



T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ EĞİTİMİNDE ARTTIRILMIŞ GERÇEKLİK UYGULAMASI

Ürün TUNALI

YÜKSEK LİSANS

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Ekim-2015

KONYA

Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ EĞİTİMİNDE ARTTIRILMIŞ GERÇEKLİK UYGULAMASI

Ürün TUNALI

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Erkan ÜLKER

2015, 58 Sayfa

Jüri

Doç. Dr. Erkan ÜLKER
Yrd. Doç. Dr. Mehmet HACIBEYOĞLU
Yrd. Doç. Dr. Mustafa Servet KIRAN

Arttırılmış Gerçeklik (Augmented Reality - AR) gerçek dünyanın sanal nesnelerle zenginleştirilmesine dayanan bir teknolojidir. AR son yıllarda adından sıkça söz ettirmektedir. Mobil cihazların hayatımıza girmesinden beri; tıbbi, askeri, mühendislik, eğitim gibi alanlarda sıkça kullanılmaktadır. Bu tezde, Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü öğretim planında yer alan algoritmalar dersinin öğrenilmesinde yardımcı araç olarak kullanılabilecek *AlgAR* isimli bir arttırılmış gerçeklik uygulaması geliştirilmiştir. Uygulama, mobil cihaz kullanarak etkili öğrenme deneyimi sağlamaktadır. Uygulamada öğrenciler mobil cihazlarını öğretim görevlisinin verdiği notların üzerindeki işaretlerin üzerine konumlandırarak, konunun içeriği ile ilgili 3 Boyutlu (3B) animasyonu görebilmektedirler. Uygulamada geliştirilen animasyonlar algoritmalar dersinin bir konusu olan sıralama algoritmalarını görselleştirerek öğrenme sürecini anlaşılır ve keyifli hale getirmektedir. Uygulama sonuçları bir değerlendirme ölçütü olan anket yönteminin kullanılması ile değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Arttırılmış Gerçeklik, Bilgisayar Destekli Öğretim, Bilgisayar Bilimleri Eğitimi, Elektronik Öğrenme, Mobil Uygulama

ABSTRACT

MS THESIS

THE AUGMENTED REALITY APPLICATION IN COMPUTER ENGINEERING EDUCATION

Ürün TUNALI

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELCUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN COMPUTER ENGINEERING

Advisor: Assoc. Prof. Erkan ÜLKER

2015, 58 Pages

Jury

Assoc.Prof.Dr. Erkan ÜLKER
Asst.Prof.Dr. Mehmet HACIBEYOĞLU
Asst.Prof.Dr. Mustafa Servet KIRAN

Augmented reality (AR) is a technology which is based on the real world enriched by virtual objects. AR has been widely studied in recent years. Since mobile devices entered our lives, it has been frequently used in fields such as, medicine, military, engineering, education etc. In this thesis, an augmented reality application, AlgAR, is developed which may be used as a tool in order to assist the understandability of the course, Algorithms, which is involved in the curriculum of the Computer Programming Department of Selcuk University. The application provides effective learning experience using mobile devices. Students may practice on positioning their mobile devices to the appropriate points on the textbook given by the lecturers in order to see the 3-D animation about the content of the subject. The animations created for the sorting algorithms which is a topic in the course Algorithms, makes the learning process more understandable and enjoyable by visualization. The results of the application are analyzed by the survey method which is an assessment criteria.

Keywords: Augmented Reality, Computer Aided Instruction, Computer Science Education, Electronic Learning, Mobile Application

ÖNSÖZ

Bu çalışmamda beni destekleyip, yönlendiren danışmanım Doç. Dr. Erkan ÜLKER'e ve Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü Öğretim Elemanlarına teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında benden maddi ve manevi desteklerini asla esirgemeyen aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

Ürün TUNALI
KONYA-2015

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÖNSÖZ ..... **vi**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **ix**

1. GİRİŞ **1**

1.1. Temel Prensipleri 1
1.2. Donanım Bileşenleri 4
1.2.1. Algılayıcılar 4
1.2.2. Giriş aygıtları 5
1.2.3. İşlemciler 6
1.2.4. Görüntüleyiciler 6
1.2.5. Tümleşik Sistemler 7
1.3. Yazılım Bileşenleri 8
1.4. Arttırılmış Gerçekliğin Çalışma Prensibi 9
1.5. Eğitim Alanında Arttırılmış Gerçeklik **15**

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **17**

3. MATERYAL ve YÖNTEM **25**

3.1. Sıralama Algoritmaları 26
3.1.1. Seçmeli sıralama algoritması 26
3.1.2. Kabarcık sıralama algoritması 27
3.1.3. Eklemeli sıralama algoritması 27
3.2. Unity 3D 28
3.3. Metaio SDK 29
3.4. AlgAR 29
3.4.1. İşaretçiler 29
3.4.2. Unity3D projesinin oluşturulması 31
3.4.3. Metaio SDK'nın Unity3D projesine eklenmesi 38
3.4.4. Uygulamanın çıktıları ve görselleri 38

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA **43**

4.1. Anket Çalışması 43
4.2. Tartışma 44

5. SONUÇ VE ÖNERİLER **51**

5.1. Sonuç 51
5.2. Öneriler 51

KAYNAKLAR 53

ÖZGEÇMİŞ 58

SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltmalar

ALGAR	-	Algorithms Augmented Reality (Algoritmalar Arttırılmış Gerçeklik)
AR	-	Augmented Reality (Arttırılmış Gerçeklik)
GPS	-	Global Positioning System (Küresel Konumlandırma Sistemi)
IMU	-	Inertial Measurement Unit (Atalet Ölçme Birimi)
MAR	-	Mobile Augmented Reality (Mobil Arttırılmış Gerçeklik)
PC	-	Personal Computer (Kişisel Bilgisayar)
SAR	-	Spatial Augmented Reality (Mekansal Arttırılmış Gerçeklik)
SDK	-	Software Development Kit (Yazılım Geliştirme Kiti)
VR	-	Virtual Reality (Sanal Gerçeklik)

1. GİRİŞ

Arttırılmış Gerçeklik (*AR - Augmented Reality*) gerçek dünya ile sanal dünya arasında gerçekleşen, gerçek dünyadaki nesnelerin dijital bilgilerle zenginleştirilerek kullanıcılara aktarılmasını sağlayan ve kullanıcıların deneyimlerinin artmasına olanak tanıyan yeni bir teknolojidir.

AR, kullanıcıların sadece yakın çevresine ait sanal bilgileri değil, görüş açısında yer almayan bilgileri de kullanıcıların önüne getirerek onların hayatını kolaylaştırmayı hedeflemektedir (Furht, 2011).

Lee ve ark. (2015)'a göre ise AR, sanal ve gerçek nesneleri birleştirerek hibrit sentetik çevre yaratan modern bir teknolojidir. AR; ses, video, grafik ve GPS (*Küresel Konumlandırma Sistemi - Global Positioning System*) verilerini bilgisayar destekli algılayıcılarla zenginleştirerek gerçek dünyanın eş zamanlı doğrudan veya dolaylı görüntüsünü sağlamaktadır.

AR teknolojisinde zenginleştirme işlemi kullanıcılara ait tüm duyulara hitap edebilmektedir. Bu nedenle zenginleştirme işlemini sadece görsel olarak düşünmemek gerekir. Gerçek dünyadan elde edilecek duyusal (işitme, dokunma, görme gibi) veriler sayısal olarak işlenilerek yine bu duyulara hitap eden sanal nesneler oluşturularak kullanıcılara yeni bir tecrübe sağlamak, onların hayatlarını kolaylaştırmak amaçlanmaktadır.

1.1. Temel Prensipleri

AR sistemi oluşturulurken 3 temel özellik göz önünde bulundurulmalıdır (Azuma, 1997).

- Gerçek dünya ile sanal dünya birleştirilmeli.
- Eş-zamanlı etkileşim olmalı.
- Hizalama 3 boyutlu olarak yapılmalıdır.

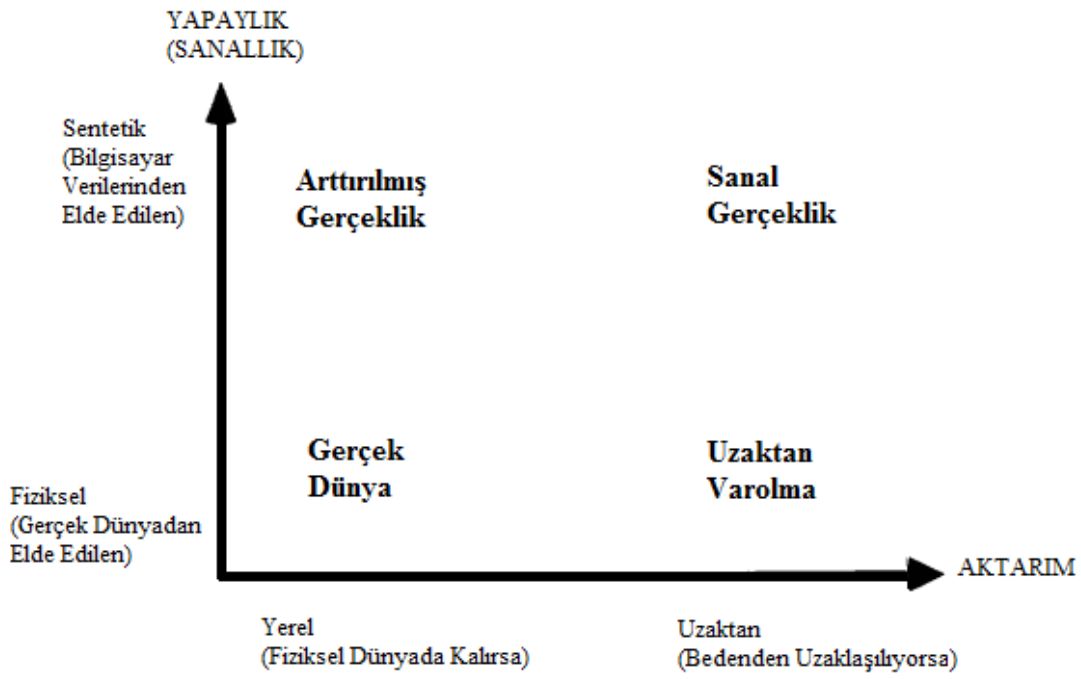
AR'de etkileşimin gerçek dünyada ve eş-zamanlı olması beklenmektedir. Eğer etkileşimin olduğu ortam gerçek dünyadan uzaklaşırsa, AR yerine Arttırılmış Sanallık (*Augmented Virtuality*) ve hatta Sanal Gerçeklik (*VR - Virtual Reality*) alanlarına yaklaşmaktadır.

Milgram ve ark. (1994) oluşan görüntünün içerisinde yer alan nesnelerin sanal veya gerçek olmaları gibi niteliklerine göre gerçeklik-sanallık süreci tanımını ortaya koymaktadır. Arttırılmış sanallık kavramına bakılacak olursa; en iyi örneklerinden biri, sunucu ve sunucunun arkasında yer alan meteorolojik verileri bir arada gösteren hava durumu programlarıdır. Şekil 1.1'de gerçeklik sanallık sürecindeki kavramlara yer verilmektedir.



Şekil 1.1. Gerçeklik-Sanallık Süreci (Milgram ve ark., 1994).

Şekil 1.2'de yapaylığa ve aktarıma göre ortak uzayın sınıflandırılması yer almaktadır. Burada yapaylık arttıkça bilgisayar tarafından elde edilen bilgi artmakta; azaldıkça da gerçek dünyaya yaklaşmaktadır. Aktarım ekseninde kullanıcı bedeninden uzaklaşıldıkça, uzaktan varolma (*Tele-Presence*) ve sanal gerçeklik kavramlarına yaklaşılmaktadır. Bu sınıflandırmaya göre AR, kişinin etrafını saran çevredeki beş duyu organı ile nitelendirelemeyecek bilgileri göstererek, kişilerin duyusal algısını zenginleştiren bir teknoloji olarak kabul edilebilmektedir.



Şekil 1.2. Aktarım ve yapaylığa göre ortak uzayın geniş sınıflandırması (Benford ve ark., 1998).

Bu tanımla beraber, mevcut süreç modellerini geliştirmek için çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar sayesinde yeni gerçeklik kavramları bulunarak süreç üzerindeki kavramlar arasında keskin sınırlar çizilmektedir. Sanallaştırılmış Gerçeklik (*Virtualized Reality*), gerçek dünyadaki bir nesneyi, algılayıcılardan faydalanarak sanal ortama uyarlayan bir kavramdır (Kanade ve ark., 1997). Gerçek dünya ile arttırılmış gerçeklik arasında yer alan genişletilmiş gerçeklik (*Amplifying Reality*) kavramında ise AR'nin temel prensibinde yer alan, sanal nesnenin 3 boyutlu hizalanmasına ihtiyaç duyulmamaktadır (Falk ve ark., 1999). Mann (1999) sürecin tam ortasında yer alan, kullanıcıların algılarını yapay olarak değiştiren, gerçek dünyayı filtreleyen ara gerçeklik (*Mediated Reality*) kavramından bahsetmiştir. Şekil 1.3'de Schnabel (2009) tarafından genişletilmiş, gerçeklik-sanallık süreci yer almaktadır.



Şekil 1.3. Gerçeklikten sanallığa gerçeklik kavramları (Schnabel, 2009).

AR sistemini oluşturmak için bazı bileşenlere ihtiyaç duyulmaktadır. AR sistemini oluşturan bu bileşenler; donanım bileşenleri ve yazılım bileşenleri olmak üzere iki ana başlık altında ele alınmaktadır.

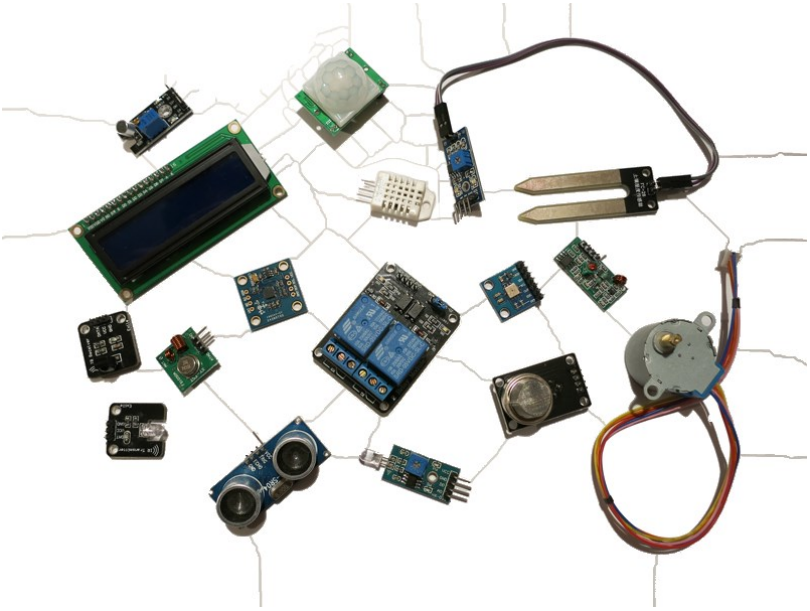
1.2. Donanım Bileşenleri

Donanım bileşenlerinde giriş aygıtları haricinde herhangi bir bileşenin olmaması durumunda AR sistemi oluşturulamamaktadır.

Donanım bileşenleri beş ana başlıkta toplanmaktadır. Bunlar; algılayıcılar, giriş aygıtları, işlemciler, görüntüleyiciler ve tümleşik sistemlerdir.

1.2.1. Algılayıcılar

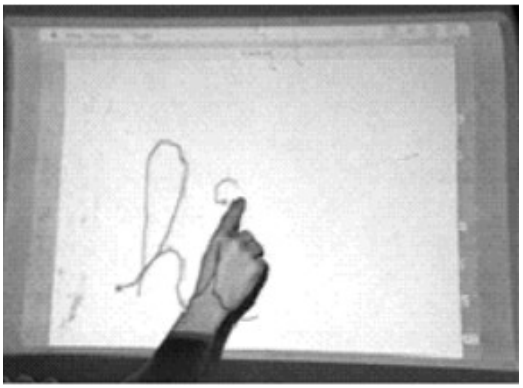
Algılayıcılar, gerçek dünyadaki fiziksel veya kimyasal nicelikleri elektrik sinyallerine çeviren bileşenlerdir. AR sistemlerinde en sık kullanılan algılayıcılar görsel algılayıcılardır. Özellikle dış ortamlarda; GPS, İvmeölçer (*Acceleration Sensor*), Manyetik (*Magnetic Sensor*), Nemölçer (*Humidity Sensor*) gibi algılayıcılar da sık olmamakla birlikte AR sistemlerinde kullanılmaktadır. Bu algılayıcılar gerçek dünyaya ait verileri toplayarak, AR sahnesini oluşturmada ihtiyaç duyulan sanal nesnelerin yerleştirileceği yerin hesaplanmasına olanak tanımaktadır. Algılayıcılar AR uygulamalarının önemli bir ögesini oluşturmaktadır. Şekil 1.4'te AR uygulamalarında yer alan bazı algılayıcılar gösterilmektedir.



Şekil 1.4. AR uygulamalarında yer alan bazı algılayıcılar (Sensors, 2015).

1.2.2. Giriş aygıtları

AR uygulamasında yer alan kullanıcılar; uygulamaya yön vermek için klavye, dokunmatik ekran gibi giriş aygıtları kullanmaktadır. Ancak giriş aygıtlarına her AR uygulamasında ihtiyaç duyulmamaktadır. Giriş aygıtları diğer donanım bileşenlerinden alınan bilgilerle de oluşturulabilmektedir. Crowley ve ark. (1995) kullanıcının parmak hareketlerini kamera yardımı ile izleyerek, kullanıcının yazdıklarını yansı cihazı ile oluşturulan görüntüye yerleştiren uygulamayı geliştirmişlerdir. Şekil 1.5'te *FingerPrint* uygulamasına ait ekran görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 1.5. FingerPrint uygulaması (Crowley ve ark., 1995).

1.2.3. İşlemciler

İşlemciler, algılayıcılar sayesinde elde edilen elektriksel verileri işleyerek bir sonraki bileşen olan görüntüleyicilerin ihtiyacı olan veriyi oluşturur. İşlemcinin hızlı olması AR uygulamalarını büyük oranda rahatlatarak gerçek zamanlı görüntü tanıma, üç boyutlu nesne yerleştirme işlemlerinin daha kolay ve güvenilir gerçekleşmesini sağlamaktadır. AR donanım bileşeninde yer alan işlemcilerin yetersiz olduğu durumlarda AR uygulamaları ağ tabanlı yazılarak alınan görüntünün işlenmesi görevi sunuculara verilmektedir. Ağ tabanlı yazılımlarda ağ üzerindeki veri hızı yeni bir soruna neden olmaktadır. Bundan dolayı işlemcinin bu kadar önemli olduğu AR sistemlerinde gereksinimlerinin (taşınabilirlik, bir çok duyuya hitap etme, kullanılacağı mekan) uygulama yapılmadan önce doğru değerlendirilmesi gerekmektedir. Şekil 1.6'da başlıca işlemcilere yer verilmektedir.



Şekil 1.6. İşlemciler (Processors, 2015).

1.2.4. Görüntüleyiciler

Görüntüleyiciler, AR sisteminde oluşturulan sahnenin kullanıcıya gösterilmesinde, kullanıcıların duyularına aktarılmasında rol oynar. Günümüzde AR uygulamalarının büyük oranda görüntü zenginleştirme eğilimi gözlemlenmektedir. Günümüzde ekranlar (LCD, LED vb.), projeksiyon cihazları, başa giyilebilir görüntüleyiciler, elde taşınabilir görüntüleyiciler, holografik görüntüleyiciler gibi bir çok görüntüleyici tipi bulunmaktadır. Yakın gelecekte kontakt lens görüntüleyicilerinin de satışa sunulacağı öngörülmektedir. Sanal nesnelerin gerçek nesnelerle etkileşim halinde olduğu yerlere göre AR uygulamaları sınıflandırılmaktadır. Tablo 1.1'de AR uygulamalarında kullanılan görüntüleyicilerin birbirlerine göre avantajlarını ve dezavantajlarını belirleyen özelliklere yer verilmiştir.

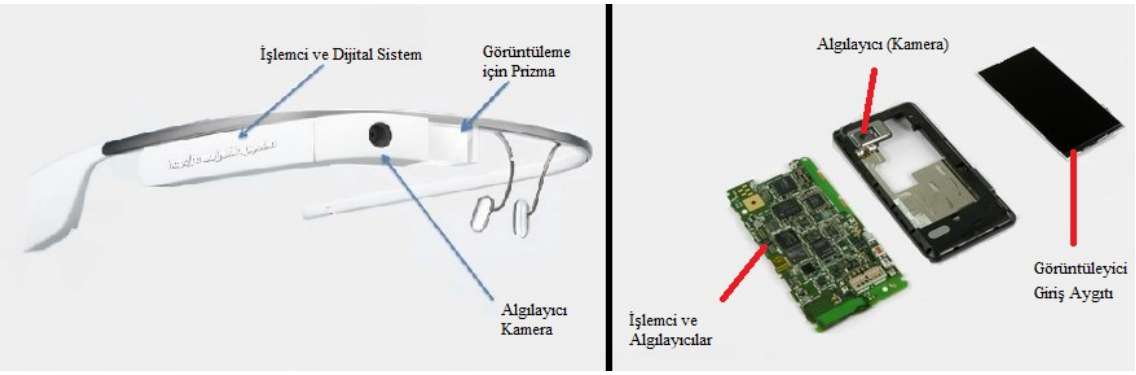
Tablo 1.1. AR sistemlerinin algısal ve teknolojik olarak sınıflandırılması (Jeřábek ve ark., 2015).

	AR Bileşenlerinin Konfigürasyonu			Kontrol Bilgileri		Kullanıcı Sayısı			Etkileşim	Grafik Bilgileri		Görselleştirme Dinamikleri			Mekansallık			Renk Bilgisi	
	Gerçek ve Sanal Nesneler Doğrudan	Gerçek Nesne Doğrudan, Sanal Nesne Aygıtla	Gerçek ve Sanal Nesneler Aygıtla	Gerçek Ortam Parametresi	Kullanıcı Parametreleri	Tek Kullanıcılı Sistemler	Sınırlı Sayıda Çok Kullanıcılı Sistemler	Çok kullanıcılı Sistemler	Evet	Metin, Karakter, Grafik ve Şemalar	Gerçeğe Uygun Görselleştirme	Sabit Görüntü	Haraketli Görüntü	Dinamik Görüntü	İki Boyutlu Görselleştirme (2D)	Sözde Üzaysal Görselleştirme (2.5D)	Mekansal Görselleştirme (3D)	Siyah Beyaz Görüntüler (1 bit)	Gri Ölçekli Görüntüler (Genellikle 8 bit) Renkli Görüntüler (2-8 bit) Gerçek Renkli Görüntüler (24 bit ve Üzeri)
Retinal Görüntüleyici		X		X	X	X				X		X			X	X	X	X	
Kontakt Lens Sistemi		X		X	X	X			X	X		X	X		X	X	X		
HMD Sistemi ile Çift Mercekli Görüş		X		X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
HMD Sistemi ile Kapalı Çift Mercekli Görüş			X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
HMD Sistemi ile Tek Mercekli Görüş		X		X	X	X			X	X	X	X	X	X	X			X	X
Elle Taşınabilir Aygıt			X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
Monitör Tabanlı AR			X	X		X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Şeffaf Ekranlı Sabit AR		X		X		X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Perde Üzerinde Projeksiyon Sistemi			X	X			X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Nesne Üzerinde Projeksiyon Sistemi	X			X				X		X	X	X	X	X	X	X		X	X
Holografik Sistem	X			X				X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

1.2.5. Tümleşik Sistemler

Arttırılmış gerçeklik kavramının ortaya atıldığı ilk yıllarda algılayıcılar, giriş aygıtları, işlemciler ve görüntüleyiciler katılımcıların rahatlıkla taşıyabilecekleri veya giyebilecekleri kadar küçük, hafif ve pratik değillerdi. Bu bileşenler, oluşturulan sistem içerisinde gözle görülür bir şekilde rahatlıkla ayırt edilebilmekteydi. Ancak günümüz teknolojisinde bu bileşenlerin hepsi bir sistemin içerisinde yer almaktadır. Tablo 1.1'de yer alan bazı görüntüleyiciler, sadece görüntüleyici olarak değil, kompleks bir arttırılmış

gerçeklik sistemi olarak hayatımızda yer almaktadır. Bu da onları ele alırken tümleşik sistem olarak ele almamıza yol açmaktadır. Örneğin, Şekil 1.7'deki mobil cihazlar, akıllı gözlükler (*smart glasses*) aslında birer bileşen olarak değil AR bileşenlerinden oluşan tümleşik bileşen olarak değerlendirilmektedir.



Şekil 1.7. Akıllı gözlüğün ve mobil telefonun kullandığı AR bileşenleri.

1.3. Yazılım Bileşenleri

Günümüzde bir AR sistemi oluşturabilmek için aşağıda yer alan yazılım bileşenlerinden en az birinin kullanılması gerekmektedir. Bu bileşenler uzman bilgisayar programcısından neredeyse son kullanıcıya kadar herkesin AR uygulaması gerçekleştirmesine olanak sağlamaktadır. Craig (2013) yazılım bileşenlerini 4 ana başlıkta toplamıştır. Bunlar;

- AR uygulamasının doğrudan içinde olduğu yazılımlar.
- AR uygulaması oluşturmak için kullanılan yazılımlar.
- Varolan uygulamalar için AR eklenti yazılımları.
- İçerik oluşturulan AR yazılımları.

AR uygulamasının doğrudan içinde olduğu yazılımlar, genel olarak bir konu üzerinde uzmanlaşmış uygulamalara ait AR algoritmalarını barındırmaktadır. Böyle uygulamalar esnek bir yapıya sahip olamamaktadır. Eğer çok karmaşık bir yapıya sahip bir problem AR sistemleri ile çözülecek ise bu yazılım bileşeni tercih edilmektedir.

AR uygulaması oluşturmak için kullanılan yazılımlar, daha ziyade uygulama geliştiricileri için altyapı sağlamaktadır. AR sistemini oluşturan bileşenlerin bağlantıları bu yazılımlar sayesinde kütüphane olarak oluşturulmuştur.

Mevcut uygulamalar için AR eklenti yazılımları, uzman yazılımların AR sistemini oluşturma özelliğine sahip olmasını sağlamak için bu yazılımların içerisinde eklenti olarak yer almaktadır.

İçerik oluşturulan AR yazılımları, iyi düzenlenmiş bir dokümantasyon ve görsel eğitimlerle yazılım bilgisi olmayan birinin bile AR yazılımı geliştirmesine olanak sağlamaktadır. Bu platformlar sayesinde AR uygulamalarının gerçekleştirilmesinde hız, kolaylık, düşük maliyet gibi faydalar sağlanmıştır.

Günümüzde AR sistemleri konusunda uzmanlaşmış bir çok yazılım geliştirme kiti hatta bu yazılım geliştirme kitlerine ek olarak son kullanıcılara erişen yazılım geliştirme stüdyoları mevcuttur. Bunların başlıcaları, özellikleri ile birlikte Tablo 1.2'de gösterilmektedir.

Tablo 1.2. Başlıca arttırılmış gerçeklik yazılım geliştirme kitleri (ARSDKCompare, 2015).

	Platform				**Özellikler**							**Eklentiler**
	IOS	Android	Web	PC / Mac / Linux	3D Nesne İzleme	Doğal Özellik İzleme	GPS	IMU Algılayıcılar	İşaretçi İzleme	Görsel Arama	Yüz İzleme	Unity 3D
ARToolkit	✓	✓				✓			✓			
D'Fusion	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Metaio SDK	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Qualcomm Vuforia	✓	✓			✓	✓		✓	✓	✓		✓

1.4. Arttırılmış Gerçekliğin Çalışma Prensibi

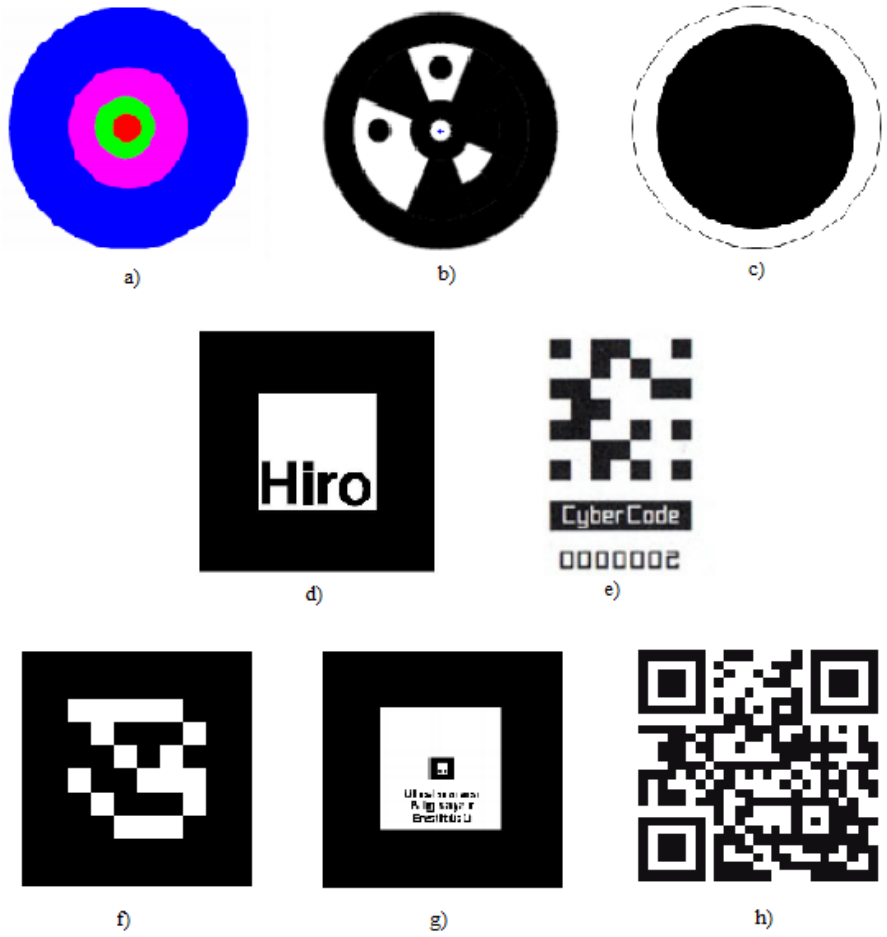
Bütün arttırılmış gerçeklik sistemlerinin temeli, gerçek dünyadan elde edilen görüntüdeki nesnelerin ve sistemi kullanan kullanıcının konum ve yön bilgilerini hesaplamaya dayanır. Bu hesaplamayı yapmak için öncelikli olarak gerçek dünyaya ait nesnelerin bilgilerine ulaşılmalıdır. Donanım bileşenlerinden algılayıcılar bu noktada devreye girmektedir.

İzleme yöntemleri; algılayıcı tabanlı (*sensor-based*), görü tabanlı (*vision-based*) ve hibrit (*hybrid*) izleme yöntemleri olmak üzere 3 şekilde sınıflandırılmaktadır.

Algılayıcı tabanlı izleme yöntemleri optik, akustik, manyetik, eylemsizlik ve hibrit başlıkları altında toplanmaktadır (Rabbi ve Ullah, 2013). Görü tabanlı izleme, elde edilen görüntüdeki bilgiler kullanılarak kameranın konum ve yönünü bulma prensibine dayanmaktadır (Yang ve ark., 2008). AR uygulamalarında sıkça rastlanılan izleme yöntemi görü tabanlı izleme yöntemidir. Hibrit izleme yöntemleri ise belirli seviyelerde algılayıcı ve görsel tabanlı izleme yöntemlerinin birleştirilmiş halidir. Hibrit izleme yöntemleri, farklı izleme tekniklerinin olumlu yönlerini alıp, yanlış değerleri telafi ederek izleme esnasında oluşabilecek hataları en aza indirgemeyi hedeflemektedir (Schwald ve Seibert, 2004).

Bilgisayarlı görü algoritmaları kameradan alınan bilgileri video bölütleme (*video segmentation*), özellik çıkarma (*feature extraction*) gibi yöntemlerle anlamlı bir hale getirmeyi amaçlamaktadır. Bilgisayarın izlemesi, kameranın göreceli yerini ve yönünü gerçek zamanlı olarak teyit etmek demektir. Bu nedenle izleme yöntemleri artırılmış gerçekliğin en temel bileşeni sayılmaktadır.

Görüntü işleme algoritmalarının işlemciler için hesaplama maliyetinin yüksek olması nedeniyle bu maliyetleri azaltmak için mümkün oldukça özel amaçlı işaretçiler (*marker*) veya semboller kullanılmaktadır. İşaretçilerin kullanıldığı takip yöntemleri işaretçi tabanlı izleme (*marker-based tracking*) olarak adlandırılır. İşaretçilerin kolay tanımlanabilmesi için kendilerine has özellikleri vardır ve çoğunlukla siyah beyaz renk uzayında tercih edilmektedir. Işığın parlaklık etkisi RGB (*Red, Green, Blue*), HSB (*Hue, Saturation, Brightness*) gibi renk uzaylarında işaretçinin tanınmasında sorun yaratabilmektedir. AR sistemleri kullanılmaya başlandığından beri görü tabanlı izleme yöntemlerinin düzgün çalışabilmesi için güvenilir işaretçiler kullanılmasına önem verilmiştir. Literatürde kullanılan başlıca işaretçiler Şekil 1.8'de yer almaktadır.



Şekil 1.8. a) Çok Halkalı Dairesel İşaretçi b) Barkodlu Dairesel İşaretçi c) Dairesel İşaretçi d) ARToolKit İşaretçi e) CyberCode İşaretçi f) ARTag İşaretçi g) İki Katmanlı İşaretçi h) QRCode İşaretçi (Akbas, 2011).

İşaretçinin yerinin ve yönünün en doğru şekilde tanımlanması AR sistemlerinin istikrarlı çalışmasında en önemli ölçüttür. İşaretçi tanıma sürecinin ilk amacı olası işaretçilerin kenarlarını bulmak ve işaretçilerin köşelerini belirlemektir. Ayrıca tanımlama sisteminin gerçekten bir işaretçi olup olmadığını teyit etmesi ve benzerliği yorumlaması gerekmektedir. Son olarak sistem belirlenen işaretçinin yerine göre konum hesaplaması yapmaktadır. Çizelge 1.1'de işaret tanıma için gereken basamaklar yer almaktadır (Siltanen, 2012).

Çizelge 1.1. İşaret tanıma için gereken aşamalar (Siltanen, 2012).

1. Görüntüyü yakalama
- Yoğun görüntünün yakalanması (Gri seviye görüntü)

2. Ön işleme
- Düşük seviye görüntü işleme
- Kirlilik azaltma
- Doğru belirleme/ Doğru uydurma
- İşaretçilerin köşelerini belirleme

3. İşaretçinin belirlenmesi ve işaretçi olmayanların çıkarılması
- Görüntüdeki işaretçi olmayan bölümleri hızlı reddetme
- Muhtemel işaretçilerin onayını hızlı yapma

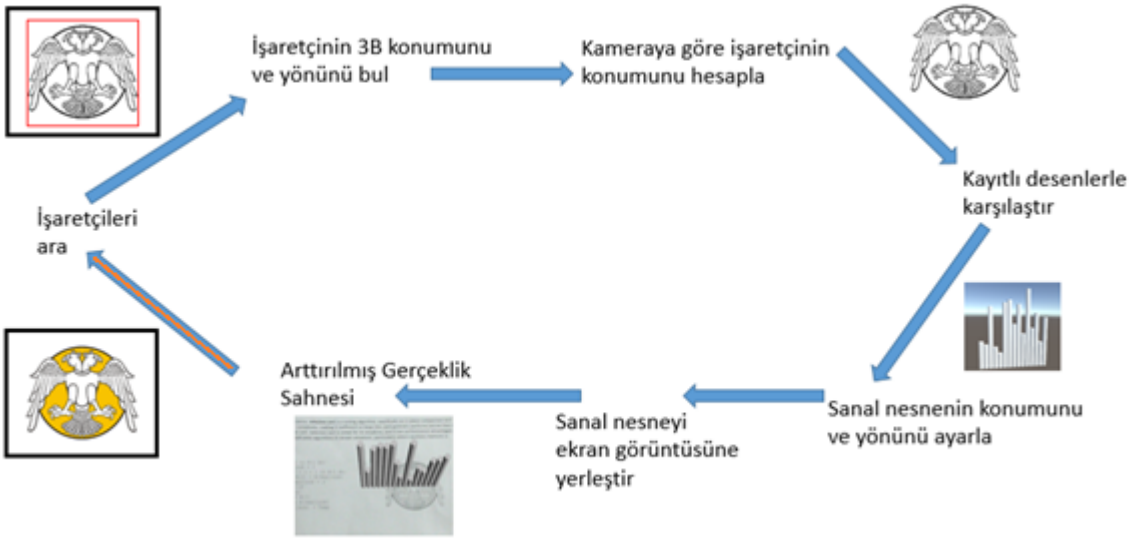
4. İşaretçilerin tanınması ve çözümlenmesi
- Şablon eşleştirme
- Çözümleme

5. İşaretçinin konumunun değerlendirilmesi
- İşaretçinin pozisyonunun değerlendirilmesi
- Doğru pozisyon için iteratif olarak konumunun değerlendirilmesi

Ancak AR uygulamaları için gerçek dünyadaki nesnelerin üzerine her zaman işaretçi koymak mümkün olamamaktadır. Önceden tanımlı bir işaretçiye sahip olunmayan AR sistemlerine ihtiyaç duyulduğunda görüntü tanıma yöntemi olarak doğal özellik izleme (*Natural Feature Tracking*) veya işaretçisiz izleme (*Markerless Tracking*) yöntemleri tercih edilmektedir. Bu izleme yöntemleri, işaretçi tabanlı izleme yöntemlerine göre daha yavaş çalışmaktadır. Ancak günümüzde işaretçisiz izleme yöntemi işlemcilerin hızlarının artması ile AR yazılım geliştirme kitlerinde fark yaratan özellik olarak yer almakta ve görüntü tanıma aşamasındaki gecikme süreleri azaldıkça adından daha sık söz ettireceği beklenmektedir.

Kısaca AR sistemlerinin çalışma ilkesinde, izleme aygıtları sayesinde elde edilen video görüntüsünün video karelerine ayrıldıktan sonra işlenmiş halinin daha önceden bilgisayarda tanımlanmış olan görüntü ile eşleştirilmesi sağlanarak, belirli bir eşik değeri üzerindeki benzerlik durumunda, sanal olarak oluşturulmuş veya oluşturulacak nesnenin ilgili görüntünün üzerine yerleştirilmesi sağlanmaktadır. Görüntüleyiciye aktarılan resim ile kullanıcı arttırılmış gerçeklik deneyimini kazanmış olmaktadır. Bundan dolayı

uygulama anlık olarak gerçek ve sanal nesnelerin konum ve yönlerini belirleyerek, kullanıcıların oluşturulan AR sahnesindeki sanal nesnenin gerçek dünyanın bir parçası olduğunu hissetmesini sağlamaktadır. Şekil 1.9'da arttırılmış gerçeklik sistemlerinin genel çalışma prensibi işaretçi tabanlı izleme yöntemi örnek gösterilerek oluşturulmuştur.



Şekil 1.9. Arttırılmış Gerçekliğin Çalışma Prensibi

Gerçek zamanlı görüntü işleme zor bir işlem olduğu için AR uygulamalarının başarısı ve verimi istenildiği gibi yüksek olamamaktadır. Bazı uygulamalarda işaretçilerin kolaylıkla algılanabilmesi beklenirken, bileşenlerin yetersizliği, hizalama sorunları, taşınabilir zorluklar, görsel kısıtlar gibi engeller nedeniyle görü tabanlı izleme yöntemlerinin hesaplama maliyetleri yüksek olmakta hatta AR sistemleri istikrarlı çalışamamaktadır (Rabbi ve Ullah, 2013).

- Sistem Performansının Yetersizliği

AR uygulamalarının kusursuz çalışabilmeleri için uygulamanın başarısı kadar kullanılan AR sisteminin işlem gücünün de yüksek olması gerekmektedir. Mobil cihazların dezavantajlarının en başında işlemci ve hafızanın yetersizliği gelmektedir. Mobil cihazların masaüstü ve dizüstü bilgisayarlarına göre işlemci hızlarının daha yavaş olması masa başında yapılabilecek AR uygulamalarında mobil cihazların tercih edilmemesine neden olmaktadır. Oluşturulan 3 boyutlu modellerin yüksek hafızaya

ihtiyaç duyması halinde de Mobil Arttırılmış Gerçeklik (*MAR - Mobile Augmented Reality*) tercih edilmemekte, ancak ağ üzerinden haberleşme hızlı ise bu işlemleri ağ üzerinden yaparak hafıza problemine çözüm bulunabilmektedir.

- Hizalama Sorunları

AR sanal nesneyi, gerçek dünyaya en iyi şekilde entegre etmeyi amaçlamaktadır. Ancak AR sistemi, gerçek dünyaya ait nesnenin konumunu ve yönünü tayin etmede oluşabilecek hesaplama hataları nedeniyle düzgün bir şekilde çalışamamaktadır. Teknik olmayan uygulamalarda önemli bir sorun olmamasına rağmen tıp, endüstri ve mühendislik alanlarında en ufak bir hizalama hatası geri dönüşü olmayan sorunlara yol açabilmektedir.

- Taşınabilir Zorluklar

AR uygulamalarının gerçekleştirilmesi için yüksek performans gerektirmesinden dolayı kullanılan tümleşik sistemlerin boyutları ve ağırlıkları artmaktadır. AR sisteminin taşınabilir özellikte olmaması uygulamanın dış ortamlarda çalıştırılmasına engel olmaktadır. Uygulamanın mobil bir şekilde istenilen yerde çalışabilmesi için artırılmış gerçeklik sisteminin hafif ve mümkün olduğu kadar küçük olması gerekmektedir. Günümüzde MAR sistemleri bu zorlukların aşılmasına olanak tanımaktadır.

- Görsel Kısıtlar

Işığın emiliminden kaynaklı insan gözüyle algılanabilen ancak görüntüleme aygıtları tarafından görülemeyen yüzeylere sıkça rastlanmaktadır. Bu nedenle parlaklık, zıtlık, çözünürlük ve bakış açısı görsel kısıtların oluşmasına sebebiyet vermektedir. Örneğin MAR sistemleri çevresel etkenlerden etkilenmektedir. Çünkü mobil cihazların nasıl bir ortamda kullanıldığı AR uygulamalarını geliştirenler tarafından bilinemediği için cihazların üzerinde yer alan algılayıcıların verdiği tepkiler ortama göre değişmektedir. Her ortam için anlık kalibrasyon yapmanın maliyetli olacağını dikkate alırsak çevresel etkenlerin MAR sistemine olumsuz etki ettiği anlaşılmaktadır.

1.5. Eğitim Alanında Arttırılmış Gerçeklik

Eğitim alanında geleneksel öğrenme yöntemlerinin kullanılması ile oluşan sorunların üstesinden gelmek için eğitim alanına; bilgisayar, multimedya, internet, e-öğrenme, sosyal ağlar, simülasyonlar, oyunlar, sanal dünyalar ve arttırılmış gerçeklik gibi birçok farklı teknolojinin dahil olduğu görülmektedir (Nincarean ve ark., 2013). Çoğu öğrenme ortamı, içerik ve teknolojiyi birleştirmeyi, uygun öğrenme içeriğini oluşturmayı ve öğrencilerin yaratıcılık ve öğrenme etkinliğini arttırmak için, işbirlikçi, etkileşimli ve iletişimsel öğrenme faaliyetlerini sağlamayı hedeflemektedir (Chen ve ark., 2015). Son yıllarda eğitim alanındaki en dikkat çekici yöntem olan AR, eğitim alanında teorik ve pratik konuların öğrenimi arasındaki boşluğu doldurmakta, öğrencilere eğlenceli bir öğrenme süreci yaşatmaktadır. Bu sayede öğrenilmesi beklenen konuların görselleştirilerek öğrencilerin zihinlerinde daha kolay şekillenmesi sağlanmaktadır. Bu tip yeni nesil teknolojilerin kullanımı ile eğitimcilerin yıllardır vurguladıkları öğrencilerin öğrenmede yaşadıkları sorunların da üstesinden gelinmesi mümkün olmaktadır (Souza-Concilio ve Pacheco, 2013). Ayrıca AR, öğrencilerin sınıf ve laboratuvarlara dışında kalan ortamlarda da öğrenmesine olanak sağlamaktadır. Eğitim öğretim için tasarlanmış bir AR sisteminin; İşaretleme İlkesi (*Signaling Principle*), Mekansal Bitişiklilik İlkesi (*Spatial Contiguity Principle*), Zamansal Bitişiklilik İlkesi (Te*mporal Contiguity Principle*), Kademelilik İlkesi (*Segmenting Principle*), Biçemsellik İlkesi (*Modality Principle*), Çoklu Ortam ilkesi (*Multimedia Principle*) gibi çoklu ortam (*multimedia*) öğrenme ilkelerini kapsaması beklenmektedir (Mayer, 2009).

AR uygulamalarının eğitim-öğretim hayatındaki öneminin anlaşılmasından bu yana AR uygulamaları çeşitli yöntemlerle öğrenme sürecine dâhil edilmiştir. Bu uygulamaların büyük bir çoğunluğu oyun temelli öğrenme yöntemi olarak karşımıza çıkmaktadır (Wagner ve ark., 2006). Bir diğer ilgi çekici yöntem ise AR kitapları veya dokümanlarıdır. AR kitaplarının, bilgisayarda oluşturulmuş grafikler veya nesneler sayfaların üzerine yerleştirilmediği sürece, basılmış kitaplardan bir farkları bulunmamaktadır. Böylece elektronik kitap okumanın dışında, kullanıcıların öğrenme deneyimlerini zenginleştirmek için bir fırsat yaratmaktadır (Cheng ve Tsai, 2014).

Billinghurst ve ark. (2001) tarafından geliştirilen *MagicBook* arayüzü, kullanıcıların hem *ben*-merkezci hem de *dış*-merkezli olarak grafiksel içeriği görüntülemenize olanak sağlar. Bu yüzden mevcut görev için en uygun bakış açısını

seçmemize izin vermektedir. Örneğin AR bakış açısı (*dış*-merkezli görünüm) ile görüntüleme bir model hakkında tartışmak için çok faydalı olabilmekte ancak modeli farklı ölçeklerde deneyimlenmesini istediğimizde VR (*ben*-merkezci görünüm) daha fazla yarar sağlamaktadır.

AR, sınıfta yer alan araç ve gereçleri farklı bir bakış açısı ile incelemeye teşvik etmekte; öğrencilerin gerçek dünyada doğrudan tecrübe edemeyeceği konularda (astronomi, coğrafya vb.) onlara yardımcı olmakta; öğrenciler arası ve öğretmen öğrenci arasındaki işbirliğini geliştirmekte; öğrencileri, yaratıcılıklarını ve hayal güçlerini geliştirmelerine olanak tanımakta; öğrencilerin kendi anlayacakları hızda ve yolda öğrenmeleri için kontrolü ele almalarına yardımcı olmakta; çeşitli öğrenme tekniklerine göre özgün bir öğrenme ortamı yaratmaktadır (Yuen ve ark., 2011). Bu sayede öğrenmelerini kolaylaştırmayı hedeflemektedir. Öğrencilerin sorumluluklarını arttırarak onların başkalarına bağımlı olmayan birey olmalarını sağlamaktadır (Yilmaz, 2016).

Tezde Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü öğretim planında yer alan *"Algoritmalar"* ve *"Algoritma ve Programlama"* derslerini alan öğrencilerin ders konularını öğrenmelerini kolaylaştırmak için *Android ve Windows* işletim sistemlerine uyumlu arttırılmış gerçeklik uygulaması "*AlgAR*" gerçekleştirilmiştir.

Tez beş ana bölümden oluşmaktadır.

İkinci bölümde AR'nin tarihçesi, uygulama alanları ve eğitim alanında yapılmış AR uygulamaları ve araştırmaları yer almaktadır.

Üçüncü bölümde "*AlgAR*" uygulamasını geliştirirken kullanılan materyaller, teknolojiler ve yöntemler anlatılmıştır.

Dördüncü bölümde "*AlgAR*" uygulamasında yer alan kod blokları açıklanmakta ve ekran görüntüleri yer almaktadır.

Beşinci ve son bölümde uygulamanın *"Algoritmalar"* dersini alan öğrencilere uygulanması ile elde edilen izlenim ve anket sonuçları yer almaktadır. Ayrıca AR sistemlerinin uygulanabilirliği ve uygulama alanları tartışılmaktadır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

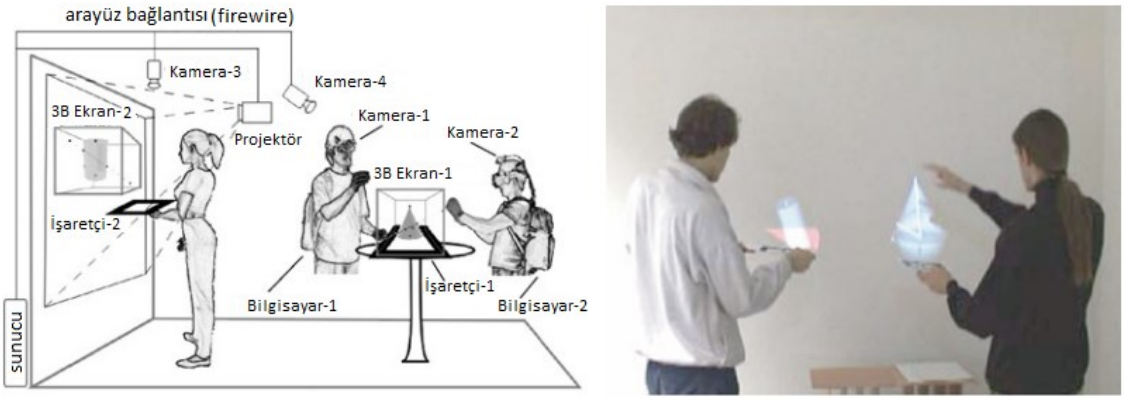
Arttırılmış gerçeklik kavramı ortaya atılmadan önce Sutherland (1968) tavana asılan başa giyilebilir görüntüleme cihazını geliştirmiştir. Bu cihaz yalnızca basit kafes çizimleri gösterebilmekte sınırlı kalmıştır. Krueger ve ark. (1985), 1975 yılında ilk defa sanal nesnelere etkileşim kurma imkânı tanıyan *VideoPlace* isimli sanal gerçeklik laboratuvarını kurmuştur. 1980 yılında günümüzde adından sıkça bahsedilen akıllı gözlüklere benzer giyilebilir bilgisayarların temeli atılmıştır. Arttırılmış gerçeklik kavramı, Boeing şirketinde araştırmacı olarak çalışan Caudell ve Mizell (1992) tarafından literatüre kazandırılmıştır. Teknolojinin gelişiminde etkin rol oynayan alanlardan olan askeri gelişmeler sayesinde 1992 yılında Louis Rosenberg, Amerikan Hava Kuvvetleri Araştırma Laboratuar'ında işlevsel AR sistemini geliştirmiştir. 1994 yılına gelindiğinde AR ilk defa eğlence sektöründe yer bularak "*Dancing in Cyberspace*" isimli ilk tiyatro eseri ortaya çıkarılmıştır. Feiner ve ark. (1997) binaların ve ziyaretçilerin ilgilendiği nesnelerin bilgilerini, 3 boyutlu grafik tur rehberi olarak mobil artırılmış gerçeklik sistemi şeklinde prototiplemiştir. Raskar ve ark. (1998) mekansal artırılmış gerçeklik (*SAR-Spatial Augmented Reality*) kavramını ortaya atmıştır. SAR sistemlerinde sanal nesneler gerçek dünyanın üzerine doğrudan yerleştirilmektedir. 1999 yılında Hirokazu Kato tarafından ARToolkit adında arttırılmış gerçeklik aracı geliştirilmiştir. Ortaya atıldıktan sonra Hitlab tarafından geliştirilmeye devam etmiştir. Mohring ve ark. (2004) mobil telefon kullanarak üç boyutlu işaretçileri izleyebilmek için bir sistem geliştirmişlerdir. Bu da cep telefonlarındaki ilk video görmeli artırılmış gerçeklik uygulamasıdır. 2009 yılında *ARToolkit* AR aracının *Adobe Flash*'a taşınması ile arttırılmış gerçeklik yazılım geliştirme araçlarının gelişimi hız kazanmıştır. 2013 yılında akıllı gözlük olarak bilinen *Google Glass* arttırılmış gerçeklik gözlüğünün deneme sürümünü, 2015 yılına gelindiğinde ise *Windows Holographic* ve *Hololens* arttırılmış gerçeklik başlıklarını duyurmuştur.

Literatürde yer alan makalelere göre AR araştırmalarının temel konuları; izleme yöntemleri (%20.1), etkileşim (%14.7), kalibrasyon ve hizalama sorunları (%14.1), AR uygulamaları (%14.4), görüntüleme yöntemleri (%11.8), mobil AR uygulamaları (%6.1), değerlendirme ve test (%5.8), görselleştirme (%4.8), AR yazarlığı (*authoring*) (%3.8), çok biçimli AR (*multimodal AR*) (%2.6) ve sahneleme yöntemleri (*rendering*) (%1.9)'dir (Zhou ve ark., 2008).

Günümüzde arttırılmış gerçeklik uygulamaları mobil cihazların başarımlarının da artması ile sınır tanımamakta, akla gelebilecek her alanda yer almaktadır. Bu alanların başlıcaları askeri (Livingston ve ark., 2002), tıp (Edgcumbe ve ark., 2014; Cabrilo ve ark., 2015; Chen ve ark., 2015), mühendislik (Chi ve ark., 2013; Behzadan ve ark., 2015; Meža ve ark., 2015), şehir planlama (Cirulis ve Brigmanis, 2013; Portman ve ark., 2015; Tatzgern ve ark., 2015), planlama (Fang ve ark., 2012) ve yol bulma/navigasyon (Eyraud ve ark., 2015) alanlarıdır.

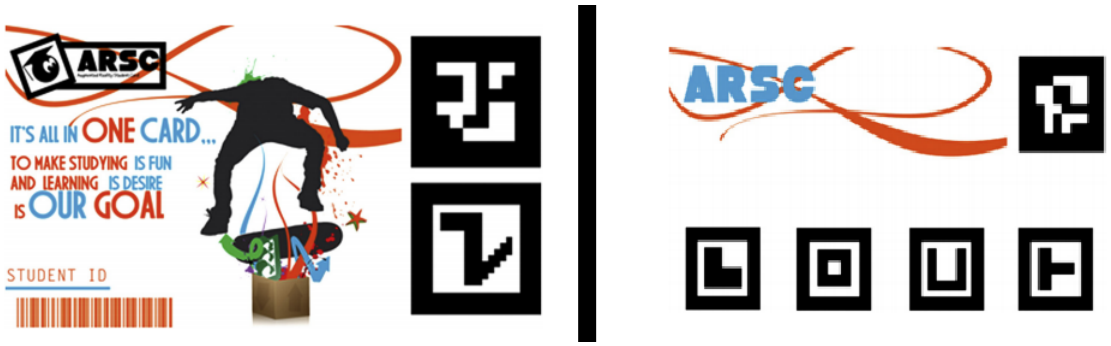
Bu alanların dışında, eğitim alanında çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bunlar tez kapsamında olduğu için daha ayrıntılı olarak anlatılacaktır.

Kaufmann ve Schmalstieg (2003), matematik ve geometri eğitimlerinde geometrik çizimlerin kolay anlaşılmasını ve öğrencilerin algısını artmasını sağlamak için Construct3D adlı 3 boyutlu geometrik şekil aracını geliştirmişlerdir. Şekil 2.1'de uygulama ortamına ait görüntülere yer verilmektedir.



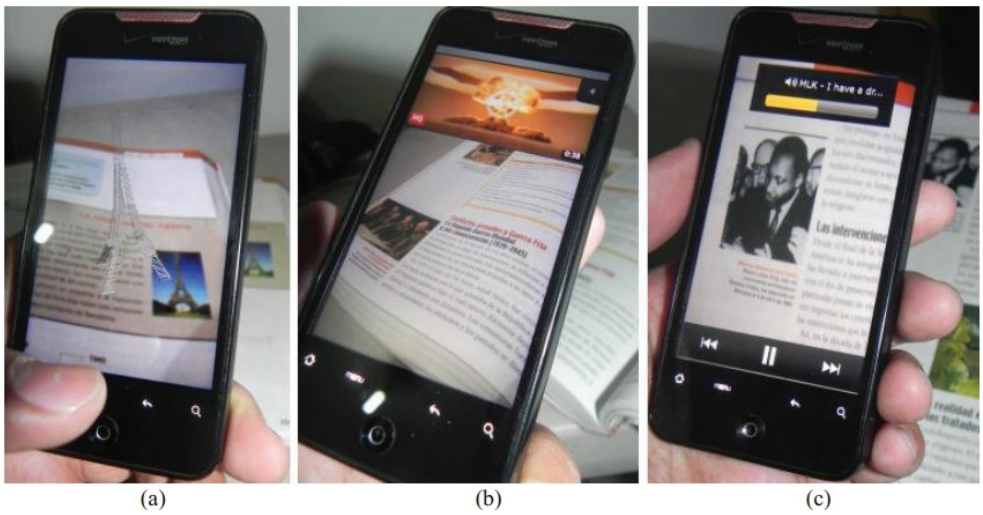
Şekil 2.1. Solda Construct3D'nin donanım kurulumu şeması, sağda projeksiyon perdesindeki etkileşimi görünmektedir (Kaufmann ve Schmalstieg, 2003).

El Sayed ve ark. (2011) eğitim giderlerini düşürmek ve öğrencilere görsel eğitim vermek için SAR uygulaması geliştirmişlerdir. Uygulamayı 10 ile 17 yaş arasındaki 51 öğrenci katılımcıyla test etmiş ve deneklerin yüzde 89'u uygulamayı etkileyici bulmuşlardır. Öğrenci kartları kullanılarak öğrencilerin eğitimde interaktif rol oynamaları sağlanmıştır. Şekil 2.2'de uygulamanın interaktif olabilmesi için oluşturulmuş öğrenci kartları yer almaktadır.



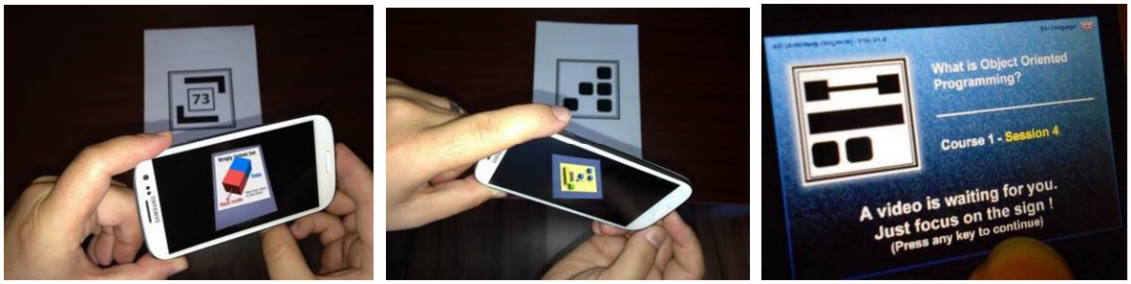
Şekil 2.2. ARSC öğrenci kartlarının ön ve arka yüzleri (El Sayed ve ark., 2011).

Santana-Mancilla ve ark. (2012) Meksika'nın lise düzeyindeki Tarih-1 derslerindeki kitabın içeriğinde yer alan beşinci ünitenin arttırılmış gerçeklik uygulaması ile zenginleştirmiş ve böylece öğrencilerin derse olan ilgisini arttırmaya çalışılmıştır. Uygulama Qualcomm SDK kullanılarak geliştirilmiştir. Şekil 2.3'te de görüldüğü gibi uygulama sayesinde üç boyutlu nesne yerleştirilmesinin yanı sıra video ve ses etkileşimi de sağlanmıştır.



Şekil 2.3. İlgili resmimlere ait a) 3 boyutlu nesne b) Video görüntüsü c) Ses dosyasının çalınması (Santana-Mancilla ve ark., 2012).

Kose ve ark. (2013) bilgisayar mühendisliği bölümünde nesneye yönelik programlama dersinde öğrencilerin öğrenme kalitesini arttırmak için AR aracını geliştirmiştir. Uygulamayı not başarılarına ve anket sonuçlarına göre değerlendirmiştir. 100 tanesi deney 100 tanesi kontrol grubu olmak üzere toplamda 200 adet öğrenciyi denek olarak kullanılmıştır. Sonuçlar uygulamanın etkin ve başarılı olduğunu göstermiştir. Şekil 2.4 'te araştırmaya ait uygulama yer almaktadır.



Şekil 2.4. Uygulamaya ait görüntüler (Kose ve ark., 2013).

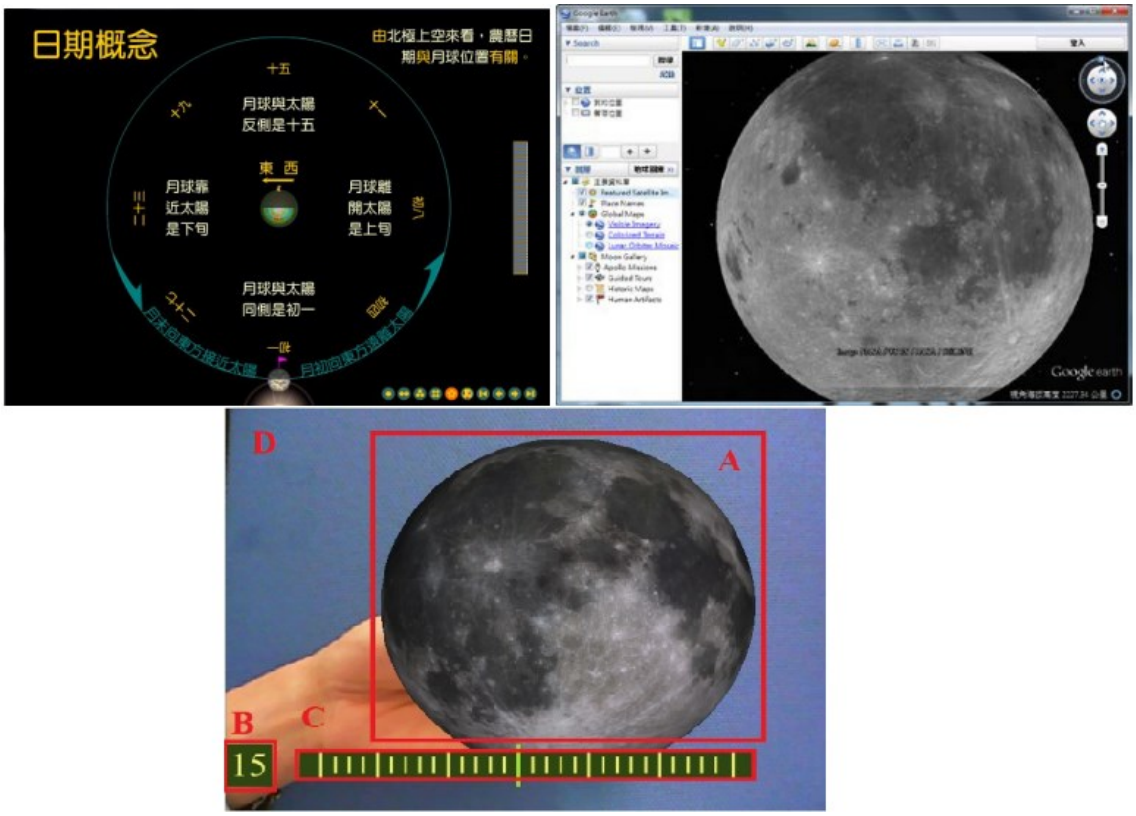
Lin ve ark. (2013) öğrencilerin 2 boyutlu geleneksel eğitim sisteminden uzaklaştırmak için *AR Phsyics* isimli AR uygulamasını geliştirmiştir. 40 lisans öğrencisi katılımcı olarak kullanılmıştır. Şekil 2.5'de sol tarafta yer alan resimde 2 adet küp yerleştirilerek AR sahnesi oluşturulmuştur. Sağda ise katılımcıların küplerin kütle ve hızlarını değiştirebilecekler giriş ekranına yer verilmiştir. İki kullanıcıdan alınan bilgiler girildikten sonra çarpışma işlemi gerçekleştirilmektedir.



Şekil 2.5. Solda AR sahnesi, sağda giriş ekranı yer almaktadır (Lin ve ark., 2013).

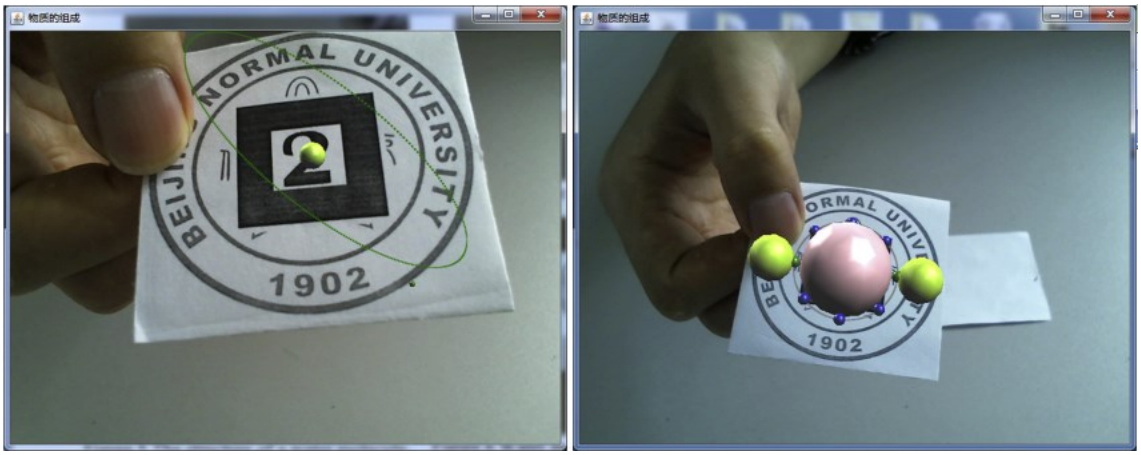
Yen ve ark. (2013) ayın fazlarını kavramak için simülasyon temelli eğitsel tasarım yöntemlerinden 2 boyutlu modelleme, 3 boyutlu modelleme ve arttırılmış gerçeklik uygulamalarını ele almıştır. Arttırılmış gerçeklik uygulaması D'Fusion yazılım geliştirme kiti kullanılarak gerçekleştirilmiştir. 104 kolej öğrenci katılımcı olarak yer almış, elde edilen veriler ANOVA (Varyans Analizi) ile incelenmiştir. Sonuç olarak e-öğrenme yöntemleri arasında yer alan bu üç yöntem arasında ciddi bir fark görülmemiştir. Bu nedenle ayın fazlarının incelenmesi ile ilgili gerçekleştirilen arttırılmış gerçeklik

uygulamasının geliştirilmesi öngörülmüştür. Şekil 2.6'da araştırmaya ait 2 boyutlu görsel, 3 boyutlu görsel ve arttırılmış gerçeklik olmak üzere 3 yöntem yer almaktadır.



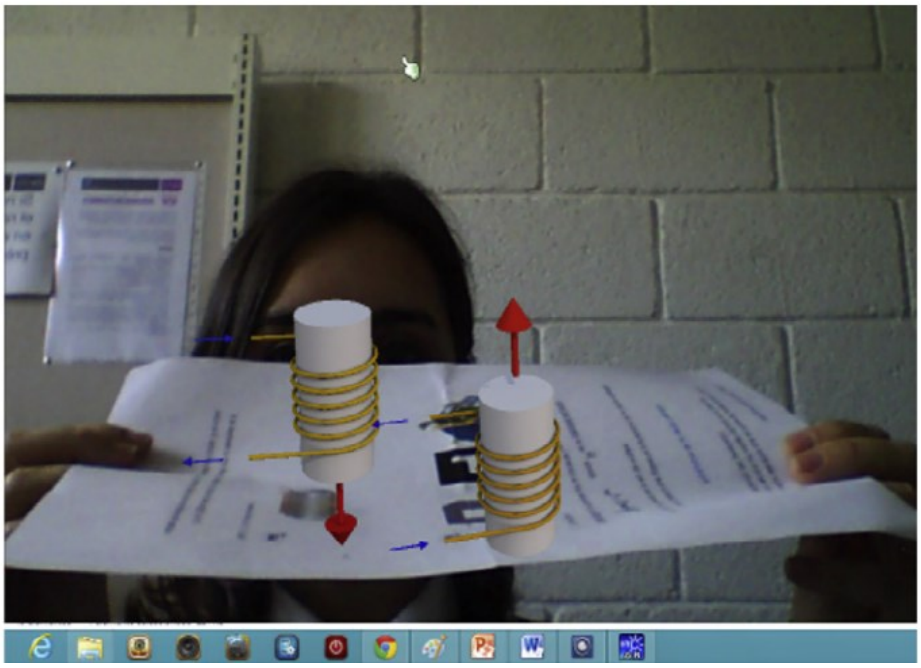
Şekil 2.6. Sol üstte 2 boyutlu, sağ üstte 3 boyutlu ve altta arttırılmış gerçeklik uygulamasına ait görüntüler (Yen ve ark., 2013).

Lisenin ilk yıllarında öğrencilerin imgesel düşünme yeteneklerinin yeterli olgunluğa erişmediğini gören Cai ve ark. (2014), kimya derslerinde mikro parçacıkların arttırılmış gerçeklik kullanılarak görselleştirilmesini sağlayıp bu sayede öğrencilerin etkileşimli öğrenmelerine olanak tanıyarak, bilgisayar yardımlı eğitimin kimya dersinin öğrenilmesinde etkin rol oynadığını gözlemlemiştir. Şekil 2.7'de uygulamanın ekran görüntüsü gösterilmektedir.



Şekil 2.7. Solda çekirdeğin etrafında dönen elektron, sağda ise su molekülünün kimyasal yapısı yer almaktadır (Cai ve ark., 2014).

Mühendislik fakülteleri lisans öğretimindeki öğrenci kontenjanlarının artmasıyla mevcut laboratuvarların kalabalıklaşması ve öğretme kalitesinin kötüleşmesi, öğretim görevlilerinin öğrencilerle birebir ilgilenmesini zorlaştırmaktadır. Bu problem üzerine Martín-Gutiérrez ve ark. (2015), elektrik mühendisliği bölümünde elektrik makinaları dersinde ElectARmanual, Elect3D ve ElectAR_notes olmak üzere 3 tane uygulama geliştirmiş ve bunların öğrencilerin öğrenmelerine olan etkisini araştırmışlardır. Sonuçlar 50 öğrenci 25'er kişiden 2 gruba ayrılarak test edilmiştir. Öğrencilerin görsel olarak kolay öğrenmesinin yanı sıra özellikle öğretim görevlisinin kısıtlı zaman problemine çözüm bulunmuş. Bu sayede derslerin daha verimli geçmesi sağlanmıştır. Şekil 2.8'de ElectAR_notes' a ait görüntü yer almaktadır.



Şekil 2.8. ElectAR_notes uygulamasına ait manyetik alan yönünü anlatan 3 boyutlu görüntü (Martín-Gutiérrez ve ark., 2015).

Majid ve ark. (2015) bilgisayar organizasyonu ve işletim sistemleri konularının öğrenilmesinde AR uygulaması önermişlerdir. Bu uygulama geliştirilirken Android platformu için Java Eclipse, AR uygulaması için Metaio SDK ve görüntüleri düzenlemek için GIMP kullanılmıştır. 24 öğrenci ile test edilen uygulamanın öğrenciler tarafından ilgi çekici, eğlenceli ve dikkat toplayıcı etkisi olduğu görülmüştür. Şekil 2.9 'da uygulamanın bir görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 2.9. Bilgisayar Organizasyonu dersindeki AR uygulaması (Majid ve ark., 2015).

Wei ve ark. (2015) Çin'de lise düzeyindeki okulların artmasıyla öğrencilerin öğrenmeye olan ilgilerini ve yaratıcılıklarını arttırmak için arttırılmış gerçeklik uygulaması ile yaratıcı tasarım derslerini zenginleştirmeyi hedeflemişlerdir. Bu sayede öğrenciler yaptıkları tasarımları arttırılmış gerçeklik sayesinde AR sahnesinde görebilmektedirler. Sonuç olarak öğrencilerin motivasyonunun artmasında ve yaratıcı tasarım dersinin öğrenilmesinde önemli derecede başarı elde edilmiştir. Şekil 2.10'da ARCC (*Augmented Reality Creative Classroom*)'a ait ekran görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 2.10. *AR Creative Classroom*'a ait ekran görüntüleri (Wei ve ark., 2015).

Bu tezde ise, Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü 2014-2015 eğitim öğretim yılı öğretim planında yer alan "1213455" kodlu Algoritmalar dersi için yardımcı araç olarak AR uygulaması geliştirilmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışmada uygulamanın geliştirilmesinde hazır bir set kullanılmıştır. Yazılım geliştirme kiti (*SDK-Software Development Kit*) kısaca programcının uygulama geliştirmesine olanak sağlayan program paketidir. Çoğu SDK üreticisi programcıların onları tercih etmesini sağlamak için piyasaya SDK'ları ücretsiz olarak sunmaktadır. Bunlardan biri olan Metaio SDK hali hazırda zengin yardım ve dokümantasyon ağına sahiptir. Bu nedenle gerçekleştirilen uygulamada tercih edilmiştir.

Uygulamada, Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği bölümünün 1.Sınıfı öğretim planında yer alan "*Algoritma ve Programlama*" dersi ve 2.Sınıfı öğretim planında yer alan "*Algoritmalar*" derslerinin içeriğinde gösterilen sıralama algoritmalarının arttırılmış gerçeklik teknolojisi kullanarak daha etkili bir şekilde öğrenilmesi hedeflenmiştir.

Bilgisayar mühendisliği lisans programlarında öğretim görevlilerinin en çok zorlandığı konulardan biri, bir çok bölümde olduğu gibi öğrencilerin geleneksel eğitim sisteminden gelmesinden dolayı oluşan çekingen tavır ve bu nedenle öğrencilerde dikkat çeken özgüven eksikliğidir. Bu nedenle öğretim görevlileri sınav zamanı gelene kadar öğrencilerin konuyu anlayıp anlamaması hakkında fikir sahibi olamamaktadırlar. AR gibi modern öğrenme teknikleri, geleneksel eğitimden uzaklaşarak etkileşimli ve otonom eğitime olanak sağladığı için öğrencilerin özgüvenini arttırmakta ve bu sayede öğrencilerin derse olan ilgisini arttırmaktadır. Bu kapsamda ilk derslerde anlatımında zorlanılan başlıca konu algoritma mantığının kurulması olmaktadır. Öğrenciler programlama dillerini öğrenmekte ancak algoritma kuramamaktadırlar. Algoritma kurmayı öğrenmek için ilk aşamada karmaşıklığı az olan sıralama algoritmaları tecih edilmektedir. Genel geçer sıralama algoritmaları az satır kullanılarak oluşturulabilmektedir. Adım sayısının az olması ve temel veri tiplerinin kullanılmasının yeterli olması sayesinde öğrencilerin bu konuları anlaması, onları gelecekte iyi birer bilgisayar mühendisi olmasını sağlayacaktır. En azından algoritma kurabilme konusunda zorluk çekmeleri engellenmektedir. Bu noktada öğrencinin özgüvenin kırılamaması derslerinde başarılı olan ancak öğrenemeyen öğrenciler yetişmesine sebebiyet vermektedir.

Tezde, öğrencinin özgüvenini arttıran ve derslerinin daha akıcı bir şekilde ilerlemesine olanak sağlayan bir uygulama geliştirilmiştir. Bu nedenle öncelikle AR

uygulaması geliştirilen ve müfredatta yer alan bazı sıralama algoritmalarından bahsedilecektir. Daha sonra uygulamada kullanılan temel teknolojiler olan Unity3D ve Metaio SDK tanıtılacaktır. Son olarak geliştirilen uygulama detaylı bir şekilde anlatılacaktır.

3.1. Sıralama Algoritmaları

Bahsedilecek algoritmalar sırasıyla; Seçmeli Sıralama (*Selection Sort*), Kabarcık Sıralama (*Bubble Sort*), Eklemeli Sıralama (*Insertion Sort*) algoritmalarıdır. Bu algoritmalar aşağıda kısaca anlatılmıştır.

3.1.1. Seçmeli sıralama algoritması

Seçmeli sıralama algoritması, sıralama algoritmaları arasında anlaşılması en kolay algoritmaya sahiptir. Bu algoritmada temel prensip, en küçük veya en büyük elemanı bularak onu sıralanacak dizinin en başındaki veya en sonundaki dizi elemanı ile yer değiştirmesine dayanır. Algoritmaya ait sözde kod (*Pseudo Code*) Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Seçmeli sıralama algoritması sözde kodu

```
For I = 0 to N-2 do:
    enKucukIndeks = I
    For J = I + 1 to N-1 do:
        If A(J) < A(I)
            enKucukIndeks = J
        EndIf
    EndFor
    If EnKucukIndeks != I
        gecici = A(I)
        A(I) = A(enKucukIndeks)
        A(enKucukIndeks) = gecici
    EndIf
EndFor
```

3.1.2. Kabarcık sıralama algoritması

Kabarcık sıralama algoritması da öteki algoritmalara göre daha kolay anlaşılan bir algoritmadır. Temel çalışma prensibi komşu elemanlar arasında kıyaslama yaparak küçüklük büyüklüğe göre yer değiştirmektir. Bu sayede ilk döngüde en büyük veya en küçük eleman listenin baş veya son tarafına yerleşmiş olacaktır. Algoritmaya ait sözde kod Çizelge 3.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Kabarcık sıralama algoritması sözde kodu

```
For I = 1 to N-1 do:
    For J = 0 to N-1-I do:
        If A(J) > A(J+1)
            gecici = A(J+1)
            A(J+1) = A(J)
            A(J) = gecici
        EndIf
    EndFor
EndFor
```

3.1.3. Eklemeli sıralama algoritması

Eklemeli sıralama algoritması küçük veri kümelerini sıralamada verimlidir. Listenin soldan sağa sıralandığını düşünecek olursak her eleman kendisinin solunda kalan listede doğru pozisyona yerleştirilmektedir. Bu sayede soldaki liste sıralı alt liste olarak kalmaktadır. En son sağ tarafta liste kalmayıncaya kadar yani son elemana ulaşınca tüm liste sıralanmış demektir. Algoritmaya ait sözde kod Çizelge 3.3'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.3. Eklemeli sıralama algoritması sözde kodu

```
For I = 1 to N-1 do:
    J = I
    While J > 0 and A(J-1) > A(J)
        gecici = A(J)
        A(J) = A(J-1)
        A(J-1) = gecici
        J = J-1
    EndWhile
EndFor
```

3.2. Unity 3D

Unity3D platform bağımsız oyun motorudur. En önemli özelliği olan platform bağımsız oluşu ile altyapı değişikliği yapmadan bütün işletim sistemlerinde derleme yapabilmektedir. Unity3D içerisinde üç farklı dil kullanılarak uygulama geliştirilebilmektedir. Bunlar C#, Java Script, Boo programlama dilleridir. Bunların yanı sıra Unity3D yüksek işlem gücüne sahip işlemci ve büyük boyutlu bellek ihtiyacı duymamaktadır. "*Unity Pro*" ücretli olarak satılmaktadır. Ancak "*Unity Personal"* ücretsiz olarak geliştiricilere sunulmaktadır (Unity3D, 2015). Günümüzde Unity3D oyun motoru üzerinde çalışan uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada Unity3D'nin tercih edilmesinin başlıca nedeni Metaio SDK'nın Unity3D eklentisi olarak kullanılabilmesidir. Yapılan uygulama mobil cihazlarda da çalışabildiği için uygulamanın boyutu da önemli bir sorun teşkil etmektedir. Bu nedenle Unity3D 'de oluşturulan 3 boyutlu grafik animasyonun hafızada az yer kaplaması yer sorununu ortadan kaldırmıştır.

Tezde Unity 3D sıralama algoritmalarını görselleştirmek için kullanılmıştır. Unity 3D'de yükseklikleri dinamik olarak belirlenen silindirler oluşturulmaktadır. Bu oluşturulan silindirler AR uygulamasından verim alınması için anlaşılabilirliği kolay olan animasyona dönüştürülerek kullanıcılara sunulmuştur. Bu dinamik yüksekliğe sahip silindirleri sıralamak için kullanılan sıralama algoritmalarında parametrelerin hangi liste elemanını gösterdiği, silindirleri renklendirme yöntemi ile daha açık hale getirilmiştir. Bunun yanı sıra listeyi sıralamak için yer değiştirme işlemleri dairesel hareketle kullanıcılara sunulmaktadır.

Unity3D proje istenilen platforma göre derlenebilmektedir. Ayrıca grafik kütüphanesi (OpenGL, DirectX) de ihtiyaca göre seçilebilmektedir.

3.3. Metaio SDK

Metaio SDK arttırılmış gerçeklik uygulaması geliştirmek için oluşturulmuş yazılım geliştirme kitidir. Metaio SDK IOS, Android, PC ve MAC gibi platformları desteklemektedir. Metaio SDK, üç boyutlu nesne izleme, doğal özellik izleme, işaretçi izleme, yüz izleme, GPS desteği, OpenGL desteği ve görsel arama gibi başlıca özelliklere sahiptir. Günümüzde çok kullanılan AR yazılım geliştirme kitleri arasında yer almaktadır. Metaio yazılım geliştirme kiti ücretsiz olarak yazılım geliştiricilere sunulmuştur (Metaio, 2015).

Arttırılmış gerçeklik uygulaması geliştirmek için yazılım geliştirme kiti olarak Metaio SDK'nın tercih edilmesinin nedeni teknik desteğinin ve dokümantasyonunun yeterli olması ayrıca Unity3D eklentisinin olmasıdır.

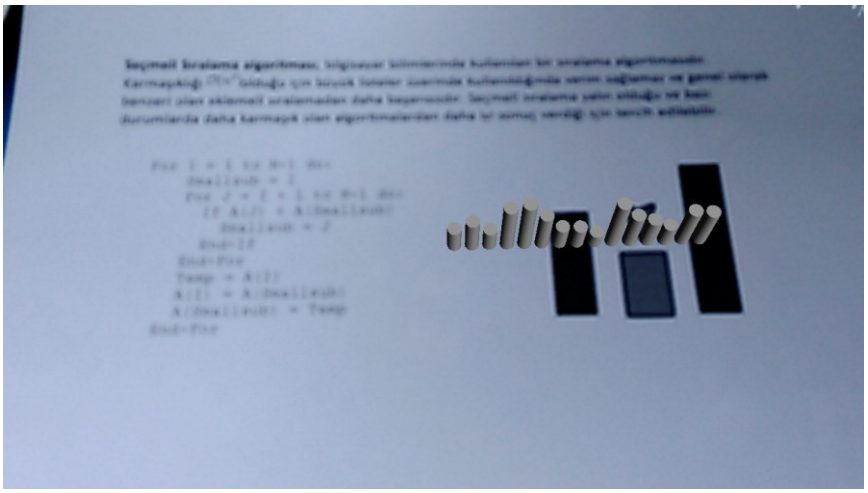
Tezde; Metaio SDK'ya ait çoklu işaretçi izleme, işaretçi olmadan doğal özellik izleme ve 3 boyutlu animasyon oluşturmak için Unity3D eklentisi özellikleri kullanılmıştır.

3.4. AlgAR

Tez Unity3D 5.1.1f versiyonunda gerçekleştirilmiştir. Kullanılan AR yazılım geliştirme kiti Metaio SDK 6.0 versiyonudur. Unity3D kurulumundan sonra Metaio SDK ile Unity3D'nin entegrasyonu sağlanmıştır.

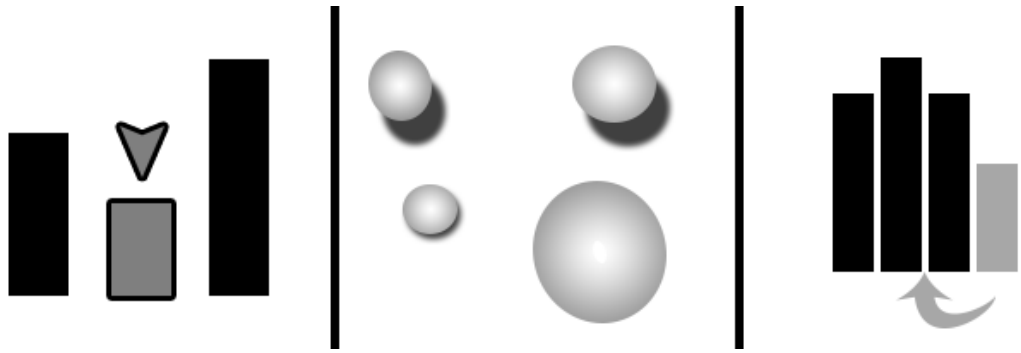
3.4.1. İşaretçiler

Dersin yürütücüsü öğretim üyesinin, öğrencilere verdiği Şekil 3.1'deki dokümanlardan biri olan seçmeli sıralama algoritmasına ait dokümanda; üstte algoritmanın tanımı, sol altta algoritmaya ait sözde kod, sağ altta ise üzerine 3 boyutlu animasyon yerleştirilen seçmeli sıralama algoritmasına ait işaretçi yer almaktadır. Bu ekran görüntüsünde yer alan 3 boyutlu animasyon (silindirler) dışındaki herşey gerçek dünya görüntüsüdür.



Şekil 3.1. Öğretim üyesi tarafından verilen seçmeli sıralama algoritmasına ait doküman.

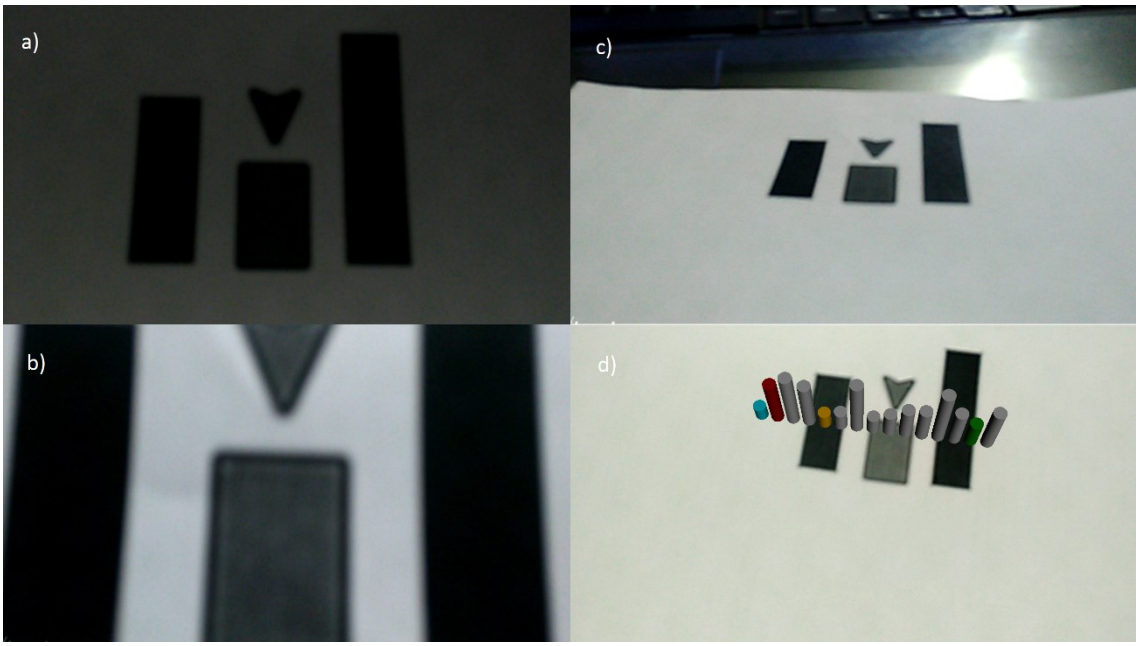
Bunun yanı sıra her sıralama algoritmasını ait bir işaretçi de dokümanın üzerinde bulunmaktadır. Bu işaretçiler yardımıyla, gerçekleştirilen uygulama mobil cihazın kamerasını kullanarak klasörde bulunan işaretçiye ait resimle karşılaştırarak işaretçiyi tanımakta ve öğrencilere ilgili sıralama algoritmasının görsel olarak nasıl gerçekleştiğini animasyon halinde göstermektedir. Bu bağlamda sıralama algoritmalarına ait işaretçiler Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Solda seçmeli sıralama algoritmasına ait işaretçi, ortada kabarcık sıralama algoritmasına ait işaretçi, sağda eklemeli sıralama algoritmasına ait işaretçi gösterilmektedir.

Şekil 3.2 'de gösterilen işaretçiler kağıt üzerine 5'er cm. genişlik ve uzunluk olacak şekilde basılmıştır. Boyutlarının daha küçük veya büyük olması sorun teşkil etmemektedir. İşaretçi tanıma, gerçekleştirilen uygulamanın en önemli yerini teşkil etmektedir. Bu nedenle oluşabilecek hatalar programın sağlıksız çalışmasına neden olacaktır. Öyle ki işaretçinin çok küçük olması durumunda ayırt edici özellikleri kamera tarafından algılanamamaktadır. Işığın etkisi görüntü işleme tekniklerinde üzerinde

çalışılan bir problemdir ve bu tezde de bu problemle yüzleşilmiştir. İşaretçiler bilgisayar ortamındaki eşleri ile eşleştirme yapılırken siyah beyaz renk uzayına dönüştürülmektedir. Bu dönüşüm, eşik değer belirlenip onun altındaki değerlerin siyah üstündeki değerlerin de beyaz olması ile oluşturulmaktadır. Uygulamanın çalıştırıldığı ortamın ışık seviyesi beklenen seviyeden düşük olursa resim eşik değere göre siyah beyaza dönüştürüldüğünde tamamen siyah olmakta veya çok parlak bir ortamda tamamen beyaz olmaktadır. Bu da yine işaretçinin tanınmaması anlamına gelmektedir. Bu sorunun üstesinden gelmek için yeterli bir ışıkta çalışılması gerekmektedir. Aynı zamanda kamera işaretçiyi yaklaşık 30 derecenin altında bir açıyla görürse veya işaretçinin bütününü göremezse yine işaretçiyi algılayamayarak 3 boyutlu görüntüyü ekrana yerleştiremeyecektir. Şekil 3.3'de oluşacak hataların görüntüleri yer almaktadır.



Şekil 3.3. a) Karanlık ortam b) İşaretçinin tamamının ekrana sığmaması c) 30 derecenin altında görüş açısı d) Başarılı görüntü

3.4.2. Unity3D projesinin oluşturulması

Uygulama temelde Unity3D üzerinde kurulmuştur. Uygulamada üç boyutlu animasyon oluşturmak için de Unity3D programı kullanılmıştır. Bu animasyon oluşturulurken belli başlı ölçütler belirlenmiştir. Bunlar;

- Oluşturulan üç boyutlu nesneler anlaşılabilir olmalıdır.

- Oluşturulan nesnelerin karakterleri (renkleri, boyları) algoritmayı anlatmada yardımcı olmalıdır.
- Yer değiştirme işlemleri karışık bir görüntü oluşturmaması için dairesel çizgide gerçekleştirilmelidir.

Sıralanacak elemanı temsil eden oyun nesnesi Unity3D'nin editöründe *GameObject/3D Object* menüsü altında hazır bulunan silindir (*cylinder*) nesnesi sahneye yerleştirilmiştir. Ardından proje hiyerarşisinde *SortElement* isimli yeni bir betik (*script*) oluşturulmuş ve oluşturulan silindir nesnesine bileşen (*component*) olarak atanmıştır. Sıralama algoritmalarının çalışması esnasında silindirlerin durumlarına göre farklı renkler ataması için Çizelge 3.4'deki kod bloğu oluşturulmuştur. Kod bloğunda *SorterRef* değişkeni sıralamayı yapacak elemanın yani *Sorter* betiğinin referansıdır ve üzerinde her bir durum için renk kodu barındıran *StateColors* isimli bir listede değişkenine sahiptir.

Çizelge 3.4. SortElement scriptinin state kod bloğu

```
public Sorter SorterRef;
public enum ElementState
 {
    Unsorted = 0,       Pivot = 1,       Comparing = 2,
    Marked = 3,       Swapping = 4,       Sorted = 5,
 }
 public ElementState State
 {
    get { return _state}
    set { if (value != _state) {
           _state = value;
           GetComponent<Renderer>().material.color = SorterRef.StateColors[(int)_state];
           }
         }
 }
 private ElementState _state;
```

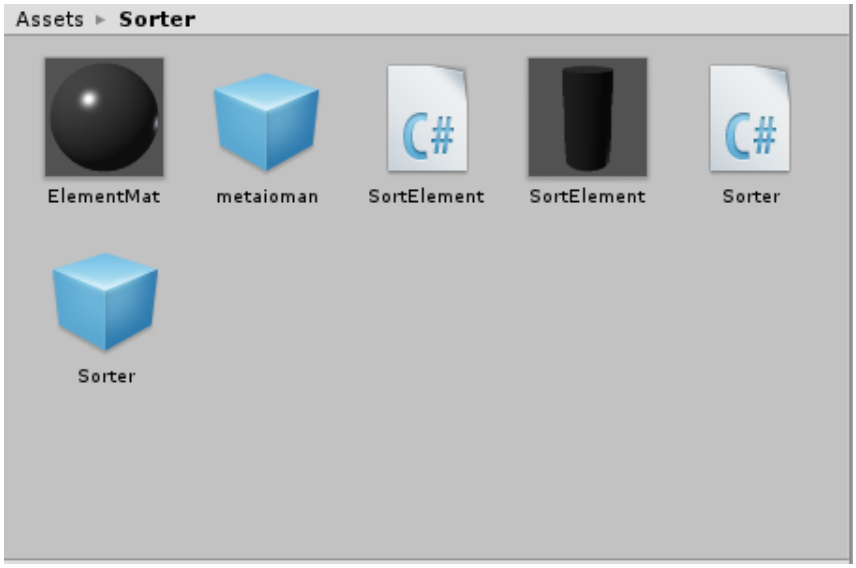
Silindirlerin sıralanmasında kıyaslama ölçütü olarak silindir yüksekliği kullanılmıştır. Yükseklik silindir nesnesinin *transform* bileşeninde *scale* vektörünün y

değeri olarak kullanılmıştır. Bu nedenle her silindirin kıyaslanmasını kolaylaştırmak için *SortElement* betiğinde Çizelge 3.5'deki kod *operator overload* metodları tanımlanmıştır.

Çizelge 3.5. Silindir elemanının özellikleri

```
public static bool operator <(SortElement Left, SortElement Right){
    return Left.transform.localScale.y < Right.transform.localScale.y;
}
public static bool operator >(SortElement Left, SortElement Right){
    return Left.transform.localScale.y > Right.transform.localScale.y;
}
public static bool operator <=(SortElement Left, SortElement Right){
    return Left.transform.localScale.y <= Right.transform.localScale.y;
}
public static bool operator >=(SortElement Left, SortElement Right){
    return Left.transform.localScale.y >= Right.transform.localScale.y;
}
```

SortElement betiğinin bileşen olarak eklendiği silindir nesnesi sahne üzerinden alınarak *assets* klasörüne bırakılarak Şekil 3.4'de gösterildiği gibi *prefab* olarak kaydedilmesi sağlanmıştır. Böylece bu *prefabın* referansı kullanılarak yeni örnekleri üretilebilmekte ve bu örneklerin tüm özellikleri bu *prefabın* özelliklerinin değerlerini ilk değer olarak almaktadır.

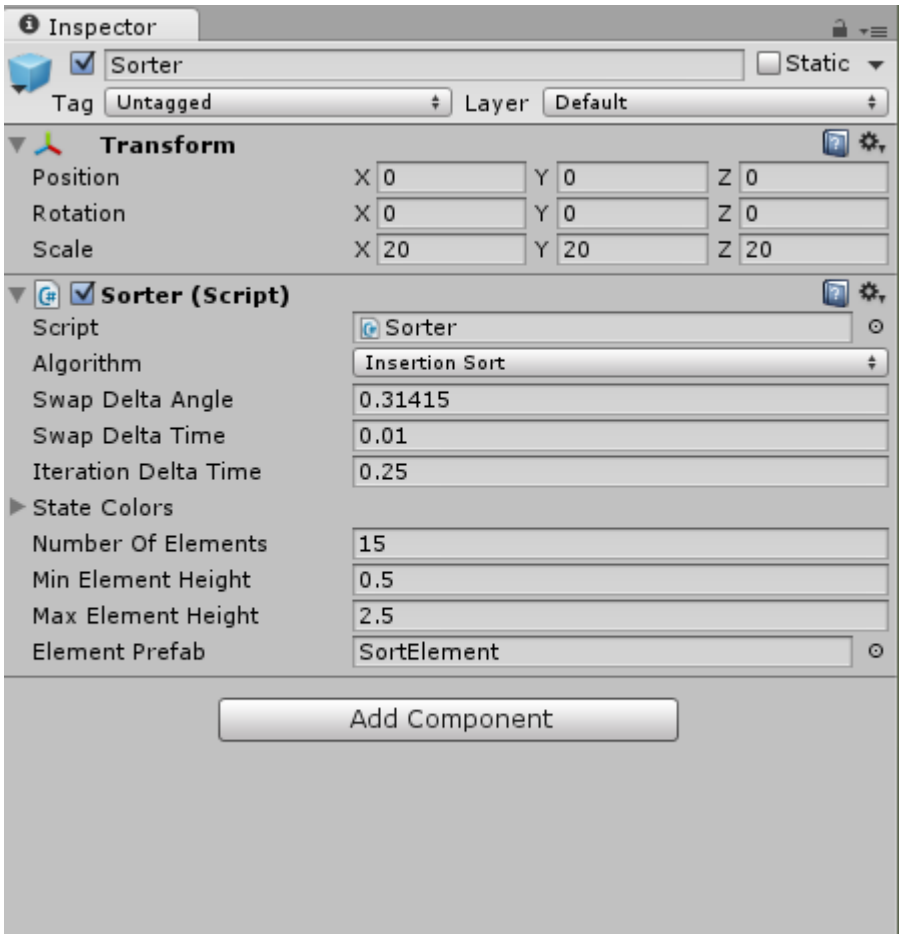


Şekil 3.4. Uygulamada kullanılan prefablar.

Bütün sıralama algoritmalarını ve sıralanacak silindirlerin örneklerini (*instance*) barındıran boş bir oyun nesnesi (e*mpty gameobject*) oluşturulmuştur. Oluşturulan boş oyun nesnesinin bileşeni olarak *Sorter* isimli yeni bir script yazılmıştır.

Sorter betiği üzerinde kullanılacak sıralama algoritmalarını temsilen *SortAlgorithm* isimli bir enum oluşturulmuştur.

Sıralama animasyonunun iterasyon işlemleri arasında geçen süreyi belirleyen *IterationDeltaTime* isimli bir değişken tanımlanmıştır. Sıralama sırasında yer değiştirme (swap) animasyonun hızını belirleyen *SwapDeltaTime*, dairesel yer değiştirme sırasında açısal hızı radyan cinsinden belirleyen *SwapDeltaAngle* isimli değişkenlerdir. Rasgele yüksekliklerde silindir oluşturmak için en küçük silindir yüksekliğini temsil eden *MinElementHeight* ve en büyük silindir yüksekliğini belirleyen *MaxElementHeight* isimli değişkenler oluşturulmuştur. Daha önce oluşturulan *SortElement prefabının* referansını tutmak için *ElementPrefab* isimli *GameObject* tipinde bir değişken tanımlanmıştır. Bu değişkenler animasyonun akışını ve anlaşılabilirliğini en iyi hale getirebilmek için public olarak tanımlanmış ve yapılacak testler sırasında Sekil 3.5'de görüldüğü gibi değerleri dinamik olarak değiştirilerek uygun değerlerinin bulunması sağlanmıştır. Son olarak oluşturulacak olan silindirlerin referanslarını tutmak için *Elements* isimli *List<SortElement>* tipinde bir değişken tanımlanmıştır. Bu tanımlar *Sorter* betiğinin tanımlar bloğunda oluşturulmuş ve Çizelge 3.6'da ayrıntılı olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.5. *Sorter* nesnesin bileşenlerine ait ekran görüntüsü

Çizelge 3.6. Silindir elemanının özellikleri

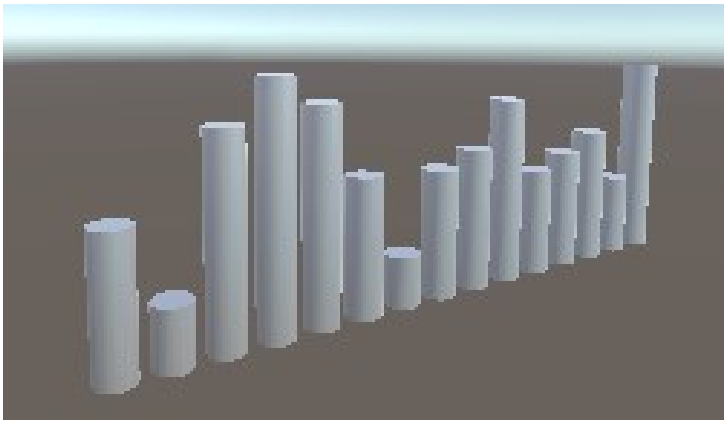
```
[System.Serializable]
public enum SortAlgorithm { BubbleSort,
                            InsertionSort,
                            SelectionSort, }
public SortAlgorithm Algorithm;
public float SwapDeltaAngle;
public float SwapDeltaTime;
public float IterationDeltaTime;
public Color[] StateColors;
public int NumberOfElements;
public float MinElementHeight;
public float MaxElementHeight;
public GameObject ElementPrefab;
List<SortElement> Elements;
```

Algoritma başlatılmadan önce rasgele yükseklik değerlerine sahip silindirlerin oluşturulmasında kullanılan *GenerateRandomArray* metodunun içeriği Çizelge 3.7'de verilmiştir.

Çizelge 3.7. *GenerateRandomArray* metoduna ait kod bloğu.

```
if (Elements != null)
{  for (int i = Elements.Count - 1; i >= 0; i--) {
       GameObject ElementObject = Elements[i].gameObject;
       Destroy(ElementObject);
   }
   Elements.Clear();
}
else {
   Elements = new List<SortElement>();
}
for (int i = 0; i < NumberOfElements; i++) {
   GameObject ElementObject = Instantiate<GameObject>(ElementPrefab);
   ElementObject.transform.parent = transform;
   ElementObject.transform.localScale =
       new Vector3(0.8F,Random.Range(MinElementHeight, MaxElementHeight), 0.8F);
   ElementObject.transform.localPosition =
       new Vector3(-NumberOfElements * 0.5F + i, ElementObject.transform.localScale.y, 0);
   SortElement ElementScript = ElementObject.GetComponent<SortElement>();
   ElementScript.SorterRef = this;
   Elements.Add(ElementScript);
}
```

Çizelge 3.7'deki kod bloğunda *Instantiate* metodu kullanılarak *NumberOfElements* değişkenin değeri kadar silindir örneği Şekil 3.6'da gösterildiği biçimde oluşturulmuştur. Bu silindirlerin hiyerarşik olarak herbirinin Sorter nesnesinin çocuk (*child*) nesnesi olması sağlanmıştır. Böylelikle silindirlerin pozisyon (*position*), ölçek (*scale*) ve döndürme (*rotation*) özellikleri ata (*parent*) nesneden alınan verilerle güncellenmiş olur. Silindirlerin y eksenindeki ölçek değerleri yani yükseklikleri *MinElementHeight* ve *MaxElementHeight* değerleri arasında rasgele olarak atanmıştır. Oluşturulan silindirlerin pozisyonlarının x değerleri dizideki sıralarına göre atanmıştır. Bu sayede silindirler x ekseni doğrultusunda yan yana getirilmiştir.



Şekil 3.6. Rasgele boyut ve konuma göre sıralanmış 15 adet silindir.

Sıralama algoritmalarından Bölüm 2.1'de bahsedilmiştir. Bu algoritmalar Unity3D'de animasyon oluşturacak biçimde düzenlenmiştir. Çizelge 3.8'de gösterilen kod bloğu yer değiştirme işleminin dairesel hareket ile görselleştirilmesini sağlamaktadır.

Çizelge 3.8. Yer değiştirme işlemini yapan kod bloğu.

```
    Vector3 positionI = Elements[i].transform.localPosition;
    Vector3 positionK = Elements[k].transform.localPosition;
    float radius = Mathf.Abs(positionI.x - positionK.x) * 0.5F;
    Vector3 center = (positionI + positionK) * 0.5F;
    for (float Angle = 0.0F; Angle <= Mathf.PI; Angle += SwapDeltaAngle)
    {
        Elements[i].transform.localPosition =
            new Vector3(center.x, positionI.y, center.z) + Vector3.right * radius * Mathf.Cos(Angle)
- Vector3.forward * radius * Mathf.Sin(Angle);
        Elements[k].transform.localPosition =
            new Vector3(center.x, positionK.y, center.z) + Vector3.right * radius *
Mathf.Cos(Mathf.PI + Angle) - Vector3.forward * radius * Mathf.Sin(Mathf.PI + Angle);
        yield return new WaitForSeconds(SwapDeltaTime);
}
```

Sıralama algoritmalarının her aşamasında kullanılan silindirlere ait durum belirleme işlemi algoritmanın ilgili yerlerinde silindirin *ElementState* özelliğinin değeri değiştirilerek sağlanmaktadır.

Sıralama algoritmaları uygulamanın ana döngüsünde yapılmamıştır. Bunun yerine metotlar *IEnumerator* dönüş tipine sahiptir ve metodların ana döngüden bağımsız çalışması için *Coroutine* olarak *StartCorutine* metodu ile çağrılmıştır.

Çizelge 3.8'de yer alan kod bloğunda yer değiştirilecek nesnelerin başlangıç pozisyonları kaydedilir. Bu iki pozisyonun orta noktası hesaplanır ve bu iki noktadan geçen çemberin merkezi iki noktanın ortası olan çemberin yarıçapı *radius* değişkenine atanır. *Angle* değeri 0 radyan Pi radyan aralığında ([0,π]) *SwapDeltaAngle* değişkeninin değeri kadar arttırılırken nesnelerin yeni pozisyonları bu değerlere göre çember üzerinde olacak şekilde belirlenir. Bu döngünün her adımında *SwapDeltaTime* kadar bekletilir. Bu işlem animasyonun görülebilir hızda olmasını sağlamak amacıyla yapılmıştır.

3.4.3. Metaio SDK'nın Unity3D projesine eklenmesi

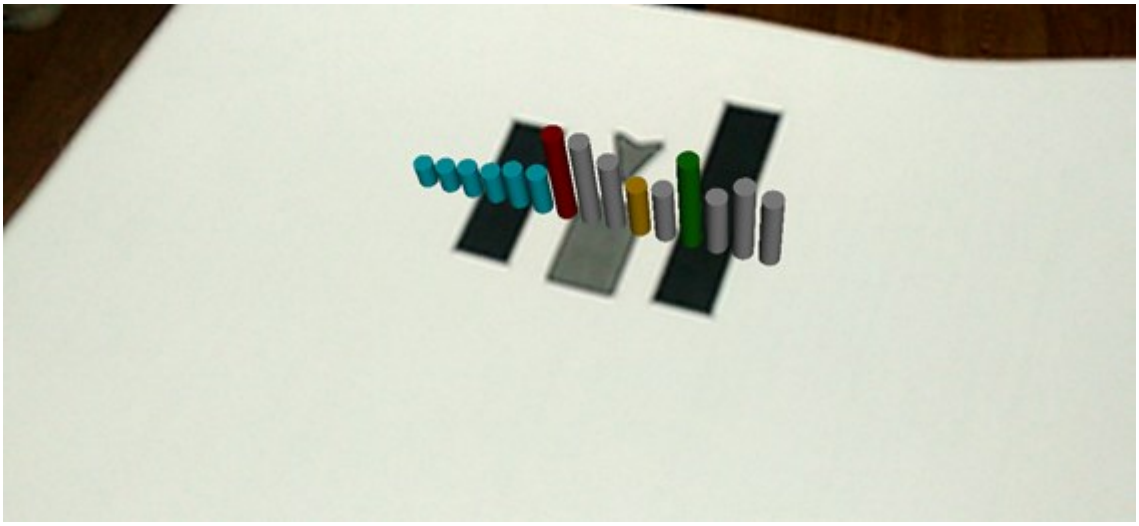
Metaio SDK Unity Package hazırlanan projeye eklenmiştir. Paket içerisinde gelen *metaioSDK prefab*'ı yeni oluşturulmuş boş bir sahneye eklenmiştir. Eklenen örneğin bir alt nesnesi olan *MetaioTracker*'ın altına daha önce oluşturulan *Sorter* nesnesi eklenmiştir. Her bir algoritma için *MetaioTracker*'ın iki kopyası daha oluşturulur. İlkinin *Sorter* nesnesine ait algoritması *Selection,* ikincisinin *Bubble*, üçüncüsünün ise *Insertion* olarak ayarlanmıştır. Son olarak *metaioSDK* nesnesi üzerinde bulunan *tracking configuration* özelliğinde *select source* değerine "*tracking.xml*" dosyasının bulunduğu yol atanmıştır. Bu sayede AR sırasında tespit edilecek doğal işaret sonrası ekranda gösterilecek algoritmaya ait animasyon belirlenmiş olmaktadır. *metaioSDK* nesnesinde belirtilen konfigürasyon dosyasına ait klasörde yer alan "*tracking.xml*" dosyası teze ait işaretçilere göre yapılandırılmıştır.

3.4.4. Uygulamanın çıktıları ve görselleri

Seçmeli sıralama algoritmasına ait ekran görüntüleri öğrencilere verilen dokümana mobil aygıt yardımıyla bakılarak elde edilmiştir. Diğer sıralama algoritmalarına ait ekran görüntüleri Unity3D' nin editöründen alınmıştır.

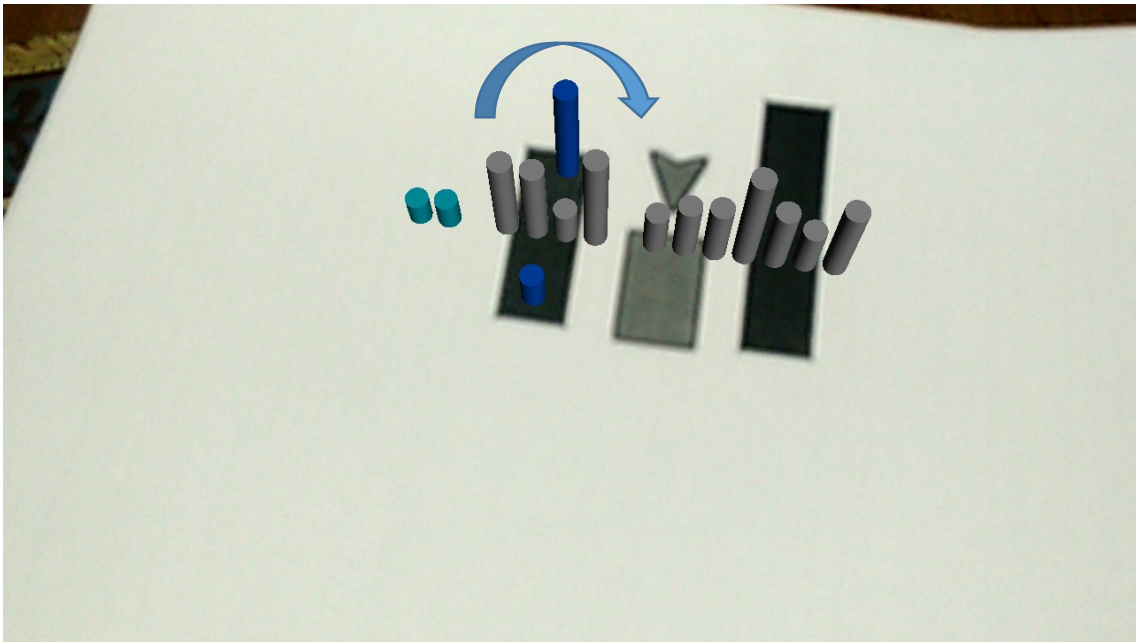
Seçmeli sıralama algoritmasına ait ekran çıktısı Şekil 3.7'de yer almaktadır. Kırmızı renkte olan silindir *Pivot* durumunda olan Çizelge 3.1'deki *I* parametresini temsil etmektedir. Sarı renkteki silindir o ana kadar gezilen silindirler arasındaki en küçük

elemanı *Marked* durumunda olanı temsil eder. Yeşil silindir ise Çizelge 3.1'deki *J* parametresini yani *Comparing* durumunda olan silindiri göstermektedir.



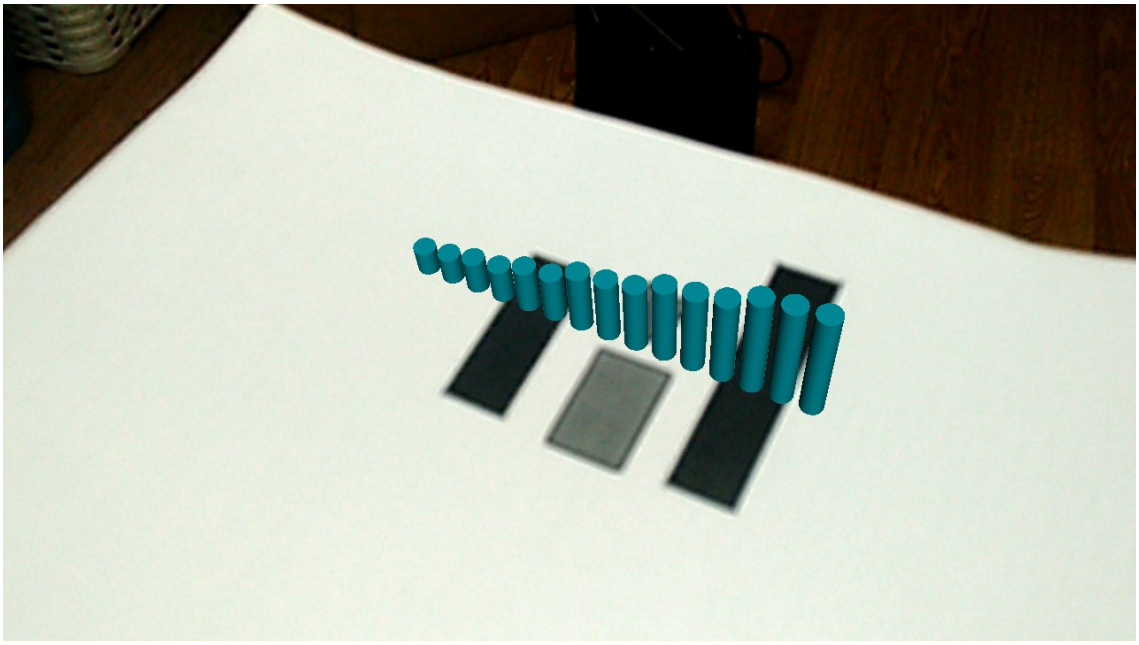
Şekil 3.7. Seçmeli sıralama algoritması – Karşılaştırma durumunda.

Şekil 3.8'de karşılaştırma sonucunda sarı renkte olan en küçük silindir ile kırmızı renkte olan *Pivot* silindir yer değiştireceği için *Swap* yani lacivert renge dönmüştür. Sıralamada nihai yerini bulan silindir ise yer değiştirirken mavi renk *Sorted* rolüne geçmiştir.



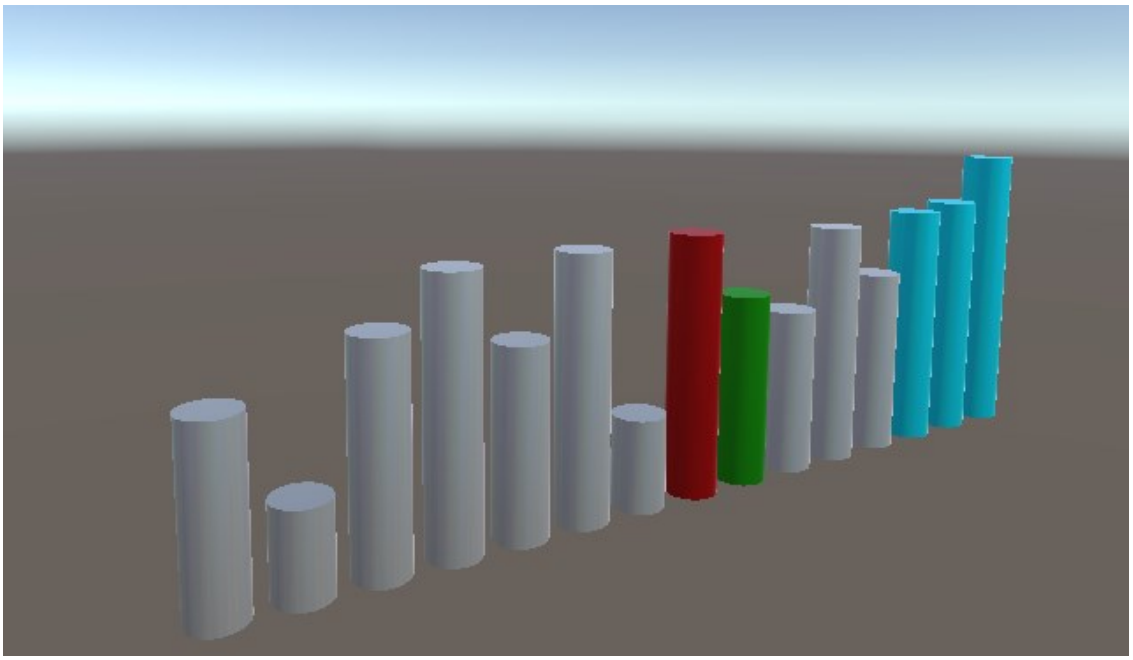
Şekil 3.8. Seçmeli sıralama algoritması – Yer değiştirme durumunda.

Şekil 3.9'da seçmeli sıralama algoritması için bütün silindirler sıralanmış halde görülmektedir.

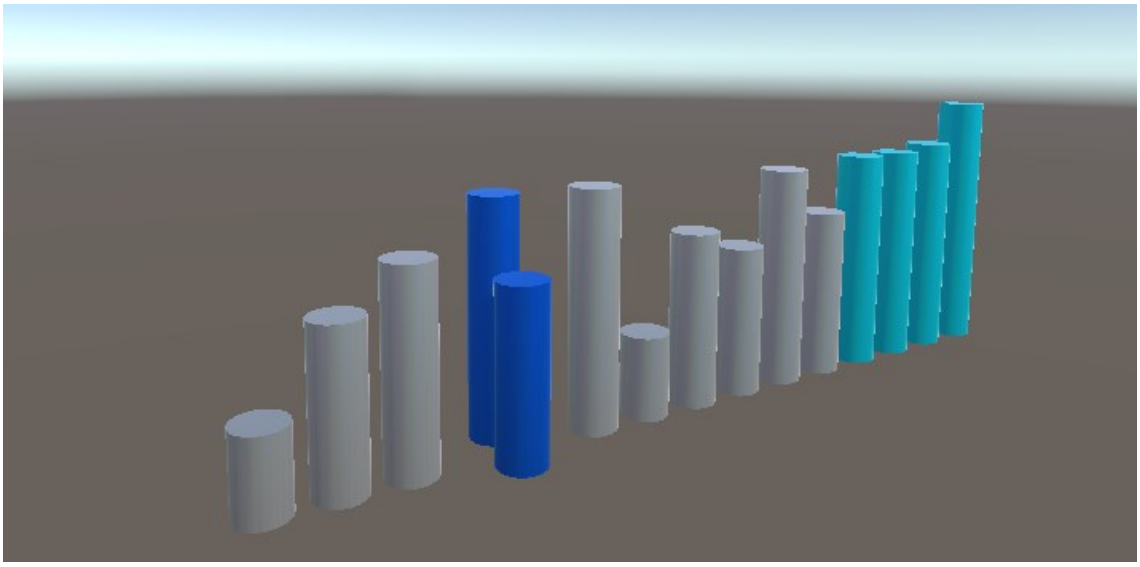


Şekil 3.9. Seçmeli sıralama algoritması - Sıralı liste.

Kabarcık sıralama algoritmasında her silindir yanındaki silindirle kıyaslanmaktadır. Bu durumda hem *Pivot* hem de *Comparing* durumundaki silindirlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bununla beraber *I* ve *J* parametreleri her zaman birbirleri ile karşılaştırıldığı için *Marked* durumuna ihtiyaç duyulmamaktadır. Şekil 3.10'da kabarcık sıralama algoritmasına ait bir görüntü yer almaktadır. Kabarcık sıralama algoritmasında her iterasyonda o iterasyona ait en büyük silindir listenin sonuna geçerek *Sorted* rolüne geçecektir. Şekil 3.10'da sondaki üç silindirin sıralanmış hali, Şekil 3.11'de görüldüğü gibi yer değiştirme işlemi nedeniyle silindirler *Swap* durumunda görülmektedir.



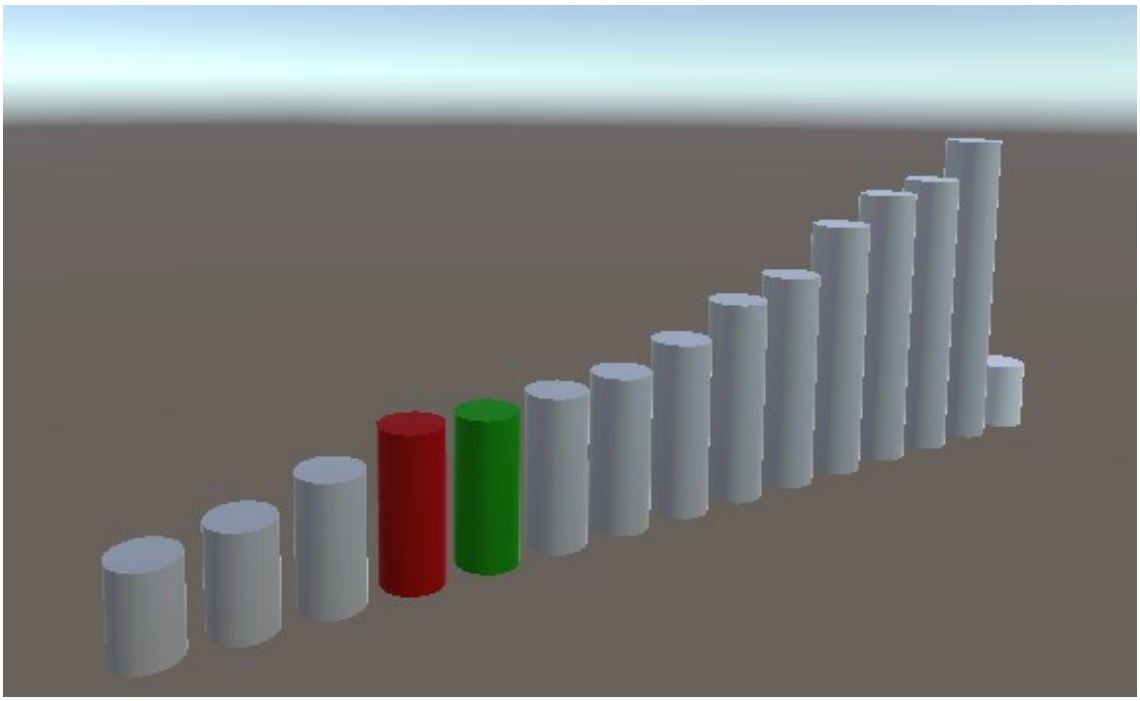
Şekil 3.10. Kabarcık sıralama algoritması - Karşılaştırma



Şekil 3.11. Kabarcık sıralama algoritması - Yer değiştirme durumnda

Eklemeli sıralama algoritmasında ise seçilen silindir sol tarafındaki bütün silindirlerle kıyaslanıp solundaki dizide doğru yere yerleştirilmektedir. Bu yapılırken her sola kaymasında ilgili silindirle yer değiştirmesi gerekmektedir. Bu nedenle aynı kabarcık algoritmasındaki gibi *Pivot*, *Comparing* durumlarına ihtiyaç duyulmaktadır. İterasyon tamamen bitmeden hiçbir silindirin sıradaki yeri belirli değildir. Bu da *Sorted* durumunu ancak sıralama algoritması sonlandığında görmemize olanak tanımaktadır. Şekil 3.12'de

eklemeli sıralama algoritmasından bir ekran görüntüsü yer almaktadır ve görüldüğü gibi dizi neredeyse sıralı gibi gözükmektedir. Ancak son silindir en başa geçtiğinde sıralama işlemi tamamlanmış olacağı için son iterasyona girerken dizideki elemanların hepsinin yeri yanlış olmaktadır.



Şekil 3.12. Eklemeli Sıralama Algoritması

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Çalışmanın değerlendirilmesi için, Selçuk Üniversitesi 2014-2015 Eğitim Öğretim yılı Yaz okulu kapsamında "*Algoritmalar*" dersini alan 35 öğrenciye uygulamanın çalışması ile ilgili bilgi verilerek, öğrencilere sunum yapıldıktan sonra uygulamayı görme ve deneme fırsatı verilmiştir. Değerlendirme sonucuna göre genel olarak öğrencilere dağıtılan anketlere verdikleri cevaplarda, öğrencilerin uygulamayı keyifli ve yenilikçi bulduğu gözlemlenmiştir.

4.1. Anket Çalışması

Kose ve ark. (2013) geliştirdikleri AR aracının verimliliğini ölçmek için öğrencilere anket düzenlemiştir. Tez kapsamında yapılan anket çalışmasının soruları bu çalışmadan alınmıştır. Anketin cevapları için likert ölçeği kullanılmıştır. Likert ölçeği, eğilimleri ayrıntılı bir şekilde gözleme imkanı vermesi nedeniyle genellikle anket gibi yöntemlerle elde edilen verilerin değerlendirilmesinde kullanılan bir modeldir. Öğrencilerden elde edilen frekans bazlı anket sonuçları Tablo 4.1'de ayrıntılı bir şekilde gösterilmiştir.

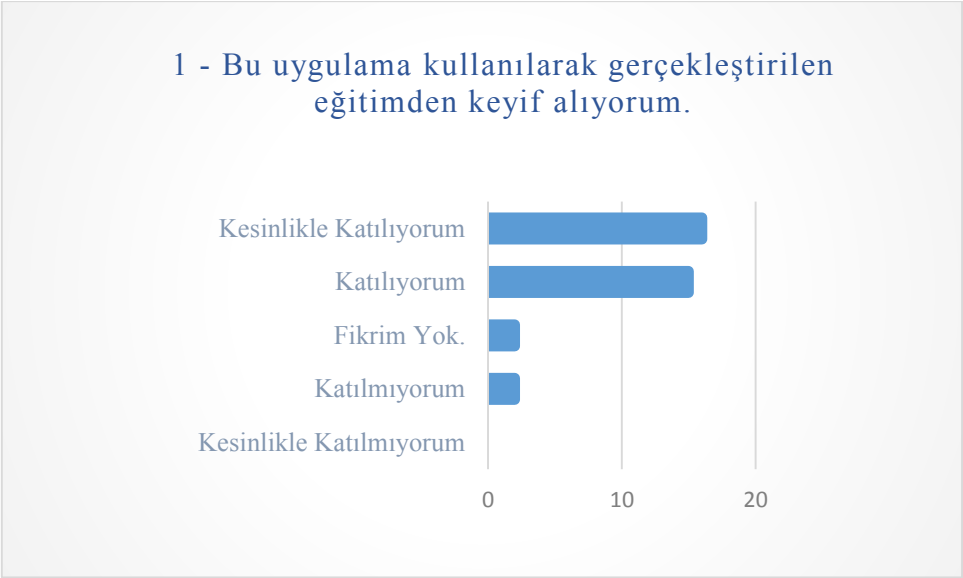
Tablo 4.1. Anket sonuçları

		Kesinlikle Katılmıyorum	**Katılmıyorum**	**Fikrim Yok.**	**Katılıyorum**	**Kesinlikle Katılıyorum**
1	Bu uygulama kullanılarak gerçekleştirilen eğitimden keyif alıyorum.	-	2	2	15	16
2	Bu uygulama sayesinde anlaşılması zor konuları öğrenmek daha kolay oluyor.	-	1	1	11	22
3	Uygulamayı kullanmak zordu.	8	13	8	5	1
4	Bu uygulama ile dersin konularını öğrenirken özgüvenimin arttığını hissettim.	-	2	8	17	8
5	Bu uygulama kullanılarak algoritmalar dersini öğrenmek daha etkili olmuştur.	-	1	-	17	17
6	Bu uygulamayı diğer e-öğrenme yaklaşımlarına tercih ederim.	1	2	6	15	11
7	Böyle bir öğrenme sürecinde tekrar yer almak istemiyorum.	21	10	1	3	-
8	Uygulamada gözüken materyaller ilgi çekiciydi.	-	1	3	22	9
9	Bu uygulama sayesinde başarım artmıştır.	-	2	12	19	2
10	Bu uygulama daha hızlı öğrenmeme yardımcı oldu.	1	-	4	16	14

4.2. Tartışma

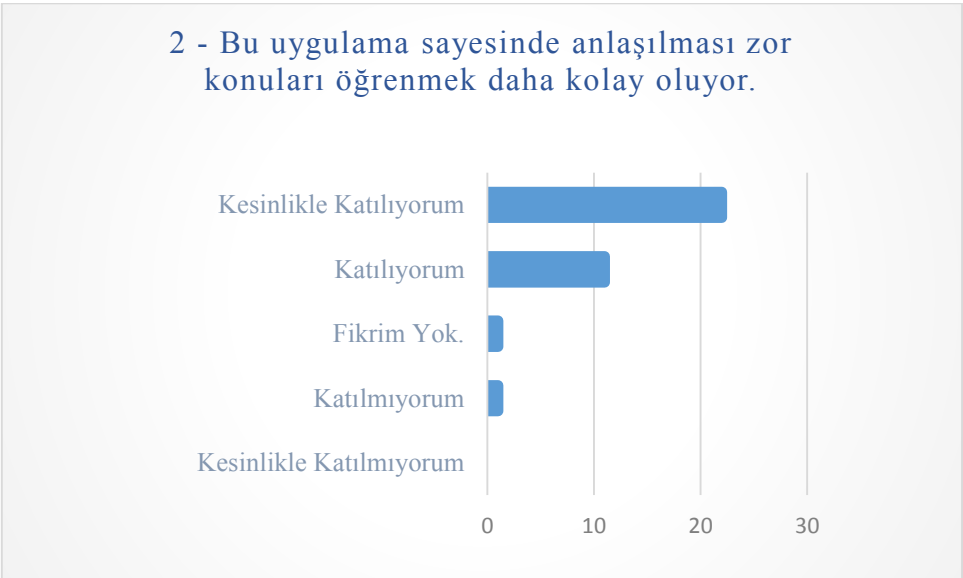
Anket sonuçlarına göre tezde gerçekleştirilen uygulama genel anlamda öğrencilere göre AR'in etkin bir yöntem olduğunu göstermiştir. *3.*, *4.* ve *9.* sorularda öğrencilerin önemli bir kısmının kararsız kalması da uygulamanın daha uzun bir süreçte derse dahil edilmesinin gerektiğini göstermektedir. Bir dönem boyunca olan tüm müfredatın her aşamasında arttırılmış gerçeklik etkin bir şekilde kullanılırsa bu kararsızlıkların ortadan kalkması da söz konusu olacaktır.

Şekil 4.1'de 1. soruya verilen cevapların yoğunlukları görülmektedir. Bu sonuçlara göre % 89 oranında katılımcıların uygulamadan keyif aldığı gözlemlenmiştir.



Şekil 4.1. 1. Soruya ait cevapların sıklığı.

Şekil 4.2'de 2. soruya verilen cevapların yoğunlukları görülmektedir. Katılımcılar dersin anlaşılmasındaki zorlukların % 94' lük bir oranda giderildiğini düşünmektedirler. AR uygulamasının öğrencilerin dersi anlamasını ve öğretim üyesinin daha verimli ders anlatmasını sağlayacağına işaret etmektedir.



Şekil 4.2. 2. Soruya ait cevapların sıklığı.

Şekil 4.3‘te 3. soruya verilen cevapların yoğunlukları görülmektedir. Katılımcılar % 60 oranında uygulamanın zor olduğunu düşünmemektedirler. Ancak % 20 lik bir oran uygulamanın kullanılmasının zor olduğunu düşünmektedir. Uygulamanın tanıtılması esnasında arttırılmış gerçekliğin genel sorunları olarak yer alan yetersiz ışık kaynağı, işaretçiyi tanımaya engel olan kamera kalitesi ve katılımcının taşınabilir cihazını doğru bir şekilde işaretçinin üzerine getirememesi gibi sorunlarla karşılaşılmıştır. % 20 lik orandaki kararsız sonucunun nedeninin ise ileride taşınabilir cihaz teknolojisini önemli oranda değiştirecek olan akıllı gözlüklerin kullanıcıların hayatlarına daha kolay girmesi ile uygulamanın daha rahat kullanılabilir olma olasılığını arttırmasıdır. Bu cevaplarda bu sorunların etkili bir rol aldığı katılımcılardan alınan tanıtım sonrası elde edilen geri besleme sonucu anlaşılmıştır.



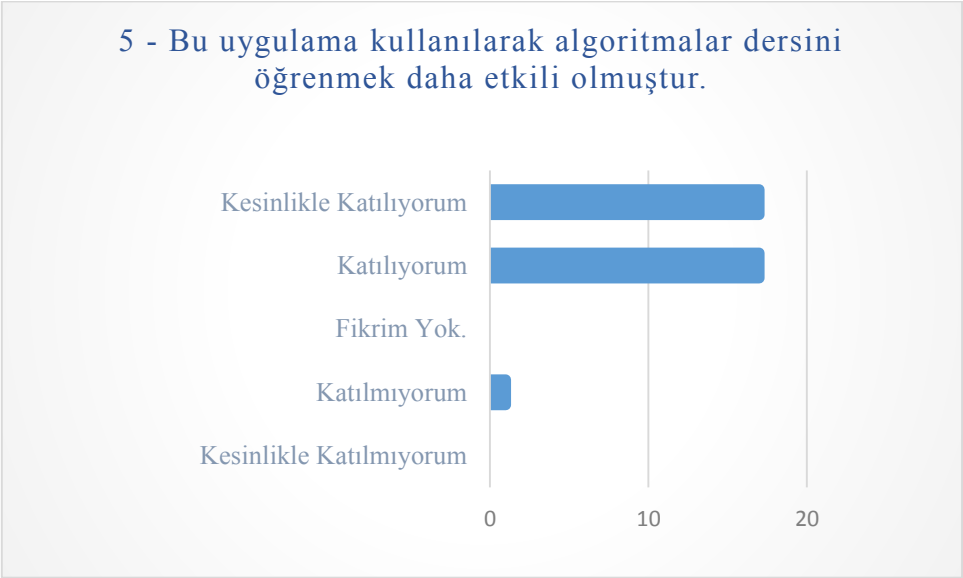
Şekil 4.3. 3. Soruya ait cevapların sıklığı.

Şekil 4.4‘te 4. soruya verilen cevapların yoğunlukları görülmektedir. Konuları öğrenirken özgüveninin arttığını düşünen katılımcıların oranı % 71 olarak gözlemlenmiştir. Uygulamanın öğrencilerin kendi kendine (*otonom*) öğrenme imkanı tanımasının ve bunu keyifli bir şekilde sunmasının önemli bir rolü olmuştur.



Şekil 4.4. 4. Soruya ait cevapların sıklığı.

Şekil 4.5'te 5. soruya verilen cevapların yoğunlukları görülmektedir. Verilere göre katılımcıların tamamına yakını dersin etkili öğrenilmesi konusunda hem fikir olmuştur.



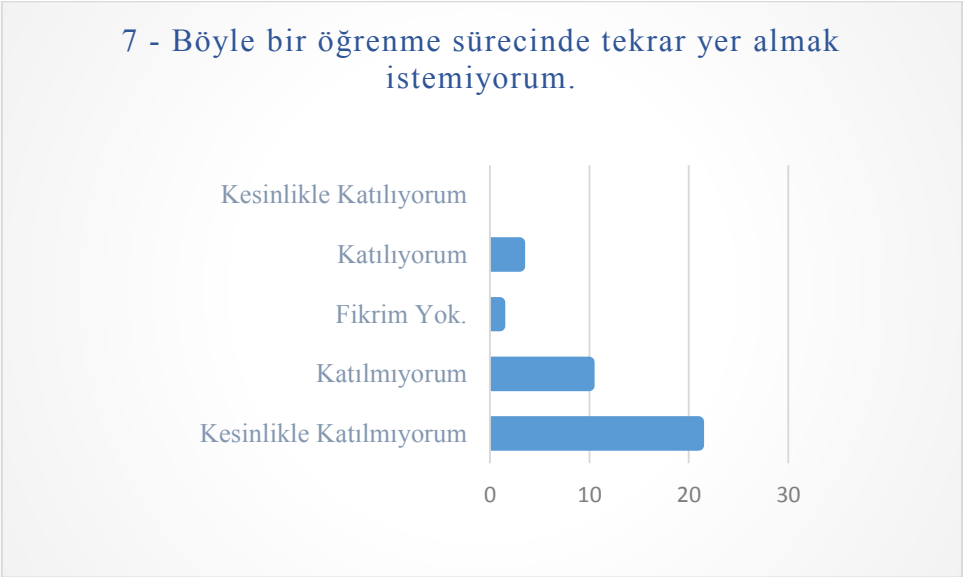
Şekil 4.5. 5. Soruya ait cevapların sıklığı.

Şekil 4.6'da 6. soruya verilen cevapların yoğunlukları görülmektedir. Katılımcılara göre % 74'lik oranda arttırılmış gerçeklik uygulamaları diğer e-öğrenme yöntemlerine göre daha etkileyici ve yenilikçi gelmiştir.



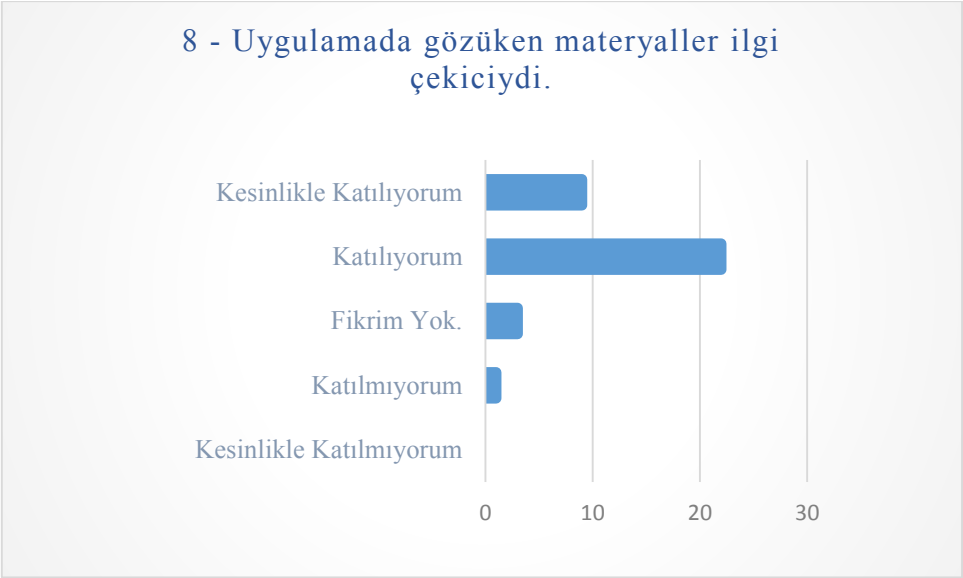
Şekil 4.6. 6. Soruya ait cevapların sıklığı.

Şekil 4.7'de 7. soruya verilen cevapların yoğunlukları görülmektedir. % 88 oranında katılımcılar uygulamanın öğrenme sürecinde önemli bir yerde olduğunu düşünerek böyle bir süreçte tekrar yer almayı tercih etmişlerdir.



Şekil 4.7. 7. Soruya ait cevapların sıklığı.

Şekil 4.8'de 8. soruya verilen cevapların yoğunlukları görülmektedir. Katılımcılar için bu uygulama % 88 oranında dikkat çekici olmuştur. Uygulamada kullanılan materyaller sıralama algoritmalarının anlaşılırlığını arttırmıştır.



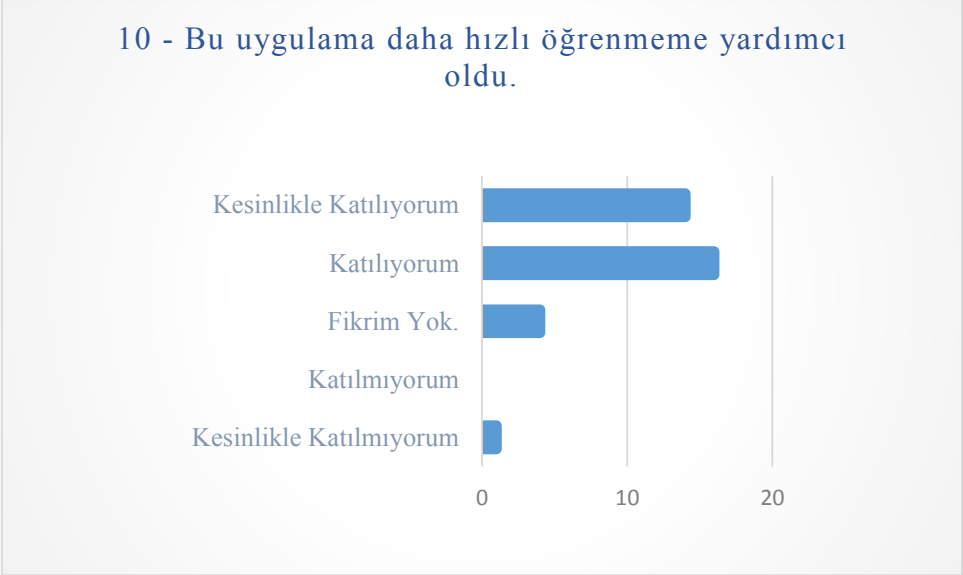
Şekil 4.8. 8. Soruya ait cevapların sıklığı.

Şekil 4.9'da 9. soruya verilen cevapların yoğunlukları görülmektedir. Anketteki bu soru en büyük oranda kararsızlık yaratan soru olmuştur. Bunun nedeni öğrencilerin başarılarının sadece tek derste işlenilen bir konu ile belirlenememesidir. Eğer bir öğretim dönemi içerisindeki bütün ders içeriği arttırılmış gerçeklik uygulaması kullanılarak oluşturulabilirse bu sorunun cevap yoğunluğu doğru bir şekilde dağılacaktır. Yine de katılımcıların gerçekleştirilen uygulamanın başarıyı olumlu yönde etkilediği fikri ortaya çıkmaktadır.



Şekil 4.9. 9. Soruya ait cevapların sıklığı.

Şekil 4.10‘da 10. soruya verilen cevapların yoğunlukları görülmektedir. Uygulamanın birçok e-öğrenme yöntemindeki gibi görselleştirme yöntemi ile öğrenme hızını arttırdığı katılımcılar tarafından kabul görmüştür.



Şekil 4.10. 10. Soruya ait cevapların sıklığı.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1. Sonuç

Tezde Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü 2014 - 2015 Eğitim - Öğretim Yılı öğretim planındaki Algoritmalar dersinin müfredatında yer alan sıralama algoritmalarının; öğrencilerin daha anlaşılır, kolay ve interaktif bir şekilde öğrenmesi için çok platformlu *AlgAR* arttırılmış gerçeklik uygulaması geliştirilmiştir. Uygulama geliştirilirken Unity 3D ve Metaio SDK eklentisi kullanılmıştır. AlgAR, yaz döneminde öğrenim gören bilgisayar mühendisliği öğrencilerinin kullanımına sunulmuştur ve sonrasında değerlendirme anketi yapılmıştır. Uygulama, anket sonuçlarından da anlaşılacağı üzere öğrencilerin dikkatini çekmiş, derse olan ilgisini arttırmış ve dersten keyif almalarını sağlamıştır. Mevcut öğretim tekniklerinin bu uygulamaya nazaran geleneksel kalması öğretimde zaaflara yol açmaktadır. Üniversitedeki bölümlerin artan öğrenci kontenjanı göz önünde bulundurulursa, öğretim görevlilerinin öğrencilerle yeterince ilgilenememesi, öğrencilerin derslere olan ilgisini azaltmakta ve sonuç olarak da onların başarı oranlarını düşürmektedir. AR ve benzeri öğretim teknikleri ile öğretimde yer alan monotonluktan uzaklaşılarak öğrencilerin özgüvenini arttıran, ders konuları ile ilgili karşılaştıkları problemlerle kendi kendilerine cevap alabilen bir ortam sağlanmıştır. Bu sayede ders saatinin daha verimli geçmesine olanak tanınmıştır. Algoritmalar dersine dahil edilen bu AR uygulaması, öğrenciler ve dolaylı olarak öğretim görevlileri tarafından ilgi ile karşılanmıştır.

5.2. Öneriler

AR, son yıllarda artan bir ivmeyle ilgi görmektedir. Bu ilgi hem akademik hem de ticari anlamda göze çarpmaktadır. Akıllı gözlüklerin kullanım sıklıklarının artmasıyla AR sistemlerinin daha sık oluşturulacağı öngörülmektedir. Bu sayede üniversitelerde hem eğitim-öğretim hem de sosyal alanlarda AR uygulamalarının zenginleşmesi söz konusu olacaktır. Günümüzde AR içeriği oluşturmak oldukça zordur. Bunun nedeni birçok öğretmen ve öğrencinin 3D model oluşturma konusunda yeterli teknik bilgiye sahip olamamasıdır. Ancak birçok firmanın kullanıcı dostu arttırılmış gerçeklik yazılım

stüdyoları geliştirmesiyle bu sorunlar zamanla düzelmesi beklenmektedir. Günümüzde eğitimci ve araştırmacıların eğitimde önemli derecede sorun oluşturan konuların azaltılmasında başarılı olan AR teknolojilerinin gelişimi ile ilgilenmesi gelecekte eğitim ve öğretim kalitesinin üst düzeylere çıkmasını sağlayacaktır. Gelecek çalışmalarda Bilgisayar Mühendisliği bölümüne ait bütün derslerin, öğrenciler arasındaki sosyal aktivitelerin AR uygulamaları üzerinden yapılmasını olanak tanıyan uygulamanın gerçekleştirilmesi düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Akbas, M. F., 2011, Mobil cihazlar üzerinde 3-boyutlu arttırılmış gerçeklik arayüz yazılımı geliştirme, Yüksek Lisans Tezi, *Ege Ünversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, 26-30.

ARSDKCompare, 2015, Comparison of Augmented Reality SDKs [online], http://socialcompare.com/en/comparison/augmented-reality-sdks, [Ziyaret Tarihi: 01.08.2015]

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

Behzadan, A. H., Dong, S. and Kamat, V. R., 2015, Augmented reality visualization: A review of civil infrastructure system applications, *Advanced Engineering Informatics*, 29 (2), 252-267.

Benford, S., Greenhalgh, C., Reynard, G., Brown, C. and Koleva, B., 1998, Understanding and constructing shared spaces with mixed-reality boundaries, *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 5 (3), 185-223.

Billinghurst, M., Kato, H. and Poupyrev, I., 2001, The MagicBook: a transitional AR interface, *Computers & Graphics*, 25 (5), 745-753.

Cabrilo, I., Schaller, K. and Bijlenga, P., 2015, Augmented Reality-Assisted Bypass Surgery: Embracing Minimal Invasiveness, *World Neurosurg*, 83 (4), 596-602.

Cai, S., Wang, X. and Chiang, F.-K., 2014, A case study of Augmented Reality simulation system application in a chemistry course, *Computers in Human Behavior*, 37, 31-40.

Caudell, T. P. and Mizell, D.W., 1992, Augmented reality: an application of heads-up display technology to manual manufacturing processes, *System Sciences, Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii International Conference 7-10 January 1992*, Kauai, 2, 659-669 .

Chen, C. H., Ho, C.-H. and Lin, J.-B., 2015, The Development of an Augmented Reality Game-based Learning Environment, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 174, 216-220.

Chen, X., Xu, L., Wang, Y., Wang, H., Wang, F., Zeng, X., Wang, Q. and Egger, J., 2015, Development of a surgical navigation system based on augmented reality using an optical see-through head-mounted display, *J Biomed Inform*, 55, 124-131.

Cheng, K.-H. and Tsai, C.-C., 2014, Children and parents' reading of an augmented reality picture book: Analyses of behavioral patterns and cognitive attainment, *Computers & Education*, 72, 302-312.

Chi, H.-L., Kang, S.-C. and Wang, X., 2013, Research trends and opportunities of augmented reality applications in architecture, engineering, and construction, *Automation in Construction*, 33, 116-122.

Cirulis, A. and Brigmanis, K. B., 2013, 3D Outdoor Augmented Reality for Architecture and Urban Planning, *Procedia Computer Science*, 25, 71-79.

Craig, A. B., 2013, Understanding augmented reality : concepts and applications, *Morgan Kaufmann*, Amsterdam ,125-149.

Crowley, J. L., Berard, F. and Coutaz, J., 1995, Finger Tracking as an Input Device for Augmented Reality, *Proceedings of the International Workshop on Face and Gesture Recognition 2009*, Zurich, Switzerland, 195-200.

Edgcumbe, P., Pratt, P., Yang, G.-Z., Nguan, C. and Rohling, R., 2014, Pico Lantern: A Pick-up Projector for Augmented Reality in Laparoscopic Surgery, *Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention – MICCAI 2014*. Eds: Golland, P., Hata, N., Barillot, C., Hornegger, J., Howe, R., *Springer*, International 432-439.

El Sayed, N. A. M., Zayed, H. H. and Sharawy, M. I., 2011, ARSC: Augmented reality student card, *Computers & Education*, 56 (4), 1045-1061.

Eyraud, R., Zibetti, E. and Baccino, T., 2015, Allocation of visual attention while driving with simulated augmented reality, *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 32, 46-55.

Falk, J., Redstrom, J. and Bjork, S., 1999, Amplifying reality, *Handheld and Ubiquitous Computing*, 1707, 274-280.

Fang, H. C., Ong, S. K. and Nee, A. Y. C., 2012. Robot Path and End-Effector Orientation Planning Using Augmented Reality, *Procedia CIRP*, 3, 191-196.

Feiner, S., MacIntyre, B., Höllerer, T. and Webster, A., 1997, A touring machine: Prototyping 3D mobile augmented reality systems for exploring the urban environment, *Personal Technologies*, 1 (4), 208-217.

Furht, B., 2011, Handbook of Augmented Reality, *Springer*, New York, 3-10.

Jeřábek, T., Rambousek, V. and Wildová, R., 2015, Perceptual Specifics and Categorisation of Augmented Reality Systems, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 191, 1740-1744.

Kanade, T., Rander, P. and Narayanan, P. J., 1997, Virtualized Reality: Constructing Virtual Worlds from Real Scenes, *IEEE Multimedia*, 4 (1), 34-47.

Kaufmann, H. and Schmalstieg, D., 2003, Mathematics and geometry education with collaborative augmented reality, *Computers & Graphics*, 27 (3), 339-345.

Kose, U., Koc, D. and Yucesoy, S. A., 2013, An Augmented Reality based Mobile Software to Support Learning Experiences in Computer Science Courses, *Procedia Computer Science*, 25, 370-374.

Krueger, M. W., Gionfriddo, T. and Hinrichsen, K., 1985, VIDEOPLACE - an artificial reality. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems CHI '85*, San Francisco, California, USA, 35-40.

Lee, S., Suh, J. and Park, H.-D., 2015, BoreholeAR: A mobile tablet application for effective borehole database visualization using an augmented reality technology. *Computers & Geosciences*, 76, 41-49.

Lin, T.-J., Duh, H. B.-L., Li, N., Wang, H.-Y. and Tsai, C.-C., 2013, An investigation of learners' collaborative knowledge construction performances and behavior patterns in an augmented reality simulation system, *Computers & Education*, 68, 314-321.

Livingston, M. A., Rosenblum, L. J., Julier, S. J., Brown, D., Baillot, Y., Gabbard, J. L. and Hix, D., 2002, An augmented reality system for military operations in urban terrain, *Proceedings of Interservice/Industry Training, Simulation & Education Conference (I/ITSEC) '02*, Orlando, Florida, USA, 89.

Majid, N. A. A., Mohammed, H. and Sulaiman, R., 2015, Students' Perception of Mobile Augmented Reality Applications in Learning Computer Organization, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 176, 111-116.

Mann, S., 1999, Mediated Reality, *Linux Journal*, 59, 5.

Martín-Gutiérrez, J., Fabiani, P., Benesova, W., Meneses, M. D. and Mora, C. E., 2015, Augmented reality to promote collaborative and autonomous learning in higher education, *Computers in Human Behavior*, 51 (Part B), 752-761.

Mayer, R. E., 2009,. Multimedia Learning Second Edition, *Cambridge University Press*, 89-240.

Metaio, 2015, Metaio SDK official website [online], https://www.metaio.com/index.html [Ziyaret Tarihi: 08.08.2015]

Meža, S., Turk, Ž. and Dolenc, M., 2015, Measuring the potential of augmented reality in civil engineering, *Advances in Engineering Software*, 90, 1-10.

Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A. and Kishino, F., 1994, Augmented Reality - a Class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum, *Telemanipulator and Telepresence Technologies*, 2351, 282-292.

Mohring, M., Lessig, C. and Bimber, O., 2004, Video See-Through AR on Consumer Cell-Phones, *ISMAR '04 Proceedings of the 3rd IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, Washington DC, USA**,** 252-253.

Sensors, 2015, Sensor Types [online], http://www.mysensors.org/about/components, [Ziyaret Tarihi: 10.08.2015]

Nincarean, D., Alia, M. B., Halim, N. D. A. and Rahman, M. H. A., 2013, Mobile Augmented Reality: The Potential for Education, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 103, 657-664.

Portman, M. E., Natapov, A. and Fisher-Gewirtzman, D., 2015, To go where no man has gone before: Virtual reality in architecture, landscape architecture and environmental planning, *Computers, Environment and Urban Systems*, In Press.

Processors, 2015, Necessary Features int latest smartphones [online], http://knowyourhandheld.weebly.com/blog/what-are-the-necessary-features-in-latest-smartphones [Ziyaret Tarihi: 15.08.2015]

Rabbi, I. and Ullah, S., 2013, A Survey on Augmented Reality Challenges and Tracking, *Acta Graphica*, 24, 29-46.

Raskar, R., Welch, G., Cutts, M., Lake, A., Stesin, L. and Fuchs, H., 1998, The office of the future: a unified approach to image-based modeling and spatially immersive displays, *SIGGRAPH '98 Proceedings of the 25th annual conference on Computer graphics and interactive techniques*, 179-188.

Santana-Mancilla, P. C., Garc'a-Ruiz, M. A., Acosta-Diaz, R. and Juárez, C. U., 2012, Service Oriented Architecture to Support Mexican Secondary Education through Mobile Augmented Reality, *Procedia Computer Science*, 10, 721-727.

Schnabel, M., 2009, Framing Mixed Realities. In: Mixed Reality In Architecture, Design And Construction, Eds: Wang, X., Schnabel, M., *Springer*, Netherlands, 3-11.

Schwald, B. and Seibert, H., 2004, Registration tasks for a hybrid tracking system for medical augmented reality, *International Conference in Central Europe on Computer Graphics, Visualization and Computer Vision (WSCG)*, Czech Republic**,** 411-418.

Siltanen, S., 2012, Theory and Applications of Marker-based Augmented Reality, *VTT Science*, 40-45.

Souza-Concilio, I. de A. and Pacheco, B. A., 2013, The Development of Augmented Reality Systems in Informatics Higher Education, *Procedia Computer Science*, 25, 179-188.

Sutherland, I. E., 1968, A head-mounted three dimensional display, *Proceedings of the December 9-11, 1968, fall joint computer conference, part I*, San Francisco, California, 757-764.

Tatzgern, M., Grasset, R., Veas, E., Kalkofen, D., Seichter, H. and Schmalstieg, D., 2015, Exploring real world points of interest: Design and evaluation of object-centric exploration techniques for augmented reality, *Pervasive and Mobile Computing*, 18, 55-70.

Unity3D, 2015, Unity 3D official website [online], https://unity3d.com [Ziyaret Tarihi: 01.07.2015]

Wagner, D., Schmalstieg, D. and Billinghurst, M., 2006, Handheld AR for Collaborative Edutainment, *Advances in Artificial Reality and Tele-Existence*, Eds: Pan, Z., Cheok, A., Haller, M. et al., *Springer*, Berlin Heidelberg, 85-96.

Wei, X., Weng, D., Liu, Y. and Wang, Y., 2015, Teaching based on augmented reality for a technical creative design course, *Computers & Education*, 81, 221-234.

Yang, P., Wu, W., Moniri, M. and Chibelushi, C., 2008, A sensor-based SLAM algorithm for camera tracking in virtual studio, *International Journal of Automation and Computing*, 5 (2), 152-162.

Yen, J.-C., Tsai, C.-H. and Wu, M., 2013, Augmented Reality in the Higher Education: Students' Science Concept Learning and Academic Achievement in Astronomy, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 103, 165-173.

Yilmaz, R. M., 2016, Educational magic toys developed with augmented reality technology for early childhood education, *Computers in Human Behavior*, 54, 240-248.

Yuen, S. C.-Y., Yaoyuneyong, G. and Johnson, E., 2011, Augmented reality: An overview and five directions for AR in education, *Journal of Educational Technology Development and Exchange*, 4 (1), 119-140.

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

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	**:**	Ürün Tunalı
Uyruğu	**:**	T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi	**:**	Eskişehir / 02.01.1985
Telefon	**:**	0 539 471 45 90
e-mail	**:**	utunali@selcuk.edu.tr

EĞİTİM

Derece		**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	:	**Eskişehir Anadolu Lisesi, Tepebaşı, Eskişehir**	**2002**
Üniversite	:	**Kocaeli Üniversitezi, İzmit, Kocaeli**	**2009**
Yüksek Lisans	:	**Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, Konya**	**-**
Doktora	:		

UZMANLIK ALANI: Arttırılmış Gerçeklik, Unity3D, Metaio SDK, C, C++, C#, Java, MSSQL.

YABANCI DİL: İngilizce, Almanca

YAYINLAR

Tunalı Ü., Ülker E., 2015, "*Augmented Reality Application in Undergraduate Education*", International Conference on Advanced Technology & Sciences (ICAT'15)

Tunalı Ü., Ülker E., 2014, *"GSA Implementation for Solving Sudoku Puzzles"*, International Journal of Arts & Sciences (IJAS'14).