

**SANAL GERÇEKLiğİN
TÜRKİYE MADENCİLİK ENDÜSTRİSİNDE
KULLANILABİLİRLİĞİ**

**USABILITY OF VIRTUAL REALITY
IN TURKISH MINING INDUSTRY**

SÜLEYMAN YASİN KILLIOĞLU

Prof. Dr. BAHTİYAR ÜNVER

Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim - Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı İçin Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ

olarak hazırlanmıştır.

2013

SÜLEYMAN YASİN KILLIOĞLU'nun hazırladığı “**Sanal Gerçekliğin Türkiye Madencilik Endüstrisinde Kullanılabilirliği**” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Başkan

(Doç. Dr., Nuray DEMİREL)

Danışman

(Prof. Dr., Bahtiyar ÜNVER)

Üye

(Prof. Dr., A. Erhan TERCAN)

Üye

(Prof. Dr., Yılmaz ÖZÇELİK)

Üye

(Yrd. Doç. Dr., Mehmet Ali HİNDİSTAN)

Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Fatma SEVİN DÜZ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK

Hacettepe 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 değişiklik yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

27 / 06 / 2013

imza

SÜLEYMAN YASİN KILLIOĞLU

ÖZET

SANAL GERÇEKLİĞİN TÜRKİYE MADENCİLİK ENDÜSTRİSİNDE KULLANILABİLİRLİĞİ

SÜLEYMAN YASİN KILLIOĞLU

Yüksek Lisans, Maden Mühendisliği Bölümü

Tez Danışmanı: Prof. Dr. BAHTİYAR ÜNVER

Haziran 2013, 81 sayfa

Bu çalışma kapsamında, dünyada birçok alanda kullanımı yaygınlaşan sanal gerçeklik (SG) sistemlerinin madencilik sektöründe kullanımı araştırılmış ve bu sistemlerin Türkiye madencilik sektöründe kullanılma olanakları değerlendirilmiştir. Sanal gerçeklik uygulamaları dünya madenciliğinde sıklıkla kullanılır hale gelmiş olmasına rağmen, Türkiye’de benzer uygulamalar yok denecek kadar azdır. Bu çalışmanın temel amacı, Türkiye’de bu konuda bir farkındalık yaratma isteğidir.

Dünya madencilik endüstrisinde SG sistemlerinin kullanıldığı çalışmalar, bu çalışmalar sonucunda elde edilen faydalar ve SG sistemlerinin genel olarak üstünlükleri çalışma kapsamında araştırılıp değerlendirilmiştir. İncelenen örnek uygulamaların Türkiye’ye nasıl uyarlanabileceği konusu da çalışmanın temel bölümlerinden birini oluşturmaktadır. SG sistemlerinin Türkiye madencilik endüstrisinde uygulanmaya başlanması noktasında yol gösterici olacağı düşünülmüş pilot uygulamaların uygulanması önerilen başlıca temel çalışma alanları ortaya konulmuştur.

Çağdaş dünya madenciliğinde SG sistemleri, birçok farklı amaç doğrultusunda yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle gerçekleştirilen eğitimlerden elde edilen sonuçlar, sanal gerçeklik sistemlerinin, geleneksel yöntemlere göre göz ardı edilemeyecek üstünlükler sağladığı gerçeğini ortaya koymaktadır. Türkiye madencilik sektöründe de SG yöntemlerinin etkili bir şekilde kullanılmaya başlanmasının uzun vadede göz ardı edilemeyecek faydalar sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Sanal gerçeklik, madencilikte sanal gerçeklik uygulamaları, iş sağlığı ve güvenliği, operatör eğitimi.

ABSTRACT

USABILITY OF VIRTUAL REALITY IN TURKISH MINING INDUSTRY

SÜLEYMAN YASİN KILLIOĞLU

Master of Science, Department of Mining Engineering

Supervisor: Prof. Dr. BAHTİYAR ÜNVER

June 2013, 81 pages

In this study, use of virtual reality (VR) systems, which have been getting popular in many areas in the world, in mining industry is examined and their utilization in Turkish mining industry is evaluated. Although the virtual reality systems are commonly used in the world, these systems have almost never been utilized in the Turkish mining industry except a few cases. The main aim of this study is to create awareness in Turkey about this phenomenon.

Studies about the usage of VR systems in the world mining industry, their results and mainly the advantages of VR systems are covered in this study. The adaptation case of examined studies to Turkish mining industry is one of the main parts of the study. Fundamental working areas for starting to use VR systems in Turkish mining industry are also determined as pilot guidelines.

In modern world mining, VR systems are commonly used for numerous purposes. Especially the outcome of applied trainings show that the virtual reality systems have significant advantages over the traditional training methods. It is predicted that effective usage of VR methods will also have major benefits for Turkish mining industry in the long term.

Keywords: Virtual reality, virtual reality applications in mining, vocational health and safety, operator training.

TEŞEKKÜR

Bölüm imkanlarından yararlanmamı sağlayan Maden Mühendisliği Bölüm Başkanı Sn. Prof. Dr. A. Hakan BENZER'e,

Tez çalışmalarım sırasında bilgisi ve tecrübesiyle yol gösterici olan, gelişimim için her türlü imkanı sağlayan ve manevi desteğini her zaman hissettiğim tez danışmanım Sn. Prof. Dr. Bahtiyar ÜNVER'e,

Yardımlarından ötürü TÜPRAG Metal Madencilik Şirketi Kışladağ Altın Madeni Tesis Müdürü Serkan YÜKSEL ve yetkililer Cüneyd ÇİMEN, Feridun PALANKALI ve Raşit Onur ÜNALDI'ya,

Araştırmalarımda yardımcı olan Dr. Güneş ERTUNÇ'a,

Tez yazım sürecim boyunca sabırla bana destek olan oda arkadaşım Araş. Gör. Ayşe NASUH'a,

Moral ve motivasyon konusunda desteklerini esirgemeyen Araş. Gör. Damla GÜÇBİLMEZ, Araş. Gör. A. Tuğba CEBECİ, Araş. Gör. M. Suphi ÜNAL'a,

Değerli bilgi ve deneyimlerini paylaşmaktan çekinmeyen, İş Müfettiş Yrd. Z. Sezgin BİRSURED ve İş Müfettiş Yrd. Serhan GÜNER'e,

Tüm başarılarımı borçlu olduğum ve bulunduğum konuma gelmemi sağlayan, desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen annem Fikriye KILLIOĞLU, babam Mehmet KILLIOĞLU ve ablam Hilal KILLIOĞLU'na,

Yardım ve desteğini her zaman yanımda hissettiğim dostlarıma,

teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR	vii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışmanın Amacı	2
1.2. Çalışma Yöntemi	3
2. SANAL GERÇEKLIK SİSTEMLERİ.....	4
2.1. Sanal Gerçeklik Tanımı.....	4
2.2. Sanal Gerçeklik Sistemlerinde Kullanılan Donanımlar ve Üç Boyutlu Etkileşim	4
2.2.1. Kokpit ve Sanal Kontroller	5
2.2.2. Üç Boyutlu Fare.....	6
2.2.3. Elektronik-eldiven.....	6
2.2.4. Sanal Gerçeklik Kaskları	7
2.2.5. Tüm-beden Takibi	8
2.3. Üç Boyutlu Çıktı Ortamları	9
2.4. Sanal Gerçeklik Teknolojisi.....	9
2.5. Sanal Gerçeklik Çeşitleri.....	10
2.5.1. Çevreleyen Birincil-Kişi.....	11
2.5.2. Artırılmış Gerçeklik (AG)	12
2.5.3. Pencereden İzleme	14

2.5.4. Ayna Dünya.....	15
2.5.5. Waldo Dünyası	16
2.5.6. Oda Dünya (Mağara).....	17
2.5.7. Kabin Benzetişim Ortamı.....	18
2.5.8. Siber Uzay	19
2.5.9. Görüntü Küresi (VisionDome)	20
3. SANAL GERÇEKLİĞİN MADENCİLİKTE KULLANIMI VE DÜNYADAN ÖRNEKLER.....	22
3.1. Sanal Gerçeklik Sistemlerini Madencilikte Tercih Etmek İçin Başlıca Sebepler	26
3.2. Dünya Madenciliğinde Sanal Gerçekliğin Kullanımına Dair Örnekler	27
3.3. Sanal Gerçeklik Sistemleri Kullanımının Ekonomik Getirileri	37
3.3.1. Suncor Energy Alberta Petrol Kumları Tesisi Yük Kamyonu Operatörü Eğitim Programı	37
3.3.2. IUOE (Uluslararası İşletme Mühendisleri Birliği) Eğitim Programı	39
3.3.3. Güney Maine Halk Yüksekokulu Ağır İş Makinesi Operatörü Eğitimi ..	41
3.3.4. Kitchener Belediyesi Hidrolik Kazıcı Eğitim Programı	42
4. TÜRKİYE MADENCİLİĞİNDE SANAL GERÇEKLIK KULLANIM ÖNERİLERİ. 44	
4.1. İş Müfettişlerine Yönelik Programlar	44
4.1.1. Başyukarı Benzetişimi Örneği	47
4.1.2. Ayak Benzetişimi Örneği	49
4.2. Teknik Nezaretçilere Yönelik Programlar.....	50
4.3. Makine Operatörlerine Yönelik Programlar	50
4.4. Genel Olarak Maden İşletmesi Personeline Yönelik Programlar	54
4.5. Üniversitelerdeki Maden Mühendisliği Bölümü Öğrencilerine Yönelik Programlar	55
5. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME	57

KAYNAKLAR.....	60
EK	64
ÖZGEÇMİŞ	71

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

°	Derece
\$	Amerikan Doları
ms	Milisaniye
%	Yüzde

Kısaltmalar

3B	3 Boyutlu
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AG	Artırılmış Gerçeklik
AKTS	Avrupa Kredi Transfer Sistemi
CAVE	Cave Automatic Virtual Environment
DSK	Deutsche Steinkohle
EVE	Extended Virtual Environment
EVL	Electronic Visualization Lab
IUOE	International Union of Operating Engineers
KPI	Key Performance Indicator
LASC	Longwall Automation Steering Committee
LCD	Liquid-Crystal Display
LHD	Load-Haul-Dump Loader
PC	Personal Computer
SG	Sanal Gerçeklik
SGS	Sanal Gerçeklik Sistemleri
TBM	Tunnel Boring Machine
VR	Virtual Reality

1. GİRİŞ

Sanal gerçeklik sistemleri, teknolojinin gelişmesiyle birlikte günümüzde birçok alanda kullanılmaya başlanmıştır. Eğlence ve bilişim sektörlerinde yoğun kullanımının yanı sıra; yaparak öğrenmenin okuyarak öğrenmeden daha etkili olması, sanal gerçeklik sistemlerinin eğitim alanında da kullanılmasını sağlamıştır. Özellikle iş güvenliği eğitimlerinde sıklıkla kullanılan bilgisayar benzetişimleri sanal gerçekliğin yaygın olarak karşılaşılan örneklerindedir.

Geçmişte basit bilgisayar grafikleriyle fazla gerçeklik sunamayan bu programlar, günümüzde 360° panoramik ekranlar üzerine yansıtılan görüntüler üzerinde nesnelerin kumandalar aracılığıyla kontrol edilerek gerçek çalışma alanındaymışçasına kullanıcıyı motive eden uygulamalar haline gelmiştir.

Madencilik gibi çalışma ortamlarında hayati tehlikeler barındırma olasılığı olan iş sektörlerinde iş güvenliği eğitimlerinden alınan verim büyük önem taşımaktadır. Yanlış yapılarak öğrenme sürecinin olumsuz sonuçları olan iş gücü kaybı, iş verimi kaybı ve ortaya çıkan güvenlik riskleri telafisi olmayan sonuçlara yol açmaktadır. Bu bilgiler ışığında son yıllarda Avustralya, ABD, Güney Afrika Cumhuriyeti ve Almanya gibi madencilikte ilerlemiş ülkeler, hem eğitime ayrılan zamanı azaltmak, hem de eğitim kalitesini artırmak adına sanal gerçekliği madencilik sektörüne taşımaya başlamışlardır. İş güvenliği eğitiminin yanı sıra, maden kurtarma faaliyetlerine yönelik olarak, gelecekte sanal gerçeklik sistemlerinin madencilik eğitimlerinde başlıca kullanılan yardımcı araçlar olacağı öngörülmektedir.

Sanal gerçeklik sistemlerinin eğitim amaçlı kullanımının geleneksel yöntemlere göre sağladığı başlıca üstünlükler şöyle sıralanabilir [1];

- Güvenli ve kontrollü bir ortamda eğitim imkanı,
- Eğitime katılan kullanıcıların sürekli takibi ve değerlendirilmesi,
- Kullanıcıların daha yüksek bir güvenlik farkındalığına sahip olması,
- Eğitim sırasında tesis üretiminden daha az kayıp verilmesi,
- Makinelerde daha az aşınma ve yıpranma görülmesi,
- Çalışanlarda motivasyon artışı sağlanması.

Madencilik endüstrisinde çalışan deneyimli personellerin emekli olmaya başlaması, bu alanda çalışmaya yeni başlayacak olan personele yetkinlik kazanmak için dar bir zaman aralığı bırakmaktadır. Video oyunları ve

bilgisayarlarla büyümüş yeni nesil maden personeline gerekli madencilik bilgilerinin aktarılması için bu şartlar düşünüldüğünde sanal gerçeklik sistemleri ideal eğitim araçları olarak öne çıkmaktadır [2].

Birçok farklı türü olan sanal gerçeklik sistemlerinin en gelişmiş sürümleri göz önüne alındığında maliyet olumsuz bir nokta gibi görünse de, daha basit ve görece ekonomik olan sanal gerçeklik sistemleri de maliyet/performans oranı açısından etkili olarak kullanılabilir.

1.1. Çalışmanın Amacı

Üstünlükleri ve getirileri güncellenen çalışmalarla ortaya konulan sanal gerçeklik sistemlerinin dünya madenciliğinde kullanımı giderek yaygınlaşırken, ülkemiz madencilik endüstrisinde bu sistemlerin kullanımı neredeyse yok denecek kadar azdır. Bu tez çalışmasının gerçekleştirilmesinin temel gerekçesi bu konuda Türkiye madenciliğinde bir farkındalık yaratma isteğidir.

Bu tez çalışması kapsamında, sanal gerçeklik sistemlerinin Türkiye madencilik endüstrisinde kullanımı konusunda farkındalık yaratma amaçlı olarak dünyada yapılan çalışmalardan örnekler verilerek, Türkiye’de sanal gerçekliğin kullanılmaya başlanması için etkili olacağı düşünülen beş ana çalışma alanı,

- Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı bünyesinde görev yapan iş müfettişleri ve yardımcılara yönelik eğitimler,
- Teknik nezaretçilere yönelik eğitimler,
- Makine operatörlerine yönelik eğitimler,
- Üniversitelerde maden mühendisliği lisans programlarında eğitim gören öğrencilere yönelik eğitimler,
- Genel maden işletmesi personeline yönelik eğitimler,

olarak belirlenmiştir.

Belirlenen bu çerçevelerde yapılması gerekenler belirlenerek, çalışmalara başlanması durumunda izlenilmesi faydalı olacak adımların gösterilmesi hedeflenmiştir.

1.2. Çalışma Yöntemi

Bu çalışma kapsamında, öncelikle sanal gerçeklik kavramının ne olduğu irdelenip, hangi elemanlardan oluştuğu incelenmiştir. Sanal gerçeklik sistemlerini oluşturan ve bu sistemlerle etkileşimi sağlayan girdi ve çıktı donanımları derlenip, güncel bilgiler ışığında sanal gerçeklik çeşitleri sıralanmıştır.

Sonraki aşamada sanal gerçeklik sistemlerinin dünya madenciliğinde kullanıldığı durumlar incelenip, sağladığı faydalar araştırılmıştır. Geniş bir yelpazede kullanım alanı bulan sanal gerçeklik sistemlerinin iş güvenliği ve iş makinesi eğitimlerinde kullanılmasının geleneksel eğitim yönlerine göre sahip olduğu avantajlar ortaya konulmuştur. Bu sistemlerin dünya madenciliğinde kullanıldığı bazı çalışmalardan örnekler verilerek, özellikle elde edilen ekonomik kazançlar sayısal veriler halinde sunulmuştur.

Genel bilgilerin ışığında, sanal gerçeklik sistemlerinin madencilikte kullanımına yönelik incelemelerden sonra, bu sistemlerin Türkiye madenciliğinde kullanımı için öneriler tasarlanmıştır. Öne çıkan beş eğitim alanı, detaylı olarak irdelenip, ayrı bölümler halinde sanal gerçeklik sistemleri kullanımına yönelik olarak değerlendirilmiştir.

Son olarak, yapılan öneriler ve dünya madenciliğinde sanal gerçeklik sistemleri kullanımı örnekleri göz önünde bulundurularak, yapılan çalışmaya dair düşünceler ve öneriler sunulmuştur.

Genel olarak;

- İlk bölümde, sanal gerçeklik sistemlerine girişle birlikte bu tez çalışmasının ortaya konulma amacı,
- İkinci bölümde, sanal gerçeklik sistemlerinin ayrıntılı tanıtımı ve sistemleri oluşturan elemanlar,
- Üçüncü bölümde, sanal gerçeklik sistemlerinin dünya madenciliğindeki kullanımı ve bu sektörde sağladığı avantajlar,
- Dördüncü bölümde, sanal gerçeklik sistemlerinin Türkiye madencilik sektöründe kullanılabileceği ve kullanılması gereken alanlar,
- Beşinci bölümde de, tez çalışmasında sunulan bilgilere dair değerlendirmeler ve öneriler sunulmuştur.

2. SANAL GERÇEKLİK SİSTEMLERİ

Bu bölümde sanal gerçeklik sistemlerine dair tanıtım, kullanım amaçları, gelişim süreci ve bu sistemlerin önemlerine dair genel bilgiler verilmektedir.

2.1. Sanal Gerçeklik Tanımı

Sanal gerçeklik (SG), görsel ve metin temelli içerikler bulunduran, yüksek oranda etkileşime izin veren, bilgisayar tabanlı bir ortamdır. En basit formunda, düz bir ekran üzerinde kullanıcı bilgisayarla etkileşimini görebilirken, sanal gerçekliğin daha gelişmiş uygulamalarında özne konumundaki kullanıcı benzetişim tarafından 3 boyutlu olarak çevrenin ve gerçek bir dünyadaymışçasına özgürce hareket edebilir [3]. Genel olarak sanal gerçeklik, kullanıcının içinde kapsandığı bilgisayar-tabanlı benzetişimi yapılmış bir dünyayı veya onun bir alt elemanını tanımlamaktadır. Bu yapılar son teknoloji ürünü donanımlar kullanılarak oluşturulan çoklu medya sistemlerinden oluşturulmakta olup, genellikle görsel duyulara hitap etmektedir. SG kullanıcıların fiziki olarak etkileşime girmeleri çok tehlikeli veya pahalı olan durumları deneyimlemelerini sağlar. Kullanıcılar, gerçek dünyayı farklı ölçeklerde, görünmeyen özellikler göz önüne çıkarılmış bir halde keşfedebilirler. Alternatif olarak, sanal dünyalar tamamen yapay şekilde, kendi kurallarını barındıran elektronik donanımların safi birer ürünü olarak ortaya çıkabilirler [4].

Sanal gerçeklik ifadesi, ilave gözlükler veya kasklar giymiş kullanıcıların boşluk içinde hareket ettiği görüntüler göz önüne getirirse de, tamamen etrafından yalıtılmış bir sanal gerçeklik türü olan “çevreleyen birincil-kişi sanal gerçekliği” olarak tanımlanabilecek bu yapı, sanal gerçeklik yelpazesinde bulunan sistemlerden yalnızca biridir.

2.2. Sanal Gerçeklik Sistemlerinde Kullanılan Donanımlar ve Üç Boyutlu Etkileşim

Sanal gerçeklik sistemleri kullanıcıya üç boyutlu bir dünya sunmaktadır. Kullanıcılar bu dünya içerisinde hareket etmekte ve içeride bulunan sanal nesnelere etkileşime girmektedir. Sözü edilen hareket etme eylemi, basit olarak bir yerden başka bir yere gitmeye ek olarak, belli bir yön seçmeyi de

gerektirmektedir. Gerçek dünyada bir nesneyle etkileşime girildiğinde, o nesne sadece belli bir düzlemde hareket ettirilmez, ayrıca döndürülebilir ve kıvrılabilir. Bu durum da daha gerçekçi sanal gerçeklik sistemleri için günlük olarak kullanılan basit bilgisayar donanımlarından, kapsamlı üç boyutlu cihazlara geçişi zorunlu kılmaktadır [5].

2.2.1. Kokpit ve Sanal Kontroller

Helikopter ve uçak pilotları halihazırda araçlarını gerçek dünyada boşlukta yönlendirmektedirler. Şekil 2.1’de görüldüğü gibi birçok bilgisayar oyunu ve daha ciddi uygulama da uçak kokpitleri şeklinde modellenmiş kontrol cihazları aracılığı ile kullanıcılarının yönlendirmelerini algılamaktadır [4].



Şekil 2.1. Level-D 767'ye ait sanal kokpit¹

Bilgisayar oyunları ve “masaüstü sanal gerçeklik sistemleri” (çıktının sıradan bir bilgisayar ekranında gösterildiği sistemler) gibi ortamlarda bulunan kontrol sistemleri de sanal olmaktadır. Gerçek kokpitlerin benzetişim yoluyla sanal dünyaya aktarılmasıyla oluşan bu kontrol araçları klavye ve fare gibi basit

¹ <http://www.flight1.com/products.asp?product=ld767> internet sitesinden alınmıştır.

bilgisayar donanımlarının girdilerini daha karmaşık olan sanal kokpitlere aktararak, normal süreçte kullanımının öğrenilmesi gayet güç olan kokpit kontrol sistemlerinin hızlı bir şekilde kavranmasını sağlamaktadır.

2.2.2. Üç Boyutlu Fare

Sıradan bilgisayar farelerinin yerine kullanılacak üç boyutlu daha çok fonksiyon sunan bazı fareler de bulunmaktadır (Şekil 2.2). Kullanıcı, bu fareleri masaüstünde iki boyutlu olarak hareket ettirmek yerine, havaya kaldırıp üç boyutlu düzlemde hareket ettirebilir, ileri ve geri hareket ettirme işlemlerini kolaylıkla gerçekleştirebilir. Üç boyutlu fare altı dereceli özgürlüğe sahiptir; üç boyutta konumu, yukarı-aşağı açısı, sağ-sol yönelimi ve kendi eksenini etrafında yaptığı dönüş miktarı tayin edilebilir. Bu değerlerin tespit edilebilmesi için manyetik bantlar ve yansılama gibi yöntemler kullanılabilmektedir [4].



Şekil 2.2. 3Dconnexion firmasına ait SpaceMouse Pro²

Üç boyutlu fare gibi birçok üç boyutlu konumlandırma cihazını uzun süre havada tutmak zorunda kalan kullanıcı buna bağlı olarak bileğinde incinmeler yaşayabilmektedir.

2.2.3. Elektronik-eldiven

Son teknoloji SG sistemlerinin başlıca araçlarından biri olan elektronik-eldiven, üç boyutlu bir veri giriş cihazıdır. Likralı bir eldiven ve parmaklar boyunca uzanan

² <http://www.3dconnexion.com/products/spacemousepro.html> internet sitesinden alınmıştır.

optik fiberler aracılığıyla parmakların konumu ve eklem yerleri modellenmektedir. Parmaklar bükülünce, parmaklar boyunca uzanan optik fiberler de bükülerek, bükülmenin derecesine bağlı olarak belli miktarlarda ışık sızıntısına yol açmaktadır. Ayrıca eldivenin üstünde bulunan sensörlerle de yansılama aracılığıyla eldivenin üç boyutlu düzlemdeki konumu ve açısal durumu tespit edilebilmektedir [4].

Elektronik-eldiven, kullanımının kolaylığı, kullanıcının hareketini neredeyse eksiksiz olarak sanal gerçeklik sistemine aktarması gibi avantajlarıyla öne çıksa da, diğer basit sanal gerçeklik araçlarına kıyasla daha pahalı olması bu aracın kullanımını yüksek bütçeli projelerle kısıtlayabilmektedir.

2.2.4. Sanal Gerçeklik Kaskları

Sanal gerçeklik sistemlerinde kullanılan kaskların (Şekil 2.3) temel olarak iki amacı vardır; (a) sanal dünyayı kullanıcının gözlerine doğrudan aktarmak, (b) kullanıcının kafasının konumunu sanal dünyaya iletmek [4].



Şekil 2.3. Oculus firmasının geliştirdiği Oculus Rift³

³ <http://www.edge-online.com/magazine/e254-believe-the-hype-how-oculus-rift-changes-everything/> internet sitesinden alınmıştır.

Kullanıcı kafasını hareket ettirdiğinde sanal dünyada bu veri işlenerek aynı hareketin benzetişim içinde de gerçekleştirilmesi sağlanır. Kullanıcı kafasını gerçek dünyada sağa doğru çevirdiğinde, sanal dünyada da sağa doğru çevirmiş olur. Bazı daha gelişmiş sanal gerçeklik kasklarında göz takip donanımları da bulundurularak kullanıcının göz hareketleri takip edilerek sanal dünyadaki nesnelere seçmesi, onlarla etkileşime girmesi sağlanabilmektedir.

2.2.5. Tüm-beden Takibi

Kullanıcının tamamen sanal gerçeklik dünyasına hapsedildiği bazı sistemlerde, bu kapsama ve çevreleme işi için kullanıcının tüm bedeni takip edilmektedir. Elektronik-eldivene benzer cihazların tüm bedeni kapsayacak şekilde giysilere uyarlanmasıyla gerçekleştirilebilecek bu yöntem (Şekil 2.4), resim-işleme teknikleriyle de ortaya konabilmektedir. İki yöntemde de kullanıcının eklem yerleri belirlenip sanal dünyaya aktarılarak konum ve hareket takibi yapılabilmektedir [4].



Şekil 2.4. Marshall Sanal Çevre Laboratuvarındaki bir çalışma⁴

⁴ <http://www.nasa.gov/centers/marshall/about/star/star120523.html> internet sitesinden alınmıştır.

2.3. Üç Boyutlu Çıktı Ortamları

Sanal gerçeklik sistemlerinde yeni nesil kontrol ve girdi cihazlarına ihtiyaç duyulduğu gibi, elde edilen verilerin, yapılan eylemlerin sonuçlarının görüntülenebilmesi için de geniş bir yelpazede çıktı donanımı kullanılmaktadır. Girdi donanımlarının teknolojideki gelişimle paralel olarak karmaşıklaşıp detaylı hale gelmesi, çıktı donanımlarının da sanal gerçekliğin görsel yönünü kullanıcıya daha kapsamlı ve inandırıcı bir şekilde aktarabilmesi için gelişmesini zorunlu kılmıştır. Basit sanal gerçeklik sistemleri olarak görülebilecek masaüstü sanal gerçeklik sistemlerinde bile görsel standartların yükselmesi sonucu üç boyutlu ekranlar sık kullanılmaya başlanan araçlar haline gelmiştir.

Üç boyutlu sanal ortamların kullanıcıya aktarılmasında görsellik kadar önemli bir diğer nokta da girdi-çıktı koordinasyonudur. Kullanıcı komutunun 100 ms üzerinde bir süre sonrasında etkisinin görülmesi, ciddi bir eşleşme sorunu yaratabilir. Kullanıcının kafasını çevirdiği yerdeki görüntü, hissedilebilir bir gecikmeyle karşısına geliyorsa, mide bulantısı gibi sorunlarla karşılaşılabilir. Teknolojinin gün geçtikçe ilerlemesi sayesinde bu sıkıntı artık nadiren görülmektedir [4].

Üç boyutlu ekranların sağladığı gerçekçilik hissinin eksikliği ve kasklarda karşılaşılabilecek sağlık problemleri, daha büyük ölçekli ve kullanıcının içine gerçekten girdiği oda-mağara tarzı üç boyutlu gerçeklik ortamlarıyla aşılabilmektedir. Kullanıcının kontrol cihazını alarak ortasında yer aldığı bu tip üç boyutlu gerçeklik benzetişimlerinde görüntüler oda-mağara duvarlarına yansıtılarak, hem beyin hem de göz üzerinde yük azaltılmakta ve sanal gerçeklikten tam gerçekliğe geçiş sağlanabilmektedir. Bu ortamlarda kullanıcı içinde bulunduğu yeri kafasını çevirerek, içeride dolaşarak keşfedip, etkileşime girme imkanı bulmaktadır.

2.4. Sanal Gerçeklik Teknolojisi

Sanal gerçeklik sistemlerinin dayandığı teknoloji oldukça ayrıntılıdır. Bu sistemlerde genel olarak kullanılan üç boyutlu sanal gerçeklik kaskları, kullanıcının gözlerine birbirinden bağımsız olarak görüntüler yollayarak üç boyutlu ortamlar yaratır. Bu kask ve gözlüklerin boyutları teknolojinin gelişimine bağlı olarak küçülmekte, ergonomik bir şekilde kullanılabilir hale gelmektedir.

Gerçek zamanlı olarak gerçekçi görüntüler oluşturabilmek çok yüksek kapasitede işlem gücüne sahip donanımlar gerekmektedir. Bilinen manada gerçekten ayırt edilemeyecek derecede inandırıcı ortamların yaratılması için ise şu an yeterli donanımın olmadığı bile söylenebilir. Bu durum da kullanıcının düşük çözünürlüklü kaplamalar ve blok yapılardan oluşan, basit bir aydınlatmaya sahip bir sanal dünyayla deneyim yaşamasına yol açmaktadır. Bu yüzden sağlıklı ve inandırıcı bir sanal gerçeklik sisteminin kurulabilmesi için son teknoloji ürünü bilgisayar donanımlarının kullanılması gerekmekte, bu da teknolojinin sürekli takip edilmesini gerekli kılmaktadır [5].

2.5. Sanal Gerçeklik Çeşitleri

Sistem içinde kullanılan teknolojiye bağlı olarak sanal gerçeklik sistemlerinin türü ve adlandırılışları da büyük ölçüde değişmektedir. SG sistemleri geniş bir yelpazede bulunduğu gibi, bu sistem çeşitlerinin adlandırılması da farklı kişiler tarafından farklı şekilde yapılabilmektedir.

Jacobson [6] tarafından yapılmış genel bir tanımlamaya göre dört çeşit ana sanal gerçeklik vardır; (1) çevreleyen sanal gerçeklik, (2) masaüstü sanal gerçeklik (düşük maliyetli evde kullanılabilen sistemler), (3) yansıtılan sanal gerçeklik ve (4) benzetişimi yapılan sanal gerçeklik.

Thurman ve Mattoon [6] ise kullanıcının sistemle ne kadar bütünleştirilebildiğine bağlı olarak farklı bir derecelendirme cetveli kullanmıştır. Bu cetvel, üç ana bileşenin sistemdeki etkisine bağlı olarak oluşturulmuştur; yığın bilgi işleme, paylaşımlı kontrol ve tamamen dahil olma. Aslında teknolojinin zaman içerisinde gelişimine bağlı olarak ortaya çıkan bu sınıflandırma teknikleri, teknolojinin dünya üzerindeki her yere aynı hızla ulaşmaması ve bazı sistemlerin maliyetinin yüksek olması yüzünden belki de eski sistemlerin hala kullanılması yüzünden geçerliliğini korumaktadır.

Brill [6] tarafından yapılan sınıflandırma ise günümüz sanal gerçeklik sistemlerini kategorilendirme açısından yeterince detaylı olup Mclellan [6] tarafından da bazı eklemelerle bu sistemleri tam anlamıyla açıklayabilir hale gelmiştir. Burada bahsedilecek sistemlerin hepsi kullanıcıyı fiziksel olarak çevreleyen sistemler olmasa da, belli bir düzeyde kullanıcı kendisini sanal gerçekliğin içinde

hissetmektedir. Her SG sistemi üç boyutlu görüntüleme araçları da içermeyebilir, buna rağmen kullanıcıyı sistemin içine dahil etme konusunda diğer sistemlerden geri kalmayan örnekler de bulunabilmektedir. Genel olarak, Mclellan tarafından zenginleştirilmiş Brill sınıflandırmasında 10 çeşit sanal gerçeklik bulunmaktadır [6];

1. Çevreleyen birincil-kişî (Immersive First-Person),
2. Artırılmış gerçeklik (Augmented Reality),
3. Pencereden İzleme (Through the window),
4. Ayna dünya (Mirror World),
5. Waldo Dünyası (Waldo World),
6. Oda dünya (Chamber World),
7. Kabin benzetişim ortamı (Cab simulator environment),
8. Siber uzay (Cyberspace),
9. Görüntü Küresi (VisionDome),
10. Deneyimle Öğrenme Sistemi (The Experience Learning System).

Bu sistemlerden bazıları, ayrı bölümler halinde açıklanacaktır.

2.5.1. Çevreleyen Birincil-Kişî

Çevreleyen Birincil-Kişî sistemlerinde kullanıcı daha önce bahsedilen sanal gerçeklik kasklarını, elektronik-eldivenleri ve benzeri donanımları kuşanarak ve üç boyutlu ses sağlayan sistemler aracılığıyla konum takibi ve girdi algılama araçlarının sonuçları değerlendirilerek sanal dünyanın içerisine hapsedilir. Bu sistemde kullanıcının gözü sanal gerçeklikle doğrudan temas halindedir (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. BarcelonaTech'te bulunan çevreleyen birincil-kişi SG ortamı⁵

Kullanıcının üstündeki ekipmana ek olarak etrafında konumlandırılacak ek cihazlarla gerçekçilik hissi daha da artırabilmektedir. Örneğin kullanıcı bir yürüme bandında konumlandırılarak gerçekten yürüdüğünde bu veriler sanal dünyaya aktarılarak aynı hareketi orada da gerçekleştirmesi sağlanmaktadır. Kullanıcı sanal dünyada bir nesneyle etkileşime girdiğinde bahsedilen ek cihazlardan görsel, işitsel ve dokunsal duyularına hitap eden tepkiler alabilmektedir. Hatta bazı sistemlerde bu duyulara ek olarak, koku duyularına hitap eden bazı tepkiler alınabilmesi için de çalışmalar yapılan uygulamalar bulunmaktadır [6].

2.5.2. Artırılmış Gerçeklik (AG)

Artırılmış gerçeklik sistemleri, normal şartlar altında insanların algılayamayacağı belli bazı özelliklerin ek donanımlar yardımıyla gerçek dünya üzerinde görünür hale getirilerek bir nevi algı yükseltmesi yardımıyla sanal bir gerçekliğin oluşturulması temeline dayanmaktadır (Şekil 2.6).

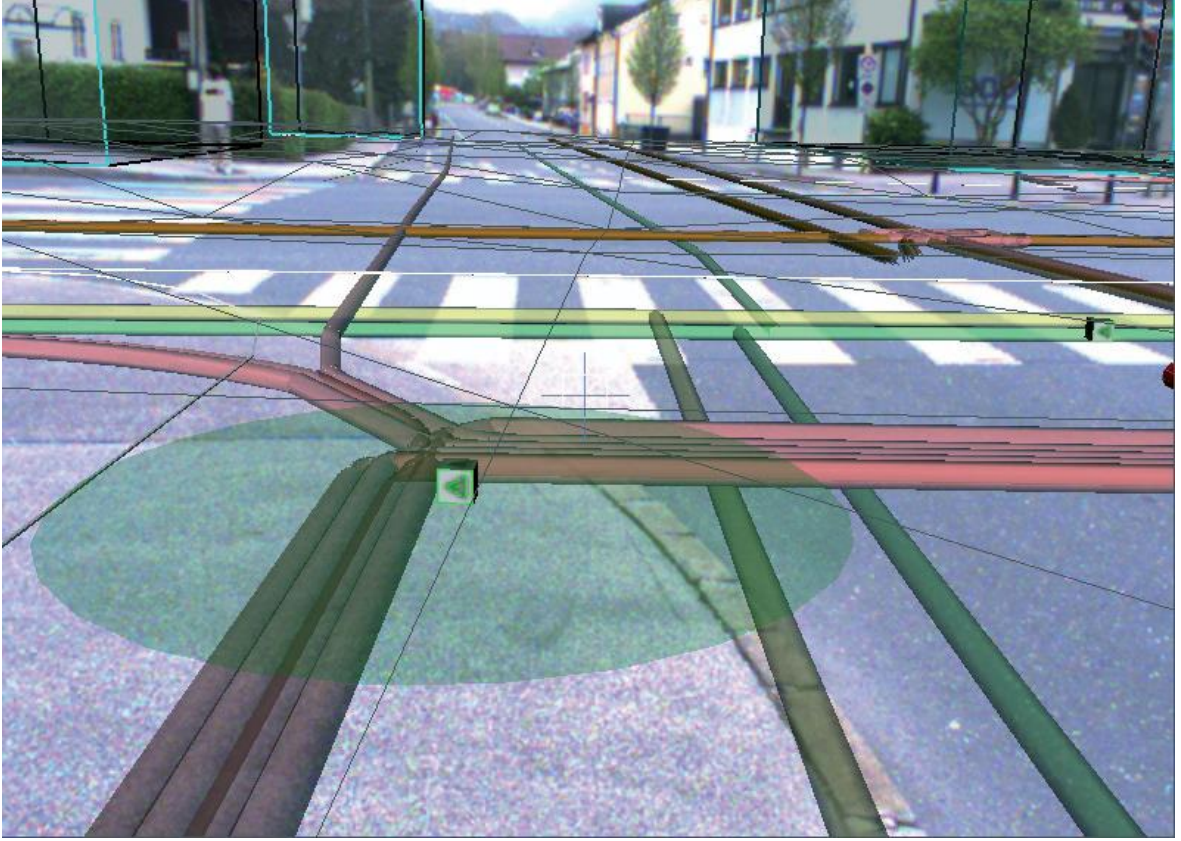
Behringer, Mizell ve Klinker'e göre de AG, kullanıcıya ortama dair bazı içgüdüsel bilgiler ve ipuçları sağlayarak, algısal ve durumsal farkındalığını artırmakta, kullanıcı belli bir bölgeye odaklandıkça oraya dair bazı görsel yardımcı elemanlarla bilgiler aktarmaktadır [6].

⁵ <http://www.upc.edu/40anys/en/> internet sitesinden alınmıştır.

Isdale [6] görüntüleme biçimlerine bağlı olarak AG sistemlerini dört ana kategoriye ayırmıştır;

1. Optik yöntem ile kullanıcının kafasına yerleştirilen bir kask sayesinde gerçek dünyadan gelen görüntülerin doğrudan üzerine sanal bilgiler yerleştirilerek durumsal bir farkındalık sağlanır.
2. Yansıtma tabanlı AG, gerçek dünyadaki nesnelere üzerine yansıtma cihazlarıyla bazı bilgiler eşleyerek artırılmış bir farkındalık sağlar.
3. Video yöntemi ile kullanıcının kafasına yerleştirilmiş bir kask ile bir yandan sanal gerçekliğe ait durumla ilgili bir video yayınlanırken diğer yandan da gerçek dünyadan görüntüler kask üzerindeki kameradan kullanıcıya sağlanmaktadır.
4. Monitör-tabanlı AG, video yöntemine benzer bir şekilde beslenen birleştirilmiş video yayını kask yerine sıradan bir bilgisayar ekranına veya taşınabilir bir ekrana aktararak daha kolay bir çözüm sunmaktadır.

AG kullanımı taşınabilir teknolojilerin gelişmesiyle daha da yaygınlaşarak gündelik yaşamın bir parçası haline gelmiştir. Oyun konsolları, cep telefonları, cep bilgisayarları, tabletler ve navigasyon cihazları gibi taşınabilir teknolojilerin barındırdığı çoğu yazılım ve donanım, etrafındaki fiziksel gerçekliği işleyerek sanal dünyaya aktarabilmesini sağlamaktadır. Örneğin son yıllarda çıkan çoğu cep telefonunda kameradan gelen verileri cihaz üzerinde bulunan konum belirteci yardımıyla işleyerek kullanıcının etrafında gitmek istediği yerleri işaretleyip belirten yazılımlar bulunmaktadır. Aynı şekilde navigasyon cihazlarında kullanılan çoğu yazılım kameradan ve konum sensöründen aldığı bilgiyi işleyerek gerçek dünya görüntüsünün gösterildiği ekran üzerine sanal rotalar çizerek kullanıcılarını yönlendirmekte, gerektiğinde araç kontrolünü devralabilmektedir.



Şekil 2.6. Altyapı elemanlarının gerçek görüntü üzerinde yansıtılması⁶

Benzer şekilde Mizell'in bir uçak fabrikasında geliştirdiği pilot bir uygulama sonucunda AG sistemlerini kullanan daha önce o konuda eğitim almamış bir çalışan, konunun uzmanı fakat AG sistemlerini kullanmayan bir çalışandan daha hızlı bir şekilde verilen görevi yerine getirebilmiştir [6].

2.5.3. Pencereden İzleme

Bu yöntem, geleneksel masaüstü sanal gerçeklik sistemlerini barındırmaktadır. Kullanıcı klavye ve fare yardımıyla bilgisayar ekranından gördüğü sanal dünya içerisinde hareket etme yetisine sahiptir [6]. Yöntemin en sık karşılaşılan örnekleri olan video oyunlarında kullanıcı, kontrol amaçlı kullandığı cihazlarla sanal dünyadaki yansımalarını yönlendirerek kendisini sanal gerçekliğin bir uzantısı olarak kullanabilir hale gelmiştir.

⁶ <http://studierstube.icg.tugraz.at/outdoor/> internet sitesinden alınmıştır.

Kullanım kolaylığı ve ulaşılabilirliğinin kolay olması nedeniyle bu yöntem sanal gerçekliğin ortaya çıkmaya başladığı ilk yıllardan itibaren yoğun ilgi görmüştür. Örneğin LifeForms isimli animasyon programı koreograflar tarafından yeni dans hareketleri tasarlamak için kullanılan başlıca programlardan biri olmuştur. Benzer şekilde suç mahalli olarak değerlendirilebilecek yerler de emniyet güçleri tarafından bilgisayar ortamında modellenerek suç ortamının yeniden yaratılması ve verilerin sisteme yüklenerek normal şartlar altında elde edilemeyecek görüşlerin elde edilmesi de mümkün olmuştur.

Yine teknolojinin gelişmesiyle, eskiden masaüstü bilgisayarların hakimiyetinde olan bu yöntem, cep telefonu, tablet ve cep bilgisayarı gibi taşınabilir cihazların son yıllarda sektörde baskın hale gelmesiyle yerini yavaş yavaş bu cihazlara bırakmaktadır. Özellikle video oyun konsollarında kullanılan teknolojinin kullanıcıyı doğrudan kontrol cihazı olarak hedeflemeye başlamasıyla ve ekranların da boyutlarının artmasıyla, sanal gerçekliğin belki de en sık karşılaşılan çeşidi Pencereden İzleme yöntemi olmaya adaydır.

2.5.4. Ayna Dünya

Ayna Dünya, birincil kişi sistemlere benzer bir yöntemle ama ikincil kişi olarak kendisini sanal dünyada izlemesini sağlar. Kullanıcı, sanal dünyanın dışında bulunur fakat sanal dünya içerisindeki karakterlerle ve nesnelere etkileşimde bulunabilir. Bu sistemde girdi cihazı olarak bulunan video kamera sayesinde kullanıcının görüntüsü sayısallaştırılarak sanal dünyaya fiziksel bilgileri, konumu ve yaptığı hareketler aktarılabilir. Diğer sanal gerçeklik sistemlerine göre bu sistemin avantajı, daha ucuz oluşu ve kullanıcıya ek donanımlar giydirme/kullandırma ihtiyacı barındırmamasıdır [6].

Bu sistemin gelişimine en iyi örneklerden biri, son yıllarda Microsoft'un geliştirdiği Kinect donanımı olmuştur. Basit bir video kameradan öte olarak, barındırdığı üç boyutlu derinlik algılayıcı ve kızıl ötesi tarayıcılarla, çok hassas bir şekilde kullanıcının hareketlerini, görüntüsünü ve hatta sesini sanal dünyaya aktarabilir hale gelmiştir. Kullanıcı Kinect'i, video oyunları, televizyon izleme, alışveriş yapma ve internette gezinme amaçlı olmak üzere birçok farklı şekilde kullanabilmektedir (Şekil 2.7). Başlangıçta video oyun konsolu Xbox'a ek olarak çıkarılan bu cihaz, artık masaüstü bilgisayarlarla da kullanılabilirdiği için sanal gerçeklik

uygulamalarının evlerin içine kadar gelmiş olmasını sağlamıştır. Kullanıcı cihaz önünde kendisini tanıttıktan sonra, kullanacağı uygulamaya bağlı olarak tüm vücudunu etkin bir şekilde sisteme kullandırabilmektedir.



Şekil 2.7. Microsoft Kinect aracılığıyla alışveriş yapan bir kullanıcı⁷

Ayna Dünya ile oluşturulan sanal dünyalar, birçok farklı alandan örnekler içerebilmektedir. Müzeler, okullar, tatil yerleri ve hatta bazı uygulamalarda tüm bir şehir için sanal turlar düzenlenebilmekte, kullanıcı kilometrelerce öteden bu tip mekanları gezebilmektedir.

2.5.5. Waldo Dünyası

Daha çok sanal karakterler veya sanal animasyon olarak da bilinen Waldo Dünyası, ismini Heinlein'in 1965 tarihli bilim kurgu hikayesinden almaktadır. Elektronik bir maske veya tüm bedeni kapsayan bir giysi giyen kullanıcı, gerçek zamanlı olarak bir bilgisayar animasyonunu veya bir robotu kontrol etmektedir.

⁷ <http://www.microsoft.com/business/en-ie/whats-new/pages/article.aspx?cbcid=32> internet sitesinden alınmıştır.

Bu sistemin ilk örneklerin biri olarak kabul edilebilecek Virtual Actors™ programında, bilgisayar tabanlı yaratılan sanal aktörler gerçek aktörler tarafından kontrol edilmektedir. Kullanıcı aktör, Waldo maskesini giyerek programda yaratılan sanal aktörün kaşlarını, yanaklarını, çenesini, dudak hareketlerini ve genel olarak tüm kafa hareketlerini yönlendirebilir. Aktör gülümsediğinde, sanal aktör de gülümser, aktör kaşlarını çattığında, sanal aktör de kaşlarını çatar. Bu yöntem dijital kuklacılık ve animasyon filmler ve reklamlar için kullanılan başlıca araçlardan biri haline gelmiştir [6].

2.5.6. Oda Dünya (Mağara)

Oda dünya veya diğer adıyla mağara sisteminde kullanıcı birçok bilgisayar tarafından işlenen görüntülerin duvarlarına yansıtıldığı bir yansıtma alanı içine yerleştirilir. Fiziksel olarak sanal dünya tarafından çevrelenen kullanıcı diğer sistemlerde yaşadığından çok daha etkili bir dahil olma hissi yaşar. Duvarlara yansıtılan görüntüler üç boyutlu olarak sanal gerçeklik kaskları ile panoramik olarak izlenebilmektedir. İlk olarak Illinois Üniversitesi'nde CAVE (cave automatic virtual environment-otomatik mağara sanal ortamı) adıyla geliştirilen bu sistemi, daha sonra Almanya'da Karlsruhe Nükleer Araştırmalar Merkezi'nde geliştirilen EVE: Extended Virtual Environment (Geliştirilmiş Sanal Ortam) takip etmiştir. Bu teknolojinin son kullanıcıya ulaşması ve gündelik hayata entegrasyonu ise Omnimax/Imax® Dome sinema sistemleriyle olmuştur. Bu sinemada seyirciler taktıkları sanal gerçeklik kaskları ile üç boyutlu ses duyma ve görüntü izleme imkanı bulmaktadırlar [6].

1992 yılında Illinois Üniversitesi'nde Electronic Visualization Lab (EVL) tarafından geliştirilen ilk CAVE sistemi, görüntülerin yansıtılabileceği üç duvar ve bir tabandan oluşmaktaydı. Kullanıcı hareket ettiğinde etrafında duvarlardaki ve tabandaki yansıtılan görüntüler de değişerek kullanıcıya gerçekten hareket ettiği hissi yaşatılmaktaydı. Teknoloji geliştirici diğer firmaların da ortak çalışmalarına başlamasıyla, son yıllarda CAVE sisteminin güncellenmesi söz konusu olmuştur. Mechdyne şirketi, CAVE2 ortamının lisansını alarak sistemi geliştiren firmalardan bir diğeridir (Şekil 2.8).



Şekil 2.8. Mechdyne firmasının sunduğu CAVE2 sistemi⁸

2.5.7. Kabin Benzetişim Ortamı

Kabin şeklinde tasarlanmış kapalı bir alan olan bu benzetişim aracında kullanıcı aracın içine girerek etrafına yansıtılan görüntülerle sanal gerçeklik ortamının içine çekilir (Şekil 2.9). Aracın alt tarafında bulunan uzantılarla titreşim, sallantı ve benzeri hareketler de sağlanabilirken, aracın içinde bulunan kontrol cihazlarıyla sanal dünyada benzer bir aracın kontrol edildiği hissi kullanıcıya verilir [6].

⁸ <http://www.mechdyne.com/cave2.aspx> internet sitesinden alınmıştır.



Şekil 2.9. Cybermine kabin benzetişim sistemi⁹

Oda veya mağara sistemine göre biraz daha küçük bir alanı kapsadığı için aynı anda kullanımda daha az kullanıcıyı desteklese de, çevreleme konusunda diğer sistemlerden geri kaldığı bir yön bulunmamaktadır.

2.5.8. Siber Uzay

Siber uzay, belli bir ağda bulunan bilgisayarlar aracılığıyla aynı anda farklı kullanıcıların ulaşabildiği küresel sanal bir gerçeklik ortamıdır. İnternete bağlı bir bilgisayar kullanmak, telefonla bir görüşme yapıyor olmak, kısacası herhangi elektronik bir veri tabanına bağlı olmak durumunda kullanıcı siber uzayın bir parçası haline gelir. 1990'lı yılların başına kadar belli bir kullanıcı kitlesinin erişimine açık olan siber uzay, küresel çapta internet ağının yaygınlaşmaya başlamasıyla birlikte, metin, resim, video ve diğer çoklu medyaların içerisinde aktığı ve herkesin erişimine açık bir sanal gerçeklik sistemi haline gelmiştir [6].

⁹ <http://www.thoroughtec.com/cybermine/surface-mining-simulator/simulator-base-unit-6-dof.html> internet sitesinden alınmıştır.

İnternet'in en büyük kullanım alanlarından birini oluşturan çevrimiçi video oyunları, siber uzayın grafiksel bir ara yüzle kullanıcılara ulaştığı en önemli unsurlardandır. Bu oyunlarda kullanıcılar, dünya üzerinde pek çok farklı noktadan aynı sanal gerçeklik ortamına bağlanarak, bir nevi kendi uzantıları karakterlerini geliştirip, diğer kullanıcıların karakterleriyle etkileşime girerler. Gerçek hayatta olduğu gibi bu ortamda da kullanıcılar belli amaçlar için bir araya gelerek takım halinde çalışabilmekte, bir hedefi başarmış olma hissini elde edebilmektedirler.

Çevrimiçi video oyunlarının işleyişine benzer bir şekilde, birçok ülkede askeri amaçlı benzetişim cihazları kullanılmaktadır. İnternet üzerinden birbirine bağlı kabin benzetişim araçlarını kontrol eden kullanıcılar, gerçek savaş araçlarını sanal gerçeklik ortamında birbirlerine karşı kullanarak normal şartlarda gerçekleştirilemeyecek eğitimlere katılmaktadırlar. İletişimin radyo kanallarıyla sağlandığı bu sistemlerde, kaydedilen radyo yayınları daha sonra uzmanlar tarafından analiz edilerek kullanıcıların performanslarına ışık tutacak şekilde değerlendirmeye katılmaktadır.

Siber uzay, uzaktan erişim ve uzaktan kontrol kavramlarıyla doğrudan ilişki halindedir. Uzaktan kontrol yöntemini temel alan uygulamalar özellikle denizcilik, uzay sanayii ve tıp alanlarında sıklıkla kullanılmaktadır.

2.5.9. Görüntü Küresi (VisionDome)

Oda dünya ve mağara sistemlerine benzer bir şekilde çalışan Görüntü Küresi'nde, farklı olarak kullanıcı gözlük, eldiven ve kask gibi kısıtlayıcı donanımlara ihtiyaç duymadan sanal gerçeklik sisteminin içine girebilme imkanı bulur. 180 derecelik bir ekrana yansıtılan üç boyutlu görüntülere maruz bırakılan kullanıcı, gerçekçi durumlarla sınanır. Kullanıcı, başını gerçek hayatta olduğu gibi 180 derece hareket ettirerek sanal dünyanın sınırları içerisinde gezinebilir, nesne ve kişilerle etkileşime girebilir.

Birçok üç boyutlu modelleme programının (AutoCAD, 3D Studio Max) ürünü görsel olarak bu sistemde kullanıcılara gösterilebilir. Sistem çevreleyen birincil-kişisi sanal gerçek sistemleri gibi ek donanımlara ihtiyaç duymadığı için göreceli olarak daha düşük bir maliyete sahiptir. Aynı zamanda birden fazla kullanıcıya hitap ettiği için de eş zamanlı olarak toplu etkinliklere izin verebilmektedir (Şekil 2.10) [6].



Şekil 2.10. VR-Max firmasının geliştirdiği Görüntü Küresi¹⁰

Görüntü Küresi sözü edilen avantajları sayesinde geniş bir kullanım yelpazesine sahiptir. Halihazırda kullanıldığı ve olası kullanıma sahip olduğu alanlardan bazıları şöyle sıralanabilir;

- Benzetişim ve teknik eğitim,
- Bilimsel, akademik, ticari ve askeri araştırma,
- Petrol ve doğalgaz araştırmaları,
- Ürün tasarımı, araştırma ve ilk örnek oluşturma,
- Ürün ve hizmetlerin sunumu ve pazarlanması,
- Tıbbi, tanısal ve cerrahi planlama ve hastanelerde eğitim,
- Kentsel planlama, jeofizik araştırma ve planlama,
- Mimari sunumlar ve prova gösterimleri,
- Eğlence, müzeler ve lunaparklar.

¹⁰ <http://www.vr-max.com/dome-show.html> internet sitesinden alınmıştır.

3. SANAL GERÇEKLİĞİN MADENCİLİKTE KULLANIMI VE DÜNYADAN ÖRNEKLER

Askeri ekipman ve taşıtlar üreten firmalar tarafından söz konusu cihazlara ait hataların savaş alanında ölümcül zararlara sebep olmadan önce test edilip giderilerek düzeltilmesi amacıyla sıklıkla kullanılan sanal gerçeklik sistemleri, son yıllarda teknolojideki gelişmelere de bağlı olarak farklı alanlarda da kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle çalışma ortamında gözden kaçırılan hataların savaş ortamındakine benzer şekilde ölüme sebebiyet verebilme ihtimali olan madencilikte, bu sistemlerin kullanılması dünyada hızla yaygınlaşmaktadır.

Genel olarak, sanal gerçekliğin madencilik endüstrisine sağlayacağı başlıca faydalar şu şekilde sıralanabilir;

1. Etkileşimli benzetişimler sayesinde gerçek uygulama tecrübesi edinimi,
2. Yüksek risk içerdiği için gerçekleştirilemeyen senaryoların güvenli bir şekilde benzetişimi,
3. Kişisel olarak gerçekleştirilebilecek eğitimlerin yanı sıra, toplu eğitimlere de imkan tanınması,
4. Verilen eğitimlerin puan tabanlı değerlendirilmesine olanak tanınması, bu sonuçların karşılaştırılabilmesi,
5. Eğitimler çalışma alanında gerçekleştirilmediği için işletmedeki faaliyetlerin durdurulmadan devam etmesinin sağlanması,
6. Benzer eğitim senaryolarının tekrar tekrar gerçekleştirilmesi mümkün olduğu için ilerlemenin izlenebilmesi ve öğrenilen bilgilerin unutulmasının engellenmesi.

Sanal gerçeklik sistemlerinin (SGS) geleneksel eğitim programlarına göre en büyük avantajlarından birisi geniş yelpazede anahtar performans göstergeleri (KPI) sunmasıdır. Özellikle bilişim dünyasında sık olarak kullanılan bu göstergeler, geleneksel eğitim programlarının sonuç değerlendirme sistemlerinden çok daha başarılı sonuçlar vermekte ve en etkili şekilde zayıf noktalara odaklanmayı sağlamaktadır. Bilişim dünyasının temel değerlendirme sistemlerinden olan anahtar performans göstergelerini madencilik dünyasına dahil etmenin yolu sanal gerçeklik sistemleriyle mümkün hale gelmiştir [7]. Bu göstergelerin madencilikte kullanılmasıyla birlikte,

- Eğitim programına bağlı olarak kritik performans değerlendirmeleri yapılabilir,
- Eğitim programlarının sonuçlarına bağlı olarak karşılaştırmalar yapılarak hedefler konulabilir, bu hedeflerin ne kadar tutturulduğu ve/veya bu hedeflere ne kadar yaklaşıldığı görülebilir,
- İşe yeni personel alımında daha hızlı ve sağlıklı süreçler ortaya konulabilir,
- Düzenli aralıklarla tekrarlanan eğitimlerin sonuçları hızlıca değerlendirilerek çalışma sahasında olumsuz sonuçlar doğurabilecek olası performans kayıpları gerçekleşmeden öngörülüp engellenebilir.
- Çalışanların güçlü ve zayıf oldukları yanlar kesin olarak tespit edilip bu noktalara özel çalışmalar rahatlıkla gerçekleştirilebilir.

Sanal gerçeklik sistemlerinin dünyadaki güncel uygulamalarının sonucunda halihazırda bu uygulamaların personeldeki yetenek eksikliğini gidermede, iş güvenliği ve sağlığına dair standartları sağlamada ve hatta yükseltmede, son teknoloji ürünü tesis yönetimi programlarının tesislere entegre edilmesinde ve bu tesislerin genişlemesi sırasında planlama konusunda en önemli araçlardan biri haline geldiği görülmektedir. Sanal olarak gerçekleştirilen bu operasyonlar sonucu tesiste gerçek zamanlı yer işgal edilmediği ve herhangi bir işlem durdurulmadığı için aynı zamanda üretim ara verilmeden devam edebilmektedir. Bu durum sonucunda dolaylı olarak bakım maliyetleri de azalmaktadır.

Dünyada öne çıkan madencilik firmaları, sanal gerçeklik sistemlerinin madencilik eğitiminde etkiyi ve verimi artırdığını artık kabul etmektedir. Son teknoloji ürünü sistemlerin kullanıldığı eğitim programları sonucunda madenlerde çalışan personelin güçlü ve zayıf yönlerinin gösterilmesi çok daha kolay bir hale gelmiştir. Maden sahalarında güvenliği, verimliliği ve üretim maliyetlerini doğrudan etkileyen makine operatörlerinin eğitimi de bu durumda en önemli parametrelerden biri haline gelmektedir. İyi eğitilmiş ve tecrübe sahibi makine operatörlerine sahip olmak, çalışmalar sırasında karşılaşılabilecek sorunların insan faktöründen kaynaklanması ihtimalini en aza indirmektedir [7].

Sanal operatör eğitim sistemleri kullanılarak, operatörlerin maden sahalarında aşırı hız yapmaları, yanlış zamanlanmış vites değişimleri ve keskin dönüşler gerçekleştirmeleri gibi hem hayati riskler içeren hem de kullandıkları makinelerin ömrünü azaltan durumlar raporlanıp, objektif bir şekilde sonuç olarak

sunulabilmektedir. Bu raporlarla operatörlere yaptıkları hatalar gösterilebildiği gibi, aynı zamanda iyi olarak gerçekleştirdiği eylemler de sunulabilir, teşvik edici sonuçlar ortaya konulabilmektedir.

Böylece spesifik bir personel grubu olan makine operatörlerine kendilerini hangi tekniklerle hangi alanlarda geliştirebilecekleri gösterilerek kullandıkları makineleri daha verimli kullanmaları sağlandığı gibi söz konusu makinelerin de bu yolla ömrü uzatılarak bakım giderlerinde düşüş sağlanmaktadır.

Geleneksel eğitim sistemlerinin aksine sanal gerçeklik sistemleriyle verilen eğitim programlarının sonuçları hemen elde edilebildiği için aradaki bekleme süresi faktörü ortadan kaldırılarak hızlı bir süreç ortaya konulabilmektedir. Ayrıca makine operatörleri yağışlı ve kaygan zeminde ağır yüklü kamyon kullanma gibi özelleştirilmiş eğitim senaryolarına tabi tutulup, kişisel olarak eğitimciler tarafından sınanabilmektedir.

Makine operatörlerine verilen SGS eğitimleri sonrasında,

- Operatörlerin acil durum senaryolarına alıştıırılarak böyle durumlarda çok daha hızlı ve etkili tepki vermeleri,
- Çok daha az operatör kaynaklı hata görülmesi,
- Kullanılan makinelerin doğru zamanda doğru yerde bulunması sonucu üretimin arttığı,
- Yeni alınan makine operatörü personelin eğitilip yeterli operatörler haline gelmeleri için gereken sürenin düştüğü gözlenmiştir [7].

Özellikle belirli sınırlandırmalar dahilinde çalışan bazı maden işletmelerinde makine operatörlerinin özel olarak eğitilip bir takım istisnalara dikkat etmesi gerektiğinde, sanal gerçeklik sistemleriyle verilen eğitimlerin geleneksel eğitim sistemlerinden çok daha başarılı olduğu ve öne çıktığı görülmüştür.

Yerleşim alanlarına yakın yerlerde çalışılan maden sahalarına getirilen toz yayma ve gürültü kısıtlamaları gibi özel durumlar, ancak sanal sistemlerde test edilip onaylandıktan sonra gerçek hayata geçirilebilmektedir. Böyle bir durumun olduğu yerde çalışacak kazıcı/yükleyici operatörleri yükleyicinin yüksekliğinin toz yaratmayacak şekilde uygun olarak ayarlamayı öğrenebilmekte, yükü taşıyıp gerekli yere boşaltacak olan kamyon operatörü de boşaltım için kamyon kasasının yüksekliğini ve açısını yine aynı şekilde toz yaratmayacak şekilde ayarlamayı

öğrenmektedir. Aksi takdirde geleneksel sistemlerde alınan eğitim sonrası yapılacak operasyonlarda ortaya çıkacak hatalar, sanal gerçeklik sistemlerinde önceden tespit edilerek gerekli önlemlerin “hata daha ortaya çıkmadan” engellenmesini sağlamaktadır [7].

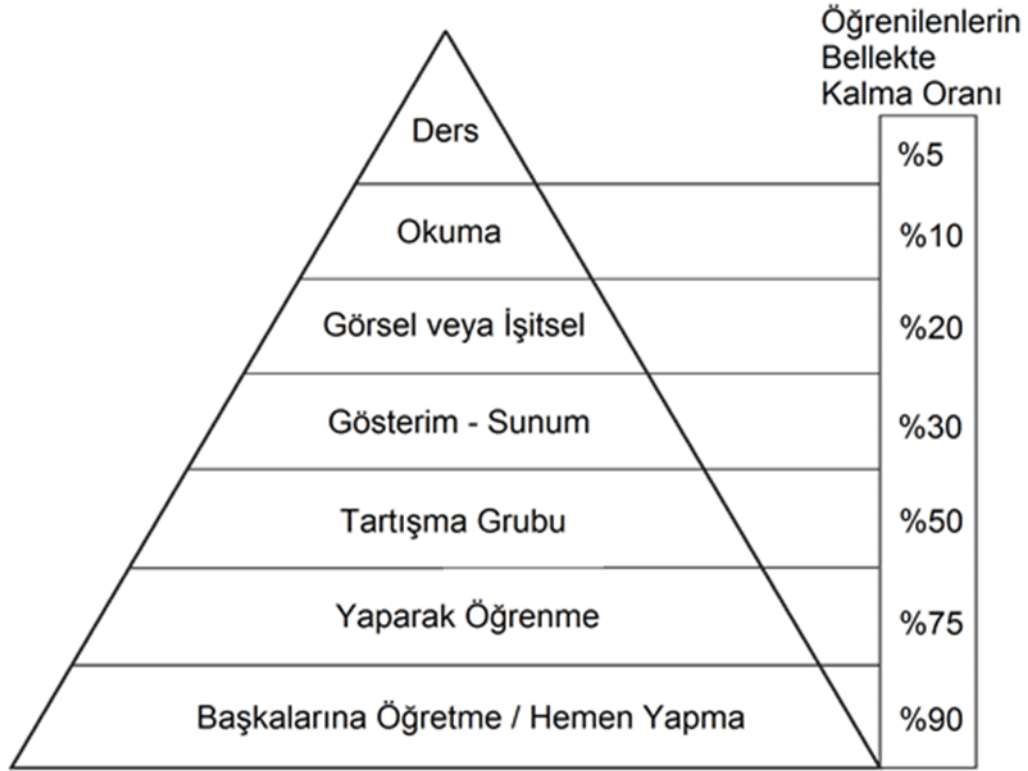
Sanal gerçekliğin madencilikte kullanılabileceği ve kullanılmakta olduğu temel alanlar şunlardır [8],

1. Veri görselleştirme,
2. İş güvenliği ve eğitimi,
3. Çevresel gözlem uygulamaları,
4. Kaza ortamlarının değerlendirme için yeniden oluşturulmaları,
5. Benzetişim uygulamaları,
6. Risk analizleri/değerlendirmeleri,
7. Tehlike farkındalık uygulamaları.

Sanal gerçeklik sistemlerine erişim kolaylaştıkça ve önemi kavrandıkça, bu kullanım alanlarına daha birçok yeni alanın ekleneceği tahmin edilmektedir.

Madencilik gibi çalışma ortamlarında hayati tehlikeler olasılığı yüksek olan iş sektörlerinde özellikle iş güvenliğinden alınan verim çok önemlidir. Eğitim sırasında ortaya çıkmayan eksiklikler, çalışmalar sırasında karşılaşılabilecek olan yanlış yaparak öğrenme sürecinin olumsuz getirileri olan iş gücü kaybı, iş verimi kaybı ve ortaya çıkan güvenlik riskleri telafisi olmayan sonuçlara yol açmaktadır.

Bu yüzden özellikle madencilik endüstrisinde faaliyet gösterecek çalışanların aldıkları iş güvenliği ve eğitimi sırasında elde edebilecekleri bilgilerin geleneksel yöntemlerden ziyade benzetişim temelli sistemlerle kazanılması, yaparak öğrenmenin dinleyerek öğrenmeden daha etkili olduğu göz önünde bulundurulduğunda bu bilgilerin çok daha kalıcı olmasını sağlayacaktır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Öğrenme piramidi, [9]'dan değiştirilerek.

Sanal gerçeklik sistemlerinin potansiyeli anlaşıldığından beri, dünya genelindeki madencilik faaliyetlerine uyarlama çalışmaları büyük bir artış göstermiştir. Özellikle akademik kurumlar tarafından deneysel olarak araştırılmakta olan bu sistemler, deneme yanılma yöntemleri sonucunda gerçek endüstride de kullanılabilir hale gelmiştir.

3.1. Sanal Gerçeklik Sistemlerini Madencilikte Tercih Etmek İçin Başlıca Sebepler

Dünyada sanal gerçeklik sistemlerinin kullanılmasını özendiren başlıca niteliklerinden bazıları şunlardır;

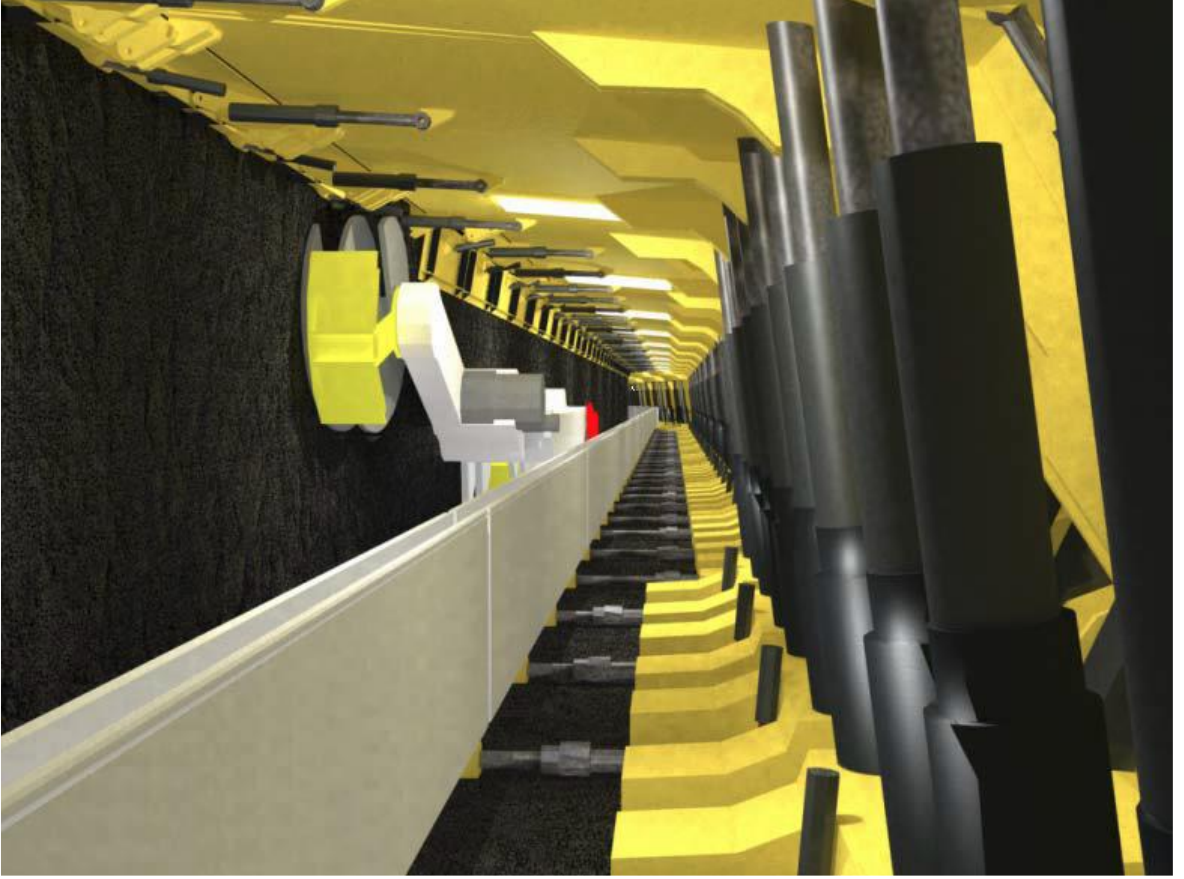
- SG sistemleri yapılan eğitim, yaparak/yaptırarak öğretme kapsamına girdiğinden dolayı bu şekilde öğrenilen bilgiler ve elde edilen deneyimler geleneksel iş güvenliği ve eğitimi derslerinden çok daha fazla akılda kalıcı olmaktadır,

- Sanal ortamlarda gerçekleştirilen bu çalışmalar gerçek çalışma alanlarını işgal etmediğinden eğitimler/benzetişimler devam ettiği süre boyunca ilgili çalışma alanında üretim devam edebilir, böylece iş saati kayıpları engellenmiş olur,
- Tehlikeli bulunduğu için gerçekleştirilemeyen eğitimler sorunsuzca denenip uygulanabilir,
- SG sistemleri gece veya gündüz saatlerinde kullanılabilirdiğinden çalışma saatlerinden bağımsız olarak uygulama imkanı sunar,
- Gerçek bir ortamda gerçekleştirilmediği için hava şartlarından bağımsız olarak çalışmaya uygundur, kötü hava koşullarında dahi kapalı ortamlarda eğitimler/benzetişimler gerçekleştirilebilir,
- Bilgisayar tabanlı uygulamaların getirisi olarak gerçekleştirilen çalışmaların sonuçları sayısal olarak alınabileceği gibi, bu sonuçlar genel bir zaman dilimi üzerinde sıralanarak karşılaştırmalara olanak sağlayabilmektedir. Böylece, eğitime/benzetişime tabi tutulan personelin ilgili çalışmaya dair performansı kayıt altında tutulup, belli bir puanı geçemeyen çalışana gerekli yaptırımlarda bulunulabilir,
- Gerçeğe yakın bir ortamda ekipmanlarla ve çalışma ortamıyla etkileşime giren personel gerçek çalışma ortamında özgüveni yerinde ve ne yaptığını bilerek görevlerini yerine getirebilir.

3.2. Dünya Madenciliğinde Sanal Gerçekliğin Kullanımına Dair Örnekler

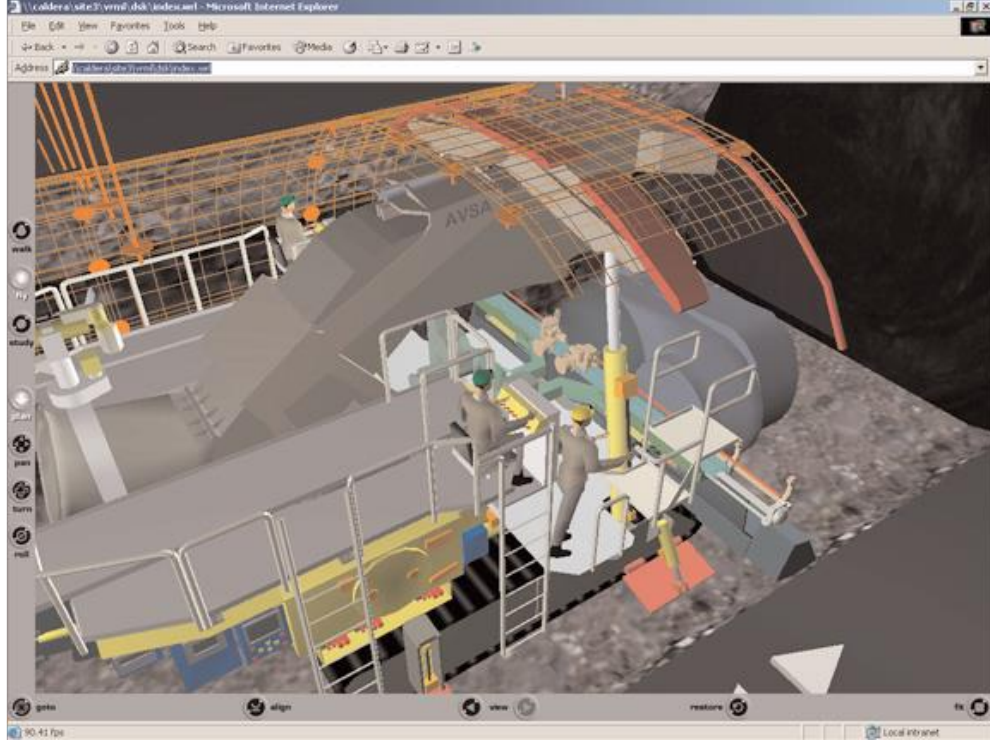
Önceki bölümlerde belirtilen olumlu sebeplerin ışığında dünyanın önde gelen bazı akademik kurumları ve madencilik kuruluşları sanal gerçeklik sistemlerini madencilik faaliyetleri ile bütünleştirmek için girişimlerde bulunmuşlardır. Bunlardan bazıları şunlardır,

- Avustralya Kamu Bilimsel Araştırmalar Organizasyonu'nun geliştirdiği, yer altı uzun ayak sistemlerinden gerçek zamanlı olarak alınan verilerin beslendiği, ilgili tüm personelin internet üzerinden ulaşabildiği bir veri havuzu (LASC Longwall Automation) (Şekil 3.2) [10],



Şekil 3.2. Yer altındaki uzun ayağın görselleştirilmesi [11]

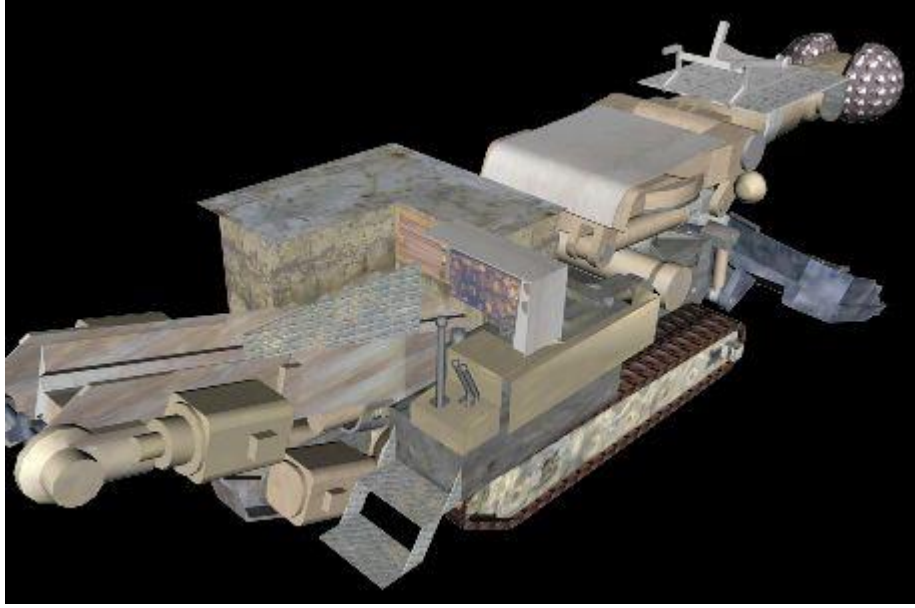
- Queensland Üniversitesi'nde ortaya konulan, kaya mekaniği laboratuvarlarındaki ekipmanlardan yer altı havalandırma laboratuvarlarına kadar geniş bir yelpazede pek çok test cihazının sanal benzetişimleri [12],
- Batı Avustralya Endüstri ve Doğal Kaynaklar Bölümü'nün hazırlamış olduğu, halihazırda meydana gelmiş kazaların ortamlarını sayısal fotogrametri yardımıyla 3B etkileşimli sanal ortamda tekrar oluşturarak kaza sebeplerini daha iyi anlamaya yönelik çalışmalar [12],
- Alman DSK (Deutsche Steinkohle AG) firmasında eğitim amaçlı geliştirilmiş olan sanal kalkan tahkimat sistemleri (Şekil 3.3) ve uzun ayak saban rehber sistemleri [13],



Şekil 3.3. Sanal uzun ayak sabanı ve operatörler¹¹

- AIMS Solutions firması tarafından hazırlanmış, gerçekleşmiş olan kazaları sanal ortamda tekrar yaratarak kazaları daha yakından ve ciddi bir şekilde incelemeye olanak sağlayan ve böylece daha iyi dersler çıkarılmasına olanak veren sistemler [14],
- AITEMIN ve Barredo Yer Altı Deney Merkezi ortaklığında geliştirilen sanal roadheader (Şekil 3.4); bu sistemle galeri sürülürken kontrol edilen gerçek bir roadheader'ın kontrolü benzetişimi ortaya konabilmektedir [15],

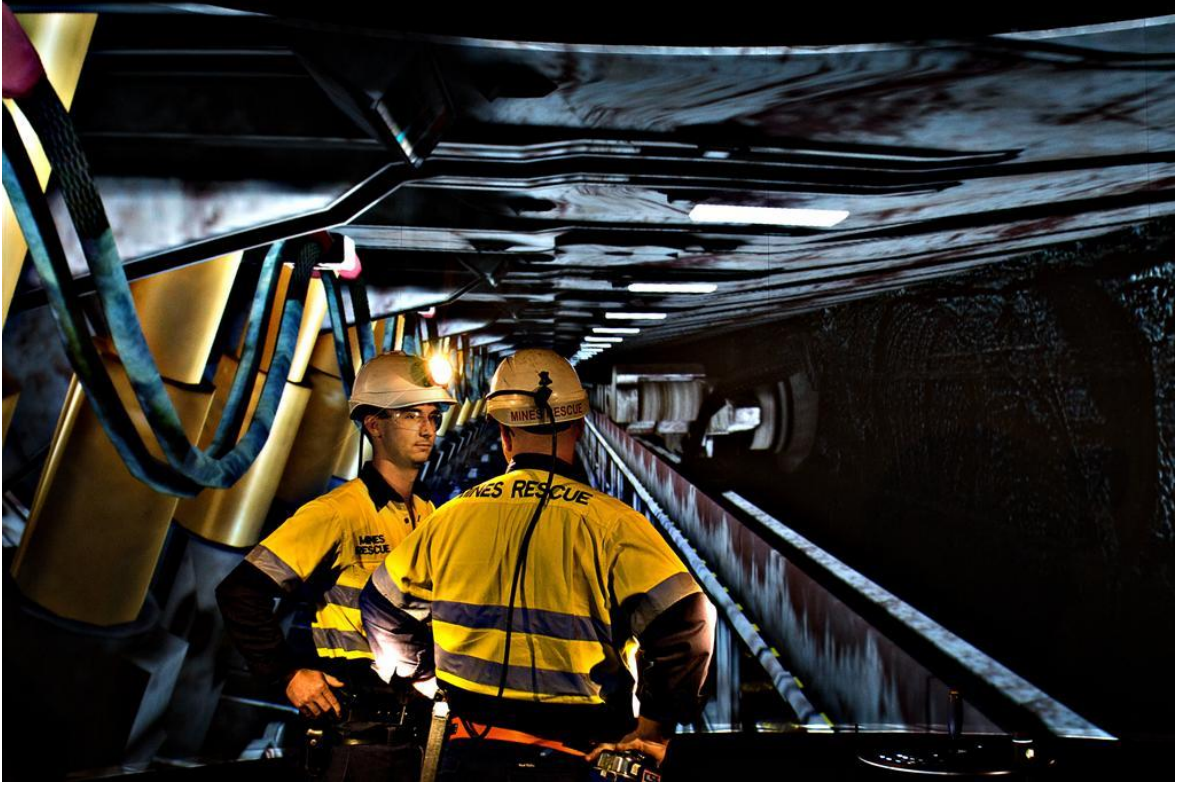
¹¹ <http://www.parallelgraphics.com/print/products/sdk/success/dsk/> internet sitesinden alınmıştır.



Şekil 3.4. Sanal roadheader'a ait bir görüntü¹²

- Amerikan Ulusal İş Güvenliği ve Sağlığı Kurumu'nun geliştirmiş olduğu "ciddi oyunlar": Bazı senaryolara sahip bu oyunlarda kullanıcı sanal olarak yaratılmış 3B yer altı ortamında elindeki sanal haritayı kullanarak belli noktalara gitmeye çalışmaktadır [12].
- New South Wales Üniversitesi'nin (Coal Services Pty Limited) geliştirdiği kapsamlı sanal gerçeklik eğitim sistemleri (Şekil 3.5) [16]:
 - a) Kiriş ve Tavan Duraylılığı Eğitimi: 15'e kadar katılımcının aynı anda katılabildiği 5 ile 40 dakika arası süren bu eğitimde yer altı çalışmalarında yeni olan çalışanlara sanal bir çalışma sahası üzerinde kiriş ve tavan duraylılığına dair bazı sorunlar gösterilip bunlara alınan cevaplar üzerinden notlandırmalar yapılmaktadır.

¹² http://www.aitemin.es/ei_sim_rv_maq_min_e.html internet sitesinden alınmıştır.



Şekil 3.5. Sistemde verilen eğitim sırasında alınmış bir görüntü¹³

- b) Tehlike Farkındalık Eğitimi: 15'e kadar katılımcıya aynı anda hizmet verebilen bu modülde yer altında yeni çalışmaya başlamış katılımcılar hedeflenmektedir. Bu çalışanlara zamanla birikip tehlike oluşturabilecek unsurlara karşı hassasiyet kazandırılmaya çalışılır.
- c) Enerji Kesilmesi ve Yalıtım İşlemleri Eğitimi: Endüstride çalışmaya yeni başlamış olanlara yönelik bir diğer modül olan Yalıtım Yöntemleri Eğitimi'nde, herhangi bir arıza ve kaza durumunda, personelin çalışan/çalışmayan ekipmanlarla enerji kaynakları arasındaki bağlantıları kesip yalıtım sağlayarak daha büyük tehlikelerin önüne geçmesi bilincini kazandırmak bu sistemde hedeflenen birincil amaçtır.
- d) Vardiya Öncesi Kamyon Teftişi Eğitimi: Hem deneyimli, hem de işe yeni başlamış personelin tabi tutulabileceği bu modülde, eğitimi alan kişi çalıştırılmaya hazır durumda bir yük kamyonuyla test edilir. Bu

¹³ <http://www.virtualrealitytrainingsystem.com/AboutVirtualReality.aspx> internet sitesinden alınmıştır.

kamyonda rastlantısal seçilmiş 40 adet tehlike unsuru bulunmaktadır ve teste tabi tutulan kişinin bunları bulup düzeltmesi istenilmektedir.

- e) Yardımsız Yeraltı Tahliye Eğitimi: Özellikle yeni başlayanlara yönelik olarak uygulanması gereken bir diğer önemli modül olan kendi başına yeraltından çıkabilme eğitiminde katılımcılar herhangi bir tehlike anında solunum cihazlarını kullanıp nasıl en hızlı ve güvenli şekilde çalışma alanlarını acilen tahliye edebilecekleri konusunda eğitilir.
- f) Kaya/Gaz Patlaması Eğitimi: Basınçlı bir ortamdan yüksek hızda ve şiddetle kaya ve/veya gaz salınımı olan patlamalarda, bu patlamaların oluşum süreci, patlamanın gelişimine dair göstergeler ve patlama sonrasına dair durumlar sanal olarak gözlenebilmekte, gerçek bir madende edinilmesi mümkün olmayan bir eğitim sunulmaktadır.
- g) Yangın Eğitimi: Özellikle kömür madenlerinde karşılaşılan ani yangınlara karşı eğitim verilen bu modülde, katılımcılar sanal bir madende yangının oluşumuna, gözlenip tespit edilmesine, yangının kontrol edilmesine ve yangının tekrar meydana gelmesinin engellenmesine dair deneyim kazanmaktadır. Deneyimli madenciler de tarihte meydana gelmiş yangın vakalarının sanal ortamda tekrar gözden geçirip, farklı yangın senaryolarını deneyimleyebilmektedir.
- h) Teftiş Programı: Müfettişlere ve nezaretçilere yönelik bu programda, makine teftişi, havalandırma kontrolü, giriş ve tavan duraylılığı, resmi izlekler ve insanlarla etkileşim gibi eğitimler verilmektedir.
- Sandvik ve Thoroughtec firmalarının ortaklaşa geliştirdikleri CYBERMINE: Temel olarak yeraltı ve yerüstü maden ocaklarında kullanılan iş makinelerine yönelik olarak geliştirilen CYBERMINE projesinde, seçilen iş makinesinin kontrol araçlarının birer kopyası ve yüksek çözünürlüklü 360° görüş açısında sahip bir ekran bir kapalı-kasa (container) içerisine yerleştirilir (Şekil 3.6) [17].



Şekil 3.6. Yükleyici benzetişimine dair bir görüntü¹⁴

Sistemi kullanan operatörün yaptığı her şey kaydedilir ve eğitim sonrasında rapor olarak çıktı sunulur. CAT, Komatsu, Sandvik, Atlas Copco gibi dünyanın başlıca iş makine üreticilerinin sık kullanılan modellerini kullanma imkanı sağlayan bu sistemle, yerüstü madenciliğinde kullanılan yük kamyonları, dozerler ve kazıcılar, sondaj rigleri, dragline'lar ve kepçeler, yeraltı madenciliğinde kullanılan LHD'ler, kaya saplayıcıları ve lokomotif gibi birçok iş makinesi operatörler tarafından test edilebilmektedir.

- Immersive Technologies firmasının geliştirdiği PRO3-B ve UG360-B: CYBERMINE sistemine benzer bir şekilde taşınabilir kapalı-kasalar içerisinde oluşturulan benzetişim ortamları olan bu sistemlerden PRO3-B, yerüstü madenciliğine ait iş makinelerinin, UG360-B (Şekil 3.7) ise yeraltı madenciliğinde kullanılan iş makinelerinin eğitimi için kullanılmaktadır. Firmaya ait AES Lite adında daha ucuz bir benzetişim sistemi de bulunmaktadır [18].

¹⁴ <http://www.thoroughtec.com/cybermine/surface-mining-simulator/wheel-loader-simulator.html> internet sitesinden alınmıştır.

Advanced Equipment Simulator
UG360-B
DESIGNED FOR UNDERGROUND MINING



Şekil 3.7. UG360-B sistemine ait bir görüntü¹⁵

- Virtalis firmasının geliştirdiği GeoVisionary ve ActiveWorks sanal gerçeklik sistemleri: Fazla sayıda sayısal verinin aynı anda görüntülenebildiği ActiveWall ekranında, kullanıcılar elle kontrol edilebilen bir cihaz sayesinde ekranda gördükleri model ve veriler içerisinde hareket edebilmektedir [19].
- MeVEA Eğitim Modülleri: Kabin benzetimi sistemlerine benzer kontrol cihazlarına sahip modüllerde, sisteme bağlı özel bir koltuğa yerleştirilen kullanıcı, diğer sistemlerdeki gibi 360° görüntü sağlayan panoramik ekranlar yerine, önüne yerleştirilmiş olan yüksek çözünürlüklü bir LCD ekran aracılığıyla sanal gerçeklik ortamıyla etkileşime girmektedir. Ayrıca firma bünyesinde CAVE olarak adlandırılan, kullanıcıyı çevreleyen üç duvar ve taban üzerine yansıtılan görüntüler üzerinde kullanıcının uzaktan kumanda

¹⁵ <http://www.immersivetechologies.com/products-services/ug360t.htm> internet sitesinden alınmıştır.

ile sanal gerçeklikle etkileşime girdiği benzetişimler de bulunmaktadır (Şekil 3.8) [20].

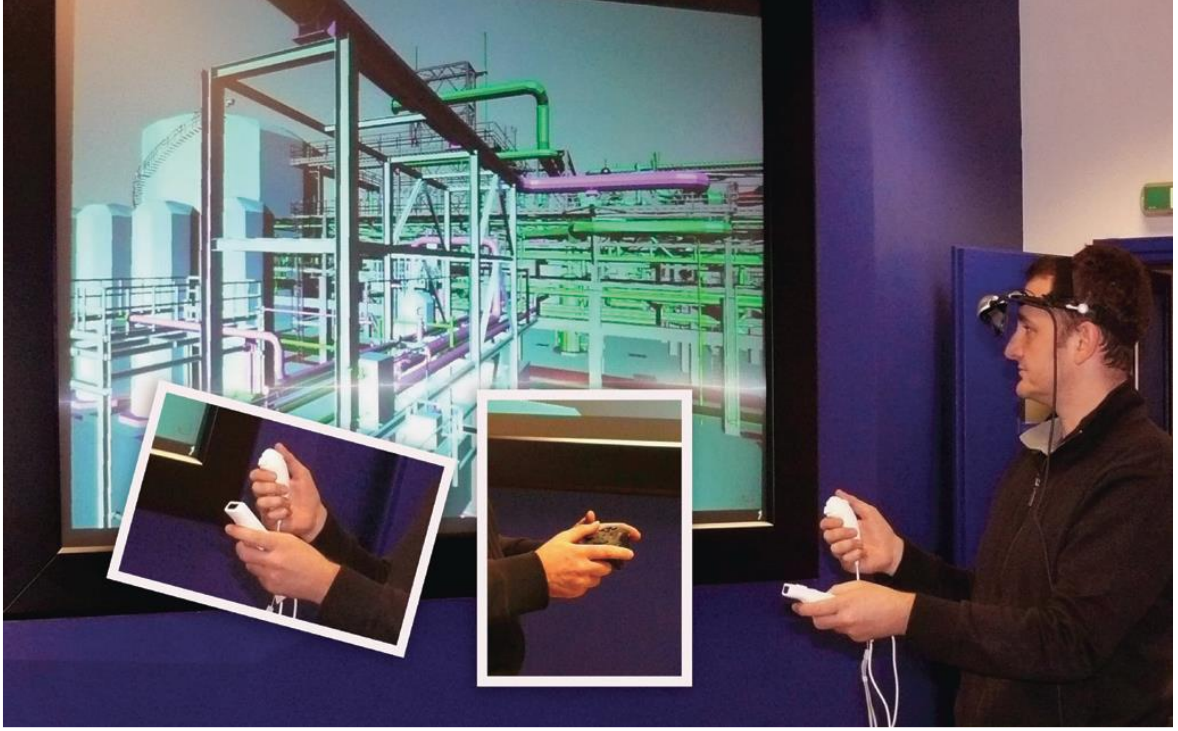


Şekil 3.8. Püskürtme beton benzetişiminden bir görüntü¹⁶

- Caterpillar firmasının geliştirdiği CAT SIMULATORS programı: Bu programda ormancılıktan inşaat sektörüne, madencilğe dair gerçek hayatta kullanılan birçok iş makinesinin doğrudan kopyalanmış modelleri üzerinde sanal kullanım eğitimi verilmektedir. Gerçekleştirilen eğitimler SimU Campus programı üzerinden kaydedilip, sonuçlarına göre değerlendirilme imkanı sunmaktadır [21].
- Invensys firmasının geliştirdiği EYESIM Çevreleyen Sanal Gerçeklik Eğitim Sistemi: Özellikle cevher hazırlama tesislerinde kullanılabilecek olan EYESIM sistemi sayesinde tesis çalışanları tesisi kapatmadan sanal ortamda eğitimlerini devam ettirebilmekte, birebir tesis ölçeğinde olan sanal sistemde turlar düzenleyerek işe yeni başlayanlara tehlikeli durumlar yaratmadan ileriye yönelik gösterimlerde bulunabilmekte (Şekil 3.9),

¹⁶ <http://www.mevea.com/products/hardware/meveacave> internet sitesinden alınmıştır.

uzaktan kontrol ekipmanları sayesinde tehlikeli işlemleri tesiste insansız bir şekilde gerçekleştirebilmektedir [22].



Şekil 3.9. Sanal tesiste gezinti yapan bir kullanıcı [23]

- QinetiQ firmasının geliştirdiği 120°, 180° ve 360° görüş alanına sahip sanal gerçeklik ortamları: Kullanıcıya gerçek bir madendeymiş hissi yaratan 360° görüş alanı sağlayan sanal tiyatrolar, toplu personel eğitimleri için ideal şartlar sağlamaktadır [24].
- VISTA Training firmasına ait makine operatörü eğitim programları: Yükleyicilerden, elektrikli kazıcılara, yük kamyonlarından dozerlere kadar geniş bir aralıkta iş makinesi yelpazesinin benzetişimini yapabilen sanal gerçeklik sistemleri, TruckLogic projesi bünyesinde geliştirilmiştir [25].
- Güney Illinois Üniversitesi'ndeki Dragline Verimlilik Merkezi: Verilen eğitimlerde, halihazırda maden sahalarında faaliyet gösteren deneyimli dragline operatörlerinin performanslarının yükseltilmesi hedeflenerek, bu sahalarda daha güvenli, verimli ve etkili çalışma koşulları yaratılmaktadır [26].

3.3. Sanal Gerçeklik Sistemleri Kullanımının Ekonomik Getirileri

Sanal gerçeklik sistemlerinin eğitim amaçlı kullanımının geleneksel yöntemlerden daha verimli olması, öne çıkan faydalarından yalnızca biridir. Bu sistemlerin özellikle madencilikte kullanımının en önemli avantajlardan biri, sağladığı ekonomik getirilerdir. Makine operatörlerine yönelik uygulanan eğitim programlarıyla küçük gibi görünen mali getiriler, toplamda büyük kazançlar sağlandığını göstermektedir. Bahsedilen ekonomik getirilere dair dünyadan bazı örnekler sırasıyla sunulacaktır.

3.3.1. Suncor Energy Alberta Petrol Kumları Tesisi Yük Kamyonu Operatörü Eğitim Programı

Suncor Energy firmasına ait Alberta Petrol Kumları Tesisi'nde Vista Training firması tarafından yük kamyonu operatörlerine yönelik uygulanan 4 aylık bir eğitim sonrası, sanal gerçeklik sistemleriyle eğitim almış operatörlerin, geleneksel eğitim almış makine operatörlerinden %50 daha az kazaya sebep olduğu ve üretimde %3,5'lik bir artışa yol açtığı saptanmıştır. Bilgisayar destekli eğitim alan operatörlerin %85'inin eğitimi "oldukça faydalı" bulunduğu belirtilmiştir [27].

Aynı tesiste yapılan başka bir uygulamada, Caterpillar 797B yük kamyonlarının kullanıldığı bir çalışmayla, söz konusu kamyonların lastik ömürlerini uzatma amaçlı makine operatörlerine ve diğer personele özel bir eğitim verilmiştir. Çalışmanın ana felsefesi, yük kamyonlarının lastiklerinin ömrünü uzatmanın sadece kamyonları kullanan makine operatörlerinin çabaları sayesinde değil, tüm maden personelinin ortaklaşa çalışması sonucu elde edilebilecek bir hedef olduğunun benimsenmesidir.

Bir lastiği 50.000 Amerikan Doları olan Caterpillar 797B toplamda altı adet lastiğe sahiptir, böylece bir kamyonun toplam lastik maliyeti 300.000 Amerikan Doları'na denk gelmektedir. Onlarca benzer yük kamyonunun faaliyet gösterdiği maden işletmelerinde yaşanacak herhangi bir lastik sorununun bile işletmeye getireceği mali yükün ciddi bir ekonomik götürü anlamına geldiği göz ardı edilmemelidir.

Bahsi edilen Alberta Petrol Kumları Tesisi'nde, bilgisayar-tabanlı lastik ömrünü geliştirme eğitimi sonucu işletme, yük kamyonlarının kullandığı lastik ömürlerini %20 oranında artırmıştır. 30 yük kamyonunun çalıştığı bir işletmede, bu ciddi bir

ekonomik kazanç manasına gelmektedir. Çizelgeler 3.1, 3.2, 3.3 ve 3.4'te bu kazançla dair ayrıntılar görülmektedir.

Çizelge 3.1. Genel Bilgiler

Filo Büyüklüğü	30 kamyon
Çalışma süresi saat/yıl (350 gün x 20 saat/gün/kamyon)	7.000 saat/yıl
30 kamyon x 6 lastik (kamyon başına)	180 kullanılan lastik
Ortalama lastik fiyatı	50.000 \$

Çizelge 3.2. Geliştirme Programından Önce

Ortalama Lastik Ömrü	4.500 saat
Yıllık ihtiyaç duyulan lastik seti sayısı (7.000/4.500)	1,6 lastik seti/yıl
Yıllık lastik maliyeti (180 lastik x 1,6 set/yıl x 50,000 \$)	14,4 milyon \$

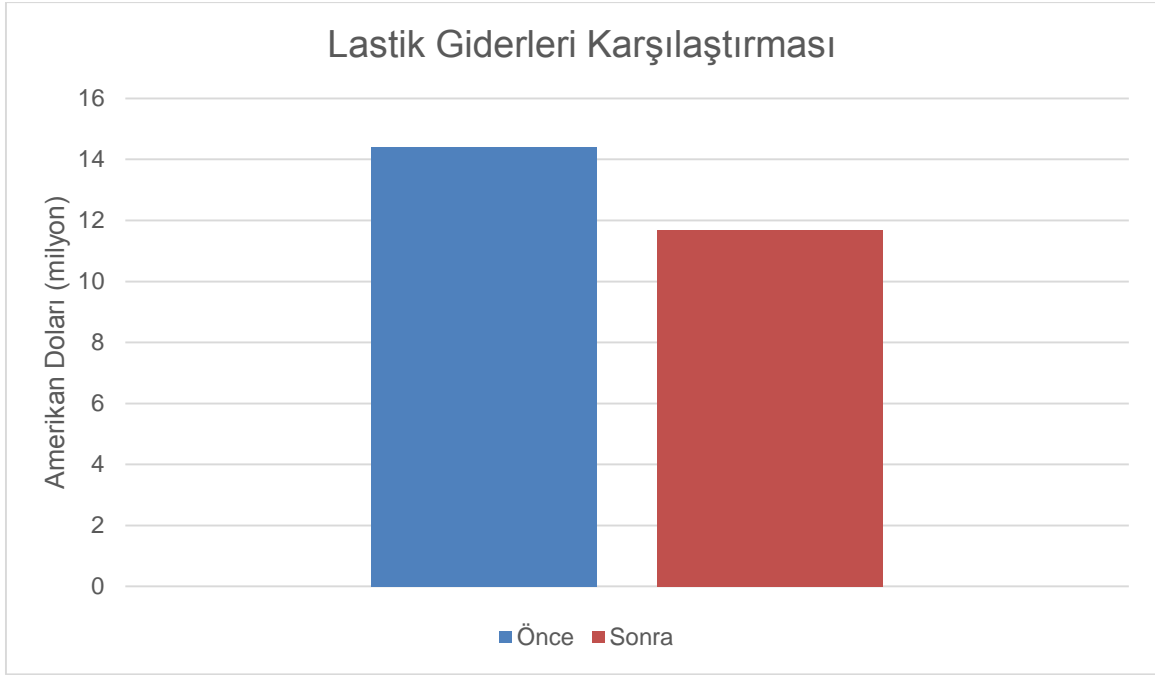
Çizelge 3.3. Geliştirme Programı Sonrası

Ortalama Lastik Ömrünü Artırma Hedefi	%20
Program sonrası ortalama lastik ömrü (4.500 saat x 20% geliştirme)	5.400 saat
Program sonrası yıllık ihtiyaç duyulan lastik seti sayısı (7.000/5.400)	1,3 lastik seti/yıl
Program sonrası yıllık lastik maliyeti (180 lastik x 1,3 set/yıl x 50.000 \$)	11,7 milyon \$

Çizelge 3.4. Program Öncesi-Sonrası Yıllık Lastik Maliyeti Farkı

Kazanç (14,4 milyon \$ - 11,7 milyon \$)	2,7 milyon \$
--	---------------

Verilerden görüldüğü üzere, 30 adet Caterpillar 797B'nin çalıştığı bir madende lastik ömürlerinde elde edilen %20'lik bir kazanç, işletmeye yıllık 2,7 milyon Amerikan Doları kazanç olarak yansımaktadır (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Bilgisayar-tabanlı eğitim öncesi ve sonrasına dair lastik maliyetleri [27]

İşletmede, operatörlere verilen bilgisayar tabanlı eğitimler sayesinde, yük kamyonlarının lastik giderlerine yapılan harcamalardan ciddi miktarlarda tasarruf edildiği görülmüştür. Eğitimler sanal ortamda gerçekleştirildiği için geleneksel eğitim yöntemlerinde harcanacak olan kamyon yakıt ve bakım maliyetlerinden de ayrıca tasarruf edildiği de göz önüne alınmalıdır.

3.3.2. IUOE (Uluslararası İşletme Mühendisleri Birliği) Eğitim Programı

Amerika Birleşik Devletleri'ne bağlı Oregon eyaletinde çalışmak üzere toplamda sekiz adet bilgisayar-tabanlı benzetişim programı içeren 6 iş istasyonu (Şekil 3.11) satın alan IUOE, bunları hidrolik kazıcı ve vinç operatörlerini eğitmek için

kullanmıştır. 1000 kullanıcıya 24.000 saatin üzerinde benzetişim-tabanlı eğitimin verildiği programda, gerçek araçlar yerine bilgisayarların kullanılması, normal şartlarda kuruma 500.000 Amerikan Doları üzerinde maliyet getirecek olan yakıt giderlerinden tasarruf sağlamıştır [28].



Şekil 3.11. Vinç benzetişim cihazıyla çalışan bir kullanıcı [28]

Bilgisayar-tabanlı eğitim için kullanılan sistemler 42 inç 1080p çözünürlük destekli LCD ekranlar ve HP Pavilion Elite PC bileşenlerinden oluşup, altı ünitenin toplam maliyeti 50.000 Amerikan Doları seviyesinde olmuştur.

Sonuçlar karşılaştırıldığında, bilgisayar-tabanlı benzetişim cihazlarıyla eğitim yapmanın, geleneksel yöntemlerin sadece onda biri oranında maliyetli olduğu görülmüştür.

3.3.3. Güney Maine Halk Yüksekokulu Ağır İş Makinesi Operatörü Eğitimi

Amerika Birleşik Devletleri'nin Maine eyaletinde yer alan Güney Maine Halk Yüksekokulu'nda 2007 yılından itibaren bilgisayar-tabanlı kabin benzetişimi cihazlarıyla ağır iş makinesi eğitimi verilmeye başlanmıştır [29].

Kurulan Kazıcı Benzetişimi Laboratuvarında, yedi adet kazıcı benzetişim cihazı bulunmaktadır. Bu cihazlar;

- Masaüstü bilgisayar,
- Eğitimi verilen makineye özgü iki adet kontrol donanımı,
- Yerel bir iş makinesi sağlayıcısı tarafından bağışlanmış gerçek bir kazıcı kabini,
- Kabin içerisine yerleştirilmiş bir LCD ekran,

öğelerinden oluşmaktadır (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Benzetişim cihazına dair bir görüntü [29]

Kullanılan yedi adet benzetişim cihazı da yerel bir ağla birbirine bağlanarak, ortak bir veri tabanına sonuçları aktarmaktadır. Bu laboratuvarda katılımcılar dönem boyunca 90 saatlik bir eğitim almaktadır. Sistemin kurulması için başlangıçta 40.000 Amerikan Doları harcanmıştır. Fakat eğitim için artık gerçek iş makineleri kullanılmadığından dolayı, makinelerin yıpranma ve yakıt giderleri gibi maliyet unsurları ortadan kalkmış olup, yıllık 50.000 Amerikan Doları bu masraflardan kar edilmektedir.

3.3.4. Kitchener Belediyesi Hidrolik Kazıcı Eğitim Programı

Kanada'nın Ontario eyaletinde bulunan Kitchener Belediyesi, hidrolik kazıcı, yükleyici ve ağır yük kamyonu gibi ağır iş makinelerinden oluşan filosunda çalıştırmak üzere yetkin operatörler yetiştirmek üzere 2007 yılında bilgisayar-tabanlı eğitim sistemine geçmiştir [30]. Benzetişim istasyonu bir masaüstü bilgisayar, geniş ekranlı bir monitör, kontrol cihazları ve operatör koltuğundan oluşmaktadır (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. Sistemden bir görüntü [30]

Önceki sistemde nihai sınava girilmeden önce tüm katılımcılara saha eğitimi verilirken, güncel durumda sanal gerçeklik sisteminde verilen başlangıç eğitiminde yetersiz görülen operatör adayları saha eğitimine geçilmeden elendiği için, kurumda gereksiz zaman ve para harcanmasının önüne geçildiği görülmüştür.

Bu değerler sayısal veriler olarak incelendiğinde, 2008-2009 eğitim döneminde, toplam 30 operatör adayı içerisinde 20 operatör adayının nihai sınava girilmeden önce elendiği anlaşılmıştır. Nihai sınavda kişi başına 12 iş saati harcandığı düşünülürse, 240 iş saati tasarruf yapıldığı görülmektedir. Ontario Eyaleti çalışma ücretleri temel alınır, bu değer mali karşılığı ise yaklaşık 16.000 Amerikan Doları'dır. Hesaplanan değerde iş makineleri kullanımı için harcanacak olan yakıt ve bakım giderleri de dikkate alınır, benzetişim sisteminin sağladığı tasarruf daha iyi anlaşılabilir. Sanal gerçeklik sistemi için başlangıçta yatırılan 10.000 Amerikan Doları'nın sistemle verilen ilk eğitimde geri kazanıldığı ve hatta kara geçildiği görülmüştür. Ayrıca önceki eğitim sisteminde bir dönem sonunda iki operatör adayı operatör olmaya hak kazanırken, benzetişim sistemiyle verilen eğitim sonunda bu sayının 10'a çıktığı anlaşılmıştır.

4. TÜRKİYE MADENCİLİĞİNDE SANAL GERÇEKLİK KULLANIM ÖNERİLERİ

Sanal gerçeğin dünyada madencilğe hızla uyarlandığı ve günden güne benimsenmeye başladığı bu dönemde, benzer uygulamalar Türkiye'deki madencilik çalışmaları ile de bütünleştirilmelidir. Kısa vadede, maliyeti normal eğitim yöntemlerinden daha yüksek olduğu için sanal gerçeklik sistemlerini göz ardı etmek, uzun vadede çok daha ciddi maddi ve manevi kayıpları kabul etmek manasına gelebilir.

Türkiye için başlangıç seviyesinde sanal gerçeklik sistemlerine yapılması mantıklı olabilecek yatırımlar ilerleyen bölümlerde sunulmaktadır.

4.1. İş Müfettişlerine Yönelik Programlar

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı bünyesinde görev yapan iş müfettişlerine yardımcı olacak, hem çalışmaya yeni başlayanlara deneyim kazandırma amaçlı hem de belli bir süre dahilinde düzenli olarak tekrarlanması gereken sanal gerçeklik eğitim programları oluşturulmalıdır. Bu programlarda madeni denetlemeye giden iş müfettişi, gerçek bir çalışma sahasında karşılaşılabileceği tehlikelerle güvenli bir ortamda karşı karşıya gelerek geleneksel bir derste sınıf ortamında kazanabileceği deneyimden çok daha fazlasını kazanacak, olası bir tehlike anında paniğe kapılmadan öğrendiklerini eyleme dökebilecektir.

İş müfettişlerine yönelik olarak uygulanabilecek programlar, halihazırda bulunan sanal gerçeklik sistemlerinin bir birleşimi olarak da düşünülebilir. Eğitim aşamasında Bakanlık tarafından belirlenecek merkezi eğitim noktalarında konumlandırılacak SG sistemleri, geleneksel iş müfettişi seçim sınavlarına paralel olarak yeni atanacak müfettişleri değerlendirme konusunda etkili birer unsur olacaktır.

Çevreleyen birincil-kişi sanal gerçeklik sistemleri kullanımının daha uygun olacağı bu eğitimlerde, sınava tabi tutulacak iş müfettişlerinin gerçekçi bir maden sahasına yerleştirilip, daha önceden belirlenmiş tehlike unsurlarının tespiti için belli bir puan sınırını geçmesi beklenebilir. Hayati tehlike barındıran durumlara yüksek puanlar atanabileceği gibi, daha önemsiz ve küçük ayrıntılara da uygun puanlar atanabilir.

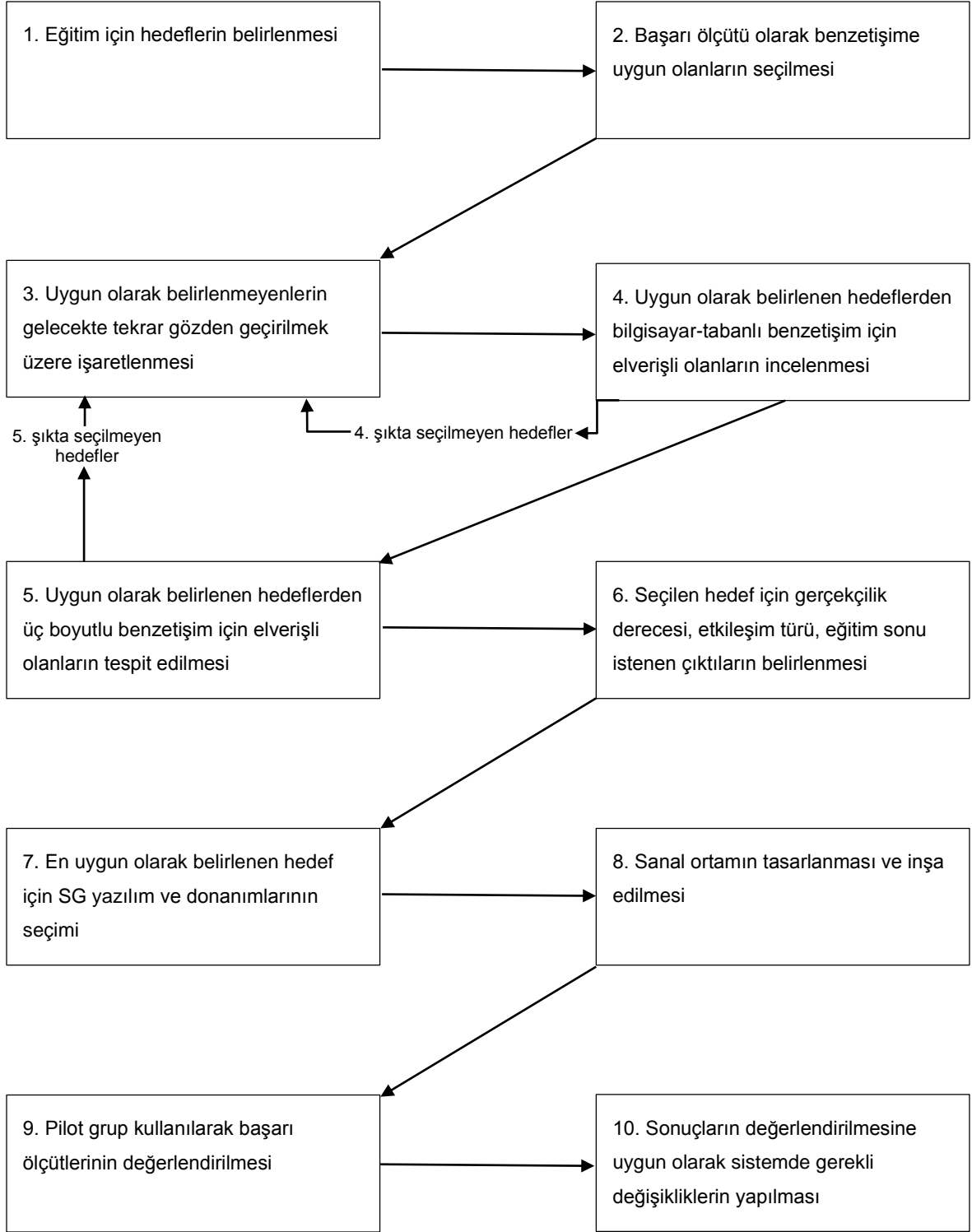
Eğitim programları ve sınavlar için kullanılacak olan bu sahalalar, şu an halihazırda faaliyet göstermekte olan maden sahalarının uygun ekipmanlarla taranması, modellenmesi ve sayısallaştırılması ile yöneticilerin istediği takdirde üzerinde değişiklikler yapabileceği çalışma ortamları haline getirilmelidir. Özellikle tarihinde benzer kazalar meydana gelmiş olan maden sahalarında bu kazaların kayıtları incelenerek, benzetişimlere kaza unsurlarını tespit etmeyi gerektirecek eğitim hedefleri konabilir.

evreleyen birincil-kişi sanal gerçeklik sistemlerinin iş müfettişlerine yönelik eğitimlerde kullanılmasının amacı, kullanıcıları üç boyutlu ortamın içerisine çekerek gerçek bir maden sahasında çalıştıklarını hissettirebilme yetisidir. Ek olarak, müfettişlere sağlanacak olan artırılmış gerçeklik cihazları ile teftiş edilen ortamı çok daha hızlı incelemelerine imkan tanımak mümkün olacaktır.

Bakanlık bünyesinde çalışan iş müfettişlerinin kolay ulaşım sağlayabileceği merkezi noktaların seçilmesi, bu sistemler konumlandırılırken dikkate alınması gereken bir husustur. Belli başlı merkezler yerine çok daha fazla noktada bu sistemlerin kurulması çalışma hızını ve işleyiş sirkülasyonunu artırırsa da, maliyet açısından dezavantajlı olacaktır. Bu yüzden çalışmaların başlangıcında pilot tesisler ulaşımı görece kolay ve merkezi yerler olan,

- Ankara,
- İstanbul,
- İzmir,
- Zonguldak,
- Adana,
- Diyarbakır,

şehirlerine kurulursa sanal gerçeklik sistemlerinin etkili bir şekilde kullanımına başlanabilecektir. Müfettişlere yönelik hazırlanacak olan sanal gerçeklik eğitim programlarında hedeflerin ve eğitim yönünün belirlenmesi için şekil 4.1'deki iş akışı karar aşamasında faydalı olacaktır.



Şekil 4.1. SG Kullanımında karar aşaması, [3]'ten değiştirilerek.

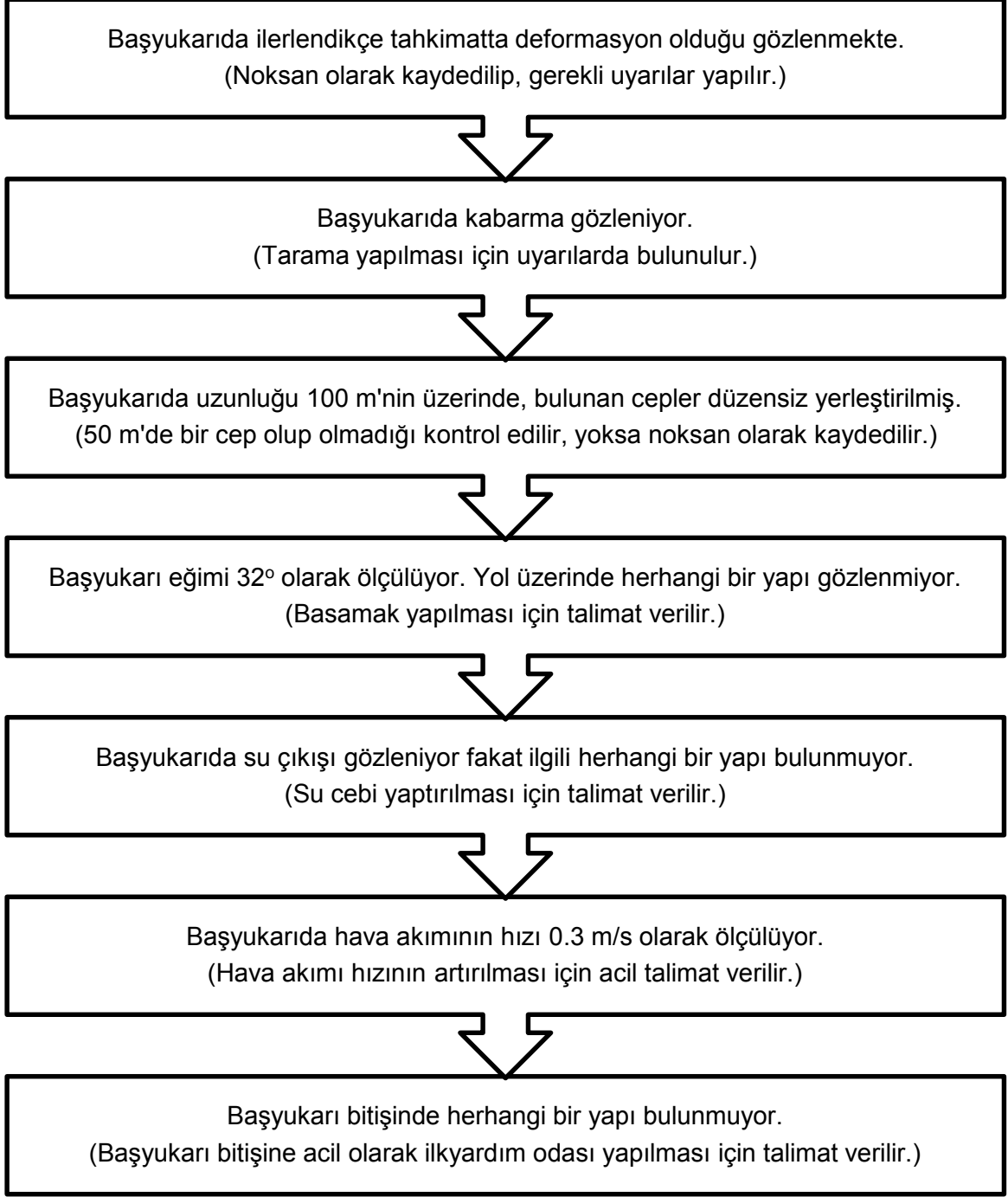
Sanal gerçeklik sistemi kullanılarak verilecek eğitimlere örnek olması amacıyla hazırlanan iki adet eğitim programına ait adımlar aşağıda sunulmuştur.

4.1.1. Başyukarı Benzetişimi Örneği

Bu sistemde bir yer altı ocağına ait bir başyukarıda yapılan bir teftişte karşılaşılabilecek genel bazı durumlara yönelik durumlar adımlar halinde sunulmuştur (Şekil 4.2).

Kutular halinde verilen bilgiler, eğitimi alan kişinin sanal olarak oluşturulan başyukarıda adım adım ilerlemesi düşünülerek sıralanmıştır. Bir durum gösterilip karşılık olarak bir yanıt beklenirken, işlem tamamlandıktan sonra oklar takip edilerek bir sonraki duruma geçiş yapılacaktır. Her adım sanal gerçeklik sisteminde uygun bir görsel, işitsel ve hatta koku elemanlarıyla desteklenmelidir.

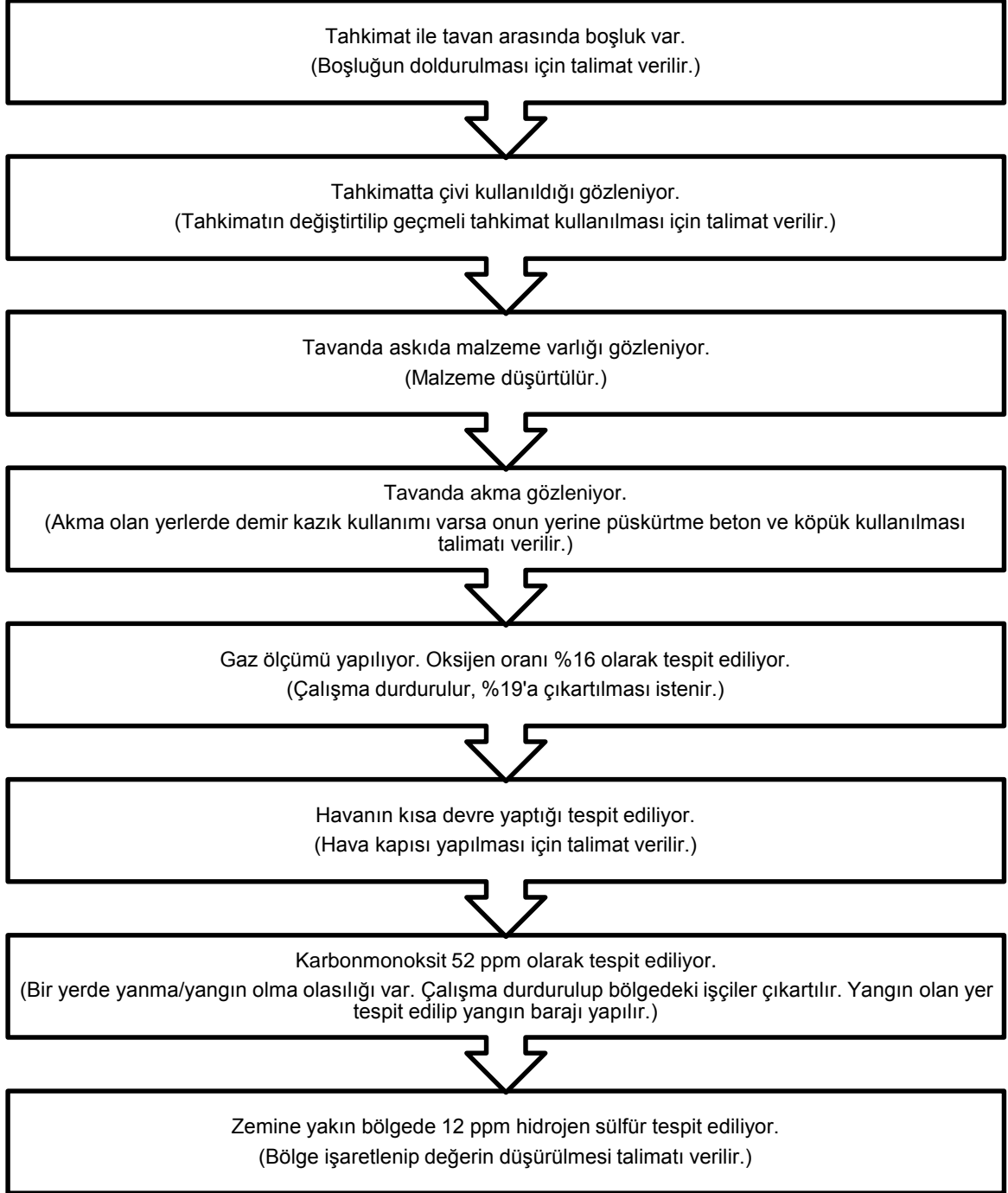
Durumların altında parantez içerisinde sunulan bilgiler, verilen duruma uygun tepkiler olarak yerleştirilmiştir. Bu adımlar sanal olarak oluşturulmuş bir başyukarı üzerinde uygulanarak, iş müfettişinin/müfettiş adayının sunulan durumlara yönelik olarak vereceği cevaplar puanlandırılabilir. Belirlenecek olan bir puan barajının altında kalan müfettişler/adaylar, yeniden eğitime ve/veya sınava tabi tutulabilir.



Şekil 4.2. Örnek başyukarı benzetişiminin adımları

4.1.2. Ayak Benzetişimi Örneği

Bu sistemde bir yer altı maden ocağında faaliyet sürdürülen bir ayakta yapılan bir teftiş benzetişimi yapılmaktadır. Başyukarı benzetişimine benzer şekilde, verilen duruma uygun olarak gözlenmesi istenen tepkiler durumun altında parantez içerisinde verilmiştir (Şekil 4.3). İş müfettişinin/müfettiş adayının vereceği cevaplara uygun olarak puanlandırma yapılabilecektir.



Şekil 4.3. Örnek ayak benzetişiminin adımları

4.2. Teknik Nezaretçilere Yönelik Programlar

İş müfettişlerine uygulanan programa benzer şekilde, teknik nezaretçilere de görevlerine başlamadan önce uygulanan kurs ve sınav aşamaları sanal gerçeklik sistemlerine taşınarak nezaretçilerin yapacaklarını daha iyi bir şekilde kavramaları sağlanabilir. Ayrıca daha sonra belli senaryolar üzerinden çeşitli maden çalışmalarını sanal olarak nasıl denetleyecekleri bir rehberlik sistemi şeklinde onlara yardımcı sistemler olarak sunulabilir.

İş müfettişlerine uygulanan eğitime benzer olsa da, teknik nezaretçilere yönelik olan çalışmalarda, çalıştıkları sahalara dair daha detaylı programların sunulması gerekmektedir. Genel bir yerüstü, yeraltı ve cevher hazırlama tesisi sanal gerçeklik eğitiminin ardından, teknik nezaretçinin çalıştığı yerlerin koşullarını yansıtan, özel durumlar içeren programlar eğitimin amacına ulaşmasında daha etkili olacaktır.

4.3. Makine Operatörlerine Yönelik Programlar

Pilot olarak seçilecek bazı işletmelerde, kritik yerlerde görev yapan çalışanların, özellikle makine operatörlerinin, iş eğitimlerini en temel düzeyden başlayarak ve sanal gerçeklik sistemleriyle yeniden vererek elde edecekleri iş bilgilerinin daha kalıcı olmasını sağlamak mümkün olacaktır.

Dünyada kullanılan yük kamyonu benzetişimlerinin ülkemizde kullanımı neredeyse yok denecek kadar azdır. Ek olarak diğer makine benzetişimleri de zaman içerisinde hazırlanarak operatörler için çok daha etkili ve elde edilen bilgilerin kalıcı olacağı senaryolar ortaya çıkarılabilir. Bu senaryolar sonucu testlere giren çalışanların aldığı puanlar kaydedilerek belli bir barajın üzerine çıkmadıklarında çalışmalarına ara verilerek eğitimlerini baştan almaları sağlanabilir.

Ülkemizde halihazırda kullanılan yük kamyonu benzetişimlerinin tek örneği TÜPRAG Metal Madencilik şirketinin Kışladağ Altın Madeni'nde kullanılan sanal gerçeklik sistemidir (Şekil 4.4 ve Şekil 4.5). Tesisin çalışmaya başlamasıyla birlikte aktif olarak kullanılmaya başlanan ve 1 milyon Amerikan Doları'na mal olduğu belirtilen benzetişim sistemi, işe alınan makine operatörlerinin eğitiminde önemli bir yer teşkil etmektedir.



Şekil 4.4. Kışladağ Altın Madeni'nde kullanılan kabin SG benzetişim sistemi



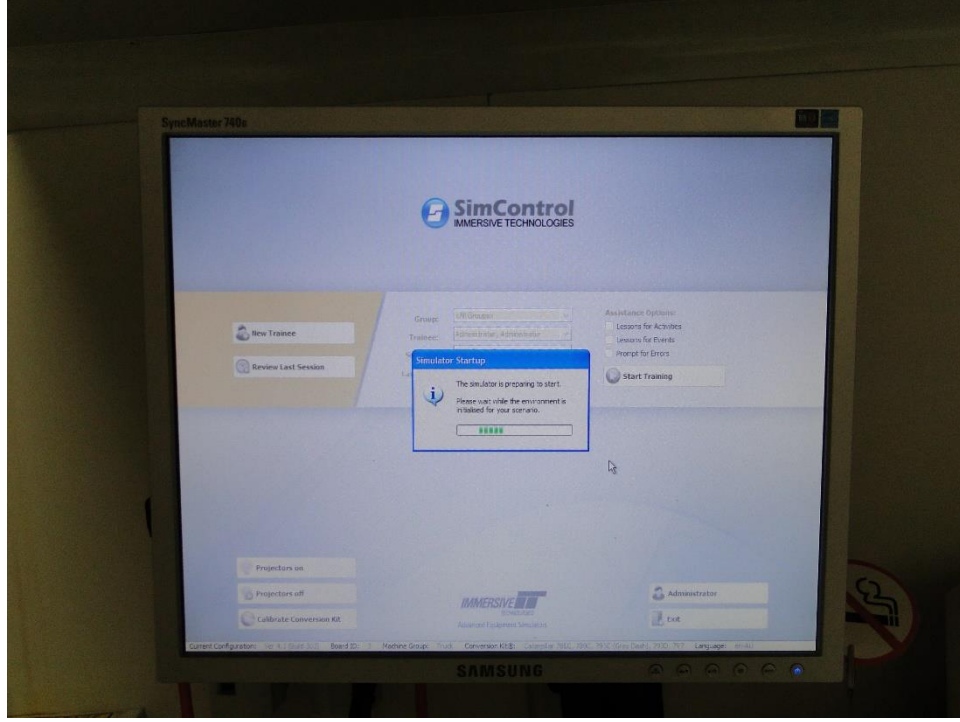
Şekil 4.5. Kabin içerisindeki eğitim ortamı

Bilgisayarda oluşturulan sanal ortam, 3 yansıtım cihazı yardımı ile kontrol donanımı önünde yer alan ekranlara yansıtılmaktadır. Sistem, tesiste kullanılan CAT 785 yük kamyonlarının kontrol cihazlarının bire bir kopyaları (Şekil 4.6) ile kontrol edildiği için, eğitimi alacak kişilerin herhangi bir bilgisayar kullanım bilgisine ihtiyaç duymadan sisteme hızlıca uyum sağlamaları mümkün olmaktadır.

Tesiste açık ocakta çalışmaya başlayacak operatörler 6 ay süreyle bu benzetişim sisteminde, daha sonra da 2 ay süreyle gerçek iş makinesi üzerinde eğitim almaktadırlar. Operatörlerin alacağı eğitim programı kabin içerisinde yer alan SimControl sistemi ile şekillendirilebilmektedir (Şekil 4.7). Benzetişim yöneticisi yetkili, benzetişimde kullanılacak makinenin markası ve modeli, sistem tarafından yönlendirilen sanal kamyon sayısı ve tesis trafiği, yüzey koşulları, hava durumu, telsiz konuşmaları yoğunluğu gibi birçok ayrıntıyı değiştirerek, birbirinden çok farklı eğitim programları hazırlayabilmektedir. Sistemde halihazırda yüklü olarak gelen tesislerin yanı sıra, istenildiği takdirde çalışılan tesisin sanal olarak modellenmesi ve sisteme aktarılması da belli bir maliyet karşılığında mümkün olmaktadır. Benzetişim cihazı ile işe yeni alınan operatörlerin eğitiminin yanında, deneyimli operatörler için de bilgi tazeleme programları uygulanmaktadır.



Şekil 4.6. Sistemde kullanılan kontrol donanımı



Şekil 4.7. SimControl programından bir görüntü

Kışladağ Altın Madeni'nde olduğu gibi, Türkiye'de genel olarak makine operatörlerine yönelik yapılacak olan çalışmalarda kabin benzetişimi yönteminin kullanılması faydalı olacaktır. Her çalışma sahasında birer benzetişim ekipmanının bulunması fayda/maliyet oranı açısından olumlu olarak görülmesi de, diğer çalışmalara benzer şekilde belirlenecek pilot bölgelere yerleştirilecek eğitim alanlarına, Türkiye'de maden sahalarında sık kullanılan maden makinelerine dair kabin benzetişim cihazları yerleştirilerek, bu alanlardan daha fazla kişinin faydalanması sağlanabilir.

Özellikle makine operatörünün kullanımına bağlı olarak iş makinelerinde oluşan aşınma, eskime ve bozulmalara karşı operatörün etkili ve verimli bir eğitim alması zorunludur.

İş makinesi operatörlerinin eğitiminde gerçek iş makinelerinin kullanılmasının yerine sanal gerçeklik sistemlerinin kullanılmasının maliyet açısından belirgin bir faydası görülmektedir. Caterpillar firmasının ortaya koyduğu bir çalışmaya göre, ayda bir kez (40 saat) verilen bir eğitim göz önünde bulundurulduğunda, gerçek makineler yerine sanal gerçeklik benzetişim ekipmanları kullanmak yıllık olarak yaklaşık 71.000 Amerikan Doları daha az harcanmasını sağlamaktadır [31].

Sözü edilen pilot eğitim merkezlerine Türkiye madenciliğinde sık kullanılan iş makinelerinin başlıca modellerine ait eğitim cihazlarından yerleştirilmesi, sanal gerçeklik sistemlerinin ülkemizde yaygınlaşması için iyi bir ön adım olacaktır. Bu makineler,

- Yeraltı ve yerüstü yük kamyonları,
- Sondaj delme araçları,
- Dragline'lar,
- Elektrikli/mazotlu kazıcılar,
- Yeraltı/yerüstü yükleyiciler,
- TAM – Tünel Açma Makineleri (TBM – Tunnel Boring Machine),

olarak gruplandırılıp ana eğitim modülleri olarak belirlenebilir.

4.4. Genel Olarak Maden İşletmesi Personeline Yönelik Programlar

Madencilik faaliyeti gösteren işletmelerdeki iş sağlığı ve güvenliği eğitimleri geleneksel ders yöntemlerinden 3B sanal gerçeklik sistemlerine taşınarak, hem daha hızlı, hem de daha kalıcı bir iş güvenliği eğitimi verilebilir.

Madenlerde çalışan farklı disiplinlerdeki teknik elemanların yeni teknolojiyi öğrenme ve gelişmelere ayak uydurabilmelerini sağlamak açısından sanal gerçeklik sistemleri bir meslek içi eğitim yöntemi olarak kullanılmalıdır.

Birden fazla personelin birlikte eğitim görebileceği toplu girişi destekleyen “Çevreleyen Birincil-kişi Sanal Gerçeklik” sistemlerinin kullanılmasının daha mantıklı olacağı genel personel eğitimlerinde, çalışanlar 5-10 kişilik gruplara ayrılarak çalıştıkları sahayı sanal ortamda tanıma fırsatı bulacaklardır. Diğer eğitimlere göre daha yüzeysel olabilecek bu eğitimlerde, personel madeni sanal ortamda gezdikçe karşısına çıkan durumlara dair sorulara cevap verip, eğitim sonunda elde edeceği puana göre çalışmaya kaldığı yerden devam edebileceği gibi, eğitimi tekrar almaya da zorunlu bırakılabilir.

Personelin toplu olarak sanal gerçeklik eğitimlerine katılması, gerçekte tehlikeli olarak görülüp ihmal edilebilecek durumlarla korkmadan yüzleşmesini sağlayıp, çalışırken başına geldiğinde daha dikkatli olmasını sağlayacak, aynı zamanda toplu olarak bir şeyleri başarma hissini vereceği için ekip çalışmasına yatkınlığını

artıracaktır. Durum farklı bir şekilde düşünülduğünde, işe yeni alınacak olan çalışan adaylarının ekip çalışmasına olan uyumu, maden işletmesine dair bilgileri ve benzeri yetkinliği en başta yapılacak bu eğitimlerden alacağı puanlarla belirlenip, çalışan adayının işe yeterli olup olmadığı belirlenebilir.

4.5. Üniversitelerdeki Maden Mühendisliği Bölümü Öğrencilerine Yönelik Programlar

Üniversitelerde Maden Mühendisliği Bölümlerinde öğrenim gören öğrencilerin gördükleri ders kapsamı genişletilerek, iş hayatına atılmadan önce sanal gerçeklik sistemleri kullanılarak katılacakları gerçekçi benzetişimler, mesleki hayatlarını sağlıklı bir şekilde yönlendirmeleri açısından çok etkili olacaktır. Ayrıca yaparak öğrenmenin okuyarak öğrenmeden daha kalıcı bilgiler edindirdiği düşünülürse, ders içeriklerinin öğrenciler tarafından daha iyi kavranacağı da düşünülmelidir.

Pencereden izleme olarak da tabir edilen masaüstü bilgisayarlar kullanılarak oluşturulabilecek bir sanal gerçeklik ağı, pek çok üniversitenin halihazırda bulundurduğu teknolojik alt yapıya yazılımsal eklentilerle takviye yapıldığı takdirde hızlı bir şekilde ders içeriklerine uyumlu hale getirilebilecektir. Sanal gerçeklik sistemlerinin Maden Mühendisliği Bölümlerinde eğitim gören öğrencilere farklı şekillerde faydaları olacaktır:

- Bölümlerde eğitime yeni başlayan öğrencilere teknik gezi yapmanın mümkün olmadığı durumlarda sanal maden turları yaptırılarak, Maden Mühendisliği Bölümüne aşinalığın artırılması,
- Dünyadan önemli maden örneklerinin sanal olarak öğrencilere tanıtılarak, bu madenlerdeki işleyişin aktarılması ve bir genel kültür birikiminin oluşturulmaya başlanması,
- İş sağlığı ve güvenliği ile ilgili yürürlükte olan derslerin içeriğine tam olarak yerleştirilerek, bu derslerin işleyişinin bir kısmının masaüstü bilgisayarlarla oluşturulan sanal gerçeklik sistemlerinde gerçekleştirilmesi,
- Sanal yeraltı, yerüstü maden ocakları ve cevher hazırlama tesisi gibi ortamlarda iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili eğitimler verildikten sonra, derse ait değerlendirmelerin de eğitimin verildiği sanal gerçeklik ortamında

yapılarak, katılımcıların/öğrencilerin puanlarının eş zamanlı olarak birbirleriyle kıyaslanabilmesi, kayıtlarının tutulabilmesi, arşivlenebilmesi,

- Bazı üniversitelerde bulunan bilgisayarlı maden tasarım dersi sonucu yine öğrencilerin oluşturduğu üç boyutlu maden modellerine yapılan üretim tasarımlarının ve tesislerin sanal gerçeklik sistemine aktarılarak değerlendirilmesinin yapılması.

Düşük-orta düzeyde bilgisayar kullanımı bilgisinin çoğunlukla yeterli olacağı derslerde, öğrenciler dinleyerek ve görerek öğrenmenin yerine yaparak öğrenme yöntemiyle teşvik edileceği için, sanal gerçeklik ortamlarında yaşayacakları deneyimin halihazırda verilen derslerden daha verimli olacağı düşünülmektedir.

Gelecekte sanal gerçekliğin eğitimin temel araçlarından biri haline geleceği düşünülerek, bu kapsamda Hacettepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü'nde uygulanmak üzere önerilebilecek, Bologna Süreci'ne uygun olarak hazırlanmış "Madencilikte Sanal Gerçeklik Uygulamaları" dersine dair ayrıntılı bilgiler EK 1-6 kısmında sunulmuştur.

Oluşturulan ders, dönemlik 208 saat iş yüküne sahip olacak şekilde bilgisayar laboratuvarında gerçekleştirilecek çalışmaları ve ders dışı etkinlikleri kapsayacak şekilde tasarlanmıştır. Dersin planlanan iş yüküyle hesaplanan yerel kredisi 3, Avrupa Kredi Transfer Sistemi'ne uyarlanmış hali ise 7 kredidir.

Uygulandığı takdirde "Madencilik Sanal Gerçeklik Uygulamaları" dersinin Hacettepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü Lisans Programı Yeterlilikleri ile olan ilişkisi değerlendirilirse; bu dersi alan bir öğrenci sahip olduğu mühendislik bilgilerini sanal gerçeklik ortamında uygulama fırsatı bulacaktır.

Öğrenci, alacağı eğitim sonunda maden mühendisliğinin gereksinim duyacağı bir sistemi tasarlama ve bunun analizini yapma yetisini pekiştirecek, ekip arkadaşlarıyla bir sorunun üstesinden gelmek için birlikte çalışma yeteneğini geliştirecek, sorumluluğunu, yaptığı eylemlerin çevreye olan etkilerini gözlemleyecek, karşılaştığı sorunları aşabilmek için güncel çözüm yöntemleri geliştirerek alanına dair literatürü takip ederken, teknolojidaki son gelişmelerden de haberdar olacaktır.

5. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Teknolojideki gelişimin hızı daha da arttıkça ve sanal gerçeklik sistemlerine kaynaklık eden donanımlara ulaşım kolaylaştıkça, bu sistemlerin kullanım alanları genişlemekle kalmayacak, şu an halihazırda kullanılmakta olduğu alanlarda da geleneksel yöntemlerin yerini alarak birincil araçlar haline geleceklerdir.

Birincil araçlar haline gelen sanal gerçeklik sistemleri madencilik endüstrisinden alacağı desteklerle daha detaylı senaryolarla ve daha duruma özgü programlarla günden güne ilgi çekici bir konuma kavuşacaktır. Bilgisayarlarla iç içe çalışılan günümüz dünyasında sanal gerçeklik sistemlerinin test çalışmalarına tabi tutulan insanların bu yeni yöntemle ilgisinin yüksek olması, sanal gerçeklik yoluyla da olsa bazı sorunlarla başa çıkabileceklerini görmelerine bağlı olarak artan özgüvenlerinin bir sonucudur.

Daha henüz başlangıç aşamalarında olduğu düşünülen bu teknolojinin önümüzdeki yıllarda daha da büyük gelişmeler yaşaması öngörülmektedir. Bu gelişmelerin yaşanması sırasında Türkiye madenciliğinin de sanal gerçeklik sistemleri kullanımı konusunda dünyadan geri kalmaması için acil olarak gerek kamu sektörünün gerekse özel sektörün bu konuya özel ilgi göstermeye başlaması lazımdır.

Bu çalışma kapsamında verilen öneriler genel olarak devlet yatırımına bağımlı gibi görünse de, sanal gerçeklik sistemlerinin donanım bazında ülkemize kazandırılabilmesi için özel sektörün yatırımlarının süreci hızlandıracağı aşikardır.

Türkiye madencilik sektöründe sanal gerçeklik sistemlerinin kullanılmaya başlanmasının oluşturacağı düşünülen bazı faydalar şu şekilde sıralanabilir;

- Maden işletmelerinde iş sağlığı ve güvenliği eğitiminin daha verimli bir şekilde verilebilmesiyle kazalarda ve dolayısıyla personel yaralanmalarında ve ölümlerinde gözlenecek düşüşler,
- İş müfettişlerinin ve teknik nezaretçilerin eğitimlerinde verimin artırılıp teftişe harcanan sürenin azaltılması,
- Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, kamu ve özel sektör maden işletmelerinde sanal gerçeklik sistemleriyle eğitim verecek personel ihtiyacının ortaya çıkması sonucu istihdam yaratılacak olan yeni bir alan kazanılması,

- Madenlerde kullanılan iş makinelerinin daha uzun ömürlü olarak kullanılması ve harcanan yakıtlardan tasarruf sonucu milli kaynakların daha etkili şekilde değerlendirilmesi,
- Madenlerde çalışan personele uygulanacak olan özel eğitimlerle kalifiye eleman yetiştirilmesinde yaşanacak olan artış,
- İş müfettişleri, teknik nezaretçiler ve genel olarak maden mühendislerinin belli aralıklarla farklı benzetişimlere tabi tutularak bilgilerinin güncel tutulması, eksiklerinin geleneksel yöntemlere nazaran daha kolay tespit edilmesi ve giderilmesi,
- Üniversitelerde maden mühendisliği bölümlerinde verilecek olan sanal gerçeklik dersleri sayesinde mezun olacak yeni mühendislerin daha deneyimli bir şekilde çalışma hayatına atılmalarının sağlanması,
- Türkiye menşeli iş makinesi üreten firmaların yurt dışına açılmalarının kolaylaşması,
- Gelecekte sanal gerçeklik sistemleri dünya genelinde sıklıkla kullanılmaya başlandığında ülke olarak öne çıkıp etkin roller alınmasının kolaylaştırılması.

Öne sürülen bu faydalar, Türkiye'nin sanal gerçeklik sistemlerini yakın zamanda benimseyip aktif olarak kullanmaya başlamasıyla başarılabilir olan hedeflerdir. Kamu sektörünün ve özel sektörün ortak çalışmalarının daha da hızlandıracağı sürecin, hızlı bir şekilde ülke gündemine alınıp farklı şekillerde değerlendirilmeye açılması elzemdir.

Bu tez çalışması kapsamında Türkiye madencilik sektöründe yapılması önerilen çalışmalar, akademik olarak da değerlendirilmeye devam edilmelidir. Türkiye'de teknoloji geliştirici görev üstlenmiş firmalara uygulanmak üzere detaylı proje önerileri hazırlanıp, üniversitelerin danışmanlığında bu projeler faaliyete geçirilmelidir.

Türkiye'de uygulanmak üzere ortaya konacak projeler için, dünyada bu konuda çalışmalar yapan firmalarla iletişime geçilip, sanal gerçeklik teknolojisine dair teknik bilgilerin Türkiye'ye taşınması gerekmektedir. Bu konuda yapılacak olan akademik çalışmalar, özel sektör tarafından desteklendiği takdirde çok daha hızlı ve verimli bir şekilde sonuç verecektir.

Sanal gerçeklik sistemlerine dair yeterli akademik ve teknik bilgiye sahip olunduğunda, bu tez çalışması kapsamında da belirtilen maddeler göz önünde bulundurularak, Türkiye’de bir bilinçlendirme kampanyası başlatılmalıdır. Kamu ve özel sektörler ile üniversitelerde yapılacak olan bu çalışmalar sayesinde konuyla ilgili çalışmalara teşvik edici proje yarışmaları düzenlenmelidir.

Türkiye’de madenlerde yaşanan iş kazalarına dair istatistikler değerlendirilip, kazaların en çok yaşandığı alanlarda sanal gerçeklik sistemleriyle verilmek üzere eğitim programları, iş akışları ve bunlara bağlı yasal düzenlemeler oluşturulmalıdır.

Oluşturulacak olan eğitim programları, kazaların sıklıkla yaşandığı yerlerde çalışan personele öncelikli olarak verilmeye başlanmalıdır. Verilen eğitimlerde personelin tepki düzeyi ölçülerek, programların eksik yönleri ortaya konulmalı ve geliştirilecek noktalar ne çıkarılmalıdır. Programlar uygulanmadan önceki istatistikler ile uygulamalar sonrası elde edilen istatistikler karşılaştırılarak, sanal gerçeklik sistemlerinin ne derece verimli kullanıldığı ortaya çıkarılacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Fifth Dimension Technologies., Training Simulators for the Mining Industry, Fifth Dimension Technologies., **2007**, <http://mining.5dt.net/miningintro.html>. [06.06.2013 tarihinde erişildi].
- [2] D. Nutakor, Design and evaluation of a virtual reality training system for new underground rockbolters, Missouri, **2008**.
- [3] V. S. Pantelidis, Virtual reality and engineering education, *Computer Applications in Engineering Education*, s. 3–12, **1997**.
- [4] A. Dix, J. Finlay, G. D. Abowd ve R. Beale, Devices for virtual reality and 3D interaction, *Human–Computer Interaction*, Essex, Pearson Education Limited, **2004**, s. 87-91.
- [5] A. Dix, J. Finlay, G. D. Abowd ve R. Beale, Virtual and augmented reality, *Human-Computer Interaction*, Essex, Pearson Education Limited, **2004**, s. 733-738.
- [6] H. McLellan, Virtual Realities, *Handbook of Research for Educational Communications and Technology, A Project of the Association for Educational Communications and Technology, 2nd Edition*, Routledge, **2003**, s. 461-497.
- [7] Immersed in improvement, *Mining Magazine*, no. September, s. 100-112, **2012**.
- [8] M. Kizil, Virtual Reality - A toy or a new way of training., *Proceedings of 20th International Mining Congress of Turkey, IMCET2007*, Ankara, **2007**.

- [9] N. Institute, About the Learning Pyramid, NTL Institute for Applied Behavioral Science, 300 N. Lee Street, Suite 300, Alexandria, VA 22314. 1-800-777-5227.,
<http://homepages.gold.ac.uk/polovina/learnpyramid/about.htm>.
- [10] LASC Technology, LASC, **2008**, <http://www.lascautomation.com/longwall-automation-technology.html>. [06.06.2013 tarihinde erişildi].
- [11] M. Kelly, D. Hainsworth, D. Reid, P. Lever ve H. Gurgenci, Longwall Automation - A New Approach, *Third International Symposium "High Performance Mine Production"*, Aachen, **2003**.
- [12] L. Mallett ve R. Unger, Virtual reality in mine training, *Society for Mining, Metallurgy, and Exploration*, no. 2, s. 1-4, **2007**.
- [13] ParallelGraphics, Virtual reality in the mining industry, **2004**,
http://www.parallelgraphics.com/l2/bin/dsk_case.pdf. [06.06.2013 tarihinde erişildi].
- [14] AIMS Solutions: Projects: Accident Reconstruction, AIMS Solutions, **2005**,
<http://www.aims-solutions.co.uk/projects/a34.htm>. [06.06.2013 tarihinde erişildi].
- [15] AITEMIN: Virtual reality mining machinery simulator, AITEMIN, **2013**,
http://www.aitemin.es/ei_sim_rv_maq_min_e.html. [06.06.2013 tarihinde erişildi].
- [16] Virtual Reality Technologies, Coal Services Pty Limited, **2006**,
<http://www.virtualrealitytrainingsystem.com>. [06.06.2013 tarihinde erişildi].
- [17] CYBERMINE Mining Simulators, Thoroughbred Technologies (Pty) Ltd., **2010**,
<http://www.thoroughtec.com/cybermine/mining-simulator-overview/cybermine-mining-simulators.html>. [06.06.2013 tarihinde erişildi].

- [18] Immersive Technologies - High Fidelity Simulators, Immersive Technologies, **2013**, <http://www.immersivetechologies.com/products-services/highfidelity.htm>. [06.06.2013 tarihinde erişildi].
- [19] VIRTUALIS - Leaders in Virtual Reality, VIRTUALIS, **2011**, <http://www.virtualis.com/>. [06.06.2013 tarihinde erişildi].
- [20] MeVEA Oy, MeVEA Ltd., **2013**, <http://www.mevea.fi/>. [06.06.2013 tarihinde erişildi].
- [21] CAT SIMULATORS NEW TRUCK SIMULATOR, Caterpillar, **2012**, <http://csesoftware.com/newMT/>. [06.06.2013 tarihinde erişildi].
- [22] EYESIM Immersive Virtual Reality Training System (ITS), Invensys Inc., **2013**, http://iom.invensys.com/en/pages/simsci-esscor_eyesimimmersivevirtualrealitytrainingsystem.aspx. [06.06.2013 tarihinde erişildi].
- [23] Invensys, Invensys Operations Management, **2010**, http://iom.invensys.com/EN/pdfLibrary/Datasheet_SimSci_EYESIMImmersiveTrainingSystem_08-10.pdf. [06.06.2013 tarihinde erişildi].
- [24] QinetiQ virtual reality training, QinetiQ Group, **2013**, <http://www.qinetiq.com/what/capabilities/training-simulation/Pages/virtual-reality-training.aspx>. [06.06.2013 tarihinde erişildi].
- [25] Innovative Training for Operators of Mining & Construction Equipment, VISTA Training, Inc., **2012**, <http://www.vista-training.com/>. [06.06.2013 tarihinde erişildi].
- [26] R. J. Lubbert, J. S. Mead ve T. Wiltowski, Transforming Engineering Education and Experience into Higher Productivity in Mining, *International Conference on Engineering Education*, Oslo, Norway, **2001**.

- [27] VISTA Training Inc. , Mine increases haul truck tire life by 20 percent using innovative VISTA Tire Care training program, **2010**, <http://www.vista-training.com/assets/pdf/case-histories/Tire-Care-Success-Story.pdf>. [06.06.2013 tarihinde erişildi].
- [28] VISTA Training Inc., IUOE Local 701 Provides Over 24,000 Hours of Operator Training and Saves Over \$500,000 with Simlog's Personal Simulators, **2010**, <http://www.vista-training.com/assets/pdf/case-histories/VISTA-local-701.pdf>. [06.06.2013 tarihinde erişildi].
- [29] VISTA Training Inc., Southern Maine Community College Saves \$50,000 Per Year on Heavy Equipment Operator Training with Personal Simulators, **2010**, <http://www.vista-training.com/assets/pdf/case-histories/VISTA-SMCC-Success-Story-v3.pdf>. [06.06.2013 tarihinde erişildi].
- [30] VISTA Training Inc., How the City of Kitchener's Hydraulic Excavator Personal Simulator Saved 240 Man Hours and Produced 500% More Operators, **2010**, <http://www.vista-training.com/assets/pdf/case-histories/VISTA-city-of-kitchener.pdf>. [06.06.2013 tarihinde erişildi].
- [31] Caterpillar, Case Study - Fuel use Avoidance, **2012**, <http://csesoftware.com/newMT/>. [06.06.2013 tarihinde erişildi].

EK 1: Önerilen Madencilikte Sanal Gerçeklik Uygulamaları Dersinin Genel Bilgileri

Dersin Adı	Kodu	Yarıyılı (a)	Teori (saat/hafta)	Uygulama (saat/hafta)	Laboratuvar (saat/hafta)	Yerel Kredi	AKTS
Madencilikte Sanal Gerçeklik Uygulamaları	MAD XXX	3	0	0	3	3	7
Önkoşul(lar)	MAD111 Maden Mühendisliği ve Mühendislik Etiğine Giriş Dersini Almış Olmak						
Dersin dili	Türkçe-İngilizce						
Dersin Türü	Zorunlu						
Dersin verilme şekli	Yüz yüze-Uzaktan Eğitim						
Dersin öğrenme ve öğretme teknikleri	Anlatım, soru-yanıt, uygulama						
Dersin sorumlusu(ları)	İlgili Öğretim Eleman(lar)ı						
Dersin amacı	Bu dersin amacı, Maden Mühendisliği'nde sanal gerçeklik uygulamalarının kullanımına dair dünyadan ve ülkemizden örnekler gösterilip, öğrencilere sanal gerçeklik ortamında modellenmiş madenleri deneyimleme fırsatı vermektir.						
Dersin öğrenme çıktıları	Öğrenciler, bu dersin sonunda sanal gerçeklik kavramına dair temel bilgileri edinir, Öğrenciler, bu dersin sonunda sanal ortamda modellenmiş mekanlarla nasıl etkileşime girileceğini öğrenir, Öğrenciler, bu dersin sonunda sanal ortamda modellenmiş bir madende nasıl hareket edeceğini, nelere dikkat etmesi gerektiğini öğrenir,						

	<p>Öğrenciler bu dersin sonunda sanal bir yerüstü/yeraltı ocağında ve cevher hazırlama tesisinde risk değerlendirmesi yapmayı, iş güvenliğine dair önlemler almayı öğrenir,</p> <p>Öğrenciler, bu dersin sonunda iş kazası riski olan bir maden sahasında hızlı karar alma yetisi kazanır,</p> <p>Öğrenciler, bu dersin sonunda dünyadan ve ülkemizden birçok maden sahasını gezme fırsatı bulur.</p>
Dersin içeriği	<p>Madencilikte SG Sistemlerine Giriş.</p> <p>Madencilikte SG Sistemlerini Kurma/Uygulama Yöntemleri.</p> <p>Madencilikte SG Sistemlerinin Çeşitleri.</p> <p>Madencilikte SG Sistemlerinin Avantajları.</p> <p>Sanal Madenlerden Örnekler ve Bu Madenlerde Çalışmalar Yapma.</p>
Kaynaklar	<p>Konu ile İlgili Yayınlar ve Ders Notları.</p>

EK 2: Önerilen Madencilikte SG Uygulamaları Dersinin Haftalara Göre İşlenecek Konuları

Haftalar	Tartışılacak işlenecek konular
1.	Madencilikte Sanal Gerçekliğe Giriş
2.	Madencilikte Kullanılan Sanal Gerçeklik Sistem Çeşitleri
3.	Madencilikte Sanal Gerçeklik Sistemleri Kullanmanın Avantajları
4.	Sanal Gerçeklik Sistemleriyle Etkileşime Girme ve Bu Sistemleri Kullanım
5.	Sanal Bir Yerüstü Ocağının Risk Değerlendirmesinin Yapılması
6.	Risk Değerlendirmesi Yapılan Sanal Bir Yerüstü Ocağında Gerekli Önlemlerin Alınışı
7.	Birinci Arasınnav/Uygulama.
8.	Sanal Bir Yeraltı Ocağının Risk Değerlendirmesinin Yapılması
9.	Risk Değerlendirmesi Yapılan Sanal Bir Yeraltı Ocağında Gerekli Önlemlerin Alınışı
10.	Sanal Bir Cevher Hazırlama Tesisinin Risk Değerlendirmesinin Yapılması
11.	Risk Değerlendirmesi Yapılan Sanal Bir Cevher Hazırlama Tesisinde Gerekli Önlemlerin Alınışı
12.	İkinci Arasınnav/Uygulama.
13.	Sanal Olarak Modellenmiş Maden Kazalarının İncelenmesi/Değerlendirilmesi
14.	Sanal Olarak Modellenmiş Bir Maden Kazasında Kurtarma Çalışmasının Anlatılması
15.	Genel Sınava Hazırlık
16.	Genel Sınav/Uygulama

EK 3: Önerilen Madencilikte SG Uygulamaları Dersinin Değerlendirme Sistemi

Yarıyıl içi çalışmaları	Sayısı	Katkı Payı %
Devam (a)	-	-
Laboratuvar	14	28
Uygulama	-	-
Alan Çalışması	-	-
Derse Özgü Staj (Varsa)	-	-
Ödevler	3	12
Sunum	-	-
Projeler	-	-
Seminer	-	-
Ara Sınavlar	2	38
Genel sınav	1	22
Toplam	6	100
Yarıyıl İçi Çalışmalarının Başarı Notuna Katkısı		50
Yarıyıl Sonu Sınavının Başarı Notuna Katkısı		50
Toplam		100

EK 4: Önerilen Madencilikte SG Uygulamaları Dersinin AKTS (Öğrenci İş Yüğü)

Tablosu

Etkinlikler	Sayısı	Süresi	Toplam İş Yüğü
Ders Süresi (X14)	14	3	42
Laboratuvar	14	3	42
Uygulama	-	-	-
Derse özgü staj (varsa)	-	-	-
Alan Çalışması	-	-	-
Sınıf Dışı Ders Çalışma Süresi (Ön Çalışma, pekiştirme, vb)	12	2	24
Sunum / Seminer Hazırlama	-	-	-
Proje	-	-	-
Ödevler	3	15	45
Ara sınavlara hazırlanma süresi	2	15	30
Genel sınava hazırlanma süresi	1	25	25
Toplam İş Yüğü			208

EK 5: Önerilen Madencilikte SG Uygulamaları Dersinin Öğrenme Çıktılarının Program Yeterlilikleri ile İlişkilendirilmesi

Program yeterlilikleri	Katkı düzeyi*				
	1	2	3	4	5
1					x
2					x
3					x
4				x	
5				x	
6			x		
7				x	
8				x	
9					x
10					x
11					x
12					x
13					x
14			x		

*1 En düşük, 2 Düşük, 3 Orta, 4 Yüksek, 5 Çok yüksek

EK 6: Maden Mühendisliği Bölümü Lisans Program Yeterlilikleri

1) Matematik, fen ve mühendislik bilgilerini maden mühendisliği uygulamalarında kullanır.
2) Alanında deney tasarlama, yapma ve uygun bir sonuca ulaşmak için veri analizleme ile yorumlama becerilerine sahiptir.
3) Maden mühendisliğinin gereksinimlerini karşılamaya yönelik bir sistemi, parçayı veya süreci tasarlayabilir.
4) Bireysel ve disiplinler arası ekiplerde çalışabilir.
5) Profesyonel ve etik sorumluluklarının bilincindedir.
6) Yazılı ve sözlü iletişim kurabilir.
7) Maden mühendisliğinin küresel, ekonomik, çevresel ve toplumsal etkilerinin farkındadır.
8) Hayat boyu öğrenme ve profesyonel gelişmenin gerekliliğinin farkındadır.
9) Alanındaki güncel araştırma ve konuların farkındadır.
10) Maden mühendisliği uygulamaları için gerekli olan teknikleri ve en son mühendislik araçlarını kullanır.
11) Alternatif çözümler üretebilme ve optimum çözümü seçme becerisine sahiptir.
12) İlgili duyduğu alanlarda literatür ve teknolojiyi izleme becerisine sahiptir.
13) Profesyonel uğraşlarında toplumsal, çevresel, ekonomik, sağlık ve iş güvenliği konularını dikkate alır.
14) Profesyonel yaşama uyumlu ve ulusal/uluslararası rekabete açıktır.

ÖZGEÇMİŞ

Kimlik Bilgileri

Adı Soyadı : SÜLEYMAN YASİN KILLIOĞLU

Doğum Yeri : Adapazarı

Medeni Hali : Bekar

E-posta : syasink@hacettepe.edu.tr

Adresi : Pınarbaşı Mah. Şehit Hakan Turan Sokak

13/14, 06300

Keçiören / ANKARA

Eğitim

Lise : Yıldırım Beyazıt Anadolu Lisesi

Lisans : Hacettepe Üniversitesi (Maden Mühendisliği Bölümü)

Yabancı Dil Düzeyi

İngilizce (İleri Seviye)

Almanca (Başlangıç)

İş Deneyimi

Araştırma Görevlisi (Hacettepe Üniversitesi)

Deneyim Alanları

Maden İşletme, Madencilikte Bilgisayar Uygulamaları

Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçesi

-

Tezden Üretilmiş Yayınlar

-

Tezden Üretilmiş Tebliğ ve/veya Poster Sunumu ile Katıldığı Toplantılar

-