

**YERALTI MADENCİLİĞİ EĞİTİMİNDE
BAZI SANAL GERÇEKLIK
UYGULAMALARI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mustafa GÜR SOY

Danışman

Prof. Dr. İ. Sedat BÜYÜKSAĞIŞ

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Ağustos 2020

**AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**YERALTI MADENCİLİĞİ EĞİTİMİNDE
BAZI SANAL GERÇEKLİK UYGULAMALARI**

Mustafa GÜRSOY

Danışman

Prof. Dr. İ. Sedat BÜYÜKSAĞIŞ

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Ağustos 2020

TEZ ONAY SAYFASI

Mustafa GÜRSOY tarafından hazırlanan “Yeraltı Madencilik Eğitiminde Bazı Sanal Gerçeklik Uygulaması” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 05 / 08 / 2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği** ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Maden Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. İ. Sedat BÜYÜKSAĞIŞ

Başkan : Prof. Dr. Mahmut YAVUZ
Eskişehir Osmangazi Ün., Ün., Mühendislik Fak. **İmza**

Üye : Prof. Dr. İ. Sedat BÜYÜKSAĞIŞ
Afyon Kocatepe Ün., Mühendislik Fak. **İmza**

Üye : Doç. Dr. İrfan C. ENGİN
Afyon Kocatepe Ün., Mühendislik Fak. **İmza**

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun
..... /..... /..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....
Prof. Dr. İbrahim EROL
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI
Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

05 / 08 /2020

İmza

Mustafa GÜR SOY

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

YERALTI MADENCİLİĞİ EĞİTİMİNDE BAZI SANAL GERÇEKLİK UYGULAMALARI

Mustafa GÜRSOY

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. İ. Sedat BÜYÜKSAĞIŞ

Bu çalışmada; maden mühendisliği eğitimi alan öğrencilere klasik öğretimin yanında sanal gerçeklik teknolojilerini de kullanarak, hem öğrenmelerini kolaylaştırmak hem de kavrama hızlarını artırma yolu araştırılmıştır. Öğrencilerin yeteneklerini sanal gerçeklik uygulamaları yoluyla geliştirmek ve konuları görsellik yardımıyla daha iyi kavramalarını sağlamak amaçlanmıştır. Bu tez çalışması kapsamında, madenlerde YTB (Yükle-Taşı-Boşalt) ve vagon nakliyat sistemlerine ek olarak, paletli delik delme makinasının çalışma prensipleri, ortam değişikliklerine göre farklı seçimlerinin nasıl yapıldığı ile ilgili bilgiler sanal gerçeklik ortamında verilmeye çalışılmıştır. Sanal gerçeklik gözlüğü takan kullanıcının sanal bir ortamdaki eğitiminde, anılan nakliyat sistemlerine ve delme makinasına ilişkin önemli detaylarını etkileşimli bilgi kutuları yardımıyla öğrenmeleri hedeflenmiştir. Kullanıcının sanal gerçeklik gözlüğü yardımıyla örnek bir maden sahasında dolaşımı için, sanal bir yeraltı maden ocağına ait galeri, tahkimat, üretim alanı, nakliyat ve üretim sistemlerine ait görsel modellemeleri, Unity3D programında tasarlanmıştır. Bu tez çalışması ile maden mühendisliği öğrencilerinin bir yeraltı ocağına ilişkin bazı temel bilgiler sanal gerçeklik ortamında kazandırılması sağlanmaya çalışılmıştır.

2020, xi + 110 sayfa

Anahtar Kelimeler: Sanal Gerçeklik, Yeraltı madenciligi, Eğitim, Unity.

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

SOME VIRTUAL REALITY APPLICATIONS IN UNDERGROUND MINING EDUCATION

Mustafa GURSOY

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mining Engineering

Supervisor: Prof. I. Sedat BUYUKSAGIS

In this study; In addition to classical education to mining engineering students, the way to both facilitate their learning and increase their comprehension speeds has been investigated by using virtual reality technologies. It is aimed to improve students' abilities and to understand the subjects better by using visual reality through virtual reality applications. In this thesis, besides the LHD (Load-Haul-Dump) and wagon transportation systems in mines, information about the working principles of the crawler hole drilling machine and how to make different choices according to the changes in the conditions has been tried to be given in a virtual reality environment. In the training of the user wearing virtual reality glasses in a virtual environment, it is aimed to learn the important details of the mentioned transportation systems and drilling machine with the help of interactive information boxes. Visual models of the drift, ground supporting, production area, transportation and production systems of a virtual underground mine are designed in order to enable user to navigate in a sample mine through virtual reality helmet in the Unity3D. With this thesis, mining engineering students are tried to gain some basic information about an underground pit in a virtual reality environment.

2020, xi + 110 pages

Keywords: Virtual reality, Underground mining, Education, Unity

TEŞEKKÜR

Tez konusunun seçimi, bilimsel ęalıŐmaların ynlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aŐamalarındaki katkılarından dolayı, danıŐmanım Prof. Dr. İ. Sedat BÜYÜKSAGİŐ'e teŐekkürlerimi sunarım.

Araştırma ve yazım süresince yardımlarından dolayı Dr. Hakan ÇİFTÇİ'ye, her konuda öneri ve eleŐtirileriyle yardımlarını gördüğüm bölümümüz öğretim üyelerine ve ęalıŐma arkadaşlarıma çok teşekkür ederim.

Tüm hayatım boyunca desteklerini benden hiç esirgemeyen aileme de içten teşekkür ederim.

Mustafa GÜRSOY
Afyonkarahisar 2020

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	iv
KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
RESİMLER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ	4
3. SANAL VE ARTTIRILMIŞ GERÇEKLİK KAVRAMLARININ TANITILMASI ..	9
3.1 Sanal Gerçeklik Tarihçesi	9
3.2 Sanal Gerçeklik Ekipmanları	14
3.2.1 Nöron Algısı Projesi (Project Perception Neuron)	14
3.2.2 STEM Sistemi	17
3.2.3 Virtuix Omni Sistemi	18
3.3 Sanal Gerçeklik Uygulama Alanları	19
3.3.1 Eğitim.....	19
3.3.2 Tıp ve Sağlık	20
3.3.3 Spor	21
3.3.4 İnşaat	22
3.3.5 Seyahat ve Gezi.....	23
3.3.6 Askeri Kullanım	24
3.3.7 Madencilik.....	25
3.3.7.1 Dünyada Madencilik Alanında Sanal Gerçeklik Uygulaması Yapan Kuruluşlar	27
3.4 Arttırılmış Gerçeklik.....	29
3.4.1 Arttırılmış Gerçeklik Uygulama Alanları	30
3.4.1.1 Medikal.....	30
3.4.1.2 Üretim ve Tamir	32
3.4.1.3 Not Ekleme ve Görselleştirme	32
3.4.1.4 Robotların Güzergâh Planlaması.....	32

3.4.1.5 Eğlence	33
3.4.2 Vuforia AG Uygulama Platformu	33
3.4.2.1 Sanal Butonlar Oluşturma	38
3.4.2.2 Vuforia Uygulama Alanları.....	38
3.5 Klasik Eğitim ve Sanal Gerçeklik Eğitimi Karşılaştırması	39
4. ENDÜSTRİ 4.0-MADEN 4.0 VE SG-AG UYGULAMALARI	46
4.1 Otonom Robotlar	48
4.2 Siber Güvenlik (Gömülü Sistemler)	49
4.3 Sistem Entegrasyonu (Eklemeli İmalat)	50
4.4 Bulut Teknolojileri.....	50
4.5 Arttırılmış ve Sanal Gerçeklik	52
4.6. Simülasyon.....	53
4.7 Veri Analitiği ve Yapay Zekâ	54
4.8 İletişim ve Ağ Oluşturma (Endüstriyel İnternet)	55
4.9 Madencilik 4.0'ın Tanıtımı	56
4.10 Sanal Gerçekliğin Madencilik 4.0'daki Yeri ve Önemi	59
4.10.1 Dayanıklı Sensörler.....	61
4.10.2 Makineden Makinaya İletişim (M2M).....	62
4.10.3 Yapay Zekâ (AI) ve Nesnelerin İnterneti (IoT)	62
5. MATERYAL VE METOT	64
5.1 SG Uygulamasında Kullanılan Bilgisayarın Özellikleri.....	64
5.2 HTC Vive Sanal Gerçeklik Kaskı.....	65
5.3 Kullanılan Yazılımların Tanıtımı.....	67
5.3.1 Unity.....	67
5.3.1.1 Unity'nin Kurulumu	68
5.3.1.2 Sahne ve Obje Kontrolleri	73
5.3.1.3 Rigid Body ve Material	74
5.3.1.4 Collider Bileşeni.....	75
5.3.2 C# Yazılım Dili	76
5.3.2.1 Cisimleri Hareket Ettirme ve Script Yazma.....	78
5.3.3 SteamVR	79
5.3.4 SketchUp	80
6. BULGULAR	81
6.1 Yükle-Taşı-Boşalt (YTB) Modellemesi	81

6.1.2 Paletli Delik Delme Makinası Modellemesi	85
6.1.3 Vagon Modeli	89
6.2 Yeraltı Ocağının Modellenmesi	92
6.3 Scriptler.....	95
7. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	99
8. KAYNAKLAR.....	101
ÖZGEÇMİŞ.....	109

KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar

ACC	Accelerometer
AG	Arttırılmış Gerçeklik
AI	Artificial Intelligence
AR	Augmented Reality
AVIE	Advanced Visualisation and Interaction Environment
CPS	Cyber Pyhsical System
CRM	Customer Relationship Management
CSIRO	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation
ERP	Enterprise Resource Planning
FMS	Fuel Management System
GYRO	Gyroscope
GMP	Geology Mine Planning
GSMH	Gayri Safi Milli Hasıla
HMD	Head-Mounted Display
ICT	Information Communication Technology
IMU	Inertial Measurement Unit
LEEP	Large Expanse Extra Perspective
LHD	Load Haul Damp
M2M	Machine to Machine
MES	Manufacturing Execution Systems
MMS	Modular Management System
MR	Magnetic Resonance
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NIOSH	National Institue of Occupational Safety and Health
RTLS	Real Time Locating System
SAP	System, Application and Product
SCM	Software Configuration Management
SDK	Software Development Kit
SIMRAC	Safety in Mines Research Advisory Committee
STEM	Science, Technology, Engineering, Math
TMS	Tire Management System
UNSW	The University of New South Wales
VFX	Virtual Effects
VPL	Virtual Programming Languages
YTB	Yükle Taşı Boşalt

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1 Sensorama.....	10
Şekil 3.2 Control VR ve nöron algılama sistemi.....	16
Şekil 3.3 STEM Sisteminin beş takip noktası.....	17
Şekil 3.4 SIMX VR program ara yüzü ve uygulaması.....	21
Şekil 3.5 Arttırılmış gerçeklik örneği.....	29
Şekil 3.6 AG ile sağlık hizmetleri öğrencilerinin eğitimi	31
Şekil 3.7 Vuforia Unity eklentisi.....	35
Şekil 3.8 Vuforia lisans anahtarı oluşturma	36
Şekil 3.9 Vuforia veritabanı oluşturma	36
Şekil 3.10 Vuforia hedef resim ve marker ekleme	37
Şekil 3.11 Bilginin akılda kalıcılığı ortalamaları	43
Şekil 3.12 Eğitim metotları gelişmelerinin tarihsel cetveli	43
Şekil 3.13 Madencilik işlemlerinin sanal gerçeklik temelli eğitimde olası etkisi.....	44
Şekil 4.1 Endüstri 4.0 bileşenleri	48
Şekil 4.2 Madencilik 4.0’da teknik olmayan zorluklar	58
Şekil 4.3 Madencilik 4.0 şeması.....	61
Şekil 5.1 Unity site ekran görüntüsü	69
Şekil 5.2 Unity’nin program giriş penceresi	70
Şekil 5.3 Unity programı ara yüzü	70
Şekil 5.4 Unity Hierarchy paneli.....	71
Şekil 5.5 Unity Scene paneli	71
Şekil 5.6 Unity Inspector paneli	72
Şekil 5.7 Unity Project paneli.....	72
Şekil 5.8 Unity programı alt menüsü	73
Şekil 5.9 Rigid body bileşeni eklenmesi	75
Şekil 5.10 Objelerin Collider gösterimi	76
Şekil 5.11 Collider bileşeni temsili izah şekli	76
Şekil 5.12 Visual studio ara yüzü.....	78
Şekil 5.13 Start ve update metotları	79
Şekil 6.1 Yükleyici modeli.....	82

Şekil 6.2 YTB modelinin sanal ortamda gösterimi	82
Şekil 6.3 YTB bilgi masası	83
Şekil 6.4 Delik delme makine modeli	85
Şekil 6.5 Delik delme makinasının sanal ortamda gösterimi	86
Şekil 6.6 Delik delme modelinin kontrol ekipmanları	86
Şekil 6.7 Delik delme makinası bilgi masası	87
Şekil 6.8 Yatay delik delme	88
Şekil 6.9 Basamaklı delik delme	88
Şekil 6.10 Tavana delik delme ve yan delme	89
Şekil 6.11 Vagon modeli	90
Şekil 6.12 Vagon bilgi masası	90
Şekil 6.13 Vagon parçaları	91
Şekil 6.14 Sırasıyla yan, yükselticili ve el ile yapılan tumbalar	92
Şekil 6.15 Sanal maden ocağı bileşenleri	92
Şekil 6.16 Sanal maden ocağı genel görünüm-1	93
Şekil 6.17 Sanal maden ocağı genel görünüm-2	93
Şekil 6.18 Sanal maden ocağı genel görünüm-3	94
Şekil 6.19 Sanal maden ocağı genel görünüm-4	94
Şekil 6.20 Sanal maden ocağı genel görünüm-5	95
Şekil 6.21 Bilgi kutularının etkileşim kodları-1	96
Şekil 6.22 Bilgi kutularının etkileşim kodları-2	96
Şekil 6.23 Bilgi kutularının etkileşim kodları-3	97
Şekil 6.24 Bilgi kutularının etkileşim kodları-4	97
Şekil 6.25 Bilgi kutularının etkileşim kodları-5	98
Şekil 6.26 Bilgi kutularının etkileşim kodları-6	98

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1 Dünya madencilik sektöründe sanal gerçeklik simülasyonu kullanan kuruluşlar	27
Çizelge 5.1 HTC Vive setinin çalışması için gerekli donanım listesi	66
Çizelge 5.2 HTC Vive aksesuar seti	67

RESİMLER DİZİNİ

	Sayfa
Resim 3.1 Ivan Sutherland'ın üç boyutlu başa takılan gözlüğü.....	11
Resim 3.2 NASA'nın 1985 kask görüntüsü.....	12
Resim 3.3 VPL Research merkezinin tüm vücut kıyafeti.....	12
Resim 3.4 Oculus Rift Crescent Bay prototipi.....	13
Resim 3.5 HTC Vive donanımları	14
Resim 3.6 Nöron algılayıcı sistem ekipmanı	15
Resim 3.7 STEM sistemi kullanıcı etkileşimi.....	18
Resim 3.8 Omni ekipmanları	19
Resim 3.9 Sanal gerçekliğin eğitimdeki uygulamaları	20
Resim 3.10 Sanal gerçeklik uygulaması ile araknafobi tedavisi.....	21
Resim 3.11 Spor antrenmanlarında kullanılan sanal gerçeklik uygulama örnekleri	22
Resim 3.12 Sanal gerçekliğin inşaat sektöründe uygulamaları.....	23
Resim 3.13 Sanal gerçekliğin müze ve seyahat uygulamaları	23
Resim 3.14 Sanal gerçekliğin askeri uygulamaları	24
Resim 3.15 Yük kamyonu simülasyon kabini	25
Resim 3.16 UNSW-Sydney sanal gerçeklik odası ve projeksiyon makinaları.....	26
Resim 3.17 Sanal gerçeklik odasında uygulamalı eğitim	27
Resim 3.18 AG medikal uygulama örnekleri.....	31
Resim 5.1 Masaüstü bilgisayar kasası.....	65
Resim 5.2 HTC Vive'in tüm parçaları	66

1. GİRİŞ

Sanal gerçeklik; geliştirilebilen yazılımları ve cihaz ekipmanları sayesinde gerçekte olan veya olmayan bir mekânın ve/veya cihazın tasarlanmasını ve uygulama yapılabilmesini sağlayan bir teknolojidir. Maden ocağında veya tesisinde yaşanabilecek, öngörülebilir her türlü senaryoya karşı alınabilecek tedbirler ve öğretiler bu sanal ortamlarda tasarlanabilmektedir. Mühendis adayı olan öğrenciler, işe yeni başlayan mühendisler ve işçiler için oluşturulan bu sanal ortamda tekrarlanabilir eğitimler vermek ve tatbikatlar yapabilmek, sanal gerçekliğin madencilikte kullanılmasının ne kadar gerekli olduğunu göstermektedir. Bu yolla teorik olarak bilinen muhtemel olaylar ve şimdiye kadar madencilik endüstrisinde yaşanan tüm tecrübeler birleştirilerek, madencilere başlarına gelebilecekleri kaza vb durumlara yönelik tatbikatlar yaparak, gerçek olay karşısında karşılaşılan hataları azaltma ve giderme imkânı sunacaktır.

Sanal gerçeklik teknolojisinin temelini bilgisayar grafik ve görselleri oluşturmaktadır. Bu teknoloji ekipmanlar yardımıyla görülebilen, duyulabilen ve hatta koku alınabilen sanal sahneleri inşa etmeye imkân vermektedir. Çok iyi tasarlanmış bir sanal gerçeklik ortamında, kullanıcılar kendini gerçek dünyadaymış gibi hissedebilir. Sanal gerçeklik tıp, savunma sanayi, uzay ve eğlence gibi birçok alanda kullanılmaktadır. On yıllardır gelişen teknolojiyle teorik ve pratik birçok tecrübeler öğrenilmiştir. Stone (2012) tarafından, gelişen ciddi askeri oyunlar için bazı temel kurallar ve ilkeler ortaya koyulmuştur. Avustralya, ABD, Kanada, Güney Afrika, Birleşik Krallık ve Çin gibi madencilik ülkelerindeki birçok araştırmacı 20 yıldır sanal gerçekliğin operatör eğitimlerinde kullanma olasılığı üzerine çalışmıştır (Zhang 2016).

Halen klasik eğitim yöntemleri ile maden mühendisliği eğitimi alan öğrencilere, teorik derslerde aldıkları temel konuların, sanal/arttırılmış gerçeklik ortamında daha kısa sürede ve daha ileri seviyede pratik uygulamalarının kazandırılması, amaçlandığı görülmektedir.

Ayrıca, madencilik gibi ağır ve tehlikeli iş koşullarında (patlama, göçük, yangın, zehirlenme vb) iş başı eğitiminin verilmesinin riskli olduğu ortamlar yerine,

sanal/arttırılmış gerçeklikle gerçeğine çok yakın koşullarda bile güvenli bir şekilde eğitim verilebildiği gibi, öğrenci hangi seviyede olursa olsun yapacağı hataların kendisine ve fiziksel çevreye bir zararı olmamaktadır.

Yeni nesiller bilgisayar-tablet ve telefon ekranlarını daha sık kullanmakta, bilgisayar oyunları veya mobil/cep telefonu uygulamalarına daha yatkın yetişmektedirler. Onların bu yeteneklerini Sanal/Arttırılmış Gerçeklik (SG-AG) uygulamaları yoluyla mühendislik eğitiminde geliştirmek, daha kısa sürede çok farklı koşullarda daha fazla sayıda tekrarlar yaparak tecrübelerini arttırmak hedeflenmektedir.

Sanal Gerçeklik (Virtual Reality (VR)) ve Arttırılmış Gerçeklik (Augmented Reality (AR)) uygulamaları aracılığı ile her bir ders kapsamında yapılması istenen pratik eğitime dair içeriği olan yazılımlarla teorik derslerdeki ve laboratuvarlardaki fiziksel donanım haricinde başkaca bir donanıma gerek kalmadan, tüm pratik eğitimler kolayca öğrencilere verilebilmektedir. Öğrenciler verilmek istenen pratik bilgileri VR/AR uygulamaları aracılığıyla çok kısa zamanda kavrayarak, farklı koşullarda ve çok sayıda tekrar ederek, konuyu daha iyi anlayarak, pratik tecrübelerini fiziksel koşullardan daha ileri seviyede geliştirebilmektedirler.

Madencilik, mevcut mühendislik disiplinleri arasında en tehlikeli mesleklerden biri olduğu herkesçe bilinmektedir. Zorluk ve tehlike bu işin vazgeçilmez unsurları olduğundan bütün analizlerin, deneylerin ve etütlerin çok iyi yapılması gerekmektedir. Yeryüzü analizleri ve kayaç testleri, gün geçtikçe gelişen teknoloji sayesinde daha kolay ve hızlı yapılmaktadır. Hata kabul etmeyen bu endüstri alanında kayıplar yaşanmaması için olabildiğince robotik ve otomatik sistemlerle yönetiliyor ve üretim yapılıyor olması gerekmektedir.

Özellikle Maden Mühendisliği eğitiminin en temel bilgileri (havalandırma, tahkimat, delme-patlatma, yeraltı üretim yöntemleri, nakliyat ve su atımı, iş güvenliği vb) için VR/AR yazılımı oluşturularak öğrencilere görsel ve pratik eğitimler verilmesi büyük önem taşımaktadır. Öğrenciler bu derslerin konuları kapsamında oluşturulacak algoritmalar yardımıyla; “durum sorgulama, analiz etme, koşul optimizasyonu, çabuk

ve doğru karar verme, farklı koşullarda ve ileri seviye durumlarda dinamik yorum getirme” yeteneği kazanacak ve bu yeteneklerini geliştireceklerdir.

Öğrenciler özellikle yeraltı madenciliğindeki koşullarını algılamada, hayal etmede ve tasarımılamada zorlanmakta, ayrıca üretim için patlayıcı madde kullanımı gibi riskli konularda yasal olarak okulda pratik eğitim verilememektedir. Bu yeni eğitim yöntemi ile öğrenci sanal olarak kendisini yeraltındaymış gibi hissedecek, ortamı hayal etmekten öte bizzat görerek ve dokunarak daha kolay algılayacaklar, farklı tehlikeli koşulları bizzat deneyimleyerek kendileri ve çevresi hiçbir zarar görmeden tehlikeyi önleme, kaçma ve kurtarma gibi konularda tecrübe kazanacaklardır.

Eğitim ve uygulama, madencilik sektöründe güvenliği ve üretimi artırmada çok önemli bir yer teşkil etmektedir. Gerçek hayatta öğrenmenin yerini tutmamasına rağmen eğitim sürelerini azalttığı, kalitesini arttırdığı ve eğitim maliyetlerini düşürdüğü için yazılım ve donanım teknolojilerini kullanan insan sayısı artmaktadır. Sanal gerçeklik, madencilik endüstrisinde eğitimde ve uygulamada devrim yapma potansiyeli olan gelişen bir teknolojidir (Kızıl vd. 2004).

Geleneksel eğitim metotları, çevresel faktörlerden, yüksek maliyetten ve karmaşık üretim tekniklerinden dolayı kömür madenlerinde uygulanamamaktadır. Sanal eğitim metodu, simülasyon eğitiminde uygulanmış ve eğitim kalitesini artırmıştır. Sanal gerçeklik uygulamaları maden üretimini artırmak için büyük bir potansiyel iyi bir zaman kazanma metodu, en önemli iş güvenliği farkındalığı artırıcı yöntem ve bu yüzden kazaları azaltıcı bir teknolojidir (Kızıl 2003).

Bu tez çalışmasında, sanal gerçeklik yardımıyla eğitim performansının artırılmasına katkıda bulunmak ve bu alanda eğitim gören-çalışanların dikkatini buna çekebilmek amacıyla, maden mühendisliği öğrencilerinin yeraltı madenciliğinde nakliye, YTB ve delici makineler hakkında bilinmesi gereken bazı temel kavramlar sanal gerçeklik yardımıyla verilmeye çalışılmıştır. Gelecekte buna ilişkin uygulamaların tüm mühendislik alanlarında giderek yaygınlaşacağı da görülmektedir.

2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

Çalışmanın bu bölümünde sanal ve arttırılmış gerçeklik uygulamalarının özellikle madencilik sektöründe kullanımı üzerine daha önceki yapılmış bazı önemli araştırmalar sunulmaktadır.

Mark ve Mallett (1998), boyut, şekil ve formasyonun sürekli değiştiği kömür madenciliğinde gerçek zamanlı gaz ölçümlerini gösteren ve patlatma delikleri delen delicilerin konumlarını belirleyen tek bir bilgisayar uygulaması ile erişim sağlamışlardır. Operatörlerin basit bir ara yüz programı kullanarak, tüm işlemleri kolayca yapabilmelerinin mümkün olduğunu saptamışlardır.

Kızıl (2003), madencilik sektöründe olağan dışı ve tehlikeli durumları simüle ederek, çok iyi bir eğitim-öğretim elde edebileceğini, karmaşık problemlerin çözülebileceğini ortaya koymuştur. Bu sektörde ileri bilgisayar grafik ve sanal gerçeklik teknolojisini kullanmanın faydalarından bahsetmektedir.

Kızıl vd. (2004), sanal madencilik öğretim modülleri, sondaj kulesi ve serbest basınç testi simülasyonları ve Queensland Üniversitesi sanal gerçeklik havalandırma simülasyonu gibi birkaç madencilik eğitiminin ve uygulamasının, sanal gerçeklik ortamında yapılmasını incelemişlerdir. Bu çalışma sonucunda, simülasyonların kullanıcılara veya öğrencilere sanal modeller içerisinde objeleri yönlendirme fırsatı sağladığını, olabilecek tehlikeli durumlarda tanı koyabilmeyi ve interaktif bir şekilde birçok kaya mekaniği testi yapılabilmesini sağladığını ortaya koymuşlardır.

Wyk ve Villiers (2009), Güney Afrika'da çalıştırılan maden ocaklarında genellikle tavan göçmesinden dolayı her gün can kaybı ve yaralanmalar yaşandığını, bunun esas sebebinin yetersiz veya eksik eğitimlerden kaynaklı olduğunu vurgulamışlardır. Çalışmada bir maden çalışanlarına yaptıkları farklı eğitim denemelerinin kıyas analizlerine göre en etkin yöntemlerden birinin sanal gerçeklik ortamında eğitim olduğuna dikkat çekmişlerdir.

Xiaoqiang vd. (2011), maden kazı alanlarının görüş kalitesinin düşük olmasından ve kazaların sıklıkla karşılaşıldığı mekânlar olmasından dolayı, tasarım aşamasında bunu öncelikle dikkate almışlardır. Modellemeler sonrası, uygulama aşamasında bu yöntemin hem maden endüstrisinin geleceğini değiştireceğini, hem de işçiler ve öğrenciler için mükemmel bir öğretim metodu olacağını öne sürmüşlerdir.

Foster ve Burton (2013), görüş sıkıntısı yaşanan yeraltı madenlerinde görüş kalitesini artırmak için, makinaların koltuklarının yerlerini değiştirerek, motorların köşelerini pahlama denemeleri ve kafa lambalarının yerlerinin değiştirilerek maliyet-fayda analizleri sanal gerçeklik ortamında yapmışlardır. Sonuç olarak, bazı makinaların donanımlarında güçlendirme denemelerini sanal gerçeklikle kolayca yaparak, maliyeti düşürücü sonuçların oluştuğunu çalışmalarında belirtmişlerdir.

Kılıhoğlu (2013), sanal gerçeklik uygulamalarının tüm dünyada madencilik endüstrisinde çalışanların eğitimlerinde kullanılmaya başlandığını ve ülkemizde de endüstride kullanılması için bir farkındalık oluşturmak için bu sistemi çalışmasında irdelemiştir.

Grabowski ve Jankowski (2014), yirmi bir tane çalışanın katılımıyla iki farklı hareket yakalama sistemi kullanarak, ikisi arasında karşılaştırma yapmışlardır. Aynı zamanda kask şeklinde giyilebilir sistemde, 110°'li ve 45°'li görüş sistemleri arasındaki farkları da araştırmışlardır. Üç aylık eğitimden sonra çalışanların, sanal gerçeklik eğitim sisteminin çok kullanışlı olduğunu ve eğitimde pozitif etki oluşturduğunu tespit etmişlerdir. Çalışanlardan aldıkları geri dönüşlere göre, geniş görüş açılı sistemin eğitimi için en iyi çözüm yolu olduğunu tespit etmişlerdir.

Suorineni (2015), gelecekte sanal gerçekliğin çok önemli olacağını vurguladığı madencilik sektöründeki devasa verilerin ne anlama geldiğini, bu verilerin SG ortamında görselleştirmenin sektöre yararlarını ortaya koymuştur. Bilimsel yaklaşımlarla SG'nin birleştirilmesiyle oluşan simülasyonların madencilik endüstrisine daha faydalı katkılar yapacağını vurgulamıştır. Madencilik şirketlerinin üretimde ve iş güvenliğinde meydana gelebilecek olası engellerin bu yolla üstesinden geleceğinden dolayı, yatırımlarını bu teknolojiye yapmalarını önermiştir.

Zhang vd. (2016) madencilikte sanal gerçeklik uygulamalarını, ekran bazlı genel sistem, projeksiyon bazlı ayarlanabilir sistem ve başlık takılarak etkileşimli sistem olmak üzere üç kısma ayırmıştır. Başlık takılarak etkileşimli sistem için sanal gerçeklik kask setini kullanarak deneyimleyen ve normal ekran sistemi ile eğitimleri alan aynı on öğrenciye iki sistem arasındaki farklar tecrübe ettirilmiştir. Sonuçlar, başlık takılarak etkileşimli sistemle öğrenmenin kullanıcılara daha iyi tecrübe kazandırdığını ve kullanımının diğerlerinden daha kolay olduğunu göstermiştir. Araştırmacılar gelecekte geliştirilecek yazılımlarla ve daha ileri etkileşimli cihazlarla sanal gerçeklik ortamında madencilik eğitimlerinin önemli bir rol alacağını savunmuşlardır.

Hui (2017), sanal gerçeklik kullanım sistemleri arasında karşılaştırma yaparak, on öğrencinin tüm sistemleri denemelerini sağlamıştır. Sonuçta, kullanımı en kolay ve kullanıcıya daha iyi tecrübe kattığı için, kask şeklinde giyilebilir etkileşimli sanal gerçeklik aygıtlarıyla eğitim verilmesinin daha iyi olacağını savunmaktadır.

Akkoyun (2017), mermer fabrikalarındaki üretim süreçlerinin maden mühendisliği ve teknikerliği bölümlerindeki öğrencilerin, klasik öğretimin yanında fabrikaların işleyişlerini kolayca öğrenmelerini sağlamak amacıyla tasarlanmış bir yazılımın öğrenciler üzerindeki etkisini incelemiştir. Likert skala anketi yaparak, öğrencilerden pozitif geri dönüşler aldığı için, sanal ortamlarda eğitim-öğretimlerin çok önem arz ettiğini belirtmiştir.

Xie vd. (2018) gerçek zamanlı veri kullanarak, sadece bilgisayar başında eğitim verilmesine, interaktif etkileşim eksikliklerine, sanal eğitim ve gerçek arasındaki farklara değinmişlerdir. Yeraltında çalışan operatörlerin ve öğrencilerin sanal ortamda eğitilebileceğini, uzaktan ve sanal ortamdan operasyonların yönetilebileceğini savunmuşlardır. Önerilen yöntemin işçilerin becerilerini geliştireceğini ve yeraltında yaşanabilecek kaza risklerini etkin bir şekilde azaltabileceğini düşünmektedirler.

Pedram (2018), Avustralya Yeni Güney Galler'de Maden Kurtarma ekipleri için sanal gerçeklik temelli eğitim programlarının geliştirilmesi amacıyla, bir madencilik firmasındaki 372 kişiden oluşan kurtarmadan sorumlu gönüllü bir ekibin üyelerine,

tasarlanan iki adet sanal gerçeklik ortamında 12 ay boyunca eğitim verilmiş ve eğitimlerin pratik uygulamalarının yapılması sağlanmıştır. Araştırma öncesinde ve sonrasında yapılan anketler ve yeterlilik sınavları sonuçlarına göre; sanal gerçeklik uygulaması ile eğitimin, geleneksel eğitime kıyasla daha başarılı neticeler elde ettiğini ve problemlerin üstesinden gelme oranının arttığı sonucunu ortaya koymuştur.

Büyüksağış ve Gürsoy (2018a), tünel açma işlemlerinde sıklıkla kullanılan delme-patlatma yönteminin, öğrenciler tarafından daha kolay ve pratik öğrenilebilmesi için bu yöntemin uygulama adımlarına göre algoritmalar oluşturmuşlardır. Arttırılmış Gerçeklik programı (Vuforia) yardımıyla yapılan işlem adımlarından bahsetmişlerdir.

Büyüksağış ve Gürsoy (2018b), Yeni Avusturya tünel açma yöntemini öğrencilerin öğrenmelerini kolaylaştıracak şekilde sanal ortamda eğitim için işlem algoritmaları oluşturmuşlardır. Sanal Gerçeklik programı Unity yardımıyla yapılan işlem adımlarından bahsetmişlerdir.

Yang ve Wang (2019), Çin'in Henan bölgesinde bir maden arazisini sanal gerçeklik ortamında oluşturmuşlardır. Kaya çatlak işlemi analiz sistemi ile sahadaki kaya tabakalarının mekanik verilerini analiz etmişlerdir. Farklı şekildeki galerilerin farklı kırılma durumları oluşturduğunu sanal ortamda bularak tahkimatların kaya tabakalarının kırıklarını azalttığını ve galerilerin durağanlığını geliştirdiğini saptamışlardır. Bu sayede, maden sahalarında üretim ve gelişmeyi artırdığı ve bilimsel bir rehber olduğu için sanal gerçeklik teknolojisinin, madencilik endüstrisi için önemli olduğunu belirtmişlerdir.

Bellenca vd. (2019) Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü çalışanları tarafından kurulan bir sanal gerçeklik merkezinde verileri toplamak, sanal ortamda simülasyonu sağlamak-görüntülemek ve çalışanların eğitimi için ilk olarak bir yer altı tasarlamışlardır. Sistem; madencilik gelişimleri, simülasyon ağları, araçların yaklaşımlarını belirleme sistemi ve gerçek zamanlı havalandırma modellerinin gösterimi gibi özellikler içermektedir. Bu çalışmada, kazadan kurtarma ve araçların çarpışma sakınma sistemleri tanıtılmıştır.

İşleyen ve Düzgün (2019), sanal gerçeklik ortamında hazırlanan simülasyonların yeraltı madenciliğinde güvenli bir eğitim alternatifi olduğunu ve kullanıcıların herhangi bir zarara maruz kalmadan, en gerçek durumları deneyimleyerek hızlı şekilde karar vermelerini sağlayarak, tecrübe kazandıklarını vurgulamıştır. Yeraltı galerilerinde ve tünellerde tavan patlatmalarından sonra oluşacak çatlakları tanımlamak amacıyla simülasyon tasarlayarak doğru karar verme, risklerin azaltılması ve doğru tahkimat seçimleri konusunda kullanıcıların tecrübelerinin artırıldığına değinilmiştir.

Liang vd. (2019), acemi kullanıcılar için profesyonelleşme eğitimi ve kaya ilişkili riskleri algılama eğitimi olmak üzere iki mod tasarlamışlardır. Ayrı iki gruba uygulanan eğitimlerin sonucunda, tasarlanan oyunun video eğitimlerinden daha etkin olduğu ortaya çıkmıştır. Bu oyun uygulamasının yeraltı madenlerinde güvenlik durumunu iyileştirme potansiyeline sahip olduğunu ispatlamışlardır ve gelecekteki madencilerin riskten kaçınmayı ve güvenlik farkındalığını geliştireceğini savunmuşlardır.

Kılıoğlu (2019), oyun motoru programı kullanarak, kaya mekaniği laboratuvarında tek eksenli basınç testi modülünde sanal bir şekilde deney yapılabilme ortamı tasarlamıştır. Ayrıca, bir madenin üç boyutlu modeli ve çekilmiş fotoğrafları ile sanal bir yer altı maden ortamı modellemiştir. Özellikle iş sağlığı ve güvenliği eğitimlerinde kullanılması gerektiğini vurgulamıştır.

3. SANAL VE ARTTIRILMIŞ GERÇEKLİK KAVRAMLARININ TANITILMASI

“Sanal” kelimesi 1400’lerin ortasından bu zamana kadar "aslında veya gerçekte olmasa da özünde veya etkisinde bir şeyler olmak "anlamına geliyordu. 1959’dan beri ise “fiziksel olarak mevcut olmayan fakat yazılım tarafından ortaya çıkarılmış” anlamında bilgisayar algısında kullanılmıştır (İnt.Kyn.1).

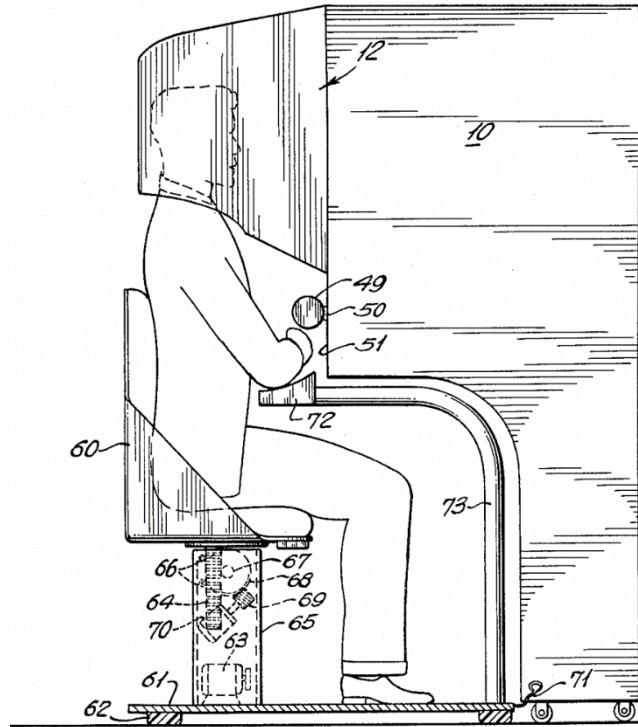
Sanal gerçeklik, gerçek dünyaya benzeyebilen veya gerçek dünyadan tamamen farklı bir ortamda deneyim kazanmaktır. Sanal gerçeklik uygulamaları, eğlence (video oyunları) ve eğitim amaçlı (tıbbi veya askeri eğitimler) olabilmektedir. Şu anki teknolojiyle kullanılan standart sanal gerçeklik sistemleri; sanal gerçeklik kaskları veya gerçek görüntüleri, sesleri ve sanal ortamda kullanıcıların diğer hisleri yönetebilmek için fiziksel hareketlerini algılayabilen çoklu yansıtıcı ortamlar kullanılmaktadır. Sanal gerçeklik ekipmanları kullanan bir kişi yapay dünya etrafına bakabilir, orada hareket edebilir, sanal objelerle etkileşime geçebilir. Bu efektler, ekipman olarak gözlerin önünde bir ekran ile sanal gerçeklik kaskı vasıtasıyla ve aynı zamanda çoklu geniş ekranlara yansıtılmış ortamlar sayesinde oluşturulabilir (İnt.Kyn.1).

3.1 Sanal Gerçeklik Tarihçesi

Sanal gerçekliğin tam kökeni tartışılmaktadır. Rönesans Avrupa’sında perspektif gelişimi, yapay dünyaların çoğalması olarak var olmayan mekânların varlığına dair ikna edici tasvirleri oluşturuldu. Sanal gerçekliğin diğer parçaları 1860’lı yılların başında görünmüştür. Antonin Artaud, illüzyonun gerçeklikten farklı olmadığını düşündü, oyundaki izleyicilerin inançsızlığı bir kenara bırakmaları gerektiğini ve sahnedeki oyunu gerçek gibi kabul etmeleri gerektiğini savunmuştur. Sanal gerçekliğin daha modern tasarımının ilk kaynağı ise bilim kurgudan gelmektedir (İnt.Kyn.1).

Sanal gerçeklik fikri, mesleğinin günümüzdeki karşılığı Multi-Medya Uzmanı olan Morton Heilig tarafından 1962 yılında işitme, görme, koklama ve dokunma duyularımızın hepsine hitap eden Sensorama adlı bir makine olarak ortaya çıkmıştır.

Tiyatroyu, bütün duyularımıza hitap eden ve uyaran bir aktivite olarak benimseyen Morton Heilig, izleyicilerin sahnedeki olayları hissedebilmesini istemiştir. Geniş açılı 3B stereoskopik görüntüsü, vücut sarsma mekanizması, stereo ses çıkışı ve aromatik koku salınımı gibi özelliklere sahip olan Sensorama, izleyenleri oyunun içine dahil edebilmek için her türlü donanımla kuşatılmıştır. Heilig, herhangi bir finansal destek bulamadığı için bu proje rafa kaldırılmak durumunda kalmıştır. Sensorama'nın çizim örneği Şekil 3.1'de verilmiştir (İnt.Kyn.2).



Şekil 3.1 Sensorama (İnt.Kyn.2).

1968'de Ivan Sutherland, Bob Sproull'un da aralarında bulunduğu öğrencileriyle beraber ilk olarak sürükleyici simülasyon uygulamalarında kullanılan kafaya monte ekran sistemini geliştirmişlerdir (Resim 3.1). Bu tasarım hem kullanıcı ara yüzü ve sanal ortam açısından hem de başa takılan ekipmanlar öyle ağır ki tavandan sarkıtmak zorunda kalındığından dolayı bu tasarım çok ilkel olarak değerlendirilmiştir. İlk görünüşünden ötürü bu tasarıma 1812'de Richard Westall tarafından yapılan bir tabloda yukarıdan inen bir kılıç görüntüsünden ilhamlanarak "Demokles'in Kılıcı" ismi verilmiştir (İnt.Kyn.1). Bu başa takılabilen ilk sanal gerçeklik sistemi olarak yaygınca

bilinse de Morton Heilig 1960 yılında patentini aldığı benzer bir aparat yapmıştır (Sutherland 1968).

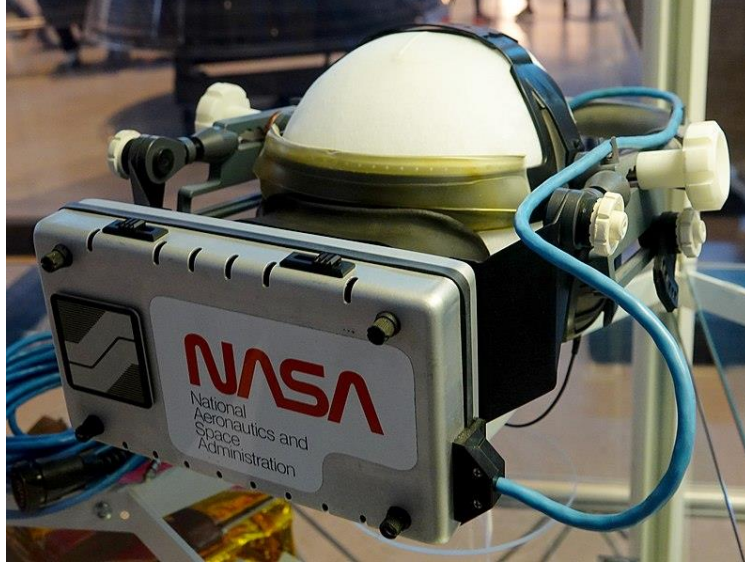


Resim 3.1 Ivan Sutherland'in üç boyutlu başa takılan gözlüğü (Basu 2019).

Sanal gerçeklik teknolojileri 1970'ten 1990 yıllarına kadar çoğunlukla tıp, uçuş simülasyonu, otomobil endüstrisi, askeri eğitimlerde kullanılmıştır (İnt.Kyn.3).

1979'da Eric Howlett ekstra görüş sağlayan optik bir sistem geliştirmiştir. Stereoskopik görüntü, görüş alanı ile birleştirilerek bir sistem oluşturulmuş ve bu sistemin kullanıcıları sahnede derinlik hisleri ve ilgili gerçeklikten etkilendiklerini söylemişlerdir. Orijinal LEEP sistemi (Büyük Genişlik ve Ekstra Perspektif) 1985 yılında NASA tarafından tekrar tasarlanmıştır (Wayne 2005) (Resim 3.2).

1980'de bu alanın modern öncülerinden biri olan Jaron Lanier tarafından sanal gerçeklik kavramı popülerleştirilmiştir. Lanier 1985'te "VPL Research" adlı araştırma merkezini kurmuş ve DataGlove, EyePhone ve AudioSphere adlı birçok sanal gerçeklik ekipmanı geliştirmiştir. Bu ekipmanlardan birisi de DataSuit isimli sensörlerle tüm vücut hareketlerini algılayan kıyafet cihazı olmuştur (İnt.Kyn.1) (Resim 3.3).



Resim 3.2 NASA'nın 1985 yılı kask görüntüsü (İnt.Kyn.1).



Resim 3.3 VPL Research merkezinin tüm vücut kıyafeti (İnt.Kyn.1).

1982’de ‘‘Atari’’ firması bir sanal gerçeklik araştırma merkezi kurmuş fakat Kuzey Amerika’daki video oyun krizinden iki yıl sonra bu merkezi kapatmıştır. Fakat bazı çalışanları araştırmalara devam etmiştir. 1988’de Autodesk, dūřuk maliyetli kişişel bilgisayarda ilk uygulayan firmadır (İnt.Kyn.1).

1990’larda ilk olarak bařa giyilen setlerin satılması yaygınlaştı. 1991’de ‘‘Sega’’ yarışlar için kullanılacak sanal gerçeklik kask setleri yaptığını duyurdu. Bu set; grūř kısmında LCD ekran, kulaklık ve izlenme sistemine izin veren eylemsizlik sensörleri ile donatılmıştır. Aynı zamanda, kullanıcının kafa hareketlerini algılayan sistem geliştirilmiştir (Ken 2004). 2000’ler sanal gerçeklik teknolojisine toplum ve yatırım olarak ilgisiz olunduğu dönemlerdir (İnt.Kyn.1).

2010’da Oculus Rift sadece dönme ve izlenebile özelliğine sahip olan ilk prototipini tasarladı. Oculus, Resim 3.4’te yeni tip prototipini 2012’de Elektronik Eğence Fuarı’nda (E3) tanıttı ve 2014 yılında Oculus VR, Facebook şirketi tarafından 3 milyar dolara satın alındı (İnt.Kyn.1).



Resim 3.4 Oculus Rift Crescent Bay prototipi (İnt.Kyn.4).

2014’te Sony, kod adı PlayStation VR olan sanal gerçeklik başlığını geliştirdi. 2015’te Google kullanıcıların akıllı telefonlarını başlıkta yerleştirilen bir yer sayesinde sanal ortama girilebilen ‘‘kendin yap stereoskopik cihazı’’ geliştirdiğini duyurdu. 2016’dan beri aralarında Amazon, Apple, Facebook, Google, Microsoft, Samsung gibi en az 230

şirket sanal gerçeklikle ilgili ürünler geliştirmeye başlamıştır. 2016 yılında HTC kendi ürünü olan ve belirli bir alanda kullanıcıya gezinme imkanı veren Resim 3.5’teki HTC Vive Steam VR başlığını piyasaya sürmüştür (İnt.Kyn.1).



Resim 3.5 HTC Vive donanımları (İnt.Kyn.5).

3.2 Sanal Gerçeklik Ekipmanları

Bu kısımda sanal gerçeklik uygulamalarında kullanılan ekipmanlar tanıtılmaktadır.

3.2.1 Nöron Algısı Projesi (Project Perception Neuron)

Nöron algısı, animatörlerden film yapımcılarından oyun geliştiricilerine, SG meraklılarına, eğitimcilere ve bilim adamlarına kadar çeşitli endüstrilerdeki insanlar için erişilebilir olacak şekilde tasarlanmıştır. Sistemin ana bileşeni, ataletsel ölçüm biriminden (Inertial Measurement Unit-IMU) oluşan “Nöron” adı verilen bir sensördür. Vücudun çeşitli noktalarına yerleştirildiğinde, bu nöronlar, sadece kısa bir kurulum işlemi ile ve minimum alan kısıtlamasıyla, gerçek zamanlı dâhil olmak üzere hareketi yakalayabilir ve kaydedebilir (İnt.Kyn.6).

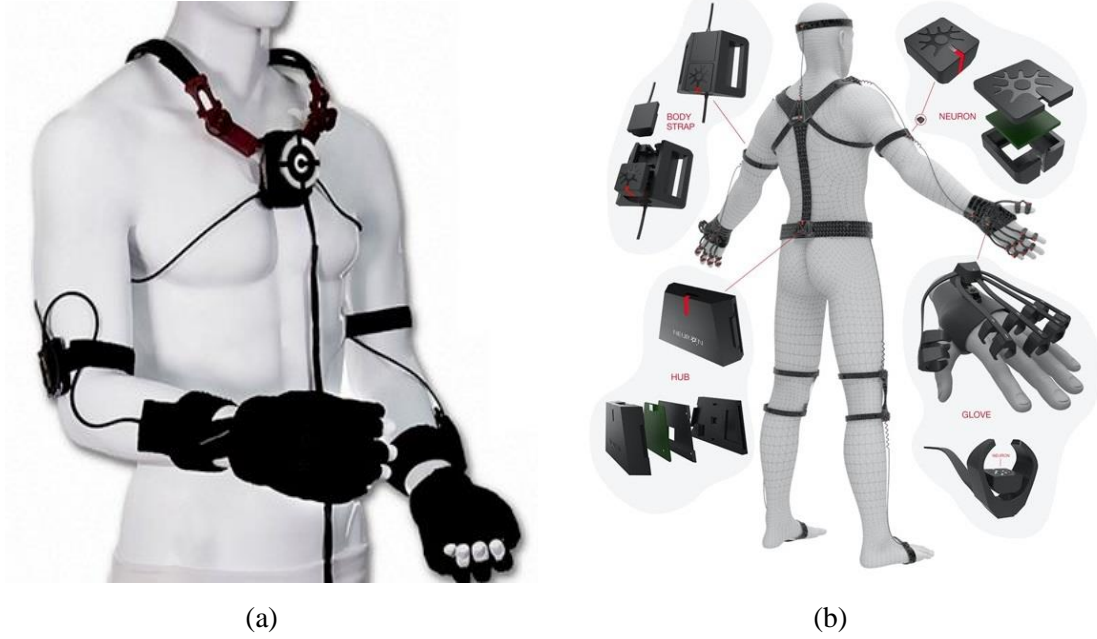
Sistem, bir Hub’a bağlı değiştirilebilir nöron sensörlerinden (atalet izleyiciler) oluşur. Hub, bir bilgisayara kablosuz olarak WIFI ile bağlanır veya doğrudan bir USB bağlantısı üzerinden bağlanabilir. Sistem herhangi bir harici USB güç paketiyle çalışır.

Resim 3.6’da gösterilen bu sistem pil hariç tüm sistem 300 gramdan daha hafiftir (İnt.Kyn.7).



Resim 3.6 Nöron algılayıcı sistem ekipmanı (İnt.Kyn.6).

Birçok platform ile uyumlu çalışabilen ve Şekil 3.2’de gösterilen bir sanal gerçeklik eldivenidir. Bu eldiven sayesinde kullanıcının el ve kol hareketleri algılanarak etkileşimde bulunduğu sanal gerçeklik ortamına aktarımı sağlanmaktadır. Control VR’ı kullanım olarak sadece oyun sektörü ile kısıtlanmamış, cihaz kullanılarak bir quadcopter bile kontrol edilebilmektedir. Kullanım alanlarından birisi de bilgisayarda klavye ve fare kullanmadan sanal bir ortamda üç boyutlu çizimler yapmaktır (İnt.Kyn.8).



Şekil 3.2 Control VR (a) ve nöron algılama sistemi (b) (İnt.Kyn.8, İnt.Kyn.6).

Nöron Algılama; VFX, oyun etkileşimi, sanal gerçeklik, spor analizi, tıbbi analiz, gerçek zamanlı sahne performansı vb. alanlarındaki farklı uygulamalar için kullanılabilir.

VFX: Hareket kaydı ve tekrar oynatma; Maya, MotionBuilder, Blender vb. için desteklenen “.bvh ve .fbx” format çıkışı sağlamaktadır.

VR / Oyun etkileşimi: Açık kaynak oyun motoru demoları ile HMD ile sorunsuz entegrasyon; Hareket kontrol kütüphanesi dahil; kullanıcıyı sanal dünyaya getirmeyi sağlamaktadır.

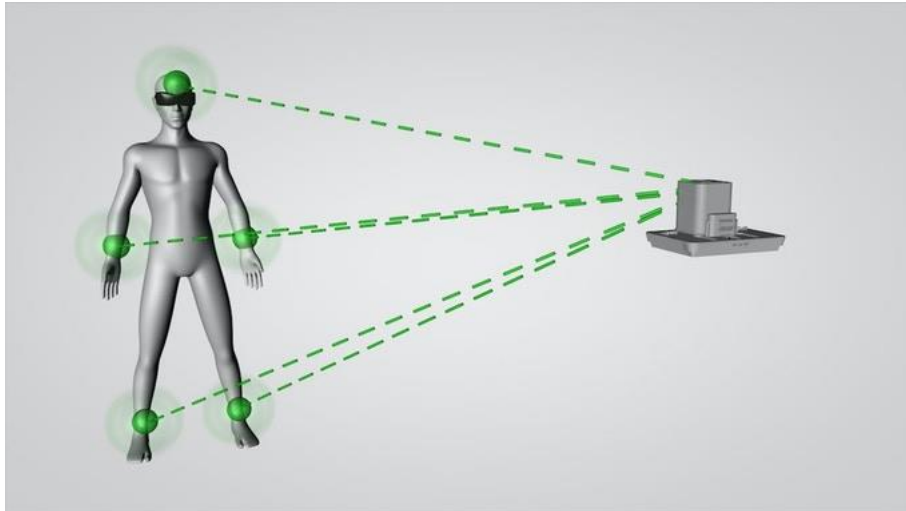
Spor / tıbbi analiz: Tüm oryantasyon, pozisyon ve ham acc ve gyro veri akışını gerçek zamanlı olarak alınabilir; veri çizme ve kaydetme / karşılaştırma için ücretsiz “Veri görselleştirici” işlemleri yapılabilir.

Sahne performansı: Gerçek zamanlı veri akışı çıkışı; Kablosuz veri iletimi sağlanmaktadır.

3.2.2 STEM Sistemi

Kablosuz hareket izleme; Tam vücut takibi ve hareket ile masaüstü rekabete dayalı oyunlardan SG'ye her türlü aktivite için kullanıcılara hareket özgürlüğü vermektedir. Şekil 3.3'te gösterildiği gibi beş takip noktası ile dört uzvun yanı sıra başın veya başka bir konfigürasyonun izlenmesine izin vermektedir (İnt.Kyn.10).

STEM sistemi; öğrencileri dört özel disiplinde (bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik) disiplinler arası ve uygulamalı bir yaklaşımla eğitme fikrine dayanan bir müfredattır. Dört disiplini ayrı ve ayrık konular olarak öğretmektense, STEM bunları gerçek dünyadaki uygulamalara dayanan uyumlu bir öğrenme paradigmasına entegre eder (İnt.Kyn.9).



Şekil 3.3 STEM sisteminin beş takip noktası (İnt.Kyn.10).

Bu, SG uygulamaları geliştiricileri için tercih edilen giriş cihazı olan Razer Hydra PC oyun denetleyicisine güç veren Sixsense hareket izleme teknolojisinde bir sonraki büyük adım olmuştur. STEM Sistemi ile ilgili gelişmeler arasında daha uzun menzil, kablosuz çalışma, modüler form faktörü ve tüm aralıklarda daha iyi izleme performansı bulunmaktadır. STEM Sistemi; baş ve ellerin, tüm vücudun veya diğer yapılandırmaların tam konum ve yön takibi için beş adede kadar kablosuz hareket izleme modülünü üzerinde barındırmaktadır (İnt.Kyn.9). STEM sisteminin kullanıcı hareketlerinin aynısını oyun ortamına aktarılması olayı Resim 3.7'de gösterilmiştir.



(a)



(b)

Resim 3.7 STEM sistemi kullanıcı etkileşimi 1.durum (a) 2.durum (b) (İnt.Kyn.10).

3.2.3 Virtuix Omni Sistemi

Sanal gerçeklikte bir devrimin tam ortasında bulunan bir ekipmandır. Uygun fiyatlı başa takılan ekranların ve düşük maliyetli sensör teknolojilerinin piyasaya sürülmesi, onlarca yıllık gerçek sanal gerçeklik hayalini her zamankinden daha yakın hale getirmiştir fakat Virtuix Omni, sanal gerçekliği çok ayrı bir seviyeye taşımaktadır. Kullanıcının kendi

ayaklarının doğal kullanımı ile sanal dünyada da ayağa kalkmasına ve geçmesine her türlü yürüyüş hareketlerine izin vermektedir.

Omni, oyunda özgürce ve doğal olarak hareket etmek için ilk sanal gerçeklik arabirimidir. Sanal gerçeklikte doğal olarak hareket etmek, oturarak yaşanamayan benzersiz bir daldırma hissi oluşturmaktadır. Omni çoklu oyunculu kullanım esnasındaki fotoğraf karesi Resim 3.8’de verilmiştir (İnt.Kyn.11).



Resim 3.8 Omni ekipmanları (İnt.Kyn.11).

3.3 Sanal Gerçeklik Uygulama Alanları

Bu kısımda sanal gerçekliğin uygulama alanları detaylıca anlatılmaktadır.

3.3.1 Eğitim

Geleneksel öğretim metotları sınırları aşılarak günümüzde ülkemizde de örneklerine rastlanan “uzaktan eğitim” imkânı sağlayabilen öğrenim merkezlerini artmasıyla eğitimde kullanılmaya başlanmıştır. Teknolojinin gelişimi sayesinde öğrencilerin karmaşık konuları, sanal gerçeklik ekipmanları aracılığıyla eğlenceli ve kolay bir

şekilde öğrenmelerini sağlanmaktadır. Örneğin öğrenciler, tarih dersinde anlatılan mekânları sanal gerçeklik vasıtasıyla dolaşma imkânı bularak öğretmenin anlattıklarını algılayabilecek ve daha doğrusu yaşayabilecektir (İnt.Kyn.8) (Resim 3.9).



(a)

(b)

Resim 3.9 Sanal gerçekliğin eğitimdeki uygulamaları; bireysel uygulama (a) sınıfça uygulama (b) (İnt.Kyn.12, İnt.Kyn.13).

3.3.2 Tıp ve Sağlık

Bu teknoloji sayesinde oluşturulan ameliyat simülasyonları, tıp fakülteleri öğrencilerinin gerçek hastalarda geri dönülmesi imkânsız olan hatalardan kaçınılarak pratik kazanmasına olanak sağlamaktadır. Ameliyat gibi özel ve önemli tecrübeler gerektiren bir konuda doktorların ve ekiplerinin daha önceden hazırlıklı olmasının ne kadar önemli bir konu olduğu bilinmektedir (İnt.Kyn.8). Tıp alanında SIMX firmasının yaptığı uygulama ve onun ara yüz programı ekran görüntüsü Şekil 3.4’te verilmiştir.

Ayrıca, korku (fobik) rahatsızlıkların tedavilerinde etkili bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Fobik rahatsızlıklarının çoğunluğu sorunların kaynağına inmekten kaçınılmaktadır. Ancak, bu fobilerin tedavisi bu korkularla yüzleşmektedir. Uçuş korkusu (Aerofobi) hastalarının tedavisi için zor bir yol olan uçağa binmek yerine sanal ortamda uçak simülasyonu içerisinde korkusunu yenmesi sağlanmaktadır (İnt.Kyn.8). Sanal gerçeklik ortamında hazırlanmış programlarla Örumcek korkusu (Araknafobi) tedavisinde kullanılması Resim 3.10’da verilmiştir.



Şekil 3.4 SIMX VR program ara yüzü ve uygulaması (İnt.Kyn.14).



Resim 3.10 Sanal gerçeklik uygulaması ile araknofobi tedavisi (İnt.Kyn.15).

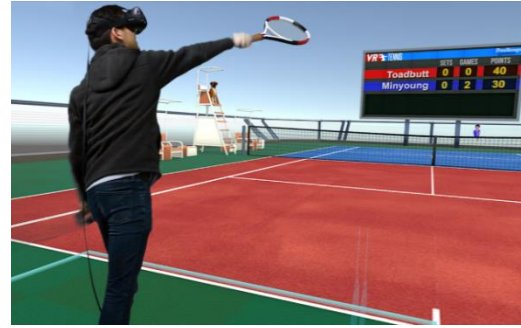
3.3.3 Spor

Sanal gerçeklik ortamları futbol, tenis, kayak, beysbol, golf gibi birçok spor dalında antrenman desteği sağlamaktadır. Sporcular tekniklerini geliştirebilmek için bu teknolojiden faydalanmaktadırlar. Geliştirilen antrenman uygulamalarıyla sporcunun tekniğini geliştirmesine katkı sağlamak ve zayıf yönlerinin tespit edip bu verilere göre

düzen oluşturan bir sistem kullanılmaktadır. Sporcular antrenmanlarını evlerinde bile yapabilmektedirler (İnt.Kyn.8) (Resim 3.11).



(a)



(b)



(c)



(d)

Resim 3.11 Spor antrenmanlarında kullanılan sanal gerçeklik uygulama örnekleri Beysbol (a) Tenis (b) Golf (c) Kayak (d) (İnt.Kyn.16, İnt.Kyn.17, İnt.Kyn.18, İnt.Kyn.19).

3.3.4 İnşaat

İnşaat sektöründe henüz bitmemiş yapıları gezebilme imkânı sunulmaktadır. Bu sayede ev alacak insanlar, yapım aşamasındaki evleri için seçtikleri ahşap, doğaltaş, seramik vb uygulamaları renklerine, dizilişlerine ve zevklerine göre değiştirebilmektedirler (İnt.Kyn.8). İnşaat yapı ve dizayn planlamalarının sanal gerçeklik ortamındaki uygulama örnekleri Resim 3.12’de verilmiştir.



(a)



(b)

Resim 3.12 Sanal gerçeğin inşaat sektöründe uygulamaları; yapı (a) iç dizayn (b) (İnt.Kyn.20, İnt.Kyn.21).

3.3.5 Seyahat ve Gezi

Seyahat planı yapılan birçok hedef arasında karar vermeyi kolaylaştırmak için uygulamalar yapılmıştır. JW Marriott Oteller zincirinin bu alanda yapılmış bir uygulaması bulunmaktadır. Otellerinin bulunduğu şehirlerin tanıtımı yapılarak, yapılacak aktiviteler animasyon yoluyla gösterilerek ve otel görüntüleri eklenerek müşteri kazanmak için stant açmış ve insanlara uygulatmışlardır. (İnt.Kyn.8) Sanal gerçeğin müze ve seyahat alanlarında uygulamaları Resim 3.13'te verilmiştir.



(a)



(b)

Resim 3.13 Sanal gerçeğin müze (a) ve seyahat (b) uygulamaları (İnt.Kyn.22, İnt.Kyn.23).

3.3.6 Askeri Kullanım

Sanal gerçeklik çeşitli ülkelerin orduları tarafından eğitim amacıyla kullanılması benimsenmiş ve uygulanmaya başlanmıştır. Bu sistem; kara, deniz ve hava kuvvetlerinin hepsi için ayrı ayrı asker eğitimi için kolaylık sağlamaktadır. Bu özellikle askerlere savaş durumları veya tehlikeli diğer şartlarda nasıl tepki verileceğini öğrenmek zorunda oldukları eğitim vermek için kullanışlıdır. Sanal gerçeklik simülasyonu, ölüm veya ciddi yaralanma riski olmadan bunu yapmalarını sağlar. Belirli bir senaryoyu yeniden canlandırabilirler, örneğin, bunu yaşadıkları bir ortamda, gerçek dünya riskleri olmadan bir düşmanla ilişki kurmak. Bunun geleneksel eğitim yöntemlerinden daha güvenli ve daha az maliyetli olduğu kanıtlanmıştır. Resim 3.14’te sanal gerçekliğin askeri amaçlı silah kullanımı, paraşütle atlama ve tank kullanma gibi eğitim çeşitleri görülmektedir.



(a)



(b)



(c)

Resim 3.14 Sanal gerçekliğin askeri uygulamaları; silah eğitimi (a) paraşüt eğitimi (b) tank eğitimi (c) (İnt.Kyn.24, İnt.Kyn.25, İnt.Kyn.26).

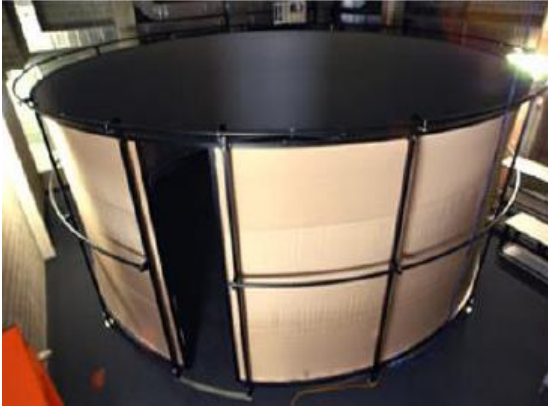
3.3.7 Madencilik

Ülkemizde madencilik sektöründe sanal gerçeklik uygulamaları henüz çok yaygın değildir. Yük kamyonu simülasyonu olarak aktif kullanılan tek şirket TÜPRAG Metal Madencilik şirkettir. Kışladağ altın ocağında kabin şeklinde kullanılan sanal gerçeklik sistemi Resim 3.15’te gösterilmiştir (Kılıoğlu 2013).



Resim 3.15 Yük kamyonu simülasyon kabini (Kılıoğlu 2013).

Günümüzde sanal gerçeklik ile madencilik eğitimi veren Avustralya’nın önde gelen üniversitesi The University of New South Wales’dir (UNSW). Endüstrideki partnerleri ile birlikte Gelişmiş Görselleştirme ve Etkileşim Ortamı (Advanced Visualisation and Interaction Environment, AVIE) olarak bilinen bir sanal gerçeklik odası geliştirmişlerdir. Bu sistem 4 metre yükseklikte ve 10 metre çapında 360° silindirik ekrana 6 tane 3D stereoskopik projektör yansıtılan ve sinema gibi kullanılmasını sağlayan Resim 3.16’da gösterilen bir sistemdir. Uygulamalı eğitim örneği de Resim 3.17’de görülmektedir.



(a)



(b)

Resim 3.16 UNSW-Sydney sanal gerçeklik odası (a) projeksiyon makinaları (b) (Harrod, 2016).



Resim 3.17 Sanal gerçeklik odasında uygulamalı eğitim (İnt.Kyn.27).

Kılıoğlu (2013), gerçekçi ortamlarda ders içeriklerini kavramalarının daha kolay olacağından, her zaman teknik gezi yapma imkânı olmadığından sanal geziler rahatlıkla düzenlenebilmektedir. Dünyadan farklı madenlerin tanıtılabileceğinden ve iş sağlığı ve güvenliği hususlarının kalıcı bir şekilde öğrenilmesinin sağlanacağından dolayı sanal gerçeklik uygulamalarının maden mühendisliği öğrencilerinin iş hayatlarına başlamadan önce tecrübe kazandırmış olacağını belirtmiştir.

3.3.7.1 Dünyada Madencilik Alanında Sanal Gerçeklik Uygulaması Yapan Kuruluşlar

Sanal gerçeklik simülasyonları tüm dünyada eğitim ve öğretim amaçlı kullanılmaya başlanmıştır. Dünyada bu teknolojiyi kullanan ve geliştirmeye devam eden kuruluşların bazıları, uygulama örnekleriyle beraber Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Dünyada madencilik sektöründe sanal gerçeklik simülasyonu kullanan kuruluşlar (Mitra ve Saydam 2013, Kılıoğlu 2013)

Kuruluş	Simülasyon içeriği	Amacı
AIMS Solution	Yeraltı ve açık maden işletmeciliği ve ekipmanları	Görselleştirme, güvenlik, tasarım, risk yönetimi, tehlike tanımlanması ve çözüm bulunması
SIMRAC, Güney Afrika	Yeraltı altın madeni modeli	Güvenlik ve tehlike teşhisi
Pennsylvania State University, USA	Yeraltı kömür madenciliği	Güvenlik ve tehlike teşhisi
CSIRO, Avustralya	Yeraltı kömür madeni verileri, dağıtıcı ve toplayıcı sürükleyici sanal gerçeklik çerçeveleri oluşturmak ve yeraltı ekipmanlarını uzaktan izlemek	Maden verilerini apayrı şekilde web temelli görselleştirme, ortak senaryolarda sanal gerçeklik uygulaması
NIOSH, USA	Yeraltı kömür madenciliği	Güvenlik ve tehlike teşhisi
MIRARCO, Kanada	Yeraltı madenciliği	Maden makinaları, jeoloji, jeokimya
MISC, Avustralya	Yüzeydeki ortam	Tehlike farkındalığı
THALES	Yeraltı sert kayaçlar	Uzaktan kontrol
DMT, Almanya	Operatör eğitimi	Ekipmanların kullanımının eğitimi ve görselleştirilmesi
Tshwane Teknoloji Üniversitesi, Güney Afrika	Yeraltı platin madenciliği	Tehlike tanımlanması ve çözüm bulunması
University of New South Wales, Avustralya	Yeraltı kömür madenciliği, kömür açık işletmeciliği, uranyum madenciliği	Görselleştirme, tehlike eğitimi, güvenli çalışma kuralları, çevresel ve sosyal etkiler, ekipman eğitimi, alan araştırmaları

Çizelge 3.1 (Devam) Dünyada Madencilik Sektöründe Sanal Gerçeklik Simülasyonu Kullanan Kuruluşlar (Mitra ve Saydam 2013, Kılhoğlu 2013)

Kuruluş	Simülasyon içeriği	Amacı
University of Queensland, Avustralya	Açık işletmecilik ve Yeraltı madenciliği	Görselleştirme, ekipman kullanımı, deneysel analizler, tehlike belirleme
Virginia Tech, USA	Açık işletmecilik ve Yeraltı madenciliği	Konveyör sistemi eğitimi, boşaltma kamyonlarının preshift incelemesi
AITEMIN ve Barredo	Operatör eğitimi	Görselleştirme, makine kullanımı
Sandvik ve Thoroughtec	Operatör eğitimi	360 derece görüşle makine ve ekipman kullanımı
Immersive Technologies	Açık işletmecilik ve Yeraltı madenciliği	Makine ve ekipman kullanımı için operatör eğitimi
MeVEA Eğitim Modülleri	Operatör eğitimi	360 derece görüşle makine ve ekipman kullanımı
Caterpillar	Operatör eğitimi	Görselleştirme, makine kullanımı
Invensys	Cevher Hazırlama	Sanal ortamda fabrikanın birebir çalışma sistemi
QinetiQ	Maden Ocak gezileri ve personel eğitimi	Geniş görüş alanına sahip sanal gerçeklik ortamları
VISTA Training	Operatör eğitimi	Makine ve ekipman kullanımı için operatör eğitimi
South Illinois University	Operatör eğitimi	Dragline operatörlerinin performanslarını artırmak için eğitim amaçlı
Afyon Kocatepe Üniversitesi	Öğrenci eğitimi	Tekrarlanabilir uygulamalarla teorik bilginin pratikleştirilmesi amaçlı
Hacettepe Üniversitesi	Kaza araştırmaları, Öğrenci ve işçi eğitimi	Tekrarlanabilir uygulamalarla teorik bilginin pratikleştirilmesi amaçlı
İstanbul Üniversitesi	Veri görselleştirme, Öğrenci ve işçi eğitimi	Tekrarlanabilir uygulamalarla teorik bilginin pratikleştirilmesi amaçlı

3.4 Arttırılmış Gerçeklik

Arttırılmış gerçeklik; sanal gerçekliğin ayrı bir varyasyonudur. Gerçek zamanla entegre bir şekilde gerçek çevrenin içerisine üç boyutlu sanal objelerin tanımlandığı sistem olarak tanımlanmaktadır. Sanal gerçeklik, kullanıcıyı tamamen sentetik bir ortam içinde bırakmakta ve kullanıcı gerçek dünyayı asla görememektedir. Tam aksine arttırılmış gerçeklik, kullanıcıya gerçek dünyayı görmenin yanı sıra sanal objelerle gerçek dünya üzerine süper bir şekilde uyarlanmış görüntüler görmeyi sağlamaktadır. Bu yüzden, arttırılmış gerçeklik uygulamaları gerçeğin yerini almaktan ziyade gerçeği destekleyici bir biçimde çalışmaktadır (Azuma 1997). Masum Sanık Roger Rabbit filminden bir karede görüldüğü gibi gerçek bir masa olan görüntüye sanal halde iki tane sandalye ve masanın üzerine bir lamba eklenmiş olduğu Şekil 3.5'te gösterilmiştir.



Şekil 3.5 Arttırılmış gerçeklik örneği (Azuma 1997).

Bazı araştırmacılar arttırılmış gerçekliği giyilebilir kask kullanımı gerektiren bir sistem olarak tanımlamaktadırlar. Bu tanım arttırılmış gerçekliğin temel bileşenlerini korurken, giyilebilir kaskların yanı sıra diğer teknolojilere de izin verir. Canlı videonun üstündeki

iki boyutlu sanal katmanları etkileşimli hızlarda yapılabilir, ancak katmanlar 3D ile gerçek dünyayla birleştirilmez. Bununla birlikte, bu tanım monitör tabanlı arabirimlere, monoküler sistemlere, HMD'lere bakıp ve diğer çeşitli birleştirme teknolojilerine izin verir.

3.4.1 Arttırılmış Gerçeklik Uygulama Alanları

Bu kısımda arttırılmış gerçekliğin uygulama alanları sıralanarak detaylarıyla verilmektedir.

3.4.1.1 Medikal

Tıp doktorları arttırılmış gerçekliği ameliyatları görselleştirme ve anatomi üzerinde eğitim yardımı olarak kullanmaktadırlar. Arttırılmış gerçeklik ameliyathanedeki genel tıbbi görüntüleme görevleri için de yararlı olabilir. Cerrahlar, MR'da veya bilgisayar taramasında çıplak gözle göremedikleri bazı özellikleri bu sayede tespit edebilmektedirler. Bu uygulama cerrahlara her iki veri türüne aynı anda erişim sağlamaya yardımcı olacaktır. Bu bilgiler ayrıca beyin cerrahisi için kafatasına bir delik açılması veya küçük bir tümörün iğne biyopsisinin nerede yapılacağı gibi hassas görevleri de yönlendirebilir (Azuma 1997).

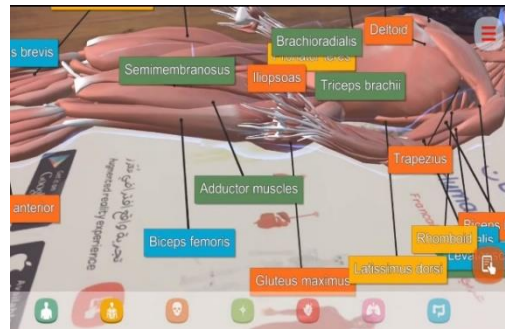
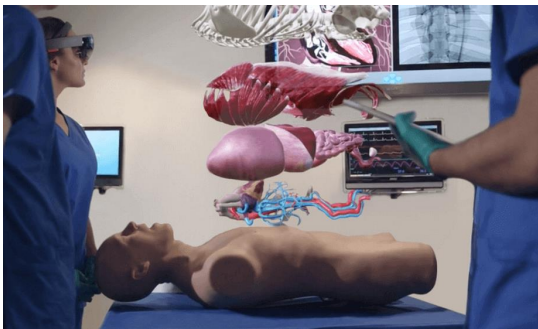
Her geçen gün daha fazla yaşam bilimleri şirketleri sanal ve fiziksel dünyaları birleştirerek yeni tedaviler ve terapiler hayata geçirebilmek için arttırılmış gerçeklik uygulamalarını kullanmaya başlamıştır. AG, yeni ilaçların ve tıbbi cihazların vücutla nasıl etkileşime girdiğini gösteren zengin, etkileşimli deneyimler oluşturmaya yardımcı olmaktadır (İnt.Kyn.28). Arttırılmış gerçeklik teknolojisinin hayati önem taşıyan kullanım yerlerinden birisi olan cerrahi ve medikal alanlarındaki uygulama örnekleri Resim 3.18'de verilmiştir.



Resim 3.18 AG medikal uygulama örnekleri (İnt.Kyn.28, İnt.Kyn.29).

Sağlık, aslında, aynı anda çok karmaşık, çok öngörülemez ve çok kırılgan bir şeyle uğraştığı için diğer alanlardan farklıdır. Doktor olmadan önce tıp öğrencileri yıllarca becerilerini öğrenmek ve uygulamakla geçirmektedirler. Geleneksel olarak, sağlık hizmetleri öğrencileri, insan vücudunu, parçalarını ve organlarını andıran her türlü model ve mankenlerin yanı sıra çeşitli tıbbi becerileri eğitmek için kullanılan kadavralarla pratik yapmaktadırlar. Eğitimleri ilerledikçe, öğrencilerin genellikle deneyimli doktorların gözetimi altında gerçek hastalar üzerinde tedavi ve ameliyat yapmalarına izin verilir (İnt.Kyn.30).

AG ile öğrenciler, hastalarının sağlığını riske atmaktan endişe etmeden tamamen insan vücuduna ve organlarına benzeyen sanal nesnelere pratik yapabilirler. AG' de insan anatomisini uygulamak tıp fakültelerinde giderek yaygınlaşmaktadır. Fiziksel kadavralar veya plastik modeller yerine, öğrenciler insan vücudunu artırılmış gerçeklikle görebilirler. AG ile sağlık hizmetleri öğrencilerinin uygulama örnekleri Şekil 3.6'da verilmiştir. (İnt.Kyn.26).



Şekil 3.6 AG ile sağlık hizmetleri öğrencilerinin eğitimi (İnt.Kyn.30, İnt.Kyn.31).

3.4.1.2 Üretim ve Tamir

AG uygulamalarında diğeri bir kategori ise montaj, bakım ve makinelerin tamirleri yer almaktadır. Sadece yazılı ve resimli komutlar, emirlerin yerine yapılacakları adım adım gerçek ekipmanların 3 boyutlu çizimleriyle daha kolay anlaşılabilir hale getirilmesi sağlamak gereklidir. Üretim ve tamir konusunda örnek olarak Amerika'nın Columbia şehrindeki Steve Feiner'in şirketi bir lazer yazıcı bakım uygulaması inşa etmiştir. Kullanıcıya yazıcının kâğıt tepsisinin nasıl çıkarıldığı artırılmış gerçeklikle gösterilmiştir (Azuma 1997).

3.4.1.3 Not Ekleme ve Görselleştirme

Artırılmış gerçeklik uygulaması objelere ve çevredeki herhangi bir noktaya özel veya herkes tarafından görülebilecek notlar ekleyerek de kullanılabilir. Örneğin kütüphanede dolaşan bir kullanıcı kütüphane raflarındaki kitapların konuları, içerikleri, özetleri gibi bilgileri eliyle belirli yerlere dokunarak edinebilecektir (Azuma 1997).

Genel görselleştirme işlemleri artırılmış gerçekliğin amaçlarındandır. Kafaya giyilebilir kask ile gerçek mimari bir yapının penceresinden dışarı bakılabilir ve yeni gökdelenlerin nasıl durduğu görülebilmektedir. Eğer bina yapı birimleri hakkında veriler ve bilgiler mevcut olursa, artırılmış gerçeklik mimarlara binaların içerisinde X-Ray bir görüş sağlayarak boruları, elektrik kablolarını ve duvarların içerisindeki destekleyici birimlerin görünmeleri sağlanmış olacaktır (Azuma 1997).

3.4.1.4 Robotların Güzergâh Planlaması

Robotlar uzaklaştıkça iletişim bağlantılarındaki gecikmelerden ötürü robotların uzaktan kontrolünde sıklıkla zorluklar yaşanmaktadır. Bu durumlarda, robotun direkt kontrol edilmesi yerine robotun sanal kontrolü tercih edilebilmektedir. Gerçek zamanda sanal sürümle robotun hareketlerini yönlendirerek kullanıcının planlamasını ve idare etmesini sağlamaktadır (Azuma 1997).

3.4.1.5 Eğlence

1995 yılındaki AR SIGGRAPH adlı fuarda birçok katılımcı büyük mavi bir ekranın önünde dururlarken bilgisayar kontrollü bir hareket kamerası sahnedekileri kaydetmiştir. Kameranın konumu izlendiğinden ve aktörlerin hareketleri not edildiğinden dolayı oyuncuların 3 boyutlu sanal bir geri plandaki hareketlerinin dijitalleştirilmesi mümkün olmuştur. Örneğin, bir oyuncu dönen bir halkanın içerisinde koşuyormuş gibi görülebilmektedir (Azuma 1997).

Eğlence sektörü artırılmış gerçeklik uygulamalarının eğlence sektöründe kullanılmasını, sanal bir ortam üretimi ve depolanması gibi fiziksel ürünlerden daha düşük fiyatlarda maliyetlerin azaldığı bir yol olarak görmüşlerdir. ALIVE adlı MIT tarafından hazırlanan bir proje, kullanıcı hareketlerine karşılık veren zeki sanal ürünler ile ortam hazırlaması bu alana olan ilgiyi artırmış ve bir adım daha ileri götürmüştür (Azuma 1997).

3.4.2 Vuforia AG Uygulama Platformu

Vuforia, artırılmış gerçeklik uygulamalarını mobil cihazlardan elde edilen gerçek zamanlı bir videoya taşıma olanağı sağlamaktadır. Bu yazılım, gerçek zamanlı olarak video kamera tarafından yakalanan nesnelere tek tek izlemek ve yapmak için “Computer Vision” Teknolojisinin yeteneklerini kullanır. Ayrıca, bu yazılım bilgisayar teknolojisinin yeteneklerini kullanır ve video kamera tarafından yakalanan nesnelere gerçek zamanlı olarak tanınmasını ve izlenmesini sağlar (Ibanez ve Figueras 2013).

Program geliştiricilerin, Vuforia'nın görüntü kaydı yeteneğini bir akıllı telefonun kamerasıyla görüntülendiğinde gerçek dünya görüntüleri veya video ile ilgili olarak sanal nesnelere, özellikle 3D nesnelere veya diğer medya türlerini uzayda konumlandırmasını ve yönlendirmesini sağlar. Sanal nesne daha sonra gerçek görüntünün konumunu ve yönünü gerçek zamanlı olarak izleyebilir, böylece izleyicinin nesneye bakış açısı, gerçek dünya hedefine bakış açısına karşılık gelir. Bu şekilde, sanal nesne veya nesnelere başka bir gerçek dünya nesnesinden gelmiş gibi görünür (Ibanez ve Figueras 2013).

Vuforia SDK, çoklu hedef yapılandırmaları, daha az işaretçi görüntü hedefleri ve çerçeve işaretleyicileri de dahil olmak üzere hem 2D hem de 3D gibi farklı hedef türlerini destekler. SDK, sanal düğmeleri kullanarak yerleştirilmiş tıkanıklık algılama, gerçek zamanlı görüntü hedef seçimi ve senaryoya bağlı olarak hedef kümeleri yeniden yapılandırma ve oluşturma yeteneği gibi başka ek özelliklere de sahiptir (Ibanez ve Figueras 2013).

AG ortamı oluşturulduğunda uygulama çevresine yenilikler getirerek, bu bilgilerin daha iyi kalıcı bir şekilde kavratılması sağlanmaktadır. Bu ortamların birer oyun olduğu savunulsa da geleneksel eğitimde öğrenciler kısa sürede konsantrasyonlarını kaybederken, AG ortamlarında bu eğitim süreleri uzatılabilmektedir. Öğrencinin konulara odaklanma süresi başarıyı etkileyen en önemli faktörlerden birisi olarak tanımlanmaktadır. Artırılmış gerçeklik ortamının oluşturulması, tasarlanması ve uygulanması için yapılması gereken işlemler adımlar halinde aşağıda sıralanmıştır (Büyüksağış ve Gürsoy 2018a).

A. Resim, ses, video veya üç boyutlu bir model gibi gerçek ortama aktarılabilen bir dijital bir objenin oluşturulması için gerekli yüksek özellikli donanım ve yazılımlara ihtiyaç olmaktadır. Tasarlanan ortamda modellerin üç boyutlu olmasıyla gerçeklik hissi artacaktır.

B. İzleme yönteminin belirlenmesi kullanıcının konumunun belirlenmesi için gereklidir. Bu yöntemle oluşturulan dijital obje ile kullanıcının konumu ilişkilendirilerek koordinat konumuna göre görseller uygulama tarafından güncelleştirilecektir. Ekranda oluşan görsellerin koordinata göre konumlanma farkları kullanıcı tarafından fark edilmektedir. Bu farklılaşma olmadığında görüntünün sıradanlaşması üç boyutlu hissiyatını ortadan kaldırmaktadır.

C. İşaretleyici konumunu referans alarak dijital obje oluşturulmalıdır. Böylece kullanıcı işaretleyici üzerinde yaptığı görüntüsü, konumu, büyüklüğü gibi dijital nesne üzerindeki değişimler anında ekrana yansıtılacaktır. Bu değişim inandırıcılığı arttırmaktadır.

D. Dijital nesne donanım yardımıyla görsellik sağlanmaktadır. Günümüz teknolojisinde bu donanımlara örnek olarak ekran, gözlük, projeksiyon vb. verilebilir. Gün geçtikçe teknoloji bu aygıtlara yenilerini eklemektedir.

E. Arttırılmış gerçeklik ortamında sunulan uygulamada dijital objelerin kontrolleri muhakkak kullanıcıya verilmelidir.

F. Kullanım alanının etkileşimli olmasına özen gösterilmelidir. Kullanıcı bu uygulamalar esnasında aktif bir rol alacağından bu deneyimler fiziksel becerilerinin gelişimine olumlu bir şekilde etkileyecektir.

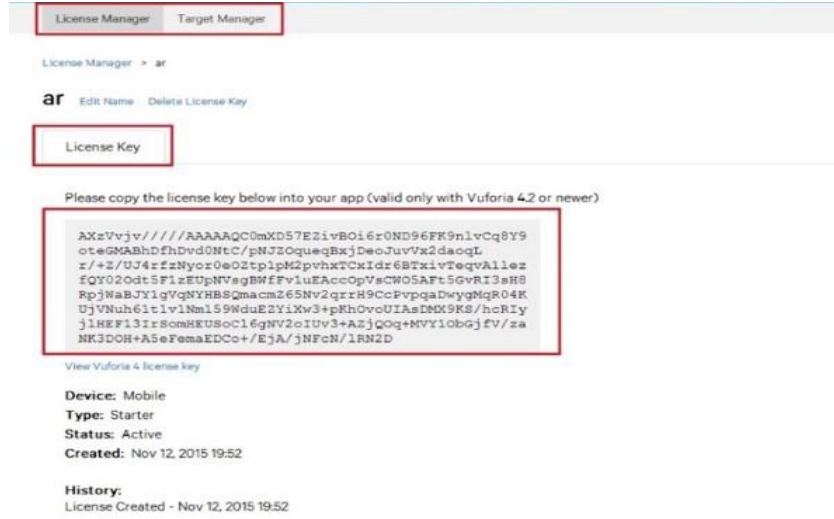
Yukarıda sıralanan maddeler göz önüne alınarak Unity ve Vuforia SDK yazılımları kullanılarak arttırılmış gerçeklik uygulaması yapılmaktadır. Unity programının birçok formatta 3D modellerini sorunsuz çalıştıran bir platform olmasından ötürü uyumlu bir çalışma sağlanmaktadır. Vuforia'nın da güncel sürümü ücretsiz olduğundan ve Unity ile sorunsuz ve hızlı bir şekilde çalışmasından dolayı tercih edilmektedir (Büyüksağış ve Gürsoy 2018a).

Öncelikle Vuforia'nın web sitesinden son sürümü indirilmelidir. Şekil 3.7'de gösterildiği gibi "Download for Unity" butonuyla program Unity ile entegre bir şekilde çalışması için indirilmelidir. Siteye ücretsiz üye olunduktan sonra programa giriş yapılmaktadır (Büyüksağış ve Gürsoy 2018a).



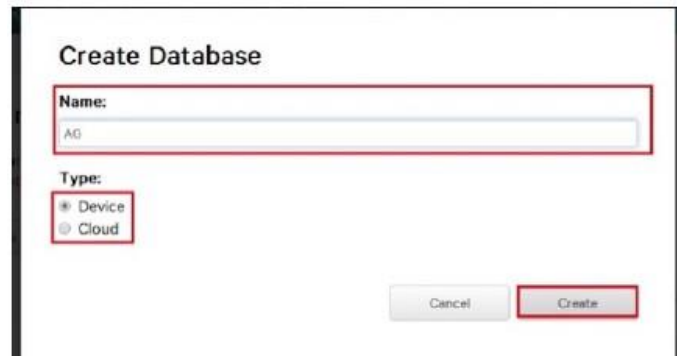
Şekil 3.7 Vuforia Unity eklentisi (Kaleci vd. 2016).

Eklenti indirilip Unity’de açıldıktan sonra Vuforia hesap sayfasında yer alan “Develop” menüsünden “Licence Manager ve Target Manager” seçilir. Licence manager sekmesinde geliştirilecek uygulama için bir lisans anahtarı oluşturulmalıdır. Unity’de bu geliştirilecek programın çalışabilmesi için lisans koduna ihtiyaç vardır (Şekil 3.8) (Büyüksağış ve Gürsoy 2018a).



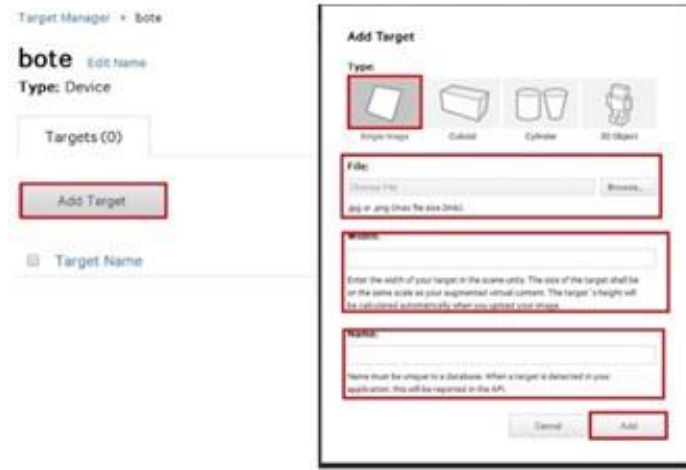
Şekil 3.8 Vuforia lisans anahtarı oluşturma (Kaleci vd. 2016).

“Target Manager” sekmesinde öncelikle “Add Database” tıklanmalıdır. Bu sayede yeni bir veri tabanı oluşturulur ve Şekil 3.9’da gösterildiği gibi bu veri tabanının bulutta mı yoksa cihazda mı depolama yapacağı planlanmalıdır. Bulut ortamı ücretli olduğundan “Device” seçilmesi uygun olacaktır (Büyüksağış ve Gürsoy 2018a).



Şekil 3.9 Vuforia veritabanı oluşturma (Kaleci vd. 2016).

Veritabanı oluşturulduktan sonra “Add Target” penceresiyle işaretleyici veya işaretleyiciler (QR kodu, resim veya 3B model) eklenmesi istenmektedir (Şekil 3.10). İşaretleyici iki boyutlu bir fotoğraf dosyası veya üç boyutlu bir model olabilmektedir (Büyüksağış ve Gürsoy 2018a).



Şekil 3.10 Vuforia hedef resim ve marker ekleme (Kaleci vd. 2016).

Unity’de bir asset oluşturularak daha önceden belirlenmiş işaretleyici seçildikten sonra otomatik seçilen seçiciye uygun ayarlanmalıdır. Son olarak “Download dataset” butonu tıklanarak Unity için eklenecek dosya indirme işlemine geçilmelidir. Unity asset indirildikten sonra unity’de program geliştirmeye başlanabilir. Yeni bir proje açılır ve Vuforia SDK asset’i ve veritabanında oluşturulan hedef dataset sahneye eklenmelidir (Büyüksağış ve Gürsoy 2018a).

Son olarak hedef üzerinde gösterilmesi planlanan 3D model unity’de asset kısmına eklenmelidir. “Prefabs” bölümünden “AR camera ve Image Target” modülleri sahneye taşınarak gerekli düzenlemeler yapılmalıdır. Proje tamamlandığında masaüstü uygulaması (Windows, MacOS ve Linux), mobil uygulaması (IOS, Android, Blackberry ve Windows Phone) veya oyun konsolu (Xbox, PlayStation) gibi ortamlar için çıktı almak mümkündür (Büyüksağış ve Gürsoy 2018a).

3.4.2.1 Sanal Butonlar Oluşturma

Sanal düğmeler, kamera görüntüsündeki hedeflere ekranda dokunulduğunda veya tıklanıldığında bir olayı tetikleyen görüntü geliştirici tanımlı dörtgen veya dairesel bölgelerdir. Sanal düğmeler, düğmeye basma gibi olayları uygulamak veya görüntü hedefinin belirli alanlarının bir nesne tarafından kapsanıp kapsanmadığını tespit etmek için kullanılabilir. Sanal düğmeler yalnızca düğme alanı kamera görünümündeysen ve kamera sabitse değerlendirilir. Hızlı kamera hareketleri sırasında sanal düğmelerin değerlendirilmesi devre dışı bırakılır (Ibanez ve Figueras 2013).

Buton oluşturma aşamaları adım adım şöyle özetlenebilir; butona isim verilir, koordinat noktası atanır, tıklama veya dokunma hassasiyeti ayarlanır. Vuforia SDK, çalışma zamanında bir görüntü hedefine sanal düğmeler eklenmesine ve silinmesine izin verir. Bu özelliğın kullanılması, hedefin bazı kısımları, uygulama gereksinimlerine bağılı olarak kullanıcı etkileşimine yanıt verir. Sanal düğmeler her zaman bir dikdörtgen ve bir adla tanımlanır. Sanal bir düğme eklemenin, kaldırmanın veya değıştirmenin durumdaki bir değışiklik olduğunu belirtmek önemlidir (Ibanez ve Figueras 2013).

3.4.2.2 Vuforia Uygulama Alanları

İlk başta Vuforia Kütüphanesi çalışılmaya başlandığında her gün karşılaşılan ağaçlar, masalar, arabalar vb. gibi objeler ana cazibe merkezleri olarak tasarlanmak istenmiştir. Daha sonra kullanımın birçok nesnenin analizine izin vermesi sonucunda bu yönüne dikkat çekilmiştir (Ibanez ve Figueras 2013).

şu anda, SDK Vuforia'yı kullanarak artırılmış gerçeklik uygulamalarının ana kullanım alanları; eğitim-öğretim, oyun ve medya ve reklamcılıktır. Bu alanların çoğunda uygulamalar açık ara farklıdır. Ancak artırılmış gerçeklik uygulamasını kullanmak için mükemmel senaryolar oluşturmaya hazır alanlardır (Ibanez ve Figueras 2013).

Eğitim alanında, mümkün senaryolar müzelerde artırılmış gerçeklik uygulamaları olabilir, örneğın ziyaretçilerin sanat eserlerinde görünmeyenleri görmelerini veya

sanatçının bilgilerini görüntülemelerini sağlamak mümkün olabilmektedir. Başka bir alan çocuk kitapları olabilir; AR uygulaması kullanarak hikâye anlatmanın yeni bir yolu ile hayata geçebilirler. Belki de en iyi senaryo bilimsel metin kitabıdır, çünkü bu alanda artırılmış gerçeklik uygulaması doğru görüntüde görülebilecek kavramları veya fikirleri anlamaya yardımcı olmak için 3D görselleştirmeler gösterebilir. Bu örnek AR'de T-Rex resimli ve 3D T-Rex modelli bir paleontolog kitabını gösterir, bu tekniği çok daha doğalsa anlama sürecini kullanır (Ibanez ve Figueras 2013).

Öğretim uygulama alanında en önemli uygulamalar, bir ürünü bir araya getirmek veya sorunlarını gidermek için adım adım talimatlardır. Birisi bir ürünü monte etmeye çalışırken bu özellik daha yararlı olabilir. Diğer uygulamalar, etkileşimli ürün kılavuzları ve talimatların gerçek üründe artırıldığı rehberli AR öğreticileridir (Ibanez ve Figueras 2013).

Çoğu uygulamaların oyun olmasından dolayı belki de en çok kullanılan ortam oyun oynamaktır. Bunun nedeni, atıcılar, strateji, sanal evcil hayvanlar, bulmacalar, aksiyon, spor simülasyonu, vb. gibi birçok farklı oyun olmasıdır. Aslında, neredeyse sadece oyun geliştirmeye adanmış bir kütüphane bulunmaktadır (Ibanez ve Figueras 2013).

Alan uygulamalarının son grubu medya ve reklamcılıktır ve bu aynı zamanda en büyük çevre uygulamalarından biridir. Ana artırılmış gerçeklik uygulamaları, ilgi çekici veya eğlenceli içeriğe sahip büyük şirketlerin kataloglarındadır. Örneğin IKEA şirketi, müşterilerinin kendi evlerinde seçilen mobilyaları görmelerine yardımcı olmak için bir dizi sopa kullanıyor. “Perde arkasında”, hazine avı ve kupon kullanımı gibi genişletilmiş içeriği koyarak dergiler veya okuyucular kitabında başka örnekler de görülebilir (Ibanez ve Figueras 2013). General Electric gibi kurumsal firmaların ekipman bakımı ile ilgili AR uygulamaları bulunmaktadır.

3.5 Klasik Eğitim ve Sanal Gerçeklik Eğitimi Karşılaştırması

İnsanlar hayatları boyunca çevreleriyle olan etkileşimleri sonucu bilgi, beceri, tutum ve değer kazanırlar. Öğrenmenin temelini bu yaşantılar oluşturmaktadır. Bu yüzden

öğrenme; kişilerde oluşan nisbi bir kalıcı değişim olarak tanımlanmaktadır. Aynı zamanda öğrenme, çevre ile etkileşim sonucu bireylerde oluşan düşünce, duyuş ve davranış değişikliğidir denilebilir (Özden 2020).

Öğrenme doğasını davranışçı, bilişsel ve duysal kuramlara ayırmaktadır. Davranışçı kuramlar ele alındığında öğrenmenin uyarıcı ile davranış arasında bir bağla geliştiği ve pekiştirme yoluyla davranış değiştirildiği gerçeklerini belirtmektedir. Ünlü davranış kuramcısı Thorndike'nin yaptığı deneyler ve gözlemleri sonucunda, öğrenmeyi bir problem çözümü olarak gördüğünü ve problemlerle karşılaşıldığında çeşitli deneme-yanılma davranışlarıyla problemlere çözüm üretildiği sonucunu belirtmiştir. Deneme-yanılma yoluyla öğrenen bir bireyin git gide doğru sonuca ulaştığı bilgilerin kalıcı olduğu ve diğerlerinin ise terk edilmesi sonucu ortaya çıkmaktadır (Özden 2020). Bu sonuçla, insanların bir şeyleri öğrenmesi için deneme-yanılma yöntemini kullanmasının olumlu bir etkisi olacağı anlaşılmaktadır.

Öğrenim yöntemlerine farklı bir bakış olan yapılandırmacılık ise bilgilerin öğrenen tarafında yapılandırmasını yani bireysel ve sosyal olarak bilginin anlamlandırılması anlamına gelmektedir. Yapılandırmacı yaklaşımlar; iki temel görüş olarak bilişsel ve sosyal yönden ele alınmaktadır. Bilişsel yapılandırmacılık, bilginin öğrenilmesi; özümleme, uyma ve denge kavramlarıyla açıklanırken, sosyal yapılandırmacılık, bilginin öğrenilmesinin; sadece bireyin kendi başına geçirdiği bir süreç olarak değil sosyal etkileşimin, kültürün ve dilin de önemli bir yere sahip olduğunu ifade etmektedir.

İnsanların öğrenme tarzları; sözel zekâ, mantıksal zekâ, görsel zekâ, müzik zekâsı, bedensel zekâ, sosyal zekâ, içsel zekâ ve doğa zekâsı olmak üzere sekiz başlıkta incelenmektedir. Her bir birey farklı zekâ alanlarına sahip olduğundan ve belirli alanlarda kapasiteye sahip olan kişileri başarıya taşıyacak öğrenme tarzını doğru belirlemek gerekmektedir (Özden 2020). Belki de bu öğrenim yöntemlerine yeni bir başlık olarak, hızla gelişen teknolojinin de doping etkisi ile, her alanda yaygınlaşan simülasyonlar, mobil telefon uygulamaları, ciddi bilgisayar oyunları gibi metotlarla dokuzuncu öğrenim yöntemine yol açan “sanal zeka” eklenmelidir.

Simülasyonlar, güvenlik bir ortam olduğu için ve kolayca anlaşılır bir şekilde süreçler tekrarlanarak öğrenciler için gerçeklik ortamı sağladığı için eğitimde çok önemli bir rol oynamaktadır. Sanal gerçeklik, birçok araştırmada da görüldüğü gibi öğrencilerin öğrenmelerini artırarak hep başarılı sonuçlar vermiştir (Onyesolu vd. 2013).

Onyesolu vd. (2013), eğitimde en iyi uygulamanın hangisi olduğuna karar vermek için masa üstü sanal gerçeklik modeli geliştirmişlerdir. İletişimin temellerini öğretirken öğreticilik, yapılandırmacılık ve sosyal yapılandırmacılık olan üç teoriyi uygulayarak öğrenme etkilerini test etmişlerdir.

Bu üç öğrenme teorilerini tanımlarken;

-Öğreticilik (Instructivism): Öğretmenden veya eğiticiden öğrenciye direktifler halinde bilgi iletimi durumudur. Bu bilgilerin öğrenen tarafından soru sorulmaksızın tamamen kabul edilmesi beklenir (Onyesolu vd. 2013).

-Yapılandırmacılık (Constructivism): Yapılandırmacı teorisi diye de anılan bu yöntemin temelinde yatan düşünce; öğrencinin aktif bir şekilde kendi bilgisini yönetmesidir. Öğrencilerin yaptıkları şeyler öğrenim olarak kabul edilir ve başka bir şey ona dayatılmaz. Öğrenciler, öğretmen tarafından sunulan bilgilerden anladığı kadarıyla şahsi bilgilerini kullanır (Onyesolu vd. 2013).

-Sosyal Yapılandırmacılık (Socio-Constructivism): Kültürün önemini ve olaylara toplumun ne anlam yüklediğini ve anlayışlardan bilginin yapılandığını vurgulayan bir yöntemdir. (Onyesolu vd. 2013).Bu durumda bilgi gözlemden çok sosyal etkileşimlerden türemektedir (Yahaya 2007).

Harrod (2016), doktora çalışmasında maden mühendisliği öğrencilerini gruplara ayırarak bu teoriler yoluyla öğretim gerçekleştirmiştir. Öğreticilik grubuna simülasyon kullandırmamıştır, yapılandırmacılık grubuna bir derse ek bir öğretmen tarafından simülasyon gösterilmiştir, sosyal yapılandırmacılık grubuna ise simülasyon sağlanmış ve herhangi bir eğitici olmadan kendi aralarında etkileşime izin verilerek öğrenme rehberliği sağlanmıştır.

Öğrenciler tarafından yönetilen testlerin sonuçlarına göre, simülasyon ile etkileşimin çok yüksek bir sonuç aldığı görülmüştür. Maksimum puanın 20 olduğu bir sınavda öğreticilik grubunun aldıkları puanlar 8-13 arasındadır, yapılandırmacılık grubunun aldıkları puan aralığı 10-16, sosyal yapılandırmacılık grubu öğrencileri 14-19 puan aralığı ile gruplar arasında en yüksek oranı almış grup olmuştur. Bu sonuçlara göre simülasyon kullanılarak eğitim vermenin eski yöntemlere göre öğrenci üzerinde daha pozitif bir etki oluşturduğu tespit edilmiştir.

Sanal gerçekliğin diğer eğitim alanlarında da önceden uygulanmasıyla maden mühendisliği eğitiminde kullanılmasının da umut verici olduğu görülmüştür. İnşaat mühendisliğinde yapılan başarılı kullanımlar bu eğitimin maden proseslerine de adapte edilebileceğini göstermiştir (Onyesolu 2013).

Bu teknolojinin kullanımı teorik sınıf çalışmalarıyla gerçek dünyadaki süreçler arasında kalan boşluğa köprü vazifesi görerek doldurmaya yardımcı olmaktadır (Schofield vd. 2004).

Yapılan araştırmalar neticesinde aynı yolla öğrenme metodunun işe yaramadığı görüldüğünden, öğrencilerin, farklı öğretim metotları kullanıldığında daha iyi öğrenmekte oldukları da tespit edilmiştir. Öğrencinin hangi yolla anladığı veya öğreticinin hangi yolla yaklaştığı zaman başarılı sonuçlar aldığı, öğretmenin bilgi akışı sağlaması için ve bilginin kalıcılığı için çok önemlidir (Harrod 2016).

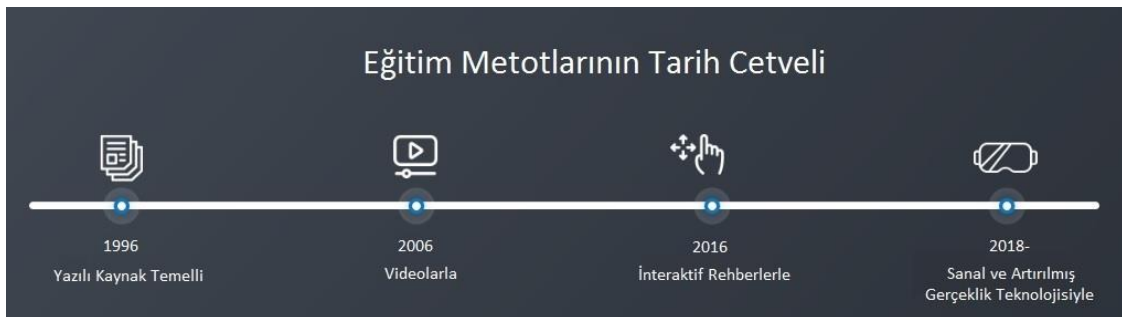
Eğitim-öğretim metotları arasında öğrenilenlerin akılda kalma ortalamaları Şekil 3.11'de verilmiştir.



Şekil 3.11 Bilginin akılda kalıcılığı ortalamaları (Kızıl 2004).

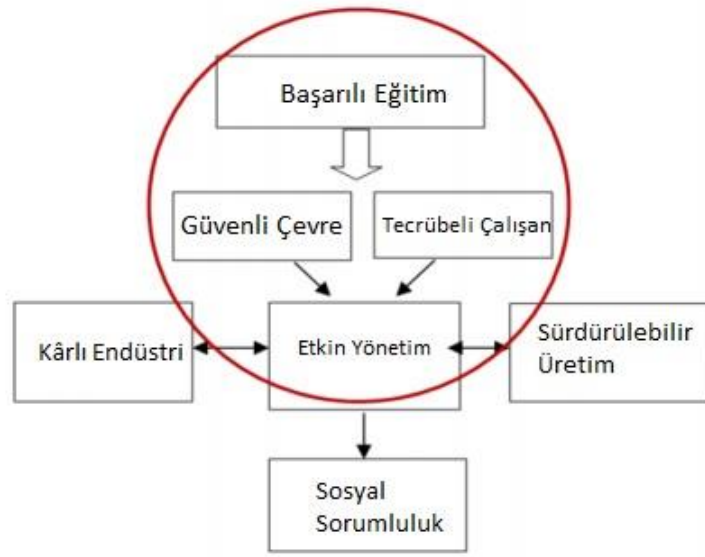
Sanal gerçekliğin, üniversite öğrenimi ile işyeri arasında kavramsal öğrenmenin deneysel öğrenmeye dönüştürülmesine izin veren “geçiş arabirimi” sağladığı söylenebilir. Gerçek hayatın simüle edilmiş bir versiyonunu oluşturarak öğrenmeyi teşvik eder ve normal sınıf ortamında bulunmayan algıya imkân verir. Başka teknolojiler kullanılarak üretilmesi zor olan yönleri bulunan bir şirketin somut ve somut olmayan işlemleri bu ortamlarda simüle edilebilir (Yahaya 2007).

Tüm dünyada hemen hemen aynı zaman dilimlerinde teknolojinin gelişimine de bağlı olarak eğitim metotlarının uygulanma zamanları ortalama olarak Şekil 3.12’de tarihsel cetvelde verilmiştir.



Şekil 3.12 Eğitim metotları gelişmelerinin tarihsel cetveli (İnt.Kyn.32).

Pedram vd. (2013), de başarılı bir maden eğitim programının daha güvenli bir işyeri ve daha yetkin bir işgücü oluşturması ve bunun sonucunda da daha etkin yönetime katkıda bulunması gerektiğini belirtmektedir. Bu, yetkin bir lisansüstü maden mühendisinin güvenli bir işyerinin başarıyla oluşturulmasına katkıda bulunması gerektiğini belirtir. Yahaya (2007) tarafından açıklanan bir "geçiş arayüzü" gereklidir. Şekil 3.13'te interaktif VR eğitiminin Pedram vd. (2013) tarafından açıklanan madencilik operasyonlarının çeşitli yönleri üzerindeki etkisini gösterilmektedir.



Şekil 3.13 Madencilik işlemlerinin sanal gerçeklik temelli eğitimle olası etkisi (Pedram vd. 2013).

Madencilik eğitiminde SG'yi kullanmak, öğrencilere gerçekte güvenli erişim sağlamak için aşırı derecede zor veya imkânsız olan yerlere götürülme fırsatı sağlamaktadır.

Stothard ve Laurence (2014), ulusal parkla çevrili bir maden sahasında yönetilmesi gereken sürdürülebilir madencilik kavramlarını sunan geniş ekranlı bir simülasyon görselleştirme sistemi aracılığıyla madencilik eğitiminde SG uygulamasının canlandırmasını yapmışlardır. Simülasyon, gerçek dünya görüntüleri veya bu durumda dijital görüntüler üzerinde grafiksel olarak temsil edilen ve üst üste getirilen veri ve bilgileri içeren karma gerçeklik türünde tasarlanmıştır. Sistem, dijital 360° panoramalar/video, bilgisayar tarafından üretilen 3D modeller, kimyasal veri tabanına erişim, video görüşmeleri ve diğer doğrudan ilgili bilgileri kullanmayı sağlamaktadır.

Küresel Çevre Madenciliği dersinde New South Galler Üniversitesinde (UNSW) sistem öğrenciler üzerinde denenmiş ve nitel veriler toplanmıştır. Denemede, küçük gruplara ayrılan ve simülasyon ve kontrollere giriş sağlayan, ardından hedefleri ile ilgili talimatlar veren 16 katılımcıya uygulanmıştır. Deneyimlerine ilişkin nitel veriler, 12/16 katılımcı tarafından tamamlanan bir anket ile katılımcılardan toplanmıştır. Anket sonuçlarının analizlerine göre, en çok kabul edilen ve kesinlikle kabul edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır:

- Ödev çok zorlayıcıydı ama yararlıydı,
- Böyle bir modülde grup halinde çalışmak çok faydalıydı,
- İnteraktif bir simülatör vasıtasıyla bir şeyler öğrenmek çok keyifliydi,
- Bu simülatör çok dikkat çekiciydi,
- Simülatör tarafından öğretilenleri takip etmek çok kolaydı,
- Kurs bilgilendiriciydi ve keyifli oldu.

UNSW’de yapılan araştırmanın sonuçları ve Onyesolu vd. (2013), Schofield vd. (2004) ve Sampaio ve Henriques (2006) gibi diğer yazarlar tarafından da eğitimi geliştirmek için SG uygulamasında elde edilen olumlu sonuçlara göre; madencilik eğitiminin sanal ortamlarda geliştirilmesiyle öğrencilerin değerlendirme sonuçlarında artışa yol açacak ve madencilik kavramlarını anlamalarını olumlu yönde etkileyecektir.

Yapılan araştırmalar sonucunda artırılmış ve sanal gerçeklik eğitimlerinin kullanımının, öğrencilerin ilgi ve dikkatlerini dersleri üzerine yoğunlaştığı, motivasyonlarını artırdığı ve soyut kavramları somutlaştırarak, öğrenilmesi zor konuların kolayca öğrenilmesini sağladığı gibi çok sayıda fayda sunduğunu göstermektedir. Bunlara ek olarak artırılmış ve sanal gerçekliğin sahip olduğu en önemli özelliklerden biri de öğrenenlerin deneyerek, yaparak ve yaşayarak öğrenmeleri için uygun bir platform sağlamasıdır.

4. ENDÜSTRİ 4.0-MADEN 4.0 VE SG-AG UYGULAMALARI

Endüstri 4.0 kavramı, 2011 yılında ileri teknoloji temalı olarak Alman hükümetinin yürüttüğü bir projedir. Bu proje üretimlerin, bilgisayarlaştırılması fikri ile ortaya çıkmıştır (Banger 2016). Birbirleriyle bağımsız şekilde iletişim kurabilen bir teknoloji ve bu teknoloji sayesinde sadece cihazlarla üretim süreçlerinin organize edilmesi olarak ifade edilmektedir. Mühendislik, planlama, üretim, operasyonlarda ve lojistik süreçlerinde en yüksek kalite standartlarıyla daha fazla esneklik ve dayanıklılık sağlanması öngörülmektedir. Aynı zamanda birim maliyet, kullanılabilirlik ve kaynak tüketimi gibi çeşitli parametreleri göz önünde tutarak bunların optimizasyonunu sağlayan, dinamik kendi kendine organizasyon sağlayan zincirleme bir sistem oluşmasını ifade etmektedir (Soylu 2018).

Buhar motorunun icadından sonra ilk sanayi devrimi yükselmeye başladığından, dijital makineler, otomatik üretim ortamları gibi bazı radikal değişimler ortaya çıkmış ve üretim üzerinde çok önemli etkilere neden olmuştur. Bu değişikliklerin ana nedenleri ve tetikleyicileri; taleplerin bireyselleşmesi, kaynak verimliliği ve kısa ürün geliştirme dönemleridir. Tüm bu gelişmelerin sonucunda günümüzde akıllı telefonlar, diz üstü bilgisayarlar, 3D yazıcılar gibi muazzam gelişmeler ortaya çıkmış ve bu durum ekonomilerin gelişmesinde büyük bir potansiyel sağlamıştır. Son zamanlarda Avrupa Birliği'ndeki 32 milyon çalışana ilgilendiren GSMH'nin %17'si sanayi tarafından açıklanmıştır (Salkin vd. 2017).

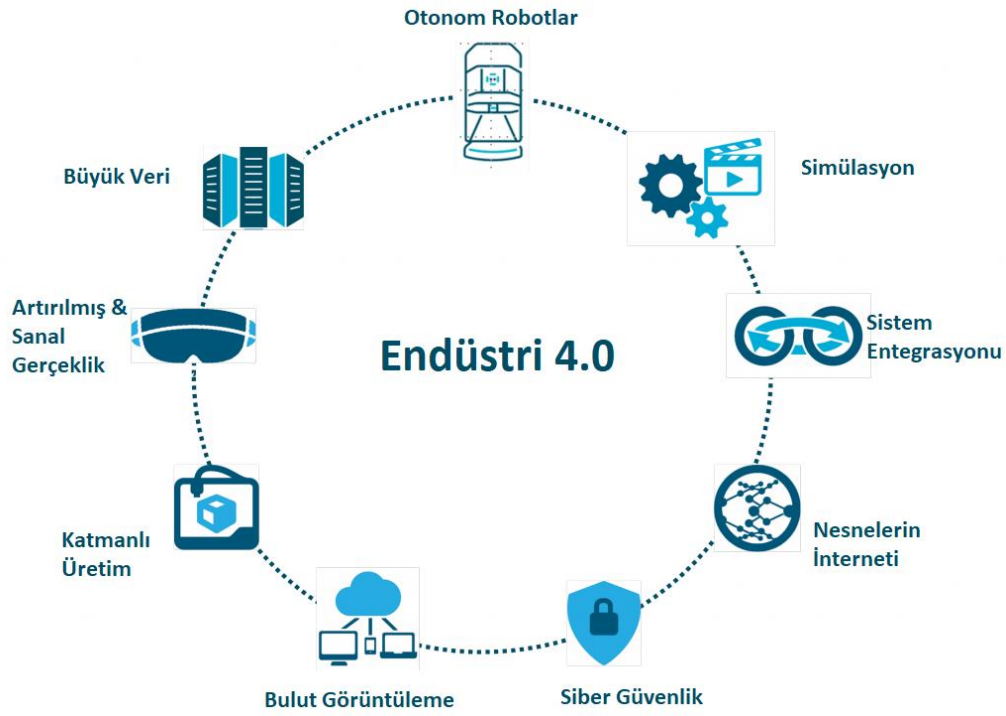
Endüstri 4.0'ın faydaları; sistemin takip edilmesi ve oluşabilecek arızaların tespit edilmesi de kolaylaşmaktadır, üretimde klasik üretim şekilleri ve anlayışlarının dışında müşteri odaklı esnek bir üretim tarzı tercih edilmiş olmaktadır. Hammadde, kaynak ve malzeme gibi büyük giderler azaldığından üretim maliyetleri de azalmış verimlilik artmaktadır ve sistemin tamamen kendini yönetmesi sonucu üretim için gerekli diğer kaynaklara ihtiyaç azalmaktadır (Taş 2018).

Endüstri 4.0 ve bu fikirle birlikte madencilik sektöründeki uygulamasına ilişkin ortaya çıkan Madencilik 4.0 yaklaşımı uzun süredir araştırmacılar tarafından irdelenerek gün geçtikçe daha da geliştirilmekte, teknolojinin geldiği son noktada makinelerin kendi

kontrollerini sağlayan sistemlerle üretilmesiyle daha fazla otonom madencilikle birlikte VR-AR teknolojileri de sektörde yer edinmektedir.

Son yıllarda, Endüstri 4.0 hem imalat şirketlerinden hem de hizmet sistemlerinden büyük ilgi görmüştür. Öte yandan, Endüstri 4.0'ın kesin bir tanımı olmamakla birlikte doğal olarak, Endüstri 4.0'ın dönüşümünü başlatmak için gelişen teknolojilerin kesin bir kullanımı da yoktur. Temel olarak Endüstri 4.0, katma değerli ağların kurulmasını sağlamak için üretim tesisleri, tedarik zincirleri ve hizmet sistemlerinin entegrasyonundan oluşmaktadır. Bu nedenle, başarılı bir adaptasyon için büyük veri analizi, otonom robotlar, siber fiziksel altyapı, simülasyon, yatay ve dikey entegrasyon, endüstriyel internet, bulut sistemleri, ek üretim ve artırılmış gerçeklik gibi yeni teknolojiler gereklidir. En önemli nokta, endüstriyel internetin yaygın kullanımı ve dağıtık cihazların ağını sağlayan alternatif bağlantılardır. Endüstriyel İnternetteki gelişmelerin bir sonucu olarak Endüstriyel Nesnelerin İnterneti, kablosuz sensör ağları, bulut sistemleri, gömülü sistemler, otonom robotlar ve katkı üretimi gibi dağıtılmış sistemler birbirine bağlanmıştır. Ek olarak, uyarlanabilir robotlar ve siber fiziksel sistemler, simülasyon ve üç boyutlu (3D) görselleştirme ve baskı ile desteklenmesi gereken entegre, bilgisayar tabanlı bir ortam sağlar. Her şeyden önce, tüm sistem, gerçek zamanlı karar verme ve üretim ve hizmet süreçleri için özerklik yürütmek için veri analizi ve çeşitli koordinasyon araçlarını içermelidir (Salkin vd. 2017).

Tüm üretim süreçlerinin akıllı sistemler yardımıyla kontrol edildiği fabrikalar, rakiplerle yarışta olmazsa olmaz hale gelmiştir. Bulut sistemleri, büyük veri ve nesnelerin interneti gibi üretimde yepyeni bir döneme girildiği görülmektedir. Şekil 4.1'de Endüstri 4.0'ın bileşenleri şematize edilmiştir.



Şekil 4.1 Endüstri 4.0 bileşenleri (İnt. Kyn. 42).

Endüstri 4.0 dönüşümünün başarılı bir şekilde uygulanması için üç ana ve dokuz temel teknolojinin tüm sistemin bir parçası olması gerekmektedir. Bunlar aşağıda detaylıca verilmişlerdir.

4.1 Otonom Robotlar

Mikroişlemciler ve yapay zeka metodolojilerinin birleşiminin bir sonucu olarak, ürünler, makineler ve hizmetler yalnızca bilgi işlem, iletişim ve kontrol yeteneklerine sahip olmakla kalmaz, aynı zamanda özerkliğe ve sosyalliğe sahip olma açısından daha akıllı hale gelir. Bu bağlamda, uyarlanabilir ve esnek robotlar, yapay zekâ kullanımı ile birlikte, her bir parçanın alt segmentlerini tanıyarak farklı ürünlerin daha kolay üretilmesini sağlar. Bu bölümler, üretim maliyetlerinin azaltılmasını, üretim süresinin ve operasyonlarda bekleme süresinin azaltılmasını önermektedir. Ek olarak, uyarlanabilir robotlar imalat sistemlerinde özellikle tasarım, imalat ve montaj aşamalarında faydalıdır. Örneğin, atanan görevler daha basit alt problemlere bölünür ve daha sonra her bir alt problemi çözmek için bir dizi modül oluşturulur. Her alt görevin tamamlanmasının sonunda, modüllerin optimum bir çözüme ulaşması için entegrasyonu

esastır. Uyarlanabilir robotların altında yatan alt teknolojilerden biri, enerjisel olarak özerk olan ve senaryoya dayalı düşünme ve reaksiyon odaklı çalışma prensibine sahip olan evrimsel robotlardan verilebilir (Salkin vd. 2017).

Bu uygulamaların genel özellikleri aşağıda verilmiştir:

- Yüksek hızlı veri iletimi için Ethernet veya Wi-Fi ile ağ bağlantısı
- Mevcut makine iletişim sistemlerine kolay entegrasyon
- Parça konumlandırma optik ve görüntü işleme
- Entegre robot kontrolörü
- Bellek tabanlı veya vaka tabanlı öğrenme mekanizması.

4.2 Siber Güvenlik (Gömülü Sistemler)

Siber-Fiziksel Sistemler (CPS) olarak adlandırılan gömülü sistemler, fiziksel altyapı ve hesaplama yetenekleri arasında ağ sistemlerinin organizasyonu ve koordinasyonu için destekleyici teknoloji olarak açıklanabilir. Bu bağlamda, merkezi olmayan eylemler elde etmek için fiziksel ve dijital araçlar diğer cihazlarla entegre edilmeli ve bağlanmalıdır. Başka bir deyişle, gömülü sistemler genellikle fiziksel gerçekliği, bilgi işlem ve iletişim altyapısı da dahil olmak üzere yenilikçi işlevselliklerle bütünleştirir (Salkin vd. 2017).

Genel olarak, gömülü bir sistem iki temel fonksiyonel gereksinimi karşılar (Salkin vd. 2017):

- Hem fiziksel altyapıdan gerçek zamanlı veri işleme hem de dijital yapıdan bilgi geribildirimini sağlamak için gelişmiş ağ oluşturma düzeyi,
- Fiziksel altyapıyı destekleyen akıllı veri işleme, karar verme ve hesaplama yeteneği.

Bu amaçla, gömülü sistemler RTLS teknolojileri, sensörler, aktüatörler, kontrolörler ve her cihazdan veri veya bilginin dönüştürülüp aktarıldığı ağ sisteminden oluşur. Buna ek olarak, verilerden bilgi türetilir ve vaka tabanlı akıl yürütme gibi öğrenme stratejileri tarafından desteklenmektedir (Salkin vd. 2017).

Gömülü sistemler aşağıdaki gibi bazı özelliklere sahiptir (Salkin vd. 2017):

- Önem düzeylerinden önce güvenlik açısından kritik durumun tespiti ile artan işletme güvenliği,
- Sensörsüz veya sensör anahtarlama durumu izleme ile,
- Geri besleme döngüleri kullanarak kontrol ve izleme,
- Verilerin depolanması ve analizinin yerel kontrol üzerinde, özel ağlarda veya genel bulut sisteminde doğrudan ve etkileşimli olarak sistematik ve hedefli entegrasyonu,
- Esnek ve yeniden yapılandırılabilir parçalar ve makineler.

4.3 Sistem Entegrasyonu (Eklemeli İmalat)

Eklemeli imalat, özellikle dijital ürünlerden, özellikle ürünleri uygun polimerler, seramikler veya metallerle depolayarak ve birleştirerek, dijital modellerden doğrudan üç boyutlu nesnelere üreten bir dizi yeni gelişen teknolojidir. Ayrıntılı olarak, eklemeli (additive) üretim, bilgisayar destekli tasarım (CAD) oluşturulması ve ürünün bir dizi dijital özelliğini düzenleyen ve öğelerin açıklamalarını endüstriyel makinelere gönderen modelleme ile başlatılır. Makineler, malzeme katmanları ekleyerek öğeyi oluşturmak için iletilen açıklamaları taslak olarak gerçekleştirir. Mikron cinsinden ölçülen katmanlar, üç boyutlu bir nesne ortaya çıkana kadar birçok kez eklenir. Hammaddeler sıvı, toz veya tabaka formunda olabilir ve özellikle plastiklerden, diğer polimerlerden, metallerden veya seramiklerden oluşur. Bu bağlamda, katkı üretimi, 3B nesnelere ve malzeme edinme tarafı elde etme yazılımı olarak iki seviyeden oluşmaktadır (Salkin vd. 2017).

4.4 Bulut Teknolojileri

Bulut tabanlı işletim, Endüstri 4.0 dönüşümüne ağ bağlantılı sistem entegrasyonunun katkısı için bir diğer önemli konudur. “Bulut” terimi, hem bulut bilişim hem de bulut tabanlı üretim ve tasarımı içerir. Bulut üretimi, “isteğe bağlı olarak kullanılabilir” üretimi temsil eden koordineli ve bağlantılı üretimi ifade eder. Talebe dayalı üretim, yeniden yapılandırılabilir siber-fiziksel üretim süreçleri oluşturmak ve işletmek için

dağıtılmış üretim kaynakları koleksiyonunu kullanır. Burada temel amaç, ürün yaşam döngüsü maliyetlerini azaltarak verimliliği artırmak ve değişken talepli müşteri odaklı çalışmalarla başa çıkarak optimum kaynak kullanımını sağlamaktır. Kapsamlı olarak, bulut tabanlı tasarım ve üretim operasyonları, sosyal ağ ve kalabalık kaynak platformları aracılığıyla açık inovasyona dayalı entegre ve toplu ürün geliştirme modellerini göstermektedir (Salkin vd. 2017).

Bulut teknolojilerindeki reaksiyon sürelerinin azaltılması gibi ilerlemelerin bir sonucu olarak, hem hizmet hem de üretim sistemleri için daha fazla veri odaklı karar almayı sağlayan bulut sistemlerinde üretim verileri giderek daha fazla uygulanacaktır. Öte yandan, Üretim Teknoloji Merkezi tarafından sunulan “Endüstri 4.0’den Üretimi Dijitalleştirmeye” raporuna göre, sistem eksikliklerinden kaynaklanan gizlilik ve güvenlik konularının göz önünde bulundurulması ve ikinci olarak, fazladan depolama ihtiyaçları, ödeme seçenekleri ve fiziksel konum dikkatle düşünülmelidir. Bahsedilen sistem hem tarayıcı kullanılarak bir bilgisayarda hem de mobil cihazlarda uzaktan çalıştırılabilir (Salkin vd. 2017).

Bulut tabanlı işlemenin gereksinimleri aşağıdaki gibi listelenmiştir (Salkin vd. 2017):

- Veriye dayalı uygulamalar bulut tabanlı altyapı üzerinde çalışır ve her tedarik zinciri elemanı ve kullanıcı bulut sistemi üzerinden bağlanır,
- Bağımsız bulut veri tabanı işlevini kullanarak bildirimler ve anormallikler için gerçek zamanlı veri analizi,
- Harici ve ani değişikliklere göre sistem performansını optimize etmek için büyük verilerden tam olarak yararlanır,
- Kullanıcılar bulut hakkında gerekli bilgileri görmek için bağlı bir cihaza ihtiyaç duyarlar ve dünya çapında mevcut uygulamalara ve verilere erişim yetkisi vardır,
- Otomatik vardiya günlüğü veya takım değiştirme günlüğü olarak proaktif uygulama işlevi, uyarlanabilir besleme kontrolü gerçekleştirme, çarpışmaları algılama, işlemleri izleme ve çok daha fazlası imkân sağlamaktadır.

4.5 Arttırılmış ve Sanal Gerçeklik

Sanallaştırma teknolojileri, gerçek dünyadaki bir ortamın bilgisayar destekli yansımasının ek ve değerli bilgilerle entegrasyonunu sağlayan AG ve SG araçlarını temel almaktadır. Başka bir deyişle, sanal bilgi, arttırılmış nesnelere ve unsurlarla insanın gerçeklik algısını zenginleştirmek amacıyla gerçek dünyaya çok yakın bir ortam hazırlamayı amaçlamaktadır (Salkin vd. 2017).

Bu amaçla, mevcut SG ve AG uygulamaları, grafik ara yüzleri kullanıcının mevcut ortamı görüşüyle ilişkilendirmektedir. Grafik kullanıcı arabirimlerinin temel rolü, kullanıcıların ekranda görünen komutları kullanarak öğelerin görsel temsillerini doğrudan etkileyebilmeleri ve geçici geri bildirimlerle referans gösterilen bu menülerle etkileşime girebilmeleridir. Bu amaçlara göre, görselleştirme teknolojilerinin dört fonksiyonel gereksinimi vardır (Salkin vd. 2017):

- (i) sahne çekimi,
- (ii) sahne kimliği,
- (iii) sahne işleme,
- (iv) sahne görselleştirmesi.

El cihazları, sabit görüntüleme sistemleri, mekânsal görüntüleme sistemleri, başa takılan ekranlar, akıllı gözlükler ve akıllı lensler gibi donanımlar uygulama için kullanılmaktadır. Öte yandan, görselleştirme olaylarının uyarlanmasıdaki temel zorluklar, daha iyi kullanıcı deneyimi için çevreye gerçekçi nesnelere sunar, meta grafikler aracılığıyla gerekli bilgileri ekler ve kullanıcıların renk doygunluğu ve kontrastı ile algılarını zenginleştirir. Bu bağlamda, görselleştirme teknolojilerinin ekranlarına yönelik yaklaşımlar üç önemli noktaya dayanmaktadır (Salkin vd. 2017):

- (i) arttırılmış bilgilere yardımcı olan kamera tarafından desteklenen video tabanlı adaptasyon,
- (ii) kullanıcının özel bir ekran takarak bilgi verdiği optik uyarılma,
- (iii) belirtilen nesnelere izdüşümü.

Günümüzde görselleştirme teknolojileri ağırlıklı olarak video oyunları, turizm gibi çeşitli alanlarda uygulanmaktadır ve son zamanlarda akıllı fabrikalar için kalite yönetim sistemlerinin oluşturulması, montaj hattı planlaması ve lojistik ve tedarik zinciri eylemlerinin organize edilmesi bağlamında bu konu ele alınmaya başlanmıştır. Navigasyon bilgilerini sağlayan ve sürücü yardım sistemlerine yardımcı olan BMW Connected Drive, askeri amaçlar için Q-Warrior kask, tıp pratisyenleri için karaciğer kâşif gibi özel örnekler verilebilir (Salkin vd. 2017).

Özellikle SG ve AG sistemleri, ölçeğin hesaplanması, ürün pozisyonunun izlenmesi ve ürünün mevcut durumunun grafiksel bir kullanıcı ara yüzü ile görselleştirilmesi için bilgisayar destekli kalite değerlendirmesine uyarlanmaktadır. Görselleştirme teknolojilerinin atölyede uygulanmasında, video tabanlı gözlük (Oculus Rift), optik gözlük (C-Wear) ve Android tabanlı cihazlar, video tabanlı tablet ve mekânsal projektör kullanılmaktadır. Lojistik için nihai örnek, özellikle depo operasyonları, nakliye optimizasyonu, son mil teslimatı, müşteri hizmetleri ve bakım göz önüne alındığında verilebilir (Salkin vd. 2017).

Bu sanal dünyada, operatörler makineler veya diğer cihazlarla siber gösterimde kullanarak etkileşim kurabilir ve işletim ve bakım talimatlarını yorumlamak için parametreleri değiştirebilir. Görselleştirme sistemlerinin gelecekteki en dikkat çekici uygulaması, insan ve robot işbirliği için kişiye özel çözümler ve daha iyi bir deneyim için daha kullanıcı dostu cihazların gerekliliğidir (Salkin vd. 2017).

Görselleştirme teknolojilerinin aşağıda belirtilen bazı özellikleri vardır:

- Artırılmış gerçeklik ve oyunlaştırma ile optimum kullanıcı desteği.
- Oldukça kullanışlı ve kullanıcı dostu ara yüz tasarımı.
- Bütünsel ve gecikmesiz destek sağlayan mobil projeksiyon.

4.6 Simülasyon

Yeni bir paradigmanın uygulanmasından önce sistem test edilmeli ve yansımalar dikkatle değerlendirilmelidir. Bu nedenle, ürün veya süreç planlamasını iyileştirmek

için çeşitli durumlarda ayrık olay ve 3D hareket simülasyonu gibi çeşitlendirilmiş simülasyon türleri gerçekleştirilebilir. Örneğin, simülasyon ürün geliştirme, test ve optimizasyon, üretim süreci geliştirme ve optimizasyon ve tesis tasarımı ve iyileştirmesi için uyarlanabilir (Salkin vd. 2017).

Endüstri 4.0 perspektifinde simülasyon, çeşitli parametre değişikliklerinden toplanan yansımaları takip etmek ve karar vermede görselleştirmeyi sağlamak için destekleyici bir araç olarak değerlendirilebilir. Bu nedenle, simülasyon araçları Endüstri 4.0'ın diğer temel teknolojileri ile birlikte kullanılabilir. Örneğin, simülasyon tabanlı CAD entegrasyonu, kritik parametreleri değiştirerek çoklu ve farklı CAD sistemlerinin çalışmasını sağlar. Buna ek olarak, simülasyon süreçlerin sağlamlığını artırmak için ne olursa olsun senaryolarını yansıtabilir. Özellikle akıllı fabrikalar için sanal simülasyon, otonom planlama kurallarının sistem sağlamlığına göre değerlendirilmesini sağlar (Salkin vd. 2017).

4.7 Veri Analitiği ve Yapay Zekâ

İmalat şirketlerinin bilgi akışını kolaylaştırmak için ileri bilgi ve bilgi teknolojilerini benimsemeleri sonucunda, üretimle ilgili çok sayıda gerçek zamanlı veri birden çok kaynaktan toplanmaktadır. Ar-Ge, üretim, işletme ve bakım süreçlerinde oluşan toplanan veriler katlanarak artmaktadır. Özellikle, Endüstri 4.0'daki veri entegrasyonu ve işleme, ağa bağlı makinelerin ve işlemlerin veri akışı tabanlı performans analizi için kolay ve yüksek oranda ölçeklenebilir bir adaptasyonun geliştirilmesi için uygulanır. Veriler büyük miktarda görünür, hızlı bir şekilde işlenmesi gerekir ve çeşitli veri kaynaklarının çeşitlendirilmiş biçimlerde birleştirilmesini gerektirir. Örneğin, çeşitli sensörlerden veri toplandığında veri madenciliği teknikleri kullanılmalıdır. Bu bilgiler, akıllı fabrikalarda görüldüğü gibi üretimi etkileyebilecek farklı makine, çevre ve diğer karşı koşulların mevcut durumunun ve yapılandırmasının değerlendirilmesine yardımcı olur. Tüm bu verilerin analizi, şirketlere tüm süreçleri anlamlı bir şekilde değerlendirebilecekleri önemli bir rekabet avantajı getirebilir (Salkin vd. 2017).

Bazı veri madenciliği yaklaşımları, destek vektör makineleri, karar ağacı algoritması, sinir ağları, sezgisel algoritmalar ile birlikte kümeleme sınıflandırması ve derin öğrenme vakaları için başarıyla uygulanmaktadır. Ayrıca, veri madenciliği yaklaşımları genellikle karma tam sayılı programlama ve stokastik programlama dâhil olmak üzere yöneylem araştırma yöntemleri ile birleştirilir. Örneğin, yüksek boyutlu verilerin neden olduğu veri görselleştirme problemleri özellikle büyük veri yönetiminde karşı karşıyadır ve bu sorunun üstesinden gelmek için ikinci dereceden atama problemi formülasyonlarının önceden uyarlanması gerekmektedir (Salkin vd. 2017).

4.8 İletişim ve Ağ Oluşturma (Endüstriyel İnternet)

İletişim ve ağ oluşturma, ayrı ayrı tanımlanan fiziksel ve dağıtılmış sistemler arasında bir bağlantı olarak tanımlanabilir. İletişim araçlarını ve cihazlarını kullanarak, makineler belirli hedeflere ulaşmak için etkileşime girebilir, akıllı sensörleri gerçek dünyadaki ortamlara ve süreçlere yerleştirmeye odaklanabilir. Nesnelerin interneti, hem akıllı nesnelere hem de akıllı ağlara dayanır ve aynı zamanda üretim ve hizmet süreçlerinde fiziksel nesnelerin ağa entegrasyonunu sağlar. Başka bir deyişle, nesnelerin internetinin temel amacı, herhangi bir zamanda, herhangi bir şey için herkes için her yerde bağlantı sağlayabilen gerçek dünya uygulamalarını görmek ve algılamak için bilgisayar ve makineler sunmaktır (Salkin vd. 2017).

Siber güvenlik: Önceki bölümlerde belirtildiği gibi, Endüstri 4.0 dönüşümü yoğun veri toplama ve işleme faaliyetleri gerektirir. Bu nedenle, veri depolama ve aktarma süreçlerinin güvenliği şirketler için temel kavramlardır. Güvenlik hem bulut teknolojilerinde, makinelerde, robotlarda hem de otomatik olarak sağlanmalıdır (Salkin vd. 2017).

Bu sorunların sonuçlarından kaçınmak için siber olay müdahalesi, kritik operasyon kurtarma ve yetkilendirme seviyesi tespit programları ile operasyonel kurtarma, son kullanıcı eğitimi, ağ güvenliği ve bilgi güvenliği sağlanmalıdır. Diğer önleyici eylemler, kullanıcı hesabı, güvenlik duvarları, saldırı tespit sistemleri ve güvenlik açığı tarayıcılarını kullanan sızma testleri erişim denetimleri olabilir (Salkin vd. 2017).

Aşağıdaki hususları dikkate alan sistemler (Salkin vd. 2017):

- Veri ihracat teknolojilerinin güvenliği
- Gizlilik düzenlemeleri ve iletişim protokollerinin standardizasyonu
- Bilgi paylaşımı için kişisel yetkilendirme seviyesi
- Standart algoritmalar tarafından beklenmedik değişikliklerin ve yetkisiz erişimin tespiti ve reaksiyonu.

Mobil teknolojiler: Mobil cihazlar, bu cihazlar ilk kez piyasaya sürüldükten sonra önemli bir ilerleme kaydetti ve artık temel iletişim araçlarından çok daha fazlası. Bu cihazlar, internetin büyük miktarlarda bilgi almasını ve işlemlerini sağlar ve yine bilgileri kaydetmelerine ve iletmelerine izin veren yüksek kaliteli kameralar ve mikrofonlarla donatılmıştır. Endüstri 4.0 uyarlamasında iletişim ve ağ oluşturma uygulaması göz önüne alındığında, cansız nesnelere bağlantı, şirketlerin birbirleriyle iletişim kurmasını sağlar. Mobil cihazlar Wi-Fi teknolojisi ile internete bağlanıp zenginleştirildiğinde, diğer proses ekipmanlarıyla aynı platforma gelirler. Bu durum, mobil cihazların işleme ilgili verileri önceden alıp iletebileceğini ve kullanıcıların sorunları gerçek zamanlı karar vermeyle başa çıktıklarında ele almalarına izin verebileceğini göstermektedir. Mobil teknolojiler kullanılarak, bilgi doğru konumda daha yüksek bir hızla hareket ettikçe sorunlar artık daha hızlı tanınabilir ve çözülebilir. Mobil cihazlar artık pratik bir şekilde kullanılmaktadır ve nesnelere interneti aracılığıyla proses ekipmanı, malzeme, bitmiş ürünler ve parçalarla etkileşime girebilmektedir (Salkin vd. 2017).

4.9 Madencilik 4.0'ın Tanıtımı

Madencilik endüstrisi birçok zorluğun üstesinden teknoloji sayesinde gelmiştir, fakat mevcut teknoloji de gelecekte tek başına yeterli olamayacaktır. Bu yüzden madencilik sektörü Endüstri 4.0 ve tam otomatik maden işletmeleri şeklinde üretimlere yavaş yavaş geçmektedir. Ortaya çıkan dijitalleşme, artan üretkenlik için yeni olanaklar sunmaktadır ve aynı zamanda iyi bir çalışma ortamında ilham veren işyerleri oluşturmaktadır.

Doğru bir Şekilde kullanıldığında, dijitalleşme sayesinde kontrol odası, cevherden, personelden ve makinelerden ve kontrol odası ekipmanından evrimii olarak iŐlenen bilgileri alır, kaynak karakterizasyonundan nihai ürüne kadar tüm işlemi kontrol etmeyi ve ince ayar yapmayı mümkün kılmaktadır (Low vd. 2018).

Maden 4.0, makine operatörlerinin içinde olduğu bir kontrol odasıyla sınırlı olmadığı, bunu yerine gerçek zamanlı büyük işlem verilerini, makinelerin durumlarını ve maden iŐçilerini takip edebilen bir sistem olarak düşünülmelidir. Uzaktan erişim sayesinde operatörler, uzmanlar, tedarikçiler ve müŐterilerle çok yetkin bir Şekilde, anında ve kaynağında oluşabilecek sorunları çözme imkânı sağlanmaktadır (Abrahamsson vd. 2009).

Madencilik 4.0'a dünyada bazı ülkelerde geçiŐler başlanmıştır. 2006 yılında Avustralya'da demir ocağında otonom delik delme makinaları kullanılarak kullanılmaya baŐlanmış ve tam otomatik makinalara geçiş 2010 yılında geçilmiŐtir. Birkaç yıl içerisinde teknolojinin hızla geliŐerek; arama, patlatma, kazı gibi madencilik aşamalarında kullanılmaya baŐlayacađı öngörülmektedir. Günümüzde Avustralya ve Őili baŐta olmak üzere, otonom madencilik yapılması için gerekli alt yapı çalışmaları yapılmakta ve bu yönde yatırımlar gerçekleŐtirilmektedir (Keskin 2017).

Madencilik 4.0 temel teknolojilerine ek olarak gelecek maden projelerinin birçok ihtiyaçları mevcuttur. Bunlar Şekil 4.2'de Şematize edildiği gibi; güvenlik, çevresel etki, maliyet etkinliği ve sosyal kabul konularıdır.



Şekil 4.2 Madencilik 4.0’da teknik olmayan zorluklar (Bartnitzki 2017).

Modern madencilikte, işletme düzeyindeki sistemler (ERP, CRM, SCM) ve atölye sistemleri arasında gerçek zamanlı bir bilgi akışı olması zorunludur. İki alan arasındaki boşluklar, yöneticilerin en iyi karar alma süreçleri için zamanında bilgiye sahip olmalarını zorlaştırmaktadır. Bir madencilik şirketi, optimum ve etkili operasyonlar elde etmek için üretim, kalite, çevrim süreleri, makine durumu ve diğer önemli operasyonel değişkenler üzerinde anlık görünüme ihtiyaç duyar. Endüstri 4.0 teknolojilerinin uygulanmasıyla parçalanmış atölye sistemleri ve kurumsal düzey sistemler optimum operasyonlar sunmada sorunsuz bir şekilde iletişim kurar (Sishi ve Telukdarie 2017).

Maden 4.0 ile madendeki şu beş sistemin entegrasyonu sağlanır; SAP ERP, Yakıt Yönetim Sistemi (FMS-Fuel Management System), Modüler Yönetim Sistemi (MMS-Modular Management System), Lastik Yönetim Sistemi (TMS-Tire Management System), Üretim Uygulama Sistemi (MES-Manufacturing Execution Systems) ve Jeoloji Maden Planlaması (GMP-Geology Mine Planning) (Sishi ve Telukdarie 2017). Modern maden işletmelerinde kullanılan farklı donanım ve yazılımlar mevcuttur.

4.10 Sanal Gerçekliğin Madencilik 4.0'daki Yeri ve Önemi

Sanal gerçeklik uygulamaları; Madencilik 4.0'ın içerisinde kullanılması çok büyük kolaylık sağlayacaktır. İşinde uzmanlaşmış tecrübeli mühendislerin veya çalışanların acemi çalışanlara bilgilerini aktarmak ve öğrenmelerini sağlamak amacıyla kullanılacaktır (Roldan vd. 2019).

Roldan vd. (2019), Endüstri 4.0 kapsamında sanal gerçeklik uygulamalarıyla çalışanları geliştirme fikrinin kabul edilebilir bir sistem olup olmadığı hakkında bir dizi deneyler yapmışlardır. Bu deneyde, gönüllüler dört tane takım belirlenmiş ve bunlarda iki tanesi sürükleyici sistemi kullanan ve diğer ikisi de fiziksel talimat eğitimi kullanan olmak üzere takımlara ayrılmaktadırlar. Hatasız bir şekilde mümkün olabildiği en hızlı zaman içerisinde öğretilenlerin yapılması istenmiştir. Bu kıyasın sonucu olarak operatörler en az klasik yöntemle öğretilmişler kadar konuyu kavramışlar ve hatta dahası kendi tecrübelerini pozitif yönde artırmışlardır.

Gerçek hayatta, sürekli bir madeni işletmek söz konusu olduğunda, maden makina operatörü, kesme tamburunun kaldırılması veya indirilmesi, konveyörün kaldırılması veya indirilmesi ve/veya konveyörün sola veya sağa döndürülmesi, düşürülmesi gibi bir dizi görevi yerine getirir. Sanal gerçeklik ortamında hazırlanan ortamlarda yön kontrol sistemleri daha düşük maliyetli mekanik bir simülatör kullanarak yapmaya fırsat sağlamaktadır (Chakraborty ve Bise 2000).

Hammadde sektörü için Madencilik 4.0, Endüstri 4.0 hedeflerinin endüstriyel hammadde üretimine bire bir aktarılması anlamına gelmez. Daha ziyade, Madencilik 4.0, çıkarma, nakliye ve işleme sırasında otomasyonun ilerlemesi anlamına gelir. Bunun nedeni, Batıdaki yüksek ücretli ülkelerde ekonomik hammadde üretiminin ancak yüksek düzeyde verimli mekanize madencilik faaliyetlerinin otomasyonu ile elde edilebilmesidir. Buna ek olarak, kaynak koruma ve sürdürülebilir hammadde üretimi ancak ekonomik olarak kullanılmayan minerallerin taşınması, işlenmesi ve bertarafı için maliyetlerden tasarruf eden yüksek derecede seçici madencilik ile mümkündür (Bartnitzki 2017).

Madencilik 4.0'in bir başka yönü, yoğun nüfuslu yığılmalarda “Düşük Etkili Madenciliktir”. Hammadde sanayi tüketicilerine komşu olan çevre ve kentsel alanlar üzerinde minimum olumsuz etkisi olan bir madencilik yapılmakta ve burada da yüksek verimlilik, yüksek güvenlik ve etkin kaynak tüketimi beklenmektedir (Bartnitzki 2017).

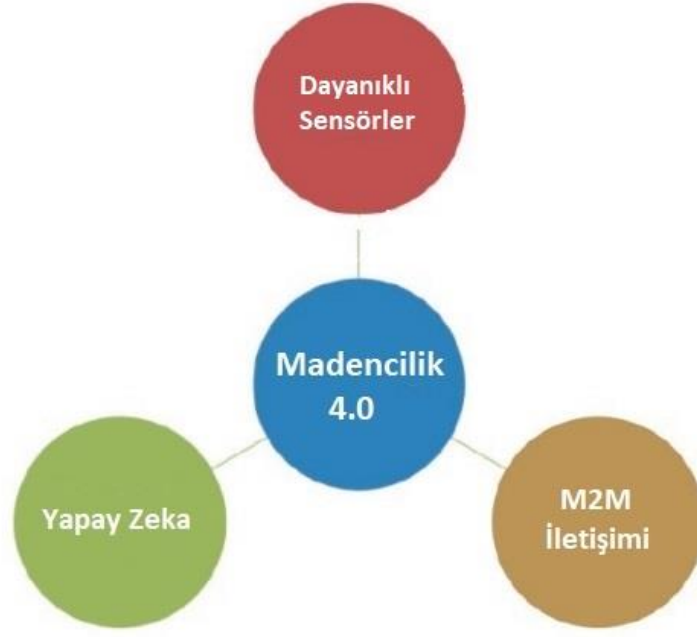
Madencilik 4.0'in hedeflerine ulaşmak için (Bartnitzki 2017);

- Hammaddenin seçilerek üretimi,
- Otonom üretim, nakliye ve işleme,
- İnsan ve çevre üzerindeki minimum etki, sensör teknolojisi ve makine-makine (M2M) iletişimi alanında büyük efor gerektirmektedir.

M2M, giderek artan bir şekilde interneti ve mobil ağ gibi çeşitli erişim ağlarını kullanarak makineler, araçlar veya konteynırlar gibi cihazlar arasında veya merkezi bir kontrol ünitesiyle otomatik bilgi alışverişi anlamına gelir. Otomasyonun aksine, otonom cihazlar belirli bir hedefle çalışırlar, ancak bu hedeflere ulaşmak için kendi karar alma alanlarında çalışırlar. Otonom cihazlar bu nedenle çeşitli sensörlere ve yapay zekâyâ ihtiyaç duyar. Yapay Zeka (AI) mevcut tüm sensör verilerini (Sensör Modeli) değerlendirir ve izin verilen serbestlik dereceleri sınırları dâhilinde, aktüatörlerin ayarlandığı kararı bağımsız olarak üretmektedir (Aktör Modeli) (Bartnitzki 2017).

Bu nedenle, Madencilik 4.0'in yukarıda belirtilen ana hedefleri aşağıdaki teknoloji hedefleriyle sonuçlanır (Şekil 4.3):

1. Sağlamlaştırılmış sensörler,
2. M2M iletişimi,
3. Yapay Zekâ.



Şekil 4.3 Madencilik 4.0 şeması (Bartnitzki 2017).

Bahsedilen Madencilik 4.0 çekirdek teknolojilerine ek olarak, gelecekteki madencilik projeleri için daha birçok gereklilik vardır. Bunlar öncelikle güvenlik, çevresel etki, maliyet etkinliği ve sosyal kabul konusudur.

4.10.1 Dayanıklı Sensörler

Güvenilir bir sensör sistemi, makine ve proseslerin otomasyonu ve otonomasyonu için bir ön koşuldur. Burada madencilik endüstrisi son derece yüksek taleplerde bulunmaktadır. Eğer gerekliyse, titreşim ve sıcaklık faktörlerinin özellikle önemli olduğu bir makineye / sisteme monte edilen gömülü sensörler, çevresel sensörler de toza, suya, ışığa, mekanik gerilime ve dalgalanan sıcaklık aralıklarına ve ayrıca patlamaya dayanıklı olması gerekmektedir (Bartnitzki 2017).

Gömülü sensörler, makine ve sistemlerde kontrol ve izleme uygulamaları için giriş değişkenleri olarak uzun zamandır kullanılmaktadır. Gömülü sensörler ayrıca makine ve sistem bileşenlerinin durum analizinde giderek daha fazla kullanılmaktadır. Maden endüstrisinde çevre sensörleri veya sensör ağları, maden çalışmalarındaki çevrenin durumunu veya özelliklerini kaydetmek için kullanılır (Bartnitzki 2017).

Çevresel sensör sistemi (Bartnitzki 2017);

- Konum belirleme, örneğin konumlandırma, çarpışmadan kaçınma → maden modeli;
- Malzeme belirleme, örneğin, malzeme tanımlama, sınır tabaka tespiti, malzeme kalitesi “mineral tortu modeli”;
- Havalandırma tayini, örn. Sıcaklık, kalite, akış oranları, “havalandırma modeli”;
- Maden suyu tespiti, örneğin su seviyesi, su kalitesi, debi “maden suyu modeli” olarak örneklendirilebilir.

Çevre sensörlerindeki sensör ağları henüz madencilikte yaygın olarak kullanılmamaktadır. Bir yandan, çevre sensörü teknolojisinin yukarıda belirtilen görevlerini yerine getirmek için madencilik endüstrisindeki çevre koşulları için tasarlanmış güvenilir sensörlerin eksikliği vardır. Öte yandan, bu sensör ağlarının mevcut maden iletişimine entegrasyonuna izin veren bir iletişim altyapısı eksikliği vardır. Burada M2M iletişimi özellikle önemlidir (Bartnitzki 2017).

4.10.2 Makineden Makinaya İletişim (M2M)

Endüstri 4.0'daki özerk üretim süreçleri güvenli ve standart bir M2M (Machine to Machine) iletişimi gerektirir. Günümüzde sensörler ve aktüatörler, Modbus, Profibus / ProfiNet veya EtherNet gibi ülkeye özgü tercihlere bağlı olarak çok sayıda madencilik tesisine bir fieldbus aracılığıyla entegre edilmiştir. İlgili tüm taraflar için kullanımı kolay olan ve farklı sensör sistemlerini daha üst düzey planlama sistemlerine entegre etmeyi sağlayan mühendislik ara yüzlerinin net tanımı, özellikle maden gibi karmaşık ve heterojen sistemlerde kullanım için belirleyici bir kriterdir (Bartnitzki 2017).

4.10.3 Yapay Zekâ (AI) ve Nesnelerin İnterneti (IoT)

4. Sanayi Devrimi - Endüstri 4.0 - endüstriyel otomasyon sektöründe giderek daha popüler hale gelen modern bilgi ve iletişim teknolojileri (ICT) tarafından yönlendirilmektedir. Dağıtılmış, akıllı sistemlerde, hem fiziksel gerçek sistemler hem de sanal dijital veriler Siber Fiziksel Sistemler (CPS) ile birleşir (Bartnitzki 2017).

Bu CPS ağına bağılıdır ve “akıllı maden” içerisinde toplanan “akıllı” nesnelere oluşturur. CPS'nin kendilerini organize etmek için kullandığı hesaplama gücü ve iletişim kapasitesinin artmasıyla, gerekli tüm bilgilere sahiptir (bağımsızdır) veya bağımsız olarak tedarik edebilirler. Sistemler ağına bağılı ve özerktir, kendilerini yapılandırır ve optimize ederler ve mühendislik olmadan genişletilebilirler (tak ve üret). Sanal görüntüler, tüm üretim ve ürün yaşam döngüsü boyunca ve tüm değer zinciri boyunca üretim süreci boyunca taşınır ve her zaman CPS'nin mevcut durumunu temsil eder. Bu tür akıllı makineler ve sistemler, nesnelere interneti aracılığıyla birbirine bağlanır ve öğrenilmiş davranış kalıpları ile iç ve dış olaylara tepki verir (Bartnitzki 2017).

Bu tez kapsamında 4. sanayi devriminin alt başlıklarından birisi olan madencilikte sanal gerçeklik uygulamaları irdelenmiş ve önemine vurgu yapılmış olup, yeraltı madenciliği eğitimindeki bazı sanal gerçeklik uygulama örnekleri yapılmaya çalışılmıştır.

5. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada, maden mühendisliği eğitimi alan öğrencilerin, yeraltı madenlerini daha iyi tanıma ve uyum göstermelerine yardımcı olabilmek amacıyla sanal gerçeklik ortamında örnek bir yeraltı ocak tasarımı yapılarak, burada çalışan yükle-taşı-boşalt (YTB), vagon ve delik delme makinasının sanal gerçeklik yardımıyla tanıtım eğitimleri için ayrı ayrı bilgilendirme kutuları oluşturulmuştur. 3Dmax programı ve Unity motoru yardımıyla gerekli tasarımlar yapıldıktan sonra, kullanıcının sanal gerçeklik kaskıyla yeraltı ocağına girmesi ve anılan makinelerin yanında bulunan bilgilendirme kutucuklarını, ellerinde tuttıkları joystick yardımıyla hareket ettirerek makineler ile ilgili öğrenmesi istenilen bilgileri görebilmektedirler.

Uygulama geliştirme aşamasında ise, Unity 3D oyun geliştirme motoru kullanılmış olup, kodlamalar Unity programıyla entegre bir şekilde çalışan Visual Studio editöründe C# programlama dili yardımıyla yazılmıştır. Öncelikle uygulamada kullanılan teknik donanımların cins ve özellikleri verilecek olup, ayrıca, uygulamada kullanılan Unity motoru da devamında tanıtılmaktadır.

5.1 SG Uygulamasında Kullanılan Bilgisayarın Özellikleri

Sanal gerçeklik programının yazılabilmesi ve kasklarla uygulamaların yapılabilmesi için, bağlı olduğu bilgisayarların bazı asgari özelliklere sahip olması gerekmektedir. Bu çalışmada uygulamalar için; İ7 3.2GHz işlemci, GTX1080 3GB GDDR5 192BIT ekran kartı, 16 GB DDR4 RAM ve 2 TB hard disk özelliklerine sahip bir bilgisayar kasası Resim 5.1’de gösterilmiştir.



Resim 5.1 Masaüstü bilgisayar kasası.

5.2 HTC Vive Sanal Gerçeklik Kaskı

Bu çalışmada kullanılan SG giyilebilir kask olarak Resim 5.2’de kutusundan çıkan tüm detaylarıyla gösterilen HTC Vive marka ve modeli olan ekipmanı kullanılmıştır. Bu cihaz, 2160x1200 piksel çözünürlük sunmaktadır. Bu da her bir göz için 1080x1200 piksel anlamına gelmektedir. Emsallerine göre daha geniş bir görüş alanı sağlarken, 90 Hz’lik bir yenileme hızına sahiptir. HTC Vive phone services adlı yazılım Android ve IOS alt yapısını desteklemektedir. Bu sayede gözlüğü kullanırken gelen aramaları ve mesajları gözlük ekranından görülmesi sağlanmaktadır. Böylece her bildirim için kullanıcı gözlüğü çıkarmak zorunda kalmamaktadır (İnt.Kyn.33).

İki adet hareket algılayıcı sensörü maksimum 15 m² alan içerisinde çalışmaktadır. Ergonomik iki adet kablosuz joystick ile tüm oyunlarda ve uygulamalarda verimli bir şekilde çalışma yapılabilir. HTC Vive kask setinin çalıştırılabilmesi için gereken minimum seviyedeki bir bilgisayarın özellikleri Çizelge 5.1’de verilmiştir.



Resim 5.2 HTC Vive'in tüm parçaları (İnt.Kyn.34).

Çizelge 5.1 HTC Vive Setinin Çalışması İçin Gerekli Donanım Listesi (İnt.Kyn.35).

Bileşenler	Tavsiye Edilen Gerekli Sistemler	Minimum Sistem Gereklilikleri
İşlemci	Intel® Core™ i5-4590/AMD FX™ 8350 (eşdeğeri veya daha iyisi)	Intel Core i5-4590/AMD FX 8350 (eşdeğeri veya daha iyisi)
GPU (Grafik İşlemci Birimi)	NVIDIA® GeForce® GTX 1060, AMD Radeon™ RX 480 (eşdeğeri veya daha iyisi)	NVIDIA GeForce GTX 970, AMD Radeon R9 290 e (eşdeğeri veya daha iyisi)
Hafıza	4 GB RAM veya daha fazlası	4 GB RAM veya daha fazlası
Video Çıkış	HDMI 1.4, DisplayPort™ 1.2 veya daha yenisi	HDMI 1.4, DisplayPort 1.2 veya daha yenisi
USB-Port	1x USB 2.0 veya daha yenisi	1x USB 2.0 veya daha yenisi
Operasyon sistemi	Windows® 7 SP1, Windows 8.1 or later, Windows 10	Windows 7 SP1, Windows 8.1 or later, Windows 10

HTC Vive kontrol setinin kutusundan çıkan tüm aksesuarların detaylı içerikleri ve özellikleri Çizelge 5.2'de verilmiştir.

Çizelge 5.2 HTC Vive aksesuar seti (İnt.Kyn.35).

Ana Bileşen	Aksesuarlar
VIVE kaskı (headset)	-3 in 1 eklenmiş kablo
	-Eklenmiş görüntü kablosu
	-Kulaklık çıkışı
	-Yüz yastığı
	-Temizleme bezi
Bağlantı Kutusu (Link box)	-Güç adaptörü
	-HDMI kablosu
	-USB kablosu
VIVE kontrolcülerini (2 adet)	-Güç adaptörleri
	-Tutamaçlar
	-Mikro-USB kabloları
Baz istasyonları (2 adet)	-Güç adaptörleri
	-Montaj kitleri

5.3 Kullanılan Yazılımların Tanıtımı

Oyun motoru; simülasyon geliştirmek için içeriğinde ses, görüntü, fizik motoru, modellemeler gibi bir çok farklı alanda erişimi ücretli veya ücretsiz olan kütüphaneleri barındıran yazılımlara verilen isimdir. 1980’li yıllarda her uygulama için sıfırdan kod yazılmaktayken, 1990’lı yıllarda tekrarlı kullanılan obje, ses efekti, mekân gibi çeşitli alanlarda kütüphaneler oluşturularak, kullanıcıların daha hızlı uygulamalar yapmasına imkân sağlanmıştır (Doğan 2019).

5.3.1 Unity

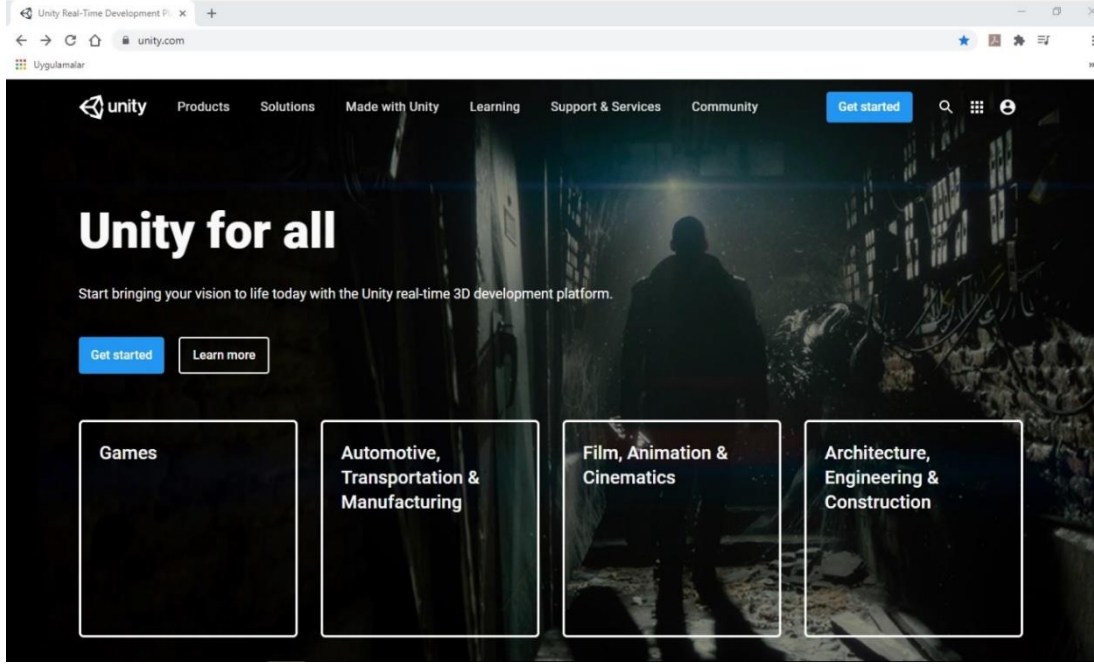
2 veya 3 boyutlu mobil, masaüstü, web ya da konsol geliştirme imkânı sunan, çoklu oyunculu seçeneğiyle simülasyon ve video oyunları geliştirilmesi için 2005 yılında Unity Technologies şirketi tarafından ilk sürümü yayınlanmıştır. Son yıllarda kullanımı oldukça yaygınlaşan bu programda, tasarlanıp/yapılıp yüklenen çalışma tane sayısı 37 milyar, artırılmış ve sanal gerçeklik ortamları için hazırlanan oyun veya simülasyonların %60’ ı bu programla yapılmıştır (İnt.Kyn.36).

Unity oyun motoru; Microsoft Visual Studio’da C#’ ı yazılım dili olarak, Windows ve Xbox platformlarını grafik motoru olarak, OpenGL açık kaynaklı kütüphaneyi mobil cihazlar için kullanmaktadır. Nvidia Physx ile fizik motoru çalıştırılmaktadır. Bu program ücretsiz olarak kendi internet sitesinden indirilip tüm işletim sistemlerinde kullanılabilir (Doğan 2019).

5.3.1.1 Unity’nin Kurulumu

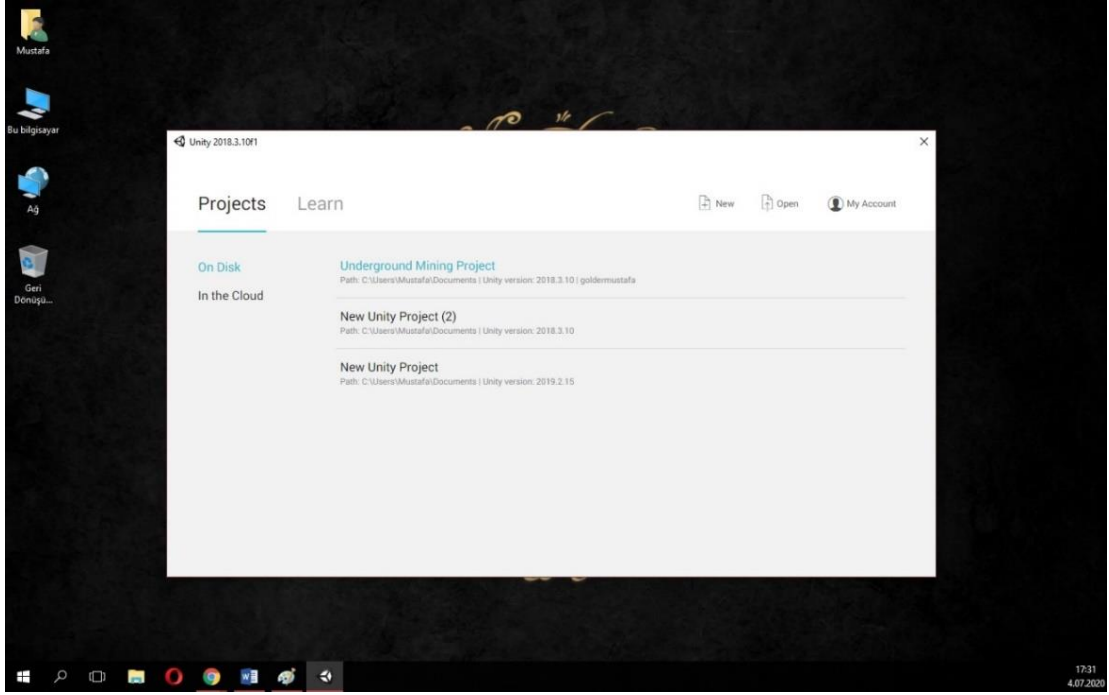
Unity’nin kendi sitesi olan “<https://unity3d.com>” adresinden üye olduktan sonra ücretsiz indirme sağlanmaktadır. Şekil 5.1’de verilen ekran görüntüsündeki gibi sitenin üst menüsünden “*products*” sekmesinde “*individual*” seçeneğiyle ücretsiz kurulum imkânı vermektedir. Kişisel kullanım ve öğrenci kullanımı olmak üzere iki adet ücretsiz kullanım seçeneği mevcuttur. Öğrenci olarak kayıt yapıldığında *core Unity* geliştirme platformunun son sürümü ve koyu tema ara yüzü gibi ekstra özellikler sunulmaktadır.

2020 yılında Unity şirketi programın kullanılması sonucunda yıllık 200.000\$ kazanç sağlanan uygulamalar yapılıncaya kadar ücretsiz kullanmaya izin vermektedir. Program; ücretsiz kullanımda bazı eklentilere destek vermemektedir. Oyun geliştirilen bir program olduğundan dolayı oyuncuların kullanımı sonucunda reklam gelirleri oldukça yüksek olacağından Unity’nin profesyonel sürümü aylık 150\$ gibi düşük sayılabilecek bir ücretle de hizmet vermektedir.



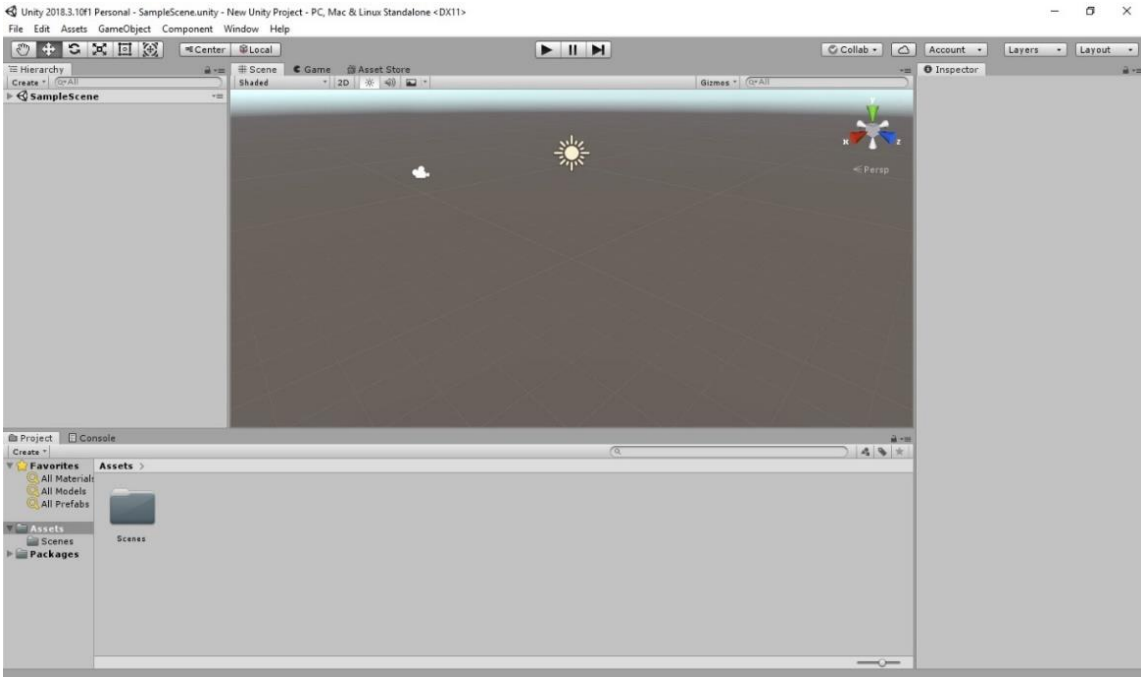
Şekil 5.1 Unity site ekran görüntüsü.

Program yüklendikten sonra Şekil 5.2’de ekran görüntüsü verilen giriş penceresinde “My Account” kısmında daha önce Unity3d sitesinden program indirilirken kayıt olunan kullanıcı adı ve şifre gibi kayıt bilgileri ile giriş yapılması gerekmektedir. “New” sekmesiyle yeni bir proje açılabilir veya “Open” sekmesiyle pencerenin ortasındaki kısımda sıralanan daha önceden çalışılmış projelere ulaşım sağlanmaktadır.



Şekil 5.2 Unity'nin program giriş penceresi.

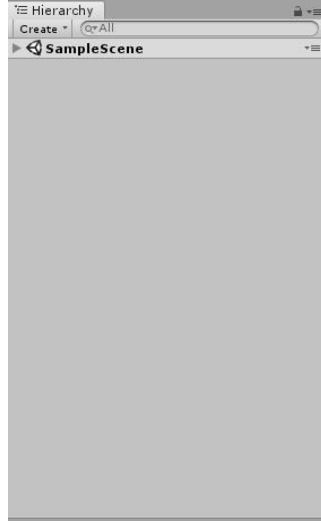
Program açıldığında karşılaşılan ilk ekran görüntüsü Şekil 5.3'te verilmiştir.



Şekil 5.3 Unity programı ara yüzü.

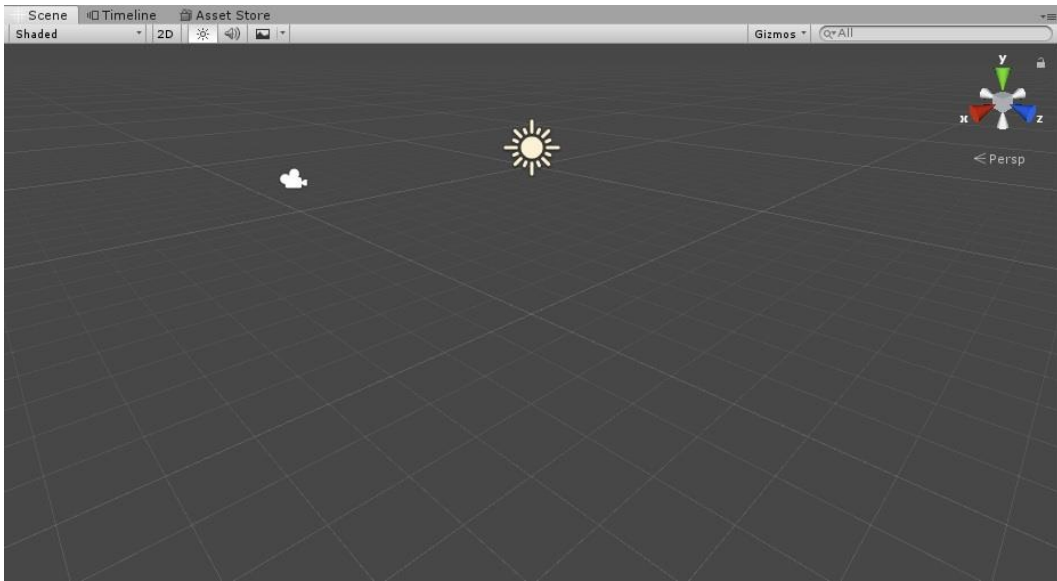
Unity programı üst menü çubuğu haricinde ekran genelinde ara yüzü 4 ana panelden oluşmaktadır.

Hierarchy; sahneye eklenen objelerin tümünün sıralandığı bir penceredir ve paneli Şekil 5.4'te verilmiştir.



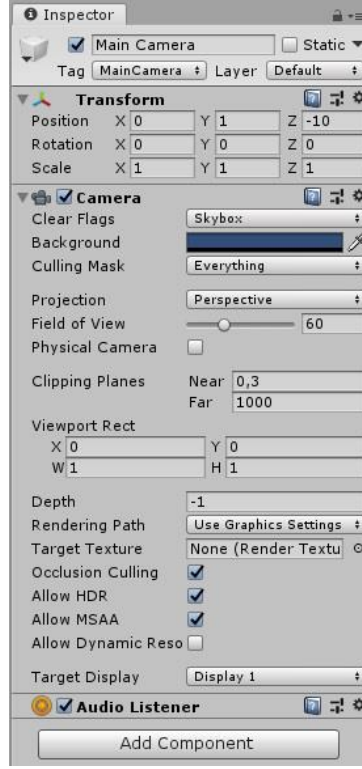
Şekil 5.4 Unity Hierarchy paneli.

Scene; sahneyi temsil etmektedir, eklenen objelerin oyunda nasıl görüneceğinin görüntülendiği penceredir ve paneli Şekil 5.5'te verilmiştir.



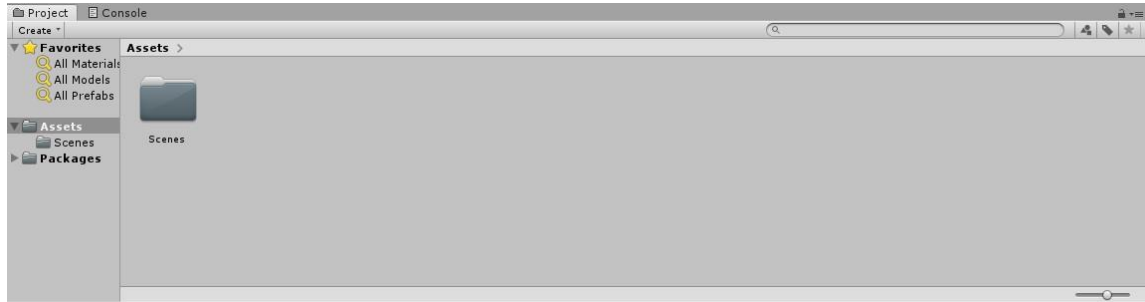
Şekil 5.5 Unity Scene paneli.

Inspector; sahneden seçilen bir objenin rengi, büyüklüğü gibi bütün özelliklerinin görüntülediği penceredir ve paneli Şekil 5.6’da verilmiştir.



Şekil 5.6 Unity Inspector paneli.

Project; projeye ait olan üç boyutlu modeller dokular, ses dosyaları gibi bütün dosyaların görüntülediği penceredir ve paneli Şekil 5.7’de verilmiştir.



Şekil 5.7 Unity Project paneli.

5.3.1.2 Sahne ve Obje Kontrolleri

Program açıldıktan sonra otomatik olarak gelen iki tane oyun objesi bulunmaktadır. Bunlar; oyun oynandığı esnadaki oyuncunun gördüğü ekranını gösteren “*Main Camera*” ve diğeri de ortama ışık kaynağı sağlayan “*Directional Light*” objeleridir. Şekil 5.8’de ekranın sol üst köşesinde bulunan alt menünün görevleri aşağıda sıralanmıştır.



Şekil 5.8 Unity programı alt menüsü.

1-Hand Tool; kamerayı hareket ettirmek için ve ekranı sürüklemek için kullanılır. Bu işlem klavyede kısa yol olarak “*Q*” harfine basarak aktifleşir.

2-Move Tool; oyun içindeki tüm objeleri x, y ve z eksenlerinde tek doğrultuda veya xy, xz ve yz eksenlerinde de ikili doğrultuda hareket ettirmek için kullanılır. Bu işlem klavyede kısa yol olarak “*W*” harfine basarak aktifleşir.

3-Rotate Tool oyun içindeki tüm objelerin kendi eksenleri etrafında x, y ve z düzlemlerine göre 360° yörüngelerinde dönebilmeleri için kullanılır. Bu işlem klavyede kısa yol olarak “*E*” harfine basarak aktifleşir.

4-Scale Tool oyun içindeki tüm objelerin x, y ve z eksenlerinde uzanıp kısalarak boyut değişimlerini sağlamak için kullanılır. Bu işlem klavyede kısa yol olarak “*R*” harfine basarak aktifleşir.

5-Rect Tool oyun içindeki dörtgen şeklindeki objelerin iki boyutta büyüklük değişimleri için kullanılır. Bu işlem klavyede kısa yol olarak “*T*” harfine basarak aktifleşir.

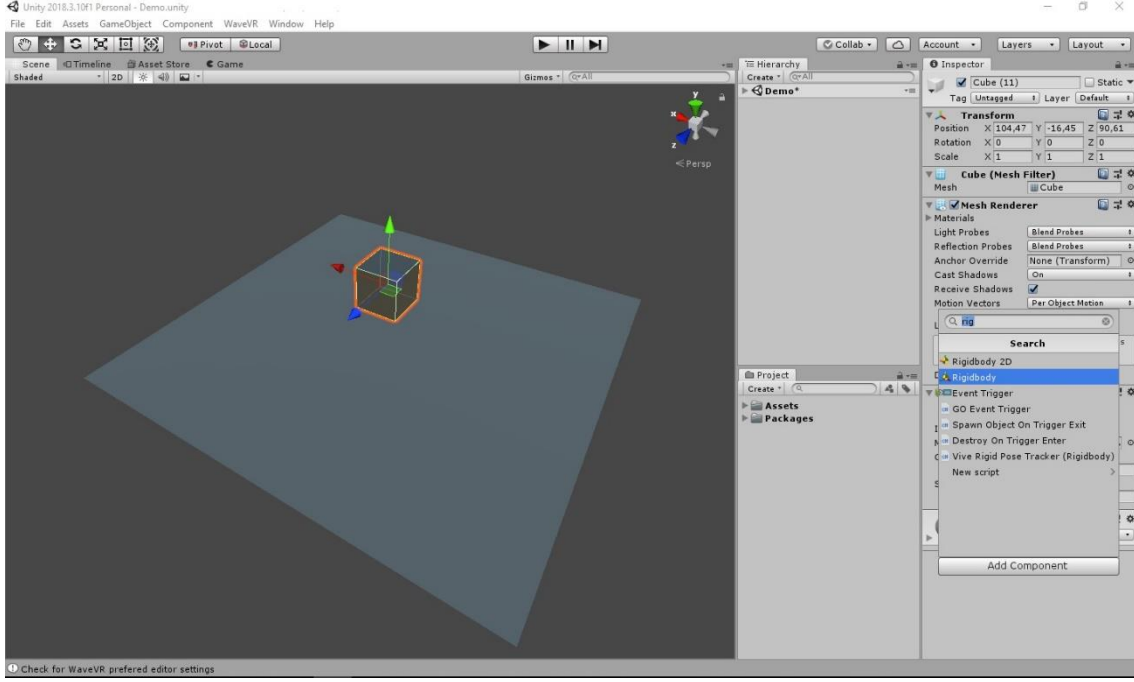
6-Move, Rotate or Scale oyun içindeki tüm objelerin hareket ettirme, döndürme ve büyüklük değiştirilmesi işlemleri için kullanılır. Bu işlem klavyede kısa yol olarak “Y” harfine basarak aktifleşir.

5.3.1.3 Rigid Body ve Material

Oyun tasarımı yapılırken diğerlerine kıyasla daha fazla kullanılan çok önemli iki ana menü bulunmaktadır. *Game object* başlığı; menü sekmesi altında 2 ve 3 boyutlu nesnelerin, ses efektlerinin, ışıkların, kameranın, Vuforia gibi birçok seçeneğin bulunduğu ana menülerden birisidir. *Assets başlığı*; oyun içindeki ses dosyaları, materyal dosyaları, kaplama dosyaları, doku dosyaları, renk dosyaları gibi birçok özelliğe ulaşımı sağlayan bütün dosyalarda anılan isim olarak kullanılan önemli ana menülerden diğeridir.

Oyun ekranına eklenen herhangi bir nesneyi “*inspector*” penceresinden cismin üç düzlemdeki pozisyonunu, büyüklüğünü, döndürme derecesini ve objenin üzerine atanan kaplama, kodlamalar gibi birçok parametre yönetilip gözlemlemek mümkündür.

“*Inspector*” penceresindeki “*Add Component*” sekmesinden “*rigid body*” seçilerek oyun objelerinin katı bir cisim gibi kütesine göre yer çekiminden etkilenen ve çarpışmalarda momentum sağlayacak hale gelmesi sağlanmaktadır. Şekil 5.9’da cisim üzerine eklenen “*rigid body*” bileşeni eklenmesi gösterilmektedir.

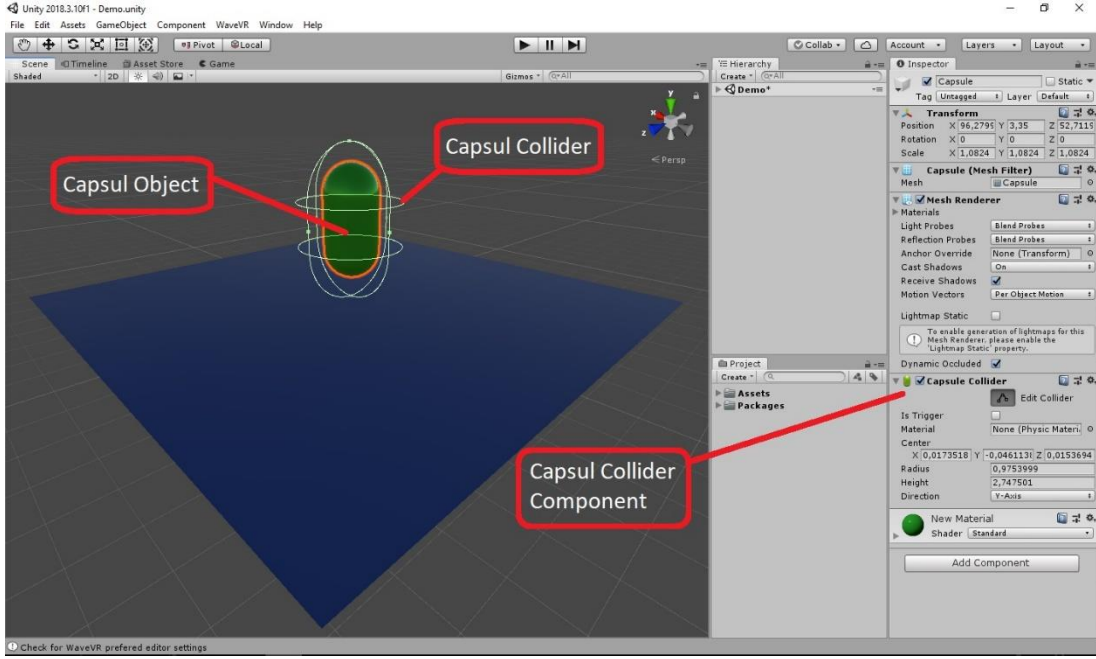


Şekil 5.9 Rigid body bileşeni eklenmesi.

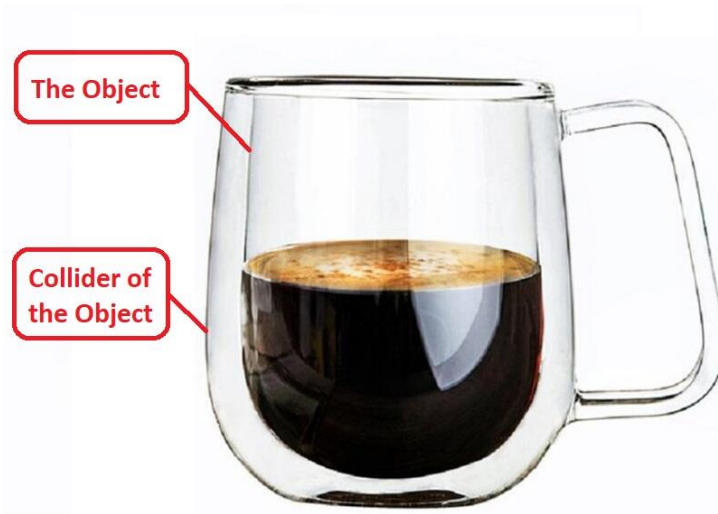
5.3.1.4 Collider Bileşeni

Nesnelerin diğer objelerle fiziksel etkileşim gerçekleştirdiği bileşendir. Bir objenin üzerine atanmış collider bileşeni nesne ile aynı şekilde olmasa da olur fakat gerçekliğin artması için bu gereklidir. Objeye ve objenin collider bileşeni Şekil 5.10’da gösterilmiştir.

Cisimlerin collider bileşen özelliği; bir tasarım ürünü olan gerçek bir kahve bardağı vasıtasıyla daha anlaşılır olması açısından Şekil 5.11’de temsilen gösterilmeye çalışılmıştır. Kahvenin içinde olduğu kısım objeye ve diğer cisimlerle fiziksel teması geçen kısmı collider olarak özetlenebilir.



Şekil 5.10 Objelerin Collider gösterimi.



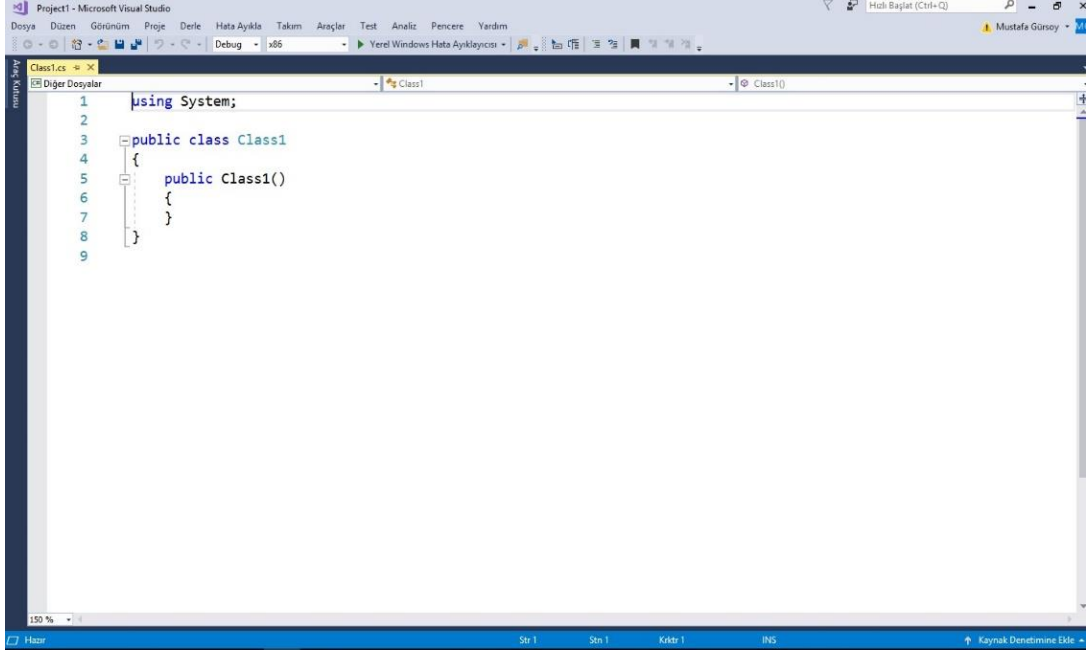
Şekil 5.11 Collider bileşeni temsili izah şekli (İnt.Kyn.37).

5.3.2 C# Yazılım Dili

Unity oyun programında C# dilinde senaryolar (scripts) yazılır. Microsoft tarafından geliştirilen “.Net” ortamındaki scriptler yardımıyla Visual Studio’da simülasyon kodlamaları tamamlanır. Simülasyon ve içerisindeki objelerin davranışları bu scriptlerle kontrol edilebilir (Doğan, 2019).

C programlama dilinde tam sayı değişkenini 1 artırmak için kod kısmında değişkenden hemen sonra “++” işareti kullanılır. C++ programlama dilinin adı, C dilinde obje yönetimli programlama yapabilme olanağı ile eklentiler sağladığından ötürü “C++” şeklinde isimlendirilmiştir. Benzer bir şekilde C++ diline de eklentiler yapılarak oluşturulan bu yeni programda simgesel olarak ((C++)++) şeklinde objelere yönelik tasarlanmış C# isimlendirilmesinde bir melodi anahtarı olan C# majör kullanılmıştır (İnt.Kyn.38).

C# kodları, makine koduna göre direkt olarak derlenmez. Ara bir kod olan “IL” koduna önce derlenir. Bu derleme kodu dosyasına “*assembly*” denir ve uzantısı “.exe”dir”. Dosya çalıştırılacağı zaman “.Net Framework” çalışmaya başlayarak devreye girer ve IL kodu dönüşerek makine kodu oluşur. Böylece bilgisayar bu kodu anlayabilmektedir. C#’da yazılan bir kodun bilgisayarda çalışabilmesi için o bilgisayarda “.Net Framework” programının kurulu olması gerekmektedir. Çünkü bu program IL kodunu bilgisayarın çözümleyebileceği bir koda dönüştürerek çalışmaktadır. “.Net Framework” kodları geçici bir süre bellekte tutar, bu kodlar tekrar kullanılmak istenirse IL kodunu yeniden dönüştürmek yerine belleğe kaydettiği bu kodu kullanarak çalışmaktadır. Bu yüzden program açıldığında biraz yavaş çalışmakta daha sonraları çalışma hızı artmaktadır (İnt.Kyn.39). Microsoft Visual Studio programının ara yüzü Şekil 5.12’de verilmiştir.



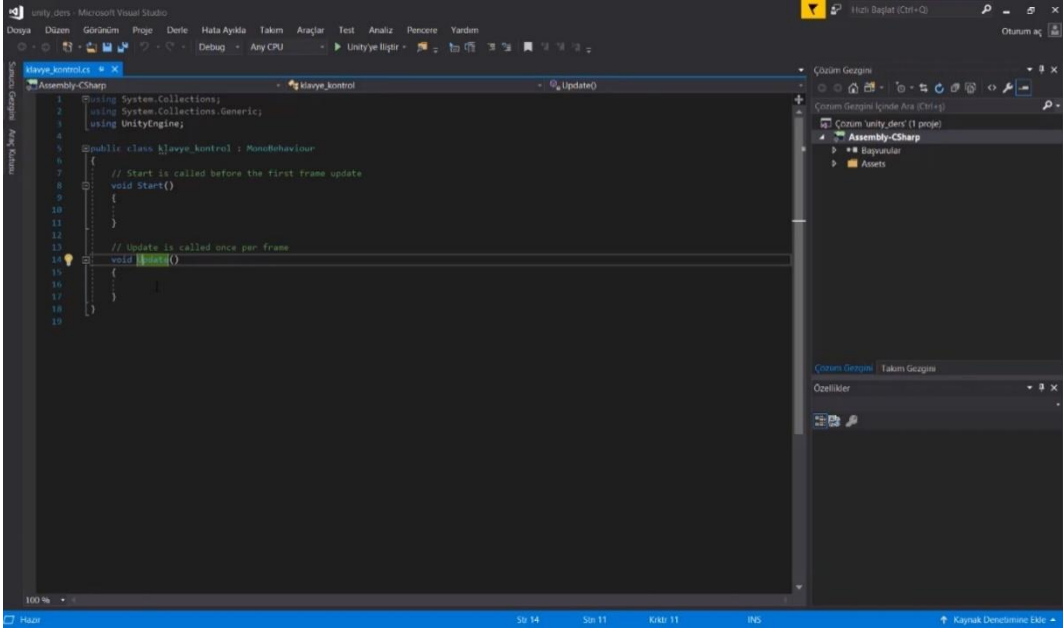
Şekil 5.12 Visual studio ara yüzü.

5.3.2.1 Cisimleri Hareket Ettirme ve Script Yazma

Oyun ekranında düz bir zemin (plane) oluşturduktan sonra ortama üç boyutlu her hangi bir cisim eklenebilir. Örnek uygulama üzerinde hareket ettirilecek cisim için küp seçilmiş ve hiyerarşi kısmına bu oyun objesi eklenmiştir.

Bir script yazılıp ve bu kod birkaç yerde kullanılmak istendiğinde *Assets* kısmında her veriyi tanımlayıcı bir şekilde adlandırmak gerekir. Oyun geliştirilmeye başlandıktan sonra sayı olarak çok fazla artacak olan obje, materyal, kodlar gibi birçok veri karışmaması ve düzenli erişilebilir olması açısından dosyalama yapmak gerekmektedir. Dosya isimlendirmesi yaparken Türkçe karakter kullanmaktan kaçınmak gerekmektedir. Kod yazabilmek için bilgisayarda Visual Studio uygulaması bulunması gerekmektedir.

Oluşturulan bu script çift tıklayıp Visual Studio açılmaktadır. Her yeni açılan kod penceresinde “*Start*” ve “*Update*” olmak üzere iki tane fonksiyon hazır olarak gelmektedir. Hazır gelen bir özellikte “*MonoBehaviour*” isimli bir sınıftan çoğaltılmaktadır. Bu sayede Unity’nin bütün özellikleri bu sayede çalışacaktır. Start ve Update metotları Şekil 5.13’te gösterilmiştir.



Şekil 5.13 Start ve update metotları.

Start metoduna yazılacak içerikler; oyun daha çalışmadan, sahne başlamadan önce RAM'e yüklenecek olan olaylar, resimler, sesler gibi dosyalardan oluşması gerekmektedir. Bunun nedeni bu sistemlerin kullanıcıyı bekletmeden uygulamaya ekranına yüklenmesini sağlamak içindir.

Update metoduna yazılacak içerikleri ise; sürekli kontrol, yenileme yapan bir metottur. Genellikle üç boyutlu yazılımlarda bu metodun ekran yenileme hızı aynıdır. Olay başladıktan sonra saniyede ekran yenileme kadar kontrol eder. Oyunun Kare Hızı (Frame Rate) görsellik çok fazlaysa ekran yenilenme hızından daha düşük hızla çalışmasına neden olabilir.

5.3.3 SteamVR

Steam platformu Windows işletim sisteminde oyun oynamak amacıyla Vive kullanımını destekleyen bir yazılımdır. SteamVR; bir uygulama ve kütüphane dizisinden oluşmaktadır ve Vive sanal gözlük ile aynı oyun-yazılım ortamının ara yüzü gibi SteamVR Lighthouse gezinme sistemi temelli yazılım arasında bir ara yüz olarak çalışan aygıt sürücüsüdür. Ek olarak gezinme ve doğru görüntü fonksiyonlarını ayarlayan bir sistemdir (Shi vd 2018).

5.3.4 SketchUp

Üç boyutlu modelleme gerektiren mimarlık, mühendislik, oyun geliştiricileri, film yapımcıları gibi hemen her iş sahasındaki kullanıcılar için tasarlanmış 3B modelleme yazılımıdır. Diğer modelleme programlarına kıyasla pratik çizim ve modelleme komutları ile sade bir ara yüze sahiptir (İnt.Kyn.40). Google tarafından 3D modelleme programı olarak bilinen bu uygulamanın kullanımı çok kolaydır. 2000 yılında “*Last Software*” tarafından piyasaya giren bu program, 2006 yılında Google tarafından satın alınmıştır. Sketchup warehouse adıyla kullanıcılarına ücretsiz ve paralı hazır çizim modelleri satılabileceği kütüphane oluşturulmuştur (İnt.Kyn.41).

Sanal ortam oluşturulurken bazı makine ve modellerin üzerinde değişiklik yapıp modifiye edilmesi için SketchUp kullanılmıştır. Programın kendi model kütüphanesinden de bazı modeller satın alınarak uyarlanmıştır.

6. BULGULAR

Bu tez çalışmasında maden mühendisliği öğrencilerine araziye ve maden ocağına gitmeden tanımları için sanal gerçeklik ortamında gerçeğe yakın ve içinde gezilebilir bir yeraltı maden ocağı tasarlanmıştır. Çalışma Afyon Kocatepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü “*Madencilikte SG-AG Uygulamaları*” Laboratuvarı’nda yapılmıştır.

Sanal ortam için ihtiyaç duyulan modellerin oluşturulması ve genel tüm işlemler için Unity ve Sketch-up programları kullanılmıştır.

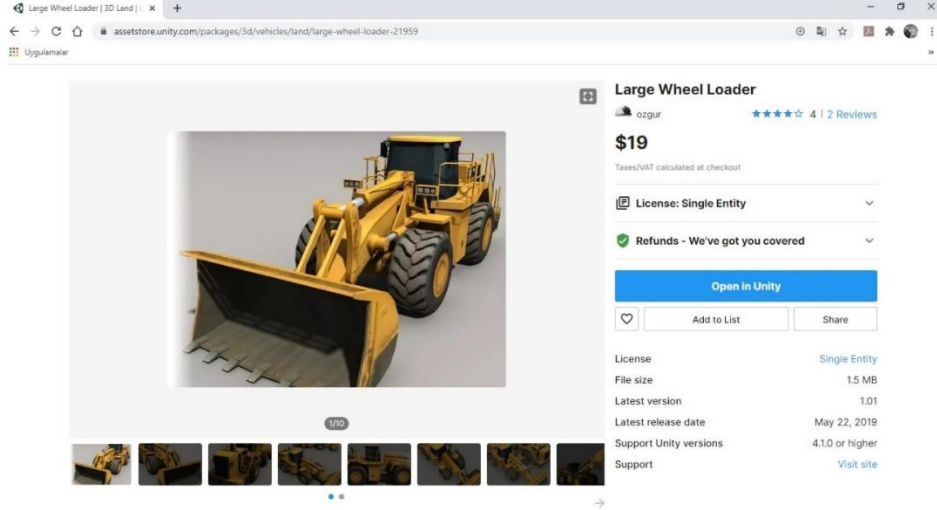
6.1 Yükle-Taşı-Boşalt (YTB) Modellemesi

1950’li yıllarda raylı sistemle nakliyeden daha esnek manevra kabiliyetine sahip bir sistem arayışı başlamıştır. Yer üstünde zaten kullanılan paletli ve lastik tekerlekli kepçeler ile kamyonlar yer altında kullanılmaya çalışılmış fakat istenilen verim alınamamıştır (Elevli 2009).

1954 yılında yükü kendi alıp taşıyan Gismo adı verilen bir araç ilk defa Washington’daki bir çinko-kurşun madeninde kullanılmıştır. Paletli olan bu araç hızı düşük ve bakım maliyetinin yüksek olması nedeniyle “*transloader*” denilen lastik tekerlekli araçlar geliştirilmiştir. Bu araçların orta kısmında kasa konumlandırılmış ve kepçe ile yük bu kasaya doldurularak taşıma işlemi hem kepçeyle hem de kasayla yapılmıştır. Uygulamalar ve çalışmalar neticesinde galeri boyutlarına göre yükseklik ve genişlikleri azaltılarak günümüzdeki YTB (Yükle-Taşı-Boşalt) araçları üretilmiştir. Bu araçların yabancı literatürdeki tanımı LHD (Load-Haul-Dump) şeklinde olup Şekil 19’da gösterilmiştir (Elevli 2009).

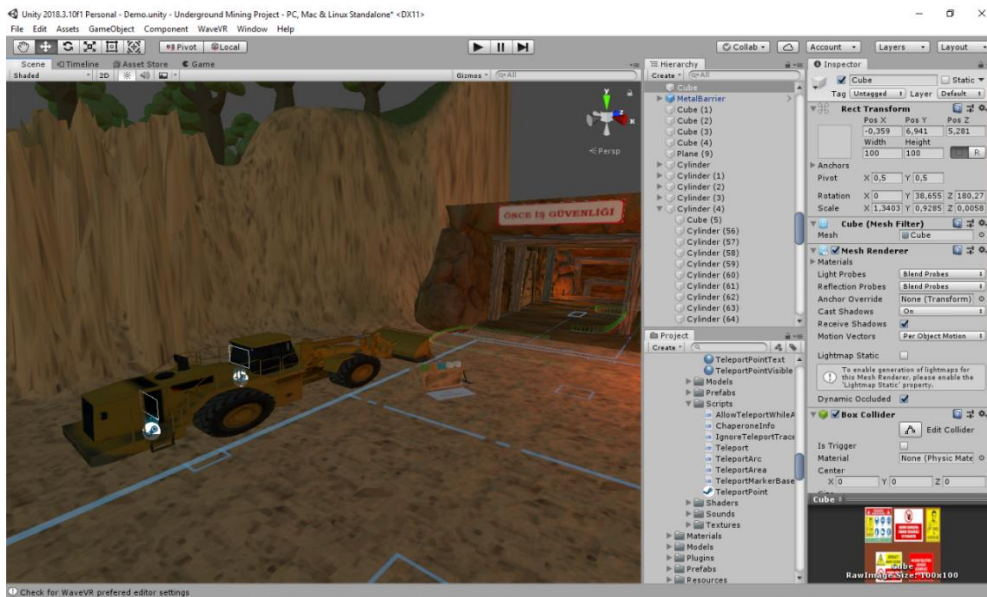
Madencilikte kullanılan spesifik bir çok makine bulunmaktadır. Bu makinaların hepsinin birebir modeli bulunmadığı zaman benzetme çalışması sonucunda sanal maden ocağında obje kullanılmaya başlanmıştır. Yükle-taşı-boşalt araçlarının da 3D model kütüphanelerinde hazırda modeli bulunmayan istisnalardan birisi olmuştur.

Bunun yerine Şekil 6.1’de verilen yükleyici üzerinde birkaç değişiklik yaparak YTB gibi görünmesine çalışılmıştır.



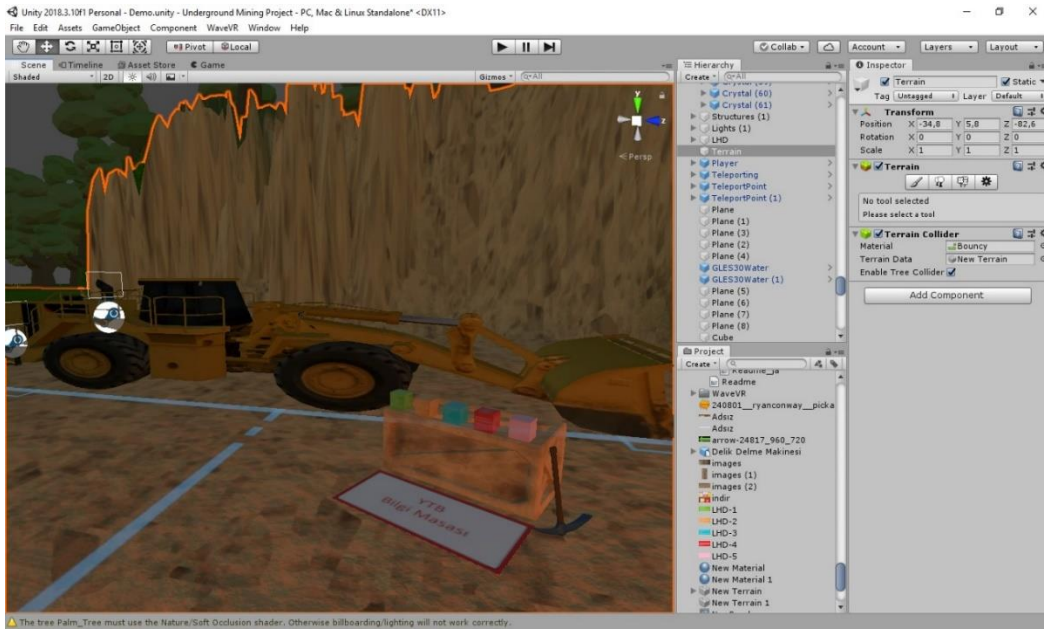
Şekil 6.1 Yükleyici modeli.

Unity programının model kütüphanesi olan *Assets Store*’dan satın alınan bu yükleyici sanal maden ocağı oluşturulurken Yükle-Taşı-Boşalt makinasına benzetilmeye çalışılmıştır. Maden modelinde yüklenen bu makine Şekil 6.2’de verilmiştir. Sanal gerçeklik gözlüğüyle makinanın üzerinde yüksekliği hissedebilmek için ışınlanma noktaları oluşturulmuştur.



Şekil 6.2 YTB modelinin sanal ortamda gösterimi.

Maden mühendisliği öğrencilerinin teorik eğitimlerine ek olarak tasarlanan bu simülasyonda YTB'lerin çalışma hızlarını düşürecek olumsuz şartlar, YTB'lerin maksimum çalışma hızı hesabı ve genel bilgiler makinanın hemen önündeki kutularda okunaklı bir şekilde hazırlanmıştır. Sanal gözlük olan HTC Vive kaskını takıp program başlatıldığı zaman kullanıcı bu eğitici kutuları eline alıp yaklaştırarak veya uzaklaştırarak istediği şekilde okuma imkânı bulacaktır. Eğitici kutuların örnekleri Şekil 6.3'te verilmiştir.



Şekil 6.3 YTB Bilgi Masası.

Etkileşimli kutuların üzerinde yazan bilgiler sırasıyla aşağıda verilmiştir:

Bilgi Kutusu-1:

Makinaların çalışma hızını düşürecek olan olumsuz şartlar aşağıda sıralanmıştır:

- 90° 'den büyük keskin dönüşler
- Yeterli hıza ulaşmadan geçilen kısa mesafeli yollar
- Yer altındaki düzensiz araç trafiği
- Galeri duvarlarıyla araçların arasındaki mesafelerin az olması
- Operatör ile tavan arasında kalan mesafenin az olması

Bilgi Kutusu-2

Makinaların çalışma hızını düşürecek olan olumsuz şartlar aşağıda sıralanmıştır:

- Yolların düzensiz, bakımsız, ıslak ve kaygan olması
- Aydınlatmanın yetersiz olduğu ve tozdan dolayı görüşün azalması
- Havalandırmanın yetersiz olması
- Tavan veya duvarlardan malzeme akması
- Boşaltma sahasında araçların yanaşırken güvenlik kalaslarının olmaması

Bilgi Kutusu-3

YTB'lerin maksimum çalışma hızları 16 km/saat 'tir. Yine de çalışma koşullarına, dolu veya boş hareketlerine bağlı olarak ortalama hız tespiti için %3 yuvarlama direnci uygulanır. Bu direnç satıcı firma tarafından önceden hazırlanmış eğrilerle de hesaplanabilse de ortalama hızın hesaplanması şu şekildedir (6.1);

$$V_{max} = \frac{\mu x P x 270}{G x (R \pm 1000 x \sin \alpha)} \quad (6.1)$$

V_{max} : Maksimum Hız

μ : Genel verim (0,85)

α : Eğim açısı

P : Motor gücü (bg)

R : Yol direnç kat sayısı (aralık 40-400 arasındadır. 30 iyi yol demek olup yol kötüleştikçe oran artar)

G : Toplam ağırlık (ekipman ağırlığı + taşıdığı yük) (ton)

Buradan elde edilen sonuç, çalışma şartlarına göre hız faktörü ile çarpılarak aracın ortalama hızı hesaplanmaktadır.

Bilgi Kutusu-4

YTB araçları geleneksel kepçe-kamyon özellikleriyle hareket etmekte; yükü kendi alıp kendi boşaltan, iki veya dört çeker dizel veya elektrik motorlu, lastikli araçlardır. Hem yükleme hem nakliye hem de boşaltma işlemlerinde kullanılabilen bu araç, ekonomik

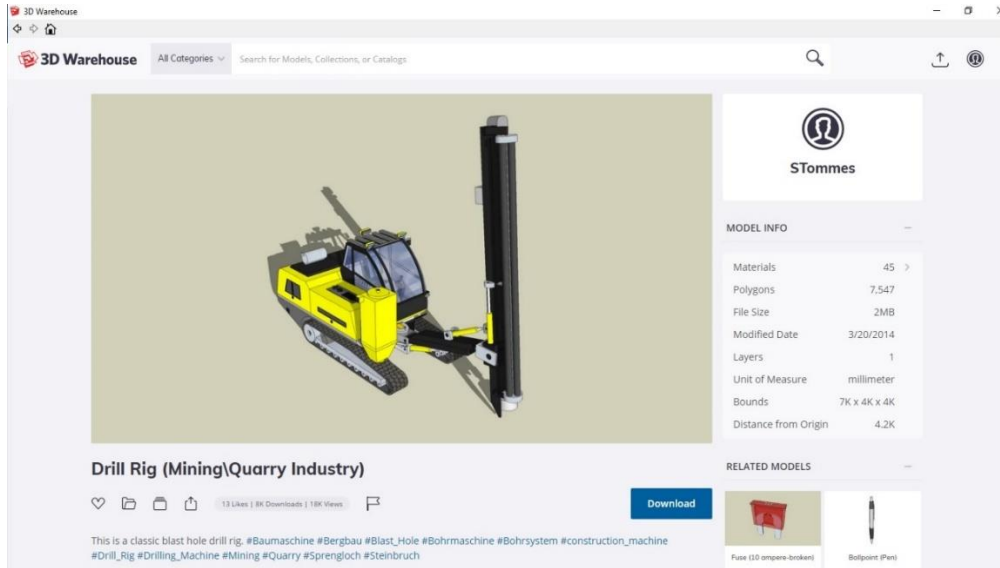
olarak uygun nakliye yolu olmaması halinde başka bir yükleme sisteminde de yardımcı eleman olarak kullanılabilir (Elevli 2009).

Bilgi Kutusu-5

Yükleme anında pasa ve cevher arasında seçimlilik yapabilmektedir. Belden bükülebilen bir şasiye sahip oldukları için manevra kabiliyetleri oldukça iyidir. Her iki yönde de aynı hızla gidebilmektedir. Son zamanlarda 0,865-3 metre arasında genişlikte, 1,22-2,6 metre arasında yükseklikte ve 0,7-20 ton arasında kapasiteye sahip dizel ve elektrikli YTB modelleri üretilmektedir (Elevli 2009).

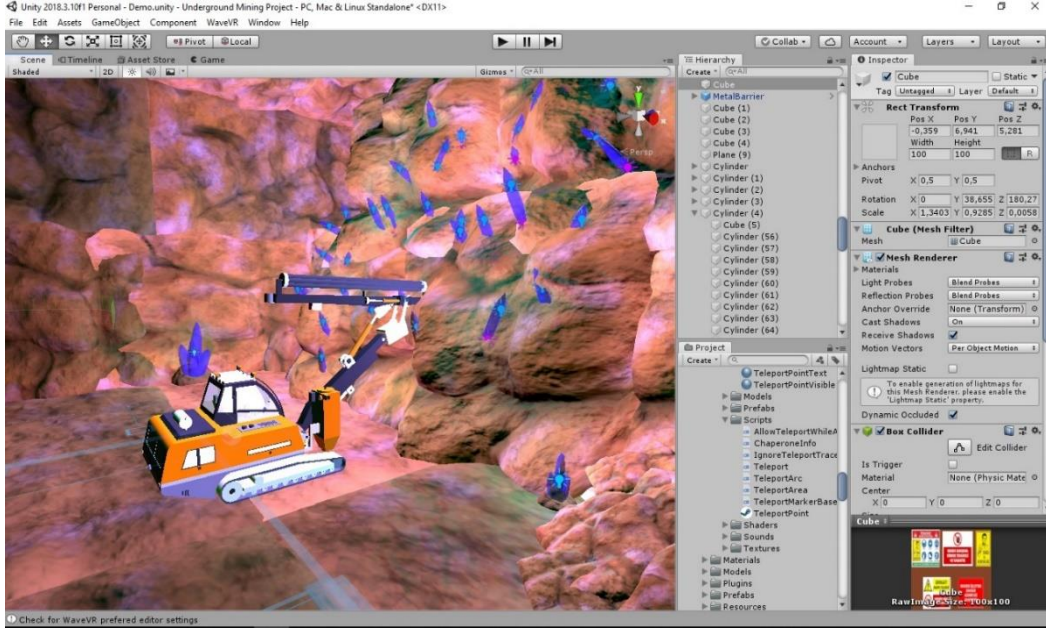
6.1.2 Paetli Delik Delme Makinası Modellemesi

Tasarlanan yeraltı maden ocağında nakliye makinalarından farklı olarak paetli delik delme makinası kullanılmıştır. Görsel olarak hazır modellerden en uygun olanı SketchUp programının 3D Warehouse olarak adlandırdığı kütüphanesinden delik delici modeli bulunmuştur ve kullanılmıştır (Şekil 6.4).



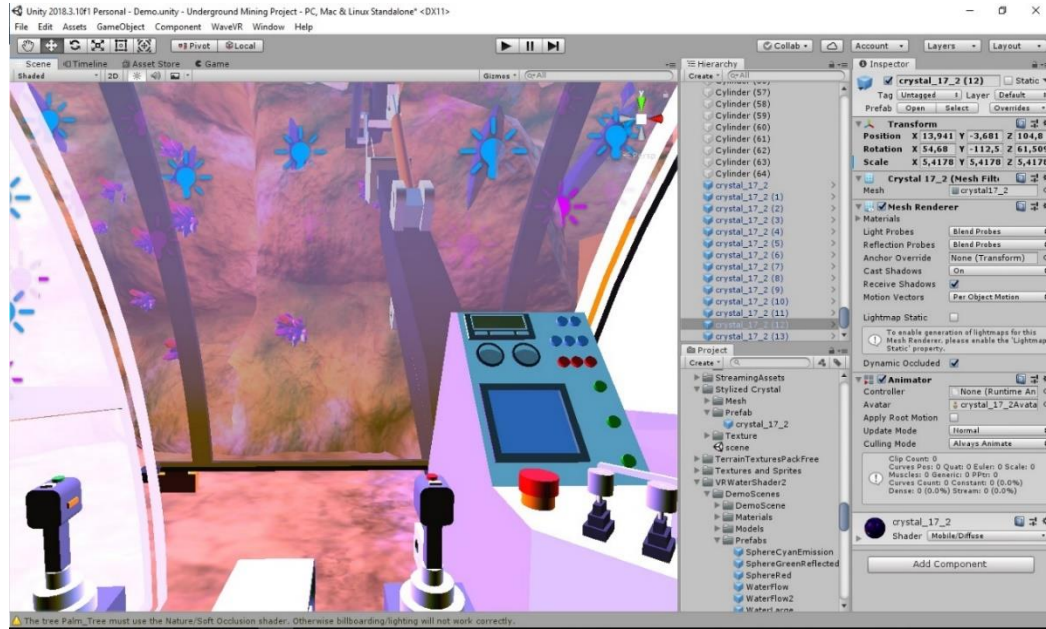
Şekil 6.4 Delik delme makina modeli.

Şekil 6.4'te verilen dikey delik açabilen bu delik delme makinasının bom'u tasarlanan maden ocağına uygun olması açısından programda Şekil 6.5'te gösterilen dikey delik delebilen bom haline getirilmiştir.



Şekil 6.5 Delik delme makinasının sanal ortamda gösterimi.

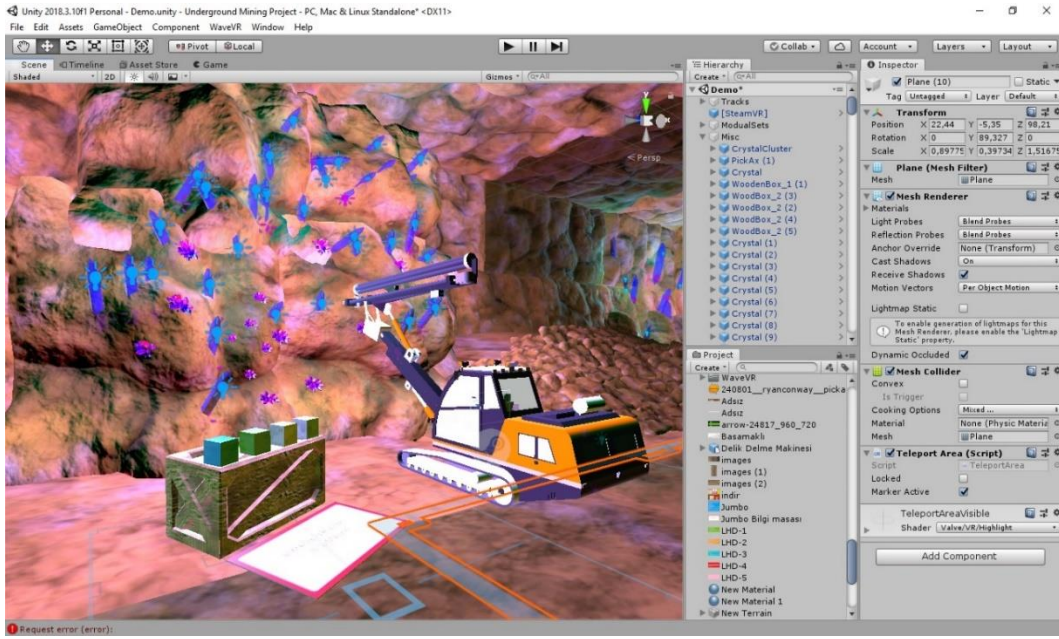
Paletli delik delme makinası modelinin Unity ortamındaki kontrol panellerinin olduğu iç görüntüsü Şekil 6.6’da verilmiştir.



Şekil 6.6 Delik delme modelinin kontrol ekipmanları.

Maden mühendisliği öğrencilerinin teorik eğitimlerine destek olarak tasarlanan bu simülasyonda delik delme makinalarının delme esnasında göz önünde bulundurulması

gereken etmenler, farklı delik açma çeşitlerinin resim olarak gösterilmesi ve paralel deliklerle patlatma için gerekli patlatıcı şarj miktarının hesaplanması makinanın hemen önündeki kutularda okunaklı bir şekilde hazırlanmıştır. Sanal gözlük olan HTC Vive kaskını takıp program başlatıldığı zaman kullanıcı bu bilgi kutularını eline alıp yakınlaştırarak veya uzaklaştırarak istediği şekilde okuma imkanı bulacaktır. Bilgi kutularının örnekleri Şekil 6.7’de verilmiştir.



Şekil 6.7 Delik delme makinası bilgi masası.

Etkileşimli bilgi kutularının üzerinde yazan bilgiler sırasıyla aşağıda verilmiştir:

Bilgi Kutusu-1

Patlatma deliklerinin hassas olarak delinebilmesi tünel yüzeyi, galeri cephesinin veya aynanın düzgünlüğü ile doğrudan orantılıdır. Hassas delik delmek, patlatma sonrasında oluşacak yüzey pürüzlülüğü ve tahkimat açısından da oldukça önem arz etmektedir (Köse vd. 2012).

Patlatma delikleri açılırken dikkat edilmesi gereken hususlar şunlardır (Köse vd. 2012):

- Deliklerin delinmesi kolay olmalıdır
- Gereken patlayıcı miktarı en az düzeyde olmalıdır
- Serbest yüzey oluşturmak için orta çekme yapılmalı

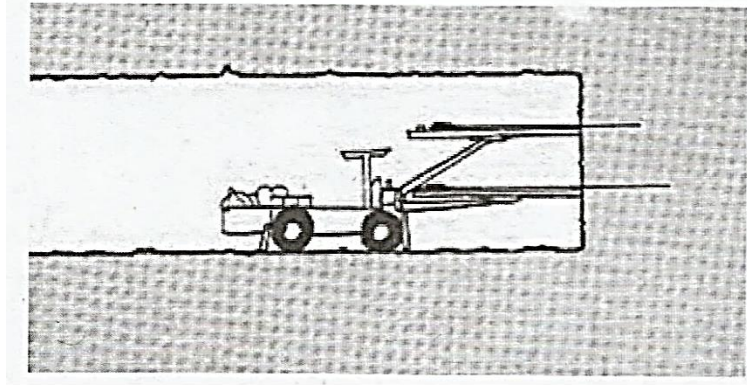
-Dış patlatma delikleri çok dikkatli ve özenli bir şekilde yerleştirilmeli, mümkün olduğunca birbirine yakın olmalı ve az şarj edilmeli

-Patlatmadan sonra planlanmış kesite yakın ve en az seviyede betonlama gerektirecek kesit alan elde edilmelidir.

-Patlatmadan sonra kırılmamış kısımlar kesit alanını daraltacağından ek kazıya dolayısıyla maliyet artışına ve zaman kaybına sebep olacaktır. Kesitin planlanan ebatlardan büyük olması ise daha kalın kaplama yapılmasına neden olacaktır.

Bilgi Kutusu-2

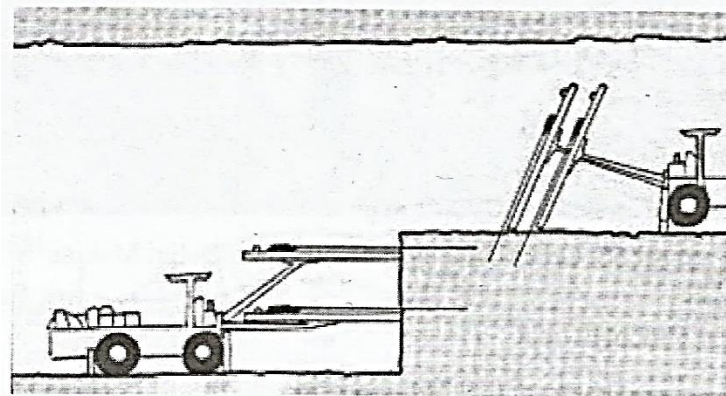
Bu kutuda Şekil 6.8’de verilen yatay delik delme çizimi gösterilmiştir.



Şekil 6.8 Yatay delik delme (Köse vd. 2012).

Bilgi Kutusu-3

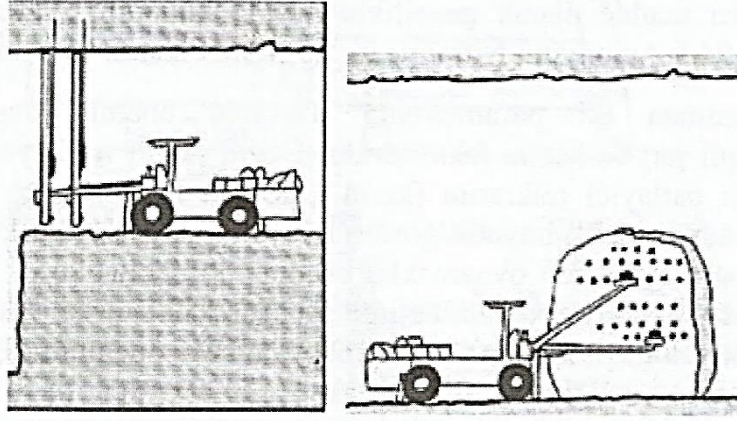
Bu kutuda Şekil 6.9’da verilen basamaklı delik delme çizimi gösterilmiştir.



Şekil 6.9 Basamaklı delik delme (Köse vd. 2012).

Bilgi Kutusu-4

Bu kutuda Şekil 6.10’da verilen tavana ve yan delik delme çizimi gösterilmiştir.



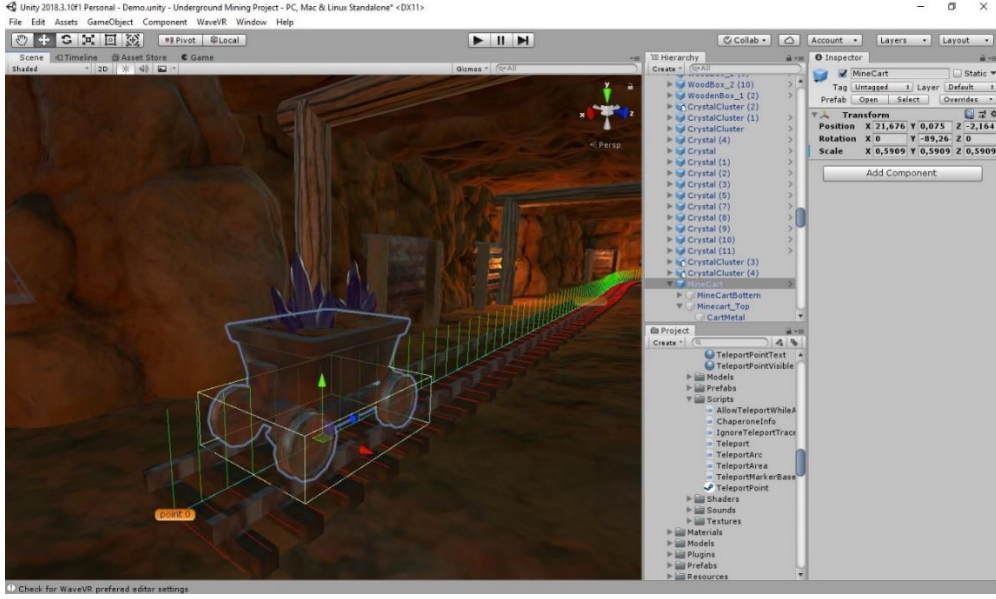
Şekil 6.10 Tavana delik delme ve yan delme (Köse vd. 2012).

6.1.3 Vagon Modeli

Vagon nakliyatı özet olarak; traversler üzerine özel bir sistemle bağlanan rayların uca uca eklenmesi sonucu elde edilen paralel iki demir şerit arasında yük taşımayı sağlayan sistemdir. Vagonlar üç ana parça olan şasi, tekerlekler ve kasadan oluşmaktadır. Şasi üzerine kasa oturtulmaktadır ve şasinin önünde ve arkasında kasayı koruyucu tamponlar bulunmaktadır. Bu nedenle darbelere karşı dayanımlı olması gereken en önemli parça şasidir. 3m³’lük hacme kadar genelde şasisiz veya adi şasili imal edilmektedirler (Şimşir vd. 2007).

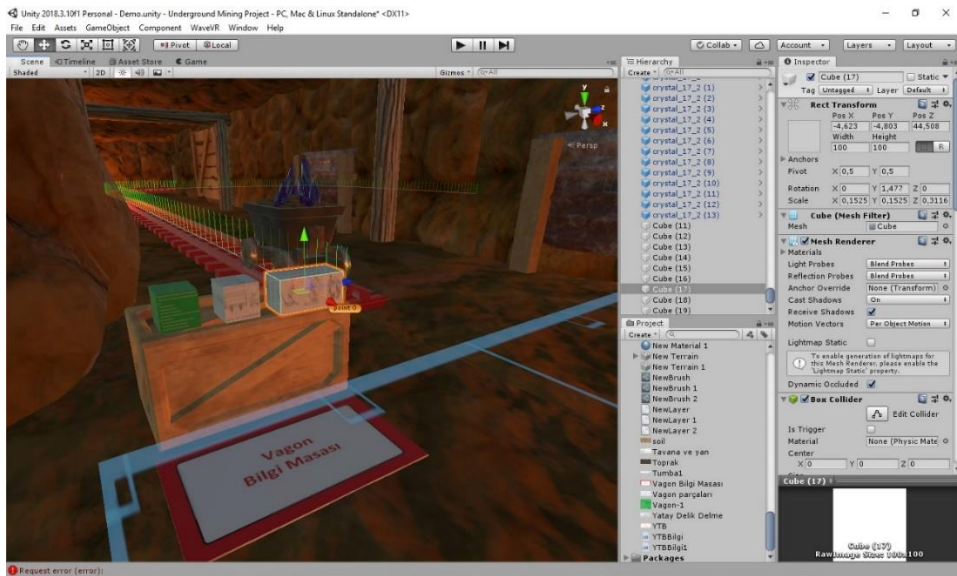
Vagon kasaları çelik saçtan yapılmaktadır ve kaynak yardımıyla birbirine eklemeye yapılırlar. Vagonun ilerlemesini sağlayan tekerlekler çok sağlam çelikten imal edilmiş olup şasi üzerine monte edilmiştir. 1600 litre hacimli vagonlar küçük boy, 1600-2400 litre hacimli vagonlar orta boy ve 2400-5000 litre hacimli vagonlar da büyük boy olarak adlandırılmaktadır.

Yeraltı nakliyat sistemlerinden örnek olarak üzerinde aynadan patlatılmış pasayla karışık bir şekilde bulunan cevheri taşıyan vagon Şekil 6.11’de verilmiştir.



Şekil 6.11 Vagon modeli.

Maden mühendisliği öğrencilerinin teorik eğitimlerine destek olarak tasarlanan bu simülasyonda maden nakliyat sistemlerinden birisi olan vagon taşımacılığı ile ilgili vagonlarda olması gereken özellikler, ocak vagon parça tanımları ve tumba biçimleri hemen vagon modelinin önündeki kutularda okunaklı bir şekilde hazırlanmıştır. Sanal gözlük olan HTC Vive kaskını takıp program başlatıldığı zaman kullanıcı bu eğitici kutuları eline alıp yaklaştırarak veya uzaklaştırarak istediği şekilde okuma imkânı bulacaktır. Eğitici kutuların örnekleri Şekil 6.12’de verilmiştir.



Şekil 6.12 Vagon Bilgi masası.

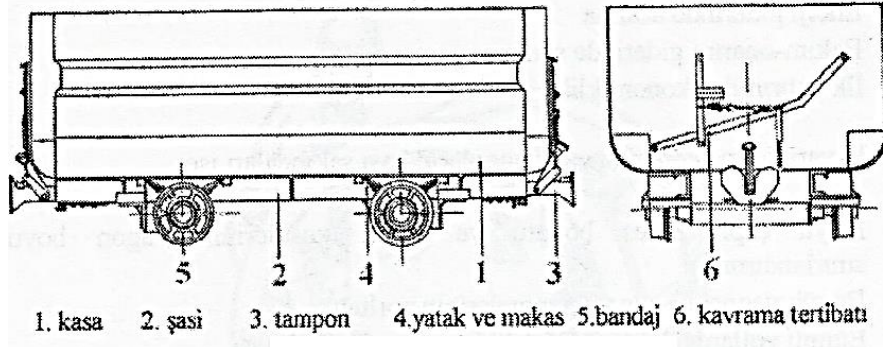
Bilgi Kutusu-1

Bir işletmede kullanılması planlanan vagonlarda şu özelliklerin olması gerekmektedir (Şimşir vd. 2007);

- Vagonların boyutları, kafes boyutlarına ve ocaktaki galerilerin kesit alanlarına uygun olmalıdır.
- Vagonlar ekonomik olmalıdır,
- Hacim/ağırlık oranı büyük olmalıdır
- Çarpma ve darbelere karşı mukavim olmalıdır
- Dönemeçlerde çalışan ve taşınan malzeme açısından emniyetli ve kolay bir şekilde dönebilmeleri gerekmektedir.
- Rayların üzerinde güvenli bir şekilde ring yapabilmeleri gerekmektedir.
- Boşaltım işlemleri kolay ve güvenli bir şekilde olmalıdır
- Tamir ve bakım onarım gibi işletme giderleri az olmalıdır.

Bilgi Kutusu-2

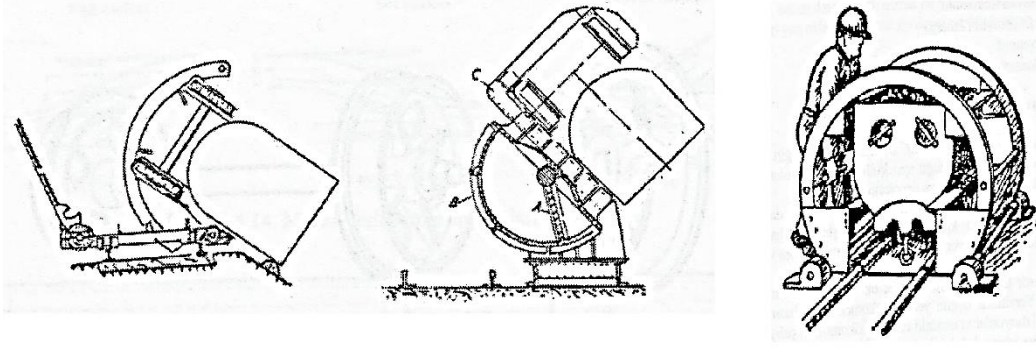
Bu kutuda Şekil 6.13'te verilen vagon parçalarının tanıttım çizimi gösterilmiştir.



Şekil 6.13 Vagon parçaları (Şimşir vd. 2007).

Bilgi Kutusu-3

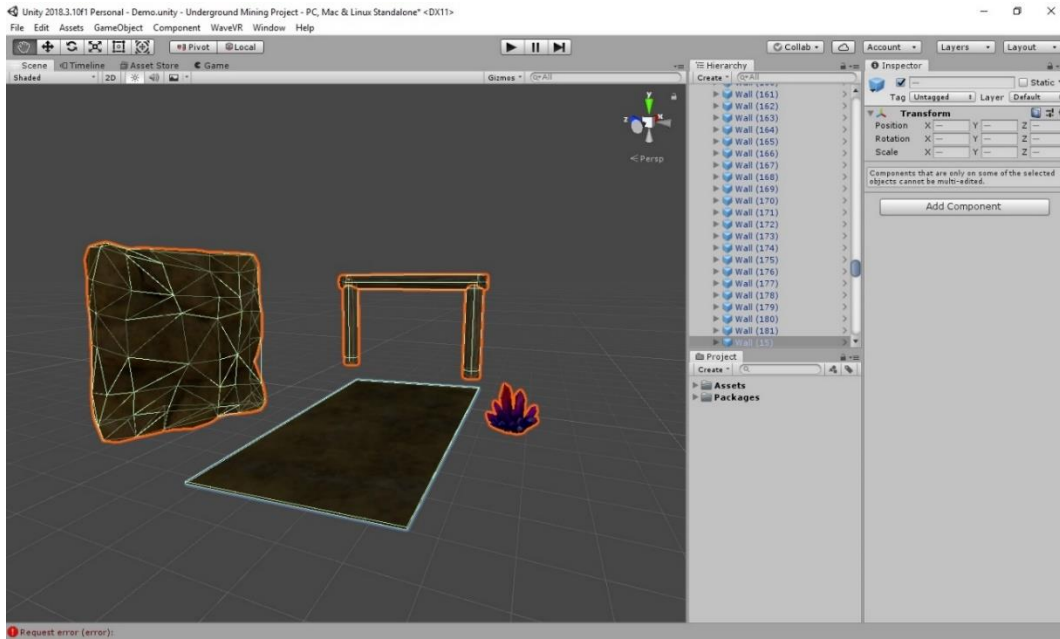
Bu kutuda Şekil 6.14'te verilen vagon boşaltma (tumba) çeşitlerinin çizimleri gösterilmiştir.



Şekil 6.14 Sırasıyla yan, yükselticili ve el ile yapılan tumbalar (Şimsir vd. 2007).

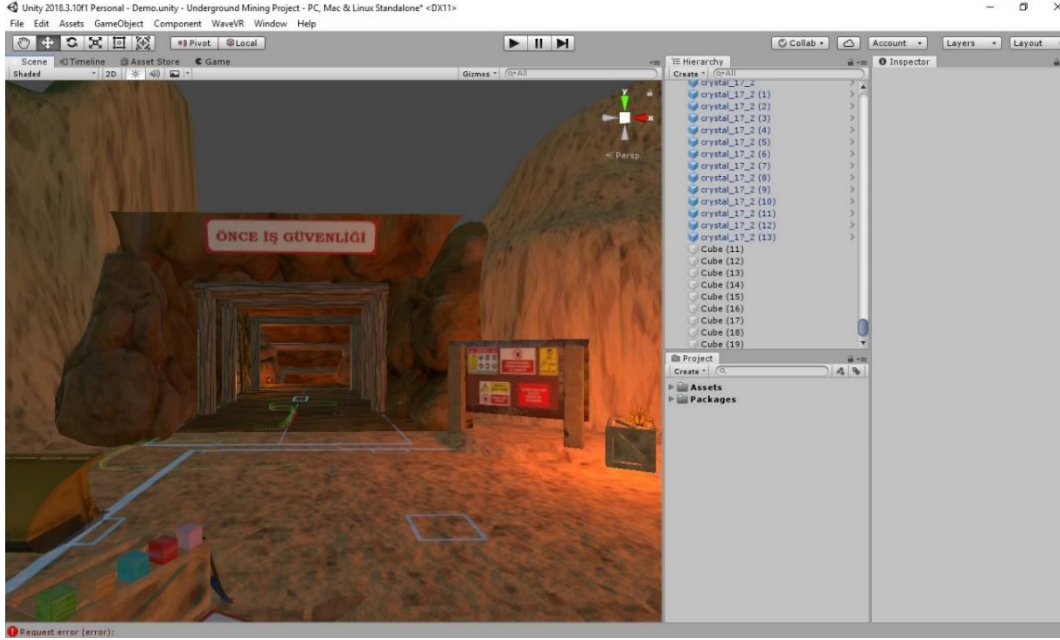
6.2 Yeraltı Ocağının Modellenmesi

Sanal yeraltı maden ocağı tasarlarken Unity programının kütüphanesi olan Assets Store'dan kaya görümlü şekiller, bu şekillerin üzerine eklenecek dokular ve cevher olarak kristal kuvars üç boyutlu şekilleri seçilmiştir. Tahkimatlar Unity programında tasarımları en baştan yapılmıştır. Bu bileşenlerin sayıları artırılarak, ebatları değiştirilerek, koordinatları yeniden düzenlenerek ve eksenleri ayarlanarak maden tasarlanmaya çalışılmıştır. Şekil 6.15'te madenin duvarı, tabanı-tavanı, tahkimatı ve kristal cevherin model örnekleri gösterilmiştir.

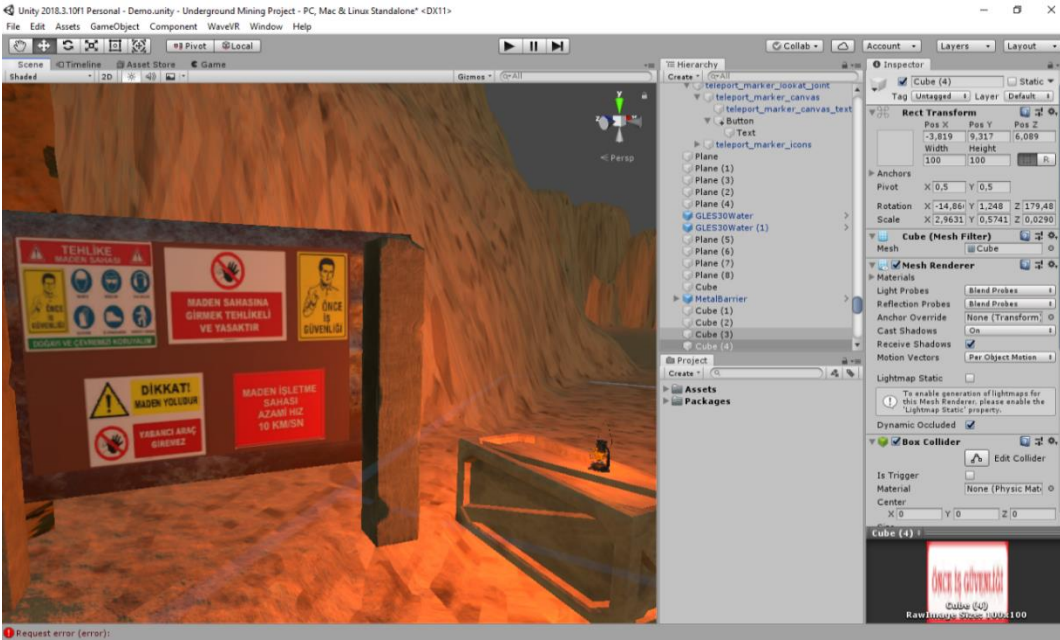


Şekil 6.15 Sanal maden ocağı bileşenleri.

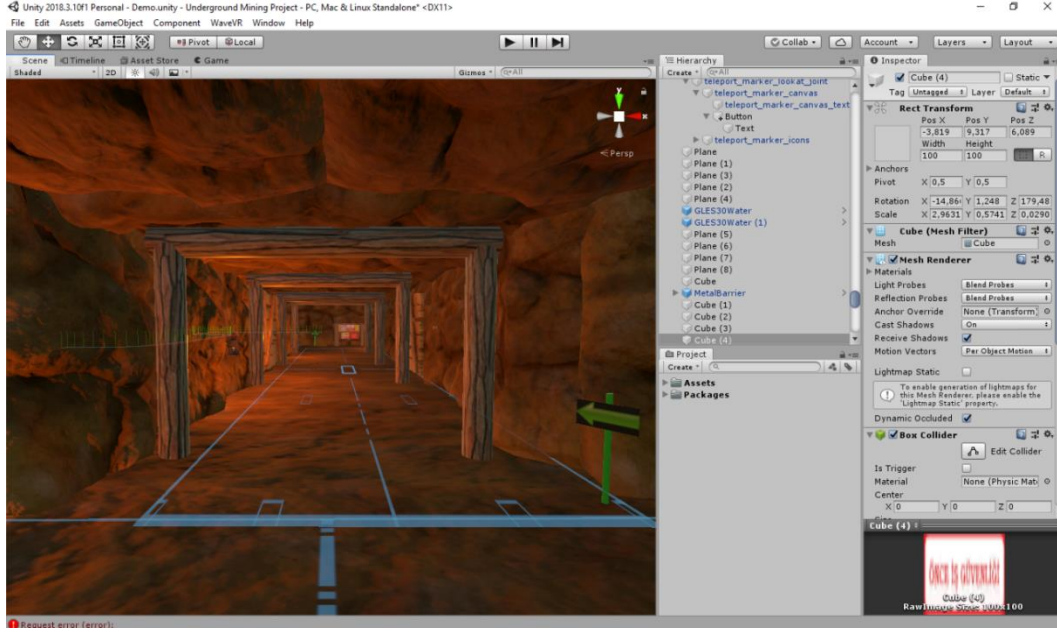
Tasarım ve uygulama sonucunda tamamlanan sanal maden ocağı projesinin birkaç tane genel görüntüleri Şekil 6.16-6.19 ve nihai görüntüsü Şekil 6.20’de verilmiştir.



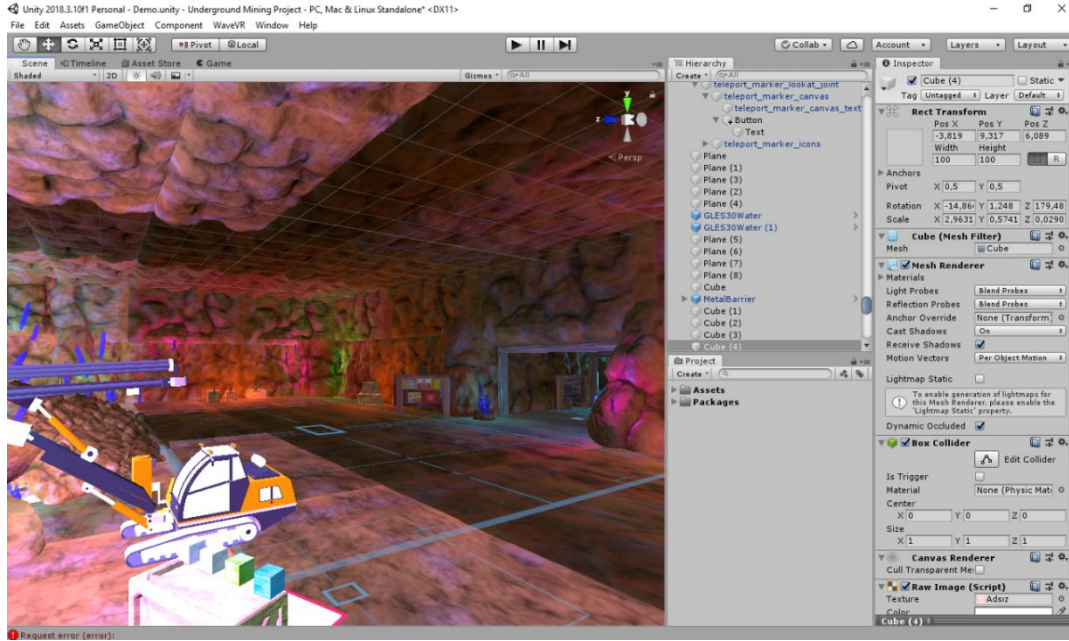
Şekil 6.16 Sanal maden ocağı genel görünüm-1.



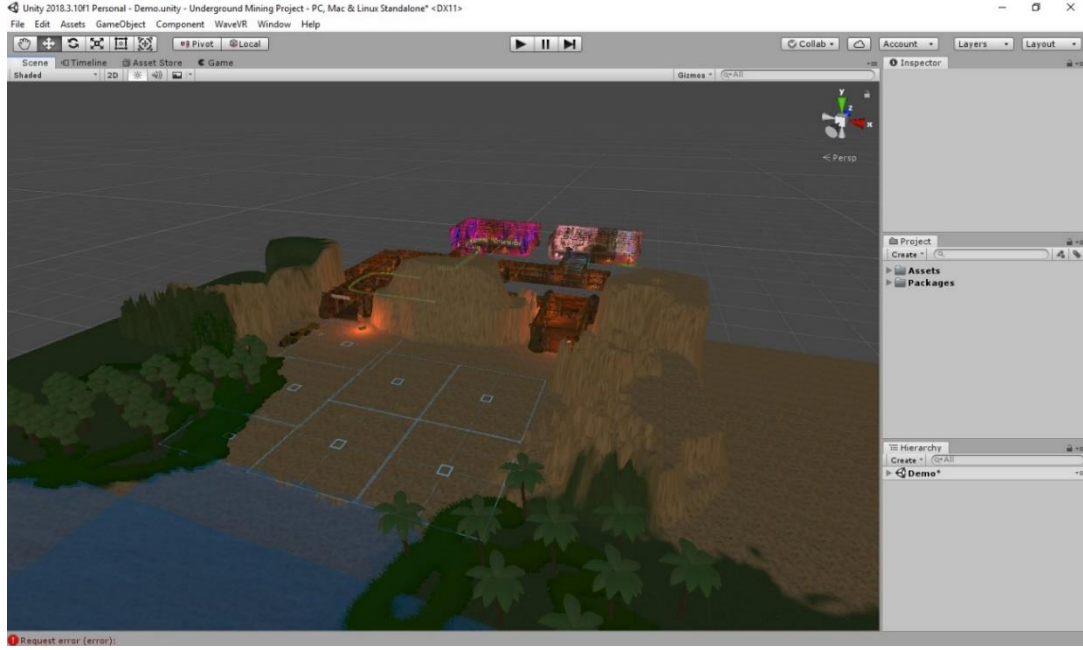
Şekil 6.17 Sanal maden ocağı genel görünüm-2.



Şekil 6.18 Sanal maden ocağı genel görünüm-3.



Şekil 6.19 Sanal maden ocağı genel görünüm-4.



Şekil 6.20 Sanal maden ocağı nihai görünümü.

6.3 Scriptler

Yeraltı madenciliğinin en önemli makine ve ekipmanlarından olan YTB, paletli delik delme makinası ve vagon sistemleri hakkında makinaların hemen yanına hazırlanmış bilgi kutularını hareket ettirebilmek için oluşturulan kutulara C# script bileşenleri eklenmesi gerekmektedir. Bu bileşenler sayesinde sanal gerçeklik gözlüğü olan HTC Vive kullanıcı tarafından takılıp oyun başlatıldığında joystickler sayesinde bu kutulara bakılabilme imkânı doğmaktadır. Bu yazılımsal bileşenlerin örnekleri Şekil 6.21-6.26'da verilmiştir.

```
1 //----- Copyright (c) Valve Corporation, All rights reserved. -----
2 //
3 // Purpose: This object will get hover events and can be attached to the hands
4 //-----
5
6
7 using UnityEngine;
8 using UnityEngine.Events;
9 using System.Collections;
10 using System.Collections.Generic;
11
12 namespace Valve.VR.InteractionSystem
13 {
14     //-----
15     public class Interactable : MonoBehaviour
16     {
17         [Tooltip("Activates an action set on attach and deactivates on detach")]
18         public SteamVR_ActionSet activateActionSetOnAttach;
19
20         [Tooltip("Hide the whole hand on attachment and show on detach")]
21         public bool hideHandOnAttach = true;
22
23         [Tooltip("Hide the skeleton part of the hand on attachment and show on detach")]
24         public bool hideSkeletonOnAttach = false;
25
26         [Tooltip("Hide the controller part of the hand on attachment and show on detach")]
27         public bool hideControllerOnAttach = false;
28
29         [Tooltip("The integer in the animator to trigger on pickup. 0 for none")]
30         public int handAnimationOnPickup = 0;
31
32         [Tooltip("The range of motion to set on the skeleton. None for no change.")]
33         public SkeletalMotionRangeChange setRangeOfMotionOnPickup = SkeletalMotionRangeChange.None;
34
35         public delegate void OnAttachedToHandDelegate(Hand hand);
36         public delegate void OnDetachedFromHandDelegate(Hand hand);
37
38         public event OnAttachedToHandDelegate onAttachedToHand;
39         public event OnDetachedFromHandDelegate onDetachedFromHand;
40     }
41 }
```

Şekil 6.21 Bilgi kutuların etkileşim kodları-1.

```
52
53 // [Tooltip("The skeleton pose to apply when grabbing. Can only set this or handFollowTransform.")]
54 [HideInInspector]
55 public SteamVR_SkeletonPoser skeletonPoser;
56
57 [Tooltip("Should the rendered hand lock on to and follow the object")]
58 public bool handFollowTransform = true;
59
60
61 [Tooltip("Set whether or not you want this interactable to highlight when hovering over it")]
62 public bool highlightOnHover = true;
63 protected MeshRenderer[] highlightRenderers;
64 protected MeshRenderer[] existingRenderers;
65 protected GameObject highlightHolder;
66 protected SkinnedMeshRenderer[] highlightSkinnedRenderers;
67 protected SkinnedMeshRenderer[] existingSkinnedRenderers;
68 protected static Material highlightMat;
69 [Tooltip("An array of child gameObjects to not render a highlight for. Things like transparent parts, vfx, etc..")]
70 public GameObject[] hiddenHighlight;
71
72 [Tooltip("Higher is better")]
73 public int hoverPriority = 0;
74
75 [System.NonSerialized]
76 public Hand attachedToHand;
77
78 [System.NonSerialized]
79 public List<Hand> hoveringHands = new List<Hand>();
80 public Hand hoveringHand
81 {
82     get
83     {
84         if (hoveringHands.Count > 0)
85             return hoveringHands[0];
86         return null;
87     }
88 }
89
90
```

Şekil 6.22 Bilgi kutuların etkileşim kodları-2.

```

91 public bool isDestroying { get; protected set; }
92 public bool isHovering { get; protected set; }
93 public bool wasHovering { get; protected set; }
94
95
96 private void Awake()
97 {
98     skeletonPoser = GetComponent<SteamVR_Skeleton_Poser>();
99 }
100
101 protected virtual void Start()
102 {
103     highlightMat = (Material)Resources.Load("SteamVR_HoverHighlight", typeof(Material));
104
105     if (highlightMat == null)
106         Debug.LogError("<b>[SteamVR Interaction]</b> Hover Highlight Material is missing. Please create a material named 'SteamVR_HoverHighlight' and place it in a Reso
107
108     if (skeletonPoser != null)
109     {
110         if (useHandObjectAttachmentPoint)
111         {
112             //Debug.LogWarning("<b>[SteamVR Interaction]</b> SkeletonPose and useHandObjectAttachmentPoint both set at the same time. Ignoring useHandObjectAttachmentPo
113             useHandObjectAttachmentPoint = false;
114         }
115     }
116
117
118 protected virtual bool ShouldIgnoreHighlight(Component component)
119 {
120     return ShouldIgnore(component.gameObject);
121 }
122
123 protected virtual bool ShouldIgnore(GameObject check)
124 {
125     for (int ignoreIndex = 0; ignoreIndex < HideHighlight.Length; ignoreIndex++)
126     {
127         if (check == HideHighlight[ignoreIndex])
128             return true;
129     }
130 }

```

Şekil 6.23 Bilgi kutularının etkileşim kodları-3.

```

133
134 protected virtual void CreateHighlightRenderers()
135 {
136     existingSkinnedRenderers = this.GetComponentsInChildren<SkinnedMeshRenderer>(true);
137     highlightHolder = new GameObject("Highlighter");
138     highlightSkinnedRenderers = new SkinnedMeshRenderer[existingSkinnedRenderers.Length];
139
140     for (int skinnedIndex = 0; skinnedIndex < existingSkinnedRenderers.Length; skinnedIndex++)
141     {
142         SkinnedMeshRenderer existingSkinned = existingSkinnedRenderers[skinnedIndex];
143
144         if (ShouldIgnoreHighlight(existingSkinned))
145             continue;
146
147         GameObject newSkinnedHolder = new GameObject("SkinnedHolder");
148         newSkinnedHolder.transform.parent = highlightHolder.transform;
149         SkinnedMeshRenderer newSkinned = newSkinnedHolder.AddComponent<SkinnedMeshRenderer>();
150         Material[] materials = new Material[existingSkinned.sharedMaterials.Length];
151         for (int materialIndex = 0; materialIndex < materials.Length; materialIndex++)
152         {
153             materials[materialIndex] = highlightMat;
154         }
155
156         newSkinned.sharedMaterials = materials;
157         newSkinned.sharedMesh = existingSkinned.sharedMesh;
158         newSkinned.rootBone = existingSkinned.rootBone;
159         newSkinned.updateWhenOffscreen = existingSkinned.updateWhenOffscreen;
160         newSkinned.bones = existingSkinned.bones;
161
162         highlightSkinnedRenderers[skinnedIndex] = newSkinned;
163     }
164
165     MeshFilter[] existingFilters = this.GetComponentsInChildren<MeshFilter>(true);
166     existingRenderers = new MeshRenderer[existingFilters.Length];
167     highlightRenderers = new MeshRenderer[existingFilters.Length];
168
169     for (int filterIndex = 0; filterIndex < existingFilters.Length; filterIndex++)
170     {
171         MeshFilter existingFilter = existingFilters[filterIndex];

```

Şekil 6.24 Bilgi kutularının etkileşim kodları-4.


```

Underground Mining Project - Microsoft Visual Studio
Dosya Düzen Görünüm Proje Derle Hata Ayıkla Takım Araçlar Test Analiz Pencere Yardım
Debug - Any CPU - Unity'ye İliştir
SteamVR - SteamVR.Actions - Valve.VR.InteractionSystem.Interactable - activateActionSetOnAttach
169 for (int filterIndex = 0; filterIndex < existingFilters.Length; filterIndex++)
170 {
171     MeshFilter existingFilter = existingFilters[filterIndex];
172     MeshRenderer existingRenderer = existingFilter.GetComponent<MeshRenderer>();
173
174     if (existingFilter == null || existingRenderer == null || ShouldIgnoreHighlight(existingFilter))
175         continue;
176
177     GameObject newFilterHolder = new GameObject("FilterHolder");
178     newFilterHolder.transform.parent = highlightHolder.transform;
179     MeshFilter newFilter = newFilterHolder.AddComponent<MeshFilter>();
180     newFilter.sharedMesh = existingFilter.sharedMesh;
181     MeshRenderer newRenderer = newFilterHolder.AddComponent<MeshRenderer>();
182
183     Material[] materials = new Material[existingRenderer.sharedMaterials.Length];
184     for (int materialIndex = 0; materialIndex < materials.Length; materialIndex++)
185     {
186         materials[materialIndex] = highlightMat;
187     }
188     newRenderer.sharedMaterials = materials;
189
190     highlightRenderers[filterIndex] = newRenderer;
191     existingRenderers[filterIndex] = existingRenderer;
192 }
193
194 protected virtual void UpdateHighlightRenderers()
195 {
196     if (highlightHolder == null)
197         return;
198
199     for (int skinnedIndex = 0; skinnedIndex < existingSkinnedRenderers.Length; skinnedIndex++)
200     {
201         SkinnedMeshRenderer existingSkinned = existingSkinnedRenderers[skinnedIndex];
202         SkinnedMeshRenderer highlightSkinned = highlightSkinnedRenderers[skinnedIndex];
203
204         if (existingSkinned != null && highlightSkinned != null && attachedToHand == false)
205         {
206             highlightSkinned.transform.position = existingSkinned.transform.position;
207
208         }
209     }
210 }

```

Şekil 6.25 Bilgi kutuların etkileşim kodları-5.

```

Underground Mining Project - Microsoft Visual Studio
Dosya Düzen Görünüm Proje Derle Hata Ayıkla Takım Araçlar Test Analiz Pencere Yardım
Debug - Any CPU - Unity'ye İliştir
SteamVR - SteamVR.Actions - Valve.VR.InteractionSystem.Interactable - activateActionSetOnAttach
223 for (int rendererIndex = 0; rendererIndex < highlightRenderers.Length; rendererIndex++)
224 {
225     MeshRenderer existingRenderer = existingRenderers[rendererIndex];
226     MeshRenderer highlightRenderer = highlightRenderers[rendererIndex];
227
228     if (existingRenderer != null && highlightRenderer != null && attachedToHand == false)
229     {
230         highlightRenderer.transform.position = existingRenderer.transform.position;
231         highlightRenderer.transform.rotation = existingRenderer.transform.rotation;
232         highlightRenderer.transform.localScale = existingRenderer.transform.localScale;
233         highlightRenderer.enabled = isHovering && existingRenderer.enabled && existingRenderer.gameObject.activeInHierarchy;
234     }
235     else if (highlightRenderer != null)
236         highlightRenderer.enabled = false;
237 }
238
239
240
241 /// <summary>
242 /// Called when a Hand starts hovering over this object
243 /// </summary>
244 protected virtual void OnHandHoverBegin(Hand hand)
245 {
246     wasHovering = isHovering;
247     isHovering = true;
248     hoveringHands.Add(hand);
249
250     if (highlightOnHover == true && wasHovering == false)
251     {
252         CreateHighlightRenderers();
253         UpdateHighlightRenderers();
254     }
255 }
256
257
258
259 /// <summary>
260 /// Called when a Hand stops hovering over this object
261 /// </summary>

```

Şekil 6.26 Bilgi kutuların etkileşim kodları-6.

7. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Gün geçtikçe hayatımız daha çok teknolojik yeniliklerle sürdürülebilmekte, insan ve teknoloji bütünleşik bir yaşam tarzı yaygınlaşmaktadır. Yeni nesiller sürekli bilgisayar/tablet ve cep telefonları ekranlarına bağlı kalmakta, eğitimlerini ve sosyal yaşamlarını bu ekranlar üzerinden şekillendirmektedirler. Görsel ekranlara ve yazılım uygulamalarına yatkın olarak yetişen yeni nesillerin, üniversite ve mesleki eğitimlerinde de artırılmış/sanal gerçekliğin yardımı ile daha hızlı-daha karmaşık bilgilerin kolay aktarımı-birden fazla sefer tekrar edebilme imkânı-yetenek ve algılarının geliştirilmesi-sentez yeteneklerinin güçlendirilmesi de mümkün olmaktadır.

Mühendislik eğitimleri giderek dijitalleşmekte ve ekranlar üzerinden 3 boyutlu görsellerin kullanıcı tarafından kontrol edilmesi hedeflenmektedir. Programlar, kullanıcı dostu ara yüz programlarıyla ve kişisel artırılmış gerçeklik donanımlarıyla yönetilip yönlendirilmektedir. Uygulayıcılar farklı koşulları, farklı seviyelerde defaten uygulayarak hem teorik hem pratik tecrübelerini artırmaktadır. Bu yolla, öğrenenler konulara daha çabuk odaklanıp mantığını kavrayabilmekte ve değişik seviyelerde-koşullarda deneylerin sonuçlarını bizzat uygulayarak keşfedebilmektedir. Öğrenim süreci interaktif ve daha kısa zamanda geliştirilebilir şekle dönüşmektedir.

Bu çalışmada, maden mühendisliği lisans bölümü öğrencilerinin oluşturulmuş sanal gerçeklik ortamında eğitim almaları hedeflenmiştir. Yeraltı madenleri ile ilgili teorik derslere eğitimi desteklemek amacıyla öğrencilerin sanal ortam içerisinde daha kısa zamanda ve daha ucuza hem teorik hem pratik yetkinlik kazandırılması amaçlanmaktadır. Unity oyun motoru ortamında örnek bir yeraltı maden ocağı tasarlanmış, YTB (Yükle taşı boşalt) nakliyatı, vagon nakliyatı hakkında üretimde dikkat edilmesi gereken hususlar ve paletli delik delme makinasının çalışma prensipleri ile ilgili sanal gerçeklik ortamında etkileşim sağlanabilecek bilgi kutuları oluşturulmuştur. Sanal gerçeklik kaskını takan kullanıcılar, maden ocağında istediği gibi gezebilmekte, galerileri tahkimatları yakından inceleyebilmekte ve yukarıda adı geçen ekipmanlar hakkında bilgilenmektedir.

Sanal gerçeklik uygulamalarıyla maden mühendisliği bölümlerindeki öğrenciler için teknik gezi imkânı bulunmayan durumlarda sanal maden ocakları tasarlanarak aktif eğitim modeli fırsatı yakalanması öngörülmektedir. Bu teknoloji sayesinde istenildiği kadar uygulama denemesi yapılarak iş sağlığı ve güvenliği konusunda hiçbir endişeye gerek kalmadan algı ve kavrama kolaylığı sağlayacak bir sistem oluşturulabilmektedir. Madenlerde sanal gerçeklik uygulamalarıyla açık ocak, yeraltı ocakları ve cevher zenginleştirme teorik eğitim derslerine uygulama desteği gibi yeniçağın eğitim modeli müfredata girebilecektir.

Gelecekte otomasyon ve sanal ortamda yönetim sayesinde çok tehlikeli iş sınıflarından olan maden mühendisliği daha az hatalar ve kazalar ile güvenli ve etkin kılınabilecektir. Hem üniversitelerde mühendis ve tekniker yetiştirmede hem de ocaklarda operatör ve işçi eğitiminde kullanılacak uygulamalar yapılacaktır.

Tüm mühendislik bölümlerini de ilgilendiren sanal gerçeklik uygulamaları için, üniversitelerde her bir ders içeriğine ilişkin ayrı bir fiziksel laboratuvar kurmak ve büyük yatırımlar yapmak yerine, her branşa ait uygulamalı derslerin algoritmaları oluşturularak eğitim kalitesinin artması için oluşturulacak ortak Sanal ve Arttırılmış Gerçeklik Laboratuvarlarında, bu yapılandırmacı eğitim modeline hızlı bir geçiş yapılması gerekmektedir. Bu bağlamda, yeni gelen lisans ve lisansüstü öğrencilerinin çalışmaları için, geleceğe yönelik bu çalışmalara doğru yönlendirilmesi yeni teknolojilere adaptasyonları, işe girişlerinde ve iş ortamlarının geliştirilmesinde bireysel katkıda bulunmalarında oldukça önemlidir.

Bu uygulama sayesinde sadece güncel eğitimler için değil, gelecekte geliştirilecek yeni teknolojilerinde bu yolla daha çabuk, daha az masrafla ve daha güvenli olarak öğretilmesini sağlayacağı da öngörülmektedir. Özellikle madencilik gibi riskli ve ağır çalışma şartlarına yeni nesillerin ilgisinin çekilmesinde, kısa sürede karmaşık sorunları kolayca çözmelerinde ve dinamik karar alma süreçlerinin pekiştirilmesinde çok önemli yer tutacağı da anlaşılmaktadır. Bu tez yazarı da doktora çalışmasında, bu alanda daha ileri düzeyde SG-AG madencilik uygulamalarının geliştirilmesinde çalışmalar yürütmeyi hedeflemektedir.

8. KAYNAKLAR

- Abrahamsson L, Lööw J, Johansson J, 2009, Mining 4.0-The Impact of New Technology from a Work XXXVI. Mining Metallurgy & Exploration, 36, 701-707.
- Akkoyun Ö, 2017, New Simulation Tool for Teaching-Learning Processes in Engineering Education, Computer Applications in Engineering Education, 25, 404-410.
- Azuma T R, 1997, A Survey of Augmented Reality, Presence-Virtual and Augmented Reality, 355-385.
- Banger G, 2016, Endüstri 4.0 ve Akıllı İşletme, Dorlion Yayınevi, Ankara.
- Bartnitzki T, 2017, Mining 4.0-Importance of Industry 4.0 for the Raw Materials Sector, Mining Report 153, 25-31.
- Basu A, 2019, A Brief Chronology of Virtual Reality, arXiv preprint arXiv:1911.09605.
- Bellenca J L, Orr T J, Helfrich W J, Macdonald B, Navoyski J, 2019, Developing a Virtual Reality Environment for Mining Research, Mining, Metallurgy & Exploration, 36, 597-606.
- Büyüksağış İ S, Gürsoy M, 2018, Delme-Patlatma ile Tünel Kazısı Eğitiminde Artırılmış ve Sanal Gerçeklik Uygulamaları, 4. Uluslararası Yeraltı Kazıları Sempozyumu, 13-14 Eylül 2018, İstanbul, 281-290.
- Büyüksağış İ S, Gürsoy M, 2018, Tünelcilik Eğitiminde Artırılmış ve Sanal Gerçeklik Uygulamaları, 4. Uluslararası Yeraltı Kazıları Sempozyumu, 13-14 Eylül 2018, İstanbul, 433-448.
- Chakraborty P R, Bise C J, 2000, A Virtual-Reality-Based Model for Task-Training of Equipment Operators in the Mining Industry, Mineral Resources Engineering, 9, 437-449.
- Doğan C, 2019, Unity Oyun Motoru ile Simülatör Tasarımı, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 102s, İstanbul.
- Elevli B, 2009, Maden Makinaları Yer Altı Maden İşletmeleri, Nobel Yayın Dağıtım,

85-95.

Foster P J, Burton A, 2006, Modelling Potential Sightline Improvements to Underground Mining Vehicles Using Virtual Reality, Mining Technology, 115, 85-90.

Grabowski A, Jankowski J, 2014, Virtual Reality-Based Pilot Training for Underground Coal Miners, Safety Science, 72, 310-314.

Harrod J R, 2016, Enhancing Mining Education Through The Use of a Scenario-based Virtual Reality Simulation, The University of Queensland, Master Of Philosophy, 113s, Australia.

Hui Z, 2017, Head-mounted Display-Based Intuitive Virtual Reality Training System for Mining Industry, International Journal of Mining Science and Technology, 27, 717-722.

Ibanez A S, Figueras J P, 2013, Vuforia v1.5 SDK: Analysis and Evaluation of Capabilities, Universitat Politecnica de Catalunya, Master Of Philosophy, 119s, İspanya.

İşleyen E, Düzgün H S, 2019, Use of Virtual Reality in Underground Roof Fall Hazard Assessment and Risk Mitigation, International Journal of Mining Science and Technology, 29, 603-607.

Kaleci D, Demirel T, Akkuş İ, 2016, Örnek Bir Artırılmış Gerçeklik Uygulaması Tasarımı, Akademik Bilişim Konferansı, 30 Ocak-5 Şubat 2016, Aydın, 270-280.

Ken H, 2004, Sega VR: Great Idea or Wishful Thinking? <https://www.sega-16.com/2004/12/sega-vr-great-idea-or-wishful-thinking/>

Keskin M Ö, 2017, Otonom Madencilik; Teknoloji ve Riskler, Uluslararası Maden İşletmelerinde İşçi Sağlığı ve Güvenliği Sempozyumu, 2-3 Kasım 2017, Adana, 166-177.

Kılhoğlu S, 2013, Sanal Gerçekliğin Türkiye Madencilik Endüstrisinde Kullanılabilirliği, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 81s, Ankara.

- Kılıoğlu S, 2019, Madencilik Endüstrisi İçin Sanal Gerçeklik Tabanlı Ciddi Oyun Geliştirilmesi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 162s, Ankara.
- Kızıl M S, 2003, Virtual Reality Applications in Australian Minerals Industry, Application of Computers and Operations Research in the Minerals Industries, South African Institute of Mining and Metallurgy. 569-574.
- Kızıl M, 2004, Applications of Virtual Reality in the Minerals Industry. INFOMINA, V International Symposium of Information Technology Applied in Mining, September 14-17, Lima, Peru.
- Kızıl M S, Kerridge A P, Hancock M G, 2004, Use of Virtual Reality in Mining Education and Training, CRCMining Conference, 15-16 June 2004, Brisbane, Australia.
- Köse H, Gürgen S, Onargan T, Yenice H, Aksoy O C, 2012, Tünel ve Kuyu Açma, DEÜ Mühendislik Fakültesi Yayınları, İzmir.
- Liang Z, Zhou K, Gao K, 2019, Development of Virtual Reality Serious Game for Underground Rock-Related Hazards Safety Training, IEEE Access, 7, 118639-118649.
- Löw J, Johansson B, Andersson E, Johansson J, 2018, Designing Ergonomic, Safe and Attractive Mining Workplaces. Boca Raton: CRC Press, New York.
- Mark R, Mallett C, 1998, Application of Virtual Reality Technology to Mine Management, Coal: Coal Operators' Conference, University of Wollongong & the Australasian Institute of Mining and Metallurgy, 516-522.
- Mitra R, Saydam S, 2013, Using Virtual Reality in Tertiary Education, International Journal of Technologies in Learning, 19, 98-112.
- Onyesolu M O, Nwasor V C, Ositanwosu O E, Iwegbuna O I, 2013, Pedagogy: Instructivism to Socio-Constructivism through Virtual Reality, Nnamdi Azikiwe University, Awka Anambra State, Nigeria, (IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 4, 41-47.

- Özden Y, 2020, Öğrenme ve Öğretme, 13. Baskı, Pegem Yayınları.
- Pedram S, Perez P, Dowsett B, 2013, Assessing the Impact Of Virtual Reality-Based Training On Health And Safety Issues In The Mining Industry, International Symposium for Next Generation Infrastructure, 1-4 October 2013, Wollongong, Australia.
- Pedram S, 2018, Evaluating Virtual Reality-based Training Programs for Mine Rescue Brigades in New South Wales (Australia), University of Wollongong, Doctora of Philosphy, 202s, Australia.
- Roldan J J, Crespo E, Martin-Barrio A, Pena-Tapia E, Barrientos A, 2019, A Training System for Industry 4.0 Operators Complex Assemblies Based on Virtual Reality and Process Mining, Robotics and Computer Integrated Manufacturing, 59, 305-316.
- Salkin C, Öner M, Üstündağ A, Çevikcan E, 2017, Industry 4.0: Managing The Digital Transformation, A Conceptual Framework for Industry 4.0, 3-22.
- Schofield D, Lester E, Wilson J A, 2004, ViRILE: Virtual Reality Interactive Laboratory Experiments. In A. Halstead & P. Lister (Eds.), Proceedings of the International Conference on Innovation, Good Practice and Research in Engineering Education (EE'04), University of Wolverhampton Wolverhampton, İngiltere, 225-231.
- Shi Z, McGhan C L R, 2018, An Affordable Approach for Space Robotics Simulation and Testing Using Virtual Reality, 2018 AIAA SPACE and Astronautics Forum and Exposition, 17-19 Semtember 2018, Orlando-USA.
- Sishi M N, Telukdarie A, 2017, Implementation of Industry 4.0 Technologies in theMining Industry: A Case Study, IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), Singapore, 201-205.
- Soylu A, 2018, Endüstri 4.0 ve Girişimcilikte Yeni Yaklaşımlar, Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 32, 43-57.
- Suorineni F T, 2015, The Future of Mega Data in Virtual Reality Environments in Mining Practise, 24th International Mining Congress and Exhibition of Turkey, 14-17 April 2015, Antalya-Turkey, 691-699.

- Sutherland I, 1968, A Head-Mounted Three Dimensional Display, Fall Joint Computer Conference, 9-11 December 1968, New York.
- Şimşir F, Tatar Ç, Özfirat M K, 2007, Madenlerde Nakliyat, DEÜ Mühendislik Fakültesi Yayınları, İzmir.
- Taş H Y, 2018, Dördüncü Sanayi Devriminin (Endüstri 4.0) Çalışma Hayatına ve İstihdama Muhtemel Etkileri, Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi, 9, 1816-1836.
- Wayne T, 2005, Virtual Reality and Artificial Environments, A Critical History of Computer Graphics and Animation, Section 17.
- Wyk E, Villiers R, 2009, Virtual Reality Training Application for the Mining Industry, Proceedings of the 6th International Conference on Computer Graphics, Virtual Reality, Visualisation and Interaction in Africa, 53-63.
- Xie J, Yang Z, Wang X, Wang Y, 2018, A Remote VR Operation System for a Fully Mechanised Coal-Mining Face Using Real-Time Data and Collaborative Network Technology, Mining Technology. 127, 2-11.
- Xiaoqiang Z, An W, Jianzhong L, 2011, Design and Application of Virtual Reality System in Fully Mechanized Mining Face, Procedia Engineering, 26, 2165-2172.
- Yahaya R A, 2007, Immersive Virtual Reality Learning Environment: Learning Decision-Making Skills in a Virtual Reality-Enhanced Learning Environment, Centre for Learning Innovation, Thesis of Doctorate, Queensland University of Technology, Australia.
- Yang Z, Wang Y, 2019, Analysis of The Rock Stratum in a Mining Area in China with Virtual Reality Technology. Geotechnical Research, 6, 288–293.
- Zhang H, He X, Nie B, Mitri H, 2016, A New Virtual Reality Training System For Underground Coal Mines, 3rd International Symposium on Mine Safety Science and Engineering, 13-19 August 2016, Canada, 341-345.

İnternet Kaynakları

- 1-https://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_reality, 18.04.2020
- 2-<http://www.teknolo.com/sanal-gerceklik-nedir>, 17.06.2020
- 3-
<https://web.archive.org/web/20150821054144/http://archive.ncsa.illinois.edu/Cyberia/VETopLevels/VR.History.html>, 19.04.2020
- 4-
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Oculus_Rift_Crescent_Bay_Prototype_\(16568187562\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Oculus_Rift_Crescent_Bay_Prototype_(16568187562).jpg), 19.04.2020
- 5-<https://www.vive.com/us/>, 19.04.2020
- 6-<https://www.noitom.com/perception-neuron-2-0>, 07.07.2020
- 7-https://neuronmocap.com/products/perception_neuron, 07.07.2020
- 8-<http://www.teknolo.com/sanal-gerceklik-nedir>, 17.06.2020
- 9-<https://www.kickstarter.com/projects/89577853/stem-system-the-best-way-to-interact-with-virtual#:~:text=The%20STEM%20System%E2%84%A2%20is,throughout%20the%20entire%20living%20room.>, 07.07.2020
- 10-<https://www.kickstarter.com/projects/89577853/stem-system-the-best-way-to-interact-with-virtual>, 07.07.2020
- 11-<https://www.kickstarter.com/projects/1944625487/omni-move-naturally-in-your-favorite-game>, 07.07.2020
- 12-<http://www.vortexsoftwareservice.com/?i=1>, 17.06.2020
- 13-<https://haptic.al/how-virtual-reality-increase-motivation-and-collaboration-in-the-classroom-141e807e93c7>, 17.06.2020
- 14-<https://www.simxar.com/#about>, 17.06.2020
- 15-<https://www.uplifers.com/sanal-gerceklik-ile-fobilerden-kurtulmak-mumkun/>, 17.06.2020

16-<https://eonreality.com/eon-sports-vr-provides-state-art-baseball-training-system-yokohama-dena-baystars/>, 17.06.2020

17-<https://www.engadget.com/2017-02-28-vive-studios-vr-sports-is-exactly-what-it-sounds-like.html>, 17.06.2020

18-https://gigazine.net/gsc_news/en/20180922-mingol-vr-tgs2018/, 17.06.2020

19-<https://blooloop.com/showcase/simulator-vr-ski/>, 17.06.2020

20-<https://jasoren.com/virtual-reality-in-construction/>, 17.06.2020

21-<https://industrywired.com/how-does-vr-technology-transform-architectural-design-of-your-home-2/>, 17.06.2020

22-<https://www.tornosnews.gr/en/tornos/trends/16622-travel-industry-of-tomorrow-virtual-personal-assistants-and-social-media-travel-agents.html>, 17.06.2020

23-<http://philiplelyveld.com/?p=18720>, 17.06.2020

24-<https://www.willchatham.com/tech/how-tech-is-improving-recruitment-and-training/>, 25.06.2020

25-<https://www.vrs.org.uk/virtual-reality-military/>, 07.07.2020

26-<https://jasoren.com/vr-military-training-the-next-step-of-combat-evolution/>, 07.07.2020

27-<https://eonreality.com/eon-sports-vr-provides-state-art-baseball-training-system-yokohama-dena-baystars/>, 27.06.2020

28-<https://medcitynews.com/2019/09/the-benefits-of-ar-in-healthcare/>, 08.07.2020

29-<https://medium.com/@gracejack989/recent-development-of-ar-in-medical-field-3a1b9ccd20cc>, 08.07.2020

30-<https://jasoren.com/ar-in-healthcare-education/>, 08.07.2020

31-<https://www.youtube.com/watch?v=OmaPI84vkUE>, 08.07.2020

32-<https://vrvisiongroup.com/immersive-training>, 22.04.2020

33-<https://www.ortombo.com/htc-vive-sanal-gerceklik-gozlugu/>, 24.04.2020

34-<https://www.youtube.com/watch?v=UthHz9Y7h-E>, 24.04.2020

35-

https://dl4.htc.com/Web_materials/Manual/Vive/Vive_User_Guide.pdf?_ga=2.28574524.1863870121.1594111597-1057416169.1573718098, 07.07.2020

36-<https://unity.com/our-company>, 23.04.2020

37-<https://www.dhgate.com/product/coffee-cups-set-tea-mugs-handmade-creative/413368228.html?skuid=456965665190465536#seo=WAP>, 06.07.2020

38-https://tr.wikipedia.org/wiki/C_Sharp, 19.07.2020

39-

https://tr.wikibooks.org/wiki/C_Sharp_Programlama_Dili/C_Sharp_hakk%C4%B1nda_temel_bilgiler, 19.07.2020

40-<https://tr.wikipedia.org/wiki/SketchUp>, 14.07.2020

41-<https://www.pcmag.com/encyclopedia/term/google-sketchup>, 19.07.2020

42-<https://www.endustri40.com/endustri-tarihine-kisa-bir-yolculuk/>, 06.08.2020

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Mustafa GÜRSOY
Doğum Yeri ve Tarihi : Ankara - 24.10.1988
Yabancı Dili : İngilizce, Almanca
İletişim (e-posta) : mgursoy@aku.edu.tr

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Çankaya Anadolu Lisesi (2002–2006)
Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Maden Mühendisliği Böl.,
(2008– 2014)
Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Ens., Maden
İşletme ABD, (2017 –2020)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

: Afyon Kocatepe Üniversitesi (2017– Devam Ediyor)

Yayımları (diğer) :

Büyüksağış İ S, Gürsoy M, 2017, Uzaktan Algılama Yöntemiyle Örnek Bir Maden Sahasının Analizi, El-Cezeri Journal of Science and Engineering, 518-540.

Büyüksağış İ S, Uz M, Gürsoy M, 2018, Doğaltaş Sektöründe Kullanılan Uluslararası Ambalajlama ve Nakliye Kurallarının/Standartlarının İncelenmesi, Bilimsel Madencilik Dergisi, Özel Sayı, 109-119

Büyüksağış İ S, Gürsoy M, 2018, Delme-Patlatma ile Tünel Kazısı Eğitiminde Artırılmış ve Sanal Gerçeklik Uygulamaları, 4. Uluslararası Yeraltı Kazıları Sempozyumu, 13-14 Eylül, İstanbul, 281-290.

Büyüksağış İ S, Gürsoy M, 2018, Tünelcilik Eğitiminde Artırılmış ve Sanal Gerçeklik Uygulamaları, 4. Uluslararası Yeraltı Kazıları Sempozyumu, 13-14 Eylül,

İstanbul, 433-448.

Ceylan H R, Çiftçi H, Gürsoy M, Arsoy Z, Evcin A, Ersoy B, 2020, Effects of Various Cleaning Chemicals on the Surface Properties of Marbles, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, Vol. 20, 331-339.

Çiftçi H, Gürsoy M, Arsoy Z, Ersoy B, 2018, Pre-Enrichment of Lead-Zinc Leaching Tailings by Hydrocyclone, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 320-325

Sert M, Gürsoy M, Arsoy Z, 2017, Doğaltaşların CaO, MgO ve SiO₂ İçerikleri ile Knoop Sertlik Değerleri Arasındaki İlişkilerin Belirlenmesi, Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 162-171.