



**T.C.**  
**KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



**ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK  
TEKNOLOJİSİNİN TEMEL ELEKTRİK  
DEVRELERİ ÜZERİNDE UYGULANMASI**

**Ömer Emin ÇINAR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Ağustos-2020**  
**KONYA**  
**Her Hakkı Saklıdır**

## TEZ KABUL VE ONAYI

Ömer Emin ÇINAR tarafından hazırlanan “Artırılmış Gerçeklik Teknolojisinin Temel Elektrik Devreleri Üzerinde Uygulanması” adlı tez çalışması .../.../... tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Elektrik – Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

#### Başkan

Prof. Dr. Ercan YALDIZ

#### Danışman

Prof. Dr. Salih GÜNEŞ

#### Üye

Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin DOĞAN

### İmza

.....

.....

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Saadettin Erhan KESEN  
Enstitü Müdürü

## TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

## DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.



Ömer Emin ÇINAR

Tarih: 31.08.2020

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

## ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK TEKNOLOJİSİNİN TEMEL ELEKTRİK DEVRELERİ ÜZERİNDE UYGULANMASI

Ömer Emin ÇINAR

Konya Teknik Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü  
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Salih GÜNEŞ

2020, 94 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Ercan YALDIZ  
Prof. Dr. Salih GÜNEŞ  
Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin DOĞAN

Bu tez çalışmasında, son yıllarda bilişim teknolojileri alanında oldukça dikkat çeken Artırılmış Gerçeklik teknolojisi temel elektrik devreleri üzerinde uygulanmış ve ARKTUNApp adında bir artırılmış gerçeklik uygulaması geliştirilmiştir. Bu teknolojinin askeri uygulamalardan tıbbi simülasyonlara kadar geniş bir yelpazede uygulanabildiği bilinirken, eğitim alanındaki uygulamaları da büyük bir yaygınlık kazanmaktadır. Bu kapsamda meslek lisesi ya da üniversitede teknik dallarda, mühendislik ve teknoloji fakültelerinde öğrenim gören öğrenciler hedeflenmiştir. Özellikle mühendislik öğrencilerinin gördüğü Elektroteknik ve Devre Analizi gibi mesleki dersler kapsamında öğretilen temel devreleri (kısa devre, açık devre, seri bağlı dirençlerin olduğu devre, paralel bağlı dirençlerin olduğu devre, RLC devresi, diyot ve LED devresi, çevre akımları metodu ile çözülmüş bir devre ve düğüm gerilimleri metodu ile çözülmüş bir devre) içeren bir kitapçık oluşturulmuştur. Bu kitapçık üzerinde iki farklı QR kod mevcuttur: Birincisi uygulamanın indirilebileceği bir linke yönlendirme yaparken, ikincisi de iki boyutlu devrelerin yanında bulunan QR kodlardır. İlk QR kod akıllı cihazla okutulup ve uygulama indirilip açıldıktan sonra, bu kitapçık üzerindeki iki boyutlu devrelerin yanında bulunan QR kodlar okutulduğunda yukarıda bahsi geçen devreler üç boyutlu olarak görüntülenebilecek ve somut bir şekilde gözlemlenebilecektir. Geliştirilen uygulama, tanılama tabanlı bir artırılmış gerçeklik uygulamasıdır. Uygulamanın hayata geçirilebilmesi için Unity3D platformu ve Vuforia Artırılmış Gerçeklik SDK'si kullanılmıştır. Unity3D, geliştirilen uygulamaların Android, Windows ve iOS gibi çeşitli işletim sistemlerinde çalışmasına imkân vermektedir. Unity3D platformu bünyesinde UnityScript (Javascript), C# ve Boo gibi 3 farklı programlama dili kullanılabilir. Tez kapsamında gerçekleştirilen uygulama, Android (minimum 7.0 sürümü) işletim sistemine sahip akıllı cihazlar için C# programlama dili ile geliştirilmiştir. Devre elemanları ve devrelerin düzenlenmesinde 3DS Max programı kullanılmıştır. Uygulamada bir menü bulunmakta ve kullanıcı istediği devreye geçiş yapabilmektedir. Sonuç olarak teorik anlatımda soyut kalabilecek birtakım terimlerin ve kavramların daha somut bir şekilde öğrenciye aktarılabilmesi bu uygulama vasıtasıyla sağlanmıştır. Tez kapsamında gerçekleştirilen AG uygulamasının sonuçları, bir değerlendirme enstrümanı olan anket metodu ile değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** 3D, Artırılmış Gerçeklik, Devre, Eğitim, Eğitimde Artırılmış Gerçeklik, Mühendislik, Unity3D, Uygulama

## **ABSTRACT**

### **MS THESIS**

# **APPLICATION OF AUGMENTED REALITY TECHNOLOGY ON BASIC ELECTRICAL CIRCUITS**

**Ömer Emin ÇINAR**

**Konya Technical University  
Institute of Graduate Studies  
Department of Electrical and Electronics Engineering**

**Advisor: Prof. Dr. Salih GÜNEŞ**

**2020, 94 Pages**

**Jury**

**Prof. Dr. Ercan YALDIZ**

**Prof. Dr. Salih GÜNEŞ**

**Asst. Prof. Dr. Hüseyin DOĞAN**

In this thesis, Augmented Reality technology, which has attracted considerable attention in the field of information technologies in recent years, has been applied on basic electrical circuits and an augmented reality application called ARKTUNApp has been developed. While this technology is known to be applied in a wide range from military applications to medical simulations, its applications in the field of education are also becoming widespread. In this context, students studying in technical branches, engineering and technology faculties in vocational high schools or universities are targeted. A booklet containing basic circuits (short circuit, open circuit, circuit with series-connected resistors, circuit with parallel-connected resistors, RLC circuit, diode and LED circuit, environmental currents method and node voltage method) has been created especially within the scope of vocational courses such as Electrotechnics, Electronics and Circuit Analysis, which engineering students see. There are two different QR codes on this booklet: The first one directs to a link where the application can be downloaded, and the second one is the QR codes located next to the two-dimensional circuits. After the first QR code is scanned with the smart device and the application is downloaded and opened, when the QR codes located next to the two-dimensional circuits on this booklet are scanned, the aforementioned circuits can be viewed in three dimensions and concretely observed. The developed application is a diagnostic-based augmented reality application. Unity3D platform and Vuforia Augmented Reality SDK were used to implement the application. Unity3D allows applications developed to run on various operating systems such as Android, Windows and iOS. Three different programming languages such as UnityScript (Javascript), C# and Boo can be used within the scope of Unity3D. The application carried out within the scope of the thesis was developed with C# programming language for smart devices with Android operating system (minimum 7.0 version). 3DS Max was used in the arrangement of circuit components and circuits. There is a menu in the application and the user can switch to the desired circuit. As a result, it is ensured that some terms and concepts that can remain abstract in theoretical expression are conveyed to the student in a more concrete way. The results of the AG application developed within the scope of this thesis were analyzed by the survey method that is an instrument of assessment.

**Keywords:** 3D, Application, Augmented Reality, Augmented Reality in Education, Circuit, Education, Engineering, Unity3D

## ÖNSÖZ

Bu tez çalışmam boyunca değerli katkılarıyla ve bilgi birikimiyle beni yönlendiren danışmanım Konya Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Öğretim Üyesi Sayın Prof. Dr. Salih Güneş'e, bölümümüz öğretim elemanlarına, maddi ve manevi desteğini hiçbir şekilde esirgemeyen anneme, babama, kardeşlerime ve öğrenci arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Ömer Emin ÇINAR  
KONYA-2020



# İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>v</b>
<b>ÖNSÖZ .....</b>	<b>vi</b>
<b>İÇİNDEKİLER .....</b>	<b>vii</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
1.1. Tezin Amacı ve Önemi .....	1
1.2. Tezin Organizasyonu .....	1
1.3. Artırılmış Gerçeklik.....	2
1.3.1. Artırılmış Gerçekliğin Tanımı .....	2
1.3.2. Artırılmış Gerçekliğin Tarihsel Gelişimi .....	3
1.3.3. Artırılmış Gerçekliğin Bileşenleri .....	8
1.3.4. Artırılmış Gerçekliğin Çalışma Prensipleri .....	13
1.3.5. Artırılmış Gerçekliğin Çeşitleri .....	18
1.3.6. Artırılmış Gerçekliğin Uygulama Alanları.....	19
1.4. Sanal Gerçeklik .....	26
1.5. Artırılmış Gerçeklik ile Sanal Gerçekliğin Karşılaştırılması .....	29
1.6. Karma Gerçeklik.....	30
<b>2. KAYNAK ARAŞTIRMASI .....</b>	<b>32</b>
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>36</b>
3.1. Programların Kurulumu .....	36
3.1.1. Unity3D ve Kurulumu.....	36
3.1.2. Android SDK ve Kurulumu.....	37
3.1.3. Vuforia SDK ve Kurulumu .....	38
3.1.4. 3DS Max ve Kurulumu .....	40
3.2. Artırılmış Gerçeklik Uygulamasının Bölümleri ve Gerçekleştirilmesi .....	40
3.2.1. Eğitim Kitapçığının Oluşturulması .....	40
3.2.2. Devre Elemanlarının Tasarımı.....	41
3.2.3. Devrelerin Tasarımı .....	43
3.2.4. Devrelerin 3B Modellerinin AVI ve FBX Uzantılı Dosyalara Çevrilmesi ve Unity3D'ye Aktarılması.....	50
3.2.5. Menü Tasarımı.....	51
3.2.6. Uygulamanın Çalıştırılması.....	52
<b>4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA .....</b>	<b>58</b>
4.1. Anket Çalışması.....	58
4.2. Tartışma .....	59

<b>5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....</b>	<b>66</b>
5.1. Sonuçlar .....	66
5.2. Öneriler .....	66
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>68</b>
<b>EKLER .....</b>	<b>76</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>83</b>





## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

$I_1$	: Çevre akımları metodu örneğindeki birinci göz akımı
$I_2$	: Çevre akımları metodu örneğindeki ikinci göz akımı
$I_3$	: Çevre akımları metodu örneğindeki üçüncü göz akımı
$I_a$	: Düğüm gerilimleri metodu örneğindeki 5 ohm üzerinden geçen akım
$I_b$	: Düğüm gerilimleri metodu örneğindeki 10 ohm üzerinden geçen akım
$I_c$	: Düğüm gerilimleri metodu örneğindeki 40 ohm üzerinden geçen akım
$I_\varphi$	: $I_1$ ve $I_3$ akımlarının farkına karşılık gelen akım
$P$	: 3B uzaydaki bir P noktasının konumuna ilişkin koordinatları gösteren matris
$P'$	: Ölçeklenen, döndürülen ve çevrilen noktanın yeni koordinatlarını gösteren matris
$S_x$	: x eksenindeki nesnenin ölçeklendirilmesi için ölçekleme faktörü
$S_y$	: y eksenindeki nesnenin ölçeklendirilmesi için ölçekleme faktörü
$S_z$	: z eksenindeki nesnenin ölçeklendirilmesi için ölçekleme faktörü
$t_x$	: P noktasının 3B uzayda x eksenindeki çevrilme mesafesi
$t_y$	: P noktasının 3B uzayda y eksenindeki çevrilme mesafesi
$t_z$	: P noktasının 3B uzayda z eksenindeki çevrilme mesafesi

### Kısaltmalar

2B	: İki Boyutlu
3B	: Üç Boyutlu
3D	: Three Dimensional (Üç Boyutlu)
6DOF	: Six Degrees of Freedom (Altı Serbestlik Derecesi)
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AG	: Artırılmış Gerçeklik
APK	: Android Package Kit (Android Paket Kiti)
AR	: Augmented Reality (Artırılmış Gerçeklik)
AR-GE	: Araştırma-Geliştirme
AVI	: Audio Video Interleave (Ses Görüntü Birleşimi)
BARS	: Battlefield Augmented Reality System (Muharebe Alanı Artırılmış Gerçeklik Sistemi)
CG	: Computer Graphics (Bilgisayar Grafiği)
CT	: Computed Tomography (Bilgisayarlı Tomografi)
FBX	: Filmbox (Film Kutusu)
GPS	: Global Positioning System (Küresel Konumlama Sistemi)
HHD	: Hand Held Device (El Cihazı)
HMD	: Head Mounted Display (Başa Takılan Gösterge)
HUD	: Heads Up Display (Baş Üstü Göstergesi)
HWD	: Head-Worn Display (Başa Giyilen Gösterge)
IMU	: Inertial Measurement Unit (Atalet Ölçüm Birimi)
iOS	: iPhone Operating System (iPhone İşletim Sistemi)
LCD	: Liquid Crystal Display (Sıvı Kristal Gösterge)
LED	: Light Emitting Diode (Işık Yayan Diyot)
MID	: Mobile Internet Device (Mobil İnternet Cihazı)
MIT	: Massachusetts Institute of Technology (Massachusetts Teknoloji)

	Enstitüsü)
MOSFET	: Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor (Metal Oksit Yarı İletken Alan Etkili Transistör)
MRI	: Magnetic Resonance Imaging (Manyetik Rezonans Görüntüleme)
NASA	: National Aeronautics and Space Administration (ABD Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi)
OS	: Operating System (İşletim Sistemi)
PC	: Personal Computer (Kişisel Bilgisayar)
PDA	: Personal Digital Assistant (Kişisel Dijital Asistan)
RLC	: Resistor-Inductor-Capacitor (Direnç-Bobin-Kapasitör)
SDK	: Software Development Kit (Yazılım Geliştirme Kiti)
SG	: Sanal Gerçeklik
VIEW	: Virtual Interface Environment Workstation (Sanal Arayüz Ortamı İş İstasyonu)
VR	: Virtual Reality (Sanal Gerçeklik)
QR	: Quick Response (Hızlı Yanıt)



## 1. GİRİŞ

### 1.1. Tezin Amacı ve Önemi

Önceki yıllara kıyasla çok daha kısa sürede çok daha fazla gelişim kaydeden teknolojik yenilikler, çeşitli eğitim ortamlarının geliştirilmesine imkân vermiştir. Bu teknolojik gelişmelerden birisi de dijital veriyi dünyaya taşıyan artırılmış gerçekliktir. Bunun gibi teknolojik ilerlemeler öğrenme yöntemlerinin de günümüz şartlarına göre güncellenmesini gerektirmektedir. Bu tez çalışması, artırılmış gerçeklik teknolojisinin temel devre elemanları ve elektrik devreleri üzerinde uygulanmasıyla öğrencilerin ya da daha genel bir tabirle kullanıcıların soyut kalabilecek bazı kavram ve görselleri 3B olarak somutlaştırmayı amaçlamaktadır.

Bu tez çalışması, hayatımıza giren ve vazgeçilmez bir hal alan akıllı cihazların önemini de göz önünde bulundurarak artırılmış gerçeklik gibi yenilikçi bir yaklaşımın temel devre elemanları ve elektrik devreleri üzerinde uygulanmasıyla meslek lisesi ya da üniversite öğrencilerinin öğrenme deneyimlerini artırarak eğitim süreçlerine katkı sağlayacaktır. Bu sayede, akıllı cihazlar üzerinde geliştirilmiş bir uygulama ile öğrencilerin interaktif olarak öğrenme ve anlama deneyimlerinin artırılması sağlanacaktır. Ülkemizde eğitim ve daha spesifik olarak teknik eğitim alanında gerçekleştirilen AG uygulamaları gitgide önem ve değer kazanırken bu çalışma da gelecekte yapılacak çalışmalar için bir referans niteliğinde olacaktır.

### 1.2. Tezin Organizasyonu

Tez çalışması 5 ana bölümden oluşmaktadır.

Birinci bölüm tezin amacı, önemi ve organizasyonunun yanı sıra artırılmış gerçeklik, sanal gerçeklik ve karma gerçekliği anlatan giriş kısmından oluşmaktadır.

İkinci bölümde kaynak araştırmasına yer verilmiştir.

Üçüncü bölümde tez kapsamında gerçekleştirilen AG uygulamasından ve alt unsurlarından bahsedilmiştir.

Dördüncü bölümde tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen AG uygulamasına ilişkin yapılan anketin sonuçları değerlendirilmiş ve tartışılmıştır.

Beşinci bölümde yapılan tez çalışmasının sonuçlarına ve bu alanda çalışma yapmayı düşünenler için önerilere yer verilmiştir.

### 1.3. Artırılmış Gerçeklik

Günümüzde teknoloji, sürekli değişen, gelişen ve dönüşen bir yapıya sahiptir. Bu gelişim içerisinde günlük hayatlarımızda büyük rol oynayan akıllı cihazların vasıtasıyla mobil uygulamalar ayrı bir teknoloji geliştirme alanına dönüştü. Bu uygulamalar sayesinde, insanlar telefonlarını kullanarak büyük bir kolaylıkla günlük ihtiyaçlarını karşılama olanağına sahiptir. Mobil uygulamaların hızlı gelişimi, artırılmış gerçeklik kavramına dikkat çekmiş ve bu teknolojinin geniş bir yelpazede kullanılmasının önünü açmıştır. QR kod kullanımı ve 3B modeller de içerebilen AG uygulamaları gittikçe yaygınlaşmaktadır.

#### 1.3.1. Artırılmış Gerçekliğin Tanımı

Artırılmış gerçeklik, sözlük anlamına bakıldığında bilgisayar programlamasında görüntüleri bilgisayarda oluşturulan yararlı verilerle üst üste bindirilmesi vasıtasıyla video veya fotoğrafik görüntüleri birleştirme veya “artırma” işlemidir (Hosch, 2020).

Azuma ise 1997 yılında yaptığı çalışmada artırılmış gerçekliği, sanal gerçekliğin bir varyasyonu olarak tanımlamıştır ve AG'nin gerçek dünya üzerine bindirilmiş veya birleştirilmiş sanal nesnelere kullanıcının gerçek dünyayı görmesini sağladığını belirtmiştir. Ayrıca, artırılmış gerçekliğin aşağıdaki üç temel özelliğe sahip olan sistemler olduğunu da ortaya koymuştur:

- Gerçek ve sanal ortamı birleştirme,
- Gerçek zamanlı etkileşim sağlama,
- 3 boyutlu olma.

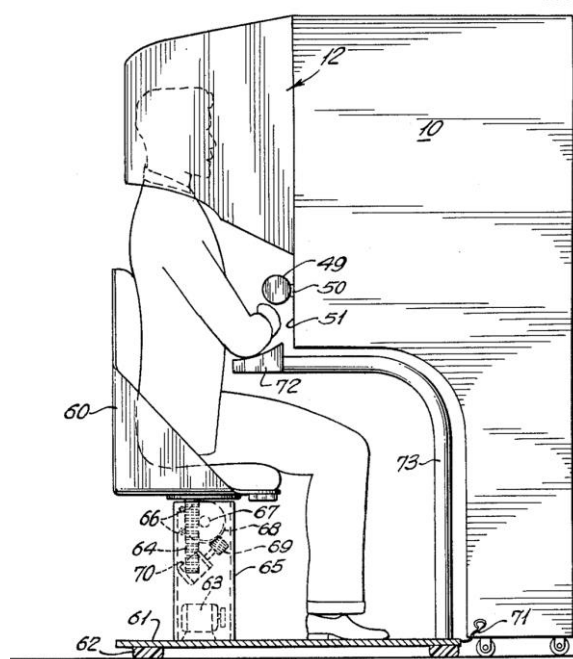
Artırılmış gerçeklikte yapay ortamdaki nesnelere gerçek ortamın bir parçasıymış gibi gerçek ortam içerisinde gösterilir (Azuma, 1997). Van-Krevelen ve Poelman'ın 2010 yılında yaptığı çalışmada da artırılmış gerçekliğin gerçek hayatta var olan yeteneklerimize ek özellikler kattığı ortaya konmuştur. AG, dokunma, işitme ve koku da dahil olmak üzere tüm duylara uygulanabilir. AG, dijital veya bilgisayar tarafından oluşturulan bilgileri (görüntü, ses, video, dokunma veya temas hissi) alınarak gerçek nesnelere gerçek zamanlı bir ortamın üzerine bindirilmesi olarak da düşünülebilir (Van-Krevelen ve Poelman, 2010). Kipper ve Rampolla da 2012 yılında artırılmış

gerçekliğin teknik olarak beş duyuya da hitap edebilecek şekilde kullanılabilceğini belirterek bu düşünceyi desteklemiştir (Kipper ve Rampolla, 2012).

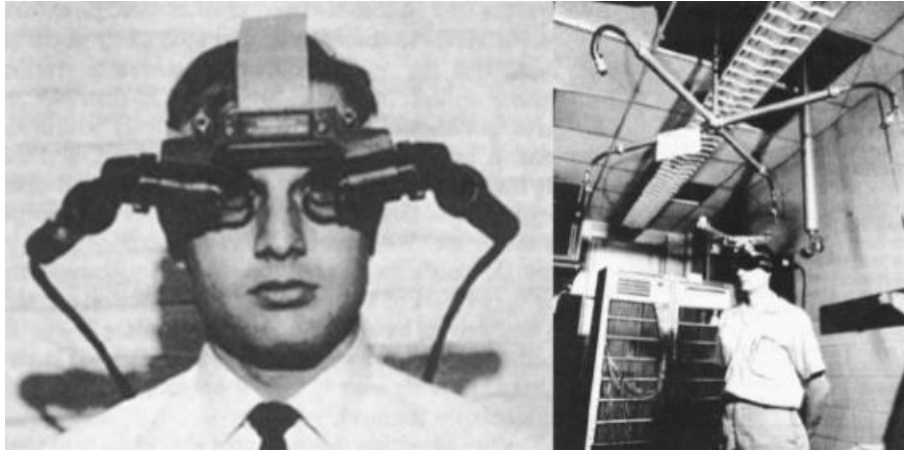
### 1.3.2. Artırılmış Gerçekliğin Tarihsel Gelişimi

Artırılmış gerçekliğin temelinde yatan felsefeye ilişkin ilk tanımlamayı 1901 yılında L. Frank Baum yapmış, ilk kez gerçek hayata veri aktaran elektronik cihazlardan bahsetmiş ve bunu bir “karakter işaretleyicisi“ olarak tanımlamıştır.

1957 yılında görsel gerçekliğin öncülerinden birisi olarak bilinen Morton Heilig, Sensorama adlı sinematografi üretti ve 1962 yılında bu cihazın patentini aldı. Yine bu alandaki öncülerden birisi olarak kabul edilen bilgisayar mühendisi ve internetin kurucularından Ivan Sutherland, 1966 yılında, Bob Sproull ile birlikte “The Sword of Damocles” (Demokles’in Kılıcı) adındaki ilk HMD artırılmış gerçeklik uygulamasını geliştirmişlerdir (Dodsworth, 2010; Yuen ve ark., 2011). Sutherland, doğada 2 boyutlu görünen nesnelerin, özel bir optik sistem vasıtasıyla 3 boyutlu görüntülenmesini amaçlamıştır. HMD aracılığıyla 2 boyutlu olan nesne görüntüleri bir araya getirilerek kullanıcıya 3 boyutlu görüntü illüzyonu sunulur. Kullanıcı başına taktığı bu optik sistem ile pozisyonunu değiştirdikçe oluşturulan sanal görüntünün pozisyonu da yeniden konumlandırılmaktadır (Sutherland, 1968).



Şekil 1.1. Sensorama (Wikipedia, 2008)



Şekil 1.2. Sword of Damocles (Sutherland, 1968)

1975 yılında bilgisayar mühendisi Myron Krueger, yapay gerçeklik laboratuvarı Videoplace'i üretti. Bu sistem, kullanıcıların görsel nesnelere ilk kez etkileşime geçebilmesini sağladı. Bu laboratuvara kişiler dijital eldiven veya HMD takmadan girer ve projektörler, video kameralar, özel donanımlar ve ekrana yansıtılan silüetler, bu ortama giren kişilerin interaktif bir ortama entegre olmasını sağlıyordu (Krueger, 1985). 70'li ve 80'li yıllarda az sayıda araştırmacı NASA, ABD Hava Kuvvetleri ve Kuzey Carolina Üniversitesinde AG eğitimi almıştır (Feiner, 2002).

Artırılmış gerçeklik terimini ilk olarak 1990 yılında Thomas P. Caudell kullanmış ve AG teknolojisini kullanarak uçaklara elektrik kablolarının yerleştirilmesi sırasında çalışanların yönlendirilmesini sağlayan başa monte edilen bir dijital görüntüleme sistemi geliştirmiştir (Caudell ve Mizell, 1992; Siltanen, 2012). Bu sistem AG teknolojisinin endüstrideki ilk kullanımıdır.

1993 yılında, ABD Hava Kuvvetleri Araştırma Laboratuvarı bünyesinde çalışan L.B. Rosenberg, telebulunma sistemlerinde kullanılacak ilk işlevsel AG sistemlerinden birisi olan Virtual Fixtures'ı geliştirdi ve bu sistemin uzak ortamlarda operatör performansını artırabildiğini ortaya koydu (Rosenberg, 1993).

1996 yılında, Rekimoto 2B matris işaretleyicileri ortaya koydu ve eş zamanlı olarak gerçek nesnelere tanımlayan ve onların koordinat sistemlerini hesaplayan AG sistemlerini üretmek için yeni bir teknik geliştirdi (Rekimoto, 1998). Rekimoto'nun geliştirdiği sistem 6DOF kamera takibine izin veren ilk işaretleme sistemlerinden biriydi (Doğan, 2013).

1997 yılında Azuma, AG teknolojisi ile ilgili geniş bir tarama çalışması yapmış ve ilgili literatürde yaygın bir şekilde kabul edilen bir AG tanımını ortaya koymuştur. Aynı yıl içerisinde Feiner ve arkadaşları, Touring Machine (Tur Makinesi) adını verdikleri ilk mobil AG uygulamasını geliştirmiştir (Feiner ve ark., 1997).



**Şekil 1.3.** Tur Makinesi (Feiner ve ark., 1997)

İlk AG çözüm sağlayıcısı olan Total Immersion şirketi 1999 yılında kuruldu. Şirket AG alanında yaptığı araştırma-geliştirme çalışmalarıyla pazar lideri konumuna geldi. Daha sonra aynı yıl içerisinde, Kato HITLab laboratuvarında AG uygulamaları geliştirilmesi için kullanılacak ARToolKit kütüphanesini geliştirdi ve bu kütüphane Android, iOS ve Flash gibi birçok platforma adapte edildi. Kato'nun çalışmaları ve gelişen donanım teknolojisi ile birlikte birçok büyük şirket araştırma geliştirme çalışmaları yapmaya başladı ve AG alanında ürünler geliştirdi.

2000 yılında, Bruce H. Thomas geliştirdiği ilk AG oyunu ARQuake'i Uluslararası Giyilebilir Bilgisayarlar konferansında sundu. Oyun Güney Avustralya Üniversitesi'nde geliştirilmiş olup ünlü Quake oyununun AG sürümüydü. ARQuake, 6DOF takip sistemi, GPS, dijital pusula ve görüş tabanlı işaret takibini içermektedir. Oyundaki klavye ve fare etkileşimi tamamen kullanıcı hareketleri ve çift düğmeli bir

giriş cihazı ile değiştirilir ve bu izleme sisteminin doğruluğu dahilinde tamamen işlevseldir (Thomas ve ark., 2000).



**Şekil 1.4.** Bir mobil artırılmış gerçeklik uygulaması olan ARQuake ekipmanını giymiş olan bir kişi (ARQuake, 2020)

2001 yılında, Reitmayr ve Scmalsteig, gerçek stereoskopik 3B grafikleri, kalem ve ped arayüzünü ve sanal nesnelere doğrudan etkileşimi destekleyen mobil bir kolaboratif (işbirliğine dayalı) AG sistemi oluşturdu (Reitmayr ve Schmalstieg, 2001). Mobil AG fikirleri ve artırılmış paylaşılan alandaki kullanıcılar arasındaki işbirliği birleştirildi ve hibrit bir sisteme entegre edildi (Doğan, 2013).



**Şekil 1.5.** Bir AG Satranç oyunu, “dökümantasyon kamerası” kullanıcısı tarafından görüldüğü üzere sabit kullanıcının (solda) ve mobil kullanıcının (sağda) işbirliğini gösterir (Doğan, 2013).



2004 yılında, Möhring ve arkadaşları cep telefonları için ilk video tabanlı AG sistemini geliştirmiştir. Bu sistem farklı işaretleyicilerin algılanması ve ayrıştırılmasının yanı sıra zayıf bir perspektif projeksiyonu olan kamera modeli ve bir OpenGL görüntü oluşturma hattı aracılığıyla oluşturulmuş 3B grafiklerin canlı video akışına doğru bir şekilde entegre edilmesini destekler (Möhring ve ark., 2004).

2006 yılında, Nokia, cep telefonları için çok sensörlü bir cep telefonu AG kılavuz uygulaması olan MARA'yı tanıttı. Uygulama yönlendirme için üç eksenin üçünde de ivmeölçerler kullanmaktaydı. Yön belirleme için eğimli ve dengelenmiş bir pusula ve konumlandırma için GPS kullanmaktaydı.

2008 yılında, ilk Android tabanlı akıllı telefon G1 Android, Google tarafından tasarlandı ve HTC tarafından üretildi. Telefon, ilk mobil AG uygulaması olan Wikitude AR Travel Guide ile uyumluydu.

2009 yılında, Sagoosha şirketi, bir AG yazılım kütüphanesi olan ARToolkit'i Adobe Flash'a uyarladı, Wikitude AR Travel Guide ile uyumlu kıldı ve böylece AG ilk kez internet tarayıcılarına girmiş oldu. Aynı yıl içerisinde MIT, SixthSense projesi kapsamında insan hareketlerini ve beden dilini yansıtarak kullanılan giyilebilir AG Cihazı üretti.

2011 yılında, Paris Sud Üniversitesi tarafından kurulan LASTER Technologies firması, GPS kullanan ilk AG kayak gözlüklerini üretti.

2012 yılında ise Google, özel projelerini geliştirdiği X Laboratuvarı'nda Project Glass olarak adlandırılan ek donanımlardan bağımsız ilk AG gözlüğünü üretti. Bu gözlük, kullanıcının ellerini kullanmadan kısa mesaj ve e-posta gönderme, resim çekme ve video gönderme gibi günlük aktivitelerini yerine getirmesine imkân tanıyordu. Gözlükte bir Android işletim sistemi kullanılmaktaydı. Google Glass sonrasında da birçok akıllı gözlük piyasaya sunulmuştur. Google dışında, Vuzix, Recon, Oculus, Meta gibi birçok firma artırılmış ve sanal gerçeklik gözlüklerini geliştirmeyi sürdürmektedir (Hill, 2013).



Şekil 1.6. Google Glass (Google, 2020).

2015 yılında, Microsoft firması Hololens adlı AG gözlüğünü tanıtmıştır. Herhangi bir arayüze sahip olmayan gözlükte, hologramların oluşturulması ve şekillendirilmesi görme, hareket ve ses tabanlı gerçekleştirilmektedir (Microsoft, 2020).



Şekil 1.7. Hololens (Hololens, 2020).

Artırılmış gerçekliğin doğuşundan bugüne geldiğimizde, bahsi geçen teknolojinin birçok evre geçirdiği gözlemlenmekte ve önümüzdeki günlerde de birçok gelişmeye açık olduğu görülmektedir. Günümüzdeki bilimsel ve teknolojik gelişmelerin hızına paralel bir şekilde AG teknolojisi de hayatımızın içinde daha fazla yer kaplamaktadır.

### 1.3.3. Artırılmış Gerçekliğin Bileşenleri

Bir AG sistemi, tüm sürecin sağlıklı bir şekilde hayata geçirilebilmesi için birtakım bileşenlerden meydana gelir. Bu bileşenler temelde donanım ve yazılım bileşenleri olmak üzere iki ana başlıkta ele alınabilir.

#### 1.3.3.1. Donanım Bileşenleri

Bir AG sisteminin donanım bileşenleri beş ana başlıkta toplanmaktadır. Bunlar; sensörler, giriş aygıtları, işlemciler, ekranlar ve tümleşik sistemlerdir (Tunalı, 2015).

### **1.3.3.1.1. Sensörler**

Sensörler, fiziksel değişimleri fark edip bunları hızlı bir biçimde elektrik sinyaline dönüştürebilen ve fiziksel ortam ile endüstriyel amaçlı elektrik-elektronik cihazları birbirine bağlayarak köprü işlevi gören bileşenlerdir. Görsel sensörler, AG sistemlerinde en çok kullanılan sensör tipidir. Bu sensörlerin yanı sıra, manyetik sensör, nem sensörü, ivme sensörü gibi sensörler de AG sistemlerinde kullanılabilir. Bu sensörler gerçek dünyaya ait verileri toplayarak, AG sahnesinin oluşturulmasında ihtiyaç duyulan sanal nesnelerin yerleştirileceği yerin hesaplanmasına imkân sağlamaktadır (Tunalı, 2015).

### **1.3.3.1.2. Giriş aygıtları**

Bir AG uygulamasına yön vermek isteyen kullanıcılar, giriş aygıtları olarak klavye ve dokunmatik ekran gibi unsurları kullanmaktadır, ancak giriş aygıtlarına her AG uygulamasında ihtiyaç duyulmamaktadır. Diğer donanım bileşenlerinden alınan bilgilerle de giriş aygıtları oluşturulabilmektedir (Tunalı, 2015). Mobil artırılmış gerçeklik sistemi gibi bazı sistemlerde giriş aygıtı olarak eldiven kullanılmaktadır. Buna ek olarak kablosuz bileklik ve akıllı telefonlar da giriş aygıtı olarak kullanılabilir (Reitmayr ve Schmalstieg, 2003).

### **1.3.3.1.3. İşlemciler**

İşlemciler, sensörler sayesinde elde edilen elektriksel verileri işleyerek görüntüleyicilerin ihtiyacı olan veriyi oluşturur. İşlemci hızı, AG uygulamalarında gerçek zamanlı görüntü tanıma, 3B nesne yerleştirme işlemlerinin daha kolay ve güvenilir bir şekilde gerçekleşmesinde pozitif bir rol oynar (Tunalı, 2015).

### **1.3.3.1.4. Ekranlar**

Ekranlar, AG sisteminde oluşturulan sahnenin kullanıcıya gösterilmesinde ve kullanıcının duyularına aktarılmasında rol oynar (Tunalı, 2015). Eitoku ve arkadaşlarına göre bir AG ekranı aşağıdaki dört özelliğe sahip olmalıdır:

- Sanal ve gerçek nesnelere bir araya getirilmelidir.
- İşbirliğine imkân tanıyan bir ortam sağlamalıdır.
- Kullanıcıyı çeşitli bölümlerle sınırlamamalıdır.
- 3B görüntüler göstermelidir (Eitoku ve ark., 2006).

AG'de kullanılan ekranlar, başa takılan ekranlar, elde taşınabilir ekranlar ve konumsal ekranlar olmak üzere üç kategoride ele alınmaktadır.

#### **1.3.3.1.4.1. Başa Takılan Ekranlar**

Başta takılan ekranlar, kullanıcının başına yerleştirilir ve bu ekranlar artırılmış görüntüyü kullanıcıların gözlerinin önünde oluştururlar. Video görme sistemi ve optik görme sistemi olmak üzere iki tür HWD sistemi vardır. Video görme sistemi bulunan HWDler gerçek zamanlı videoyu sanal görüntülerle birleştirirken, optik görme sistemi bulunan HWDler doğrudan gözlüğün ya da kullanıcının gözleri üzerine sanal görüntüler ekleyerek artırılmış görüntüyü oluşturur. Sanal görüntüyü görüntülerken gerçek bir sahnenin oluşturulabilmesini kolaylaştırmak amacıyla optik görme sistemli HWDler'de şeffaf lensler kullanılır. Başta takılan ekranlar, retinal ekranlar ve kafaya takılan projektörler tipik HWDler'dir. Başta takılan ekranlar, artırılmış görüntüyü göstermek için kullanıcıların gözleri önündeki ekranları kullanır. Ayrıca, HMDler artırılmış görüntüyü göstermenin en doğrudan yoludur (Ercan, 2010).

#### **1.3.3.1.4.2. Elde Taşınabilir Ekranlar**

AG uygulamalarında kullanılan elde taşınabilir ekranlar (HHD), kişisel dijital asistanlar (PDA), tablet PC'ler ve mobil internet cihazları (MID) gibi tipik el cihazlarıdır. Bu ekranlar, küçük boyutları, kolay bulunabilirliği, yaygın kullanımı ve yüksek hareket kabiliyeti nedeniyle çok popülerdir. Kameralı cep telefonları, AG için en popüler HHD'lerden biri olma eğilimindedir ve AG'yi kitlesel hale getirebilecek en potansiyelli cihazdır. Bu ekranlar, çoğunlukla yerleşik kameraları izleyici ya da takipçi ve monitörleri de ekran olarak kullanır (Ercan, 2010).

### 1.3.3.1.4.3. Konumsal Ekranlar

Konumsal ekran teknolojisinde, kullanıcının herhangi bir ekran taşımasına gerek kalmaksızın doğrudan fiziksel objelerin üzerinde grafiksel bilgiyi görüntülemek için video projektörler, optik elemanlar, hologramlar, radyo frekansı etiketleri ve diğer izleme teknolojileri kullanılmaktadır (Kıymaz, 2018).

**Çizelge 1.1.** Ekran tiplerinin teknikleri, avantajları ve dezavantajları açısından karşılaştırılması  
(Carmigniani ve ark., 2011)

Ekran Tipleri	Teknikler	Avantajları	Dezavantajları
HMD	Video Görme	Tam görüntüleme kontrolü, sanal ve gerçek ortamda senkronizasyon olasılığıdır.	Kamera giyilmesi için kullanıcı ihtiyacı, video akışı için işlem gerektiren kameralar, gerçek ortamda doğal olmayan algılama.
	Optik Görme	Yarı gümüş ayna teknolojisini kullanmaktadır.	Zaman gecikmesi, sanal görüntünün titreşimi.
Elde Taşınabilen	Video Görme	Taşınabilir, yaygın, güçlü CPU, kamera, ivmeölçer, GPS, pusula bulunur.	Küçük ekran.
Konumsal	Video Görme	Düşük maliyetli, raf donanım bileşenleri ve standart bir PC ekipmanı olmadan kullanılabilir.	Mobil sistemi desteklememektedir.
	Optik Görme	Gerçek ortamda daha doğal algılama sağlar.	Mobil sistemi desteklememektedir.
	Doğrudan Artırma	Fiziksel nesnelerin yüzeylerine doğrudan görüntüler üretebilir.	Kullanıcı bağımlı değildir.

### 1.3.3.1.5. Tümüleşik sistemler

Günümüz teknolojisinde oluşturulan AG sistemleri içerisinde yukarıda bahsi geçen bileşenlerin hepsi bir sistem içerisinde yer alabilmektedir. Bunlara tümleşik sistemler denir. Mobil cihazlar ve akıllı gözlükler birer bileşen olarak değil AG bileşenlerinden oluşan tümleşik sistemler olarak ifade edilmektedir (Tunalı, 2015).

### 1.3.3.2. Yazılım Bileşenleri

AG sistemlerinde donanım bileşenlerinin yanı sıra, istediğiniz uygulamanın gerçekleşmesini sağlayacak unsur yazılım bileşenleridir. Bu bileşenler hemen hemen herkesin AG uygulaması gerçekleştirmesine imkân verir. Craig'e göre bir artırılmış gerçeklik uygulamasının oluşturulması için kullanılan yazılım bileşenleri kabaca;

- AG uygulamasının doğrudan içinde olan yazılımlar
- AG uygulaması oluşturmak için kullanılan yazılımlar
- AG uygulaması için içerik oluşturmak amacıyla kullanılan yazılımlar
- AG ile ilgili diğer yazılımlar

olmak üzere dört kategoride toplanabilir (Craig, 2013).

AG uygulamasının doğrudan içinde olduğu yazılımlar, genellikle bir konu üzerinde uzmanlaşmış uygulamalara dair AG algoritmalarını barındırmaktadır ve eğer çok karmaşık yapılı bir problem AG sistemleri ile çözülecekse bu yazılım bileşeni tercih edilmektedir.

AG uygulaması oluşturmak için kullanılan yazılımlar, daha çok uygulama geliştirici kimseler için altyapı sağlarken, AG sistemini oluşturan bileşenlerin bağlantıları bu yazılımlar sayesinde kütüphane olarak oluşturulmuştur.

AG uygulaması için içerik oluşturmak amacıyla kullanılan yazılımlar, yazılım bilgisi olmayan herhangi bir kimsenin bile AG yazılımı geliştirmesine imkân tanımaktadır.

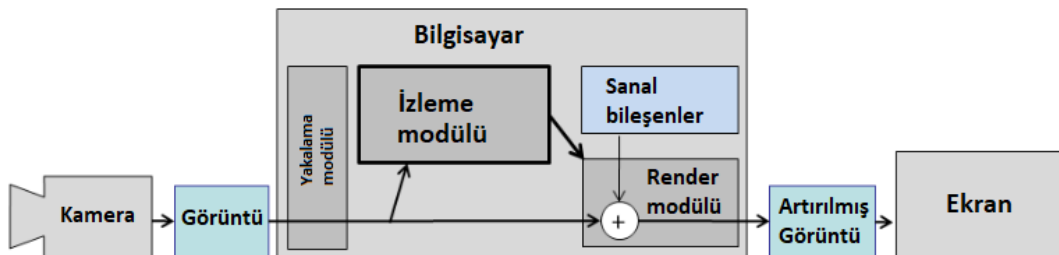
AG ile ilgili diğer yazılımlara ise mevcut uygulamalar için kullanılan AG eklenti yazılımları örnek verilebilir (Tunalı, 2015).

Çizelge 1.2. Başlıca AG yazılım geliştirme kitleri (ARSDKCompare, 2020)

	Platform				Özellikler							Eklentiler
	iOS	Android	Web	PC / Mac / Linux	3B Nesne İzleme	Doğal Özellik İzleme	GPS	IMU Algılayıcılar	İşaretçi İzleme	Görsel Arama	Yüz İzleme	
<b>ARToolkit</b>	✓	✓				✓			✓			
<b>D'Fusion</b>	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>Metaio SDK</b>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>Qualcomm Vuforia</b>	✓	✓			✓	✓		✓	✓	✓		✓

### 1.3.4. Artırılmış Gerçekliğin Çalışma Prensibi

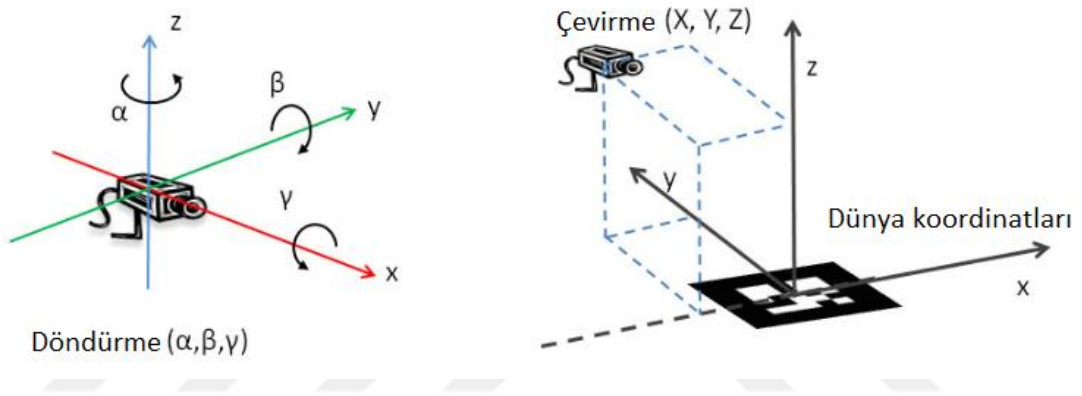
AG sistem mimarisi, kullanılan cihaza ve programlara bağlı olarak değişir. Bununla birlikte, AG'nin basit bir versiyonu bir kamera, hesaplama birimi ve bir ekrandan meydana gelir (Siltanen, 2012). Temel olarak, kamera gerçek dünya görüntüsünü yakalar. Hesaplama birimi 3B sanal görüntüleri oluşturur, bunları gerçek dünya görüntüsü üzerine ekler ve kullanıcının etkileşimlerine yanıt verir. Ekran AG sisteminin sonucunu gösterir. (Ak, 2018).



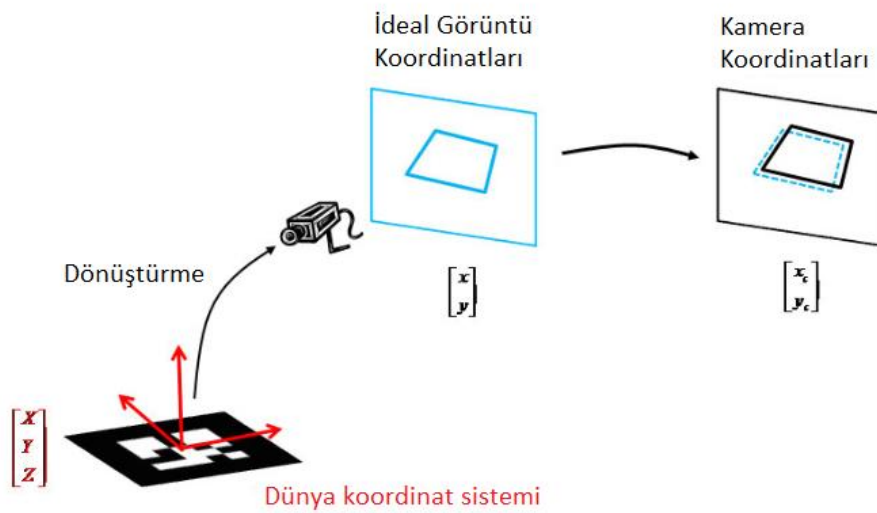
Şekil 1.8. Basit bir AG sisteminin akış diyagramı (Siltanen, 2012).

AG'de işin büyük bir kısmı hesaplama biriminde yapılır. Bu birimin birkaç bileşeni vardır. Yakalama modülü, kameradan gerçek dünya görüntü verilerini sürekli

bir şekilde yakalar. İzleme modülü, sistem tarafından oluşturulan 3B sanal bileşenlerin konumunu hesaplar. Son olarak, modül gerçek konumdaki görüntüyü doğru konumlardaki sanal bileşenlerle güçlendirir. Bu oluşturulan görüntü daha sonra ekran görüntüsünde görülür. Hesaplama birimindeki her parçanın sistemde eşsiz bir rolü olmasına rağmen, izleme modülü merkezi bir rol oynar. Bu merkez, kameranın göreceli pozunun gerçek zamanlı olarak hesaplanmasından sorumludur. Bu sistemdeki bir nesnenin pozunu, nesneye ilişkin 6 uzlu geometrik bilgiyi ifade eder. Gruptaki ilk üç veri nesnenin 3B uzaydaki konumunun Kartezyen koordinatlarını verirken, son üç veri nesnenin AG'deki 3B koordinat sistemine göre yönlendirme açılarını temsil eder (Siltanen, 2012).



Şekil 1.9. Basit bir AG sisteminin akış diyagramı (Siltanen, 2012).



Şekil 1.10. Görüntülerin 3B'den 2B'ye dönüştürülmesi (Siltanen, 2012).



Dönüşüm yöntemleri (ölçekleme, döndürme ve çevirme) önce 3B uzayda matris işlemleri ile yapılır ve daha sonra 2B alana yansıtılır. Her dönüştürme yöntemi, kendi matrisi ile gösterilir ve 3B sanal nesnenin her noktası, dönüşüm matrisleri ile koordinatlarının çarpımı ile yansıtılır. 3B uzaydaki bir P noktasının konumuna ilişkin koordinatlar,  $P = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} \in \mathbb{R}^3$  şeklinde gösterilir.

3B uzaydaki ölçekleme matrisi,  $\begin{bmatrix} S_x & 0 & 0 \\ 0 & S_y & 0 \\ 0 & 0 & S_z \end{bmatrix}$  'dir. Burada,  $S_x$ ,  $S_y$  ve  $S_z$ , sırasıyla x, y veya z eksenindeki nesnenin ölçeklendirilmesi için ölçekleme faktörleridir. Bunun sonucu olarak, ölçeklenen noktanın yeni koordinatları,

$$P' = \begin{bmatrix} S_x & 0 & 0 \\ 0 & S_y & 0 \\ 0 & 0 & S_z \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix} \text{ olarak hesaplanır.}$$

x, y, z veya bu üç eksenin herhangi bir kombinasyonunda 3B döndürme işlemi yapılabilir.  $\theta$  eksenindeki döndürme açısı olmak üzere, x eksenini için döndürme matrisi

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\theta & \sin\theta \\ 0 & -\sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix}, \text{ y eksenini için döndürme matrisi } \begin{bmatrix} \cos\theta & 0 & -\sin\theta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin\theta & 0 & \cos\theta \end{bmatrix} \text{ ve z}$$

eksenini için döndürme matrisi  $\begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta & 0 \\ -\sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$  'dir. Bundan dolayı, x ekseninde

döndürülen noktanın yeni koordinatları  $P' = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\theta & \sin\theta \\ 0 & -\sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix}$  'dir. Aynı

işlem, ilgili dönme matrisi çarpımı ile diğer eksenler için de yapılabilir. P noktası, aynı anda farklı açılardan birden fazla eksen üzerinde döndürülebilir. Daha sonra, sırasıyla ilgili dönme matrisleri ile çarpılmalıdır. P noktasının x-y eksenleri üzerinde döndürülmesine ilişkin bir örnek aşağıdaki gibidir:

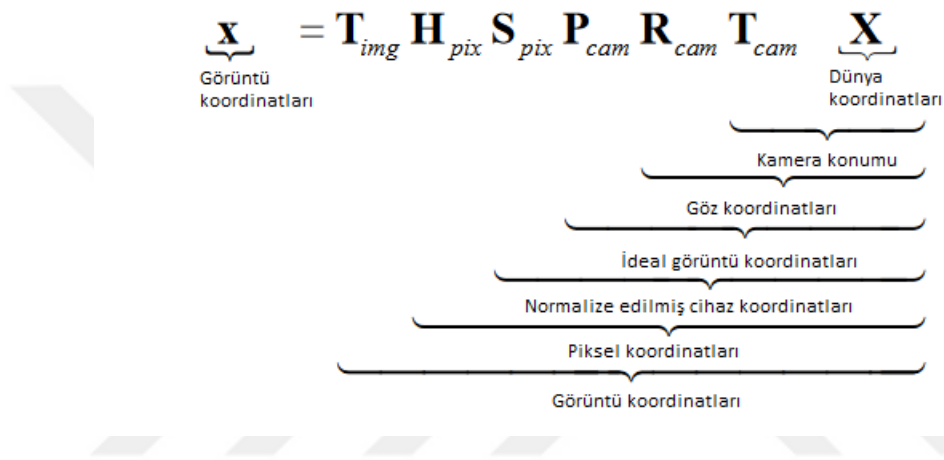
$$P' = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\theta & \sin\theta \\ 0 & -\sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \cos\varphi & 0 & -\sin\varphi \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin\varphi & 0 & \cos\varphi \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix}$$

$t_x$ ,  $t_y$  ve  $t_z$ , P noktasının 3B uzayda çevrilme mesafeleri olarak üzere, 3B uzaydaki

çevirme matrisi,  $\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & t_x \\ 0 & 1 & 0 & t_y \\ 0 & 0 & 1 & t_z \end{bmatrix}$  'dir. Bundan dolayı, çevrilen noktanın yeni koordinatları aşağıdaki gibidir:

$$P' = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & tx \\ 0 & 1 & 0 & ty \\ 0 & 0 & 1 & tz \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix}$$

Bu dönüşüm matrisi işlemleri, 3B uzayda yapılır. Sanal nesnelerin konumlandırılması, taşınması veya ölçeklenmesi 3B uzayda gerçekleşir. Bununla birlikte, AG'nin yakalama ve görüntüleme bileşenleri 2B uzaydadır. Bu nedenle, AG sistemi için 3B uzaydan 2B uzaya ve tam tersi bir dönüşüm gereklidir. Bu geçişte izdüşümsel geometri de rol oynar. Bu dönüşümün her aşamasında, sistemin mevcut koordinatları ile çarpılan bir dönüşüm matrisi vardır (Siltanen, 2012; Ak, 2018).



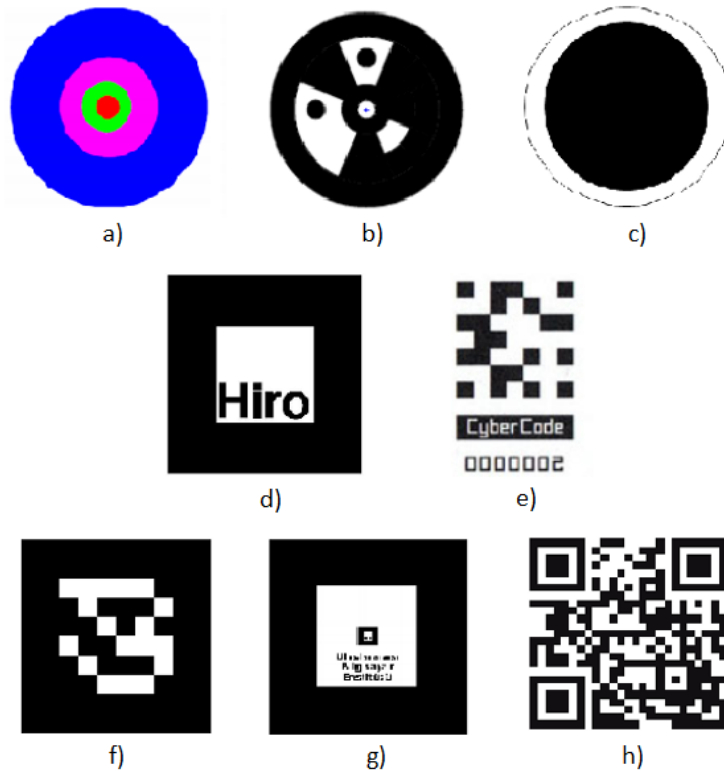
Şekil 1.11. Gerçek Dünya Görüntüsünden Ekran Görüntüsüne Dönüşüm Süreci (Siltanen, 2012).

#### 1.3.4.1. Takip ve İşaretçi Kavramı

Takip, artırılmış gerçeklik teknolojisinin temel bir parçası olup referans nesneyi tanıma ve bu nesnenin 3B konumunu ve yönünü hesaplama işlemidir. Bir takip sistemi temelde hedefler ve sensörler olmak üzere iki ana bileşenden oluşur. Hedefler çevrede takip edilen referans objelerken, sensörler de çevredeki unsurları takip eden cihazlardır (Ercan, 2010). Dijital kameralar ve/veya diğer optik sensörler, GPS, ivmeölçer ve kablosuz alıcılar gibi cihazlar, AG teknolojisinde kullanılan takip cihazlarındandır. Bu cihazların her biri farklı doğruluk seviyesine sahiptir ve büyük oranda geliştirilen sistemin tipine bağlıdır (Li ve ark., 2008). Takip yöntemleri, algılayıcı tabanlı, görü tabanlı ve hibrit takip yöntemleri olarak üç ana başlık altında kategorize edilmektedir (Tunalı, 2015). Algılayıcı tabanlı takip yöntemleri optik, akustik, manyetik, atalet ve hibrit başlıkları altında toplanmaktadır (Rabbi ve Ullah, 2013). Görü tabanlı takip, elde edilen görüntüdeki bilgiler kullanılarak kameranın konum ve yönünü bulma ilkesine

dayanmaktadır (Yang ve ark., 2008). Bu takip yöntemine AG uygulamalarında sıkça rastlanmaktadır. Hibrit takip yöntemleri ise belirli seviyelerde algılayıcı ve görsel tabanlı takip yöntemlerinin birleştirilmiş halidir. Hibrit tabanlı takip, farklı izleme tekniklerinin olumlu yönlerini alıp yanlış değerleri telafi ederek takip esnasında meydana gelebilecek hataları minimum seviyeye indirmeyi amaçlar (Schwald ve Seibert, 2004).

İşaretçi, gerçek dünyanın 3B olarak haritalanmasını sağlamak için kullanılan unsurlardan birisidir. Uygulamaların tanımlayabildiği görüntüler olarak da ifade edilir. Uygulama, işaretçiden kameraya kadar olan mesafeyi hesaplar ve sonrasında işaretleyiciye uygun olarak gerçek ortamın 3B haritasının oluşturulmasını mümkün kılar (Aslan, 2015). İşaretçi sistemlerinin iyi bir şekilde tasarlanması, takip başarısı üzerinde kritik öneme sahiptir. Şekil, boyut, renk, iç görüntü tasarımı, dikkatli bir şekilde uygulanan bir işaretçi sistemin temel özellikleridir. Mevcut işaretçi sistemleri şekillerine göre sınıflandırıldığında en bilinen ve kullanılan sistemlerin dairesel ve kare işaretçiler olduğu söylenebilir (Ercan, 2010).



**Şekil 1.12.** a) Çok Halkalı Dairesel İşaretçi b) Barkodlu Dairesel İşaretçi c) Dairesel İşaretçi  
d) ARToolKit İşaretçi e) CyberCode İşaretçi f) ARTag İşaretçi g) İki Katmanlı İşaretçi  
h) QRCode İşaretçi (Akbaş, 2011).

### **1.3.5. Artırılmış Gerçekliğin Çeşitleri**

AG, geliştirilirken güdülen amaçlara göre çeşitlilik göstermektedir. AG teknolojisinin kullanıldığı platform ve alanlara göre çeşitleri bulunmaktadır. Bunlar yansıtma tabanlı AG, tanılama tabanlı AG, konum tabanlı AG, anahat tabanlı AG ve çoklu ortam tabanlı tam konumlandırılmış AG olmak üzere beşe ayrılır.

#### **1.3.5.1. Yansıtma Tabanlı AG**

Yansıtma tabanlı AG uygulaması aracılığıyla akıllı telefonlar geliştirilmiş olup temel olarak içerdiği AG fonksiyonlarını nesnelere üzerine yansıtma prensibi ile çalışmaktadır. Yansıtma tabanlı AG, belirli bir nesne üzerine bir etkileşimli klavye, bir telefon numara çevirici veya farklı bir arayüzü parmaklarımızla kullanabileceğiniz seviyeye getirmektedir. Bu teknoloji interaktif kullanımlardan daha çok genel olarak nesnelere derinlik ve uzaklık ölçme işlemlerinde kullanılmaktadır (Kaleci ve ark., 2016).

#### **1.3.5.2. Tanılama Tabanlı AG**

Tanılama tabanlı AG çeşidi ise nesnelere odaklanıp nesnelere hakkında bilgilerin sunulmasını sağlamaktadır. Temel çalışma prensibi program içinde tanımlanan işaretleyici (QR kod, resim vb.) kameraya gösterildiğinde aradaki mesafe tanımlanır ve netleşme yapılır. Daha sonra işaretleyici tanımlanır ve ortaya 2B veya 3B nesne çıkarılır. Bu sırada işaretleyicinin döndürülmesi ile eş zamanlı 3B nesne de dönmektedir. Bunun yanında tanılama tabanlı AG uygulamalarına, kamera açısına göre havada yabancı kelime veya cümleleri çevirici, eğitsel bazı güçlkle anlaşılabilir objelerin tanımlanarak 3B animasyonlarla anlatılması, farklı programlarda çizilen mimari projelerin 3B olarak gösterilmesi örnek olarak verilebilir (Kaleci ve ark., 2016).

#### **1.3.5.3. Konum Tabanlı AG**

AG alanında en çok kullanılan uygulama çeşitlerinden birisi olan konum tabanlı AG, akıllı telefonlar ve tabletlerle olan kolay uyumu ve özellikleri sayesinde konum belirlenebilmektedir. Genellikle turistlerin ilgisini çeken bir uygulama türüdür. Bu

sistem akıllı telefonun GPS, pusula ve hız ölçüm modüllerini kullanarak konum belirlemede, daha sonra konumu belirlenen nesne üzerinde kamera aracılığıyla konum tarayıcılarına aktarmaktadır. En çok kullanılan konum tarayıcısı WIKITUDE AR uygulamasıdır (Kaleci ve ark., 2016).

#### **1.3.5.4. Anahat Tabanlı AG**

Bazı durumlarda insan gözünün bile algılayamayacağı durumlar olabilmektedir. Anahat AG uygulamaları kamerayı farklı açılardan kullanarak bazı anahatlar çizerek kullanıcıya bilgi sağlayabilmek için kullanılır. Örneğin sisli bir havada otomobil sürerken yol işaretlerini algılamak oldukça zordur. Fakat gelişmiş kameralar böyle ortamlarda bile AG uygulamaları yardımı ile bu işaretlerin anahat çerçevesini tanımlayabilir ve bu anahatların sürücü tarafından görünmesini sağlayabilir. Bu tür uygulamalar için en iyi örneklerden birisi otomobillerde kullanılan HUD sistemleri verilebilir. Bu uygulama yol bilgilerini, araç hızını ve alınan yola ait bilgileri ön camdan gösterilmesini sağlamaktadır (Kaleci ve ark., 2016).

#### **1.3.5.5. Çoklu Ortam Tabanlı Tam Konumlandırılmış AG**

Bu AG uygulamasının çalışma prensibi, işaretleyici olarak gösterilen nesnenin üzerine, 3B olarak gösterilecek objenin işaretleyicinin üzerine tam konumlandırılmış şekilde gösterilmesi ve çoklu ortam nesnelere ile desteklenmesidir. Kullanım alanları tıpta doktorların bazı alanların gösterilmesini sağlaması, askeri alanlarda nesnelere görünürlüğünün artırılması ve bilgi vermesi veya müze gibi ortamlarda bazı eski antika resim ve heykellerin daha canlı şekillerle canlandırılarak betimlenmesi örnek olarak verilebilir (Kaleci ve ark., 2016).

#### **1.3.6. Artırılmış Gerçekliğin Uygulama Alanları**

İlk AG sistemleri daha çok askeri, endüstriyel ve tıbbi alanlarda uygulanırken, daha sonrasında ticari alanlarda ve eğlence sektörlerinde de bu teknoloji kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde birçok alanda AG teknolojilerinden faydalanılmaktadır. Bunlara günlük hayatımızda da rastlamak mümkündür (Doğan, 2013).

### 1.3.6.1. Arkeoloji

AG teknolojisi arkeolojik çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Arkeolojik kazı çalışmalarında toprak altındaki kültür varlıklarının tespitinde ve kazısı yapılmış alanlardaki restorasyon ve renovasyon uygulamalarında bu teknolojiyen faydalanılmaktadır (Barcelo ve ark., 2000; Greene, 2006; Reilly, 1990; Roosevelt ve ark., 2015). Aynı şekilde arkeoloji müzelerinde müze ziyaretçilerini eserler hakkında bilgilendirmek için artırılmış gerçeklik uygulamalarının kullanımı giderek artmaktadır (Leue ve ark., 2014; Özmen ve Balcısoy, 2006).

### 1.3.6.2. Askeri-Savunma Sanayi

Askeri-savunma sanayi alanında kullanılan AG sistemlerinden birisi de BARS'tır. Sistem giyilebilir bir bilgisayar, iletişim için bir kablosuz ağ sistemi ve izlenen bir HMD'den oluşur. Sistem, askeri kullanıcılara bilgi sağlamak için tüm önemli bilgileri içeren bir veritabanı sistemini bünyesinde bulundurur (Julier ve ark., 2000).

Askeri havacılıkta kullanılan AG sistemleri sayesinde pilotlar buldukları kokpitlerdeki ya da kasklarındaki vizörler aracılığıyla bilgi akışı elde edebilmektedir. Askeri personelin kaskları vizörlerle donatılarak, gerçekleştirilen tatbikatlara katılan diğer birimlerin faaliyetleri görüntülenebilir. AG teknolojisi kullanılarak gerçekleştirilen simülasyon sistemleri sayesinde pilot adayları uçuş pratiği yapabilmektedir. Türkiye'nin en büyük savunma sanayi şirketlerinden HAVELSAN da simülasyon alanında yeni nesil teknolojiler sunmaktadır.



Şekil 1.13. AG Destekli bir uçuş simülör örneği (VRFocus, 2020).

### 1.3.6.3. Çeviri

Google'ın 100'den fazla dil için çeviri desteği bulunan ücretsiz çeviri motoru Google Translate, AG teknolojisiyle birlikte tabela, levha, işaret ve menülerin gerçek zamanlı olarak çevrilmesini sağlamaktadır (Turovsky, 2016).



Şekil 1.14. Google Translate'te kullanılan AG uygulaması (Popular Science, 2015).

### 1.3.6.4. Eğitim

AG, zengin ve özelleştirilmiş bir öğrenme ortamı ve içeriği sağlayabilir. Hızla gelişen teknolojik donanımlarla eğitim sistemi de bu yönde bir gelişim kaydetmiştir. Son yarım yüzyılda, dijital medya eğitim ortamlarında daha çok yer etmeye başlamıştır. Dijital öğrenme deneyimleri genellikle masaüstü bilgisayarlar ve interaktif yazı tahtaları ile donatılmış sınıflarda, ayrıca akıllı telefonlar ve tabletler gibi öğrencilerin taşınabilir cihazları üzerinden giderek erişilebilir hale gelmiştir (Radu, 2012). Eğitimi desteklemeye ve zenginleştirmeye yönelik etkili yöntem ve ortam arayışına cevap vermesi açısından eğitimde AG kavramı ön plana çıkmaktadır (Tülü ve Yılmaz, 2013). Caudell'in 1992 yılında Boeing firmasında işçilerin eğitimine yardımcı olması amacıyla geliştirdiği uygulama, AG'nin eğitim alanına yönelik olarak kullanıldığı ilk uygulamadır (Caudell ve Mizell, 1992). Eğitim alanındaki ilk AG uygulamalarından bir diğeri de ARToolKit kütüphanesi kullanılarak geliştirilen The Magic Book'tur. Bu



uygulama, sanal nesnelerin artırılmış gerçeklik kullanılarak gerçek kitap sayfalarının üzerine yerleştirilmesiyle oluşturulmuştur (Bilinghurst ve ark., 2001). Son zamanlarda dünya çapında bir pandemi olarak tanımlanan Koronavirüs hastalığı nedeniyle uzaktan eğitimin zorunlu bir hale geldiği durumlarda, AG uygulamaları ders içeriklerinde oldukça kullanışlı olacaktır.

### 1.3.6.5. Eğlence

AG teknolojisi eğlence ve haber sektöründe uzun bir süredir kullanılmaktadır. Televizyonlardaki hava durumu raporlarına dikkat edildiğinde sunucuların değişen hava haritalarının önünde durduğu gözlemlenebilir. Stüdyoda sunucu aslında mavi bir ekranın önünde durur. Bu gerçek görüntü, renk anahtarlama adı verilen bir teknik kullanılarak bilgisayar tarafından oluşturulan haritalarla zenginleştirilir (Azuma, 1997). AG'nin uygulandığı bir diğer eğlence alanı oyun geliştirmedir (Szalavri ve ark., 1998). AG, oyunculara animasyonlar ve diğer multimedya sunumlarıyla gerçek dünya ortamında dijital oyun oynama deneyimini sağlar. Masa oyunları, stratejik oyunlar, bulmaca oyunları ve hatta açık havada oynanan oyunları AG'ye uyarlamak mümkündür. Şu anda hem mobil cihazlar hem de masaüstü bilgisayarlar için AG özellikli birçok oyun mevcuttur (Doğan, 2013). Son yıllarda büyük bir etki yaratmış ve piyasaya sürüldükten sonra rekor sayıda kullanıcının indirdiği Pokemon GO oyunu da bir AG ürünüdür.

Günümüzde spor müsabakalarına bakıldığında AG teknolojisinin kullanıldığını görmek pekâlâ mümkündür. Futbol maçlarında yayıncı kuruluş yeşil saha üzerine skorbord yansıtılabilmektedir. Aynı şekilde, yüzme yarışlarında ve atletizm parkurlarında müsabaka sonundaki sıralamalar AG teknolojisinden faydalanılarak ekrana yansıtılır.



Şekil 1.15. Spor müsabakalarında AG teknolojisi (wTVision, 2020).



### **1.3.6.6. İmalat ve Tamirat**

AG teknolojisinin uygulandığı bir başka alan da karmaşık makinelerin montajı, bakımı ve onarımıdır. Metin ve resimlerin olduğu kılavuzlara ek olarak gerçek ekipmanın üzerine yerleştirilen 3B çizimler, yapılması gerekenleri adım adım ve daha kolay bir şekilde gösterebilir. Bu alanda Feiner ve arkadaşları bir lazer yazıcı bakım uygulaması geliştirmiştir (Feiner ve ark., 1993). Bu alandaki bir başka uygulama da Boeing'te bir teknisyene kılavuzluk yapması amacıyla bir uçağın elektrik sisteminin bir parçasını teşkil eden kablo demetinin oluşturulmasıyla ilgili bir AR teknolojisi geliştirilmesidir (Azuma, 1997).

### **1.3.6.7. Kolaboratif AG**

Kolaboratif yani işbirliğinin olduğu AG sistemleri, projektörler, elde taşınan ve başa takılan ekranlar kullanılarak oluşturulmuştur. İşbirliğinin olduğu bir ortamda yüzeylerde artırılmış gerçeklik sağlamak için projektörler kullanılarak, kullanıcılar serbest bırakılır, birbirlerinin gözlerini ve aynı artırılmış gerçekliği görebilir (Billinghurst ve Kato, 1999).

### **1.3.6.8. Kozmetik**

Bazı AG uygulamaları kullandığı filtrelerle kullanıcının seçtiği makyaj malzemesine göre nasıl göründüğünü gösterebilmektedir. Böylece herhangi bir somut makyaj uygulaması olmaksızın kullanıcı kararını kolaylıkla verebilmektedir.

### **1.3.6.9. Mimarlık, İnşaat ve Endüstriyel Tasarım**

Bazı mimarlık ve inşaat şirketleri geliştirdikleri projeleri müşterilerine daha somut bir şekilde göstermek için AG teknolojisinden faydalanmaktadır. İnşaat ya da mimari süreç başlamadan önce ya da tasarım süreci sırasında projenin 3B modelleri AG teknolojisi vasıtasıyla oluşturulabilmektedir. Aynı şekilde mühendislik ve endüstriyel tasarım amacıyla da AG teknolojisi kullanılmaktadır.

### 1.3.6.10. Navigasyon

Navigasyona yönelik geliştirilen şehir rehberleri, kullanıcıların aradıkları yerlere giden yolları gerçek zamanlı ve görsel bir şekilde görüntüleyebilmektedir. Bu uygulamalar cihazın üzerinde bulunan bir kameradan görüntü sunar ve bu görüntü üzerinden istikameti gösterir. GPS'den farklı olarak kullanıcılar, nereye gideceklerini gösteren yer paylaşımı ile yolun kendisini görebilirler. Günümüzde yaygın bir şekilde kullanılan navigasyon amaçlı AG uygulamalarından birisi de Wikitude Navigasyon'dur (Doğan, 2013).



Şekil 1.16. Wikitude Navigasyon uygulaması (Wikitude, 2020).

### 1.3.6.11. Tıp

Doktorlar AG teknolojisini ameliyat için görselleştirme ve eğitim amacıyla kullanabilmektedir. Bu teknoloji sayesinde MRI, CT veya ultrasonik görüntüleme gibi invazif olmayan sensörler kullanılarak bir hastanın 3 boyutlu veri setlerini gerçek zamanlı olarak toplamak mümkün olabilmektedir. AG ayrıca ameliyathanedeki genel tıbbi görüntüleme görevleri için de yararlı olabilir. Cerrahlar MRI veya CT taramalarında göremedikleri şeyleri bu teknoloji sayesinde saptayabilir. AG teknolojisinden faydalanan tıp alanındaki eğitimlerde de AG vasıtasıyla verilen sanal talimatlar görevine yeni başlayan bir cerraha atması gereken adımları hatırlatabilir (Azuma, 1997). Ayrıca bu teknolojinin kullanıldığı simülasyonlar de cerrahların gerçek

hastalar üzerinde herhangi bir risk almaksızın gerçekçi bir AG ameliyat odasında deneyim kazanmalarını sağlamaktadır.

Fobilerin (klostrofobi, akrofobi, agorafobi vb.) tedavisi için AG, SG'den daha çok kullanılır. Çünkü AG, SG'den daha büyük bir varlık hissi verir. Hasta uygulama ile etkileşim kurmak için gerçek ortamı ve unsurları kullanır, oysa SG bu deneyimi sadece simüle eder (Juan ve ark., 2005).



Şekil 1.17. Tıpta AG uygulaması (Medium, 2020).

### 1.3.6.12. Ticaret

AG uygulamaları, şirketlerin tüketicilerle etkileşime girebilmesi için yeni fırsatlar vaat etmektedir. Birçok şirket, reklamını yaptığı ürünün 3B görünümünü sunmak için AG teknolojisini kullanmaktadır. 2008 yılında ünlü otomobil şirketi MINI otomobil dergileri üzerinden AG vasıtasıyla reklamını yaptı (Doğan, 2013). Ünlü başka bir otomobil şirketi Volkswagen, Beetle model arabalarının reklamını billboard üzerinden AG uygulaması vasıtasıyla yaptı (Aslan, 2015).

### 1.3.6.13. Turizm

Turistlerin seyahat deneyimlerini zenginleştirmek, seyahatlerini kolaylaştırmak, karar verme süreçlerini hızlandırmak ve memnuniyetlerini artırmak amacıyla turizm sektöründe de AG uygulamalarının kullanımı yaygınlaşmaktadır. Bu uygulamalar

müzelerde de tarihi eserlerin daha yakından incelenmesine, holografik rehberlerin kullanılmasına ve sanal turlara katılmaya olanak sağlamaktadır. Türkiye’de turizm ve müzecilik alanında yapılan bir AG uygulamasına ev sahipliği yapan Sakıp Sabancı Müzesi’nde bulunan eserler bu teknolojinin yardımıyla animasyonlarla zenginleştirilmiştir.



Şekil 1.18. Sakıp Sabancı Müzesi’ndeki AG uygulaması (Arox Bilişim, 2020).

#### 1.4. Sanal Gerçeklik

Sanal gerçeklik, sözlük anlamına bakıldığında bir kişinin yapay 3B görsel veya diğer duyuşsal ortamlarla etkileşime girmesini sağlayan bilgisayar modelleme ve simülasyon kullanımının olduğu bir gerçekliktir. Bu gerçeklik, bilgi alışverişi yapan ve gözlük, kulaklık, eldiven veya kıyafet olarak giyilen etkileşimli cihazların kullanımıyla gerçekliği simüle eder ve kullanıcıyı bilgisayar tarafından oluşturulan bir ortama sokar (Lowood, 2020).

Morton Heilig’in 1962 yılında patentini aldığı Sensorama adlı makine ve yine Ivan Sutherland ve Bob Sproull tarafından 1966 yılında geliştirilen “The Sword of Damocles” (Demokles’in Kılıcı) adındaki ilk HMD uygulaması sanal gerçeklik tarihinde önemli kilometre taşlarıdır. 1970’ler ve 1980’lerde kaydedilen optik gelişmeler, dokunmatik ve sanal alanda hareket etmeyi sağlayacak cihazlar üzerine yürütülen projelerle paralel olarak ilerledi. 1980’li yılların ortalarında NASA Ames

Araştırma Merkezi'nde geliştirilen VIEW sistemi, dokunsal bir etkileşim sağlamak için bir HMD ile eldivenleri birbirine entegre etti. Sanal gerçeklik, bilimsel ve teknolojik alandaki gelişmelerin yanı sıra oyun ve eğlence sektöründe de kullanılmaya başlandı. 1991 yılında tanınmış oyun şirketlerinden Sega, geliştirdiği ve LCD ekran, stereo hoparlör ve baş hareketlerini algılayabilen sensörleri bünyesinde toplayan Sega VR başlığını tanıttı. 1995 yılında, Nintendo Virtual Boy adındaki konsolunu piyasaya sundu. 1999 yılında, bir girişimci olan Philip Rosedale, SG donanımının gelişimine odaklanarak Linden Lab adında bir laboratuvar kurdu ve 360 derece görüntü çalışmaları ile bahsi geçen teknolojiye ivme kazandırdı.

21. yüzyıla girildiğinde, SG teknolojisi için yeni bir sayfa açılmıştı. 2001 yılında, Z-A Production isimli şirket ilk bilgisayar tabanlı üç boyutlu küp odayı geliştirdi. 2007 yılında, Sergey Brin ve Larry Page'in kurucusu olduğu Google, dünyanın en çok kullanılan arama motoru olmasının yanı sıra teknoloji ve AR-GE çalışmalarına da büyük bir hız vermişti. Geliştirdikleri StreetView uygulamasıyla bir ortamın 360 derece gerçek görüntüleriyle algılanmasını sağladılar. 2014 yılında Mark Zuckerberg'in kurucusu olduğu en büyük sosyal medya ağı olan Facebook, SG için donanım ve yazılım üretimi yapan Oculus VR firmasını satın aldı ve böylece sanal gerçeklik teknolojisinde önemli bir söz sahibi oldu. 2016 yılında geliştirmiş oldukları SG başlığı Oculus Rift'i satışa sundular (Sidiq ve ark., 2017).



Şekil 1.19. Oculus Rift (Oculus, 2020)

Aynı yıl içerisinde Sony, PlayStation 4 video oyun konsolu için geliştirdiği bir sanal gerçeklik başlığı olan Project Morpheus'u (PlayStationVR) duyurdu. 2015 yılında

Google kendin yap konseptindeki stereoskopik görüntüleyici Cardboard' u duyurdu. Bu sistemle kullanıcı telefonunda Cardboard ile uyumlu uygulamaları çalıştırabiliyor, telefonu izleyicinin arkasına yerleştiriyor ve içeriği merceklerle görüntüleyebiliyordu. Telefon ve tablet üreticisi HTC ile oyun geliştiricisi Vive güçlerini birleştirerek geliştirdikleri sanal gerçeklik başlığı HTC Vive' i 2015 yılında tanıttı ve 2016 yılında piyasaya sundu.



Şekil 1.20. Google Cardboard (Wikipedia, 2015)



Şekil 1.21. HTC Vive (Wikipedia, 2016)



Günümüze gelindiğinde, Amazon, Facebook, Google, Microsoft, Apple, Samsung ve Sony gibi birçok büyük şirket SG alanındaki AR-GE çalışmalarına ve üretimlerine tüm hızlarıyla devam etmektedir.

### 1.5. Artırılmış Gerçeklik ile Sanal Gerçekliğin Karşılaştırılması

Artırılmış Gerçeklik ve Sanal Gerçekliğin her ikisi de kullanıcıyı sanal bir dünyanın içine sokma amacına sahiptir. Bu iki teknoloji bir madalyonun iki yüzü olarak tanımlanabilir. AG ile kullanıcılar, etraflarındaki sanal nesnelere etkileşime girerken gerçek dünyayla temas halinde olmaya devam eder. Bunun aksine, SG ile kullanıcılar sanal dünyaya bütünüyle girdiğinde gerçek dünyadan uzaklaşır (Sidiq ve ark., 2017). Çizelge 1.1’de temel özellikler bakımından bir artırılmış gerçeklik-sanal gerçeklik karşılaştırması görülebilir.

**Çizelge 1.3.** Artırılmış Gerçeklik ve Sanal Gerçeklik Karşılaştırması (Sidiq ve ark., 2017)

	<b>Artırılmış Gerçeklik</b>	<b>Sanal Gerçeklik</b>
<b>İşlev</b>	AG, gerçek dünyanın ve sanal dünyanın birleşimidir. Dijital içerik gerçek dünyada simüle edilir.	SG, kullanıcıyı tamamen hayali bir dünyaya sokarak gerçekliği değiştirir.
<b>Cihazlar</b>	Google Glass’ta sunuldu. HoloLens, en ünlü AG cihazıdır.	SG, uzun zamandır varlığını sürdürmektedir. Oculus Rift en ünlü SG cihazıdır.
<b>Uygulamalar</b>	Video oyunları, tema parkları, simülasyon uygulamaları, işçi eğitimi, ticaret	Video oyunları, tema parkları, eğlence uygulamaları, video, işbirliği, işçi eğitimi, simülasyon uygulamaları
<b>Aktörler</b>	Microsoft, Vuzix, Skully, Epson	Oculus VR, Samsung Gear VR, Sony, HTC

AG ile SG benzerlikleri açısından ele alındığında, her iki teknolojinin de kullanıcıya gelişmiş veya zenginleştirilmiş bir deneyim sunduğu söylenebilir. AG, CG materyallerini sanal nesnelere oluşturmak için içerik olarak kullanma biçimi bakımından SG’ye benzemektedir (Kuru, 2009). Yine her iki teknoloji de eğlence, iş ve eğitim amaçlı olarak daha çok beklenen ve aranan deneyimleri mümkün kılmaktadır. Önde gelen teknoloji şirketleri yeni iyileştirmeler yapmakta ve bu teknolojileri destekleyen daha fazla ürünü piyasaya sürmektedir.

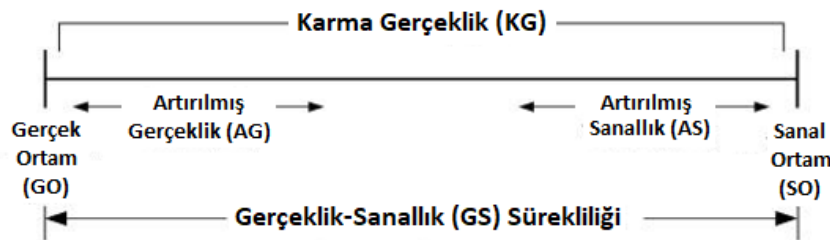
AG ile SG farklılıkları açısından ele alındığında, AG’nin tüm ortamı yapay olarak üretmesi gerekmediği söylenebilir. AG, gerçek görselleri arka plan ortamı olarak

kullanmak için kullanıcının çevresindeki görsel verileri yakalama cihazlarından ve video akışlarından alır. Daha sonra, sanal nesnelere video çerçeve dizisi üzerine bindirilir. Artırılmış bir görsel oluşturmak için gerçek ortamdan bir görsel ve sentetik yapay sanal ortam bir araya getirilir. AG'nin aksine SG'de kullanıcının sahnesi tamamen bilgisayar tarafından üretilir ve SG kullanıcıların sanal ortamı gerçekmiş gibi algılamasını sağlamaya çalışır. SG, ortamı oluşturmak için yüksek kaliteli modelleri ve gerçek zamanlı olarak sorunsuz işleme performansı elde etmek için güçlü donanım kullanımını gerekli kılar. SG ile karşılaştırıldığında AG'de oluşturulan sahne içeriği minimum seviyeye indirilir ve bu işleme için yüksek bilgi işlem gücüne olan gereksinimi azaltır. AG ve SG arasındaki diğer bir karşıtlık, AG'nin sanal nesnelere tam olarak gerçek nesnelere kaydetmesi gerekliliğidir, oysa her nesnenin konumu ve yönü tanımlandığı ve buna göre işleme yapıldığı için SG'de kayıtla ilgili herhangi bir sorun olmaz. Buradaki kayıt ibaresi, sanal ve gerçek nesnelere doğru bir şekilde hizalanması ve üst üste binmesi anlamına gelmektedir (Kuru, 2009).

### 1.6. Karma Gerçeklik

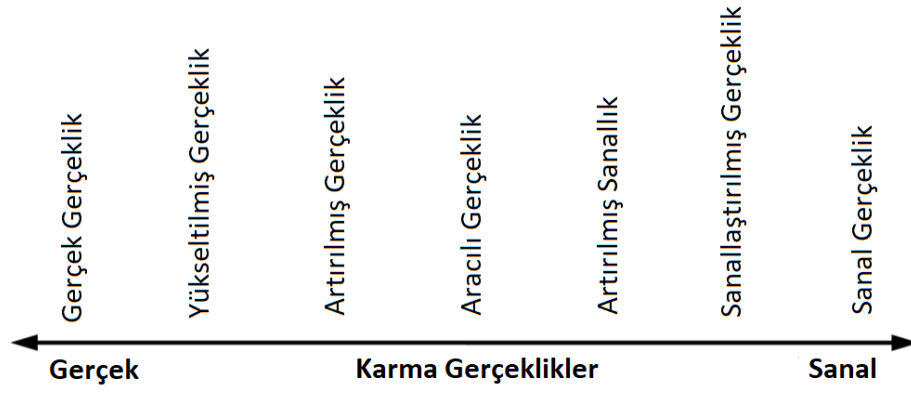
AG ve SG'nin bir araya gelmesiyle "karma gerçeklik" gibi bir kavram ortaya çıkmıştır (Bower ve ark., 2016).

Milgram ve Kishino, 1994 yılında ortaya koydukları gerçeklik-sanallik sürekliliği ilgili literatürde önemli bir yere sahiptir. Bu süreklilik içinde, artırılmış gerçekliği gerçeklik ve sanallık arasında konumlandırmış ve bu alanın karma gerçeklik alanı olarak adlandırıldığını belirtmişlerdir (Milgram ve Kishino, 1994). Şekil 1.1'de görülüşü üzere, karma gerçeklik alanında iki farklı ortam için bir birleşme noktası seçildiğinde, bu noktanın sanal ortama yakın olan kısmı artırılmış sanallık olarak isimlendirilirken, gerçek ortama yakın olan kısmı artırılmış gerçeklik olarak isimlendirilmektedir.



Şekil 1.22. Gerçeklik-Sanallık Sürekliliği (Milgram ve Kishino, 1994)





Şekil 1.23. Gerçeklikten sanallığa gerçeklik kavramları (Schnabel ve ark., 2007)



## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Jenkins ve arkadaşları, 2003 yılında yaptıkları çalışmada üç farklı oyun tabanlı eğitim materyali üretmiş ve öğrencilerle birlikte bunun denemesini yapmıştır. Uygulama bünyesindeki Ortam Dedektifi oyununda öğrencilerin istenilen yönleri takip etmeleri istenmiş ve öğrencilerin tamamının yollarını başarılı bir şekilde bulabildikleri saptanmıştır (Jenkins ve ark., 2003).

Erdoğan, 2010 yılında yazdığı yüksek lisans tezi kapsamında tıp ve mühendislik uygulamalarını amaçlayan üç boyutlu bir artırılmış gerçeklik sistemini tasarlamış ve geliştirmiştir. Bu sistem vasıtasıyla kullanıcının sanal ve üç boyutlu bir ortam içerisinde bulunması sağlanmış, istenen anatomik modelin üç boyutlu ortam içerisinde gerçek zamanlı olarak incelenmesine ve onunla etkileşim kurmasına izin verecek bir yazılım geliştirilmesi amaçlanmıştır (Erdoğan, 2010).

Lai ve Hsu, 2011 yılında yaptıkları çalışmada teknolojinin hızlı gelişimine bağlı bir şekilde klasik sınıflarda bile artık bilgisayar destekli öğretim ekipmanlarının sıklıkla kullanılmaya başlandığından bahsetmişlerdir. Buna ek olarak, AG teknolojisinin eğitim alanında kullanılmasının çok isabetli olacağına üzerinde durmuşlardır (Lai ve Hsu, 2011).

Chen ve arkadaşları, 2011 yılında yaptıkları çalışmada 2B görünümünden 3B görünümüne çıkarmak amacıyla bir AG uygulaması geliştirmişlerdir. Uygulama, karmaşık olan uzaysal modelleri görselleştirmiş ve daha anlaşılır kılmıştır. Uygulamaların cep telefonlarında da kullanılabilmesinin oldukça etkin bir öğrenme sağladığından ve herhangi bir ek maliyet gerektirmediğinden bahsedilmiştir (Chen ve ark., 2011).

Iordache ve arkadaşları, 2012 yılında yaptıkları çalışma kapsamında kimya dersinde atom konusunu içeren bir AG uygulaması geliştirmiş ve bu uygulamanın öğrenciler üzerindeki etkisini araştırmışlardır. 71 ortaöğretim öğrencisinin oluşturduğu çalışma grubundan gelen geri dönüşe göre AG teknolojileri ile öğrencilerin konuları daha kolay öğrendiklerini ve AG teknolojilerinin kavramsal anlamada olumlu etkilerinin olduğu sonucuna varmışlardır (Iordache ve ark., 2012).

Patirupanusara, 2012 yılında yaptığı çalışma kapsamında AG teknolojisi ile 3B canlı anatomi kitabı geliştirmiş, AG ile yapılan öğretim ile geleneksel öğretimi karşılaştırmış ve AG tabanlı öğretimin geleneksel öğretime kıyasla öğrenciler üzerinde daha fazla etkili olduğu sonucuna ulaşmıştır (Patirupanusara, 2012).

İbili ve Şahin, 2013 yılında yaptıkları çalışmada 6. sınıf matematik kitabının geometrik cisimler ünitesinde yer alan 3B çizimleri AG teknolojisi ile birlikte kullanarak 3B geometri kitap programı yapmışlardır (İbili ve Şahin, 2013).

Akay ve arkadaşları, 2013 yılında Leonardo Da Vinci Ortaklık Projesi kapsamında hibe edilen ve Türkiye, İtalya, Slovenya, İspanya, Yunanistan, Romanya ve Çek Cumhuriyeti'nden ortakların katıldığı proje bünyesinde Bilişim, Tekstil ve Elektronik alanlarında üç farklı AG uygulaması geliştirmişlerdir. Bu alanlarda geliştirilen üç ayrı AG uygulaması, Türkiye, Yunanistan, İtalya ve Romanya'daki meslek liselerinde öğrenci ve öğretmenler tarafından denenmiştir. Hem öğrencilerden hem de öğretmenler tarafından uygulamalara ilişkin çok olumlu geri dönüşler alınmıştır (Akay ve ark., 2013).

Yen ve arkadaşları, 2013 yılında yaptıkları çalışmada AG teknolojisinin öğrencilerin ufkunu açtığını ve daha fazla duyu organlarının kullanılmasını sağladığını ortaya koymuşlardır (Yen, Tsai ve Wu, 2013).

Özarlan, 2013 yılında yaptığı çalışma kapsamında öğrencilere AG ortamı sunmak için InsectARium ve OptikAR adındaki uygulamaları geliştirmiş ve AG teknolojisinin öğrencilerin başarısı ve memnuniyet düzeyi üzerindeki etkisini incelemiştir. AG uygulamalarının öğrencilerin başarılarını arttırdığını ve memnuniyet düzeylerini de olumlu yönde etkilediğini belirtmiştir (Özarlan, 2013).

Aman, 2014 yılında yazdığı yüksek lisans tezi kapsamında artırılmış gerçeklik için model tabanlı kamera takibi sistemi geliştirmiştir. Bu sistemde ön işleme aşamasında dünya koordinat düzleminde belirlenmiş kalıcı kontrol noktaları kullanılmış olup bu noktaların ekranda daha düzenli bir şekilde dağılmasını sağlayabilmek amacıyla daha isabetli olan uyarlanabilir bir izdüşüm yöntemi kullanılmıştır (Aman, 2014).

Ibáñez ve arkadaşları, 2014 yılında yaptıkları çalışmada AG öğrenme uygulamasının öğrencilerin düzeylerini ve öğrenme etkinliklerini ne derecede etkilediğini ele almışlardır (Ibáñez ve ark., 2014).

Çankaya, 2015 yılında yazdığı yüksek lisans tezi kapsamında kapalı alan navigasyon sistemleri için iOS tabanlı akıllı telefonlar kullanılarak, telefonlar üzerinde mevcut olan ivmeölçer, pusula, kamera gibi donanımlar ve AG teknolojisi yardımıyla konum belirleme ve yönlendirme işlemleri yapmıştır. AG sayesinde kullanıcının haritadan bağımsız olması sağlanmış olup yönlendirme işlemi kullanıcıya anlık konumunun doğrulanması için Beacon bluetooth cihazları kullanılmıştır (Çankaya, 2015).

Martín-Gutiérrez ve arkadaşları, 2015 yılında AG teknolojisini işbirlikçi öğrenme tekniğini temel alıp elektrik mühendisliği öğrencilerine yönelik elektrik makineleri dersindeki öğrenme süreçlerini birleştiren bir çalışma ortaya koymuşlardır (Martín-Gutiérrez ve ark., 2015).

Balcı, 2015 yılında yazdığı yüksek lisans tezi kapsamında hızlandırılmış çekim videolarda aydınlatma tahminini kolaylaştıran özgün bir yaklaşım önermiştir. Bu yaklaşım, AG teknolojisiyle hızlandırılmış çekim videoların görsel olarak uyumlu bir şekilde birleşmesine olanak sağlamıştır. Bu yaklaşımda, ilk olarak ortamın aralıklı ışınım haritasını çıkarmaya çalışan mevcut bir aydınlatma tahmin yöntemi kullanılarak güneşin ilk pozisyonu tahmin edilmiş, daha sonra hızlandırılmış çekim videodaki sert yer gölgeleri enerjiye dayalı piksel bazlı bir yöntem kullanılarak takip edilmiştir. Bu yöntem gölgeleri oluşturan piksellerin enerji değerlerini gölgeleri takip etmek için kullanmayı amaçlamış, iç ve dış ortamlarda çekilmiş çeşitli hızlandırılmış çekim videolarda denenmiş ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Balcı, 2015).

Demirer ve Erbaş, 2015 yılında yaptıkları çalışmada yedi AG uygulamasını incelemiş ve eğitim bakımından değerlendirmiştir. Mobil AG uygulamalarının matematik ve fen gibi alanlarda somutlaştırma amaçlı, sosyal bilgiler alanlarında ise konum tabanlı özellikler ile coğrafi ve tarihi alanların gezilmesi için kullanabileceğini öngörmüşlerdir (Demirer ve Erbaş, 2015).

Tunalı, 2015 yılında yazdığı yüksek lisans tezi kapsamında algoritmalar dersinin öğrenilmesinde yardımcı araç olarak kullanılacak AlgAR isimli bir artırılmış gerçeklik uygulaması geliştirmiştir. Uygulama, mobil cihaz kullanarak etkili öğrenme deneyimi sağlamaktadır ve konunun içeriği ile ilgili 3B animasyonlar sunabilmektedir (Tunalı, 2015).

Karaman, 2016 yılında yazdığı yüksek lisans tezi kapsamında Yapı Kredi Bankası ile işbirliği içinde bankaya ait üye işyerleri, şubeleri ve ilgili kampanyaları ekran üzerinde gösteren Android tabanlı bir artırılmış gerçeklik uygulaması tasarlamıştır. Geliştirilen bu uygulama üzerinde farklı GPS ve algılayıcı işleme yöntemleri ve ekrana yerleştirme algoritmaları uygulanarak bunların kaynak tüketimleri incelenmiştir. Buna ek olarak, diğer uygulamalar ve algoritmalar ile karşılaştırmalar yapılarak uygulama için iyileştirmeler yapılmıştır (Karaman, 2016).

Ullón ve arkadaşları, 2017 yılında yaptıkları çalışmada öğrencilerin sürtünme kuvveti ve yerçekimi arasındaki ilişkiyi tecrübe edebileceği bir AG uygulaması gerçekleştirmişlerdir. Uygulama bünyesinde bulunduğu yüzeyin yeryüzü ile yaptığı

açıyı saptayarak internet üzerinden mobil ağıta kablosuz olarak gönderebilen ve Akıllı Küp olarak adlandırdıkları bir donanımın yanı sıra cep telefonlarında çalışabilen bir AG yazılımını kullanmışlardır (Ullón ve ark., 2017).

Ağbulut, 2017 yılında yazdığı yüksek lisans tezi kapsamında artırılmış gerçeklik ve hareket yakalama teknolojilerini kullanarak kullanıcıların ev ortamında davul odaklı olmak üzere bir sanal enstrüman oluşturulmasına odaklanmış ve sanal bir enstrümanın çalınabilmesi için bir artırılmış gerçeklik uygulaması geliştirmiştir (Ağbulut, 2017).

Özüağ, 2018 yılındaki yüksek lisans tezi kapsamında çeşitli elektronik devrelerin benzetimini yapmak amacıyla AG uygulaması ARElectronicLab'ı geliştirmiştir. AG teknolojisi kullanılarak gerçek devre görüntüsü üzerine sanal bilgi ve animasyonlar eklenmiş, devre üzerindeki soyut kavramlar somutlaştırılmış ve osiloskop, sinyal üretici, potansiyometre gibi elemanların dokunmatik ekran üzerinden kontrolünün sağlanması sayesinde deneyimleme imkanı sunulmuştur (Özüağ, 2018).

Yüzüak, 2018 yılındaki yüksek lisans tezi kapsamında Elektrik-Elektronik Mühendisliği öğrencilerinin mantığını kavramak bakımından zorlandıkları MOSFET elemanının AG platformunda simülasyonunu gerçekleştirmiştir ve 3B animasyonlar aracılığıyla gözlemlenebilir hale getirmiştir (Yüzüak, 2018).

Ak, 2018 yılındaki yüksek lisans tezi kapsamında AG teknolojilerinin insan anatomisi eğitiminde nasıl kullanılabileceğini araştırmış, AG'nin çalışma şeklini ve bu teknolojinin arkasındaki matematiksel yöntemleri ortaya koymuştur. Unity ve Vuforia kullanılarak kullanıcıların 3B objeler ile etkileşime girebileceği bir prototip uygulama geliştirilmiş ve bu prototipte insan vücudunun bazı organları AG kullanılarak görselleştirilmiş ve mobil cihaz üzerinden öğrenenlerin kullanımına sunulmuştur (Ak, 2018).

Ekici, 2019 yılındaki yüksek lisans tezi kapsamında fizik ve kimya derslerinde kullanılmak üzere physAR ve ARchemist adında iki adet 3B mobil AG uygulamasını geliştirmiştir (Ekici, 2019).

Aydoğan, 2019 yılındaki yüksek lisans tezi kapsamında savunma sanayi uygulamalarına yönelik yeni bir yaklaşım olan çok katmanlı mimariye uygun görüntü üretici uygulaması tasarlamış ve geliştirmiştir (Aydoğan, 2019).

### **3. MATERYAL VE YÖNTEM**

Bu bölümde tez kapsamında gerçekleştirilen AG uygulaması için kullanılan materyal ve yöntemler aşağıdaki gibi sıralanmış ve detaylandırılmıştır. İlk kısımda uygulamanın geliştirilebilmesi için kullanılacak olan platformlar ve bunların kurulumu hakkında bilgi verilmiştir. İkinci kısımda ise geliştirilen AG uygulamasının bölümleri sırasıyla açıklanmıştır.

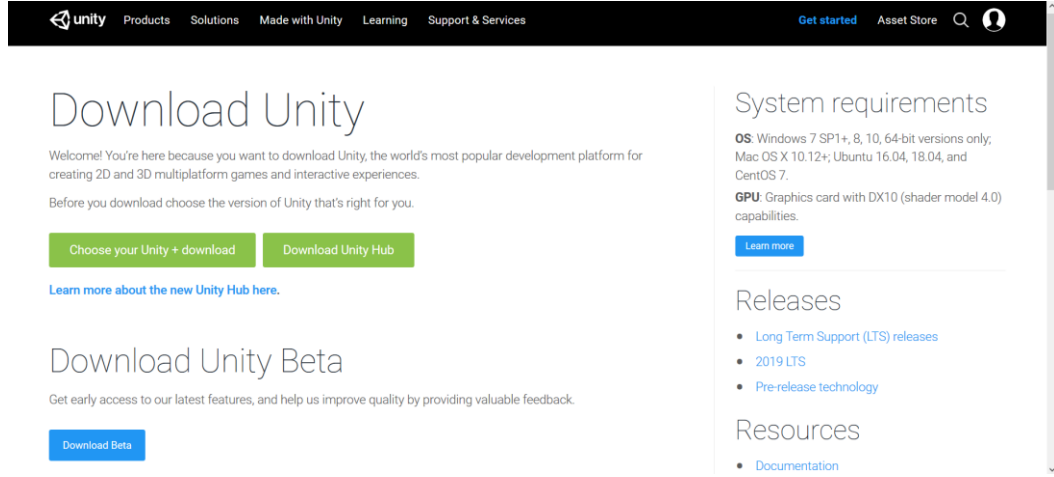
#### **3.1. Programların Kurulumu**

Tez kapsamında gerçekleştirilmiş olan AG uygulamasının geliştirilebilmesi için bazı programlar ve platformlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu uygulama için kullanılan Unity3D, Android SDK, Vuforia SDK ve 3DS Max platformları ve bunların kurulumu hakkında bilgiler aşağıdaki gibidir.

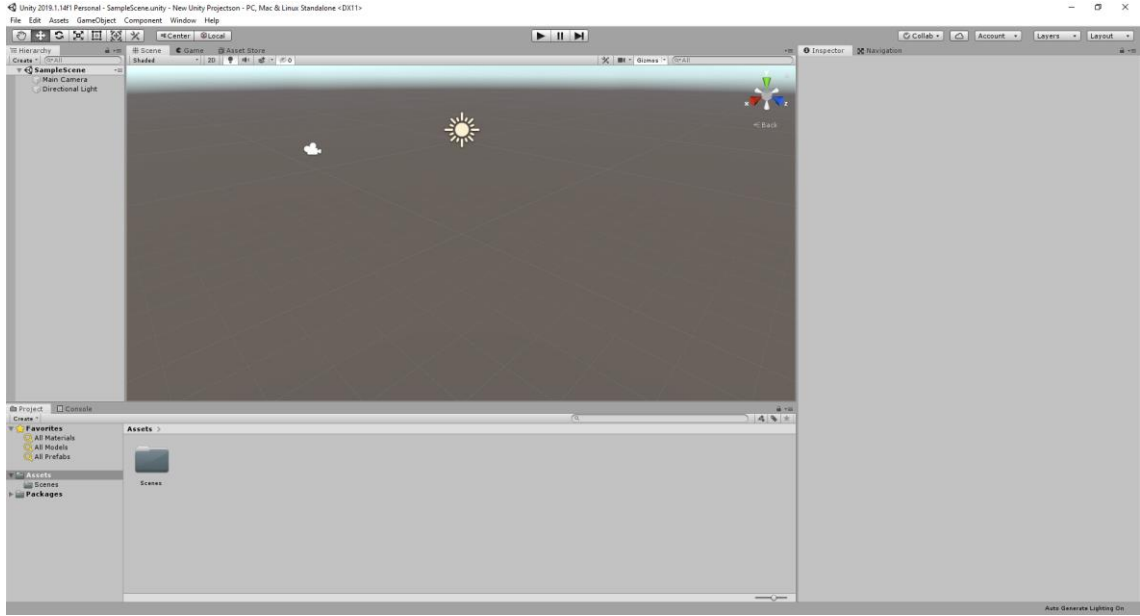
##### **3.1.1. Unity3D ve Kurulumu**

Unity3D, Unity Technologies firması tarafından geliştirilen bir platformlar arası oyun motorudur. Bu oyun motoru, kullanıcılarının 2B ya da 3B olarak oyun ve animasyon oluşturmaya imkân sağlar. Bünyesinde geliştirilmiş olan uygulamaların iOS, Android, Windows, MacOS ve benzeri işletim sistemlerinde çalışmasına olanak tanınması bu platformun büyük bir avantajıdır. C# ve JavaScript programlama dillerini desteklemektedir. Kullanıcıların mevcut sahneye nesne ekleyip çıkarabilmesine, kamera ve ışık konumlarını kontrol edebilmesine, döndürme, öteleme ve ölçekleme gibi işlemler yapabilmesine de imkân sağlamaktadır. Buna ek olarak, Blender, Maya ve 3DS Max gibi tasarım programlarının çıktılarını da desteklemektedir.

Unity3D'nin kurulumu için Unity'nin kendi sitesinden önce yükleme editörü indirilmiş olup editör üzerinden Unity3D 2019.1.14f1 (64-bit) sürümü indirilmiş ve yüklenmiştir.



Şekil 3.1. Unity'nin sitesinde bulunan Unity3D indirme sayfası (Unity, 2020).

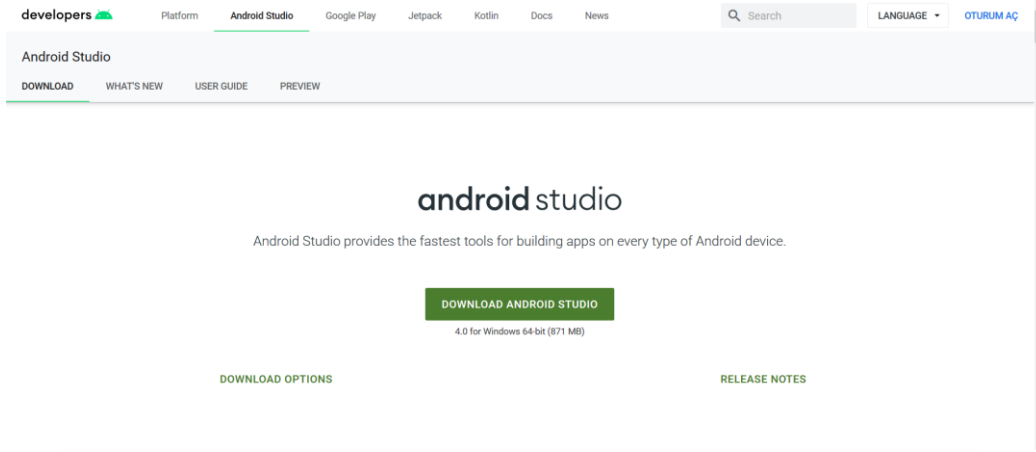


Şekil 3.2. Unity3D Editör'den bir görüntü.

### 3.1.2. Android SDK ve Kurulumu

Akıllı telefon ve tabletler için Apple işletim sistemi olarak iOS'u kullanırken, Google buna karşılık Android işletim sistemini geliştirmiştir. Bu iki işletim sistemi günümüzde akıllı cihazlarda en çok kullanılan işletim sistemleridir. Bu tez kapsamında gerçekleştirilen AG uygulaması Android işletim sistemine sahip cihazlar için geliştirildiğinden yazılım geliştirme kiti olarak Android SDK'ya ihtiyaç duyulmaktadır.

Android SDK Şekil 3.3'te görüldüğü üzere Android Studio'nun internet sayfasından indirilmiş ve yüklenmiştir.



**Şekil 3.3.** Android Studio'nun sitesinde bulunan Android SDK indirme sayfası (Android Studio, 2020).

### 3.1.3. Vuforia SDK ve Kurulumu

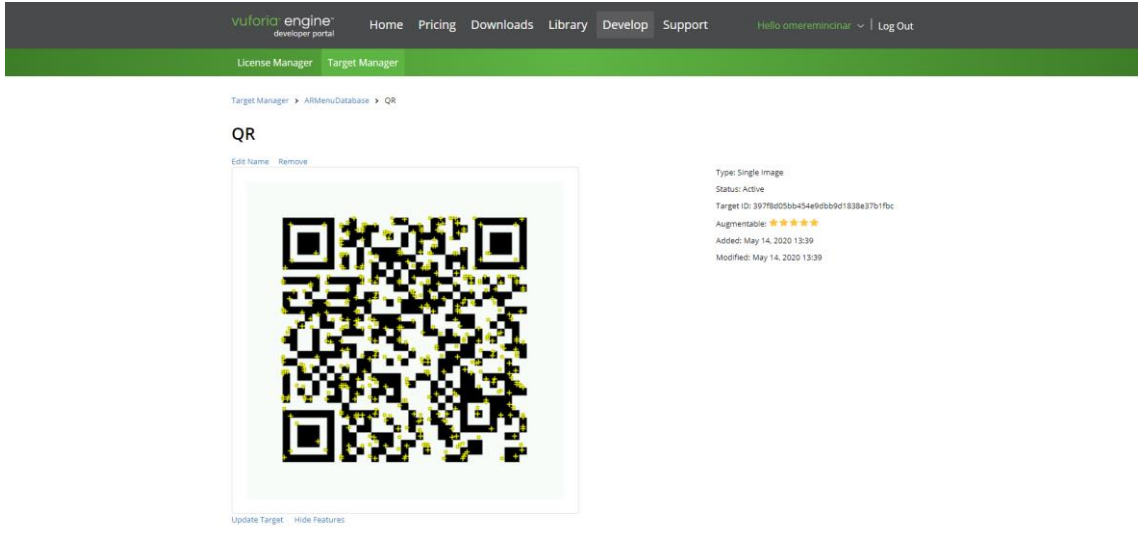
Vuforia, AG uygulamalarının geliştirilmesi için kullanılan en yaygın yazılım geliştirme kitlerinden biridir. Qualcomm firmasının 2010 yılında kütüphanesini geliştirmeye başlamış olduğu kit, 2015 yılında PTC firmasına devredilmiştir. iOS, Android ve Unity3D desteği ile birlikte Vuforia platformu, geniş bir yelpazede akıllı telefon ve tablet kullanıcılarının birçoğuna ulaşabilecek tek bir yerel uygulama oluşturmamıza imkân tanır (Xiao ve Zhang, 2014). Kullandığı bilgisayarlı görü teknolojisi vasıtasıyla 2B ve 3B modelleri saptamaya ve izlemeye olanak sağlar. Vuforia SDK hem işaretçili hem de işaretçisiz takibi hem de çok hedefli konfigürasyonları kullanabilmektedir (Ak, 2018).

Bu tez kapsamında gerçekleştirilen AG uygulaması indirildiği mobil cihazın kamerasını aktifleştirir ve kameranın görüş alanında daha önce uygulamaya tanıtılmış olan bir işaretçinin görüntülenmesi beklenir. Geliştirilmiş olan uygulama için bu mantıkla bir QR kod oluşturulmuş olup uygulamanın işaretçisi olarak Vuforia SDK'ya tanımlanmıştır.

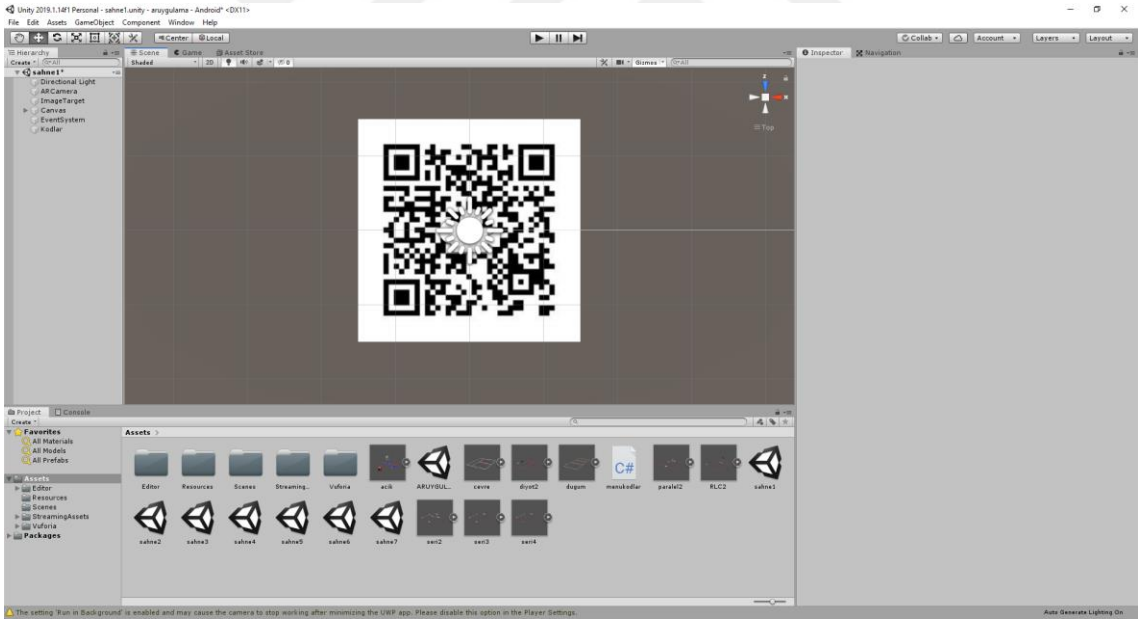
Uygulama için oluşturulan QR kodun işaretçi olarak Vuforia SDK'ya tanımlanması işlemi Şekil 3.4'te görüldüğü üzere gerçekleştirilmiştir. İşaretçinin akıllı cihaz tarafından tanımlanabilecek noktalarını sistem gösterir ve bu işaretçiye ilişkin bilgilerin yer aldığı bir kod üretilir. Üretilen bu kod Unity programındaki Vuforia eklentisine girilir ve Vuforia'nın sitesinden indirilmiş olan işaretçi dosyası da buraya



entegre edilir. Uygulama için tanımlanmış olan işaretçinin Unity'ye eklenmiş hali de Şekil 3.5'te görülmektedir.

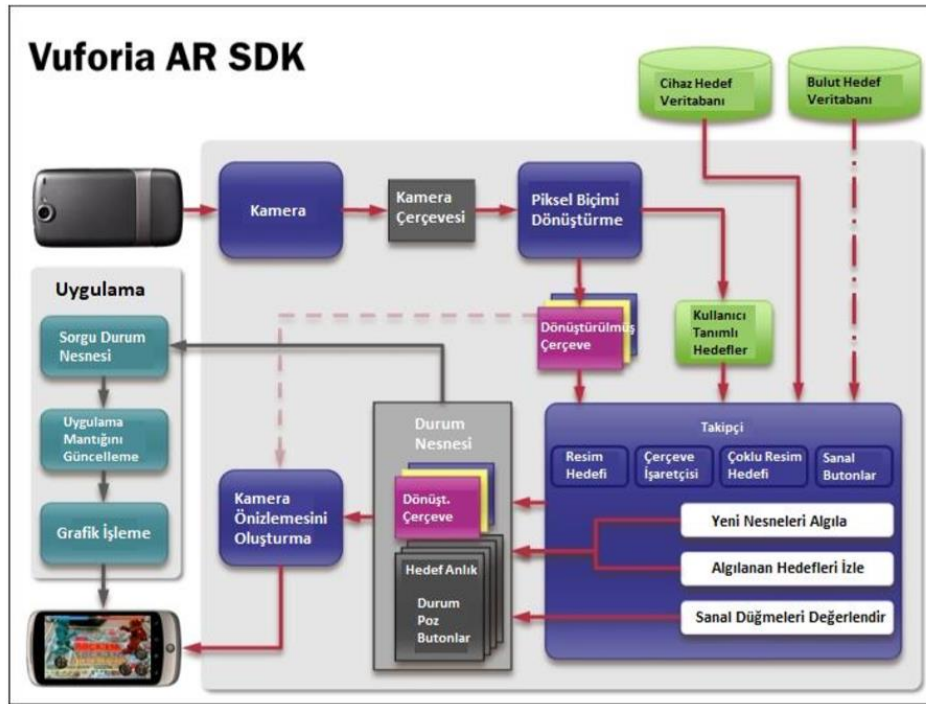


Şekil 3.4. QR kodun işaretçi olarak Vuforia SDK'ya tanımlanması.



Şekil 3.5. İşaretçinin Unity'ye eklenmesi.

Vuforia SDK'nın çalışma mimarisi Şekil 3.6'da görülmektedir.



Şekil 3.6. Vuforia SDK'nın çalışma mimarisi (Grubert ve Grasset, 2013).

### 3.1.4. 3DS Max ve Kurulumu

Tez kapsamında Unity3D platformunda gerçekleştirilen AG uygulamasındaki 3B modellerin oluşturulması için Autodesk firmasının geliştirmiş olduğu 3DS Max programının öğrenciler için ücretsiz olarak sunulan sürümü kullanılmıştır.

## 3.2. Artırılmış Gerçeklik Uygulamasının Bölümleri ve Gerçekleştirilmesi

Tez kapsamında gerçekleştirilmiş olan AG uygulamasının bölümleri ve gerçekleştirilmesi eğitim kitapçığının oluşturulması, devre elemanlarının tasarımı, devrelerin tasarımı, menü tasarımı ve uygulamanın çalıştırılması olarak beş bölümde incelenmiştir.

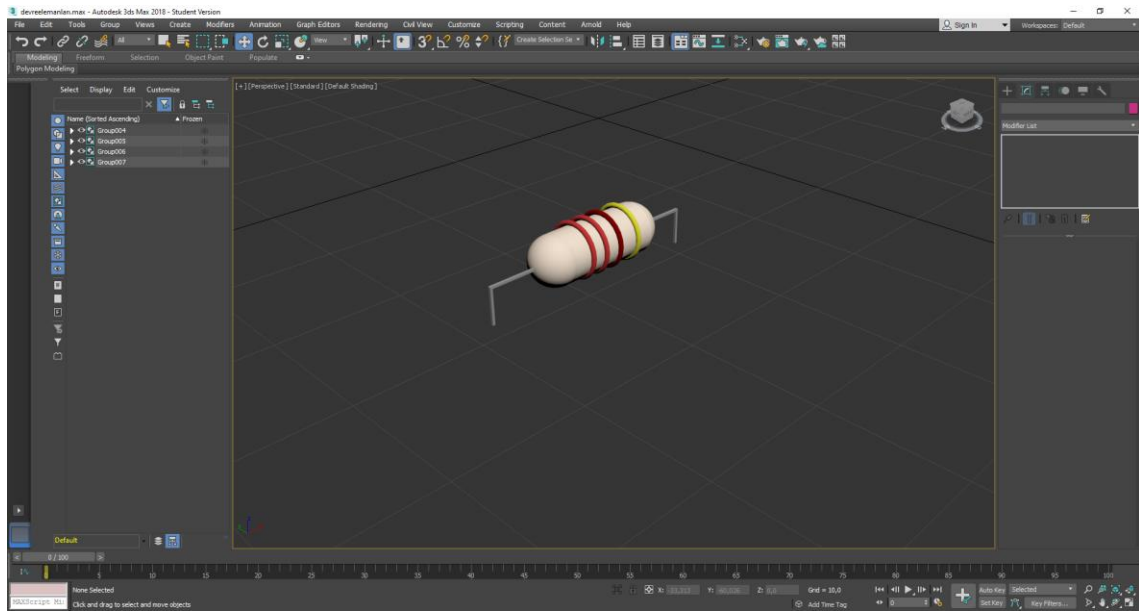
### 3.2.1. Eğitim Kitapçığının Oluşturulması

Tez kapsamında gerçekleştirilen artırılmış gerçeklik uygulamasının nüvesini oluşturacak bir eğitim kitapçığı oluşturulmuştur. Bu eğitim kitapçığı Konya Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği bölümü bünyesinde verilen Elektroteknik ve Devre Analizi derslerindeki temel devre elemanları ve elektrik devrelerinin AG

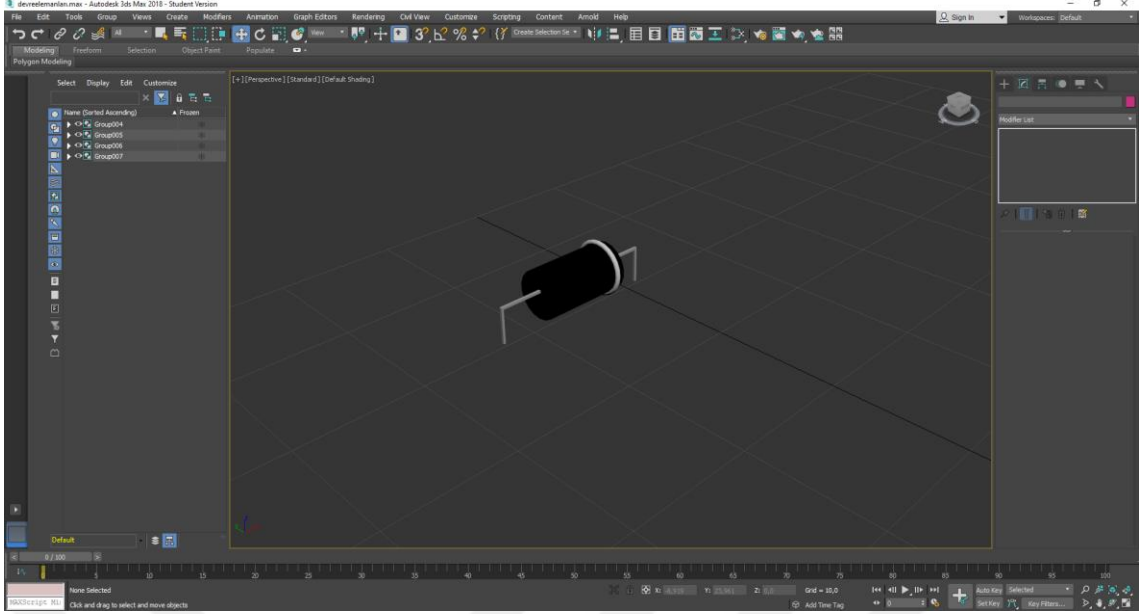
vasıtasıyla öğrenciler tarafından daha somut bir şekilde anlaşılması için hazırlanmıştır. Kitapçıkta açık/kısa devre, seri devre, paralel devre, RLC devresi, diyot devresi, çevre akımları metodu ve düğüm gerilimleri metodu olmak üzere yedi adet devre bulunmaktadır. Bu devrelerin her birine ilişkin genel tanımlar ve birer adet örnek verilmiştir. Kitapçığın ilk sayfasında bulunan uygulama bağlantısından geliştirilen AG uygulaması mobil cihaza indirilip yüklendikten sonra, bu örnek devrelerin yanında bulunan QR kod mobil cihazla okutulduğunda kitapçıkta bulunan devrelerin 3B modelleri ve animasyonları geliştirilen bir menü arayüzü aracılığıyla görüntülenebilecektir. Buna ek olarak, öğrencilerin bu bölüm derslerinde anlatılan temel konulardan birisi olan direnç renk kodlarını da pekiştirmesi amaçlanarak 3B modellemedeki dirençler de devrelerde yazan direnç değerlerine uygun olarak renklendirilmiştir. Kitapçıkta bulunan devreler, devrelerin tasarımı bölümünde detaylandırılmış ve eğitim kitapçığı Ekler’de verilmiştir.

### 3.2.2. Devre Elemanlarının Tasarımı

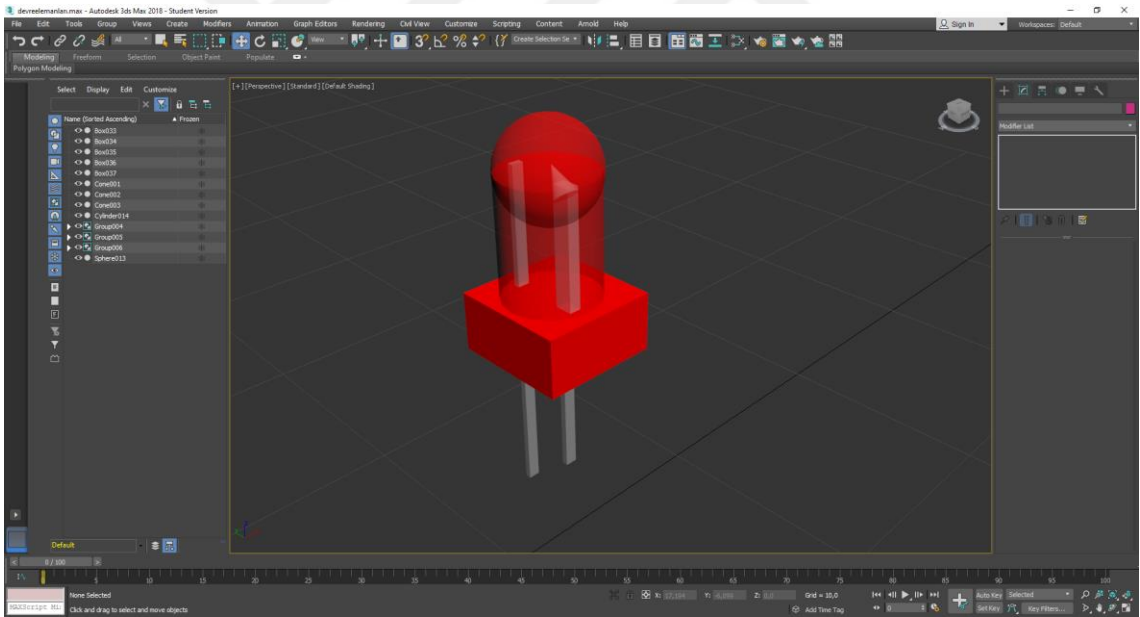
Oluşturulmuş olan eğitim kitapçığında bulunan devrelerin Autodesk 3DS Max programında 3B modellerin gerçekleştirilebilmesi için öncelikle devrelerde kullanılacak elemanların 3B modelleri oluşturulmuştur. Bu kapsamda kullanılan ve 3B modelleri tasarlanan elemanlar, akım kaynağı, gerilim kaynağı, pil, direnç, anahtar, bobin, diyot, LED, kondansatör ve lambadır.



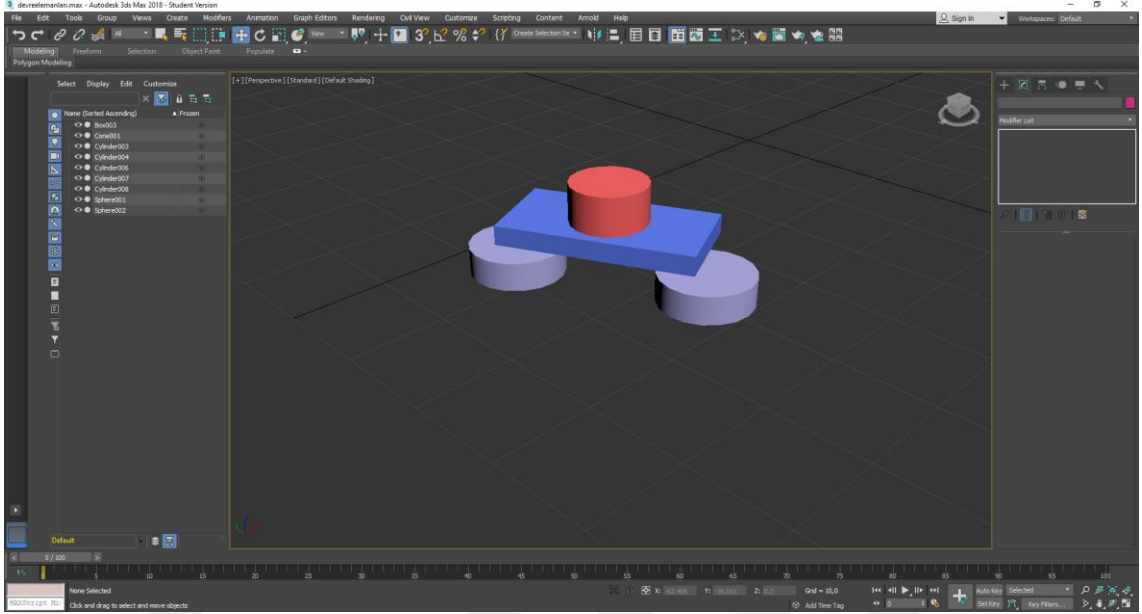
Şekil 3.7. Uygulama için direnç renk kodlarına uygun bir şekilde geliştirilen bir 3B direnç tasarımı.



**Şekil 3.8.** Uygulama için aslına uygun bir şekilde anodun siyah ve katodun beyaz renkle gösterildiği bir 3B diyot tasarımı.



**Şekil 3.9.** Uygulama için geliştirilen bir 3B kırmızı LED tasarımı.



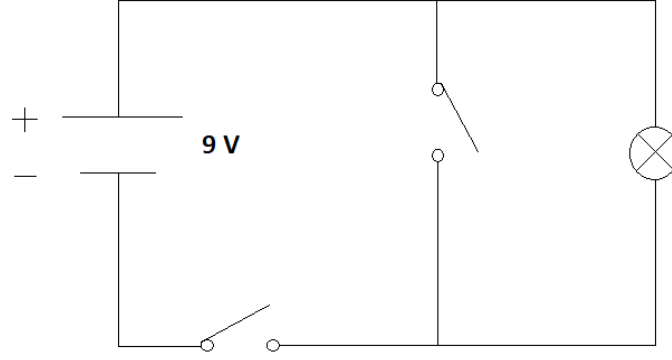
Şekil 3.10. Uygulama için geliştirilen bir 3B anahtar tasarımı.

### 3.2.3. Devrelerin Tasarımı

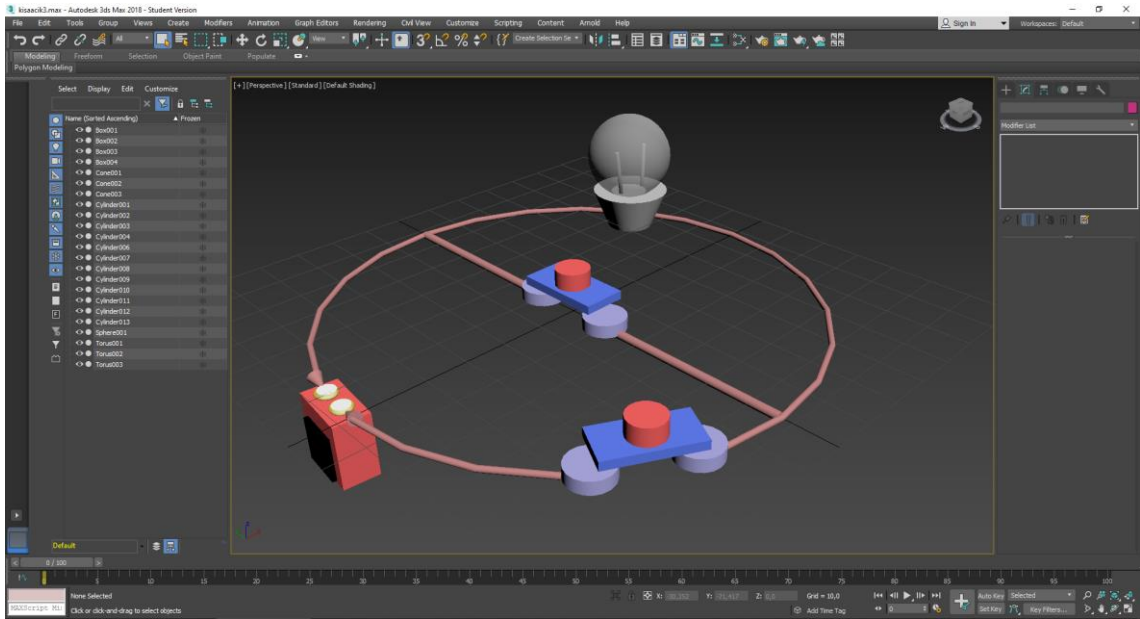
Devre elemanlarının 3B modelleri oluşturulduktan sonra devrelerin tasarlanması aşamasına geçilmiştir. Kitapçıkta bulunan açık/kısa devre, seri devre, paralel devre, RLC devresi, diyot ve LED devresi, çevre akımları metodu ve düğüm gerilimleri metodu olmak üzere yedi adet devrenin 3B modelleri oluşturulmuştur.

#### 3.2.3.1. Açık ve Kısa Devre

Eğitim kitapçığının ilk sırasında bulunan devre, açık ve kısa devreyi bir arada gösteren bir devredir. Bir devrede iki nokta arasında açık devre olması, bu noktalar arasında elektriksel bir bağlantının bulunmaması anlamına gelirken, iki noktanın kısa devre olması bu iki noktanın birbiriyle direkt iletimde olduğu anlamına gelir. Devrenin 3DS Max programındaki 3B modellemesi kitapçıkta bulunan örneğe uygun bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen animasyonda bir anahtar kapatılırken lamba yanmakta ve kapatılan anahtar açıldığında lamba tekrar sönmektedir.



Şekil 3.11. Eğitim kitapçığının ilk sırasında bulunan açık ve kısa devre örneği.

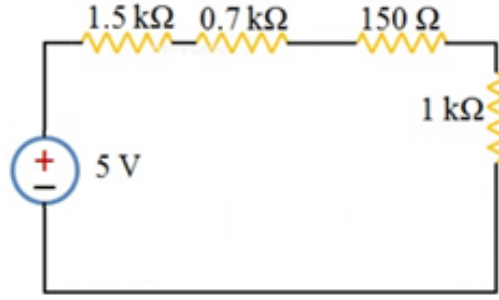


Şekil 3.12. Örneğe uygun bir şekilde gerçekleştirilen 3B açık ve kısa devre tasarımı.

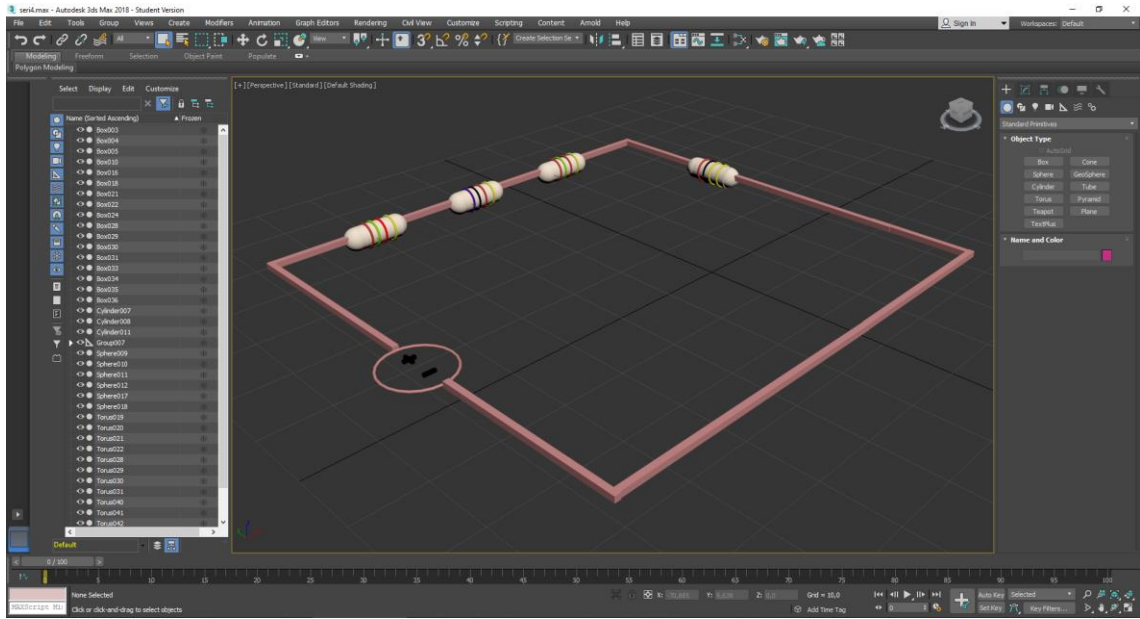
### 3.2.3.2. Seri Devre

Eğitim kitapçığının ikinci sırasında bulunan devre, seri bir devredir. İki direncin birbirine seri olarak bağlandığı, yalnız birer terminallerinin bir noktada birbirine bağlı olduğu ve bu noktaya başka bir devre elemanının bağlı olmadığı devrelere seri devre denir. Devrenin 3DS Max programındaki 3B modellemesi kitapçıkta bulunan örneğe uygun bir şekilde gerçekleştirilmiştir.





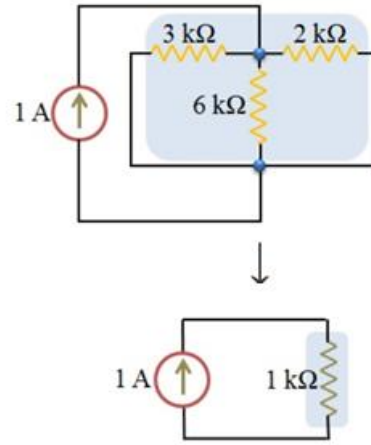
Şekil 3.13. Eğitim kitapçığının ikinci sırasında bulunan seri devre örneği.



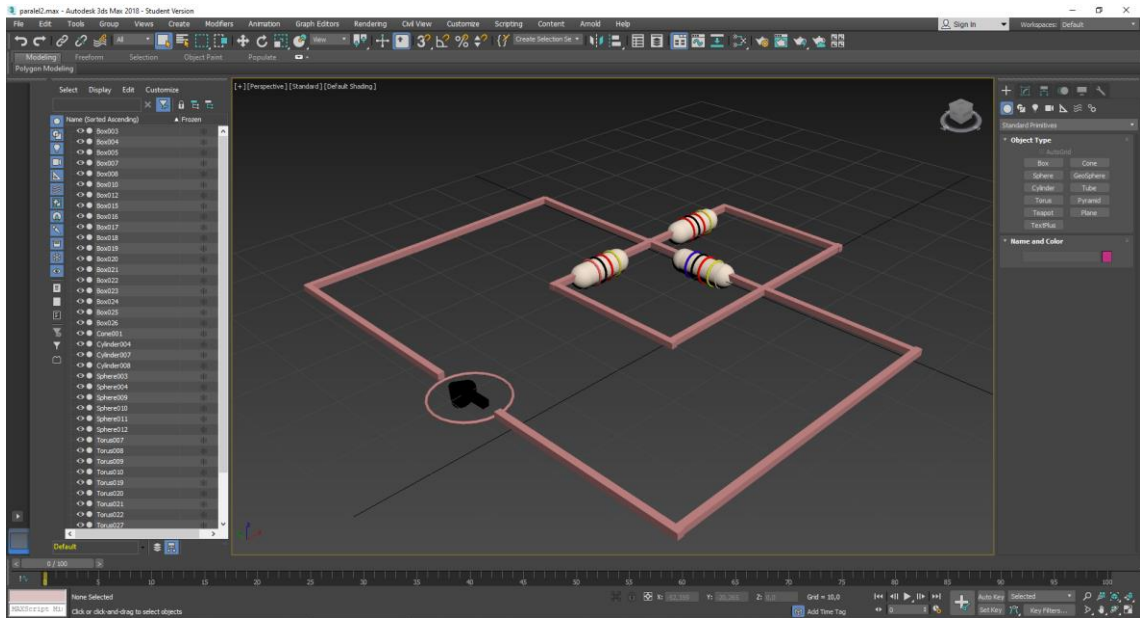
Şekil 3.14. Örneğe uygun bir şekilde gerçekleştirilen 3B seri devre tasarımı.

### 3.2.3.3. Paralel Devre

Eğitim kitapçığının üçüncü sırasında bulunan devre, paralel bir devredir. Paralel bağlı dirençlerin terminallerinin aynı iki noktaya bağlı olduğu devreye paralel devre denir. Devrenin 3DS Max programındaki 3B modellemesi kitapçıkta bulunan örneğe uygun bir şekilde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.15. Eğitim kitapçığının üçüncü sırasında bulunan paralel devre örneği.

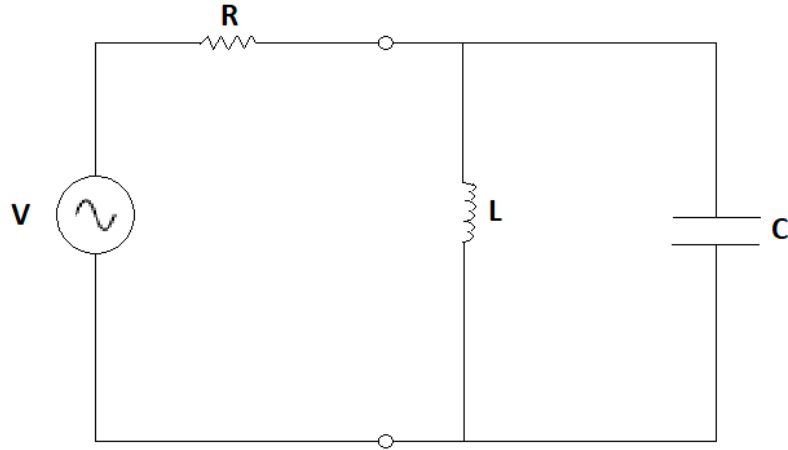


Şekil 3.16. Örneğe uygun bir şekilde gerçekleştirilen 3B paralel devre tasarımı.

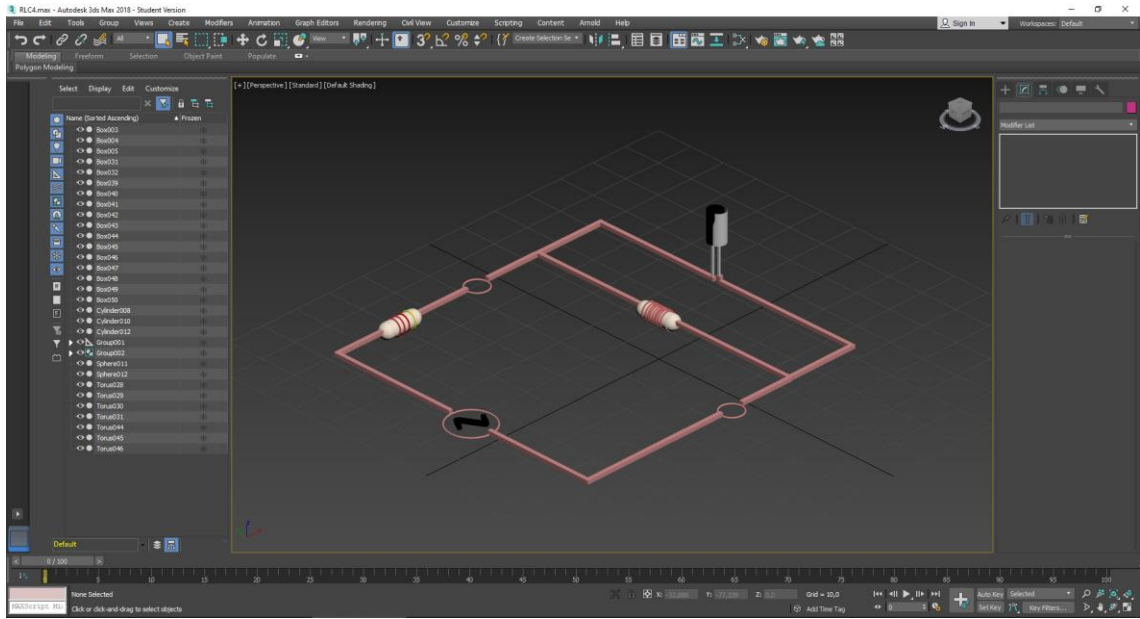
### 3.2.3.4. RLC Devresi

Eğitim kitapçığının dördüncü sırasında bulunan devre, bir RLC devresidir. Direnç, kapasitör ve bobinin paralel veya seri bir şekilde bağlanmasıyla oluşan ve bir gerilim ya da akım kaynağı tarafından beslenen devrelere RLC devresi denir. Devrenin 3DS Max programındaki 3B modellemesi kitapçıkta bulunan örneğe uygun bir şekilde gerçekleştirilmiştir.





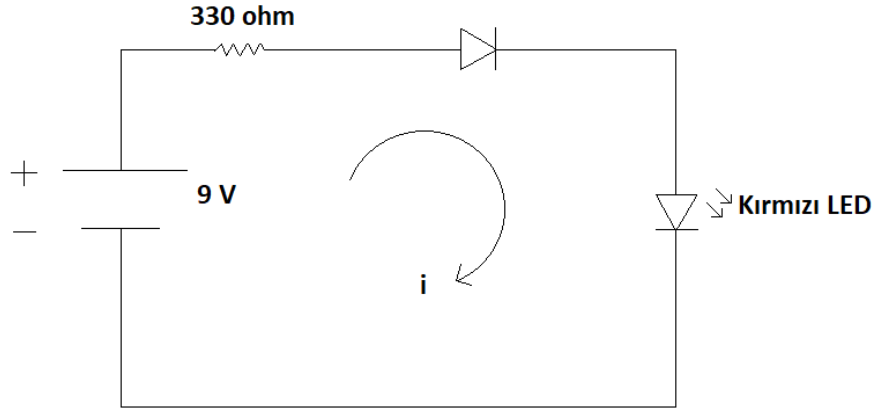
Şekil 3.17. Eğitim kitapçığının dördüncü sırasında bulunan RLC devresi örneği.



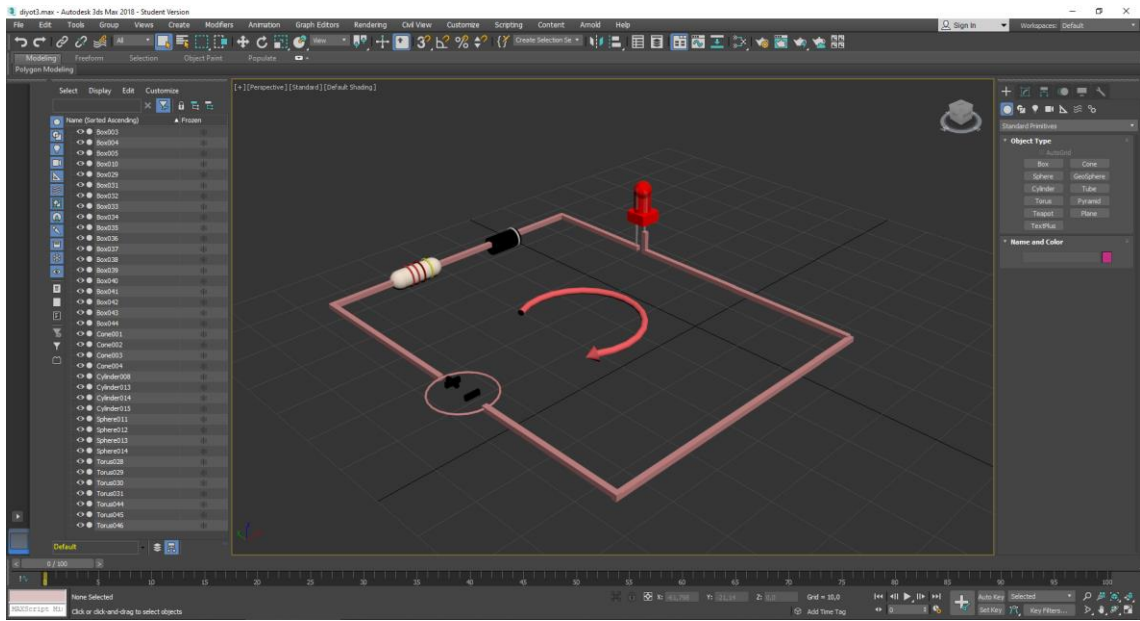
Şekil 3.18. Örneğe uygun bir şekilde gerçekleştirilen 3B RLC devresi tasarımı.

### 3.2.3.5. Diyot ve LED Devresi

Eğitim kitapçığının beşinci sırasında bulunan devre, bir diyot ve LED devresidir. Anot ve katot uçları bulunan ve elektrik akımının yalnızca bir yönde geçişine izin veren diyotların bulunduğu devrelere diyot devresi denir. Bu örnekte diyot devresinde bir de kırmızı LED mevcuttur. Devrenin 3DS Max programındaki 3B modellemesi kitapçıkta bulunan örneğe uygun bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen animasyonda diyotun da i akımını geçirmesiyle kırmızı LED yanmaktadır.



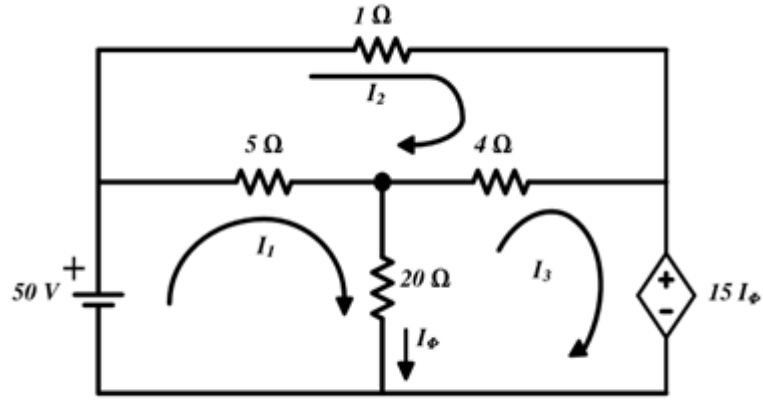
Şekil 3.19. Eğitim kitapçığının beşinci sırasında bulunan Diyot-LED devresi örneği.



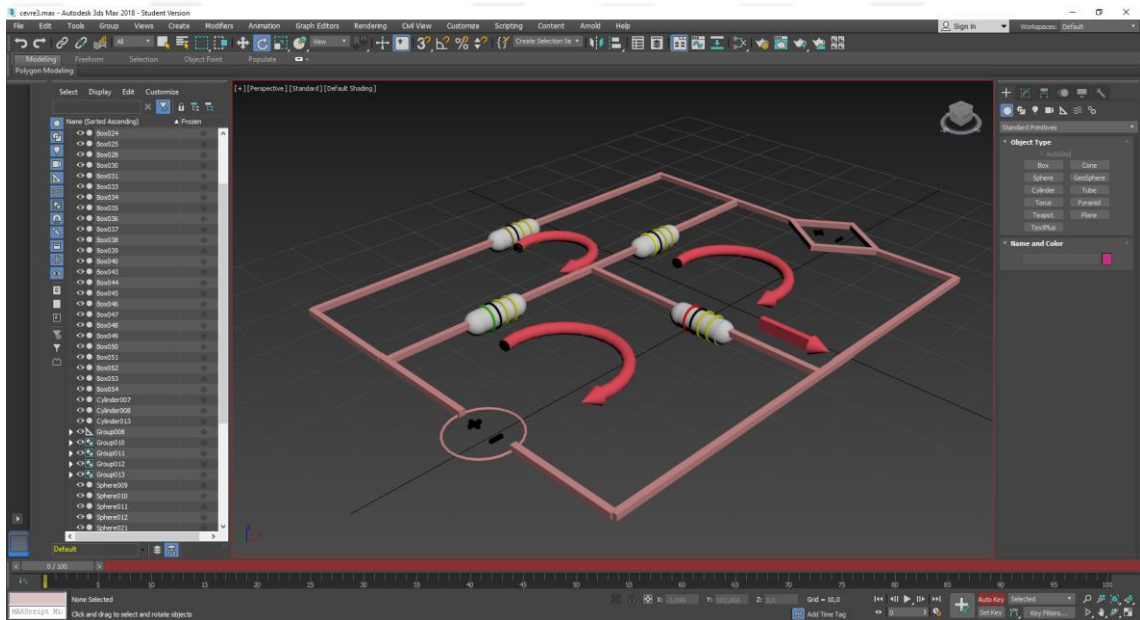
Şekil 3.20. Örneğe uygun bir şekilde gerçekleştirilen 3B Diyot-LED devre tasarımı.

### 3.2.3.6. Çevre Akımları Metodu

Eğitim kitapçığının altıncı sırasında bulunan devre, çevre akımları metodu ile çözülmüş olan bir devredir. Devrenin 3DS Max programındaki 3B modellemesi kitapçıkta bulunan örneğe uygun bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen animasyonda  $I_1$ ,  $I_2$  ve  $I_3$  akımları da gösterilmekte olup ikisinin farkının  $I_\phi$  akımını oluşturduğu da görülmektedir.



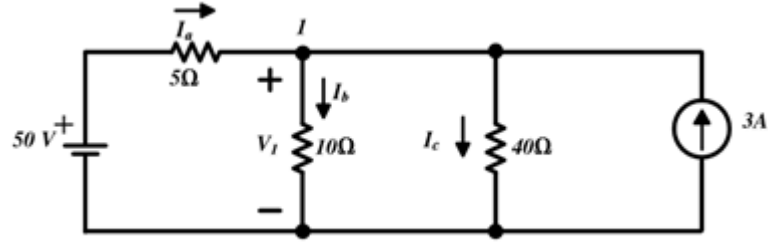
Şekil 3.21. Eğitim kitapçığının altıncı sırasında bulunan Çevre Akımları Metodu ile çözülmüş devre örneği.



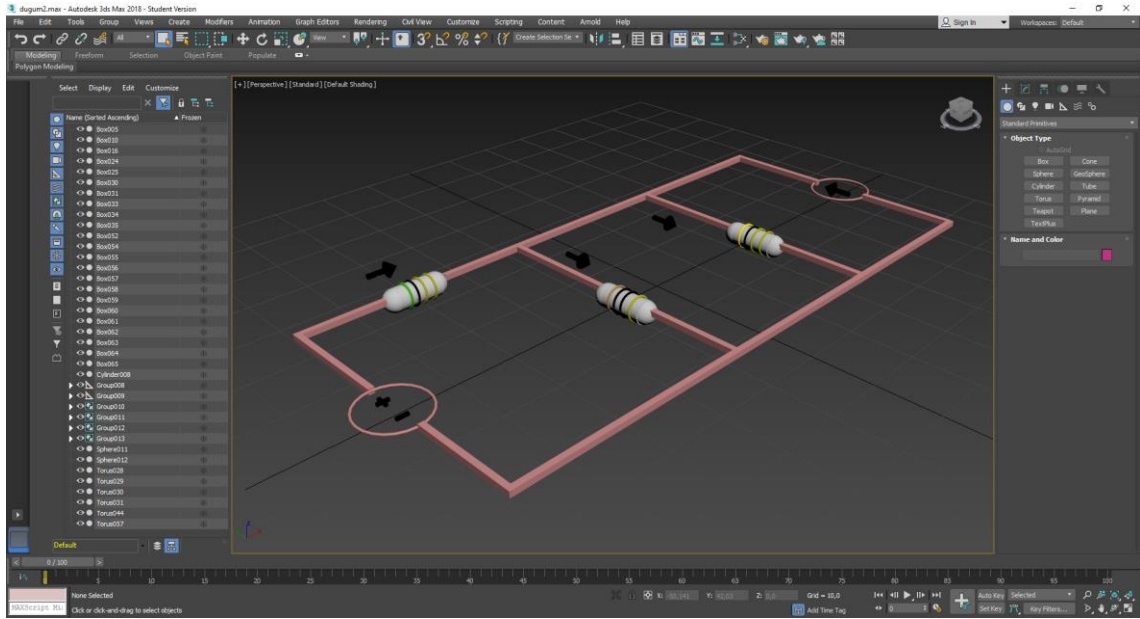
Şekil 3.22. Örneğe uygun bir şekilde gerçekleştirilen 3B Çevre Akımları Metodu ile çözülmüş devre tasarımı

### 3.2.3.7. Düğüm Gerilimleri Metodu

Eğitim kitapçığının yedinci sırasında bulunan devre, düğüm gerilimleri metodu ile çözülmüş olan bir devredir. Devrenin 3DS Max programındaki 3B modellemesi kitapçıkta bulunan örneğe uygun bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen animasyonda  $I_a$ ,  $I_b$  ve  $I_c$  akımları görülebilmektedir.



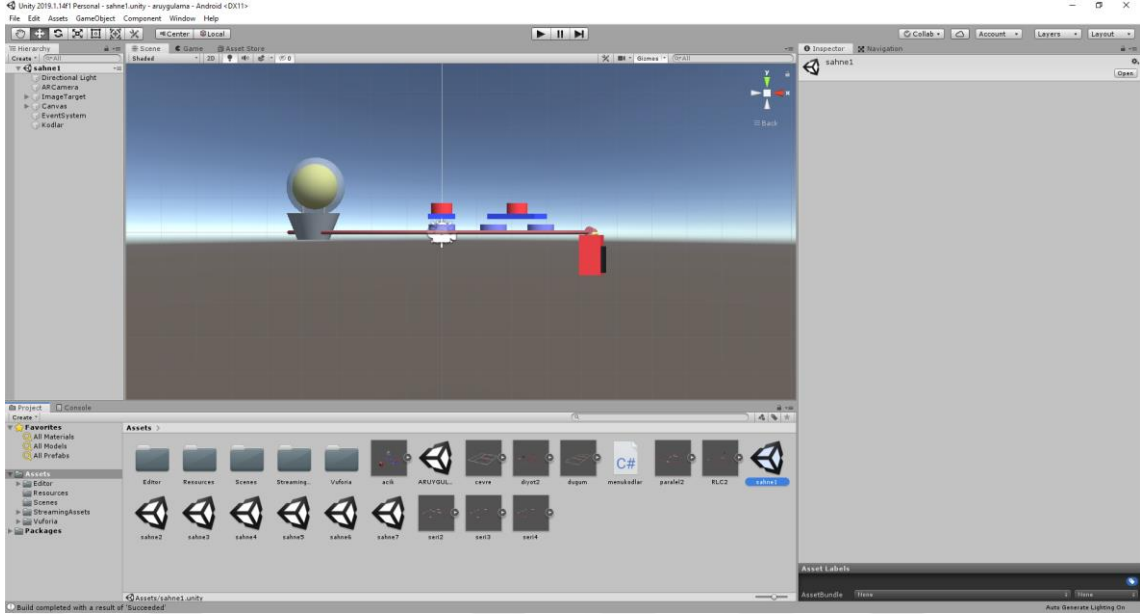
Şekil 3.23. Eğitim kitapçığının yedinci sırasında bulunan Düğüm Gerilimleri Metodu ile çözülmüş devre örneği.



Şekil 3.24. Örneğe uygun bir şekilde gerçekleştirilen 3B Düğüm Gerilimleri Metodu ile çözülmüş devre tasarımı

### 3.2.4. Devrelerin 3B Modellerinin AVI ve FBX Uzantılı Dosyalara Çevrilmesi ve Unity3D'ye Aktarılması

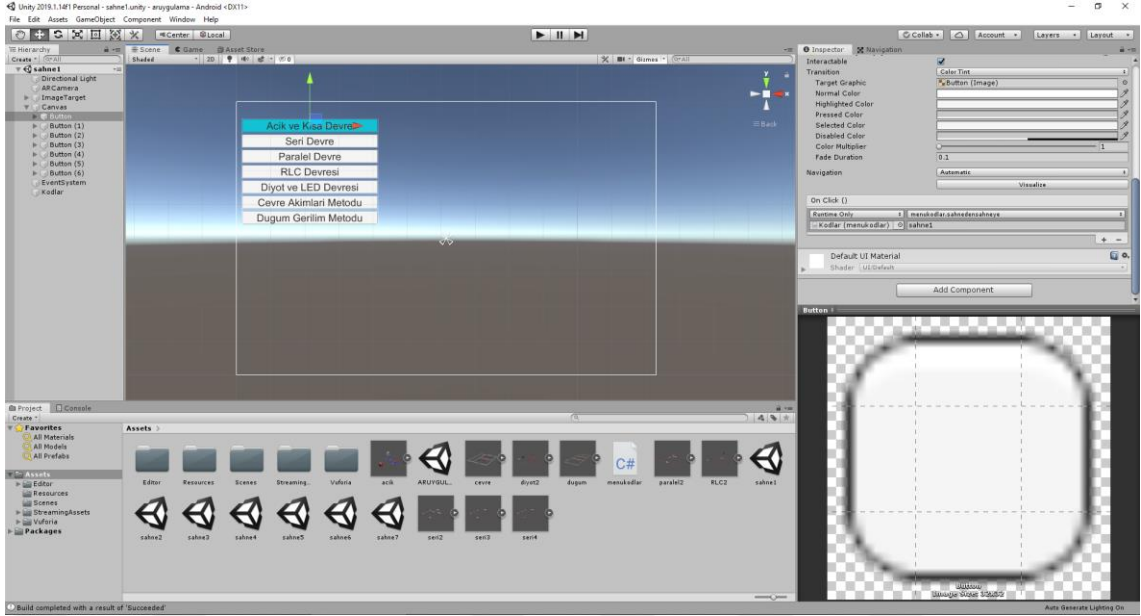
Devrelerin 3B modelleri oluşturulduktan sonra her bir devre öncelikle render işlemi uygulanarak AVI uzantılı dosyalara çevrilmiş ve her birinin animasyonları oluşturulmuştur. Daha sonra FBX uzantılı dosyalara çevrilip Unity3D'ye aktarılmıştır. Unity3D'de açılan proje dosyasında işaretçi olarak QR kodu atanmış ve FBX uzantılı dosyalar da sahneler halinde eklenmiştir. İşaretçi olarak atanan QR kod Şekil 3.5'te görülebilir.



Şekil 3.25. FBX uzantılı bir dosyanın Unity3D'deki görünümü

### 3.2.5. Menü Tasarımı

Devrelerin 3B modellerinin AVI ve FBX uzantılı dosyalara çevrilmesi, FBX uzantılı dosyaların Unity3D'ye aktarılması ve QR kodun işaretçi olarak atanmasından sonra, AG uygulamasının arayüzü olarak bir menü tasarlanmıştır. Her menü için bir buton oluşturulmuş, butonların üzerine eğitim kitapçığındaki devrelerin adları yazılmış ve bunlar FBX uzantılı 3B modellerle ilişkilendirilmiştir. QR kodun oluşturulması ile menü ve sahnelerin ilişkilendirilmesinde yazılım dili olarak C# kullanılmış olup kodlar Ekler'de sunulmuştur.



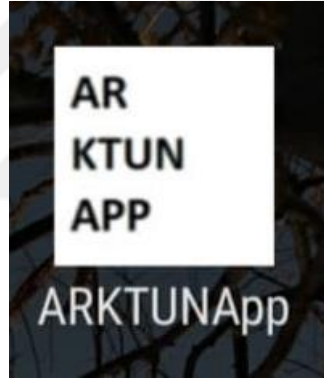
Şekil 3.26. Geliştirilen AG uygulama menüsünün Unity3D'deki görünümü.

### 3.2.6. Uygulamanın Çalıştırılması

Tez kapsamında gerçekleştirilen bu AG uygulamasının bileşenleri 3DS Max programında 3B olarak modellenip Unity3D'ye taşındıktan ve arayüz oluşturulduktan sonra, Android işletim sistemi için geliştirildiğinden uygulamanın bu işletim sistemine uygun bir dosya uzantısı olan APK formunda oluşturulması gerekmiştir. Gerekli ayarlamalar yapıldıktan sonra, uygulamanın APK uzantılı dosyası Unity3D üzerinden oluşturulmuş ve Android işletim sistemine sahip bir akıllı telefon üzerinden testi yapılmıştır. Uygulama minimum Android 7.0 işletim sistemine sahip akıllı cihazlarda çalıştırılabilmektedir.



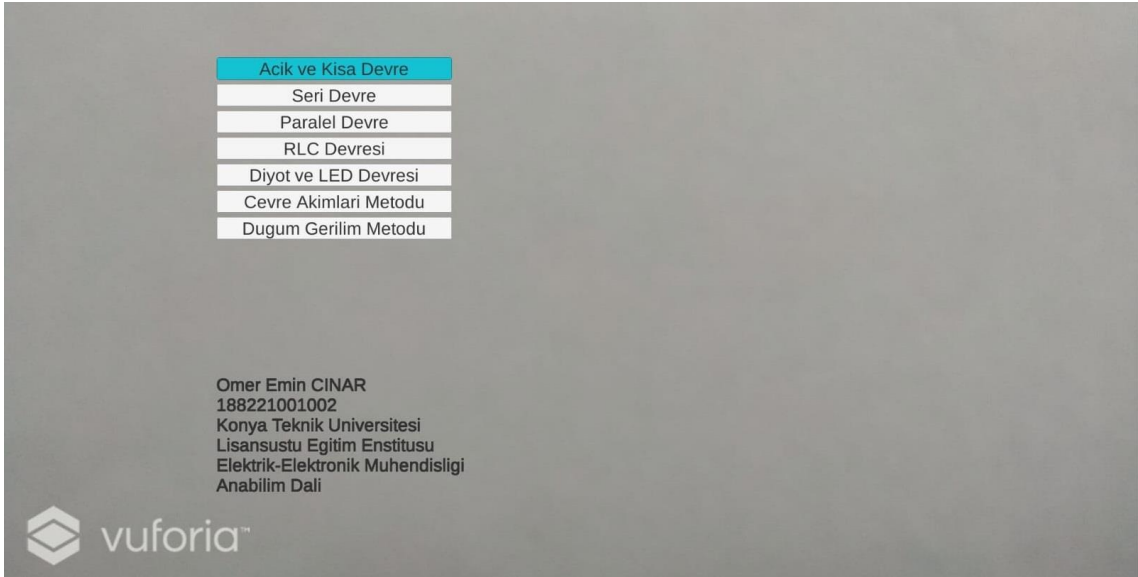
Şekil 3.27. Geliştirilen AG uygulamasının Unity3D üzerinden APK uzantılı dosyasının oluşturulması.



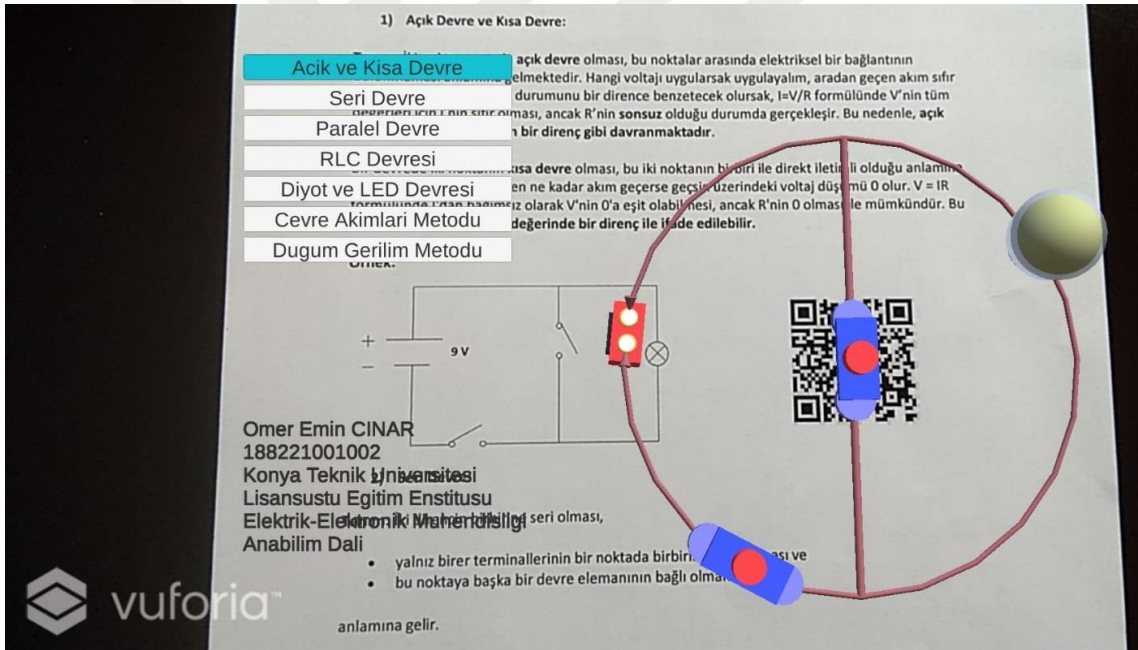
Şekil 3.28. Geliştirilen AG uygulamasının mobil cihaz ekranındaki ikonu.

Geliştirilmiş olan AG uygulamasının Android işletim sistemine sahip bir akıllı telefonda çalıştırılırken alınmış ekran görüntüleri, Şekil 3.29, Şekil 3.30, Şekil 3.31, Şekil 3.32, Şekil 3.33, Şekil 3.34, Şekil 3.35 ve Şekil 3.36'daki gibidir.



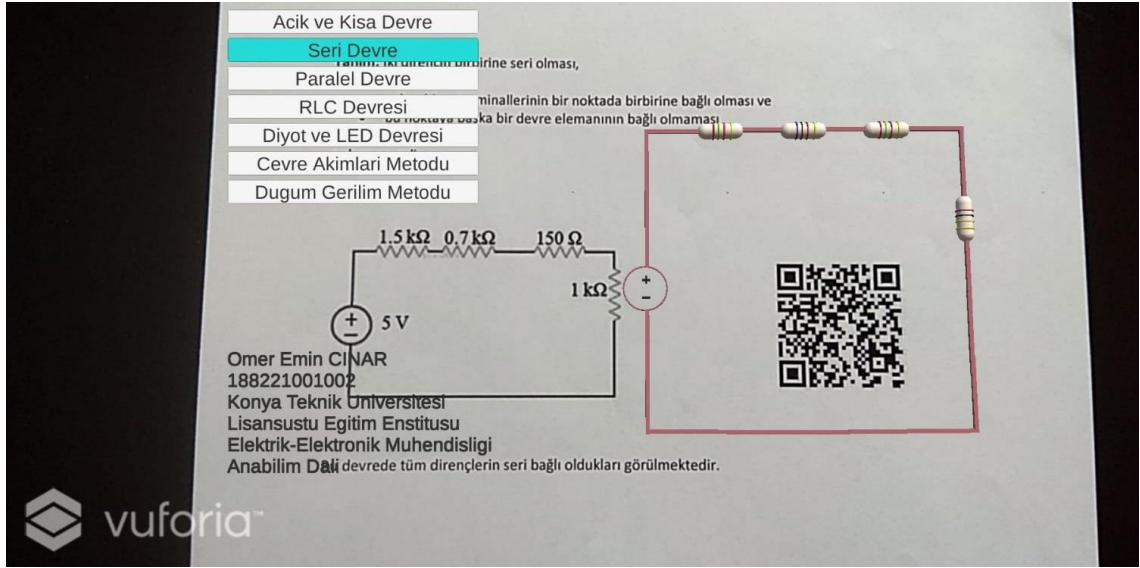


Şekil 3.29. Geliştirilen AG uygulamasının QR kod okutulmamış ilk görünümü

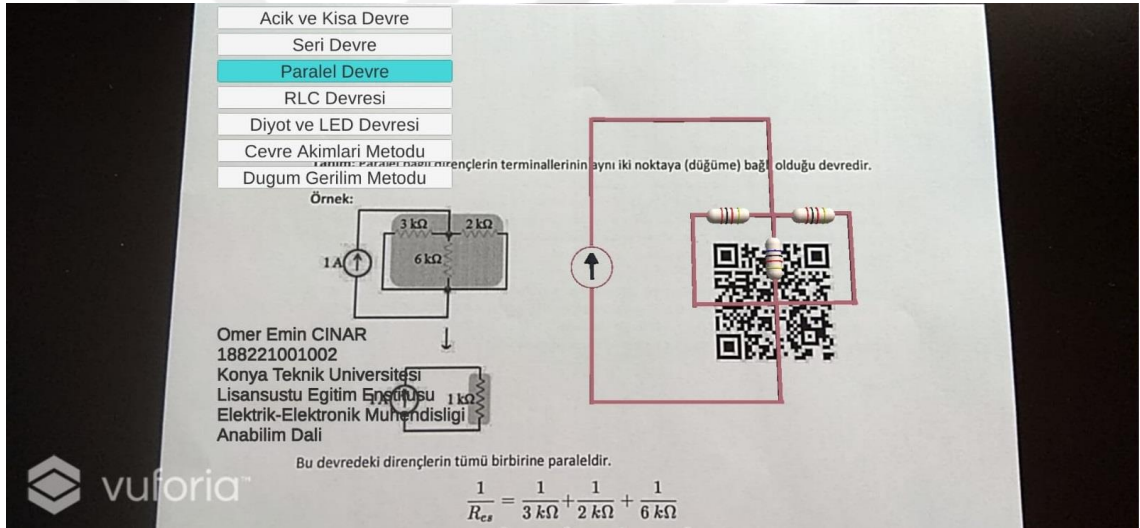


Şekil 3.30. Geliştirilen AG uygulamasının eğitim kitapçığındaki açık/kısa devrenin çalıştırılması

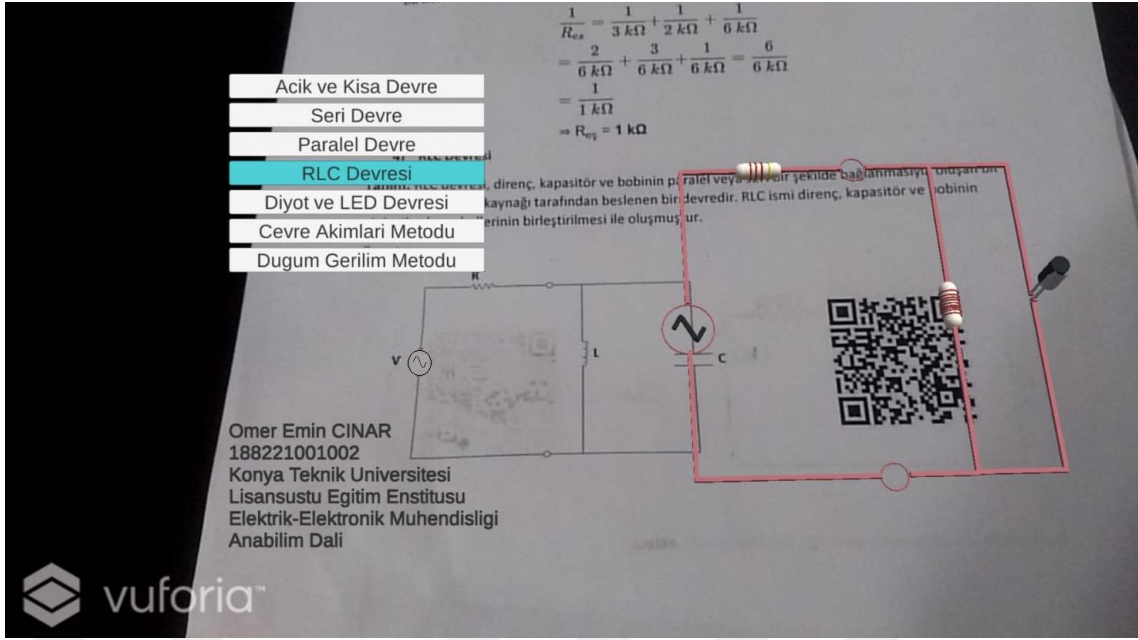




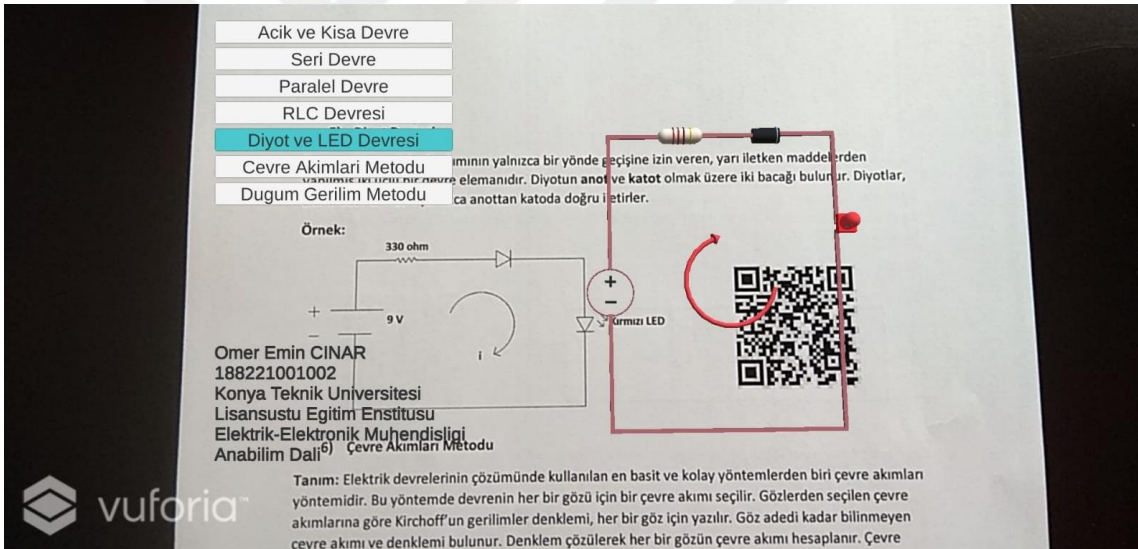
Şekil 3.31. Geliştirilen AG uygulamasının eğitim kitapçığındaki seri devrenin çalıştırılması



Şekil 3.32. Geliştirilen AG uygulamasının eğitim kitapçığındaki paralel devrenin çalıştırılması



Şekil 3.33. Geliştirilen AG uygulamasının eğitim kitapçığındaki RLC devresinin çalıştırılması



Şekil 3.34. Geliştirilen AG uygulamasının eğitim kitapçığındaki Diyot-LED devresinin çalıştırılması

Acik ve Kisa Devre  
Seri Devre  
Paralel Devre  
RLC Devresi  
Diyot ve LED Devresi  
**Cevre Akimlari Metodu**  
Dugum Gerilim Metodu

Örnek:

Omer Emin CINAR  
188221001002  
Konya Teknik Üniversitesi  
Lisansustu Eğitim Enstitüsü  
Elektrik-Elektronik Muhendisligi  
Anabilim Dali

Bağımlı voltaj kaynağını kontrol eden kol akımı, çevre akımları cinsinden ifade edilebilir:

$$I_{\phi} = I_1 - I_3$$

Çevre akım denklemleri sırasıyla aşağıda ifade edilmektedir:

$$50 = 5(I_1 - I_2) + 20(I_1 - I_3)$$

$$0 = 5(I_2 - I_1) + 1I_2 + 4(I_2 - I_3)$$

$$0 = 20(I_3 - I_1) + 4(I_3 - I_2) + 15I_{\phi}$$

vuforia™

Şekil 3.35. Geliştirilen AG uygulamasının eğitim kitapçığındaki çevre akımları metodunun uygulandığı devrenin çalıştırılması

Acik ve Kisa Devre  
Seri Devre  
Paralel Devre  
RLC Devresi  
Diyot ve LED Devresi  
**Cevre Akimlari Metodu**  
Dugum Gerilim Metodu

Örnek:

Omer Emin CINAR  
188221001002  
Konya Teknik Üniversitesi  
Lisansustu Eğitim Enstitüsü  
Elektrik-Elektronik Muhendisligi  
Anabilim Dali

Bağımlı voltaj kaynağını kontrol eden kol akımı, çevre akımları cinsinden ifade edilebilir:

$$\frac{V_1 - 50}{5} + \frac{V_1}{10} + \frac{V_1}{40} - 3 = 0$$

$$V_1 = 40 \text{ V}$$

Böylece  $I_1$ ,  $I_2$  ve  $I_3$  akımları elde edilir:

$$50 - 40$$

vuforia™

Şekil 3.36. Geliştirilen AG uygulamasının eğitim kitapçığındaki düğüm gerilimleri metodunun uygulandığı devrenin çalıştırılması

#### 4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Tez kapsamında geliştirilen uygulama hakkında geri dönüş elde edilebilmesi amacı ile Konya Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği bölümünde lisans ya da Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı bünyesinde yüksek lisans öğrencisi olan 30 kişiye uygulamanın amacı, içeriği ve çalışması ile ilgili bilgi verilmiş olup öğrencilerden uygulamayı denemeleri istenmiştir. Öğrencilerle tez kapsamında oluşturulan eğitim kitapçığı ve uygulama dosyasını indirme bağlantıları da paylaşılmıştır. Öğrencilerin uygulamaya ilişkin fikirleri ve tecrübelerini aktarabilmeleri için bir anket hazırlanmıştır. Anket sonucu elde edilen geri dönüşlere göre, öğrencilerin büyük bir çoğunluğunun tez kapsamında geliştirilen AG uygulamasını faydalı ve kullanışlı bulduğu sonucuna ulaşılmıştır.

##### 4.1. Anket Çalışması

Öğrencilerin tez kapsamında geliştirilen AG uygulamasına ilişkin görüş belirtebilmesi için ankette 10 adet cümle sunulmuştur. Bu görüşlere katılıp katılmadıklarını belirtebilmeleri için de 5 adet görüş cümlesine ankette yer verilmiştir. Ankette Likert ölçeği kullanılmış olup bu ölçek eğilimleri ayrıntılı bir şekilde gözleme imkanı vermesi nedeniyle genellikle anket gibi yöntemlerle elde edilen verilen değerlendirilmesinde kullanılan bir modeldir (Tunalı, 2015). Öğrencilerin geri dönüşleriyle oluşturulmuş olan anket sonuçları Çizelge 4.1’de detaylı bir şekilde sunulmuştur.

Çizelge 4.1. Anket sonuçları

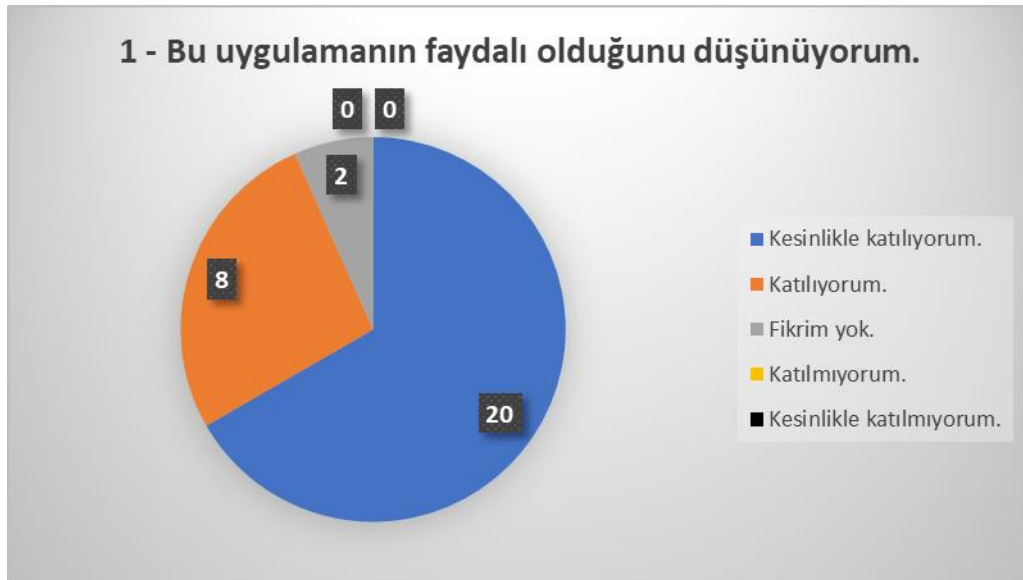
No		Kesinlikle katılıyorum.	Katılıyorum.	Fikrim yok.	Katılmıyorum.	Kesinlikle katılmıyorum.
1	Bu uygulamanın faydalı olduğunu düşünüyorum.	20	8	2	-	-
2	Bu uygulama sayesinde soyut kalabilecek kavramlar daha anlaşılır hale gelmiştir.	19	10	1	-	-
3	Uygulamanın menü arayüzü kullanışlıdır.	19	10	-	1	-

4	Bu uygulama temel anlamda Elektroteknik ve Devre Analizi ile ilgili yeterince devre örneği içermektedir.	16	11	-	3	-
5	Bu uygulama öğrenmeyi kolaylaştırmıştır.	18	8	4	-	-
6	Kitapçıktaki devrelerin üzerindeki direnç değerleri ile 3B modellerdeki direnç renk kodları birbirini tutmaktadır.	26	4	-	-	-
7	Kitapçıktaki devrelerin üzerindeki devre elemanları ile 3B modeller birbirini tutmaktadır.	25	5	-	-	-
8	Devre elemanlarının 3B modelleri gerçekçidir.	21	9	-	-	-
9	Uygulamadaki animasyonlar gerçekçidir.	21	9	-	-	-
10	Bu uygulama ilgili derslerdeki başarıyı artırmıştır.	14	11	3	2	-

## 4.2. Tartışma

Anket sonuçları, tez kapsamında geliştirilen AG uygulamasının öğrencilerin ilgili dersleri anlamaları ve kavramalarına pozitif bir katkıda bulunduğunu göstermektedir.

Şekil 4.1’de anketin 1. cümlesine ilişkin verilen cevapların dağılımı görülmektedir. Bu cevaplara göre katılımcıların %93’ünün AG uygulamasını faydalı bulduğu sonucuna varılmıştır.



Şekil 4.1. 1. cümleye ilişkin cevapların dağılımı.

Şekil 4.2’de anketin 2. cümlesine ilişkin verilen cevapların dağılımı görülmektedir. Katılımcıların %97’si uygulama sayesinde soyut kalabilecek

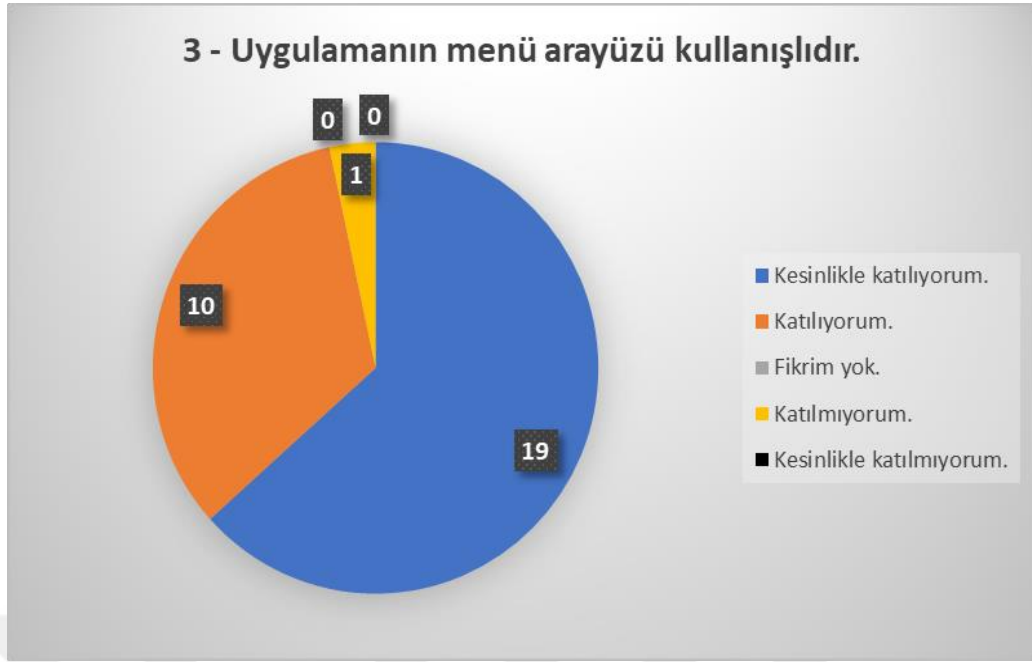


kavramların daha anlaşılır hale geldiğini düşünmektedirler. AG uygulamasının özellikle pratik yapma şansının olmadığı durumlarda öğrencilerin ilgili derslere ilişkin kavramları daha iyi bir şekilde anlamalarını sağlayacağı görülmektedir.



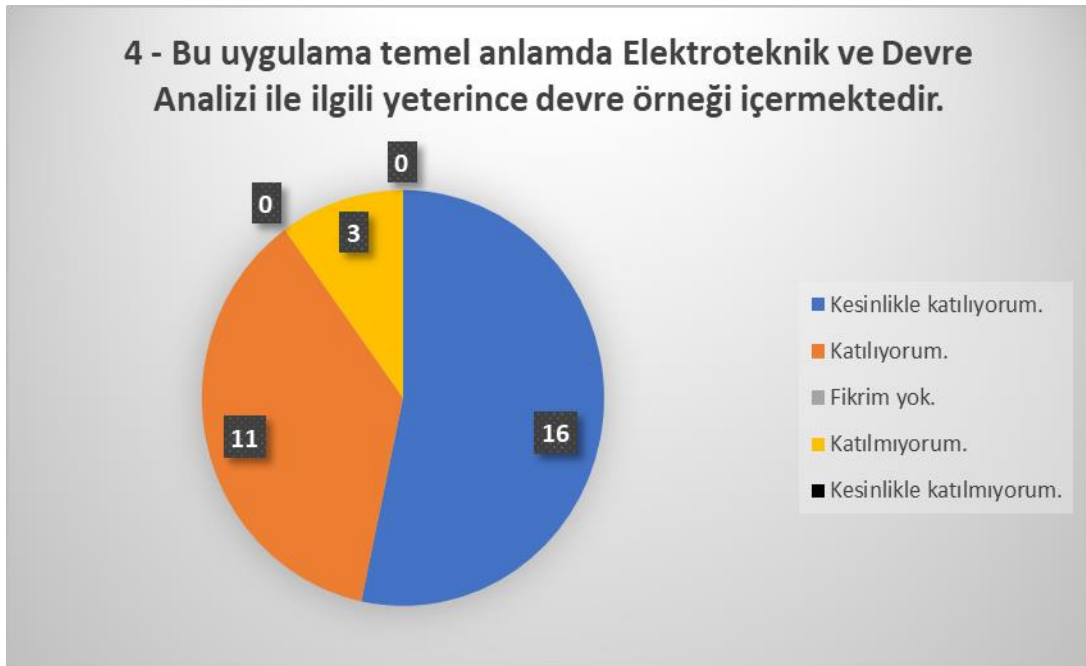
**Şekil 4.2.** 2. cümleye ilişkin cevapların dağılımı.

Şekil 4.3'te anketin 3. cümlesine ilişkin verilen cevapların dağılımı görülmektedir. Katılımcıların %97'si uygulama bünyesinde geliştirilen menü arayüzünü kullanışlı bulmaktadır. Öğrenci 3B modelini ve animasyonunu görmek istediği devreyi dokunmatik ekran üzerindeki menüden seçebilmesi bu sonucun ortaya çıkmasında etkili olmuştur.



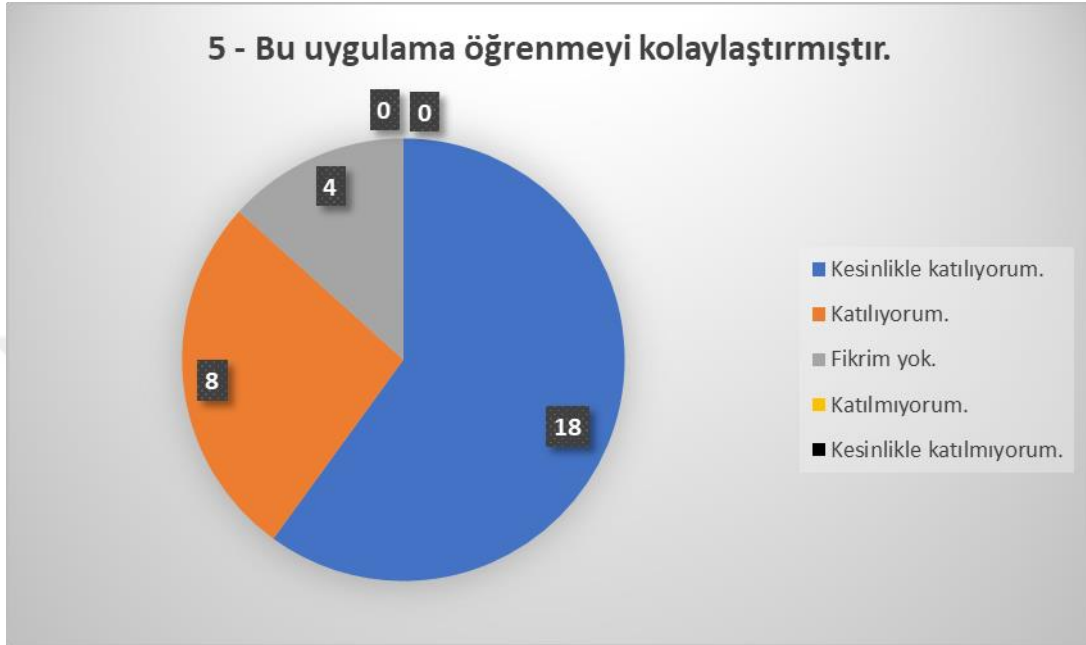
Şekil 4.3. 3. cümleye ilişkin cevapların dağılımı.

Şekil 4.4'te anketin 4. cümlesine ilişkin verilen cevapların dağılımı görülmektedir. Katılımcıların %90'ı uygulamanın temel seviyede Elektroteknik ve Devre Analizi ile ilgili yeterince devre örneği içerdiğini düşünmektedir. Genel olarak düşünüldüğünde AG uygulamasında bulunan devre seçenekleri artırılabilir olmasına rağmen, geliştirme aşamasında temel seviye baz alındığı için seçenekler uygulamada mevcut bulunan devrelerle sınırlandırılmıştır.



Şekil 4.4. 4. cümleye ilişkin cevapların dağılımı.

Şekil 4.5'te anketin 5. cümlesine ilişkin verilen cevapların dağılımı görülmektedir. Katılımcıların %87'si uygulamanın öğrenmeyi kolaylaştırdığını düşünmektedir. Devre mantığının geliştirilen AG uygulaması vasıtasıyla hareketli animasyonlarla aktarılması daha kolay öğrenme noktasında önemlidir.



Şekil 4.5. 5. cümleye ilişkin cevapların dağılımı.

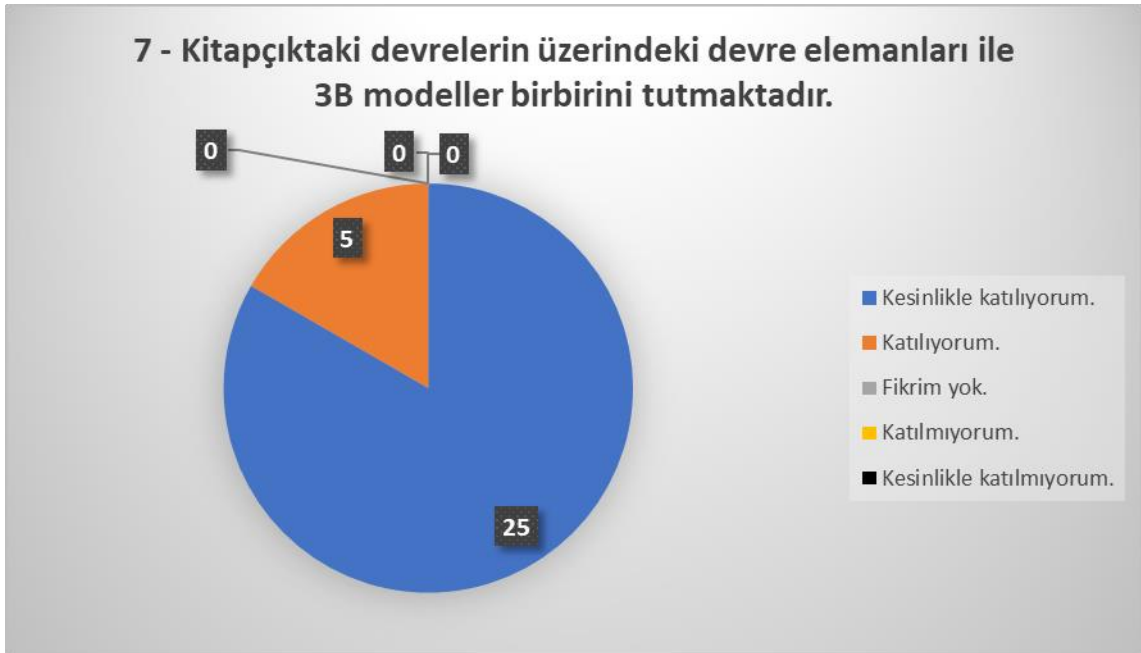
Şekil 4.6'da anketin 6. cümlesine ilişkin verilen cevapların dağılımı görülmektedir. Katılımcıların tamamı kitapçıkta devrelerin üzerindeki direnç değerleri ile uygulamada bulunan 3B modellerdeki direnç renk kodlarının birbirini tuttuğunu düşünmektedir. Nitekim, devrelerin 3B model tasarımında her bir direnç değerine karşılık gelen direnç renk kodları baz alınarak dirençler tasarlanmıştır. Bu anlamda uygulama %100'lük bir başarı sağlanmıştır.





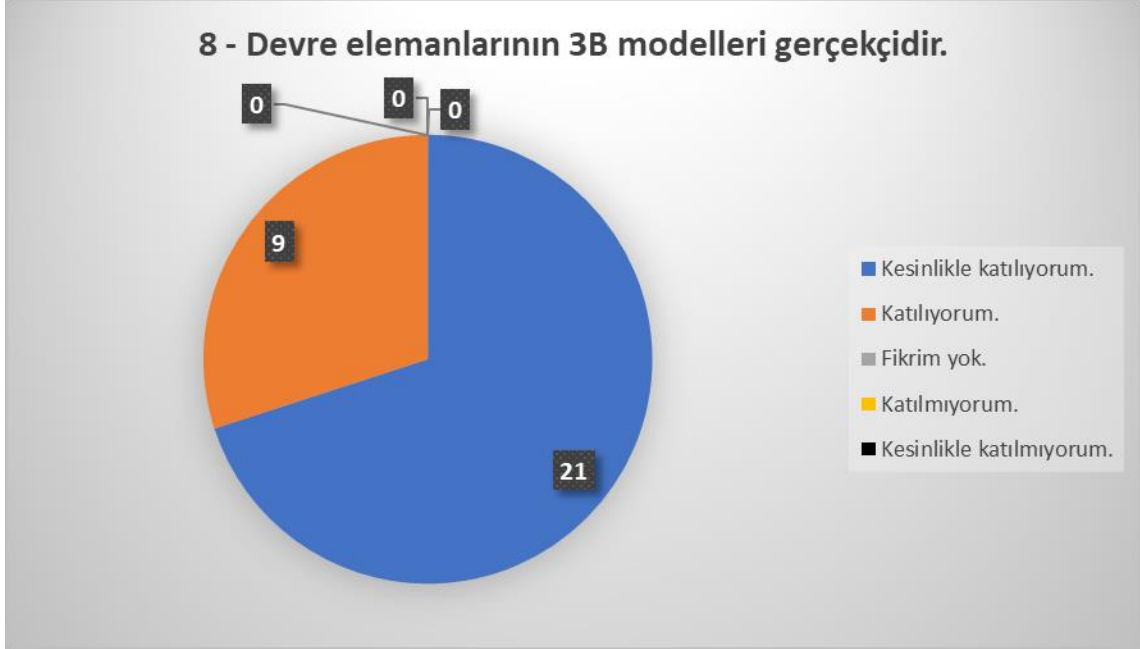
**Şekil 4.6.** 6. cümleye ilişkin cevapların dağılımı.

Şekil 4.7’de anketin 7. cümlesine ilişkin verilen cevapların dağılımı görülmektedir. Katılımcıların tamamı kitapçığındaki devrelerin üzerindeki devre elemanları ile uygulamada bulunan 3B modellerin birbiriyle uyumlu olduğunu düşünmektedir. 3B modellerin geliştirilmesi aşamasında ilgili devrelerdeki devre elemanlarının konumları dahil tüm özellikleri aslına uygun bir şekilde tasarlanmıştır. Bu noktada da uygulama %100’lük bir başarı sağlamıştır.



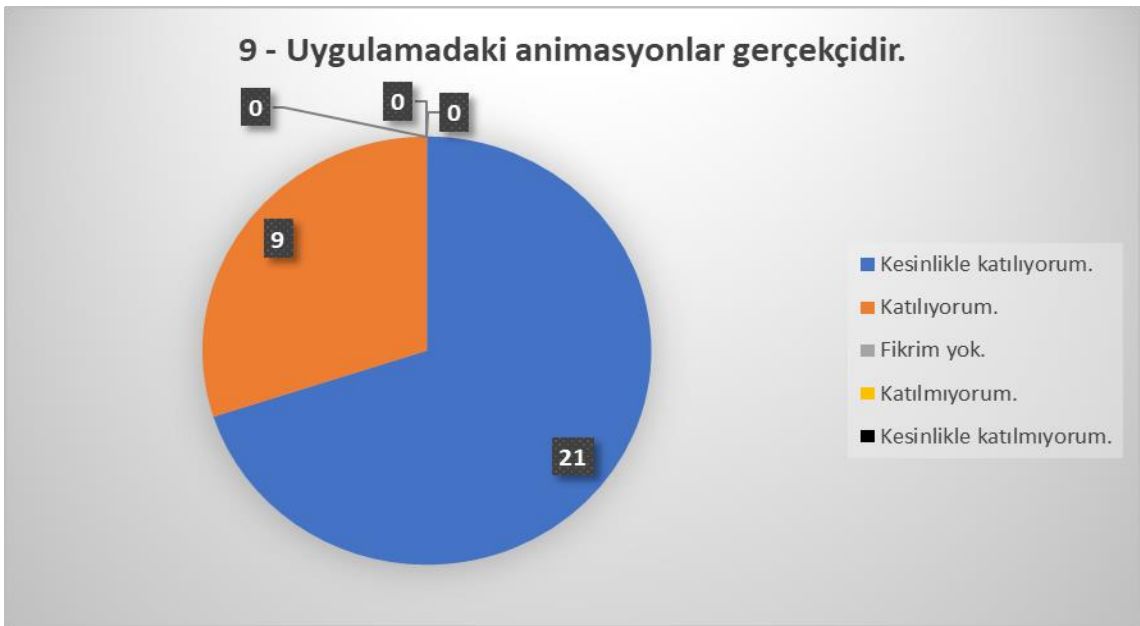
**Şekil 4.7.** 7. cümleye ilişkin cevapların dağılımı.

Şekil 4.8’de anketin 8. cümlesine ilişkin verilen cevapların dağılımı görülmektedir. Katılımcıların tamamı devre elemanlarının uygulamada bulunan 3B modellerinin gerçekçi olduğu hususunda hemfikirdir.



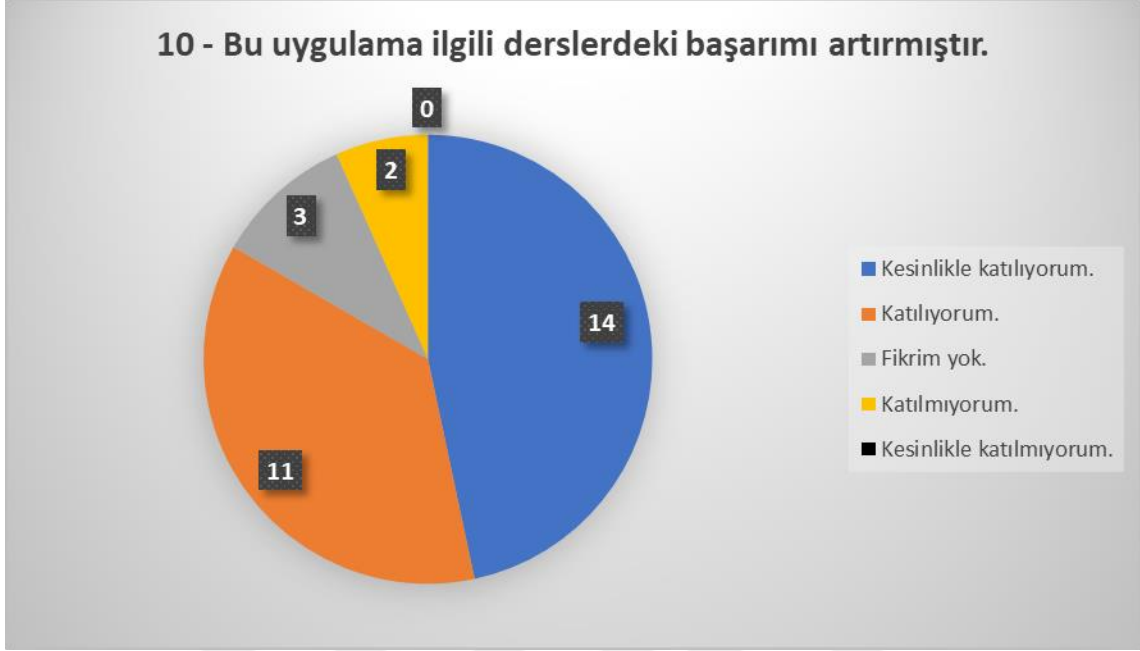
Şekil 4.8. 8. cümleye ilişkin cevapların dağılımı.

Şekil 4.9’da anketin 9. cümlesine ilişkin verilen cevapların dağılımı görülmektedir. Katılımcıların tamamı uygulamadaki animasyonların gerçekçi olduğu hususunda hemfikirdir.



Şekil 4.9. 9. cümleye ilişkin cevapların dağılımı.

Şekil 4.10'da anketin 10. cümlesine ilişkin verilen cevapların dağılımı görülmektedir. Katılımcıların %83'ü AG uygulamasının ilgili derslerdeki başarılarını artırdığını düşünmektedir.



Şekil 4.10. 10. cümleye ilişkin cevapların dağılımı.

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

### 5.1 Sonuçlar

Tez kapsamında Konya Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü bünyesinde verilen Elektroteknik ve Devre Analizi derslerinde yer alan temel devre elemanları ve elektrik devrelerinin 3B model ve animasyonlarla somutlaştırılarak öğrenciler tarafından daha iyi bir şekilde anlaşılması ve öğrenmenin kolaylaştırılması için ARKTUNApp artırılmış gerçeklik uygulaması gerçekleştirilmiştir. Uygulamanın geliştirilmesi aşamasında Unity3D, Android SDK, Vuforia SDK ve 3DS Max kullanılmıştır. ARKTUNApp Konya Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği bölümünde lisans ya da Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı bünyesinde yüksek lisans öğrencisi olan 30 kişinin kullanımına sunulmuştur ve yapılan bir anket çalışmasıyla öğrencilerin uygulama hakkındaki geri dönüşleri alınmıştır. Anket sonuçları dikkate alındığında, uygulamanın öğrenciler tarafından faydalı ve işlevsel bulunduğu gözlemlenmektedir. Buna ek olarak, öğrenciler uygulama bünyesinde ilgili kavramları daha somut ve anlaşılır kılmak adına gerçekleştirilmiş 3B modelleri ve animasyonları gerçekçi bulmuşlardır. İlgili derslerde anlatılan kavramların bazen soyut kaldığı ve laboratuvar şartlarının her zaman uygun olmadığı düşünüldüğünde, AG gibi teknolojilerin eğitim ve öğretimde bu şekilde kullanılması dersleri ve konuları daha ilgi çekici kılmıştır.

### 5.2 Öneriler

Son zamanlarda hızla ilerleme kaydeden yazılım ve donanım teknolojisi ile birlikte AG teknolojisinin de geliştirilme ve kullanım oranı artmıştır. Akademiden endüstriye, bilişimden eğlence sektörüne kadar birçok alanda kullanılan AG ilerleyen yıllarda daha da yaygınlaşacaktır. Bu tez özelinde akademik alanda gerçekleştirilen AG uygulamaları da göz önünde bulundurulduğunda, derslerde bu teknolojiden daha çok faydalanılabileceği öngörüsünde bulunmak mümkündür. Yeterli donanım altyapısı ve teknik bilgi temin edildikten sonra bu alanda daha kolay gelişim kaydedilebilecektir. Bu teknoloji daha kısa sürede daha verimli ve anlaşılır bir şekilde ders anlatılmasını sağlayacaktır.

Bu tez kapsamında önerilen yaklaşım, direnç, diyot, LED, gerilim kaynağı, akım kaynağı gibi temel devre elemanları ile elektrik devrelerini anlamaya ve anlatmaya ilişkin alternatif bir AG uygulamasını ortaya koymaktadır. Akıllı cihaz ve sanal ortamda geçirilen vakit de hesaba katıldığında, uygulama bu bağlamda önemlidir.

Tezdeki yaklaşım çeşitlilik artırılarak ve farklı içerikler geliştirilerek farklı derslere uyarlanabilir. Elektrik-Elektronik Mühendisliği bölümünde verilen Analog Elektronik, Dijital Elektronik, Lojik Devreler gibi derslerin anlaşılması ve anlatılmasında da bu yaklaşım önerilebilir.

Yapay zekâ alanındaki gelişmeler dikkate alındığında, AG uygulamaları derin öğrenme ve makine öğrenmesi gibi teknolojilere entegre edilebilir. Böylece sentez bir yaklaşım elde edilebilir.

Bu alanda yapılmış çalışmalar, yayımlanmış makaleler ve tezler ele alındığında, AG'ye ilişkin genel tanımlar, AG'nin başlıca uygulama alanları ve bileşenlerine ilişkin teorik bir çerçeve çizmek adına Azuma (1997), Reitmayr ve Schmalstieg (2001), Silva ve ark. (2003) tarafından yapılmış çalışmalara başvurulabilir.

## KAYNAKLAR

- Ağbulut, O., 2017, An Augmented Reality Application for Virtual Instrument Playing, Yasar University, Master Thesis, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Computer Engineering, İzmir, Turkey.
- Ak, V. C., 2018, Implementation of an Application Using Augmented Reality Environment, Master Thesis, Yasar University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, İzmir, Turkey.
- Akay, M. A., Uzun, B., Arıcan, M. ve Yüzüak, Y., 2013, Augmented Reality Applications in the Field of Vocational Education and Training, ARAVET, <http://www.aravet-project.eu/>, [Ziyaret Tarihi: 01.06.2020].
- Akbaş, M. F., 2011, Mobil cihazlar üzerinde 3-boyutlu arttırılmış gerçeklik arayüzü yazılımı geliştirme, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 26-30.
- Aman, A., 2014, Model-Based Camera Tracking for Augmented Reality, Master Thesis, Bilkent University, Department of Computer Engineering and Graduate School of Engineering and Science, Ankara, Turkey.
- Android Studio, 2020, Download Android Studio [online], <https://developer.android.com/studio>, [Ziyaret Tarihi: 17.06.2020].
- Arox Bilişim, 2020, Arox Sakıp Sabancı Müzesi, Müzecilik Uygulamaları [online], <http://www.arox.net/sakip-sabanci-muzesi.html>, [Ziyaret Tarihi: 17.06.2020].
- ARQuake, 2020, ARQuake [online], <https://www.dutchrosemedia.com/augmented-reality-outdoor/arquake/>, [Ziyaret Tarihi: 17.06.2020].
- ARSDKCompare, 2020, Comparison of Augmented Reality SDKs [online], <https://socialcompare.com/en/comparison/augmented-reality-sdks>, [Ziyaret Tarihi: 26.05.2020]
- Aslan, Ç. B., 2015, Interior Design and Decision Making Using Augmented Reality, Master Thesis, Yıldırım Beyazıt University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Ankara, Turkey.
- Aydoğan, R., 2019, Savunma Sanayi Uygulamalarına Yönelik Çok Katmanlı Arttırılmış Gerçeklik Görüntü Üreticinin Tasarlanması ve Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Konya Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya, Türkiye.
- Azuma, R.T., 1997, A survey of augmented reality, *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355-385.

- Balcı, H., 2015, Sun Position Estimation on Time-Lapse Videos for Augmented Reality Application, Master Thesis, Bilkent University, Graduate School of Engineering and Science, Department of Computer Engineering, Ankara, Turkey.
- Barcelo. J. A., Forte, M. ve Sanders, D. H, 2000, *Virtual reality in archaeology*. Oxford: ArchaeoPress.
- Billinghurst M. ve Kato H., 1999, Mixed reality – merging real and virtual worlds. *Proc. International Symposium on Mixed Reality (ISMR '99)*, 261-284, 1999.
- Billinghurst, M., Kato, H. ve Poupyrev, I., 2001, The magic book-moving seamlessly between reality and virtuality. *Computer Graphics and Applications*, 21(3), 6-8.
- Bower, M., Lee, M. J. W. ve Dalgarno, B, 2016, Collaborative learning across physical and virtual worlds: Factors supporting and constraining learners in a blended reality environment. *British Journal of Educational Technology*, 48(2), 407-430.
- Caudell, T.P. ve Mizell, D.W., 1992. Augmented reality: An application of heads-up display technology to manual manufacturing processes. *Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii International Conference on System Sciences*, (January 7-10, 1992, Hawaii, USA).
- Chen, H., Feng, K., Mo, C., Cheng, S., Guo, Z. ve Huang, Y., 2011, Application of Augmented Reality in Engineering Graphics Education, *IEEE International Symposium on IT in Medicine and Education*, (December 9-11, 2011, Guangzhou, China).
- Craig, A.B., 2013, *Understanding augmented reality: concepts and applications*, Morgan Kaufmann, Amsterdam, 125-149.
- Çankaya, İ. A., 2015, Artırılmış Gerçeklik Kullanılarak Kapalı Alan Navigasyon Sisteminin iOS Platformunda Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta, Türkiye.
- Demirer, V. ve Erbaş, C., 2015, Mobil Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarının İncelenmesi ve Eğitimsel Açıdan Değerlendirilmesi, Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi.
- Dodsworth, 2010, When phones get really, really smart [online], <http://dodsworth.com/presentations> , [Ziyaret Tarihi: 17.06.2020].
- Doğan, U. Ç., 2013, A Home Decorating Application Using Augmented Reality, Master Thesis, Yasar University, İzmir, Turkey.
- Eitoku, S., Tanikawa, T. ve Suzuki, Y., 2006, Display Composed of Water Drops for Filling Space with Materialized Virtual Three-dimensional Objects, *IEEE Virtual Reality Conference (VR 2006)*, Alexandria, VA, USA, March 25-29, 2006, pp. 159-166.

- Ekici, B., 2019, Lise Fizik Ve Kimya Dersleri İçin Artırılmış Gerçeklik Uygulaması Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Düzce, Türkiye.
- Ercan M., 2010, A 3D Topological Tracking System for Augmented Reality, Master Thesis, Middle East Technical University, Graduate School of Department of Computer Engineering, Ankara, Turkey.
- Erdoğan, R. U., 2010, Design and Development of a Three Dimensional Augmented Reality System Aiming Medical and Engineering Applications, Master Thesis, Dokuz Eylül University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, İzmir, Turkey.
- Feiner, S., MacIntyre, B. ve Seligmann, D., 1993, Knowledge-based Augmented Reality. *Communications of the ACM* 36, 7, 52-62.
- Feiner, S., MacIntyre, B., Höllerer, T., ve Webster, A., 1997, A Touring Machine: Prototyping 3D mobile augmented reality systems for exploring the urban environment, *Digest of Papers. First International Symposium on Wearable Computers*, Cambridge, MA, USA, October 13-14, 1997, pp. 74-81.
- Feiner, S.K., 2002, Augmented reality: A new way of seeing, *Scientific American*, 286 (4), 48-55.
- Google, 2020, Google Glass [online], <https://www.google.com/glass/start/>, [Ziyaret Tarihi: 17.06.2020].
- Greene, K., 2006, Archaeology and technology. *A Companion to Archaeology*, 155-173.
- Grubert, J. ve Grasset, R., 2013, *Augmented Reality for Android application development: Learn how to develop advanced augmented reality applications for Android*. Birmingham: Packt Publishing Limited
- Hill, S., 2013, A look at all the Google Glass competitors in development, <http://www.digitaltrends.com/mobile/google-glass-alternatives/> (Erişim tarihi: 17.1.2015).
- Hololens, 2020, Microsoft Hololens [online], <https://www.uctoday.com/collaboration/the-future-is-now-everything-you-need-to-know-about-microsoft-hololens/>, [Ziyaret Tarihi: 17.06.2020].
- Hosch, W. L., 2020, Augmented reality, *Encyclopedia Britannica*, <https://www.britannica.com/technology/augmented-reality>, [Ziyaret Tarihi: 22.05.2020].
- Ibáñez, M. B., Di Serio, A., Villarán, D. ve Delgado-Kloos, C., 2014, Experimenting with electromagnetism using augmented reality: Impact on flow student experience and educational effectiveness, *Computers & Education*, 71, 1-13.



- Iordache, D. D., Pribeanu, C. ve Balog, A., 2012, Influence of specific AR capabilities on the learning effectiveness and efficiency, *Studies in Informatics and Control*, 21 (3), 233-240.
- İbili, E. ve Şahin, S., 2013, Software Design and Development of an Interactive 3D Geometry Book Using Augmented Reality: ARGE3D, Afyon Kocatepe University Journal of Sciences and Engineering, 13 (1), 1-8.
- Jenkins, H., Klopfer, E., Squire, K. ve Tan, P., 2003, Entering the Education Arcade, *ACM Computers in Entertainment (CIE)*, 1(1):17-17.
- Juan, M.C., Mariano A., Carlos M., Cristina B., Rosa M. B. ve Belen G., 2005, Using Augmented Reality to Treat Phobias, *IEEE Computer Graphics and Applications*, 25, 31-37.
- Julier S., Baillot Y., Lanzagorta M., Brown D. ve Rosenblum L., 2000, BARS: Battlefield augmented reality system, *NATO Symposium on Information Processing Techniques for Military Systems*, October 9-11, 2000, Istanbul, Turkey.
- Kaleci D., Demirel T. ve Akkuş, İ., 2016, Örnek Bir Artırılmış Gerçeklik Uygulaması Tasarımı, *XVIII. Akademik Bilişim Konferansı, 3-5 Şubat 2016, Aydın, Türkiye*.
- Karaman, A., 2016, Energy Efficiency Analysis of a GPS-Based Augmented Reality Application, Master Thesis, Galatasaray University, Graduate School of Science and Engineering, Department of Computer Engineering, İstanbul, Turkey.
- Kipper, G. ve Rampolla, J., 2012, *Augmented Reality: an emerging technologies guide to AR*: Elsevier.
- Kuru, M. F., 2009, A Script Based Modular Game Engine Framework for Augmented Reality Applications, Master Thesis, Middle East Technical University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Ankara, Turkey.
- Lai, Y. ve Hsu J., 2011, Development Trend Analysis of Augmented Reality System in Educational Applications, *2011 International Conference on Electrical and Control Engineering*, Yichang, September 16-18, 2011, pp. 6257-6531, doi: 10.1109/ICECENG.2011.6056941.
- Leue, M., Dieck T. D. ve Jung. T., 2014, A theoretical model of augmented reality acceptance. *E-review of Tourism Research*, 5, 1-5.
- Li, Y. B., Kang, S. P., Qiao, Z. H. ve Zhu, Q., 2008, Development Actuality and Application of Registration Technology in Augmented Reality, *2008 International Symposium on Computational Intelligence and Design*, October 17-18, 2008, Wuhan, China, Vol 2, pp. 69-74.
- Lowood, H. E., 2020, Virtual reality, *Encyclopedia Britannica*, <https://www.britannica.com/technology/virtual-reality> [Ziyaret Tarihi: 23 Mayıs 2020].

- Martín-Gutiérrez, J., Fabiani, P., Benesova, W., Meneses, M. D. ve Mora, C. E., 2015, Augmented reality to promote collaborative and autonomous learning in higher education, *Computers in Human Behavior*, Vol. 51, pp. 752-761.
- Medium, 2020, Augmented Reality (AR) brings New Dimension to Healthcare [online], <https://medium.com/swevens/augmented-reality-ar-in-healthcare-3c12bdf86a8e>, [Ziyaret Tarihi: 17.06.2020].
- Microsoft, 2020, <http://www.microsoft.com/microsoft-hololens/en-us>
- Milgram, P. ve Kishino, F., 1994, A taxonomy of mixed reality visual displays, *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*, 77 (12), 1321-1329.
- Möhring, M., Lessig C. ve Bimber O., 2004, Video see-through AR on consumer cell-phones. *Third IEEE and ACM international Symposium on Mixed and Augmented Reality*, November 5, 2004, Arlington, VA, USA, pp. 252-253.
- Oculus, 2020, Oculus Rift S: VR Uyumlu Bilgisayarlar İçin VR Başlığı [online], [https://www.oculus.com/rift-s/?locale=tr\\_TR](https://www.oculus.com/rift-s/?locale=tr_TR), [Ziyaret Tarihi: 17.06.2020].
- Özarslan, Y., 2013, Genişletilmiş gerçeklik ile zenginleştirilmiş öğrenme materyallerinin öğrenen başarısı ve memnuniyeti üzerindeki etkisi, Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.
- Özmen, Y.C. ve Balcısoy, S., 2006. A Framework for Working with Digitized Cultural Heritage Artifacts, Springer. *Lecture Notes in Computer Science* 4263: 394-400.
- Özüağ, M., 2018, Artırılmış Gerçeklik Teknolojisinin Temel Elektronik Uygulamalarında Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı Elektronik Programı, İstanbul, Türkiye.
- Patirupanusara, P., 2012, Marker-based augmented reality magic book for anatomical education, *International Conference on Computer and Communication Technologies (ICCT'2012)*, May 26-27, 2012, (pp. 136-138), Phuket, Thailand.
- Popular Science, 2015, Google Translate Adds 20 Languages to Augmented Reality App [online], <https://www.popsci.com/google-translate-adds-augmented-reality-translation-app/>, [Ziyaret Tarihi: 17.06.2020].
- Rabbi, I. ve Ullah, S., 2013, A Survey on Augmented Reality Challenges and Tracking, *Acta Graphica*, 24, 29-46.
- Radu, I., 2012, Why should my students use AR? A comparative review of the educational impacts of augmented-reality. *2012 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR)*, November 5-8, 2012, Atlanta, GA, pp. 313-314.
- Reilly, P., 1990, Towards a virtual archaeology. In *Computer Applications in Archaeology* (pp. 133-139). Oxford: British Archaeological Reports.

- Reitmayr, G. ve Schmalstieg, D., 2001, Mobile collaborative augmented reality. *Proceedings of the International Symposium on Augmented Reality*, New York, NY, USSA, October 29-30, 2001; pp. 114-123.
- Rekimoto, J., 1998, Matrix: A Realtime Object Identification and Registration Method for Augmented Reality. *Proceedings of the Third Asian Pacific Computer and Human Interaction (Cat. No.98EX110)*, Shonan Village Center, Japan, July 17, 1998, pp. 63-68.
- Roosevelt, C.H., Cobb, P., Moss, E., Olson, B.R., ve Ünlüsoy, S., 2015, Excavation in destruction digitization: advances in archaeological practice. *Journal of Field Archaeology*, 40(3), 325-346.
- Rosenberg, L. B., 1993, Virtual fixtures: Perceptual tools for telerobotic manipulation. *Proceedings of IEEE Virtual Reality Annual International Symposium*. Seattle, WA, USA, September 18-22, 1993, pp. 76-82.
- Schnabel, M. A., Wang X., Seichter H. ve Kvan T., 2007, From Virtuality to Reality and Back, *Proceedings of the International Association of Societies of Design Research 2007 (IASDR07)*. Hong Kong, November 12-15, 2007, 1-15.
- Schwald, B. ve Seibert, H., 2004, Registration tasks for a hybrid tracking system for medical augmented reality, *International Conference in Central Europe on Computer Graphic, Visualization and Computer Vision (WSCG)*, Czech Republic, January 2004, 12: 411-418.
- Sidiq, M., Lanker T. ve Makhdoomi K., 2017, Augmented Reality vs. Virtual Reality, *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, Vol. 6, Issue. 6, pg. 324-327.
- Siltanen, S., 2012, *Theory and applications of marker-based augmented reality*, VTT Technical Research Centre, Finland.
- Silva, R., Giraldi, G. ve Jauvane, C. O., 2003, *Introduction to Augmented Reality*, Technical Report: 25/2003, *National Laboratory for Scientific Computer*.
- Sutherland, I., 1968, A Head-Mounted three-dimensional display. *Fall Joint Computer Conf., Am. Federation of Information Processing Soc. (AFIPS)*, 33, 757-764.
- Szalavri Z., Eckstein E. ve Gervautz M., 1998, *Collaborative gaming in augmented reality*, VRST, Taipei, Taiwan, 195-204.
- Thomas, B., Close, B., Donoghue, J., Squires, J., De Bondi, P., Morris M., ve Piekarski, W., 2000, ARQuake: An outdoor/indoor augmented reality first person application. *Proceedings of the Fourth International Symposium on Wearable Computers*. Atlanta, Ga, USA, October 16-17, 2000, 139-146.

- Tunalı, Ü., 2015, Bilgisayar Mühendisliği Eğitiminde Artırılmış Gerçeklik Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya, Türkiye.*
- Turovsky, B., 2016, Ten years of Google Translate, *Google Translate Blog*. Retrieved December 24, 2019.
- Tülü, M. ve Yılmaz, M., 2013, Iphone ile artırılmış gerçeklik uygulamalarının eğitim alanında kullanılması. *Akdeniz Bilişim Kongresi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, 23-25 Ocak 2013.*
- Ullón, H., Zambrano, D. ve Domínguez F., 2017, Smart Objects for Engineering Labs: Boosting Exploratory Learning in Higher Education, *Twelfth Latin American Conference on Learning Technologies (LACLO)*, La Plata, Argentina, October 9-13, 2017, pp. 1-7.
- Unity, 2020, Download Unity [online], <https://unity3d.com/get-unity/download>, [Ziyaret Tarihi: 17.06.2020].
- Van-Krevelen, D. W. F. ve Poelman, R., 2010. A survey of augmented reality Technologies, applications and limitations. *International Journal of Virtual Reality*, 9(2),1.
- VRFocus, 2020, Simulator Training Enhanced with Augmented Reality [online], <https://www.vrfocus.com/2017/11/simulator-training-enhanced-with-augmented-reality/>, [Ziyaret Tarihi: 17.06.2020].
- Wikipedia, 2008, Sensorama [online], <https://en.wikipedia.org/wiki/Sensorama>, [Ziyaret Tarihi: 22.05.2020].
- Wikipedia, 2015, Google Cardboard [online], [https://en.wikipedia.org/wiki/Google\\_Cardboard](https://en.wikipedia.org/wiki/Google_Cardboard), [Ziyaret Tarihi: 17.06.2020].
- Wikipedia, 2016, HTC Vive [online], [https://en.wikipedia.org/wiki/HTC\\_Vive](https://en.wikipedia.org/wiki/HTC_Vive), [Ziyaret Tarihi: 17.06.2020].
- Wikitude, 2020, Wikitude Navigation (Turn-by-turn) [online], <https://www.wikitude.com/showcase/wikitude-navigation/>, [Ziyaret Tarihi: 17.06.2020]
- wTVision, 2020, Complete Augmented Reality Solution for Portugues League [online], <https://www.wtvision.com/en/complete-augmented-reality-solution-for-portuguese-league/>, [Ziyaret Tarihi: 17.06.2020].
- Xiao, C. ve Zhang, L.F., 2014, Implementation of Mobile Augmented Reality Based on Vuforia and Rawajali, *2014 IEEE 5th International Conference on Software Engineering and Service Science (ICSESS)*, Beijing, China, June 27-29, 2014, pp. 912-915.

- Yang, P., Wu, W., Moniri, M. ve Chibelushi, C., 2008, A sensor-based SLAM algorithm for camera tracking in virtual studio, *International Journal of Automation and Computing*, 5 (2), 152-162.
- Yen, J. C., Tsai, C. H. ve Wu, M., 2013, Augmented reality in the higher education: Students' science concept learning and academic achievement in astronomy. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 165-173.
- Yuen, S., Yaoyuneyong, G. ve Johnson, E., 2011, Augmented reality: An overview and five directions for AR in education. *Journal of Educational Technology Development and Exchange*, 4(1), 119-140.
- Yüzüak, Y., 2018, Artırılmış Gerçeklik Teknolojisi İle NMOS Elemanın Modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalı, Kocaeli, Türkiye.



**EKLER**

**EK-1** Tez kapsamında oluşturulmuş olan Temel Elektrik Devreleri eğitim kitapçığı.

**T.C.**  
**KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**MÜHENDİSLİK VE DOĞA BİLİMLERİ FAKÜLTESİ**  
**ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ**  
**TEMEL ELEKTRİK DEVRELERİ NOTU**

**Hazırlayan: Ömer Emin Çınar**

Bu ders notu, Konya Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği bölümü bünyesinde verilen Elektroteknik ve Devre Analizi derslerindeki temel devre elemanları ve elektrik devrelerinin Artırılmış Gerçeklik vasıtasıyla öğrenciler tarafından daha somut bir şekilde anlaşılması için hazırlanmıştır. Devrelerin yanındaki QR kod mobil cihazla okutulduğunda ders notundaki devrelerin 3B modelleri ve animasyonları bir menü arayüzü aracılığıyla görüntülenebilecektir.

**Artırılmış gerçeklik uygulamasını indirmek için aşağıda bulunan QR kodu akıllı cihazınız vasıtasıyla okutunuz:**



**Bu ders notu kapsamındaki konular:**

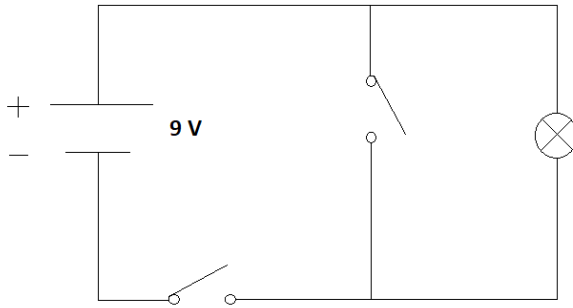
- 1) Açık Devre ve Kısa Devre
- 2) Seri Devre
- 3) Paralel Devre
- 4) RLC Devresi
- 5) Diyot ve LED Devresi
- 6) Çevre Akımları Metodu
- 7) Düğüm Gerilimleri Metodu

### 1) Açık Devre ve Kısa Devre:

**Tanım:** İki nokta arasında açık devre olması, bu noktalar arasında elektriksel bir bağlantının bulunmaması anlamına gelmektedir. Hangi voltajı uygularsak uygulayalım, aradan geçen akım sıfır olacaktır. Eğer açık devre durumunu bir dirence benzetecek olursak,  $I=V/R$  formülünde  $V$ 'nin tüm değerleri için  $I$ 'nın sıfır olması, ancak  $R$ 'nin sonsuz olduğu durumda gerçekleşir. Bu nedenle, açık devre, değeri sonsuz olan bir direnç gibi davranmaktadır.

Bir devrede iki noktanın kısa devre olması, bu iki noktanın birbiri ile direkt iletimde olduğu anlamına gelir. Bu bağlantı üzerinden ne kadar akım geçerse geçsin üzerindeki voltaj düşümü 0 olur.  $V = IR$  formülünde  $I$ 'dan bağımsız olarak  $V$ 'nin 0'a eşit olabilmesi, ancak  $R$ 'nin 0 olması ile mümkündür. Bu nedenle, kısa devre,  $0 \Omega$  değerinde bir direnç ile ifade edilebilir.

#### Örnek:



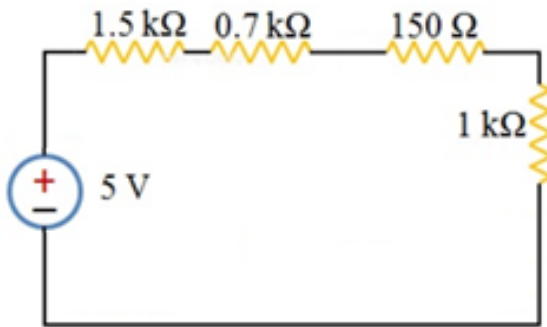
### 2) Seri Devre:

**Tanım:** İki direncin birbirine seri olması,

- yalnız birer terminallerinin bir noktada birbirine bağlı olması ve
- bu noktaya başka bir devre elemanının bağlı olmaması

anlamına gelir.

#### Örnek:

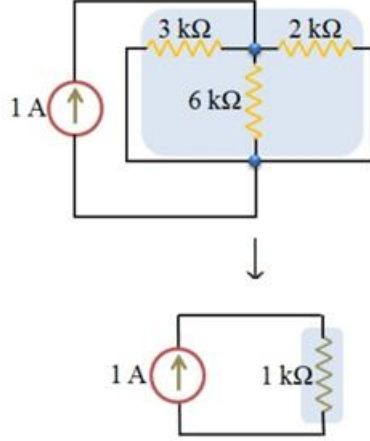


Bu devrede tüm dirençlerin seri bağlı oldukları görülmektedir.

### 3) Paralel Devre

**Tanım:** Paralel bağlı dirençlerin terminallerinin aynı iki noktaya (düğüme) bağlı olduğu devredir.

**Örnek:**



Bu devredeki dirençlerin tümü birbirine paraleldir.

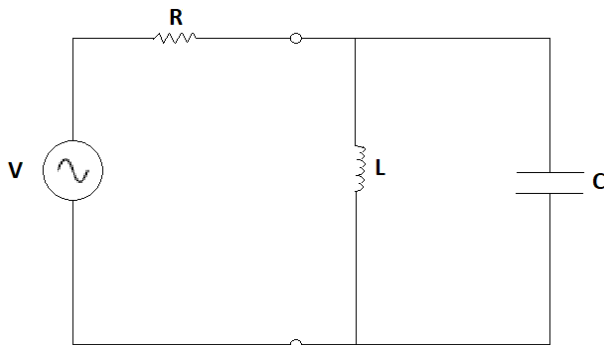
$$\begin{aligned} \frac{1}{R_{eş}} &= \frac{1}{3 \text{ k}\Omega} + \frac{1}{2 \text{ k}\Omega} + \frac{1}{6 \text{ k}\Omega} \\ &= \frac{2}{6 \text{ k}\Omega} + \frac{3}{6 \text{ k}\Omega} + \frac{1}{6 \text{ k}\Omega} = \frac{6}{6 \text{ k}\Omega} \\ &= \frac{1}{1 \text{ k}\Omega} \end{aligned}$$

$$R_{eş} = 1 \text{ k}\Omega$$

### 4) RLC Devresi

**Tanım:** RLC devresi, direnç, kapasitör ve bobinin paralel veya seri bir şekilde bağlanmasıyla oluşan bir gerilim ya da akım kaynağı tarafından beslenen bir devredir. RLC ismi direnç, kapasitör ve bobinin elektriksel sembollerinin birleştirilmesi ile oluşmuştur.

**Örnek:**

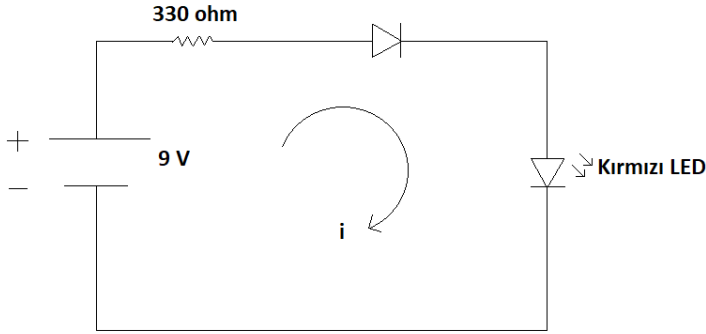




### 5) Diyot ve LED Devresi

**Tanım:** Diyot, elektrik akımının yalnızca bir yönde geçişine izin veren, yarı iletken maddelerden yapılmış iki uçlu bir devre elemanıdır. Diyotun anot ve katot olmak üzere iki bacağı bulunur. Diyotlar, akımı üzerlerinden yalnızca anottan katoda doğru iletirler.

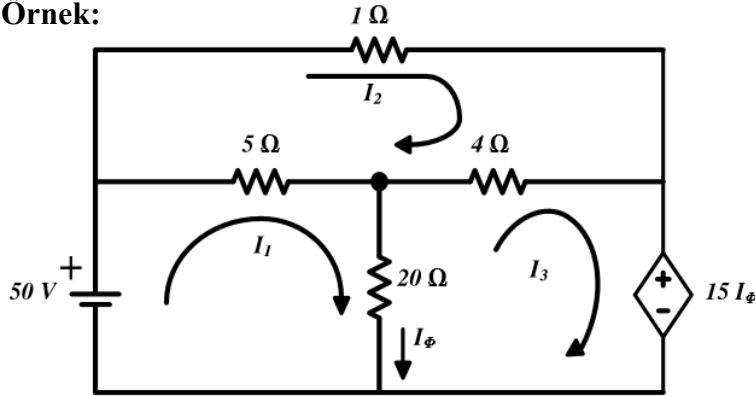
**Örnek:**



### 6) Çevre Akımları Metodu

**Tanım:** Elektrik devrelerinin çözümünde kullanılan en basit ve kolay yöntemlerden biri Çevre Akımları Yöntemidir. Bu yöntemde devrenin her bir gözü için bir çevre akımı seçilir. Gözlerden seçilen çevre akımlarına göre Kirchoff'un gerilimler denklemi, her bir göz için yazılır. Göz adedi kadar bilinmeyen çevre akımı ve denklemi bulunur. Denklem çözülerek her bir gözün çevre akımı hesaplanır. Çevre akımlarından da kol akımları kolaylıkla bulunabilir.

**Örnek:**



Devredeki 3 göze ait çevre akım denklemleri sırasıyla aşağıda ifade edilmektedir:

$$\begin{aligned} 50 &= 5(I_1 - I_2) + 20(I_1 - I_3) \\ 0 &= 5(I_2 - I_1) + 1I_2 + 4(I_2 - I_3) \\ 0 &= 20(I_3 - I_1) + 4(I_3 - I_2) + 15I_\phi \end{aligned}$$

Bağımlı voltaj kaynağını kontrol eden kol akımı, çevre akımları cinsinden ifade edilebilir:

$$I_\phi = I_1 - I_3$$

Elde edilen bu son denklem, çevre akım denklemlerine yerleştirildiğinde yeni denklemler şu şekilde olur:

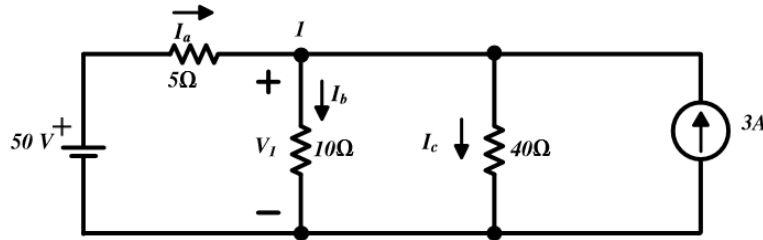
$$\begin{aligned} 50 &= 25I_1 - 5I_2 - 20I_3 \\ 0 &= -5I_1 + 10I_2 - 4I_3 \\ 0 &= -5I_1 - 4I_2 - 9I_3 \end{aligned}$$

Bu denklemlerden istenilen çevre akım değerine ulaşılabilecektir.

### 7) Düğüm Gerilimleri Metodu

**Tanım:** Düğüm Gerilimleri Metodu, temel düğümlere bir gerilim atanarak ve her düğüm için Kirchoff'un akım kanununun yazılmasını temel alan bir yöntemdir. Bu yöntemle bütün temel düğümlerdeki gerilimler hesaplanır. Bu değerler devrenin diğer noktaları için bir referans özelliği taşır. Bu değerler vasıtasıyla devrenin herhangi bir noktasından geçen akımı veya herhangi iki nokta arasındaki gerilimi hesap etmek mümkündür.

**Örnek:**



1 numaralı nokta üzerinde düğüm gerilimleri yöntemi uygulandığında V1 bulunacaktır:

$$\frac{V_1 - 50}{5} + \frac{V_1}{10} + \frac{V_1}{40} - 3 = 0$$

$$V_1 = 40 \text{ V}$$

Böylece I<sub>a</sub>, I<sub>b</sub> ve I<sub>c</sub> akımları elde edilir:

$$I_a = \frac{50 - 40}{5} = 2 \text{ A}$$

$$I_b = \frac{40}{10} = 4 \text{ A}$$

$$I_c = \frac{40}{40} = 1 \text{ A}$$

**EK-2** ARKTUNApp uygulaması için yazılmış C# arayüzü kodu.

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class menukodlar : MonoBehaviour
{
    public void sahnedensahneye(string a)
    {
        Application.LoadLevel(a);
    }
}
```



**EK-3** ARKTUNApp uygulaması için QR kod oluşturmak için yazılmış C# kodu.

```
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using System.Windows.Forms;
using MessagingToolkit.QRCode.Codec;

namespace QRBarcode
{
    public partial class Form1 : Form
    {
        public Form1()
        {
            InitializeComponent();
        }

        private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            QRCodeEncoder enc = new QRCodeEncoder();
            pictureBox1.Image = enc.Encode(textBox1.Text);
        }
    }
}
```

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : Ömer Emin ÇINAR  
**Uyruğu** : T.C.  
**Doğum Yeri ve Tarihi** : GİRESUN / 21.05.1995  
**Telefon** : 0 506 914 49 93  
**E-Posta** : omeremincinar@gmail.com

### EĞİTİM

Derece	Adı	İlçe	İl	Bitirme Yılı
Lise	: Selçuklu Anadolu Lisesi,	Selçuklu,	Konya	2013
Üniversite	: Selçuk Üniversitesi,	Selçuklu,	Konya	2018
Yüksek Lisans	: Konya Teknik Üniversitesi,	Selçuklu,	Konya	Devam Ediyor

### İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2016	İNOVA MÜHENDİSLİK MAKİNE DANIŞMANLIK SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.	Stajyer
2017	RAYENNUR ELEKTRONİK ULAŞIM ENDÜSTRİSİ SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.	Stajyer
2018	ELİMKON ELEKTRONİK	Proje Mühendisi
2019	AKIŞ MAKİNA MOTOR DÖKÜM SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.	Satış Mühendisi

### UZMANLIK ALANI

Lisans döneminde: Otonom robot tasarımı, programlanması ve gerçekleşmesi.

Yüksek lisans döneminde: Görüntü işleme, artırılmış gerçeklik ve sanal gerçeklik uygulamalarının gerçekleştirilmesi.

### YABANCI DİLLER

İngilizce (YÖKDİL: 96,25 – IELTS Akademik: 6,0)

### BURSLAR

MEB YLSY – 2019 Yurtdışı Doktora Bursu

**İLGİ ALANLARI**

Sinema filmi ve tiyatro izlemek, m¼zik dinlemek, roman ve Őir okumak, seyahat etmek, tarih araŐtırmaları yapmak.

**YAYINLAR**