



T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTRONİK PRATİĞİNE ARTIRILMIŞ GERÇEKLİĞİN UYGULANMASI

Yunus Emre KIYMAZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bilişim Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı

Ocak-2018

KONYA

Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ELEKTRONİK PRATİĞİNE ARTIRILMIŞ GERÇEKLİĞİN UYGULANMASI

Yunus Emre KIYMAZ

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Bilişim Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Murat SELEK

2018, 93 Sayfa

Jüri
Prof. Dr. Fatih BAŞÇİFTÇİ
Yrd. Doç. Dr. Murat SELEK
Yrd. Doç. Dr. Ayşe ELDEM

Tez çalışmamız Artırılmış Gerçekliğin elektronik pratiğine uygulanmasını içermektedir. Geliştirilen uygulama, tanılama tabanlı bir yapıya sahiptir. Uygulama pratik bir kullanıma sahip olan Lab-Volt temel elektronik eğitim setinde kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Bu deney seti üzerinde yapılabilen deneyler esas alınarak uygulamanın gerçekleştirilebilmesi için Unity3D platformu ve Vuforia Artırılmış Gerçeklik SDK'si kullanılmıştır. Uygulamanın geliştirilebilmesi için gerekli olan kütüphanelerin yanında, zemin için kullanılacak olan resmin düzenlenmesinde Adobe Fireworks CS6 ve objelerin tasarımında Windows 10'da hizmete sunulan 3D Builder ve Paint 3D programlarından faydalanılmıştır. Bu tasarımlara bağlı olarak yapılması planlanan her bir deney için akış diyagramları hazırlanmış ve bunlara uygun kodlar üretilmiştir. Uygulamanın içinde kullanıcı ile etkileşimi artırmak ve uygulamanın eğitici özelliğini geliştirmek için ses dosyaları ve ekranda belirtilen metinsel ifadeler kullanılmıştır. Bununla birlikte, uygulamanın Android, iOS ve Windows gibi farklı platformlarda çalışabilmesini sağlayacak olan uygulamalar Unity3D'nin çoklu platform özelliği kullanılarak tamamlanmıştır. Geliştirilen Artırılmış Gerçeklik uygulamasının öğrenci üzerindeki başarısını test etmek için 24'er kişilik iki deney grubu oluşturulmuştur. Gruplardan biri Artırılmış Gerçeklik uygulamasını kullandıktan sonra diğeri ise kullanmadan deneyleri tamamlamıştır. Deneylerin sonucunda elde edilen verilere bağlı olarak, Artırılmış Gerçeklik uygulamasını kullanan gruptaki başarının diğer gruba göre yaklaşık %25 daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Artırılmış Gerçeklik, Artırılmış Gerçeklik Kütüphaneleri, Çoklu Platform, Temel Elektronik

ABSTRACT

MS THESIS

IMPLEMENTATION OF THE AUGMENTED REALITY TO ELECTRONIC PRACTICE

Yunus Emre KIYMAZ

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN INFORMATICS TECHNOLOGY ENGINEERING

Advisor: Asst. Prof. Murat SELEK

2018, 93 Pages

Jury
Prof. Fatih BAŞÇİFTÇİ
Asst. Prof. Murat SELEK
Asst. Prof. Ayşe ELDEM

Our thesis work includes the application of the Augmented Reality to the electronic practice. The developed application has a recognition-based structure. The application has been developed for use in the basic electronic training set of Lab-Volt firm, which has a practical use. The Unity3D platform and the Vuforia Augmented Reality SDK are used to implement the application based on experiments that can be performed on this training set. In the arrangement of picture that will be used for the background, Adobe Fireworks CS6 has been used. Therewithal, 3D Builder and Paint 3D programs which are served in commonly with Windows 10 were used for the design of objects. For each experiment planned to be done depending on these designs, flow diagrams were prepared and appropriate codes were produced. The audio files and the textual expressions on the screen have been used in the application to enhance interactivity with the user and the tutorial feature of the application. However, applications that enable the application to run on different platforms such as Android, iOS and Windows have been completed by using Unity3D's multi-platform capability. To test the success of the Augmented Reality application developed, two experimental groups of 24 persons were created. One of the groups completed the experiments without using the Augmented Reality application and the other. Depending on the results obtained as a result of the experiments, it was observed that the success in the group using the Augmented Reality application was about 25% higher than in the other group.

Keywords: Augmented Reality, Augmented Reality Libraries, Basic Electronic, Multi-platform

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında Artırılmış Gerçeklik teknolojisinin elektronik pratiğine uygulanmasında farklı bir yaklaşım ortaya konmuştur. Programdaki ortam, gerçek devre ortamına mümkün olduğunca benzetilmeye çalışılmış olup, uygulamanın kullanımını bir bakıma kurulu gerçek devre işlemlerinin bir simülasyonu olarak nitelendirmek mümkündür.

Çalışmamda bana her türlü yardımcı olan, bilgilerinden faydalandığım, seçtiğim konu hakkında bana desteğini esirgemeyen değerli danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Murat SELEK'e teşekkürlerimi sunarım.

Staj yaptığım dönemden beridir çalışmaya devam ettiğim Ae Yazılım firması sahibi ve Proje Yöneticisi Sn. Ahmet BÜYÜKASLAN başta olmak üzere tüm yazılım ekibi arkadaşlarıma bana destek oldukları için teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım boyunca maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen, başta annem olmak üzere babama ve kız kardeşime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yunus Emre KIYMAZ
KONYA-2018

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÖNSÖZ ..... **vi**

İÇİNDEKİLER ..... **vii**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **ix**

1. GİRİŞ **1**

1.1. Artırılmış Gerçeklik 1
1.1.1. AG Teknolojileri 3

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **11**

3. ARTIRILMIŞ GERÇEKLİĞİN UYGULANMASI (Materyal ve Yöntem) **14**

3.1. Program ve Kütüphanelerin Kurulumu 14
3.1.1. Unity3D ve Kurulumu 14
3.1.2. Mobil Yazılım Geliştirme Kütüphaneleri 16
3.1.3. AG Kütüphanesi Vuforia SDK Kurulumu 16
3.2. Projenin Uygulanması 18
3.2.1. Projenin Oluşturulması 18
3.2.2. Scriptlerin Yazılması 22

4. ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK UYGULAMASI **24**

4.1. Artırılmış Gerçeklik Uygulanacak Deney Setinin Tanıtılması 24
4.2. Artırılmış Gerçeklik Uygulamasının Bölümleri 25
4.2.1. Delikli Montaj Paneli Tasarımı 25
4.2.2. Devre Elemanlarının Tasarımı 26
4.2.3. Prob ve Sanal Butonların Tasarımı 28
4.2.4. AG Uygulaması Kullanıcı Arayüz (UI) Tasarımı 30
4.2.5. Uygulanacak olan Deney Raporları ve AG Elektronik Devre Uygulamasında Gösterimi 31
4.2.6. Uygulamada Örnek Bir Deneyin Çalışması 36
4.2.7. Uygulamanın Çoklu Platformda (Cross-Platform) Çalışması 38

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER **41**

5.1 Sonuçlar 41
5.2 Öneriler 47

KAYNAKLAR **49**

EKLER **52**

ÖZGEÇMİŞ 84

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

R	: Döndürme matrisi
T	: Çevirme vektörü

Kısaltmalar

2B	: 2 Boyutlu
3B	: 3 Boyutlu
ACDA	: AC Devre Analizi
AE1	: Analog Elektronik 1
AE2	: Analog Elektronik 2
AG	: Artırılmış Gerçeklik
AO	: Akademik Ortalama
API	: Uygulama Programlama Arayüzü
ARGIS	: Artırılmış Gerçeklik Coğrafi Bilgi Sistemi
BJT	: Bipolar Junction Transistor
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
CPU	: Merkezi İşlem Birimi
DCDA	: DC Devre Analizi
FET	: Alan Etkili Transistör
FTR	: Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon
GPS	: Küresel Konumlama Sistemi
GUI	: Grafiksel Kullanıcı Arayüzü
HMD	: Head Mounted Display
HVS	: Human Vision System
IEEE	: Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü
IMU	: Inertial measurement unit
M.Y.O.	: Meslek Yüksek Okulu
NASA	: Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi
OHA	: Open Handset Alliance
OS	: İşletim Sistemi
PC	: Kişisel Bilgisayar
PDA	: Kişisel Veri Yardımcısı
PTC	: Parametric Technology Corporation
RAM	: Rastgele Erişimli Hafıza
SAR	: Konumsal Artırılmış Gerçeklik
SDK	: Yazılım Geliştirme Kiti
SE	: Sayısal Elektronik
SfM	: Hareket Tabanlı Yapısal Algılama
SG	: Sanal Gerçeklik
SLAM	: Eş Zamanlı Konum Belirleme ve Haritalama
ST	: Sayısal Tasarım
UI	: Kullanıcı Arayüzü
UWP	: Evrensel Windows Platformu

1. GİRİŞ

Yapılan araştırmalar, gelişen teknolojik yenilikler yardımıyla farklı öğrenme ortamlarının geliştirilmesini sağlamıştır. Bu yöntemlerden biri olan artırılmış gerçeklik, sanalı başka bir deyişle dijital bilgiyi gerçek ortama (dünyaya) taşımayı sağlayan ortamlarıdır.

Sanal ve gerçek ortamları adlandırmak için kullanılan bazı ifadeler, artırılmış gerçekliğin anlaşılmasını zorlaştırmıştır. Milgram 1994 yılında bu durumu incelemek amacıyla bir çalışma gerçekleştirmiş ve yapmış olduğu incelemelere bağlı olarak sanal ve gerçek ortamlar arasındaki aralığın karışık gerçeklik ortamı olarak ifade edilebileceğini öne sürmüştür. Buna göre karışık gerçekliğin, artırılmış gerçekliği ve artırılmış sanallığı içine aldığını ifade etmektedir (Milgram ve Kishino, 1994). Şekil 1.1 de gösterildiği gibi karışık gerçeklik aralığında iki farklı ortam için bir birleşim noktası seçildiğinde, bu noktanın gerçek ortama yakın olması artırılmış gerçeklik olarak adlandırılmakta, sanal ortama yakın olması ise artırılmış sanallık olarak adlandırılmaktadır.



Şekil 1.1. Milgram'ın gerçeklik-sanallık süreci (Carmigniani ve ark., 2011)

1.1. Artırılmış Gerçeklik

Artırılmış Gerçeklik (AG), gerçek dünyadaki ortam ve içeriğinin bilgisayar sistemi tarafından üretilen görüntü, grafik, ses ve GPS verileriyle zenginleştirilerek ortaya konan canlı, doğrudan veya dolaylı fiziksel görünümdür. Yani bilgisayar tarafından gerçeklik yükseltilir (Wikipedia, 2017).

Bilgisayar sistemi ile desteklenen bu zenginleştirme, uygulamanın çalıştırılması ile aynı anda gerçekleşmekte olup çevredeki materyaller (canlı, cansız nesneler) ile etkileşim içindedir.

AG teknolojisi Ivan Sutherland ve öğrencilerinin Harvard ve Utah üniversitelerinde bilgisayar grafikleri üzerine başlattıkları araştırmaların 1970'li yıllarda sonuçlandırılmasıyla ortaya çıkmıştır. 70'li ve 80'li yıllarda az sayıda araştırmacı NASA,

ABD Hava Kuvvetleri ve Kuzey Carolina Üniversitesinde AG eğitimi almıştır, akabinde bu teknoloji, 90'lı yıllardan itibaren yaygınlaşarak daha geniş kesime ulaşmıştır (Feiner, 2002). AG teknolojisi, çeşitli programlar ve donanımlar yardımıyla insanların gerçek dünya ortamı üzerine yerleştirilen sanal (virtual) nesneler ile etkileşime girdikleri kısımdır. Milgram ve Kishino'nun yapmış olduğu sınıflandırmaya göre gerçek dünya ortamına entegre edilen sanal objelerle elde edilen gerçeklik durumudur (Milgram ve Kishino, 1994). Azuma'ya göre ise AG, sanal gerçekliğin (virtual reality) bir türevi olmakla birlikte gerçekliğin baştan oluşturulduğu değil, var olan gerçekliğin desteklendiği sanal ortamlardır. Azuma aynı şekilde AG'in üç karakteristik özelliğinden bahsetmektedir. Birincisi gerçek ve sanal ortamların birleştirilmesi, ikincisi gerçek zamanda interaktif olması son olarak 3 boyut (3B) desteğinin olması gerektiğini söylemektedir (Azuma, 1997). AG ortamlarında sanal ve gerçek nesneler bir araya getirilerek kullanıcılara uyum içerisinde sunulmaktadır. Diğer bir deyişle AG, gerçek dünyanın etkilenmesine sebep olmadan, kullanıcıların gerçek dünya ile etkileşim durumundayken sanal nesnelerle de etkileşime girdiği sanal gerçeklik (SG) uygulamasıdır (Zhu ve ark., 2004). Sanal ve gerçek dünya arasında bulunan ve her iki ortamın özelliklerini içerebilen etkileşimli bir ortamın oluşturulmasıdır. Bu etkileşimli ortamın oluşturulması için AG teknolojisi kullanılır (Klopfer ve Squire, 2008; Bronack, 2011). Özet olarak AG, gerçek dünya ortamının çeşitli teknolojik aletler ile görüntülenmesi sürecinde sanal objeler ile zenginleştirilmesi olarak yorumlanabilir (Demirer ve Erbaş, 2015).

Teknolojideki gelişmelerle birlikte eğitim, askeri, tasarım, spor, sağlık vb. birçok alanda AG uygulamaları kullanılmaktadır. 2004 yılından itibaren düzenli olarak yayınlanan Horizon raporunda kısa, orta ve uzun vadede eğitimi etkileyecek en olası eğitim teknolojileri tahmin edilmeye çalışılmaktadır. AG teknolojisi 2008 yılından itibaren ümit vadeden eğitim teknolojileri arasında görülmüştür (İbili ve Şahin, 2013).

AG, farklı alanlarda ve farklı platformlarda kullanılmak üzere birkaç çeşidi mevcuttur. Yansıtma tabanlı AG programı ile akıllı telefonlar geliştirilmekte, temel olarak barındırdığı AG fonksiyonları ile obje üzerine yansıtma tekniğini kullanmaktadır. Tanılama tabanlı AG ise objelere odaklanıp, objeler ile ilgili bilgileri sunan bir yapı oluşturur. Konum tabanlı AG, AG alanında en sık kullanılan uygulama çeşitlerinden biri olmakla birlikte akıllı telefon ve tabletler ile olan kolay uyumu, içerdiği özellikleri sayesinde konum belirlenebilmektedir. Anahat tabanlı AG uygulamaları kamerayı farklı açılardan kullanması akabinde bazı anahatlar çizer ve kullanıcıyı bilgilendirir. Çoklu

ortam tabanlı tam konumlandırılmış AG, işaretleyici olarak belirlenen objenin üzerine, 3B olarak gösterilecek nesnenin işaretleyicinin üzerine tam konumlanmış olarak gösterilmesi ve çoklu ortam objeleri ile zenginleştirmesidir (Kaleci ve ark., 2016).

1.1.1. AG Teknolojileri

Bu kısımda sırasıyla AG teknolojilerinden bilgisayarlı görme metotları ve cihazlarından bahsedilmiştir.

1.1.1.1. AG'de Bilgisayarlı Görme Metotları

Bilgisayarlı görme, aynı bakış açısında bulunan kameralardan alınan gerçek sahne görüntülerinden 3B nesneler oluşturur. AG görüntü kaydı, çoğunlukla video izleme ile ilgili bilgisayar görmesinin farklı bir yöntemini kullanır. Bu metot genellikle izleme ve yeniden oluşturma/tanıma olarak iki kısımdan oluşur. İlk olarak referans belirteçleri, optik görüntüler veya ilgili noktalar kamera görüntülerinde tespit edilir. İzleme, kamera görüntülerini yorumlamak için özellik algılama, kenar algılama veya diğer görüntü işleme yöntemlerini kullanabilir (Carmigniani ve ark., 2011). Bilgisayarlı görmede kullanılabilir izleme teknikleri genellikle, özellik tabanlı ve model tabanlı olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır (Zhou ve ark., 2008). Özellik tabanlı yöntemler, 2 boyutlu (2B) görüntü özellikleri ve onların 3 boyutlu dünya çerçeve koordinatları arasındaki bağlantıların ortaya çıkarılmasını içermektedir. Model tabanlı yöntemler, objelerin ayırt edici özellikleri temelinde 2B şablonları veya CAD modelleri gibi izlenen objelerin özelliklerinin modellenmesinden yararlanır. 2B görüntü ve 3B dünya çerçevesi arasında bir bağlantı yapıldıktan sonra, onların 2B özelliklerine karşılık gelen mesafenin minimize edilmesiyle, özelliğin 3B koordinatlarını gözlemlenen 2B görüntü koordinatlarına yansıtarak kamera pozunu bulmak mümkündür. Yeniden yapılandırma/tanıma aşaması gerçek bir dünya koordinat sistemini yeniden oluşturmak için birinci aşamadan elde edilen verileri kullanmaktadır. Kalibre edilmiş bir kamera ve bir perspektif yansıtma modeli varsayıldığında, eğer bir nokta kamera koordinat çerçevesinde $(x,y,z)^T$ koordinatlarına sahip ise onun görüntü düzlemi üzerindeki yansıması $(x/z,y/z,1)^T$'dir.

Nokta kısıtlamaları içinde, Şekil 1.2 de gösterildiği gibi dünya koordinat sistemi W (World) ve 2B görüntü koordinat sistemi olmak üzere iki temel koordinat sistemine sahibiz. $p_i(x_i,y_i,z_i)^T$, dünya çerçeve koordinatında 3 boyutlu eş doğrusal olmayan referans

noktalarının oluşturduğu bir dizi olsun, burada i=1,…..,n dir. $q_i(xi', yi', zi')^T$ ise kamera-uzay koordinatlarına karşılık gelen bir dizi olsun. p_i ve q_i, Denklem 1.1 de dönüşüm formülü ile ilişkilendirilmektedir.

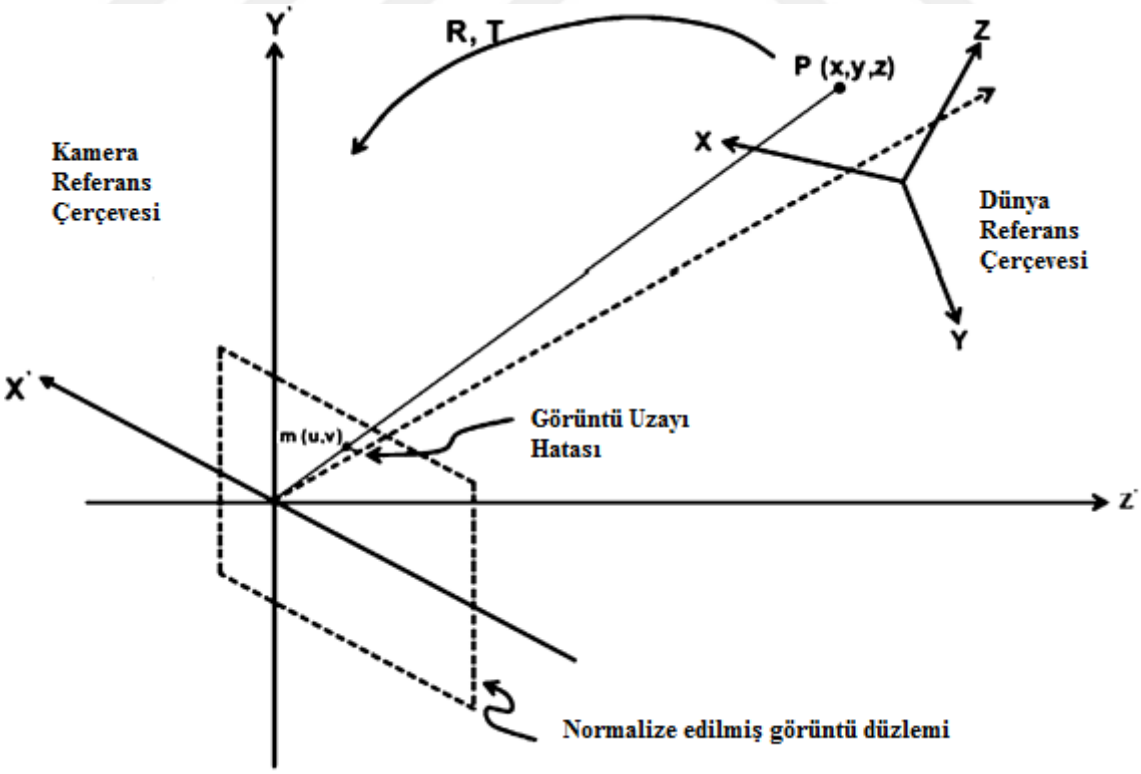
$$q_i = Rp_i + T \tag{1.1}$$

$$R = \begin{pmatrix} r_1^T \\ r_2^T \\ r_3^T \end{pmatrix} \text{ ve } T = \begin{pmatrix} t_x \\ t_y \\ t_z \end{pmatrix} \tag{1.2}$$

Denklem 1.2 de *R* döndürme matrisi ve *T* çevirme vektörüdür.

Normalleştirilmiş görüntü düzlemi üzerindeki p_i'nin yansıması olan görüntü noktasını $h_i\,(u_i,v_i,1)^T$ olarak alalım. Pinhole kamera kullanılarak h_i ve P_i arasındaki ilişkiyi sağlayan eş doğrusallık eşitliği Denklem 1.3 te verilmektedir.

$$h_i = \frac{1}{r_3^T p_i + t_z}(Rp_i + T) \tag{1.3}$$



Şekil 1.2. Kamera için nokta kısıtlamaları sorununun uyarlandığı poz (Ababsa ve Mallem, 2008)

Görüntü uzayı hatası 3B referans noktaları, onların 2B çıkartılmış görüntü noktaları, kamera poz parametreleri ve nokta kısıtlamaları arasındaki ilişkiyi vermektedir. Görüntü uzayı hatası Denklem 1.4 te verilmiştir.

$$E_i^p = \sqrt{\left(\hat{u}_i - \frac{r_1^T p_i + t_x}{r_3^T p_i + t_z}\right)^2 + \left(\hat{v}_i - \frac{r_2^T p_i + t_y}{r_3^T p_i + t_z}\right)^2} \quad (1.4)$$

Burada $\hat{m}_i(\hat{u}_i, \hat{v}_i, 1)^T$ gözlenen görüntü noktalarıdır.

Bazı yöntemler bilinen 3B geometrili çevre ya da nesnelerdeki referans belirteçlerin varlığını varsayar ve bu verilerden faydalanır. Diğerleri ise önceden hesaplanmış 3B yapılı sahneye sahiptir (Huang ve ark. (2009)). Ancak cihazın sabit olması ve yerinin bilinmesi gerekmektedir. Tüm sahne önceden bilinmiyorsa, haritalama referans belirteçleri veya 3B model göreceli pozisyonları için eşzamanlı konum belirleme ve haritalama (SLAM) tekniği kullanılmaktadır. Sahnenin 3B geometrisi hakkında hiçbir varsayım yapılmaması durumunda, hareket tabanlı yapısal algılama (SfM) yöntemi kullanılır. SfM yöntemi özellik noktası izleme ve kamera parametre tahmini olmak üzere iki kısma ayrılmaktadır.

AG izleme yöntemleri, genelde AG sistemin tipi kadar bilgilendirecek olan AG cihazının çevre tipine de bağlıdır. Çevre iç ortam, dış ortam veya ikisinin kombinasyonu olabilir. Benzer şekilde sistem hareketli veya sabit olabilir. Örneğin AG cihazı gerçek bir dış ortam için sabit bir pozisyonda ise hareketler bütünüyle mekanik olacağı için geliştirciler mekanik bir izleme sistemi kullanabilir. Çevre ve sistemin bu tipi artırılmış çevreler için çevrenin izlemesini daha da kolaylaştırıyor. Diğer bir deyişle AG cihazı mobil ve açık bir ortam için tasarlanmış ise, izleme daha da zorlaşır ve bu farklı tekniklerin bazı avantaj ve dezavantajlara sahip olmasına sebep olur. Örneğin, Nilsson ve ark. (2010) AG kullanarak otomotiv çarpışma kaçınması için yaya algılama sistemini tasarladılar. Onların tasarladığı sistem mobil ve açık alan içindir. Amaç, bilinmeyen bir çevredeki hareketli bir kamera durumunda bilgisayarlı görme için problem görüntü ve ardışıl sensör verisi kullanarak hem sahnenin yapısını hem de kameranın hareketini yeniden yapılandırmaktır. Bu durumda sahnenin 3B geometrisi hakkında hiçbir varsayım yapılmamış ise, sahneyi yeniden yapılandırmak için SfM yöntemi kullanılır.

Geliştiriciler aynı zamanda "ARToolKit" gibi mevcut AG kütüphanelerinden faydalanabilir. Nara Bilim ve Teknoloji Enstitüsü' de Kato ve ark. (2000) tarafından 1999

yılında geliştirilen ve Washington Üniversitesi HIT Lab tarafından, kullanıcıya yönelik AG uygulamaları oluşturmak için bir bilgisayar görme takip kütüphanesi olan ARToolKit, ücretsiz olarak dağıtılmaktadır. Kütüphane, fiziksel işaretlere göre gerçek kamera pozisyonu ve yönelimini gerçek zamanda hesaplamak için video izleme yeteneğine sahiptir. Gerçek kamera pozisyonu bilindikten sonra, sanal bir kamera aynı pozisyona yerleştirilebilir ve 3B bilgisayar grafik modeli işaretleride kapsayacak şekilde çizilebilir. ARToolKit'in genişletilmiş sürümü ARToolKitPlus'tır. Ancak uzun zamandır geliştirilmemektedir. Alternatif olarak "Studierstube Tracker" kullanılmaktadır.

Studierstube Tracker'ın kavramları ARToolKitPlus'a çok benzer; fakat onun kod tabanı tamamen farklı ve açık kaynak kodlu olmaması nedeniyle internetten indirmek mümkün değildir. Onun bellek gereksinimlerinin çok düşük olması ve çok hızlı işlemesinin yanı sıra PC'ler kadar Studierstube ES'li cep telefonlarını da desteklemektedir. Studierstube Tracker son derece modülerdir; geliştiriciler yeni özellikler oluşturarak genişletebilirler. Studierstube ilk sunulduğunda, tasarımcılar çoklu kullanıcı arayüz boyutlarını köprülemek için işbirlikçi artırılmış gerçeklik kullanan bir kullanıcı arayüzü fikrine sahipti.

Görsel izleme birçok şeyi tanıma ve izleme yeteneğine sahip olmasına rağmen, çoğunlukla GPS ve ivmeölçer gibi diğer tekniklere yer vermektedir. Örneğin, bir bilgisayar için bir arabayı tanımak ve tespit etmek oldukça zordur. Birçok arabanın yüzeyi hem parlak ve hemde pürüzsüzdür. Dolayısıyla yansımalardan gelen özellik noktalarının çoğu poz tahmini için hatta tanıma için pek uygun değildir. Pencere köşeleri veya tekerlekler gibi tanımayı sağlayacak birkaç sabit özellik olsa bile yansımalar ve şeffaf parçalar nedeniyle eşleşmesi oldukça zordur.

Bu örnek biraz aşırı olmakla birlikte, gıdalar, çiçekler ve sanatsal objeler gibi düzensiz şekillere sahip çoğu nesnelere karşı bilgisayar görmede karşılaşılan zorlukları ve güçlükleri daha iyi anlamamızı sağlamaktadır.

Görsel izlemedeki gelişmeler için yeni bir yaklaşım da insan görme sistemi (Human Vision System-HVS) olarak ta adlandırılan insan beyninin nesneleri nasıl tanıdığını incelemek olmuştur. İnsan beyninin nesneleri tanıma yolu modellenebilirse, bilgisayar görmesi şu anda karşı karşıya olduğu zorlukları aşabilecek ve ilerlemeye devam edebilecektir.

1.1.1.2. AG cihazları

AG için temel cihazlar; ekranlar, giriş aygıtları, izleme cihazları ve bilgisayarlardır.

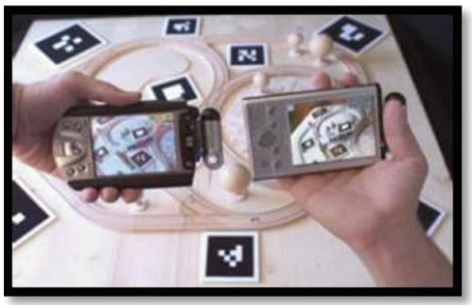
Ekranlar

AG'de kullanılan ekran için farklı ekran tipleri mevcuttur. Bunlar kasklı ekranlar (Head Mounted Display-HMD), elde taşınabilir ekranlar ve konumsal ekranlar olarak sıralanabilir.

HMD, baş üzerinde veya bir kask parçası olarak ve kullanıcının bakış açılarına göre gerçek ortam üzerinde yer alan hem gerçek hem de sanal ortam görüntülerin bulunduğu giyilebilen görüntü aygıtıdır. Şekil 1.3 te örnek bir HMD tipi verilmiştir. HMD, video görme sistemi, optik görme sistemi veya tek gözlü veya çift gözlü optik ekran olabilir. Optik görme sistemleri (Optical-see-through), kullanıcının gözünden yansıyacak olan bilgiyi kapsayacak şekilde, gerçek ortam görüntülerinin lens içinden geçmesine izin veren yarım gümüş ayna teknolojisini kullanmaktadır. Video görme sistemlerinde ise kullanıcıların kafasına iki kamera takmaları ve her iki kameranın işlenerek büyütülmüş sahnenin "gerçek kısmı" nı ve sanal nesnelerin her ikisini de sağlamak için işleme tabi tutmaları gerektirdiğinden, video görme sistemleri optik görme sistemlerine göre daha zorlayıcıdır. Öte yandan, video görme sisteminde, artırılmış görüş bilgisayar tarafından oluşturulur ve sonuç üzerinde daha fazla kontrol sağlar. Böylece gerçek sahne zamanlaması üzerindeki kontrol, sahne ile sanal görüntünün senkronize edilmesiyle görüntülenmeden önce başarılabilir. Optik görme sisteminde ise gerçek dünya görüntüsü geciktirilemediği için zaman gecikmesi kullanıcı tarafından algılanabilir. Bu bazı durumlarda gerçek objelerin görünmediği görüntülerle sonuçlanabilir.



Şekil 1.3. HMD formu (Reitmayr ve Schmalstieg, 2003)



Şekil 1.4. Elde taşınabilir ekran formu (Wagner ve Schmalstieg, 2006)

Elde taşınabilir ekranlar, kullanıcının elinde Şekil 1.4 te gösterildiği gibi tutabileceği bir ekranın bulunduğu küçük bilgisayar cihazları kullanır. Onlar gerçek çevre üzerindeki grafikleri kapsayacak video görme sistemini ve dijital pusula veya GPS birimleri gibi sensörleri kullanıyor. Elde taşınabilir ekranların artırılmış gerçeklikte ticari olarak kullanılabilen akıllı telefon, PDA ve Tablet PC'ler olmak üzere 3 ayrı tipi bulunmaktadır. Akıllı telefonlar taşınabilir ve son derece yaygındır. Güçlü CPU, kamera, ivmeölçer, GPS ve katı hal pusulası gibi yeni teknolojilerin birlikte kullanılması onları AG için çok umut verici bir platform haline getirmiştir. Ancak, küçük ekran boyutundan dolayı 3B ara yüz kullanıcıları için ideal olmaktan biraz uzaktır. PDA'lar, akıllı telefonlara göre aynı avantaj ve dezavantajları daha fazla içermektedir. Ancak Android tabanlı telefonlar ve iPhone'lar ile en son gelişmelerden bu yana PDA'lar akıllı telefonlara göre daha az talep görmektedir. Tablet PC'ler, akıllı telefonlardan çok daha güçlü, ancak daha pahalı ve tek elle kullanım için çok ağır ve hatta uzun süreli kullanım için iki elle tutulmaktadır. Ancak, iPad ve Android tabletlerin güncel sürümü ile Tablet PC'ler, avuç içi AG ekranlar için umut verici bir platform hale gelmiştir.



Şekil 1.5. SAR formu (Carmigniani ve ark., 2011)

Konumsal Artırılmış Gerçeklik (SAR), Şekil 1.5 te de gösterildiği gibi bir kullanıcının ekranı taşımaya veya giymesine gerek kalmaksızın doğrudan fiziksel objelerin üzerinde grafiksel bilgiyi görüntülemek için video projektörler, optik elemanlar, hologramlar, radyo frekansı etiketleri ve diğer izleme teknolojilerini kullanmaktadır. Konumsal ekranlar teknolojinin büyük bir kısmını kullanıcıdan ayırıyor ve onu çevre ile bütünleştiriyor. Bu, SAR'ın kullanıcılar arasında işbirliği yapabilmesine ve doğal olarak daha çok sayıda kullanıcıdan oluşan grupların SAR'ı kullanabilmesine izin veriyor. Buna bağlı olarak üniversitelerde, laboratuvarlarda, müzelerde ve sanat topluluklarında SAR'a olan ilgi artmaktadır.

Çevreye olan katkılarına göre video görme, optik görme ve doğrudan artırma şeklinde 3 farklı yaklaşım vardır. SAR'da, taşınabilir özelliğe sahip olmayan ekran tabanlı video görme monitörler maliyeti olumlu etkilemesinden, kullanıma hazır bileşenler ve standart bir PC donanımının yeterli olmasından dolayı en yaygın olanıdır. Konumsal optik görme ekranlar fiziksel çevredeki sıralanmış olan objelerin görüntülerini üretmektedir. Düz veya eğri aynalı ışın bölücüler, geçiren ekranlar veya optik hologramlar gibi konumsal optik birleştiriciler bu tip ekranların temel bileşenleridir. Ancak ekran tabanlı video görme, konumsal optik görme ve benzerleri konumsal olarak dizilmiş optikleri ve ekran teknolojisinden dolayı hareketli uygulamaları destekleyememektedir. Sonuç olarak projektör tabanlı konumsal ekranlar fiziksel objelerin yüzeylerine proje görüntülerini doğrudan ön projeksiyon olarak uygulayabilmektedir.

Son olarak, Çizelge 1.1 de ekran tiplerinin avantaj ve dezavantajları gösterilmiştir.

Giriş Aygıtları

AG sistemlerinin giriş aygıtları için birçok türü vardır. Reitmayr ve Schmalstieg (2003) mobil artırılmış sistemi gibi bazı sistemler eldiven kullanmaktadır. ReachMedia gibi diğerleri, kablosuz bileklik kullanmaktadır. Akıllı telefonun kendisi, bir işaret aygıtı olarak kullanılabilir; örneğin, Google Gökyüzü Haritası Android telefon kullanıcısı adını öğrenmek istiyorsa yıldızlar ya da gezegenler yönünde/telefonun noktasını belirtir. Seçilen giriş aygıtları, büyük oranda seçilen ekran için geliştirilmiş olan sistemin uygulama tipine bağlıdır.

Takip

Takip cihazları dijital kameralar ve/veya diğer optik sensörler, GPS, ivmeölçer, katı hal pusula, kablosuz alıcılar vb. cihazlardan oluşmaktadır. Bu cihazların herbiri farklı doğruluk seviyesine sahiptir ve büyük oranda geliştirilen sistemin tipine bağlıdır. AG de genel olarak takip teknolojisinin mekanik algılama, manyetik algılama, GPS, ultrasonik, atalet ve optiklerden oluştuğu ifade edilmektedir (Li ve ark., 2008).

Bilgisayarlar

AG sistemleri kamera görüntülerini işlemek için güçlü bir CPU ve önemli miktarda RAM gerektirmektedir (Carmigniani ve ark., 2011). Şimdiye kadar, mobil bilgisayar sistemlerinde sırt çantası şeklinde bir dizüstü bilgisayar kullanılmaktaydı, ancak akıllı telefon teknolojilerinin ve iPad vb. cihazların yükselişiyle, sırt çantası yapısındaki dizüstü bilgisayarların yerini hızlı bir şekilde daha hafif ve daha karmaşık sistemler almaya başlamıştır (Carmigniani ve ark., 2011). Sabit sistemler güçlü bir grafik kartı ile geleneksel iş istasyonunu kullanabilir (Carmigniani ve ark., 2011).

Çizelge 1.1. Farklı görüntüleme türleri için farklı tekniklerin 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. Gerçek ortamda daha doğal algılama sağlamaktadır.	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.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Neumann ve You (1999) yaptıkları çalışmada video görüntülerindeki doğal özellikleri algılamak için güçlü bilgisayar görme yöntemleri geliştirmişlerdir.

Santoso ve Gook (2012) yaptıkları çalışmada 1986 yılında piyasaya sürülen ARkanoid oyununu AG teknolojisini kullanarak yeniden geliştirmişlerdir.

Billinghurst ve Dunser (2012) yaptıkları çalışmada eğitim ortamında AG deneyimlerinin değerlendirilmesi, bu teknolojinin geleneksel öğrenme modellerini nasıl geliştirebileceği ve daha geniş kullanım yolunda hangi engellerin kaldığı konusunda fikir vermesini amaçlamışlardır.

İbili ve Şahin (2013) yaptıkları çalışmada 6. Sınıf Matematik kitabının geometrik cisimler ünitesinde yer alan üç boyutlu çizimleri AG teknolojisini kullanarak 3B geometri kitabı programı yapmışlardır.

Zarzuela ve ark. (2013) yaptıkları çalışmada çocuklar ve engelli kişiler için AG tabanlı hayvanat bahçesine dayalı bir 3B oyun tasarlamışlardır. Bu uygulama sayesinde kullanıcılar belirli bir konuya (hayvan örneği) ilişkin bilgilerini güçlendirmeyi amaçlamışlardır.

Ibáñez ve ark. (2014) yaptıkları çalışmada AG öğrenme uygulamasının öğrencilerin seviyelerini ve öğrenme etkinliklerini ne derecede etkilediğini değerlendirmişlerdir.

Kim ve ark. (2014) yaptıkları çalışmada çocuklukta obezite ile mücadele etmek adına "Kalori ile Savaş" egzersiz (Calory Battle AR) mobil AG programı yapmışlardır.

Xiao ve Zhang (2014) Vuforia ve Rawajali ile mobil AG uygulanması yapmayı amaçlamışlardır. Yaptıkları çalışmadaki uygulama çerçevesinde sistem temel sınıfının işlevi ve uygulama iş akışı önerilmiştir. Test sonucu, projenin güçlü kullanılabilirlik ve uygulanabilirliğe sahip olduğunu göstermiştir.

Amin (2015) yaptıkları çalışmada AG uygulamaları oluşturmak için kullanılabilen çeşitli artırılmış gerçeklik yazılım geliştirme kitlerini (SDK'ler) karşılaştırmışlardır. Makale, AG'nin SG'ten nasıl farklı olduğunu ve AG sisteminin çalışması ve AG'de kullanılan farklı izleme türlerini açıklamıştır.

Demirer ve Erbaş (2015) yaptıkları çalışmada kullanılan bazı AG uygulamalarını eğitim açısından değerlendirmişlerdir. Mobil sistemlerle olan uyumluluklarını, telefon ve tablet gibi cihazlardaki çalışma performanslarını incelemişlerdir.

Erdoğan ve Ekenel (2015) yaptıkları çalışmada FTR (fizik tedavi) hastalarına yönelik egzersiz amaçlı da kullanılabilen SG tabanlı bir oyun tasarlamışlardır.

Suenaga ve ark. (2015) yaptıkları çalışmada oral ve maksillofasiyal cerrahide stereo görmeyi kullanan ve marker (işaretleyici) kullanmadan kayıt sistemi sağlayan AG navigasyon sisteminin kullanımını değerlendirmişlerdir.

Chung ve ark. (2015) yaptıkları çalışma, turistlerin inanışlarının ve AG'i kullanma tutumlarının, AG'i kullanma niyetlerini ve hedef ziyaret isteklerini ne kadar etkilediğinin yanısıra AG'nin hayati olan faktörlerini de kavramsal olarak incelemektedir.

Kysela ve Štorková (2015) yaptıkları çalışmada eğitimde yeni medyanın kullanımı tartışılmış ve yeni fırsatlar göstermişlerdir. Özellikle turizm ve tarihte AG teknolojisinin kullanılmasıyla ilgili riskler de bulunduğundan söz etmişlerdir.

Jung ve ark. (2015) yaptıkları çalışmada kullanıcıların memnuniyetini ve marker (işaretleyici) tabanlı AG uygulamalarını önerme niyetini test etmek amacıyla kalite modeli kullanmışlardır. Süreç teorisini uygulayarak aynı zamanda Güney Kore'nin Jeju Adası'ndaki bir tema parkını ziyaret eden yüksek ve düşük yenilikçi gruplar arasındaki yapı farklılıklarını araştırmışlardır.

Martín-Gutiérrez ve ark. (2015) yaptıkları çalışmada yükseköğretimde kitaplara dayanan geleneksel öğrenme yaklaşımına alternatif olarak AG teknolojisini işbirlikçi öğrenme tekniğini temel alıp elektrik mühendisliği derecesindeki öğrencilere yönelik elektrik makineleri dersindeki öğrenme süreçlerini birleştiren bir çalışma sunmuşlardır.

Yew ve ark. (2016), yaptıkları çalışmada, fiziksel ortamda kullanıcıların standart olarak yaptıkları kâğıt ve bilgisayar tabanlı görevlerin yerini alan farklı bir AG tabanlı üretim sistemi önermişlerdir. Bu amaçla, işçilerin gerçek çalışma ortamı içinde, onların çalışma ortamlarını algılamalarını sağlayacak şekilde tasarlanmış olan bir artırılmış grafik arayüz (GUI) ile akıllı nesneler olarak, etkileşimli nesneler kullanılmaktadır.

Akcayir ve ark. (2016), yaptıkları çalışmada üniversite öğrencilerinin laboratuvar becerileri ve laboratuvarlarına yönelik tutumları üzerine fen laboratuvarlarında AG teknolojilerinin kullanımının etkilerini araştırmışlardır. Yarı deneysel ön test / son test kontrol gruplu tasarım kullanılmıştır. Katılımcılar, 18 ila 20 yaşında 76 kişiden oluşan birinci sınıf üniversite öğrencileridir. Bu öğrenciler, deney ve kontrol grubu olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Nitel ve nicel veri toplama araçları kullanılmıştır. 5 haftalık uygulama sonrasında elde edilen deneysel sonuçlar AG teknolojisinin önemli ölçüde üniversite öğrencilerinin laboratuvar becerilerinin gelişimini arttırdığını ortaya koymuştur.

Huang ve ark. (2016), yaptıkları çalışmada; dış ortamdaki çalışma verimliliği ve kayıt doğruluğunu geliştirmek için 3B CBS'ni AG sisteminden faydalanarak sunmaktadır. Bu birleşik sistem ARGIS (Artırılmış Gerçeklik Coğrafi Bilgi Sistemi) olarak adlandırılmaktadır. İlk olarak, GPS ve IMU sensörlerinden elde edilen pozisyon verileri ve 3B sanal CBS nesneleri kullanılarak bir kayıt işlemi gerçekleştirilmektedir. Sonra, elde taşınabilir bir cihaz yardımıyla, kullanıcılar 3B koordinat dönüşümü temelinde dış ortamın 3B kaydını kesin olarak gerçekleştirmektedir.

Javornik (2016) yaptığı çalışmada, pazarlama kanallarında AG kulanımı ile ilgili tüketici davranışlarını inceleyen ve interaktif teknolojiler ile onların tüketici davranışlarına etkisi hakkında ön bilgi oluşturmayı amaçlayan bir araştırma gerçekleştirmiştir.

Chen ve ark. (2016) yaptıkları çalışmada, AndAR sisteminin modüler yapısı, kütüphane içeriği ve işlevselliği üzerinde durmuştur.

Marchand ve ark. (2016) yaptıkları araştırmada, son yıllarda önerilen genişletilmiş birkaç inceleme ile birlikte, görüş temelli kamera yer belirlemesine karar veren önemli yaklaşımları da ele alan bir derleme sunmaktadır. Çalışmada sunulan yaklaşımların çoğu için, kısa örnek kodlara bağlantılar da sunmaktadırlar. Bu çalışma, okuyucuların teorik kavramlar ile pratik uygulamalar arasındaki eksikliklerini kolay bir şekilde tamamlamalarını da hedeflemektedir.

Ai ve ark. (2016) yaptıkları çalışmada AG ile subkütan (derialtı) damarlar için yeni bir yaklaşım olan 3B rekonstrüksiyon ve hızlı görüntüleme sistemi oluşturmuşlardır.

Wild (2016) bahsettiği çalışmada AG ortamının, işyerinde öğrenme için yeni nesil performans destek sistemleri ve araştırmalarında kullanılma ihtimali üzerinde durmuştur. IEEE Bilgisayar topluluğu çalışma grubu AG öğrenme içeriğini zenginleştirme ve değiş tokuşu için bir veri biçimi oluşturduğuna değinmiştir.

3. ARTIRILMIŞ GERÇEKLİĞİN UYGULANMASI (Materyal ve Yöntem)

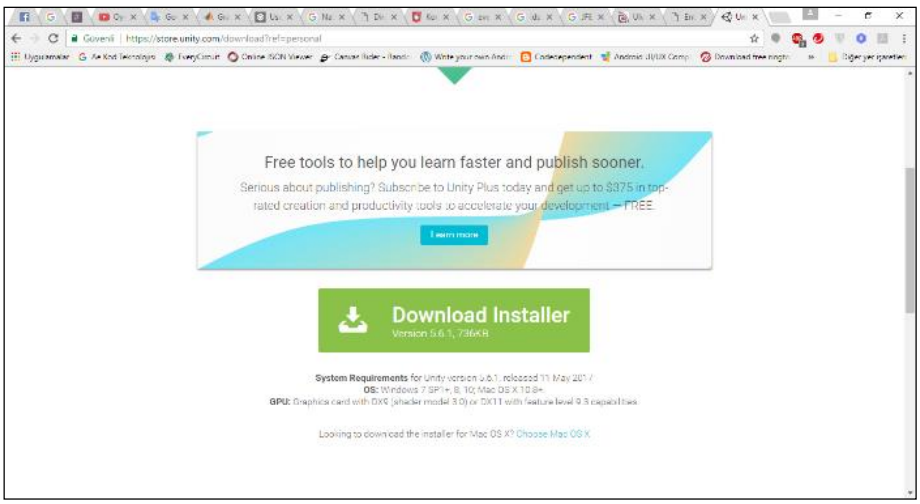
Bu bölümde Materyal ve Yöntem olarak AG labirent oyunun yapılışı ve yapımında birkaç aşamadan bahsedilecektir. Labirenti, içinde farklı geçitler barındıran ve içerisinden kolay çıkılamayan bir platform olarak ifade edebiliriz. Antik yunanlılardan itibaren çeşitli figürler ve bahçelerde estetik katması amacıyla kullanılmıştır. Günümüzde de zekâ oyunu olarak sıkça kullanılmaktadır.

3.1. Program ve Kütüphanelerin Kurulumu

Yapacağımız oyunda kullanmak için bazı geliştirici araçlara ihtiyaç duymaktayız. Bu araçlar AG uygulaması için birçok avantaja sahiptir. Unity3D platformu AG kütüphanelerinde sıkça kullanılmaktadır (Kim ve ark., 2014).

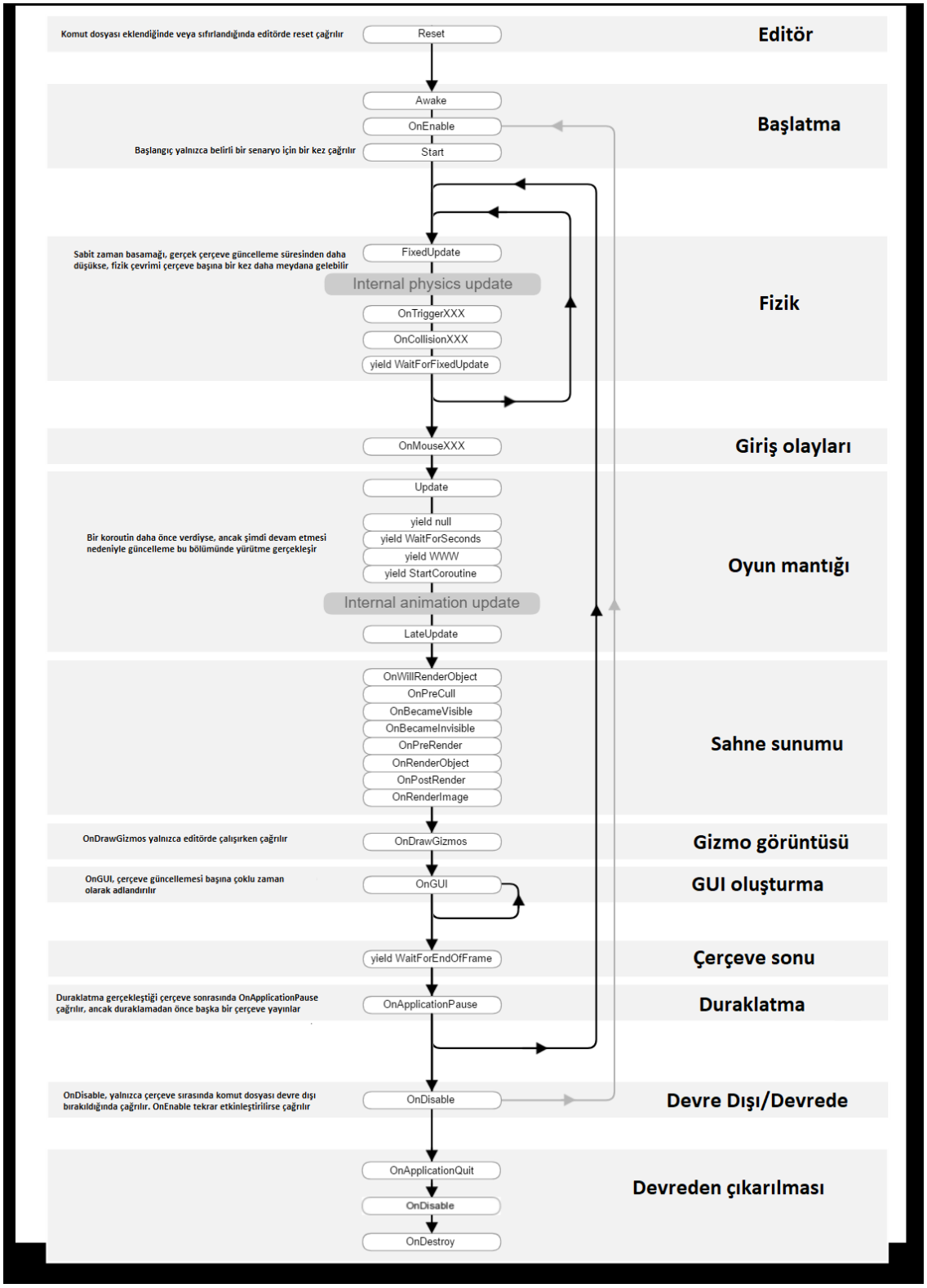
3.1.1. Unity3D ve Kurulumu

Unity3D, 3B içerikleri oluşturmaya uygun zengin içerikler barındıran entegre geliştirme ortamıdır. Kullandığı hazır setler ve sezgisel çalışma alanı sayesinde uygulama geliştiricilerin zamandan tasarruf etmesini sağlamaktadır (Kim ve ark., 2014). Unity3D'nin tercih edilme nedenlerinden biri de sezgisel grafik ortamını içermesidir (Zarzuela ve ark., 2013). Unity3D kurmak için Şekil 3.1 deki sitesinden installer paket dosyasını indirip bu dosyayı çalıştırarak kurulum bitirilir.



Şekil 3.1. Unity3D yükleme sayfası

Unity3D ile yapılan herhangi bir uygulama için scriptlerinin çalışma sırasındaki yaşam döngüsü Şekil 3.2 deki gibidir.

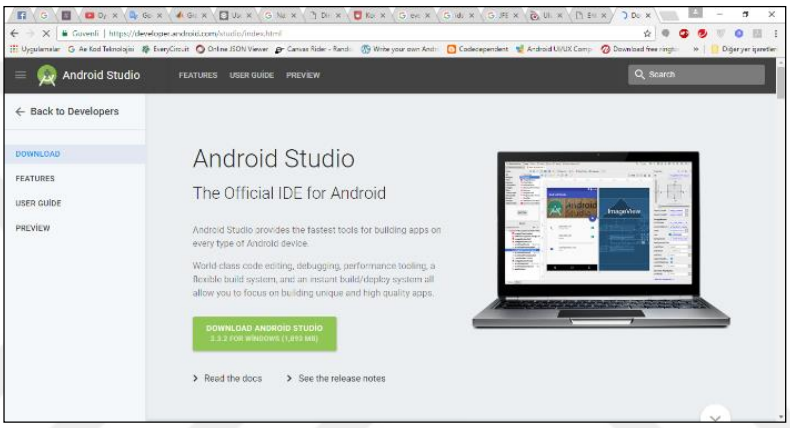


Şekil 3.2. Unity3D ile yapılan örnek bir uygulamanın çalışma esnasındaki yaşam döngüsü (Unity, 2017)

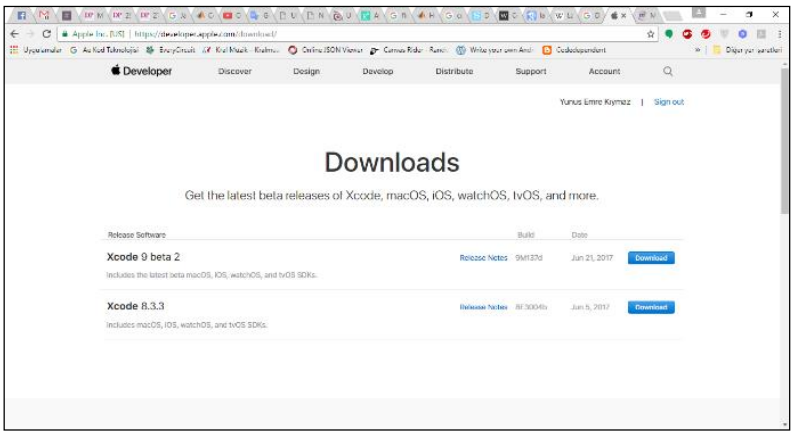
3.1.2. Mobil Yazılım Geliştirme Kütüphaneleri

Apple akıllı telefon ve tabletler için iOS işletim sistemini, Google ise buna alternatif olarak Android adında cep telefonları için bir OS ve API yayınladılar. Android OS, Sony, Samsung, Motorola, ve Nvidia gibi üyelerin yer aldığı 84 şirketten oluşan Open Handset Alliance (OHA) tarafından destek verilmektedir (Whipple ve ark., 2009). Android ve iOS akıllı telefon ve tabletlerde en sık kullanılan OS' lerdir.

Android ve iOS için SDK ve derleyici kurulumu Şekil 3.3 ve Şekil 3.4 deki sitelerden dosyalar yüklenip gerekli ayarlamalar yapılarak gerçekleştirilir.



Şekil 3.3. Android SDK yükleme sayfası



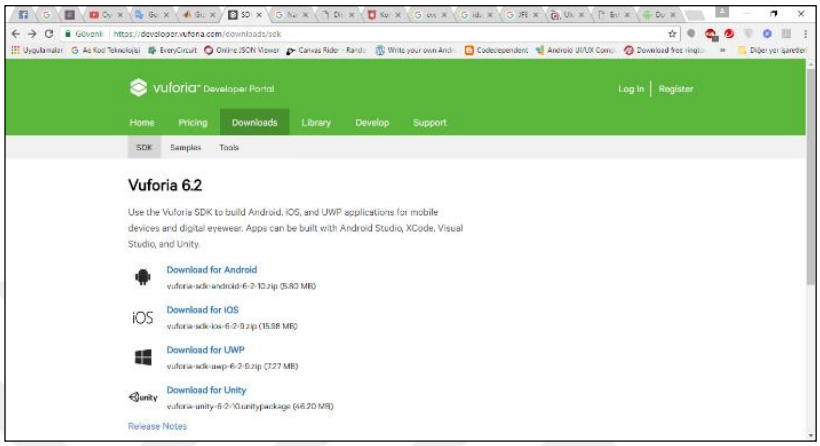
Şekil 3.4. iOS kütüphanesi için gereken xcode yükleme sayfası

3.1.3. AG Kütüphanesi Vuforia SDK Kurulumu

Vuforia, AG uygulamaları geliştirme için kullanılan bir yazılım geliştirme kitidir. Qualcomm 2010 yılında kütüphaneyi geliştirmeye başlamış daha sonra PTC firmasına

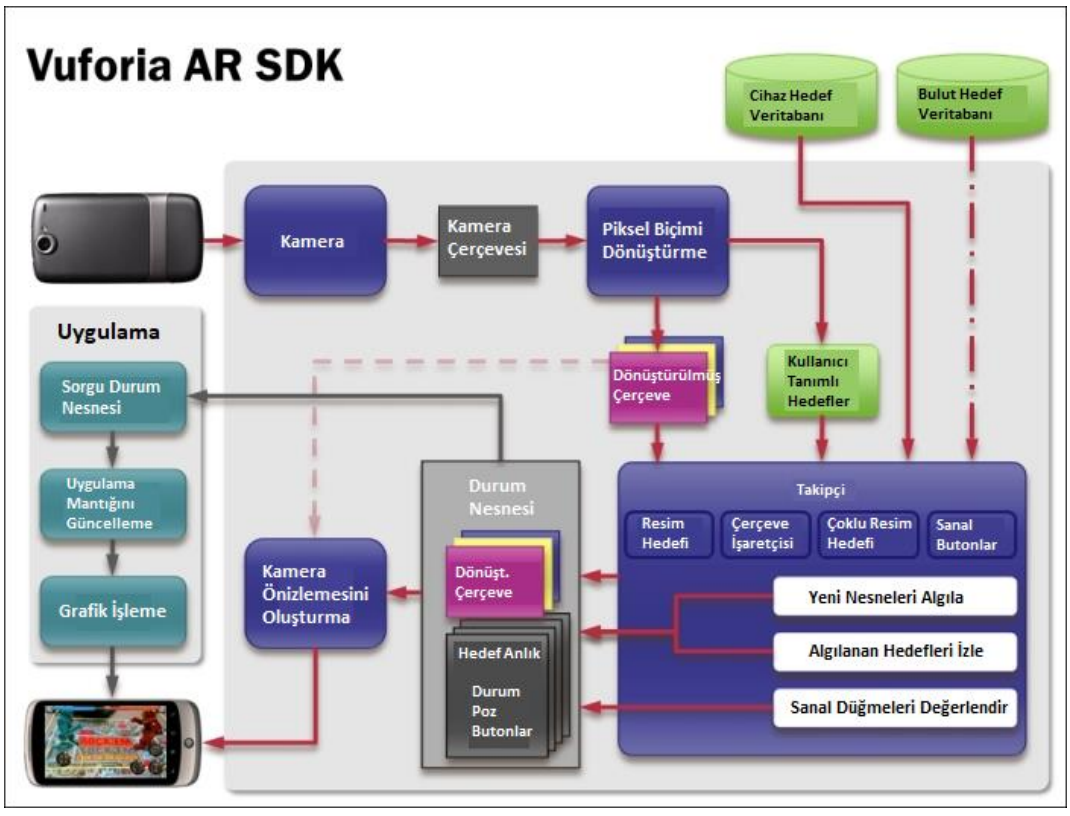
2015 yılında devretmiştir. iOS, Android ve Unity3D desteği ile beraber Vuforia platformu, geniş bir yelpazede akıllı telefon ve tablet kullanıcıların birçoğuna ulaşabilecek tek bir yerel uygulama oluşturmamızı sağlamaktadır (Xiao ve Zhang, 2014).

Şekil 3.5 teki SDK kurulumu için Unity3D programına proje yaparken sisteme eklenmesi gerekir. İlgili siteden SDK eklenir.



Şekil 3.5. Vuforia SDK'nın yükleme sayfası

Vuforia SDK' nın çalışma mimarisi Şekil 3.6 daki gibidir.



Şekil 3.6. Vuforia SDK mimarisi (Packtpub, 2017)

3.2. Projenin Uygulanması

AG uygulamasına başlamadan önce kullanılacak zemin ve obje tasarlama, 3B nesnelerin zemin üzerine görsel olarak yerleşimi ve en sonunda uygulama scriptlerinin hazırlanması şeklinde sırayla takip edilecektir.

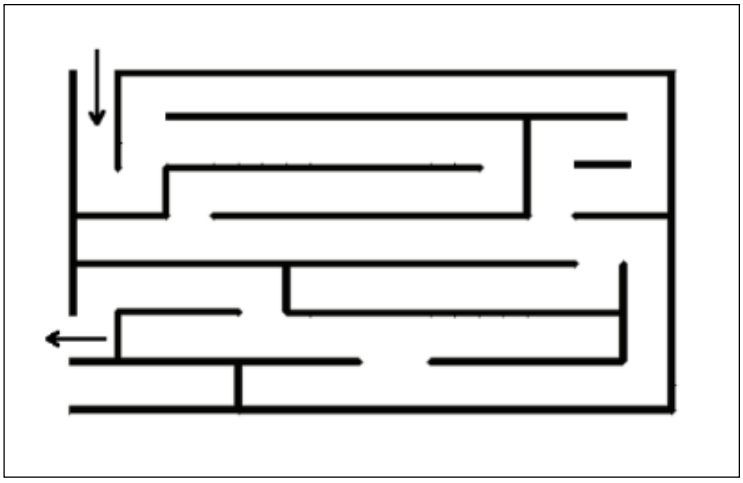
3.2.1. Projenin Oluşturulması

Zeminin belirlenmesine Vuforia SDK nın belirttiği kıstaslar doğrultusunda (4. Bölümde açıklanmıştır) Şekil 3.7 deki resmin kullanılması uygun görülmüştür.

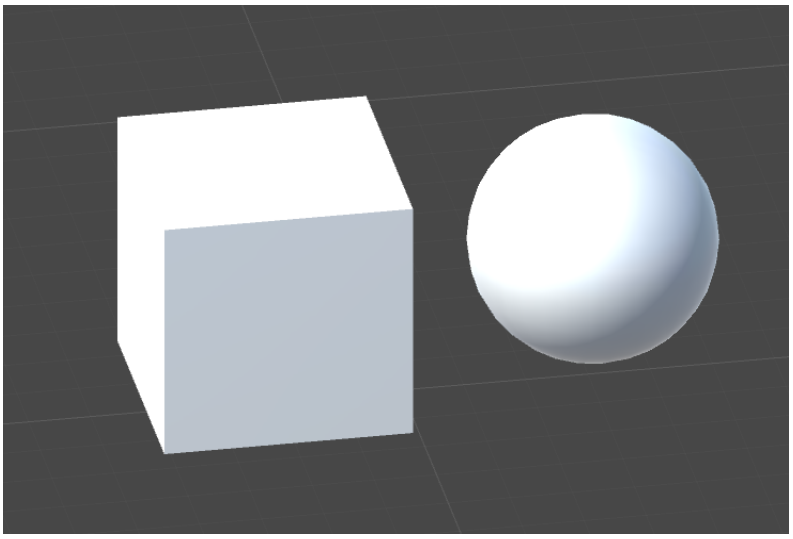


Şekil 3.7. Kullanılacak zeminin orijinal resmi

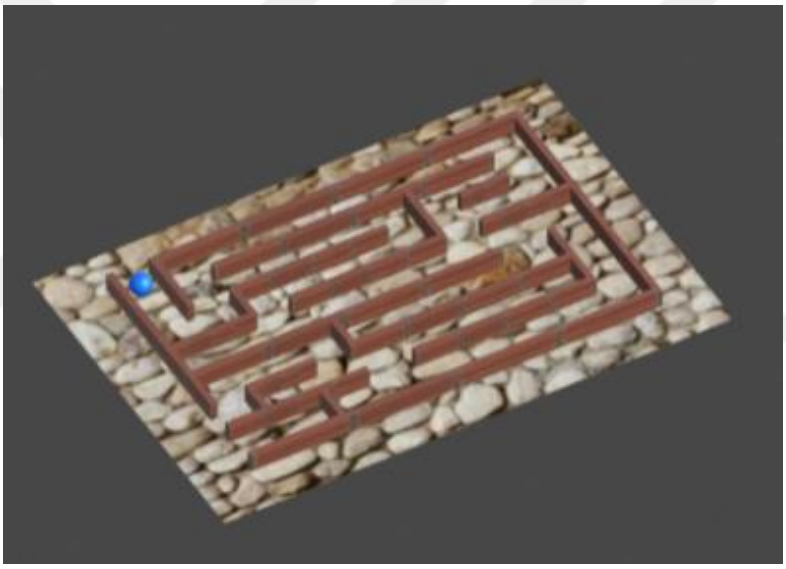
Labirent olarak ise Şekil 3.8 deki şemanın kullanılması uygun görülmüştür.



Şekil 3.8. Örnek olarak kullanılan labirent şeması



Şekil 3.9. Uygulamada kullanılan küp ve küre örneği



Şekil 3.10. Labirentin Unity3D üzerinde uygulanmış şekli

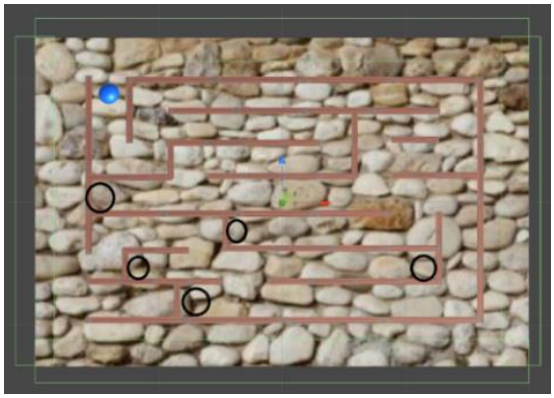
Unity3D üzerinden proje oluşturup Şekil 3.9 daki nesneler temel alınarak Şekil 3.10 daki tasarım oluşturulmuştur. Nesneler labirent şemasına uygun hale getirilmiştir. Küp nesneleri ile labirent sınırları ve duvarları oluşturulmuş, küre nesnesi ile oyun içerisinde hareket eden bir cisim oluşturulmuştur. Labirent şeması düzenlenirken kürenin labirent sınırları doğrultusunda hareket edebilmesi için Şekil 3.11 deki gibi gizli bariyerler taslağa eklenmiştir.



Şekil 3.11. Eklenmiş olan gizli bariyerler



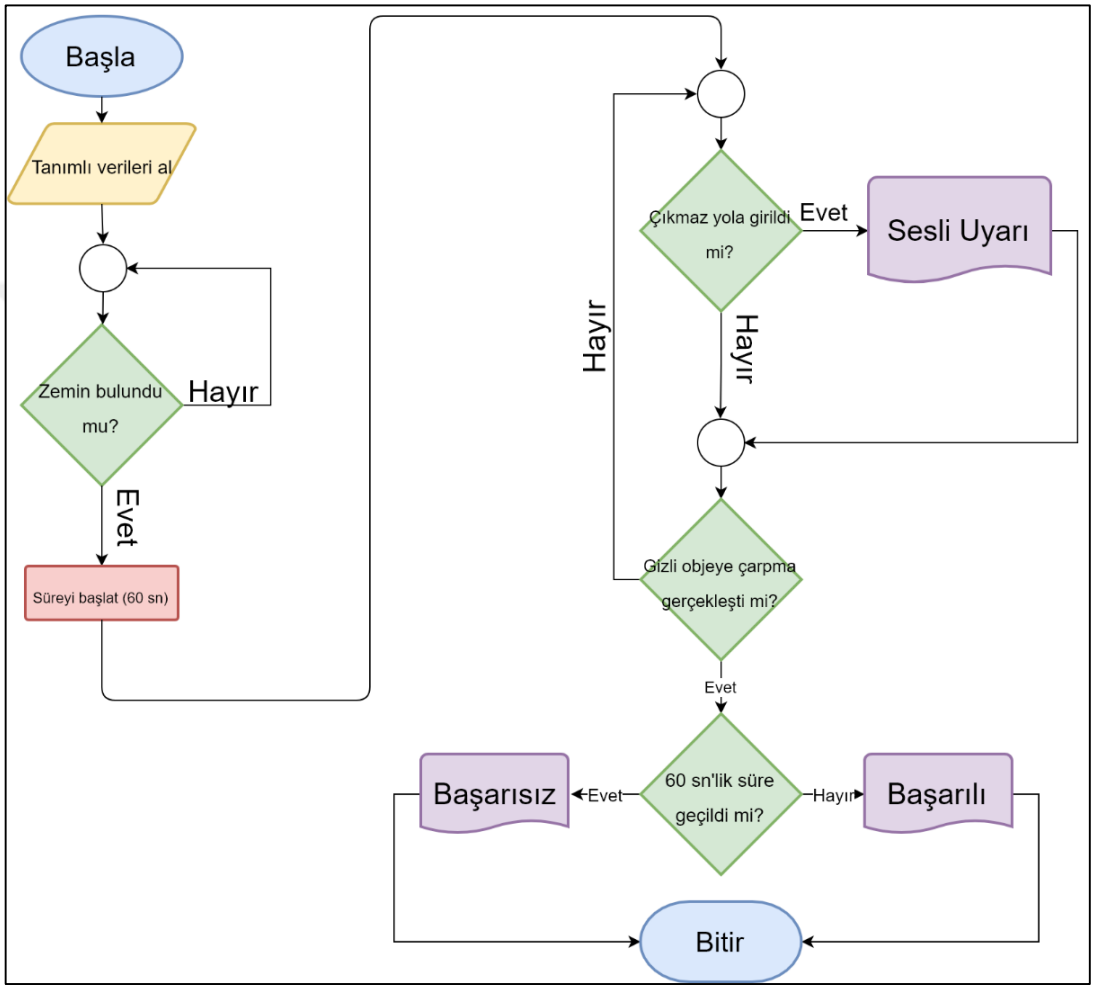
Şekil 3.12. Bitiş kontrolü sağlayan gizli nesne



Şekil 3.13. Çıkmaz yolların gösterimi

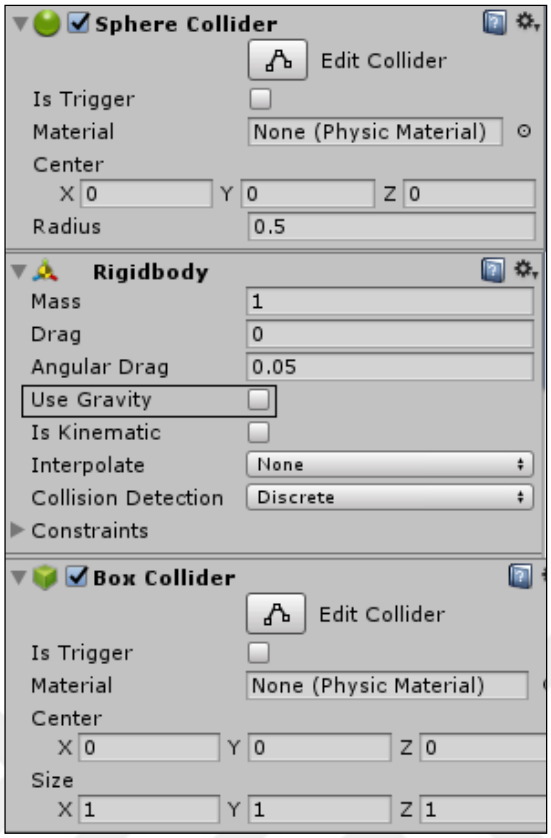
Oyunun bitiminde labirentin doğru yollar üzerinden dolaşıldığını belirlemek için alan içerisine Şekil 3.12 deki gibi gizli bir nesne eklenmiştir. Bu durumda labirentin tamamlandığı anlaşılmaktadır. Çıkmaz yol olarak ifade edilen kısımlara gizli nesneler yerleştirilmiştir. Bu nesnelerin yerleri Şekil 3.13'de belirtilmiştir.

Oyunun yönetilişi Şekil 3.14'deki akış şemasında belirtilmiştir.



Şekil 3.14. Uygulama akış şeması

Bariyer ve labirent duvarlarına temas eden küre nesnesinin bariyer ve duvarları geçmesini engellemek için Unity3D'nin "Collider" özelliği kullanılmıştır. Kürenin labirent zeminin dışına çıkmasını engellemek için de Unity3D'deki Inspector penceresinde yer alan Rigidbody sekmesinde gravity seçeneği pasif duruma getirilmiştir. Sphere Collider ve Box Collider sırayla küre ve küp için çarpışma kontrolü olarak belirlenmiştir. Kürenin yerçekiminden etkilenmemesi için Şekil 3.15 te gösterildiği gibi Rigidbody sekmesindeki Use Gravity seçeneği kaldırılmıştır.



Şekil 3.15. Unity3D'de kullanılan özelliklerin ekran görüntüsü

3.2.2. Scriptlerin Yazılması

Uygulamanın işleyişini kontrol etmek amacıyla scriptler oluşturulmuştur. Kürenin hareket kontrolünü ve hızını sağlayan kaba kod aşağıdaki gibidir.

1. X eksenindeki konumu al.
2. Y eksenindeki konumu al.
3. Elde edilen konumlardan bir vektör oluştur.
4. Küre için gerekli hareket parametresini gir.
5. Eğer X ve Y eksenindeki konumlar 0' dan farklı ise
6. Elde edilen yeni konumları vektör nesnesi olarak yeniden ata.

Zeminin bulunup bulunmadığını kontrol eden ve bulunursa 60 sn'lik süreyi başlatan kaba kod aşağıda verilmiştir.

1. Eğer zemin bulunur ise
2. 60 sn' lik süreyi başlat
3. Aksi halde süre kontrolünü durdur

Kürenin duvara veya gizli objelere çarpması durumunda çalıştırılan kaba kod aşağıdaki gibidir.

1. Eğer küre son noktaya vardıysa
2. Eğer 60 sn'lik süre dolduysa (Süre kontrolü başlatılmış ise)
3. "Süre doldu " mesajını yaz
4. Aksi durumda "Tebrikler" mesajını yaz
5. Eğer küre duvara çarptıysa
6. "Yanlış yol" mesajını yaz

Süre kontrollerinin yapıldığı kaba kod aşağıda verilmiştir.

1. Eğer süre 5 sn ise
2. "Oyunu başladı" mesajını yaz ve oyunu başlat
3. Eğer süre 60 sn ise
4. Süre kontrolünü başlat

Süre kontrolü ile oyun içerisinde geçen sürenin dolup dolmadığının kontrolü yapılmaktadır (Selek ve Kiymaz, 2017).

4. ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK UYGULAMASI

Bu bölümde, Artırılmış Gerçekliğin (AG) elektronik pratiğine uygulanması açıklanmaktadır. Uygulama pratik bir kullanıma sahip olan Lab-Volt temel elektronik eğitim seti üzerine geliştirilmiştir. Öncelikle deney seti üzerinde yapılabilen pratikler esas alınarak uygulamada kullanılacak olan deneyler belirlenmiştir. Sonra, bu deneylerin gerçekleştirilebilmesi için gerekli olan kütüphanelerin, zeminin ve objelerin hazırlanması incelenip, zeminin ve objelerin tasarımı gerçekleştirilmiştir. Bu tasarımlara bağlı olarak yapılması planlanan herbir deney için akış diyagramları hazırlanmış ve bunlara uygun kodlar üretilmiştir. Uygulamanın içinde kullanıcı ile etkileşimi artırmak ve uygulamanın eğitici özelliğini geliştirmek için sesli ve görsel uyarılar kullanılmıştır. Bununla birlikte uygulamanın Android, iOS ve Windows gibi farklı platformlarda çalışabilmesini sağlayacak olan uygulamalar geliştirilmiştir. Yukarıda bahsedilen çalışma sırasıyla aşağıdaki bölümlerde açıklanmaktadır.

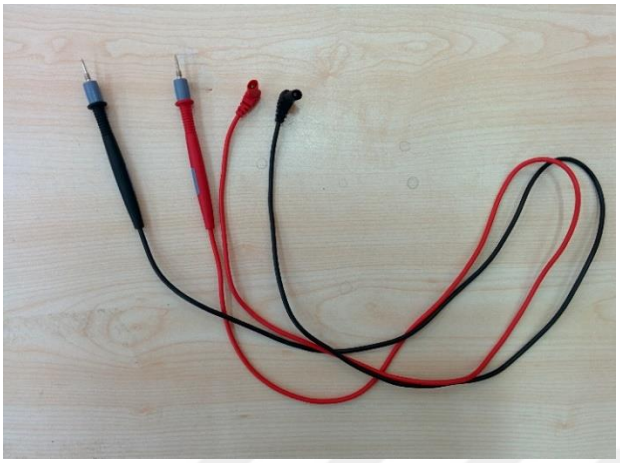
4.1. Artırılmış Gerçeklik Uygulanacak Deney Setinin Tanıtılması

AG uygulaması Lab-Volt firmasının temel elektronik eğitim seti esas alınarak gerçekleştirilmiştir. Uygulamada kullanılacak, devre pratiğinin yapılacağı delikli montaj panelinin görüntüsü Şekil 4.1.a'da verilmektedir. Deney setinin içinde bulunan devre elemanları ise Şekil.4.1.b'de görülmektedir. Bu panel üzerinde uygulanacak olan devrelerin AG ortamında simüle edilmesi hedeflenmiştir.



Şekil 4.1. a) Orijinal delikli montaj paneli b) Devre elemanları

Ölçme işlemleri gerçekleştirilirken kullanılan ölçme probları ise Şekil 4.2 de gösterilmiştir.



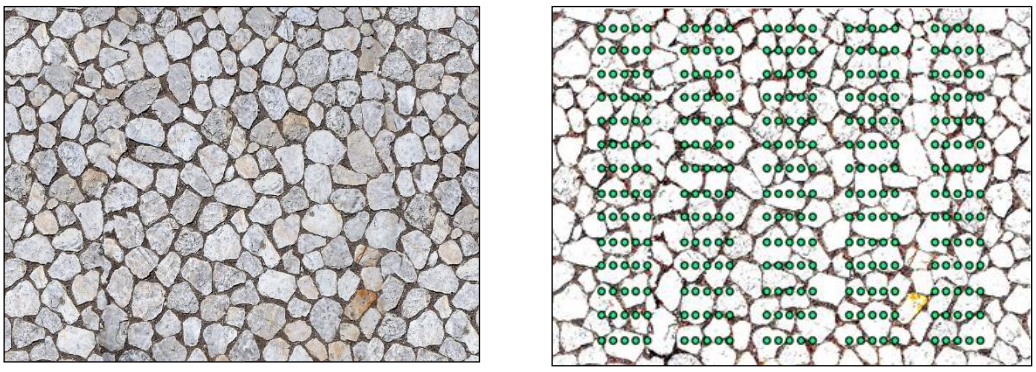
Şekil 4.2. Ölçme probları

4.2. Artırılmış Gerçeklik Uygulamasının Bölümleri

Bu bölümde yapılacak uygulama için oluşturduğumuz tasarımlardan bahsedilmektedir.

4.2.1. Delikli Montaj Paneli Tasarımı

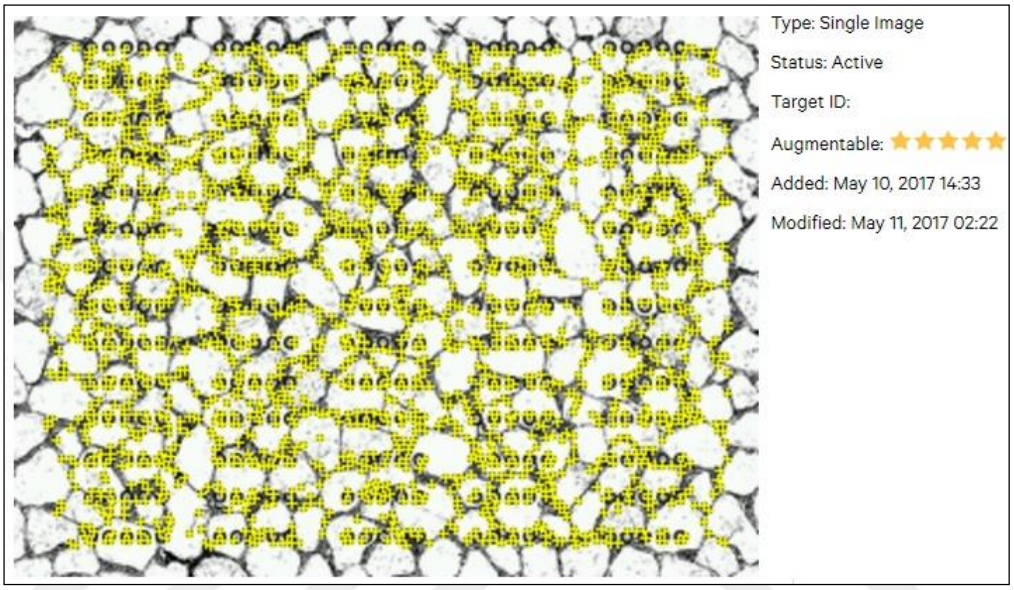
Delikli devre montaj panelinin sanal simülasyonu için, örnek bir zemin resmi üzerine pinler yerleştirerek Şekil 4.3 te gösterildiği gibi devre montaj paneline benzetilmeye çalışılmıştır. Resmin düzenlemesinde Adobe Fireworks CS6 ve Windows Fotoğraflar uygulaması kullanılmıştır.



a) **b)**

Şekil 4.3. a) Kullanılacak zemin resmi b) Sanal pinler yerleştirilmiş montaj paneli resmi

Vuforia AG Kütüphanesi zemin belirlemede asimetrik ve düzensiz desen sıklığının AG'ye uygunluğunu derecelendirmektedir. En uygun zemin resmini belirlemede kriter bu derecelendirmenin yüksek olmasını sağlamaktır. Zemin resmi olarak bu deseni seçmemizin nedeni, Şekil 4.4 te gösterildiği gibi asimetrik ve düzensiz olarak tespit edilen nokta sayısının bu resimde yüksek olmasıdır. Desenlerin büyük olması ise pinlerin rahat görülebilir olmasını sağlamaktadır.



Şekil 4.4. Vuforia'daki test edilen zeminin AG'ye uygunluk değeri

AG uygulamasında kullanılacak delikli devre montaj paneli ile orijinal panelin resimlerini kıyasladığımızda pinlerin yerleşimi bazında genel olarak benzer olduğunu görüyoruz.

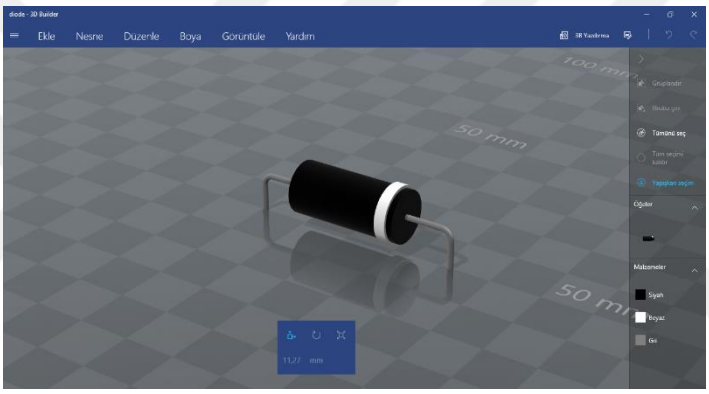
4.2.2. Devre Elemanlarının Tasarımı

AG uygulamasında kullanılacak devre elemanlarının tasarımında ve Unity3D programına aktarımında sırasıyla Windows 10'da hizmete sunulan 3D Builder ve Paint 3D programlarından faydalanılmıştır. Çizilen devre elemanlarının aslına uygun şekilde tasarlanmasına özen gösterilmiştir. Gerektiği yerde örnek tasarımlardan yararlanılmıştır.



Şekil 4.5. Örnek direnç tasarımı

Direncin tasarımı Şekil 4.5 deki gibi gerçekleştirilmiştir. Halkalar eklenerek direncin değerini görsel olarak kullanıcıya bilgilendirmek hedeflenmiştir.



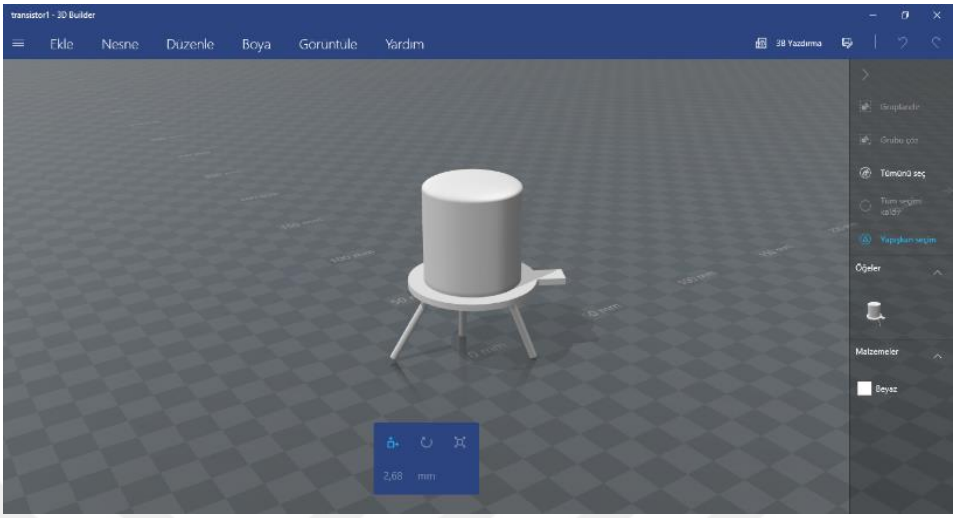
Şekil 4.6. Örnek diyot tasarımı

Diyot tasarımı Şekil 4.6 daki gibi yapılmıştır. Beyaz halka eklenerek gerçek diyottaki gibi katot ucu belirtilmiştir.



Şekil 4.7. Örnek FET tasarımı

FET (alan etkili transistor) tasarımı Şekil 4.7 deki gibidir. FET objesi aslına uygun bir şekilde tasarlanmıştır.

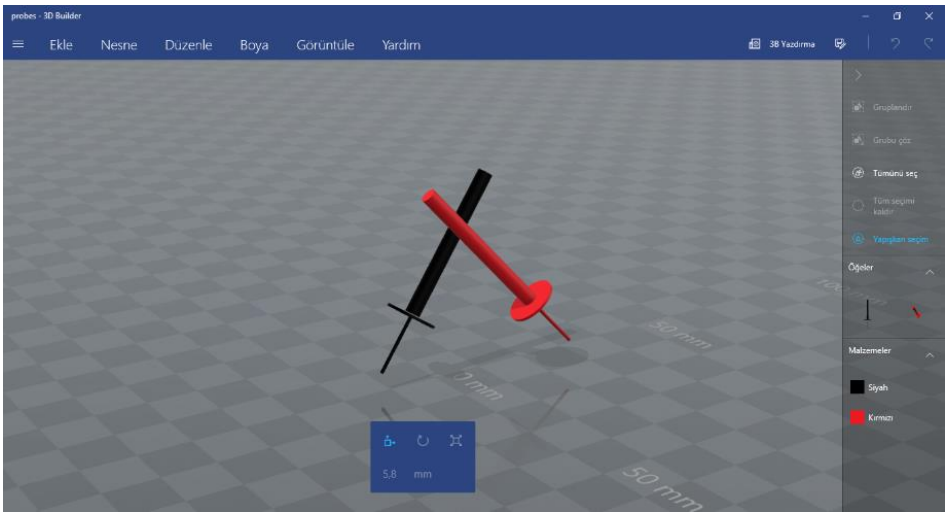


Şekil 4.8. Örnek BJT tasarımı

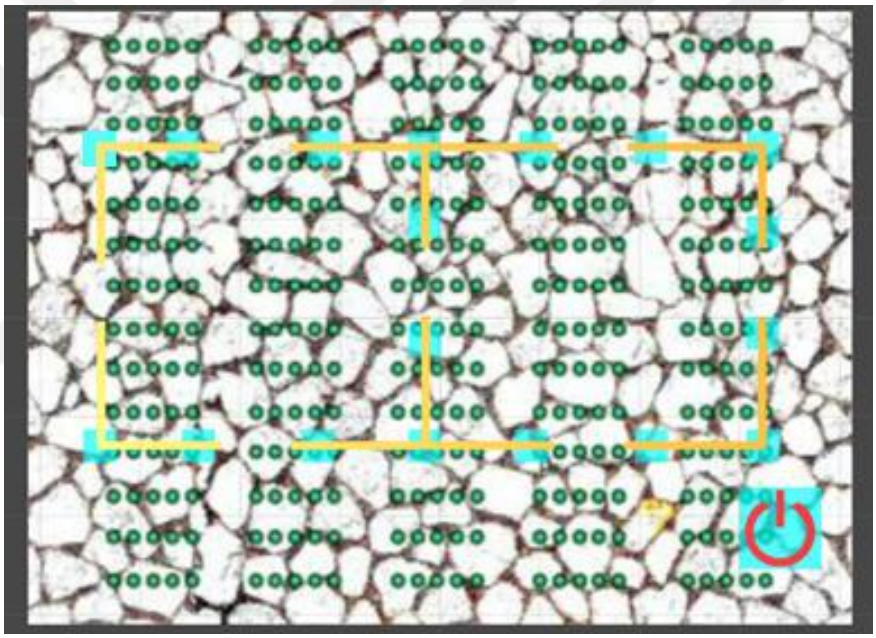
BJT (çift kutuplu jonksiyon transistör) tasarımı Şekil 4.8 daki gibidir. BJT objesi aslına yakın bir şekilde tasarlanmıştır.

4.2.3. Prob ve Sanal Butonların Tasarımı

Bu bölümde Probların ve sanal butonların tasarımından bahsedilecektir. Sanal butonlar kullanıcıların, AG uygulaması çalışırken yapması gereken işlemleri gerçekleştirmek için kullandıkları gizlenmiş fonksiyonlardır. Problar ise avometre kullanırken ölçüm için kullanılan bağlantı uçlarıdır. Gerçek problar Şekil 4.2 de verilmiştir. AG uygulamasında kullanılacak problar gerçeğine benzer olacak biçimde Şekil 4.9 daki gibi tasarlanmıştır.

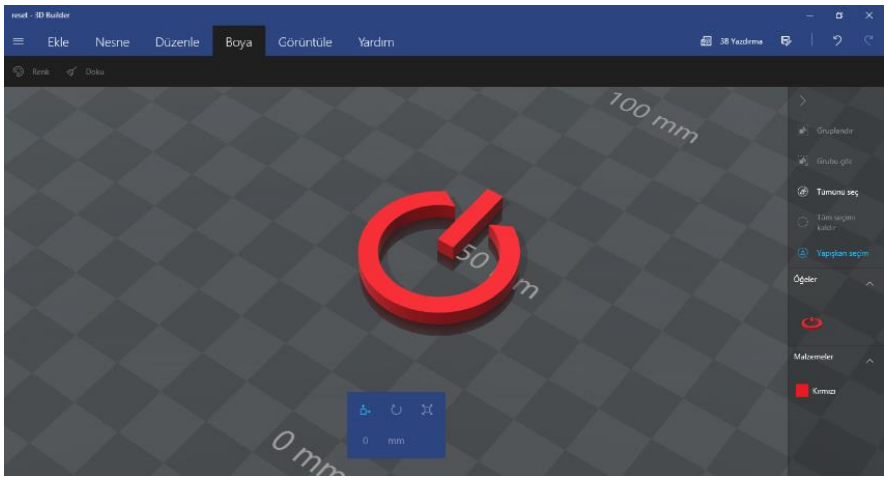


Şekil 4.9. Örnek prob tasarımları



Şekil 4.10. Sanal butonların örnek devre üzerindeki yerleşimi (Mavi dörtgenler)

Şekil 4.10 da belirtilen sanal butonlar çalışma esnasında görünmeyecektir. Fakat resetleme tuşunun yerini belirtmek amacıyla sağ alt tarafa yeni bir reset tuşu tasarımı eklenmiştir. Reset butonunun 3D Builder da tasarlanmış hali Şekil 4.11 deki gibidir.



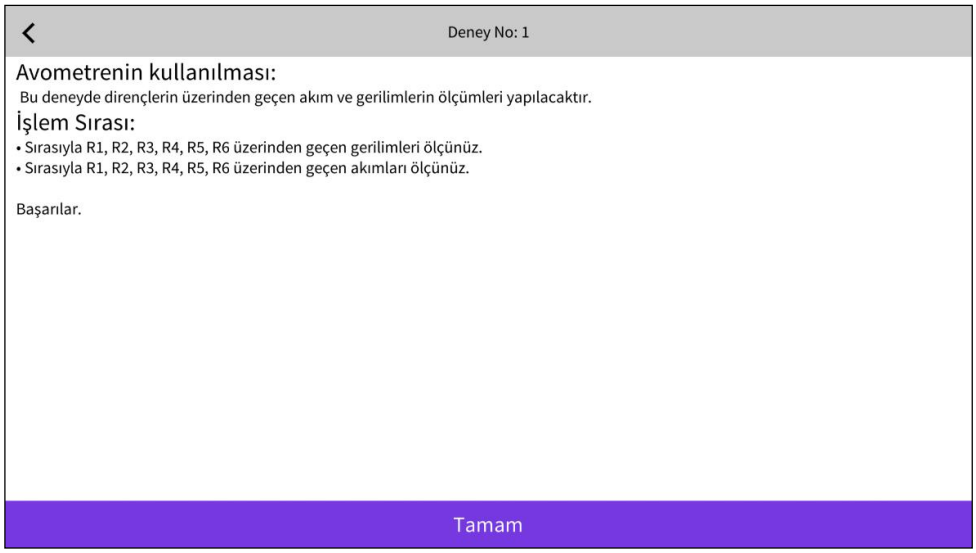
Şekil 4.11. Reset butonu tasarımı

4.2.4. AG Uygulaması Kullanıcı Arayüz (UI) Tasarımı

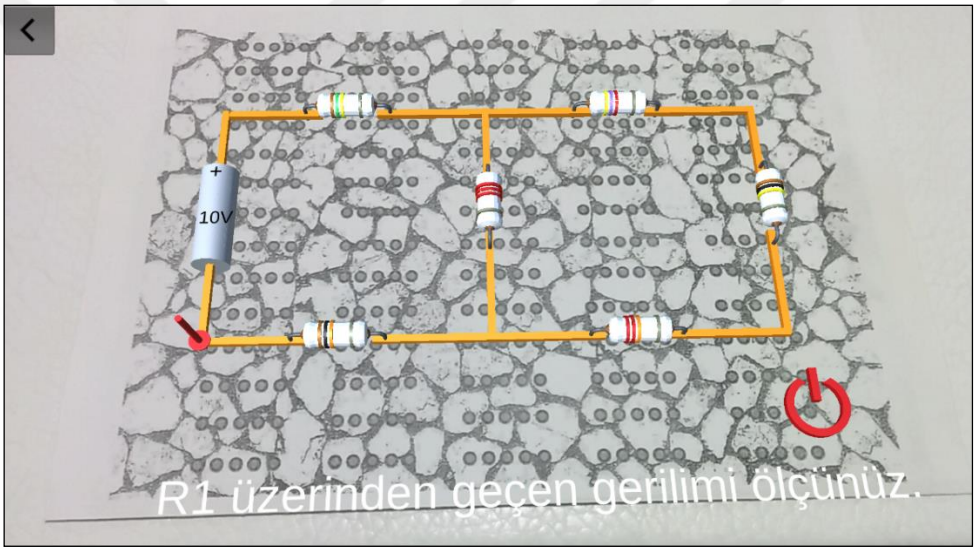
Arayüz tasarımında Şekil 4.12 deki gibi sade bir yapı kullanılmıştır. Giriş bölümünde deney numaraları ve herhangi biri seçildiğinde o deneye ait detaylar Şekil 4.13 teki gibi mevcuttur. Devamında ise delikli montaj paneli üzerine Şekil 4.14 teki gibi devre kurulmuş olarak görüntülenmekte ve yapılması istenen ölçümlere geçilmektedir.



Şekil 4.12. Uygulama giriş ekranı



Şekil 4.13. Örnek bir deneyin detayı



Şekil 4.14. Örnek deneyin çalışır hali

4.2.5. Uygulanacak olan Deney Raporları ve AG Elektronik Devre Uygulamasında Gösterimi

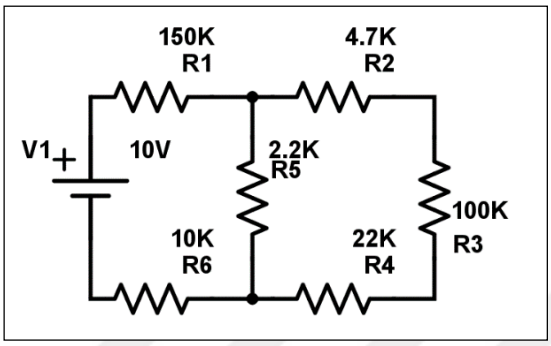
Deney seti üzerinde uygulanan 4 farklı deney çalışmasının detaylarından bahsedilecektir. Her bir deneye ait olan işlem basamakları, deneyin devre tahtasına uygulanmış hali ve deneyin AG uygulamasında gösterimi eklenmiştir.

4.2.5.1. Avometrenin Kullanılması Deneyi

DENEYİN ADI: Avometrenin kullanılması

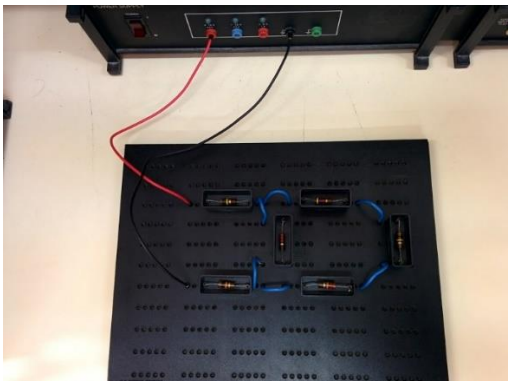
DENEYİN AMACI: Avometrenin voltmetre ve ampermetre olarak kullanılmasını incelemek. Şekil 4.15 te devre şeması, Şekil 4.16 da gerçek devre kurulumu, Şekil 4.17 de AG uygulamasındaki görüntüsü verilmiştir.

İŞLEM BASAMAKLARI



Şekil 4.15. Avometre deneyi

1. R1, R2, R3, R4, R5, R6 elemanları üzerinde düşen gerilimleri ölçünüz.
2. R1, R2, R3, R4, R5, R6 elemanları üzerinden geçen akımları ölçünüz.



Şekil 4.16. Avometre deneyinin delikli devre montaj panelindeki yerleşimi



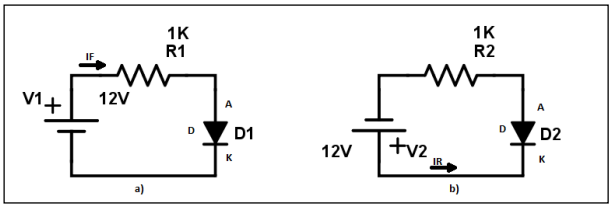
Şekil 4.17. Avometre deneyinin AG uygulamasındaki görüntüsü

4.2.5.2. Diyot Deneyi

DENEYİN ADI: Diyot deneyi

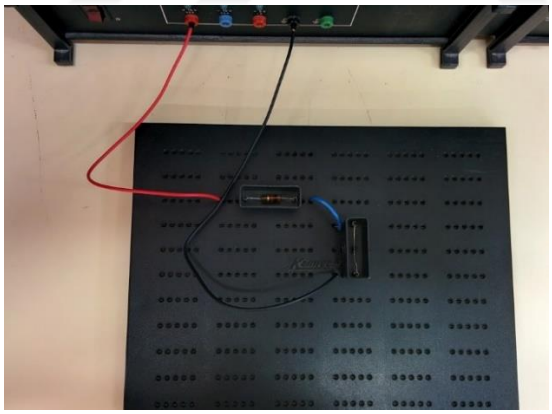
DENEYİN AMACI: Diyot devresi kurularak üzerinden geçen akımların ve meydana gelen gerilim düşümlerinin ölçülmesi ve teorik yolla yapılan çözüm sonucunda bulunan değerlerle karşılaştırılması. Şekil 4.18 de devre şeması, Şekil 4.19 da gerçek devre kurulumu, Şekil 4.20 de AG uygulamasındaki görüntüsü verilmiştir.

İŞLEM BASAMAKLARI

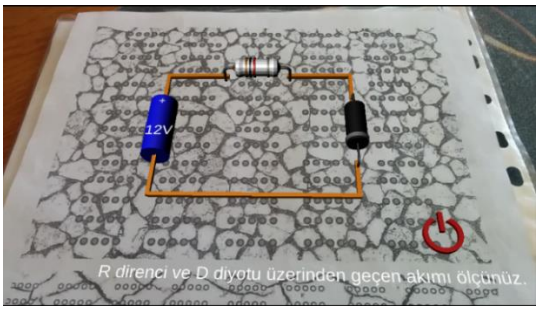


Şekil 4.18. Diyot deneyi

1. Sırasıyla R direnci ve D diyotu üzerinden geçen I_F akımını ölçünüz.
2. Aynı şekilde R direnci ve D diyotu üzerinde düşen V_R ve V_D gerilimlerini ölçünüz.
3. 1. ve 2. maddedeki işlemleri ikinci devredeki ters polarizasyon devresi için tekrarlayınız.



Şekil 4.19. Diyot deneyinin delikli devre montaj panelindeki yerleşimi



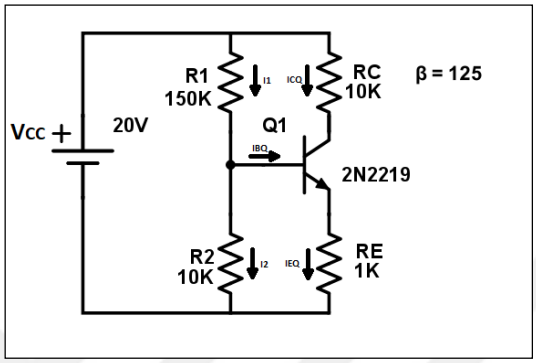
Şekil 4.20. Diyot deneyinin AG uygulamasındaki görüntüsü

4.2.5.3. BJT Transistor Gerilim Bölücü Polarma Devresi Deneyi

DENEYİN ADI: BJT Transistor Gerilim Bölücü Polarma Devresi

DENEYİN AMACI: Gerilim bölücü polarma devresi kurularak üzerinden geçen akımların ve meydana gelen gerilim düşümlerinin ölçülmesi ve teorik yolla yapılan çözüm sonucunda bulunan değerlerle karşılaştırılması. Şekil 4.21 de devre şeması, Şekil 4.22 de gerçek devre kurulumu, Şekil 4.23 te AG uygulamasındaki görüntüsü verilmiştir.

İŞLEM BASAMAKLARI

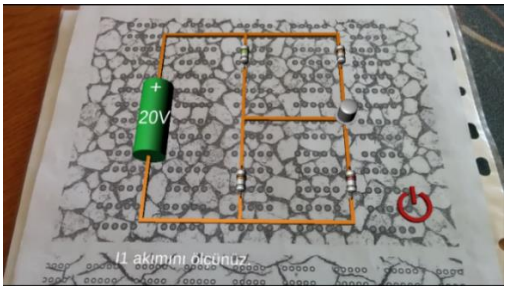


Şekil 4.21. BJT gerilim bölücü polarma devresi deneyi

1. Sırasıyla transistorun üzerinden geçen I_1, I_2, I_{BQ}, I_{CQ} ve I_{EQ} akımlarını ölçünüz.
2. Aynı şekilde transistorun üzerinde düşen V_{BEQ}, V_{CBQ} ve V_{CEQ} gerilimlerini ölçünüz.



Şekil 4.22. BJT gerilim bölücü polarma devresi deneyinin delikli devre montaj panelindeki yerleşimi



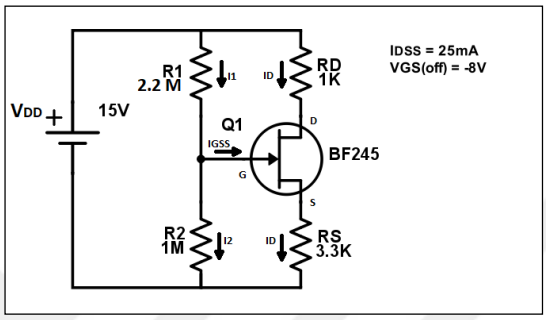
Şekil 4.23. BJT gerilim bölücü polarma devresi deneyinin AG uygulamasındaki görüntüsü

4.2.5.4. FET Transistor Gerilim Bölücü Polarma Devresi Deneyi

DENEYİN ADI: FET Transistor Gerilim Bölücü Polarma Devresi

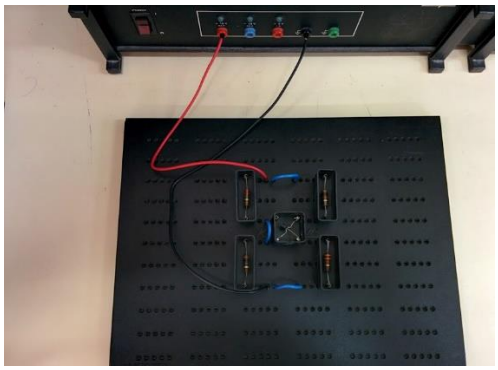
DENEYİN AMACI: FET Transistor gerilim bölücü polarma devresi kurularak üzerinden geçen akımların ve meydana gelen gerilim düşümlerinin ölçülmesi ve teorik yolla yapılan çözüm sonucunda bulunan değerlerle karşılaştırılması. Şekil 4.24 te devre şeması, Şekil 4.25 te gerçek devre kurulumu, Şekil 4.26 da AG uygulamasındaki görüntüsü verilmiştir.

İŞLEM BASAMAKLARI

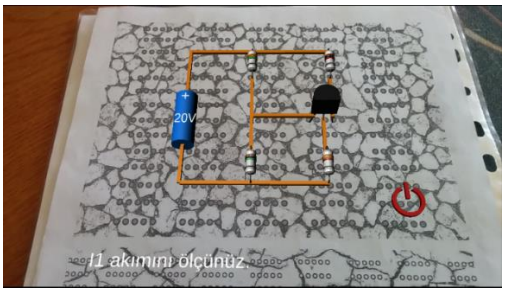


Şekil 4.24. FET gerilim bölücü polarma devresi deneyi

1. Sırasıyla FET transistorun üzerinden geçen I_1, I_2, I_D ve I_{GSS} akımlarını ölçünüz.
2. Aynı şekilde FET transistorun üzerinde düşen V_{GS}, V_{DS}, V_D ve V_S gerilimlerini ölçünüz.



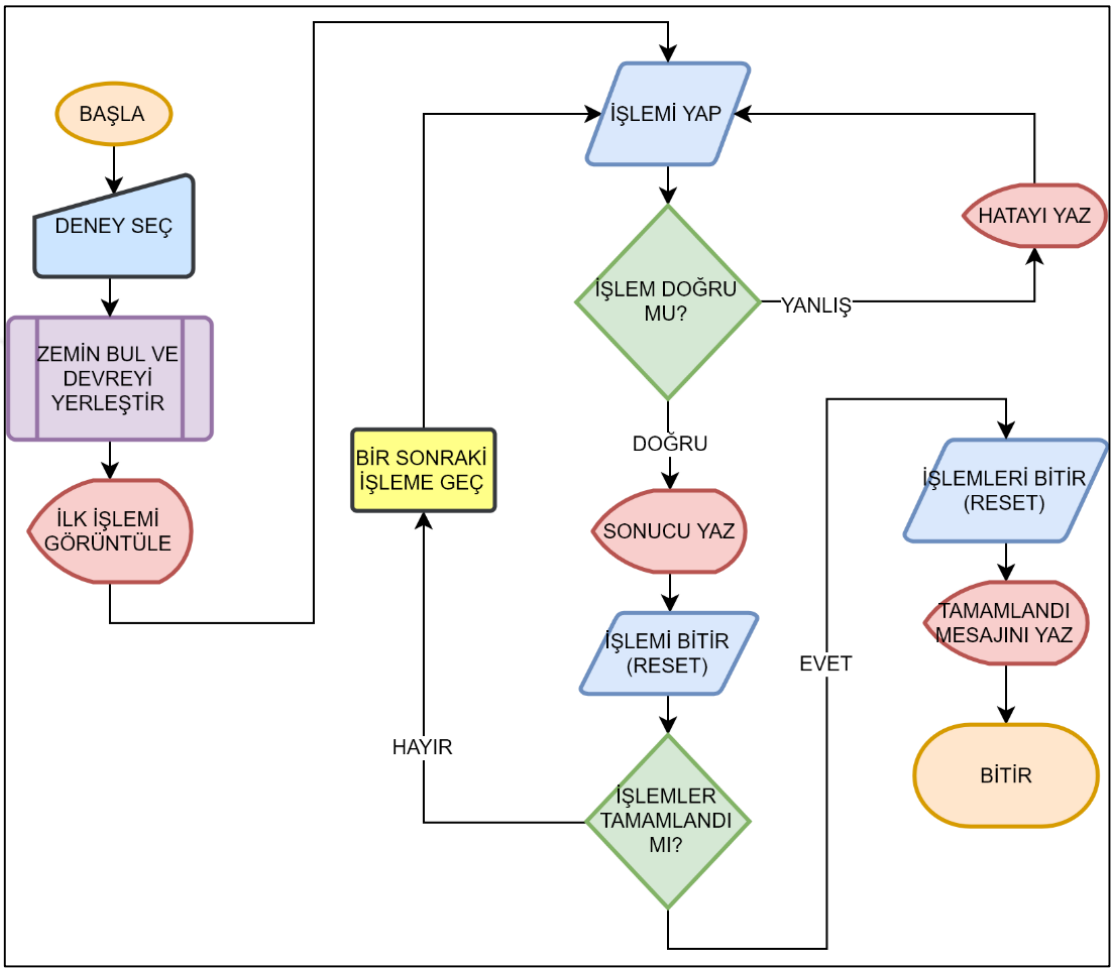
Şekil 4.25. FET gerilim bölücü polarma devresi deneyinin delikli devre montaj panelindeki yerleşimi



Şekil 4.26. FET gerilim bölücü polarma devresi deneyinin AG uygulamasındaki görüntüsü

4.2.6. Uygulamada Örnek Bir Deneyin Çalışması

AG uygulamasının akış diyagramı Şekil 4.27 de verilmiştir. Her bir deney için aynı akış diyagramı kullanılmıştır.



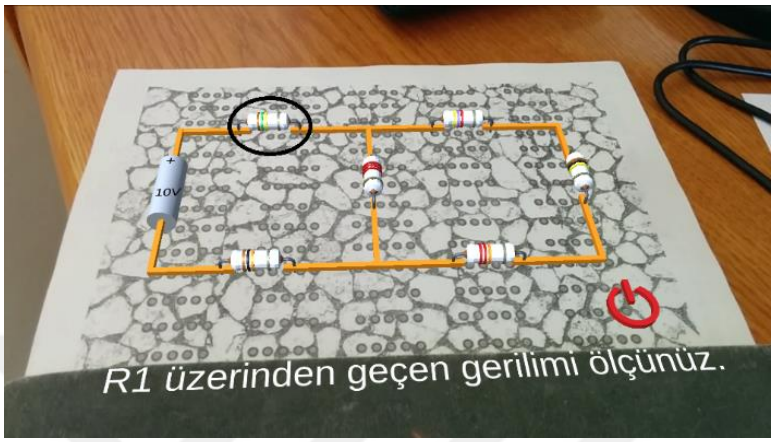
Şekil 4.27. Program akış şeması

Belirtilen akış şeması ile beraber aşağıdaki işlemler, uygulamanın ilerleyişi hakkında bilgi vermektedir;

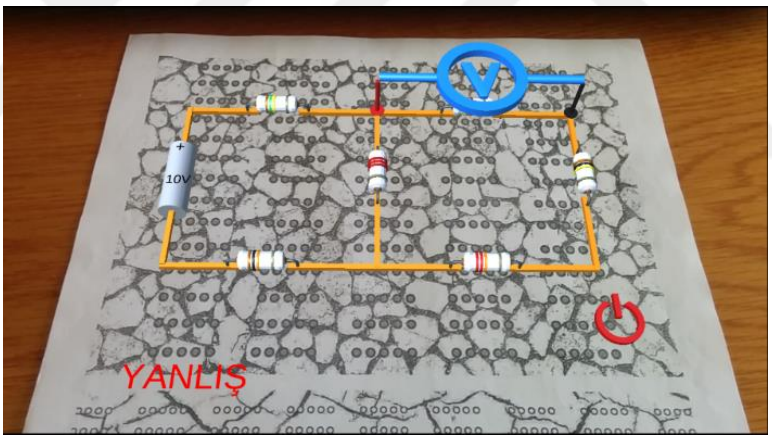
- Şekil 4.28 de deneydeki işlem sırasına göre yapılması gereken devrenin altında mesaj olarak belirtilir.
- İstenen ölçüm yapılır.
- Şekil 4.29 daki gibi eğer yanlış yerde ölçüm yapılır ise sesli ve uyarı mesajı şeklinde kullanıcıya haber verilir.
- Şekil 4.30 daki gibi yanlış ölçü aleti kullanımında ise aynı şekilde uyarı mesajı verilir.

- Şekil 4.31 deki gibi doğru ölçüm yapıldığında ise sonraki adıma geçilir.
- Şekil 4.32 deki gibi deney sonucunda başarılı olunduğuna dair mesaj ve sesli mesaj döndürülür.

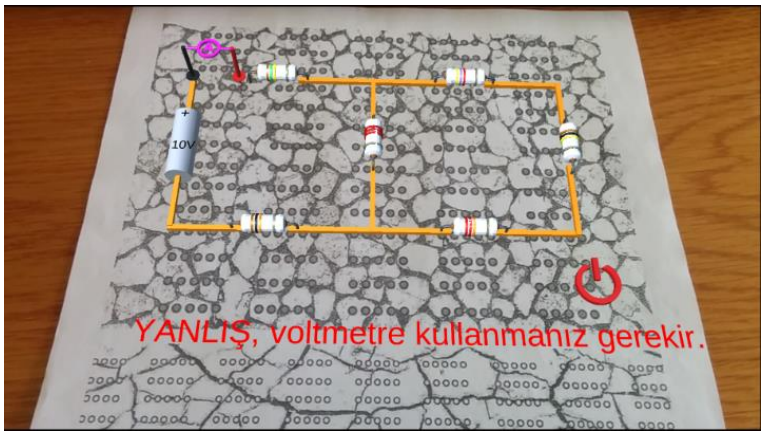
Yukarıda belirtilen her bir adım aşağıda görsel olarak sunulmuştur.



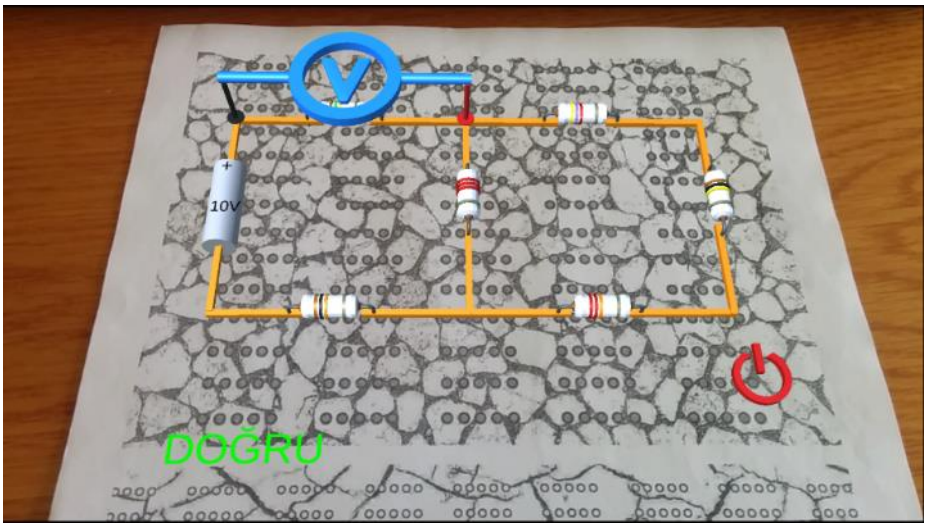
Şekil 4.28. R1 direncinin konumu



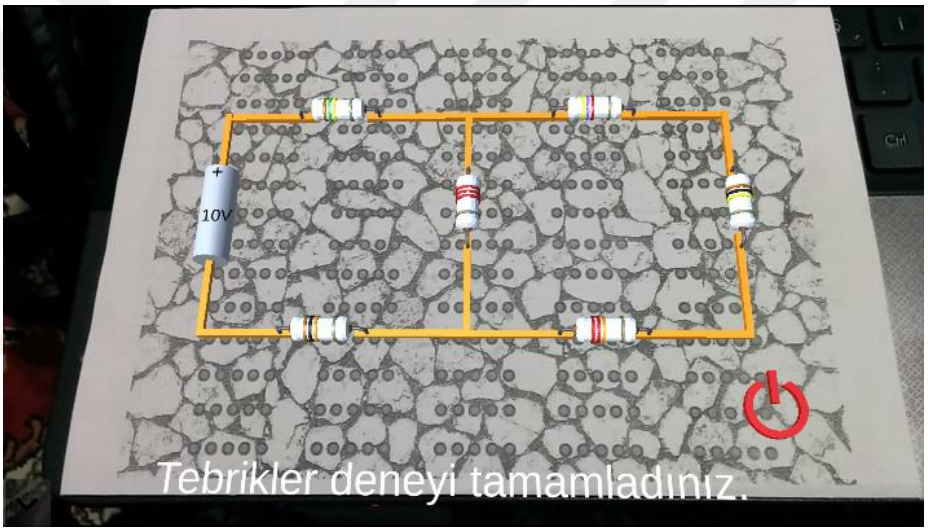
Şekil 4.29. Yanlış yerde ölçüm yapılması durumu



Şekil 4.30. Yanlış ölçüm aleti kullanılması durumu



Şekil 4.31. Doğru ölçüm yapılması durumu

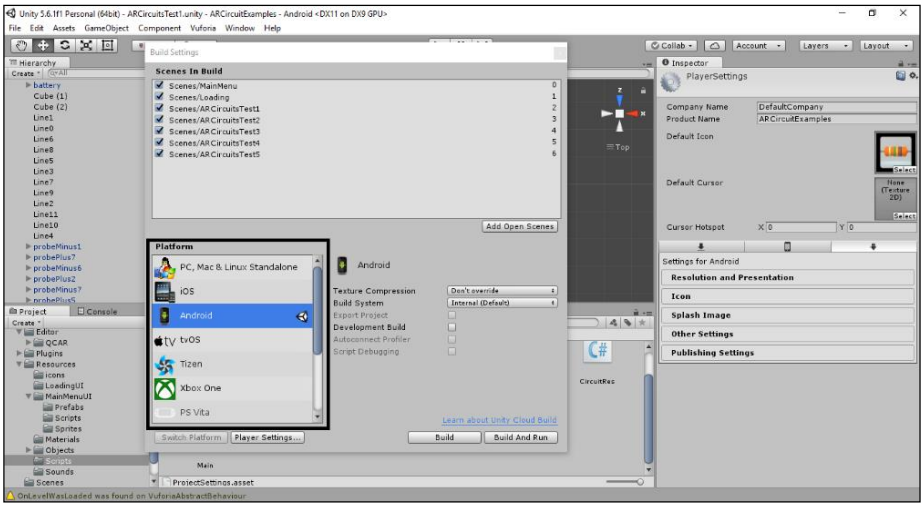


Şekil 4.32. Deneyin başarıyla tamamlanması durumu

Deneyin tamamlanması ile kullanıcı gerekirse bir sonraki deneye geçebilir veya uygulamayı sonlandırabilir. Program bu şekilde çalışmaktadır.

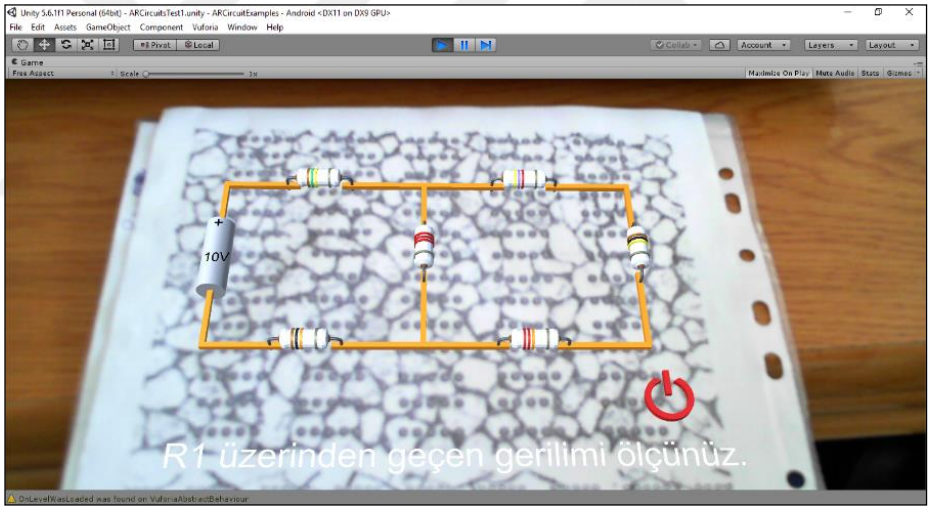
4.2.7. Uygulamanın Çoklu Platformda (Cross-Platform) Çalışması

Unity3D, çoklu platformda uygulama çalıştırmayı destekleyen bir programdır. Vuforia kütüphanesi Android, iOS, UWP ve akıllı gözlüklerden bazılarına destek vermektedir. Bu özelliklerden yararlanarak Şekil 4.33 teki gibi AG uygulamamızı çoklu platformlarda çalıştırmak mümkün olacaktır.



Şekil 4.33. Unity3D de uygulamanın hangi platformda derleneceğini belirten pencere (çerçeveli alan)

Unity3D üzerinde diğer cihazlara derlemeden Şekil 4.34 deki gibi uygulamayı görüntüleme olanağı mevcuttur. Bu özellik, geliştiriciye önemli ölçüde zaman kazandırır.



Şekil 4.34. Uygulamanın Unity3D'de gerçek zamanlı çalışır hali

Android ve iOS platformunda uygulamanın görünümü sırasıyla Şekil 4.35 ve Şekil 4.36 daki gibidir.



Şekil 4.35. Uygulamanın Android telefonda çalışır hali



Şekil 4.36. Uygulamanın iPod üzerinde çalışır hali

Uygulamanın çoklu platformlar üzerinde çalışması, ilgili platformlara ait kütüphanelerin yüklenmesi durumunda kısa süre içerisinde gerçekleştirilebilmektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Çalışmamızın amacı ders ortamında deney olarak yapılan elektronik pratiklerinin mobil cihazlarda ve farklı ortamlarda simüle edilmesini sağlamaktır. Bu amaçla, çalışmamızda gerçekleştirilen AG uygulamasının öğrencilerin mesleki eğitimine katkısını değerlendirebilmek için Selçuk Üniversitesi Teknik Bilimler M.Y.O. Elektronik ve Otomasyon Bölümü Elektronik Haberleşme Teknolojisi 2. Sınıf öğrencilerinden 24'er kişilik iki test grubu (Sınıf 1, Sınıf 2) oluşturulmuştur. Ders içi çalışmalarda deneyler 4'er kişiden oluşan deney grupları olarak yapılmaktadır. Doğal bir dağılım olması amacıyla test grupları ders sürecindeki 4'er kişilik deney gruplarından oluşacak şekilde düzenlenmiştir. Dolayısıyla her sınıf 6 deney grubu içermektedir.

Şekil 5.1 de deney uygulamasını yapan gruplar, Şekil 5.2 de deneylerin yapıldığı Lab-Volt temel elektronik eğitim seti görülmektedir. Şekil 5.3 de ise deney föyüne bağlı olarak deneyi yapan öğrenciler görülmektedir.



Şekil 5.1. Öğrenci grubu



Şekil 5.2. Avometrenin kullanılması deneyinden uygulama görüntüsü



Şekil 5.3. Devrenin deney föyüne uygun olarak yapılışı

Sınıf 1'e deney pratiği, AG uygulaması kullandırılmaksızın yaptırılmıştır. Sınıf 2'ye ise AG uygulaması kullandırılmış ve sonrasında aynı deney pratiği yaptırılmıştır.

Her iki sınıfta da uygulanan deney pratiğinin öğrenci başarısı bakımından sonuçlarını değerlendirebilmek için öğrencilerin ders içi başarıları ve akademik ortalamaları da göz önüne alınmıştır. Bu amaçla, Sınıf 1 ve Sınıf 2'yi oluşturan

öğrencilerin 1. ve 2. dönemdeki uygulamalı derslerden almış oldukları notlar ve 2. dönem sonundaki akademik ortalamaları değerlendirmeye dâhil edilmiştir.

Uygulamalı dersler olarak ders içi deney pratiği olan dersler seçilmiştir. Bu dersler, AC Devre Analizi (ACDA), DC Devre Analizi (DCDA), Sayısal Elektronik (SE), Sayısal Tasarım (ST), Analog Elektronik 1 (AE1) ve Analog Elektronik 2 (AE2) den oluşmaktadır.

Çizelge 5.1 de Sınıf 1'i oluşturan deney gruplarındaki öğrencilerin belirlenen uygulamalı derslerden aldıkları dönem sonu notu ve 2. dönem sonundaki akademik ortalamaları (AO) verilmiştir.

Çizelge 5.1. Sınıf 1 için uygulamalı ders dönem sonu notları ve akademik ortalamaları

Grup No.	Öğrenci No.	ACDA	DCDA	SE	ST	AE1	AE2	AO
Grup 1	1	96	84	82	80	66	100	3,93
	2	72	61	45	75	62	76	3,68
	3	88	61	66	85	50	88	3,65
	4	69	61	73	62	57	59	3,44
Grup 2	5	57	60	82	58	54	68	3,03
	6	25	30	40	25	31	25	1,39
	7	60	45	33	65	41	28	2,12
	8	57	60	52	10	25	20	1,8
Grup 3	9	46	46	52	42	31	38	1,48
	10	60	43	51	61	36	60	2,7
	11	69	42	61	72	44	40	2,55
	12	74	61	60	62	60	50	2,85
Grup 4	13	49	62	61	56	60	58	3,02
	14	71	63	66	61	46	31	2,9
	15	63	33	37	58	35	52	1,77
	16	71	61	65	64	52	64	2,99
Grup 5	17	58	44	61	44	37	10	1,89
	18	68	66	61	53	54	50	2,84
	19	57	29	31	10	23	10	1,48
	20	49	44	28	10	20	20	1,29
Grup 6	21	71	33	10	64	35	20	1,81
	22	59	43	60	25	49	10	2,08
	23	61	50	51	50	51	50	1,36
	24	19	29	30	10	19	10	0,66
Dönem sonu notu ort. ve Akademik Ortalamaları		61,208	50,458	52,417	50,083	43,25	43,208	2,3629
Genel Not Ortalaması (Uyg. Derslerin Tamamı)				**50,10416667**				**2,3629**

Çizelge 5.2 de ise Sınıf 2'yi oluşturan deney gruplarındaki öğrencilerin belirlenen uygulamalı derslerden aldıkları dönem sonu notu ve akademik ortalamaları verilmiştir.

Çizelge 5.2. Sınıf 2 için uygulamalı ders dönem sonu notları ve akademik ortalamaları

Grup No.	Öğrenci No.	ACDA	DCDA	SE	ST	AE1	AE2	AO
Grup 1	1	81	80	40	53	62	92	3,47
	2	62	40	46	70	56	83	2,64
	3	64	35	61	67	39	76	3,17
	4	51	48	60	50	25	55	2,61
Grup 2	5	50	28	47	59	39	72	2,21
	6	87	48	53	82	40	98	3,02
	7	51	43	41	25	32	25	1,92
	8	45	30	61	62	35	40	2,51
Grup 3	9	57	26	40	25	25	25	1,66
	10	65	49	55	59	32	53	2,68
	11	66	51	39	55	43	51	2,55
	12	25	24	31	25	25	25	0,94
Grup 4	13	25	25	25	25	25	38	1,09
	14	60	35	25	30	25	54	1,36
	15	30	25	23	26	20	25	0,79
	16	49	27	54	47	25	25	1,5
Grup 5	17	31	52	25	25	25	25	1,35
	18	30	42	49	25	25	25	1,51
	19	49	42	44	54	30	65	2,67
	20	33	36	39	35	10	25	0,9
Grup 6	21	60	51	52	28	25	25	1,98
	22	66	49	45	35	35	37	2,16
	23	58	46	25	25	25	25	1,7
	24	28	25	25	25	30	29	1,19
Dönem sonu notu ort. ve Akademik Ortalamaları		50,958	39,875	41,875	42,166	31,375	45,541	1,9825
Genel Not Ortalaması (Uyg. Derslerin Tamamı)				**41,96527778**				**1,9825**

Çizelge 5.3 te ise Sınıf 1 ve Sınıf 2'nin uygulamalı derslerden almış oldukları notların genel sınıf ortalamaları ve sınıf akademik ortalamaları karşılaştırılmaktadır.

Çizelge 5.3. Uygulamalı ders not ortalamalarının ve akademik ortalamalarının karşılaştırılması

	Uygulamalı Ders Ortalaması	Akademik Ortalama
Sınıf 1	50,10416667	2,362916667
Sınıf 2	41,96527778	1,9825

Bu çizelgeden de görüleceği üzere Sınıf 1, Sınıf 2'ye nazaran hem uygulama derslerinin not ortalamasında hem de sınıf akademik ortalamasında daha başarılıdır.

Sınıf 1 ve Sınıf 2'yi oluşturan gruplarda bulunan öğrencilerin, uygulamalı derslerdeki grup içi not ortalamaları ise sırasıyla Çizelge 5.4 ve Çizelge 5.5 te verilmiştir.

Çizelge 5.4. Sınıf 1 için uygulamalı derslerdeki grup içi not ortalamaları

Grup No.	ACDA	DCDA	SE	ST	AE1	AE2	Ort.
Grup 1	81,25	66,75	66,5	75,5	58,75	80,75	71,58333333
Grup 2	49,75	48,75	51,75	39,5	37,75	35,25	43,79166667
Grup 3	62,25	48	56	59,25	42,75	47	52,54166667
Grup 4	63,5	54,75	57,25	59,75	48,25	51,25	55,79166667
Grup 5	58	45,75	45,25	29,25	33,5	22,5	39,04166667
Grup 6	52,5	38,75	37,75	37,25	38,5	22,5	37,875

Çizelge 5.5. Sınıf 2 için uygulamalı derslerdeki grup içi not ortalamaları

Grup No.	ACDA	DCDA	SE	ST	AE1	AE2	Ort.
Grup 1	64,5	50,75	51,75	60	45,5	76,5	58,16666667
Grup 2	58,25	37,25	50,5	57	36,5	58,75	49,70833333
Grup 3	53,25	37,5	41,25	41	31,25	38,5	40,45833333
Grup 4	41	28	31,75	32	23,75	35,5	32
Grup 5	35,75	43	39,25	34,75	22,5	35	35,04166667
Grup 6	53	42,75	36,75	28,25	28,75	29	36,41666667

Yapılan deneyler sonucunda, Sınıf 1 ve Sınıf 2'deki deney gruplarının deneyi doğru olarak yapma yüzdeleri, verilen cevaplar üzerinden Çizelge 5.6 da gösterilmiştir.

Çizelge 5.6. Uygulanan deneydeki grupların başarı yüzdeleri

	Grup1	Grup2	Grup3	Grup4	Grup5	Grup6
Sınıf 1	%83,33	%58,31	%74,97	%74,97	%58,31	%50
Sınıf 2	%100	%100	%91,63	%83,33	%83,33	%91,63

Sınıf 1 ve Sınıf 2'deki grupların yapmış olduğu deney uygulaması sonucunda her bir grup için ortaya çıkan başarı yüzdesi ile her bir grubun uygulamalı derslerden almış olduğu not ortalamasının karşılaştırılması Çizelge 5.7 ve Çizelge 5.8 de görülmektedir.

Aynı zamanda not ortalaması ve başarı yüzdesi gibi farklı ölçekleme sistemlerinde verilen iki farklı verinin birbiri ile karşılaştırılabilmesini sağlamak için, bu veriler normalize edilerek Çizelge 5.7 ve Çizelge 5.8 de verilmiştir.

Çizelge 5.7. Sınıf 1 için normalize edilmiş ders ortalamaları ve deney başarı yüzdeleri

Grup Ders Ortalamaları (SINIF 1)				
Grup No.	**Grup Ders Ortalaması**	**Pratik Başarısı %**	**Normalize Edilmiş Ders Ortalaması**	**Normalize Edilmiş Pratik Başarısı %**
Grup 1	71,58333333	83,33	0,715833333	0,8333
Grup 2	43,79166667	58,31	0,437916667	0,5831
Grup 3	52,54166667	74,97	0,525416667	0,7497
Grup 4	55,79166667	74,97	0,557916667	0,7497
Grup 5	39,04166667	58,31	0,390416667	0,5831
Grup 6	37,875	50	0,37875	0,5

Çizelge 5.8. Sınıf 2 için normalize edilmiş ders ortalamaları ve deney başarı yüzdeleri

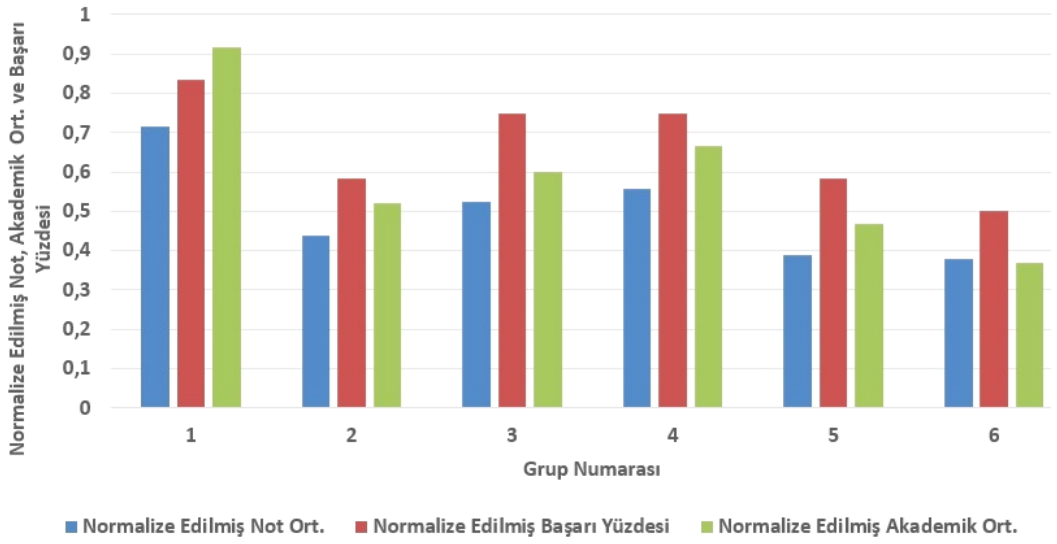
Grup Ders Ortalamaları (SINIF 2)				
Grup No.	**Grup Ders Ortalaması**	**Pratik Başarısı %**	**Normalize Edilmiş Ders Ortalaması**	**Normalize Edilmiş Pratik Başarısı %**
Grup 1	58,16666667	100	0,581667	1
Grup 2	49,70833333	100	0,497083	1
Grup 3	40,45833333	91,63	0,404583	0,9163
Grup 4	32	83,33	0,32	0,8333
Grup 5	35,04166667	83,33	0,350417	0,8333
Grup 6	36,41666667	91,63	0,364167	0,9163

Sınıf 1 ve Sınıf 2'deki grupların normalize edilmiş ders not ortalamaları, normalize edilmiş akademik ortalamaları ve normalize edilmiş başarı yüzdeleri Şekil 5.4 ve Şekil 5.5 te görülmektedir.

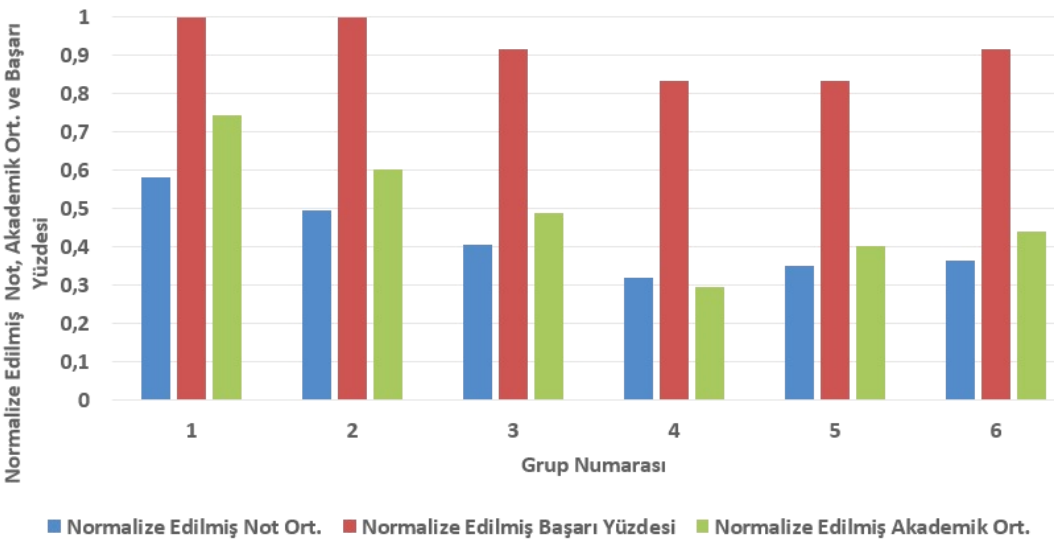
Şekil 5.4 ve Şekil 5.5 ten de görüldüğü gibi, Sınıf 1'in akademik ortalaması (2,36) ve uygulamalı ders ortalaması (50,1), Sınıf 2'nin akademik ortalaması (1,98) ve uygulamalı ders ortalamasından (41,96) yüksek olmasına rağmen, Sınıf 1'in pratik başarı ortalaması (%66,64) Sınıf 2'nin pratik başarı ortalamasından (%91,65) daha düşüktür.

Bu sonuçlardan da görüldüğü gibi, çalışmada geliştirilen AG uygulamasının kullanıldığı sınıfta (Sınıf 2) pratik başarısı ortalama olarak %25 daha iyi sonuç vermiştir.

Bu durum Sınıf 1 ve Sınıf 2'nin normalize edilmiş ders not ortalamaları, normalize edilmiş akademik ortalamaları ve normalize edilmiş başarı yüzdelerinin verildiği Şekil 5.4 ve Şekil 5.5 te daha iyi görülmektedir.



Şekil 5.4. Sınıf 1 için normalize edilmiş ders not ortalamaları, normalize edilmiş akademik ortalamaları ve normalize edilmiş başarı yüzdeleri



Şekil 5.5. Sınıf 2 için normalize edilmiş ders not ortalamaları, normalize edilmiş akademik ortalamaları ve normalize edilmiş başarı yüzdeleri

Sonuç olarak, geliştirilen AG uygulamasının öğrencilerin elektronik pratiğini olumlu yönde etkileyeceği tespit edilmiştir.

5.2 Öneriler

Önerilen yaklaşım, elektronik pratiğine yani ölçü aleti kullanımı, devre üzerinde ölçme yapma yeteneği gibi işlemleri geliştirme adına alternatif bir AG uygulaması sunmaktadır. Yapılan çalışmanın sonucunda sosyal medya ve bu tarz uygulamaları yaygın olarak kullanan genç kuşağın eğitimde AG uygulamalarına büyük bir ilgi

gösterdiği görülmüştür. Deneylerin yapılışı sırasında öğrencinin yapılacak olan deneye hazırlık oranının arttığı ve buna bağlı olarak uygulama sırasındaki hata oranının düştüğü gözlemlenmiştir.

Eğitim alanında öğretmenler farklı dersler için hazırladıkları uygulamaları web ara yüzü sayesinde öğrencilere mobil uygulamalar şeklinde AG kullanarak daha pratik bir şekilde gönderebilir.

Bu yaklaşım ile beraber deney çeşitliliği artırılarak, müfredattaki her uygulamalı ders için web ortamı ile uyumlu çalışacak daha interaktif bir AG sistemi oluşturmak mümkündür. Bu yöntemin pratiği olan meslek derslerine uygulanmasının, eğitimin başarısını artıracağı düşüncesindeyiz. Son olarak günümüzde AG teknolojisi; oyun, eğitim, perakende, endüstriyel vs. alanlarda adını sıklıkla duyurmaya başlamıştır. Teknolojinin gelişmesi ile beraber farklı yaklaşımları da kapsayacak şekilde AG'in hayatımıza daha çok gireceği görülmektedir.

KAYNAKLAR

Ababsa, F. ve Mallem, M., 2008, Robust camera pose estimation combining 2D/3D points and lines tracking, *Industrial Electronics, 2008. ISIE 2008. IEEE International Symposium on*, 774-779.

Ai, D. N., Yang, J., Fan, J. F., Zhao, Y. T., Song, X. Z., Shen, J. B., Shao, L. ve Wang, Y. T., 2016, Augmented reality based real-time subcutaneous vein imaging system, *Biomedical Optics Express*, 7 (7), 2565-2585.

Akcayir, M., Akcayir, G., Pektas, H. M. ve Ocak, M. A., 2016, Augmented reality in science laboratories: The effects of augmented reality on university students' laboratory skills and attitudes toward science laboratories, *Computers in Human Behavior*, 57, 334-342.

Amin, D. G., S., 2015, Comparative Study Of Augmented Reality Sdk's, *International Journal on Computational Sciences & Applications (IJCSA)*, 5, 16.

Azuma, R. T., 1997, A survey of augmented reality, *Presence-Teleoperators and Virtual Environments*, 6 (4), 355-385.

Billinghurst, M. ve Dunser, A., 2012, Augmented Reality in the Classroom, *Computer*, 45 (7), 56-63.

Bronack, S., 2011, The Role of Immersive Media in Online Education, p.

Carmigniani, J., Furht, B., Anisetti, M., Ceravolo, P., Damiani, E. ve Ivkovic, M., 2011, Augmented reality technologies, systems and applications, *Multimedia Tools and Applications*, 51 (1), 341-377.

Chen, P., Peng, Z., Li, D. L. ve Yang, L. J., 2016, An improved augmented reality system based on AndAR, *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 37, 63-69.

Chung, N., Han, H. ve Joun, Y., 2015, Tourists' intention to visit a destination: The role of augmented reality (AR) application for a heritage site, *Computers in Human Behavior*, 50, 588-599.

Demirer, V. ve Erbaş, Ç., 2015, Mobil Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarının İncelenmesi ve Eğitimsel Açıdan Değerlendirilmesi, *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 11 (3), 802-813.

Erdoğan, H. ve Ekenel, H., K., 2015, Game Design for Physical Therapy and Rehabilitation Using Kinect.

Feiner, S. K., 2002, Augmented reality: A new way of seeing, *Scientific American*, 286 (4), 48-55.

Huang, W., Sun, M. ve Li, S. N., 2016, A 3D GIS-based interactive registration mechanism for outdoor augmented reality system, *Expert Systems with Applications*, 55, 48-58.

Huang, Y., Liu, Y. ve Wang, Y., 2009, AR-View: an Augmented Reality Device for Digital Reconstruction of Yuangmingyuan, p.

Ibáñez, M. B., Di Serio, Á., 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.

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.

Javornik, A., 2016, Augmented reality: Research agenda for studying the impact of its media characteristics on consumer behaviour, *Journal of Retailing and Consumer Services*, 30, 252-261.

Jung, T., Chung, N. ve Leue, M. C., 2015, The determinants of recommendations to use augmented reality technologies: The case of a Korean theme park, *Tourism Management*, 49, 75-86.

Kaleci, D., Demirel, T. ve Akkus, İ., 2016, Örnek Bir Artırılmış Gerçeklik Tasarımı, *18. Akademik Bilişim Konferansı*, Aydin/TURKIYE.

Kato, H., Billinghurst, M., Poupyrev, I., Imamoto, K. ve Tachibana, K., 2000, Virtual object manipulation on a table-top AR environment, p.

Kim, S. L., Suk, H. J., Kang, J. H., Jung, J. M., Laine, T. H. ve Westlin, J., 2014, Using Unity 3D to Facilitate Mobile Augmented Reality Game Development, *2014 Ieee World Forum on Internet of Things (Wf-Iot)*, 21-26.

Klopfer, E. ve Squire, K., 2008, Environmental Detectives—the development of an augmented reality platform for environmental simulations, *Educational Technology Research and Development*, 56 (2), 203-228.

Kysela, J. ve Štorková, P., 2015, Using Augmented Reality as a Medium for Teaching History and Tourism, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 174, 926-931.

Li, Y. B., Kang, S. P., Qiao, Z. H. ve Zhu, Q., 2008, Development Actuality and Application of Registration Technology in Augmented Reality, *Proceedings of the 2008 International Symposium on Computational Intelligence and Design, Vol 2*, 69-74.

Marchand, E., Uchiyama, H. ve Spindler, F., 2016, Pose Estimation for Augmented Reality: A Hands-On Survey, *Ieee Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 22 (12), 2633-2651.

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*, 51, 752-761.

Milgram, P. ve Kishino, F., 1994, A taxonomy of mixed reality visual displays, *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*, 77 (12), 1321-1329.

Milgram, P. ve Colquhoun, H., 1999, A taxonomy of real and virtual world display integration, *Mixed Reality*, 5-30.

Neumann, U. ve You, S., 1999, Natural Feature Tracking for Augmented Reality, *Ieee Transactions on Multimedia*, 1 (1), 53-64.

Nilsson, J., Ödblom, A. C., Fredriksson, J., Zafar, A. ve Ahmed, F., 2010, Performance evaluation method for mobile computer vision systems using augmented reality, *Virtual Reality Conference (VR), 2010 IEEE*, 19-22.

Packtpub, 2017, Vuforia architecture, https://www.packtpub.com/mapt/book/application_development/9781782168553/5/ch05lvl1sec25/vuforia-architecture: [25.09.2017].

Reitmayr, G. ve Schmalstieg, D., 2003, Location based applications for mobile augmented reality. Proceedings of the Fourth Australasian user interface conference on User interfaces 2003 - Volume 18. Adelaide, Australia, Australian Computer Society, Inc.**:** 65-73.

Santoso, M. ve Gook, L., B., 2012, ARkanoid: Development of 3D Game and Handheld Augmented Reality, *International Journal Of Computational Engineering Research*, 2 (4), 1053-1059.

Selek, M. ve Kiymaz, Y. E., 2017, Realization of Augmented Reality Application on Cross-Platforms, *II. International Academic Research Congress*, Alanya/TURKEY, 1039-1046.

Suenaga, H., Tran, H. H., Liao, H., Masamune, K., Dohi, T., Hoshi, K. ve Takato, T., 2015, Vision-based markerless registration using stereo vision and an augmented reality surgical navigation system: a pilot study, *Bmc Medical Imaging*, 15.

Unity, 2017, Unity - Manual, https://docs.unity3d.com/Manual/ExecutionOrder.html: [12.09.2017].

Wagner, D. ve Schmalstieg, D., 2006, Handheld augmented reality displays, *Virtual Reality Conference, 2006*, 321-321.

Whipple, J., Arensman, W. ve Boler, M. S., 2009, A Public Safety Application of GPS-Enabled Smartphones and the Android Operating System, *2009 Ieee International Conference on Systems, Man and Cybernetics (Smc 2009), Vols 1-9*, 2059-2061.

Wikipedia, 2017, Augmented reality -- Wikipedia, The Free Encyclopedia, [3-September-2017].

Wild, F., 2016, The Future of Learning at the Workplace Is Augmented Reality, *Computer*, 49 (10), 96-98.

Xiao, C. ve Zhang, L. F., 2014, Implementation of Mobile Augmented Reality Based on Vuforia and Rawajali, *2014 5th Ieee International Conference on Software Engineering and Service Science (Icsess)*, 912-915.

Yew, A. W. W., Ong, S. K. ve Nee, A. Y. C., 2016, Towards a griddable distributed manufacturing system with augmented reality interfaces, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 39, 43-55.

Zarzuela, M. M., Pernas, F. J. D., Martínez, L. B., Ortega, D. G. ve Rodríguez, M. A., 2013, Mobile Serious Game Using Augmented Reality for Supporting Children's Learning About Animals, *Procedia Computer Science*, 25, 375-381.

Zhou, F., Duh, H. B.-L. ve Billinghurst, M., 2008, Trends in augmented reality tracking, interaction and display: A review of ten years of ISMAR. Proceedings of the 7th IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, IEEE Computer Society**:** 193-202.

Zhu, W., Owen, C., Li, H. ve Lee, J.-H., 2004, Personalized In-store E-Commerce with the PromoPad: an Augmented Reality Shopping Assistant, p.

EKLER

EK-1 Uygulamadaki ilk deneye ait kaynak kod

```
        using System;
        using System.Collections;
        using System.Collections.Generic;
        using UnityEngine;
        using Vuforia;
        public class CircuitRes : MonoBehaviour, IVirtualButtonEventHandler, ITrackableEventHandler
        {

            private GameObject txt,
                probePlus1, probePlus2, probePlus3, probePlus4, probePlus5, probePlus6, probePlus7, probePlus8, probePlus9,
                probeMinus1, probeMinus2, probeMinus3, probeMinus4, probeMinus5, probeMinus6, probeMinus7, probeMinus8, probeMinus9,
                line0, line1, line2, line3, line4, line5, line6, line7, line8, line9, line10, line11,
                voltmeter, voltmeter1, voltmeter2, voltmeter3, voltmeter4, voltmeter5,
                ammeter, ammeter1, ammeter2, ammeter3, ammeter4, ammeter5, ammeter6, ammeter7, ammeter8, ammeter9, ammeter10, ammeter11;
            private VirtualButtonBehaviour[] vbs;
            private TextMesh tm;
            AudioSource[] source;
            private TrackableBehaviour mTrackableBehaviour;
            private bool kontrol = false;
            private bool isRunning = false;
            private bool isAmmeter = false;
            private bool isVoltmeter = false;
            bool ses = true;
            private string[] steps = {
                "R1 üzerinden geçen gerilimi ölçünüz.",
                "R2 üzerinden geçen gerilimi ölçünüz.",
                "R3 üzerinden geçen gerilimi ölçünüz.",
                "R4 üzerinden geçen gerilimi ölçünüz.",
                "R5 üzerinden geçen gerilimi ölçünüz.",
                "R6 üzerinden geçen gerilimi ölçünüz.",
                "R1 üzerinden geçen akımı ölçünüz.",
                "R2 üzerinden geçen akımı ölçünüz.",
                "R3 üzerinden geçen akımı ölçünüz.",
                "R4 üzerinden geçen akımı ölçünüz.",
                "R5 üzerinden geçen akımı ölçünüz.",
                "R6 üzerinden geçen akımı ölçünüz."};
            private float timer = 0.0f;
            private float timerMax = 2.0f;
            private int index;

            public void OnButtonPressed(VirtualButtonAbstractBehaviour vb)
            {
```

```
Debug.Log("OnButtonPressed" + vb.VirtualButtonName);
switch (vb.VirtualButtonName)
{
   case "VBLine1":
      probePlus1.SetActive(true);
      break;
   case "VBLine2":
      probeMinus1.SetActive(true);
      break;
   case "VBLine3":
      probePlus2.SetActive(true);
      break;
   case "VBLine4":
      probeMinus2.SetActive(true);
      break;
   case "VBLine5":
      probePlus3.SetActive(true);
      break;
   case "VBLine6":
      probeMinus3.SetActive(true);
      break;
   case "VBLine7":
      probeMinus4.SetActive(true);
      break;
   case "VBLine8":
      probePlus4.SetActive(true);
      break;
   case "VBLine9":
      probeMinus5.SetActive(true);
      break;
   case "VBLine10":
      probePlus5.SetActive(true);
      break;
   case "VBLine11":
      probePlus6.SetActive(true);
      break;
   case "VBLine12":
      probePlus7.SetActive(true);
      break;
   case "VBLine13":
      probeMinus6.SetActive(true);
      break;
   case "VBLine14":
      probeMinus7.SetActive(true);
      break;
   case "VBLine15":
      probeMinus9.SetActive(true);
      break;
   case "VBLine16":
      probeMinus8.SetActive(true);
```

```
            break;
        case "VBLine17":
            probePlus9.SetActive(true);
            break;
        case "VBLine18":
            probePlus8.SetActive(true);
            break;
        case "VBReset":
            clear();
            break;
        default:
            break;
    }
}

public void OnButtonReleased(VirtualButtonAbstractBehaviour vb)
{
    timer = 0.0f;
    if (probePlus2.activeSelf && probeMinus1.activeSelf)
    {
        tm.text = "Gerilim: 9.25V";
        voltmeter2.SetActive(true);
        kontrol = index == 0;
        isVoltmeter = true;
        isRunning = true;
    }

    else if (probePlus1.activeSelf && probeMinus4.activeSelf)
    {
        tm.text = "Geçen akım: 61.7µA";
        line1.SetActive(false);
        ammeter3.SetActive(true);
        kontrol = index == 11;
        isAmmeter = true;
        isRunning = true;
    }

    else if (probePlus8.activeSelf && probeMinus3.activeSelf)
    {
        tm.text = "Geçen akım: 61.7µA";
        line11.SetActive(false);
        ammeter11.SetActive(true);
        kontrol = index == 11;
        isAmmeter = true;
        isRunning = true;
    }

    else if (probePlus2.activeSelf && probeMinus2.activeSelf)
    {
        tm.text = "Gerilim: 745mV";
```

```
            voltmeter3.SetActive(true);
            kontrol = index == 1;
            isVoltmeter = true;
            isRunning = true;
        }

        else if (probePlus2.activeSelf && probeMinus3.activeSelf)
        {
            tm.text = "Gerilim: 133mV";
            voltmeter5.SetActive(true);
            kontrol = index == 4;
            isVoltmeter = true;
            isRunning = true;
        }

        else if (probePlus5.activeSelf && probeMinus3.activeSelf)
        {
            tm.text = "Geçen akım: 60.6µA";
            line2.SetActive(false);
            ammeter.SetActive(true);
            kontrol = index == 10;
            isAmmeter = true;
            isRunning = true;
        }

        else if (probePlus2.activeSelf && probeMinus7.activeSelf)
        {
            tm.text = "Geçen akım: 60.6µA";
            line7.SetActive(false);
            ammeter8.SetActive(true);
            kontrol = index == 10;
            isAmmeter = true;
            isRunning = true;
        }

        else if (probePlus4.activeSelf && probeMinus2.activeSelf)
        {
            tm.text = "Geçen akım: 1.05µA";
            line3.SetActive(false);
            ammeter1.SetActive(true);
            kontrol = index == 8;
            isAmmeter = true;
            isRunning = true;
        }

        else if (probePlus3.activeSelf && probeMinus8.activeSelf)
        {
            tm.text = "Geçen akım: 1.05µA";
            line9.SetActive(false);
            ammeter9.SetActive(true);
```

```
            kontrol = index == 8;
            isAmmeter = true;
            isRunning = true;
        }

        else if (probePlus3.activeSelf && probeMinus5.activeSelf)
        {
            tm.text = "Geçen akım: 1.05µA";
            line4.SetActive(false);
            ammeter2.SetActive(true);
            kontrol = index == 9;
            isAmmeter = true;
            isRunning = true;
        }

        else if (probePlus9.activeSelf && probeMinus3.activeSelf)
        {
            tm.text = "Geçen akım: 1.05µA";
            line10.SetActive(false);
            ammeter10.SetActive(true);
            kontrol = index == 9;
            isAmmeter = true;
            isRunning = true;
        }

        else if (probePlus6.activeSelf && probeMinus2.activeSelf)
        {
            tm.text = "Geçen akım: 1.05µA";
            line5.SetActive(false);
            ammeter4.SetActive(true);
            kontrol = index == 7;
            isAmmeter = true;
            isRunning = true;
        }

        else if (probePlus2.activeSelf && probeMinus9.activeSelf)
        {
            tm.text = "Geçen akım: 1.05µA";
            line8.SetActive(false);
            ammeter7.SetActive(true);
            kontrol = index == 7;
            isAmmeter = true;
            isRunning = true;
        }

        else if (probePlus7.activeSelf && probeMinus1.activeSelf)
        {
            tm.text = "Geçen akım: 61.7µA";
            line0.SetActive(false);
            ammeter5.SetActive(true);
```

```
            kontrol = index == 6;
            isAmmeter = true;
            isRunning = true;
        }

        else if (probePlus2.activeSelf && probeMinus6.activeSelf)
        {
            tm.text = "Geçen akım: 61.7µA";
            line6.SetActive(false);
            ammeter6.SetActive(true);
            kontrol = index == 6;
            isAmmeter = true;
            isRunning = true;
        }

        else if (probePlus1.activeSelf && probeMinus3.activeSelf)
        {
            tm.text = "Gerilim: 617mV";
            voltmeter.SetActive(true);
            kontrol = index == 5;
            isVoltmeter = true;
            isRunning = true;
        }

        else if (probePlus3.activeSelf && probeMinus2.activeSelf)
        {
            tm.text = "Gerilim: 640mV";
            voltmeter4.SetActive(true);
            kontrol = index == 2;
            isVoltmeter = true;
            isRunning = true;
        }
        else if (probePlus3.activeSelf && probeMinus3.activeSelf)
        {
            tm.text = "Gerilim: 23.2mV";
            voltmeter1.SetActive(true);
            kontrol = index == 3;
            isVoltmeter = true;
            isRunning = true;
        }
    }

    // Use this for initialization
    void Start()
    {
        isRunning = false;
        index = 0;
        vbs = GetComponentsInChildren<VirtualButtonBehaviour>();
        for (int i = 0; i < vbs.Length; ++i)
        {
```

```
    // Register with the virtual buttons TrackableBehaviour
    vbs[i].RegisterEventHandler(this);
}

mTrackableBehaviour = GetComponent<TrackableBehaviour>();
if (mTrackableBehaviour)
{
    mTrackableBehaviour.RegisterTrackableEventHandler(this);
}

source = GetComponents<AudioSource>();

txt = transform.Find("ResultTxt").gameObject;
tm = (TextMesh)txt.transform.GetComponent(typeof(TextMesh));
txt.SetActive(true);

tm.text = steps[0];

probePlus1 = transform.Find("probePlus1").gameObject;
probeMinus1 = transform.Find("probeMinus1").gameObject;
probePlus2 = transform.Find("probePlus2").gameObject;
probeMinus2 = transform.Find("probeMinus2").gameObject;
probePlus3 = transform.Find("probePlus3").gameObject;
probeMinus3 = transform.Find("probeMinus3").gameObject;
probePlus4 = transform.Find("probePlus4").gameObject;
probeMinus4 = transform.Find("probeMinus4").gameObject;
probePlus5 = transform.Find("probePlus5").gameObject;
probeMinus5 = transform.Find("probeMinus5").gameObject;
probePlus6 = transform.Find("probePlus6").gameObject;
probeMinus6 = transform.Find("probeMinus6").gameObject;
probePlus7 = transform.Find("probePlus7").gameObject;
probeMinus7 = transform.Find("probeMinus7").gameObject;
probePlus8 = transform.Find("probePlus8").gameObject;
probeMinus8 = transform.Find("probeMinus8").gameObject;
probePlus9 = transform.Find("probePlus9").gameObject;
probeMinus9 = transform.Find("probeMinus9").gameObject;

line0 = transform.Find("Line0").gameObject;
line1 = transform.Find("Line1").gameObject;
line2 = transform.Find("Line2").gameObject;
line3 = transform.Find("Line3").gameObject;
line4 = transform.Find("Line4").gameObject;
line5 = transform.Find("Line5").gameObject;
line6 = transform.Find("Line6").gameObject;
line7 = transform.Find("Line7").gameObject;
line8 = transform.Find("Line8").gameObject;
line9 = transform.Find("Line9").gameObject;
line10 = transform.Find("Line10").gameObject;
line11 = transform.Find("Line11").gameObject;
```

```
voltmeter = transform.Find("voltmeter").gameObject;
voltmeter1 = transform.Find("voltmeter1").gameObject;
voltmeter2 = transform.Find("voltmeter2").gameObject;
voltmeter3 = transform.Find("voltmeter3").gameObject;
voltmeter4 = transform.Find("voltmeter4").gameObject;
voltmeter5 = transform.Find("voltmeter5").gameObject;

ammeter = transform.Find("ammeter").gameObject;
ammeter1 = transform.Find("ammeter1").gameObject;
ammeter2 = transform.Find("ammeter2").gameObject;
ammeter3 = transform.Find("ammeter3").gameObject;
ammeter4 = transform.Find("ammeter4").gameObject;
ammeter5 = transform.Find("ammeter5").gameObject;
ammeter6 = transform.Find("ammeter6").gameObject;
ammeter7 = transform.Find("ammeter7").gameObject;
ammeter8 = transform.Find("ammeter8").gameObject;
ammeter9 = transform.Find("ammeter9").gameObject;
ammeter10 = transform.Find("ammeter10").gameObject;
ammeter11 = transform.Find("ammeter11").gameObject;

probePlus1.SetActive(false);
probeMinus1.SetActive(false);
probePlus2.SetActive(false);
probeMinus2.SetActive(false);
probePlus3.SetActive(false);
probeMinus3.SetActive(false);
probePlus4.SetActive(false);
probeMinus4.SetActive(false);
probePlus5.SetActive(false);
probeMinus5.SetActive(false);
probePlus6.SetActive(false);
probeMinus6.SetActive(false);
probePlus7.SetActive(false);
probeMinus7.SetActive(false);
probePlus8.SetActive(false);
probeMinus8.SetActive(false);
probePlus9.SetActive(false);
probeMinus9.SetActive(false);
voltmeter.SetActive(false);
voltmeter1.SetActive(false);
voltmeter2.SetActive(false);
voltmeter3.SetActive(false);
voltmeter4.SetActive(false);
voltmeter5.SetActive(false);
ammeter.SetActive(false);
ammeter1.SetActive(false);
ammeter2.SetActive(false);
ammeter3.SetActive(false);
ammeter4.SetActive(false);
ammeter5.SetActive(false);
```

```
            ammeter6.SetActive(false);
            ammeter7.SetActive(false);
            ammeter8.SetActive(false);
            ammeter9.SetActive(false);
            ammeter10.SetActive(false);
            ammeter11.SetActive(false);
        }

        // Update is called once per frame
        void Update()
        {
            if (isRunning)
            {
                timer += Time.deltaTime;
                if (timer >= timerMax)
                {
                    timer = 0.0f;
                    isRunning = false;
                    if (kontrol)
                    {
                        tm.text = "DOĞRU";
                        tm.color = Color.green;
                        ++index;
                    }
                    else
                    {
                        if (isAmmeter && index < 5)
                            tm.text = "YANLIŞ, voltmetre kullanmanız gerekir.";
                        else if (isVoltmeter && index > 5)
                            tm.text = "YANLIŞ, ampermetre kullanmanız gerekir.";
                        else
                        {
                            tm.text = "YANLIŞ";
                            source[2].Play();
                        }


                        tm.color = Color.red;
                        StartCoroutine(delay(3.0f));
                    }
                }
            }
        }

        public void OnTrackableStateChanged(TrackableBehaviour.Status
previousStatus, TrackableBehaviour.Status newStatus)
        {
            if (newStatus == TrackableBehaviour.Status.DETECTED ||
                newStatus == TrackableBehaviour.Status.TRACKED ||
                newStatus == TrackableBehaviour.Status.EXTENDED_TRACKED)
```

```
            {
                if (ses)
                {
                    source[0].Play();
                    ses = false;
                }

                tm.color = Color.white;
                tm.text = steps[index];
            }
            else
            {
                timer = 0.0f;
            }
        }

        private void clear()
        {
            line0.SetActive(true);
            line1.SetActive(true);
            line2.SetActive(true);
            line3.SetActive(true);
            line4.SetActive(true);
            line5.SetActive(true);
            line6.SetActive(true);
            line7.SetActive(true);
            line8.SetActive(true);
            line9.SetActive(true);
            line10.SetActive(true);
            line11.SetActive(true);

            probePlus1.SetActive(false);
            probeMinus1.SetActive(false);
            probePlus2.SetActive(false);
            probeMinus2.SetActive(false);
            probePlus3.SetActive(false);
            probeMinus3.SetActive(false);
            probePlus4.SetActive(false);
            probeMinus4.SetActive(false);
            probePlus5.SetActive(false);
            probeMinus5.SetActive(false);
            probePlus6.SetActive(false);
            probeMinus6.SetActive(false);
            probePlus7.SetActive(false);
            probeMinus7.SetActive(false);
            probePlus8.SetActive(false);
            probeMinus8.SetActive(false);
            probePlus9.SetActive(false);
            probeMinus9.SetActive(false);
            voltmeter.SetActive(false);
```

```
            voltmeter1.SetActive(false);
            voltmeter2.SetActive(false);
            voltmeter3.SetActive(false);
            voltmeter4.SetActive(false);
            voltmeter5.SetActive(false);
            ammeter.SetActive(false);
            ammeter1.SetActive(false);
            ammeter2.SetActive(false);
            ammeter3.SetActive(false);
            ammeter4.SetActive(false);
            ammeter5.SetActive(false);
            ammeter6.SetActive(false);
            ammeter7.SetActive(false);
            ammeter8.SetActive(false);
            ammeter9.SetActive(false);
            ammeter10.SetActive(false);
            ammeter11.SetActive(false);

            if (steps.Length > index)
                tm.text = steps[index];
            else
            {
                tm.text = "Tebrikler deneyi tamamladınız.";
                index = 0;
                source[1].Play();
            }

            tm.color = Color.white;

            isAmmeter = false;
            isVoltmeter = false;
        }

        IEnumerator delay(float seconds)
        {
            yield return new WaitForSeconds(seconds);
            clear();
        }
    }
```

EK-2 Uygulamadaki ikinci deneye ait kaynak kod

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

public class CircuitDiode : MonoBehaviour, IVirtualButtonEventHandler, ITrackableEventHandler
{

    private GameObject txt,
      probePlus1, probePlus2, probeMinus1, probeMinus2, voltmeter1, voltmeter2, ammeter, line1, battery, batteryMain;
    private VirtualButtonBehaviour[] vbs;
    private TextMesh tm;
    private bool isRunning = false;
    private bool isAmmeter = false;
    private bool isVoltmeter = false;
    bool ses = true;
    private string[] steps = {
      "R direnci ve D diyotu üzerinden geçen akımı ölçünüz.",
      "R direnci üzerinden geçen gerilimi ölçünüz.",
      "D diyotu üzerinden geçen gerilimi ölçünüz."};
    AudioSource[] source;
    private TrackableBehaviour mTrackableBehaviour;
    private bool kontrol = false;
    private float timer = 0.0f;
    private float timerMax = 2.0f;
    private float timerMax1 = 1.0f;
    private int index;
    private bool isFinished = false;
    private bool isBatteryTurned = false;

    public void OnButtonPressed(VirtualButtonAbstractBehaviour vb)
    {
      Debug.Log("OnButtonPressed" + vb.VirtualButtonName);
      switch (vb.VirtualButtonName)
      {
        case "VB1":
          probePlus2.SetActive(true);
          break;
        case "VB2":
          probeMinus2.SetActive(true);
          break;
        case "VB3":
          probeMinus1.SetActive(true);
          break;
        case "VB4":
```

```
                    probePlus1.SetActive(true);
                    break;
                case "VBBattery":
                    if (!(steps.Length > index))
                    {
                        var rotationVector = transform.rotation.eulerAngles;
                        rotationVector.y = 180;
                        batteryMain.transform.rotation = Quaternion.Euler(rotationVector);
                        battery.GetComponent<MeshRenderer>().material.color =
Color.blue;
                        isFinished = false;
                        isBatteryTurned = true;
                        index = 0;
                        StartCoroutine(delay(2.0f));
                    }
                    break;
                case "VBReset":
                    clear();
                    break;
                default:
                    break;
            }
        }

        public void OnButtonReleased(VirtualButtonAbstractBehaviour vb)
        {
            timer = 0.0f;
            if (probePlus1.activeSelf && probeMinus2.activeSelf)
            {
                tm.text = "Diyot Gerilimi: " + (!isBatteryTurned ? "792mV" : "0V");
                voltmeter1.SetActive(true);
                kontrol = index == 2;
                isVoltmeter = true;
                isRunning = true;
            }

            else if (probePlus2.activeSelf && probeMinus2.activeSelf)
            {
                tm.text = "Gerilim: " + (!isBatteryTurned ? "11.2V" : "0V");
                voltmeter2.SetActive(true);
                kontrol = index == 1;
                isVoltmeter = true;
                isRunning = true;
            }

            else if (probePlus1.activeSelf && probeMinus1.activeSelf)
            {
                tm.text = "Geçen akım: " + (!isBatteryTurned ? "11.2mA" : "0A");
                ammeter.SetActive(true);
                line1.SetActive(false);
```

```
            kontrol = index == 0;
            isAmmeter = true;
            isRunning = true;
        }
    }

    // Use this for initialization
    void Start()
    {

        vbs = GetComponentsInChildren<VirtualButtonBehaviour>();
        for (int i = 0; i < vbs.Length; ++i)
        {
            // Register with the virtual buttons TrackableBehaviour
            vbs[i].RegisterEventHandler(this);
        }

        mTrackableBehaviour = GetComponent<TrackableBehaviour>();
        if (mTrackableBehaviour)
        {
            mTrackableBehaviour.RegisterTrackableEventHandler(this);
        }

        source = GetComponents<AudioSource>();
        txt = transform.Find("ResultTxt").gameObject;
        tm = (TextMesh)txt.transform.GetComponent(typeof(TextMesh));
        txt.SetActive(true);

        tm.text = steps[0];

        probePlus1 = transform.Find("probePlus1").gameObject;
        probeMinus1 = transform.Find("probeMinus1").gameObject;
        probePlus2 = transform.Find("probePlus2").gameObject;
        probeMinus2 = transform.Find("probeMinus2").gameObject;
        voltmeter1 = transform.Find("voltmeter1").gameObject;
        voltmeter2 = transform.Find("voltmeter2").gameObject;
        ammeter = transform.Find("ammeter").gameObject;
        line1 = transform.Find("Line1").gameObject;
        batteryMain = transform.Find("BatteryMain").gameObject;
        battery = batteryMain.transform.Find("battery").gameObject;

        battery.GetComponent<MeshRenderer>().material.color = Color.blue;

        probePlus1.SetActive(false);
        probeMinus1.SetActive(false);
        probePlus2.SetActive(false);
        probeMinus2.SetActive(false);
        voltmeter1.SetActive(false);
        voltmeter2.SetActive(false);
        ammeter.SetActive(false);
```

```
        }

        // Update is called once per frame
        void Update()
        {
            if (isRunning)
            {
                timer += Time.deltaTime;
                if (timer >= timerMax)
                {
                    timer = 0.0f;
                    isRunning = false;
                    if (kontrol)
                    {
                        tm.text = "DOĞRU";
                        tm.color = Color.green;
                        ++index;
                    }
                    else
                    {
                        if (isAmmeter && index > 0)
                            tm.text = "YANLIŞ, voltmetre kullanmanız gerekir.";
                        else if (isVoltmeter && index < 1)
                            tm.text = "YANLIŞ, ampermetre kullanmanız gerekir.";
                        else
                        {
                            tm.text = "YANLIŞ";
                            source[2].Play();
                        }


                        tm.color = Color.red;
                        StartCoroutine(delay(3.0f));
                    }
                }
            }
            else if (isFinished)
            {
                timer += Time.deltaTime;

                if (timer >= timerMax1)
                {
                    timer = 0.0f;

                    if (battery.GetComponent<MeshRenderer>().material.color == Color.blue)
                    {
                        battery.GetComponent<MeshRenderer>().material.color = Color.red;
                    }
```

```
                else
                {
                    battery.GetComponent<MeshRenderer>().material.color = Color.blue;
                }
            }
        }
    }

    public void OnTrackableStateChanged(TrackableBehaviour.Status previousStatus, TrackableBehaviour.Status newStatus)
    {
        if (newStatus == TrackableBehaviour.Status.DETECTED ||
            newStatus == TrackableBehaviour.Status.TRACKED ||
            newStatus == TrackableBehaviour.Status.EXTENDED_TRACKED)
        {
            if (ses)
            {
                source[0].Play();
                ses = false;
            }

            tm.color = Color.white;
            tm.text = steps[index];
        }
        else
        {
            timer = 0.0f;
        }
    }
    IEnumerator delay(float seconds)
    {
        yield return new WaitForSeconds(seconds);
        clear();
    }

    private void clear()
    {
        probePlus1.SetActive(false);
        probeMinus1.SetActive(false);
        probePlus2.SetActive(false);
        probeMinus2.SetActive(false);
        line1.SetActive(true);
        voltmeter1.SetActive(false);
        voltmeter2.SetActive(false);
        ammeter.SetActive(false);
        if (steps.Length > index)
            tm.text = steps[index];
        else if (isBatteryTurned)
```

```
            {
                tm.text = "Tebrikler deneyi tamamladınız.";
                //index = 0;
                source[1].Play();
                isFinished = false;
            }
            else
            {
                tm.text = "İlk aşama bitti. Lütfen güç kaynağının yönünü değiştirin.";
                isFinished = true;
            }

            tm.color = Color.white;

            isAmmeter = false;
            isVoltmeter = false;
        }
    }
```

EK-3 Uygulamadaki üçüncü deneye ait kaynak kod

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

public class CircuitBJT : MonoBehaviour, IVirtualButtonEventHandler, ITrackableEventHandler
{

    private GameObject txt,
      probePlus1, probePlus2, probePlus3, probeMinus1, probeMinus2, probeMinus3, probeMinus4, probeMinus5,
        voltmeter, voltmeter1, voltmeter2, ammeter, ammeter1,
        ammeter2, ammeter3, ammeter4, line1, line2, line3, line4, line5;
    private VirtualButtonBehaviour[] vbs;
    private TextMesh tm;
    private bool isRunning = false;
    private bool isAmmeter = false;
    private bool isVoltmeter = false;
    bool ses = true;
    private string[] steps = {
        "I1 akımını ölçünüz.",
        "I2 akımını ölçünüz.",
        "IBQ akımını ölçünüz.",
        "ICQ akımını ölçünüz.",
        "IEQ akımını ölçünüz.",
        "VBEQ gerilimini ölçünüz.",
        "VCBQ gerilimini ölçünüz.",
        "VCEQ gerilimini ölçünüz."
    };
    AudioSource[] source;
    private TrackableBehaviour mTrackableBehaviour;
    private int index;
    private float timer = 0.0f;
    private float timerMax = 2.0f;
    private bool kontrol = false;

    public void OnButtonPressed(VirtualButtonAbstractBehaviour vb)
    {
        Debug.Log("OnButtonPressed" + vb.VirtualButtonName);
        switch (vb.VirtualButtonName)
        {
            case "VB1":
                probePlus1.SetActive(true);
                break;
            case "VB2":
                probeMinus2.SetActive(true);
```

```
                break;
            case "VB3":
                probeMinus1.SetActive(true);
                break;
            case "VB4":
                probeMinus3.SetActive(true);
                break;
            case "VB5":
                probePlus2.SetActive(true);
                break;
            case "VB6":
                probeMinus4.SetActive(true);
                break;
            case "VB7":
                probeMinus5.SetActive(true);
                break;
            case "VB8":
                probePlus3.SetActive(true);
                break;
            case "VBReset":
                clear();
                break;
            default:
                break;
        }
    }

    private void clear()
    {
        probePlus1.SetActive(false);
        probeMinus1.SetActive(false);
        probePlus2.SetActive(false);
        probeMinus2.SetActive(false);
        probePlus3.SetActive(false);
        probeMinus3.SetActive(false);
        probeMinus4.SetActive(false);
        probeMinus5.SetActive(false);
        voltmeter.SetActive(false);
        voltmeter1.SetActive(false);
        voltmeter2.SetActive(false);
        ammeter.SetActive(false);
        ammeter1.SetActive(false);
        ammeter2.SetActive(false);
        ammeter3.SetActive(false);
        ammeter4.SetActive(false);

        line1.SetActive(true);
        line2.SetActive(true);
        line3.SetActive(true);
        line4.SetActive(true);
```

```
        line5.SetActive(true);

        tm.color = Color.white;

        isAmmeter = false;
        isVoltmeter = false;

        if (steps.Length > index)
            tm.text = steps[index];
        else
        {
            tm.text = "Tebrikler deneyi tamamladınız.";
            index = 0;
            source[1].Play();
        }
    }

    public void OnButtonReleased(VirtualButtonAbstractBehaviour vb)
    {
        timer = 0.0f;
        if (probePlus1.activeSelf && probeMinus3.activeSelf)
        {
            tm.text = "4.05µA";
            ammeter.SetActive(true);
            line1.SetActive(false);
            kontrol = index == 2;
            isAmmeter = true;
            isRunning = true;
        }
        else if (probePlus1.activeSelf && probeMinus2.activeSelf)
        {
            tm.text = "125µA";
            ammeter2.SetActive(true);
            line2.SetActive(false);
            kontrol = index == 0;
            isAmmeter = true;
            isRunning = true;
        }
        else if (probePlus1.activeSelf && probeMinus1.activeSelf)
        {
            tm.text = "121µA";
            ammeter1.SetActive(true);
            line4.SetActive(false);
            kontrol = index == 1;
            isAmmeter = true;
            isRunning = true;
        }
        else if (probePlus2.activeSelf && probeMinus4.activeSelf)
        {
            tm.text = "507µA";
```

```
                ammeter3.SetActive(true);
                line3.SetActive(false);
                kontrol = index == 3;
                isAmmeter = true;
                isRunning = true;
            }
            else if (probePlus3.activeSelf && probeMinus5.activeSelf)
            {
                tm.text = "511µA";
                ammeter4.SetActive(true);
                line5.SetActive(false);
                kontrol = index == 4;
                isAmmeter = true;
                isRunning = true;
            }
            else if (probeMinus5.activeSelf && probeMinus3.activeSelf)
            {
                tm.text = "701mV";
                voltmeter.SetActive(true);
                kontrol = index == 5;
                isVoltmeter = true;
                isRunning = true;
            }
            else if (probeMinus4.activeSelf && probeMinus3.activeSelf)
            {
                tm.text = "13.7V";
                voltmeter1.SetActive(true);
                kontrol = index == 6;
                isVoltmeter = true;
                isRunning = true;
            }
            else if (probeMinus5.activeSelf && probeMinus4.activeSelf)
            {
                tm.text = "14.4V";
                voltmeter2.SetActive(true);
                kontrol = index == 7;
                isVoltmeter = true;
                isRunning = true;
            }

        }
        public void OnTrackableStateChanged(TrackableBehaviour.Status
previousStatus, TrackableBehaviour.Status newStatus)
        {
            if (newStatus == TrackableBehaviour.Status.DETECTED ||
                newStatus == TrackableBehaviour.Status.TRACKED ||
                newStatus == TrackableBehaviour.Status.EXTENDED_TRACKED)
            {
                if (ses)
                {
```

```
            source[0].Play();
            ses = false;
        }

        tm.color = Color.white;
        tm.text = steps[index];
    }
    else
    {
        timer = 0.0f;
    }
}

// Use this for initialization
void Start () {
    vbs = GetComponentsInChildren<VirtualButtonBehaviour>();
    for (int i = 0; i < vbs.Length; ++i)
    {
        // Register with the virtual buttons TrackableBehaviour
        vbs[i].RegisterEventHandler(this);
    }

    mTrackableBehaviour = GetComponent<TrackableBehaviour>();
    if (mTrackableBehaviour)
    {
        mTrackableBehaviour.RegisterTrackableEventHandler(this);
    }

    source = GetComponents<AudioSource>();
    txt = transform.Find("ResultTxt").gameObject;
    tm = (TextMesh)txt.transform.GetComponent(typeof(TextMesh));
    txt.SetActive(true);

    tm.text = steps[0];

    probePlus1 = transform.Find("probePlus1").gameObject;
    probeMinus1 = transform.Find("probeMinus1").gameObject;
    probePlus2 = transform.Find("probePlus2").gameObject;
    probeMinus2 = transform.Find("probeMinus2").gameObject;
    probePlus3 = transform.Find("probePlus3").gameObject;
    probeMinus3 = transform.Find("probeMinus3").gameObject;
    probeMinus4 = transform.Find("probeMinus4").gameObject;
    probeMinus5 = transform.Find("probeMinus5").gameObject;
    voltmeter = transform.Find("voltmeter").gameObject;
    voltmeter1 = transform.Find("voltmeter1").gameObject;
    voltmeter2 = transform.Find("voltmeter2").gameObject;
    ammeter = transform.Find("ammeter").gameObject;
    ammeter1 = transform.Find("ammeter1").gameObject;
    ammeter2 = transform.Find("ammeter2").gameObject;
    ammeter3 = transform.Find("ammeter3").gameObject;
```

```
        ammeter4 = transform.Find("ammeter4").gameObject;
        line1 = transform.Find("Line1").gameObject;
        line2 = transform.Find("Line2").gameObject;
        line3 = transform.Find("Line3").gameObject;
        line4 = transform.Find("Line4").gameObject;
        line5 = transform.Find("Line5").gameObject;

        probePlus1.SetActive(false);
        probeMinus1.SetActive(false);
        probePlus2.SetActive(false);
        probeMinus2.SetActive(false);
        probePlus3.SetActive(false);
        probeMinus3.SetActive(false);
        probeMinus4.SetActive(false);
        probeMinus5.SetActive(false);
        voltmeter.SetActive(false);
        voltmeter1.SetActive(false);
        voltmeter2.SetActive(false);
        ammeter.SetActive(false);
        ammeter1.SetActive(false);
        ammeter2.SetActive(false);
        ammeter3.SetActive(false);
        ammeter4.SetActive(false);

    }

        // Update is called once per frame
        void Update () {
        if (isRunning)
        {
            timer += Time.deltaTime;
            if (timer >= timerMax)
            {
                timer = 0.0f;
                isRunning = false;
                if (kontrol)
                {
                    tm.text = "DOĞRU";
                    tm.color = Color.green;
                    ++index;
                }
                else
                {
                    if (isAmmeter && index > 4)
                        tm.text = "YANLIŞ, voltmetre kullanmanız gerekir.";
                    else if (isVoltmeter && index < 4)
                        tm.text = "YANLIŞ, ampermetre kullanmanız gerekir.";
                    else
                    {
                        tm.text = "YANLIŞ";
```

```
                    source[2].Play();
                }


                tm.color = Color.red;
                StartCoroutine(delay(3.0f));
            }
        }
    }
}

IEnumerator delay(float seconds)
{
    yield return new WaitForSeconds(seconds);
    clear();
}
}
```

EK-4 Uygulamadaki dördüncü deneye ait kaynak kod

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

public class CircuitFET : MonoBehaviour, IVirtualButtonEventHandler, ITrackableEventHandler
{
   private GameObject txt,
     probePlus1, probePlus2, probePlus3, probePlus4, probePlus5, probePlus6, probePlus7, probePlus8,
      probeMinus1, probeMinus2, probeMinus3,
      voltmeter, voltmeter1, voltmeter2, voltmeter3, voltmeter4,
      ammeter, ammeter1, ammeter2, ammeter3, ammeter4,
      line1, line2, line3, line4, line5, line6, line7;
   private VirtualButtonBehaviour[] vbs;
   private TextMesh tm;
   private bool isRunning = false;
   private bool isAmmeter = false;
   private bool isVoltmeter = false;
   bool ses = true;
   private string[] steps = {
      "I1 akımını ölçünüz.",
      "I2 akımını ölçünüz.",
      "ID akımını ölçünüz.",
      "IGSS akımını ölçünüz.",
      "VGS gerilimini ölçünüz.",
      "VDS gerilimini ölçünüz.",
      //"VG gerilimini ölçünüz.",
      "VD gerilimini ölçünüz.",
      "VS gerilimini ölçünüz."
   };
   AudioSource[] source;
   private TrackableBehaviour mTrackableBehaviour;
   private int index;
   private float timer = 0.0f;
   private float timerMax = 2.0f;
   private bool kontrol = false;

   public void OnButtonPressed(VirtualButtonAbstractBehaviour vb)
   {
      Debug.Log("OnButtonPressed" + vb.VirtualButtonName);
      switch (vb.VirtualButtonName)
      {
         case "VB1":
            probeMinus1.SetActive(true);
            break;
```

```
            case "VB2":
                probePlus3.SetActive(true);
                break;
            case "VB3":
                probePlus2.SetActive(true);
                break;
            case "VB4":
                probePlus1.SetActive(true);
                break;
            case "VB5":
                probePlus4.SetActive(true);
                break;
            case "VB6":
                probePlus5.SetActive(true);
                break;
            case "VB7":
                probeMinus2.SetActive(true);
                break;
            case "VB8":
                probeMinus3.SetActive(true);
                break;
            case "VB9":
                probePlus6.SetActive(true);
                break;
            case "VB10":
                probePlus7.SetActive(true);
                break;
            //case "VB11":
            //    probePlus8.SetActive(true);
            //    break;
            case "VBReset":
                clear();
                break;
            default:
                break;
        }
    }

    public void OnButtonReleased(VirtualButtonAbstractBehaviour vb)
    {
        timer = 0.0f;
        if (probePlus3.activeSelf && probeMinus1.activeSelf)
        {
            tm.text = "0.01μA";
            ammeter.SetActive(true);
            line1.SetActive(false);
            kontrol = index == 3;
            isAmmeter = true;
            isRunning = true;
        }
```

```
        else if (probePlus2.activeSelf && probeMinus1.activeSelf)
        {
            tm.text = "4.68µA";
            ammeter1.SetActive(true);
            line2.SetActive(false);
            kontrol = index == 0;
            isAmmeter = true;
            isRunning = true;
        }
        else if (probePlus4.activeSelf && probeMinus3.activeSelf)
        {
            tm.text = "3.06mA";
            ammeter2.SetActive(true);
            line6.SetActive(false);
            kontrol = index == 2;
            isAmmeter = true;
            isRunning = true;
        }
        else if (probePlus5.activeSelf && probeMinus2.activeSelf)
        {
            tm.text = "3.06mA";
            ammeter3.SetActive(true);
            line5.SetActive(false);
            kontrol = index == 2;
            isAmmeter = true;
            isRunning = true;
        }
        else if (probePlus1.activeSelf && probeMinus1.activeSelf)
        {
            tm.text = "4.68µA";
            ammeter4.SetActive(true);
            line7.SetActive(false);
            kontrol = index == 1;
            isAmmeter = true;
            isRunning = true;
        }
        else if (probePlus6.activeSelf && probeMinus2.activeSelf)
        {
            tm.text = "11.94V";
            voltmeter.SetActive(true);
            kontrol = index == 6;
            isVoltmeter = true;
            isRunning = true;
        }
        else if (probePlus3.activeSelf && probeMinus3.activeSelf)
        {
            tm.text = "-5.23V";
            voltmeter1.SetActive(true);
            kontrol = index == 4;
            isVoltmeter = true;
```

```
                isRunning = true;
            }
            else if (probeMinus3.activeSelf && probeMinus2.activeSelf)
            {
                tm.text = "1.84V";
                voltmeter2.SetActive(true);
                kontrol = index == 5;
                isVoltmeter = true;
                isRunning = true;
            }
            else if (probePlus7.activeSelf && probeMinus3.activeSelf)
            {
                tm.text = "10.098V";
                voltmeter3.SetActive(true);
                kontrol = index == 7;
                isVoltmeter = true;
                isRunning = true;
            }
            //else if (probePlus8.activeSelf && probeMinus1.activeSelf)
            //{
            //    tm.text = "3.48V";
            //    voltmeter4.SetActive(true);
            //    kontrol = index == 6;
            //    isVoltmeter = true;
            //    isRunning = true;
            //}
        }

        public void OnTrackableStateChanged(TrackableBehaviour.Status
previousStatus, TrackableBehaviour.Status newStatus)
        {
            if (newStatus == TrackableBehaviour.Status.DETECTED ||
                newStatus == TrackableBehaviour.Status.TRACKED ||
                newStatus == TrackableBehaviour.Status.EXTENDED_TRACKED)
            {
                if (ses)
                {
                    source[0].Play();
                    ses = false;
                }

                tm.color = Color.white;
                tm.text = steps[index];
            }
            else
            {
                timer = 0.0f;
            }
        }
```

```
// Use this for initialization
void Start () {
    vbs = GetComponentsInChildren<VirtualButtonBehaviour>();
    for (int i = 0; i < vbs.Length; ++i)
    {
        // Register with the virtual buttons TrackableBehaviour
        vbs[i].RegisterEventHandler(this);
    }

    mTrackableBehaviour = GetComponent<TrackableBehaviour>();
    if (mTrackableBehaviour)
    {
        mTrackableBehaviour.RegisterTrackableEventHandler(this);
    }

    source = GetComponents<AudioSource>();
    txt = transform.Find("ResultTxt").gameObject;
    tm = (TextMesh)txt.transform.GetComponent(typeof(TextMesh));
    txt.SetActive(true);

    tm.text = steps[0];

    probePlus1 = transform.Find("probePlus1").gameObject;
    probeMinus1 = transform.Find("probeMinus1").gameObject;
    probePlus2 = transform.Find("probePlus2").gameObject;
    probeMinus2 = transform.Find("probeMinus2").gameObject;
    probePlus3 = transform.Find("probePlus3").gameObject;
    probeMinus3 = transform.Find("probeMinus3").gameObject;
    probePlus4 = transform.Find("probePlus4").gameObject;
    probePlus5 = transform.Find("probePlus5").gameObject;
    probePlus6 = transform.Find("probePlus6").gameObject;
    probePlus7 = transform.Find("probePlus7").gameObject;
    probePlus8 = transform.Find("probePlus8").gameObject;
    voltmeter = transform.Find("voltmeter").gameObject;
    voltmeter1 = transform.Find("voltmeter1").gameObject;
    voltmeter2 = transform.Find("voltmeter2").gameObject;
    voltmeter3 = transform.Find("voltmeter3").gameObject;
    voltmeter4 = transform.Find("voltmeter4").gameObject;
    ammeter = transform.Find("ammeter").gameObject;
    ammeter1 = transform.Find("ammeter1").gameObject;
    ammeter2 = transform.Find("ammeter2").gameObject;
    ammeter3 = transform.Find("ammeter3").gameObject;
    ammeter4 = transform.Find("ammeter4").gameObject;
    line1 = transform.Find("Line1").gameObject;
    line2 = transform.Find("Line2").gameObject;
    line3 = transform.Find("Line3").gameObject;
    line4 = transform.Find("Line4").gameObject;
    line5 = transform.Find("Line5").gameObject;
    line6 = transform.Find("Line6").gameObject;
    line7 = transform.Find("Line7").gameObject;
```

```
        probePlus1.SetActive(false);
        probeMinus1.SetActive(false);
        probePlus2.SetActive(false);
        probeMinus2.SetActive(false);
        probePlus3.SetActive(false);
        probeMinus3.SetActive(false);
        probePlus4.SetActive(false);
        probePlus5.SetActive(false);
        probePlus6.SetActive(false);
        probePlus7.SetActive(false);
        probePlus8.SetActive(false);
        voltmeter.SetActive(false);
        voltmeter1.SetActive(false);
        voltmeter2.SetActive(false);
        voltmeter3.SetActive(false);
        voltmeter4.SetActive(false);
        ammeter.SetActive(false);
        ammeter1.SetActive(false);
        ammeter2.SetActive(false);
        ammeter3.SetActive(false);
        ammeter4.SetActive(false);
    }

        // Update is called once per frame
        void Update () {
        if (isRunning)
        {
            timer += Time.deltaTime;
            if (timer >= timerMax)
            {
                timer = 0.0f;
                isRunning = false;
                if (kontrol)
                {
                    tm.text = "DOĞRU";
                    tm.color = Color.green;
                    ++index;
                }
                else
                {
                    if (isAmmeter && index > 3)
                        tm.text = "YANLIŞ, voltmetre kullanmanız gerekir.";
                    else if (isVoltmeter && index < 3)
                        tm.text = "YANLIŞ, ampermetre kullanmanız gerekir.";
                    else
                    {
                        tm.text = "YANLIŞ";
                        source[2].Play();
                    }
```

```
                tm.color = Color.red;
                StartCoroutine(delay(3.0f));
            }
        }
    }
}

IEnumerator delay(float seconds)
{
    yield return new WaitForSeconds(seconds);
    clear();
}

private void clear()
{
    probePlus1.SetActive(false);
    probeMinus1.SetActive(false);
    probePlus2.SetActive(false);
    probeMinus2.SetActive(false);
    probePlus3.SetActive(false);
    probeMinus3.SetActive(false);
    probePlus4.SetActive(false);
    probePlus5.SetActive(false);
    probePlus6.SetActive(false);
    probePlus7.SetActive(false);
    probePlus8.SetActive(false);
    voltmeter.SetActive(false);
    voltmeter1.SetActive(false);
    voltmeter2.SetActive(false);
    voltmeter3.SetActive(false);
    voltmeter4.SetActive(false);
    ammeter.SetActive(false);
    ammeter1.SetActive(false);
    ammeter2.SetActive(false);
    ammeter3.SetActive(false);
    ammeter4.SetActive(false);

    line1.SetActive(true);
    line2.SetActive(true);
    line3.SetActive(true);
    line4.SetActive(true);
    line5.SetActive(true);
    line6.SetActive(true);
    line7.SetActive(true);

    tm.color = Color.white;

    isAmmeter = false;
```

```
                isVoltmeter = false;

                if (steps.Length > index)
                    tm.text = steps[index];
                else
                {
                    tm.text = "Tebrikler deneyi tamamladınız.";
                    index = 0;
                    source[1].Play();
                }
            }
}
```

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	**:**	Yunus Emre KIYMAZ
Uyruğu	**:**	T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi	**:**	ANKARA / 06.06.1989
Telefon	**:**	0 536 484 98 75
Faks	**:**	
e-mail	**:**	yunusemrekiymaz89@hotmail.com

EĞİTİM

Derece		**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	:	Selçuklu Cumhuriyet Y. D. A. Lisesi, Selçuklu, Konya	2008
Üniversite	:	Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, Konya	2013
Yüksek Lisans	:	Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, Konya	-
Yüksek Lisans	:	N. Erbakan Üniversitesi, Meram, Konya	-

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görevi**
2011-	AE KOD TEKNOLOJİSİ	Mobil Uygulama Geliştirici
2017-	NOXCORP ELEKTRONİK A.Ş.	Uygulama Geliştirici

UZMANLIK ALANI

Android ve iOS Programlama, Java, WCF, Unity3D, Excel

YABANCI DİLLER

İngilizce (Orta Seviye)

YAYINLAR

Selek, M. ve Kiymaz, Y. E., 2017, Realization of Augmented Reality Application on Cross-Platforms, *II. International Academic Research Congress*, Alanya/TURKEY, 1039-1046.