki donanım özelliklerine sahip bir bilgisayar kullanılmıştır.

- Macbook Pro 2020 13'
- İşlemci: 1,4 GHz Quad-Core Intel Core i5
- Dinamik Bellek: 16 GB 2133 MHz LPDDR3Bellek: 16 GB
- Ekran Kartı: Intel Iris Plus Graphics 645 1536 MB
- Sabit Disk: 256 SSD

5.1.2 Yazılım

Uygulama geliştirilirken Android Studio IDE'si kullanılmıştır. Uygulamanın arayüz ve mimari tasarımı için Adobe XD tasarım programı kullanılmıştır. 3D modellerin formatı için GLB formatı tercih edilmiştir. Ses dosyaları için MP3 dosya formatı kullanılmıştır.

5.1.3 Test Cihazları

Uygulama geliştirildikten sonra aşağıdaki cihazlar üzerinden AR uygulaması test edilmiştir.

- Xiaomi MI 10T 128 GB
- Samsung S21 5G 128 GB
- Samsung Galaxy Tab A 8 inç Wi-Fi 2019

5.2 Yöntem

Bu bölümde geliştirilen uygulamanın geliştirme aşamaları, mimarisi ve kullanılan yöntemler anlatılmıştır.

5.2.1 Android Uygulama Geliştirme Aşamaları

AR Android uygulaması “Android Mobil Uygulama” bölümünde açıklanan, günümüz yeni teknolojileri kullanılarak geliştirilmiştir. Uygulama geliştirilmeden önce Google Play Store (Market) ve Apple Store’da yer alan eğitim amaçlı AR uygulamalarının arayüzleri incelenerek temel bir arayüz şablonu çıkartılmıştır. Ardından literatürde yer alan ve deney çalışması gerçekleştirilmiş akademik çalışmalardaki AR uygulamaları incelenerek bu çıkarılan şablona eklemeler yapılmıştır. Aynı zamanda özel eğitim kurumundaki öğretmenlerle değerlendirme toplantısı yapılarak zihinsel engelli bireyler için dikkat edilmesi gereken konular şablon arayüzde değişime neden olmuş ve belirleyici olmuştur. Özel Eğitim kurumlarındaki eğitimciler özellikle şu konular hakkında geri dönüş yapmışlardır:

- Arayüzde kullanılan renklerin karmaşıklık yaratmaması.
- Kullanılan yazı fontlarının olabildiğince büyük olması.
- AR 3D modellerinin animasyon obje yerine gerçek objeleri yansıtması.
- İlgili eğitim menü kartlarındaki AR 3D modellerinin benzer özelliklerde olması.
- Arayüzün yönlendirici animasyonlar içermesi.
- Kullanılan seslerin ses seviyesinin çok yüksek olmaması.

Gerçekleştirilen bu ön çalışmaların ardından mobil uygulama için şablon arayüz son halini almıştır. Şekil 5.1’de şablon arayüz çalışması gösterilmektedir. Arayüz çalışması tamamlandıktan sonra uygulama içerisinde eğitim amaçlı kullanılacak olan AR modelleri için GLB model tipi kullanılmıştır. Modellerin temini için öncelikle Google firmasının <http://poly.google.com> sitesi kullanılmıştır. Ancak bu sitenin kullanım dışında kalmasının ardından ücretsiz kullanım imkânı sunan <https://sketchfab.com/>, <https://poly.pizza>, <https://archive3d.net> siteleri kullanılmıştır.



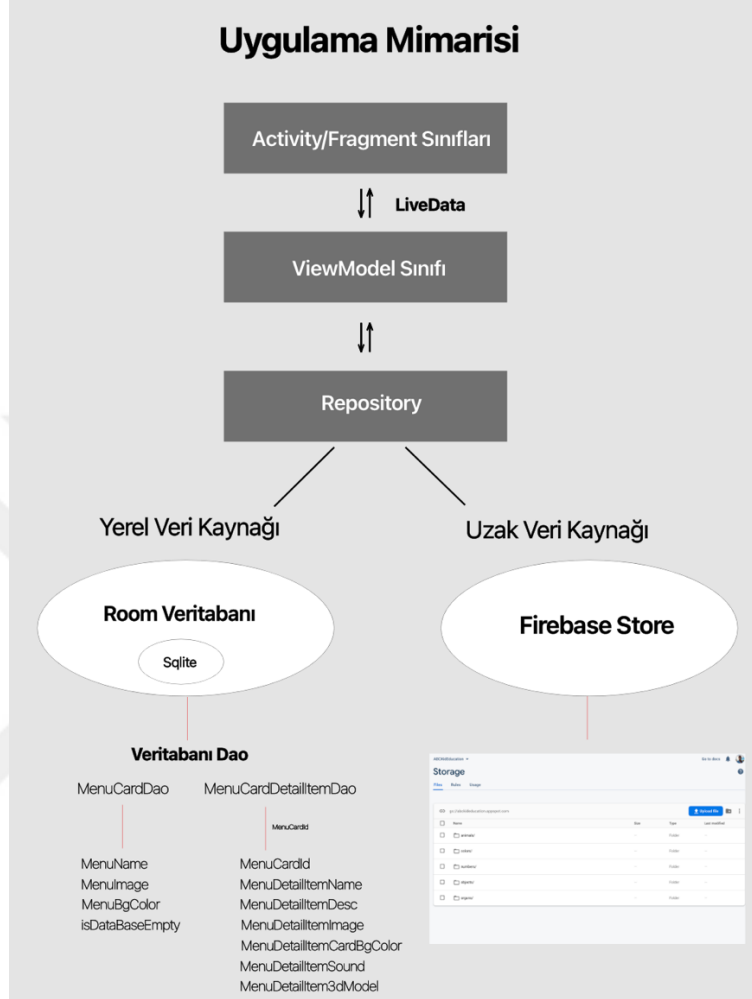
Şekil 5.1. AR mobil uygulama arayüz şablonu

AR teknolojisinin kullanılabilmesi AR SDK'yi gerektirmektedir. Uygulama içerisinde ARCore kullanılmıştır. Modellerin seslendirmeleri için <https://soundoftext.com> sitesi kullanılmıştır. Şablon arayüz oluşturulup, kaynaklar temin edildikten sonra uygulama geliştirilmeye başlanmıştır. Uygulama Google firmasının önerdiği MVVM yazılım mimarisiyle geliştirilmiştir. Uygulamanın boyutunu azaltmak amacıyla yüksek boyutlu AR modelleri cihaz hafızasında depolamak yerine Google Firebase platformu aracılığıyla uzaktan elde edilmiştir. Aynı şekilde uygulama içerisinde kullanılan ses dosyaları için de Google Firebase kullanılmıştır. Uygulama dört adet dil Türkçe, İngilizce, Almanca, Fransızca destekleyecek ve akıllı telefonlar dışında tabletlerde de kullanılacak şekilde tasarlanmıştır. Yerel veri kaynağı için ise Room veritabanı kullanılmıştır. Veri kaynaklarını merkezi yerden yönetmek amacıyla Repository katmanı oluşturulmuştur. Ayrıca uygulama için desteklenen en eski Android sürümü Android 7.0'dır.

5.2.2 Artırılmış Gerçeklik Uygulama Mimarisi

Uygulama geliştirilirken modern yazılım mimarilerinden olan MVVM mimarisi tercih edilmiştir. Şekil 5.2'de uygulama mimarisi gösterilmektedir. MVVM mimarisinde katmanlar arasında bağımlılık azaltılır. MVVM mimarisinin ilk tasarım aşaması karmaşık gibi gözükse de uygulama büyüdükçe oluşabilecek karmaşıklık daha az hale

gelir. Ayrıca MVVM mimarisinin test edilebilir bir yazılım vaat etmesi önemli bir özelliktir.

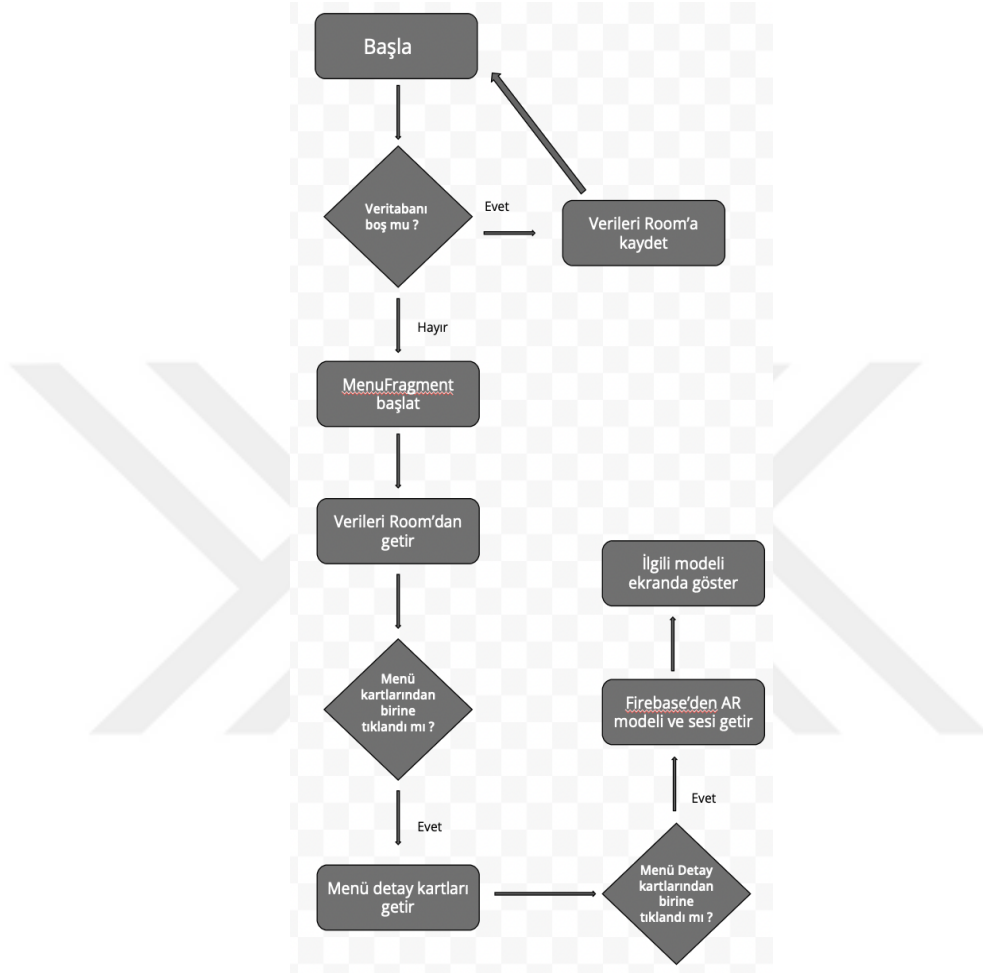


Şekil 5.2. AR mobil uygulama mimarisi

Uygulama geliştirilirken MVVM mimarisine uygun olarak uygulama içerisinde DashboardActivity ve ARSceneActivity adında iki adet Activity sınıfı, MenuFragment ve MenuDetailFragment adında iki adet Fragment kullanılmıştır. Bu Activity ve Fragment sınıfları MVVM mimarisindeki View'i temsil etmektedir.

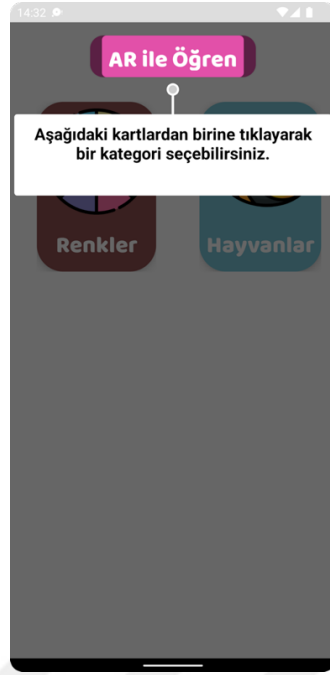
DashboardActivity içerisinde Şekil 5.3'te gösterildiği gibi bir akış mevcuttur. Eğer veri tabanı boş ise kartların renk, isim ve görselleri Room veri tabanına kaydedilir. Eğer veri tabanı doluysa bu kaydetme işlemi olmadan MenuFragment bağlı olduğu DashboardActivity tarafından açılır. MenuFragment için MenuFragmentViewModel sınıfı

mevcuttur. Bu ViewModel sınıfı MVVM içerisindeki ViewModel'i temsil etmektedir. MenuFragment içerisinde MenuFragmentViewModel aracılığıyla Room veritabanından ilgili eğitim kartları sayfada doldurulur.

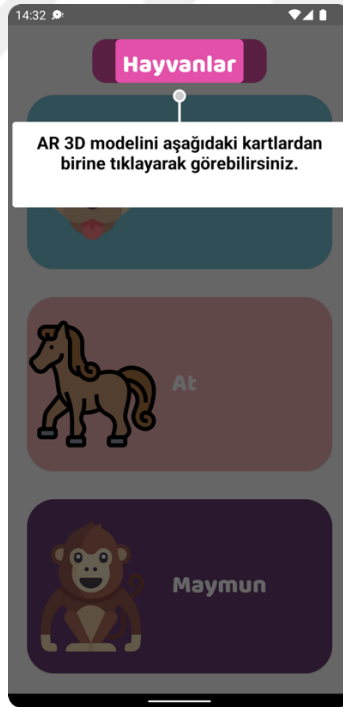


Şekil 5.3. DashboardActivity akış şeması

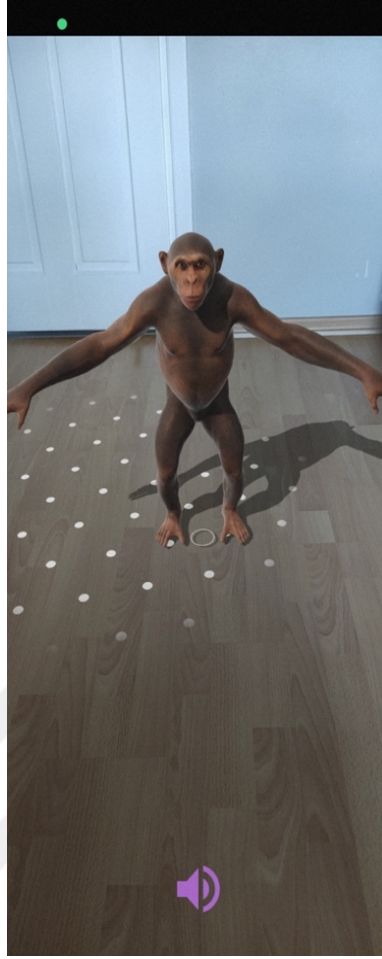
Şekil 5.4'te MenuFragment sayfası görülmektedir. Eğitim kartlarının adı, arka plan resmi, arka plan rengi bilgileri MenuCardDao adında arayüz ile Room veri tabanında tutulur. Bu MVVM'deki Model'i temsil etmektedir. MenuFragment içerisinde tıklanan ilgili kartlar için veri tabanında tutulan MenuCardId ile MenuDetailFragment sınıfı çağırılır. MenuDetailFragment Şekil 5.5'te gösterilmektedir. MenuDetailFragment içerisinden tıklanan herhangi bir eğitim kartının Room'a kaydedilen ItemId ile Firebase Storage ile bağlantı kurularak uzak sunucudan AR modeli ve ilgili ses dosyası elde edilir ardından sahne gösterimi için ARSceneActivity sınıfı çağırılır son olarak kullanıcıya Şekil 5.6'da AR modeli gösterilir.



Şekil 5.4. MenuFragment ekranı



Şekil 5.5. MenuDetailFragment ekranı



Şekil 5.6. Modelin ARSceneActivity üzerinde gösterilmesi

5.2.3 ARCore'un Uygulamaya Dahil Edilmesi

ARCore'un uygulama içerisinde kullanılabilmesi için bazı implemantasyon işlemleri gerekmektedir. Öncelikle uygulama seviyesindeki build.gradle dosyasına aşağıdaki Şekil 5.7'deki bağımlılıkları projeye dahil edilmiştir.

```
// ARCore resources.  
implementation 'com.google.ar:core:1.26.0'  
implementation 'com.google.ar.sceneform.ux:sceneform-ux:1.17.1'  
implementation 'com.google.ar.sceneform:assets:1.17.1'  
implementation 'com.google.ar.sceneform:core:1.17.1'
```

Şekil 5.7. ARCore'un projeye dahil edilmesi

5.2.4 ARCore'un Uygulamada Kullanılması

Kullanıcı etkileşimi ve AR kamera ortamının kullanıcıya gösterilebilmesi için ARSceneActivity sınıfının layout dosyası içerisine Şekil 5.8'deki Fragment eklenmiştir. Burada önemli noktalardan biri ARCore için varsayılan Fragment olan ux.ArFragment kullanılmasıdır.

```
<fragment
    android:id="@+id/fragment_ar"
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="match_parent"
    android:name="com.google.ar.sceneform.ux.ArFragment"/>
```

Şekil 5.8. Layout içerisinde ArFragment eklenmesi

Oluşturulan fragment, Şekil 5.9'daki gibi ARSceneActivity sınıfı içerisinde tanımlanmıştır.

```
val arCoreFragment = supportFragmentManager.findFragmentById(R.id.ar_fragment) as ArFragment
```

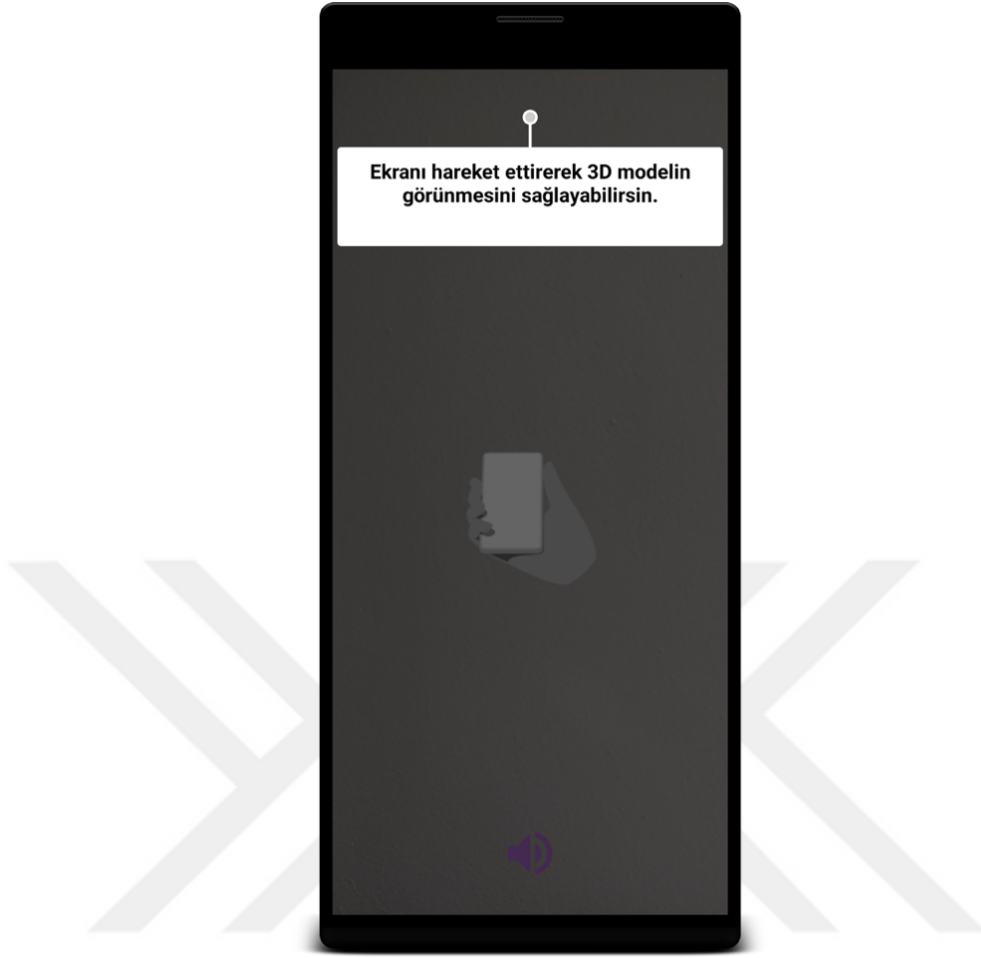
Şekil 5.9. Activity sınıfı içerisinde ArFragment'in tanımlanması kod bloğu

ARSceneActivity içerisinde MenuDetailFragment'dan gelen ilgili objenin id'si ile Firebase Storage'a erişilip, ilgili AR modeli modelRef değişkenine atanmıştır. Bu işlem şekil 5.10'da gösterilmiştir.

```
intent.getParcelableExtra<MenuCardDetailEntity>(ITEM_3D_MODEL).let { arModel ->
    val modelRef = storage.reference.child(getString(arModel?.item3DModel!!))
```

Şekil 5.10. Firebase Storage'dan AR modeline erişim kod bloğu

Kullanıcı ArFragment ile açılan kamera ekranında öncelikle ekranı hareket ettirir ve çevreyi algılar. Özellik noktaları yardımıyla ilgili objenin gözükeceği yer belli olur. Ve AR modeli ekranda gösterilir. Modelin gösterilmesi Şekil 5.11' de gösterilmiştir.



Şekil 5.11. AR modelinin gösterilmesi

AR objesinin konumu belli olduktan sonra ekrana tıklama yardımıyla önce bekleme ikonu gösterilir ardından geçici bir File objesi oluşturularak bu geçici model ve modelin konumu placeModel fonksiyonuna aktarılır. Ekrana tıklama sırasında çalışacak kod bloğu Şekil 5.12’de gösterilmiştir.

```
arCoreFragment.setOnTapArPlaneListener { hitResult, _, _ ->
    try {
        loadingShow()
        val file = File.createTempFile(GBL_MODEL, GBL_NAME)
        modelRef.getFile(file).addOnSuccessListener { it: FileDownloadTask
            placeModel(hitResult.createAnchor(), file)
        }
    } catch (e: IOException) {
        e.printStackTrace()
    }
}
```

Şekil 5.12. AR modelinin sahne sırasındaki tıklama aksiyonu kod bloğu

placeModel fonksiyonuna parametre olarak gelen File tipindeki model önce Render edilebilir objeye dönüştürülür ardından ekranda gösterilir. Ayrıca modelin tipi (GLB) ve modelin yolu verilerek konumla beraber addNodeToScene fonksiyonuna aktarılır. Bu işlemlerin fonksiyonlarına bölünmesindeki amaç karmaşıklığın önlenmesidir. Şekil 5.13'te gösterilmiştir.

```
private fun placeModel(createAnchor: Anchor?, model: File) {
    ModelRendererable.builder().setSource(
        context: this,
        RenderableSource
            .builder()
            .setSource(this, Uri.parse(model.path), RenderableSource.SourceType.GLB)
            .build()
    )
    .setRegistryId(model.path)
    .build()
    .thenAccept { rendetableObject ->
        if (createAnchor != null) {
            addNodeToScene(rendetableObject, createAnchor)
        }
    }
}
```

Şekil 5.13. AR modelinin Render edilmesi sırasında kod bloğu

addNodeToScene fonksiyonu Şekil 5.14'de gösterdiği ayarlar ile ilgili modelin sahnedeki boyutu ayarlanır ve hareket ettirebilir özelliği verilerek sahnede gösterilir.

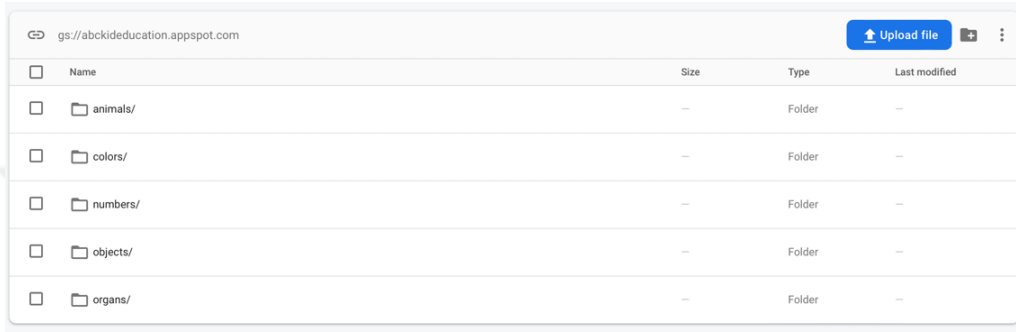
```
private fun addNodeToScene(rendetableObject: ModelRendererable?, anchor: Anchor) {
    val anchorNode = AnchorNode(anchor)
    val transformableNode = TransformableNode(arCoreFragment.transformationSystem)

    transformableNode.scaleController.maxScale = 0.06f;
    transformableNode.scaleController.minScale = 0.04f;
    transformableNode.setParent(anchorNode)
    transformableNode.renderable = rendetableObject
    arCoreFragment.arSceneView.scene.addChild(anchorNode)
    transformableNode.select()
    loadingHide()
}
```

Şekil 5.14. AR modelinin sahnede boyutunun ayarlanması için kod bloğu

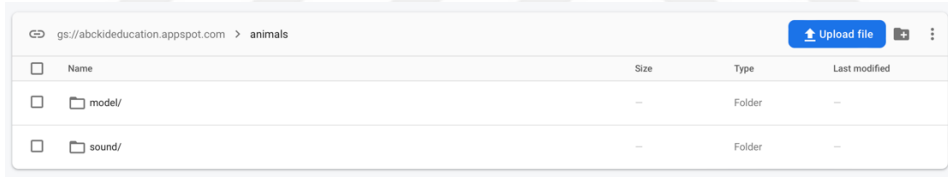
5.2.5 Firebase Storage'a Eğitim Kartı Eklenmesi

Uygulama içerisine zamanla farklı eğitim kartları eklemek için Firebase paneline giriş yapıldıktan sonra AR modelleri ve ses dosyaları yüklenebilir. Şekil 5.15'te eğitim kartlarının ana kategori klasörleri, Şekil 5.16'da klasör içerisine girildikten sonra, model ve ses klasörleri, Şekil 5.17'de ise model klasör içerisinde bulunan AR modelleri gösterilmiştir.



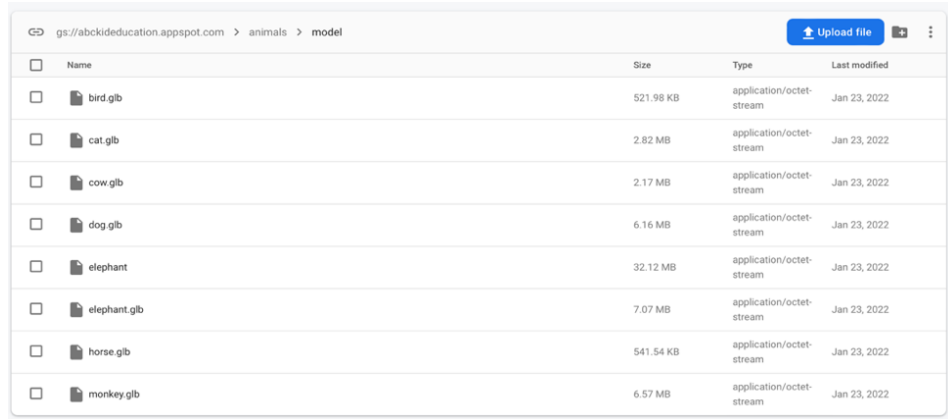
Name	Size	Type	Last modified
animals/	—	Folder	—
colors/	—	Folder	—
numbers/	—	Folder	—
objects/	—	Folder	—
organs/	—	Folder	—

Şekil 5.15. Firebase Storage'da eğitim kartlarının ana görünümü



Name	Size	Type	Last modified
model/	—	Folder	—
sound/	—	Folder	—

Şekil 5.16. Firebase Storage'da eğitim kartlarının içeriği



Name	Size	Type	Last modified
bird.glb	521.98 KB	application/octet-stream	Jan 23, 2022
cat.glb	2.82 MB	application/octet-stream	Jan 23, 2022
cow.glb	2.17 MB	application/octet-stream	Jan 23, 2022
dog.glb	6.16 MB	application/octet-stream	Jan 23, 2022
elephant	32.12 MB	application/octet-stream	Jan 23, 2022
elephant.glb	7.07 MB	application/octet-stream	Jan 23, 2022
horse.glb	541.54 KB	application/octet-stream	Jan 23, 2022
monkey.glb	6.57 MB	application/octet-stream	Jan 23, 2022

Şekil 5.17. Firebase Storage'da GLB AR modelleri

6. DENEYSEL ÇALIŞMA

Bu bölümde AR uygulaması ile yapılan deneysel çalışmaya yer verilmektedir. Deney çalışması 2 bölümden oluşmaktadır. Çalışmanın ilk bölümünde, özel eğitim kurumunda eğitim gören zihinsel gelişimi normalden farklı ve eğitilebilir sınıflandırmasındaki toplam 8 öğrenci ve 1 Otizmlili öğrenci ile AR uygulaması üzerinde deney çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu deney çalışması AR uygulamasının klasik yöntemle oranla başarı durumu eğitimcilerin gözlemiyle yapılmıştır. İkinci bölümünde ise eğitmenlerin görüşleriyle AR uygulamasının kullanılabilirliği ölçülmüştür. Çalışmaya katılan 20 eğitimeye toplam 17 ifadelik bir anket çalışması yapılmıştır. Deneysel çalışma, özel eğitim kurumunda öğrencilerin klasik eğitim gördüğü sınıflarda Android akıllı telefon kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Şekil 6.1 ve Şekil 6.2’de deneysel çalışma ortamı gösterilmektedir.



Şekil 6.1. Deneysel çalışma ortamı -1



Şekil 6.2. Deneysel çalışma ortamı -2

6.1 Artırılmış Gerçeklik Uygulamasının Başarı Testleri

Deneysel çalışmanın bu bölümünde zihinsel gelişimi normalden farklı 8 öğrenci ve 1 Otizmlili öğrenci ile başarı testi çalışması gerçekleştirilmiştir. Özel eğitim ve rehabilitasyon kurumlarında klasik yöntemle temel öğretim Şekil 6.3’te gösterilen kartlar

ile yapılmaktadır. Temel öğretimler günlük yaşamda sıkça kullanılan nesneler, 3D cisimler, eylemler içermektedir. Ayrıca bu kartların eksik kaldığı noktalarda eğitimciler kısa eylem faaliyetleriyle öğrenciye ilgili nesneyi aktarmaktadırlar ancak 3D kartlar üzerinden 3D nesneleri öğrencilere aktarırken zorluklar yaşamaktadır. Ayrıca maliyeti dolayısıyla sınıf ortamına getirilemeyen nesnelerin öğretimi çok daha zor olmaktadır.

Öncelikle kontrol grubunda yer alan zihinsel gelişimi normalden farklı 4 öğrenciye klasik yöntemle hayvanlar menü kartındaki hayvanlar öğretilmiştir. Ardından deney grubundaki 4 öğrenciye AR uygulaması kullanılarak hayvanlar menü kartındaki aynı hayvanlar öğretilmiştir. Öğretimin ardından 20 eğitimciden, iki grubun başarı durumunu kıyaslayarak AR uygulamasının başarısını değerlendirmeleri istenmiştir (1 = Kesinlikle Katılmıyorum, 2 = Katılmıyorum, 3 = Emin Değilim, 4 = Katılıyorum, 5 = Kesinlikle Katılıyorum).

Tablo 6.1’de ortaya çıkan başarı testinin ortalamasına göre AR uygulaması her konuda klasik yöntemle orana daha başarılı olmuştur. Genel olarak hayvanlar menü kartındaki nesneler AR uygulaması ile öğretildiğinde öğrencilerin eğitime daha fazla ilgi gösterdiği ve daha hızlı öğrendikleri görülmüştür. Ankette bulunan 6. ifadeyle AR uygulamasının konuları somutlaştırma konusunda başarılı olduğu görülmüştür. Aynı şekilde 10. ifadeyle beraber öğrencilerin motivasyonunu artırdığı sonucu ortaya çıkmıştır. 11. ifadede yer alan ifadeyle AR uygulamasının özellikle 3D olarak öğretilmesi gereken konularda daha fazla kullanılabileceği sonucu ortaya çıkmıştır.

Özellikle birbirlerine benzer nesneleri ayırt etmekte zorlandığı görülen Otizmli öğrenciye AR ile öğretim uygulandığında ayırt etmekte daha az zorlandığı görülmüştür. Ayrıca bazı eğitimciler öğretimin ilk aşamada 2D kartlarla daha sonra AR uygulamasıyla öğretilmesinin öğrenciler açısından daha yararlı olabileceğini belirtmişlerdir. Eğitimciler genel olarak AR uygulamasının zihinsel gelişimi normalden farklı öğrenciler üzerinde kullanılmasını hem eğitimciler hem de öğrenciler açısından yararlı bulmaktadırlar. Sadece zihinsel gelişimi normalden farklı bireyler için değil 0-6 yaş aralığındaki çocukların eğitiminde de kullanılabileceğini belirtmişler ve başarı durumunun kesin olarak kanıtlanabilmesi için daha fazla denek ve zaman olması gerektiğini de yorum olarak aktarmışlardır.



Şekil 6.3. Klasik yöntem eğitim kartları

Tablo 6.1. Başarı testi sonucu

No	İfadeler	Ortalama	Cevap Aralığı
1	AR uygulaması klasik yönteme göre daha kısa sürede öğrenim sağladı.	4.6	4-5
2	AR uygulaması derse olan ilgiyi artırmıştır.	4.6	4-5
3	Artırılmış gerçeklik etkili ve verimli bir öğrenme sağlamıştır.	4.6	4-5
4	AR uygulaması çoklu ortam (3D model, ses) öğrenimi daha kolay hale getirmiştir.	4.6	4-5
5	Artırılmış gerçeklik ile öğretimin daha kalıcı bir sonuç ortaya çıkardığına inanıyorum.	4.3	3-5
6	AR uygulaması konuları somutlaştırma konusunda başarı sağlamıştır.	5	5
7	AR uygulamasındaki hayvanlar menü kartı öğrenciler üzerinde gerçeklik hissi oluşmuştur.	4.6	4-5
8	AR uygulamasındaki sayılar menü kartı öğrenciler üzerinde gerçeklik hissi oluşmuştur.	4.6	4-5
9	AR uygulamasında seslerin kullanılması öğrenime katkı sağlamıştır.	4.6	4-5
10	Artırılmış gerçeklik öğrencilerin motivasyonunu artırmıştır.	5	5
11	Artırılmış gerçeklik klasik yönteme göre özellikle bazı konularda tercih edilebilir.	5	5
12	Artırılmış gerçeklik ile öğretim klasik yönteme göre daha kısa sürede gerçekleşmiştir.	4.6	4-5

6.2 Artırılmış Gerçeklik Uygulamasının Kullanılabilirliği

Geliştirilen uygulamanın kullanılabilirliği için 20 eğitimcinin ilgili ifadelere 1'den 5'e kadar puan vererek değerlendirmesi istenmiştir. (1 = Kesinlikle Katılmıyorum, 2 = Katılmıyorum, 3 = Emin Değilim, 4 = Katılıyorum, 5 = Kesinlikle Katılıyorum).

Ankette kullanılabilirlik ile ilgili ifadeler, eğitimcilerin gözünden uygulamayı kullanan öğrenciler gözlemlenerek cevaplanmıştır. Ankette bulunan ifadeler sonucunda uygulamanın genel anlamda kullanılabilirliğinin hızlı, stabil ve karmaşıklık yaratmadığı

sonucuna varılmıştır. Ancak 3. ifadenin sonuç ortalamasına göre uygulamanın tasarımındaki renklerin geliştirilmeye açık yanlarının olduğu görülmektedir.

Aşağıda verilen Tablo 6.2’de, yapılan anket sonuçları gösterilmektedir.

Tablo 6.2. Kullanılabilirlik testi sonucu

No	İfadeler	Ortalama	Cevap Aralığı
1	AR uygulaması kullanırken yazılım ile ilgili bir hata yaşanmadı.	4.6	4-5
2	AR uygulamasında kullanılan arayüz oldukça basit ve anlaşılırdı.	4.6	4-5
3	AR uygulamasında kullanılan renkler karmaşıklık sağlamıyordu.	4.3	3-5
4	AR uygulamasında kullanılan AR modelleri gerçekçiydi.	4.6	4-5
5	AR uygulamasının kullanımında menü kartları arasında geçiş yaparken zorluk yaşanmadı.	4.6	4-5

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Teknolojide yaşanan hızlı gelişmeler neticesinde insan yaşantısını her alanda etkileyen ve değiştiren çeşitli teknolojiler ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmanın konusunu oluşturan eğitim alanında AR teknolojisi, klasik yöntemle oranla, anlaşılması zor konuların daha kolay anlaşılmasını sağlama ve daha kalıcı bir öğretim sunmasıyla klasik öğretimden olumlu anlamda ayrılmaktadır. Aynı zamanda öğrencileri motive etmektedir. Literatür araştırması sırasında incelenen çalışmalarda anlaşılması güç konuların AR ile daha anlaşılabilir hale geldiği, öğrencileri öğrenim sırasında klasik yöntemle göre daha başarılı hale getirdiği ve öğrencileri motive ettiği görülmüştür. Zihinsel engelli bireylerin eğitiminde kullanılan klasik eğitim kartları, 3D olarak öğretilmesi gereken konularda yetersiz kalmakta eğitimcileri ve öğrencileri zorlamaktadır. Çalışmanın deney aşamasında zihinsel gelişimi normalden farklı ve Otizmlili öğrenci üzerinde deney çalışması gerçekleştirilmiştir. Ardından 20 eğitimciye deney ve kontrol gruplarının başarı durumunu karşılaştırarak anketi doldurmaları istenmiştir. Yapılan anket çalışmasının sonuçlarında özellikle 3D modellerle desteklenmesi gereken konularda AR teknolojisinin kullanılmasının yararlı olacağı sonucu çıkmıştır. Ayrıca AR'ın konuları somutlaştırma konusunda daha başarılı olduğu ve öğrencilerin öğretim sırasında motivasyonunu artırdığı sonucu ortaya çıkmıştır. Aynı zamanda Otizmlili çocuğun birbirine yakın olan objeleri AR ile daha net ayırt edebilmesi AR teknolojisinin özel eğitim alanında kullanılması için iyi bir neden olarak görülebilir. AR uygulamasının kullanılabilirlik çalışmasında ise gelişmeye açık yanlarının da olduğu görülmüştür.

Çalışmanın uygulama geliştirme tarafına bakılacak olursa, özellikle Android tarafında geliştirilecek modern bir AR uygulaması için bir bakış açısı ve yönlendirme sağlayabilir. Çalışmalarda daha az tercih edilen ARCore'un projelerde nasıl kullanılacağına dair yol gösterici olabilir.

Çalışmanın sonunda kazanılan bilgi birikimi ile AR teknolojisinin sadece zihinsel engelli bireylerin veya 0-6 yaş aralığındaki çocukların öğretiminde değil, eğitim-öğretimin tüm kademelerinde belirli konular üzerinde kullanılması öğretimi daha verimli hale getirirken, öğrencileri de öğrenim sırasında klasik yöntemle göre daha motive edebilir.

KAYNAKLAR

- Abdüsselam, Z. (2022). Fen Öğretiminde Artırılmış ve Sanal Gerçeklik Teknolojilerinin Işık Mikroskobu Kullanımına Etkisi. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 717627.
- Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı (2022). *Engelli ve Yaşlı İstatistik Bülteni Ocak 2022*. https://www.aile.gov.tr/media/98625/eyhgm_istatistik_bulteni_ocak_2022.pdf (Ziyaret Tarihi: 16 Temmuz 2022).
- Akkiren, B. (2019). Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarının 6. Sınıf Öğrencilerinin Dolaşım Sistemi Konusundaki Akademik Başarılarına ve Fen Bilimleri Dersine Karşı Tutumlarına Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak, 566128.
- Altan, N. T., Göktürk, M., (2018). Normal Zihinsel Gelişim Göstermeyen Öğrencilerin Artırılmış Gerçeklik Uygulaması Metaforları ile Etkileşimlerinin İncelenmesi, *12. Ulusal Yazılım Mühendisliği Sempozyumu*, Sabancı Üniversitesi, İstanbul, 10-12 Eylül 2018.
- Altan, N.T., Gokturk, M., (2019). Comparison of Theory of Mind Tests in Augmented Reality and 2D Environments for Children with Neurodevelopmental Disorders, *Advances in Human Factors and Systems Interaction*, 257-264. DOI:10.1007/978-3-319-94334-3
- Alp, N. G. (2019). Mobil Platformlarda Kaliteli Kod Geliştirilmesi ve Maliyetin Azaltılması. Yüksek Lisans Tezi, Beykent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 557820.
- Kumari, A. (2021). *Difference Between a Fragment and an Activity in Android*. Geeksforgeeks, <https://www.geeksforgeeks.org/difference-between-a-fragment-and-an-activity-in-android/> (Ziyaret Tarihi: 16 Temmuz 2022).
- Apple. (2022). *Dive Into The World Of Augmented Reality*. Developer Apple, <https://developer.apple.com/augmented-reality/> (Ziyaret Tarihi: 16 Temmuz 2022).
- Arslan, A., Elibol, M. (2015). Analysis of Educational Augmented Reality Applications: The Case of Android Operating System. *International Journal of Human Science*, 12(2), 1792-1817.
- Azuma, R.T. (1997). A Survey of Augmented Reality, *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 6 (4): 355–385. DOI:/10.1162/pres.1997.6.4.355
- Bhavnik,D.(2022). ARCore: The Beginner's Guide. Medium, <https://medium.com/mindful-engineering/ar-core-beginner-guide-1103ace56d60> (Ziyaret Tarihi: 03 Mart 2022).

- Boz, M.S. (2019). Eğitimde Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarının Değerlendirilmesi. Millî Eğitim Bakanlığı, https://yegitek.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2020_03/26132150_egitimdeartirilmisgerceklikuygulamalarinindegerlendirilmesi.pdf (Ziyaret Tarihi: 10 Temmuz 2022).
- Bozat, A.U., Dedelioğlu, C. (2018). Artırılmış Gerçeklik (Ar) – Geleneksel ve Dijitalin Kâğıt Üzerinde Buluşması, 6. Uluslararası Matbaa Teknolojileri Sempozyumu, İstanbul, Türkiye, 01-03 Kasım 2018.
- Burch, A. (2016). Infographic – The History And Future Of Augmented Reality, Touchstoneresearch, <https://touchstoneresearch.com/infographic-the-history-and-future-of-augmented-reality/> (Ziyaret Tarihi: 10 Temmuz 2022).
- Cai, S., Chiang, F.-K., Wang, X. (2013). Using the Augmented Reality 3D Technique for a Convex Imaging Experiment in Physics Course. *International Journal of Engineering Education*, 29(4), 856-865.
- Carmigniani, J., Furht, B. (2011). *Handbook of Augmented Reality* (1nd ed.). Springer, Springer Science+Business Media, Springer New York, NY.
- Cieza, E., Lujan, D. (2018). Educational Mobile Application of Augmented Reality Based on Markers to Improve the Learning of Vowel Usage and Numbers for Children of a Kindergarten in Trujillo. *The 9th International Conference on Ambient Systems, Networks and Technologies*, Porto, Portekiz, 08-11 Mayıs 2018.
- Coşkun, M. (2018). Mobil Uygulama ve Artırılmış Gerçeklik ile Desteklenen Öğretimin, Güneş Sistemi ve Ötesi Ünitesinde Öğrencilerin Akademik Başarılarına, Astronomiye Yönelik Tutumlarını ve Fen Dersine Yönelik Kaygı ve Motivasyonlarına Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay, 524836.
- Demirer, V., Erbaş, Ç. (2015). Mobil Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarının İncelenmesi ve Eğitimsel Açından Değerlendirilmesi. *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 11(3), 802-813. DOI: 10.17860/efd.29928
- Dhiraj, A., Govilkar, S. (2015) Comparative Study Of Augmented Reality Sdk's. *International Journal on Computational Science & Applications*, 5(1),11-26. DOI: 10.5121/ijcsa.2015.5102
- Doğan, Ö. (2016). The Effectiveness Of Augmented Reality Supported Materials On Vocabulary Learning And Retention. Yüksek Lisans Tezi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Bolu, 446035.
- Ekici, B. (2019). Lise Fizik ve Kimya Dersleri için Artırılmış Gerçeklik Uygulaması Tasarımı. Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce, 578725.

Google. (2022). *Overview Of Arcore And Supported Development Environments*, Developers Google, <https://developers.google.com/ar/develop> (Ziyaret Tarihi: 16 Temmuz 2022).

Göçmen, P.Ö. (2018). Artırılmış Gerçeklik Uygulamaları ile Yeni Medya Reklam Tasarımı. *Sanat ve Tasarım Dergisi*, 22, 175-191.

Gül, K. (2016). Bilgisayar Donanım Öğretimi İçin Artırılmış Gerçeklik Materyalinin Geliştirilmesi ve Etkililiğinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü, Ankara, 449438.

Houston, B. (2020). *What Is Augmented Reality (AR)? A Practical Overview*, Threekit, <https://www.threekit.com/blog/what-is-augmented-reality>, (Ziyaret Tarihi: 13 Temmuz 2022).

İçten, T., Bal, G. (2017). Artırılmış Gerçeklik Üzerine Son Gelişmelerin ve Uygulamaların İncelenmesi. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 5(2), 111-136.

Kato, H., Billinghurst, M., Poupyrev, I. (2000). *ARToolKit*, Tinmith, <http://www.tinmith.net/lca2004/ARToolkit/ARToolKit2.33doc.pdf>, (Ziyaret Tarihi: 16 Temmuz 2022).

Kemp, S. (2021). *Digital 2021: Global Overview Report*, Datareportal, <https://datareportal.com/reports/digital-2021-global-overview-report>, (Ziyaret Tarihi: 14 Temmuz 2022).

Kurniawan, M.H., Suhajito, S., Witjaksono, G. (2018). Human Anatomy Learning Systems Using Augmented Reality on Mobile Application. *3rd International Conference on Computer Science and Computational Intelligence*, West Jakarta, Endonezya, 07-08 Eylül 2018.

Kurtça, V.E. (2021). Zihin Engelli Çocuklara Yaya Becerilerinin Öğretiminde Sanal Gerçeklik Teknolojisi Kullanımının Etkililiği. Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Edirne, 703923.

Lake, I. (2016). *Layouts, Attributes, and You*, Medium, <https://medium.com/androiddevelopers/layouts-attributes-and-you-9e5a4b4fe32c> (Ziyaret Tarihi: 13 Temmuz 2022).

Lindner, C., Rienow, A., Jürgens, C. (2019). Augmented Reality Applications as Digital Experiments for Education – An example in the Earth-Moon System, *Acta Astronautica*, 161, 66-74. DOI: 10.1016/j.actaastro.2019.05.025

Massis, B. E (2015). Using Virtual And Augmented Reality İn The Library. *Director of Libraries, Columbus State Columbus*, 116(11/12), 796-799. DOI: 10.1108/NLW-08-2015-0054

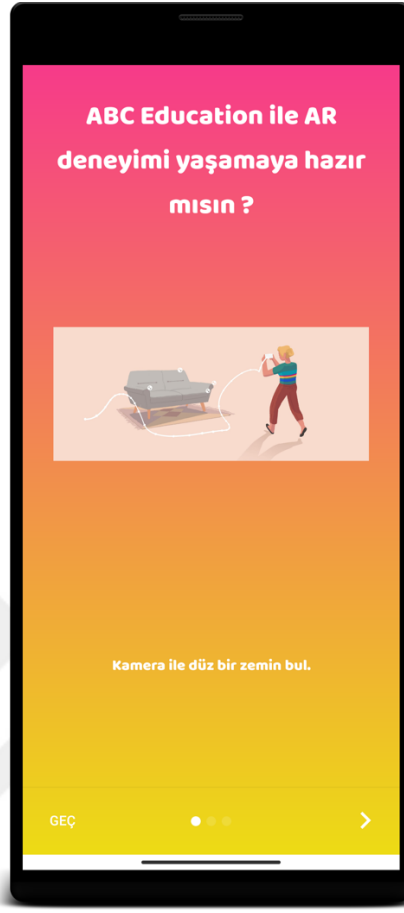
- Mixon, E., (2020). *Android OS*, Techtarget, <https://www.techtarget.com/searchmobilecomputing/definition/Android-OS> (Ziyaret Tarihi: 16 Temmuz 2022).
- Milgram, P., Kishino, F. (1994). A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. *IEICE Transactions on Information Systems vol E77-D, 12(12)*, 1321-1329.
- Millî Eğitim Bakanlığı (2015). *Çocuk Gelişimi: Zihinsel Engelliler*, MEB, http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Zihinsel%20Engelliler.pdf (Ziyaret Tarihi: 13 Temmuz 2022).
- Muntenescu, F. (2021). *What's new in Jetpack*, Android Developers Blog, <https://android-developers.googleblog.com/2021/05/whats-new-in-jetpack.html> (Ziyaret Tarihi: 16 Temmuz 2022).
- National Center on Birth Defects and Developmental Disabilities (NCBDDD) (2022). *Data & Statistics on Autism Spectrum Disorder*. Centers for Disease Control and Prevention, CDC, <https://www.cdc.gov/ncbddd/autism/data.html> (Ziyaret Tarihi: 23 Mart 2022).
- Özsaygı, M. (2020). *Engelliler Konfederasyonu 2020 Yılı Genel Değerlendirme*, Engelliler Konfederasyonu, <https://www.engellilerkonfederasyonu.org.tr/engelliler-konfederasyonu-2020-yili-genel-degerlendirme/> (Ziyaret Tarihi: 23 Mart 2022).
- Pawar, S., Bhosale, S., Thorat, S., Chandekar, H. (2014). 3D Based Augmented Reality for Structural Diagrams. *International Journal Of Engineering Research & Technology*, Gandhinagar, Hindistan, 03-04 Mart 2014.
- Poetker, P. (2019). *A Brief History of Augmented Reality (+Future Trends & Impact)*, G2, <https://www.g2.com/articles/history-of-augmented-reality> (Ziyaret Tarihi: 10 Nisan 2022).
- Romilly, M.(2019). *12 Best Augmented Reality SDKs*, DZone, <https://dzone.com/articles/12-best-augmented-reality-sdks> (Ziyaret Tarihi: 03 Mart 2022).
- Skarbez, R., Smith, M., Whitton, M.C. (2021). *Revisiting Milgram and Kishino's Reality-Virtuality Continuum*, *Frontiersin*, <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frvir.2021.647997/full>, (Ziyaret Tarihi: 10 Nisan 2022).
- Slater, M., Sanchez-Vives, M. V. (2016). Enhancing Our Lives with Immersive Virtual Reality. *Frontiers in Robotics and AI*, DIO: 10.3389/frobt.2016.00074
- Somyürek, S. (2014). Öğretim Sürecinde Z Kuşağının Dikkatini Çekme: Artırılmış Gerçeklik. *Eğitim Teknolojisi Kuram ve Uygulama*, 4 (1), 63-80. DOI: 10.17943/etku.88319

- Şen, M. (2018). Türkiye’de Engellilere Yönelik İstihdam Politikaları: Sorunlar ve Öneriler. *Sosyal Güvenlik Dergisi*, 2146-4839, 129-152.
- Vuforia (2022). *Migration Guide for Native Vuforia Engine Applications*, Vuforia Developer Library, <https://library.vuforia.com> (Ziyaret Tarihi: 16 Temmuz 2022).
- WHO (2011). *Dünya Engellilik Raporu*, Aile ve Sosyal Politikalar Bakanlığı, <https://static.ohu.edu.tr/uniweb/media/portallar/engelsizuniversite/duyurular/1345/diwnu3i5.pdf> (Ziyaret Tarihi: 16 Temmuz 2022).
- Yavuz, M. (2019). Mobil Artırılmış Gerçeklik Uygulamasında Kullanımı Etkileyen Faktörler. Yüksek Lisans Tezi, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 581935.
- Zdrânc, L. (2019). *AR technology for Android — Part 2: Wikitude SDK*, Medium, <https://medium.com/zipper-studios/ar-technology-for-android-part-2-wikitude-sdk-5535950d036d> (Ziyaret Tarihi: 16 Temmuz 2022).
- Zervas, P., Kardaras,D.G.(2014). An Online Educational Portal for Supporting Open Access to Teaching and Learning of People with Disabilities, *IEEE 14th International Conference on Advanced Learning Technologies*, 564-565. DOI: 10.1109/ICALT.2014.165



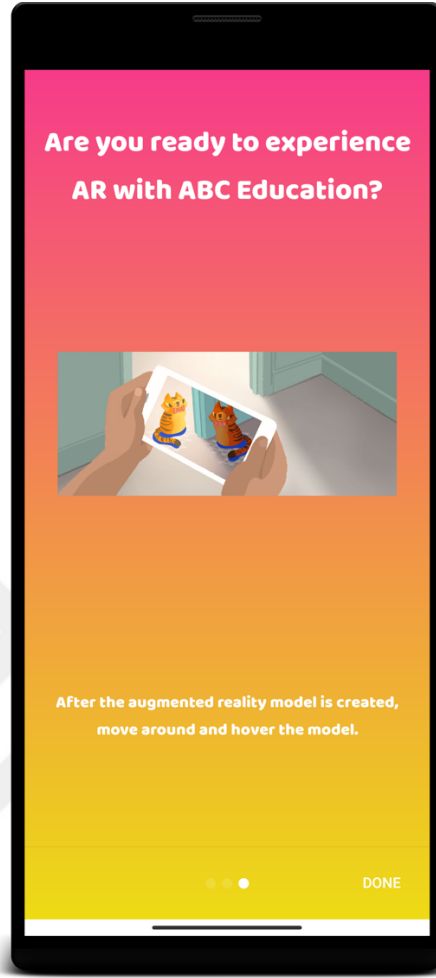
EKLER

Ek-A



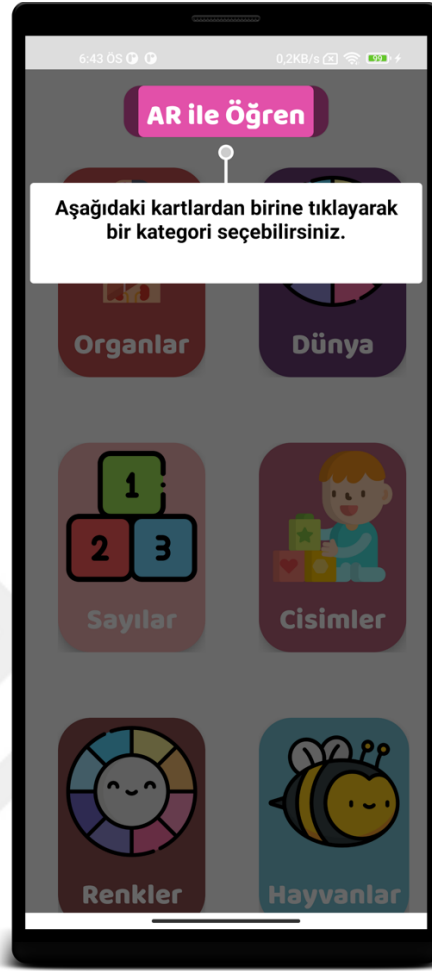
Şekil A.1. Uygulama içi ekran görüntüsü- 1

Ek-B



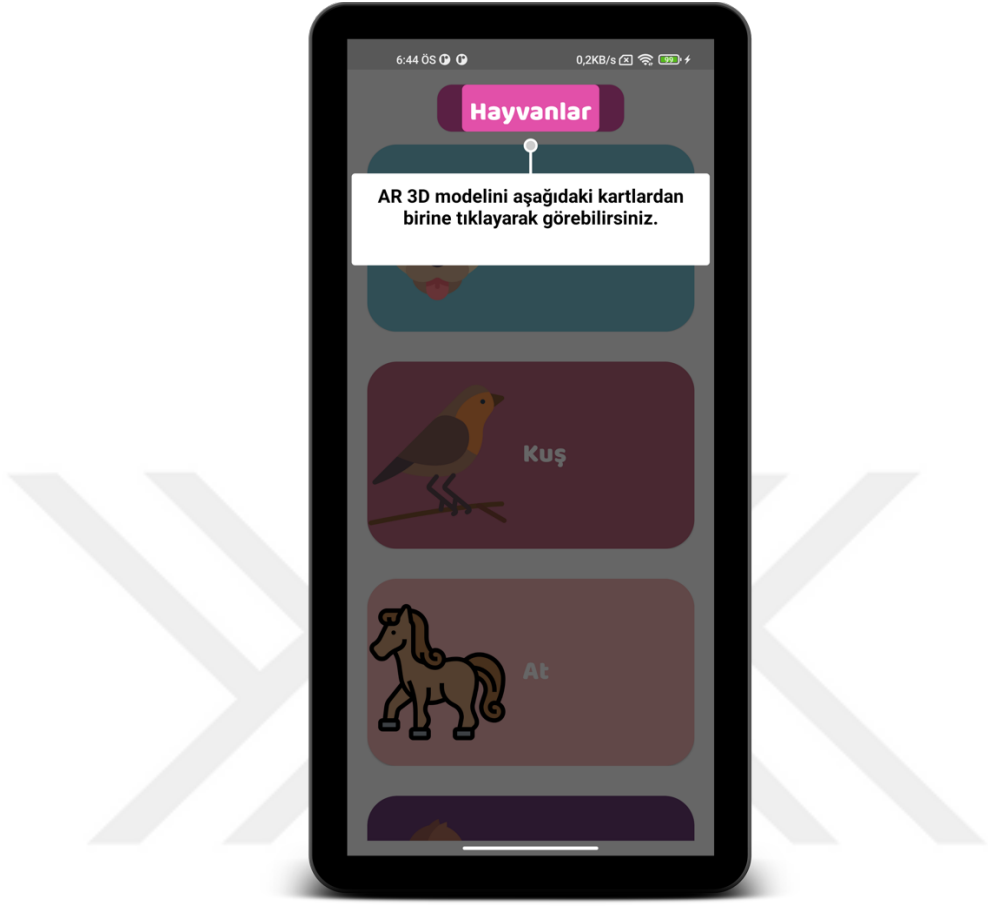
Şekil B.1. Uygulama içi ekran görüntüsü- 2

Ek-C



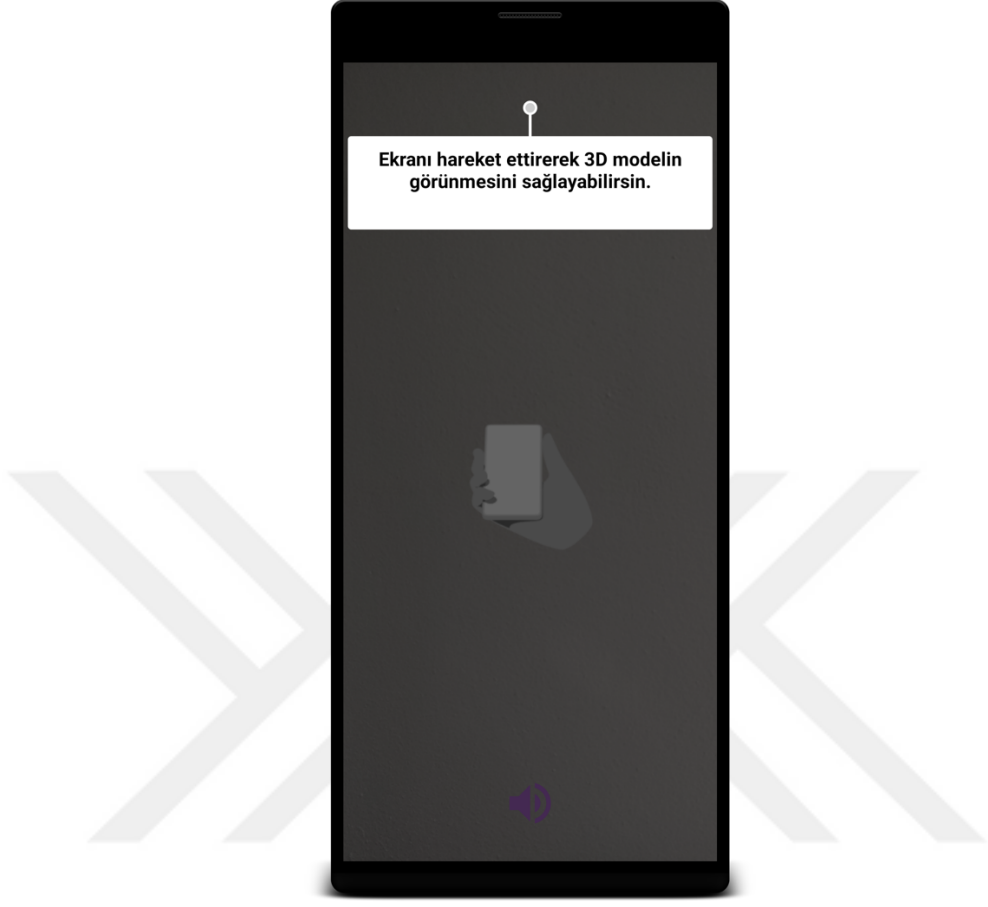
Şekil C.1. Uygulama içi ekran görüntüsü- 3

Ek-Ç



Şekil Ç.1. Uygulama içi ekran görüntüsü- 4

Ek-D



Şekil D.1. Uygulama içi ekran görüntüsü- 5

Ek-E

SIRA	SORU	5	4	3	2	1
1	ABC Education uygulamasıyla klasik yöntemle göre daha kısa sürede öğrenim sağladığını düşünüyorum.					
2	ABC Education'nın konulara olan ilgiyi artırdığını düşünüyorum.					
3	Artırılmış gerçeklik teknolojisinin etkili ve verimli bir öğretim sağladığını düşünüyorum.					
4	ABC Education'daki çoklu ortam (3D model, ses) öğrenimi desteklediğini düşünüyorum.					
5	Artırılmış gerçeklik ile öğretimin klasik yöntemle göre daha kalıcı bir öğrenim ortaya çıkardığını inanıyorum.					
6	ABC Education'nın konuları somutlaştırma konusunda başarı sağladığını düşünüyorum.					
7	ABC Education'daki hayvanlar menü kartı öğrenciler üzerinde gerçeklik hissi oluşturduğunu düşünüyorum.					
8	ABC Education'daki renkler menü kartı klasik yöntemle göre konuyu daha ilgi çekici hale getirdiğini düşünüyorum.					
9	ABC Education'da seslerin kullanılması öğretime katkı sağladığını düşünüyorum.					
10	Artırılmış gerçeklik teknolojisinin öğrencilerin motivasyonunu artırdığını düşünüyorum.					
11	Artırılmış gerçeklik teknolojisi klasik yöntemle göre bazı konularda tercih edilebilir.					
12	Artırılmış gerçeklik teknolojisi ile öğrenimin klasik yöntemle göre daha kısa sürede gerçekleştiğini düşünüyorum.					
13	ABC Education uygulaması kullanırken yazılım ile ilgili bir hata yaşanmamıştır.					
14	ABC Education'da kullanılan arayüz oldukça basit ve anlaşılırdı.					
15	ABC Education uygulamasının arayüzünde kullanılan renkler karmaşıklık sağlamıyordu.					
16	ABC Education'da kullanılan AR modelleri gerçekçiydi.					
17	ABC Education'nın kullanımında menü kartları arasında geçiş yaparken zorluk yaşanmadı.					

Şekil E.1. Anket çalışması

KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER

Eren, P., Sondaş, A. (2022). Artırılmış Gerçeklik Teknolojisi Kullanılarak 0-6 Yaş veya Zihin Engelli Bireyler için Bir Temel Eğitim Mobil Uygulama Geliştirilmesi. *Uluslararası Marmara Fen ve Sosyal Bilimler Kongresi*, Kocaeli, Türkiye, 13-14 Mayıs 2022.



ÖZGEÇMİŞ

İlk, orta ve lise eğitimini İstanbul’da tamamladı. 2014 yılında girdiği Kocaeli Üniversitesi Bilişim Sistemleri Mühendisliği bölümünden 2018 yılında mezun oldu. Okul döneminin sonlarında mobil teknolojiler alanına olan ilgisinden dolayı mezuniyetinin ardından bir banka firmasında Android yazılım geliştirici olarak çalışmaya başladı. Çalışırken kendi mobil uygulama projelerini de geliştirmeyi sürdürdü. 2019 senesinde Kocaeli Üniversitesi Bilişim Sistemleri Mühendisliği bölümünde yüksek lisans eğitimine başladı. Halen bir telekomünikasyon firmasında Android yazılım geliştirici olarak çalışmaya devam etmektedir.

