



**EL YAPIMI PATLAYICILARA MÜDAHALEDE SANAL GERÇEKLİK İLE  
KAZALARIN ÖNLENMESİNE YÖNELİK BİR UYGULAMA**

**Mustafa GÜNEŞ**

**DOKTORA TEZİ**

**KAZALARIN ÇEVRESEL VE TEKNİK ARAŞTIRMASI ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**OCAK 2021**

Mustafa GÜNEŞ tarafından hazırlanan “EL YAPIMI PATLAYICILARA MÜDAHALEDE SANAL GERÇEKLİK İLE KAZALARIN ÖNLENMESİNE YÖNELİK BİR UYGULAMA” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Kazaların Çevresel ve Teknik Araştırması Ana Bilim Dalında DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

**Danışman:** Doç. Dr. Hakan DİLİPAK

Kazaların Çevresel ve Teknik Araştırması Ana Bilim Dalı,  
Gazi Üniversitesi

.....

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.

**Başkan:** Doç. Dr. Saliha ÇETİNYOKUŞ

İmalat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

.....

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.

**Üye:** Doç. Dr. Hakan GÜRÜN

İmalat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

.....

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.

**Üye:** Doç. Dr. Şener KARABULUT

Makine ve Metal Teknolojileri, Hacettepe Üniversitesi

.....

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.

**Üye:** Doç. Dr. İhsan TOKTAŞ

Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Yıldırım Beyazıt Üniversitesi

.....

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.

Tez Savunma Tarihi: 06/01/2021

Jüri tarafından kabul edilen bu çalışmanın Doktora Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum

.....

Prof. Dr. Cevriye GENCER  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

.....

Mustafa GÜNEŞ  
06/01/2021



# EL YAPIMI PATLAYICILARA MÜDAHALEDE SANAL GERÇEKLİK İLE KAZALARIN ÖNLENMESİNE YÖNELİK BİR UYGULAMA

(Doktora Tezi)

Mustafa GÜNEŞ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ocak 2021

## ÖZET

Son 25-30 yılda terör örgütleri eylem türlerinde değişiklikler yaparak, eylemlerinde ağırlıklı olarak mayın, el yapımı patlayıcılar (EYP) kullanmışlardır. Bu tip saldırıların icrasının nispeten kolay olması, dost unsurlar tarafından patlayıcıların bulunmasının zor olması ve bu eylemlerin önemli ölçüde kayıplara neden olması nedeniyle, günümüzde mayın ve el yapımı patlayıcıların bulunması ve etkisiz hale getirilmesi konuları oldukça önem kazanmıştır. Bu çalışma içerisinde mayın ve EYP ile mücadele eden unsurların eğitimlerine katkı sağlamak amacıyla bilgisayar destekli ciddi oyun uygulaması ve sanal gerçeklik uygulaması olmak üzere iki farklı uygulama hazırlanmıştır. Birinci uygulamada dedektör operatörlerinin eğitimi dikkate alınmış, bilgisayar üzerinden mayın dedektörü kullanarak arazide patlayıcı madde araması yapmaları istenmiştir. İkinci uygulamada göreve çıkan tüm personel dikkate alınmış ve araziye yerleştirilmiş patlayıcı maddelerin emarelerini gözle tespit etmeleri istenmiştir. İkinci uygulamada sanal gerçeklik teknolojilerinden faydalanılmıştır. Her iki uygulamanın öncesinde yapılan hazırlıklar (modelleme, animasyon, vb.) Unity oyun motoru içerisine aktarıldıktan sonra, oyuncu kontrollerinin belirlenmesi, modellerin düzenlenmesi, kullanıcı ara yüzünün hazırlanması, görsel ve ses efektlerinin eklenmesi, bileşenler arası ilişkilerin kodlanması gibi işlemler Unity oyun motoru içerisinde gerçekleştirilmiştir. Ayrıca belirlenen ihtiyaca göre farklı görev türleri ve sahneler hazırlanmıştır. Birinci uygulamada kullanıcıdan, dedektörle aramanın nasıl yapılacağı, detektörden gelen sinyale nasıl müdahale edeceğini göstermesi istenmektedir. İkinci uygulamada Oculus Rift marka sanal gerçeklik gözlüğü kullanılarak, göreve çıkan tüm personelin emare araması yapması istenmektedir. Bu uygulamada personelden araziye yerleştirilen patlayıcı madde ve emareleri herhangi bir şekilde temas etmeden gözle tespit etmeleri istenmektedir. Bu ve benzer çalışmaların devam ettirilmesi özellikle zor koşullarda çalışan personel ile savunma sektöründe görev yapan personelin eğitimine olumlu şekilde katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir. Personelin eğitimleri ve harcanan maliyet düşünüldüğünde benzer uygulamaların maliyet etkin çözümler olduğu değerlendirilmektedir.

Bilim Kodu : 92425  
Anahtar Kelimeler : Ciddi Oyun, Sanal Gerçeklik, 3D Modelleme, Unity Oyun Motoru, Kara Mayınları, El Yapımı Patlayıcılar  
Sayfa Adedi : 160  
Danışman : Doç.Dr. Hakan DİLİPAK

AN APPLICATION TO PREVENT ACCIDENTS WITH VIRTUAL REALITY IN  
FIGHTING AGAINST IMPROVISED EXPLOSIVE DEVICE

(Ph. D. Thesis)

Mustafa GÜNEŞ

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

January 2021

ABSTRACT

In the last 25-30 years, terrorist organizations have made changes in their types of actions and mainly used mines and Improvised Explosive Device (IEDs) in their actions. Since such attacks are relatively easy to execute, explosives are difficult to find by friendly elements, and these actions cause significant losses, the issues of finding and neutralizing mines and hand-made explosives have become very important today. In this study, two different applications, computer-aided serious game application and virtual reality application, were prepared in order to contribute to the training of the elements fighting against mines and IED. In the first application, the training of detector operators was taken into consideration, and they were asked to search for explosives in the field using a mine detector on the computer. In the second application, all the personnel on duty were taken into consideration and they were asked to visually detect the signs of explosives placed in the field. In the second application, virtual reality technologies were used. After the preparations (modeling, animation, etc.) made before both applications were transferred into the Unity game engine, the operations such as determining the player controls, editing the models, preparing the user interface, adding visual and sound effects, coding the relations between the components were carried out in the Unity game engine. In addition, different task types and scenes were prepared according to the determined need. In the first application, the user is asked to show how to search with the detector and how to intervene in the signal coming from the detector. In the second application, all personnel on duty are asked to search for signs using Oculus Rift branded virtual reality glasses. In this application, personnel are required to visually detect explosive substances and signs placed in the field without any contact. It is considered that the continuation of similar studies will contribute to the training of personnel, especially those working in the defense sector. Considering the training of the staff and the cost, similar applications are considered to be cost effective solutions.

Science Code : 92425  
Key Words : Serious Gaming, Virtual Reality, 3D Modeling, Unity Game Engine, Land Mines, Improvised Explosive Devices  
Page Number : 160  
Supervisor : Assoc. Prof. Hakan DİLİPAK

## TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının hazırlanmasında, faaliyetlerin takip ve koordinesinde ile tezin yazımı ve uygulamanın her aşamasında tarafıma gösterdiği ilgi ve özveriden dolayı danışmanım Doç.Dr. Hakan DİLİPAK'a, bana bu vizyon ve eğitim seviyesini kazandıran Gazi Üniversitesi ve Hacettepe Üniversitesinde görevli ve şahsımın üzerinde emeği olan tüm personele, uygulamaların oluşturulması esnasında her türlü tecrübesini benimle paylaşan ve zaman mefhumu gözetmeksizin desteğini esirgemeyen arkadaşım Osman BALCI'ya ve geçen bu eğitim süresi zarfında gayretlerini üzerimden eksik etmeyen ve sabırla beni destekleyen değerli eşim Sinem GÜNEŞ'e sonsuz şükranlarımı sunarım.



## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ÖZET .....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER .....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xii
RESİMLERİN LİSTESİ .....	xiii
HARİTALARIN LİSTESİ.....	xix
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xx
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI .....	5
2.1. Askeri Konular .....	6
2.2. Oyunlaştırma .....	6
2.3. Ciddi Oyunlar .....	7
2.4. Eğitime Katkı .....	12
2.5. Sanal Gerçeklik .....	15
2.6. Unity ve Oyun Motorları.....	18
2.7. Simülatör .....	20
2.8. Modelleme.....	22
2.9. Fotoğraf ile Modelleme.....	27
2.10. Kültür Mirası.....	30
2.11. Tıbbi Uygulamalar .....	31

	<b>Sayfa</b>
2.12. Diğer Teknolojiler .....	33
2.13. Değerlendirme .....	34
<b>3. EL YAPIMI PATLAYICILARLA MÜCADELE .....</b>	<b>37</b>
3.1. El Yapımı Patlayıcılara Yönelik Genel Hususlar .....	37
3.1.1. El yapımı patlayıcıların tanımı, bileşenleri ve özellikleri .....	42
3.1.2. EYP tipleri .....	43
3.1.3. El yapımı patlayıcıların emareleri .....	47
3.2. El Yapımı Patlayıcılarla Mücadele Süreci .....	49
3.2.1. EYP ağının bertaraf edilmesi .....	51
3.2.2. Hazırlık seviyesinin yükseltilmesi .....	54
3.2.3. EYP tespiti ve etkisiz hale getirilmesi .....	56
<b>4. CİDDİ OYUN .....</b>	<b>59</b>
4.1. Ciddi Oyun Kavramı .....	59
4.2. Ciddi Oyun Hazırlama Süreci .....	61
4.2.1. Yaklaşım .....	62
4.2.2. Algoritmalar .....	63
4.3. Ciddi Oyun Bilgisayar Uygulamaları .....	65
4.3.1. Oyun motorları .....	65
4.3.2. Kodlama dilleri .....	67
4.3.3. Modelleme programları .....	69
4.3.4. Diğer yardımcı programlar .....	69
4.4. Ciddi Oyunların Sanal Gerçeklikle Kullanılması .....	70
4.4.1. Sanal gerçeklik uygulamaları .....	70
4.4.2. Sanal gerçeklikte kullanılan ürünler .....	71

	<b>Sayfa</b>
4.3.3. Oculus Rift S .....	72
<b>5. UYGULAMA .....</b>	<b>75</b>
5.1. İhtiyacın Tespiti .....	75
5.1.1 Kaza Senaryosunun Oluşturulması ve Risk Analizi .....	78
5.2. Üç Boyutlu Modelleme Yapılması.....	80
5.2.1. Kullanılan teçhizatın modellenmesi.....	82
5.2.2. Dedektör operatörünün modellenmesi .....	84
5.2.3. Arazinin modellenmesi .....	85
5.2.4. Patlayıcı maddelerin modellenmesi .....	87
5.2.5. Diğer unsurların modellenmesi .....	89
5.3. Ciddi Oyun Uygulaması.....	89
5.3.1. Modellerin aktarılması ve doku hazırlama.....	90
5.3.2. Arazi tasarımı ve çevre koşullarının hazırlanması .....	93
5.3.3. Bölüm tasarımı .....	95
5.3.4. Animasyonların hazırlanması .....	102
5.3.5. Sonsuz durum makineleri.....	106
5.3.6. Kullanıcı ara yüzünün hazırlanması.....	108
5.3.7. Navigation Mesh hazırlanması.....	110
5.3.8. Patlayıcı madde ve emarelerin araziye yerleştirilmesi.....	111
5.3.9. Müzik ses ve efektlerin hazırlanması.....	112
5.3.10. Post Processing ve ışık ayarları.....	114
5.3.11. Profiller ve Optimizasyon .....	114
5.3.12. Dedektör ile Patlayıcıların Tespit Edilmesinde Kullanılan Yaklaşım ....	115
5.3.13. Sinyale müdahalede kullanılan model .....	121

**Sayfa**

5.3.14. Sahne Yöneticisi ve Çıktı Alma .....	122
5.4. Sanal Gerçeklik Uygulaması .....	125
5.4.1. Meskûn mahallin modellenmesi .....	126
5.4.2. Sanal gerçeklik gözlüğünün kullanıma hazır hale getirilmesi .....	127
5.4.3. Oyun motorundaki düzenlemeler .....	130
5.4.4. Patlayıcı madde ve emarelerin tespitine yönelik yaklaşım .....	132
6. TARTIŞMA VE UYGULAMANIN DEĞERLENDİRİLMESİ .....	137
6.1. İhtiyacın Analizi .....	137
6.2. Ciddi Oyun Uygulamasının Değerlendirilmesi .....	139
6.3. Sanal Gerçeklik Uygulamasının Değerlendirilmesi .....	143
7. SONUÇ VE ÖNERİLER .....	147
KAYNAKLAR .....	149
ÖZGEÇMİŞ .....	159

## ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Afganistan’da EYP saldırılarında ABD kayıplarının yıllara göre dağılımı.	38
Çizelge 3.2. PKK terör örgütünün eylemleri (1993-2012) .....	38





## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. EYP ile mücadele süreci.....	52
Şekil 4.1. Ciddi oyun süreci basit gösterimi .....	61
Şekil 4.2. Örnek Graph gösterimi .....	64
Şekil 5.1. Ciddi oyun ve VR uygulaması genel gösterimi.....	76
Şekil 5.2. Ciddi oyun ve VR uygulaması detaylı gösterimi.....	77
Şekil 5.3. Papyon diyagramı .....	79
Şekil 5.4. Üç boyutlu modelleme yapılması .....	80
Şekil 5.5. Varlık üretim akışı .....	81
Şekil 5.6. Ciddi oyun uygulaması gösterimi.....	90
Şekil 5.7. Sinyal modeline dahil edilmesi planlanan .....	116
Şekil 5.8. Sinyal modeli elemanları .....	116
Şekil 5.9. Sinyale müdahalede kullanılan olay ağacı.....	123
Şekil 5.10. Sanal gerçeklik uygulaması süreci.....	126
Şekil 5.11. Patlayıcı madde ve emarelerin tespitine yönelik yaklaşım.....	132

## RESİMLER LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 1.1. Mayın ve EYP.....	1
Resim 1.2. Yol araması icra eden unsurlar .....	4
Resim 2.1. Materyal/Malzeme atama aşaması.....	5
Resim 2.2. Oyun geliştirme sürecinin safhaları .....	7
Resim 2.3. Eski nesil eğitsel askeri oyunlar .....	7
Resim 2.4. Ciddi oyunların kategori edilmesi .....	8
Resim 2.5. Ciddi oyun – metrodan acil çıkış .....	9
Resim 2.6. Ciddi oyun – yangına müdahale .....	10
Resim 2.7. Ciddi oyun – NBC saldırısı.....	11
Resim 2.8. Ciddi oyun – yaralı tahliyesi.....	12
Resim 2.9. Matematik öğrenme ve öğretme .....	13
Resim 2.10. 3B atom modeli.....	14
Resim 2.11. Örnek laboratuvar .....	14
Resim 2.12. Bilgisayar destekli tasarım uygulaması .....	15
Resim 2.13. Sanal gerçekliğin yakın tarihi ve sanal gerçeklik ekipmanlarından örnekler.....	16
Resim 2.14. Haber sunumu uygulaması .....	17
Resim 2.15. Örnek VR deneyimi .....	18
Resim 2.16. İHA'nın Unity içinde kontrolü .....	19
Resim 2.17. Simülatör-uçuş maksatlı .....	20
Resim 2.18. Simülatör ve Google Earth verilerinin birleştirilmesi .....	21
Resim 2.19. Simülatör- hareketli platform sistemleri .....	21
Resim 2.20. Simülatör- iş makinesi .....	22

<b>Resim</b>	<b>Sayfa</b>
Resim 2.21. CAD ve SketchUp ile kampus modellemesi .....	23
Resim 2.22. CAD verileri ile modelleme ve motorunda kullanılması.....	23
Resim 2.23. 3D Yapı modelle 3D Max ve Unity örneği .....	24
Resim 2.24. Unity alanındaki yayınların artışı .....	25
Resim 2.25. Matematiksel modellemeye bir örnek .....	25
Resim 2.26. Cam modelleme teknikleri.....	26
Resim 2.27. Orman benzeri karmaşık alanlarda modelleme .....	26
Resim 2.28. Radarla yüzey modellemesi askeri .....	27
Resim 2.29. Fotogrametri .....	28
Resim 2.30. Fotoğraflama ile ağaç modellemesi .....	28
Resim 2.31. Fotoğraf ile muharebe sahası modellemesi.....	29
Resim 2.32. Hava fotoğrafı ile köprü modellenmesi .....	29
Resim 2.33. Antik eserlerin modellenmesi .....	30
Resim 2.34. Eski mezar VR uygulaması .....	31
Resim 2.35. Sanal müze örneği.....	31
Resim 2.36. Örnek cerrahi uygulama .....	33
Resim 2.37. Kinect kamera ile hareket yakalama.....	33
Resim 2.38. Kinect kamera ile hareket yakalama-2 .....	34
Resim 3.1. PKK eylem sayıları.....	39
Resim 3.2. Eylem sayısı / toplam zayıat .....	39
Resim 3.3. Olay cinslerine göre dağılım.....	39
Resim 3.4. Olay cinslerine göre dağılım - 2 .....	40
Resim 3.5. Olay cinslerine göre dağılımı - 3 .....	41
Resim 3.6. Bombalı araç eylemleri.....	41

<b>Resim</b>	<b>Sayfa</b>
Resim 3.7. El yapımı patlayıcı örneği.....	43
Resim 3.8. Örnek telsiz kontrollü EYP ve tetikleme tertibatı.....	44
Resim 3.9. Kablolu EYP .....	45
Resim 3.10. Örnek basma düzenek.....	45
Resim 3.11. Zaman ayarlı EYP örnekleri .....	46
Resim 3.12. Araçlarda EYP gizleme yerleri .....	47
Resim 3.13. Örnek gözetleme noktası .....	48
Resim 3.14. EYP ile mücadele süreci .....	51
Resim 3.15. Terörist hücre teşkilatının çökertilmesi .....	53
Resim 3.16. EYP'ye mücadele eden farklı seviyelerdeki birimlere örnekler.....	54
Resim 3.17. Örnek mayın dedektörü (Mesanas, 2020).....	55
Resim 3.18. Mayın şişi örneği (sdtsavunma, 2020).....	56
Resim 3.19. Dedektörle EYP arama işlemi (Türkiye Gazetesi, 2015) .....	57
Resim 3.20. Şişle EYP arama işlemi (savunmahaber, 2020).....	58
Resim 4.1. Oyun motorları (Unreal Engine, Unity).....	66
Resim 4.2. Unity kullanıcı ara yüzü genel görünümü .....	66
Resim 4.3. Microsoft Visual Studio.....	68
Resim 4.4. 3D modelleme programları (Maya ve Blender ara yüzleri).....	69
Resim 4.4. Sanal gerçeklik kullanım alanları .....	70
Resim 4.5. VR uygulaması .....	72
Resim 4.6. Oculus Rift.....	73
Resim 5.1. Fotogrametri ile A/P mayını modellemesi.....	81
Resim 5.2. Fotogrametri İle A/T mayını modellemesi .....	82
Resim 5.3. Mayın dedektörünün Blender ile modellenmesi.....	83

<b>Resim</b>	<b>Sayfa</b>
Resim 5.4. Modellenen dedektöre materyal ataması ve ışık altında görünümü .....	83
Resim 5.5. Fusion ile asker modellemesi.....	84
Resim 5.6. Mixamo ile karakter animasyon ekleme.....	85
Resim 5.7. Terrain Party ile arazinin yükseklik haritasının alınması .....	85
Resim 5.8. Yükseklik haritasının Photoshop ile düzenlenmesi .....	86
Resim 5.9. Unity’de yükseklik haritasından arazi oluşturma .....	87
Resim 5.10. Unity’de arazinin ölçeklenmesi ve materyal ataması .....	87
Resim 5.11 Bir mayının Blender ile modellenmesi ve UV açılması .....	88
Resim 5.12. Mayın modeline Substance Painter ile materyal atanması .....	88
Resim 5.13. Mayın modeline Substance Painter ile toz/pas detayı verilmesi ve ışık altında görüntülenmesi .....	89
Resim 5.14. Örnek doku gösterimi .....	91
Resim 5.15. Modelin oyun motoru içerisine aktarılması.....	91
Resim 5.16. Hazır doku ve materyal kullanımı .....	92
Resim 5.17. Doku hazırlama.....	93
Resim 5.18. Arazi modelinin hazır hale getirilmesi .....	94
Resim 5.19. Bölüm seçme ekranı .....	96
Resim 5.20. Pause menüsü.....	96
Resim 5.21. Göreve hazırlık bölümü .....	98
Resim 5.22. Göreve hazırlık bölümü .....	99
Resim 5.23. Üs bölgesi araması bölümü.....	100
Resim 5.24. Yol araması bölümü.....	101
Resim 5.25. Sınır ötesi bölümü.....	102
Resim 5.26. Basit nesne animasyonu.....	103

<b>Resim</b>	<b>Sayfa</b>
Resim 5.27. Vicon programı ve kızılötesi kameralar ile manken/oyuncudan hareket bilgilerinin çekilmesi.....	104
Resim 5.28. Çekilen verilerin Blade programında düzenlenmesi.....	105
Resim 5.29. Animasyonun hazır hale getirilmesi .....	105
Resim 5.30. Asker modelinin Unity içerisinde animasyona hazır hale getirilmesi .....	106
Resim 5.31. Durum makineleri ile animasyonların nasıl çalışacaklarının bildirilmesi ...	107
Resim 5.32. Oyun motoru içerisinde kontroller.....	108
Resim 5.33. Kullanıcı ara yüzü.....	109
Resim 5.34. Unity’de NavMesh oluşturma ve Agent ayarları.....	110
Resim 5.35. A Yıldız algoritması ile arazi üzerinde hareket etme .....	111
Resim 5.36. Patlayıcı maddelerin rastgele oluşturulması .....	112
Resim 5.37. Audio Source paneli .....	113
Resim 5.38. Garage Band müzik programı.....	114
Resim 5.39. Işık paneli.....	114
Resim 5.40. Profiller .....	115
Resim 5.41. Hassasiyet ayarı C# kodu.....	117
Resim 5.42. Hassasiyet ayarı ile arama alanının genişlemesi.....	117
Resim 5.43. Hacim ve yoğunluğun belirlenmesi C# kodu .....	118
Resim 5.44. Patlayıcı madde kodunun oyun motoru üzerinde görünümü .....	119
Resim 5.45. Toprak cinsleri scripti .....	119
Resim 5.46. Toprak cinslerinin gösterimi.....	120
Resim 5.47. Operatörün hızının tespit edilmesi scripti.....	120
Resim 5.48. Operatörün hızının tespit edilmesinin gösterimi.....	121
Resim 5.49. Sahne yöneticisi .....	124

<b>Resim</b>	<b>Sayfa</b>
Resim 5.50. Çıktı alma ekranı.....	125
Resim 5.51. Sanal gerçeklik uygulaması için çevre modellemesi-1.....	126
Resim 5.52. Sanal gerçeklik uygulaması için çevre modellemesi-2.....	127
Resim 5.53. Sanal gerçeklik gözlüğünün kullanıma hazır hale getirilmesi-1.....	128
Resim 5.54. Sanal gerçeklik gözlüğünün kullanıma hazır hale getirilmesi-2 (zemin) ....	128
Resim 5.55. Sanal gerçeklik gözlüğünün kullanıma hazır hale getirilmesi-3 (sınır).....	129
Resim 5.56. Sanal gerçeklik gözlüğünün kullanıma hazır hale getirilmesi-4 (sınır).....	129
Resim 5.57. Oyun motorundaki düzenlemeler .....	130
Resim 5.58. El kontrolleri.....	131
Resim 5.59. Nesnelerin tutulması .....	131
Resim 5.60. Patlayıcı madde ve emarelerin tespiti-1 .....	133
Resim 5.61. Patlayıcı madde ve emarelerin tespiti-2.....	133
Resim 5.62. Patlayıcı madde ve emarelerin tespiti-3.....	134
Resim 5.63. Patlayıcının tespit edilmesi-1 .....	134
Resim 5.64. Patlayıcının tespit edilmesi-2.....	135
Resim 5.65. Patlamanın gerçekleşmesi.....	136
Resim 6.1. Yüzey kazma denemesi .....	140
Resim 6.2. EYP'ye müdahale denemesi .....	141

**HARİTALARIN LİSTESİ****Harita****Sayfa**

Harita 5.1. Hozat yükseklik haritası ve Hozat Pertek yolu haritası .....	86
--	----





## SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

### Simgeler

### Açıklamalar

**BAK**

Bomba arama köpek timi

**EYP**

El Yapımı Patlayıcı

**GPS**

Küresel konumlama sistemi

**İHA**

İnsansız hava aracı

**İKK**

İstihbarata karşı koyma

**KARSİS**

Karıştırma cihaz ve sistemleri

**KKK**

Kara Kuvvetleri Komutanlığı

**NATO**

Kuzey Atlantik Antlaşması Örgütü

**RFP**

Radyo frekanslı patlatıcı

**TMH**

Teröristle Mücadele Harekâtı

**TMK**

Terörle Mücadele Kanunu

**TSK**

Türk Silahlı Kuvvetleri

**U/K**

Uzaktan komutalı



## 1. GİRİŞ

Teknoloji günümüzde çok hızlı şekilde gelişmekte ve değişmektedir. Bu değişim ve gelişim saldırgan unsurlar ile terörist grupların imkân ve kabiliyetini etkilerken, bu kabiliyetlere karşı geliştirilecek tedbirlere de olanak sağlamaktadır. Bu kapsamda savunma unsurları için oluşabilecek kayıp, kaza ve maliyeleri en aza indirmek maksadıyla atılacak her adımın ayrı bir önemi vardır

Son 25 yılda terör örgütleri kendi kaybını en aza indirmek için çeşitli taktiksel değişiklikler yapmış, saldırı ve eylemlerinde mayın, el yapımı patlayıcıları (EYP) etkin olarak kullanmışlardır. Bu sayede hem terörist gruplar karşılıklı çatışmalardan kaçınma imkânı bulmuş ve hem de oluşan kayıplar neticesinde savunma unsurlarının savaşma azmi kırılmaya çalışılmıştır.



Resim 1.1. Mayın ve EYP

Her ne kadar mayın ve el yapımı patlayıcı maddelerin geçmişi 17. yüzyıla kadar uzansa da özellikle İkinci Dünya Savaşı'ndan itibaren artan bir hızla kullanılmaya başlanan el yapımı patlayıcılar özellikle Vietnam Savaşı'ndan sonra çeşitlenmiş ve sonrasında birçok terör örgütleri tarafından kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle Afganistan ve Irak'ta ABD'nin oldukça fazla sayıda zayıat vermesine neden olan el yapımı patlayıcılar 1990'lı yılların başı itibariyle Türkiye'de terör örgütü PKK tarafından kullanılmıştır. 2000'li yıllar itibariyle neredeyse tüm saldırı eylemlerinde sıklıkla kullanılan el yapımı patlayıcılar günümüzde birçok terör örgütü tarafından bir temel araç veya silah olarak kullanılmaktadır (Bingöl, 2015).

### Problem durumu / Konunun tanımı

Mayın ve el yapımı patlayıcılar ile mücadele Milli Savunma unsurlarının şu an önce gelen problemlerinden biridir. Her ne kadar bu patlayıcı maddelerin tespit ve müdahale edilmesine yönelik çok sayıda teçhizat bulunsun da bu teçhizatın teminin zor olması ve problemin kendi içerisinde ciddi riskler barındırması nedeniyle, ilgili birimleri ciddi sorunlarla karşı karşıya bırakmaktadır. Bu kapsamda görev alan birimlerin yetiştirilmesi ve eğitilmesi önemli bir konudur. Eğitim esnasında gerçeğe yakın durumların oluşturulması ve risklerin ortaya konulması zorunludur. Ancak bu personelin eğitiminde kullanılan teçhizatın çeşitliliği, eğitim alanlarının çeşitlendirilmesi gerekliliği ve farklı senaryoların ortaya konulması ihtiyacı bu eğitimleri zorlaştırmaktadır. Bu nedenle personelin eğitime yönelik farklı yaklaşımlara ihtiyaç duyulmaktadır.

### Araştırmanın amacı

Bu araştırmanın amacı mayın ve el yapımı patlayıcılara müdahale edecek veya bu patlayıcılar ile mücadele edecek (arayacak, tespit ve teşhis edecek) personelin eğitilmesidir. Oluşturulacak üç boyutlu ve sanal gerçeklik ortamları ile personelin görev esnasında karşılaşabileceği durumların modellenmesi ve personelin bu konularda tecrübe elde etmesi istenmektedir.

Çalışma içerisinde ciddi oyun, simülasyon ve sanal gerçeklik (VR) uygulaması birlikte kullanılacaktır. Askerlerin duruma alışkanlık göstermesi, müdahale yöntemlerinin tekrar tekrar uygulanarak doğru hareket tarzını meleke haline getirilmesi amaçlanmaktadır.

### Araştırmanın Önemi

Bu çalışma ile belirtilen probleme yönelik arazide görev yapan birimler, çalıştıkları her yerde ve zamanda bu eğitim setini kullanarak ve henüz göreve gitmeden görev yapacakları bölgeler üzerinde çalışma ve değerlendirme yapma imkânı bulunabileceklerdir. Bu deneme ve çalışmalar neticesinde personelin eğitim seviyesinin artacağı değerlendirilmektedir. Bu hususun da oluşacak kaza, olay veya zayıfın azalmasına neden olacağı değerlendirilmektedir.

Ayrıca literatürde bu kapsamda son 10 yılda yapılmış çok sayıda örnek görülmektedir. Ancak konuyu başından sonuna detaylıca anlatan ve tüm alanlarda örnekler gösteren bir çalışmanın olmaması nedeniyle, bu çalışma ayrı bir öneme sahiptir. Bu çalışmanın ciddi oyun uygulaması içerisinde kullanılan yükseklik verileri ile arazi bire bir modellenmeye çalışılmıştır. Emniyet unsurlarının kullandığı teçhizatın modellenmesi ile uygulamanın gerçek hayat senaryolarına yakın bir şekilde benzetilmesi amaçlanmıştır. Dedektörün sinyalinin modellenmesi aşamasında gerçek hayatta karşılaşılan değişkenler kullanılmıştır. Bu unsurlar ciddi oyun uygulamasının literatüre önemli bir katkı yapmasını sağlamıştır. Ayrıca hazırlanan sanal gerçeklik uygulaması patlayıcı maddelerin ve emarelerinin gözle aranması konusunda öncülük teşkil edeceği değerlendirilmektedir.

#### Varsayımlar / Sayıtlar

Çalışmada bir dedektör operatörünün arazide nasıl görev yapacağı üzerinde durulmuştur. Bu görev esnasında meydana gelebilecek kaza ve benzeri diğer olaylara (Pusu, taciz, trafik vb.) bölgenin emniyet unsurlarınca kontrol altına alındığı varsayılarak yer verilmemiştir. Aynı zamanda tim içerisindeki veya farklı unsurlarla iletişimi göz ardı edilmiştir. Buradaki amaç dedektör operatörünün patlayıcıya nasıl yaklaşacağının ve aramayı nasıl yapacağının ve müdahalenin nasıl başlayacağının kontrol ve izah edilmesidir.

#### Sınırlılıklar

Uygulama içerisinde bazı sınırlılıklar mevcuttur. Örneğin oyun motorunun veya kullanılacak sanal gerçeklik gözlüğünün teknik olarak birtakım sınırlılıkları (fizik ve grafik motoru vb.) vardır. Ayrıca uygulamanın hazırlanması için kullanılan bilgisayarda donanımsal ve yazılımsal olarak bazı sınırlamaları (sanal gerçeklik gözlüğünün ve bilgisayarın donanımsal kısıtları) bulunmaktadır. Bu sınırlamaları içerisinde çevre, patlayıcılar ve yaklaşma sistemi olabildiğince gerçek yakın modellemeye çalışılmıştır. Ayrıca bu çalışma içerisinde bilinmesi gereken prensibine uyulmaya özen gösterilmiştir.

#### Tanımlar

Çalışma içerisinde birçok kez mayın ve el yapımı patlayıcı tabirleri ile sanal ve arttırılmış gerçeklik kavramları kullanılacaktır. Genellikle mayın ve el yapımı patlayıcılar birbirleriyle

karıştırılabilen kavramlardır. Ayrıca arttırılmış gerçeklik kavramı da sanal gerçeklik ile karıştırılabildiğinden, bu kavramlar ilerleyen bölümlerde tanımlanacak ve ayrıca detaylıca yer verilecektir.

Sonuç olarak bu çalışma içerisinde iki farklı grup dikkate alınarak bir eğitim yardımcı sistemi hazırlamak istenmektedir. Bunlardan birincisi patlayıcı maddelere müdahalede görevli olan personelden başta mayın arama dedektör operatörleri olmak üzere personelin farklı görev alanlarında mayın ve el yapımı patlayıcı aramalarına yönelik bir hazırlanan bir ciddi oyun uygulamasıdır. İkinci uygulama içerisinde ise savunma unsurları ile göreve çıkan tüm personelin arazide gözleri ile iz ve emare araması yaptığı sanal gerçeklik uygulamasıdır.

Ciddi oyun uygulaması içerisinde mayın dedektör operatörü ekran karşısında, elindeki yönlendirme araçları ile, göreve yönelik modellenmiş bir sanal görev içerisinde, dedektörünü kullanarak, mayın ve EYP araması yapacaktır. Sanal gerçeklik uygulamasında tim personeli sanal gerçeklik gözlüğünü takarak arazideki patlayıcı maddeleri ve emarelerini tespit etmeye çalışacaktır.



Resim 1.2. Yol araması icra eden unsurlar

Bu kapsamda; çalışmanın 2'nci bölümde, konuya yönelik literatür araştırmasından bahsedilecek; 3'üncü bölümde el yapımı patlayıcılar ile mücadele süreci anlatılacak, 4'üncü bölümde ciddi oyun ve sanal gerçeklik konuları kapsamında yer alan kavramlar ile uygulamaların aşamalarından bahsedilecek, 5'inci bölümde hem bir ciddi oyun hem de bir sanal gerçeklik uygulaması hazırlanacaktır. 6'ncı bölümde ise yapılan uygulama ve çalışmanın sonucu açıklanarak ve değerlendirmesi yapılacaktır.

## 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Çalışmanın kapsamı incelendiğinde içeriğinin disiplinler arası bir konu olduğu anlaşılmaktadır. Örneğin mayın ve EYP ile ilgili hususlarda askeri literatüre, ciddi oyun, oyunlaştırma ve simülasyon konularında ise bilişim sistemleri, 3D modelleme, sanal gerçeklik, oyun motorları gibi farklı alanlarda literatür taraması yapılmasının gerekli olduğu değerlendirilmiştir.

Bu nedenle çalışmanın literatür kısmında diğer alanları da kapsayacak şekilde bir yazın taraması yapılmıştır. Özellikle son yıllarda yapılan birkaç çalışma dikkate alınmazsa ortaya konulan çalışmaların bu problemin belli bir kısmına odaklandığı tespit edilmiştir. Bu nedenle literatür araştırması yapılırken çalışmanın, konu ve özelliklerine göre ayrılmasının faydalı olacağı düşünülmüştür.

Şu ana kadar yapılan literatür taraması kapsam incelendiğinde konuların genellikle, askeri konular, oyunlaştırma, ciddi oyunlar, eğitime yapılan katkı, sanal gerçeklik uygulamaları, Unity veya oyun motorları, simülatörler, modelleme yöntemleri, kültür mirası uygulamaları ve uygulamalar ve diğer teknolojileri şeklinde gruplara ayrılabilir.

Aslında gerek ciddi oyun gerekse animasyon yapım süreçleri oldukça çeşitli ve teknik konu ihtiva eder. Bu sürecin her bir kısmı ayrı bir alan olmakla birlikte bu alanları yekpare olacak şekilde gözlemleyebilmek oldukça önemlidir. Bu kapsamda 2017 yılında yapılan bir çalışmada bu basamaklar sözel olarak anlatılmakla birlikte, animasyon/oyun sürecinin geneli ortaya konulmaktadır (Doğru, 2017).



Resim 2.1. Materyal/Malzeme atama aşaması

## 2.1. Askeri Konular

Bu çalışmanın konusu mayın ve el yapımı patlayıcıları önlenmesine yönelik tedbirler alınmasıdır. Kara mayınları ve el yapımı patlayıcıları bulunması ve bu patlayıcılara müdahale edilmesi konusunda literatürde yüksek sayıda çalışma bulunmaktadır. Özellikle bu patlayıcıların bulunması ve etkisiz hale getirilmesinde kullanılan teçhizatın alt yapısında kullanılan teknik yöntemler ağırlıklıdır.

Örneğin 2008 yılında yapılan bir çalışmada mayınların belirlenmesinde manyetik anomali yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemler sayesinde Sismik akustik tespit, yetkili radar sistemleri, elektromanyetik indüksiyon sistemleri, kızılötesi görüntüleme gibi yöntemler değerlendirilmiştir (Kalender, 2008)

Arama teknolojilerin yanı sıra arama yöntemlerinde geliştirilebilmesi için pratik eğitimini sağlanmasına yönelik bazı simülasyon uygulamaları geliştirilmiş, bu kapsamda 2017 yılında bir mayın arama eğitim simülatörü anlatılmıştır (Arısoy, Küçüksille ve Arısoy, 2017).

## 2.2. Oyunlaştırma

Öğrenmeyi geliştirmek ve bu gelişime bireyleri güdüleyebilmek için oyunlaştırma kavramı ayrıca incelenmelidir. Dijital oyunlarda günümüzde sıkça rastlanan bir kavram olan oyunlaştırma, artık oyunun tasarımı esnasında değerlendirmeye alınmakta, kavramların nasıl tanımlandığı ayrı bir öneme sahip olmaktadır (Deterding, Dixon, Khaled ve Nacke, 2011).

Bu açıdan ihtiyaçların tanımlanmasından ürünün dağıtılmasına kadar olan tüm süreçte eğitsel tasarım ve gelişimin ortaya konulması önem arz eder. Bu kapsamda yapılan çalışmada oyun geliştirme sürecinin safhalarından Resim 2.2’de bahsedilmiştir (Kirkley, Tomblin ve Kirkley, 2005).

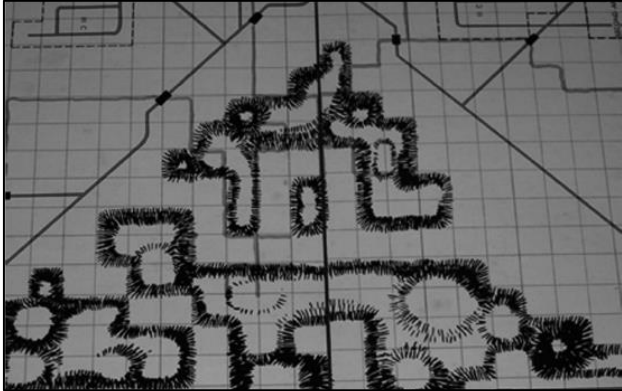
Bu anlamda bakıldığında yapılan oyunun içerisinde bir anlatılacak bir öykü var ise 3B çevrenin vermiş olduğu imkanlar kullanılarak ve görsel anlatım ögesi alternatif bir tasarım ögesi olarak kullanılmalıdır (Uçan, 2018).



ADDIE SAT Eğitsel Sistem Gelişim Modeli	Oyun geliştirmede şelale safhası
Analiz İhtiyaçlar Analizi İzleyiciler Analizi Görev Analizi İş Analizi	Birinci Aşama Oyun Konsepti Hedef Kitle Platform Zaman Çerçevesi Oyunun Özellikleri
Tasarım Eğitim Gereksinimleri Medya Tasarımı Bireysel Eğitim Kurs Tasarımı Öğrenci Performans Ölçümlerinin Üretilmesi	İkinci Aşama Karakter ve Hikâye Tasarımı Kullanıcı Deneyimi Hikâye Tahtası Sanat ve Hikâye Teknik Özellikler
Gelişim Ders Planlarının Yazılması Eğitim Medyası Üretimi Eğitim Kaynaklarının Üretilmesi Tren Eğitimi Tesislerin Hazırlanması Biçimlendirici Değerlendirme	İkinci Safha Yapım Kalite Kontrol Oynama Testi Alfa Testi Beta Testi
Uygulama Eğitim Materyalinin Dağıtılması	Altın Safhası (Oyunun Piyasaya Sürülmesi)
Özel Değerlendirme Öğretim Kalitesi Testi	Müteakip Geliştirme/Güncellemeler

Resim 2.2. Oyun geliştirme sürecinin safhaları

Oyun ve oyunlaştırma askerî açıdan değerlendirildiğinde bin yıllar öncesine kadar gidilmelidir. Fiziksel dünyanın dinamik olarak yansıtıldığı, içerisine gerektiğinde şehir planlarının, mimarinin eklendiği eğitsel alanları oyun ortamının katılması gerekir. Modern bilgisayarlar bu açıdan farklı gruplara benzer hedefi sunma imkânı sağlamaktadır. Bazen insanların evlerinde oynadığı basit oyunların aslında oldukça eskilere dayanan bazı askeri taktiklere dayandığı söylenebilir.

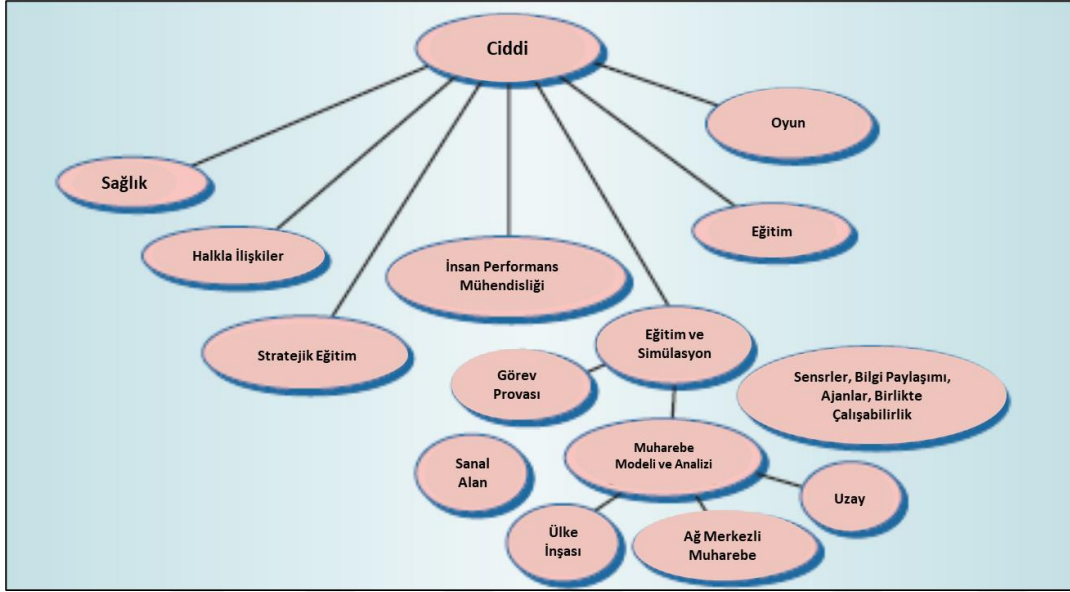


Resim 2.3. Eski nesil eğitsel askeri oyunlar (Roger, 2009)

### 2.3. Ciddi Oyunlar

Video oyunlarının nasıl bir mekânda ve zamanda geçeceği oldukça önemli bir konudur ve sosyolojik, teorik ve anlamda değerlendirilmesi gerekir (Kara, 2018).

Bu anlamda ciddi oyunlarda video oyunları ayrılmaktadır. Özellikle ciddi oyunlarda ortamların, durumların ve görevlerin gerçeğe yakın bir şekilde kullanıcıya sunulması önem arz etmektedir. Bu nedenle ciddi oyunlar, sağlık, sosyal politikalar, stratejik iletişim, insan performans mühendisliği, eğitim, görevlendirme gibi gerçek hayatta çokça karşılaşılan birçok alt başlığa indirgenebilir. (Zyda, 2005)



Resim 2.4. Ciddi oyunların kategori edilmesi (Zyda, 2005)

Ciddi oyunlar içerisinde vakaların analiz edilmesi ve tanımlanması; çalışmanın muhtemel özellik ve sınıflandırılmaların belirlenmesi ile oyun motorlarının ve platformlarının belirlenmesi gibi hususlar önem arz etmektedir (Uskov ve Sekar, 2014).

Ayrıca ciddi oyunlarda insan ilişkilerinde konularında çalışmalar mevcuttur. 1999 yılında yapılan iş çevresi ilişkilerine yönelik ciddi oyun çalışmasında hareket yakalama teknolojilerinden yararlanılmıştır (Rickel ve Johnson, 1999). Bununla birlikte oyunlar içerisindeki hissiyatın güçlendirilmesi için kontrol, sensör, engelleyici faktörlerin ve gerçeklik faktörlerinin değerlendirilmesi ve geliştirilmesi gerekmektedir (Alexander, Brunyé, Sidman ve Weil, 2005).

Bu çalışmada olduğu gibi, ciddi oyunlar genellikle insanlara karşılaşması zor ve korkunç durumlara karşı rehberlik etmek ve durumları tecrübe etmek amacıyla kullanılmaktadır. 2011 yılında yapılan bir çalışmada insanların zor durumda nasıl karar vermeleri gerektiğini bilgisayar tabanlı bir dizaynı ile anlatılmıştır (Spek, Wouters ve Oostendorp, 2011).

Genellikle ciddi oyun çalışmaları tehlikeli ve uygulaması zor anlarda örnek göstermektedir. Örneğin metroda ulaşılacak ani bir durumda yolcuların hangi çıkışı kullanacağına karar vermesini örnek alan bir çalışma 2012 yılında Unity oyun motoru içerisinde gerçekleştirilmiştir (Sharma, Member, Jerripothula, Mackey ve Soumare, 2012).



Resim 2.5. Ciddi oyun – metrodan acil çıkış

Benzer bir çalışma da uçuşlarda yolcuların ve görevlilerin karşılaşılabileceği korkunç ve beklenmedik olaylar üzerine yapılmıştır. 2015 yılında yapılan bu çalışmada ayrıca sanal gerçeklik kullanılmış, insanların bu tehlikelerle karşı karşıya iken, güvenlik prosedürlerini ne şekilde uygulamalarını gerektiğini anlatılmıştır (Chittaro ve Buttussi, 2015).

Bu çalışmalar ile sadece insanlara bu durumların gösterilmesi ve bunların tecrübe edilmesi değil aynı zamanda doğru karar verebilmeleri amaçlanmaktadır. Örneğin 2014 yılında yapılan bir çalışmada, yangın esnasında oluşabilecek ciddi durumlardan kurtulmak için hareket takip, baş takip vücut ve ev takip sensörleri kullanılarak insanlara yangın anında nasıl davranmaları konusunda rehberlik edebilecek bir uygulama yapılmıştır. (Li, Rezgui, Bradley ve Ong, 2014)

Sanal gerçeklik uygulamalarının en çok kullanıldığı alanlardan bir tanesi de madenciliktir. 2000'li yılların başından itibaren madencilik alanında birçok pek bir oyun ve sanal gerçeklik uygulaması ortaya koyulmuştur. Örneğin 2001 yılında Güney Afrika Madencilik Endüstrisi ile ilgili hazırlanan bir çalışmada, işçilerin sanal gerçeklik kullanılarak güvenlik unsurları ile ve tehlikeleri farkına varabilmeleri amaçlanmıştır (Squelch, 2001).

Benzer bir çalışma da 2004 yılında sanal gerçeklik ve uzaktan komuta teçhizatı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Madenciler kendi ekipmanlarını kullanmaları suretiyle tünellerde hareket etmiş ve ergonomik limitler belirlenmiştir (Foster ve Burton, 2004).

2007 yılında Madencilik alanında yapılan diğer bir çalışmada madencileri herhangi bir tehlikeli durumda maden bölgesini nasıl tahliye edeceği gösterilmiş, bu kapsamda madencilerin yapmaları gereken hususların bir kontrol listesi haline getirilmiş ve durum çalışanlara canlandırılmıştır (Orr, Mallet ve Margolis, 2007).

2011 yılında yapılan bir çalışmada sanal gerçeklik kullanılarak madencilere stres altında ve ciddi durumlara karşı arar verme süreçlerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada sanal gerçeklik simülasyonu ile kursiyerlere, kabul edilemez risklere maruz bırakmadan, algısal uzmanlık, algısal motor becerileri ve problem çözme ve stres altında karar verme gibi bilişsel becerilerini geliştirme fırsatı sunulmuştur (Tichon ve Limerick, 2011).

2016 yılında yapılan bir çalışmada, oluşabilecek yangın durumlarında yangına müdahale nasıl olması gerektiğini gösteren, geleneksel eğitim sistemleri ve pahalı eğitim yöntemleri yerine yangın ekiplerinin müdahalesi ve ekip komutanının rolünün üzerinde duran sanal gerçeklik uygulamasında ortaya konulmuştur (Viant, Purdy ve Wood, 2016).

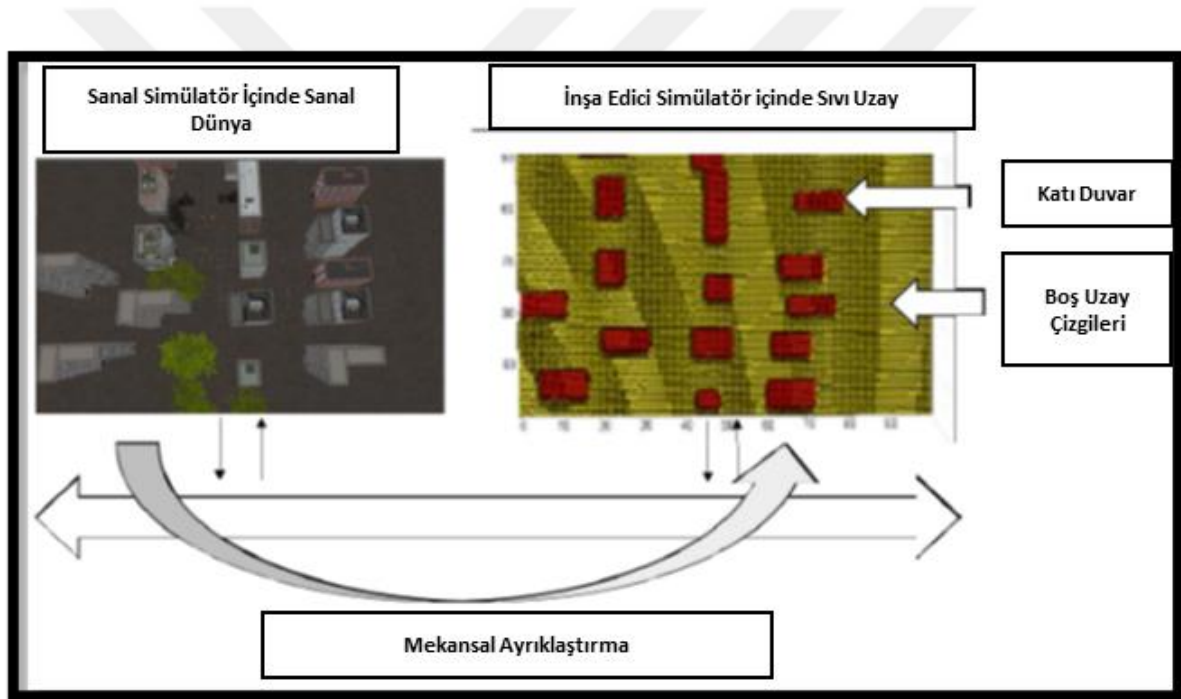


Resim 2.6. Ciddi oyun – yangına müdahale

Ciddi oyunların diğer bir kullanıldığı alan savunma sektörüdür. Bu sektörde özellikle askeri teçhizatın eğitimi, personel eğitimi, bilgi sağlama veya davranış değişikliklerini takip etme ile farkındalık konularında ciddi oyunlar içerisinde ortaya konulabilmektedir (Lim ve Jung, 2013).

Örneğin 2007 yılında yapılmış bir çalışmada özel görevlerde kullanacak olan askerlerin gidecekleri yerdeki insanlarla doğru iletişim kurmaları ve insanlar ile konuşma, liderlik, kültürel geçiş veya sorgulama gibi alanlarda askerlerin eğitilerek görev öncesinde bölgeye alışmaları amaçlanmaktadır (Kenny, Hartholt, Gratch ve Swartout, 2007).

Diğer bir örnek de askeri alanda meydana gelebilecek ciddi bir olay esnasında bir alınabilecek tedbir ve yöntemin belirlenmesi amaçlıdır. 2015 yılında yapılan çalışmada şehirlerde meydana gelebilecek nükleer, biyolojik veya kimyasal saldırılarda, şehrin hangi yöntemle boşaltması gerektiği konusu analiz edilmiştir (Choi, Seok, Choi, Kim ve Kim, 2015).



Resim 2.7. Ciddi oyun – NBC saldırısı

2017 yılında yapılan diğer bir çalışma içerisinde farklı senaryolar eğitim gruplarına uygulanarak yaralı tahliyesi üzerine denemeler yapılmıştır (Planchona, Vacherb, Combletc, Rabateld ve Darsesb, 2017).



Resim 2.8. Ciddi oyun – yaralı tahliyesi

#### 2.4. Eğitime Katkı

Sanal gerçeklik ve ciddi oyunculuk kavramlarını bakıldığında bu kavramların aynı zamanda eğitim ve öğretime yaptıkları katkılar önemle takip edilmektedir. Günümüzde oyun temelli öğrenmenin popülerliği her geçen gün artmaktadır (Hwang ve Wu, 2012).

Bu konuya kültürel mirasın korunması, sanal gerçeklik uygulamaları ile kütüphanelerin oluşturulması, diğer öğrenme alanlarını da kapsayacak şekilde yapay ders ve eğitim alanları modellenmesi gibi birçok örnek verilebilir. Böylelikle oluşturulan bu ders ortamları istenildiği gibi dizayn edilmekte, kolaylıkla test ve kontroller yapılabilmektedir (Bayram, 1999).

Video oyunlarının öğrenmeye etkisinin olumlu veya olumsuz olup olmayacağını araştırılması eskiye dayanmaktadır. 2008 yılında yapılan bir çalışmada oyunlar sayesinde eğitimi nasıl gelişeceği, öğrencilerin veya sınıf ortamının bu uygulamalara hazır olup olmadığı konusu araştırılmıştır (Annetta, 2008).

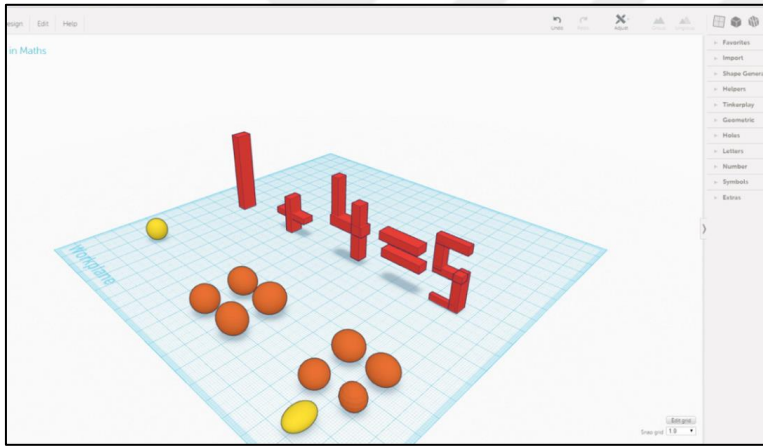
Bu tarz öğrenme ve öğretme tekniklerinin eğitimde cinsiyete göre nasıl farklılık gösterdiği ve öğrencilerin öğrenmede etkinliklerini ve motivasyonlarını nasıl etkilediğine yönelik literatürde çalışmalar mevcuttur (Papastergiou, 2009). Bu açıdan bakıldığında oyunların motivasyonu ve öğrenmeye nasıl geliştirdiği yönünde örnek pratik modeller ortaya koyan çalışmalar uzun süredir literatürde yer almaktadır (Garris, Ahlers ve Driskell, 2002).



Örneğin üç boyutlu modelleme programları ve yüksek çözünürlüklü fotoğraf teknikleri ile üretilen 360 derecelik modeller ile desen eğitimi geliştirmeye yönelik güzel Sanatlar bölümünde eğitim gören öğrencilere eğitimler verilmektedir (Taşkesen ve Yılmaz, 2018).

Bu tür öğrenme tekniklerinin yanında, sanal gerçeklik ortamında öğrenciler öğrendikleri konuları oyun esnasında arkadaşlarıyla kolaylıkla paylaşmaları için yapılmış yeni yaklaşımlar ve deneysel çalışmaların öğrenme etkinliğini arttırdığı görülmüştür (Sung ve Hwang, 2013).

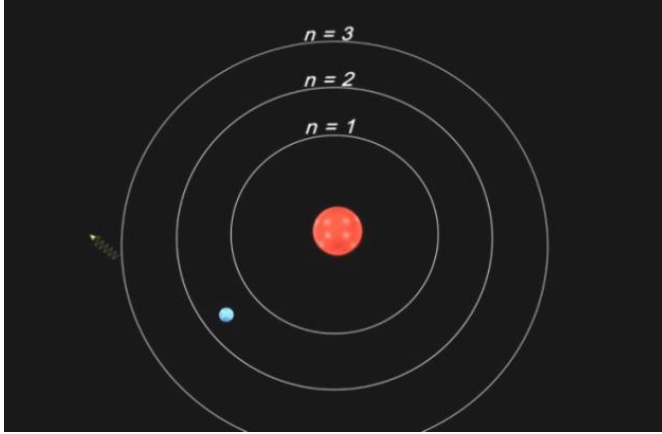
2015 yılında yapılan bir çalışmada matematik öğretmen adaylarının üç boyutlu modelleme programlarını kullanarak öğrenciler için öğrenme nesnelerini geliştirme süreçleri anlatılmış ve yapılan bu modeller sayesinde öğrenme sürecinin kolaylaştırılmış ve kalıcı bir öğrenme sağlandığı ile ilgili sonuçları ortaya konulmuştur (Taştı, Yücel ve Yalçınalp, 2015).



Resim 2.9. Matematik öğrenme ve öğretme

Unity ve Construct 2 oyun motoru içerisinde hazırlanan ortamlar ile okul öncesi eğitimde çocuklara matematik öğretmeyi kolaylaştırmak ve eğlenceli ortamların oluşturulduğu benzer çalışmalar ve uygulamalar literatürde yer almaktadır (Sudarmilah, Ferdiana, Nugroho, Susanto ve Ramdhani, 2013).

Benzer çalışmalar diğer alanlarda da mevcuttur. Örneğin fizik eğitimi alanında dijital ortamda atom ve yörüngelerinin modellendiği bir çalışmada, 67 öğrencinin katılımıyla oluşturulan anket ile bu modellemenin eğitime katkı sağladığı gösterilmiştir (Akıllı ve Seven, 2013).



Resim 2.10. 3B atom modeli

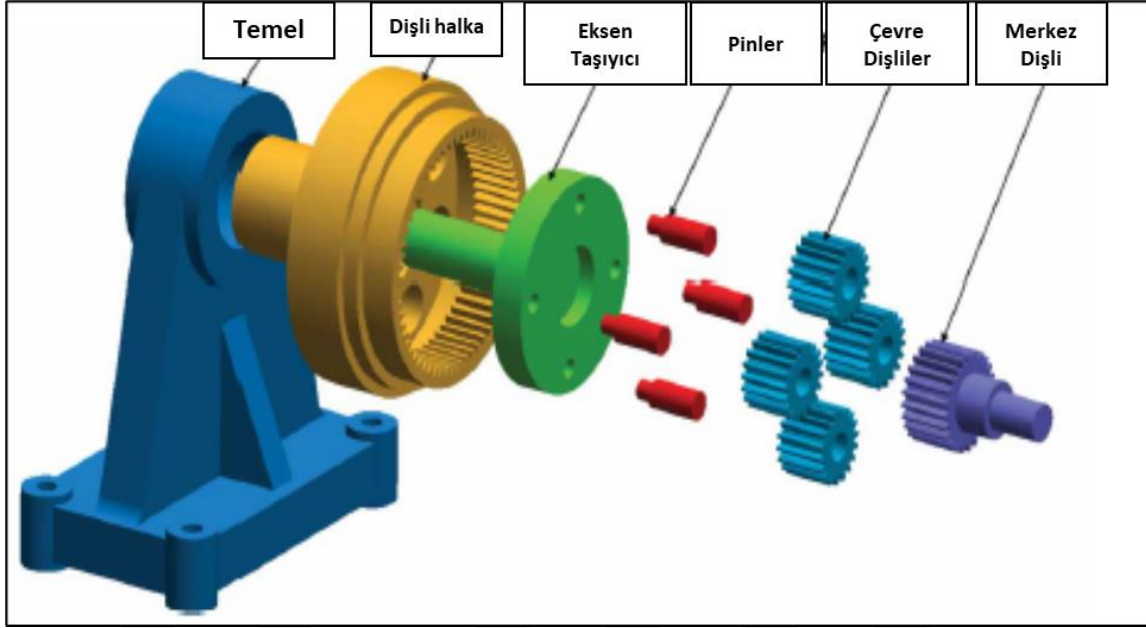
Bazı çalışmalarda eğitim amaçlı sanal ortamların getirildiği görülmektedir. Her okul ve eğitim alanı için bir laboratuvardır veya bir deney ortamının oluşturulması pahalı olabileceğinden bu tarz uygulamalar ile öğrenciler için bir laboratuvar ortamı kolaylıkla oluşturulabilmekte ve bu sayısız miktarda deneme ve ortamlar çoğaltılabilmektedir. Örneğin 2013 yılında yapılan bir çalışmada örnek dişli/vites eğitimi laboratuvarı oluşturulmuştur (Aziz, Chang, Esche ve Chassapis, 2012).



Resim 2.11. Örnek laboratuvar

Aynı makale grubunun 2015 yılında hazırlanmış olduğu başka bir çalışmada, bu kez her bir çarkın nasıl insan ile etkileşimi haline geçeceği, dişlilerin takma sırası ve çalışma yöntemleri gösteren bir uygulama yapılmıştır. Çalışmada CAD verileri kullanılabilirken uygulamanın kullanıcı dostu olması amaçlanmıştır (Aziza, Changb, Eschec ve Chassapisd, 2015).





Resim 2.12. Bilgisayar destekli tasarım uygulaması

150 katılımcı ile oluşturulan 2014 yılında ortaya konulmuş bir çalışmada oyun sitelerindeki stratejilerinin öğrenmeyi ne şekilde etkilediği ve bu stratejilerin karşılatırılmasına yönelik sonuçlar ortaya konulmuştur (Wang ve Chen, 2014).

## 2.5. Sanal Gerçeklik

Yukarıda ifade edilen çalışmanın diğer bir ağırlık noktası sanal gerçektir. Sanal gerçeklik (VR) kavramı ve ilk örneklerinin ortaya çıkması 1950-1960'lı yıllara tekabül etmektedir (Paolis, 2007). Sadece sanal dünyanın yaratılması değil aynı zamanda bu dünya içerisinde etkileşime geçeceğiniz diğer objeleri kullanabilmeniz veya deneyimleyebilmeniz için giyilebilir teçhizatlardan, hareket algılayıcı kıızılötesi sensörlere kadar birçok yardımcı eleman bu alanda kullanılmaktadır (Boas, 2011).

1990'lı yılların sonu itibariyle VR kavramı oldukça gelişmiş ve kullanıcının deneyimlemesine imkân verecek hale gelmiştir. Ayrıca 2016 yılında sanal gerçekliğin yakın tarihinden bahseden ve sanal dünyanın nasıl oluşturulacağı, kullanıcı ile nasıl etkileşime geçeceğini, hangi ekipmanların kullanılacağı (Paolis, 2007) sürecin aşamalarını gösteren bir çalışma yapılmıştır (Berg ve Vance, 2016).

Yıl	Sorumlu Kişi	Neden Önemli
1965	Ivan Sutherland	Sanal Gerçekliğin Başlangıcı
1977	Dan Sandin, Richard Sayre and Thomas Defanti	Vücut Hareketi ile Etkileşim
1983	Myron Krueger	İlk Sanal Ortam
1984	William Gibson	"Siber Uzay" Terimi
1987	Michael Piller (writer)	Sürükleyici Sanal Gerçeklik Fikri
1992	Stephen King	Sanal Gerçekliğin Olası Negatif Tarafı
1995	Silicon Graphics	VR Modelleme Dili
1999	Larry and Andy Wachowski	Dünya Çapında VR Pazarı



Resim 2.13. Sanal gerçekliğin yakın tarihi ve sanal gerçeklik ekipmanlarından örnekler

Sanal gerçeklik üzerinde anlatımda bulunulurken sanal gerçeklik ortamlarında olması gereken özelliklerin sayılması gerekir. Üç boyutlu dünya grafikleri, etkileşim ve duygusal geri dönüş gibi özellikler sanal gerçeklik dünyasında olması gereken özelliklerdir. Ayrıca sanal gerçeklik ortamının ana bileşenleri modelleme, bilgisayar programları ve bilgisayar, görüntü oluşturucu, iletişim aracı ile konum algılayıcılarıdır (Tepe, Kaleci ve Tüzün, 2016).

Bu ekipmanların ile çevrenin insan vücudu ve fizyolojisine uygunluğu kritik bir husustur. Donanımın uygunluğu dışında sanal dünyanın uygun şekilde kullanıma sunulması kullanıcılar için önemli bir husustur. Örneğin kullanılan sanal gerçeklik gözlüklerinde yer alan görüntülerin kullanıcının hareketinden sonra ekranda gösterilmesi kullanıcının deneyimini oldukça olumsuz etkiler. Bu açıdan bu hareketlerin eş zamanlı gerçekleştirilmesi ve donanım performansının iyileştirilmesine yönelik çalışmalar mevcuttur (Just, ve diğerleri, 2016).

Bu tip teçhizatın geliştirilme sürecini yeni olduğu değerlendirildiğinde genellikle bu cihazların fiyatları son kullanıcılara makul gelmeyebilir. Bu sebeple sadece fabrikasyon ürünleri kullanmak yerine bir kısım kullanıcılar çalışmalarında, mevcut telefon vb. cihazları kullanarak el yapımı, üretimi basit, maliyeti ucuz olan sanal gerçeklik gözlükleri üretmişlerdir (Olson, Krum, Suma ve Bolas, 2011).

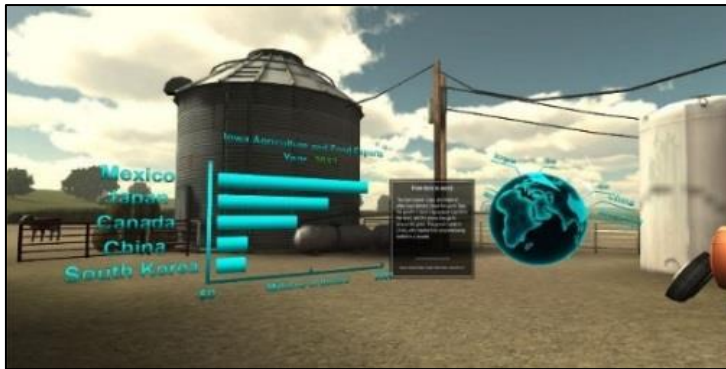
Sanal gerçeklik konusunun amacını ve hangi alanlarda kullanıldığının sınırı olduğu söylemek pek mümkün değildir. Ancak günümüzde eğitim, mimarlık, tarih, tıp, askeri vb.

birçok alanda sanal gerçeklik uygulamaları görülmektedir (Olson, Krum, Suma ve Bolas, 2011).

Bu anlamda sanal gerçeklik unsurlarını kullanmak faydalı mıdır veya ne kadar faydalıdır sorusu önem arz eder. Örneğin çevremizde her an deneyimleyebileceğimiz her husus/olay için bu uygulamaları kullanmak gerekir mi? Bu açıdan çalışmaların genellikle aslında deneyimlemenin zor veya pahalı olduğu, hatta etik olarak mümkün olmayan birçok konu bu uygulamalar vasıtasıyla gerçekleştirildiği söylenebilir. Aynı zamanda bu yaklaşımların eğitime ve öğrenmeye olumlu katkılarını içeren, insanları teşvik eden birçok çalışmaya rastlanmaktadır (Aslan ve Erdoğan, 2017).

Örneğin sanal gerçeklik ortamında yaratılan ortamlardan biri diğeri uzay, yıldızlar, galaksileri içeren uygulamalarıdır. Yapılan filmlerden ziyade kullanıcıların içerisinde yer aldığı ve yönlendirmeler yapabildiği uygulamaların başarıya katkı sağladığı tespit edilmiştir (Aktamış ve Arıcı, 2013).

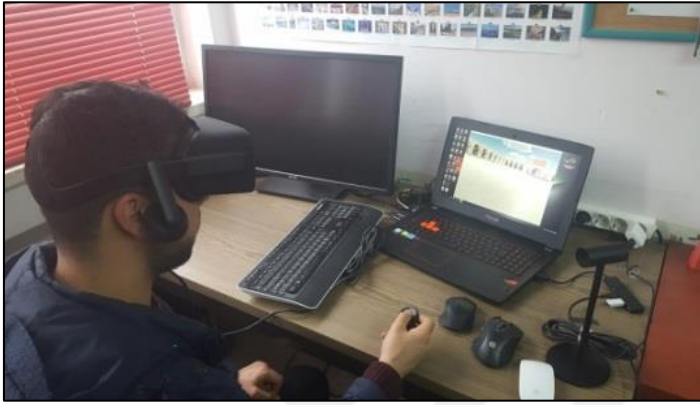
Benzer örnekleri arttırmak mümkündür. Örneğin sanal bir dünya içerisinde bulunurken bir kısım haberleri takip edebileceğiniz 2018 yılında yapılan bir çalışma ile habercilik ve gazeteciliğin geleceği şekillenmektedir (Çaba, 2018).



Resim 2.14. Haber sunumu uygulaması

Geçen zamanla birlikte kavramlar değişmeye başlamış ve dijital düzenden, fijital düzene geçişler yaşanmış, kullanıcının pazarlama alanında arttırılmış gerçeklik ile sanal gerçeklik unsurlarını kullanıldıkları, dokunulabilir ortamlara geçiş yapılan uygulamalar ortaya çıkmaktadır (Köse ve Yengin, 2018).

Kullanıcıların bu dünyayı deneyimlemesi ve bu deneyimi değerlendirmesi ile ortamın, donanım ve yazılımın geliştirilmesi için oldukça önemlidir. Kullanıcıdan alınacak geri dönüşlerde genellikle anketlerden faydalanılmaktadır. 2017 Yılında Devkan ve arkadaşları tarafından incelenen bir VR uygulaması sonucunda, uygulama sürelerinin uzunluğuna dikkat edilmesinin uygun olacağı, benzer çalışmaların formal ve informal öğrenmeye katkı sağlanabileceği ifade edilmiştir. (Kaleci, Tepe ve Tüzün, 2017)



Resim 2.15. Örnek VR deneyimi (Kaleci, Tepe ve Tüzün, 2017)

## 2.6. Unity ve Oyun Motorları

Tüm bu sanal gerçeklik ve ciddi oyun uygulamalarının oluşturulduğu ortamlar oyun motorlarıdır. Günümüzde onlarca oyun motoru literatürde bulunmakta olup oyun motorların karşılaştırıldı birçok çalışma ile literatürde karşılaşılmaktadır. Özellikle uygulama ve çalışmalardaki fizik ve grafik işlemlerinin nasıl yapılacağına oyun motorları tarafından karar verilmektedir. Bu çalışmada Unity oyun motoru kullanılmıştır.

Özellikle oyun motorlarının farklı kapasitelerde, performanslarda, lisans ve fiyatlarda olması, hangi oyun motorunu proje için seçileceği konusunu oldukça zor bir problem haline getirmektedir. Bu konuya yönelik oyun motorlarını karşılaştırıldığı bir çalışma 2014 yılında yapılmıştır (Patrasitidecha, 2014).

Örneğin 2018 yılında yapılan bir çalışmada ciddi oyunlar için oyun motorları değerlendirilmiş ve bu kapsamda görsel fayda, fonksiyonel fayda, bütüncüllük ulaşılabilirlik, ağ ve çoklu platform desteği gibi konuları üzerinde durulmuştur (Petridis ve diğerleri, 2012).

Ayrıca Unity oyun motoru içerisinde yeni teknolojiler geliştirilmeye çalışılmaktadır. Bu açıdan 2014 yılında yapılan açık kaynak kodlu bir çalışmada oyun motoru içerisinde kullanıcının baktığı bölgede nesne oluşturmaya yönelik bir sistem tasarımı yapılmıştır (Jangrawa, Johri, Gribetza ve Sajdaa, 2014).

2018 yılında yapılan farklı bir çalışmada insansız hava araçlarını yönlendirmek amacıyla MATLAB üzerinden oluşturulan veriler Unity'e aktarılarak sanal olarak oluşturulmuş insansız hava aracı oyun motoru ve sahne içerisinde yönlendirilmiştir (Altın ve Er, 2018).



Resim 2.16. İHA'nın Unity içinde kontrolü

Unity oyun motoru içerisinde çevrenin nasıl modelleneyeceğine yönelik bir çalışma 2009 yılında gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda coğrafyanın gerçek verilerine binaen araziler oluşturulmuş, oluşturulan bu arazi üzerine bina, yol, bitki ve diğer objeleri içeren farklı katmanlarda oluşturulmuş ve bu nesneler farklı modelleme yöntemleri ile modellenmiştir. Müteakiben oyun motorunun kullanıcı ara yüzü ve kodlama ile birlikte oyun interaktif bir hale getirilmiştir (Wang ve diğerleri, 2009).

Kullanılan oyun motoru ile birlikte bazı avantajlar ile dezavantajlar ve kısıtlamalar kullanıcıya sunulmaktadır. Oyun motorların sunmuş olduğu bazı kısıtlamalara ve zorluklar ifade eden birtakım çalışma grubu tarafından geliştirilen ve mevcut oyun motorlarına alternatif olarak gösterilen yeni oyun motorlarının geliştirilmesi devam etmektedir (Darken, McDowell ve Johnson, 2005).



## 2.7. Simülâtör

Sanal gerçeklik uygulamaları ve sanal dünya, oyunların yanı sıra herhangi bir sektörde ihtiyaç duyabilecek bir makine, sistem veya araca yönelik simülâtörleri hazırlamakta da kullanılmaktadır. Bu çalışmaların bir kısmında kullanılacak olan aracın veya aracın komuta kontrol ünitesi veya konsolunun gerçeği birebir yapılırken, bir kısmında ise de sadece bir ara yüz veya uygulaması oluşturulmaktadır.

Örneğin 2012 yılında yapılan bir çalışmada 2010 yılı içerisinde üretimi tamamlanmış bir hava aracı için küçük ölçekli simülâtör oluşturulmuş, sistemin içerisine uçağın biyonik mimarisi, yazılımı, donanım altyapısı ve diğer test süreçleri eklenerek kullanıcıya hazır hale getirilmiştir (Kaygusuz, İlçe, İnal ve Özel, 2012)



Resim 2.17. Simülâtör-uçuş maksatlı

2012 yılında yapılan diğer bir çalışma ile uçuş simülasyonu alanında görev alan eğitici personele yönelik yazılımlar oluşturması, birimlerin izleyeceği yöntemleri ortaya konulması ve ilgili ara yüzlerin geliştirilmesi amaçlanmıştır (Kurşun ve diğerleri, 2012).

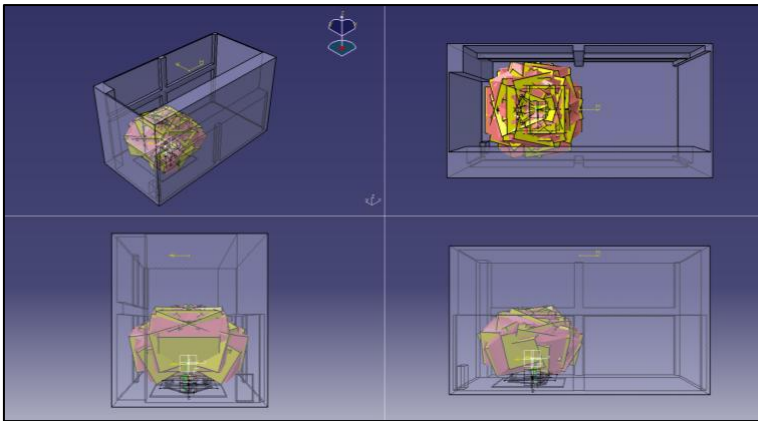
Simülâtörlerin geliştirilmesinde farklı yöntemlerin kullanıldığı bilinmektedir. Örneğin 2008 yılında yapılmış olan bir çalışmada simülâtörden alınan veriler Google Earth haritaları üzerinde yerleştirilmek suretiyle kullanıcıya uçağın durumu, pozisyonu vb. ile ilgili bilgi verecek şekilde görsel veri sağlayan bir uygulama yapılmıştır (Adelantado, Chaudron ve Oyzel, 2008).



Resim 2.18. Simülasyon ve Google Earth verilerinin birleştirilmesi

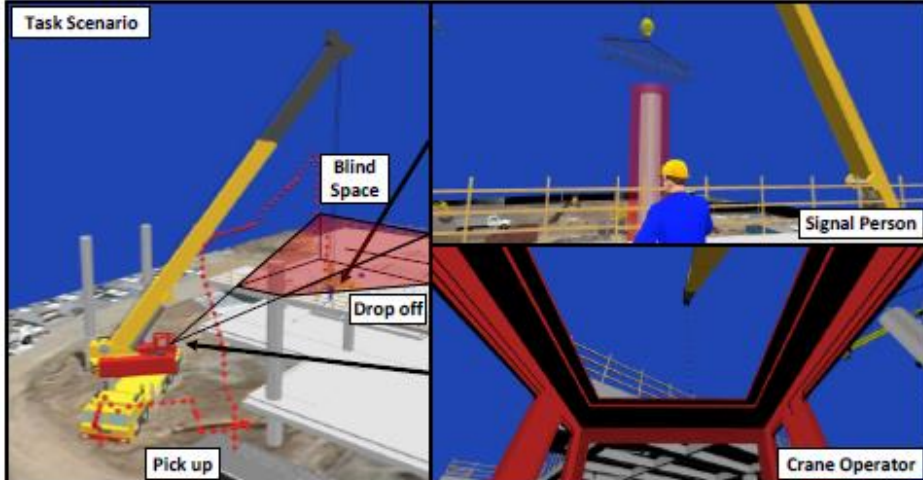
2016 yılında yapılan diğer bir çalışmada sürücüler için bir araç simülasyonu oluşturulmuştur. Bu şekilde sürücülerin yolculuk esnasında karşılaşabilecekleri yol durumu, zaman veya hava değişimi, anlık gelişen olaylar, trafik akışı vb. unsurlara karşı tecrübe edinmeleri sağlanmıştır (Hsu, 2016)

Bu simülasyonların hazırlanmasında simülasyonu veya aracı kullanacak kişinin kullanım esnasındaki fiziksel durumu ve ergonomik özellikleri sistemin içerisine entegre edileceğinden kontrol edilmesi gereken unsurlardandır. Bu kapsamda 2012 yılında hareketli platform sistemlerini içerisinde barındıran ve ergonomik unsurların kontrol edildiği bir çalışma ortaya konulmuştur (Yılmaz, Yılmaz, Şenyiğit, Görür ve İşler, 2012).



Resim 2.19. Simülasyon- hareketli platform sistemleri

2014 yılında yapılan bir çalışmada ise iş makineleri ve kreyn kullanımına yönelik bir simülasyon ortaya konulmuştur Böylelikle kreyn operatörü tarafından iş makinesinin kurulması esnasında çevrenin kontrolü, kör noktaların tespiti ve gerekli prosedürlerin işleme konulmasına yönelik görevler yerine getirilmektedir (Fang ve Teizer, 2014).



Resim 2.20. Simülatör- iş makinesi

## 2.8. Modelleme

Sanal dünyanın kullanıcıya gerçekçi bir şekilde artırılmasında önemli bir yere sahip olan diğer bir unsur modellemedir. Bu kapsamda kullanılan birçok iki veya üç boyutlu modelleme programları bulunmaktadır. Programların nesneleri üç boyutlu olarak hazırlanması, üzerlerine gerekli dokuları aktarılması ve oyun motorları içerisine gönderilmesi gerekmektedir. Burada sanal gerçeklik dünyasında kullanılacak nesne ve çevre unsurlarından bahsedilmekte olup bazen geniş bir arazinin bazen de bir iğnenin dahil modellenmesi önem arz edebilmektedir.

Örneğin çevre modellemesi kapsamında Ahmet Necdet Sezer Kampüsü'nün (ANS) kampüsündeki yer alan binaların ve genel yerleşkenin modellenmesi, dokularının gerçeğine benzer olarak üzerine atılması ve bu modelin Google Earth programına yerleştirilmek suretiyle kullanılması sağlanmıştır (Tiryakioğlu, Uysal, Erdoğan, Yalçın, & Polat, 2016).

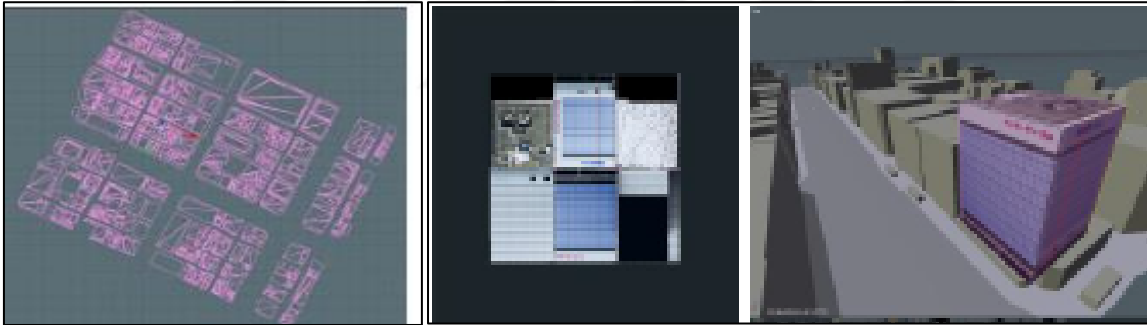
Benzer şekilde Mustafa Kemal Üniversitesi yerleşkesinin modellemesi hususunda yapılan bir çalışmada, bu kez CAD ve SkechUp programları kullanılmıştır. Bu çalışmada verilerin ön işlemleri, CAD verisinin SkechUp'a aktarılması, 3B binaların ölçeklendirilmesi ve modellenmesi, bina cephe fotoğraflarının optimizasyonu, bina renk ve doku kaplamalarının işlenmesi, SkechUp ile yerleşke tasarımı ve sayısal arazi modeli ile bütünleştirme aşamaları gerçekleştirilmiştir (Gürkan, Salıcı, Yıldırım ve Yıldırım, 2016).





Resim 2.21. CAD ve SketchUp ile kampus modellemesi

CAD verilerinin kullanılması ya da diğer bir deyişle teknik çizim verilerinin CAD programı yardımı ile modellenerek sanal dünyaya aktarılması konusunda 2009 yılında yapılan çalışmada kullanılmıştır. Örnek bir yerleşim yerinin teknik verileri CAD yardımı ile 3 boyutlu hale getirilmiş müteakiben Unity oyun motoruna aktarılarak kullanılması sağlamıştır. Ayrıca bu çalışmada oyun motorunun avantaj ve kısıtlamalarından da bahsedilmiştir (Indraprastha ve Shinozaki, 2009).

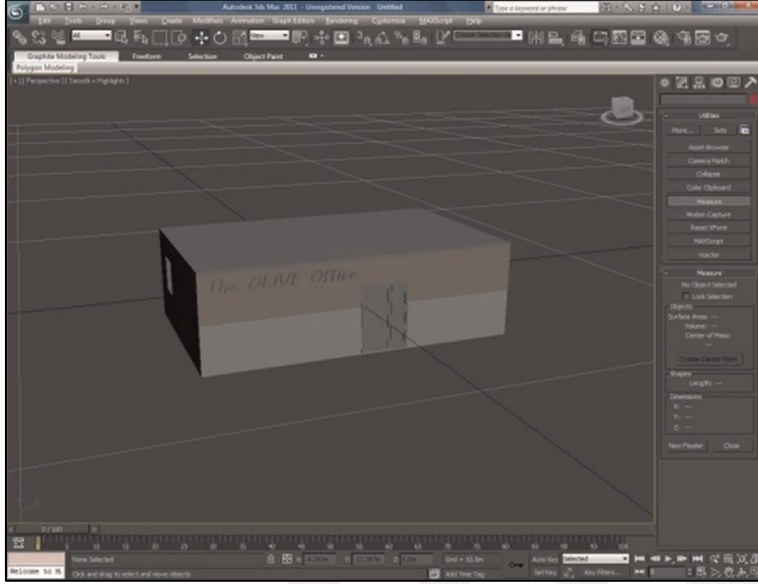


Resim 2.22. CAD verileri ile modelleme ve motorunda kullanılması

Benzer bir yerleşke modellenmesi kapsamında yapılan çalışmada lazerle ölçüm verilerinden yararlanılarak detaylar elde edilmiş, Unity oyun motoru içerisinde çevre modellemesi yapılmıştır (Humbert, Chevrier ve Bur, 2011).

Aslında çevresel modelleme kapsamında bilgisayar destekli jeolojik yazılımlar kullanılmak suretiyle 1960'lardan itibaren çalışmaların yapıldığı söylenebilir (Yalçın, 1993). Günümüzde özellikle Coğrafi Bilgi Sistemlerinde de benzer çalışma ve yöntemlere rastlanmaktadır. Özellikle topoloji, jeoloji, hidrografik gibi alanlarda çalışmayı kolaylaştırmak için baki, eğim ve kabartma haritaları ile kesitler çıkartılmış ve analizler yapılmıştır (Rüstemov, 2014).

Bu örnekler sadece dış mekân ve çevre için değil, aynı zamanda iç mekân veya obje için de verilebilmektedir. Örneğin 2016 yılında yapılan çalışmada 3D Max ile modellenen bir bina, müteakiben Unity içerisinde kullanılmıştır (Oerter, Suddarth, Morhardt ve Gehringer, 2016).

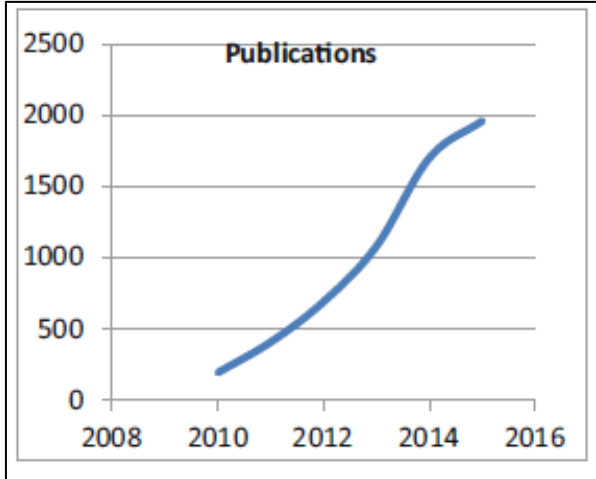


Resim 2.23. 3D Yapı modelleri 3D Max ve Unity örneği

Bir mekânın içi ve dışı farklı amaçlara (Mimari, turistik, tarihi, vb.) yönelik modellenebilmektedir. Bu tarz çalışmalarda özellikle sanal gerçeklik uygulamaları kullanılarak kullanıcıların sanal dünyaya daha fazla deneyimlemesi veya tasarımcıların etkilenmesi amaçlanmaktadır (Şekerci, 2017).

Yapılan bu modellemeler sonrasında, çalışmanın amacı ve içeriğine göre farklı amaçlarla kullanılabilir. Örneğin 2017 yılında yapılan bir çalışmada modellenen bir mahkeme salonu alternatif bir öğrenme alanı oluşturulmuş ve teknolojinin eğitime nasıl bir katkı yaptığı araştırılmıştır (Öngöz, Karal, Tüysüz, Yıldız ve Kılıç, 2017).

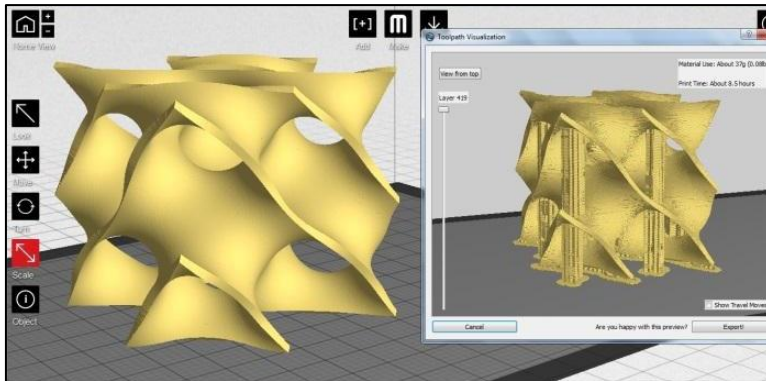
Bu çalışmaya paralel olarak 2016 yılında yapılan bir uygulamada bir fizik laboratuvarı oluşturulmuştur. Bu çalışmada ayrıca oyun motorlarının karşılaştırılması ile Unity oyun motorunun yıllara sâri olarak (2008-2016) nasıl bir artan bir sıklıkla kullanıldığına da yer verilmiştir (Yevgeniya ve diğerleri, 2016).



Resim 2.24. Unity alanındaki yayınların artışı

Yapılan 3B modellere materyal atanması veya dokularının düzenlenmesi, modelin gerçeğe yakın gösterilmesi önemli konulardır. Özellikle ciddi oyunlarda kullanılan farklı fotogrametrik yöntemler ile modellerin daha iyi şekilde sunulması amaçlanmaktadır (Kontogianni ve Georgopoulos, 2015).

Modelleme yöntemleri de kendi içerisinde çok farklılık arz etmektedir. Günümüzde otuza yakın farklı modelleme yöntemi sayılabilir. Bunlardan biri olan matematiksel olarak bir nesnenin modellenmesi ve bunları 3B yazıcılar ile ürün haline dönüştürülmesidir. Karmaşık geometrik bileşenlerinin kısa bir süre içerisinde, düşük ağırlık ve uygun maliyetle üretimin sağlanması bu yöntemi avantajlı kılmaktadır (Gür, 2017).



Resim 2.25. Matematiksel modellemeye bir örnek

Obje modellemesi kapsamında teknik anlamda çok farklı çalışmalar mevcuttur. Ayrıca konu bazında kültürel mirasın geleceğe aktarılması anlamında bazı objeler modellenerek sanal

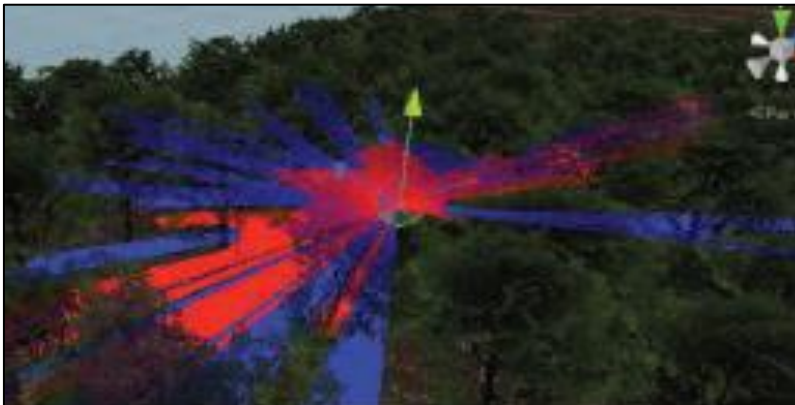
dünyaya aktarılmaktadır. Bu kapsamda 2016 yılında yapılan bir çalışmada cam üretimi ve bunların alt teknikleri ile modellemeler yapılmıştır (Eker ve Eker, 2016).



Resim 2.26. Cam modelleme teknikleri

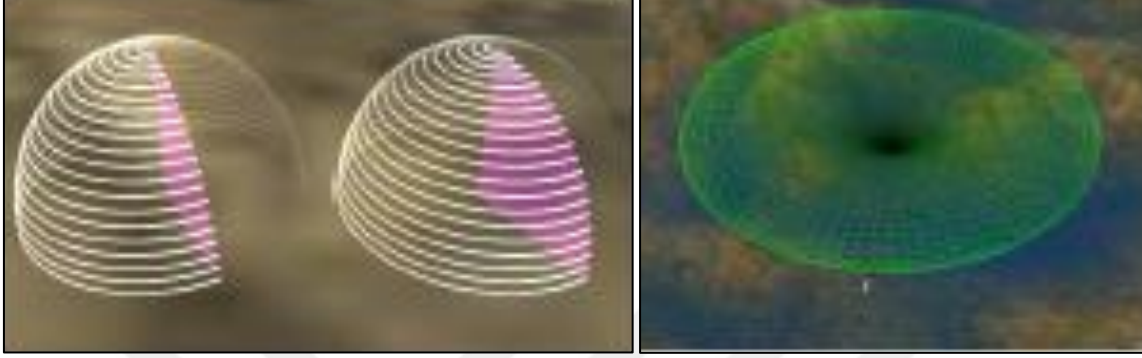
Modelleme esnasında farklı cihazlardan faydalanılabilmektedir. Özellikle modelleme yapılan çevrenin zamanla değişiklik gösteriyor olması önemli bir tahdittir. Bu kapsamda bazı faaliyetlerde bazı modelleme işlemlerinin sürekli tekrar edilmesi ve alınan veriler ile 3B modelin güncellenmesi gerekebilir. Bu kapsamda 2017 yılında yapılan bir çalışmada İHA yardımı ile elde edilen veriler kullanılmış uygun maliyetli, hızlı ve gelecek vadede bir yöntem ortaya konulmuştur (Ulusoy, Şen, Tuncer, Sönmez ve Bayhan, 2017).

2015 yılında yapılan benzer bir çalışmada orman çalılık vb. karmaşık yüzeylerde Unity oyun motoru içerisinde sanal drone kullanarak arazinin modellenmesi gerçekleştirilmiştir (Meng, Hu, Lin, Lin ve Teo, 2015).



Resim 2.27. Orman benzeri karmaşık alanlarda modelleme

Modelleme konusu askeri alanda değerlendirildiğinde mevcut askeri teçhizatın kullanılması ve buradan elde edilen verilerin yardımı ile modelleme yapmak mümkündür. Örneğin 2009 yılında yapılan bir çalışmada gerçek zamanlı radar verileri kullanılarak yüzey modellemesi yapılmıştır (Qiu ve Chen, 2009).



Resim 2.28. Radarla yüzey modellemesi askeri

## 2.9. Fotoğraf ile Modelleme

Sanal dünyada objelerin veya çevreleri modelleme konusunda diğer bir yöntemde yüksek çözünürlüklü fotoğrafların objelerin 360 derece olarak modellenmesinde kullanılmasıdır. Bu kapsamda oluşturulmuş farklı yazımlar mevcuttur. Son 5 yıldır bu alanda yapılmış çalışmalar giderek sayısını arttırmaktadır.

Örneğin 2016 yılında yapılan bir çalışmada Agisoft yazılımı kullanılarak 60 adet yüksek kalitede fotoğraf çekilmek suretiyle restoranda yer alan objeler modellenmiş ve taksonomi alanında bir çalışma ortaya konulmuştur (Kanak ve Erdoğan, 2016).

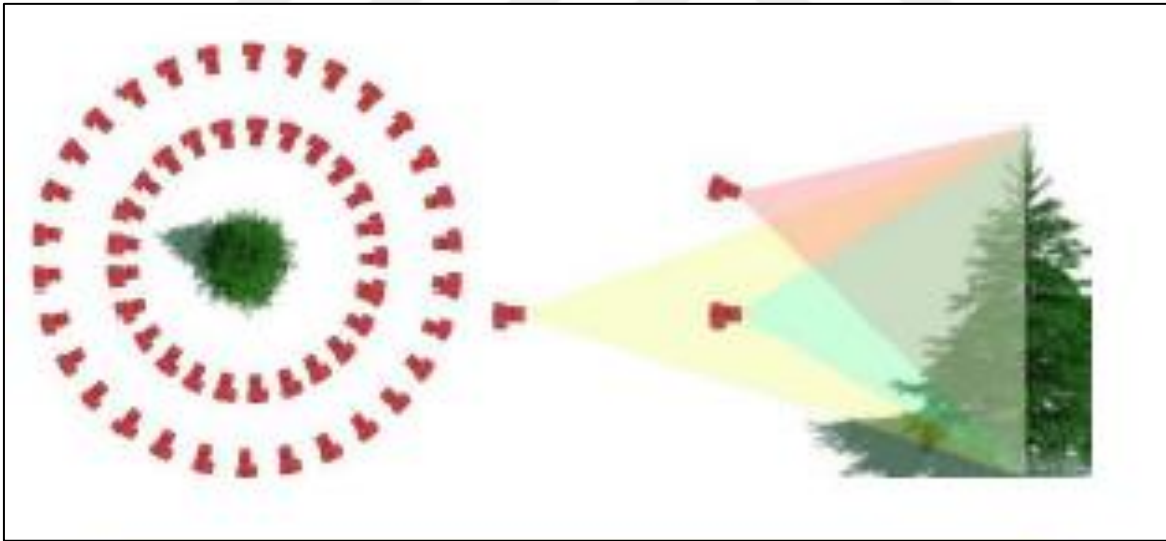
Bu çalışmalarda fotoğraflar kullanılabildiği gibi lazerli ölçüm yapabilen cihazlarda kullanılabilmektedir. Örneğin sınırlı bir alanda masa üstüne yerleştirilmiş objelerin lazer ile daha detaylı ölçülmesi neticesinde oyunlarda veya sanal dünyada kullanılabilecek objeler detaylı bir şekilde modellenilebilmekte ve üzerinde gerektiğinde gerekli doku aktarılabilmektedir (Günen, Çoruh ve Beşdok, 2017).





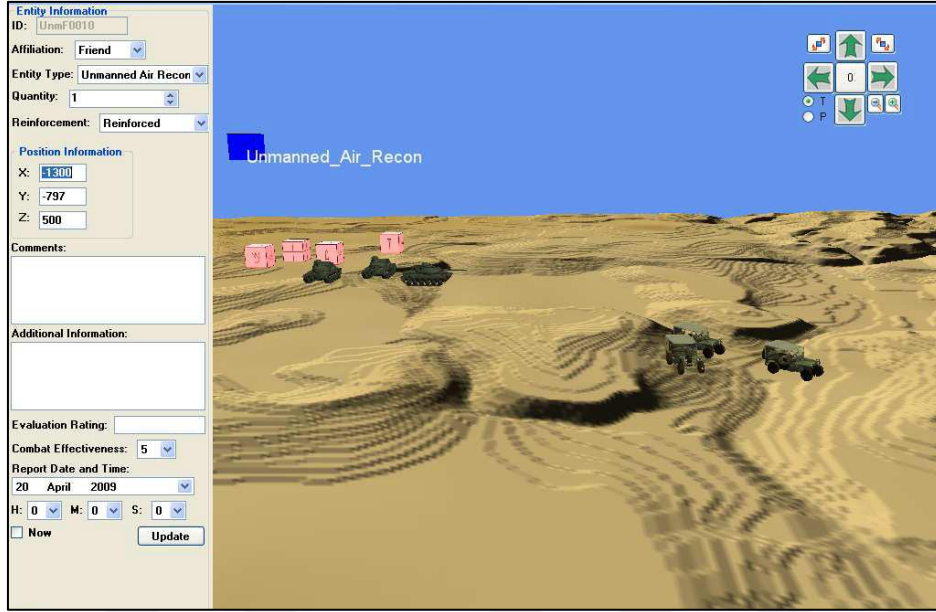
Resim 2.29. Fotogrametri

2017 yılında yapılan diğer bir çalışmada, ağaç türlerinden çeşitli fotoğraflar çekilmiş fotoğraflar ilgili yazılım içerisine atılarak ağaçlar modellenmiştir. Sonucunda oluşan modeller ile programların avantaj ve dezavantajları karşılaştırılarak bir değerlendirme ortaya konulmuştur.



Resim 2.30. Fotoğraflama ile ağaç modellemesi

Askeri alanda fotoğraf kullanılarak modellemeye yönelik bir uygulama da 2009 yılında yapılmıştır. Bu kapsamda muharebe sahasında çekilen fotoğraflar kullanılmak suretiyle mevcut arazi ve düşman koşulları modellenmiş ve komutana bir karar destek sistemi oluşturulmuştur (Koyuncu ve Bostancı, 2009).



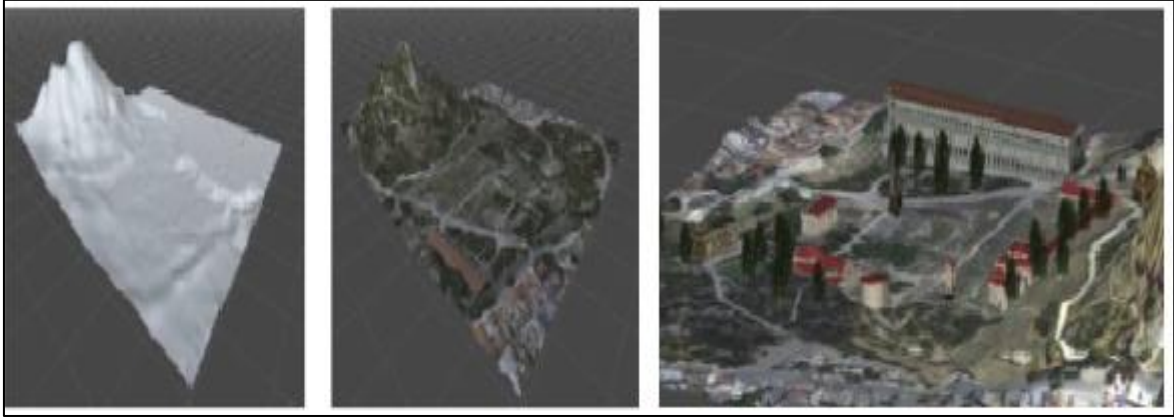
Resim 2.31. Fotoğraf ile muharebe sahası modellemesi

2016 yılında yapılan diğer bir çalışmada hava fotoğrafları kullanılmak suretiyle yüzeyde bulunan objeler modellenmiştir. Bu modellemede kırsal alanda yer alan köprüler binalar sanal dünyaya aktarılmıştır (Spicer, McAlinden ve Conover, 2016).



Resim 2.32. Hava fotoğrafı ile köprü modellenmesi

Agora 3D ve Unity kullanılan ve 2015 yılında yapılan diğer bir çalışmada, antik çağlara ait eser ve binalar fotoğraflama ile modellenmiş, sanal arazi üzerine yerleştirilerek, sanal gerçeklik ortamına aktarılmıştır (Kontogianni ve Georgopoulos, 2015).



Resim 2.33. Antik eserlerin modellenmesi

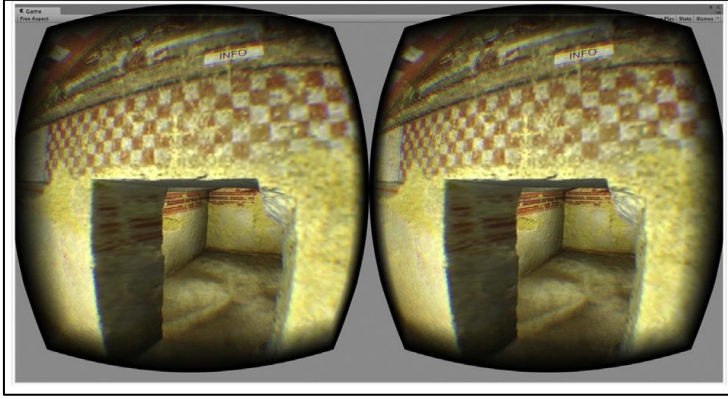
## 2.10. Kültür Mirası

Sanal gerçekliğin teknolojisinin bir diğer kullanım alanı da kültürel mirasların korunmasıdır. Böylelikle yüzyıllardan beri insanlık tarihi içerisinde ortaya çıkmış objelerin sonsuza dek saklamasına imkân sağlanmıştır. Kültürel anlamda geliştirilen sanal gerçeklik uygulamalarından müzecilik, tarihi alan ve objelerin modellenmesi örnekleri verilebilir. Bu açıdan sanal gerçeklik kullanılarak kültürel mirasların ortaya konulması ve unsurların sınıflandırılmasına yönelik çalışmalar literatürde mevcuttur (Sürücü ve Başar, 2016).

Bu alanda özellikle müze uygulamaları ile müzecilik yönünde yapılmış çalışmalar bulunmaktadır. 2017 yılında yapılan bir çalışmada içerisinde Ayasofya Camii ile Louvre Müzesi karşılaştırılmış ve analiz edilmiştir (Oruç, Yıldırım, İmamoğlu, Demirel ve Bilgin, 2017). Benzer kapsam ve tarihte Orhan Pamuk Müzesi için de bir çalışma yapılmıştır (Aydoğan, 2017).

M ze çalışmalarının yanında, insanlar tarafından ziyaret edilemeyecek durumda olan arkeolojik kazılar ile insanları rahatsız edebilecek mezarlık alanları gibi çevrelerin modellenmesi ve bu unsurlar ile kullanıcı hareketlerinin, hareket yakalama kameraları kullanılarak sanal gerçeklik dünyasını aktarılması işlemlerini içeren bazı çalışmalar mevcuttur (Jim nez, Palacios, Morabitob ve Remondino, 2016).





Resim 2.34. Eski mezar VR uygulaması

Hem müzecilik hem de tiyatro açısından öğrencilerin sanat konularında bilgi ve ilgilerini artırabilecek şekilde hazırlanmış, öğrencileri eğitim ve sosyalleşmeye davet eden sanal gerçeklikli müze ve tiyatro ortamlarının hazırlandığı çalışmalar mevcuttur (Froschauer, Arends, Goldfarb ve Merkl, 2011).



Resim 2.35. Sanal müze örneği

2016 yılında yapılan bir çalışma ile tamamen dinamik, internet tabanlı sanal müze uygulaması hazırlanmış, aynı zamanda oyun motorlarını da karşılaştırılıp, motorların avantaj ve dezavantajlarını ortaya konulmuştur (Kiourt, Koutsoudis ve Pavlidis, 2016).

## 2.11. Tıbbi Uygulamalar

Daha önce de bahsedildiği üzere sanal gerçeklik uygulamaları zorlu ve tecrübe gerektiren iş ortamlarında eğitim vermek riskleri azaltmak ve fobileri yok etmek üzere

kullanılabilmektedir. Bu anlamda çok sayıda VR sağlık uygulaması yer bulunmaktadır. Örneğin henüz doğmamış bir bebeğin muayene edebilmesi, deney hayvanı kullanmaksızın denemeler yapabilme, benzer şekilde hologram teknolojileri bu çalışmalara örnek olarak verilebilir (Aslan, 2017).

2013 yılında yapılan bir çalışmada sağlık sektöründe yer alan bu uygulamaların 150'den fazla özelliği ile sınıflandırılmış, fonksiyonları anlatılmıştır (Wattanasoontorn, Boada, García ve Sbert, 2013).

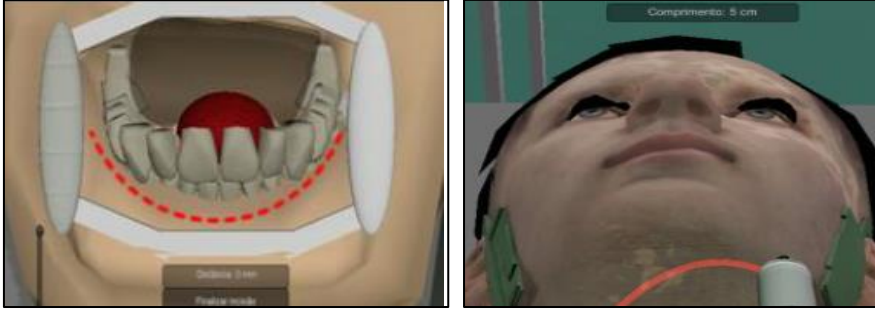
Sağlık alanında 2017 yılındaki bir çalışmada doktorların ciddi ameliyatlar öncesinde müdahale edecekleri bölgeleri üç boyutlu ortamda görmelerini sağlamak üzere, hastaların omurgaları üç boyutlu olarak modellenmiş ve bu model üstünde operasyon öncesi cerrahlar tarafından uygun planlarının yapılması amaçlanmıştır (Aydın, Kaya, Hüsemoglu ve Arslantaş, 2017).

Sanal gerçeklik ile birlikte Matlab programı kullanılmak suretiyle oluşturulan test ortamlarında 2016 yılında yapılan bir çalışmada, göğüs cerrahisi bölümünde yer alan cihazların kullanılması kuvvet, hız ve tork bilgilerinin ölçümlemesi ve test edilmesine yönelik bir çalışma yapılmıştır (Almusawi, Dülger ve Kapucu, 2016).

Günümüzde sanal gerçeklik ile mobil teknolojilerin eşlenik çalışması sağlık sektöründe bazı hastalıkların tedavi veya erken evrelerde tespit edilmesi maksadıyla kullanılabilmektedir. Örneğin sanal gerçeklik ile rehabilitasyon veya eğitim teknolojileri kullanılabilmekte veyahut hastalar akıllı telefonlardan faydalanmak suretiyle uygulamalara bağlantı kurarak hastaneye gitmeden sağlık durumlarını kontrol edebilmektedirler (Demirci, 2018).

Kullanıcıların klinik ekipmanlarına aşina olmalarını sağlayan, farklı ameliyatlarındaki teçhizatı kullanmalarını amaç edinen bir sanal gerçeklik (Maya yazılımı ile) uygulaması 2015 yılında hazırlanmıştır (Juanes, Gómez, Peguero, Lagándara ve Ruisoto, 2015).

Bu çalışmaların içerisinde ana amacın ve hedeflerinin belirlenmesi, eğitim yeterlilikleri, cerrahi müdahalenin benzetilmesi, bireysel ve birlikte yapılacak görevler, hatanın olasılığı vb. unsurlar dikkate alınarak bir cerrahi uygulama oluşturulmuştur (Paiva, Machado ve Batista, 2015).



Resim 2.36. Örnek cerrahi uygulama

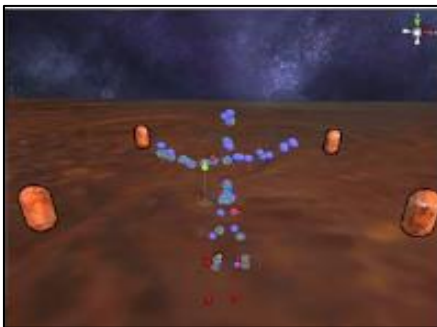
## 2.12. Diğer Teknolojiler

Ayrıca bu teknolojiler ile birlikte kullanılan başka teknolojiler de bulunmaktadır. Kullanıcılar tarafından genellikle sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik kavramları karıştırılabilmektedir.

Artırılmış gerçeklikte genellikle sanal ve gerçek nesnelerin gerçek bir ortamda birleştirirler. Bu anlamda sanal gerçeklikle ayrılmaktadır. Artırılmış gerçeklik bu işlemi etkileşimli ve eş zamanlı olarak yerine getirmektedir (Özgüneş ve Bozok, 2017).

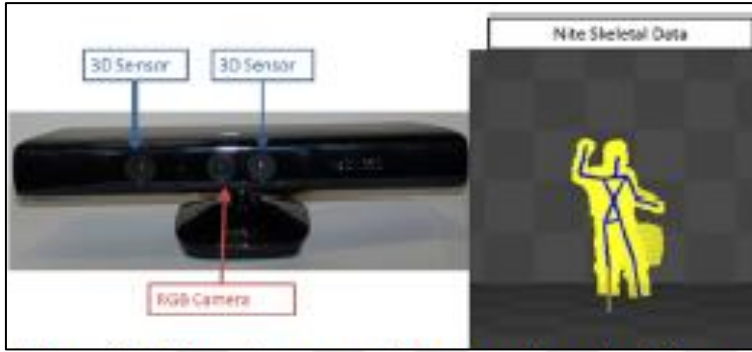
Sanal gerçeklik gibi artırılmış gerçekliğin de kendi içerisinde türleri bulunmaktadır. Aynı zamanda benzer şekilde Unity oyun motoru içerisinde artırılmış gerçeklik uygulamaları hazırlanabilmektedir (Kaleci, Demirel ve Akkuş, 2015).

Benzer alanda yapılan çalışmalarda kullanılan diğer bir teknoloji hareket yakalama kameralarının kullanılmasıdır. Bu kameralar sayesinde insan hareketleri eş zamanlı olarak sanal dünyaya aktarılabilmektedir (Williamson, LaViola Jr., Roberts ve Garrity, 2012).



Resim 2.37. Kinect kamera ile hareket yakalama

Bu kameralar kullanılmak suretiyle askeri alanda yapılan çalışmalar bulunmaktadır. 2011 yılında yapılan çalışmanın içerisinde indirilmiş olarak hareket eden askerler bu kameralar sayesinde eş zamanlı olarak çömelme, koşma, zıplama veya nişan alma gibi aktiviteleri gerektiğinde ek teçhizat kullanarak yerine getirebilmektedirler (Williamson, Wingrave, Roberts ve Garrity, 2011).



Resim 2.38. Kinect kamera ile hareket yakalama-2

Ayrıca bu kameralar sağlık alanlarda da kullanılmaktadır. Örneğin fizik tedaviye ihtiyacı duyan hastaların birtakım hareketleri yapmaya istekli hale getirecek bir uygulama denetlenmiş, bu sayede hastaların hareket etmeleri ve uygulamanın tedavi maksatlı kullanılması amaçlanmıştır (Erdoğan ve Ekenel, 2015).

### 2.13. Değerlendirme

Yapılan bu literatür çalışması neticesinde ciddi oyun ve sanal gerçeklik uygulamalarının birçok alana yayıldığı, son yıllarda artan bir sıklıkla kullanıldığı ortaya konulmuştur. Özellikle bu tarz teknoloji ve teçhizatın kullanıcılar tarafından kolaylıkla ulaşılabilir olmasından sonra, bu alanda yapılan çalışmaların giderek arttığı ve çeşitlilik gösterdiği görülmektedir.

Yapılan çalışmalar değerlendirildiğinde, bu çalışmanın içerisinde oluşturulacak olan ciddi oyun ve sanal gerçeklik uygulamasının genellikle bir bölümüne yönelik uygulamaların gerçekleştirildiği görülmektedir. Ayrıca bu çalışmalarda ortaya konan metodun detayına edilmeksizin mevcut programlar kullanılmak suretiyle genellikle sonucun açıklandığı görülmektedir. Bu sebeple, çalışmanın içerisinde kullanılacak yöntemlerin, en azından bir kez kullanıcı veya okuyucuya anlatılmasının ve bir örnek ile gösterilmesinin uygun olacağı

değerlendirilmiştir. Buradaki amaç tutulacak uygulama içerisindeki tüm nesne obje veya yöntemlerin tek tek gösterilmesi değil, bunun yerine üzerinde durulmasının önemli olduğu değerlendirilen yöntemlerin bizzat ortaya konulmasıdır.

Diğer bir yandan bu çalışmanın üzerinde duracağı diğer bir husus da uygulamanın başından sonuna kadar yekpare bir anlatım ve konu bütünlüğü içermesi olacaktır. Çünkü yukarıda bahsedildiği üzere literatürde yer alan çalışmaların tamamına yakını, uygulamaların sadece belirli bir kısmını konu edinmektedir.

Son olarak değerlendirilen diğer bir husus uygulama içerisinde karşılaşılabilecek durumun ne şekilde çözümlenecek ve bu kapsamda literatüre nasıl bir katkı yapacağını belirlenmesi olup, çalışma içerisinde bu konuya katkı sağlanacağı değerlendirilmektedir.



### 3. EL YAPIMI PATLAYICILARLA MÜCADELE

Bu bölümde öncelikle karışıklığa neden olabilecek mayın ve El Yapımı Patlayıcılar (EYP) arasındaki farktan bahsetmek önem arz etmektedir. Mayın daha çok düzenli orduların kullandığı, fabrikasyon üretime sahiptir. Mayınlar başlatıcı sistem, fûnye, yemleme, ana imla hakkı, dış kap unsurlarından oluşan standart patlayıcılardır. Daha çok muharebe sahasında taktiksel amaçla kullanılmaktadır. Mayınlar zaman zaman terör unsurlarınca da kullanılsalar da teminin zor olması nedeniyle pek tercih edilmemektedir.

EYP ise, adından da anlaşılacağı gibi el yapımı olup, herhangi bir standardizasyona sahip değildir. Teröristler tarafından mevcut imkanlar dahilinde üretilirler. Mayına benzer şekilde; Anahtar Sistemi, Akım Kaynağı, Başlatıcı, Patlayıcı Madde, Dış Kap unsurlarından oluşmaktadırlar. EYP'ler imalatı ve malzemesinin temini kolay olması, boyut ve şeklinde durum ve araziye göre kolaylıkla değişiklik yapılabilmesi gibi nedenlerden dolayı günümüzde sıklıkla kullanılmaktadır. Bu kapsamda El Yapımı Patlayıcılar değerlendirildiğinde;

- Teröristler için zayıf riskini minimize etmektedir
- Az sayıda militana ihtiyaç duymaktadır.
- Irak ve Suriye gibi çatışma yaşanan alanlarda EYP yapımında kullanılan malzemelere erişimi kolay ve az maliyetlidir.
- Hem görev yapan unsurların hem de kamuoyunun üzerinde psikolojik bir etkiye sahiptir.
- Bölgede görev yapan birliklerin ilerleyişlerini yavaşlatmaktadır (Kasapoğlu, 2018).

#### 3.1. El Yapımı Patlayıcılara Yönelik Genel Hususlar

El Yapımı Patlayıcıların tarih sahnesine 17. yüzyıldan itibaren çıktığı söylene de 1950'li yıllardan itibaren özellikle düşük yoğunluklu çatışmalarda önemli bir yer tutmuşlardır. Kara mayınları da benzer şekilde, İkinci Dünya Savaşı'ndan 1990'lara kadar askeri önemlerini korumuşlardır. 2000'li yıllar itibarıyla Irak ve Afganistan'da gerek kullanım sıklığı gerekse verilen zayıflar nedeniyle el yapımı patlayıcılar çözüm gerektiren oldukça önemli bir konu olmuştur (Kasapoğlu, 2018).

Özellikle 2000 ve 2015 yılları arasında Amerika Birleşik Devletleri'nin Afganistan'da gerçekleştirdiği harekât esnasında karşılaştığı el yapımı patlayıcılar problemi üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Aynı zamanda bu harekât esnasında karşılaşılan zayıatın önemli bir bölümü el yapımı patlayıcılar kaynaklanmaktadır. Bu kapsamda 2015 yılında yapılan bir çalışmada 2001-2014 tarihleri arasında yaşanan olaylara yönelik toplam zayıat ve zayıat yüzdesi aşağıda gösterilmiştir (Bingöl, 2015).

Çizelge 3.1. Afganistan'da EYP saldırılarında ABD kayıplarının yıllara göre dağılımı

YIL	EYP Zayıatı	Toplam Zayıat	Zayıat Yüzdesi
2001	0	4	0.00
2002	4	25	16.00
2003	3	26	11.54
2004	12	27	44.44
2005	20	73	27.40
2006	41	130	31.54
2007	78	184	42.39
2008	152	263	57.79
2009	275	451	60.98
2010	368	630	58.41
2011	252	492	51.22
2012	132	312	42.31
2013	52	118	44.07
2014	12	47	25.53

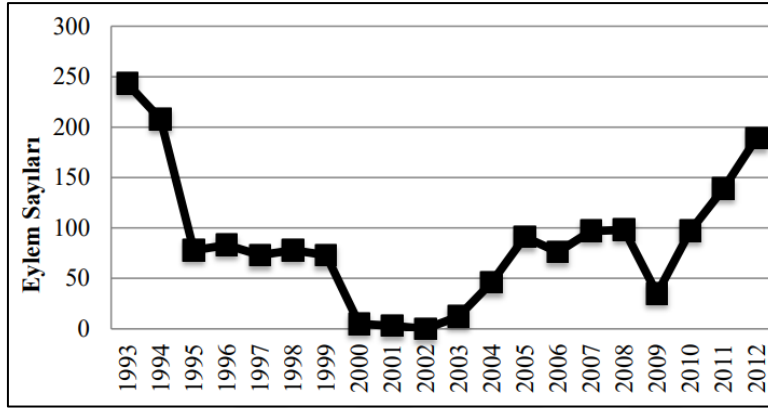
Türkiye Cumhuriyeti'nde 1990'lı yıllardan günümüze gerçekleşen terör olayları ile meydana gelen eylemler içerisinde EYP ve mayınların oranının belirlenmesi, yapılan çalışmanın alt yapısının oluşturulmasında önemli bir husustur. Bu kapsamda 2016 yılında medyada yer alan bilgilerden faydalanılarak yapılan bir diğer çalışmada, terörizm kapsamında köy baskını, üs bölgesi saldırısı, karakol baskını, el yapımı patlayıcı vb. olaylar istatistiksel olarak yer almıştır (Cantenar ve Tümlü, 2016).

Çizelge 3.2. PKK terör örgütünün eylemleri (1993-2012)

Eylemler	Eylem Sayısı	Eylem Yüzdesi (%)	Şehit Güvenlik Görevlisi	Yaralı Güvenlik Görevlisi	Toplam Zayıat Sayısı	Eylem Zayıat Ortalaması
Köy Baskını	165	9,57	0	3	3	0,018
Karakol/Üs Bölgesine Saldırı	148	8,58	604	473	1077	7,27
Pusu	375	21,75	587	631	1218	3,24
Taciz	198	11,48	11	42	53	0,26
Mayın/EYP Kullanma	353	20,47	342	546	888	2,51
Bombalı Saldırı	62	3,59	14	92	106	1,71
Yol Kesme	140	8,12	40	9	49	0,35
Adam Kaçırma	138	8,00	13	43	56	0,40
Canlı Bomba	25	1,45	0	11	11	0,44
Sabotaj	120	6,96	1	0	1	0,008
TOPLAM	1724	100	1603	1817	3420	1,98

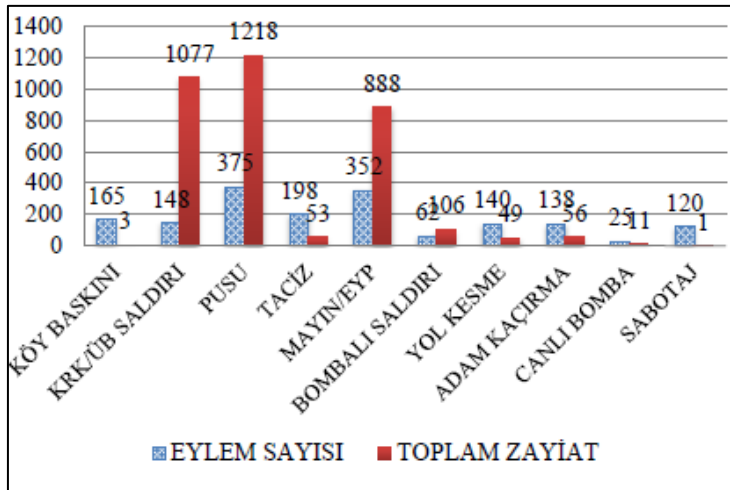


1990'lı yıllarda terör örgütü tarafından köy baskını üs bölgesi saldırıları, pusu, yol kesme ve adam kaçırmaya gibi eylemler sıklıkla yapılırken ilerleyen zaman ve gelişen teknoloji ile birlikte bu eylemler yerlerini daha çok el yapımı patlayıcı ve canlı bomba eylemlerine bıraktığı tespit edilmiştir (Cantenar ve Tümlü, 2016). Aşağıda yıllara sâri olarak PKK terör örgütünün eylem sayıları gösterilmiştir.



Resim 3.1. PKK eylem sayıları

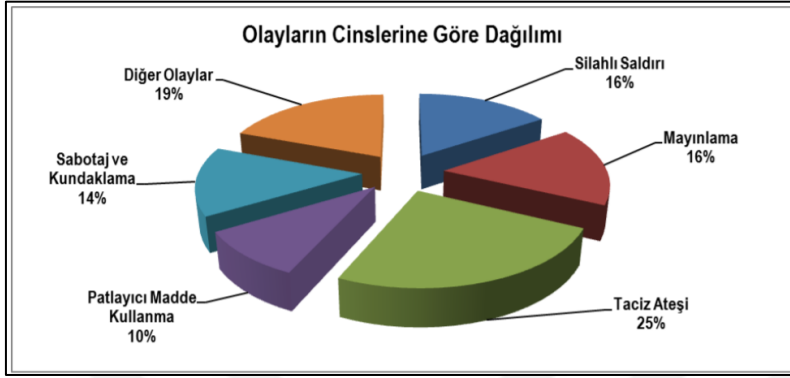
Ayrıca aynı süre zarfında yer alan veriler incelendiğinde mayın ve EYP saldırılarının diğer saldırılara saldırılar ile karşılaştırılması sonucu, zayıyatın yüksek bir oranda gerçekleştiği görülmektedir (Cantenar ve Tümlü, 2016).



Resim 3.2. Eylem sayısı / toplam zayıyat

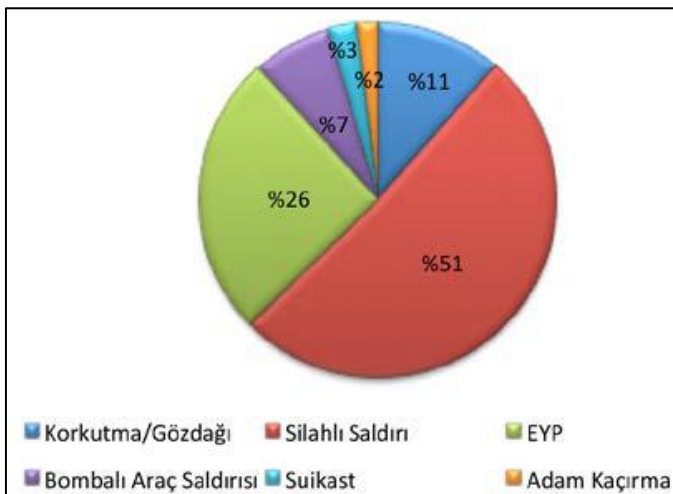
Özellikle PKK terör örgütü ile birlikte 2000'li yılların başlarından itibaren artan sayıda el yapımı patlayıcı eylemleri gerçekleştirmektedir. Mayın, taciz ateşi, patlayıcı madde

kullanımı, sabotaj kundaklama ve silahlı saldırı gibi birçok eylem değerlendirildiğinde örgütünün yaklaşık %81 oranında eylemlerinde silah veya patlayıcı madde kullandığı 2016 yılında yapılan bir çalışma ile ortaya konulmuştur (Karamanoğlu, 2016).



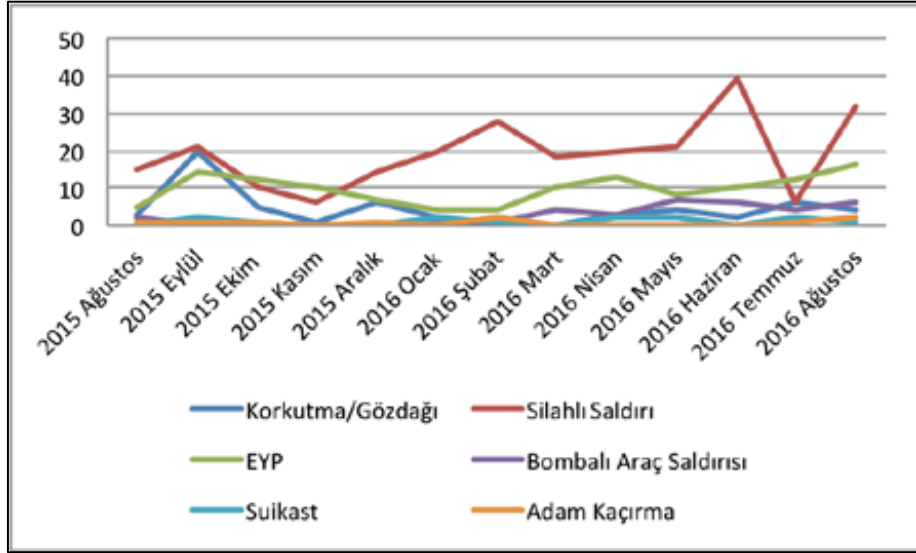
Resim 3.3. Olayların cinslerine göre dağılım

Diğer bir yandan 2015 yılı itibariyle terör örgütleri eylemlerinde bazı değişikliklere giderek bombalı araç ve intihar saldırıları yöntemlerini denemeye başlamıştır. Özellikle 2015 ve 2016 yılları arasında terör örgütleri tarafından gerçekleştirilen yaklaşık 500 eylem içerisinde 35 adet bombalı araç saldırısı yer almaktadır. Bu tarz eylemler oldukça yüksek sayıda zayıyata neden olduğu gibi birçok masum insanı ölümüne veya yaralanmasına neden olabilmektedir. Bu kapsamda 2015-2016 yılları arasında gerçekleşen bombalı araç saldırılarını konu alan çalışmada yer alan tablo ve şekillere aşağıda yer verilmiştir. (Özçelik, 2016).



Resim 3.4. Olay cinslerine göre dağılım - 2

Bu veriler ile saldırıların aylara sâri olarak ne şekilde değiştiği görülebilmektedir. Bu anlamda EYP saldırılarının sürekli olarak yüksek miktar ve sıklıkla kullanıldığı ifade edilebilir.



Resim 3.5. Olay cinslerine göre dağılımı - 3

Terör örgütlerince 2 Ağustos 2015 ile 25 Ağustos 2016 tarihleri arasında, toplamda 35 bombalı araç saldırısı gerçekleştirmiştir. 2016 yılında yapılan çalışmada saldırı lokasyonları, saldırı zamanlamaları ve saldırıda kullanılan patlayıcı madde türlerine yer verilmiştir (Özçelik, 2016).



Resim 3.6. Bombalı araç eylemleri

Araştırmanın bu aşamasında Türkiye Cumhuriyeti'nin son yıllarda karşılaştığı mayın ve EYP tehdidi değerlendirilmiştir. Meydana gelen patlama olaylarının büyük bir çoğunluğu EYP vasıtasıyla gerçekleştirildiği görülmektedir. İlgili güvenlik birimleri tarafından yapılan operasyonlarda karşılaşılan el yapımı patlayıcı düzenek çeşitleri görülmektedir. Özellikle basma, uzaktan komutalı ve kombine düzeneklerde sayıların yüksek olduğu, ayrıca çeşitlendirilmiş diğer düzenek sayılarının ortalamanın üstünde olduğu görülmektedir.

Belirtilen yıllar arasında patlama olaylarının gerçekleştiği yerler arasında en fazla olayın gerçekleştiği bölgeler yollardır. Bu alanları bina ve tesis içerisindeki patlamaları ile yol üzerinde bulunan diğer unsurlardaki patlamalar takip etmektedir. Mevzilerde bu anlamda önemli sayıda olay meydana gelmektedir. Olayların gerçekleştiği yer ve görevlere bakıldığında kategorize edilmemiş değerler sayılmazsa motorlu intikaller ile operasyonlar ilk sırada yer almakta, bunu yol araması, arama tarama faaliyetleri ve üs bölgesi araması faaliyetler takip etmektedir.

Sonuç olarak el yapımı patlayıcılar 1990'lı yıllar itibariyle artan bir sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. Türkiye'de 2000'li yıllar itibariyle artan bir hızla eylemlerde kullanılan EYP zamanla çok farklı şekillerde kullanmışlardır. Terör örgütlerine zayıt vermeden avantaj sağlayan bu silah güvenlik unsurlarının moralini olumsuz şekilde etkilemektedir. Bu patlayıcıların zayıt vermeden tespit edilmesi ve etkisiz hale getirilmesi oldukça önemlidir. Bu kapsamda görev alan unsurların motive edilmesi ve iyi eğitilmesi gerekmektedir.

### **3.1.1. El yapımı patlayıcıların tanımı, bileşenleri ve özellikleri**

El yapımı patlayıcılar genel olarak ana patlayıcı madde, fünye, güç kaynağı, kap ve tetikleme mekanizmasından oluşmaktadır. Özellikle EYP'yi oluşturan bileşenlerin piyasadan kolaylıkla temin edilebilecek olan malzemeler olması çok kolay bir şekilde hazırlanmasına ve takibinin zor olmasına neden olmaktadır. Örneğin yukarıda bahsedilen parçalardan kap, tetikleme tertibatı veya güç kaynağı gibi unsurlar herhangi bir yapı malzemesi satan yerden satın alınabilirken, ana patlayıcı madde olarak tarımsal ve kimyasal ürünler kullanılabilir.

Sivil amaçlarla satılabilen ve EYP yapımında kullanılabilen en önemli malzemelerden biri amonyum nitrat içerikli gübrelerdir. Diğer yandan, amonyum nitratın istenilen imha şiddetine ulaşabilmesi için çok miktarda kullanılması gerekmektedir. Bu nedenle, tarımsal maksatla kullanılan amonyum nitrat veya amonyum nitrat bazlı birtakım gübrelerin satış ve hareketliliğinin izlenmesi oldukça önemlidir (Kasapoğlu, 2018).



Resim 3.7. El yapımı patlayıcı örneği

### 3.1.2. EYP tipleri

El yapımı patlayıcıları harekete geçme şekillerine göre sınıflandırmak mümkündür. Örneğin teröristler tarafından harekete geçirilen patlayıcılar, hedef tarafından harekete geçirilen patlayıcılar, zaman ayarlı patlayıcılar ve karma sistemler olarak ayrılabilirler. Bu sınıflandırmaya intihar bombacıları ve bombalı araç saldırıları da dahil edilebilir.

#### Terörist Tarafından Harekete Geçirilen El Yapımı Patlayıcılar:

##### *Telsiz Kontrollü El Yapımı Patlayıcılar:*

Telsiz kontrollü ateşleme veya harekete geçirme sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. EYP'leri ateşlemek amacıyla birçok farklı uzaktan komuta cihazı teröristlerce kullanılabilir. Örneğin araba kapısı, garaj kapısı açma sistemleri, araba alarmları, oyuncak uzaktan komuta

sistemleri, kablosuz zil, telefon ve alarmlar gibi farklı sistemler değiştirilerek kullanılmaktadır. Buna benzer radyo vb. sinyal yayan herhangi bir cihaz ateşleme sistemi olarak kullanılabilir. Teröristler zamanla bu tip ateşleme cihazlarını oluşturmada farklı teknolojiler (TOL sistemleri gibi) geliştirmiştir. Bu tip telsiz kontrollü EYP'ler, kablo kontrollü EYP'lere göre daha çabuk yerleştirilebilirler ve tespit edilmeleri oldukça güçtür (Caner, 2016).



Resim 3.8. Örnek telsiz kontrollü EYP ve tetikleme tertibatı

#### *Kablolu El Yapımı Patlayıcılar:*

Adından da anlaşılacağı gibi kablolu el yapımı patlayıcıların tetiklenmesi kablo vasıtasıyla gönderilen bir sinyal neticesinde gerçekleşmektedir. Burada teröristler tarafından kabloların çok iyi şekilde gizlenmesi ve tespit sistemleri dedektörler tarafından bulmaması için iyice gömülmesi gerekmektedir. Bu nedenle bu tip el yapımı patlayıcıların yerleştirilmesi uzun süre almaktadır. Bu dezavantajına karşın karıştırma ve baskılama sistemlerinden etkilenmeden tetikleme yapılabilir.





Resim 3.9. Kablolu EYP

Hedef Tarafından Harekete Geçirilen El Yapımı Patlayıcılar:

Terörist unsurlar tarafından harekete geçirilen el yapımı patlayıcılar olduğu gibi hedef tarafından harekete geçirebilen patlayıcılar da bulunmaktadır. Bu tip patlayıcılarda patlamayı başlatan hedefin yapmış olduğu bir harekettir. Örneğin itme, çekme, germe veya gergiden kurtulma ile basma gibi eylemler neticesinde el yapımı patlayıcılar ateşlenebilmektedir. Bu hareketler çoğaltılabilir. Genellikle mayınlarda olduğu gibi basma düzenekler ile çok sık karşılaşılabilmektedir. Özellikle meskûn mahallerde hazırlanan bubi tuzağı benzeri düzeneklerle bu patlayıcılar ateşlenmektedirler.



Resim 3.10. Örnek basma düzenek

### Zaman Ayarlı El Yapımı Patlayıcılar:

Patlayıcılarda kullanılan zamanlayıcılar teröristler tarafından emniyetli bölgeye çekilmek maksadıyla kullanılır. Ateşleme maksadıyla nadir olarak kullanılsa da teröristlerin ateşleme öncesi veya sonrası emniyetli bir mesafeye geçmeyi amaçlamaktadır. (Caner, 2016). Bu yöntemin başlatıcısı terörist veya hedef olabilmektedir.



Resim 3.11. Zaman ayarlı EYP örnekleri

### Karma Düzenekler:

Yukarıda ifade edilen düzenekleri kendi içerisinde gruplayarak veya birden fazla şekilde kullanarak yeni el yapımı patlayıcı düzenekleri elde etmek mümkündür. Bu tip düzeneklere karma düzenekler denilmektedir. Yani bir sistem içerisinde birden fazla sistemi harekete geçirecek mekanizma bulunur. Örneğin hedefin basma düzeneğe bastıktan sonra zaman ayarlı tertibatın çalışarak patlayıcıyı infilak ettirilmesi karma düzeneğe karşılık gelmektedir.

Şu ana kadar sayılan EYP çeşitlerine ek olarak son yıllarda sıklıkla karşılaşılan ve birçok terör örgütü tarafından sıklıkla kullanılan intihar saldırıları ile bomba yüklü araç ile saldırılar oldukça önemli bir konu haline gelmiştir. Bu kapsamda el yapımı patlayıcılar tanımı içerisinde bu konunun girebileceği değerlendirildiğinden konuya kısaca değinmenin uygun olacağı değerlendirilmiştir.

Görüldüğü üzere, çok geniş bir yelpazede icra edilebilen EYP eylemler özellikle tetikleme mekanizmaları ve patlayıcı maddeler kapsamında değişiklik göstermektedir. Daha önce



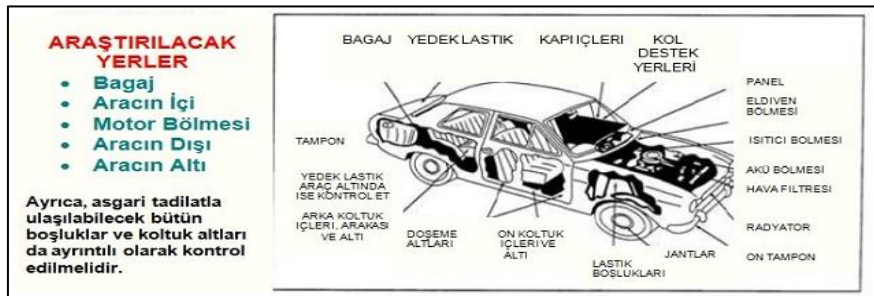
belirtildiği gibi, EYP yapımında birçok silah/mühimmatlar ile, ticari olarak satılabilen çeşitli malzemeler de kullanılabilir. Kullanılacak EYP tipi, genellikle, terör örgütü tarafından hedeflenen amaca ve hareket tarzlarına göre değişiklik göstermektedir (Kasapoğlu, 2018).

### İntihar Eylemcileri:

Bir intihar eylemcisi ortalama 20 kiloya kadar, ayrıca patlayıcı madde taşımakta kullanılan kemerler ile ortalama 5 kilo kadar patlayıcı taşıyabilmektedir. Bu ağırlıktaki patlayıcılar, saldırgan kişinin vücuduna gizlemek amacıyla uydurulmakta ve gizlenmektedir. Burada bir diğer önemli husus; parça etkili maddelerin patlayıcının içerisine katılmasıdır (Caner, 2016). Bu tür eylemlerde özellikle saldırganın önceden tespit edilememesi ve kalabalık noktalara nüfus ederek kendini imha etmesi ve çevresine zarar vermesi gibi muhtemel durumlar üstesinden zorlukla gelinebilen konulardır.

### Bomba Yüklü Araçlar:

Bomba yüklü araçlar hareketli veya sabit hedeflerde oldukça büyük ölümcül etkiler oluşturmaktadır. Özellikle bu tip araçlara müdahale eden birlik ve askerler ile giriş ve kontrol noktalarındaki görevli unsurların, bu tip eylemlere karşı hazırlıklı olmaları müdahale konusunda çok iyi eğitilmiş olmaları gerekmektedir. (Caner, 2016).



Resim 3.12. Araçlarda EYP gizleme yerleri

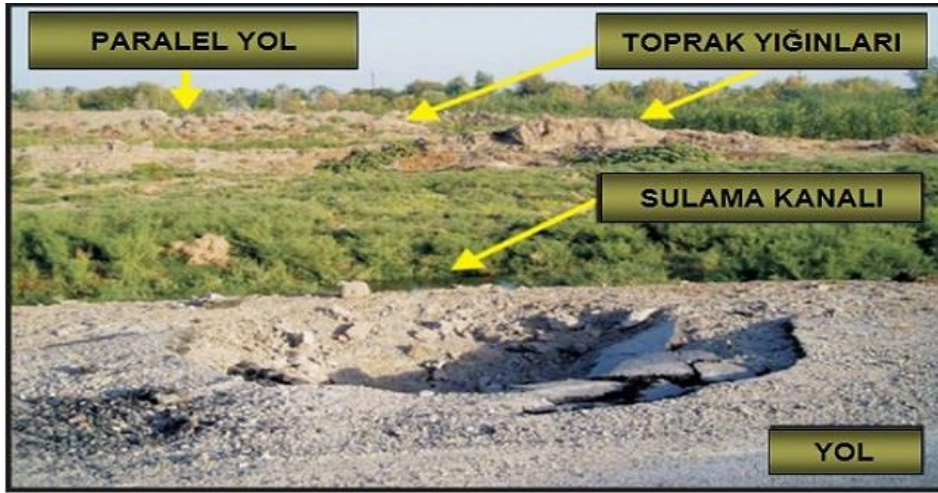
### **3.1.3. El yapımı patlayıcıların emareleri**

El yapımı patlayıcıları tespitinde kullanılan yöntemlerin en başında gözle tespit gelmektedir. Arazide ve meskûn mahalde görev alan başta patlayıcı maddeleri bulmakla görevli unsurlar

olmak üzere tüm personel göz ile el yapımı patlayıcıların emarelerini yani belirtilerini aramakla görevlidir. Gelişen teknolojiye rağmen tespit edilen EYP'lerin büyük bir çoğunluğu halen gözle tespit edilmektedir. Bu da gözle emare aramanın halen ne kadar önemli olduğunun bir göstergesidir. Bu kapsamda başta teröristlerin EYP'lerle nereleri tuzaklamış olduğu değerlendirilir ve bu noktalar dikkatle aranır. Çevrede olağandışı, çevreye uygun olmayan veya el yapımı patlayıcıların yapımında kullanılabilen herhangi bir unsur olup olmadığı kontrol edilir. Gözle arama yapılırken aynı zamanda çok dikkatli olunması gerekmektedir. Çünkü yapılacak en ufak bir hata personelin ölümü veya yaralanması ile sonuçlanabilmektedir. Bu nedenle personelin çok iyi derecede eğitilmesi ve arazideki el yapımı patlayıcı emarelerini yeterli seviyede tespit edebilmesi gerekmektedir.

Teröristlerin EYP'leri Yerleştirdiği Yerlerin Özellikleri: Standart bir EYP eyleminin icra edildiği belli başlı özellikleri aşağıdadır:

- Geçmişteki başarılı eylemler
- İyi ve korunaklı gözetleme mevziler
- Uygun bir kaçış yolları (Caner, 2016).



Resim 3.13. Örnek gözetleme noktası

EYP'lerin tespiti konusunda, tespit edilen emareler, teröristlerin EYP yerleştirdiğinin birer kanıtı olabilir. EYP ile mücadele aklın akıl ile savaşı şeklinde sürdürüldüğü için, üretilen EYP'nin ve eylemin türüne göre sınırsız sayıda emare örneği gösterilebilir.

Kazılmış çukurlar ve yoldaki yamaları, doldurulmuş çukurları ile yol kenarlarındaki dökülmüş toprak vb., yığınlar, terkedilmiş süsüyle yolda bırakılmış araçlar, engeller, yol kenarında terörist için nişan noktası olabilecek belirgin unsurlar (levha, direk, ağaç, menfez vb.) emare olarak sayılabilir. Buradaki genel amaç çevreye uyum göstermeyen unsurlar ile el yapımı patlayıcının hazırlanması esnasında kullanılan malzemeleri ve teröristlerce eylemi yapmayı kolaylaştıran arazideki unsurları tespit etmektedir. Bu kapsamda engeller, kırık dal parçaları, kablo, bant, kazıntı izleri, teröristlerin görebileceği işaretler, mayın arama detektörlerinin tespitini güçleştirecek yoğun metal içerikli noktalar, intikalin yavaşlayacağı değerlendirilen yer, kullanılması kaçınılmaz araziler, sürekli kullanılan patika ve yollar ile telsiz, karıştırma ve bastırma sistemleri gibi cihazların etkisiz kalabileceği alanlar kritik öneme sahiptir. Daha önce ifade edildiği gibi bu gibi örnekler arttırılabilir.

### **3.2. El Yapımı Patlayıcılarla Mücadele Süreci**

El yapımı patlayıcılar tüm kurum ve kuruluşlarca topyekûn mücadele edilmesi gereken bir konudur. Sadece patlayıcı maddenin bulunması esnasında değil, patlayıcı maddenin tuzaklanıncaya kadar geçen süre içerisinde planlamasından, tedarikine, hazırlanmasından yerleştirilmesine ve tespit edilmesine ne kadar geçen yaklaşık birkaç yıllık sürecin tüm ilgili devlet kademelerinin eş güdümü dahilinde dikkatle takip edilerek, kontrol altına alınması ve gerektiğinde müdahale edilmesi oldukça önemlidir. Bu kapsamda öncelikle belirtilen patlayıcılara karşı hangi birimlerin sorumlu olduğu, bu birimlerin yeteneklileri ve uyguladıkları teknikler ile EYP'nin araziye yerleştirtince kadar geçen süre içerisinde ne gibi önlemler alınarak önlenebileceği konusunun “Bilinmesi Gereken” prensibine uygun şekilde üzerinde durulacaktır. Ayrıca konuyla ilgili kanuni altyapının izah edilmesinin uygun olacağı değerlendirilmiştir.

#### **Denizlerde ve Yurt Yüzeyinde Görülen Patlayıcı Madde ve Şüpheli Cisimlere Uygulanacak Esaslara İlişkin Kanun**

24/2/2000 kabul tarihli ve 4536 numaralı “Denizlerde ve Yurt Yüzeyinde Görülen Patlayıcı Madde ve Şüpheli Cisimlere Uygulanacak Esaslara İlişkin Kanun” isimli kanun gereğince yurt yüzeyinde ve deniz sularında bulunan patlayıcı maddelere müdahale sorumluluğu TSK, EGM ve J.Gn.K.lığına verilmiştir. Bu kapsamda ilgili maddeler aşağıda sunulmuştur.

### *Amaç*

Madde 1 – Bu kanunun amacı; iç sularımızda, kara sularımızda, uluslararası hukuk kuralları uyarınca egemenlik ve denetimimiz altında bulunan deniz alanlarında ve bunları etkileyebilecek bir yerde veya yurt yüzeyinde görülecek yahut ele geçirilecek, patlayıcı madde ve şüpheli cisimlerin incelenmesine ve zararsız hale getirilmesine ilişkin esas ve usulleri düzenlemektir.

### *Kapsam*

Madde 2 – Bu kanun; iç sularımızda, kara sularımızda, uluslararası hukuk kuralları uyarınca egemenlik ve denetimimiz altında bulunan deniz alanlarında ve bunları etkileyebilecek bir yerde veya yurt yüzeyinde görülecek yahut ele geçirilecek, patlayıcı madde ve her türlü şüpheli cisimlerle, bu faaliyetlere katılacak kamu ve özel kurum ve kuruluşlar ile gerçek ve tüzel kişilere ait görev ve sorumlulukları kapsar.

### Yurt yüzeyinde görülen cisimlerin sorumluluğu

Madde 6 – Yurt yüzeyinde görülen veya bulunan patlayıcı maddeleri, şüpheli cisimleri gören veya bulan kişiler tarafından, bizzat ya da en uygun haberleşme vasıtası ile en yakın mülki makama haber verilir. Bildirilen patlayıcı madde ve şüpheli cisimler, İçişleri Bakanlığı yetkili ekiplerince incelenir ve zararsız hale getirilir

### Müdahale yetkisi

Madde 7 – Kara, Deniz ve Hava Kuvvetleri Komutanlıklarına ait tesislerde veya sorumluluğundaki arazi ve atış sahalarında bulunan her türlü patlayıcı madde ve şüpheli cisimlere, ilgili kuvvet komutanlığı yetkili ekiplerince gerekli müdahale yapılır.

Jandarma Genel Komutanlığına ait tesislerde veya sorumluluğundaki arazi, bölge ve atış sahalarında bulunan her türlü patlayıcı madde ve şüpheli cisimlere, Jandarma Genel Komutanlığının yetkili ekiplerince gerekli müdahale yapılır.

Emniyet Genel Müdürlüğüne ait tesislerde veya sorumluluğundaki arazi, bölge ve atış sahalarında bulunan her türlü patlayıcı madde ve şüpheli cisimlere, Emniyet Genel Müdürlüğünün yetkili ekiplerince gerekli müdahale yapılır. Patlayıcı madde ve şüpheli cisimlerin yetkili birimlerce müdahale edilinceye kadar geçen süre içinde bulundukları şekliyle korunması için gerekli çevre güvenlik tedbirleri, ilk bilgiyi alan askeri ve mülki makamlarca alınır.” (Kanun, 2020)

İlgili kanun gereğince çeşitli kurumlara verilen mücadele görevi bir eşgüdüm ile yerine getirilmelidir. Ayrıca bu mücadele sadece EYP'nin yerinde tespit ve imha edilmesi şeklinde düşünmemeli, patlayıcı maddenin tüm tedarik zincirinin ortadan kaldırılması hedeflenmelidir. Bu kapsamda EYP ile mücadele başta, EYP ağının bertaraf edilmesi olmak üzere ilgili birimlerin eğitim ve teçhizatlarının geliştirilmesi ve son olarak el yapımı patlayıcının tespit edilip edilerek imha edilmesi konularını ihtiva eder.

EYP tehdidini bertaraf etmek için, devlet düzeyinde aktörlerin terörle mücadelesi ve bu bağlamda EYP ile mücadele stratejinin geliştirilmesi gerekmektedir. EYP tehdidine karşı koyma stratejileri üç temel esasa dayanmaktadır (Kasapoğlu, 2018).

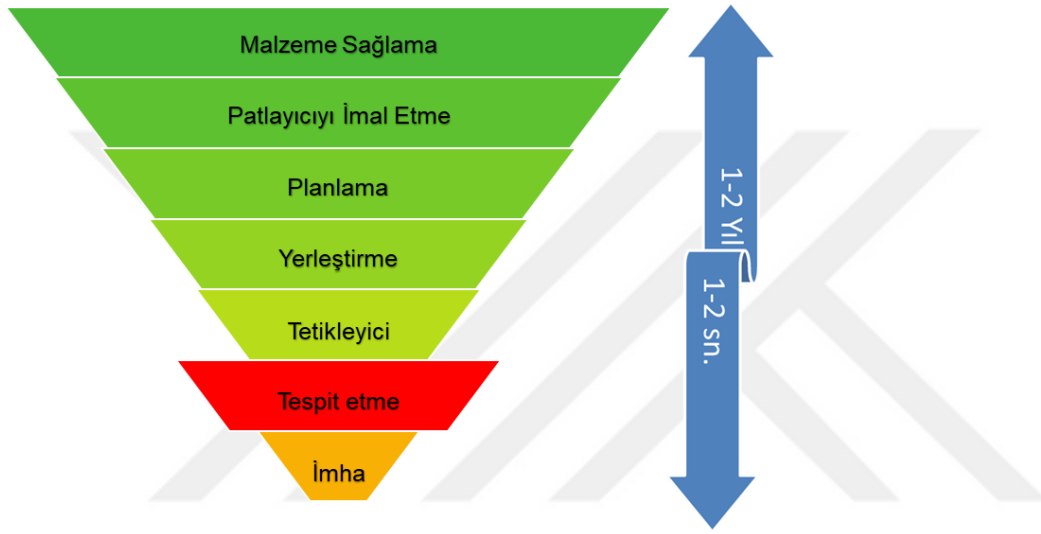


Resim 3.14. EYP ile mücadele süreci

### 3.2.1. EYP ağının bertaraf edilmesi

Bu çalışmada EYP ile mücadele sürecinin belirli bir kısmı üzerinde yoğunlaşacak olsa da genel olarak. EYP ile mücadele süreci: Malzeme Sağlama (Yaklaşık 1 yıl), İmal Etme (Yaklaşık 2-3 ay), Planlama (Yaklaşık 1 ay), Yerleştirici faaliyetleri (yaklaşık 1 hafta), Tetikleyici ve İş Birlikçilerin faaliyetleri (Yaklaşık 1-2 gün) ve Tespit etme ile İmha (son birkaç saat veya dakika) aşamalarından meydana geldiği ifade edilebilir.

Bu süreç içerisinde istihbarat, emniyet ve diğer kamu kurum ve kuruluşlarının farklı yer ve zamanda görev ve sorumlulukları bulunmaktadır. Ancak çalışmanın içeriğinde süreç içerisindeki tespit etme aşamasına odaklanılacaktır. Aslında diğer aşamalarda alınabilecek basit tedbirlerle çok daha etkin sonuçlar alınabileceksen, ne yazık ki mevcut konjonktürel durum ilgili savunma unsurlarının bu sürecin son iki basamağındaki, en tehlikeli durum ile karşı karşıya kalınmasını zorunlu hale getirmektedir.



Şekil 3.1. EYP ile mücadele süreci

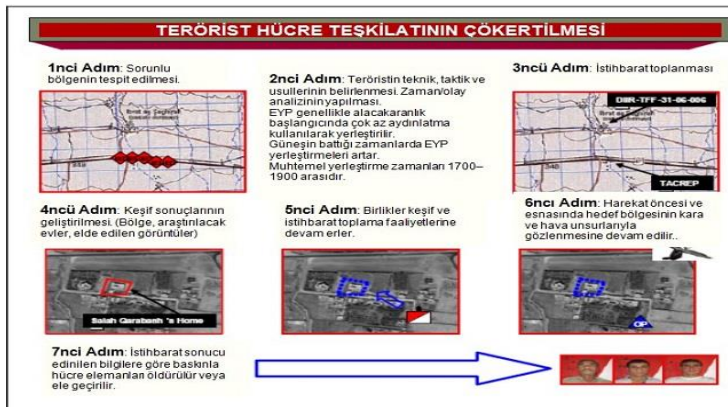
Bu nedenle bu aşamalara karşı çok dikkatli hazırlanılmalıdır ki, aksi halde meydana gelen olaylar ciddi oranda sivil/asker kayıpları ile sonuçlanabilmektedir. İlgili kurumlar bu kapsamda eğitim, teçhizat alımı, teşkilat yapılanması ve yasal mevzuat gibi alanlarda elinden gelen adımları atmaya çalışmaktadır. El yapımı patlayıcının bertaraf edilmesi yani patlayıcı malzemeyi sağlayan unsurların tespit edilip etkisiz hale getirilmesi, patlayıcı imal eden unsurların yakalanması, planlayıcı, yerleştirici ve tetikleyici gibi işbirlikçilerin eylem öncesinde tespit edilerek etkisiz hale getirilmesini kapsamaktadır. Bu aşamalar içişlerine bağlı ilgili kurumların yüksek seviyede iş birliğine ihtiyaç duyulur. Gerek emniyet gerekse Jandarma tarafından takip edilmesi gereken yasal işlemler olduğu gibi aynı zamanda bu malzemeleri üretilmesi tedarik ve takibinde dikkat edilmesi gereken hususlar mevcuttur. Bu kapsamda patlayıcı maddelere dönüştürülebilen maddelerin yurt içindeki trafiğı dikkatle takip edilmelidir.

Yukarıda aktarılanlara ek olarak, yurt dışında yaşanan olaylar da (Irak ve Suriye'deki gibi merkezi otoritedeki zafiyetler) EYP'ye karşı mücadeleyi son derece olumsuz etkilemektedir. Terör örgütlerince kontrol dışı patlayıcı madde ve mühimmata ulaşması kolaylaşmıştır. (Kasapoğlu, 2018).

EYP ile eylem yapması planlanan örgütler genellikle hücre yapılanması tipinde yapılanmaktadır. Belirtilen hücreler genellikle 6 ila 8 kişiden oluşmakta olup, herhangi bir yerleşik yapılanma içinde değildirler. İlgili eylem için geçici olarak bir araya gelip eylemi müteakip hücreler söndürülebilirler. Ayrıca bu hücreler gerektiğinde yerlerini hızla değiştirmektedir (Caner, 2016).

Bu ciddi ve karmaşık yapılanmaya karşı, devletin çeşitli organları arasında ve gerektiğinde uluslararası iş birliğine dayanan bir "EYP ağı"na ihtiyaç duymaktadır. Terör eylemleri, sadece gerçekleştikleri andan değil, öncesi ve sonrası olan karmaşık bir döngüye sahiptir. Ayrıca bu döngü birçok kaynak ve vasıta ile desteklenmektedir. Bu sebeple EYP ile mücadeleye patlayıcı henüz yerleştirilmeden çok daha öncesinde başlanmalıdır. Bu kapsamda EYP ağının bertaraf edilmesi ile ilgili bazı önemli hususlar aşağıda aktarılmıştır:

1. Terör örgütünün EYP yapımında kullandığı malzemelerin temininin engellenmesi,
2. Örgütün hareket kabiliyetinin sınırlandırılması,
3. EYP yapımında kullanılabilen yasal malzemelerin trafik ve dolaşımının takibi,
4. Terör örgütünün taktik ve tercihlerinin analizi,
5. İnsan ve teknik istihbarat ile teröristlerin takip edilmesi,
6. EYP imalatı için kullanılabilen mühimmatın izlenmesi
7. Sınır güvenliğinin korunması (Kasapoğlu, 2018)



Resim 3.15. Terörist hücre teşkilatının çökertilmesi



Yukarıdaki yer alan bilgi ve maddelerin değerlendirilmesi ile, EYP ağının bertaraf edilmesi, askeri, emniyet ve istihbarat birimlerin koordinesini, bilimsel yöntemlerin esas almasını ve kurumlar-arası güçlü iş birliğini zorunlu kılmaktadır. (Kasapoğlu, 2018).

### 3.2.2. Hazırlık seviyesinin yükseltilmesi

İfade edilen bu çerçeve kapsamında ilgili kurum ve kuruluşların önlenmesi mümkün olmayan el yapımı patlayıcı tehdidine karşı hazırlıklı olmaları gerekmektedir. Bu nedenle barış zamanından itibaren eylemin gerçekleşeceği ana kadar ilgili kurum ve unsurların eğitim seviyelerinin yükseltilmesi teşkilatlanmasının gerçekleştirilmesi ve ilgili teçhizat ile donatılması oldukça önemli hususlardır. Bu kapsamda bu bölümde ilgili unsurların kullanmış olduğu teşkilat ve teçhizat ile almış oldukları eğitimlerden bilinmesi gereken prensibine göre bahsedilecektir.

#### EYP'nin Tespiti ve Etkisiz Hale Getirilmesinde Kullanılan Teşkilat

El yapımı patlayıcı ya müdahale eden unsurlar kendi içerisinde kademelendirilmişlerdir. Almış oldukları eğitim ve kullanmış oldukları malzeme yönelik olarak patlayıcı maddeye farklı şekillerde müdahale etmektedirler. Örneğin en alt seviyelerde bulunan unsurlarda görevli bulunan personel EYP'yi gözle veya dedektörle sadece tespit etmek veya aramakla görevli iken, daha üst seviyelerdeki unsurlarda bulunan personel elde bulunan teçhizat ve alınan eğitime bağlı olarak EYP yerinde imha edebilir veya EYP'yi sökerek etkisiz hale getirilebilir.



Resim 3.16. EYP'ye mücadele eden farklı seviyelerdeki birimlere örnekler



### EYP'nin Tespiti ve Etkisiz Hale Getirilmesinde Kullanılan Teçhizat

EYP ile mücadelenin en zor ve tehlikeli kısmı EYP'nin tespit edilmesi aşamasıdır. Görülmesi ve tespit edilmesi çok zor olan bu tuzakların, ortaya çıkarılmasında en çok kullanılan teçhizat tüm dünya ordularında halen mayın detektörleridir. Genellikle metale karşı hassas olan bu detektörlerin kullanımı, alışılması ve birlikte hareket edilmesi pek kolay değildir. Zaten çok ergonomik olmayan bu sistemlerin, yorgun, dikkati dağınık askerler tarafından muharebe şartlarında kullanılması bazen kaçınılmazdır. Bu nedenle bu çalışma daha çok dedektör işletmenine faydalı olacak şekilde tasarlanmaktadır.



Resim 3.17. Örnek mayın dedektörü (Mesanas, 2020)

Diğer yandan EYP ile mücadele kapsamında ihtiyaç duyulan teçhizatın tedariki ve geliştirilmesine sürekli olarak devam edilmektedir. Halen müdahale eden timlerce dedektör ve mayın tespit sistemleri, karıştırma sistemleri, koruyucu elbise ve teçhizat, müdahale robotları, köpek timleri, ip setleri ve araca monte tespit ve temizleme sistemleri, mayın şişleri, işaretleme setleri gibi teçhizatı kullanmaya devam etmektedir. Çalışmanın içerisinde dedektör operatörünün kullanacağı başlıca temel teçhizat olan mayın dedektörü, mayın arama şişi ve işaretleme teçhizatı kullanacak ve “Bilinmesi Gereken” prensibine uygun olarak bu malzemelerin modellenmesi yapılacaktır.



Resim 3.18. Mayın şışı örneği (sdtsavunma, 2020)

### 3.2.3. EYP tespiti ve etkisiz hale getirilmesi

Bu çalışma içerisinde meydana getirilecek ciddi oyun uygulamasında bir mayın dedektör operatörünün nasıl arama yapacağı ve nasıl müdahale edeceği konusunda üzerine kurulduğundan el yapımı patlayıcıya tim bütünlüğü içerisinde nasıl müdahale edileceğinden ziyade bir personelin patlayıcıya nasıl yaklaşacağı anlatılacaktır. Bu anlatım içerisinde uygulamada gösterilecek hususlara yer verilecek ve bilinmesi gereken prensibi dışına çıkılmayacaktır. Ayrıca el yapımı patlayıcı emarelerine tespitine yönelik hazırlanacak olan sanal gerçeklik uygulamasında arazide görev alan tüm unsur personelinin yapması gereken bir görev icra edileceğinden ikinci uygulamada sadece emarelerin tespit edilmesi üzerinde durulacaktır.

Daha önce ifade edildiği gibi arazide bulunan unsurlar ilerleme ve intikal esnasında muhtemel EYP tehdidine karşı, arazide olağan dışı ve çevresiyle uyum halinde olmayan noktaları tespit etmeye, teröristler tarafından el yapımı patlayıcı döşenmiş olabilecek olan noktaları fark etmeye ve muhtemel terörist tetikleme noktalarının neresi olabileceğini değerlendirmeye çalışırlar. Tüm bu işlemler çok hassas ve dikkatli çalışmayı gerektirir.

Dedektör operatörleri bir yandan dedektör ile sinyalleri dinleyip bunları yorumlarken, diğer yandan yukarıda ifade edilen hususları takip etmeye devam eder. Herhangi bir şekilde bu emarelerden birisine rastlanırsa veya dedektör operatörü aldığı sinyali bir patlayıcı olarak değerlendirilirse bireysel ve tim olarak icra edilmesi gereken birtakım prosedürler vardır.

Ortalama bir dedektör operatörü yürüme hızıyla veya birliğin arazideki ilerleme hızı ile hareket etmektedir. Genellikle mayın dedektörleri yürüyüş hızından daha yavaş hızlarda etkin performans göstermektedir. Bu sebeple özellikle kritik nokta ve bölgelerde dedektör operatörünün yavaşlayarak arama yapması gerekir. Dedektörünü yaklaşık 1 kol açıklığı kadar mesafede sağa ve sola doğru tarama işlemi yaparak yerden yaklaşık 3-7 santim yukarıda arama faaliyeti icra edilmektedir. Faaliyet esnasında dedektörcü hem sinyali görsel olarak görmekte hem de ses olarak işitmektedir.

Şüphelenilen cismin EYP veya patlayıcı bir madde olup olmadığını ortaya çıkarmak maksadıyla; emniyetli mesafeden EYP'lerin emareleri incelenir. Bunlar daha önce ifade edilen emareler olabilir. Bu esnada arayan personel tarafından 5-25 m kontrol yöntemi uygulanmaktadır. Personel önce yakın çevresini (5m) müteakiben 25 metre içerisindeki alanı kontrol etmelidir. (Caner, 2016).



Resim 3.19. Dedektörle EYP arama işlemi (Türkiye Gazetesi, 2015)

Kulak hassasiyeti yerinde olan bir dedektör operatörü gelen sinyalin ne olduğunu kabaca tahmin edebilir. Bunu daha iyi anlamak için genellikle sinyalin geldiği bölge üzerinde farklı şekiller çizerek sinyalin sınırlarının çizilmesi sağlanır ve gömülü olan cismin ebatları veya derinliği anlaşılmasına çalışılır. Patlayıcı maddenin varlığı ile ilgili şüphe oluşması neticesinde personel eliyle veya mayın arama şişini veya diğer teçhizatı kullanmak suretiyle kesin bir şekilde, belirli bir mesafeden, sinyal kaynağının belirginleştirmeye çalışır. Bu esnada mümkün mertebe patlayıcıya ani hareketlerle yaklaşılmaz, talimatlara uygun şekilde hareket edilir. Görevin önceliğine göre patlayıcı belirginleştirilir, etkisiz hale getirilir veya yerinde imha edilebilir.



Resim 3.20. Şişle EYP arama işlemi (savunmahaber, 2020)

Yapılan değerlendirme sonucunda el yapımı patlayıcıya ait ciddi emareler tespit edilmesi durumunda el yapımı patlayıcılar ile mücadele eden timler yetkilerine göre müdahalede bulunurlar. Bu uygulamada patlayıcı maddenin merkezini bulması istenecektir. Kuvvetli bir emare veya tespit edilemeyen bir husus olması durumunda ilgili alan işaretlenip göreve devam edilecektir.

## 4. CİDDİ OYUN

### 4.1. Ciddi Oyun Kavramı

Literatür araştırmasında askeri konular, oyunlaştırma, ciddi oyun, sanal gerçeklik, oyun motorları ve modelleme ile bu uygulamaların kullanıldığı çeşitli alanlar ve eğitime yapmış olduğu katkılar konuları üzerine genel durum ifade edilmiştir. El yapımı patlayıcılar genel olarak üzerinde ciddiyetle durulması gereken disiplinler arası oldukça riskli bir konudur. Özellikle el yapımı patlayıcılara müdahale edecek veyahut bu patlayıcıları görevi gereği arazide arayacak personelin çok iyi seviyede bir eğitime tabi tutulması gerekmektedir.

Çeşitli kurum ve kuruluşlar tarafından verilen bu tarz eğitimler çok detaylı olsa da bu personel ve timlerin arazide veya gerçek bir olay esnasında nasıl davranması gerektiğini ortaya koyacak daha gerçekçi yaklaşımlara ihtiyaç duyulmaktadır. Özellikle gerçekçi eğitim senaryolarının ortaya konulması, uygun arazi ve çevre elemanlarının hazırlanması ve gelişen ve değişen teknoloji ile tehlike durumuna göre bu eğitimlerin güncellenmesi oldukça önemli ve dikkatle takip edilmesi gereken konulardır.

Bu kapsamda ciddi oyunların eğitime önemli ölçüde katkı sağlayabileceği değerlendirilmektedir. Ciddi oyunları normal dijital oyunlardan ayıran önemli özelliklerden biri çözüme ulaştırmaya çalıştığı konunun gerçek hayatta bir karşılığı önemli bir karşılığının olması ve normal eğitim safhalarının oldukça zor ve maliyetli olmasıdır.

Hali hazırda başta savunma sanayi olmak üzere birçok alanda yerli kaynaklar kullanılarak hazırlanan uygulamalar bulunmaktadır. Bu kapsamda milli imkanların kullanılarak hazırlanmakta olan bir kısım bazı ciddi oyun örneğine aşağıda yer verilmiştir (Ciddi Oyun Kataloğu, 2018).

1. Rehine Müzakeresi: 2012 Yılında rehine müzakere eğitimi maksatlı hazırlanmıştır ve 2013 yıllarında Polis Akademisinde denenmiştir.
2. Kol Harekâtında El Yapımı Patlayıcılar (EYP) ile Mücadele: 2015-2016 yılında EYP ile mücadele amacıyla dijital ciddi oyun olarak geliştirilmiştir. Aynı yıllarda Kara Harp Okulunda uzmanları tarafından test edilmiştir.
3. Sistem Mühendisliği Eğitimi: Robocraft oyununu temel alarak Sistem Mühendisliği

eğitimine destek olması amacı ile 2015 yılında bir eğitim destek uygulaması olarak geliştirilmiş ve Kara Harp Okulunda yer alan Enstitüsü Sistem Mühendisliği öğrencilerince test edilmiştir.

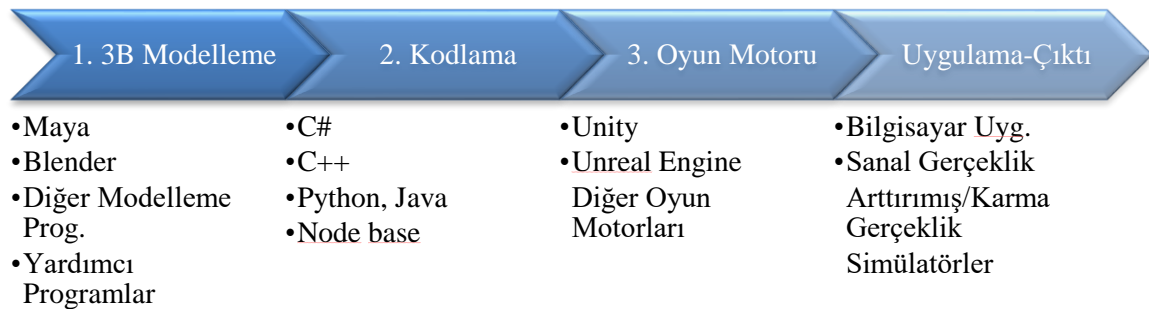
4. Koruma Eğitimi: araç arama ve toplu taşınma güvenliği için 2017 ve 2018 yılları içerisinde geliştirilmiş olup, Bilkent Üniversitesinde Özel Güvenlik Birimine verilen eğitimlerde denenmiştir.
5. Stratejik İletişim ve Bilgi Operasyonları Savaş Oyunu: Gn.Kur.Bşk.lığı Barış İçin Ortaklık Merkezinde 2017 ve 2018 yılları arasında farklı ülkelerden gelen subaylara stratejik iletişimi öğretmeye yönelik bir savaş oyunu denenmiştir. 2017 yılında ayrıca bu eğitime Afganistan Ordusundan Generaller de katılmıştır.
6. Basın Toplantısı Simülasyonu: mülteci yardımında görevli saha çalışanlarına yönelik 2017-2018 yılında bir medya eğitimi geliştirilmiştir.
7. Maliyet Analizi Eğitimi: Savunma Sanayii Müsteşarlığında çalışanlar için 2017 yılında maliyet analizi ciddi oyunu geliştirilmiş ve denenmiştir.
8. Entegre Lojistik Destek Eğitimi: MSB Savunma Sanayii ve Teknoloji Eğitim Merkezinde Entegre Lojistik Destek eğitimi kapsamında 2018 yılında geliştirilmiş ve denenmiştir.
9. Yakın Koruma Eğitimi: VIP Yakın Koruma Polis eğitiminde kullanılmak amacıyla 2015 yılında prototip geliştirilmiştir.
10. Politika Geliştirme Karar Ağları Eğitimi: Karmaşık etki ağı olan kararların görselleştirilmesi ve mantık motoru olarak da kullanılması için 2017 yılında tasarlanmıştır ve prototip aşamasındadır.
11. Lojistik Eğitimi: Ankara Lojistik Merkezi'nde lojistik şirketlerinde çalışanlara verilmek maksadıyla 2018 yılında geliştirilmiştir ve Prototip aşamasındadır.
12. Geleceğin Şehri Konsept Geliştirme Çalıştayı: Özel Sanayii ve Kamu katılımı ile gerçekleştirilen TBD Kamu-BİB'20 ve BİMY'25 etkinliklerinde geleceğin şehirleri analizine yönelik konsept üretme üzere geliştirilmekte olup, prototip aşamasındadır.
13. İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimi: İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimlerini daha eğlenceli hale ve motive edici getirmek amacıyla geliştirilmiş oyunlar olup, prototip aşamasındadır
14. Subay Eğitiminde Yabancı Dil Uygulaması: Rütbeli personelin kritik düşünme ve savaş oyunu becerisini geliştirmek ve yabancı dil öğrenimlerine katkı sağlamak amacıyla tasarlanmakta ve konsept aşamasındadır.
15. İnsan Kaynakları Eğitimi: İnsan Kaynaklarında görevli personelin eğitiminde kullanılmak üzere tasarlanmakta ve konsept aşamasındadır.

16. Hava Yolu Yönetimi Eğitimi: Sivili Havacılık Yüksekokulu öğrencilerinin hava yolu veya havaalanı yönetimine katkı sağlama üzere tasarlanmakta olup ve konsept aşamasındadır.
17. Muharebe Lojistik Eğitimi Savaş Oyunu: Entegre Lojistik Destek sistemlerinin meskûn mahal harbi içinde lojistik destek ihtiyaçlarını karşılanması amacıyla kullanım konseptinin analizi için tasarlanmaktadır ve konsept aşamasındadır.
18. Siber Güvenlik Ciddi Oyunu: SAS-129 Ciddi Oyun Araştırma Gurubunca NATO Bilim ve Teknoloji Organizasyonunda geliştirilmektedir. Siber güvenlik bileşenleri ile savaş alanına entegrasyonun öğretilmesi planlanmaktadır.

Gelişen teknoloji ve değişen tehdit durumu kıymetlendirildiğinde, bu çalışma içerisinde birden fazla uygulama yapılmasının uygun olacağı değerlendirilmiştir. Bunlardan birincisi ihtiyaç sahibi personelin herhangi bir ekstra teçhizat almaksızın bilgisayarları üzerinde kullanabilecekleri bir uygulamadır. Bu uygulamada personel dedektörü ile arazide çeşitli görevlerde patlayıcı madde araması yapacaktır. İkinci uygulama sanal gerçeklik uygulamasıdır. Bu uygulamada ciddi oyun uygulamasına ek olarak bir de sanal gerçeklik gözlüğünün kullanılması planlanmıştır. Bu uygulama içerisinde personel gözle bulunduğu arazide ve meskûn mahalde emare ve patlayıcı madde araması yapacaktır.

#### 4.2. Ciddi Oyun Hazırlama Süreci

Bahse konu olan çalışma dört sac ayağından oluşmaktadır. Bunlardan birinci ortamın modellenmesidir. Sanal dünyanın içerisinde yer alan, tüm eşya, cisim, yüzey vb. unsurların geometrik olarak modellenmesi gerekmektedir. Bunun yanında bu dünyada yer alacak fizik kurallarının (yer çekimi, yansıma, rüzgâr, sürtünme gibi.) oluşturulması gerekir. Bu kapsamda genelde üç boyutlu modelleme programları ve oyun motorları kullanılmaktadır.



Şekil 4.1. Ciddi oyun süreci basit gösterimi

Diğer bir unsur bu dünyada kullanılacak tüm etkileşimlerin kurallara bağlanması ve bu kapsamda kodlanmasıdır. Hareket, koşullar, teçhizat kullanımı gibi birçok unsurun sahne içerisinde nasıl davranacağını oyun objelerine aktarılması ya da bildirilmesi gerekmektedir.

Ayrıca bu model ve kuralların bir program vasıtasıyla yönetilmesi zorunluluğudur. Bu kapsamda oyun motoru adı verilen yazılımlar kullanılmaktadır. Burada modeller ve kodların atamaları ve ilişkileri biçimlendirilerek oyun hazırlanır.

Son olarak çıktının alınması için oyunun hangi platformda kullanılacağına karar verilir ve konuya yönelik gerekli iyileştirmeler yapılır.

#### **4.2.1. Yaklaşım**

Bahse konu iki uygulamanın hazırlanmasında Unity oyun motoru kullanılmakla beraber gerçekçi bir yaklaşım hedeflenmektedir. Bu maksatla yapılan çalışmanın standart bir oyundan ziyade hem bilimsel bir altyapıya dayanması hem de kullanıcıya farklı yetenekler kazandırılması amacıyla bazı yaklaşımlar denenmiştir.

Örneğin bilgisayar üzerinde kullanılacak olan dedektör operatörü ciddi oyun uygulamasında direktör operatörünün çevresindeki emarelere dikkat etmesi, tespit ettiği emare ve patlayıcı maddelere uygun şekilde yaklaşması ve bölgeyi emniyette bulundurması istenmektedir. Burada önemli bir husus patlayıcı madde veya emarelerin dedektörde nasıl sinyal vereceğinin modellenmesidir. İlerleyen bölümlerde de açıklanacağı üzere dedektörü vereceğini sinyal, kullanıcı, patlayıcı madde, dedektör ve arazinin özelliklerine göre değişiklik arz edebilir. Bu değişkenlerin özellikleri kullanılarak uygun bir model hazırlanması uygulamayı daha gerçekçi hale getirecektir.

Diğer bir yandan sanal gerçeklik uygulamasında ise, teknoloji ne kadar ilerlemiş olursa olsun, halihazırda bulunan patlayıcı maddelerin büyük bir kısmının gözle tespit edildiği değerlendirildiğinde, personelin sanal gerçeklik gözlüğünü takarak gözle emare araması ve emare ile patlayıcı maddelere uygun şekilde yaklaşarak işaretlemesi istenmektedir. Benzer bir model geliştirmeye yönelik durum da sanal gerçeklik gözlüğü için söylenebilir. Emare ve patlayıcıları aktif hale gelmeden işaretlemek için kullanıcının bir yöntem geliştirilmesi gerekmektedir.



#### 4.2.2. Algoritmalar

Bu çalışmanın hedefine direkt etki etmese de şu ana kadar geline aşamadan faydalanılarak hazırlanması planlanan bir karar destek sisteminden bahsedilebilir. Özellikle arazinin modellenmesinden sonra elde edilen eğim yükseklik ve uzunluk gibi verilen neticesinde arazide yaya olarak intikal edecek unsurların en kısa yolla hedeflerine nasıl gideceklerini gösteren bir uygulama yapılabileceği değerlendirilmiştir. Böylelikle personel kendisine uygun uzunluk yürüyüş hızı, geçilebilecek maksimum açıklık mesafesi, genişlik, eğim gibi değişkenleri sisteme girerek ve aynı zamanda arazide geçilmesi mümkün olmayan veya geçilmesi halinde personelin hızına etkileyebilecek alanların işaretlenmesi suretiyle bu karar destek sistemi etkin bir şekilde kullanılabilecektir. Bu kapsamda Unity içerisinde Navigation Mesh ile bir A yıldız algoritması oluşturulacaktır.

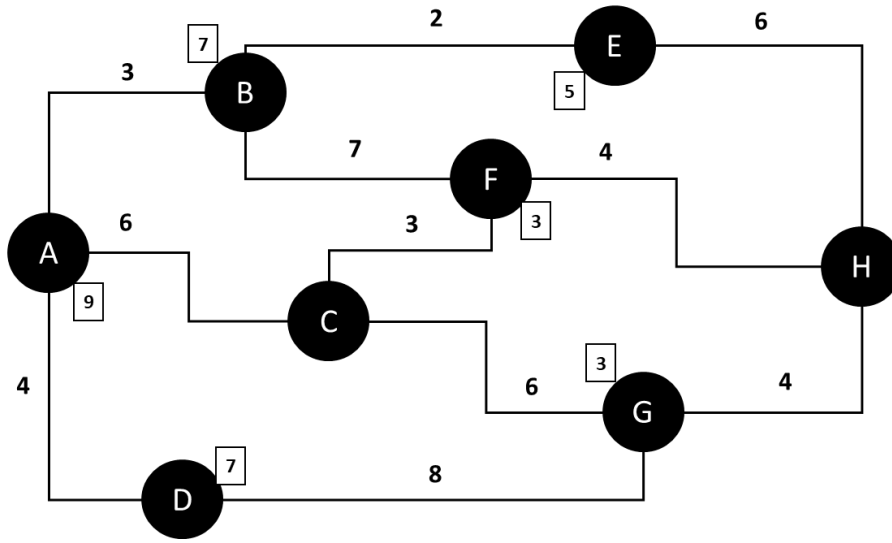
##### A Yıldız Algoritması

Bu uygulama içerisinde karşılaşılan problemlerin bir kısmı yapay zekâ uygulamaları ile çözülebilmektedir. Bu alanlardan bir tanesi iki nokta arasındaki en kısa yolu bulmaya çalışan problemlerdir. Bu problemlere genellikle “En Kısa Yol veya Patika Bulma Problemleri” denilmektedir. Bu kapsamda bir objenin sahne içerisinde istenilen bir noktaya gitmesi, engellerin etrafından dolaşması ve güzergahların maliyetlerini değerlendirerek en düşük maliyetli güzergahtan otonom olarak ilerlemesi istenebilir. A\* (A Star) algoritması bu maksatla kullanılan algoritmalarından birisidir ve Unity tarafından bazı yapay zekâ uygulamalarında kullanılmaktadır. Bu algoritmanın uygulamasının açıklandığı birçok kaynak literatürde erişilebilir durumdadır.

A yıldız uygulamasının genellikle kullanım yerleri (Can, 2019):

- Yol bulma problemleri,
- Oyunlarda karakterin hedefe doğru izleyeceği güzergahın tespiti,
- Gezgin satıcı problemi çözümü,
- Labirentten en kısa çıkış bulma olarak sayılabilir.

A\* algortimasında “Graph”lar kullanılmaktadır. Bu gösterim şekli ile graph’lar tek veya çift yönlü ve ağırlıklandırılmış olabilmektedir. Bazı durumlarda aynı güzergahtan geri dönmenin maliyeti farklı da olabilir.



Şekil 4.2. Örnek Graph gösterimi

En kısa yolu bulma da çözüm işlemi, düğüm ve yol sayısına bağlı olarak fazla zaman alabilir. Oyunlarda hesaplama yapılırken zaten fazlasıyla iş yükünün yer alması nedeniyle, en kısa yolun hesaplanmasında, sezgisel algoritmalar kullanılabilir. (Güleç, 2019)

Kısaca A\* algortiması bir düğümden hedef düğüme en kısa yolla hangi düğümler üzerinden gidileceğini bulmaya yarayan sezgisel en iyi yerleştirme algoritmasıdır. Bunun sebebi algoritmada kullanılan mesafe hesaplama fonksiyondur:

$f(n) = g(n) + h(n)$  burada;

$f(n)$  = Hesaplama yapan sezgisel fonksiyon.

$g(n)$  = Başlangıç düğümünden mevcut düğüme maliyet

$h(n)$  = Mevcut düğümden hedef düğüme tahmini mesafe.

Algoritmanın uygulanmasında genellikle aşağıdaki aşamalardan gerçekleştirilmektedir (Şeker, 2019):

1. Her adımda en düşük değeri düğümü alır ve o düğümü kuyruktan çıkarır.
2. Gidilen düğüme göre diğer komşu bütün düğümlerin değerleri güncellenmektedir.

3. Algoritma yukarıdaki adımları hedefe varana kadar veya kuyrukta düğüm kalmayana kadar tekrarlanır.

Bu uygulamada gerçek yükseklik ve eğim değerlerine sahip bir arazide en kısa yolu bulan uygulamanın nasıl yapılacağı gösterilecektir.

### 4.3. Ciddi Oyun Bilgisayar Uygulamaları

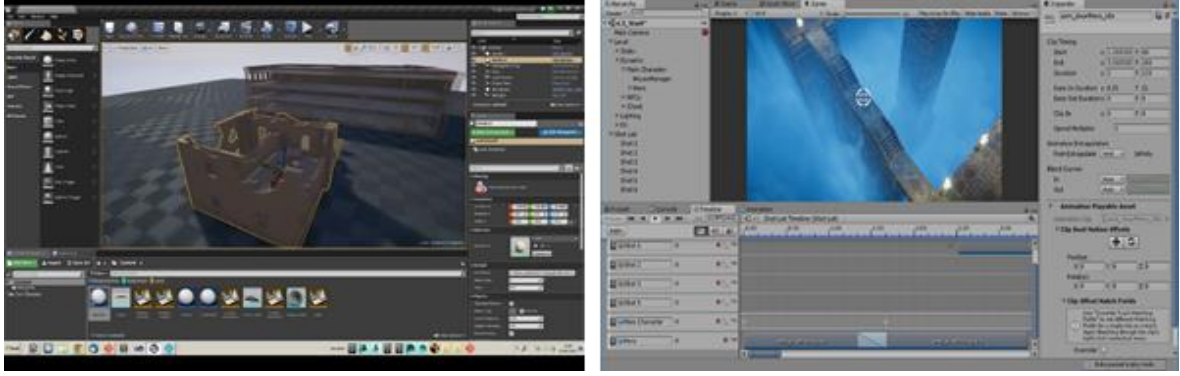
Uygulaması yapılacak olan ciddi oyunun yukarıda bahsedildiği gibi oyun motoru üzerindeki geliştirmeleri, ilgili programlama dili ile kodlanması, gerekli nesnelerin modellenmesi ile kullanılacak olan algoritmalarını hazırlanması gibi çalışmaların yapılması gerekmektedir.

#### 4.3.1. Oyun motorları

Daha önce de ifade edildiği gibi oyun motorları oluşturulan nesneler ile çevrenin ilişkilendirildiği ve genellikle içerisinde grafik ve fizik motoru barındıran ve yazılım diliyle desteklenen ortamlardır. Günümüzde birçok oyun motorundan bahsedilebilse de özellikle açık kaynaklı, makul maliyetli ve sıklıkla kullanılan iki adet oyun motorundan (Unity ve Unreal Engine) bahsetmek daha doğru olacaktır.

C#, JS ve Boo dilleriyle oyunları programlanabilen Unity oyun motorunda hem 2 boyutlu hem de 3 boyutlu çalışmalar yapılabilir. Ayrıca oyunlar konsol, bilgisayar, web ve mobil gibi farklı platformlar için Unity üzerinden yapılacak ayarlar ve değişikliklerle geliştirilebilmektedir. Bu nedenle Unity en popüler oyun motorları arasında yer almaktadır.

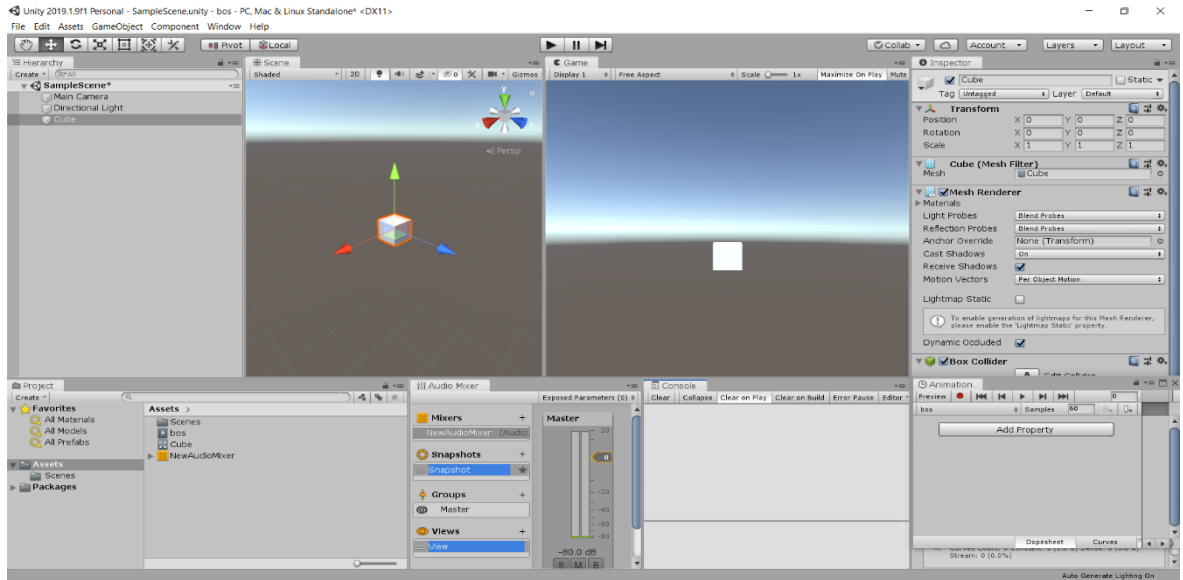
Bunun yanında Unreal oyun motoru da ilk olarak Unreal Engine adıyla 1998 yılında oyun dünyasına adımını atmış, uzun yıllar birçok oyunun yapımında kullanılan önemli bir araç olmuştur. Genellikle birinci şahıs nişancı (FPS) oyunlarında tercih edilen motor, zaman geçtikçe geliştirilerek birçok oyun türüne imzasını atmıştır. Gerek kullanan topluluğun ve buna paralel paylaşılan tecrübenin fazla olması, gerekse bireysel kullanımlar için bedava olması ve kullanım kolaylığı nedeniyle Unity oyun motoru tercih edilmiştir. Özellikle Asset Store'da yer alan ücretli ve bedava içerikler ve sürekli geliştirilen ara yüz ve yetenekleri nedeniyle sıklıkla kullanılmaktadır.



Resim 4.1. Oyun motorları (Unreal Engine, Unity)

### Unity Oyun Motoru

Uygulama içerisinde oyun motorunun ilgili panellerini kullanmadan önce kısaca bir tanıtım yapılmasının fayda sağlayacağı değerlendirilmektedir. Bu kapsamda aşağıda resmi yer alan Unity oyun motorunun kullanıcı ara yüzü resimdeki gibidir. Herhangi bir ekstra panel açılmadan Unity oyun motoru daha sade bir görünüme sahip olabilirken bu uygulamada kullanılması planlanan panellerin gösterilebilmesi amacıyla aşağıda ilgili açıklamalara yer verilmiştir.



Resim 4.2. Unity kullanıcı ara yüzü genel görünümü

**Hierarchy:** Bu panel içerisinde projede yer alan ve sahneye gönderilmiş olan nesneler gösterilmektedir

Scene: Hiyerarşi panelinde yer alan tüm nesnelerin görsel olarak, sahnede yer aldığı panelidir. Bu panel ile nesnelerin birbirleri ile nasıl etkileşime geçebildiği görülebilir. Ayrıca nesnelerin temel ve görsel özellikleri değiştirilebilir.

Game: Oyun panelinde sahne üzerinde yapılmış değişikliklerin sahnedeki kamera vasıtasıyla işlendikten sonra kullanıcıya nasıl sunulacağı gösterilmektedir.

Inspector: Bu panel vasıtasıyla seçilen nesnenin tüm özellikleri değiştirilebilir, geliştirilmesi ve eklenmesi düşünülen özellikler eklenebilir veya nesneye kod (script) yardımı ile ulaşılabilir

Project: Sahnede olsun veya olmasın içerisine eklenmiş tüm nesneler oyun objeleri kodlar müzik ve benzeri tüm veriler bu panel içerisinde gösterilmektedir.

Audio Mixer: Oyun içerisinde eklenmiş müzik ve seslerin ihtiyaca göre ayarlanması amaçla kullanılmaktadır

Console: Oyunun başlatılmasında an tekrar durdurulmasına kadar geçen süre içerisinde yaşanan problemlerin veya kodlama hatalarını gösterildiği paneldir.

Animation: Basit nesne animasyonları ile insansı animasyonların hazırlandığı paneldir.

Ayrıca Unity oyun motoru içerisinde bulunmayan sonradan ücretsiz olarak eklenebilen bazı eklentiler uygulama esnasında kullanılmıştır. Bunlardan Textmesh Pro ile Pro Builder adlı programlar ile vb. eklentiler uygulamada kullanılacaktır

#### **4.3.2. Kodlama dilleri**

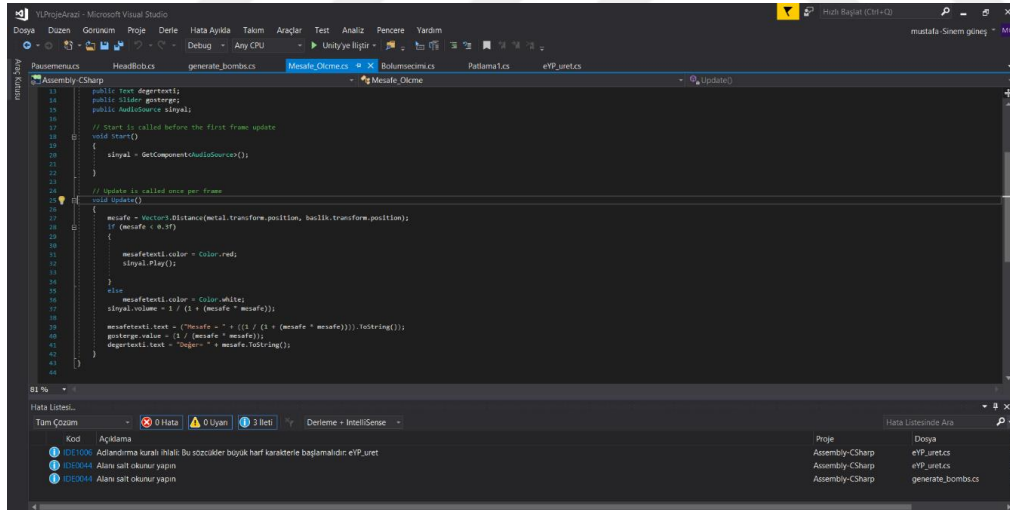
Kodlama ise diğer adıyla programlama kelime anlamıyla belirli şartlara ve düzene göre yapılması öngörülen işlemlerin bütünü anlamına gelir. Programlama bilgisayara ya da elektronik devre ve mekanik sistemlerden oluşan düzeneklere bir işlemi yaptırmak için yazılan komutlar dizisinin bütünü veya bir kısmı olarak tanımlanır. Günümüzde birçok kodlama dili mevcuttur.

Çalışmalarda hangi kodlama dilinin kullanılacağı genellikle oyun motorunun hangi dille çalıştığı ile alakalıdır. Unity ile C# veya Java, Unreal Engin oyun motoru ile C++ veya Blueprint (Node base) dilleri kullanılmaktadır. Mevcut çalışmada Unity ve C# kullanılacağı değerlendirilmektedir.

## Microsoft Visual Studio ve C# Programlama Dili

### Microsoft Visual Studio:

Microsoft Visual Studio, Microsoft'un entegre bir geliştirme ortamıdır (IDE). Bilgisayar programları, web siteleri, web uygulamaları, web hizmetleri ve mobil uygulamalar geliştirmek için kullanılır. Visual Studio, Windows API, Windows Formları, Windows Presentation Foundation, Windows Mağazası ve Microsoft Silverlight gibi Microsoft yazılım geliştirme platformlarını kullanır. Hem yerel kod hem de yönetilen kod üretebilir. Visual Studio, 36 farklı programlama dilini destekler ve dile özgü bir hizmet olması koşuluyla, kod düzenleyici ve hata ayıklayıcının neredeyse her programlama dilini desteklemesine (değişen derecelerde) izin verir. Yerleşik diller C, C++, C++ / CLI, Visual Basic .NET, C#, F#, [9] JavaScript, TypeScript, XML, XSLT, HTML ve CSS'dir. Python, Ruby, Node.js ve M gibi diğer diller için destek eklentiler aracılığıyla edinilebilir (Wikipedia, 2020).



Resim 4.3. Microsoft Visual Studio

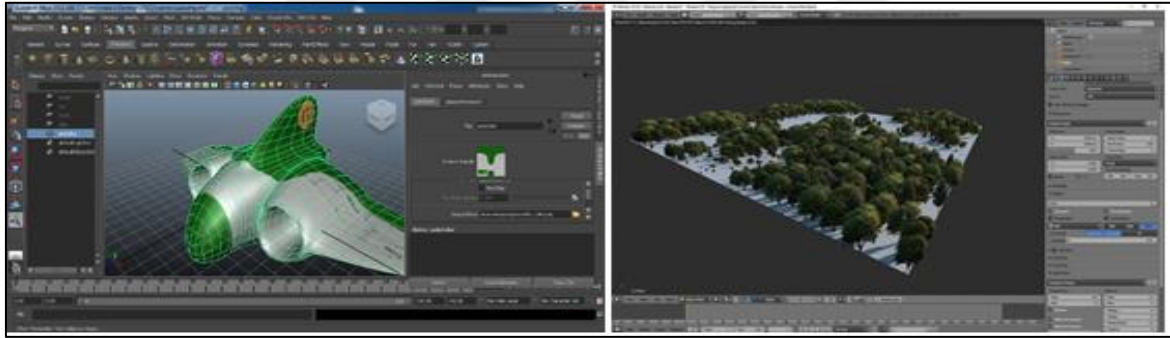
### C# Programlama Dili

C# güçlü yazmayı, sözcüksel olarak kapsamlanmış, zorunlu, beyan edici, işlevsel, jenerik, nesneyi kapsayan genel amaçlı, çok paradigmatlı bir programlama dilidir. Yönelimli (sınıf temelli) ve bileşen odaklı programlama disiplinleri, 2000 yılında Microsoft tarafından .NET girişiminin bir parçası olarak geliştirilmiştir ve daha sonra ECMA (ECMA-334) ve ISO

(ISO/ IEC 23270: 2018) tarafından uluslararası bir standart olarak onaylanmıştır. Mono, dil için bir derleyici ve çalışma zamanı geliştirmek için kullanılan ücretsiz ve açık kaynaklı projenin adıdır. C #, Ortak Dil Altyapısı (CLI) için tasarlanmış programlama dillerinden biridir. (Wikipedia, 2020)

### 4.3.3. Modelleme programları

3B modelleme çalışmalarında genellikle Maya (3D Max) ve Blender yazılımları kullanılmaktadır. Sektör tarafından kabul gören Maya, 3B animasyon, modelleme, simülasyon ve görüntüleme yazılımı, kullanıcılara entegre ve güçlü bir araç seti sunar. Maya'yı animasyon, ortamlar, hareketli grafikler, sanal gerçeklik ve karakter yaratma için kullanılması önerilmektedir. Ayrıca bu ürün öğrenci olan kullanıcılarına bedava sunulmakla beraber kuvvetli bir sistem gereksinimine ihtiyaç duyar.



Resim 4.4. 3D modelleme programları (Maya ve Blender ara yüzleri)

Blender ise, açık kaynak kodlu ve özgür bir 3D yazılım paketidir. Burada bir yazılım paketi derken kastedilen şey, bu yazılımın 3 Boyutlu modelleme, animasyon yazılımı olmasının yanı sıra bir oyun motoru, bir video montaj yazılımı ve bir ses montaj yazılımı içeriyor olmasıdır. Yani Blender az boyutuna ve açık kaynaklı bedava bir program olmasına rağmen bir hayli yetenekli bir yazılımdır. Bu kapsamda çalışmaya Blender ile devam edilmesinin uygun olacağı değerlendirilmiştir.

### 4.3.4. Diğer yardımcı programlar

Yardımcı diğer programlar arasında modellemeye katkıda bulunan programlar ile oyun motorundaki bazı eklentiler ve kodlama yardımcı programlar sayılabilir. Modelleme

programları arasında Maya, Blender'in yanı sıra Substance Painter, ZBrush gibi programlar yer almaktadır. Bu programlar sayesinde oluşturulan modellere dokular aktarılabilir detaylar verilebilir veya UV haritaları oluşturulabilir

#### 4.4. Ciddi Oyunların Sanal Gerçeklikle Kullanılması

Bu çalışma kapsamında bir mayın dedektörü işletmeninin ve tim personelinin görevine süratle uyum sağlaması (Örneğin: İzmir'de eğitim alan bir askerin Suriye koşullarına ayak uydurması), diğer görevlere yönelik varsa eksiğin giderilebilmesi maksadıyla, askerleri motive edebilecek bir çözüm düşünülmüş ve bu hususun Sanal Gerçeklik (VR) olabileceği değerlendirilmiştir. Özellikle sanal gerçeklik ve ciddi oyun uygulamalarının eğitime yaptığı katkının araştırıldığı çalışmalar ile literatürde karşılaşılmaktadır.

##### 4.4.1. Sanal gerçeklik uygulamaları

Günümüzde sanal gerçeklik uygulamaları halen eğitim- turizm, sağlık, inşaat, imalat, satın alma ve askeri vb. alanlarda kullanılmaktadır. Gerçi bu tarz uygulamalar genellikle kullanıcının pasif kalarak mevcut ortamı izlemesi şeklinde gerçekleşse de bazı çalışmalarda kullanıcının da etkileşim halinde olduğu uygulamalar görülebilmektedir.

Ayrıca Sanal Gerçeklik ile Arttırılmış Gerçeklik (AR) kavramlarının karıştırılabildiği gözlemlenmiştir. VR uygulamalarında kullanıcı gerçek dünya ile tamamen ilişkisini kesip sanal ortamda, AR uygulamaları daha çok gerçek dünyaya entegre şekilde, yardımcı gösterim ve eklentilerin kullanıcıya bilgi ve veri sunulduğu görülmektedir.



Resim 4.4. Sanal gerçeklik kullanım alanları



Yapılan incelemeler neticesinde savunma sanayi alanında çoğunlukla, muharebe modellemesi, teçhizat, araç kullanılması, paraşüt eğitimi, gözetleme, hedef tespiti eğitim ve ilk yardım alanlarında çalışmaların yapıldığı tespit edilmiştir. Böylelikle yüksek hasar, bakım, işletme maliyetlerinden kurtulmak ve kullanıcı personelin eğitim, alışkanlık ve tecrübesini arttırmak amaçlanmaktadır.

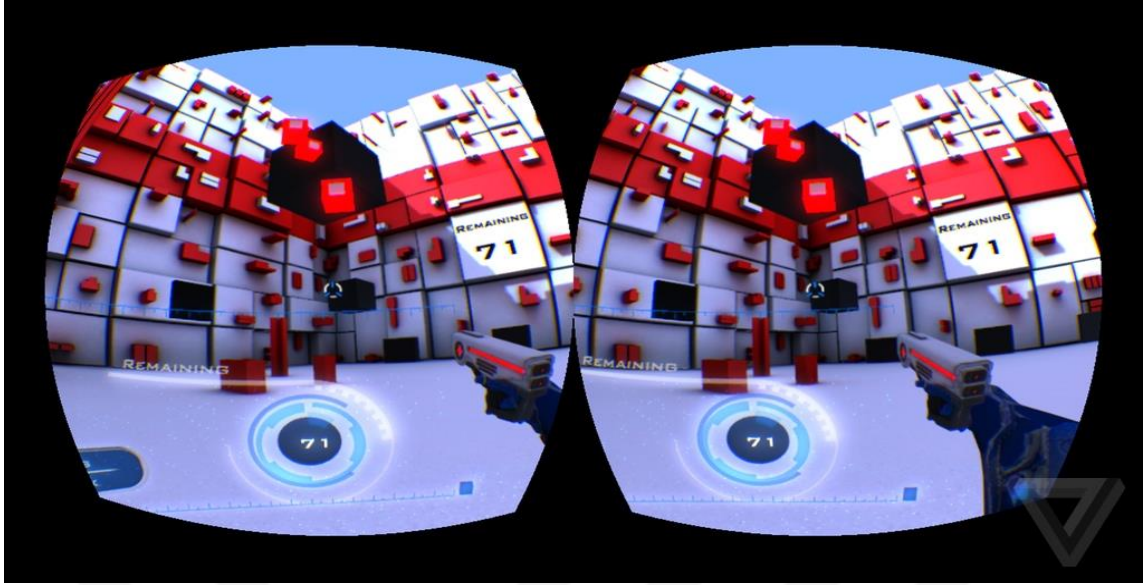
Diğer yandan EYP'ye müdahale kapsamında VR kullanılmasına yönelik bir çalışmaya henüz rastlanılmamıştır. Bu da bu alanda henüz yeterli sayıda çalışma yapılmadığı veya yapılan çalışmaların yaygınlaşmadığı kanısını tarafımızda oluşturmaktadır. Böylelikle bu çalışmanın kendi alanında literatürde bir ilk olabileceği ve savunma sanayi bünyesindeki diğer branş ve sınıflara da bu çalışmaların benzerlerinin yayılabileceği ve buradan edinilecek bilgi birikiminin bu kapsamda geliştirilebileceği değerlendirilmektedir.

Çalışmanın içeriğinde patlayıcı madde arayan timlerinin görevleri kapsamına giren, mayın tarlası temizliği, yol araması, üs bölgesi araması, meskûn mahal araması, imha ve etkisiz hale getirme görevleri üzerine çalışılması değerlendirilmektedir. Özellikle görevlerin tamamında tespit ve etkisiz hale getirme alt görevi yer almasından dolayı bu aşamalara yoğunlaşacaktır.

#### **4.4.2. Sanal gerçeklikte kullanılan ürünler**

Yapılan VR uygulaması Sanal Gerçeklik Gözlükleri vasıtasıyla kullanılabilmektedir. Bu kapsamda piyasada halen Valve, Samsung Galaxy Gear VR, Google Cardboard, Oculus Rift, LG VR for G3, Sony TMZ-H2 gibi ürünler mevcuttur. Genellikle etkileşimli bir deneyim için genellikle Valve ve Oculus Rift ürünleri tercih edilmektedir.

Ayrıca bilgisayarda gerekli eklenti ve kurulumların yapılmış olması ve gerekli kontrolcüye sahip olunması gerekmektedir. Bunun yanında kullanıcı personeli rahatsız etmemesi için kuvvetli bir sistem gereksinimine ihtiyaç duyulmaktadır.



Resim 4.5. VR uygulaması

Görüntünün akıcı şekilde belli bir açı ile her iki göze de aktarılması ve hareketlerin sanal dünyaya gecikme olmaksızın gönderilebilmesi için iyi bir ekran kartı ile ön belleğe ihtiyaç duyulmaktadır. Özellikle uzmanlar tarafından VR uygulamalarının oturarak denenmesi konusunda kullanıcılar uyarılmaktadır. Belli bir kullanım zamanından sonra kullanıcıda baş dönmesi ve bulantı gibi yan etkiler gözlemlenebilmektedir. Bu kapsamda çalışmada Oculus markasının Rift S model sanal gerçeklik gözlüğünün kullanılmasının uygun olacağı değerlendirilmiştir.

#### 4.3.3. Oculus Rift S

Oculus Rift S, 20 Mart 2019'da piyasaya sürülen Oculus VR tarafından oluşturulan bir sanal gerçeklik gözlüğüdür. Cihaz, Oculus Rift serisindeki ilk nesil Oculus Rift CV1'in yerini alan ikinci cihazdır. Rift S, 80 Hz yenileme hızında  $2560 \times 1440$  çözünürlüğe sahip LCD panel kullanır. Görüş alanı,  $115^\circ$ 'dir. (Wikipedia, 2020).



Resim 4.6. Oculus Rift

Rift S, eski nesil Oculus'a göre daha iyi bir ağırlık dağılımına, daha iyi ışık engellemeye sahip ve genel olarak daha rahat bir kafa bandına sahiptir. Kulaklık, VR ve AR alanındaki deneyimleri de kullanılarak Lenovo ile birlikte geliştirilmiştir. Cihaz, bandın arkasında, cihazı ileri ve geri getiren bir düğmeye sahiptir. Üst kayış, kullanıcının kafasına tam oturmasını sağlamak için bulunurken, kulaklığın sağ tarafının altındaki bir düğme, kullanıcının gözünden daha yakın veya daha uzak olacak şekilde ayarlanmasına olanak tanır. Cihaz, gözbebekleri arası mesafe (IPD) için fiziksel ayardan yoksundur, ancak bu ayar kendi yazılımında desteklenmektedir (Wikipedia, 2020).



## 5. UYGULAMA

Çalışmanın uygulama safhasında bir ciddi oyun ve sanal gerçeklik uygulamasının aşamaları gösterilecek ve değerlendirilmesine yer verilecektir. Öncelikle bu çalışmaya neden ihtiyaç olduğu tespit edilecek çalışma içerisinde kullanılacak olan modeller hazırlanacak bu modeller oyun motorun içerisinde aktarılacak ve oyun motor içerisindeki düzenlemelerle ortaya bir ciddi oyun uygulaması çıkarılacaktır. Müteakiben benzer adımlarla hazırlanacak sanal gerçeklik uygulamasında sanal gerçeklik gözlükleri kullanılacaktır.

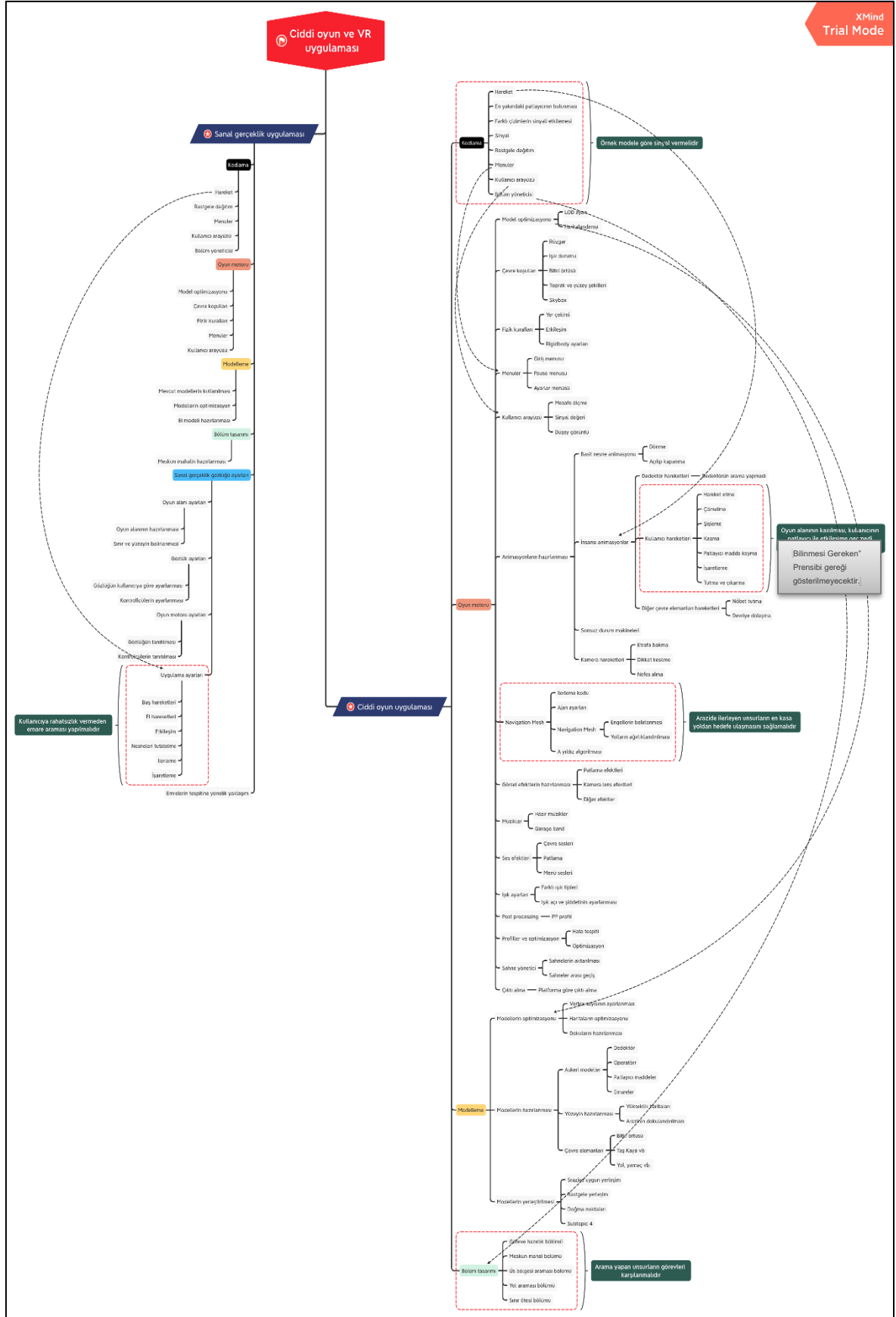
### 5.1. İhtiyacın Tespiti

Günümüz muharebelerinde birçok personel, El Yapımı Patlayıcı (EYP) saldırıları sonucu yaşamını yitirmekte veya yaralanmaktadır. Bu nedenle; askerin EYP ortamında hayatta kalmasını sağlayacak temel taktik, teknik ve usullerin geliştirilmesi zorunlu hale gelmiştir. Ne aradığını ve nereye bakacağını bilmek, EYP ortamında harekâta öğrenilmesi gereken en temel hususlardır. EYP karşı harekâtı belirli yeteneklere ihtiyaç duyar:

- İlgili tüm personel, EYP'nin özellikleri ve yarattığı tehlike konularını bilmelidir. Personele, teröristlerce uygulanan EYP teknik ve taktiklerini bilmek, EYP'nin tespit ve yaklaşımında temel kurallara hâkim olmak ve EYP'lerin parçalarını ve düzenek türlerinin bilmek potansiyel tehditleri fark etme ve ortadan kaldırma imkânı sağlamaktadır.
- EYP ortamında yapılacak bir göreve katılacak personelin, yeterli seviyede eğitim almış olması gerekir. Bu eğitim içerisinde; devriye ve konvoy faaliyetleri de yer. Yolların diğer unsurlarca temizlenmesi birliğin hareket yeteneğini geliştirecektir.
- İlgili birlikler faaliyetlerini daha çok EYP'leri kullanan ve imal eden teröristleri tespit etme ve etkisiz hale getirme üzerine yoğunlaştırmalıdır (Caner, 2016).

Literatür bölümünde açıklandığı üzere mayın ve el yapımı patlayıcıların tespitinde kullanılan yöntemlerin açıklandığı birçok çalışma bulunmaktadır. Ancak bu kapsamda yaygın bir şekilde kullanılan el yapımı patlayıcılara karşı dedektör operatörlerinin eğitildiği bir uygulama ile karşılaşılmamıştır. Bu kapsamda dedektör operatörleri emare ve patlayıcılara karşı mücadele yöntemlerini öğrendikleri bu yöntemleri tecrübe ettikleri ve ilgili emareleri aramak suretiyle farkındalıklarını geliştirdikleri bir uygulamaya ihtiyaç vardır.





Şekil 5.2. Ciddi oyun ve VR uygulaması detaylı gösterimi

### 5.1.1 Kaza Senaryosunun Oluşturulması ve Risk Analizi

Oluşturulan uygulama içerisinde kullanılması planlanan kaza senaryosu ve buna bağlı olarak hazırlanacak olay ve kaza ağaçları Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı'nın 2012 yılında hazırlamış olduğu Kaza ve Değerlendirme Metodolojisi temel alınarak hazırlanmıştır.

#### Papyon Diyagramı (Hat Ağacı ve Olay Ağacının Oluşturulması)

Hata ağacı yöntemi genellikle sistemsal hatalar ile sistem bileşenleri arasındaki hatayı veya sistem ve hatalar aralarındaki ilişkiyi gösteren mantıksal bir yöntemdir. İstenmeyen bir olaydan başlanarak mevcut durumun ve nedenlerini ne şekilde ortaya çıktığını gösteren grafiksel ifadedir. Olay ağacı ise meydana gelen istenmeyen bir olayın sonrasında oluşabilecek sonuçları gösteren bir akış diyagramıdır. Bu kapsamda ÇSGB'nin kaza riski değerlendirme metodolojisinde ifade edildiği üzere bu yöntemlerin birleşiminden oluşan papyon diyagramının hazırlanmasında aşağıdaki adımlar izlenmelidir:

1. Gerekli veri/bilgilerin toplanması
2. Tehlike potansiyelli ekipmanın belirlenmesi ve seçilmesi
3. Ekipmanlarla kritik olayların ilişkilendirilmesi
4. Kritik olaylar için Hata Ağaçlarının hazırlanması
5. Kritik olaylar için Olay Ağaçlarının hazırlanması
6. Papyon ağacının hazırlanması (ÇSGB, 2012).

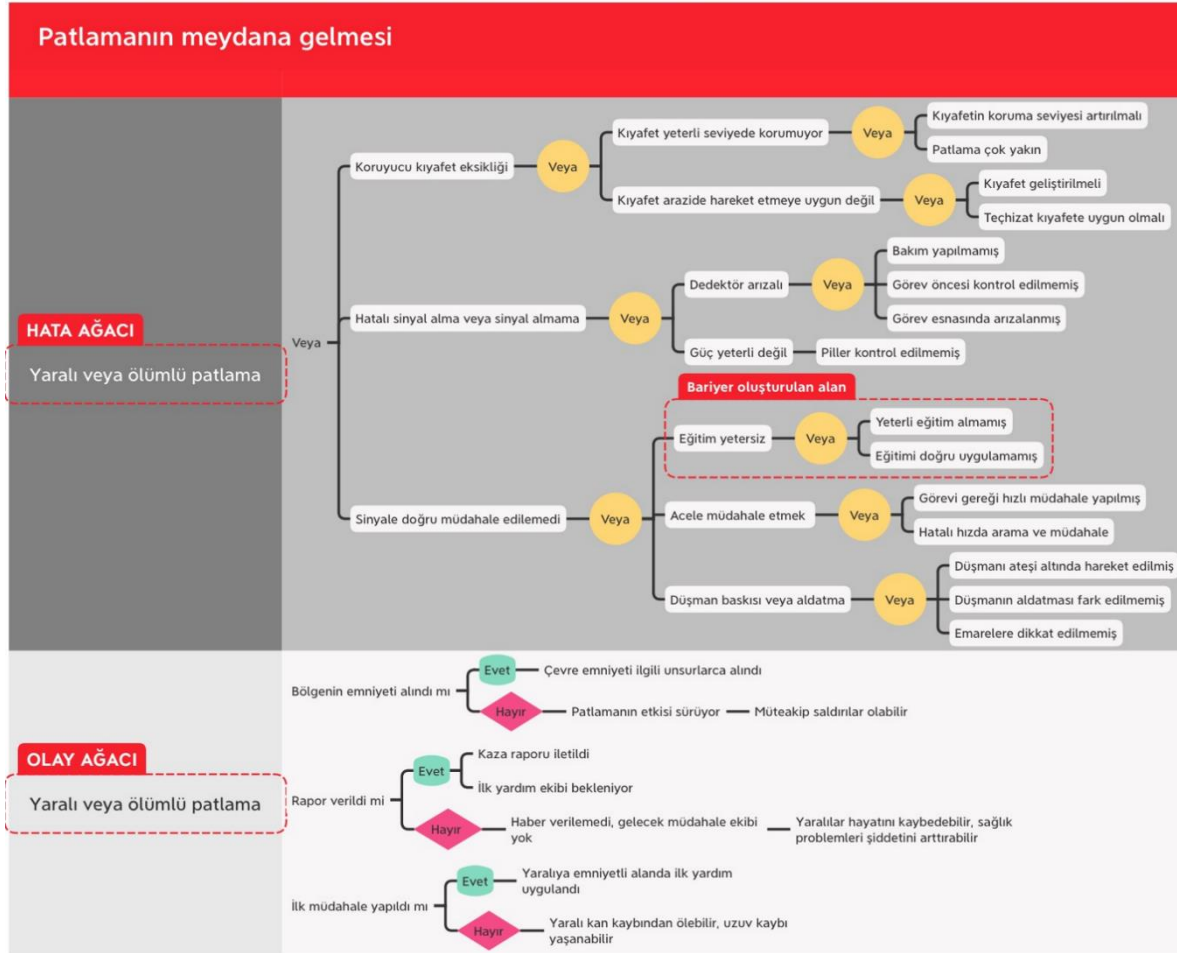
#### Güvenlik Bariyerlerin Oluşturulması

Güvenlik bariyerinin etkisi, bariyerlerin performansının değerlendirilmesiyle belirlenmektedir. Risk azaltma hedefi, riski uygun seviyeye indirmek maksadıyla bir senaryoya dayandırılır.

Güvenlik fonksiyonları nesne değildir, organizasyonel veya teknik fonksiyonlardır. Başarılması gereken eyleme binaen dört temel işlev (önleme, kaçınma, sınırlama ve kontrol etme) ile tanımlanmaktadır. Bu eylemler güvenlik bariyeri vasıtasıyla gerçekleştirilir. Güvenlik bariyerleri ise nesnel ve mühendislik içeren sistemleridir veya insan eylemlerinden meydana gelir.



Hazırlanan uygulama içerisinde bir patlama (istenmeyen olay) meydana geldiği kabul edilmiş, patlama öncesinde yapılan hatalar dikkate alınarak bu patlamaya neden olabilecek tüm sebepler hata ağacı içerisinde, bu patlama sonrasında yapılması gereken hareket tarzlarına olay ağacı içerisinde yer verilmiştir



Şekil 5.3. Papyon diyagramı

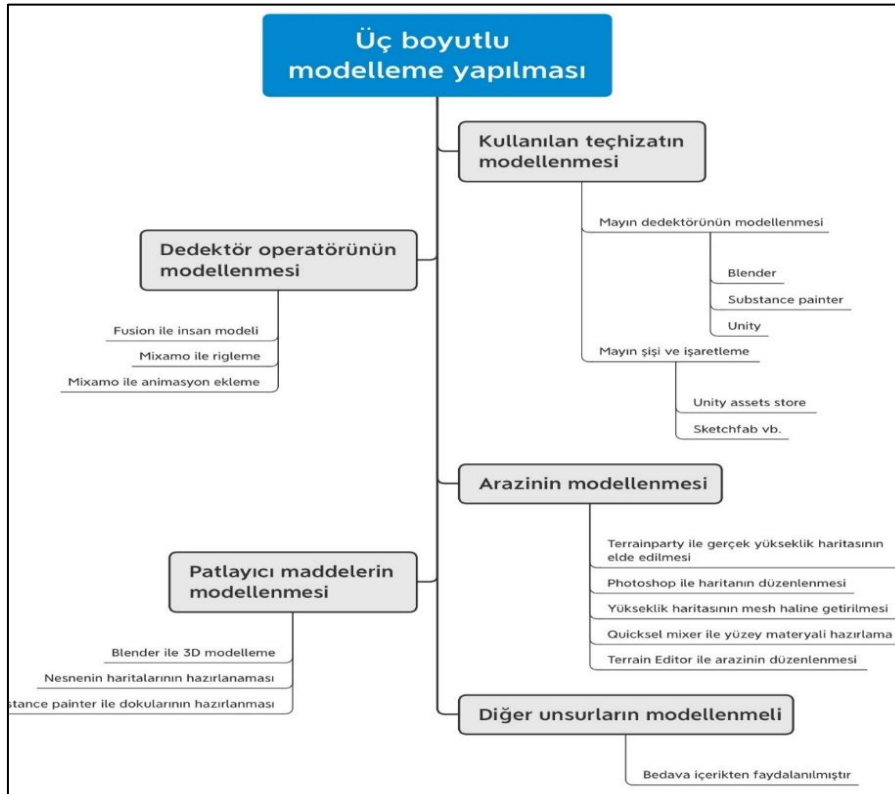
Güvenlik fonksiyonları ve bariyerlerini tanımlanmasında, papyonun her bir olayı tek tek incelenerek, “bu olayı engellemeyi sağlayan bir güvenlik bariyeri olabilir mi?” sorusu sorulmalıdır. Cevap evet ise ilgili bariyer belirtilen dal üzerine yerleştirilir. Bariyerler aktif veya pasif sistemler ile insanlar tarafından yapılan eylemler olabilir. Bu çalışmada bu bariyerin içeriği “ilgili eğitimin verilmesi” olarak kabul edilmiştir. Bu kapsamda bu ihtiyacı karşılayacak EYP tespitinde kullanılabilecek bir sanal gerçeklik ve ciddi oyun uygulamasının faydalı olacağı değerlendirilmiştir.

## 5.2. Üç Boyutlu Modelleme Yapılması

Çalışma içerisinde modelleme yapılırken farklı metotlar kullanılmıştır. Gerektiğinde model manuel olarak hazırlanmış, gerek duyulmadığında hazır modellerden faydalanılmıştır. Hazırlanan modellerin uyum motorun içerisine uyumlu bir şekilde aktarılması önemli bir husustur.

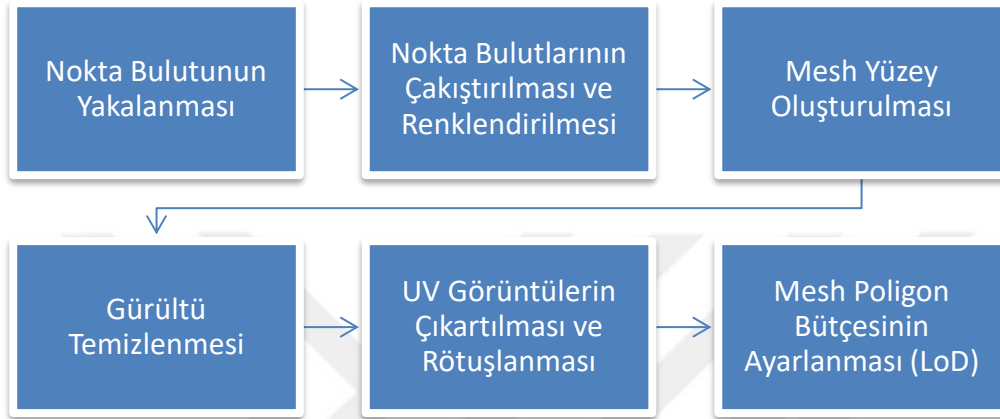
Bu çalışma içerisinde oluşturulacak ciddi oyun ve sanal gerçeklik uygulamasında bizzat kullanılacak olan karakter, askeri teçhizat, arazi ve patlayıcı maddeler bizzat modellenmiş, diğer çevre unsurları objeler veya binalar Unity oyun motoru sayfasından veya benzer içerik üreticilerinden bedava olan indirilebilir içeriklerden elde edilmiştir.

Çalışma içerisinde farklı programlar kullanılmak suretiyle üç boyutlu modellerin farklı yöntemlerle oluşturulmasına özen gösterilmiştir. Örneğin uygulamada kullanılan askeri teçhizatın bir kısmı Blender ile düzenlenirken, oyuncunun modellenmesi Mixamo yardımı ile yapılmış bazı patlayıcı maddeler fotoğraf çekimler ve Agisoft yazılımı sayesinde birleştirilerek oluşturulmuştur.



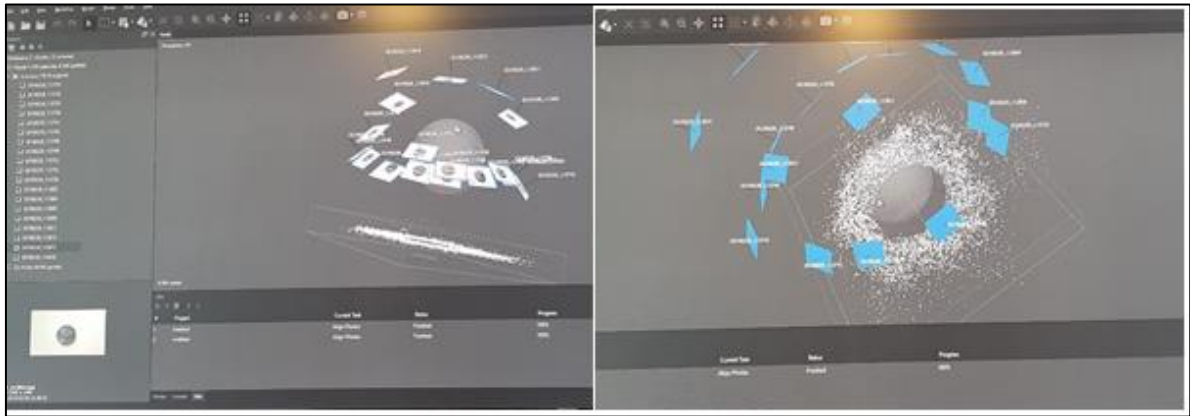
Şekil 5.4. Üç boyutlu modelleme yapılması

Ayrıca oluşturulan modelleri doku aktarılması için farklı programlardan faydalanılmıştır. Öncelikle bu uygulama içerisinde kullanılmayacak olsa da bilgi vermek maksadıyla Photogrammetry yöntemi ile bazı isimler modellenmiştir. Bu yöntemi uygulanırken hangi adımların izleneceği 2017 yılında yapılan bir çalışmada şeklinde gösterilmiştir (Günen, Çoruh ve Beşdok, 2017)



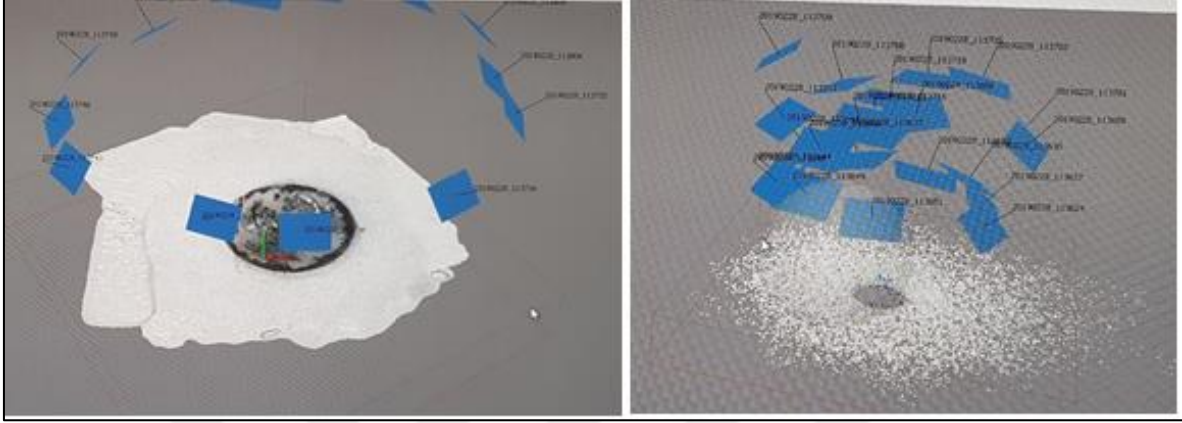
Şekil 5.5. Varlık üretim akışı

Yapılan bu çalışma ile ilgili olacak şekilde Photogrammetry yöntemi ile birer adet anti tank ve anti personel mayını modellenmesi yapılmıştır. Uygulama içerisinde kullanılması planlanan objelerin Photogrammetry yöntemi ile modellenebilmesi için objelerin belirli bir mesafeden 360° açı ile fotoğraflanması ve bu açının dikey de değiştirilmesi ve müteakiben fotoğrafların ilgili programa gönderilmesi gerekmektedir. Yapılan çalışmanın sonucunda oluşturulan nokta bulutu Agisoft yazılımı sayesinde birleştirilerek bir obje haline getirilmektedir.



Resim 5.1. Fotogrametri ile A/P mayını modellemesi

Her iki nesnenin yaklaşık 30 ila 60 santim mesafeden farklı açılardan 30'ar fotoğrafı çekilmiş ve bu fotoğraflar ilgili uygulamaya aktarılmıştır. Uygulama içerisinde yapılan düzenleme sonucunda oturuş noktası bulutu görülmektedir



Resim 5.2. Fotogrametri İle A/T mayını modellemesi

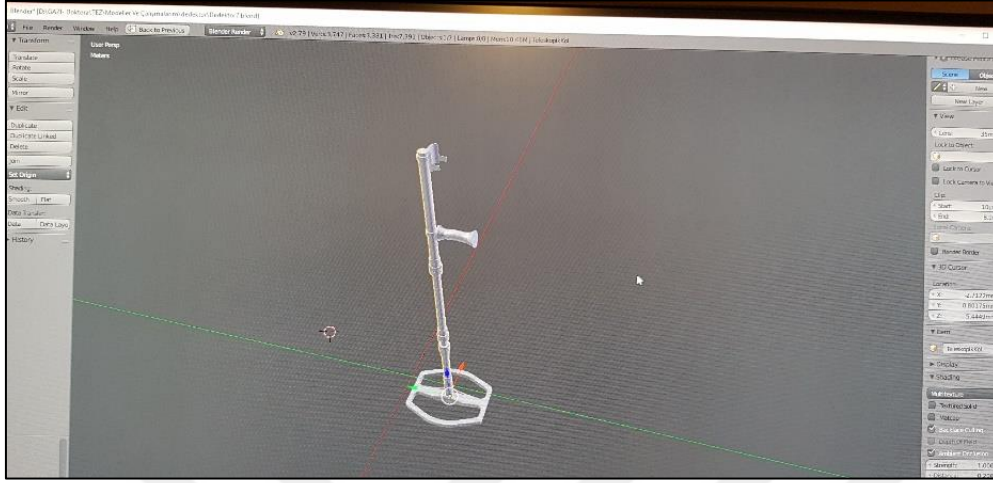
### 5.2.1. Kullanılan teçhizatın modellenmesi

Birçok çalışmada modellemede sıklıkla Blender veya Maya gibi modelleme programlarının kullanılmaktadır. Bu tip programlar sayesinde oluşturulan modeller bir optimal şekilde oyun motorlarına aktarılabilirler. Bu modellemelerde öncelikle katı cismin nokta, kenar veya yüzeyleri oluşturulur ve 3B hale getirilir. Mevcut modelin noktalarının koordinatları sayesinde nesne 2 boyutlu hale dönüştürülerek (bir küpün açılarak 2 boyutlu hale getirilmesi gibi) dokuların model üzerinde hangi noktaya geleceği konusunda ilgili haritalar hazırlanır ve bu yüzeyde yapılan tasarımın (Renk, eğim, yükseklik, metal oranı vb.) ilgili modele aktarılması sağlanır.

Haritalar sadece yüzeye farklı bir doku vermek için kullanılmaz aynı zamanda yüzeydeki pürüz, yansıma, kırılma, kir ve benzeri birçok veriyi ve içinde barındırabilir. Ancak bu haritalama yöntemleri uygulamalardan uygulamalara veya oyun motorlarına göre değişiklik gösterebilir.

Bu çalışma içerisinde öncelikle Blender programı yardımı ile bir mayın dedektörü modellenmiş, bu dedektörün parçaları ayrı birer obje olarak belirlemiştir. Müteakiben bu parçaların UV haritaları oluşturulmuş ve birer Blender dosyası olarak kaydedilmiştir.

Oluşturulan bu modelin Blender modelleme programındaki görseli aşağıda görüldüğü gibidir.



Resim 5.3. Mayın dedektörünün Blender ile modellenmesi

Blender dosyası müteakiben kullanılmak üzere Substance Painter programı içerisine aktarılmış, bu programda standart veya akıllı materyaller kullanılarak objenin gerçekçi görünmesi amaçlanmış ve müteakiben obje gerçek ışık koşullarında kontrol edilmiştir. Bu kapsamda yapılan faaliyet aşağıdaki resimlerde gözükmemektedir.



Resim 5.4. Modellenen dedektöre materyal ataması ve ışık altında görünümü

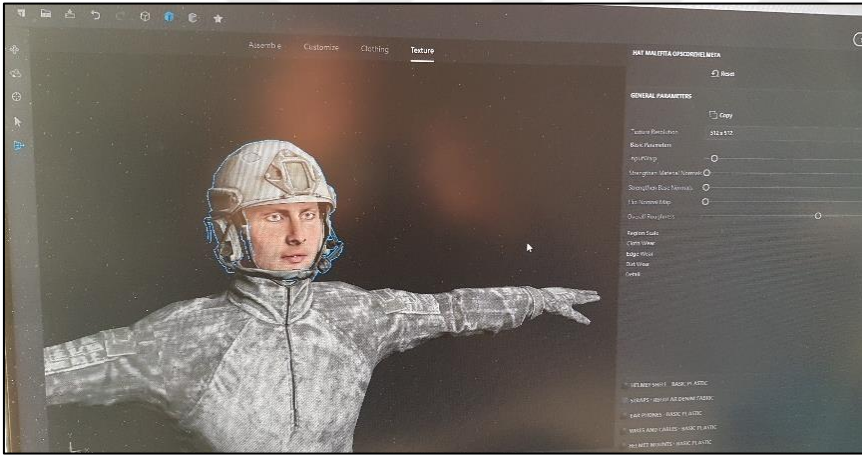
Yapılan bu çalışma sonrasında oluşturulan modelin Unity oyun motoru için haritaların çıkartılması tekrar bu program içerisinde yapılmaktadır. Yani model ile beraber doku dosyalarının optimize edilerek oyun motor için hazırlanması bu program içerisinde gerçekleştirilmiştir.



### 5.2.2. Dedektör operatörünün modellenmesi

Ciddi oyun içerisinde kullanılması planlanan karakterin modellenmesi benzer modelleme programları ile yapılabilir. Ancak bu modelleme hem teknik bir bilgiye hem de ciddi anlamda bir yeteneğe ihtiyaç duyar. Örneğin bir insan modelinin oluşturulması ve modele hareket verilebilmesi için;

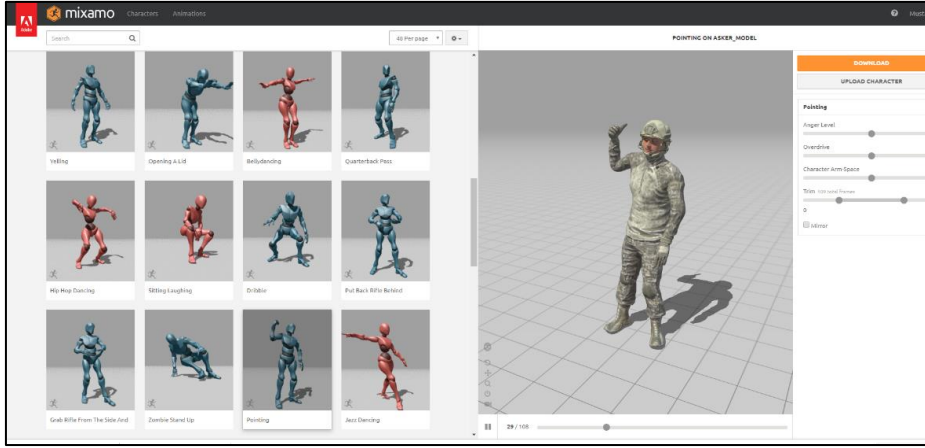
1. İnsan modelinin modellenmesi,
2. Dokuların hazırlanması modele bir iskelet sistemi yani “Rig” oluşturulması,
3. Bu iskelet sisteminin sınırlarının (maks. ve min. hareket açıları gibi) belirlenmesi,
4. Her bir hareket için hangi vücut parçacığının ne kadar etkileneceğini belirlenmesi,
5. Kas grubu hareketleri için birlikte hareket etmeyi sağlayacak düzenlemelerin yapılması ve kontrolcünün hazırlanması gerekmektedir



Resim 5.5. Fusion ile asker modellemesi

Her ne kadar belirtilen adımlar uygulanabilecek olsalar da bu çalışmanın modelleme kısmının hızlandırılması için yardımcı birkaç programlardan yararlanılmıştır

Öncelikle Adobe Fusion programı ile karakter istenildiği şekilde detaylıca modellenmiş, müteakiben bu modele iskelet sisteminin aktarılması için model Mixamo’ya aktarılmıştır. Mixamo içerisinde gerektiğinde model için sadece iskelet sistemi oluşturulabilir veya istenildiği takdirde bu modele farklı animasyonlar aktarılabilir. Bu kapsamda yapılan çalışmada model hazırlanmış ve iskelet sistemi oluşturulmuş, ayrıca bir animasyon modele eklenmiştir.

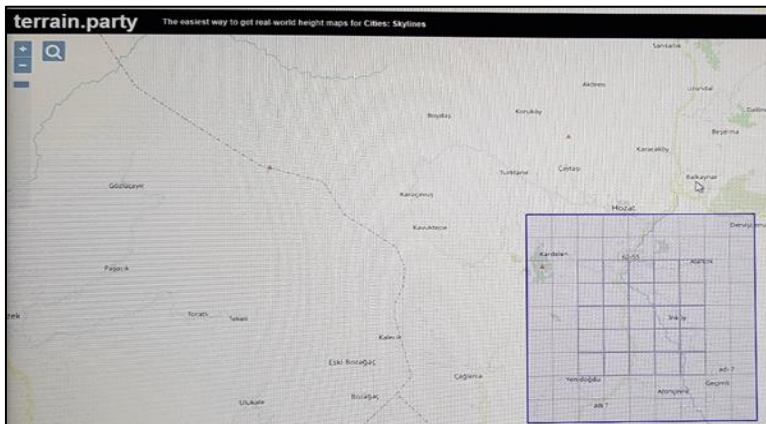


Resim 5.6. Mixamo ile karakter animasyon ekleme

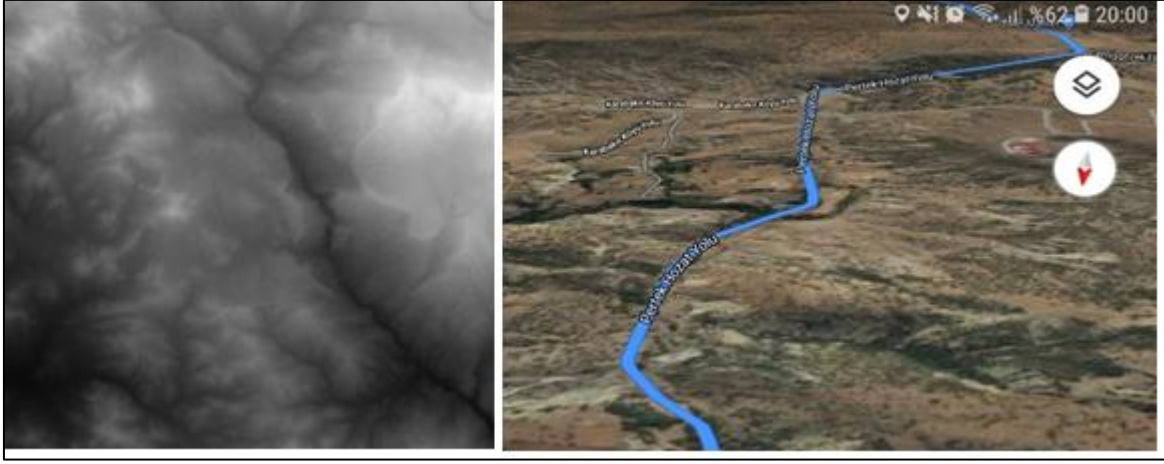
### 5.2.3. Arazinin modellenmesi

Ciddi oyunları diğer oyunlardan ayıran en önemli özelliklerden birisi çevre koşullarının gerçek ile örtüşmesidir. Bu çalışmada mayın ve el yapımı patlayıcı arayan birimlerin gerçek çevre koşullarında faaliyetleri ve görevleri icra etmeleri amaçlanmaktadır. Bu kapsamda oluşturulacak arazi parçasının gerçek bile veriler ile eşleşmesi için yükseklik haritalarından faydalanılan bir yöntem kullanılmıştır.

Oluşturulacak arazi parçası öncelikle Türkiye üzerinde bir yer olacak şekilde belirlenmiş ve bu kapsamda arazinin Tunceli'nin Hozat ilçesi olarak seçilmesi uygun görmüştür. Öncelikle arazinin yükseklik haritasına ihtiyaç duyulmuştur. Bu sebeple Terrain Party adlı internet sitesinde belirtilen gölgenin 10 kilometreye 10 kilometre olacak şekilde yükseklik haritası resim formatında alınmıştır.

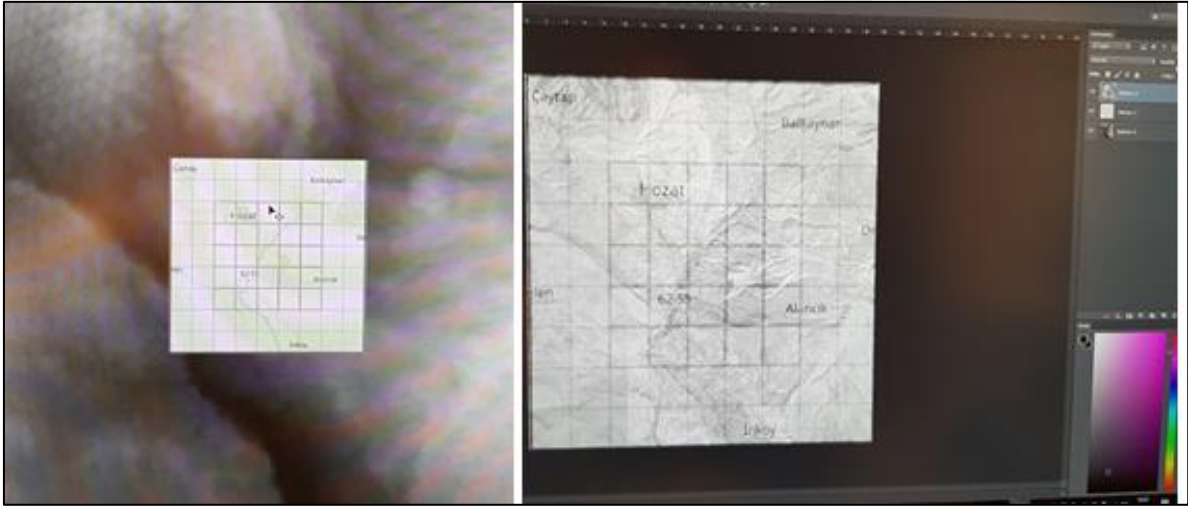


Resim 5.7. Terrain Party ile arazinin yükseklik haritasının alınması



Harita 5.1. Hozat yükseklik haritası ve Hozat Pertek yolu haritası

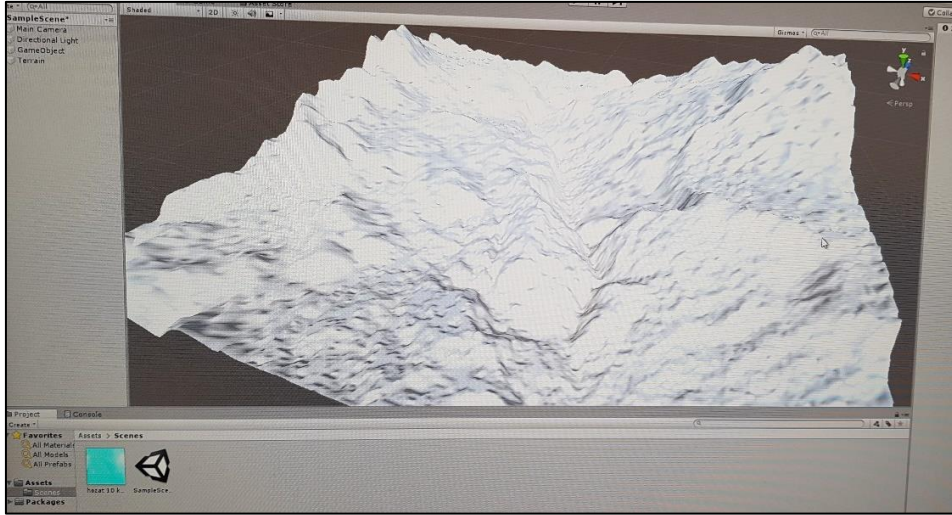
Bu yükseklik haritasının ebatları Photoshop programı kullanılmak suretiyle 2 kilometreye 2 kilometre olacak şekilde küçültülmüş ve bu oyun içerisine aktarılmıştır. Photoshop programı içerisinde bölgenin haritası ve istenilen bölgenin tüm alan içerisinden kırpılarak kullanılmasına gösteren resim aşağıda yer almaktadır.



Resim 5.8. Yükseklik haritasının Photoshop ile düzenlenmesi

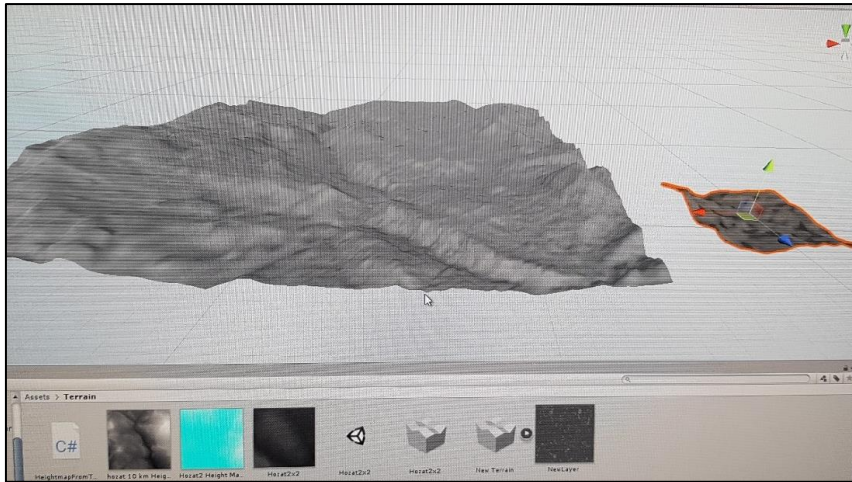
Müteakiben oyun motoru içerisine bir eklenti ile bir önceki adımda elde edilen yükseklik haritası seçilerek, oluşturulmuş mevcut standart arazi istenilen arazi 3B haline getirilmiştir. Bu çevirme işlemi esnasında hazır bir C# kodu kullanılmıştır.





Resim 5.9. Unity’de yükseklik haritasından arazi oluşturma

Yapılan çalışmada aşağıda görüldüğü üzere oluşturulan 10 x 10 km.lik arazi ile 2 x 2 km.lik araziler arasında ciddi bir ebat farkı vardır. Gerek oyunun optimizasyonu gerekse bu denli büyük arazinin modellemesinde harcanacak zaman ve emek değerlendirildiğinde çalışmaya 2 x 2’lik arazide devam etme kararı verilmiştir. Sonrasında bu arazilere materyal atamaları yapılarak arazi kullanıma hazır hale getirilmiştir.

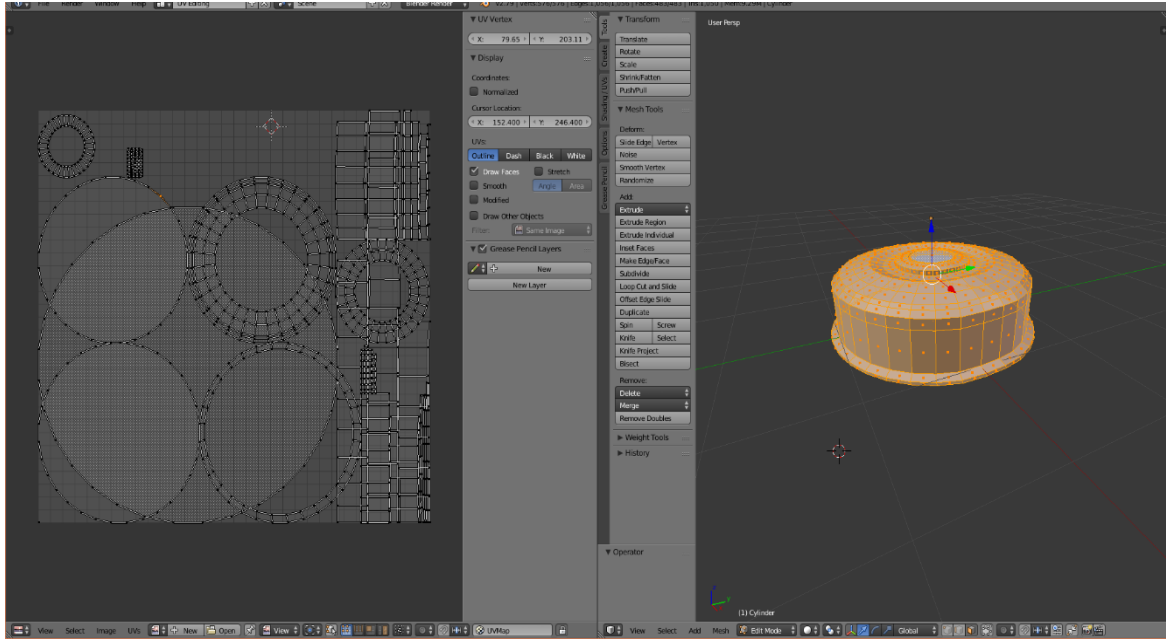


Resim 5.10. Unity’de arazinin ölçeklenmesi ve materyal ataması

#### 5.2.4. Patlayıcı maddelerin modellenmesi

Ciddi oyun içerisinde modellenen bir diğer unsur patlayıcı maddelerdir. Fotoğraf ile modellemenin yanı sıra 3 boyutlu modelleme programları kullanılarak bu maddeler obje

haline getirilmişlerdir. Aşağıda Blender programı içerisinde hazırlanmış ve UV haritaları açılan bir anti tank mayınının modellenmesi görülmektedir.



Resim 5.11 Bir mayının Blender ile modellenmesi ve UV açılması

Ayrıca bu programlar çevresinde yapılan modelleri farklı dokular aktararak modelin nasıl görüneceği değerlendirilmiştir. Böylelikle istenilen arazi koşullarında daha iyi bir görünüm sağlayacak özellikle bir obje oluşturma amaçlanmıştır.



Resim 5.12. Mayın modeline Substance Painter ile materyal atanması



Resim 5.13. Mayın modeline Substance Painter ile toz/pas detayı verilmesi ve ışık altında görüntülenmesi

Model bu aşamadan sonra mayın dedektörü modellenmesi esnasında olduğu gibi Substance Painter programı içerisine aktarılarak, üzerine materyal ataması yapılmış, müteakiben ihtiyaca göre bazı renk değişimleri, kir veya pas detayları eklenmiş ve modelin ışık altında nasıl görüneceğini değerlendirmek üzere bir resmi alınmıştır. Bu aşamadan sonra tekrar modelin ilgili haritaları çıkartılarak oyun motoru içerisine aktarılması sağlanacaktır

### 5.2.5. Diğer unsurların modellenmesi

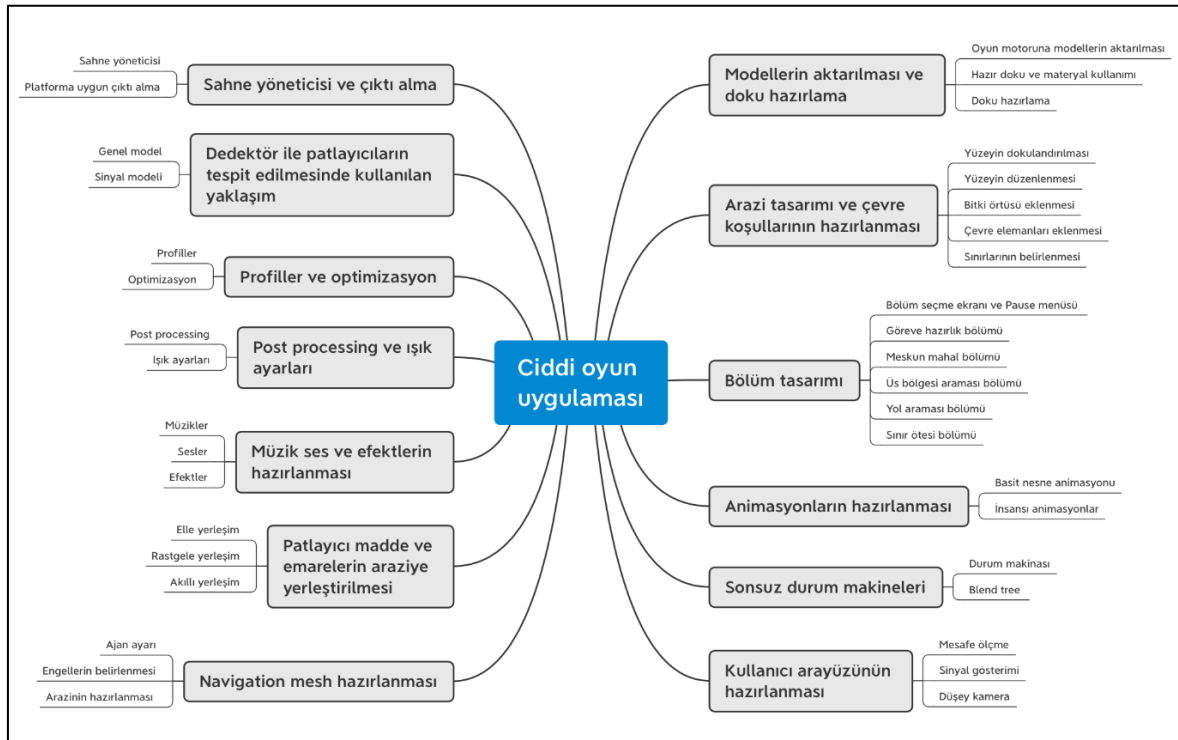
Diğer unsurların modellenmesinde bedava içeriklerden faydalanılmıştır.

## 5.3. Ciddi Oyun Uygulaması

Ciddi oyunun Unity oyun motoru içerisinde hazırlanmasının birden fazla aşaması vardır. Bu uygulama içerisinde öncelikle modeller Unity içerisine aktarılmış, daha sonra arazi tasarımına geçilmiş, arazi tasarımından sonra bölüm tasarımları yapılmıştır. İnsansı animasyonlar ile basit nesne animasyonları oyun motoru ve yardımcı diğer programlar ile hazırlanmıştır. Bu animasyonlar Unity içerisinde yer alan animatör paneli ile sonsuz durum makinelerine çevrilmiştir. Oyuncunun kullanım esnasında ekranda karşılaşacağı arayüz, UI paneli kullanılarak hazırlanmış, daha sonra modellenmiş olan patlayıcı maddelerin araziye rastgele şekilde dağılmasını sağlayan bir yöntem oluşturulmuştur.



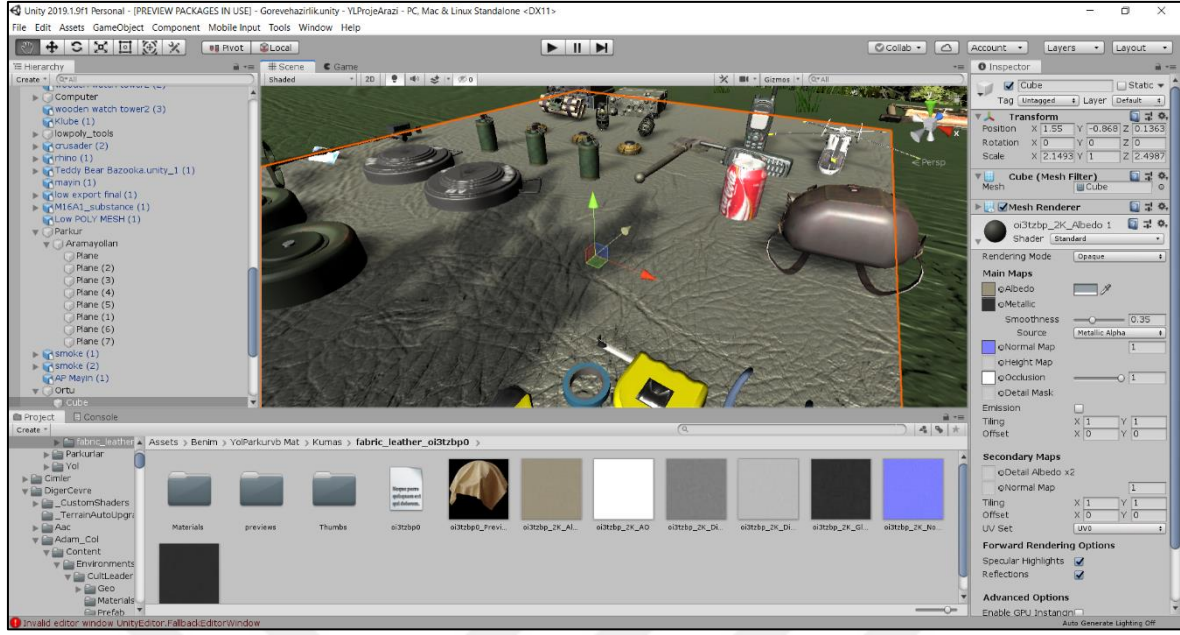
Daha sonra uygulama içerisinde önemli derecede kullanılmayacak olsa da hazırlanmış araziden faydalanmak üzere ve bir yapay zekâ uygulaması oluşturmak maksadıyla Navigation Mash kullanılarak yürünebilir araziler oluşturulmuştur. Uygulamaya gerçekçi bir hava katmak maksadıyla çevre sesleri üzerinde bazı geliştirmeler yapılmış, araziye bazı efektler eklenmiştir. Kullanıcının uygulamadan daha gerçekçi bir etki alabilmesi için Post Processing efektler kullanılmıştır. Uygulamanın en önemli konusu olan patlayıcı madde sinyalinin uygun şekilde modellenmesi üzerinde detaylı bir çalışma yapılmış, son olarak optimizasyonu kontrol edilerek, sahne yöneticisi vasıtasıyla oyunun çıktısı hazırlanmıştır



Şekil 5.6. Ciddi oyun uygulaması gösterimi

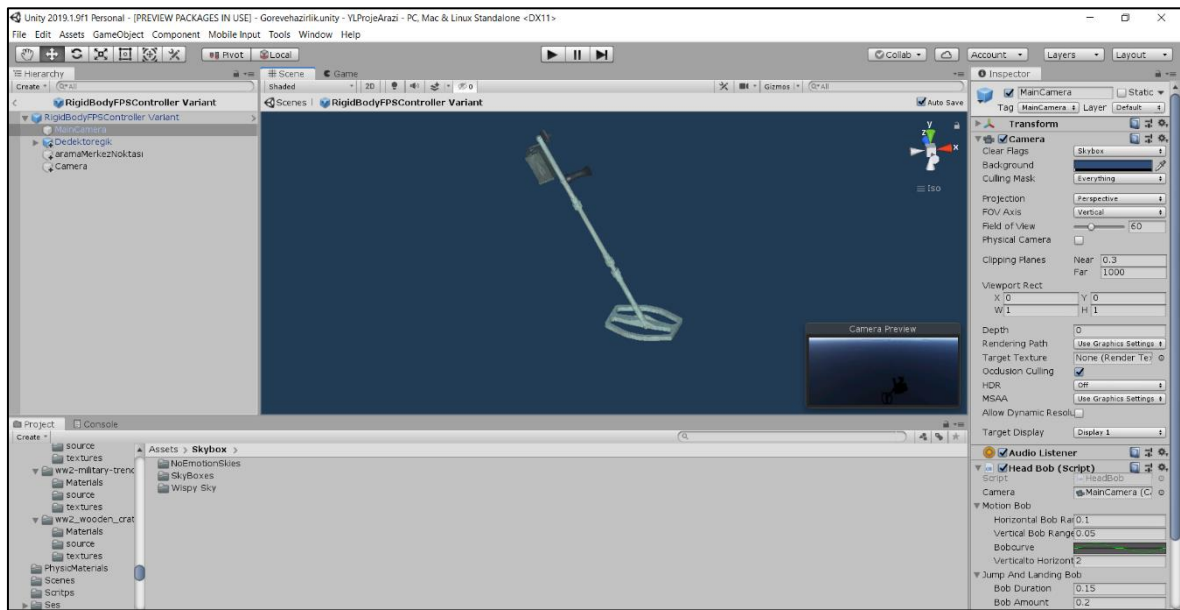
### 5.3.1. Modellerin aktarılması ve doku hazırlama

Çeşitli modelleme programlarından veya açık kaynaktan elde edilen üç boyutlu modellerin oyun motoruna doğru şekilde aktarılması gerekmektedir. Aşağıda oyun içi görüntüsü alınmış olan bir örtünün dokulandırılmak suretiyle oyun esnasında nasıl görüldüğü gösterilmektedir. Aslında basit bir nesne olarak (dikdörtgen prizması) tasarlanmış bu örtü farklı resim formatları kullanılarak haritalandırılmış ve oyun içerisine aktarılmıştır.



Resim 5.14. Örnek doku gösterimi

Blender üç boyutlu modelleme programında hazırlanmış mayın arama dedektörünün oyun motoru içerisine aktarılmasında benzer yöntem kullanılmaktadır. Sadece model değil aynı zamanda modelle beraber oluşturulan atlaslanmış haritaların oyun motoru içerisinde nesnenin üzerine aktarılması gerekmektedir. Aşağıdaki resimde blender oyun motoru ile hazırlanan dedektörün üzerine aktarılmış olan ve “inspector” panelinde yer alan diğer elemanlar gösterilmektedir.

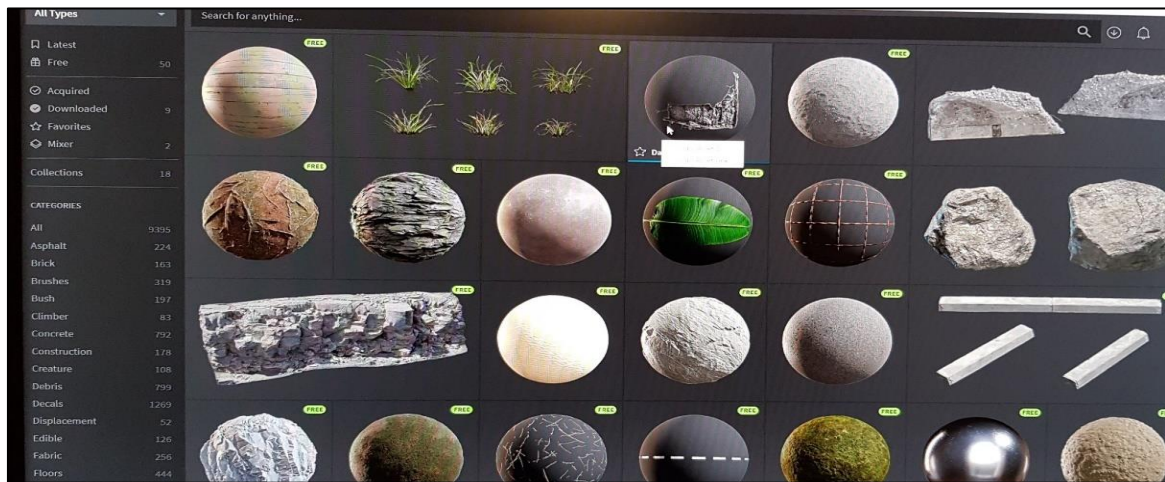


Resim 5.15. Modelin oyun motoru içerisine aktarılması

Unity oyun motoru içerisinde farklı amaçlarla hazırlanan ve farklı görsel sonuçlara neden olan birçok “Shader” ile desteklenmektedir. Modellerin kullanım esnasında göze güzel gözükmesinin yanında aynı zamanda oyunun veya simülasyonun performansını olumsuz etkilememesi önem arz etmektedir. Modelleri haritalamakta kullanılan resim dosyalarının kaliteli olması görüntüyü olumlu şekilde etkilese de boyutlarını fazla olması nedeniyle performansı olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle hangi tip haritaların kullanılacağına önceden karar verilmelidir.

Bu kapsamda modellerin oluşturulması esnasında genellikle Unity oyun motorunun standart Shader’ı kullanılmıştır. Bunun Shader içerisinde genellikle normal harita, albedo harita, yükseklik haritası veya metalik haritaya yer verilmiştir. Her bir haritanın adlarından da anlaşılacağı üzere bu 2 boyutlu resim dosyaları uygulandıkları nesnelerin ekrandaki renk, eğim veya parlaklıklarına benzer özellikleri uygun özellikte gösterilmesini sağlar.

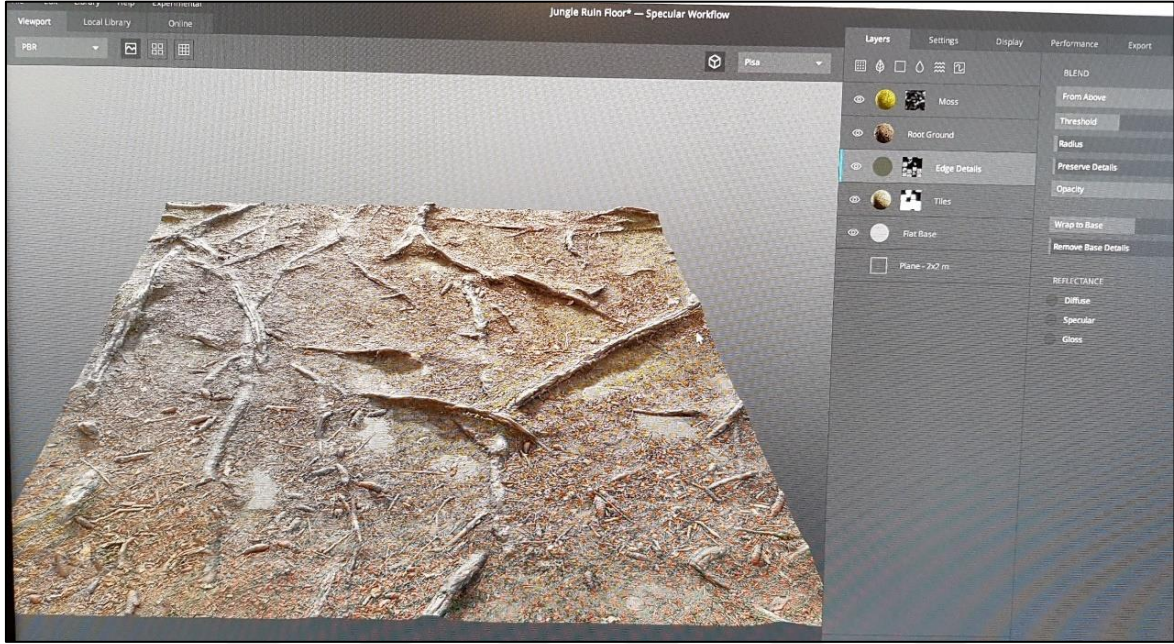
Üç boyutlu modeller dışında simülasyonun gerçekleştirileceği arazi ve çevre koşullarının da doku dolandırılması önem arz etmektedir. Benzer haritalandırma yöntemleri bu aşamada uygulanabilmektedir. Bu çalışmada arazinin kullandırılması konusunda Quicksell Mikser adlı programdan faydalanılmıştır. Aşağıdaki resimde gösterildiği gibi bu program vasıtasıyla gerek materyal gerekse dokular ayrı ayrı oluşturulabilmektedir. Mevcut çalışmanın içeriğine uygun olarak çevre koşulları düşünülerek aşağıda örneği verilen dokulardan farklı varyasyonlar hazırlanmıştır.



Resim 5.16. Hazır doku ve materyal kullanımı



Bu esnada programın kendi kütüphanesinde yer alan bedava içerikler vasıtasıyla, mevcut çalışmanın coğrafi bölgenin bitki örtüsü ve toprağına uygun olarak yüzey dokuları hazırlanmıştır.



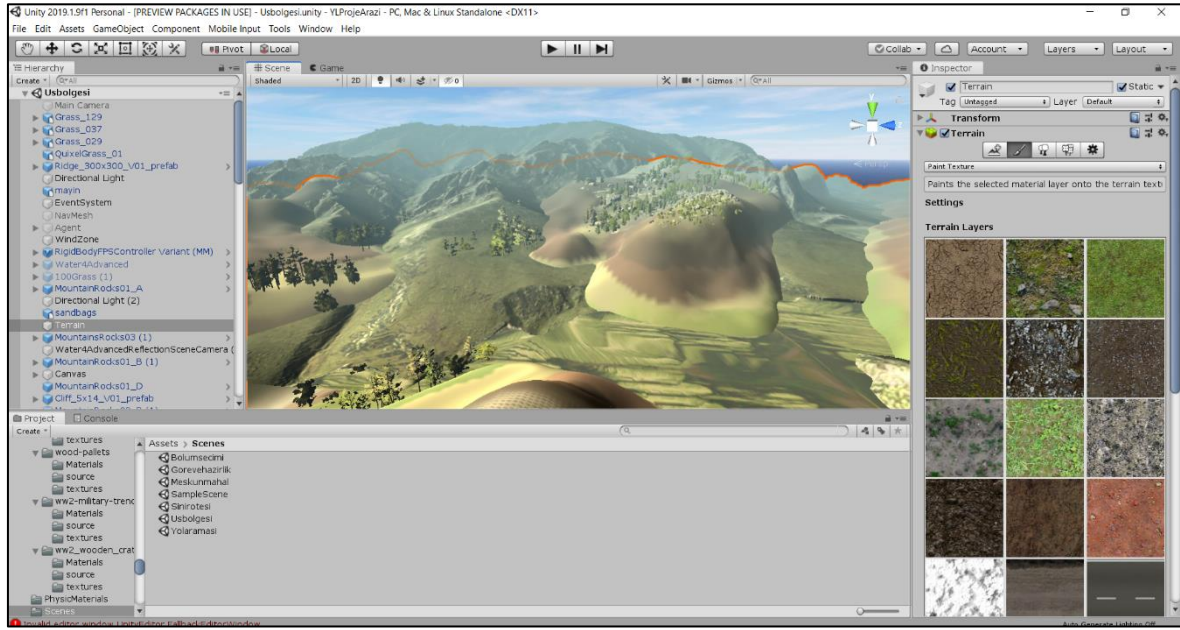
Resim 5.17. Doku hazırlama

### 5.3.2. Arazi tasarımı ve çevre koşullarının hazırlanması

Önceki bölümlerde arazinin gerçek bir arazi parçasına benzemesin için yükseklik haritalarından faydalanmak suretiyle hazırlandığı ifade edilmiştir. Hazırlanan bu üç boyutlu modelin gerçekçi bir hale getirilebilmesi için uygun materyal ile kaplanması veya dokulandırılması gerekmektedir. Bu kapsamda bir önceki bölümde bahsedilen program vasıtasıyla oluşturulan dokular ile Unity oyun motorunun resmî sitesinde yer alan bedava içeriklerden faydalanılmıştır.

Oluşturulan arazi modelinin düzenlenmesi kapsamında Unity oyun motorunun arazi editörü (Terrain Editor) paneli kullanılmıştır. Bu editör vasıtasıyla ihtiyaç duyulan bölgelerde farklı yükseklik arızaları oluşturulabilmekte, bölümün farklı noktaları istenilen şekilde hazırlanabilmekte, aynı zamanda daha önceden hazırlanan dokular yüzeye uygulanabilmektedir.

Panel içerisinde beş farklı sekme bulunmaktadır. Bu sekmelerden birincisinde; arazi yüzeyi oluşturulabilmekte ve özelliklerinin belirlenebilmekte, ikincisi sekmede arazinin yüksekliği ve modellenmesi ile ilgili çeşitli düzenlemeler yapılabilmekte, üçüncü sekmede arazi üzerine istenildiği takdirde farklı üç boyutlu bitki ve ağaçların eklenebilmekte; dördüncü sekmede arazi üzerine çeşitli küçük bitkiler gerektiğinde iki veya üç boyutlu olarak eklenebilmekte ve son sekmede genel ayarlamalar yapılabilmektedir.



Resim 5.18. Arazi modelinin hazır hale getirilmesi

Benzer şekilde oluşturulacak ve çevre koşulları veya rüzgâr ile ortamdaki bitki örtüsünü hareket etmesi veya rüzgâr sesinin duyulması gibi unsurlar oyun içerisindeki gerçeklik duygusunu geliştiren unsurlardır. Bu kapsamda Unity oyun motoru içerisindeki standart eklentilerden faydalanılmıştır.

Bölüm tasarımı esnasında üzerinde durulması gereken diğer bir konu da “Collider”lardır. Özellikle nesnelerin araziye yerleşimi ile temas halinde fizik motorlarının hesaplamalarında kullanılan önemli sınır elemanlarıdır. Nesnelerin görüntüsünden yer alan sınırların fiziksel olarak bir amacı yoktur. Collider için oyun esnasında görülmeksizin kullanıcıyı sınırlandıran görünmez duvar veya kontrol elemanlarıdır. Bu duvarlar sayesinde oyuncunun oyun alanı sınırlandırılır. Ayrıca bu duvarlar sayesinde oyun motoru içerisinde yer alan fizik motoru işlemlerini yapmaktadır. Bu yüzden nesnelere atanan Collider’ın Genellikle az poligondan oluşması oyun performansına olumlu katkı sağlamaktadır



### 5.3.3. Bölüm tasarımı

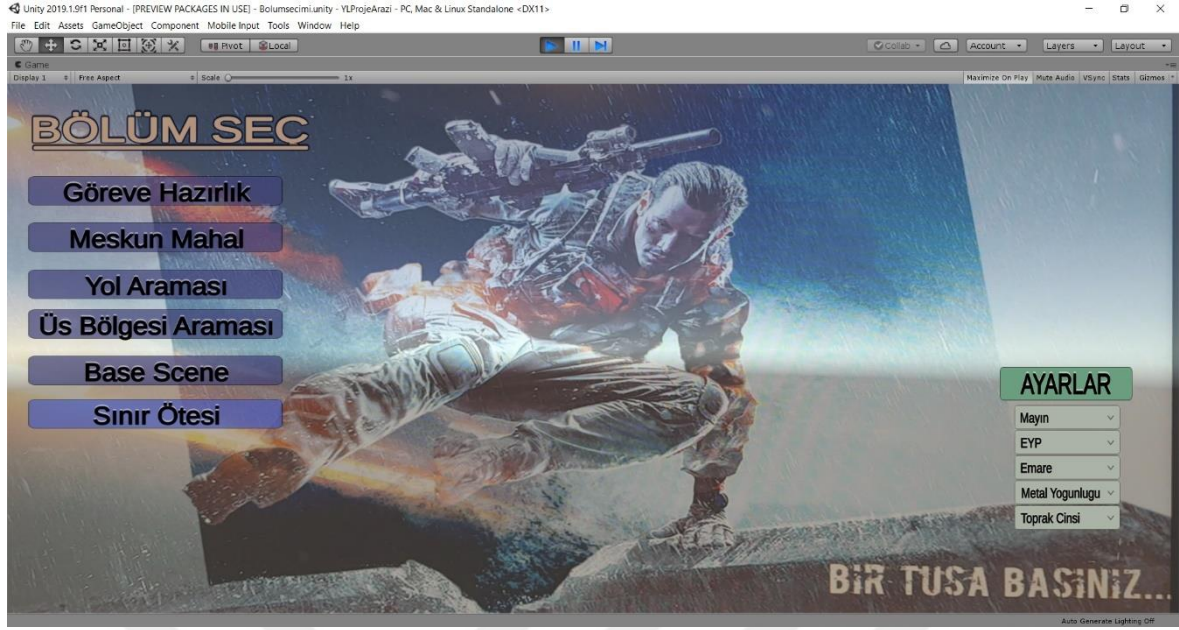
Bilgisayar ekranı kullanılmak suretiyle klavye ve mouse ile oynanması planlanan ciddi oyunun, kabaca 5 bölümden oluşması tasarlanmıştır. Bunlardan bölüm seçme ekranı hariç savunma unsurlarının iç güvenlik ve sınır ötesi hareketlerde ilgili unsurların sıklıkla uyguladıkları görevler baz alınmıştır.

Bu kapsamda birinci bölüm arama unsurlarının görevlerine hazırlık ve eğitim yaptıkları alan Göreve Hazırlık Bölümü olarak hazırlanmıştır. İkinci bölüm Meskûn Mahal bölümüdür. Bu bölümde örnek bir mahalle tasarlanmıştır. Üçüncü bölüm yol araması bölümüdür. Bu bölümde timlerinin yol ve güzergâh arama görevleri esas alınmıştır. Dördüncü bölüm Üs Bölgesi araması bölümüdür. Bu bölümde timlerinin üs bölgelerinin işgal edilmeden önce bölgenin nasıl aranacağı konusu üzerine durulmuştur. Son bölüm ise sınır ötesi bölümdür ve bu bölümde örnek bir terk edilmiş ve yıkık bir arazi modelinden faydalanılmıştır.

#### Bölüm Seçme Ekranı ve Duraklatma Menüsü

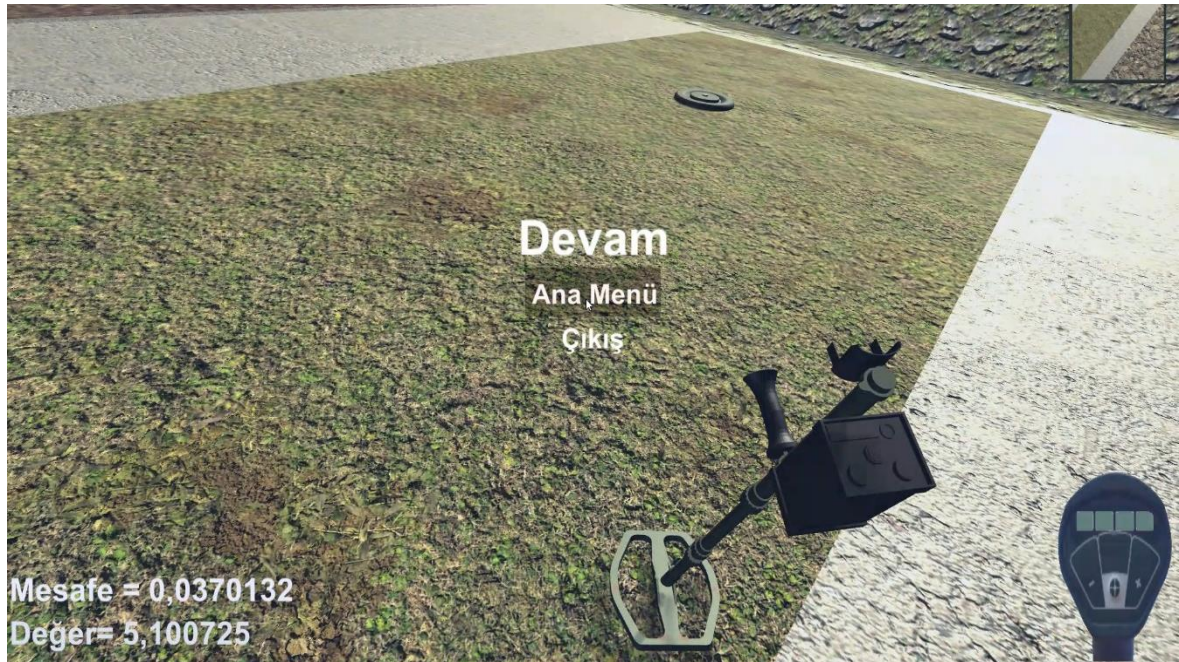
Bölüm seçme ekranı, oyunun ana menüsü ve yukarıda bahsedilen bölümlerin seçilebildiği, bölümler arasında geçişlerin yapıldığı veya herhangi bir bölüm esnasında kullanıcı ara yüzü kullanılarak ana menü olarak geri dönülen menüdür. Bu menü içerisinde sol tarafta hangi bölümün seçileceği, sağ tarafta bölümlerle ilgili ayarlamaların yapılacağı sekmeler yer almaktadır. Ayrıca bölümün arka temasında daha önceden hazırlanmış örnek bir video gösterilmektedir.

Bölüm seçme ekranında yer alan bölümlerden “Base Scene” ve “Sınır Ötesi” bölümleri ve toprak cinsi ve metal yoğunluğu sekmeleri kontrol maksatlı oluşturulmuştur. Ayarlar sekmesinin altında yer alan mayın, EYP ve emare sekmeleri ile seçilen bölümlerde kaç adet nesne oluşacağı kullanıcı tarafından belirlenmektedir.



Resim 5.19. Bölüm seçme ekranı

Kullanım esnasında oyuncu tarafından oyunun dondurulması ve duruma göre ayarlar ile ana menüye dönüş işlemlerinin yapıldığı Pause menüsüne ait C# kodu aşağıda yer almaktadır. Bu kapsamda kullanıcı tarafından “ESC” tuşuna basıldığında oyun dondurulmakta, yani oyun içerisinde yer alan zaman durmakta ve menü vasıtasıyla istenen tuşun basılması sağlamaktadır.



Resim 5.20. Pause menüsü

*Pause Menü C# kodu:*

```
void Update()
{
    if (Input.GetKeyDown(KeyCode.Escape))
    {
        if (Oyunpaused)
        {
            Resume();
        }
        else
        {
            Pause();
        }
    }

    public void Resume(){
        pausemenuUI.SetActive(false);
        Time.timeScale = 1f;
        Oyunpaused = false;
    }

    void Pause(){
        pausemenuUI.SetActive(true);
        Time.timeScale = 0f;
        Oyunpaused = true;
    }

    public void Anamenu(){
        //Time.timeScale = 1f;
        Debug.Log("Bölüm Seçin");
        SceneManager.LoadScene("Bolumsecimi");
    }

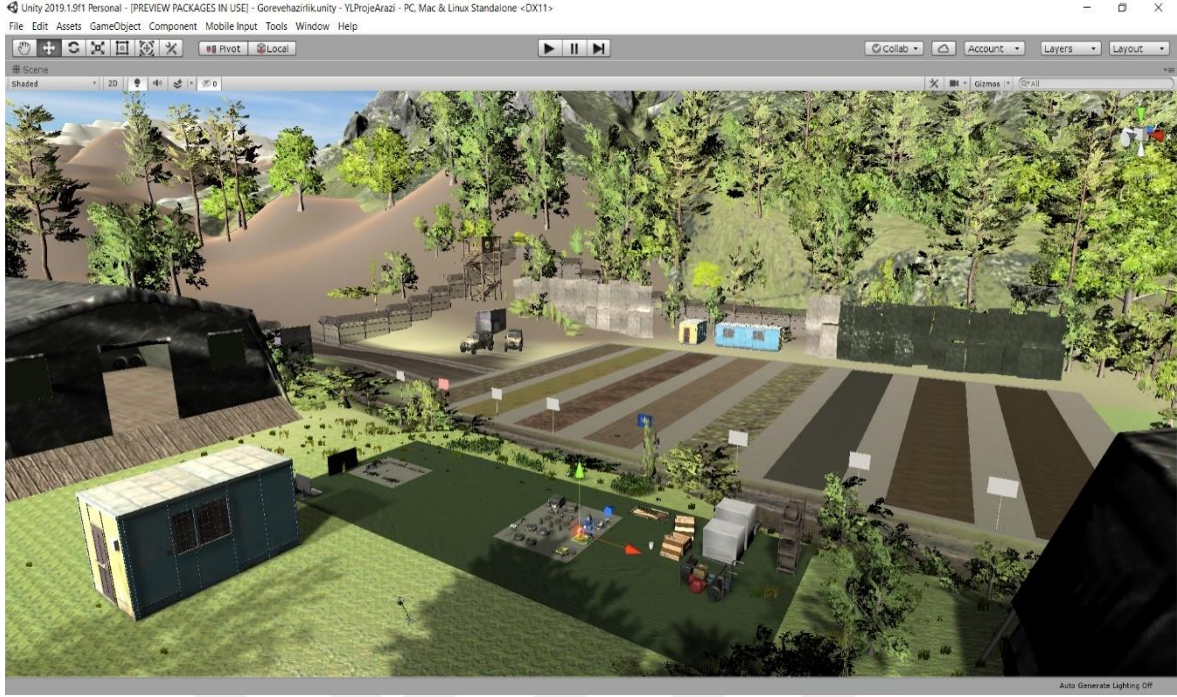
    public void Cikis(){
        Debug.Log("ÇIK");
        Application.Quit();
    }
}
```

Uygulamanın dondurulması ile uygulama zamanı “0”a eşitlenmekte, pause menüsü aktif hale getirilmektedir. “Ana Menü” ve “Çıkış” sekmeleri ile uygulamadaki ilgili bölümlerin yüklenmesi sağlanmaktadır.

### Göreve Hazırlık Bölümü

Bu bölüm patlayıcı madde araması yapan timlerin araziye çıkmadan önce teçhizatlarını ayar aldıkları ve eğitim yaptıkları bölümdür. Bu kapsamda bölüm tasarımı iki bölgeden oluşmaktadır. Birinci bölge malzemelerin yerde bulunduğu ve gösteriminin yapıldığı bölümdür. İkinci bölüm ise aşağıda yer alan arama parkurlarıdır. Bu arama parkurlarında genellikle kumlu, taşlı, çakıllı, çimli ve benzeri alanlar üzerinde dedektör operatörleri arama yapmaktadırlar. Farklı arazilerde yapılan arama ve ayarlama işlemleri neticesinde personel farklı toprak çeşitlerinde dedektörün nasıl sinyal verdiği konusunda eğitim görmektedir.



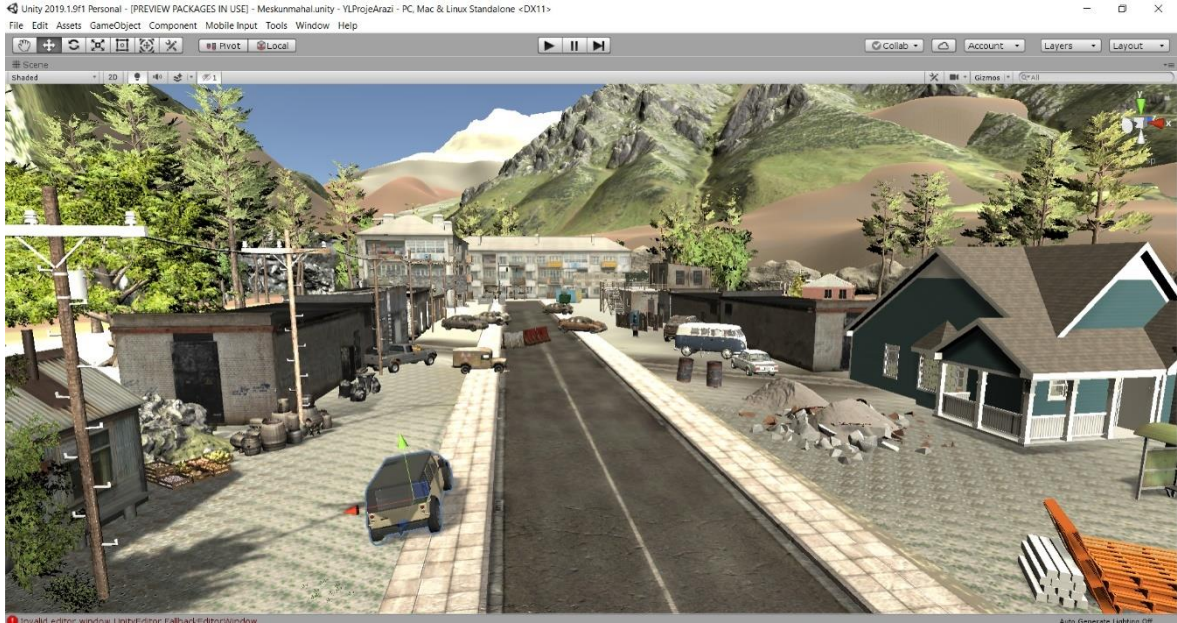


Resim 5.21. Göreve hazırlık bölümü

### Meskûn Mahal Bölümü

Patlayıcı madde araması yapan timlerin son yıllarda belki de en fazla arama yaptığı alan meskûn mahallerdir. Meskûn mahaller özellikle patlayıcı maddeleri saklaması konusunda teröristlere avantaj sağlar. Her noktanın kolaylıkla tuzaklanabileceği bu alanlarda, arama yapan unsurlar bu bölgenin daha sonra sivil şahıslar tarafından tekrar kullanacağı hususunu değerlendirdiğinden, her bir noktayı detaylıca kontrol etmelidir.

Bu kapsamda bu bölüm tasarlanırken bir yol üzerinde sağlı sollu olarak yerleştirilmiş binalar olan ve ortasında bir cadde yer alan bir meskûn mahal modellenmiş, içerisine sıklıkla karşılaşılabilecek çeşitli engel ve nesneler yerleştirilmiştir. Böylelikle dedektör operatörünün her bir objeyi bir tehlike olarak değerlendirmesi ve ona göre yaklaşması amaçlanmaktadır.



Resim 5.22. Göreve hazırlık bölümü

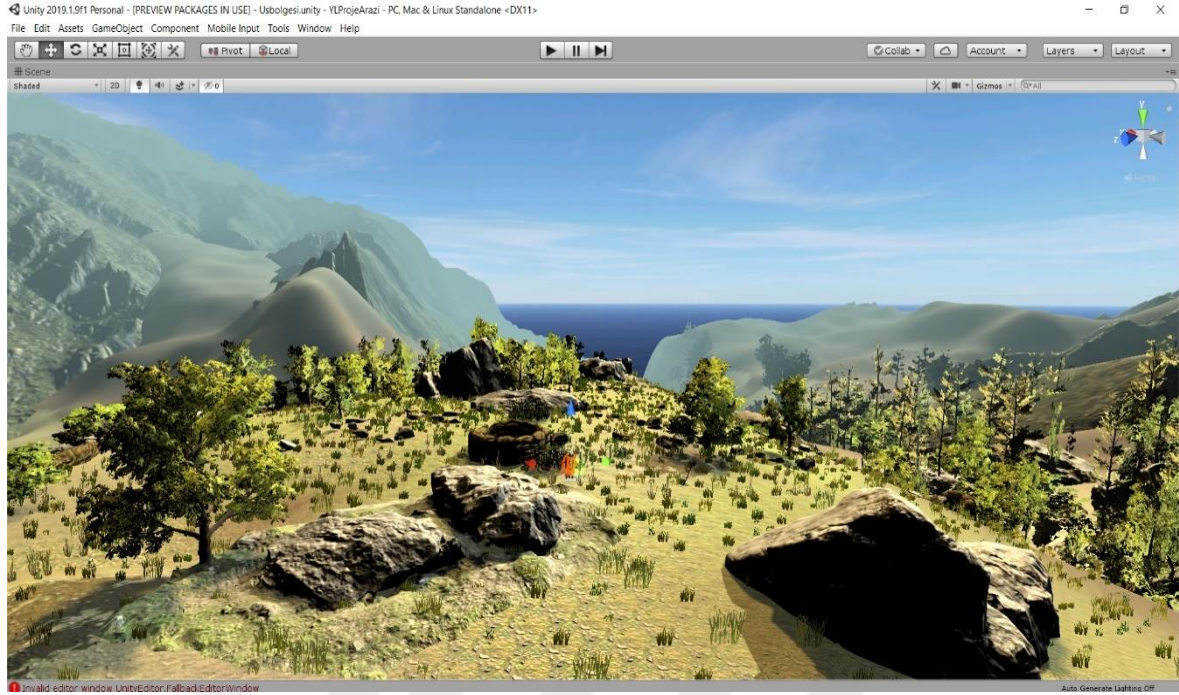
### Üs Bölgesi Araması Bölümü

Özellikle İç Güvenlik Harekatı'nda ve son zamanlarda kısmi olarak sınır ötesi harekâtlarda kullanılan patlayıcı madde arama timlerinin sıklıkla karşılaştığı diğer bir görev Üs Bölgesi Arama görevleridir.

Üs bölgeleri genellikle ihtiyaca zamana göre açılıp kapatılmaktadır. Araziye açılan ve yayılan birlikler genellikle bu noktalardan görevlere gidebilmekte veya görevlerini bu noktalarda sonlandırabilmektedir. Üs bölgelerinin işgal edildiklerinde, detaylıca aranması gerekmektedir. Bu görevler aradan uzun bir süre geçmesi ve teröristler tarafından bu bölgelerin bilinmesine nedeniyle ayrı bir hassasiyet gerektirir.

Daha önce kullanılan mevzilerin veya sıklıkla kullanılması muhtemel olan noktaların terörist unsurlarca tuzaklanabileceği değerlendirildiğinden son derece hassas bir şekilde bu noktaların aranması gerekmektedir. Bu kapsamda araziye uygun olarak bir üs bölgesi modellenmiş ve dedektör operatörlerinin bu noktaları usulüne uygun olarak araması istenmiştir.



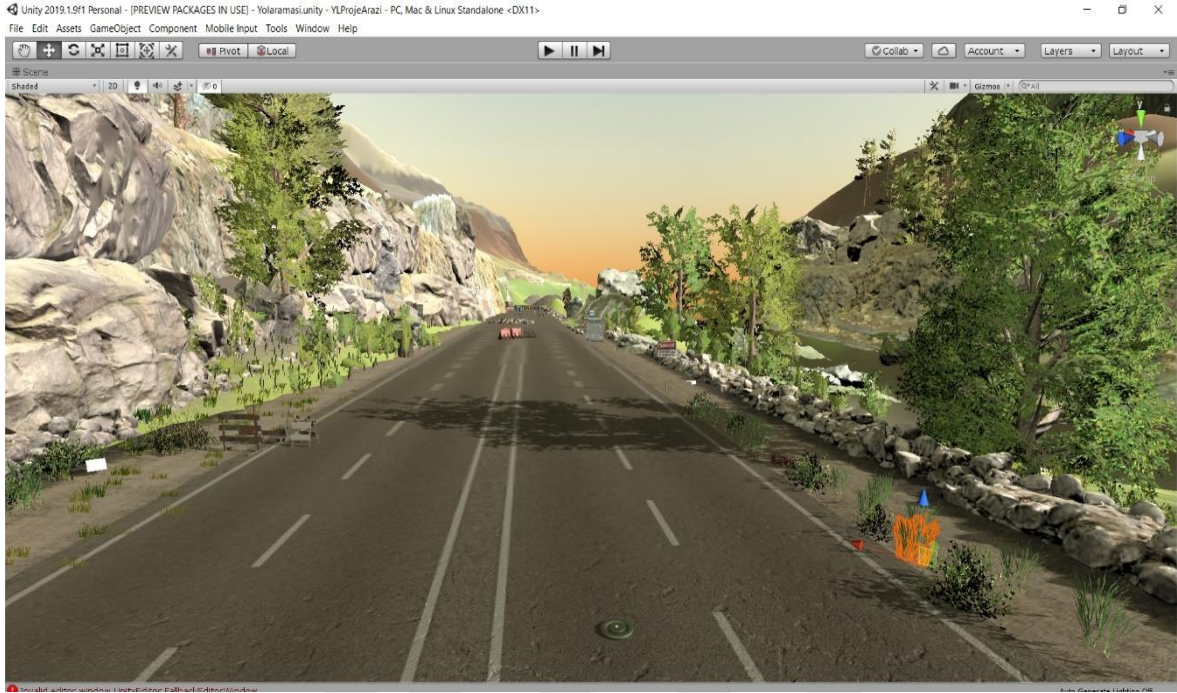


Resim 5.23. Üs bölgesi araması bölümü

### Yol Araması Bölümü

Hemen hemen tüm görevlerin başlangıcında veya sonunda yaya veya araçla bir intikal yapılmaktadır. Gerek özel bir görev neticesinde yapılan intihallerde, gerekse periyodik olarak yapılması gereken faaliyetlerde icra edilen intikallerin tamamında hareketin icra edileceği yolların veya güzergahın patlayıcı madde araması yapılması gerekmektedir. Bu nedenle özellikle patlayıcı madde arama timleri her nevi yolu ve çevresini ve gerektiğinde kritik noktaları aramak zorundadır. Bu kapsamda arazide yol araması yapacak unsurların eğitilmesini sağlayacak bir bölüm tasarlanmıştır.

Yol ve güzergâh aramalarında özellikle farklı toprak yapısına sahip alanların aranacağı göz önünde bulundurulmalıdır. Yolum satıh üstü asfalt olabilirken, hemen kenarı toprak, biraz ötesi çalılık olabilmektedir. Hatta yolların altından sıklıkla tüneller kablolar ve menfezler geçmektedir. Bu alanları kolaylıkla tuzaklanabileceği değerlendirildiğinden bu noktaların araması detaylıca yapılmalıdır.

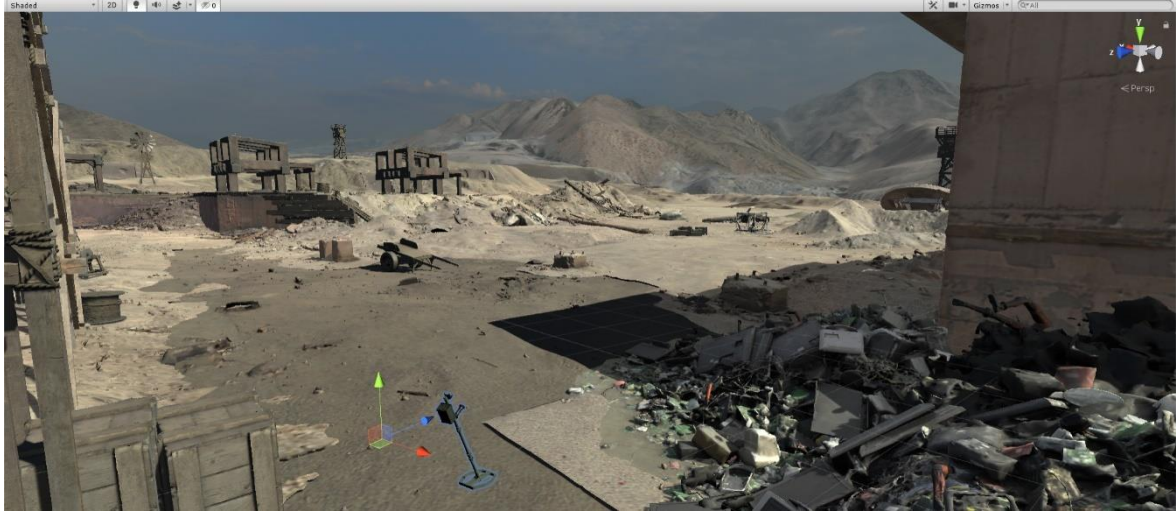


Resim 5.24. Yol araması bölümü

### Sınır Ötesi Bölümü

Değişen ve gelişen konjonktür neticesinde arama yapan unsurların görevlerine sınır ötesi hareketler eklendiğinden, arazide patlayıcı madde araması yapan timlere bu görevi eklenmiştir. Özellikle kumlu, çorak çöl şeklindeki araziler içerisinde yer alan yıkık, metruk yerlerin veya binalar ile bina içlerinin araması gerekmektedir. Her ne kadar bu alanlara ülke coğrafyası içerisinde çokça rastlanmasa da güvenlik unsurlarının son yıllarda almış olduğu görevler değerlendirildiğinde uygulamaya eklenmesinin uygun olacağı değerlendirilmiştir.

Bu nedenle özellikle bu bölümün gerçekçi bir şekilde modellenmesi amaçlanmış ve Unity Store içerisinde yer alan hazır ve ücretsiz bir bölüm optimize edilerek ve kırpılarak kullanılmıştır. Bölüm içinde genel olarak yıkık binalar arasında, bina içi ve çöl arazisinde arama yapılması amaçlanmaktadır.



Resim 5.25. Sınır ötesi bölümü

#### 5.3.4. Animasyonların hazırlanması

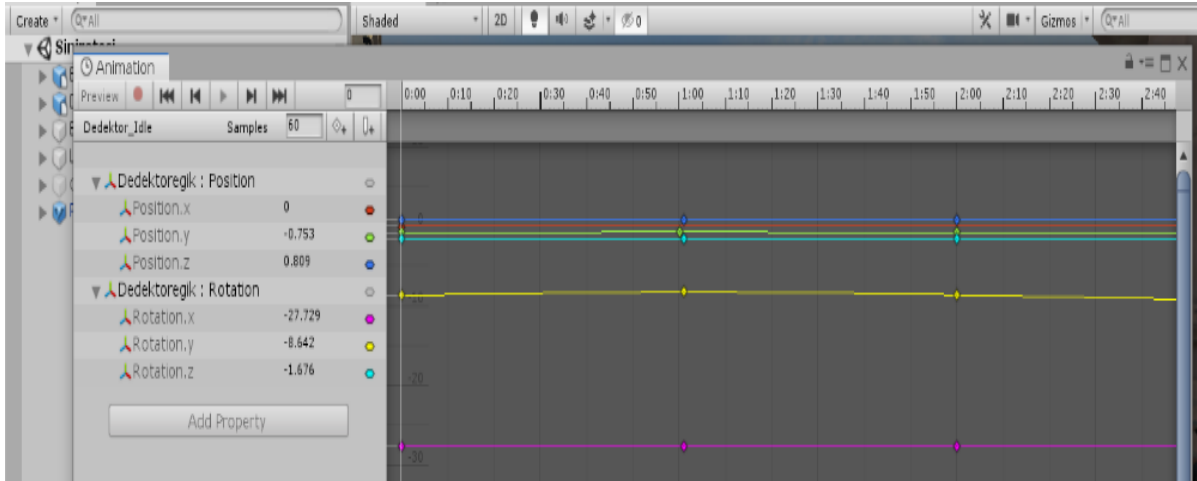
Unity oyun motoru içerisinde kullanılması planlanan animasyonları genel olarak iki kategoriye ayrılabilir. Bunlardan birincisi insansı animasyonlar diğeri basit nesne animasyonlarıdır.

Her iki animasyon çeşidi de Unity oyun motoru içerisinde hazırlanabilmekte olup, özellikle insansı animasyonların çok fazla değişken içermesi nedeniyle genellikle farklı program ve teknolojiler kullanmak suretiyle hazırlanmaktadırlar. Basit nesne animasyonları ise daha çok mekanik ve otomatik veya hareketler ile nesnenin büyüklüğü açısı koordinatı ve benzeri alanlarda zamana bağlı yapılan değişimleri içermektedir. Bu uygulama içerisinde genellikle insansı animasyonlar için Blade yazılımı ile Mixamo internet sitesi kullanılmış, basit nesne animasyonları Unity oyun motorunu Animation panelinde hazırlanmıştır.

#### Basit Nesne Animasyonu ve Kamera Hareketi

Uygulama içerisinde hazırlanan basit nesne animasyonuna bir örnek kamera hareketi gösterilmektedir. Kullanıcının oyun esnasında sanki nefes alıyormuş hissini yaşamasını için birbasit nesne animasyonu hazırlanmış ve bu maksatla Unity animatör paneli kullanılmıştır. Bu kapsamda hazırlanan animasyon aşağıda gösterilmiştir





Resim 5.26. Basit nesne animasyonu

### İnsansı Animasyonlar

Oyun içerisindeki gerçekliği arttıran diğer önemli bir unsur da oyunda yer alan karakterin hareketlerinin gerçekçi gözükmesidir. Bu maksatla kullanılan birçok farklı yöntem bulunmaktadır. Öncelikle Unity oyun motoru içerisinde yer alan animasyon ve animatör sekmeleri genellikle karakter veya basit nesne animasyonlarının hazırlanması ve bağdaştırılması için kullanılmaktadır. Ancak bu yöntemle insansı bir hareketin elde edilmesi çok detaylı ve emek gerektiren bir çalışmayı gerektirir.

Örneğin bir insan karakterinin ayakta hafif şekilde sallandığını (idle) gösterebilmek için modelin üzerinde bulunan yaklaşık 53 adet eklem parçasından saniyenin 30'da birinde nerede olacağına karar vermek ve bunu belirlemek gerekmektedir. Bu işlem için genellikle birçok oyun ve film firmasında hareket yakalama teknolojileri kullanılmaktadır. Bu çalışmada da bir hareket yakalama teknolojisine sahip laboratuvarından faydalanılmış ve çalışmaya basit bir animasyonun nasıl hazır hale getirildi anlatımı eklenmiştir.

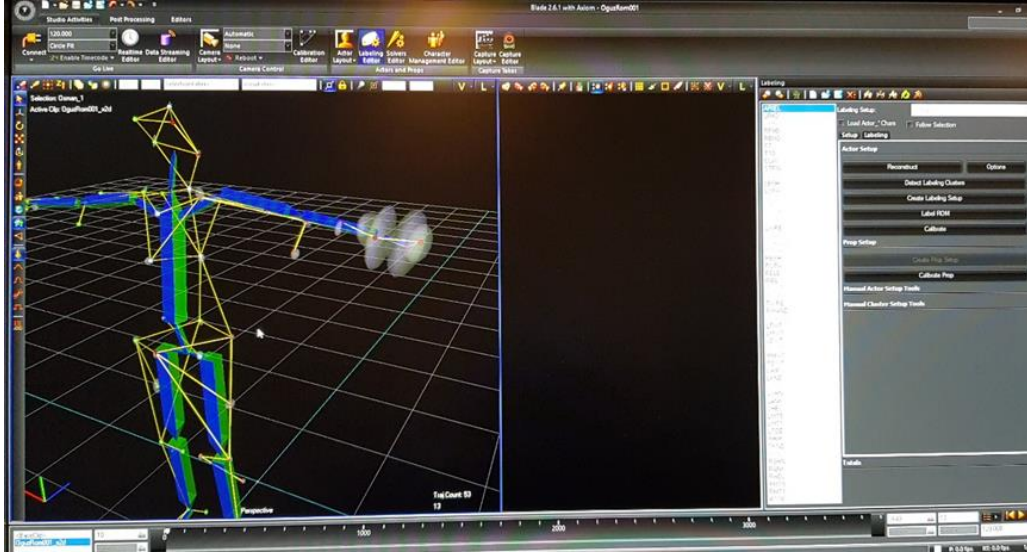
Öncelikle bu tür hareket yakalama teknolojilerinde genellikle iki farklı sistem kullanılmaktadır. Bu çalışmada kızılötesi kameralar ve nokta takip sistemleri kullanılmıştır bu kapsamda Hacettepe Üniversitesinin ilgili laboratuvarı ile Blade ve Vicon programlarından faydalanılmıştır.



Resim 5.27. Vicon programı ve kızılötesi kameralar ile manken/oyuncudan hareket bilgilerinin çekilmesi

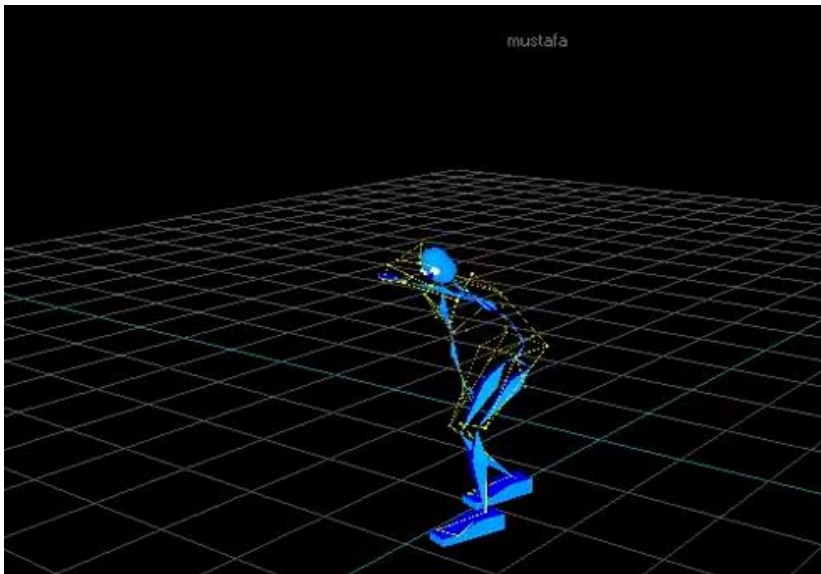
Bu sistemler sayesinde manken üzerine yerleştirilmiş 53 adet marker laboratuvar içerisine yerleştirilmiş kızılötesi kameralar ile takip edilmekte ve elde edilen veriler ilgili programın içerisinde eş zamanlı olarak aktarılmaktadır. Takip etme işlemi öncesinde sistemin kalibre edilmesi, yüzeyin anlaşılması ve kameraların birbirlerini tanımaları gerekmektedir. Bu konunun ayrı bir alan olması sebebiyle bu çalışmada çok fazla teknik detay verilmemiştir.

Kameralardan elde edilen verilerin Blade programına aktarılmasından sonra düzenlenmesine ihtiyaç vardır. Çünkü animasyon boyunca takip edilen noktalar herhangi bir anda hareketin doğası gereği veya teknik nedenlerden kaybolmuş veya pozisyonunu kaybetmiş olabilir. Bu sebeple her bir noktanın hangi zaman diliminde nerede olduğunun belirlenmesi ve gerektiğinde manuel olarak müdahale edilmesi gerekir. Aşağıda yer alan Resim de gösterildiği gibi mankenin sol elinde oluşan haleler o bölgenin animasyon esnasında net olarak takip edilemediğini ve düzeltilmesi gerektiğini bildirmektedir.



Resim 5.28. Çekilen verilerin Blade programında düzenlenmesi

Bu nedenle bu bölgelerdeki her bir nokta gerektiğinde her saniye takip edilerek tek tek yerleri belirlenmekte veya interpolasyon uygulanarak bir düzenleme yapılmaktadır. İlgili düzenlemeler yapıldıktan sonra elde edilen hareket verileri aynı program üzerinde bir kuklaya aktarılarak hareketin bir iskelet sisteminde gösterilmesi sağlanmaktadır. Burada mankenin hareketleri ile kuklanın hareketlerinin üst üste oturması için bazı eksen düzenlemeleri ile nokta ayarlamalarının yapılmasına ihtiyaç vardır. Bu kapsamda yapılan çalışmada eğilerek arama hareketi elde edilmiştir. Çalışmanın bu bölümünde Hacettepe Üniversitesi'nin laboratuvarından ve veri setinde faydalanılmıştır.

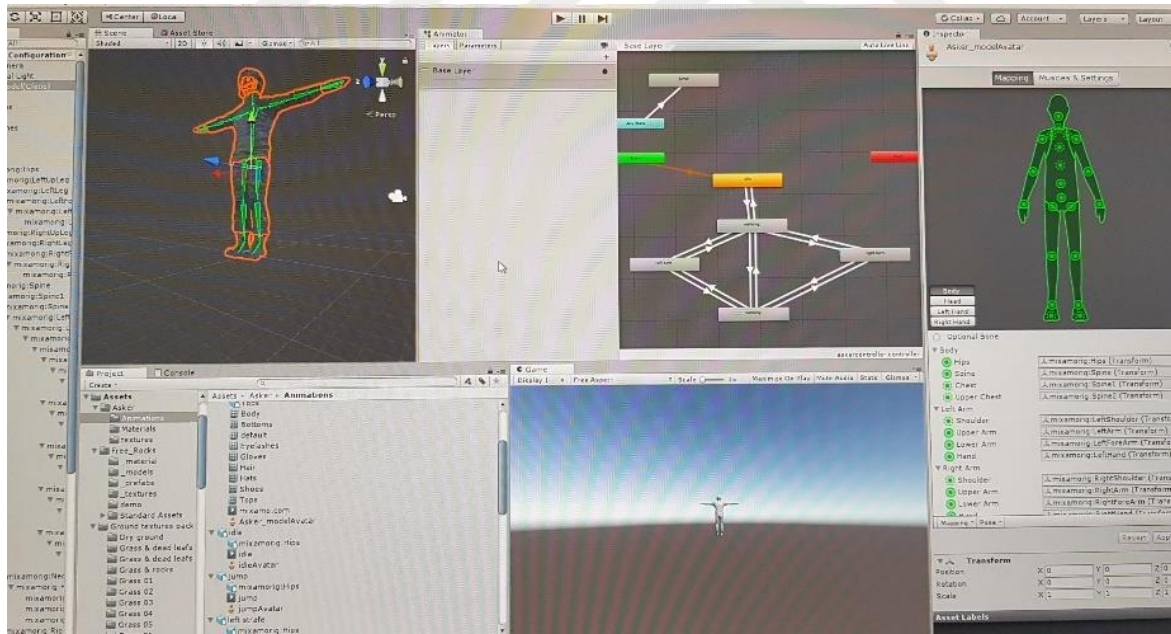


Resim 5.29. Animasyonun hazır hale getirilmesi

Böylelikle oyun motoru içerisindeki bir karaktere aktarılmaya hazır olan animasyon ilgili oyun motoru formatına dönüştürerek kullanılmaya hazır hale getirilmiştir. Ancak işlem bununla sınırlı değildir. Elde edilen animasyonu modellenen karaktere aktarılması için oyun motoru içerisinde de bazı düzenlemeler yapılmalıdır. Bunun için hazırlanan karakterin öncelikle insansı bir karakter olduğu hususu oyun motoruna bildirilir. Böylelikle karakterin eklemlerinde yer alan 53 nokta ile animasyondaki 53 noktanın eşleşmesi sağlanır.

### 5.3.5. Sonsuz durum makineleri

Bu aşama içerisinde Unity oyun motoru içerisinde yer alan animatör sekmesinde sisteme aktarılan animasyonun üzerinde bazı düzenlemeler yapılmıştır. Örneğin animasyonun ne zaman harekete başlayacağı, sürekli tekrar edip etmeyeceği veya ne koşulda hareketin sonlanacağı ile animasyonun eksenleri üzerinde ayarlamalar bu sekmede düzenlenir. Burada modelin ağırlık merkezi, animasyonun merkezi ve eksenleri ayarlanabilir.

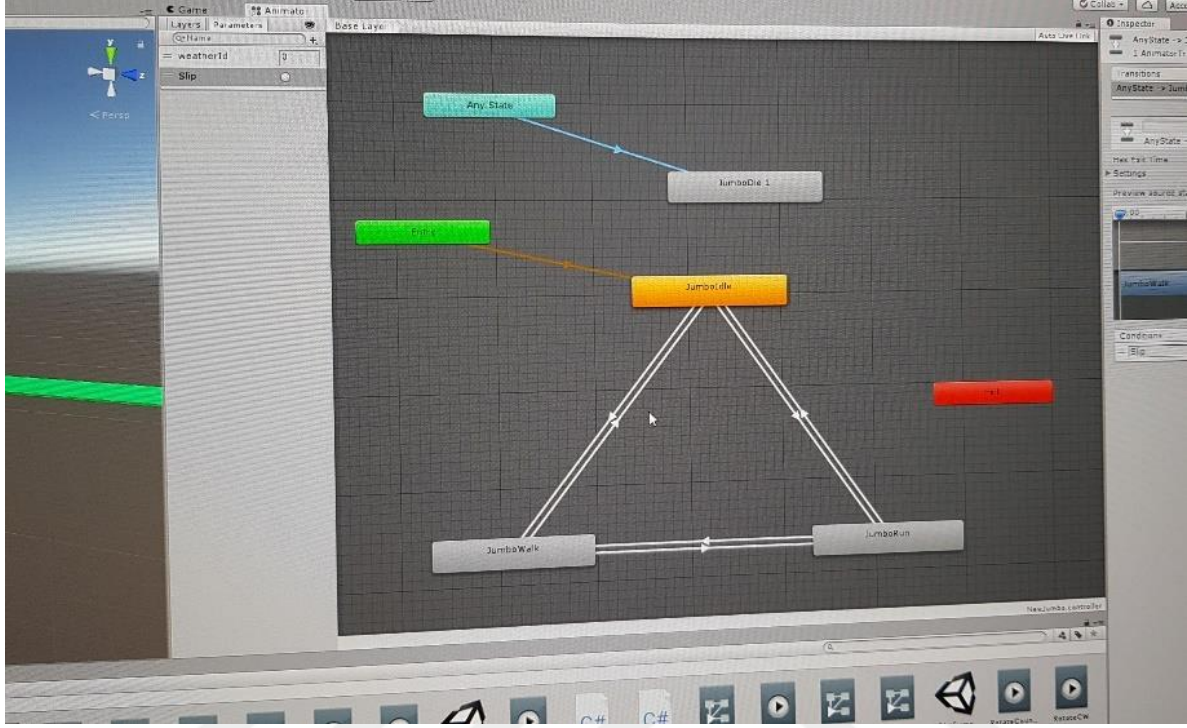


Resim 5.30. Asker modelinin Unity içerisinde animasyona hazır hale getirilmesi

Ayrıca diğer önemli bir husus hangi animasyonun hangi koşulda çalışacağı veya kullanıcıdan gelecek hangi komut sonucunda animasyonun başlayacağı veya biteceğidir. Bu nedenle Unity oyun motoru içerisinde durum makineleri (State Machine) kullanılmaktadır. Durum makineleri sayesinde oluşturulan mantık şemaları değişkenlere bağlanarak



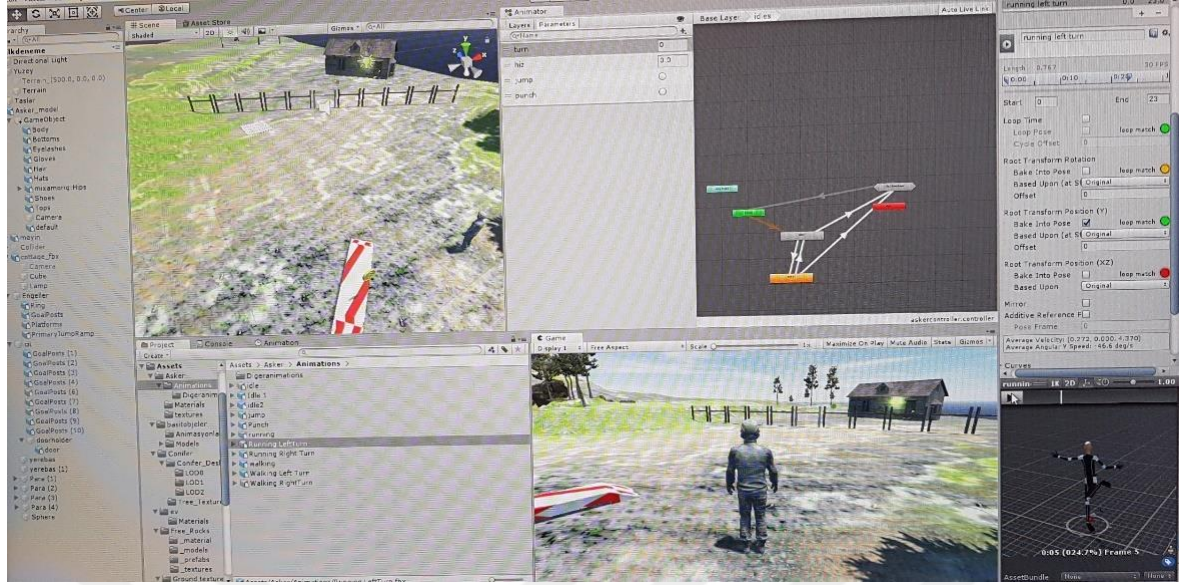
kullanıcıdan gelecek komut veya oyun içerisindeki bir duruma göre aktif veya pasif hale gelir.



Resim 5.31. Durum makineleri ile animasyonların nasıl çalışacaklarının bildirilmesi

Bu durum makineleri içerisinde animasyonların geçişlerinin ayarlayan veya bu geçişlerin daha yumuşak bir şekilde geçmesini sağlayan yöntemler mevcuttur. Bunlardan biri “Blend Tree” metodudur. Bu şekilde bir animasyondan diğer animasyona geçiş esnasındaki hareketler daha gerçekçi bir şekilde gerçekleştirilir. Ayrıca basit nesne animasyonları veya makine animasyonlarında Unity oyun motoru çevresindeki animasyon sekmesinden kullanılabilir.

Bazen animasyonlarda vücudun belli bir kısmının animasyonda çalışması belli bir kısmının ise hareket etmemesi istenebilir. Örneğin karakterin koşarken zıplaması esnasında vücudunun üst tarafının silah tutuşunu değiştirmemesi gerekebilir. Böyle zamanlarda durum makineleri içerisinde her bir animasyona ayrı avatar maskesi eklenerek durum çözüme kavuşturulabilir.



Resim 5.32. Oyun motoru içerisinde kontroller

### 5.3.6. Kullanıcı ara yüzünün hazırlanması

Bölümler arasında geçiş için nasıl yapıldığını gösteren C# kodu aşağıda yer almaktadır. Bölümlerin seçilmesi fare imlecinin üzerine geldiğinde seçimin renk değiştirmesi, toplama sonucunda ilgili sekmenin farklı bir renge bürünmesi veyahut tüm sekmelerin görsel ayarları, Unity oyun motoru içerisindeki “Text Mesh Pro” adlı eklenti kullanılarak hazırlanmıştır.

Oyun esnasında oyuncuya sunulan ve kullanıcı ile etkileşime geçen üç adet farklı panel bulunmaktadır. Bunlardan birincisi ekranın sağ üstünde bulunan radar panelidir. Bu panel vasıtasıyla kullanıcı kendisine kuşbaşı bakışı olarak arazide görebilmekte ve yerini tahmin edebilmektedir. İkincisi sağ alt köşede bulunan ve dedektörün sinyal sensörünü temsilen konulmuş dedektör kontrol kutusu resmidir. Bu alanda kullanıcı dedektöre gelen sinyalleri görsel olarak fark etmektedir. Son olarak sol altta yer alan mesafe ile ilgili hesaplamaların yer aldığı bölgedir. Burada dedektörün merkez noktası ile patlayıcı maddenin merkez noktaları arasındaki mesafe ölçülerek bir sayısal değer elde edilmektedir.



Resim 5.33. Kullanıcı ara yüzü

Ekrana yazdırılan “Değer” ve “mesafe” metinleri uygulamanın ilk aşamalarında kontrol maksatlı olarak iki obje arasındaki mesafenin sürekli olarak ölçülmesi ile elde dılmıştır.

#### *Mesafe Ölçme ve diğer Alanların Kullanıldığı C# Kodu*

```
public class Mesafe_Olcme : MonoBehaviour
{
    void Start()
    {
        sinyal = GetComponent();
    }
    void Update()
    {
        mesafe = Vector3.Distance
(metal.transform.position,baslik.transform. position);
        if (mesafe < 0.3f)
        {
            mesafetexti.color = Color.red;
            sinyal.Play();
        }
        else
            mesafetexti.color = Color.white;
        sinyal.volume = 1 / (1 + (mesafe * mesafe));
        mesafetexti.text = ("Mesafe = " + ((1 / (1 + (mesafe*mesafe))))).ToString());
        gosterge.value = (1 / (mesafe * mesafe));
        degertexti.text = "Değer= " + mesafe.ToString();
    }
}
```



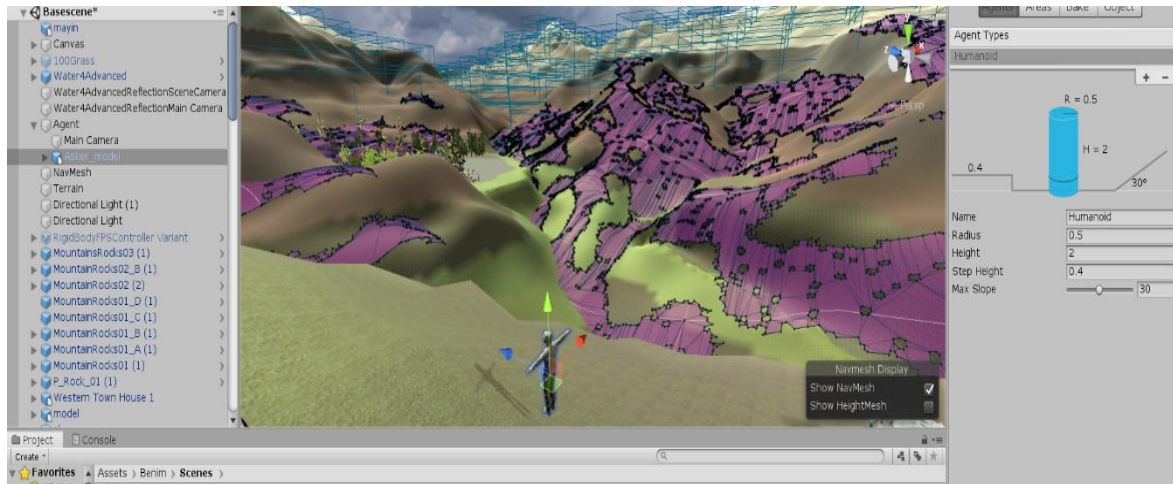
### 5.3.7. Navigation Mesh hazırlanması

Daha önce de ifade edildiği gibi yapılan bu çalışmanın içeriği ile bire bir örtüşmese de, animasyona sahip karakterin oluşturulan arazi parçası içinde, istenilen noktaya gidebilmesi için, tıklandığında noktanın koordinatını alan ve bu koordinatı kendi varış noktasına atayan bir C# scripti yazılmıştır.

#### *Tıklanılan Noktaya İlerleme C# Kodu*

```
void Update()
{
    if (Input.GetMouseButtonDown(0))
    {
        RaycastHit hit;
        if(Physics.Raycast(Camera.main.ScreenPointToRay(Input.mousePosition),
                                                    out hit, 1000))
        {
            {agent.destination = hit.point;
            }
        }
    }
}
```

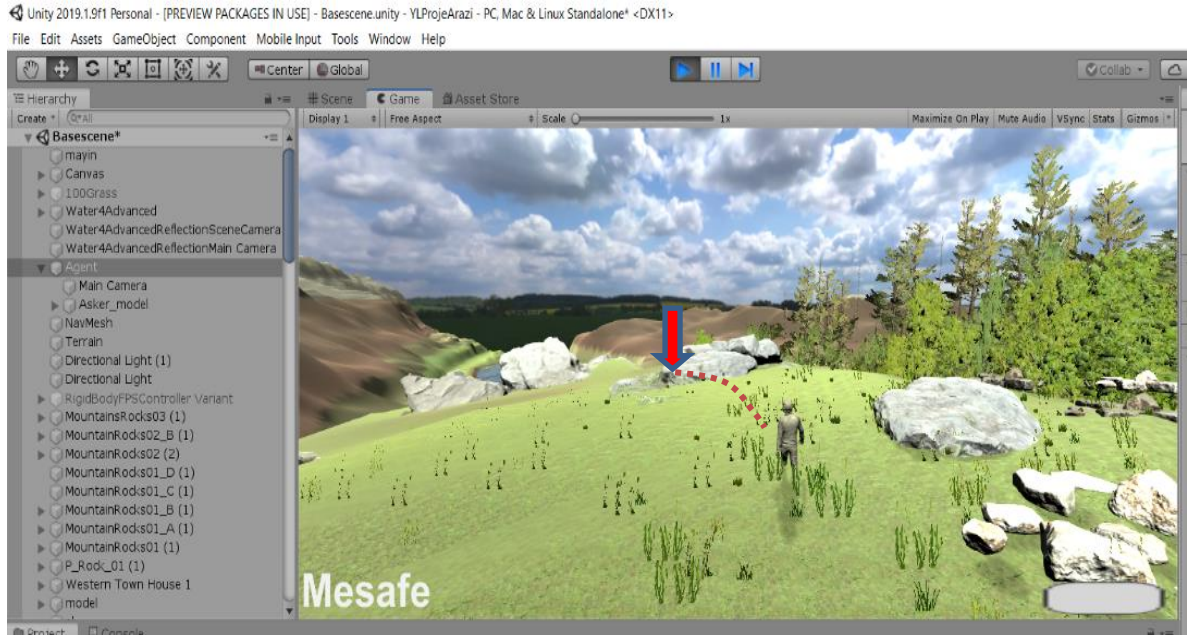
Böylelikle karakter yürüme animasyonu ile birlikte arazide istenilen noktaya engel, aç, yükseklik gibi hususlarını dikkate alarak ilerlemesi amaçlanmaktadır. Bu aşamada uygulamanın Navigation Mesh ile Agent sistemine ait bazı ayarlar yapılmıştır. Agent'a ait ayarlar yapılırken normal bir insana yakın ölçüler kullanılmıştır ve karakterin Boyu 2 m Genişliği 0,5 m, maksimum tırmanabileceği basamak yüksekliği 40 cm ve aç 30 derece olarak ayarlanmıştır. Bu kapsamda, oluşturulan arazinin Navigation Mesh'i aşağıdaki gibidir.



Resim 5.34. Unity’de NavMesh oluşturma ve Agent ayarları



Bu aşamadan sonra karakterimiz bir agent olarak atanmıştır. Tıklanılan noktalara ilerlemesi için hazırlanan scriptin değişken atamaları Unity editör üzerinde yapılmıştır. Böylelikle arazide yer alan bir asker modeli tıklanan noktaya en kısa yol algoritması kullanarak ilerlemektedir.



Resim 5.35. A Yıldız algoritması ile arazi üzerinde hareket etme

### 5.3.8. Patlayıcı madde ve emarelerin araziye yerleştirilmesi

Bölümlerin içeriğinin oluşturulmasında gerçekçiliği etkileyen önemli bir faktör araziye yerleştirilmiş olan patlayıcı maddeler ile çeşitli emarelerin her defasında farklı noktalarda belirlenmesidir. Böylelikle oyuncu bölüme tekrar başladığında daha önce karşılaşmış olduğu patlayıcı maddeleri farklı noktalarda tespit etmek zorunda kalacaktır. Bu kapsamda her oyun başlangıcında patlayıcı maddeleri rastgele alanda oluşmasını sağlamak üzere bir C# kodu yazılmıştır. Burada yer alan rastsallık arazideki herhangi bir noktadan ziyade daha önceden belirlenmiş her bölüm için yaklaşık 60 noktadan herhangi birine bölüm başlamadan önce kullanıcıdan alınan sayılara göre ilgili nesnelerin (mayın, EYP, emare) oluşturulmasıdır.



Resim 5.36. Patlayıcı maddelerin rastgele oluşturulması

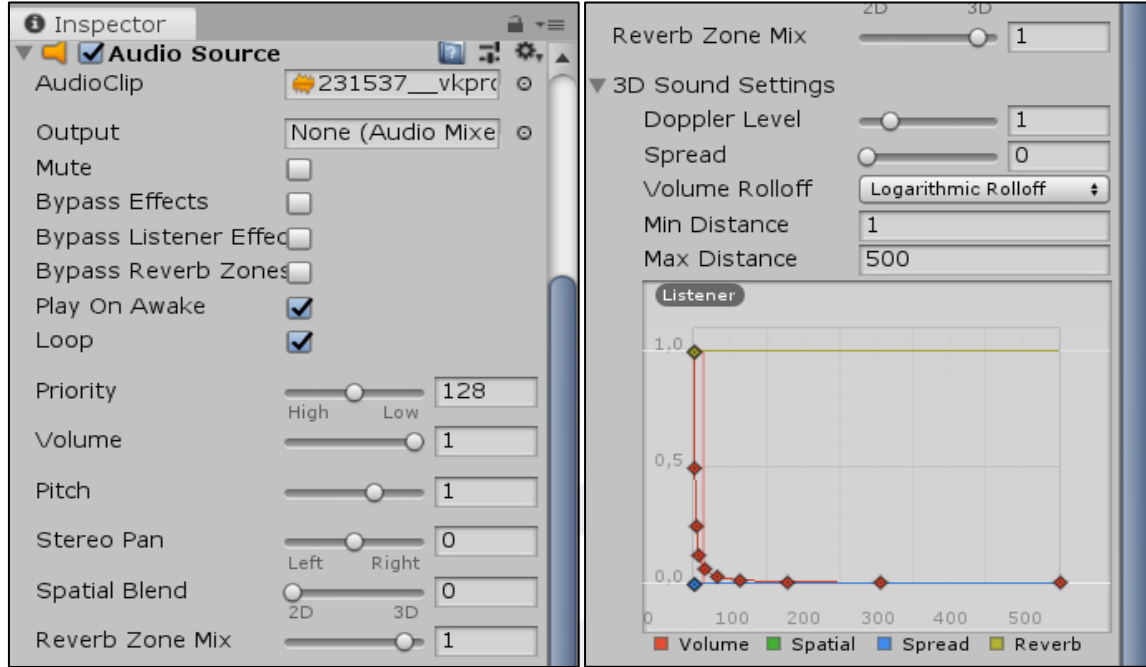
#### *Patlayıcı maddelerin rastgele oluşması C# Kodu*

```
if (gm.bolumsayisi == 1)
{
    GameObject koordinatObject_mayin = Instantiate (koordinat_Gorevehazirlik_mayin);
    childTransformslist_mayin = koordinatObject_mayin.GetComponentInChildren
    <Transform>();
    for(int i = 0; i < mayinSayisi; i++)
    {
        mayinyeriIndex = Random.Range(0, childTransformslist_mayin.Length);
        rastegele_mayin = Random.Range(0,MayinListesi.Length);
        Instantiate(MayinListesi[rastegele_mayin],
        childTransformslist_mayin[mayinyeriIndex].transform.position,
        MayinListesi[rastegele_mayin].transform.rotation);
    }}
}
```

### 5.3.9. Müzik ses ve efektlerin hazırlanması

Uygulamanın gerçekçiliğini arttıran bir özellik olarak çevre koşulları önemle üzerinde durulması gereken bir konudur. Bir nesnenin oyun esnasında kullanıcı ile etkileşime geçmesi (kapı açma, ateş etme) veyahut devamlı olarak değişken bir şiddetle çevredeki sesler (Rüzgâr, yürüyüş vb.) etkiyi arttıran özelliklerdir. Bu kapsamda oyun motoru içerisinde Audio Source paneli kullanılmaktadır. Bir nesneye veya ortama eklenecek sesin özelliğine bağlı olarak bu panelde gerekli düzenlemeler yapılabilmektedir. Aşağıda gösterilen panelde, ortama arka planda sürekli olarak çalması istenilen bir çevre sesi eklenmiş sesin oyun başlar başlamaz çalışması sağlanarak ve sürekli kendine tekrar etmesi istemiştir. Çevre koşulu

dışında patlayıcı madde ile etkileşime geçildiğinde patlayıcı maddeye infilak ettiren ve bu esnada ses çıkartan bir C# kodu aşağıda gösterilmiştir



Resim 5.37. Audio Source paneli

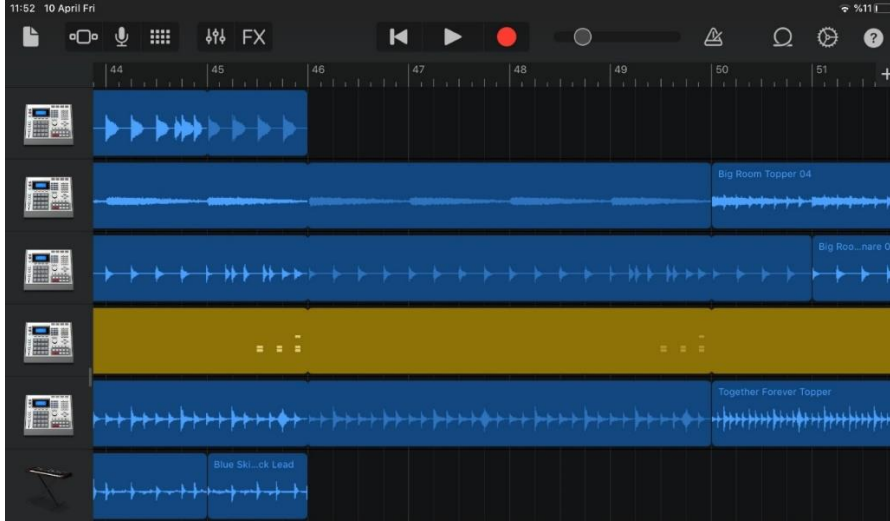
#### Örnek Bir Patlama Sesi C# Kodu C# Kodu

```
public class Patlama1 : MonoBehaviour
{
    //public Animator animator;
    public GameObject explosion;

    //Ses
    public AudioClip ses;
    AudioSource audioSource;

    void Start()
    {
        audioSource = GetComponent();
    }
    void OnTriggerEnter(Collider other)
    {
        //Debug.Log("BOOOM");
        Instantiate(explosion, transform.position, transform.rotation);
        audioSource.PlayOneShot(ses, 10.0F);
        //Destroy(gameObject); }
    }
}
```

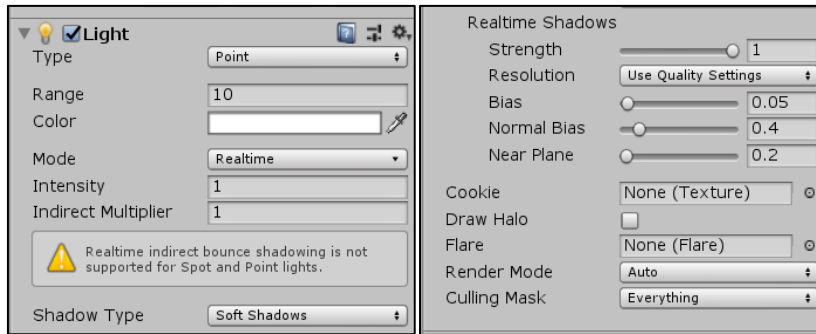
Seslere benzer şekilde oyunun ilgili noktalarında veya menülerde uygulamaya müzik eklenebilir. Bu kapsamda oyun içerisinde kullanılmak üzere “Garage Band” uygulaması kullanılmış ilgili panelden uygulamaya dahil edilmiştir.



Resim 5.38. Garage Band müzik programı

### 5.3.10. Post Processing ve ışık ayarları

Arazi ve çevre koşullarından hazırlanmasında en önemli unsurlardan bir tanesi de ışığın doğru şekilde ayarlanmasıdır. Oluşturacak ışık kaynağının doğru açı ve şiddette oyun motor içerisinde bulunması ciddi oyunu daha gerçekçi yapacaktır. Bu kapsamda oyun içerisinde gerektiğinde birden fazla ışık kaynağı kullanılmıştır. Işık kaynaklarının adları optimizasyona göre gerçek zamanlı veya hazır (baked) olarak çalıştırılmıştır. Aşağıda kullanılan bir ışık kaynağının paneli yer almaktadır



Resim 5.39. Işık paneli

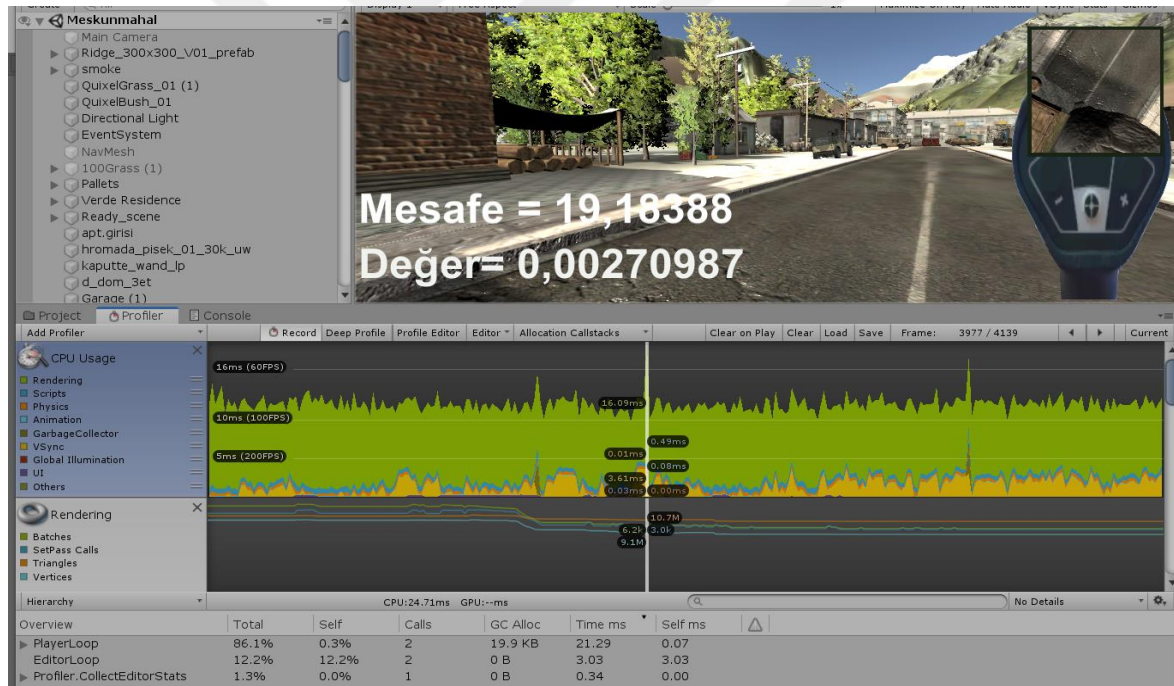
### 5.3.11. Profiller ve optimizasyon

Hazırlanan uygulamanın doğru ve gerçekçi bir şekilde çalışması kadar uygun performansta çalışabilmesi oldukça önemlidir. Bu kapsamda Unity oyun motoru içerisinde “Profiller” adında bir sekme bulunmaktadır. Bu panel vasıtasıyla kullanıcı veya uygulamayı hazırlayan



kişiler uygulamanın herhangi bir anında gerçekleşen olayları görebilmekte ve bu olayların sisteme nasıl bir yük eklediğini gözlemleyebilmektedir.

Özellikle gereksiz yapılan döngüler, yüksek çözünürlüklü görüntü işlemleri ile kontrol maksatlı yapılan ve her bir karede bilgi vermesi istenilen görevler sisteme aşırı yük eklemektedir. Bu nedenle uygulama üretkenlerin sistemin yük miktarını gözlemlenebilmesi ve bunun optimal oranda sürdürebilmesi için “Profiller” panelinin kullanılması gerekmektedir. Aşağıda Unity oyun motoru içerisinde yer alan bu panel gösterilmiş olup, uygulamanın yaklaşık saniyede 100 ila 200 frame arasında uygun şekilde çalıştığı görülmektedir. Uygulamayı çalıştıran bilgisayar Intel (R) Core(TM) i7-7700HQ CPU @ 2.80 GHz, 16 GB RAM ve NVIDIA GeForce GTX 1050Ti (4Gb) ve 128 GB SSD ve 1TB HD donanımına sahip bir diz üstü bilgisayardır.



Resim 5.40. Profiller

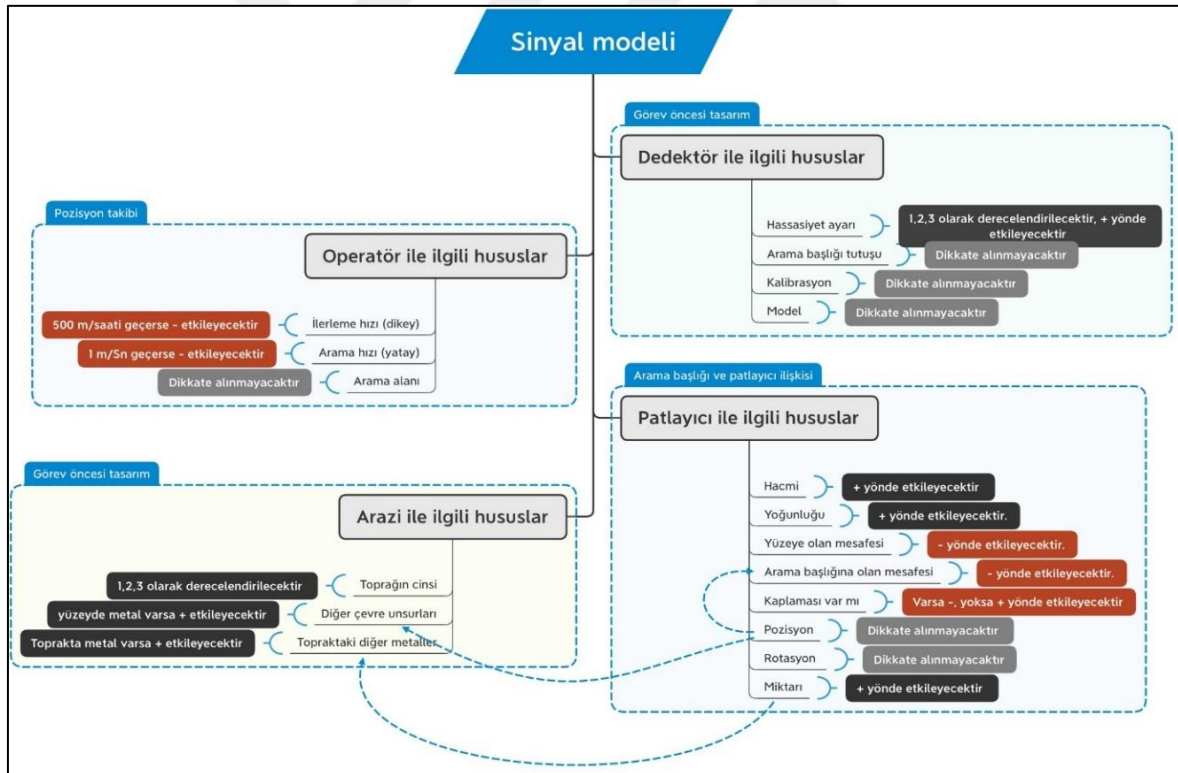
### 5.3.12. Dedektör ile Patlayıcıların Tespit Edilmesinde Kullanılan Yaklaşım

Uygulama esnasında özellikle dedektör operatörüne iletilecek olan sinyalin gerçekçi olması oldukça önemlidir. Bu kapsamda arazide patlayıcı madde araması yapan personelden, arama yapılan teçhizattan, patlayıcı maddenin özelliklerinden ve araziden kaynaklanmak üzere işitilen sinyal değişiklik göstermektedir.

Dedektörle İlgili Değişkenler	Patlayıcıyla İlgili Değişkenler	Araziyle İlgili Değişkenler	Operatörle ilgili Değişkenler
<ul style="list-style-type: none"> <li>Model,</li> <li>Hassasiyet,</li> <li>Arama Başlığı Açısı,</li> <li>Sıfırlama</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hacim,</li> <li>Yoğunluk,</li> <li>Yüzeye Uzaklık,</li> <li>Kaplama,</li> <li>Pozisyon,</li> <li>Rotasyon,</li> <li>Sayı</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Toprak Cinsi,</li> <li>Diğer Çevre Unsurları,</li> <li>Topraktaki Diğer Metaller</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yatay Arama Hızı</li> <li>Dikey İlerleme Hızı,</li> <li>Arama Alanı</li> </ul>

Şekil 5.7. Sinyal modeline dahil edilmesi planlanan

Uygulama esnasında tecrübi olarak elde edilmiş aşağıdaki unsurların sinyal modellenmesinde kullanılması planlanmaktadır.



Şekil 5.8. Sinyal modeli elemanları

### 1. Dedektörle ilgili hususlar:

Bu kısımda dedektörle ilgili hususlar modellemeye çalışılmaktadır ve hassasiyet ayarı, arama başlığı tutuşu, kalibrasyon ve dedektörün modeli aramayı etkileyen unsurlardır.

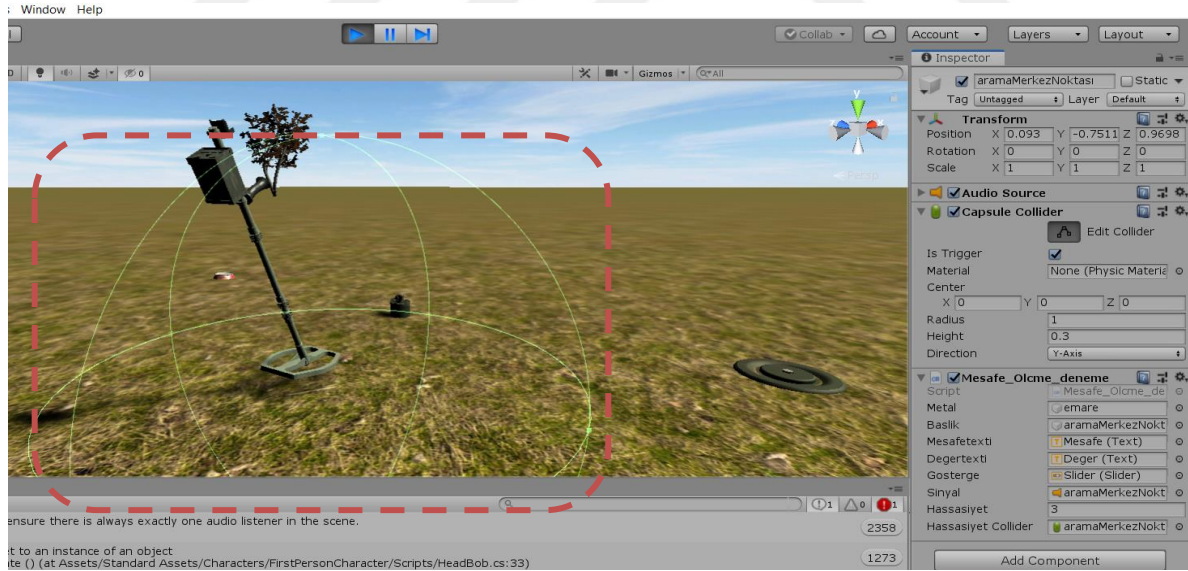


Ancak bu modelin hesaplanmasında sadece hassasiyet ayarı dikkate alınacak olup bu kapsamda hazırlanan C# kodu aşağıda yer almaktadır.

```
void HassasiyetOlc(int hassasiyet)
{
    if (hassasiyet == 1)
    { hassasiyetCollider.radius = 0.5f; }
    else if (hassasiyet == 2)
    { hassasiyetCollider.radius = 0.75f; }
    else if (hassasiyet == 3)
    { hassasiyetCollider.radius = 1.0f; }
    //else if (true)
    //{ hassasiyetayar1.radius = 1.0f; }
```

Resim 5.41. Hassasiyet ayarı C# kodu

Kullanıcı tarafından “1, 2 veya 3” numaralı tuşlara basılmak suretiyle hassasiyetini derecesi artırılacaktır. Başlangıç aşamasında modelin ilgili kısmına ulaşılmış ve burada Collider’ın yarıçap değeri 0,5 ile 1 değerleri arasında değiştirilmiştir.



Resim 5.42. Hassasiyet ayarı ile arama alanının genişlemesi

## 2. Patlayıcı ile ilgili kısımlar:

Bu kısım içerisinde patlayıcı maddenin hacmi ve yoğunluğu, yüzeye olan mesafesi, arama başlığına olan mesafesi, kaplanmasının olup olmadığı, pozisyon ve rotasyon bilgileri ile

miktarı dikkate alınmıştır. Ancak burada yer alan verilerin bir kısmı diğer faktörleri ayrıca etkilemesi nedeniyle pozisyon ve rotasyon verileri modele dahil edilmemiştir.

Belirtilen değerler içerisinde hacim hesaplanırken cismin ebatları, yoğunluk hesaplanırken ismin hangi türde bir metal olduğu yüzeye ve arama başını olan mesafesi hesaplanırken iki noktanın birbirlerine olan mesafesi sürekli takip edilmiştir Ayrıca patlayıcı maddelerin kaplamasını olup olmaması ve miktarı modeli etkilemiştir.

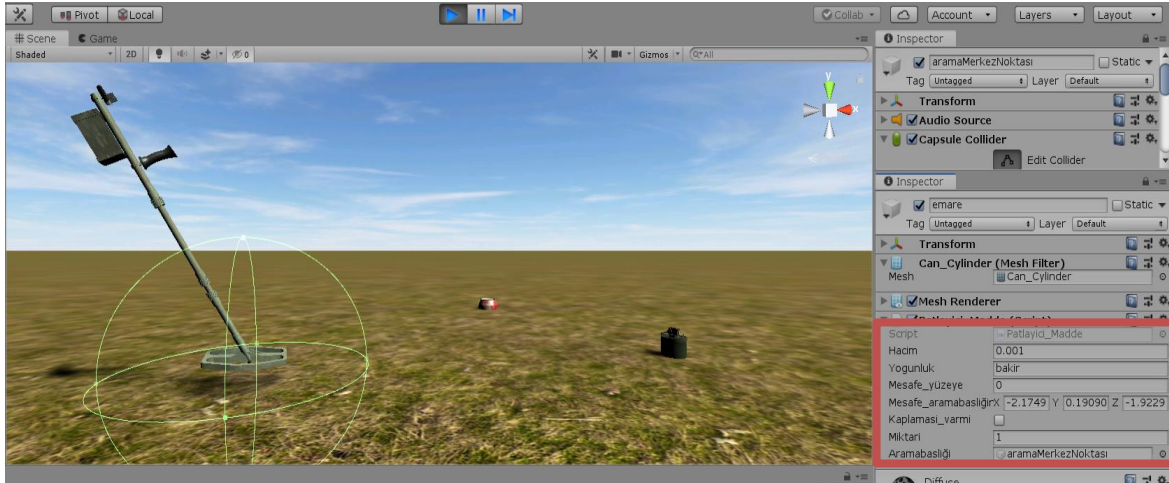
```
void Start()
{
    var hacimm = GetComponent<Transform>();
    float hacimmx = hacimm.transform.localScale.x;
    float hacimmy = hacimm.transform.localScale.y;
    float hacimnz = hacimm.transform.localScale.z;
    hacim = hacimmx * hacimmy * hacimnz;

    string[] metalismi = new string[5];
    metalismi[0] = "demir";
    metalismi[1] = "çelik";
    metalismi[2] = "bakır";
    metalismi[3] = "alüminyum";
    metalismi[4] = "kalay";

    int yogunluksayısı = Random.Range(0,metalismi.Length);
    yogunluk = metalismi[yogunluksayısı];
}
```

Resim 5.43. Hacim ve yoğunluğun belirlenmesi C# kodu

Hacim hesabı yapılırken cismin Transform özelliğindeki X,Y ve Z ölçüleri alınarak basit bir nesne olarak düşünülmüş ve ölçüler çarpılarak hacim hesabı yapılmıştır. Patlayıcı madde içerisinde yer alan metallerin belirlenmesinde bir rastgele model oluşturulmuş ve buna göre bir yoğunluk çarpanı hazırlanmıştır. Ayrıca patlayıcı maddenin yüzeyi ve dedektörün arama başlığına olan mesafesinin takip edilebilmesi için editörün güncelleme (update) kısmında pozisyon bilgilerinin farkı takip edilmiştir.



Resim 5.44. Patlayıcı madde kodunun oyun motoru üzerinde görünümü

### 3. Arazi ile ilgili kısımlar:

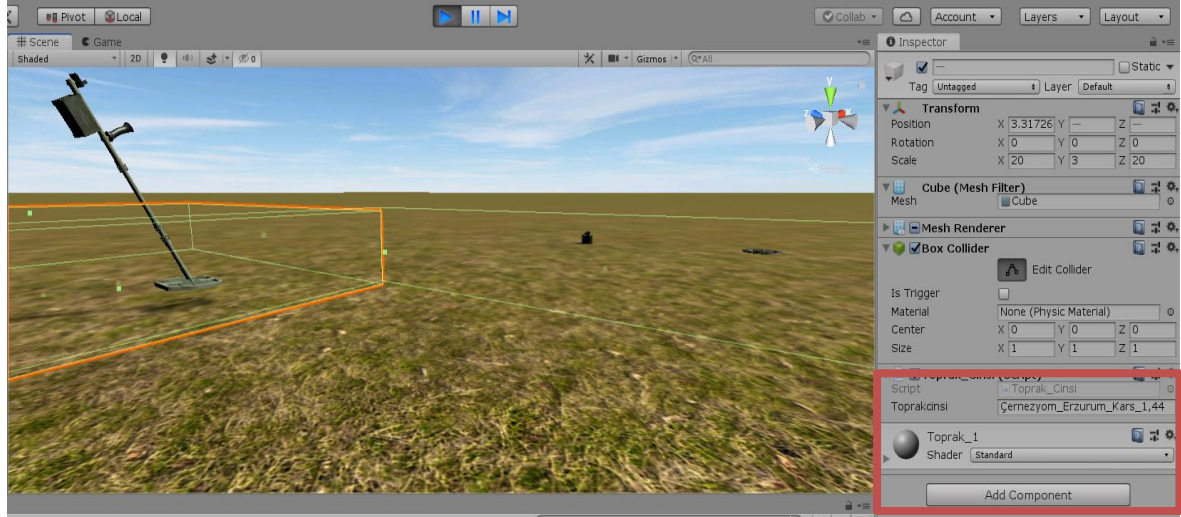
Arazi ile ilgili hususların hesaplanmasında toprağın cinsi, toprak içerisinde yer alan metallerin ve toprak üstünde yer alan diğer çevre unsurlarının aranmaya olan etkisi hesaplanmıştır. Bu kapsamda her üç unsur için hesaplanan metal değerleri aramanın hassasiyetini ve sinyalin sapmasını etkilemektedir.

```
void Start()
{
    string[] toprakcinsleri = new string[3];
    toprakcinsleri[0] = "Çernezyom_Erzurum_Kars_1,44";
    toprakcinsleri[1] = "Terra-Rossa_BatıAnadolu_Akdeniz_1,87";
    toprakcinsleri[2] = "Step_İçAnadolu_1,19";

    int rndToprak = Random.Range(0, toprakcinsleri.Length);
    toprakcinsi = toprakcinsleri[rndToprak];
}
```

Resim 5.45. Toprak cinsleri scripti

Toprak türleri atanırken Türkiye'de sıklıkla görülen toprak cinslerinden örnekler verilmiştir. Bu kapsamda Erzurum Kars Bölgesi'nde yer alan "Çernezyom", Batı Anadolu Bölgesi'nde yer alan "Terra-Rossa", ve İç Anadolu Bölgesi'nde yer alan "Step" tipi topraklar bir "Collider" ile oyun objesi olarak motora eklenmiştir



Resim 5.46. Toprak cinslerinin gösterimi

#### 4. Operatör ile ilgili kısımlar:

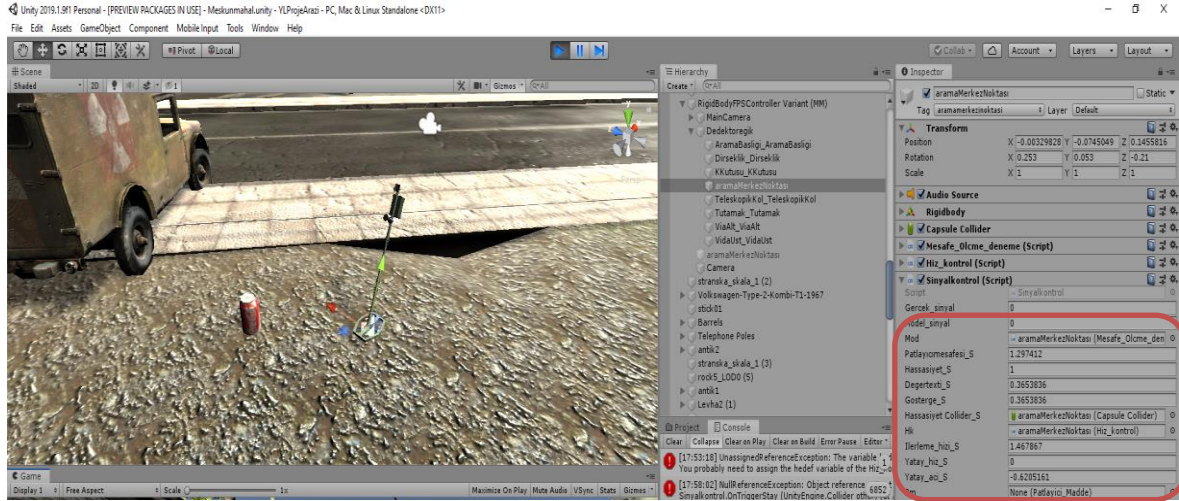
Operatör ile ilgili hususlar içerisinde operatörün yatayda ve dikeyde yapmış olduğu hızın takip edilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda dikeyde ilerleme hızı ve yatayda arama hızının belli bir sınırı aşmaması gerekmektedir. Ayrıca bu hızdan kaynaklanan arama alanı arasındaki aranmamış alanlar model esnasında dikkate alınmayacaktır.

```
void Hizcontrol()
{
    dikey_hiz = rbFPC.movementSettings.ForwardSpeed;
    ilerleme_hizi = rb.velocity.magnitude;
    float y = transform.rotation.y;
    yatay_aci = transform.rotation.y;
    yatay_hiz_1 = (rb.angularVelocity.y);
    yatay_hiz = yatay_hiz_1;
}
```

Resim 5.47. Operatörün hızının tespit edilmesi scripti

Dedektör operatörünün dikeyde yaptığı hız ve dedektörün yatayda yapmış olduğu hızın tespitinde ilgili noktaya "Rigidbody" eklenmiş ve bu unsurun hız değerine erişilmiştir.





Resim 5.48. Operatörün hızının tespit edilmesinin gösterimi

### 5.3.13. Sinyale müdahalede kullanılan model

Sinyale müdahale modeli farklı savunma birimlerinde farklı şekillerde olabilmektedir. Burada faydalı bir model oluşturulmaya çalışılmış gerçek ile ilişkilendirmeye çalışılmıştır. Öncelikle arama yapan operatöre dedektör tarafından sinyal iletilmesi gerekmektedir. Eğer sinyal varsa bu sinyalin merkezinin belirlenmesi gerekir. Belirlenen merkezin etrafının herhangi bir emareye karşı dikkatlice kontrol edilmesi gerekmektedir.

Sinyalin yerinin belirlenmesi işlemi esnasında hareketler son derece hassas olmalıdır. Herhangi bir şekilde ani, hızlı veya dikkatsiz bir hareket sonucunda bir kazanın oluşabileceği unutulmamalıdır. Bu kazma sonucunda patlayıcı madde olduğu düşünülen bir cisme ulaşırsa, bu cisim yerinde imha edilmelidir. Bu nedenle tahrip malzemesi hazırlanıp patlayıcının uygun bölgesine yerleştirilmelidir.

Müteakiben belirtilen patlayıcıyı imha edebilmek için arama yapan unsurların emniyetli bir emniyetli bölgeye çekilmesi gerekmektedir. Ancak unutulmamalıdır ki bu alanın da dikkatle aranması gerekmektedir.

Belirtilen bölgenin araması yapıldıktan sonra gerekli emniyet tedbirleri alınarak, patlayıcı uzaktan imha edilebilir. Tüm bu işlemler doğru şekilde ve doğru sırayla yapılırsa görev tamamlanmış sayılacaktır ve süreçle ilgili model aşağıda sunulmuştur.

Yukarıda ifade edilen hususlar EYP'ye müdahalenin genel olarak ifade edilmesidir. Detaylara “Bilinmesi Gereken” prensibi dahilinde uygulama yer verilmiş olup, uygulama esnasında kullanılacak ve eğitici personel tarafından harici olarak kontrol edilecektir.

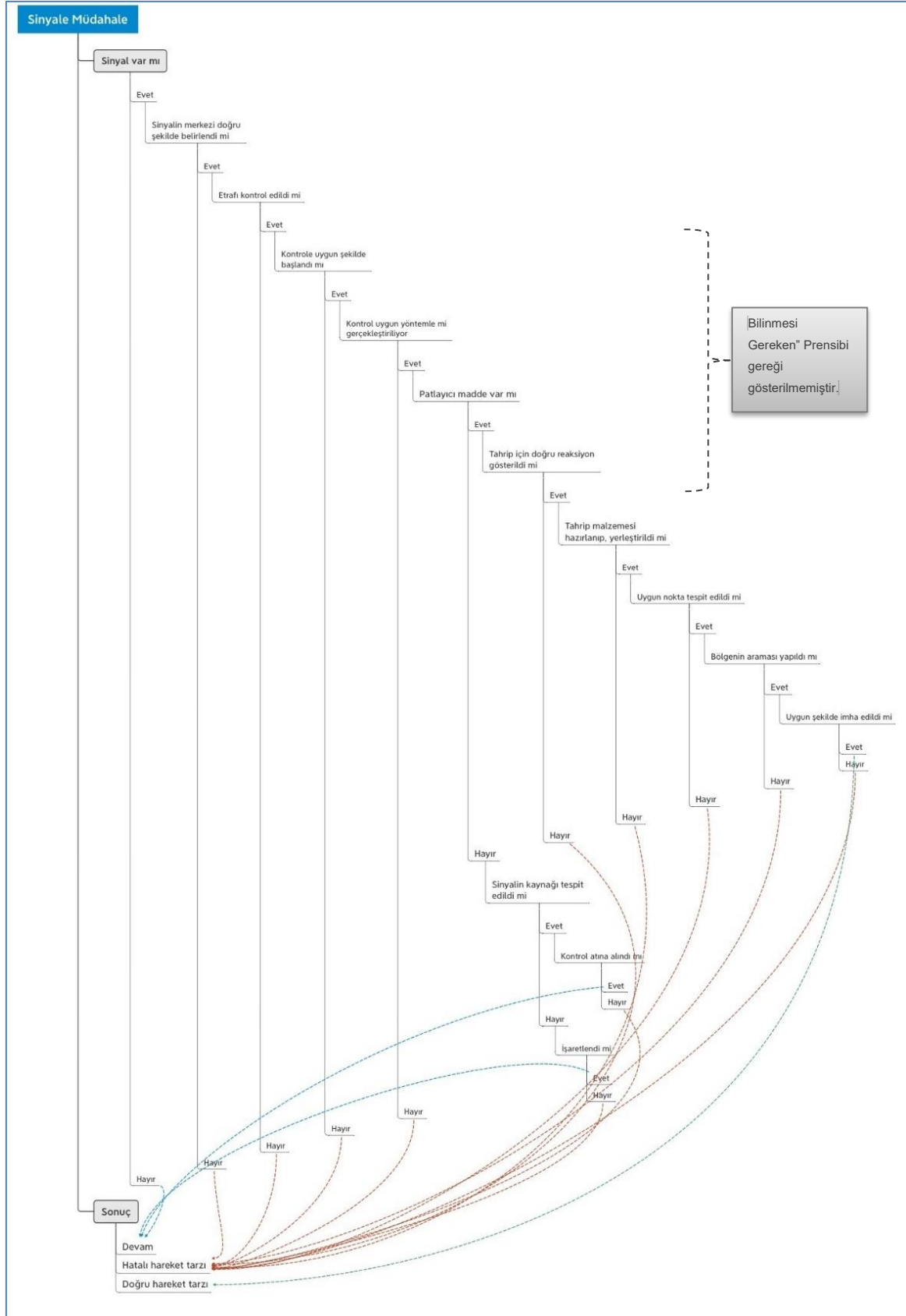
Bu aşamada yukarıda da ifade edildiği gibi hem ciddi oyun uygulamasında hem de sanal gerçeklik uygulamasında patlayıcı maddelerin tespiti ve müdahale edilmesi aşamalarında yer alan uygulamaların nasıl olacağı konusunda bir anlatım ve uygulama içerisinde bir modelleme yapılmayacaktır. Bu hususlar uygulamanın gerektiğinde geliştirilebilecek noktalarıdır.

Sinyale müdahale esnasında da bir olay ağacı hazırlanmıştır. Burada dedektörünün hataları/eylemleri sırasıyla yapması durumunda patlamanın gerçekleşeceği veya patlayıcının bulunacağı ifade edilmiştir. Bu yöntem aynı zamanda kullanıcın eylemlerinin derecelendirilmesinde de kullanılabilir.

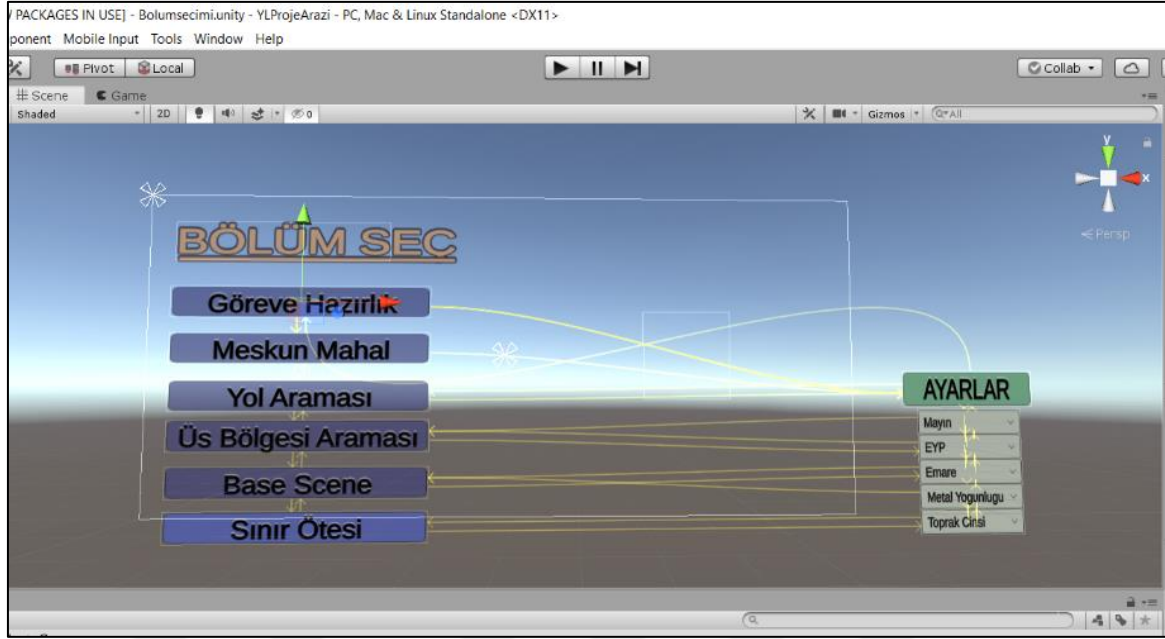
#### **5.3.14. Sahne yöneticisi ve çıktı alma**

Sahne yöneticisi ana menüde veya oyun esnasındaki herhangi bir bölümde bulunduğunuz bölümden ana menüye dönmek veya ana menüden istediğiniz bölüme ilerleyebilmek için hazırlanan bir ara yüzdür ve bir C# kodu ile desteklenmektedir. Unity ara yüzü bu çeşit programlamaları oldukça kolay hale getirmekte olup, aşağıda örnek bir sahne yöneticisi kodu yer almaktadır.





Şekil 5.9. Sinyale müdahalede kullanılan olay ağacı



Resim 5.49. Sahne yöneticisi

*Bölüm Seçimi C# kodu:*

```
public class Bolumsecimi : MonoBehaviour
{
    public void Gorevehazirlik() {
        SceneManager.LoadScene(1);
    }

    public void Meskunmahal() {
        SceneManager.LoadScene(2);
    }

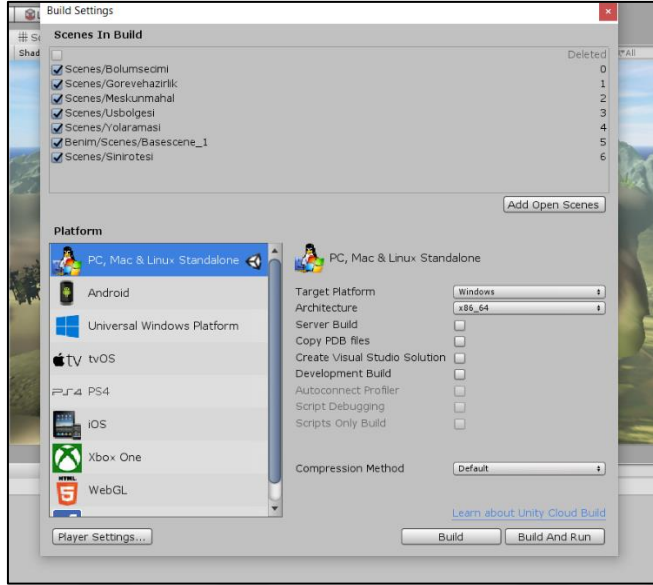
    public void Yolaramasi() {
        SceneManager.LoadScene(4);
    }

    public void Usbolgesiaramas() {
        SceneManager.LoadScene(3);
    }

    public void Basescene() {
        SceneManager.LoadScene(5);
    }

    public void Sinirotesi() {
        SceneManager.LoadScene(6);
    }
}
```

Hazırlanan tüm bu uygulamanın çıktısının alındığı panel “Build Setting” panelidir. Bu panel vasıtasıyla hazırlanmış olan oyun bölümleri tek parça haline getirilmekte ve hangi platforma bir uygulama yapılıyorsa o seçilerek istenilen yere çıktı oluşturulmaktadır



Resim 5.50. Çıktı alma ekranı

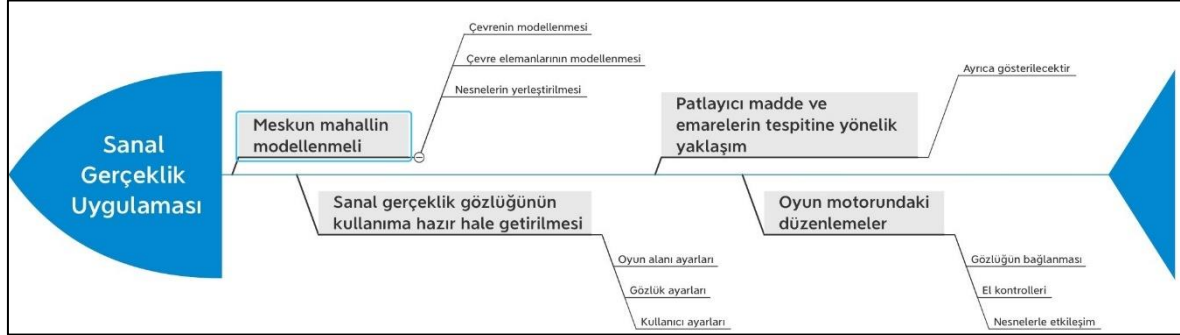
#### 5.4. Sanal Gerçeklik Uygulaması

Bu çalışma içerisinde hazırlanacak olan ikinci uygulama patlayıcı madde ve emarelerin tespitine yönelik olarak hazırlanan sanal gerçeklik uygulamasıdır. Bu uygulama ile bilgisayar ekranında oynanabilen dedektör operatörü görevlerini kapsayan ciddi oyun örneğinden farklı olarak, arazideki tüm personelin çevresindeki emareleri fark etmesi ve bu emarelere hassasiyetle yaklaşması amaçlanmaktadır.

Ciddi oyun örneğinden farklı olarak sanal gerçeklik uygulaması her ne kadar grafiksel olarak gerçekçilikten biraz daha uzak olsa da kullanıcının baş hareketleri ile eşzamanlı hareket edebilmesi ve kullanıcının elini ve teçhizatını birebir takip edebilmesi nedeniyle başlığı kullanan personeli daha fazla motive edebilmektedir. Bu nedenle sanal gerçeklik uygulamalarını ilerleyen zamanlarda çok daha fazla yaygın ulaşacağı değerlendirilmektedir

Uygulamanın aşamalarından bir önceki ciddi oyun örneğine benzer olan kısımlar biraz daha az detayla anlatılacaktır. Bu kapsamda uygulamaya öncelikle meskûn mahallin modellenmesi ile başlanacak, daha sonra sana gerçeklik gözlüğü kullanıma hazır hale getirilmesi sağlanacak, müteakiben oyun motoru içerisindeki düzenlemeler ifade edilip, emarelerin tespitine yönelik yaklaşım ortaya konulacaktır. Önceki bölümde ifade edilen

uygulamada yer alan benzer aşamalar sanal gerçeklik uygulamasında tekrar ifade edilmeyecektir.



Şekil 5.10. Sanal gerçeklik uygulaması süreci

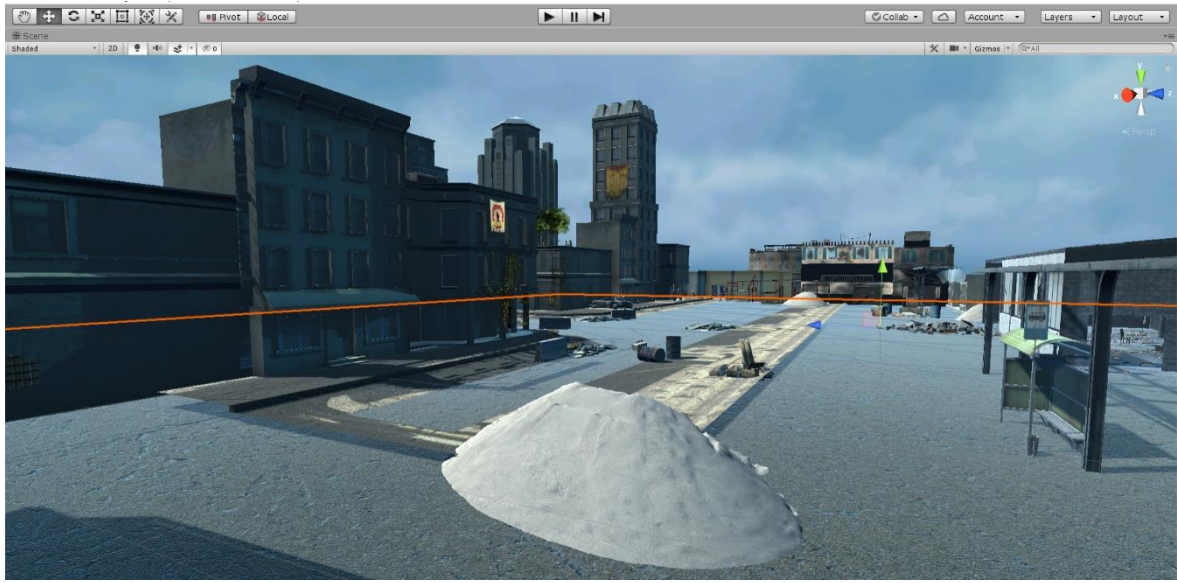
#### 5.4.1. Meskûn mahallin modellenmesi

Sanal gerçeklik uygulaması için bölüm tasarımı yapılırken ciddi oyundan farklı olarak performans kriterinin ön planda tutulması gerekmektedir. Özellikle sanal gerçeklik gözlüklerinin donanımsal olarak ciddi oranda yüksek performansa ihtiyaç duyduğundan bölüm tasarımlarında genellikle daha az detay modellemek gerekir. Bu kapsamdan modellerin yoğunluğu ve dokularının detayları azaltmaktadır. Bunun bir sebebi de bilgisayarın aynı anda kullanıcının iki gözüne de görüntüyü oluşturması ve kullanıcı da herhangi bir sağlık problemi yaşatmayacak seviyede saniye başına yaklaşık 60 kere ekranı çizdirmesi gerekliliğidir.



Resim 5.51. Sanal gerçeklik uygulaması için çevre modellemesi-1

Çevre modellemesi için basit bir meskûn mahal tasarlanmıştır. Bu kapsamda ihtiyaç duyulduğunda binaların içerisine girilebilen, içerisinde dolaşılabilirdiği, sıklıkla karşılaşılabilecek olan çevre elemanlarının olduğu bir bölüm modellenmiştir. Özellikle kolaylıkla saklanabilen toprak birikintileri, bidonlar, molozlar ve engeller bu sahne modellemesi içerisine konularak kullanıcı tarafından buraların araştırılması istenmektedir. Ayrıca patlayıcı madde emarelerinden kablo ve benzeri parçalar ile bizzat patlayıcı maddenin kendisi araziye konulmak suretiyle kullanıcının bu emare ve patlayıcı maddeleri olması istenmektedir.



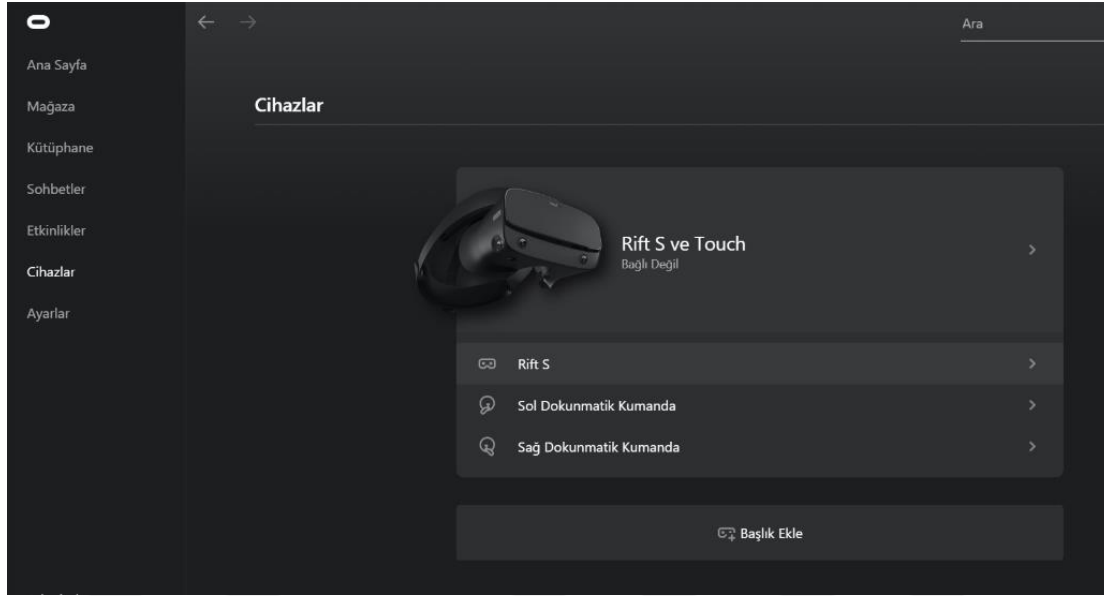
Resim 5.52. Sanal gerçeklik uygulaması için çevre modellemesi-2

#### 5.4.2. Sanal gerçeklik gözlüğünün kullanıma hazır hale getirilmesi

Bu uygulama içerisinde kullanılacak olan sanal gerçeklik gözlüğü Oculus Rift S marka gözlüğünün uygulama öncesinde kullanıma hazır hale getirilmesi gerekmektedir. Bunlardan birincisi gözlüğün bilgisayara tanıtılması ikinci olarak bu gözlüğün kullanılacak olan oyun alanını tanımasıdır.

Birinci aşamada gözlük Oculus firmasının hazırlamış olduğu resmi uygulama ile kullanılmış olup, gözlüğün doğru şekilde bilgisayara takılması, başlık ve kontrolcülerin çalışır hale getirilmesi için uygulama sırasıyla kullanıcıyı yönlendirmektedir.





Resim 5.53. Sanal gerçeklik gözlüğünün kullanıma hazır hale getirilmesi-1

Gözlüğün Kullanıma hazır hale getirilmesinde ikinci aşama oyun alanının uygun şekilde belirlenmesidir. Bu maksatla öncelikle ilgili uygulama kontrolcüler vasıtasıyla kullanıcının zemin yüzeyini belirlemesini ve müteakiben oyun alanının çevre sınırlarının çizilmesini işlemlerini yapmaktadır. Bu işlemin yapılmasında Oculus firmasının resmi video eğitimlerinden faydalanılmıştır ve resimler buradan alıntılanmıştır (Oculus, 2020).



Resim 5.54. Sanal gerçeklik gözlüğünün kullanıma hazır hale getirilmesi-2 (zemin)





Resim 5.55. Sanal gerçeklik gözlüğünün kullanıma hazır hale getirilmesi-3 (sınır)

İkinci aşamanın her iki kısmında da uygulamanın arayüzü sayesinde kullanıcı çizmiş olduğu alanları bir tel örgü şeklinde gözlükte görebilmektedir. Aynı zamanda gözün üzerinde yer alan bir kamera ile kullanıcı çevresini siyah beyaz görmeye devam etmektedir.

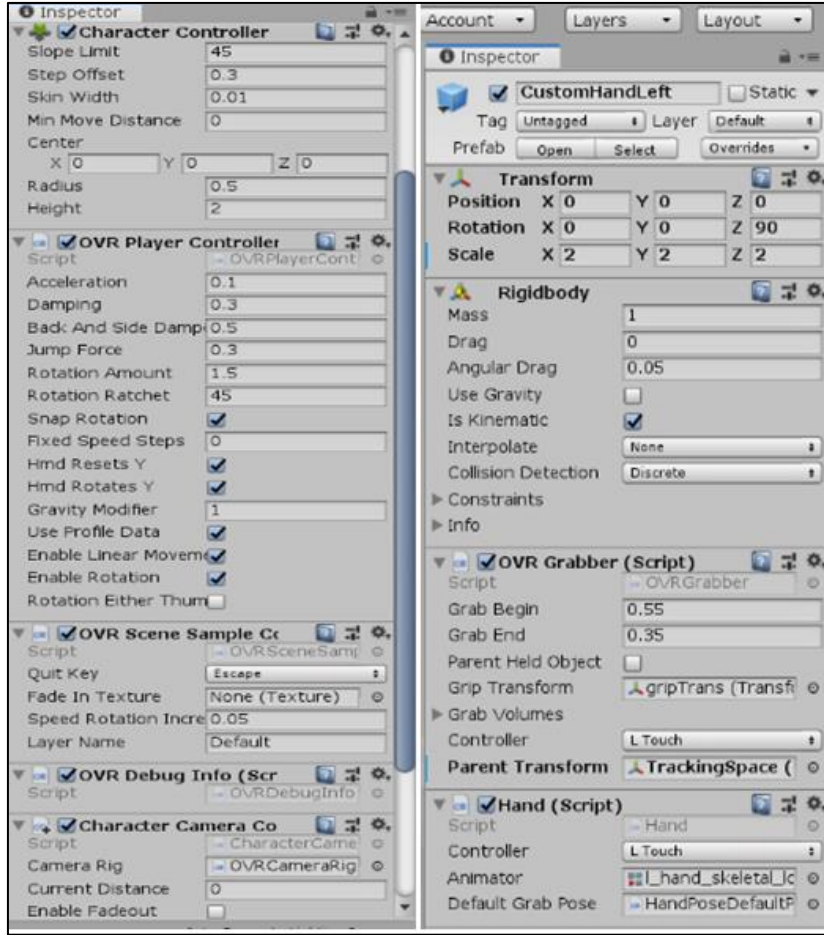


Resim 5.56. Sanal gerçeklik gözlüğünün kullanıma hazır hale getirilmesi-4 (sınır)

Kullanıcı belirlemiş olduğu bu alanın dışına çıktığında ilgili arayüz kamerayı aktif hale getirerek kullanıcının çevresini tekrar görmesini sağlamaktadır. Bu nedenle oyun alanının gözlüğü takmadan önce engellilerden temizlenmesi, kullanıcının herhangi bir kaza ile karşılaşmamasını için oldukça önemlidir.

### 5.4.3. Oyun motorundaki düzenlemeler

Kullanılan sanal gerçeklik gözlüğünün Unity oyun motoru içerisinde nasıl çalışır hale getirileceği ve kullanıcı ile etkileşime geçeceği önemli bir konudur. Bu maksatla farklı uygulamalar olmakla beraber Vela kanalında yer alan temel eklentiler ile kodlardan yararlanılmıştır (Vela, 2020). Bu kapsamda karakterin nasıl kontrol edileceği ellerin ve kontrolcülerini nasıl etkileşime geçeceği veya istendiğinde oyun alanındaki nasıl tutulacağı konularında hazır eklentiler kullanılmıştır. Unity günümüzde XR kütüphanesi ile VR uygulamalarına desteğini arttırmıştır.



Resim 5.57. Oyun motorundaki düzenlemeler

Müteakiben oyun motoru içerisinde hazırlanan karakterin hareketleri, hızı, motor sensörlere karşı tepkisi, el kontrolcüsünün hareketleri ve parmak kontrolleri gibi işlemler oyun motoru üzerinde kontrol edilmiştir. Örnek bir karakter kontrolcüsü ve el kontrolcüsü ile nesnelerin tutulması işlemleri aşağıda gösterilmiştir.



Resim 5.58. El kontrolleri

Etkileşime geçebilmek için ayrıca aynı adreste ki bir eklentiden faydalanılmıştır. Bu kapsamda istenilen nesneyi kullanıcı kontrolcülerini kullanmak suretiyle tutabilmekte veya elinden atabilmektedir.



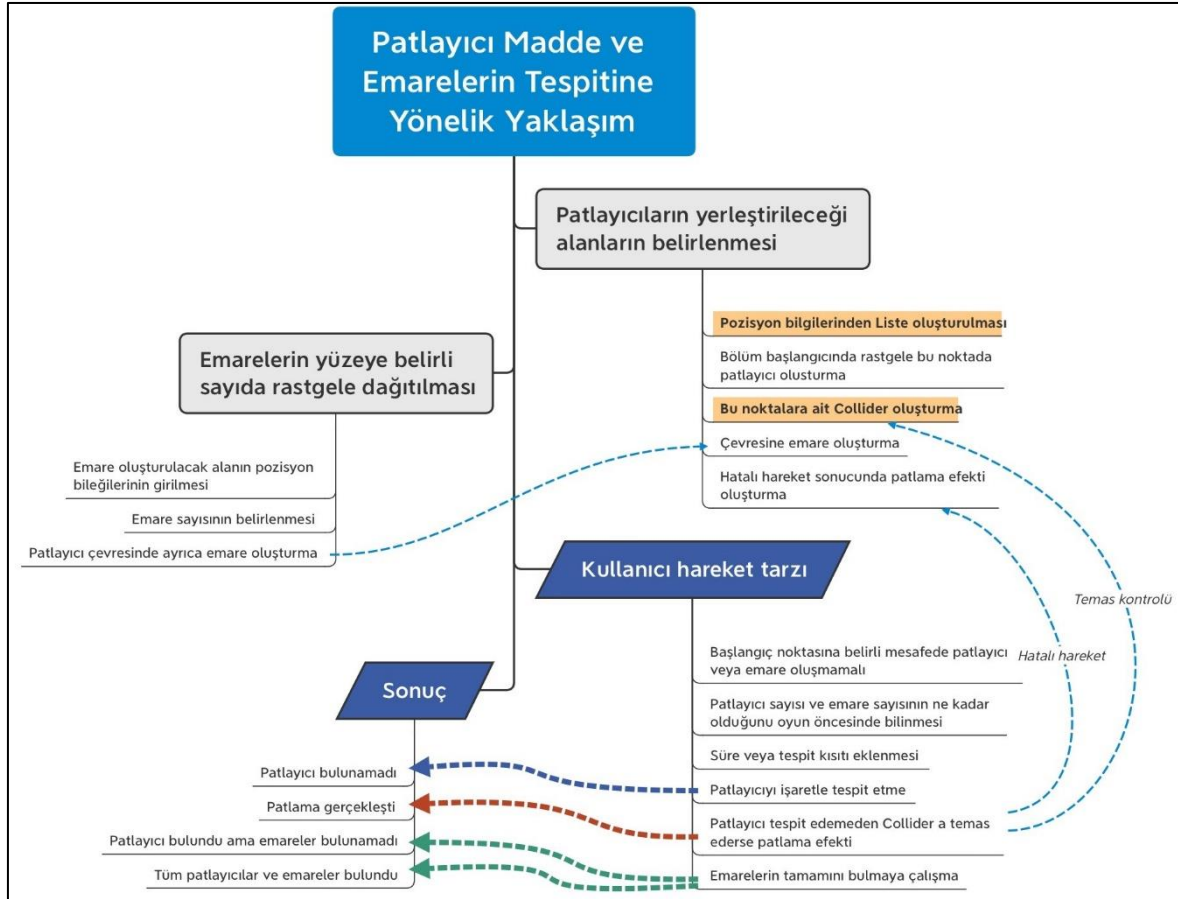
Resim 5.59. Nesnelerin tutulması



#### 5.4.4. Patlayıcı madde ve emarelerin tespitine yönelik yaklaşım

Daha önceki konu başlıklarında da ifade edildiği gibi patlayıcı maddelerin tespitinde en önemli unsur gelişen teknolojiye rağmen gözle aramadır. Bu kapsamda sanal gerçeklik gözlüğü takan personelin meskûn mahal içerisinde arama yapması istenmektedir.

Meskûn mahal içerisine gizlenmiş veya tuzaklanmış olan patlayıcı maddeler ile emarelerinin sanal gerçeklik gözlüğünü takan kullanıcı personel tarafından patlayıcı maddeye temas etmeden veya onu aktif hale getirmeden bulması istenmektedir. Aynı zamanda patlayıcı madde olmasa daha iyi emanetlerin tespit edilmesi gerekmektedir.



Şekil 5.11. Patlayıcı madde ve emarelerin tespitine yönelik yaklaşım

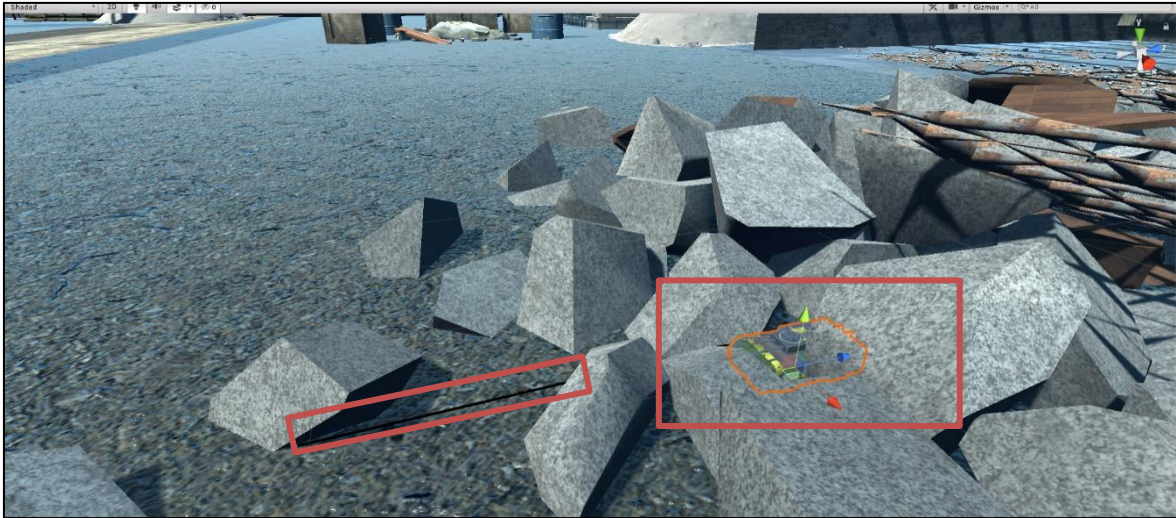
Patlayıcı madde emanetlerin tespitine yönelik hazırlanan yaklaşımda öncelikle patlayıcıların yerleştirileceği alanların belirlenmesi ve emarelerin yüzeye belirli sayıda rastgele dağıtılması gerekmektedir. Bu kapsamda öncelikle patlayıcı maddenin muhtemel yerleştirilebilecek noktalar belirlenerek bir liste haline getirilmiştir. Bu liste içerisinde

uygulamanın başlangıcında rastgele olarak konumlar belirlenerek, bu konumlara patlayıcılar oluşturulmaktadır. Bu patlayıcıların tespit edilememesi ve temas edilmesi halinde patlamasını sağlayan sanal duvarlar (collider) patlayıcının çevresine oluşturulmuştur. Ayrıca çevreye ve oluşturulan patlayıcının etrafına emareler yerleştirilmiştir.



Resim 5.60. Patlayıcı madde ve emarelerin tespiti-1

Burada dikkat edilmesi gereken önemli bir husus uygulamanın başladığı esnada yakın çevresinde herhangi bir emare veya patlayıcı oluşturulmasıdır. Uygulamaya giriş öncesinde kullanıcı sahnede kaç tane emare veya patlayıcı olduğunu bilebilir. Aynı zamanda uygulamaya süre veya bulunması istenen patlayıcı ve emare miktarı gibi kısıtlar konulabilir.



Resim 5.61. Patlayıcı madde ve emarelerin tespiti-2



Uygulamada kullanıcıdan sahnede yer alan patlayıcı ve emareleri tespit etmesi, herhangi bir şekilde sanal duvarlara temas etmeden patlayıcıları belirlenmesi istenmektedir. Kullanıcı tarafından uygulama sonucunda sahnede yer alan tüm patlayıcılar bulunabilir ve emareler tespit edilebilir, emareleri bir kısmı bulabilir veya patlayıcı bulunamayabilir ve herhangi bir patlama gerçekleşebilir.



Resim 5.62. Patlayıcı madde ve emarelerin tespiti-3

Uygulamada sahne içerisine patlayıcı maddeler ciddi oyun örneğinde olduğu gibi daha önceden belirlenmiş noktalara rastsal olarak yerleştirilmiştir. Kullanıcıdan bu patlayıcıları patlatmadan etkisiz hale getirmesi istenmektedir. Bu amaçla kullanıcının sağ eline bir ışın fonksiyonu eklenmiştir. Böylelikle elden çıkan Ray (ışın) vasıtasıyla dokunulan noktanın özelliklerine ulaşılmakta ve patlayıcı madde olup olmadığı kontrol edilmektedir.



Resim 5.63. Patlayıcının tespiti-1



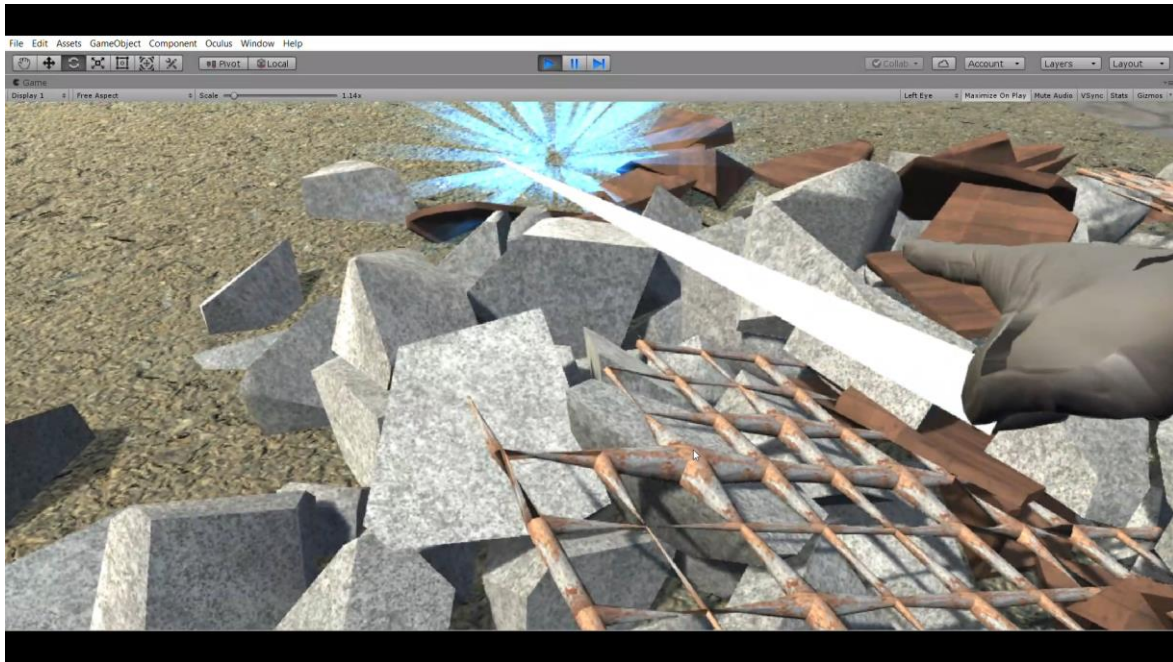
*Ray gönderimi C# kodu:*

```
void NesneSec(Vector3 hedefPos, Vector3 direction, float mesafe)
{
    Ray NesneSecisini = new Ray(hedefPos, direction);
    Vector3 sonPos = hedefPos + (direction* mesafe);

    if (Physics.Raycast(NesneSecisini, out RaycastHit rayvurus, mesafe))
    {
        sonPos = rayvurus.point;
        Debug.Log(rayvurus.collider.gameObject.name);
    }

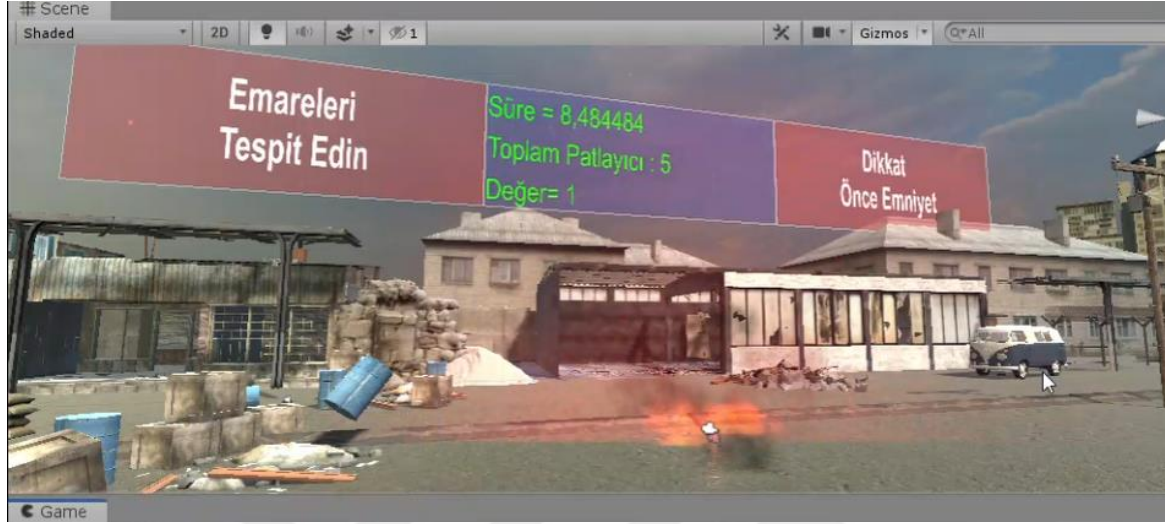
    if (rayvurus.collider.gameObject.tag == "patlayici")
    {
        Debug.Log("tebrikler");
        Destroy(rayvurus.collider.gameObject);
        Instantiate(bulunmaEfekti,
rayvurus.collider.gameObject.transform.position,
rayvurus.collider.gameObject.transform.rotation);
        bulunanPatlayiciSayisi++;
    }
    lineRenderer.SetPosition(0,hedefPos);
    lineRenderer.SetPosition(1, sonPos);
}
```

Oluşturulan bu kod nesnenin isim veya etiket bilgisi kontrol edilmekte akabinde etkisi hale getirme efekti sahnede başlatılarak, nesne kaybedilmeye ve buluna EYP sayısı arttırılmaktadır. Bu sayının sürekli kontrol edilebilmesi için kullanıcın sağ koluna ve sahnede görülecek bir alana bir süre tutucu ve bilgi iletici levhalar konulmuştur.



Resim 5.64. Patlayıcının tespit edilmesi-2

Diğer bir yandan patlayıcı tespit edilemeden belirlenen Collider'lara temasta bulunulması halinde patlayıcı infilak etmekte ve kullanıcı ara yüzüne dönmektedir. Bu esnada bir ses ve patlama efekti sistemde çalıştırılmaktadır.



Resim 5.65. Patlamanın gerçekleşmesi

## 6. TARTIŞMA VE UYGULAMANIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Çalışman giriş kısmında bahsedildiği gibi gelişen teknoloji ile beraber savunma unsurlarını düşman veya terörist unsurlara karşı eğitmek ve bu eğitimi faydalı ve maliyet etkin şekilde gerçekleştirmek oldukça önemlidir. Mevcut durumda ilgili güvenlik birimleri bu eğitimleri, personeli görev yerinden çağırarak ve 3-5 ay süren kurslara tefrik ederek yerine getirmektedir. Bu personele iskân ve iâşe imkânı sağlamaktadır. Derslerde gerekli öğretmenleri görevlendirmekte, eğitim yardımcı malzemeleri hazırlamakta ve gerektiğinde farklı tahrip ve müdahale eğitimleri icra etmektedir. Ortalama bir kursun 20 kişi üzerinden yapıldığı kabul edilirse bu öğrenciler için farklı senaryo ve görevlerde eğitim vermeleri gerekecektir.

Günümüzde benzer uygulamaların fiyatları değişkenlik göstermekle birlikte bu ve benzeri uygulamalara (yeteneklere bağlı olarak) yönelik ortalama 100.00 TL ila 2.500.000 TL arasında fiyatlar telaffuz edilebilir. Bu ve benzeri eğitimlerin tedarik edilmesi durumunda maliyetin yaklaşık 5-6 yıl içerisinde kendini amorti edebileceği değerlendirilmektedir. Bu aşamada uygulamanın kullanılması ile önlenen maddi ve manevi hasarlar dikkate alınmamıştır. Ayrıca bu uygulamalar farklı koşul ve görevler kolaylıkla entegre edilebilir.

Bu kapsamda hazırlanan uygulamalar ihtiyacı karşılık karşılayıp karşılamadığı ile uygulamayı kullanacak personele faydası olup olamayacağı değerlendirmelidir.

### 6.1. İhtiyacın Analizi

Patlayıcı maddeleri müdahale ve bu maddeleri tespit etmek konusunda yerli ve milli kaynaklar kullanılarak hazırlanan bazı uygulamalar mevcuttur ancak bu uygulamalar arazide ve görev esnasında faaliyet gösteren unsurların görevlerini ve sorumluluklarını karşılamaktan uzaktır. Özellikle son 20 ve 30 yıldır iç güvenlik harekâtı ile sınır ötesi hareketlarda görev yapan unsurların karşılaştıkları durumları çözmek de faydalı olacak ve personele hareket tarzlarından destek sağlayacak uygulamalara ihtiyaç vardır.

Bu kapsamda özellikle mayın ve el yapımı patlayıcı maddeleri aramak ve imha etmekle görevli unsurların icra ettikleri üs bölgesi araması, yol araması yapma, meskûn mahalde

arama ve sınır ötesi harekât gibi görevlerde personelin eğitilmesinde katkı sağlayacak maliyeti etkin ve emniyetli eğitim destek ve yardımcı malzemelerine ihtiyaç vardır. Gelişen teknoloji ile beraber bu tarz simülatörlerin maliyetleri azalmış ve daha gerçekçi bir tecrübe aktarmaları sağlanmıştır. Bu kapsamda gerek ciddi oyun gerekse sanal gerçeklik uygulamasının bu alandaki ihtiyacı karşılamak üzere bir başlangıç sayılabileceği değerlendirilmektedir.

Her iki uygulama içerisinde hazırlanan sahne ve görevler mevcut ihtiyaçları karşılaması için modellenmiştir. İhtiyaca binaen bu alanlar ve görevler çeşitlendirilebilir. Bu görevler çok daha belirgin ve hassas konularda detaylandırılabilir.

Uygulamalarda donanım önemli bir kısıttır. Gerek uygulamanın hazırlandığı donanım gerekse uygulamanın çalıştırıldığı donanım ne kadar iyi seviyede olursa uygulamadan elde edilecek hissiyat o kadar artacaktır. Bu neden yeni nesil ışıklandırma yöntemleri ile daha yüksek poligonlu detaylı modellere ihtiyaç vardır. Bu şekilde yapılacak güncellemeler ile gerçeklik hissiyatı arttırılabileceği değerlendirilmektedir.

Uygulamaların sonuna veya içerisine eklenebilecek olan kazanma kaybetme değerlerinin gösterilmesi, bu verilerin kayıt altında tutulması ve ihtiyaç halinde kullanılması durumunda ilgili personelin daha fazla motive olabileceği değerlendirilmektedir.

Gerek dedektörle arama gerekse gözle emare tespit etmede kullanılan yöntemler ile yapılan tespit işleminden sonra ilgili birimlerce bu noktalardaki patlayıcı maddenin etkisiz hale getirilmesi gerekmektedir. Bu aşamada bilinmesi gereken prensibi dikkate alındığından çalışma içerisinde bu kısımlar modellenmemiş ve uygulamaya dahil edilmemiştir.

İhtiyacı karşılaması amaçlanan her iki uygulamada da dikkat edilmesi gereken önemli bir husus ekran boyutlandırılması ile kullanıcı ara yüzünün ekran boyutuna uygun şekilde çalışması hususudur. Bu ayarların Build ve UI ekranında dikkatle hazırlanması önem arz etmektedir.

Uygulamaların sadece bireysel eğitime değil, birlik eğitimlerine katkı sağlaması istenebilir. Özellikle EYP'ye müdahale eden unsurların tim bütünlüğü içerisinde hareket ettiği değerlendirildiğinde bu uygulamanın birden fazla tim personelinin de içerisine katılabileceği

online bir altyapı ile kullanılmasının fayda sağlayacağı kıymetlendirilmektedir. Gelişen teknolojiler ile bu ve benzer hareket takip teknolojileri ile artık firmalar herhangi bir alanda arzu edilen bir çevreyi veya binayı modelleyebilmekte, bu alana tim bütünlüğü içerisinde girilmekte, düşman unsurları ile bu alanda karşılaşabilmekte ve değişik olaylara reaksiyon göstermeleri istenebilmektedir. Buna benzer uygulamalar farklı teknolojiler ile entegre şekilde oldukça faydalı ve gerçekçi olarak kullanılabilirler.

Özellikle hazırlanan bu iki uygulamanın personel üzerinde nasıl bir etki yarattığı, istenilen davranış değişimini sağlayıp sağlamadığı ve bu eğitim yardımcı malzemelerin faydalı olup olmadığının değerlendirilmesine ihtiyaç vardır. Ancak bu konuların daha çok sosyal bilimler alanına girmesi nedeniyle araştırma içerisinde bu alan girilmeden içerik üretilmiştir.

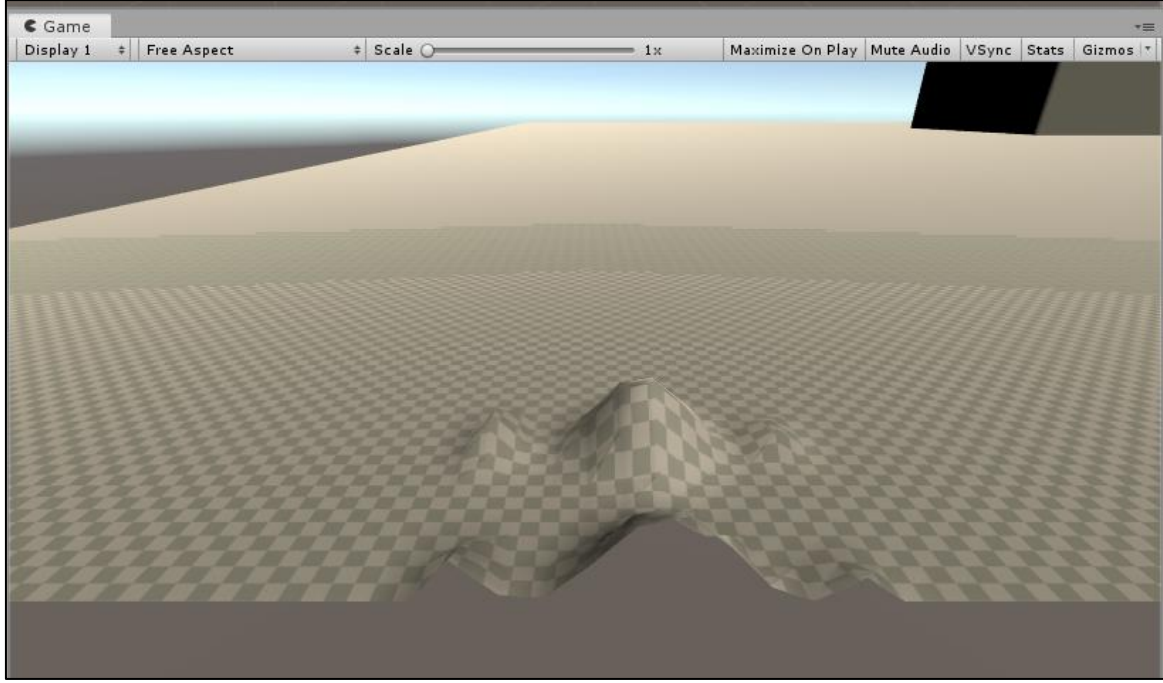
## **6.2. Ciddi Oyun Uygulamasının Değerlendirilmesi**

Ciddi oyun uygulaması hazırlanırken uygulama içerisinde yer alacak görevler ile bu görevlere müdahale şekillerinin nasıl olacağı konusunda bir değerlendirme yapılmıştır. Öncelikle arazide bu tür patlayıcılarla karşı karşıya kalan unsurların görev neveleri değerlendirilmiş ve ona göre farklı bölümler oluşturulmuştur. Pek tabii unsurların ihtiyacı olacağı farklı birçok bölüm tasarlamak mümkündür ve bu bölümleri birleştirerek müşterek görevler oluşturulabilmektedir. Ancak temel olarak oluşturulan bu görevlerin mevcut şartlarda yeterli olabileceği değerlendirilmiştir.

Bu bölümleri tasarlanmasını müteakip dedektör operatörlerinin arazide nasıl ilerlediği, dedektörün nasıl sinyal vereceği, patlayıcı maddelerin ne şekilde sahnede yer alacağı ve alınan sinyale karşı dedektör operatörünün hangi hareket tarzlarını uygulayacağı hususları modellenmesi gereken önemli konular olmuştur.

Dedektör ile yapılan arama esnasında dedektörün başlığının veya arama merkez noktasının zaman zaman çevre unsurları veya arazinin içerisine girerek kaybolması problemi ile karşılaşılabilir. Bunun önüne geçilmesi için sahneye sadece dedektörü ekrana çizdirecek ayrı bir kamera tanımlanabileceği değerlendirilmektedir.

Uygulamanın içerisinde dedektörle tespit edilen noktanın kazılması ve kaynağının kontrol edilmesi gerekmektedir. Ancak “Bilinmesi Gereken” prensibi gereği bu kısımlar modellenmemiştir. Arazinin kazılarak oyun esnasında şekil değiştirilmesi ile ilgili bazı denemeler gerçekleştirilmiş ve yapılabilirliği gösterilmiştir. Burada hali hazırda mevcut paket çözümlerden faydalanılması bir olasılıktır.



Resim 6.1. Yüzey kazma denemesi

Sinyal alanının kazılmasından sonra bölgede işaretleme, şişleme ve imha gibi süreçler için bazı animasyonlar hazırlanmıştır. Bu aşamada bu kısımlara bilinmesi gereken prensibinden dolayı yer verilmemiştir. Benzer şekilde patlayıcıya bir ışın gönderilerek etiketinin alınması ve kontrol edilerek yerinde patlatılmasına yönelik bir uygulama VR aşamasında gerçekleştirildiği için bu kısma ihtiyaç duyulmamıştır.





Resim 6.2. EYP'ye müdahale denemesi

Sinyal değerinin hesaplanmasında önemli bir problem sahnede yer alan objelerin başlangıç büyüklük değerlerinin birbirinden çok farklı olmasıdır. Örneğin hazır olarak kullanılan modellerden bir kutu sahnede 100\*100\*100 ebatlarında gözükebilirken, bir araç eklendiğinde ebatları 0,1\*0,1\*0,1 oranında gözükebilmektedir. Bu husus her ne kadar el ile düzeltilebilse de sinyal modelinin hesaplamasında kullanılan hacim hesaplamasında problemler yaşanmasına neden olmuştur.

Patlayıcı madde modellerinin sahnelerde her bölüm başlangıcında oluşturulmasında (benzer husus VR uygulaması için de geçerlidir) farklı yöntemler denenmiş ve sonucunda birtakım problemlerle karşılaşmıştır. İlk olarak her bir oyun alanında belirlenen dikdörtgen prizması şeklindeki alanların içerisinde rastgele belirlenecek noktalarda patlayıcı maddelerin oluşturulması denenmiştir. Bu sayede oyuncu görevine her başladığından patlayıcı madde rastsal olarak farklı noktalarda oluşturulmuştur. Ancak bu yöntemde iki farklı problem ile karşılaşmıştır. Bunlardan birincisi patlayıcıların terör örgütünün yaklaşımlarından farklı alanlarda, herhangi bir yerde oluşmasıdır.

Diğer bir husus da patlayıcıların arazinin engebeli yapısını dikkate almadan rastgele yüksekliklerde oluşmasıdır. Bu problemlerin önüne geçilebilmesi maksadıyla, her bölümde mayın, EYP ve emareler için ayrı ayrı olacak şekilde 20'ser adet muhtemel patlayıcı oluşma noktası oluşturulmuş ve bu noktalarda ilgili objelerin rastsal olarak oluşması sağlanmıştır. Ayrıca bölüm seçim ekranında yer alan üretilecek obje sayılarının belirlenmesinde elde edilen veriler özellik olarak diğer sahnelere aktarılmış ve daha önce belirlenen noktalarda

belirlenen sayılarda objelerin rastgele oluşması sağlanmıştır. Bu durum hangi objenin oluşturulacağını belirlemede de benzer şekilde uygulanmıştır.

Yukarıda belirtilen bu yaklaşımda bu kez karşılaşılan problem ise aynı noktada birden fazla objenin oluşmasıdır. Bu problem için dizin kullanmanın veya oluşacak noktaların etrafında  $\pm 10$  santimetrelik alanlarda rastsal olarak obje oluşturmanın ve objeler farklı açılarla sahnede yer almasının sağlanmasının çözüm olacağı değerlendirilmektedir.

Sinyalin hesaplanmasında yaşanan bu problem neticesinde patlayıcı maddelerin üzerinde oluşması planlanan Collider'lar otomatik olarak istenilen ebatlarda (Deneme sahnesinde çalıştırılmıştır) oluşmamıştır. Prefab olarak değerlendirilen nesneler oyun sahnesine sonradan dahil oldukları için Collider'ların istenilen şekilde oluşmasında problemler yaşanmıştır. Bu sebeple ilgili nesnelerin sınırları manuel olarak hazırlanmıştır.

Oluşturulan sinyal modeli uygulamanın gelişimine paralel olarak zamanla geliştirilmiştir. Bu açıdan diğer bölümlerde yer alan prefab'lere zarar vermemesi açısından öncelikle bir deneme sahnesi içerisinde dedektörün nasıl tepki vereceği denenmiş müteakiben dedektör bölümlere eklenmiştir. Böylelikle herhangi bir bölümde yapılacak bir hata veya değişikliğin uygulamanın tamamına etki etmesinin önüne geçilmeye çalışılmıştır.

Sinyalin modellenmesi aşamasında yer alan faktörler kapsamında özellikle arama başlığının yataydaki hızını tespit edilmesi ve bunun sinyale etki etmesi konusunda problemler yaşanmıştır. Sinyale etki eden faktörlerin zaman zaman erişilememesi veya ulaşılamaması durumunda sabit veya etkisiz değerler hesaba dahil edilerek modelin uygun ölçülerde kalması amaçlanmıştır.

Bu aşamada değinilmesi gereken bir diğer husus birbirine yakın alanlarda oluşan metallerin tespit edilmesinde sinyalin nasıl tepki vereceğinin belirlenmesidir. Aynı anda farklı Collider'ların içerisinde olan arama merkez noktasının hangi metale göre sinyal vereceğinin ve diğer metalin bu sinyali nasıl etkileyeceğinin belirlenmesine ihtiyaç vardır. Benzer problem sadece patlayıcılar için değil aynı zamanda arazide yer alan diğer metallerin sisteme eklenmesi durumunda sinyalin bu etkileri de dikkate alarak belirlenmesinde ortaya çıkmaktadır. Bu ve benzeri yaklaşımların geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Çevrelerin modellenmesinde kullanılacak daha gerçekçi modelleme yöntemleri (fotoğraf ile modelleme ve gerçek çevre verilerinin kullanılması gibi) ile ilgili unsurlar görev yapacağı alanı daha net olarak tanıyabilir, savunma unsurlarının bizzat görev alacakları alanların modellenmesi ile bu alanlarda yapılacak eğitimler vasıtasıyla personel hareketlerini meleke haline getirebilirler.

Bölüm seçme ekranında yer alan ve daha fazla düzenlenmesine ihtiyaç duyulan bir bölüm olan sınır ötesi bölümü, gerçek çevrenin yaşatılması açısından faydalıdır. Ancak bu bölümde yer alan aşırı miktardaki fotografik nesneler bölümüm istenilen oranda kullanılmasına müsaade etmemektedir. Bu alan içerisinde binaların içerisine girilebilmesi ve alanın görsel olarak etkileyici olması nedeniyle bu alanın bir meskûn mahal alanı veya yol kontrol noktası olarak kullanılmasının daha faydalı olacağı değerlendirilmektedir.

Uygulamanın başlangıç aşamasında, sinyal modeli hedef ve arama başlığı arasındaki ilişkiye bakarak sonuç vermiştir. Geliştirilen modelle birlikte bu alana birçok değişken dahil edilmiştir. Burada karşılaşılan bir diğer problem sahnenin başlangıcında oluşan “x” sayıdaki farklı hedeften hangisine bakılarak bu sinyalin aktif hale getirileceğidir. Bu aşamada Collider’lar kullanılmış, temas halinde etiket kontrolü yapılarak sinyalin aktif hale gelmesi sağlanmıştır.

Sonuç olarak oluşturulan bu ciddi oyun uygulamasının sağlamış olduğu gerçekçi bölümler, mantıklı ve gerçekçi sinyal modeli ile arama yapan unsurlara katkı sağlayacağı değerlendirilmiştir.

### **6.3. Sanal Gerçeklik Uygulamasının Değerlendirilmesi**

Sanal gerçeklik uygulaması ciddi oyun sürecinden ayrı olarak kullanıcı personeli daha fazla motive ettiği gözlenmiştir. Özellikle personelin sanal ortamı tam olarak gözlemleyebilmekte ve sanal ortamı deneyimleyebilmektedir. Sanal gerçeklik uygulaması içerisinde oluşturulan meskûn mahal, donanım gereksinimleri de değerlendirildiğinde daha az detay içermektedir. Özellikle belli bir süreden fazla bu gözlüğün kullanılmasıyla kullanıcıda bazı rahatsızlıklara neden olabilmektedir. Bu nedenle yaklaşık 20 ila 30 dakika arasında bir personel bu uygulamadan faydalanabilmektedir. Ancak bu sürenin de yeterli olarak bu süre yeterli olduğu kıymetlendirilmiştir.

Sanal gerçeklik uygulamasındaki amaç patlayıcı maddenin yerinin tespit edilmesi veya sahne içerisinde yer alan emarelerin fark edilmesidir. Ciddi oyun sürecinden farklı olarak burada bir müdahalede bulunulması istenilmektedir. Gerek bu teknolojinin henüz yeni olması gerek ise detaylı müdahale yöntemlerinin sanal gerçeklik ortamında modellenmesinin henüz daha zor olması nedeniyle bu şekilde bir uygulama hazırlamaya ihtiyaç duyulmamıştır.

Uygulama içerisinde modellenen meskûn mahal 100x200 metrelik bir alandır. Her ne kadar bu alan ideal ve yeterli bir ebat olarak değerlendirilse de uygulama içerisinde ve gerçek dünyada (çalışma odalarında) bu ölçülerdeki bir alanda yürüme imkânı olmadığından sahne etkin olarak kullanılamamıştır. Ayrıca bu alanın büyüklüğü nedeniyle hareket etmede sıklıkla oyuncu kumandasından faydalanılmış ve bu da kısa sürede gözlüğün kullanıcıya rahatsızlık (baş dönmesi vb.) verilmesine neden olmuştur. Bundan sonraki uygulamalarda bu alanın daha küçük ebatlarda tasarlanmasının uygun olacağı değerlendirilmiştir.

Ayrıca VR uygulaması için sadece bir bölüm tasarımı yapılmıştır. Yukarıda da bahsedildiği üzere daha küçük ve birden fazla alanın görevlere dahil edilmesinin faydalı olacağı değerlendirilmiştir. Bu alanlara mevzi arama, bina içi arama, kontrol noktası gibi görevler dahil edilebilir.

Uygulamada standart patlayıcı kullanılmıştır. Bunun yerine farklı emare ve EYP çeşitleri eklenebilir. Uygulamada buna yönelik bir alt tapı hazırlanmıştır ve ihtiyaca göre kullanılabilecektir.

Her ne kadar uygulamada bir süre göstergesi bulunsun da bu bir değerlendirmeye tabi değildir. Uygulamaya süre kısıtlaması ve patlayıcıların tamamının bulunmasına göre bir değerlendirme yöntemi eklenebilir.

Uygulama içerisinde çevre ile etkileşimi arttırmak maksadıyla bazı geliştirmeler yapılabilir. Örneğin kapıların, çekmecelerin açılması, çevredeki nesnelerin tutulabilir olması, inme veya çıkma animasyonları, çift elle müdahale vb. interaktif yaklaşımlar uygulamaya dahil edilmesinin fayda sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Uygulama içerisinde patlayıcıya Ray (ışın) gönderildikten sonra ikinci bir ray gönderilinceye ilk ışın kadar ekranda çizdirilmeye devam etmektedir. Bu hususun düzeltilmesi faydalı olacaktır. Ayrıca uygulamada kullanılan patlama efektleri geliştirilebilir veya patla noktası çevresine kırılabilir objeler konularak ve etrafa yayılan güç miktarı artırılarak daha gerçekçi sonuçlar elde edilebilir. Ancak bu hususlar gerçekleştirilirken performans göz önünde bulundurulmalıdır.

Uygulama içerisinde VR'a uygun olarak dünya koordinat sisteminde yer alan bir kullanıcı ara yüzü kullanılmamıştır. Bu hususun eklenmesinin kullanıcının etkileşimini arttıracak değerlendirilmektedir.

VR uygulamasının oluşturulmasına başlandığında Unity resmi olarak XR kütüphanesini kullanıma açmıştır. Bu aşamada farklı bağımsız kaynaklardan VR uygulaması oluşturulmuş ve her bir sorun için değişik yaklaşımlar kullanılmıştır. Bundan sonraki VR uygulamalarında XR kütüphanesinin kullanılmasının faydalı olacağı değerlendirilmektedir.

Sanal gerçeklik uygulamasında ciddi oyundan farklı olarak sadece patlayıcı maddeleri gözle tespit etmek amaçlandığından yalnızca dedektör operatörleri değil aynı zamanda arazide ve meskûn mahallerde görev yapan tüm personel tarafından kullanılabileceği değerlendirilmektedir. Yapılan test ve denemeler sonucunda özellikle sanal gerçeklik uygulamasının personelin dikkatini çok daha fazla çektiği ve kolaylıkla insanları motive ettiği gözlemlenmiştir.





## 7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma içerisinde öncelikle patlayıcı madde arayan timlerin ihtiyaçları değerlendirilerek, bir ciddi oyun uygulaması yapılmıştır. Bu uygulama içerisinden ilgili timlerin karşılaşılabilecekleri senaryolar düşünülmüş ve ona göre bölümler tasarlanmıştır. Bu kapsamda çevre elemanları, arazi, patlayıcı maddeler ile mayın arama dedektörleri modellenmiş ve oyun motoru içerisine gönderilmiştir. Oyun motoru içerisinde yapılan düzenlemelerle ciddi oyun hazır hale getirilmiştir.

Yapılan bu çalışma ile Unity oyun motoru kullanılarak arazide ve çeşitli görevlerde patlayıcı madde arama tespit etme ve imha etme görevi icra eden timlerin karşılaşılabilecekleri senaryolara karşı örnek sanal görevler oluşturulmuştur. Böylelikle timler bu görevlere gitmeden önce eğitim yaparak melekelerini geliştirebilecekler, aynı zamanda daha önce hiç karşılaşmadıkları durum, senaryo veya patlayıcı maddeleri tespit, teşhis ve imha etmede tecrübe sağlayabileceklerdir.

Uygulama aşamasında anlatıldığı gibi patlayıcı maddeye müdahale yüksek dikkat gerektiren ve ardı ardına doğru hareket tarzlarını uygulama gerektiren oldukça hassas bir süreçtir. Uygulamalar içerisinde bu sürecin doğru şekilde icra edilmesi halinde patlayıcı tespit ve madde imha edilebilmekte, ancak hatalı bir hareket neticesinde patlayıcı madde yerinde infilak ederek operatöre zarar vermektedir. Sadece patlayıcı maddenin tespiti değil aynı zamandan müdahale sürecinin de senaryoya dahil edilmesi ile yapılan diğer hataların tespit edilmesinin faydalı olacağı değerlendirilmektedir.

Benzer konunun ciddi oyun simülasyon veya diğer teknolojik gelişmeler içerisinde kullanılması durumunda daha interaktif olarak tasarlanması veya online olarak birlik bütünlüğü içerisinde icra edilebilecek şekilde tasarlanmasının uygun olacağı değerlendirilmektedir. Ayrıca bu sistemlere hareket takip ve haberleşme modülleri ekleyerek kullanıcı veya timin yapmış olduğu hatalar tespit edilebilecektir. El yapımı patlayıcıya müdahale sadece dedektör operatörünün sorumluluğunda gerçekleşen bir eylem olmadığından bu sürecin birlik bazında takip edilmesinin faydalı olacağı değerlendirilmektedir.

Sanal gerçeklik gözlüğü kullanılan uygulamada arama yapan unsur elemanı tespit ettiği emare patlayıcıları işaretlemek suretiyle etkisiz hale getirmektedir. Ayrıca bölüm sonunda tespit edebildiği miktarları görebilmektedir. Bu aşamada sadece dedektör operatörü veya müdahale eden personele özel ve müdahale süreç ve yöntemlerini de kapsayan bir uygulama yapılmasının faydalı olacağı değerlendirilmektedir.

Yapılan bu uygulamaların faydasının ölçülmesi ayrıca önemli bir husustur. Özellikle eğitime yaptığı katkının değerlendirilmesi veya bu açıdan uygulamanın geliştirilmesine yönelik varsa açık alanlarının tespit edilerek düzeltilmesi önemli konulardır. Bunun yanında kullanıcılar tarafından elde edilen tecrübelerin olumlu veya olumsuz şekilde tespit edilmesi gerekmektedir. Bu alanlara yönelik yapılacak çalışmalar eğitimin yönetilmesi ve ölçülmesi kapsamında oldukça değerlidir.

Bu ve benzer çalışmaların devam ettirilmesi özellikle zor koşullarda çalışan ve savunma sektöründe görev yapan personelin eğitime olumlu şekilde katkı sağlayacağı ve personeli motive edeceği değerlendirilmektedir. Bu personellerin eğitimlerinde harcanan maliyet düşünüldüğünde benzer uygulamaların maliyet etkin çözümler olduğu değerlendirilmektedir.

Bundan sonraki çalışmalarda özellikle sanal, artırılmış ve karma gerçeklik gözlükleri kullanılarak kullanıcıya daha fazla motive eden ve gerçeklik hissi sağlayan teknolojilerin denenmesinin fayda sağlayacağı değerlendirilmektedir. Ayrıca savunma sektöründe yer alan tehlikeli birçok konunun (örneğin intikal pusu ve pusuya karşı koyma, siyah simülatörleri, meskûn mahallerde muharebe vb.) ilerleyen çalışmalara konu olabileceği değerlendirilmektedir.

## KAYNAKLAR

- Adelantado, M., Chaudron, J.-B., ve Oyzel, A. (2008). Using the HLA, physical modeling and google earth for simulating air transport systems environmental impact. *ONERA*, 1-11.
- Akıllı, M., ve Seven, S. (2013). 3D bilgisayar modellerinin akademik başarıya ve uzamsal canlandırmaya etkisi: atom modelleri. *Turkish Journal of Education*, 3(1), 11-23.
- Aktamış, H., ve Arıcı, V. A. (2013). Sanal gerçeklik programlarının astronomi konularının öğretiminde kullanılmasının akademik başarı ve kalıcılığına etkisi. *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 9(2), 58-70.
- Alexander, A. L., Brunyé, T., Sidman, J., ve Weil, S. A. (2005). From gaming to training: a review of studies on fidelity, immersion, presence, and buy-in and their effects on transfer in pc-based simulations and games. *DARWARS Training Impact Group*, 5(1), 1-4.
- Almusawi, A. R., Dülger, L., ve Kapucu, S. (2016). Sanal Gerçeklik Tabanlı Robotik Cerrahi Benzetimi. Bağdat Üniversitesi *Mekatronik Mühendisliği Bölümü Dergisi*, 1-4.
- Altın, C., ve Er, O. (2018). İnsansız Hava araçlarının (IHA) sanal gerçeklik yazılımı ile modellenmesi ve farklı kullanıcılar için performans analizleri. *Sakarya University Journal Of Computer And Information Sciences*, 1(2), 1-13.
- Annetta, L. A. (2008). Video games in education: why they should be used and how they are being used. *The College of Education and Human Ecology*, 47(3), 229-239.
- Arısoy, M. V., Küçüksille, E. U., ve Arısoy, A. (2017). Kara mayınlarının tespiti için askeri eğitim. *BAUN Fen Bil. Enst. Dergisi*, 19(1), 75-90.
- Aslan, R. (2017). Uluslararası Rekabette Yeni İmkanlar Sanal Gerçeklik, Artırılmış Gerçeklik Ve Hologram. *Afyon Kocatepe Üniversitesi, Veteriner Fakültesi Dergisi*, 49(5), 22-26.
- Aslan, R., ve Erdoğan, S. (2017). 21. yüzyılda hekimlik eğitimi: sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik, hologram. *Kocatepe Veterinary Journal*, 204-212.
- Aydın, N., Kaya, İ., Hüsemoglu, R. B., ve Arslantaş, A. (2017). Torakal Vertebra Görüntülemesinde Simülasyon ve Üç Boyutlu Modellemenin Radyolojik Tanı ve Cerrahi Öncesi Planlama Üzerinde Etkileri. *Osmangazi Tıp Dergisi*, 39(3), 8-61.
- Aydoğan, D. (2017). Virtual Museums In The Context Of Virtual Reality And Simulation. *Yeni Medya Elektronik Dergi*, 137-148.

- Aziz, E.-S. S., Chang, Y., Esche, S. K., ve Chassapis, C. (2012). A multi-user virtual laboratory environment for gear train design. *Game-Based Gear Train Laboratory*, 22(4), 788-902.
- Aziza, E.-S. S., Changb, Y., Eschec, S. K., ve Chassapisd, C. (2015). Virtual mechanical assembly training based on a 3D game engine. *Computer-Aided Design and Applications*, 12(2), 37-41.
- Bayram, S. (1999). Eğitimde Sanal Gerçeklik Uygulamaları. *M.Ü. Atatürk Eğitim Fakültesi Eğitim Bilimleri Dergisi*, 11(11), 49-54.
- Berg, L. P., ve Vance, J. M. (2016). Industry use of virtual reality in product design. *Virtual Reality*, 21(1), 1-17.
- Bingöl, O. (2015). *PKK ve el yapımı patlayıcılar (EYP): asimetrik güç, stratejik zafiyet*. Ankara: Merkez Strateji Enstitüsü, 1-11..
- Boas, Y. A. (2011). Overview of virtual reality technologies. *School of Electronics and Computer Science*, 1-6.
- Cantenar, Ö. F., ve Tümlü, F. (2016). PKK terör örgütünün eylemlerinin güvenlik güçleri zayırları açısından analizi. *Kara Harp Okulu Bilim Dergisi*, 26(1), 1-22.
- Chittaro, L., ve Buttussi, F. (2015). *Assessing knowledge retention of an immersive serious game vs. a traditional education method in aviation safety*. Paper presented at the IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 21(4), 1-10.
- Choi, C., Seok, M.-G., Choi, S. H., Kim, T. G., ve Kim, S. (2015). Military serious game federation development and execution process based on interoperation between game application and constructive simulators. *Int. J. Simulation and Process Modelling*, 10(2), 103-116.
- Ciddi Oyun Kataloğu. (2018). *Ciddi Oyun Kataloğu*. Ankara: Atılım Üniversitesi, 2-8.
- Çaba, D. (2018). Dijital çağda değişen haber sunumu: gazetecilikte sanal gerçeklik uygulamaları. *Gümüşhane Üni. İletişim Fakültesi Elektronik Dergisi*, 6(1), 691-723.
- ÇSGB. (2012). *Kaza Risk Değerlendirme Metodolojisi: ARAMİS*. Ankara: İş Teftiş Kurulu Başkanlığı.
- Darken, R., McDowell, P., ve Johnson, E. (2005). The Delta3D open source game engine. *Projects in VR*, 3(3), 10-12.
- Demirci, Ş. (2018). Sağlık Hizmetlerinde Sanal Gerçeklik Teknolojileri. *İnönü Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 6(1), 35-46.

- Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., ve Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness: defining “gamification”. *Proceedings of the 15th international academic MindTrek conference: Envisioning future media environments.*, (s. 9-15).
- Doğru, H. Ç. (2017). Uzun metrajlı 3B dijital animasyonların üretim süreçleri ve kullanılan teknikleri. *Journal Of Awareness*, 2(Special), 161-170.
- Eker, F., ve Eker, K. (2016). Antik çağ cam yapım tekniklerinin 3D modelleme çalışması ile yeniden ele alınması. *OÜSOBİAD*, 15, 198-214.
- Erdoğan, H., ve Ekenel, H. K. (2015). Kinect Kullanarak Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Amaçlı Oyun Tasarımı. AB 7. Çerçeve Programı Marie Curie FP7 entegrasyon, 1-4.
- Fang, Y., ve Teizer, J. (2014). *A multi-user virtual 3D training environment to advance collaboration among crane operator and ground personnel in blind lifts*. Paper presented at the Research Gate Conference, 1-9.
- Foster, P., ve Burton, A. (2004). Virtual reality in improving mining ergonomics. *The Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy*, 104(2), 129-134.
- Froschauer, J., Arends, M., Goldfarb, D., ve Merkl, D. (2011). *A Serious Heritage Game for Art History: Design and Evaluation of ThIATRO*. Paper presented at the 18th International Conference on Virtual Systems and Multimedia (283-290). IEEE.
- Garris, R., Ahlers, R., ve Driskell, J. E. (2002). Games, motivation, and learning: a research and practice model. *Simulation Gaming*, 33(4), 441-467.
- Günen, M., Çoruh, L., ve Beşdok, E. (2017). Oyun dünyasında model ve doku üretiminde fotogrametri kullanımı. *Geomatik Dergisi*, 2(2), 86-93.
- Gür, Y. (2017). 3 boyutlu masa üstü yazıcı ile matematiksel bir 3 boyutlu masa üstü yazıcı ile matematiksel bir. *BAUN Fen Bil. Enst. Dergisi*, 19(2), 237-245.
- Gürkan, A., Salıcı, A., Yıldırım, M. K., ve Yıldırım, M. (2016). Üç boyutlu yerleşke modelleme; Mustafa Kemal Üniversitesi Tayfur Ata Sökmen Yerleşkesi örneği. *CBÜ Fen Bil. Dergi*, 12(3), 511-515.
- Hsu, K.-S. (2016). Application of the environmental sensation learning vehicle simulation platform in virtual reality. *Eurasia Journal of Mathematics, Science ve Technology Education*, 12(5), 1477-1485.
- Humbert, P., Chevrier, C., ve Bur, D. (2011). Use of real time 3D engine for the visualization of a town scale model dating from the 19th century. *MAP-CRAI*, 1-8.

Hwang, G.-J., ve Wu, P.-H. (2012). Advancements and trends in digital game-based learning research: a review of publications in selected journals from 2001 to 2010. *British Journal of Educational Technology*, 43(1), 1-5.

Indraprastha, A., ve Shinozaki, M. (2009). The investigation on using Unity3D game engine in urban design study. *Journal of ICT Research and Applications*, 3(1), 1-18.

İnternet: Can, F. A-yıldız-arama-algoritması web: <http://farukcan.net/algoritmalar/2016/05/a-algoritmasi-a-yildiz-arama-algoritmasi/> Son Erişim Tarihi: 19 Kasım 2020.

İnternet: Caner, E. (2016). *El Yapımı Patlayıcılar (EYP)*. sunsavunma: web: [https:// www.sunsavunma.net/savunma/](https://www.sunsavunma.net/savunma/) Son Erişim Tarihi: 19 Kasım 2020.

İnternet: Güleç, A. (2020). A yıldız algoritması [www.alpgulec.com](http://www.alpgulec.com): web: [http://www.alpgulec.com /documents/ 33-a-star-algoritmasi-ve-temelinde-yatanlar](http://www.alpgulec.com/documents/33-a-star-algoritmasi-ve-temelinde-yatanlar) Son Erişim Tarihi: 19 Kasım 2020.

İnternet: Kanun. (2020). *Mevzuat*. Denizlerde ve Yurt Yüzeyinde Görülen Patlayıcı Madde ve Şüpheli Cisimlere Uygulanacak Esaslara İlişkin kanun: web: <https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.4536.pdf> Son Erişim Tarihi: 19 Kasım 2020.

İnternet: Mesanas (2020). Arama teçhizatı, Mesanas. web: <http://www.mesanas.com.tr/tr/i-23> Son Erişim Tarihi: 19 Kasım 2020.

İnternet: Oculus (2020).Oculus Rift S Kurulumu, Youtube: web: [https://www.youtube.com/watch?v= zh5ldprM5Mg&t=53s](https://www.youtube.com/watch?v=zh5ldprM5Mg&t=53s) Son Erişim Tarihi: 19 Kasım 2020.

İnternet: Savunmahaber.(2020). Arama Teçhizatı, savunmahaber: web: [http://www.savunmahaber.com/ mesan-mayin-temizlemede-yerli-ve-milli-cozumler/](http://www.savunmahaber.com/mesan-mayin-temizlemede-yerli-ve-milli-cozumler/) Son Erişim Tarihi: 19 Kasım 2020.

İnternet: Sdtsavunma. (2020). Mayın arama, web: [http://sdtsavunma. com/urun \\_detay .asp?ID=449](http://sdtsavunma.com/urun_detay.asp?ID=449) Son Erişim Tarihi: 19 Kasım 2020.

İnternet: Şeker, S. E. (2019). A yıldız algoritması web: <http://bilgisayarkavramlari.sadievrenseker.com>: <http://bilgisayarkavramlari.sadievrenseker.com/2009/03/02/a-yildiz-arama-algoritmasi-a-star-search-algorithm-a/> Son Erişim Tarihi: 19 Kasım 2020.



- İnternet: Türkiye Gazetesi. (2015). Dedektörler PKK'nın mayınlarını bulamıyor. Türkiye Gazetesi: web: <https://www.turkiyegazetesi.com.tr/gundem/304680.aspx> Son Erişim Tarihi: 19 Kasım 2020.
- İnternet: Vela. (2020). Vela. Youtube: web: [https://www.youtube.com/watch?v=sKQOlqNe\\_WY](https://www.youtube.com/watch?v=sKQOlqNe_WY) Son Erişim Tarihi: 19 Kasım 2020.
- İnternet: Wikipedia. (2020). web: <https://tr.wikipedia.org/w/index.php?search=C%23+Programlama+Dili&title=%C3%96zel:Ara&profile=advanced&fulltext=1&advancedSearch-current=%7B%7D&ns0=1> Son Erişim Tarihi: 19 Kasım 2020.
- İnternet: Wikipedia. (2020). Wikipedia. web: <https://tr.wikipedia.org/w/index.php?search=Microsoft+Visiul+Studio&title=%C3%96zel%3AAra&fulltext=Ara&ns0=1> Son Erişim Tarihi: 19 Kasım 2020.
- İnternet: Wikipedia. (2020). Wikipedia. web: <https://tr.wikipedia.org/w/index.php?search=Oculus+Rift+S&title=%C3%96zel:Ara&profile=advanced&fulltext=1&advancedSearch-current=%7B%7D&ns0=1> Son Erişim Tarihi: 19 Kasım 2020.
- Jangrawa, D. C., Johri, A., Gribetza, M., ve Sajdaa, P. (2014). NEDE: An open-source scripting suite for developing experiments in 3D virtual environments. *Journal of Neuroscience Methods*, 235, 245-251.
- Jiménez, B., Palacios, F., Morabitob, D., ve Remondino, F. (2016). Access to complex reality-based 3D models using virtual solutions. *Journal of Cultural Heritage*, 23, 1-9.
- Juanes, J. A., Gómez, J. J., Peguero, P. D., Lagándara, J. G., ve Ruisoto, P. (2015). *Analysis of the Oculus Rift Device as a Technological Resource in Medical Training through Clinical Practice*. Paper presented at the Proceedings of the 3rd International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality (19-23). IEEE.
- Just, M., A., Stapley, P. J., Ros, M., Naghdy, F., ve Stirling, D. (2016). *Effects of reintroducing haptic feedback to virtual-reality systems on of reintroducing haptic feedback to virtual-reality systems on movement profiles when reaching to virtual targets*. Paper presented at the 1th International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies (319-322). ICDVRAT.
- Kaleci, D., Demirel, T., ve Akkuş, İ. (2015). *Örnek Bir Artırılmış Gerçeklik Uygulaması Tasarımı*. XVIII. Akademik Bilişim Konferansında sunuldu, (1-11). Aydın, Türkiye.
- Kaleci, D., Tepe, T., ve Tüzün, H. (2017). Üç boyutlu sanal gerçeklik ortamlarındaki deneyimlere ilişkin kullanıcı görüşleri. *Türkiye Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 21(3), 669-689.

- Kalender, O. (2008). Geçmişten günümüze mayin belirleme çalışmaları ve manyetik anomali yöntemi ile kara mayınlarının belirlenmesi. *Politeknik Dergisi*, 11(1), 1-8.
- Kanak, A., ve Erdoğan, A. Y. (2016). *Yemek taksonomisi ile zenginleştirilmiş bir sanal gerçeklik uygulaması*. Paper presented at the Proceedings of Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU) (1-4). İzmir: SIU.
- Kara, U. Y. (2018). Video oyunlarında zaman ve mekân: bir taslak. *Moment Dergi*, 5(1), 31-56.
- Karamanoğlu, Y. E. (2016). Terör olaylarının istatistiksel analizi: Türkiye örneği. *Journal of Statisticians: Statistics and Actuarial Sciences*, 9(1), 12-25.
- Kasapoğlu, C. (2018). *Türkiye'ye yönelik terör tehdidinde yeni trendler: el yapımı patlayıcılar ve intihar bombacıları*. Girne: EDAM Tartışma Kâğıtları Serisi 2015/8.
- Kaygusuz, Y. U., İlçe, Ç., İnal, T., ve Özel, K. (2012). Dağınık aviyonik mimari kullanan bir uçak için küçük ölçekli iki simülatör tasarım ve uygulama örneği: temel uçuş göstergeleri ve uyarı sistemi benzetimleri. *Savunma Bilimleri Dergisi*, 11(1), 187-212.
- Kenny, P., Hartholt, A., Gratch, J., ve Swartout, W. (2007). Building interactive virtual humans for training environments. *Interservice/Industry Training, Simulation, and Education*, 174, 1-16.
- Kiourt, C., Koutsoudis, A., ve Pavlidis, G. (2016). DynaMus: A fully dynamic 3D virtual museum framework. *Journal of Cultural Heritage*, 22, 1-8.
- Kirkley, S. E., Tomblin, S., ve Kirkley, J. (2005). *Instructional design authoring support for the development of serious games and mixed reality training*. Paper presented at the Interservice/Industry Training, Simulation, and Education Conference (I/ITSEC), (s. 1-11).
- Kontogianni, G., ve Georgopoulos, A. (2015). A Realistic Gamification Attempt for the Ancient Agora of Athens. *2015 Digital Heritag* (1-4). IEEE.
- Kontogianni, G., ve Georgopoulos, A. (2015). Exploiting textured 3D models for developing serious games. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 40, 249-255.
- Koyuncu, B., ve Bostancı, E. (2009). *Using Web Services to Support Battlefield Visualization and Tactical Decision Making*. Paper presented at the International Conference on Computational Intelligence, Modelling and Simulation (s. 138-141). Shanghai: Ankara Uni.

- Köse, N., ve Yengin, D. (2018). Dijital pazarlamadan fijital pazarlamaya geçiş örneği olarak pazarlamaya geçiş örneği olarak gerçeklik uygulamalarının pazarlama üzerindeki katkılarının incelenmesi. *İstanbul Aydın Üniversitesi Dergisi*, 10(1), 77-111.
- Kurşun, E., Karakuş, T., Yılmaz, A., Çağıltay, K., İşler, V., Serkan, G., ve Tezcan, Ü. (2012). Eğitim konsol yazılımları için kullanıcı arayüzü kılavuzu geliştirilmesi ve geçerleme süreci. *Savunma Bilimleri Dergisi*, 11(1), 177-186.
- Li, B. H., Rezgui, Y., Bradley, A., ve Ong, H. N. (2014). BIM based virtual environment for fire emergency evacuation. *Hindawi Publishing Corporation e Scientific World Journal*, 1-23.
- Lim, C.-W., ve Jung, H.-W. (2013). A study on the military Serious Game. *Advanced Science and Technology Letters*, 39, 73-77.
- Meng, W., Hu, Y., Lin, J., Lin, F., ve Teo, R. (2015). *ROS+ unity: An efficient high-fidelity 3D multi-UAV navigation and control simulator in GPS-denied environments*. Paper presented at the IECON 2015-41st Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society. IEEE (s. 2562-2567). IEEE.
- Oerter, J., Suddarth, W., Morhardt, M., ve Gehringer, J. (2016). A system architecture and simulation environment for building information modeling in virtual worlds. *Univ. Nebraska Libraries*, 11(3), 205-210.
- Olson, J. L., Krum, D. M., Suma, E. A., ve Bolas, M. (2011). *A design for a smartphone-based head mounted display*. Paper presented at the 2011 IEEE Virtual Reality Conference (s. 19-23). IEEE.
- Orr, T., Mallet, L., ve Margolis, K. (2007). Enhanced fire escape training for mine workers using virtual reality simulation. *National institute for Occupational safety and Health*, 61(11), 1-4.
- Oruç, M. C., Yıldırım, İ. M., İmamoğlu, Ö., Demirel, G., ve Bilgin, M. B. (2017). *Sanal Gerçeklik Uygulamalarının Müzelere Yansımaları: Ayasofya ve Louvre Müzelerinin Karşılaştırmalı Bir Analizi*. Paper presented at the 1st Eurasian Conference on Language and Social Sciences (s. 102-108). Antalya: ECLSS 2017.
- Öngöz, S., Karal, h., Tüysüz, M., Yıldız, A., ve Kılıç, A. (2017). Development of three dimensional virtual court for legal education. *Turkish Online Journal of Qualitative Inquiry*, 8(1), 9-90.
- Özçelik, N. (2016). PKK ve bombalı araç saldırıları. *Analiz*, 7-23.
- Özgüneş, R. E., ve Bozok, D. (2017). Turizm sektörünün sanal rakibi mi: artırılmış gerçeklik. *Uluslararası Türk Dünyası Turizm Araştırmaları Dergisi*, 2(2), 146-160.

- Paiva, P. V., Machado, L. d., ve Batista, T. V. (2015). *A Collaborative and Immersive VR Simulator for Education and Assessment of Surgical Terms*. Paper presented at the 2015 XVII Symposium on Virtual and Augmented Reality (176-185). IEEE.
- Paolis, L. T. (2007, 01 01). Virtual and augmented reality applications. Lecce, Italy.
- Papastergiou, M. (2009). Digital game-based learning in high school computer science education: impact on educational effectiveness and student motivation. *Computers ve Education*, 52(1), 1-12.
- Patrasitidecha, A. (2014). *Comparison and evaluation of 3D mobile game engines*. Master of Science Thesis in the Programme Interaction Design Chalmers University of Technology University of Gothenburg, Sweden, 1-10.
- Petridis, P., Dunwell, I., Panzoli, D., Arnab, S., Protopsaltis, A., Hendrix, M., ve Freitas, S. d. (2012). Game engines selection framework for high-fidelity serious applications. *International Journal of Interactive Worlds*, Article ID 418638, 1-19.
- Planchona, J., Vacherb, A., Combletc, J., Rabateld, E., ve Darsesb, F. (2017). Serious game training improves performance in combat life-saving interventions. *Injury*, 49(1), 1-7.
- Qiu, H., ve Chen, L. (2009). *Real-time virtual military simulation system*. Paper presented at The 1st International Conference on Information Science and Engineering (ICISE2009) (1391-1394).
- Roger, S. (2009). The long history of gaming in military training. *Simulation Gaming OnlineFirst*, 41(1), 1-15.
- Rüstemov, V. (2014). Coğrafi bilgi sistemleri ve 3D modelleme. *KMÜ Sosyal ve Ekonomik Arastirmalar Dergisi*, 2014(4), 146-150.
- Sharma, S., Member, S., Jerriothula, S., Mackey, S., ve Soumare, O. (2012). *Immersive virtual reality environment of a subway evacuation on a cloud for disaster preparedness and response training*. Paper presented at the IEEE symposium on computational intelligence for human-like intelligence (CIHLI) (1-6). IEEE.
- Spek, E. D., Wouters, P., ve Oostendorp, H. v. (2011). Code red: triage or cognition-based design rules enhancing decisionmaking training in a game environment. *British Journal of Educational Technology*, 42(3), 441–455.
- Spicer, R., McAlinden, R., ve Conover, D. (2016). *Producing Usable Simulation Terrain Data from UAS-Collected Imagery*. Paper presented at the Interservice/Industry Training, Simulation, and Education Conference (1-13). I/ITSEC.

- Squelch, A. (2001). Virtual reality for mine safety training in South Africa. *The Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy*, 101(4), 209-216.
- Sudarmilah, E., Ferdiana, R., Nugroho, L. E., Susanto, A., ve Ramdhani, N. (2013). *Tech review : game platform for upgrading counting ability on preschool children*. Paper presented at the International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE) (1-6). IEEE.
- Sung, H.-Y., ve Hwang, G.-J. (2013). A collaborative game-based learning approach to improving students' learning performance in science courses. *Computers ve Education*, 63, 43-51.
- Sürücü, O., ve Başar, M. E. (2016). Kültürel Mirası Korumada Bir Farkındalık Aracı Olarak Sanal Gerçeklik. *Artium*, 4(1), 13-26.
- Şekerci, C. (2017). Sanal gerçekliğin iç mekan tasarımında kullanımı. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 10(51), 1356-1362.
- Taşkesen, S., ve Yılmaz, M. (2018). 3D modelleme programları ve figür imajlarının desen dersi başarılarına etkisi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 26(1), 49-55.
- Taştı, M. B., Yücel, Ü. A., ve Yalçınalp, S. (2015). Matematik öğretmen adaylarının üç boyutlu modelleme programı ile öğrenme Nesneleri Geliştirme Süreçlerinin İncelenmesi. *International Journal of Social Sciences and Education Research*, 1(2), 411-423.
- Tepe, T., Kaleci, D., ve Tüzün, H. (2016). *Eğitim teknolojilerinde yeni eğilimler: sanal gerçeklik uygulamaları*. Paper presented at the 10th International Computer and Instructional Technologies Symposium (ICITS) (s. 547-555). Rize: ICITS.
- Tichon, J., ve Limerick, R. B. (2011). A Review of Virtual Reality as a Medium for Safety Related Training in Mining. *J Health & Safety Research & Practice*, 3(1), 33-40.
- Tiryakioğlu, İ., Uysal, M., Erdoğan, S., Yalçın, M., ve Polat, N. (2016). 3 boyutlu bina modelleme ve web tabanlı sunumu: Ahmet Necdet Sezer Kampüsü örneği. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16(1), 107-114.
- Uçan, B. (2018). Polygon modelleme ile öykü oluşturma. *AURUM Mühendislik Sistemleri Ve Mimarlık Dergisi*, 2(1), 125-134.
- Ulusoy, İ., Şen, E., Tuncer, A., Sönmez, H., ve Bayhan, H. (2017). 3D multi-view stereo modelling of an open mine pit using a lightweight UAV. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 60(2), 223-241.

- Uskov, A., ve Sekar, B. (2014). *Serious games, gamification and game engines to support framework activities in engineering: case studies, analysis, classifications and outcomes*. Paper presented at the IEEE international conference on electro/information technology (618-623). IEEE.
- Viant, W., Purdy, J., ve Wood, J. (2016). *Serious games for fire and rescue training*. Paper presented at the 2016 8th Computer Science and Electronic Engineering Conference (CEEC) (s. 136-139). UK: IEEE.
- Wang, L.-C., ve Chen, M.-P. (2014). The effects of game strategy and preference-matching on flow experience and programming performance in game-based learning. *Innovations in Education and Teaching*, 47(1), 37-41.
- Wang, S., Mao, Z., Zeng, C., Gong, H., Li, S., ve Chen, B. (2009). A new method of virtual reality based on Unity3D. *The Key Lab of Resource Environment and GIS*, 1-5.
- Wattanasoontorn, V., Boada, I., García, R., ve Sbert, M. (2013). Serious games for health. *Entertainment Computing*, 4(4), 231-247.
- Williamson, B. M., LaViola Jr., J. J., Roberts, T., ve Garrity, P. (2012). Multi-Kinect Tracking for Dismounted Soldier Training. Paper presented at the Proceedings of the interservice/industry training, simulation, and education conference (1-9). I/ITSEC.
- Williamson, B. M., Wingrave, C., Roberts, T., ve Garrity, P. (2011). *Natural Full Body Interaction for Navigation in Dismounted Soldier Training*. Paper presented at the The Interservice/Industry Training, Simulation and Education Conference (1-8). I/ITSEC.
- Yalçın, N. (1993). Bilgisayar destekli modelleme-jeolojide yeni bir yöntem. *Yerbilimleri Dergisi*, 8(1), 59-68.
- Yevgeniya, D., Madina, I., Ravil, M., Mariya, B., Marina, Y., ve Batyrkhan, O. (2016). *Use of game technologies for the development of virtual laboratories for physics study*. International Conference on Digital Transformation and Global Society (422-428). Cham: Springer.
- Yılmaz, A., Yılmaz, D., Şenyiğit, A. M., Görür, B. K., ve İşler, V. (2012). Genel amaçlı araştırma simülatörü: donanım ve yazılım altyapısının tasarlanması ve geliştirilmesi. *Savunma Bilimleri Dergisi*, 11(1), 147-161.
- Zyda, M. (2005). From visual simulation to virtual reality to games. *Computer*, 38(9), 25-32.



## ÖZGEÇMİŞ

Soyadı, adı : GÜNEŞ, Mustafa  
 Uyuğu : T.C.  
 Doğum tarihi ve yeri : 14.03.1983, İstanbul  
 Medeni hali : Evli  
 Telefon : 0 (506) 525 19 52  
 Faks : 0 (232) 411 3541  
 e-mail : mustafagunes5365@hotmail.com



### Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Doktora	Gazi Üniversitesi /Kazaların Çevresel ve Tek.Araş.	Devam Ediyor
Yüksek lisans	Hacettepe Üni. / Bilgisayar Anim. ve Oyun Tek.	2019
Lisans	Anadolu Üniversitesi / Uluslararası İlişkiler	2018
Yüksek lisans	Kara Harp Okulu / Tedarik Zinciri ve Loj.Ynt.	2016
Ön Lisans	Anadolu Üniversitesi / Adalet	2015
Lisans	Kara Harp Okulu / Sistem Mühendisliği	2005
Lise	Kuleli Askerî Lisesi	2001

### İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2005-Halen	Türk Silahlı Kuvvetleri	Proje Sb.

### Yabancı Dil

İngilizce

### Yayınlar

Gunes, M., ve Çakır, M. (2015). Afet Lojistiği Kapsamında Çadır Kent İçin Yer Seçimi, 4. *Ulusal Lojistik Ve Tedarik Zinciri Kongresi*, 540-549

Gunes, M., ve Dilipak, H. (2020). Shortest Path Problem in Pedestrian Transfers Application in Unity. *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi (GMBD)*, 6(2), 111-119.

Gunes, M., ve Dilipak, H. (2020). A Review Article For The Creation And Evaluation Of Serious Games. *GSI Journals Serie C: Advancements in Information Sciences and Technologies*, 3(2), 56-91.

Gunes, M., ve Dilipak, H. (2020). Patlayıcı Maddelerin Tespitine Yönelik Bir Sanal Gerçeklik Uygulaması. *International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies*, 4(1), 29-40.

## **Hobiler**

Yüzme, Resim, Basketbol





*GAZİ GELECEKTİR..*