KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTRONİK VE BİLGİSAYAR EĞİTİMİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK TEKNOLOJİSİ İLE NMOS ELEMANININ MODELLENMESİ

YENER YÜZÜAK

KOCAELİ 2018

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTRONİK VE BİLGİSAYAR EĞİTİMİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK TEKNOLOJİSİ İLE NMOS ELEMANININ MODELLENMESİ

YENER YÜZÜAK

Doç. Dr. Halil YİĞİT
Danışman, Kocaeli Üniv. .....

Dr. Ögr. Üyesi Adnan SONDAŞ
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv. .....

Doç. Dr. Ali ÇALHAN
Jüri Üyesi, Düzce Üniv. .....

Tezin Savunulduğu Tarih: 25.06.2018

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Sağlık sorunlarım sebebiyle yarıda bırakmak zorunda kaldığım ve sonlandırıldığını düşündüğüm yüksek lisans öğrenciliğimin devam ettiğini öğrenmemin ardından, kalan sürede böyle zor bir çalışmayı tamamlayabileceğim hususunda beni cesaretlendiren ve benden hiç ümidini kesmeyen danışmanım Doç. Dr. Halil YİĞİT'e şükranlarımı sunarım.

Birlikte her tür zorluğun altından kalkabildiğimiz, her projeyi başarıya taşıyabildiğimiz; gerek iş hayatımızda gerek özel hayatımızda hiç düşünmeden sorumluluklarımızı birbirimize emanet edebildiğimiz takım arkadaşlarım Murat ARICAN ve M. Alper AKAY'a tez çalışmalarım aşamasında verdikleri koşulsuz destek ve varlıkları için teşekkür ederim.

Tez çalışmalarım esnasında, özellikle NMOS ile ilgili detaylı bilgi edinmem gereken her aşamada bana zamanını ayıran ve destek olan Dr. Öğr. Üyesi Oktay AYTAR'a, 3DS Max ve Unity programları ile ilgili takıldığım her noktada desteğini esirgemeyen Berat UZUN'a ve gerek tez yazımı ile ilgili bilgi ve birikimleri gerekse motivasyonumu kaybetmeye başladığım her anda beni yüreklendiren sevgili arkadaşlarım Ayşe KUDU ARICAN ve Öğr. Gör. Dr. Melike Büşra BAYRAMOĞLU KARŞI'ya teşekkür ederim.

Doğduğum günden bugüne kadar üzerimde emekleri hiç eksik olmayan, beni üstesinden gelmeye çalıştığım her zorlukta cesaretlendiren sevgili anne ve babam Nimet – Mustafa YÜZÜAK çiftine sonsuz saygı ve sevgilerimi sunarım.

Ve tabii ki verilen tüm desteklerin de ötesinde, bu doludizgin süreçte, bana ve çocuklarımıza büyük bir özveri ile tek bir sitem dahi etmeden bakan, evin bütün yükünü omuzlanan "Ben bu işi yapamayacağım" diyerek, her şeyi bir kenara bıraktığım gün ellerimden tutup bana olan inancını yineleyerek tekrar tez çalışmama sarılmamı sağlayan eşim Nurten YÜZÜAK'a sonsuz minnetimi sunar, birlikteliğimizin bir ömür sürmesini dilerim.

Son olarak, canım oğlum Ahmet Talha YÜZÜAK'a ve "Baba, dersin bittiğinde seninle yine oynarız değil mi" diye aylarca sabırla bekleyen canım kızım Zeynep Betül YÜZÜAK'a, bu süreçte onlardan çaldığım ilgi ve zaman için özür diler, sabırla benim bilgisayar başında oturmama katlandıkları için teşekkürlerimi sunar, ışıl ışıl bakan gözlerinden öperim.

Mayıs – 2018 Yener YÜZÜAK

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR i
İÇİNDEKİLER ii
ŞEKİLLER DİZİNİ iv
TABLOLAR DİZİNİ vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ vii
ÖZET viii
ABSTRACT ix
GİRİŞ 1
1. GENEL BİLGİLER 3
1.1. Tezin Amacı 3
1.2. Çalışma Yöntemleri 4
1.3. MOSFET Elemanı 5
1.4. Artırılmış Gerçeklik Teknolojisi 8
1.5. Eğitim Alanındaki Artırılmış Gerçeklik Çalışmaları 11
1.5.1. Oyun ile eğitime giriş 12
1.5.2. Mühendislik laboratuvarları için akıllı küp 12
1.5.3. Grafik mühendisliği eğitiminde AR uygulaması 15
1.5.4. Eğitimde kullanılabilmesi muhtemel AR uygulamalarının araştırılması 15
1.5.5. İnşaat mühendisliği eğitiminde oyun tabanlı AR ve VR uygulamaları 16
1.5.6. Mesleki eğitim alanında AR uygulamaları 18
1.5.7. Mobil AR uygulamalarının incelenmesi ve eğitimsel açıdan değerlendirilmesi 21
1.5.8. İnşaat mühendisliği ve yönetimi alanında AR eğitim materyali 22
2. MALZEME VE YÖNTEM 23
2.1. Üç Boyutlu Görsellerin Oluşturulması 23
2.1.1. NMOS Gövdesinin oluşturulması 23
2.1.2. NMOS gövdesine yüklerin yerleştirilmesi 24
2.1.3. NMOS modelinin tamamlanması 27
2.1.4. Elektron hareketlerinin animasyon haline getirilmesi 27
2.2. Üç Boyutlu Görsellerin Mobil Uygulama Haline Getirilmesi 31
2.2.1. Vuforia eklentisi 31
2.2.2. Unity programında animasyonların güncellenmesi 33
2.2.3. Kulanıcı arayüzünün oluşturulması 34
2.2.4. Yükleme ekranının tasarlanması 35
2.2.5. Sanal butonların oluşturulması 36
2.2.6. Sanal butonların animasyon ilişkilendirmelerinin yapılması 37
2.2.7. Bilgilendirici metinlerin oluşturulması 39
2.2.8. İngilizce arayüzün oluşturulması 42
2.3. Uygulamanın Mobil Cihazlara Aktarılması 42
3. BULGULAR VE TARTIŞMA 44
3.1. Uygulamanın Öğrencilerle Birlikte Değerlendirilmesi 44

3.1.1. EEM 2. sınıf öğrencileri ile gerçekleştirilen denemede alınan notlar 45
3.1.2. EEM 3. sınıf öğrencileri ile gerçekleştirilen denemede alınan notlar 46
3.2. Öğrencilerle yapılan denemeler sonrasında yapılan iyileştirmeler 49
4. SONUÇ VE ÖNERİLER 50
KAYNAKLAR 53
EKLER 56
ÖZGEÇMİŞ 62

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. N Kanal ve P Kanal MOSFET Sembolleri 5
Şekil 1.2. NMOS transistörün içyapısı 6
Şekil 1.3. (a) NMOS transistörünün lineer bölgede çalışması, (b) NMOS transistörünün minimum doyum bölgesinde çalışması, (c) NMOS transistörünün aşırı doyum bölgesinde çalışması 8
Şekil 1.4. Gerçeklik-Sanallık Sürekliliği 9
Şekil 1.5. Yüzme yarışlarında dereceye giren sporcuların isim ve ülke bayraklarının AR ile kulvarlar arasına yazdırılması 10
Şekil 1.6. EverySight firması tarafından üretilen Raptor marka AR bisiklet gözlüğü 10
Şekil 1.7. Raptor AR bisiklet gözlüğü ile hız, nabız, mesafe gibi bilgilerin eş zamanlı olarak takip edilebilmesi 11
Şekil 1.8. Particle Photon aygıtını kullanarak internet üzerinden veri aktarabilen akıllı küpün içyapısı 13
Şekil 1.9. Akıllı küpün farklı yüzeylerdeki tepkileri test edebilmek için değiştirilebilir taban kullanılan dış kılıfı 13
Şekil 1.10. Beş yüzü hedef imge ile kaplanmış akıllı küp 14
Şekil 1.11. Uygulamanın yüzeyin eğimi artırıldığında verdiği tepkiler 14
Şekil 1.12. (a) Üç boyutlu bir nesnenin üç farklı açıdan görünüşü ve AR işaretçisi. (b) Üç boyutlu nesnenin AR işaretçisi üzerinde görünümü. (c) Üç boyutlu nesnenin kesitlere ayrılması 15
Şekil 1.13. AR uygulamalarının geliştirildiği alanlar 16
Şekil 1.14. VR uygulamasının öğrencilerle denenmesi 17
Şekil 1.15. AR uygulamasının öğrencilerle denenmesi 17
Şekil 1.16. VR ve AR uygulamalarının kavramları öğrenmede ne kadar etkili olduklarına dair test sonuçları 18
Şekil 1.17. (a) Elektronik bölümü öğrencileri ARAVET yazılımı ile eğitim görüyor. (b) Bilişim bölümü öğrencileri ARAVET yazılımı ile eğitim görüyor 19
Şekil 1.18. Tekstil alanında gerçekleştirilmiş olan dikiş makinesi simülasyonu 19
Şekil 1.19. Elektronik alanında gerçekleştirilmiş olan diyot kutuplaması simülasyonu 20
Şekil 1.20. Bilişim alanında gerçekleştirilmiş olan lojik kapılar simülasyonu 20
Şekil 1.21. Forkliftin AR işaretçisi üzerinde kullanılması 22
Şekil 2.1. NMOS gövdesinin üç boyutlu modeli 24
Şekil 2.2. NMOS gövdesine Source, Drain ve Gate bağlantılarının yapılması 24
Şekil 2.3. P tipi maddenin içindeki elektron ve protonların yerleştirilmesi 25
Şekil 2.4. N tipi maddelerin içindeki elektron ve protonların yerleştirilmesi 25
Şekil 2.5. NMOS'un yükler yerleştikten sonraki görünümü 26
Şekil 2.6. İletkenlerden akacak yüklerin yerleştirilmesi 26
Şekil 2.7. NMOS modelinin tamamlanmış hali 27

Şekil 2.8. Elektron hareketlerinin gerçekleşeceği yollar 29
Şekil 2.9. Curve Editor'de animasyon pozisyonlarının düzenlenişi 30
Şekil 2.10. Oksit tabakasının elektron aktarma kanalı oluşurken saydamlaşması 31
Şekil 2.11. Vuforia eklentisine tanıtılan işaretçi 32
Şekil 2.12. İşaretçinin tanımlayıcı noktaları 32
Şekil 2.13. İşaretçinin Unity yazılımına eklenmesi 33
Şekil 2.14. 3D görsel ve animasyonların işaretçi üzerine yerleştirilmesi 33
Şekil 2.15. Mobil cihaz ekranında görüntülenecek kullanıcı arayüzü butonları 34
Şekil 2.16. Ana menü tasarımı 35
Şekil 2.17. Yükleme ekranı tasarımı 35
Şekil 2.18. Sanal butonların tasarımı 36
Şekil 2.19. Animasyonun sahnelere ayrılması 37
Şekil 2.20. Sanal butonlara animasyon sahnelerinin tanımlanması 38
Şekil 2.21. Yazılımın işaretçiyi göremediği durumdaki ekran görüntüsü 38
Şekil 2.22. Yazılımın işaretçiyi görebildiği andaki ekran görüntüsü 39
Şekil 2.23. İşaretçinin bir kısmı görünüyor olmasına rağmen görsellere yakından bakış 40
Şekil 2.24. Bilgilendirici metinlerin sanal olarak kâğıt üzerine yerleştirilmesi 41
Şekil 2.25. 20 metin kutusunun aynı pozisyona üst üste eklenmiş görüntüsü 41
Şekil 2.26. İngilizceye çevrilmiş arayüz 42
Şekil 2.27. Android SDK'nın indirilmesi 43
Şekil 3.1. Uygulamayı deneyen EEM 2. sınıf öğrencisinin ilk tepkisi 45
Şekil 3.2. 3. Sınıf öğrencileri ile gerçekleştirilen denemeler 47

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1.1. Mobil AR Uygulamalarının Özellikleri [29] 21
Tablo 3.1. EEM 2. sınıf öğrencileri ile yapılan denemelerde tutulan notlar 46
Tablo 3.2. EEM 3. sınıf öğrencileri ile yapılan denemelerde tutulan notlar 48

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

I_D : NMOS transistörün Drain akımı (A)
V_{DS} : Drain Source uçları arası gerilim farkı (V)
V_{GS} : Gate Source uçları arası gerilim farkı (V)
V_{TN} : NMOS transistörün eşik gerilimi (V)

Kısaltmalar

3D : Three Dimensional (Üç Boyutlu)
AR : Augmented Reality (Artırılmış Gerçeklik)
EEM : Elektrik Elektronik Mühendisliği
FPS : Frame per Second (Saniyedeki çerçeve sayısı)
MOSFET : Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor (Metal Oksit Yarıiletkenli Alan Etkili Transistör)
NMOS : N Channel MOSFET (N Kanallı MOSFET)
SDK : Software Development Kit (Yazılım Geliştirme Kiti)
STEM : Science Technology Engineering Mathematics (Bilim Teknoloji Mühendislik Matematik)
VR : Virtual Reality (Sanal Gerçeklik)

ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK TEKNOLOJİSİ İLE NMOS ELEMANININ MODELLENMESİ

ÖZET

Dijital çağın, hızlı gelişen teknoloji ile her gün hizmetimize sunduğu imkânlar ve bireylerin sunulan bu imkânlara sağladıkları hızlı adaptasyon göz önüne alındığında, eğitim kurumlarının da bu hızlı gelişime ayak uydurmasının ne kadar önemli olduğu ortaya çıkmaktadır.

Eğitim kurumlarının teknik donanımları temin edebilmesi sadece bütçe meselesidir. Ancak edinilen teknik donanımlarla kullanılabilecek dijital içeriklerin temin edilmesi hem zaman hem işgücü hem tecrübe hem de bütçe meselesidir. Bu nedenle günümüzde eğitim adına ele alınması gereken en önemli konulardan biri dijital içeriklerin oluşturulması olmalıdır.

Artırılmış Gerçeklik (AR) uygulamaları, beraberinde getirdiği taşınabilir olma, farklı donanımlara uyarlanabilme, ilgi uyandırma gibi üstün artıları sayesinde eğitim alanında en çok tercih edilen interaktif dijital içeriklerin başında gelmektedir. Yapılan araştırmalar, AR kullanılarak geliştirilen eğitim içeriklerinin, öğrenme sürecinde öğrencilerin motivasyonunu artırmada ve soyut kavramları anlaşılabilir kılmakta başarılı sonuçlar elde ettiğini göstermiştir.

Bu tez çalışmasında, Elektrik Elektronik Mühendisliği (EEM) alanında bir eğitim içeriği oluşturmak için bir demo AR uygulaması gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen AR uygulamasında analog ve sayısal devrelerde yaygın olarak kullanılan MOSFET (Metal Oksit Yarı İletken Alan Etkili Transistör) transistörünün bir türü olan N kanallı MOSFET (NMOS) elemanı modellenmiştir.

AR uygulaması NMOS eğitimi almış ya da almakta olan ve yarıiletkenler konusunda bilgi sahibi olan EEM 2. ve 3. sınıflarında öğrenim gören öğrenciler üzerinde test edilmiştir. Yapılan testler sonucunda AR teknolojisinin soyut kavramların somutlaşmasına önemli bir katkısı olduğu görülmüştür. Aynı zamanda, AR ile geliştirilen eğitim materyalini kullanmaya başlayan öğrencilerin konuya olan motivasyonlarının gözle görülür düzeyde arttığı ve öğrencilerin teknolojiyi çok etkileyici buldukları görülmüştür. Sonuç olarak, Elektrik Elektronik Mühendisliği alanındaki diğer ders ve konularda eğitimcilerle işbirliği içerisinde AR eğitim materyali geliştirilmesi son derece yararlı olacağı kanaatine varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Artırılmış Gerçeklik, Eğitim Materyali, Elektrik Elektronik Mühendisliği, Modelleme, NMOS.

NMOS DEVICE MODELLING WITH AUGMENTED REALITY TECHNOLOGY

ABSTRACT

With the fast-paced technology in the digital age, it becomes clear how important it is for educational institutions to keep pace with this fast-paced development, while individuals are highly adaptable to this rapid development and new technologies which been brought to their services.

It is only the budget issue that educational institutions can provide technical equipment. However, it is both time, labor, experience, and budget issues to provide digital content that can be used with the acquired technical equipment. For this reason, one of the most important issues to be addressed in education today should be the creation of digital contents.

Augmented Reality (AR) applications are among the most preferred interactive digital content in education, thanks to their superior portability, adaptability to different hardware, and arouse curiosity. Research has shown that educational contents developed using AR have been successful in enhancing motivation of students and making abstract concepts understandable in the learning process.

In this thesis study, a demo AR application was implemented to form a training content for the field of Electrical and Electronics Engineering (EEE). In the developed AR application, an N-channel MOSFET (NMOS) element which is a type of MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) transistor widely used in analog and digital circuits, is modeled.

The AR application has been tested on students in EEE 2nd and 3rd classes who have trained or are studying NMOS and have knowledge of semiconductors. As a result of the tests, it has been observed that AR technology has a significant contribution to the concretization of abstract concepts. At the same time, it has been seen that the motivation of the students who started to use educational material developed with the AR increased visibly and that the students found the technology very impressive. As a result, it has been concluded that the development of AR training materials in cooperation with trainers in other courses and subjects in the field of Electrical and Electronics Engineering will be very useful.

Keywords: Augmented Reality, Education Material, Electrical and Electronic Engineering, Modelling, NMOS.

GİRİŞ

Endüstriyel çağdan dijital çağa geçişin zorlu sürecine şahit olduğumuz şu günlerde, yükseköğretim kurumlarını bu sürece nasıl dâhil edebileceğimiz sorusu büyük önem taşımaktadır. Sosyal hayatta yaşanan bu geçiş sürecini eğitim alanına da yansıtmak kaçınılmazdır. Bu hızlı geçişe yükseköğretim kurumları ile birlikte bu kurumlarda görevli eğitici kadronun da adapte olması, doğrudan bu sürece adapte olarak yetişen genç nesil ile daha etkili ve sağlıklı bir iletişim kurulabilmesini sağlayacaktır. Bu sebeple yakın geçmişte dünya genelinde yaşanan teknolojik gelişmeleri ve yapılan çalışmaları yakından takip ederek, bu teknolojilerin eğitim alanına nasıl adapte edilebileceğini araştırmak gerekmektedir [1].

2017 yılında dünya üzerinde 7 milyar 476 milyon insanın yaşadığı tespit edilmiş ve bu insanlardan 3 milyar 773 milyonunun internet kullanıcısı olduğu belirlenmiştir. İnternet kullanıcılarından ise 2 milyar 789 milyon kişinin aktif sosyal medya kullanıcısı olduğu rapor edilmiştir. Bunların yanında 4 milyar 917 milyon kişi mobil telefon kullanıcısı iken bunlardan 2 milyar 549 milyonunun aktif sosyal medya kullanıcısı olduğu tespit edilmiştir. Bir önceki yıla nazaran internet kullanıcı sayısı %10 artış gösterirken, aktif sosyal medya kullanıcı sayısının %21 artış gösterdiği, mobil telefon kullanıcılarının sayısı ise %5 artış göstermesine rağmen aktif sosyal medya kullanıcısı sayılarının %30 artış gösterdiği tespit edilmiştir [2].

İstatistikî verilere bakılarak mobil aygıtların her geçen gün daha fazla insanın hayatına girdiğini ve internet tabanlı kullanımının da son derece yaygınlaşmakta olduğunu söylemek mümkündür. Dünya nüfusunun yarısından fazlasının kullanımına sunulmuş olan böyle bir teknolojiye yükseköğrenim gören tüm öğrencilerin sahip olduklarını/olacaklarını öngörmek hiç de zor değildir. Bu sebeple mobil aygıtlar ile kullanılabilecek eğitim amaçlı içerikler geliştirmek, gerek ilk ve orta dereceli öğretim kurumlarında gerekse yükseköğretim kurumlarında çağımızın hızlı gelişimine ayak uydurabilmek için kullanılabilecek oldukça etkili bir yöntem olacaktır.

Mobil uygulamalar sahasında son zamanların en çok rağbet gören uygulama alanları arasında Artırılmış Gerçeklik (AR) ve Sanal Gerçeklik (VR) uygulamaları dikkat çekmektedir. Yapılan araştırmalarda, (1,5 milyar dolardan fazlası sadece 2017 yılının dördüncü çeyreğinde olmak üzere) 2017 yılı içinde toplam 3 milyar dolarlık yatırımın AR ve VR uygulamaları geliştirmek üzere harcandığı gösterilmiştir [3].

Eğitim alanında da AR uygulamaları, içyapısını gözlemleme şansımız bulunmayan yapıları kavrama, 2 boyutlu ders içeriklerini 3 boyutlu olarak izleme şansı sunma gibi avantajları ile tercih edilmekte, VR uygulamaları ise kurulum maliyeti yüksek laboratuvar ortamlarını sanal olarak simüle edebilme, ulaşılması güç ortamları deneyimleyebilme gibi imkânlar sunması sebebi ile tercih edilmektedir. VR uygulamaları genellikle ek donanım ve maliyetler gerektirirken AR uygulamaları sadece mobil telefon ya da tabletler aracılığı ile kullanılabilmektedir.

Elektrik Elektronik Mühendisliği alanında devrelerin çalışma prensiplerini anlayabilmek için, kullanılan devre elemanlarının çalışma prensibine ve elektriksel etkileşimlerine tamamen vakıf olmak çok önemlidir. Ancak üniversitelerdeki mevcut laboratuvar ortamlarında devre elemanlarının içinde gerçekleşen elektron hareketlerini gözlemlemek mümkün olmamaktadır. O halde, salt anlatımla kavranması zor olan elektron hareketlerini AR uygulamaları ile simülasyon haline getirmek, söz konusu devre elemanlarının çalışma prensiplerinin kavranmasını çok daha kolay hale getirecektir.

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Tezin Amacı

Elektrik Elektronik eğitimi alanında, devrelerin çalışma prensipleri anlatılırken en çok zorlanılan durum, devrede çalışan elemanların, uygulanan gerilimler karşısında nasıl tepki verdiklerinin anlaşılmasını sağlamaktır. Bunun temel sebeplerinden biri ise uygulanan gerilim karşısında devre elemanlarının içerisinde gerçekleşen elektron hareketlerini gözlemleyemiyor oluşumuzdur. Oysaki devre elemanları içerisindeki elektron hareketlerini gözlemleyebilme şansı sunulabilse çalışma prensibini kavramak çok daha kolay olabilirdi. Elektron mikroskopu ile bu hareketleri gözlemleyebilmek mümkün olsa bile eğitim alanında böyle bir teknolojiyi öğrencilere sunabilmek pek gerçekçi bir yaklaşım olmayacaktır.

Öyle ise elektron hareketlerini sanal ya da yarı sanal bir ortamda gözlemleyebileceğimiz bir teknolojiden faydalanmamız akla yatkın gelmektedir. Tamamen sanal ortam deneyimi sunan VR teknolojisi, böyle bir amacı gerçekleştirmek için ekstra donanım ihtiyaçları doğururken daha fazla yazılımsal iş yükünü de beraberinde getirecektir. Ancak AR teknolojisi ile gerçekleştirilebilecek devre ya da devre elemanı simülasyonları, daha az 3 boyutlu modelleme yükü sunmanın yanında sadece basit bir mobil aygıtla kullanılabilme imkânını da beraberinde getirecektir. Böylelikle geliştirilebilecek eğitim materyalleri her öğrenci tarafından ulaşılabilir ve kolaylıkla kullanılabilir yapıda olacaktır.

Bu çalışmada, benzer çalışmalara da ışık tutması açısından Elektrik Elektronik Mühendisliği eğitiminde, içyapısı nedeniyle diğer yarıiletkenlerden daha farklı bir çalışma prensibine sahip olan ve mantığının kavranması hususunda öğrencilerin en çok zorlandığı MOSFET elemanının AR platformunda simülasyonu gerçekleştirildi. MOSFET elemanları içerisinde en çok kullanılan tür olan Artırılmış Tip NMOS transistörünün uygulanan farklı gerilimler karşısında Lineer, Doyum ve Kesim bölgelerindeki çalışma şekilleri 3 boyutlu animasyonlar aracılığı ile gözlemlenebilir hale getirildi.

1.2. Çalışma Yöntemleri

Tez çalışması belirlenirken, çağımızın bize sunduğu teknolojiler ile eğitim dünyasının dijital çağa ayak uydurabilmesi için yapılması gereken çalışmalar göz önünde bulunduruldu ve son yılların en popüler ve ilgi gören çalışma alanlarından biri olan Artırılmış Gerçeklik teknolojisinden faydalanılarak bir eğitim materyali geliştirildi.

İlk olarak, konu ile ilgili önceden yayınlanmış tez ve makaleler incelendi; AR teknolojisi ile ilgili basılı kaynaklarda ve internet ortamlarında araştırmalar yapıldı. Doğrudan Elektrik Elektronik Mühendisliği alanında AR teknolojisi kullanılarak geliştirilmiş herhangi bir kaynağa rastlanamamış olması, çalışmayı yürütme açısından ekstra motive edici bir unsur olarak değerlendirildi.

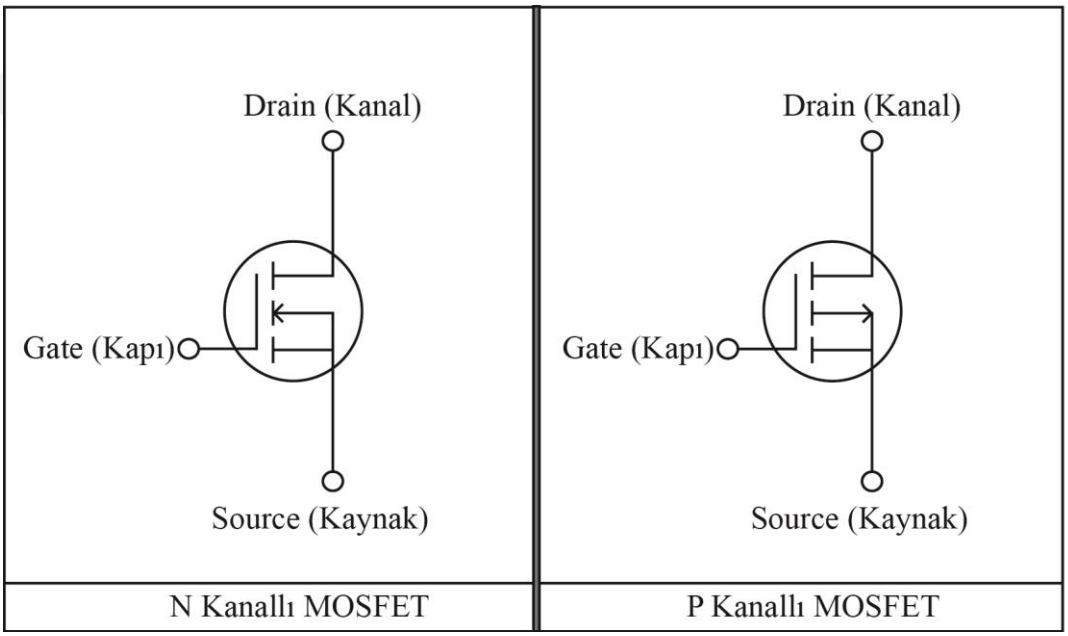
Yapılan araştırmalar sonucunda, materyalde kullanılacak üç boyutlu görsellerin ve animasyonların oluşturulabileceği bir üç boyutlu grafik programı ile animasyonların mobil platformlarda çalışır hale getirilebilmesini sağlayacak bir oyun motoru kullanılması gerektiği görüldü. Üç boyutlu görsellerin ve animasyonların oluşturulacağı platform olarak Autodesk firmasının 3DS Max yazılımı, oyun motoru olarak da açık kaynak kodlu Unity yazılımı tercih edildi.

Yazılım ve grafikler tasarlanırken, hedef kullanıcı kitlesinin, en azından yarıiletkenler alanında temel düzeyde eğitim almış ve MOSFET elemanın teorik olarak nasıl çalıştığını bilen kişiler oldukları varsayıldı. Eğitim materyali içeriğindeki tüm bilgilendirici metin ve animasyonlar bu ilke göz önüne alınarak oluşturuldu. Dolayısıyla yazılım, tamamen orta ve ileri düzeyde yarıiletken eğitimi verilirken faydalanılacak bir materyal olarak tasarlandı.

Oluşturulan yazılımın beta sürümü Abant İzzet Baysal Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği'nde okuyan ve MOSFET elemanının çalışma prensibini detaylı olarak öğrenmiş üçüncü sınıf öğrencileriyle birlikte denendi, alınan geri bildirimler vasıtasıyla son halini alan yazılım final sürümü ile kullanılabilir hale getirildi. Ayrıca yazılım aynı bölümün ikinci sınıf öğrencileri ile de paylaşıldı ve henüz MOSFET çalışma prensibini teorik olarak görmemiş olan, ancak yarıiletkenler konusunda bilgi sahibi bir öğrenci topluluğundan da geri bildirim alınma şansı yakalandı.

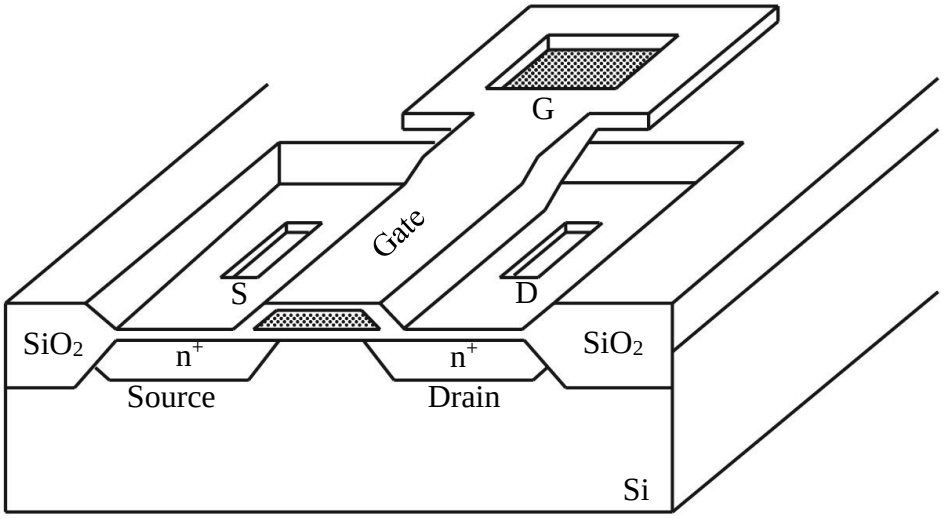
1.3. MOSFET Elemanı

Uygulamada simülasyonu gerçekleştirilecek olan MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor – Metal Oksit Yarıiletkenli Alan Etkili Transistör), Source (Kaynak), Drain (Kanal), Gate (Kapı) ve Body (Gövde) olmak üzere dört ayrı uca sahip olan bir transistördür. Body ya da Bulk olarak bilinen dördüncü uç çoğunlukla kullanılmamakta ya da Source ucuna bağlanmaktadır. Bu nedenle Şekil 1.1'de görüldüğü gibi çoğunlukla devre şemalarında birleşik gösterilir ya da gösterilmez.



Şekil 1.1. N Kanal ve P Kanal MOSFET Sembolleri [4]

MOSFET çeşitlerinden en çok kullanılan transistör tipi, Artırılmış Tip NMOS olarak adlandırılan Artırılmış Tip N Kanallı MOSFET'tir. Şekil 1.2'de görülen NMOS elemanı, Source ve Drain uçlarına bağlı N tipi yarı iletken maddenin P tipi yarıiletken bir gövde içerisine gömülmesiyle oluşmuştur. Bir oksit ve metal katmanla diğer uçlardan tamamen izole edilmiş Gate ucu ise yine N tipi maddeden oluşmaktadır.



Şekil 1.2. NMOS transistörün içyapısı [5]

Burada Gate ucunun transistöre fiziksel hiçbir bağlantısı bulunmamasına rağmen uygulanan pozitif gerilim P maddesi içerisindeki elektronları –statik elektrik kanunları gereğince– kendisine doğru çeker ve N tipi yarı iletkenler arasında bir elektron kanalı oluşmasını sağlar. Böylelikle Source ucu ile Drain ucu arasında oluşan kanaldan elektron akımı gerçekleşebilir.

Denklem (1.1)'de gösterildiği gibi Gate-Source arasına uygulanan gerilim (V_{GS}), transistörün eşik gerilimine (V_{TN}) eşit ya da yüksek olması durumunda NMOS iletime geçer. Eşik gerilimini aşamaması durumunda ise kesimde kalır. Eşik gerilimini belirleyen parametreler ise tamamen üretimde kullanılan malzemelere ve malzemelerin boyutlarına bağlıdır,

$$V_{GS} \geq V_{TN} \text{ (İletim şartı)} \tag{1.1}$$

İletim şartı sağlandıktan sonra transistörün hangi bölgede çalıştığı bilinmelidir. Hangi bölgede çalıştığını belirlemek için, Denklem (1.2)'de gösterildiği gibi Drain-Source arasına uygulanan gerilim (V_{DS}) ile V_{GS} gerilimi arasındaki farkın, V_{TN} eşik geriliminden büyük olup olmadığına bakmak gerekir,

$$V_{GS} \geq V_{TN} \implies V_{DS} - V_{GS} = V_{TN} \text{ (Minimum doyum şartı)} \tag{1.2}$$

Şekil 1.3a'da görüldüğü gibi, Denklem (1.3)'ün sağlandığı bölgeye lineer çalışma bölgesi denir ve bu bölgede transistörün Drain ucundan akan I_D akımı artma

eğilimindedir. Bu da V_{DS} gerilimi artırıldıkça I_D akımının da artış göstereceği anlamına gelmektedir,

$$V_{GS} \geq V_{TN} \implies V_{DS} - V_{GS} < V_{TN} \text{ (Lineer bölgede çalışma şartı)} \quad (1.3)$$

Denklem (1.2)'nin sağlandığı minimum doyum durumda ise hemen hemen maksimum I_D akımına ulaşılır. Şekil 1.3b'de Gate ucu altında oluşan yük evirme katmanının (inversion layer) Drain ucundan Source ucuna doğru hareketlendiği görülmektedir. Evirme katmanı, Drain ucunun önünden tamamen çekildiğinden artık maksimum akım geçişi başlamış durumdadır,

$$V_{GS} \geq V_{TN} \implies V_{DS} - V_{GS} > V_{TN} \text{ (Aşırı doyum şartı)} \quad (1.4)$$

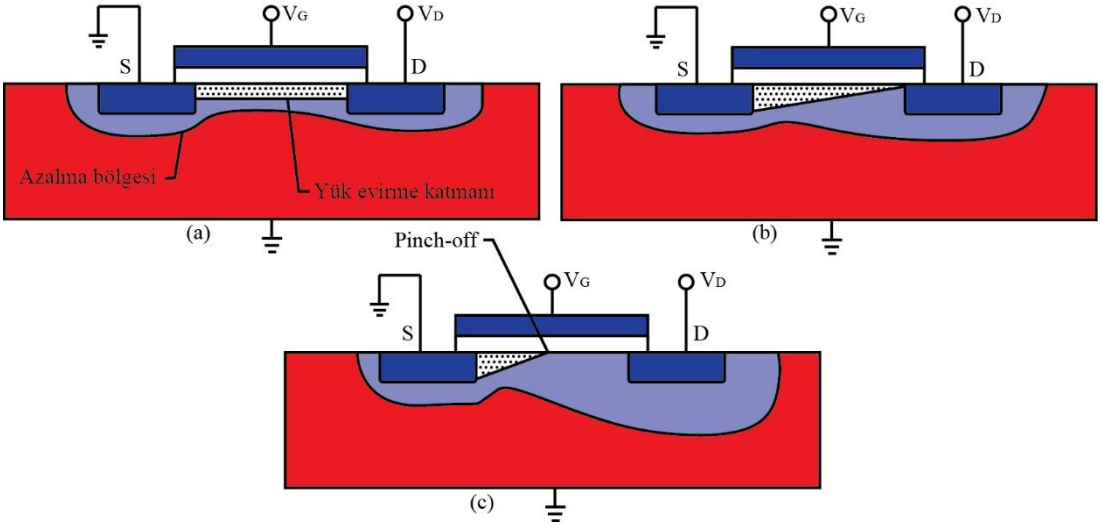
Doyum şartları sağlanmış bir MOSFET'te, artık V_{DS} gerilimini artırmanızın akıma hemen hemen hiçbir etkisi olmaz. Sadece, Şekil 1.3c'de görüldüğü gibi yük evirme katmanını daha fazla Source ucuna doğru sıkıştırmanızı sağlar fakat Drain'den akan akımı değiştirmez.

Drain ucundan akacak olan I_D akımı Denklem (1.5)'teki formül ile hesaplanabilir.

$$I_D = K_N[(V_{GS} - V_{TN})^2(1 + \lambda v_{ds})] \quad (1.5)$$

Burada K_N, N kanallı MOSFET'in geçiş iletkenlik katsayısı olarak tanımlanır ve tamamen üretimden kaynaklı bir parametredir. λ kanal uzunluğu ise etki parametresi olarak tanımlanır ve yalnızca lineer bölgede etkilidir. Öyleyse, Denklem (1.2)'deki minimum doyum şartları sağlandığı durumda I_D akımı Denklem (1.6) ile de hesaplanabilir.

$$I_D = K_N[(V_{GS} - V_{TN})^2] \quad (1.6)$$



Şekil 1.3. (a) NMOS transistörünün lineer bölgede çalışması, (b) NMOS transistörünün minimum doyum bölgesinde çalışması, (c) NMOS transistörünün aşırı doyum bölgesinde çalışması [5]

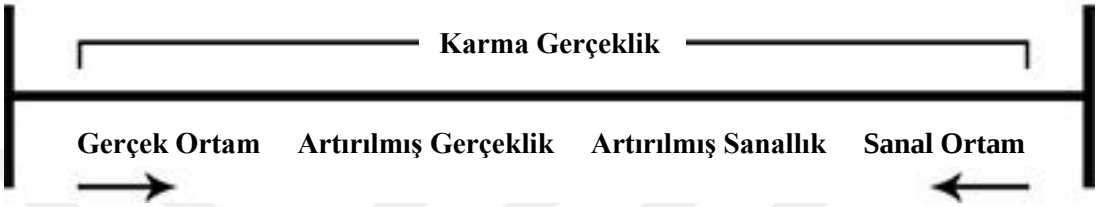
1.4. Artırılmış Gerçeklik Teknolojisi

Günümüz dijital dünyasında kamera ve bilgisayar yazılımları aracılığıyla sanal ortam ya da nesneler oluşturmak için kullanılan iki temel yöntem vardır. Bunlardan ilki Artırılmış Gerçeklik teknolojisi, ikincisi ise Sanal Gerçeklik teknolojisidir.

AR teknolojisi, gerçek dünya ile sanal dünyanın bir arada sunulduğu interaktif bir ortamdır [6]. AR teknolojisinde ilk olarak kamera aracılığıyla gerçek dünya görüntüsü alınır. Alınan görüntü üzerinde, yazılıma tanıtılmış olan hedef imgelerden birisinin mevcut olup olmadığı tespit edilir. Hedef imgeye rastlanması durumunda önceden oluşturulmuş sanal nesnelerin bu hedef imgeler üzerine oturtulması sağlanır [7]. Bu teknolojide ilk başlarda, başa takılan özel duyargalar ve gözlükler kullanılıyor olmasına karşın gelişen teknoloji sayesinde artık bu teknolojiyi sadece mobil aygıtlarımız aracılığı ile kullanabilmekteyiz [8, 9].

VR ise gerçek dünyadan tamamen bağımsız olarak oluşturulmuş, %100 sanal ortamların kullandığı bir teknolojidir. Bu teknolojiyi kullanabilmek için günümüz teknolojisi için bile güçlü donanıma sahip mobil aygıtlara ve VR gözlüklere ihtiyacımız vardır. Ayrıca görsel içeriği oluşturmak da AR yazılımlarına nazaran çok daha zordur.

Milgram ve Kishino'nun 1994'te yaptıkları çalışmada ortaya koydukları, Şekil 1.4'te ifade edilen Gerçeklik-Sanallık sürekliliği ilişkisi günümüzde de kabul gören bir sınıflandırmadır. Milgram gerçek ortam ile sanal ortam arasında bir süreklilik tanımlamıştır. Bahsettiği sürekliliğin bir tarafında çıplak gözle algılanan ve tamamen gerçek olan ortam; diğer tarafında ise tamamen bilgisayar tarafından üretilmiş olan sanal ortam yer almaktadır. İkisinin arasında kalan geçiş formlarını ise sanallıkla gerçekliğin birlikte sunulduğu Karma Gerçeklik olarak isimlendirmiştir.



Şekil 1.4. Gerçeklik-Sanallık Sürekliliği [6]

AR teknolojisinin daha az maliyetli cihazlarla –daha da önemlisi her gün cebimizde taşıdığımız cep telefonları ile– kullanılabiliyor olması ve üç boyutlu görselleri oluşturmanın VR ortamlarına nazaran çok daha kolay oluşu, gerek eğitim içeriği geliştirmede gerekse ticari uygulamalarda tercih sebebi olmasını sağlamaktadır [10, 11].

Azuma, yaptığı çalışmada AR sistemlerini üç temel üzerinde tanımlamıştır [7]:
- Sanal ve gerçek nesnelerin gerçek ortamda bir araya getirilmesi
- Gerçek zamanlı etkileşim
- Sanal objelerin gerçek objeler üzerinde üç boyutlu olarak hizalanması

Bu ilkeleri göz önünde bulundurursak, sinema filmlerinde sanal objelerin gerçek dünya objeleri üzerinde oynatılmasını AR olarak değerlendiremeyiz. Çünkü burada gerçekleştirilen hiçbir işlem gerçek zamanlı olarak işlenmez. Yani canlı görüntü üzerinde birleştirme yapılmadığı için bu işleme artırılmış gerçeklik denememektedir. Ancak, Şekil 1.5'te verilen örnekte de görüldüğü gibi canlı yayınlanan spor müsabakalarında sporcu ismi ya da ülke gibi bilgilerin doğrudan gerçek ortam üzerinde görüntülendiği örnekler tam olarak birer AR uygulamasıdır. Örneğin yüzme yarışlarında kulvarlar arasında, suyun üzerinde görünen ülke bayrakları; cirit atma

müsabakasında ciritin düştüğü yerin yatay bir çizgi ile saha üzerinde gösterilerek mesafenin belirtilmesi iyi birer örnek olarak gösterilebilir.

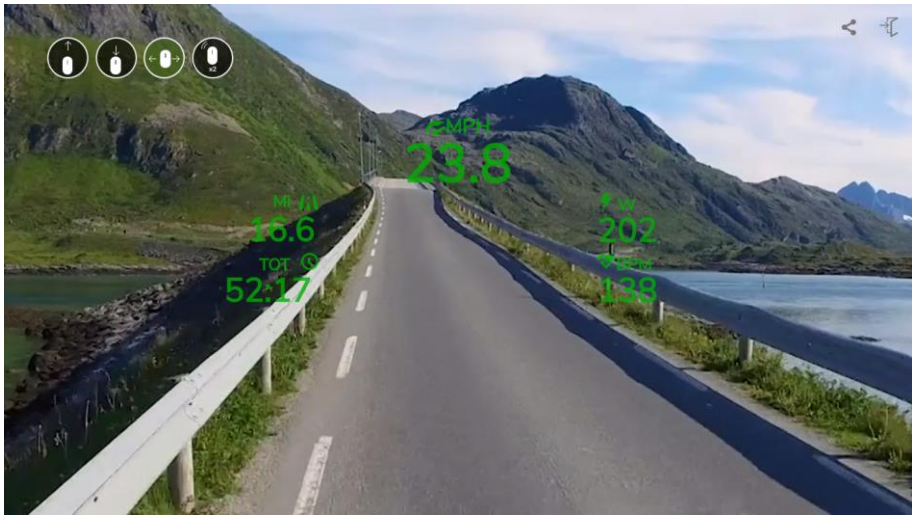


Şekil 1.5. Yüzme yarışlarında dereceye giren sporcuların isim ve ülke bayraklarının AR ile kulvarlar arasına yazdırılması [12]

Yakın zamanda Şekil 1.6'da bir örneği görülen ve bisiklet sporcuları için geliştirilmiş AR gözlükleri ile gözünüzü yoldan ayırmadan; nabız, hız, harcanan güç, mesafe gibi bir çok veriyi Şekil 1.7'deki gibi takip edebilme imkanları sunulmaya başlanmıştır.



Şekil 1.6. EverySight firması tarafından üretilen Raptor marka AR bisiklet gözlüğü [13]



Şekil 1.7. Raptor AR bisiklet gözlüğü ile hız, nabız, mesafe gibi bilgilerin eş zamanlı olarak takip edilebilmesi [13]

AR uygulamalarının avantajlarından bir diğeri de yüksek gerilim, inşaat alanı, kesici aletler vb. ortam ve ekipmanlarla yapılacak çalışmalarda hiçbir risk yüklenmeden ön deneyim kazanabilme imkânı sunmasıdır [14-16].

1.5. Eğitim Alanındaki Artırılmış Gerçeklik Çalışmaları

Ticari alanda, bir önceki bölümdekilere benzer oldukça fazla örnek bulabilmek mümkün olmasına rağmen aynı şeyi yakın zamana kadar eğitim alanında söylemek mümkün değildi. Ancak son yıllarda gerek ülkemizde gerekse Dünya genelinde eğitim alanında da ciddi uygulamalar geliştirilmeye başlanmıştır [17, 18]. Bu uygulamalar, okul öncesi öğreniminden [19] yükseköğrenime kadar [1, 16, 20] geniş bir yelpazede geliştirilmektedir.

Lai ve Hsu, 2011 yılında yaptıkları çalışmada teknolojinin hızlı gelişimine bağlı olarak klasik dersliklerde bile artık bilgisayar destekli öğretim ekipmanlarının sıklıkla kullanılmaya başlandığına değinmişlerdir. Ayrıca, AR teknolojisinin birden fazla duyu organına aynı anda hitap ediyor oluşu sebebiyle, bu teknolojiyi eğitim alanında kullanmanın çok isabetli olacağını vurgulamışlardır [21].

Bunun yanı sıra, STEM (Science Technology Engineering Mathmetics – Bilim Teknoloji Mühendislik Matematik) odaklı eğitimlerin okul öncesinden başlanarak verilmeye başlandığı bu dönemde AR uygulamalarının STEM algısı ve yeterliliklerine ciddi katkı sağlayacağı düşünülmektedir [22].

1.5.1. Oyun ile eğitime giriş

AR uygulamalarının eğitim alanında kullanılmasından bahseden ilk çalışmalardan biri olan, Jenkins, Squire, Tan ve Klopfer tarafından 2003 yılında yapılan çalışmaya, tamamen bilgisayar tabanlı eğitim materyalleri ile ders işlenen bir okul hayali ile giriş yapılmıştır [23].

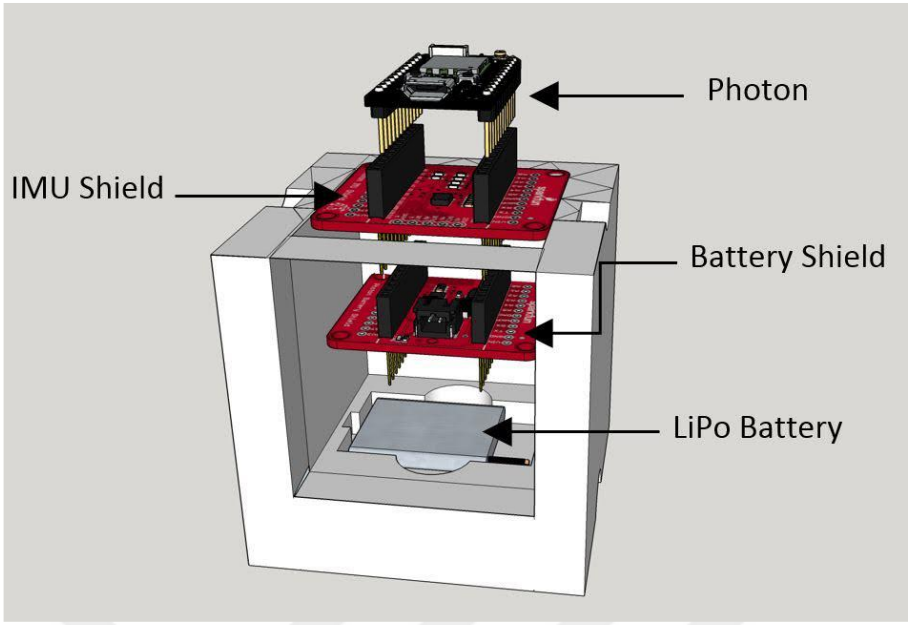
Çalışmada üç farklı oyun tabanlı eğitim materyali üretilmiş ve uygulamalar, ortaokul, lise ve üniversite öğrencileri ile birlikte denenmiştir. Uygulamalardan, "Ortam Dedektifi" olarak adlandırılan oyunda, bir şehrin büyük bir kısmı modellenmiş ve oyunda yazılım aracılığı ile öğrencilerin verilen yönleri takip etmeleri istenmiştir. Uygulamada öğrencilerin tamamının yollarını başarılı bir şekilde bulabildikleri tespit edilmiştir.

Her ne kadar çalışmada üretilmiş AR tabanlı bir oyun bulunmasa da giriş kısmında fikir bazında üretilen oyun tabanlı eğitim materyallerinde AR konusuna ilk kez değinilmiş ve sonraki çalışmalar için ilham kaynağı olmuştur.

1.5.2. Mühendislik laboratuvarları için akıllı küp

Ullón, Zambrano ve Domínguez, 2017 yılında, lise öğreniminde laboratuvar uygulamalarının kalıcılığını ve anlaşılabilirliğini artırmak amacıyla, öğrencilerin sürtünme kuvveti ve yerçekimi arasındaki ilişkiyi deneyimleyebileceği bir AR uygulaması gerçekleştirmişlerdir [20].

Uygulamada Şekil 1.10'da görülen Smart Cube (Akıllı Küp) adını verdikleri bir donanım ile birlikte, mobil telefonlarda çalışabilen bir AR yazılımı kullanmışlardır. Akıllı küp adını verdikleri donanım, Şekil 1.8'de görülen Particle Photon adındaki dahili devre yardımıyla bulunduğu yüzeyin, yeryüzü ile yaptığı açıyı tespit ederek internet üzerinden mobil aygıta kablosuz olarak gönderebilecek bir yapıdadır (Şekil 1.10).



Şekil 1.8. Particle Photon aygıtını kullanarak internet üzerinden veri aktarabilen akıllı küpün içyapısı [20]

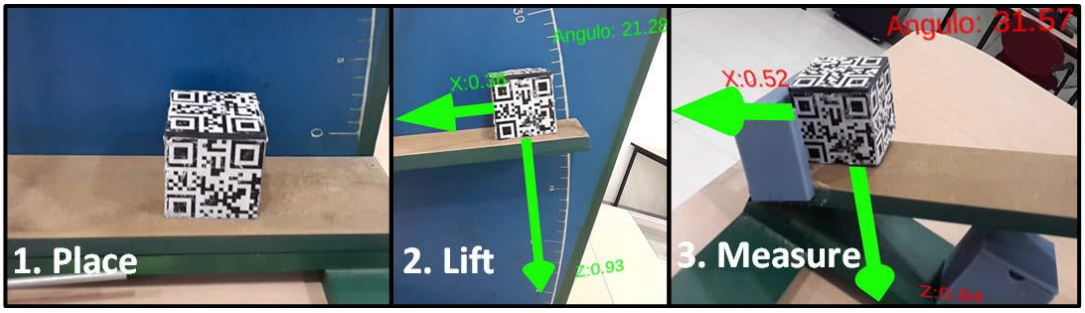


Şekil 1.9. Akıllı küpün farklı yüzeylerdeki tepkileri test edebilmek için değiştirilebilir taban kullanılan dış kılıfı [20]



Şekil 1.10. Beş yüzü hedef imge ile kaplanmış akıllı küp [20]

Uygulamada, Şekil 1.9'da görüldüğü gibi metal, kumaş ve reçine olmak üzere 3 farklı değiştirilebilir küp tabanı kullanılmıştır. Öğrenci, deney esnasında açısı ayarlanabilir düzeneğe küpü yerleştirdikten sonra yavaş yavaş açıyı artırarak küpe uygulanan yatay ve dikey kuvvetleri görebilmektedir. Böylelikle Şekil 1.11'de görüldüğü gibi, hangi yüzey türünde, küpün ne kadar yatay kuvvete kadar sabit kaldığı gözlemlenebilmektedir.



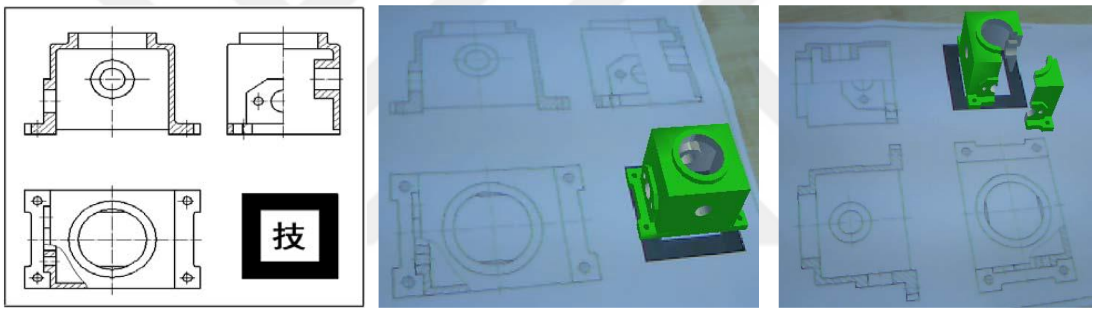
Şekil 1.11. Uygulamanın yüzeyin eğimi artırıldığında verdiği tepkiler [20]

Çalışmada 40 öğrenci üzerinde yapılan deneyde, 24 öğrenci akıllı küpü kullanarak konu anlatımına tabi tutulurken kalan 16 öğrenci klasik anlatım metoduna tabi

tutulmuştur. Klasik yöntemle eğitim gören 16 öğrencinin konu ile ilgili yapılan sınavdan aldıkları not ortalaması 100 üzerinden 66 iken deney grubundaki öğrencilerin ortalaması 72 olmuştur. Bu rakamların, akıllı küpün öğrenmeye katkısı hakkında olumlu yorum yapmak için yeterli olmadığına, ileride gerçekleştirilecek benzer farklı örneklerle de desteklemek gerektiği sonucuna varılmıştır [20].

1.5.3. Grafik mühendisliği eğitiminde AR uygulaması

Chen, Feng, Mo, Cheng, Guo ve Huang, iki boyutlu görünümlerden üç boyutlu görünüm çıkarma konusunda yardımcı bir AR uygulaması geliştirmişlerdir. Şekil 1.12'de görülen uygulamada, ölçülü teknik çizimlerde kullanılan üst, yan ve ön görünüşlerden çıkartılabilecek üç boyutlu görünüşü ekrana yansıtacak bir yazılım üretilmiştir.



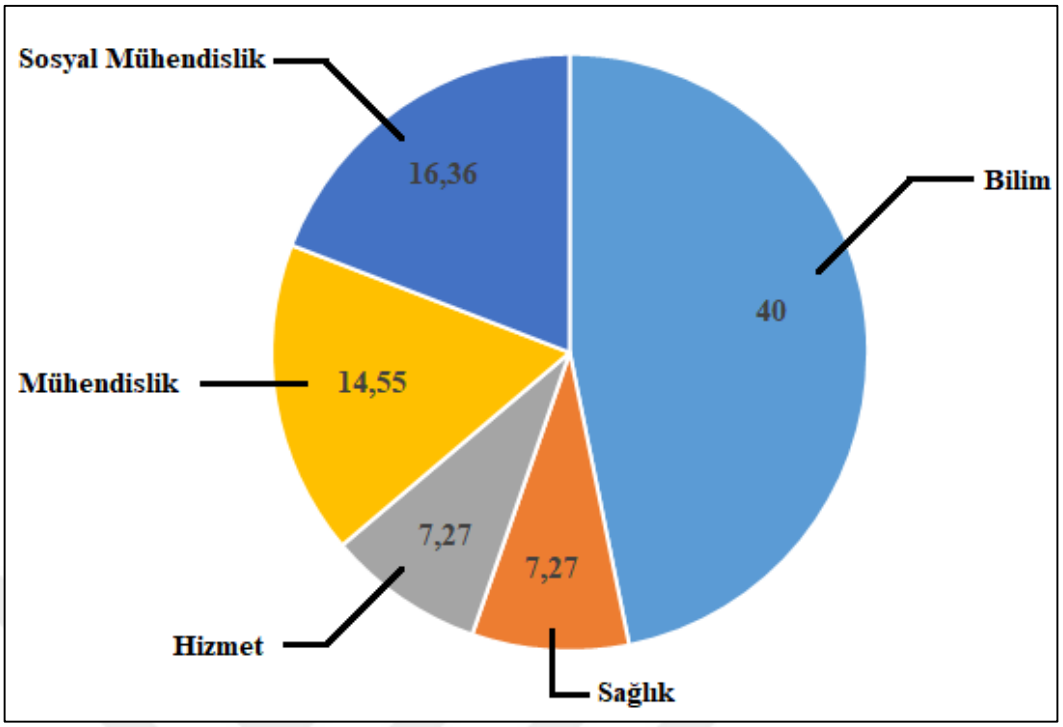
(a) (b) (c)

Şekil 1.12. (a) Üç boyutlu bir nesnenin üç farklı açıdan görünüşü ve AR işaretçisi. (b) Üç boyutlu nesnenin AR işaretçisi üzerinde görünümü. (c) Üç boyutlu nesnenin kesitlere ayrılması [24]

Çalışmada, zihinde çözülmesi zor ve karmaşık olan uzaysal modelleri görselleştirerek daha basit bir şekilde anlaşılacak hale getirmek için AR teknolojisinden faydalanmamın getirdiği kolaylıklar üzerine odaklanılmıştır. Uygulamaların herkesin rahatlıkla ulaşabildiği cep telefonları ile kullanılabiliyor olmasının, ekstra maliyet gerektirmediği gibi, oldukça etkin bir öğrenme de sağladığından bahsedilmiştir [24].

1.5.4. Eğitimde kullanılabilmesi muhtemel AR uygulamalarının araştırılması

Gupta ve Rohil, piyasadaki AR uygulamalarının hangi sektörde hangi yoğunlukta geliştirdiği üzerine bir çalışma yaparak Şekil 1.13'teki sonuçları elde etmiş ve eğitim bilimlerinde de bu uygulama alanlarından hangilerinin kullanılabileceği üzerine tespitlerde bulunmuşlardır.



Şekil 1.13. AR uygulamalarının geliştirildiği alanlar [25]

Çalışmada, artırılmış gerçekliğin kullanıldığı mevcut uygulama alanlarının çeşitliliğinin, eğitim alanında gerçekleştirilebilecek muhtemel çalışmaların ne kadar büyük bir potansiyel taşıdığını göstermiştir. AR uygulamalarının sağladığı birçok faydanın yanı sıra en güçlü tarafının, öğrencilerin anlamakta güçlük çektikleri kompleks konuları oldukça anlaşılır hale getirebilmesi olduğundan bahsetmişlerdir. Ayrıca birden fazla aygıt veya duyarganın bu uygulamalara eklenebilmesi ile eğitim alanında çok etkin destekleme materyalleri geliştirmenin de mümkün olduğu görülmüştür. Bunların yanı sıra, bütün öğrenci ve öğretmenlere günlük eğitimlerde kullanabilecekleri ve faydalanabilecekleri materyaller sunabilmek için müfredat üzerinde etkin bir teknik incelemenin gerekli olduğu da öngörülmüştür [25].

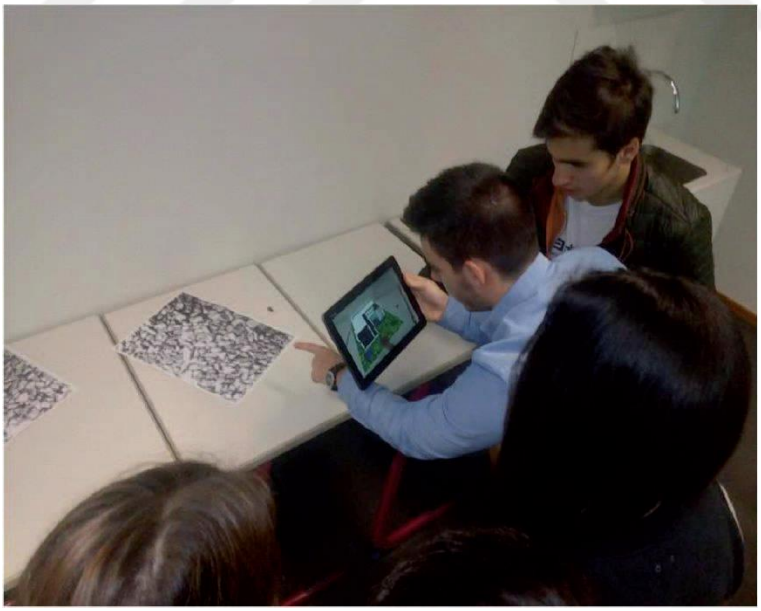
1.5.5. İnşaat mühendisliği eğitiminde oyun tabanlı AR ve VR uygulamaları

Dinis, Guimarães, Carvalho ve Martins, inşaat mühendisliği eğitiminde AR ve VR uygulamalarının kullanımı üzerine çalışmalar yapmış ve öğrenciler üzerinde yaptıkları anketlerle, hangisinin öğreticilik konusunda ne kadar etkili olduğuna dair sonuçlar ortaya koymuşlardır.

Çalışmada VR gözlüğü ile tamamen sanal gerçeklik deneyimi sunan Şekil 1.14'teki uygulama ile tablet üzerinden kullanılan Şekil 1.15'teki AR uygulamasına yer verilmiştir. Uygulamalar rastgele seçilen bir lisedeki öğrenciler üzerinde denenmiş ve öğrencilere anketler uygulanmıştır.



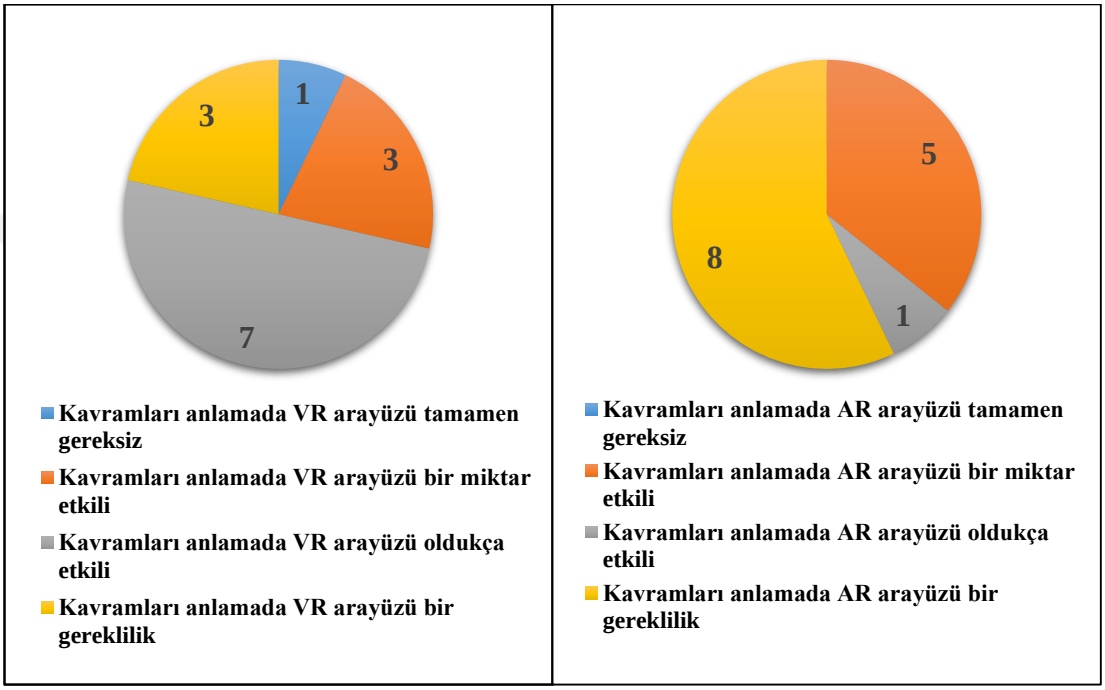
Şekil 1.14. VR uygulamasının öğrencilerle denenmesi [26]



Şekil 1.15. AR uygulamasının öğrencilerle denenmesi [26]

Uygulanan anketler neticesinde uygulamayı deneyimleyen öğrencilerin, kavramları anlama açısından VR uygulamasının da AR uygulamasının da oldukça etkili olduğunu bildiren yanıtlar verdiği görülmüştür. Öğrencilerin uygulamalarla ilgili verdiği yanıtlara ilişkin grafik Şekil 1.16 görülmektedir. Bu çalışmadaki en dikkate değer

nokta, gerek donanımsal gerekse yazılımsal yük açısından çok daha fazla uğraşı ve masraf gerektiren VR uygulamasının, üzerinde odaklanılan kavramları öğrenme açısından öğrenciye AR yazılımından daha az katkı sunabilmiş olmasıdır. Bu da bize gösteriyor ki çok daha çarpıcı bir deneyim yaşatmasına rağmen, her alanda VR kullanımı AR kullanımından daha etkili olacaktır gibi bir anlam çıkartılamamaktadır [26].

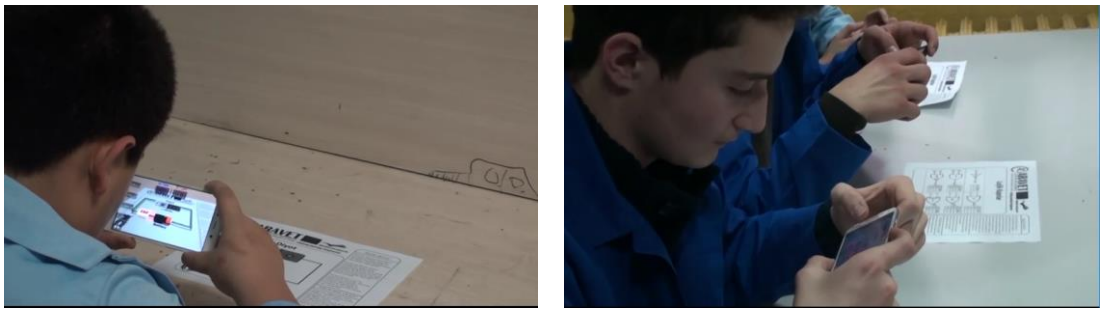


Şekil 1.16. VR ve AR uygulamalarının kavramları öğrenmede ne kadar etkili olduklarına dair test sonuçları [26]

1.5.6. Mesleki eğitim alanında AR uygulamaları

2013 yılında Akay, Uzun, Arıcan ve Yüzüak tarafından koordine edilen ve Leonardo Da Vinci Ortaklık Projesi kapsamında hibe edilen projede; Türkiye dışında İtalya, Slovenya, İspanya, Yunanistan, Romanya ve Çek Cumhuriyetinden ortakların da katılımıyla mesleki eğitim alanında üç farklı AR uygulaması geliştirilmiştir [27, 28].

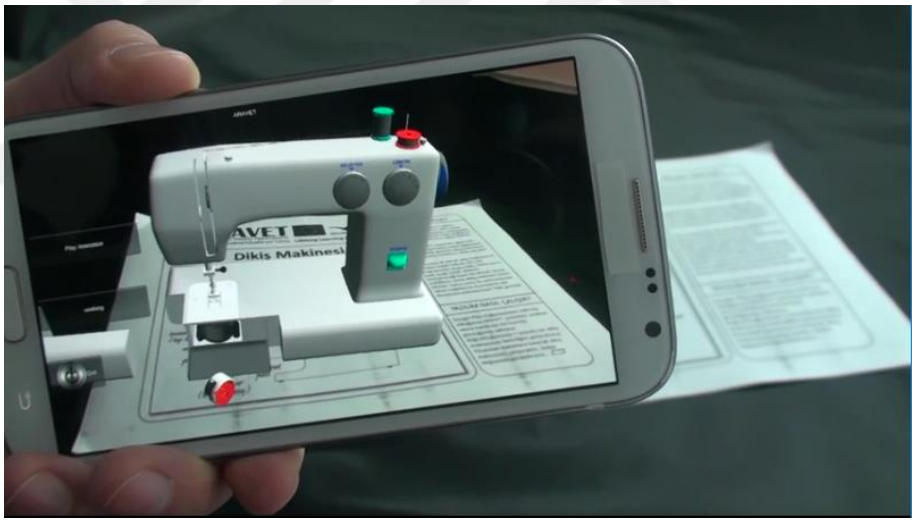
Bilişim, Tekstil ve Elektronik alanlarında hazırlanan üç ayrı uygulama Türkiye, Yunanistan, İtalya ve Romanya ülkelerindeki meslek liselerinde, Şekil 1.17a ve b'de görüldüğü gibi öğrenci ve öğretmenler tarafından denenmiş, öğrencilere anketler uygulanmış ve konunun anlaşılırlığına katkısı yönünde gerek öğrencilerden gerek öğretmenlerden çok olumlu dönütler alınmıştır.



(a) (b)

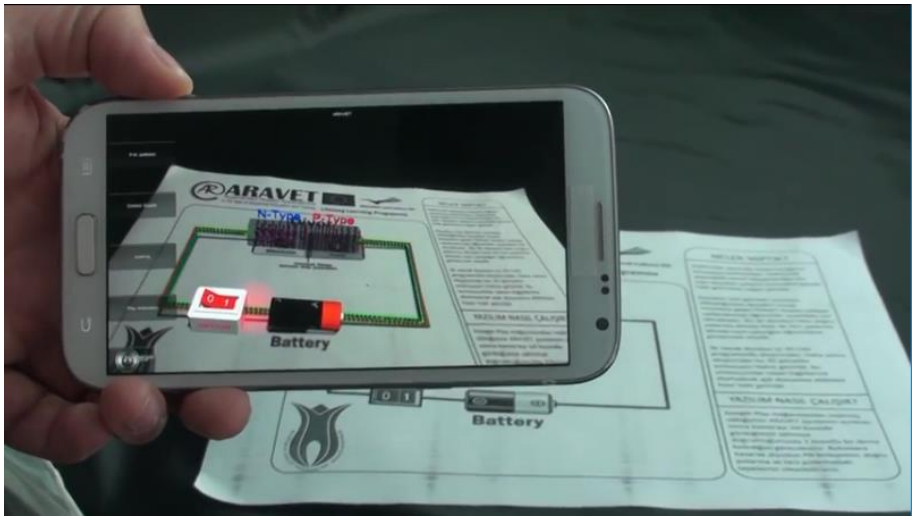
Şekil 1.17. (a) Elektronik bölümü öğrencileri ARAVET yazılımı ile eğitim görüyor. (b) Bilişim bölümü öğrencileri ARAVET yazılımı ile eğitim görüyor [27]

Şekil 1.18'de görülen, tekstil alanında tasarlanan dikiş makinesi simülasyonunda, öğrencilere interaktif olarak dikiş makinesinin bobin telini değiştirme komutu verebilme ve işlemin nasıl yapıldığını inceleyebilme imkânları sağlanmıştır.



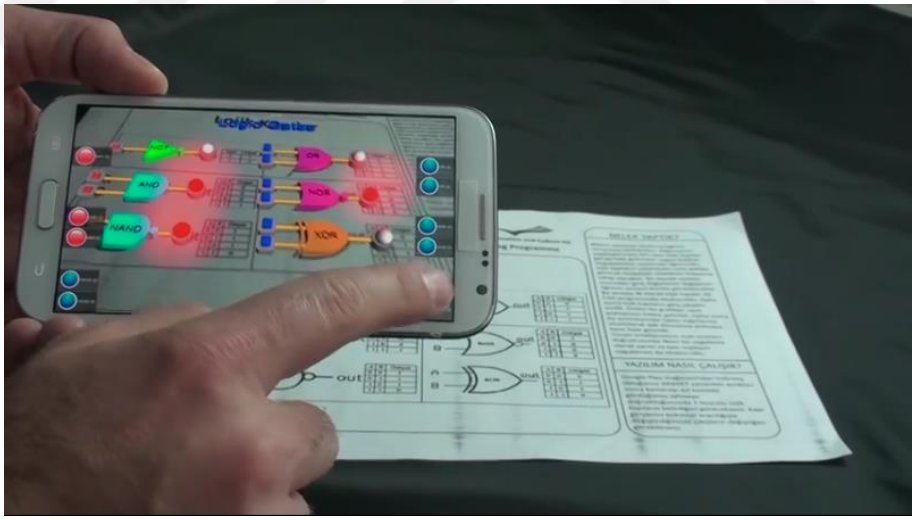
Şekil 1.18. Tekstil alanında gerçekleştirilmiş olan dikiş makinesi simülasyonu [27]

Şekil 1.19'da görülen, elektronik alanında tasarlanan diyot kutuplama simülasyonunda da öğrencilere diyot elemanının doğru kutuplanmasını ve ters kutuplanmasını sağlayabilme imkânı sağlanmış ve bu iki durumda diyot içinde gerçekleşen elektron hareketlerinin izlenebilmesi imkânı sunulmuştur.



Şekil 1.19. Elektronik alanında gerçekleştirilmiş olan diyot kutuplaması simülasyonu [27]

Şekil 1.20'de görülen, bilişim alanında tasarlanan lojik kapılar simülasyonunda ise öğrencilere kapı girişlerini değiştirebilme imkânı sağlanmış ve bu değişiklikler karşısında kapı çıkışlarının nasıl tepki verdiklerini canlı olarak görebilme olanağı sunulmuştur.



Şekil 1.20. Bilişim alanında gerçekleştirilmiş olan lojik kapılar simülasyonu [27]

1.5.7. Mobil AR uygulamalarının incelenmesi ve eğitimsel açıdan değerlendirilmesi

Demirel ve Erbaş, 2015 yılında yaptıkları çalışmada Tablo 1.1'de özellikleri açıklanmış olan birden fazla AR uygulamasını incelemiş ve eğitimsel açıdan değerlendirmesini yapmışlardır.

Tablo 1.1. Mobil AR Uygulamalarının Özellikleri [29]

Uygulama	İşletim Sistemi	Çalıştığı Ortamlar	2D	3D	Video Oynatma	Sosyal Medya	Dış web sayfası	Konum Tabanlı
Alive	A/i/M	PC/SP/Tab	Var	Yok	Var	Yok	Var	Yok
Augment	A/i	SP/Tab	Var	Var	Var	Yok	Var	Yok
Aurasma	A/i	SP/Tab	Var	Var	Var	Var	Var	Yok
Blippar	A/i/M	SP/Tab/Glass	Var	Var	Var	Var	Var	Yok
Junaio	A/i	SP/Tab/Glass	Var	Var	Var	Var	Var	Var
Layar	A/i	SP/Tab	Var	Var	Var	Var	Var	Yok
Wikitude	A/i	SP/Tab/Glass	Var	Var	Var	Var	Var	Var

A:Android, i:iOS, M:Microsoft Phone, PC:Bilgisayar, SP:Akıllı Telefon, Tab:Tablet, Glass:Google Glass

Eğitim alanında çalışmaların incelenebileceği geniş bir zaman aralığı bulunmadığını ve çok fazla çalışmaya rastlanmadığını belirten Demirer ve Erbaş, bu alandaki çalışmaların birbirinden bağımsız olarak yürütülmesindense tek temel üzerinde sistemli bir çalışma yapılmasının bir ihtiyaç olduğunu gördüklerini bildirmişlerdir.

Mobil telefonların iyice ucuzlaması ve hemen hemen bütün öğrencilerde bulunuyor olmasının yanında, Milli Eğitim Bakanlığının öğrenci ve öğretmenlere dağıttığı tablet bilgisayarları da hesaba katarsak, bu tür içeriklerin hızla üretilerek eğitim faaliyetleri içerisinde yerini almasının bir ihtiyaç olduğunu belirtmişlerdir.

Mobil AR uygulamalarının Matematik, Fen gibi alanlarda somutlaştırma amaçlı, sosyal bilgiler alanlarında ise konum tabanlı özellikler ile coğrafi ve tarihi alanların gezilmesi için kullanılabileceği öngörülmüştür [29].

1.5.8. İnşaat mühendisliği ve yönetimi alanında AR eğitim materyali

Behzadan, Ikbal ve Kamat, inşaat mühendisliği eğitiminde klasik eğitim öğretim yöntemlerinin sınıf ortamında öğrenciye bir deneyim yaşatamadığı ve karmaşık konuların kavranmasında yeterli olmadığı hipoteziyle, bu alanda oluşturulacak bir AR uygulamasının bu eksiği kapatabilmesini amaçlayan bir çalışma yapmışlardır.

Endüstri alanında en fazla hayat kaybının meydana geldiği alanlardan biri olan inşaat çalışmalarında, çalışma ortamlarının simülasyonlar halinde öğrencilere sunulmasının gerçek risklerle yüz yüze gelmeden önce ön deneyim kazanmalarına sebep olabileceğine değinilmiştir.

Çalışmada Şekil 1.21'de görüldüğü şekilde farklı iş makinelerinin ve inşaat ekipmanlarının AR işaretçisi üzerinde üç boyutlu olarak görülebildiği ve incelenebildiği bir uygulama gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1.21. Forkliftin AR işaretçisi üzerinde kullanılması [15]

Sonuç olarak, sahip olduğumuz teknolojilere rağmen öğretmenleri eski öğretim yöntemlerine mecbur etmek yerine teknolojiyi eğitime adapte edebilecek materyallerin geliştirilmesinin çok önemli olduğuna ve inşaat eğitimi alanında üç boyutlu ve interaktif simülasyonların kullanılmasının, eğitime olan katkısına ek olarak çalışma güvenliği ile ilgili riskleri de ortadan kaldırdığına değinilmiştir [15].

2. MALZEME VE YÖNTEM

2.1. Üç Boyutlu Görsellerin Oluşturulması

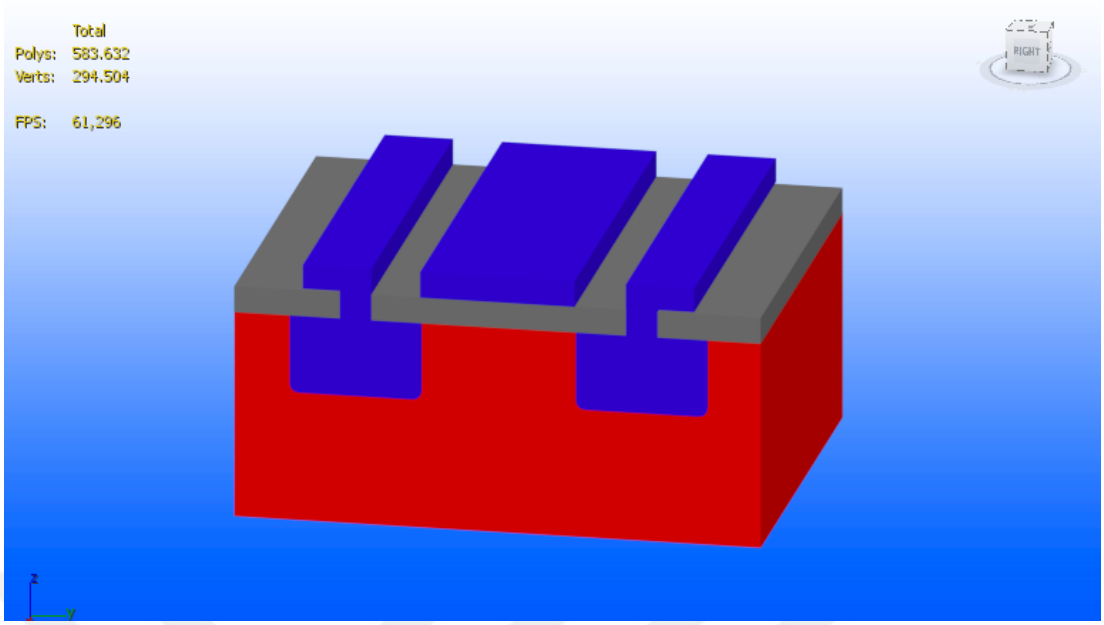
AR uygulamasını gerçekleştirebilmek için ilk adım görsellerin üç boyutlu olarak modellenmesi olduğundan öncelikle bu amaçla hangi programın kullanılabileceği araştırıldı. Piyasada birçok 3D modelleme yazılımı bulunmasına karşın, iş yükünü azaltabilmek ve kararlılığı artırabilmek adına hem üç boyutlu görsellerin tasarlanabileceği hem de animasyon haline getirilebileceği tek yazılım tercih edildi.

Piyasada 3D modellemede öne çıkan Autodesk firmasının Maya ve 3DS Max yazılımları arasından, ücretsiz öğrenci lisansı sunması nedeniyle 3DS Max yazılımı tercih edildi. 3DS Max yazılımının öğrenilmesi için gereken sürenin ardından ilk modelleme çalışmalarına başlandı.

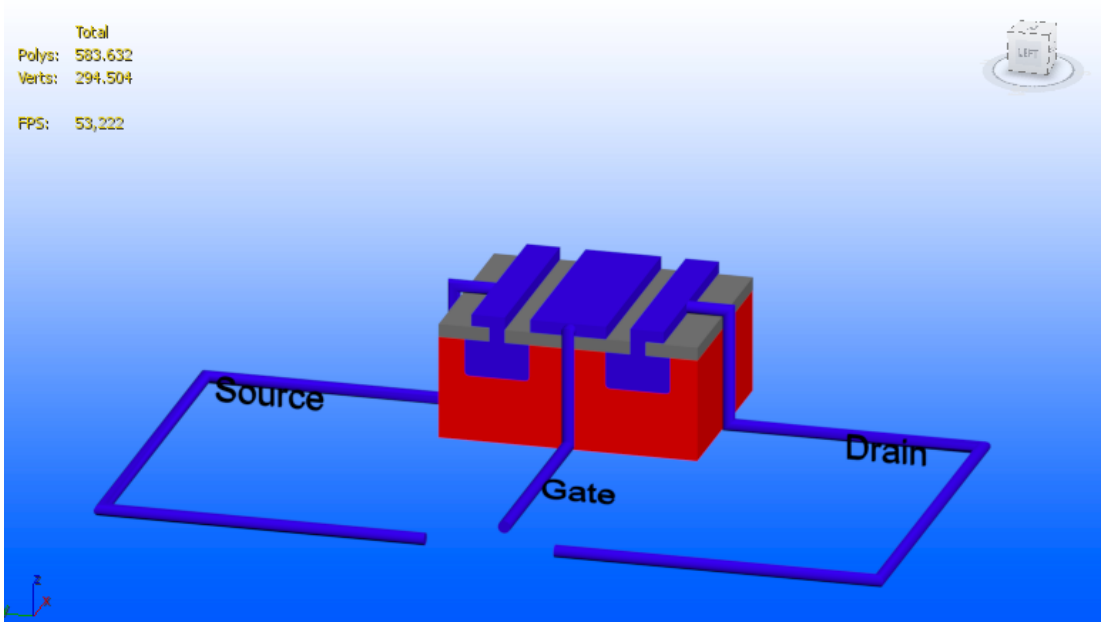
2.1.1. NMOS Gövdesinin oluşturulması

NMOS gövdesinin oluşturulması esnasında gerçek bir NMOS kılıfı üzerinden modelleme yapmak mümkün olmasına ve bunun görsel açıdan daha gerçekçi bir gösterim olacağı aşikâr olmasına rağmen elektron akışının gösterilmesi için oldukça dar bir alanda çalışmak zorunda kalınacağı göz önünde bulundurularak, daha geniş bir gösterim olan Şekil 2.1'deki içyapı gösterimi üzerinden modelleme yapılmıştır.

NMOS gövdesi oluşturulduktan sonra Source, Drain ve Gate bacaklarının bağlantıları gerçekleştirildi. Elektron hareketlerinin mümkün olduğunca net izlenebilmesi için Şekil 2.2'de görüldüğü gibi uzun iletkenler kullanıldı.



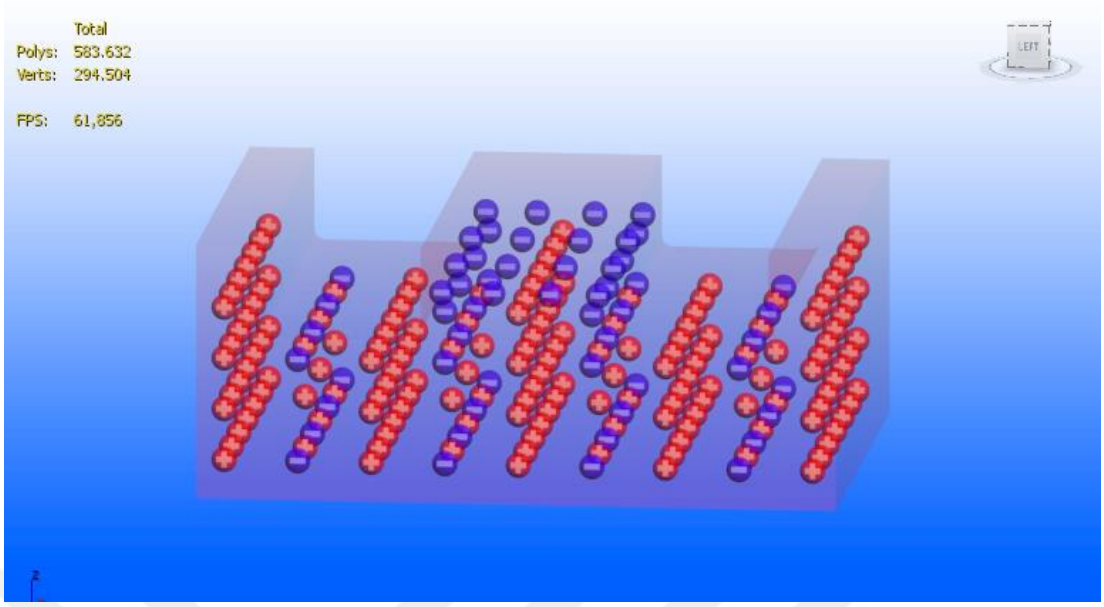
Şekil 2.1. NMOS gövdesinin üç boyutlu modeli



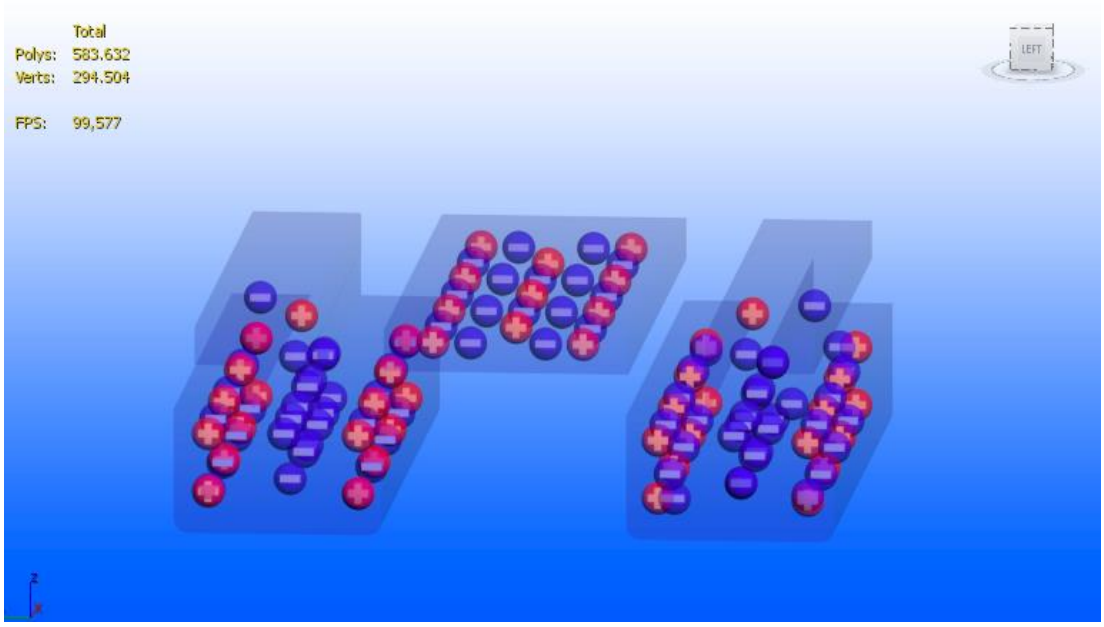
Şekil 2.2. NMOS gövdesine Source, Drain ve Gate bağlantılarının yapılması

2.1.2. NMOS gövdesine yüklerin yerleştirilmesi

NMOS'un içerisine pozitif ve negatif yükleri koyabilmek için ilk etapta gövde ve iletkenler saydamlaştırıldı. Ardından ilk olarak P tipi maddenin içerisinde yer alacak yükler yerleştirildi. Yüklerin yerleştirilmesi esnasında, Şekil 2.3'te görüldüğü gibi P tipi madde içerisine, elektron sayısı proton sayısından daha az olacak şekilde 200'ün üzerinde proton ve 50'nin üzerinde elektron yerleştirildi.



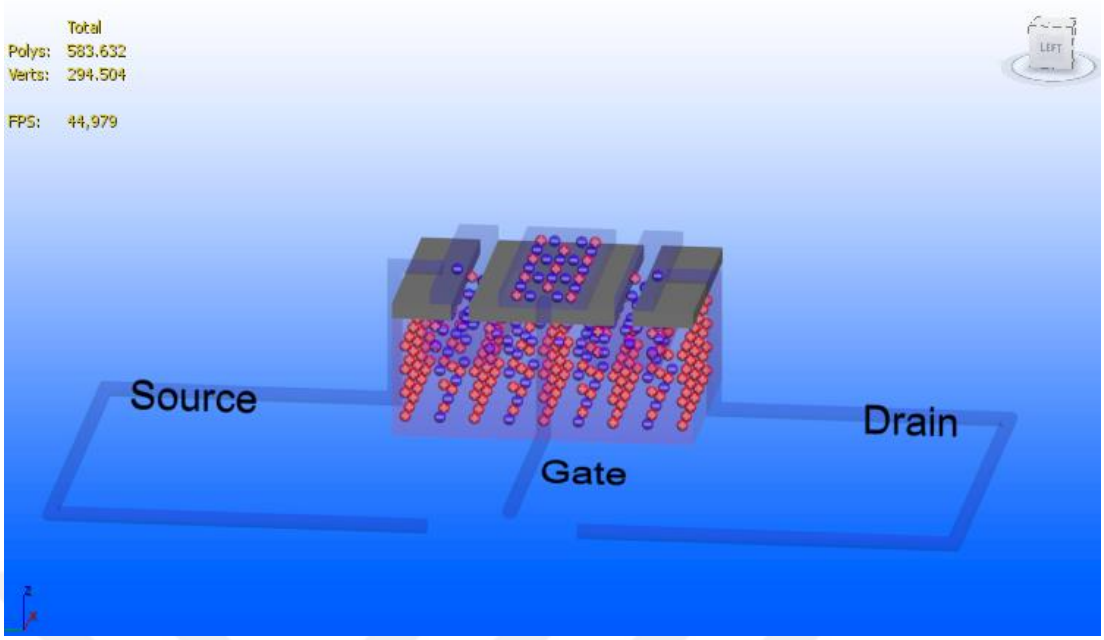
Şekil 2.3. P tipi maddenin içindeki elektron ve protonların yerleştirilmesi



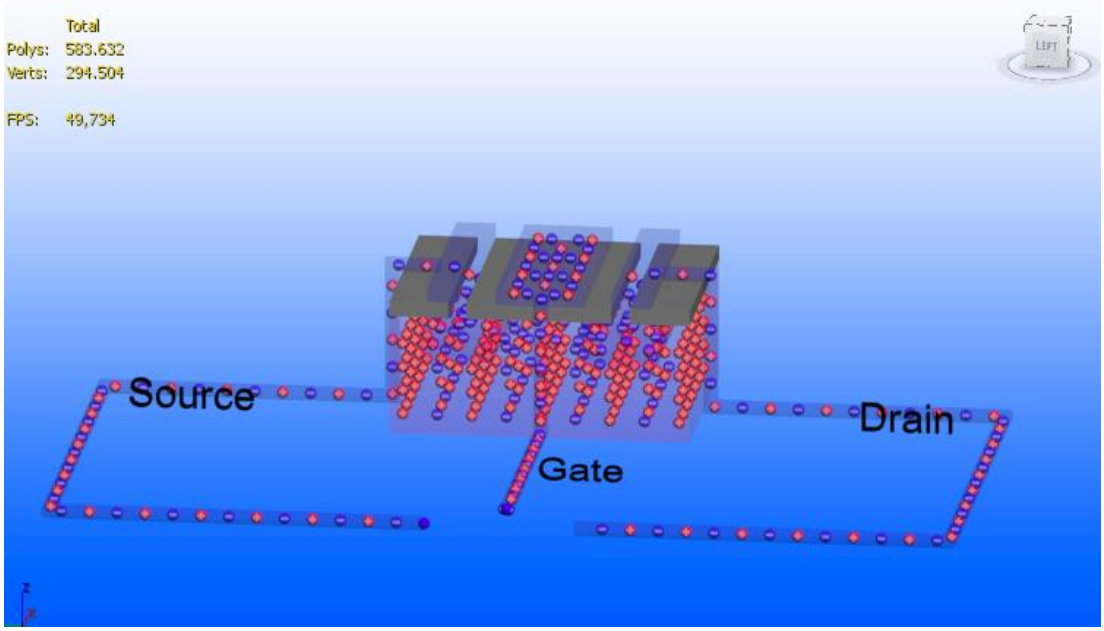
Şekil 2.4. N tipi maddelerin içindeki elektron ve protonların yerleştirilmesi

Ardından N tipi maddelerin içerinde yer alan yükler yerleştirildi. Şekil 2.4'te görüldüğü gibi, N tipi maddelerin içerisindeki elektron yükleri, protonlara nazaran daha fazla sayıda olacak şekilde tasarlandı.

Elektron ve protonların yerleşimi tamamlandıktan sonra Şekil 2.5'teki gibi Source, Drain ve Gate uçlarına bağlı iletkenler de saydamlaştırıldı. Daha sonra Şekil 2.6'da görüldüğü gibi iletkenler ve NMOS'un içerisinden geçecek yükler konumlandırıldı.



Şekil 2.5. NMOS'un yükler yerleştikten sonraki görünümü



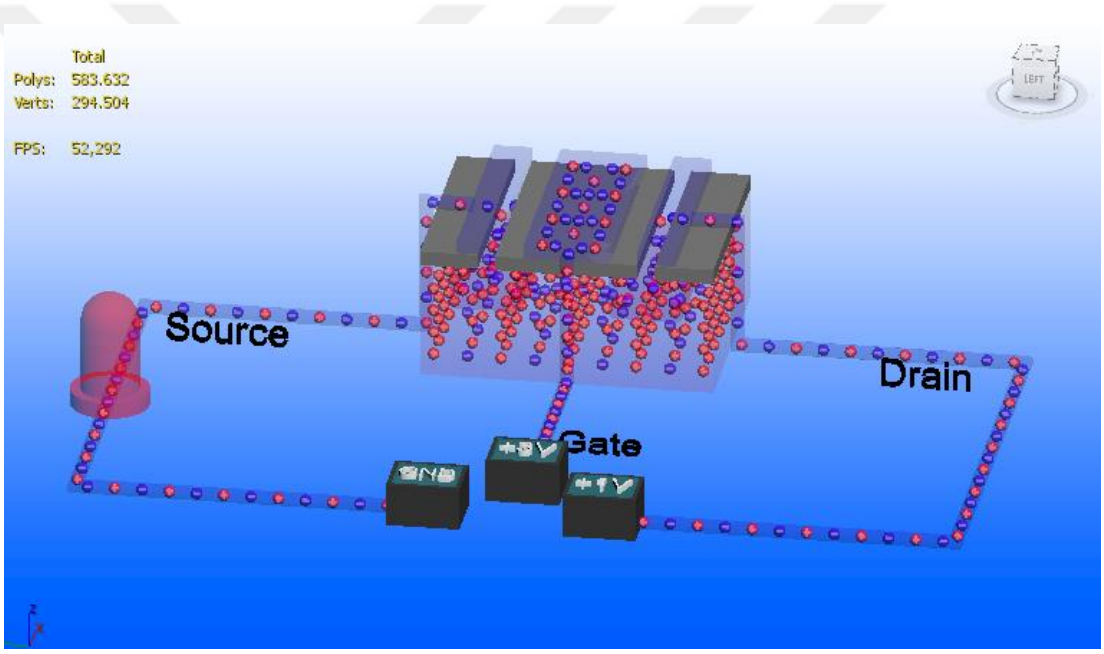
Şekil 2.6. İletkenlerden akacak yüklerin yerleştirilmesi

Toplamda 1000'in üzerinde yük modellendi ve tek tek konumlandırıldı. Animasyonda sürekli bir akışın sağlanabilmesi için iletkenlerin başlangıç noktalarına fazladan elektronlar yerleştirildi.

2.1.3. NMOS modelinin tamamlanması

Büyük ölçüde tamamlanmış olan NMOS modelinde Source, Drain ve Gate uçlarına bağlı iletkenler güç kaynaklarına bağlanmıştır.

Söz konusu yazılım bir eğitim materyali olduğundan gerçek güç kaynağı modelleri kullanmak yerine daha anlaşılır olan ve bilgiyi en iyi şekilde aktaran ancak gerçekçi olmayan bir güç kaynağı modellenmiştir. Her bir uca ayrı birer güç kaynağı eklenerek, güç kaynakları üzerinde uygulanan gerilimin netçe okunabileceği birer dijital ekran yerleştirildi ve Source yolu üzerine, akan akımın yarattığı etkiyi modelleyecek bir LED yerleştirildi. Şekil 2.7'de modelin tamamlanmış hali görülmektedir.



Şekil 2.7. NMOS modelinin tamamlanmış hali

2.1.4. Elektron hareketlerinin animasyon haline getirilmesi

Akımı simüle etmek için genel kabul, akımın (+) yüklü kaynaktan (-) yüklü kaynağa doğru aktığıdır ancak bu tez ortaya atıldıktan uzun yıllar sonra, elektron hareketleri gözlemlenebilir hale geldiğinde, aslında akımı oluşturan tek şeyin elektron hareketleri olduğu gerçeği ortaya çıkmıştır. Bu durumda (+) yüklerin hareket etmesi gibi bir durum söz konusu olmadığından aslında tüm akım (-) yüklü kaynaktaki elektronların (+) yüklü kaynağa doğru hareketi sayesinde oluşmaktadır. Ancak bu durum sadece yapılan hesaplamalardaki referansı değiştirdiği için bilim dünyasındaki çoğunluk genel kabul üzerinden işlem yapmaya devam etmektedir. Bu çalışmada devrede (+)

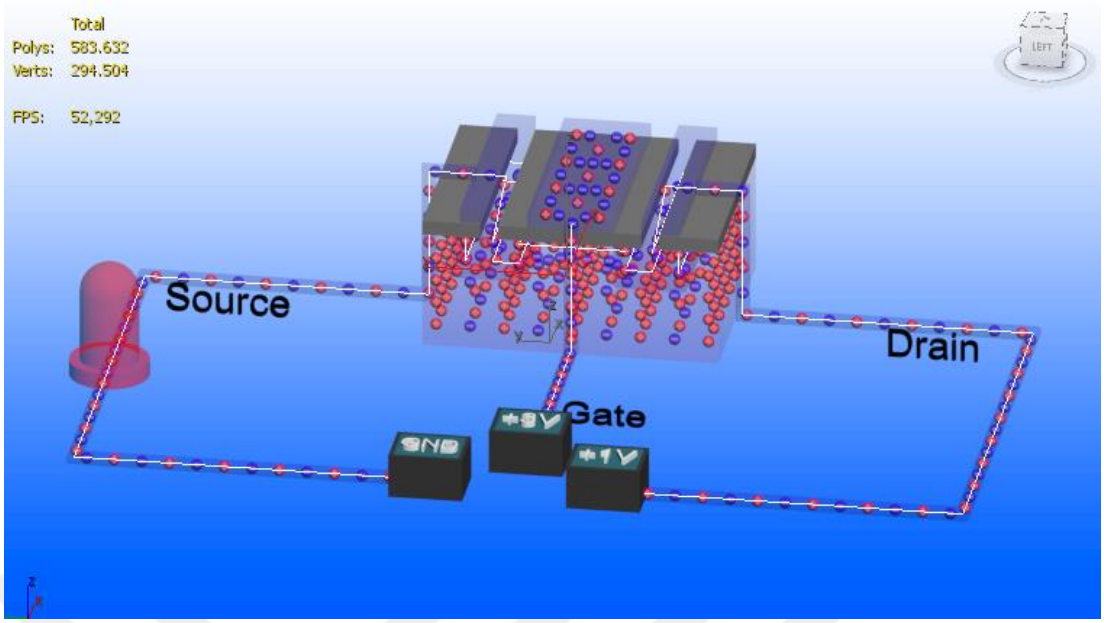
yükleri hareket ettirerek genel kabul üzerinden değil öğrencilere bir devre elemanının içine kadar girip gerçek elektron hareketleriyle oluşan akım gösterilmiştir. Tasarım yapılırken NMOS elemanının içinde meydana gelen fiziksel olaylara hakim olmak için Streetman ve Banerjee'nin 2009 yılında yayınlamış oldukları Solid State Electronic Devices [5] isimli kaynak kitabından faydalanılmıştır.

MOSFET ile ilgili detaylı bilgi edinme çalışmaları tamamlandıktan sonra animasyon kısmına geçebilmek için öncelikle kaç animasyon yapılacağı ve her birinin ne kadar süreceği tespit edildi. 3DS Max, çerçeve (frame) sayısı bazlı animasyon üreten bir yazılım oluşu ve oluşturulacak animasyonun 25-30 FPS (frame per second – saniyedeki çerçeve sayısı) aralığında derleneceği göz önünde bulundurularak, her bir animasyon için 2000 kare kullanılmasına karar verildi. Bu da her bir animasyonun 66-80sn kadar süreceği anlamına gelmektedir.

Animasyonların 25-30 FPS aralıklarında derlenmesinin sebebi, insan gözünün saniyede 24 çerçeve görüntüyü işleyebilmesinden kaynaklanmaktadır. Bu da saniyede 24'ten az çerçeve kullanılmasının görüntünün akıcılığını etkileyeceği anlamını taşımaktadır. Saniyede 24'ten fazla kare kullanıldığı durumda beyin kullanılan bazı kareleri işleyemiyor olsa da saniyedeki kare sayısının algılanan netlik ve akıcılığı etkilediği bilinmektedir. Unity programında nihai animasyonlar oluşturulurken saniyede 30 kare görüntüleyecek şekilde derlendi.

Bölüm 1.3'te de anlatıldığı gibi MOSFET'in temelde üç farklı çalışma durumu vardır. Bunlar Lineer, Doyum ve Aşırı Doyum bölgeleridir. Kesim bölgesi de hesaba katılarak toplam dört ayrı animasyon oluşturuldu. Bu animasyonları oynatabilecek 8000 karelik bir çalışma alanı kullanıldı.

Animasyonlarda gerçekçi olması açısından, proton hareketlerine yer verilmemesine karar verildiğinden dolayı tek hareket edecek nesne olan elektronlar, gerekli konumlara, yeterli olacak sayıda yerleştirildi. Sonrasında ise Şekil 2.8'deki gibi elektronların hareket edecekleri yollar çizildi.

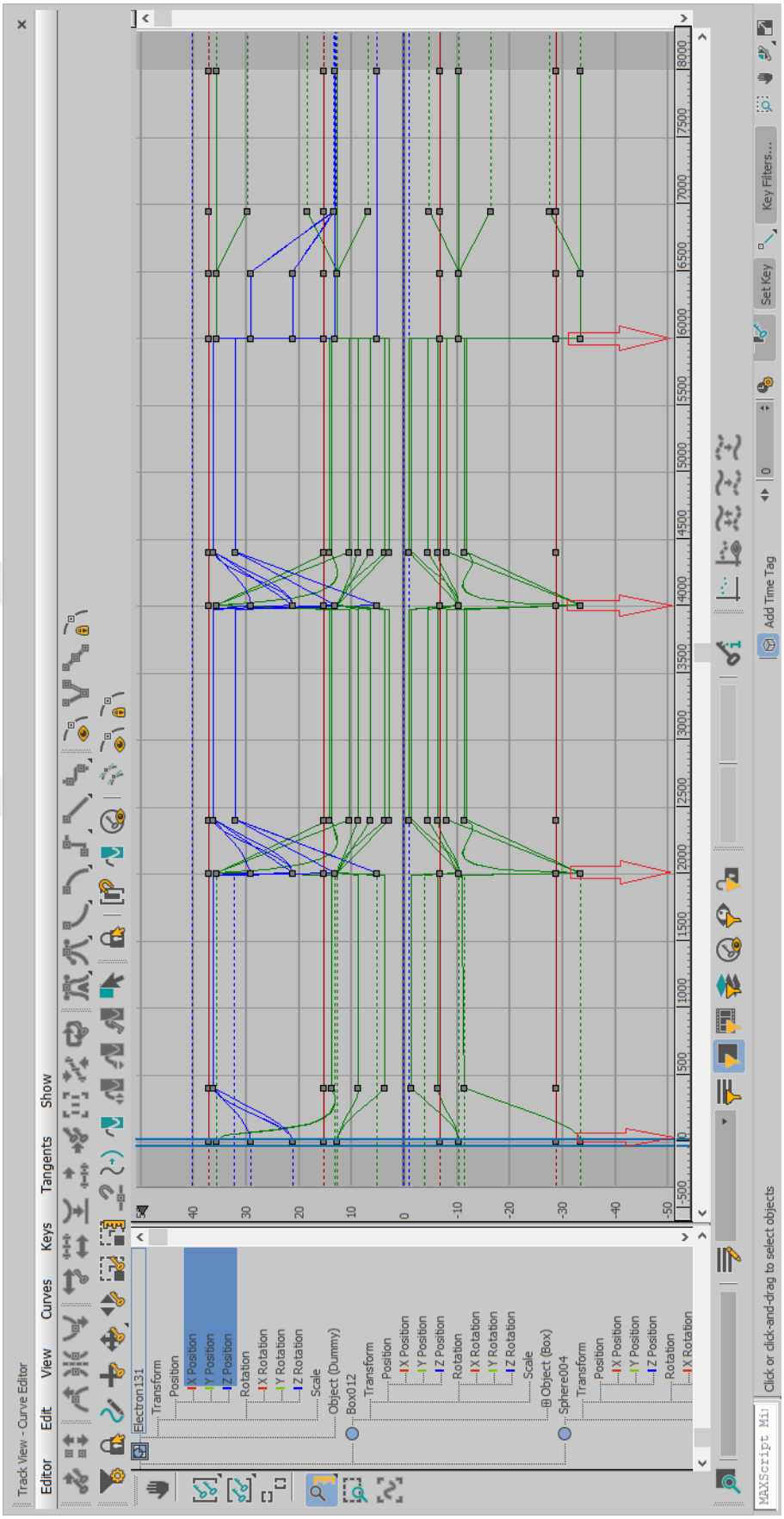


Şekil 2.8. Elektron hareketlerinin gerçekleşeceği yollar

Animasyonda, peş peşe hareket etmesi gereken yüzlerce elektron mevcut olup hepsi aynı güzergâhı sadece belirli bir süre gecikmeyle başlayarak dolaşmaları gerekmektedir. Ancak, 3DS Max programında bir nesneye atanan pozisyon değişim komutları diğer nesnelere kopyalanamadığından dolayı, yüzlerce elektronun her birine tek tek animasyon tanımlanmıştır.

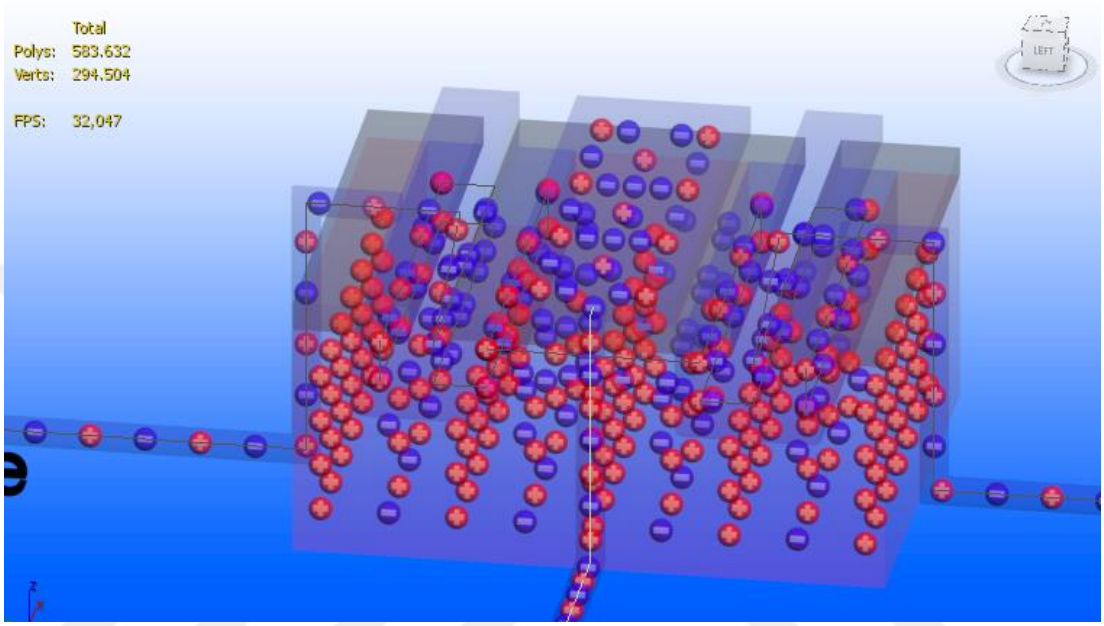
Tüm elektronlara hangi zaman aralıklarında hangi güzergâhlarda hareket edecekleri tanımlandıktan sonra her 2000 karede bir animasyon başa alınarak, yeni çalışma modu için tekrar düzenlendiler. Bu tekrarlı düzenlemelerde en büyük yardımcı, yazılımın Şekil 2.9'da görülen Curve Editor kısmıdır.

Şekil 2.9'da P tipi yarı iletken içindeki elektronların oksit tabakası altındaki elektron kanalını oluştururken yaptıkları pozisyon değişiklikleri görülmektedir. Kırmızı çizgiler elektronların X pozisyonlarını, yeşil çizgiler Y pozisyonlarını, mavi çizgiler ise Z pozisyonlarını göstermektedir.



Şekil 2.9. Curve Editor'de animasyon pozisyonlarının düzenlenişi

Son olarak güç kaynaklarının ekranlarında görünmesi gereken voltaj bilgilerinin hangi karelerde değişeceği ayarlandı. Final sürümüne geçilmeden önce, öğrencilerden alınan, oksit tabakasının altında oluşan elektron kanalının çok net görünmediği dönütleri değerlendirildi. Bu dönütlere göre, yeni bir animasyon ile elektron aktarım kanalı oluşana kadar oksit tabakasının Şekil 2.10'daki gibi saydamlaşması sağlandı.



Şekil 2.10. Oksit tabakasının elektron aktarma kanalı oluşurken saydamlaşması

2.2. Üç Boyutlu Görsellerin Mobil Uygulama Haline Getirilmesi

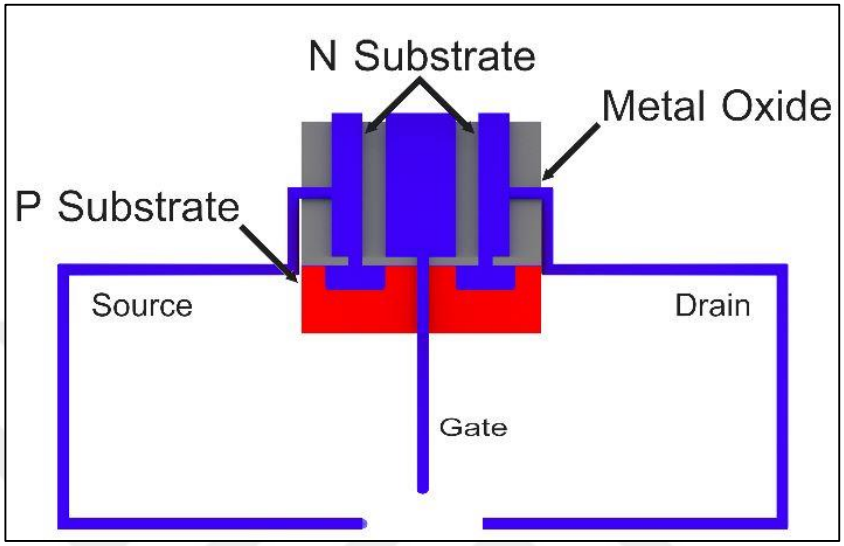
3DS Max programında oluşturulan görsellerin ve animasyonların mobil uygulama haline getirilmesi için en yaygın kullanılan oyun motorlarından biri olan Unity uygulaması kullanıldı. 3DS Max programında animasyon haline getirilen görseller, Unity programında kullanılabilir olmaları için fbx dosyası formatında dışa aktarıldı.

2.2.1. Vuforia eklentisi

Yazılımı bir AR uygulamasına dönüştürebilmek için Unity programında Vuforia eklentisi kullanıldığından dolayı, Vuforia sitesinden gerekli ücretsiz lisanslar alındı ve ilk olarak uygulamanın çalışabilmesi için gerekli olan işaretçi oluşturuldu [30].

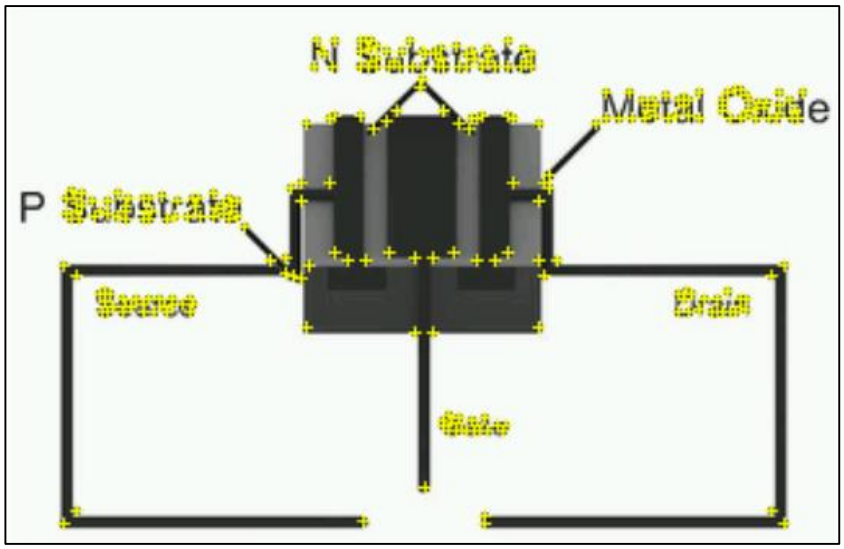
AR uygulamalarında işaretçi kavramı, kamera tarafından algılandığı anda üç boyutlu görsellerin üzerine hizalanacağı bir eşleştirme referansını ifade eder. Vuforia işaretçi kullanımı konusunda oldukça esnek bir eklentidir. İşaretçi olarak bir barkod, metin ya

da resim kullanılabilir. Uygulamada, kâğıt üzerinde bulunan iki boyutlu resmin canlanıyormuş gibi görünmesi etkileyici olacağından dolayı 3DS Max programında oluşturulan modelin iki boyutlu çıktısı Şekil 2.11'deki gibi alınarak, sisteme işaretçi olarak yüklendi.

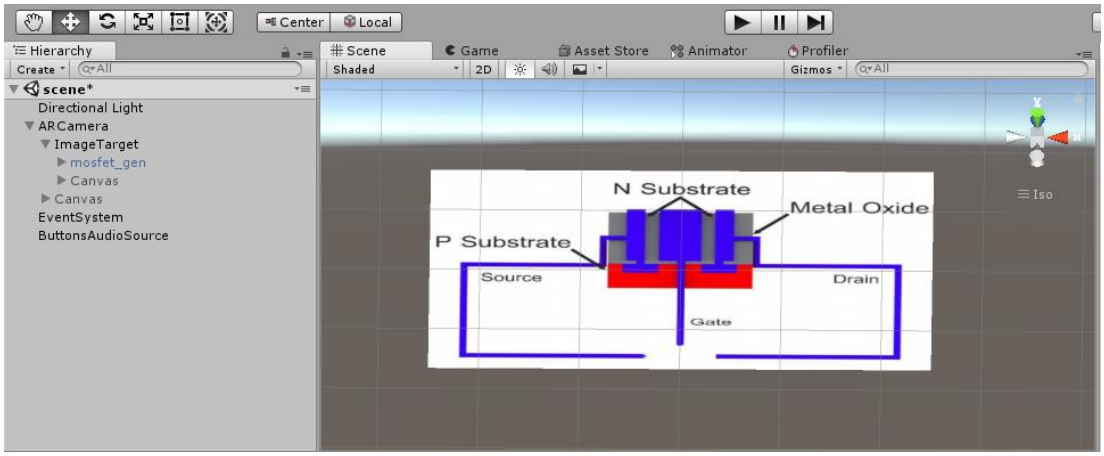


Şekil 2.11. Vuforia eklentisine tanıtılan işaretçi

İşaretçi Vuforia sitesine yüklendiğinde, Şekil 2.12'de yüklenen işaretçinin tanımlayıcı noktaları sistem tarafından belirlenir ve bu bilgilerin yer aldığı bir kod üretilir. Üretilen bu kod Unity programındaki Vuforia eklentisine girilir ve Vuforia sitesinden indirilmiş olan işaretçi dosyası da yazılıma yüklenir. İşaretçinin programa gömülmüş hali Şekil 2.13'te görülmektedir.

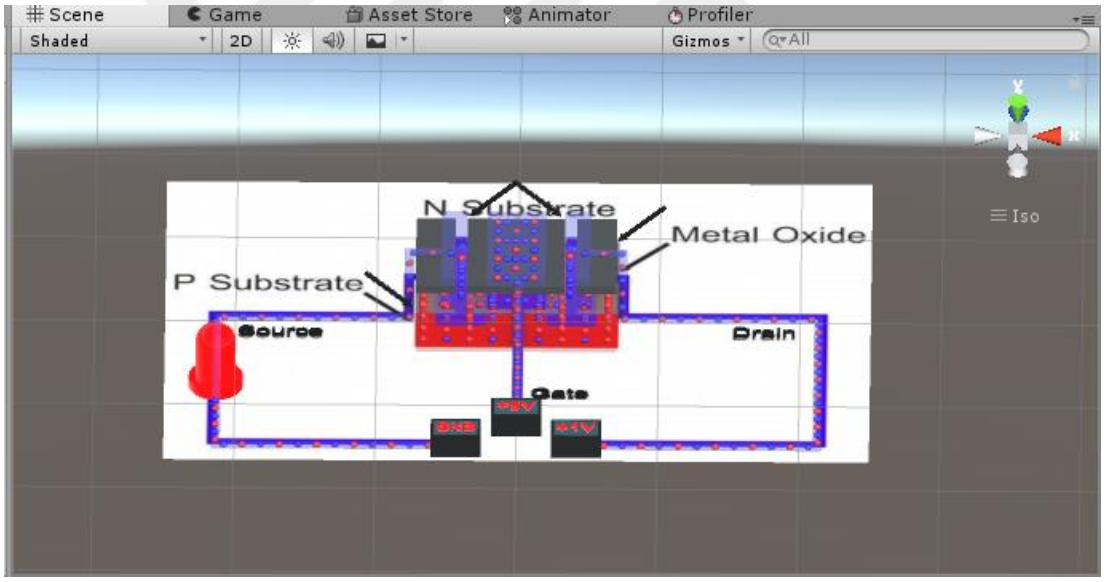


Şekil 2.12. İşaretçinin tanımlayıcı noktaları



Şekil 2.13. İşaretçinin Unity yazılımına eklenmesi

Bu işlemden sonra, 3DS Max programında fbx uzantılı olarak almış olduğumuz üç boyutlu görsel ve animasyonlar Unity programına eklendiğinde, Şekil 2.14'te görüldüğü gibi model bu işaretçi üzerinde konumlandırılır.



Şekil 2.14. 3D görsel ve animasyonların işaretçi üzerine yerleştirilmesi

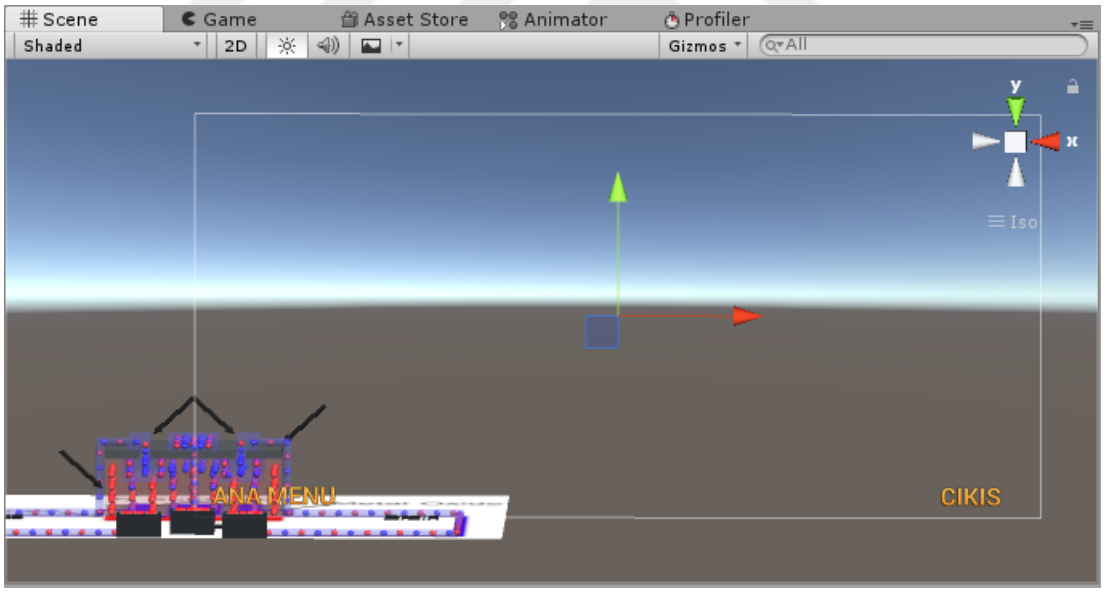
2.2.2. Unity programında animasyonların güncellenmesi

Unity programında fbx formatında eklenen görsel ve animasyonlar %100 çalışır formda gelmediğinden dolayı ilk etapta eksik ya da hatalı aktarılmış olan öğe ve animasyonlar güncellendi. İki program arasındaki geçiş sürecinde bazı saydam renklerin aktarımında ve kaplamalarda da aktarım sorunları yaşandı ve hatalı aktarılan kaplamalar Unity programında tekrar düzenlendi.

2.2.3. Kulanıcı arayüzünün oluşturulması

Kullanıcı arayüzü tasarlanırken, AR uygulamaları için iki seçenek söz konusudur. Menü öğelerini ve kullanıcının iletişim kuracağı buton ve benzeri tetikleyicileri mobil cihazın ekranına yerleştirmek mümkün olduğu gibi işaretçinin etrafına sanal olarak yerleştirmek de mümkündür. İstenildiğinde ikisi bir arada da kullanılabilmektedir.

Bu uygulamanın tasarımında daha etkileyici bir arayüz sunmak ve tam etkileşim sağlayabilmek amacıyla sanal butonlar kullanıldı ancak tüm butonları sanal buton olarak kullanmanın bazı sakıncalarının olduğu fark edildi. Bu sakıncalardan en önemlisi, yazılımın işaretçiyi göremediği –ya da ortamda işaretçinin bulunmadığı- durumlarda, ekranda uygulamadan çıkmanızı ya da ana menüye dönmenizi sağlayacak hiçbir buton kalmıyor oluşudur. Bu nedenle kullanıcı AR deneyimini yaşayamasa bile ana menüye dönebilmesini veya uygulamadan çıkabilmesini sağlayacak Şekil 2.15'te görülen iki buton ekranın alt köşelerine yerleştirildi.



Şekil 2.15. Mobil cihaz ekranında görüntülenecek kullanıcı arayüzü butonları

Bu basit kullanıcı arayüzü tasarlandıktan sonra ülkemizde çok sayıda yabancı öğrencinin bulunduğu ve yazılımın yabancılar tarafından da kullanılabileceği göz önünde bulundurularak kullanıcı arayüzü sayısı ikiye çıkarıldı ve İngilizce seçeneği de eklendi. İki arayüz söz konusu olunca dil seçimi ile çıkış seçimlerini barındıran Şekil 2.16'daki 3 seçimlik ana menü (Ek-A) oluşturuldu.

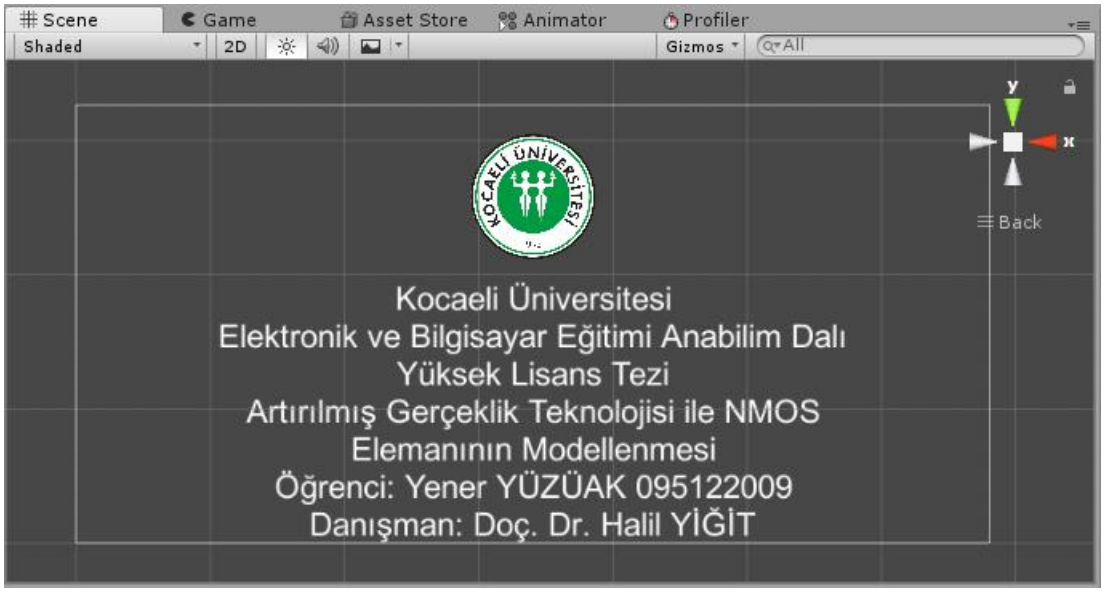


Şekil 2.16. Ana menü tasarımı

2.2.4. Yükleme ekranının tasarlanması

Kullanıcının, programın açılmasını beklediği esnada yazılımın ne amaçla ve kimler tarafından geliştirildiği bilgisinin aktarılacağı bir açılış ekranı tasarlanmıştır. Bu açılış ekranına Şekil 2.17'de görüldüğü gibi, en başta Kocaeli Üniversitesi logosu ve altında tezin adı, yazarı ve danışmanı bilgileri eklendi.

Bilgiler ilk olarak düz siyah bir arkaplanda yavaş yavaş görünür hale gelecek ve 7 saniye ekranda kaldıktan sonra soluklaşarak kaybolacak şekilde kodlandı (Ek-B).

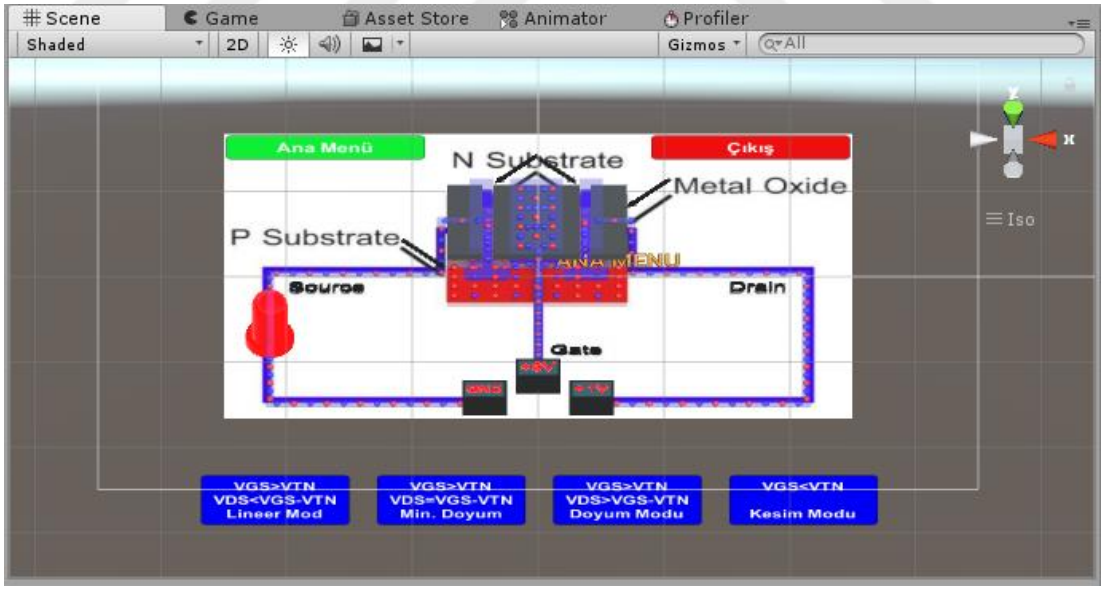


Şekil 2.17. Yükleme ekranı tasarımı

2.2.5. Sanal butonların oluşturulması

Daha önce de belirtildiği üzere animasyon dört çalışma bölgesinde dört farklı animasyon oynatılacak şekilde tasarlandı. Bu dört animasyondan hangisinin başlatılacağına karar verilmesi için kullanıcıya interaktif bir deneyim yaşatan ve AR etkisini hissettiren sanal butonlar kullanılmıştır.

Sanal butonları kullanmanın tek dezavantajı, butonu fiziksel bir buton kadar hassas kullanmanın mümkün olamamasıdır. Bunun nedeni ise üretilen görsellerin her zaman işaretçi üzerinde stabil bir pozisyonda kalamıyor oluşudur. Sistem sürekli olarak işaretçiyi takip ederek pozisyon ayarlarını güncellediği için kameranın her hareketinde hatalı algılama ihtimali ortaya çıkmaktadır. Hatalı algılama olması durumunda ise görsellerin yerleri değişebilmektedir. Bu sebeple, butona tıklamaya çalışırken ekranın oynatılması sonucu butona basma işleminin gerçekleştirilememesi sorunu ortaya çıkabilmektedir. Ancak, AR dünyasının oyun dünyasına çok yakın bir dünya olduğunu düşünürsek, Şekil 2.18'de görülen bu butonların kullanımı el göz koordinasyonunun geliştirmesini sağlayan küçük bir eğlenceye de dönüşebilmektedir.



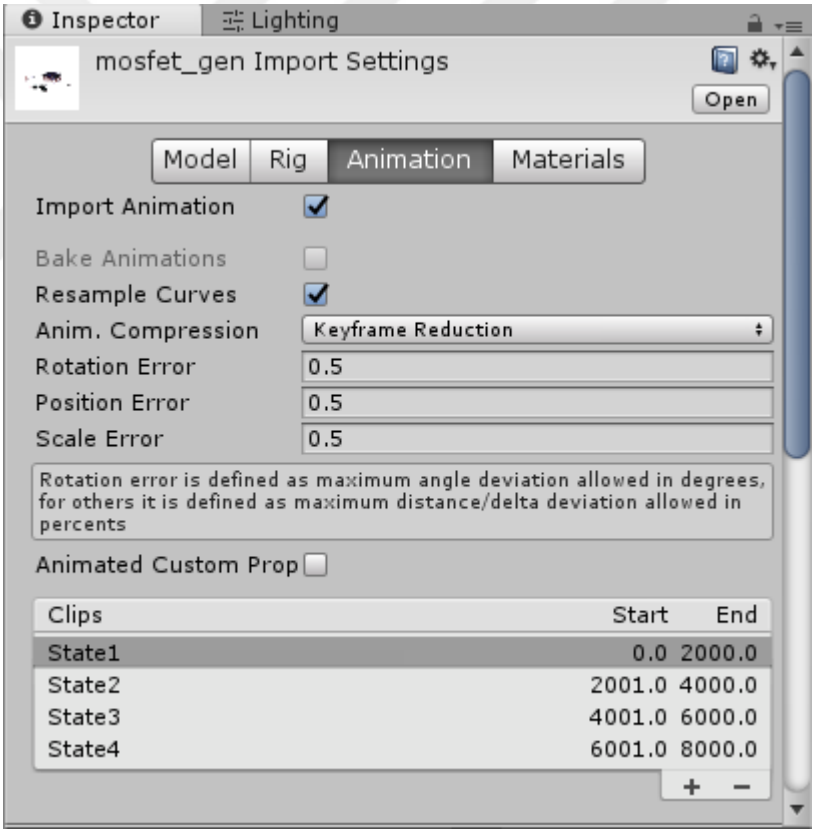
Şekil 2.18. Sanal butonların tasarımı

Elbette ki sanal butonların yapacakları görevleri mobil ekran arayüzüne de eklemek mümkün olmasına rağmen bu kullanım her yerin butonlarla dolmasına ve karmaşık bir tasarım ortaya çıkmasına sebep olacağından değerlendirmeye dahi alınmamıştır.

2.2.6. Sanal butonların animasyon ilişkilendirmelerinin yapılması

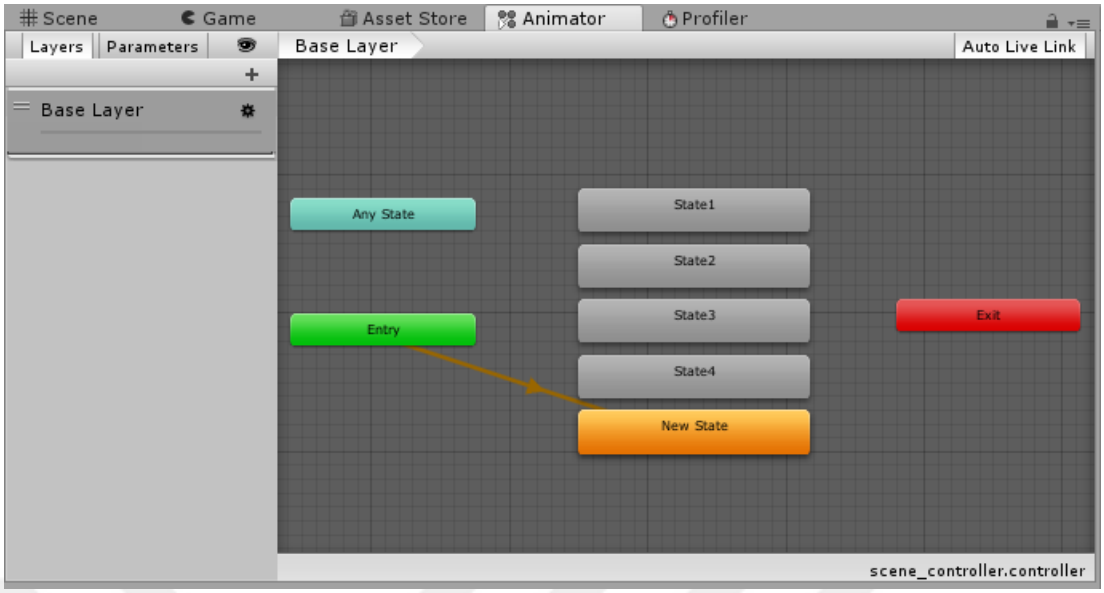
3DS Max programında birbirinden farklı 4 animasyon sahnesi tasarlanmış olsa da tüm sahneler birbirinin devamı niteliğinde 8000 karelik tek bir animasyon olarak tasarlandı.

Birinci animasyon 0.-2000. kareler arasında, ikinci animasyon 2001.-4000. kareler arasında, üçüncü sahne 4001.-6000. kareler arasında ve dördüncü sahne 6001.-8000. kareler arasında çalışacak şekilde tasarlandı. Bu nedenle Unity programına aktarılan MOSFET animasyonunun 4 sahnesinin ayrı ayrı tanımlanması gerekmektedir. Bu sahneler, Şekil 2.19'da görüldüğü gibi State1-State4 arasında isimlendirilerek tanımlandı.



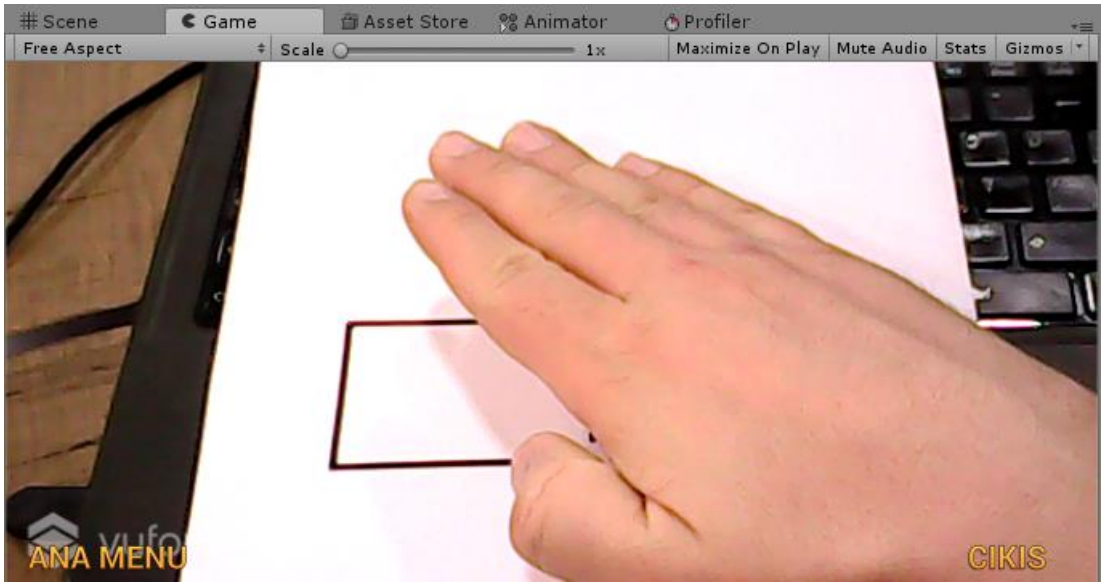
Şekil 2.19. Animasyonun sahnelere ayrılması

Animasyonun sahnelere ayrılmasının ardından her bir butonun ilgili animasyon aralığını çalıştırabilmesi için gerekli atamalar, Şekil 2.20'de görüldüğü gibi uygulamanın animator bölümünde gerçekleştirildi.

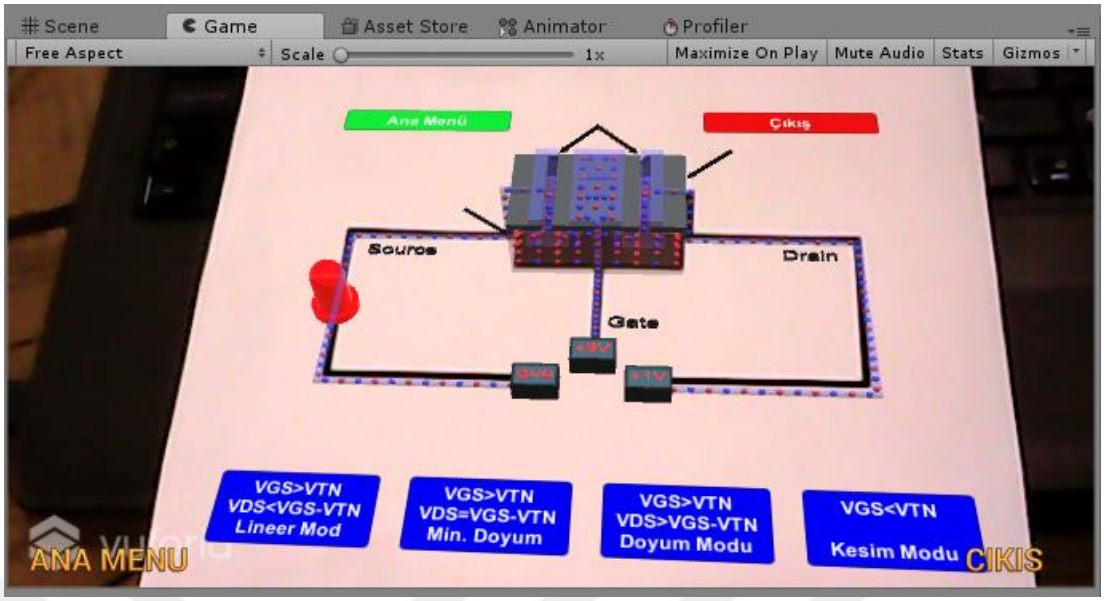


Şekil 2.20. Sanal butonlara animasyon sahnelerinin tanımlanması

Bu aşamada uygulama artık kamera üzerinden işaretçiyi tanıyabilme, ekranda tüm tasarımları görüntüleyebilme ve animasyonları oynatabilme yeteneğine sahiptir. Yazılım, Şekil 2.21'de olduğu gibi işaretçiyi göremediği durumlarda sadece Ana Menü ve Çıkış butonlarını görüntülerken, işaretçiyi görebildiği anda Şekil 2.22'de görüldüğü gibi üç boyutlu görseli de işaretçinin üzerine konumlandırmaktadır.



Şekil 2.21. Yazılımın işaretçiyi göremediği durumdaki ekran görüntüsü

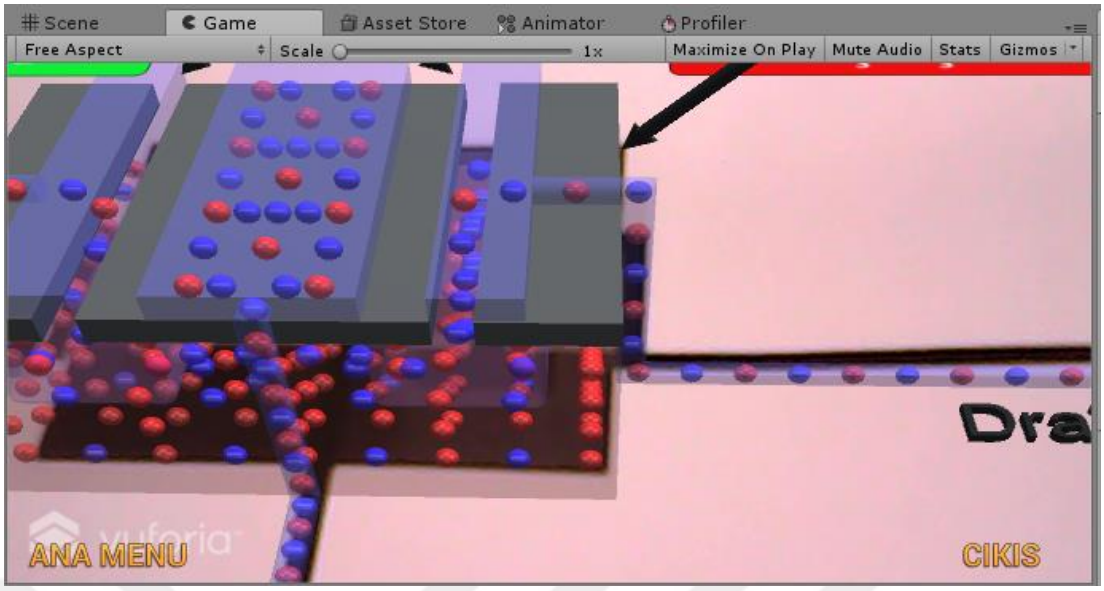


Şekil 2.22. Yazılımın işaretçiyi görebildiği andaki ekran görüntüsü

2.2.7. Bilgilendirici metinlerin oluşturulması

Yazılım mevcut haliyle bir öğretmen eşliğinde anlatım yapılabilir seviyeye gelmesine rağmen bir öğrenci, öğretmen gözetiminde olmadan tamamen kendi isteğiyle yazılımı indirip kullandığı zaman kâğıt üzerinde oynayan animasyonlar çok anlam ifade etmeyebilir. Bu nedenle, animasyonların oynadığı esnada animasyonda meydana gelen hadiselerin izah edileceği bilgilendirici metinler yerleştirilmiştir.

Bilgilendirici metinlerin mobil aygıt ekranında yer almasının birçok sakıncası vardır. Çünkü AR uygulaması tabiatı gereği sabit bir görüş açısından bakılma zorunluluğu sunmaz. Kullanıcı görsellere istediği kadar uzaktan bakabilmekte ya da detaylı görmek istediği kısımlara istediği kadar yaklaşabilmektedir. Tabi ki bu yaklaşma ve uzaklaşma miktarlarında kısıtlamalar mevcuttur. Görüntüden uzaklaşırken yazılımın işaretçiyi algılayabileceği netliğe sahip her mesafeden izleme gerçekleştirilebilir. Fakat animasyonun belirli kısımları yakından izlenmek isteniyorsa –ki NMOS gerçeklemesinde oksit tabakasının altında oluşan elektron aktarım kanalının yakından izlenmesi büyük avantaj olacaktır- işaretçinin küçük bir kısmının yazılım tarafından okunabildiği en yakın bölgeye kadar Şekil 2.23'teki gibi yakınlaşılabilmektedir. Bu durumda, yazılım bir kez işaretçiyi kaçırır ve görselleri kaldırırsa tekrar görüntüleyebilmek için uzaklaşarak işaretçinin daha büyük bir bölümünün kadraj içine alınması yeterlidir.



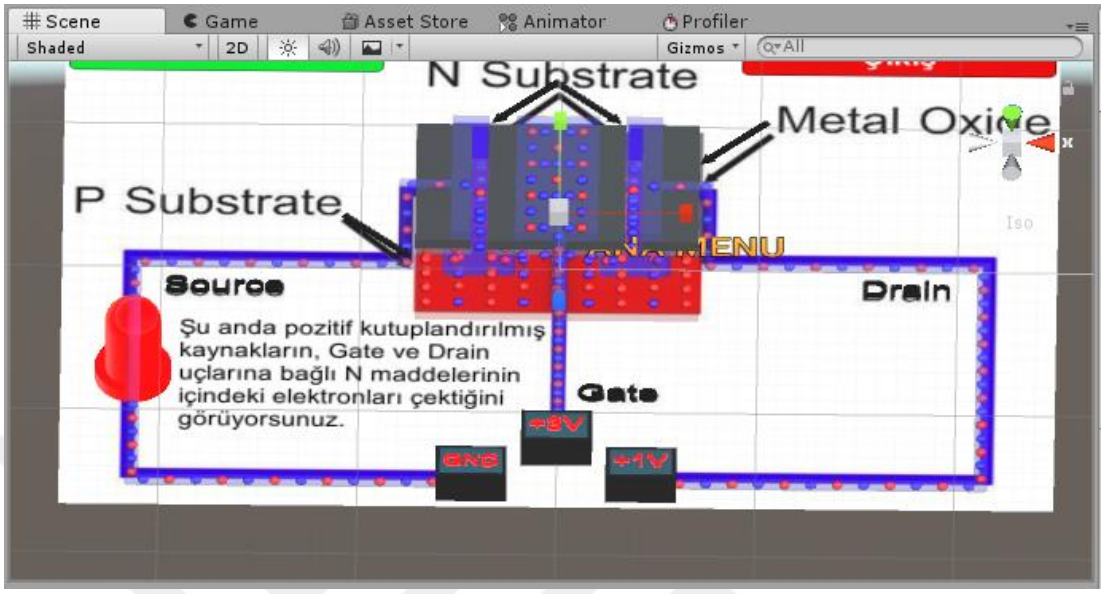
Şekil 2.23. İşaretçinin bir kısmı görünüyor olmasına rağmen görsellere yakından bakış

Bilgilendirici metinlerin mobil aygıt ekranında görünüyor olması kullanıcının serbest olarak görseli inceleyebilmesini kısıtlamaktadır. Bu sebeple bilgilendirici metinler Şekil 2.24'teki gibi sanal olarak kâğıt üzerine yerleştirilmiştir. Kullanıcıya kısıtlı bir alan sunulduğu ve bu alanın da büyük kısmının görseller tarafından kaplandığı düşünülerse bilgilendirici metinlerin yerleştirileceği pozisyon seçimi önemlidir. Metinlerin çok uzun olma şansı yoktur Ayrıca animasyon ilerledikçe farklı konuların aktarılması da gerekmektedir. Kullanıcının metinleri okumak için görsellerden uzaklaştırılmaması da gerekmektedir. Tüm bu parametreler göz önünde bulundurulduğunda, en uygun yer olarak NMOS ile iletkenler arasında kalan iki göz halindeki boşluklar kullanılmıştır. Ayrıca, metinlerin animasyonlar ilerledikçe değişen yapıda olması sağlandı.

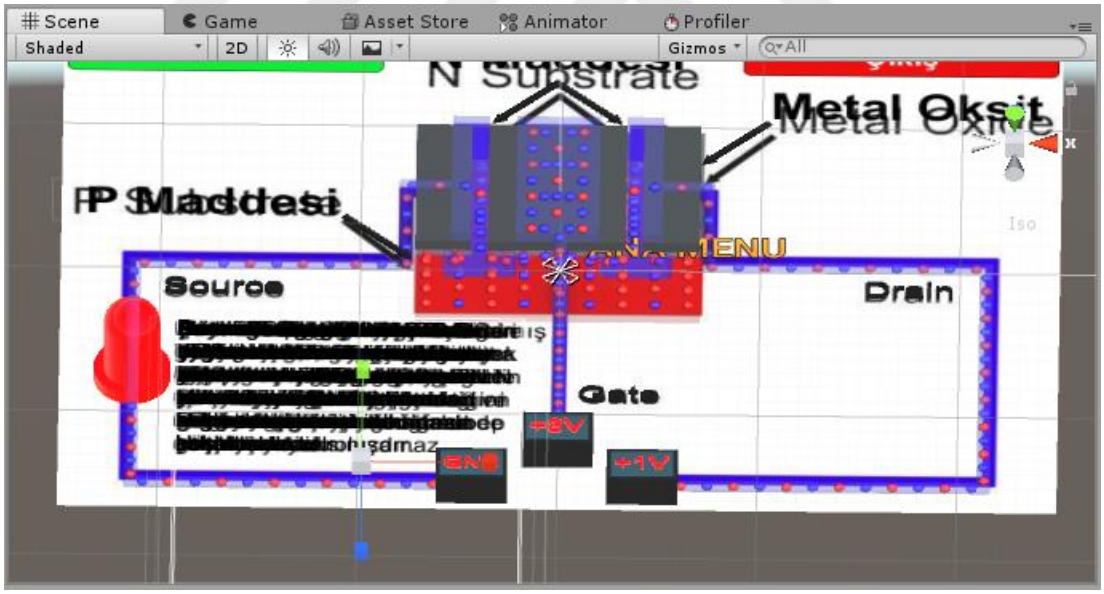
Animasyonların her biri için 5'er metin kutusu oluşturuldu ve Şekil 2.25'teki gibi aynı konumda üst üste yerleştirildi. Sonrasında her bir metin kutusu içeriğinin animasyonların hangi aşamasında ne kadar süre ile görüntüleneceği belirlendi.

Oluşturulan bir C# scripti sayesinde sanal butonlardan herhangi birine tıklandığında, 20 metin kutusu arasından ilk oynatılacak olan metin kutusunun aktif hale gelerek, diğerlerinin gizlenmesi sağlandı. Her metin kutusunun süresi dolduktan sonra gizlenerek sıradaki metin kutusunun görünür hale gelmesini sağlayan kodlar

oluşturuldu. Bu döngü, animasyon sona erene ya da kullanıcı farklı bir sanal butona tıklayıncaya kadar otomatik olarak devam etmektedir.



Şekil 2.24. Bilgilendirici metinlerin sanal olarak kâğıt üzerine yerleştirilmesi



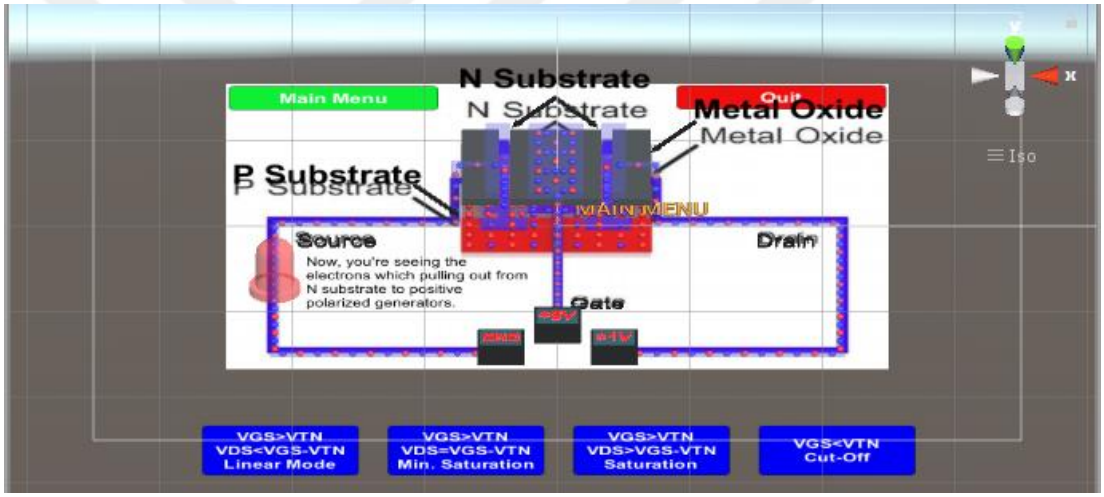
Şekil 2.25. 20 metin kutusunun aynı pozisyona üst üste eklenmiş görüntüsü

Bu aşamada, 4 buton için oluşturulan 4 ayrı scripte tüm metin kutuları tanımlandı. Çünkü basılan her butonun diğer animasyonlarla ilgili metin kutularını da gizlemesi gerekmektedir. Ancak Unity yazılımında, kodun çalışması esnasında metin kutularından herhangi birinin pasif hale getirilmesi halinde tekrar aktif hale getirilmesi mümkün olamamaktadır. Bunun sebebi ise yazılımın pasif durumda olan bir nesneyi çalışma esnasında kütüphanesinden sildiği için tekrar aktif hale getirememesidir.

Bu sorunu çözmek için, nesneleri pasif hale getirmek yerine alfa değerleri (görünürlüğü) sıfıra eşitlendi. Yani bir metin aktif olarak görünmesi gerektiğinde alfa değeri 1 yapılacak, diğer tüm metinlerin alfa değerleri ise 0 olarak değiştirilecek şekilde kodlandı. Diğer bir sorun, herhangi bir butona basılmadığında tüm metin kutularının yazılımda görünmesiydi. Kodun başlangıçta çalışan bölümüne tüm metin kutularının alfa değerini sıfırlayan kodlar eklenerek sorun çözüldü (Ek-C).

2.2.8. İngilizce arayüzün oluşturulması

Türkçe arayüz tamamlandıktan ve tüm eksiklikleri giderildikten sonra sahnenin bir kopyası oluşturularak, Türkçe metinlerin tamamı Şekil 2.26'da görüldüğü gibi İngilizceye çevrildi.

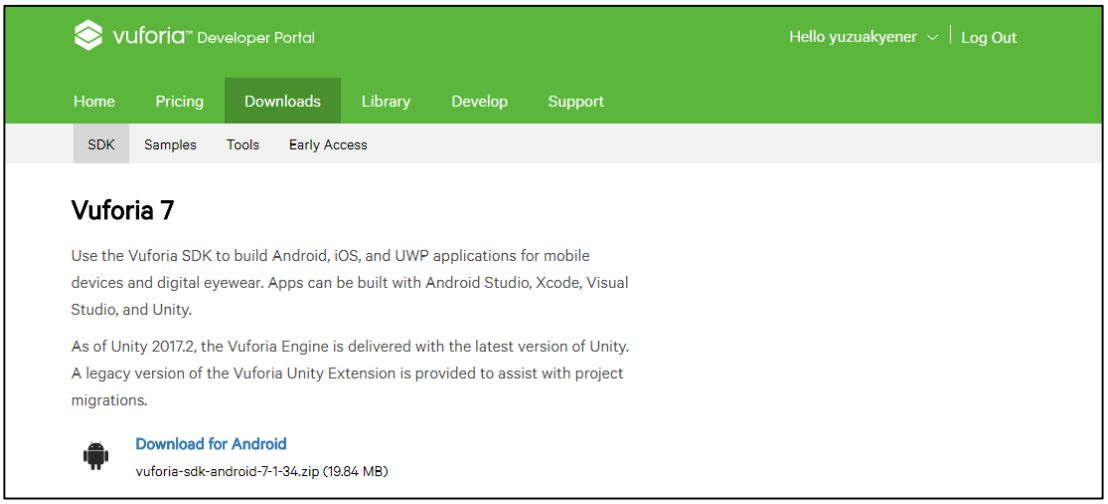


Şekil 2.26. İngilizceye çevrilmiş arayüz

2.3. Uygulamanın Mobil Cihazlara Aktarılması

Vuforia eklentisi ile IOS, Android ve Windows sistemlerinin her biri için yazılım geliştirmek mümkündür. Ancak IOS işletim sisteminin market dışı yüklemelere izin vermemesi ve yazılım geliştirici lisanslarının yüksek ücretli olması sebebi ile bu çalışmada IOS işletim sistemi için uygulama yapılmamıştır. Gerek yaygın kullanımı gerekse market dışı kaynaklardan yazılım yükleyebilme esnekliğine sahip olmasından dolayı mobil uygulama, Android işletim sistemi için geliştirilmiştir.

Üretilen yazılımı Android platformuna yükleyebilmek için ilk olarak Şekil 2.27'de görülen Vuforia'nın sitesinden Android SDK'sı (Yazılım Geliştirme Kiti) indirildi.



Şekil 2.27. Android SDK'nın indirilmesi [30]

Android SDK indirildikten sonra yazılım her çözünürlükte çalışabilecek esneklikte tasarlandığından dolayı eski Android versiyonlarına sahip cihazlarda da çalışabilecek şekilde derlendi. AR teknolojisinin kullandığı donanımsal parametrelerin eski android versiyonlarında da mevcut olması da bu esnekliği sundu. Aksi taktirde, yazılımın kullanılabileceği geçmiş versiyonları sınırlandırmak gerekebilirdi.

Gerekli tüm ayarlar yapıldıktan sonra apk uzantılı dosya oluşturularak mobil aygıtlara yüklenebilir hale getirildi.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Uygulamanın Öğrencilerle Birlikte Değerlendirilmesi

Uygulama, Abant İzzet Baysal Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölüm Başkanın izni ve onayı ile Elektrik Elektronik Mühendisliği (EEM) bölümünün 2. ve 3. sınıf öğrencilerinden gönüllü olanlarla birlikte test edildi. Test grubu olarak 2. ve 3. sınıflarının seçilmesinin temel sebebi, henüz NMOS elemanın çalışma prensibini teorik olarak almamış olan 2. sınıfların yazılıma yaklaşımları ile bir önceki dönem Analog Elektronik 2 dersinde NMOS elemanının çalışma prensibini teorik olarak öğrenmiş olan öğrencilerin yazılıma yaklaşımlarını da kıyaslayabilme imkânı bulmaktı.

Tez çalışmasının amacı, üretilen eğitim materyalinin eğitime katkısını ölçmenin yanı sıra, Elektrik Elektronik Mühendisliği alanında öncülük edebilecek ve sonraki çalışmalara ilham sağlayacak güzel bir örnek eğitim materyali geliştirmektir. Çalışmada öğrencilerden yazılımı kullanırken neler hissettikleri, arayüzün kullanışlı olup olmadığı, animasyonların anlatılmak istenen konuyu yansıtıp yansıtamadığı gibi tasarıma yönelik fikirler alınarak, yazılımın en ideal tasarıma sahip olması sağlanmaya çalışıldı.

Normalde 4 animasyonun toplam süresi 4 dakika civarında olmasına rağmen her öğrenciyle ortalama 10 dakikalık test yapıldı. Öğrencilerin geneli -bilhassa ilk kez AR yazılım kullananlar- yazılımı çalıştırdıktan sonra kâğıdın üzerinde bir anda ortaya çıkan NMOS'u gördüklerinde Şekil 3.1'de görüldüğü gibi çok ciddi şaşkınlık yaşadı. Sonrasında bir miktar süreyi, yakınlaşıp uzaklaşarak NMOS'u incelemek için harcadılar. Ardından da sırasıyla sanal butonlara basarak farklı çalışma gerilimleri altında NMOS'un nasıl tepkiler verdiklerini izlediler.

3.1.1. EEM 2. sınıf öğrencileri ile gerçekleştirilen denemede alınan notlar

Öğrencilere ilk kullanımlarında yazılımın nasıl çalıştığı ile ilgili temel bilgiler aktarıldıktan sonra AR deneyimini yaşamaları esnasında mümkün olduğu kadar müdahale edilmemesine özen gösterildi. Bu sayede kullanıcı arayüzünün ne kadar kullanıcı dostu olduğunu da test etmek amaçlandı.

Öğrencilerin yazılımı deneyecekleri esnada Şekil 3.1'de görüldüğü gibi tek başına olmalarına ve deneme yapacak diğer öğrencilerin ortama yakın durmamalarına dikkat edildi. Öğrencilerle birebir yapılan denemelerde dikkate değer görülen hususlar Tablo 3.1'e not edildi.



Şekil 3.1. Uygulamayı deneyen EEM 2. sınıf öğrencisinin ilk tepkisi

Öğrenciler serbest deneyimlerini gerçekleştirdikten ve gerekli notlar alındıktan sonra meraklı ve gönüllü olan öğrencilere detaylı anlatım yapıldı. Eğitmen eşliğinde yazılımı kullanan öğrenciler yazılımın konuyu anlamada gerçekten yardımcı olduğunu ve benzer yazılımların çoğaltılması gerektiğini belirttiler.

Tablo 3.1. EEM 2. sınıf öğrencileri ile yapılan denemelerde tutulan notlar

Öğrenci Görüşü	Tez yazarının görüş ile ilgili notları
Programın nasıl kullanılacağını anlamadım	İlk kullanımda sanal butonların ne işe yaradığı tam olarak anlaşılamadı, ek açıklama gerekebilir
Bu elemanın ne elemanı olduğunu anlamadım	Henüz ikinci sınıf öğrencileri NMOS elemanını öğrenmedikleri için çıkarım yapamamış olmaları doğal. Hedef kitle teorik NMOS bilgisine sahip öğrenciler olarak belirlendiği için 3. sınıflarda alınacak yorumlara göre ek bilgilendirme gerekip gerekmediği kontrol edilecek
Gri tabakanın altındaki elektron hareketleri net görünmüyor	Oksit tabakasının altındaki elektron kanalı oluşumu aktarılması gereken en önemli bilgilerden biridir. Anlaşılabilirliği artıracak bir yol bulunacak
Çok etkileyici bir deneyim. Bir yarıiletkenin içini görebilmek çok güzel	Tasarım uyandırması hedeflenen etkiyi oluşturabilmiş
Kâğıdın üzerindeki çıkış butonuna basamıyorum	Sanal butonlardan çıkış butonunun konumu kontrol edilecek.

3.1.2. EEM 3. sınıf öğrencileri ile gerçekleştirilen denemede alınan notlar

Üçüncü sınıf öğrencileri ile yapılan denemeler NMOS elemanı ile deney yapmakta oldukları sırada laboratuvar ortamında gerçekleştirilmiştir. Bu kez bireysel denemeler yapma imkânı yakalanamadığı için Şekil 3.2'de görüldüğü gibi, deney grupları bazında sayıları 1 ile 4 arasından değişen 7 deney grubuyla çalışılmıştır.

Üçüncü sınıf öğrencileri NMOS elemanını detaylı olarak gördüklerinden dolayı, bir önceki sınıfta yapılan deneylerdeki birçok sorun bu deneyde dile getirilmedi. Örneğin elemanın ne elemanı olduğu sorusu hiçbir grupta sorulmadı. Bu da bir önceki sınıfta alınan notlarda elemanın ismiyle ilgili ek bilgilendirme yapma ihtiyacı olmadığı sonucunu ortaya koydu.



Şekil 3.2. 3. Sınıf öğrencileri ile gerçekleştirilen denemeler

Uygulama esnasında not alınan öğrenci görüşleri ve yazar notları Tablo 3.2'de gösterilmiştir.

Tablo 3.2. EEM 3. sınıf öğrencileri ile yapılan denemelerde tutulan notlar

Öğrenci Görüşü	Tez yazarının görüş ile ilgili notları
Hani hep deriz ya "Adamlar ne yazılım yapmış". İşte o adamlardan biri şu an karşımızda	İlk yapılan yorumun bu kadar beğeni dolu olması oldukça motive edici oldu
Güç kaynaklarındaki gerilimleri kendimiz seçebilseydik güzel olmaz mıydı?	Güç kaynaklarındaki gerilimlerin seçilebilir yapılıp yapılamayacağı kontrol edilecek
Elektron kanalının oluşumunu çok net göremiyorum. Yapabileceğim farklı bir şey var mı?	Oksit tabakasının altındaki elektron kanalı oluşumu hemen hemen her kullanıcının ortak görüşü. Anlaşılabilirliği artıracak bir yol mutlaka bulunmalı
Gate ucundan hiçbir şekilde akım akmaması gerekir. Buradaki elektron hareketlerinin sebebi ne?	Gate ucundan kaynağa neden akım aktığı bilgilendirme metinlerinde yer almalı. Ayrıca bu sorunun sorulmuş olması çalışma prensibinin kavranması hususunda çok olumlu bir izlenim
NMOS elemanında akımın Drain ucundan Source ucuna doğru akması gerekmez mi? Burada elektronlar neden ters yöne gidiyor?	Gerçekte elektrik akımının kabul görmüş olan akım yönünün tersine aktığı bilgilendirme metinlerinde yer almalı. Yine çok güzel bir soru
Minimum doyum şartları sağlandıktan sonra akımın neden artırılamadığını ders esnasında tam olarak anlayamamıştım. Görsel olarak izleyebilmek çok etkili oldu	Çalışmanın tam anlamıyla amacına ulaştığını belirtir bir yorum

3.2. Öğrencilerle yapılan denemeler sonrasında yapılan iyileştirmeler

Öğrencilerle yapılan denemelerde alınan geri bildirimler sonrasında ilk olarak en çok üzerinde durulan elektron aktarım kanalının oluşumu konusu üzerinde çalışıldı. 3DS Max programında tasarım aşamasındayken animasyon istenilen açıdan izlenebildiği için, yatay bir konumdan bakılarak elektron kanalının oluşumu çok net izlenebiliyordu. Fakat mobil uygulamada kâğıdın üzerindeki üç boyutlu modele tam olarak ön cepheden bakmanın mümkün olmadığı fark edilmiş oldu. Bu sorunu aşmak için elektron aktarım kanalının oluşumu esnasında oksit tabakasının saydamlaştırılmasına karar verildi. Bu işlemi yapmak aynı zamanda o katmanın altında gerçekleşen bir olay olduğuna dikkat çekmesi açısından da çok güçlü bir iyileştirme oldu.

Sonrasında yazılım için oluşturulan bilgilendirme ekranlarında elektron akışının neden ters olduğu, transistör henüz kesimdeyken neden Gate ve Drain uçlarında elektron hareketleri olduğu bilgileri eklendi.

Güç kaynaklarındaki gerilimlerin kullanıcı tarafından seçilebilir hale getirilebilmesi tüm yazılım mantığının değiştirilmesini gerektirdiğinden dolayı bu çalışmada böyle bir iyileştirmeye gidilemedi.

Ayrıca yapılan denemelerde teorik NMOS eğitimi almış öğrencilerle, almamış öğrencilerin yazılıma karşı yaklaşımlarının birbirinden oldukça farklı olduğu gözlemlendi. Bu da, çalışma yöntemleri başlığında belirtildiği gibi hedef kitlenin teorik NMOS eğitimi almış ya da almakta olan öğrenciler olmasının isabetli bir seçim olduğunu gösterdi.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

İçinde bulunduğumuz dijital çağda teknolojinin inanılmaz hızlı gelişimi, onu hayatımızın vazgeçilmez bir parçası haline getirmiştir. Ev ortamında ya da iş ortamında yaptığımız günlük işlerden, hobi ve eğlencelerimize kadar hemen hemen her alanda teknolojinin bize sunduğu nimetlerden faydalanmaktayız. Teknolojinin hayatın her alanına temas ettiği böyle bir çağda eğitim öğretim yöntemlerini teknolojiden uzak tutmak mümkün görülmemektedir. Klasik yöntemlerle eğitim öğretime devam edilmesi, doğumlarından eğitim öğretim çağlarına kadar hayatlarının her alanında teknolojik cihazlarla iletişim halinde olan gençlerin algısına hitap etmekten çok uzakta kalmamıza sebep olacaktır.

Eğitim kurumlarında tepegöz yansıtıcı ve projeksiyonlarla başlayan teknolojik adaptasyon süreci, özellikle Milli Eğitim Bakanlığının akıllı tahta ve tablet donanımlarını içeren FATİH projesi ile ciddi anlamda ivme kazanmıştır. Milli Eğitim Bakanlığı ilk ve orta dereceli okulların büyük çoğunluğunu akıllı tahta donanımlarıyla donatmış ve bilgisayar özellikli bu tahtalarda kullanılmak üzere Matematik, Türkçe, Fen Bilgisi gibi temel derslerde e-içerik oluşturmaya başlamıştır. Aynı zamanda, yine aynı kurumlarda görev yapan öğretmen ve öğrencilere de tablet bilgisayarlar dağıtarak V sınıf uygulaması ile tablet üzerinden online sınav/test yapabilme gibi imkanlar sunmuştur. Benzer bir gelişim özel üniversitelerden başlayarak, devlet üniversitelerinde de yavaş yavaş kendini göstermektedir.

Yukarıda bahsedilen imkânlar yeni neslin ilgisini çekebilmek ve eğitim tarzını, içinde bulunduğumuz çağa adapte edebilmek adına çok olumlu ve etkili adımlardır. Ancak unutulmaması ve ihmal edilmemesi gereken en önemli konu yazılım açısından yetersiz donanımların elektronik birer çöp olmaktan öteye gidemeyeceği gerçeğidir. Yani elimizde ne kadar güçlü ve zengin donanımlar olursa olsun, bu donanımlardan etkin olarak faydalanacak yazılımlar üretilemediği sürece bir anlam ifade etmeyecektir.

Eğitim alanında, teknolojik donanımlardan faydalanılan eğitim materyali geliştirme konusunda son yılların en popüler çalışma alanları arasında Artırılmış Gerçeklik ve Sanal Gerçeklik uygulamaları kendisine önemli bir yer edinmiştir. AR uygulamaları ile ilk ve orta dereceli okullar için üretilen yazılımların sayısı her geçen gün daha da çoğalmaktadır. Ancak aynı şeyi yükseköğretim programları için söylemek pek mümkün değil. Hâlbuki herkesin cebinde en az bir cep telefonunun bulunduğu bir çağda AR uygulamaları geliştirmek eğitim öğretim teknikleri alanında yapılabilecek en önemli yatırımlar arasında yer almalıdır.

Bu çalışmada Elektrik Elektronik Mühendisliği alanında, eğitim materyali olarak MOSFET elemanının çalışma prensibinin modellenmesi amacıyla AR uygulaması geliştirilmesi ortaya koyulmuştur. Yazılım geliştirildikten sonra öğrencilerle birlikte yapılan denemelerde, AR teknolojisinin soyut kavramları somutlaştırabilme gücünün, soyut kavramların algılanmasında ciddi katkıları olduğu gözlemlendi. Bu alanda önceden yapılmış bilimsel çalışmalar da bu gözlemi ispatlar sonuçlar üretmiştir.

Üretilen eğitim materyalini kullanmaya başlayan öğrencilerin konuya olan motivasyonlarının gözle görülür düzeyde arttığı, teknolojiyi çok etkileyici buldukları görüldü. Özelikle daha önceden teorik olarak MOSFET eğitimi almış olan öğrencilerin, öğrendikleri olguları canlı olarak gördüklerinde daha üst seviyeli bilgi edinme ihtiyaçlarınnın ortaya çıktığı görüldü. Bu ihtiyacı doğuran ana etmenin, teorik olarak kabullenilen bazı gerçeklerle pratikteki bilgilerin her zaman birbiri ile örtüşmeyişi (akım yönü kabulü gibi) ve teorik olarak alınmış bilgilerin zihinlerde tam olarak canlandırılabilmesinin her birey ve her durum için geçerli olamaması olduğu değerlendirildi.

Geliştirilen uygulama, tezin amaçlarını büyük oranda karşılamış olmasına rağmen, yazılımı test eden öğrencilerin taleplerinin tamamını karşılayamamıştır. Uygulamanın, elektron hareketlerinin birbirinden ayrı, standart senaryolar şeklinde tasarlanmasından ziyade kullanıcının belirlediği gerilim değerlerine göre tepki verebileceği şekilde geliştirilebileceği düşünülmektedir. Tabii ki bu uygulamayı bu seviyeye taşımanın, çok daha yüksek bir yazılım tecrübesine ve hâkimiyetine ihtiyaç duyacağı da göz ardı edilmemelidir.

Tez yazarının, uygulamayı kullanan EEM 3. Sınıf öğrencileri ile birlikte 2017-2018 Güz yarıyılı Analog Elektronik 2 derslerinin tamamına katılmış olması, öğrencilerin teorik eğitim alırken derse olan katılım ve katkılarıyla, AR uygulaması ile yaşadıkları deneyimlerde sağladıkları katılım ve katkıları kıyaslayabilme imkânı sağlamıştır. Teorik derslerde aktif katılımcı olan öğrencilerin AR uygulamasında da ileri düzeyde fikirler üretebildikleri görülmüş, bunun yanında teorik derslerde pasif olan öğrencilerden bazılarının AR uygulamasında konuyu anlamaya ilgi gösterdikleri ve sorular sordukları gözlemlenmiştir.

Elektrik Elektronik Mühendisliği alanında aşağıdaki ders ve konularda AR eğitim materyali geliştirilmesi önerilebilir:

- Elektromanyetik Alan Teorisi dersi için Koordinat sistemleri ve dönüşümleri, dalga yayılım şekilleri, manyetik kuvvet çizgileri vb.,
- Analog Elektronik 1 ve 2 dersleri için direnç, kondansatör ve tüm yarıiletkenlerin içyapıları ve çalışma prensipleri,
- Sayısal Elektronik dersi için lojik kapı uygulamaları,
- Sayısal İşaret İşleme dersi için Fourier, Laplace vb dönüşümlerin sinyallerde meydana getirdiği değişimlerin incelenmesi,
- Devre analizi dersi için zamana bağlı olarak elemanlar üzerindeki gerilim ve akım değerlerinin değişim grafiklerinin analizi

AR alanında yapılabilecek uygulama sayısı yazılımcıların hayal güçleri ile sınırlıdır. Fakat bir AR yazılım üretme sürecinin hiç de kısa olmadığı göz önünde bulundurulursa yazılım geliştiricilerin, eğitimcilerle işbirliği içerisinde bir ihtiyaç analizi yaparak öncelikli konulardan daha az öncelikli olanlara doğru bir sıralamayı takip etmeleri uygun olacaktır.

KAYNAKLAR

[1] Taşkıran A., Dijital Çağda Yükseköğretim, *Açıköğretim Uygulamaları ve Araştırmaları Dergisi (AuAD)*, 2017, **3**(1), 96-109.

[2] Singapore W. a. S., Digital in 2017 Global Overview, https://www.slideshare.net/wearesocialsg/digital-in-2017-global-overview, (Ziyaret Tarihi: 2 Nisan 2018)

[3] Digi-Capital, Record over $3B AR/VR investment in 2017 ($1.5B+ in Q4), https://www.digi-capital.com/news/2018/01/record-over-3b-ar-vr-investment-in-2017-1-5b-in-q4/#.WsIie5ehnIU, (Ziyaret Tarihi: 2 Nisan 2018)

[4] Greenfield S. J., Can the drain and source of a MOSFET be interchangable?, https://www.quora.com/Can-the-drain-and-source-of-a-MOSFET-be-interchangable, (Ziyaret Tarihi: 26 Mart 2018)

[5] Streetman B. G. and Banerjee S. K., *Solid State Electronic Devices*, 6th ed., PHI Learning Private Limited, New Delphi, 2009,

[6] Milgram P. and Kishino F., A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays, 1994, **E77-D**(12), 1321-1329.

[7] Azuma R. T., A Survey of Augmented Reality, *In Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 1997, **6**(4), 355-385.

[8] Carmigniani J. and Furht B., Augmented Reality: An Overview, *Springer Science+Business Media, LLC*, DOI: 10.1007/978-1-4614-0064-6_1.

[9] Kommera N., Kaleem F., and Harooni S. M. S., Smart Augmented Reality Glasses in Cybersecurity and Forensic Education, *2016 IEEE Conference on Intelligence and Security Informatics (ISI)*, DOI: 10.1109/ISI.2016.7745489.

[10] Kiat L. B., Ali M. B., Halim N. D. A., and Ibrahim H. B., Augmented Reality, Virtual Learning Environment and Mobile Learning in education: A comparison, *2016 IEEE Conference on e-Learning, e-Management and e-Services (IC3e)*, DOI: 10.1109/IC3e.2016.8009034.

[11] Hantono B. S., Nugroho L. E., and Santosa P. I., Review of Augmented Reality Agent in Education, *2016 6th International Annual Engineering Seminar (InAES)*, DOI: 10.1109/INAES.2016.7821924.

[12] Katie S., Transform Field Service and Customer Experience with AR, https://sightcall.com/ar-transforming-field-service-customer-experience/, (Ziyaret Tarihi: 20 Mart 2018)

[13] Everysight, EverySight Raptor AR Bicyle Glasses, https://everysight.com/experience-raptor/, (Ziyaret Tarihi: 05 Nisan 2018)[14] Oliveira R., Farinha J. T., Fonseca I., and Barbosa F. M., Augmented Reality System for Maintenance of High-Voltage Systems, *2016 51st International Universities Power Engineering Conference (UPEC)*, DOI: 10.1109/UPEC.2016.8114019.

[15] Behzadan A. H., Iqbal A., and Kamat V. R., A Collaborative Augmented Reality Based Modeling Environment for Construction Engineering and Management Education, *Proceedings of the 2011 Winter Simulation Conference (WSC)*, DOI: 10.1109/WSC.2011.6148051.

[16] Sahin C., Nguyen D., Begashaw S., Katz B., Chacko J., Henderson L., Stanford J., and Dandekar K. R., Wireless Communications Engineering Education via Augmented Reality, *2016 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, DOI: 10.1109/FIE.2016.7757366.

[17] Ilic U. and Yildirim O., Augmented Reality and Its Reflections on Education in Turkey, *International Dynamic, Explorative and Active Learning (IDEAL) Conference*, Amasya, Turkey, 5-7 November 2015.

[18] Chang K. E., Zhang J., and Liu T. C., Virtual, Augmented and Mixed Reality in Education (VAMrE 2017), *2017 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR-Adjunct)*, DOI: 10.1109/ISMAR-Adjunct.2017.83.

[19] Baykara M., Gürtürk U., Atasoy B., and Perçin İ., Augmented Reality Based Mobile Learning System Design in Preschool Education, *2nd. International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK)*, DOI: 10.1109/UBMK.2017.8093560.

[20] Ullón H., Zambrano D., and Domínguez F., Smart Objects for Engineering Labs: Boosting Exploratory Learning in Higher Education, *2017 Twelfth Latin American Conference on Learning Technologies (LACLO)*, DOI: 10.1109/LACLO.2017.8120915.

[21] Lai Y.-S. and Hsu J.-M., Development Trend Analysis of Augmented Reality System in Educational Applications, DOI: 10.1109/ICECENG.2011.6056941.

[22] Salman F. H. and Riley D. R., Augmented Reality Crossover Gamified Design for Sustainable Engineering Education, *2016 Future Technologies Conference (FTC)*, DOI: 10.1109/FTC.2016.7821781.

[23] Jenkins H., Klopfer E., Squire K., and Tan P., Entering the Education Arcade, *ACM Computers in Entertainment*, DOI: 10.1145/950566.950591.

[24] Heen C., Kaiping F., Chunliu M., Siyuan C., Zhongning G., and Yizhu H., Application of Augmented Reality in Engineering Graphics Education, *2011 IEEE International Symposium on IT in Medicine and Education*, DOI: 10.1109/ITiME.2011.6132125.

[25] Gupta N. and Rohil M. K., Exploring Possible Applications of Augmented Reality in Education, *2017 4th International Conference on Signal Processing and Integrated Networks (SPIN)*, DOI: 10.1109/SPIN.2017.8049989.

[26] Dinis F. M., Guimarães A. S., Carvalho B. R., and Martins J. P. P., Virtual and Augmented Reality Game-Based Applications to Civil Engineering Education, *2017 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, DOI: 10.1109/EDUCON.2017.7943075.

[27] Akay M. A., Uzun B., Arıcan M., and Yüzüak Y., Augmented Reality Applications in the Field Of Vocational Education and Training, ARAVET, http://www.aravet-project.eu/, (Ziyaret Tarihi: 5 Mart 2018)

[28] Kraut B. and Jeknić J., Improving Education Experience with Augmented Reality (AR), *2015 38th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)*, DOI: 10.1109/MIPRO.2015.7160372.

[29] Demirer V. and Erbas C., Mobil Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarının İncelenmesi ve Eğitimsel Açıdan Değerlendirilmesi, *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, DOI: 10.17860/efd.29928.

[30] Vuforia, Vuforia Developer Portal, https://developer.vuforia.com/downloads/sdk, (Ziyaret Tarihi: 18 Şubat 2018)

EKLER

Ek-A

Ana menü C# kodları

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


public class MainMenu : MonoBehaviour {

       public void GoToScene()
    {
        SceneManager.LoadScene("scene");
        Vuforia.VuforiaBehaviour.Instance.enabled = true;
    }

    public void GoToScene2()
    {
        SceneManager.LoadScene("scene2");
        Vuforia.VuforiaBehaviour.Instance.enabled = true;
    }
    public void GoToMain()
    {
        SceneManager.LoadScene("main_menu");
        Vuforia.VuforiaBehaviour.Instance.enabled = false;
    }

    public void doQuit()
    {
        Debug.Log("QUIT!");
        Application.Quit();
    }
}
```

Ek-B

Yükleme ekranı C# kodları

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


public class SplashFade : MonoBehaviour
{
    public Image splashImage;
    public Text splashText;
    public string loadlevel;

    private IEnumerator Start()
    {
        Vuforia.VuforiaBehaviour.Instance.enabled = false;
        splashImage.canvasRenderer.SetAlpha(0.0f);
        splashText.canvasRenderer.SetAlpha(0.0f);

        FadeIn();
        yield return new WaitForSeconds(3.5f);
        FadeOut();
        yield return new WaitForSeconds(3.5f);
        SceneManager.LoadScene(loadlevel);
    }

    void FadeIn()
    {
        splashImage.CrossFadeAlpha(1.0f, 3.5f, false);
        splashText.CrossFadeAlpha(1.0f, 3.5f, false);
    }

    void FadeOut()
    {
        splashImage.CrossFadeAlpha(0.0f, 3.5f, false);
        splashText.CrossFadeAlpha(0.0f, 3.5f, false);
    }
}
```

Ek-C

Bilgilendirici metin kutularının C# kodları

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

public class ShowHide : MonoBehaviour
{
    public Text inf1;
    public Text inf2;
    public Text inf3;
    public Text inf4;
    public Text inf5;
    public Text inf6;
    public Text inf7;
    public Text inf8;
    public Text inf9;
    public Text inf10;
    public Text inf11;
    public Text inf12;
    public Text inf13;
    public Text inf14;
    public Text inf15;
    public Text inf16;
    public Text inf17;
    public Text inf18;
    public Text inf19;
    public Text inf20;
    public Text n_sub;
    public Text p_sub;
    public Text oxide;

    private void Start()
    {
        inf1 = GameObject.Find("Info1").GetComponent<Text>();
        inf1.canvasRenderer.SetAlpha(0.0f);
        inf2 = GameObject.Find("Info2").GetComponent<Text>();
        inf2.canvasRenderer.SetAlpha(0.0f);
        inf3 = GameObject.Find("Info3").GetComponent<Text>();
        inf3.canvasRenderer.SetAlpha(0.0f);
        inf4 = GameObject.Find("Info4").GetComponent<Text>();
        inf4.canvasRenderer.SetAlpha(0.0f);
        inf5 = GameObject.Find("Info5").GetComponent<Text>();
        inf5.canvasRenderer.SetAlpha(0.0f);
        inf6 = GameObject.Find("Info6").GetComponent<Text>();
        inf6.canvasRenderer.SetAlpha(0.0f);
        inf7 = GameObject.Find("Info7").GetComponent<Text>();
        inf7.canvasRenderer.SetAlpha(0.0f);
        inf8 = GameObject.Find("Info8").GetComponent<Text>();
        inf8.canvasRenderer.SetAlpha(0.0f);
        inf9 = GameObject.Find("Info9").GetComponent<Text>();
        inf9.canvasRenderer.SetAlpha(0.0f);
        inf10 = GameObject.Find("Info10").GetComponent<Text>();
        inf10.canvasRenderer.SetAlpha(0.0f);
        inf11 = GameObject.Find("Info11").GetComponent<Text>();
```

```
        inf11.canvasRenderer.SetAlpha(0.0f);
        inf12 = GameObject.Find("Info12").GetComponent<Text>();
        inf12.canvasRenderer.SetAlpha(0.0f);
        inf13 = GameObject.Find("Info13").GetComponent<Text>();
        inf13.canvasRenderer.SetAlpha(0.0f);
        inf14 = GameObject.Find("Info14").GetComponent<Text>();
        inf14.canvasRenderer.SetAlpha(0.0f);
        inf15 = GameObject.Find("Info15").GetComponent<Text>();
        inf15.canvasRenderer.SetAlpha(0.0f);
        inf16 = GameObject.Find("Info16").GetComponent<Text>();
        inf16.canvasRenderer.SetAlpha(0.0f);
        inf17 = GameObject.Find("Info17").GetComponent<Text>();
        inf17.canvasRenderer.SetAlpha(0.0f);
        inf18 = GameObject.Find("Info18").GetComponent<Text>();
        inf18.canvasRenderer.SetAlpha(0.0f);
        inf19 = GameObject.Find("Info19").GetComponent<Text>();
        inf19.canvasRenderer.SetAlpha(0.0f);
        inf20 = GameObject.Find("Info20").GetComponent<Text>();
        inf20.canvasRenderer.SetAlpha(0.0f);
        n_sub = GameObject.Find("N Maddesi").GetComponent<Text>();
        n_sub.canvasRenderer.SetAlpha(1.0f);
        p_sub = GameObject.Find("P Maddesi").GetComponent<Text>();
        p_sub.canvasRenderer.SetAlpha(1.0f);
        oxide = GameObject.Find("Metal Oksit").GetComponent<Text>();
        oxide.canvasRenderer.SetAlpha(1.0f);
    }

    public void Inf1()
    {
        StartCoroutine(ActivationRoutine());
    }

    private IEnumerator ActivationRoutine()
    {
        inf1.canvasRenderer.SetAlpha(0.0f);
        inf2.canvasRenderer.SetAlpha(0.0f);
        inf3.canvasRenderer.SetAlpha(0.0f);
        inf4.canvasRenderer.SetAlpha(0.0f);
        inf5.canvasRenderer.SetAlpha(0.0f);

        inf1.canvasRenderer.SetAlpha(1.0f);
        n_sub.canvasRenderer.SetAlpha(1.0f);
        p_sub.canvasRenderer.SetAlpha(1.0f);
        oxide.canvasRenderer.SetAlpha(1.0f);

        yield return new WaitForSeconds(15f);

        inf1.CrossFadeAlpha(0.0f, 1.0f, false);
        n_sub.CrossFadeAlpha(0.0f, 2.0f, false);
        p_sub.CrossFadeAlpha(0.0f, 2.0f, false);
        oxide.CrossFadeAlpha(0.0f, 2.0f, false);

        yield return new WaitForSeconds(1f);

        inf2.CrossFadeAlpha(1.0f, 1.0f, false);

        yield return new WaitForSeconds(10f);

        inf2.CrossFadeAlpha(0.0f, 1.0f, false);

        yield return new WaitForSeconds(1f);
```

```
            inf3.CrossFadeAlpha(1.0f, 1.0f, false);
            yield return new WaitForSeconds(10f);
            inf3.CrossFadeAlpha(0.0f, 1.0f, false);
            yield return new WaitForSeconds(1f);
            inf4.CrossFadeAlpha(1.0f, 1.0f, false);
            yield return new WaitForSeconds(10f);
            inf4.CrossFadeAlpha(0.0f, 1.0f, false);
            yield return new WaitForSeconds(1f);
            inf5.CrossFadeAlpha(1.0f, 1.0f, false);
            yield return new WaitForSeconds(10f);
            inf5.CrossFadeAlpha(0.0f, 1.0f, false);
        }
    }
```

ÖZGEÇMİŞ

1981 yılında Bolu'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Bolu'da tamamladı. 2000 yılında girdiği Kocaeli Üniversitesi Elektronik Bilgisayar Eğitimi Fakültesi Elektronik Öğretmenliği Bölümü'nden 2004 yılında mezun oldu. 2005 yılında Bilgisayar Öğretmeni olarak atandı ve 2005-2007 yılları arasında Diyarbakır Bismil Yavuz Selim İlköğretim Okulu, 2007-2010 yılları arasında Yığılca Orhangazi Yatılı İlköğretim Bölge Okulunda görev yaptı. Bu esnada, 2009 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı. 2010 yılında ilk olarak Bolu İzzet Baysal Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesine Bilgisayar Öğretmeni olarak atandıktan sonra alan değişikliği yaparak aynı yıl içerisinde Bolu Mimar İzzet Baysal Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesine Elektronik Öğretmeni olarak atandı. 2014-2017 yılları arasında Bolu İl Milli Eğitim Müdürlüğü'nde A Sınıfı İş Güvenliği Uzmanı olarak görev yaptı. 2017 yılında Abant İzzet Baysal Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümüne Mühendislik Tamamlama Programı kapsamında yerleşti ve halen öğrenimini sürdürmektedir. Şu anda 2010 yılında atanmış olduğu Bolu Mimar İzzet Baysal Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesinde Elektronik Öğretmeni olarak görev yapmaktadır.