



## Rol Yapma Oyunlarında (RYO) Sonlu Durum Makinelerinin (SDM) Kullanımı ve Analizi: Bir Deneysel Araştırma

Burak ŞAHİN<sup>1</sup>, Hakan AYDIN<sup>1\*</sup>, Zafer GÜNEY<sup>1</sup>, Yüksel BAL<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Istanbul Topkapı Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, 34087, İstanbul*

### Özet

Rol yapma oyun (RYO) türü, oyuncuların hayali karakterleri canlandırabildiği ve kurgusal bir dünyada maceralara atılabildiği bir bilgisayar oyun türüdür. Sonlu durum makinesi (SDM), bilgisayar bilimlerinde ve otomasyon sistemlerinde kullanılan matematiksel bir modeldir. Bu model aynı zamanda bilgisayar oyun teknolojilerinde, özellikle sanal oyun karakterlerinin davranışlarını düzenlemek ve yönetmek için kullanılmaktadır. Bu araştırmanın amacı, ScriptableObject mimarisi kullanılarak geliştirilen ve bir RYO oyunu olan VR-SDM-GAME üzerinde SDM modelinin etkilerinin deneysel olarak incelenmesi olarak belirlenmiştir. VR-SDM-GAME'in geliştirilmesinde Unity oyun motoru, ScriptableObject mimarisi, C# programlama dili, SDM kütüphaneleri, Ray Casting teknolojisi ve grafik tasarım araçları kullanılmıştır. Çalışmada gerçekleştirilen deneylerden elde edilen sonuçlar RYO oyun türünde SDM modelinin oyun karakterlerinin davranışlarını başarılı bir şekilde yönetmek için güçlü bir araç olarak işlev gördüğünü desteklemektedir. Bu araştırmanın, RYO oyunlarında SDM modelinin kullanımı bağlamında bilgisayar oyun teknolojisi alanına katkı sağlayacağı değerlendirilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** RYO Oyunu, Sonlu Durum Makinesi (SDM), ScriptableObject Mimarisi

### The Use and Analysis of Finite State Machines (SDM) in Role-Playing Games (RPG): An Experimental Research

#### Abstract

The role-playing game (RPG) genre is a type of computer game in which players can play imaginary characters and go on adventures in a fictional world. Finite state machine (FSM) is a mathematical model used in computer science and automation systems. This model is also used in computer game technologies, especially to organize and manage the behavior of virtual game characters. The purpose of this research was determined as an experimental examination of the effects of the SDM model on VR-SDM-GAME, an RPG game developed using the ScriptableObject architecture. Unity game engine, ScriptableObject architecture, C# programming language, FSM libraries, Ray Casting technology and graphic design tools were used in the development of VR-SDM-GAME. The results obtained from the experiments carried out in the study support that the FSM model functions as a powerful tool to successfully manage the behavior of game characters in the RPG game genre. It is evaluated that this research will contribute to the field of computer game technology in the context of the use of the FSM model in RPG games.

**Keywords:** RPG Game, Finite State Machine (FSM), ScriptableObject Architecture

#### Makale Bilgisi

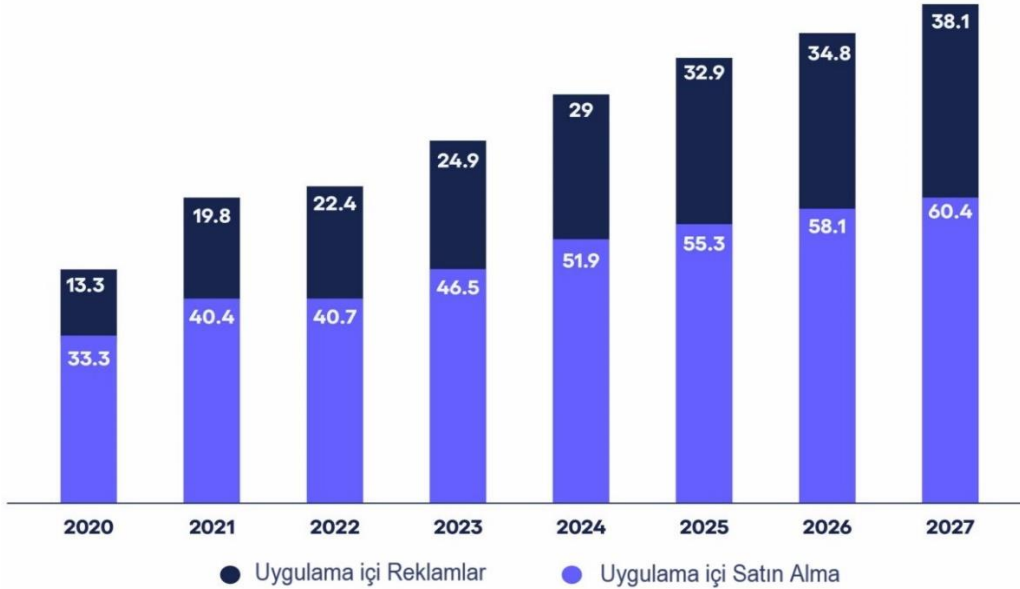
Başvuru:  
06/10/2023  
Kabul:  
27/12/2023

\* İletişim e-posta: hakanaydin@topkapi.edu.tr

## 1 Giriş

Oyun endüstrisi, yapay zekâ (YZ), makine öğrenimi (ML), veri bilimi, sanal gerçeklik (SG) gibi öncü teknolojileri hızla benimseyen en hızlı büyüyen sektörlerden birisidir. Günümüzde bilgisayar oyunları, insan benzeri zekâ ile donatılmış YZ sayesinde daha gerçekçi ve etkileşimli hale gelmiştir. Geleneksel oyunlarda sınırlı olan YZ günümüzde artık modern oyunlarda neredeyse her karakterde kullanılabilir hale gelmiş ve bu durum geliştirme sürecinde YZ'nin önemini artırmıştır. Bu durum diğer oyun türleri gibi aynı zamanda Rol Yapma Oyunları (RYO) içinde geçerlidir. RYO oyun türü, oyuncuların kurgusal karakterleri kontrol ederek onların hikayelerini şekillendirebildiği günümüz oyun dünyasının en etkileyici oyun türlerinden birisidir. Bu oyun türü genellikle zengin hikayelerle dolu bilim kurgu evrenlerinde geçmektedir. RYO oyun türü, oyuncular arasında veya oyuncu ile oyun yöneticisi arasındaki etkileşimle belli bir hikâye çerçevesi içinde oluşturulan bir oyun türüdür [1]. Bu oyun türünün en önemli özelliklerinden birisi oyuncuların kendi oyun karakterlerini kendilerinin geliştirebilmeleridir. Yani RYO oyun karakterleri

oyun esnasında yeni yetenekleri öğrenerek bu yetenekleri kazanabilmektedirler. Bu durum oyuncuların oyun dünyasında daha güçlü ve yetenekli karakterleri oluşturulabilmelerine ve zorlu düşmanlarla başa çıkabilmelerine imkân sağlamaktadır. Böylelikle RYO oyunlarında oyuncuların sanal oyun karakteriyle kurduğu ilişkiler, yapılacak seçimler ve yürütülen diyaloglar, oyunun sonuçlarını ve hikâyeyi farklı yönlerde şekillendirebilmektedir. Bu özellik, oyuncuların oyun dünyasında kendilerini karakterlerin yerine koyarak etkileyici bir deneyim yaşamalarına olanak tanımaktadır. Bu oyun türünün günümüzde de giderek artan bir kullanım alanına sahip olduğu görülmektedir. Günümüzde RYO oyunları, gelişmiş grafikler, karmaşık hikayeler, geniş oyun dünyaları ve derin oynanış mekanikleriyle oyunculara zengin bir deneyim sunmaktadır. Bu oyun türü artık bilgisayarlar, konsollar ve mobil cihazlar gibi çeşitli platformlarda oynanabilmeleri sayesinde geniş bir oyuncu kitlesine ulaşmıştır. Şekil 1'de sunulduğu üzere RYO türünün oyun pazarındaki toplam gelirinin uygulama içi reklamlar bazında 2027 yılında 38.1 milyar ABD dolarına, uygulama içi satın alma bazında ise 60.4 milyar ABD dolarına ulaşması öngörülmektedir [2].



Şekil 1. Dünya Geneli RYO Oyun Pazarı

Sonlu Durum Makineleri (SDM), bilgisayar bilimleri ve otomasyon sistemleri gibi alanlarda kullanılan matematiksel bir modeldir. SDM modeli, farklı durumların belirli koşullarla birbirine bağlandığı basit durum makinelerini ifade eder. Bu model,

belirli durumların bir kümesinde yer alan durumlar arasındaki geçişlerin belirli kurallara göre gerçekleştiği matematiksel bir yapıdır. Bu model ile bir bilgisayar oyun karakterinin veya diğer oyun nesnelere farklı durumları ve bu durumlar

arasındaki geçişleri, matematiksel olarak modellenilebilmektedir. SDM modeli, oyun dünyasında en eski tekniklerden biridir ve PACMAN gibi eski oyunlarda ve TOM RAIDER gibi yeni oyunlarda kullanıldığı görülmektedir [3]. Oyun içinde sanal karakterleri (NPC) kontrol etmek için etkili bir yöntem olan SDM modeli oyun endüstrisinde uzun süredir kullanılan ve günümüzün modern oyunlarında hala birçok geliştirici tarafından tercih edilen bir araçtır. SDM ile oluşturulan YZ karakterleri ajan gibi davranışlar sergileyerek oyunları daha etkileşimli ve eğlenceli hale getirmektedir. SDM kullanımı ile belirli koşulların karşılanması durumunda bir durumdan diğerine geçiş sağlanır. Böylelikle oyun içindeki farklı durumlar arasında çeşitli eylemler gerçekleştirilebilir veya algoritmalar uygulanabilir. Bir bilgisayar oyununda genel olarak NPC'lerin her zaman bir durum içinde olması önemlidir. Örneğin PACMAN veya Half Life gibi bilgisayar oyunlarında, düşman YZ karakterlerinin SDM modeli prensipleriyle tasarlandıkları görülmektedir. Ayrıca Battlefield, Call of Duty ve Tomb Raider gibi bilgisayar oyunlarının da başarılı bir şekilde SDM tabanlı YZ tasarımı ile entegre edildikleri görülmektedir. Bilgisayar oyunlarında SDM kullanımı ile NPC'lerin karşılaşılabileceği çeşitli davranış biçimlerini kapsayarak, başarılı bir SDM YZ tasarımı oluşturmak mümkündür. SDM modelinin kullanıldığı bir bilgisayar oyunundaki her durum, karakterin oyun dünyasındaki belirli bir davranışını temsil etmekte ve oyuncunun eylemlerine ve diğer etkenlere bağlı olarak durumlar arasında geçişlere imkân sağlamaktadır. SDM modeli aynı zamanda oyun geliştiricilerine NPC'lerin davranışlarını basit ve anlaşılır bir şekilde organize ve kontrol edebilme imkânını da sağlayabilmektedir.

Bu araştırmanın amacı, ScriptableObject mimarisi kullanılarak geliştirilen ve bir RYO oyunu olan VR-SDM-GAME üzerinde SDM modelinin etkilerinin deneysel olarak incelenmesi olarak belirlenmiştir. VR-SDM-GAME'in geliştirilme sürecinde Unity oyun motoru, ScriptableObject mimarisi, C# programlama dili, SDM kütüphaneleri, Ray Casting (RC) teknolojisi ve bazı grafik tasarım araçlarından faydalanılmıştır. Araştırmada geleneksel oyun geliştirme yaklaşımlarından farklı olarak SDM modeli tercih edilmiş ve bu yaklaşımın oyunun oynanabilirliği ile kullanıcı deneyimine etkileri incelenmiştir. Çalışmada gerçekleştirilen deneysel çalışmalarda SDM modelinin karakterlerin oyun

senaryosu olaylarına, oyuncu komut girişlerine, çevresel değişikliklere adaptasyonuma ve zorluk seviyelerine uyumuna yönelik tepkilerine olan etkisi araştırılmıştır. Deney sonuçları SDM modelinin oyun karakterlerinin davranışlarını başarılı bir şekilde yönetmek için güçlü bir araç olarak işlev gördüğünü doğrulamıştır.

Çalışmanın 2'inci bölümünde literatür taraması kapsamında incelenen ilgili çalışmalar, 3'üncü bölümde araştırmaya ilişkin materyal ve metod açıklanmış, 4'üncü bölümde VR-SDM-GAME'e ilişkin hususlara yer verilmiş, 5'inci bölümde çalışmada gerçekleştirilen deneysel sonuçlar açıklanmış ve son bölümde çalışmaya ilişkin sonuç ve değerlendirmelere yer verilmiştir.

## 2 İlgili Çalışmalar

Jiang ve diğ. [4] tarafından yapılan çalışmada, kitlesel çok oyunculu çevrimiçi RYO'ların ölçeklenebilirlik sorununu çözmek için yapılandırılmış bir bilgisayar ağı olan Pastry'nin kullanımını araştırılmıştır. Yazarlar çalışmalarında Pastry'nin performansı simülasyonlarla değerlendirmişlerdir. Li ve diğ. [5] tarafından yapılan çalışmada, kitlesel çok oyunculu çevrimiçi RYO oyunlarındaki (MMORPG) sanal ürünlerin geliştirilmesi için kalite fonksiyon dağıtımının (QFD) geliştirilmiş bir versiyonu olan EQFD ismini verdikleri yöntemi kullanılmıştır. Yazarlar söz konusu yaklaşımın MMORPG'lerde sanal ürün geliştirme için uygun bir yöntem olduğunu belirtmişlerdir. Cole ve diğ. [6] tarafından yapılan çalışmada RYO türü oynama demografisi incelenmiştir. Yazarlar çalışmalarında örneklem olarak 45 ülkeden gelen 912 oyuncudan yararlanmışlardır. Yazarlar söz konusu çalışmada RYO oyun türünün güçlü arkadaşlıklar ve duygusal ilişkiler oluşturma fırsatı sunan sosyal etkileşim ortamları olduğunu belirtmişlerdir. Chen ve diğ. [7] tarafından yapılan çalışmada, kitlesel çok oyunculu çevrimiçi RYO'larda denge sorununu çözmek için programlamanın kullanımı araştırılmıştır. Yazarlar söz konusu çalışmalarında RYO'larda karakterlerin niteliklerinin ve yeteneklerinin seviyelerine bağlı olduğunu belirtmişler ve aynı zamanda da denge sorununu çözmek için modifiye edilmiş bir program evrimi yöntemi önermişlerdir. Badrinarayanan ve diğ. [8] çalışmalarında kitlesel çok oyunculu çevrimiçi RYO'larda oyuncuların çift kimlik oluşturma ve toplulukla kimlik oluşturma süreçlerini incelemişlerdir. Söz konusu çalışmada yazarlar verileri, 970 adet RYO oyuncusundan elde etmişlerdir. Yazarlar söz konusu çalışmada

çevrimiçi oyunların sosyal olarak etkili olduğunu, oyuncuların oyunlara bağlılığı kadar diğer oyuncularla kurduğu ilişkilerin de tüketim davranışlarını da ayrıca etkilediğini ortaya koymuşlardır. Le Pira ve diğ. [9] tarafından yapılan çalışmada, RYO oyunlarında paydaşların etkileşimini simüle eden ajan tabanlı modellerin (ABM'ler) nasıl kullanılabileceği incelenmiştir. Bacchini ve diğ. [10] tarafından yapılan çalışmada, gençler ve genç yetişkinler arasındaki düzenli büyük çok oyunculu çevrimiçi RYO oyuncularının kimlik oluşumu sürecinin incelenmesi amaçlanmıştır. 176 düzenli oyuncu ve 239 kontrol grubu katılımcısı üzerinde yapılan söz konusunu araştırmanın sonuçları, oyun oyuncularının kimlik oluşumu sürecinde yeniden taahhüt düşünceleri ile internet bağımlılığı arasında pozitif bir ilişki olduğunu göstermiştir. Solihin ve diğ. [11] tarafından yapılan çalışmada, Android oyunlarında SDM modeli kullanılarak dinamik hareketler sağlanmıştır. Reer ve diğ. [12] tarafından yapılan çalışmada, çevrimiçi RYO oyunlarının insanlar arasında sosyal ilişkileri artırıcı mı yoksa gerçek yaşam sosyal etkileşimlerini azaltıcı bir etki mi yarattığı araştırılmıştır. Söz konusu çalışmada, popüler Counter-Strike (CS) bilgisayar oyununun oynama alışkanlıklarının oyuncuların sosyal destek düzeyi ve sosyal bağlamdaki etkileşimiyle ilişkisinin ortaya konması hedeflenmiştir. Yazarlar söz konusu çalışmada yaptıkları analizlerde, oyun türlerinin kendiliğinden sosyal veya asosyal olmadığını, oyuncuların motivasyonlarına ve oynama tarzlarına bağlı olarak sonuçların şekillendiğini ortaya koymuşlardır. Černý ve diğ. [13] tarafından yapılan çalışmada SDM modeli kullanan oyun stratejileri ele alınmış ve çalışmada SDM algoritmalarının yakın optimal stratejileri hesaplayabileceği ortaya konmuştur. Adegun ve diğ. [14] tarafından yapılan çalışmada, oyuncu deneyimini geliştirmek amacıyla "A\* Yol Bulma algoritması" ve SDM modeli kullanılarak NPC'ler geliştirilmiştir. Andrea ve SeftyWijayanti [15] tarafından gerçekleştirilen çalışmada, SDM modeli kullanılarak "Jungle Adventure" adlı Android oyunu geliştirilmiş ve NPC davranışları SDM modeli baz alınarak uyarlanmıştır. Jagdale [3] tarafından yapılan çalışmada SDM modelinin bilgisayar oyunlarında nasıl kullanıldığı incelenmiştir. Yazar söz konusu çalışmasında SDM'nin çalışma prensiplerini, oluşturulmasını ve senaryo dili veya görsel senaryo dili kullanarak nasıl uygulanabileceğini ortaya koymuştur. Aydın ve diğ. [16] tarafından yapılan çalışmada farklı parametre değerleri kullanılarak

oyuncu dışı karakterlerin özerklik ve sosyal etkileşimleri araştırılmıştır. Literatür çalışmamız kapsamında incelediğimiz çalışmalarda, RYO türünün farklı yönlerini ele alarak bu tür oyunların içerdiği çeşitli dinamikler araştırılmıştır. Bu bağlamda oyun karakterlerinin zekasından kimlik oluşumuna, sosyal etkileşimlerden YZ kullanımına kadar geniş bir yelpazede RYO konuları araştırılmıştır. Araştırılan bu çalışmalarda, RYO oyunlarının karmaşıklığını ve çeşitliliğini anlamamıza yardımcı olacak oyun teknolojisinin geleceğine dair ipuçları bulunmaktadır. Bu çalışmada yer alan çalışma ise ScriptableObject mimarisi ve SDM modelinin RYO türü bir oyunda karakter davranışlarını düzenleme potansiyelini inceleyerek, önceki literatürdeki çalışmalardan ayrılan bir yaklaşım sunmaktadır. Bu çalışmada yapılan deneysel çalışmalar, SDM'nin oyun karakterlerinin gerçekçi tepkiler verdiğini ve oyun dinamikleriyle tutarlılık sağlayarak oyuncu etkileşimlerine uygunluğunu ortaya koymaktadır. Bu çalışmada gerçekleştirilen deneysel çalışmalarda elde edilen sonuçlar, ScriptableObject mimarisi ve SDM modelinin RYO oyunlarında karakter davranışlarını düzenleme konusunda etkili bir strateji olduğunu göstererek, bu çalışmanın önceki araştırmalardan ayrılan bir özelliğini vurgulamaktadır.

### 3 Materyal ve Metot

#### 3.1 Rol Yapma Oyunları (RYO)

RYO oyun türü oyuncuların bir karakteri kontrol ederek genellikle fantastik veya bilim kurgu temalı bir dünyada maceralara atıldığı bir oyun türü olarak tanımlanabilir. Bu oyun türü oyunculara karmaşık senaryoları, zengin karakterleri ve etkileşimli dünyaları deneyimleme imkânı vermektedir. RYO oyun türü, oyuncuların sanal nesnelere ve diğer oyuncularla sanal bir alan içinde etkileşimde bulunduğu çevrimiçi oyunlardır [17]. RYO içinde bulunan bileşenlerin özellikleri arasında oyun dünyası, katılımcılar, oyuncular, hakemler, karakterler, oyun yöneticisi, oyun dünyasının kontrolünü elinde bulunduran ve kuralları belirleyen kişi, etkileşim ve anlatı sayılabilir [18]. RYO oyun türünün temel özelliği, oyuncuların karakterlerini seçebilmeleri ve bu karakterleri oyun evreninde ilerletebilmeleridir. Bu oyun türünde oyuncular genellikle deneyim puanları toplayarak oyun karakterlerinin yeteneklerini ve özelliklerini geliştirebilmekte ve oyun karakterlerine yeni beceriler kazandırabilmektedirler. RYO oyun

türünde oyuncular karakterlerinin eşyalarını keşfedebilir, ekipmanlarını yükseltebilir ve farklı silahlar kullanabilirler. RYO oyunlarında hikâye ilerledikçe oyuncular karşılaştıkları yeni görevleri yerine getirebilir ve diğer karakterlerle etkileşimde bulunabilirler. RYO oyun türünde oyuncuların kararları oyunun gidişatına etki edebilir ve farklı sonuçlara yol açabilir. RYO oyun dünyası genellikle çeşitli şehirler, mağaralar, ormanlar ve dağlar gibi farklı bölgeleri içermektedir. RYO türünde kurgusal dünya hem dünya ile hem de diğer oyuncularla karakter aracılığıyla etkileşim kurmanın bir sahnesi ve alanı olarak düzenlenir [19]. RYO oyun türünde oyuncular, örneğin oyun bölgelerdeki gizli hazineleri bulabilirler, başkaca yeni görevleri tamamlayabilirler veya diğer karakterlerle etkileşimde bulunabilirler. Bu oyun türü aynı zamanda oyuncuların diğer oyuncular ile de etkileşime geçmelerine, takımlar kurmalarına ve birlikte görevleri tamamlamalarına olanak tanır.

### 3.2 Sonlu Durum Makineleri (SDM)

YZ, bilgisayar sistemlerinin insan benzeri yetenekler kazanması için tasarlanmış bir disiplindir. ML ve derin öğrenme (DL) gibi alt alanlarıyla, verilerden öğrenme, çıkarım yapma, problemleri çözme ve karar alma gibi insan benzeri görevleri gerçekleştirebilir. Temelde, YZ, algoritmalar ve hesaplama modelleri üzerinden karmaşık veri setlerini işler ve analiz eder, bu da bilgisayarların insanlara özgü zekâ ve yetenekleri taklit etmesine olanak tanır. Bu teknoloji, otonom araçlar, dil işleme, tıbbi teşhisler, finansal tahminler ve daha birçok alanda kullanılabilir, geniş bir uygulama yelpazesi sunar. YZ, SDM gibi hesaplama modellerini içeren birçok algoritma ve metodolojiyi kullanarak çalışır. SDM'ler, belirli bir algoritmanın veya işlem sırasının farklı durumlarını ve bu durumlar arasındaki geçişleri modellemek için kullanılan bir hesaplama modelidir. YZ, özellikle problem çözme, karar verme ve öğrenme gibi alanlarda SDM'leri kullanarak bu modeller aracılığıyla verileri işler, analiz eder ve sonuçlar çıkarır. Bu ilişki sayesinde YZ, verilerden öğrenme ve karar alma süreçlerini yönetebilir, bu da çeşitli alanlarda insan benzeri zekaya yakın sonuçlar elde etme imkânı sunar.

SDM modeli belirli bir algoritmanın veya işlem sırasının farklı durumlarını ve bu durumlar arasındaki geçişleri modellemek için kullanılan bir hesaplama modelidir. Bu model esasen otomat teorisi ve hesaplama kuramında temel bir kavramdır. Bir SDM modeli bir dizi durumdan

oluşur ve bunların her biri belirli bir durumu veya koşulu temsil eder. Bu modelin mevcut durumu, girdiye bağlı olarak değişebilir ve belirli bir kural veya geçiş fonksiyonu tarafından yönlendirilir. Bu geçiş fonksiyonu, mevcut durum ve gelen girdiye göre bir sonraki durumu belirler. Bu modelin durumları, başlangıç durumu, kabul edilen durumlar ve geçiş kuralları genellikle tanımlanır. Bu model, birçok farklı alan ve uygulama için kullanılabilir. Otomasyonların geliştirilmesinde SDM modeli belirli bir sürecin adımlarını ve durumlarını modellemek için kullanılabilir. Örneğin, bir fabrikadaki otomasyon süreçlerini kontrol etmek SDM için kullanılabilir.

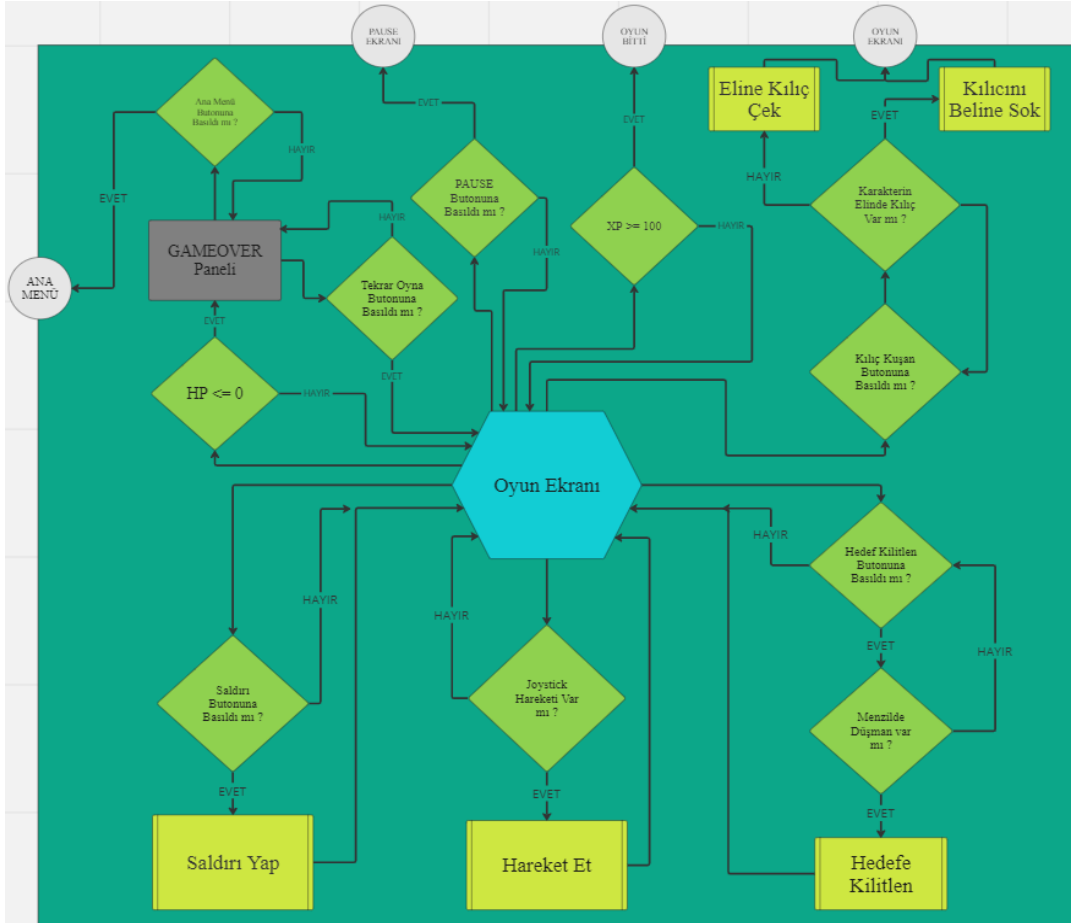
Oyun geliştirme alanında SDM modeli, oyun karakterlerinin davranışlarını ve oyun dünyasının dinamiklerini modellemek ve yönetmek için kullanılan bir yaklaşımdır. SDM modelinin dijital oyunlardaki rolü, oyun karakterlerinin karar verme süreçlerini modellemek ve yönetmekle ilgilidir. SDM modeli ile oyun karakterleri, oyuncularla etkileşimde bulunurken gerçekçi bir şekilde hareket edebilir. SDM modeli oyuncunun eylemlerini analiz eder ve karakterin mevcut durumuna en uygun eylemi seçmesini sağlar. Bir dijital oyunda SDM, bir karakterin farklı durumlarını ve bu durumlar arasındaki geçişleri temsil eden bir yapıdır. Örneğin, bir bilgisayar oyununda karakterin durumları "saldırı", "savunma" ve "bekleme" gibi olabilir. SDM modeli karakterin bu durumlarına bağlı olarak belirli eylemleri gerçekleştirebilmelerine ve durumlar arasındaki geçişlerin kontrol edilebilmesine olanak sağlar. SDM modelinin kullanımı, oyunların YZ kontrollü düşmanlarının daha gerçekçi ve akıllı davranmasını sağlar. Bu model dijital oyun alanında yaygın olarak kullanılan bir modelleme ve YZ tekniğidir. Bu model genel olarak dijital oyunlarda karakterlerin ve YZ kontrollü düşmanların davranışlarını simüle etmek için kullanılır. SDM tabanlı sanal oyun karakterleri, oyunculara oyun evreninde daha tutarlı ve gerçekçi bir deneyim sunabilmektedir. Bu model oyun karakterlerinin doğru kararlar alması, hedeflere ulaşması, düşmanlardan kaçması ve çevreyle etkileşime girmesi, oyuncuların oyun dünyasına daha fazla dahil olmalarına olanak sağlar. Bu, oyuncuların stratejik düşüncelerini teşvik ederek oyun evreninde daha etkileyici bir deneyim yaşamalarına yardımcı olur. SDM modeli, özellikle RYO türü gibi karmaşık senaryoları ve karakterleri içeren oyunlarda gerçekçi ve akıllı davranışları

modellemek için de kullanılabilir güçlü bir araçtır. Diğer oyun türlerinde olduğu gibi RYO türünde de oyun geliştiricileri, SDM modelini kullanmak suretiyle oyuncularına daha etkileyici bir deneyim sunabilir ve oyun dünyasını daha dinamik hale getirebilir. SDM modelinin esnekliği ve geniş uygulama alanları, RYO oyun geliştirme sürecine de önemli katkılar sağlayabilir. SDM

tabanlı karar verme süreçleri, RYO oyunlarına karakterlerin daha akıllıca tepki vermesini ve oyun evreninin daha gerçekçi bir şekilde ilerlemesini sağlayabilir.

### 3.3 Çalışmada Önerilen Sistem

Çalışmada geliştirilen VR-SDM-GAME oyununa ilişkin Akış Şeması Şekil 2'de sunulmuştur.



Şekil 2. VR-SDM-GAME Akış Diyagramı

Söz konusu akış diyagramı, oyuncunun kontrolünde olan ana karakterin, belirli bir hedefe ulaşması ve bu süreçte çeşitli görevleri tamamlaması üzerine kuruludur. SDM tabanlı yapısı, VR-SDM-GAME oyunu içerisindeki sanal oyuncu karakter davranışlarını, çevreyle etkileşimlerini ve durum değişimlerini modellemek ve etkilerini araştırmak için kullanılmıştır. Bu sayede, oyun içerisindeki karakterlerin akıllı ve gerçekçi bir şekilde hareket etmesi ve oyuncunun kararlarına göre tepki vermesinin sağlanması amaçlanmıştır. Böylelikle oyuncunun VR-SDM-GAME'de farklı durumlar arasında geçiş yaparken, karakterin davranışlarını

etkileyen stratejik kararlar alabilmesinin sağlanacağı değerlendirilmiştir. VR-SDM-GAME'de oyunun hikayesi ve amaçlarına bağlı olarak, ana karakterin durumları "saldırı", "savunma", "keşif" gibi durumlar olabilmektedir. Oyunda tasarlanan SDM tabanlı yapının, her durum için belirli eylemleri ve geçiş kurallarını içermesi sağlanmıştır. Böylelikle oyuncu, oyundaki mevcut durumlar ve geçişler arasında doğru kombinasyonları seçebilmesi ve düşmanlarına karşı stratejik hamleler yaparak oyunu başarılı bir şekilde tamamlayabilmesi amaçlanmıştır.

### 3.4 Programlama Dili

VR-SDM-GAME oyununun geliştirilme sürecinde, bir dizi teknoloji ve araç kullanılarak kapsamlı bir yaklaşım benimsenmiştir. Unity, oyun geliştirme için popüler ve güçlü bir oyun motorudur. Unity, oyun dünyası, karakterler, görsel efektler ve daha birçok bileşeni entegre ederek oyun tasarlamaya ve programlamaya olanak sağlar. Bu platform oyunlar oluşturmaya imkân tanıyan, ayrıca çeşitli platformlarda geliştirilen oyunların yayınlanmasına olanak sağlayan bir platformdur. Unity geliştirme için en yaygın kullanılan programlama dillerinden birisi de C#'dır. C# programlama dili, oyun nesnelere davranışlarını kodlama, oyun mantığını uygulama ve diğer özellikleri programlama için genel olarak kullanılmaktadır. Bu bağlamda VR-SDM-GAME oyunu, Unity ortamında ve oyun nesnelere etkileşim kurmak için C# ile kodlanmıştır. Oyunun geliştirilmesinde ayrıca SDM modeli kullanılmıştır. Çalışmada bu model temel olarak oyun karakterlerinin davranışlarını düzenlemek için kullanılmıştır. SDM kütüphaneleri, oyun içindeki durumların, geçişlerin ve davranışların daha yapılandırılmış bir şekilde yönetilebilmesi amacıyla kullanılmıştır. Çalışmada ayrıca Unity Asset Store kaynağından SDM kütüphaneleri indirilerek kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan RC teknolojisi, 3D grafik ve fizik simülasyonunda yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu teknik, belirli bir ışını bir sahne içinde ileri doğru göndererek, bu ışının nesnelere nasıl etkileşime girdiğini tespit etmeye odaklanan bir tekniktir. RC teknolojisi, ışının bir nesne veya yüzey ile temas ettiği noktayı belirlemek, çarpışma tespiti yapmak, seçim işlemleri gerçekleştirmek veya ışık ve gölge hesaplamalarını gerçekleştirmek gibi bir dizi uygulama için kullanılır. Bu teknikte temelde ışının belirli bir yön ve başlangıç noktasından ilerleyerek sahne içindeki nesnelere kesişip kesişmediği kontrol edilmektedir. Bu sayede, nesnelere konumları, çarpışma noktaları, yüzey normali gibi bilgiler elde edilebilmektedir.

Çalışmada kullanılan ScriptableObject mimarisi, Unity oyun motorunun bir özelliği olarak kullanılan ve oyun nesnelere verilerini düzenlemeyi ve yönetmeyi amaçlayan bir yapıdır. Bu yapı, oyunun içinde yer alan diğer nesnelere gibi sahnede görünmez ve bunun yerine projenin içinde bir varlık olarak depolanır. Genelde oyun dünyasında ScriptableObject'ler, oyun içi verileri düzenlemek için modüler bir yaklaşım sunarlar. Oyun

karakterleri, eşyalar, düşmanlar, seviyeler ve daha fazlasının özellikleri ScriptableObject'lerde saklanabilmektedir. Bu, verilerin merkezi olarak yönetilmesine ve paylaşılabilmesine olanak sağlamaktadır. Bu teknoloji özellikle büyük ve karmaşık oyun projelerinde veri tutarlılığını sağlamak ve güncellemeleri kolaylaştırmak için kullanılabilmektedir.

SDM modelinin uzun bir süredir birçok oyunda kullanıldığı görülmektedir. Günümüzde pek çok oyunda SDM modelinin YZ gibi görünür hale geldiği ortadadır. Örneğin, yol bulma algoritmaları bu duruma örnek olarak verilebilir. SDM modeli bilgisayar oyunlarında kısmen de olsa YZ benzeri davranışlar sergileyebilmektedir.

Bu çalışmada ScriptableObject'ler, Unity Editörü içinde oluşturulmuş ve düzenlenmiştir. Bu yapı, VR-RPG-GAME oyununun geliştirme sürecinde veri yönetimi ve tasarımın daha etkili bir şekilde yapılmasına yardımcı olmuştur. ScriptableObject yapısının getirdiği avantajlar arasında, oyun içi verilerin modüler bir şekilde düzenlenmesi ve yönetilmesi yer alır. Bu sayede, oyun karakterlerinin özellikleri, düşmanların davranışları, eşyaların nitelikleri gibi veriler daha esnek bir biçimde ayarlanabilirler. VR-SDM-GAME oyun karakterlerinin can seviyeleri, hızları, saldırı güçleri gibi özellikleri de yine bu ScriptableObject'lerde tutulmuştur.

### 4 VR-SDM-GAME Oyun Modeli

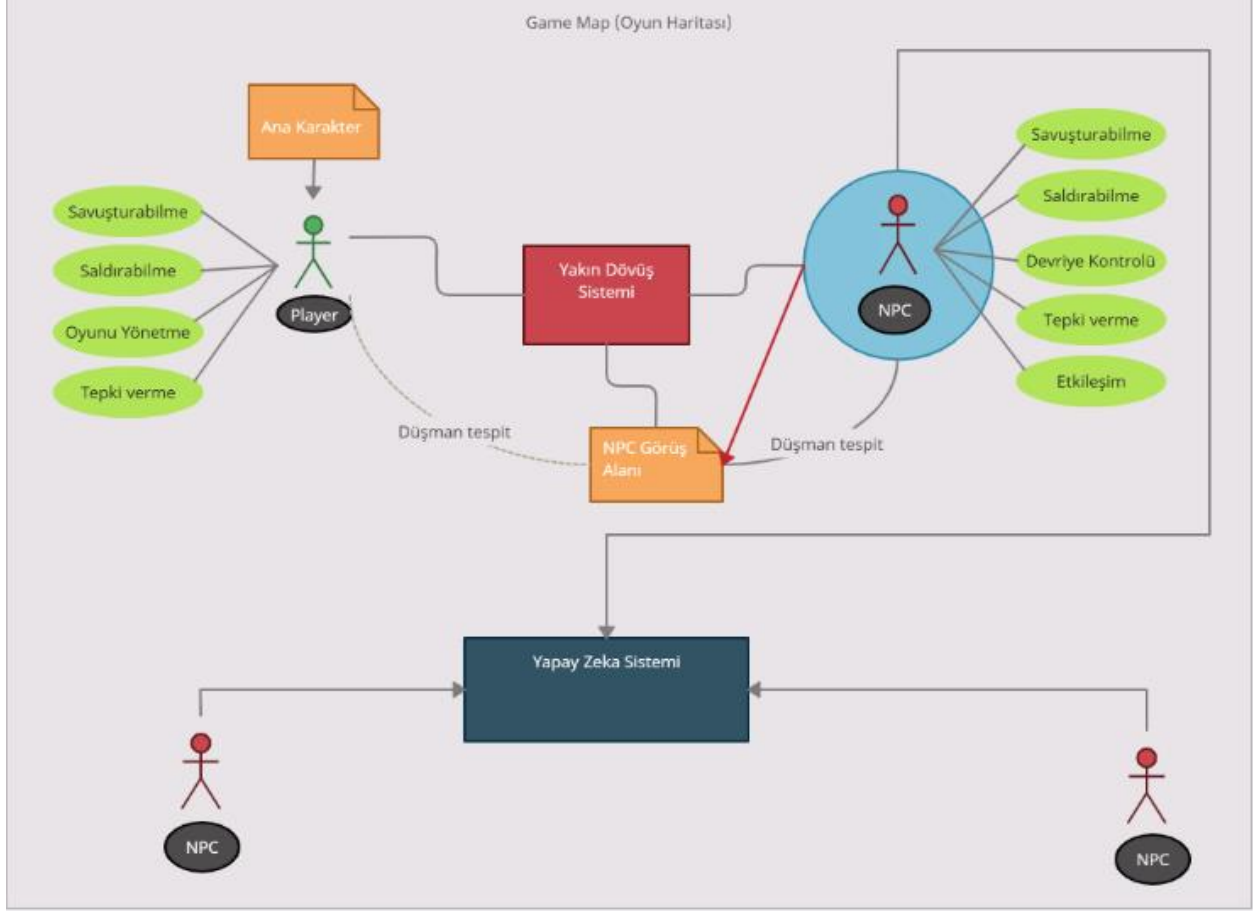
Çalışma kapsamında geliştirilen VR-RPG-GAME oyun modelinin amacı, oyuncunun oyun kapsamında belirlenmiş olan oyun macerasına atılması, kontrol ettiği ana karakteri yönlendirerek fantastik bir dünyada heyecan verici bir yolculuğa çıkması olarak belirlenmiştir. Oyuncunun görevi, haritada yer alan zayıf düşmanlar, güçlü düşmanlar ve çok güçlü düşmanlar gibi YZ tarafından kontrol edilen düşmanları yenmek ve tecrübe puanları kazanmaktır. Oyuncu, ana karakteri kullanarak haritada dolaşırken, karşılaştığı düşmanları yenmek için strateji ve yeteneklerini kullanmaktadır. Ana karakterin can değeri başlangıçta 100 tam puan olarak belirlenmiştir. Saldırı hasarı da başlangıçta 30 puan olarak belirlenmiştir. Oyuncunun görevi, bu can değerini koruyarak düşmanları alt etmektir. Ana karakterin üzerinde 40 farklı animasyon klibi bulunmaktadır. Bu animasyonlar arasında standart hareketler (yürüme, koşma, hızlı koşma vb.), saldırı animasyonları ve reaksiyon animasyonları gibi

çeşitli durumlar için animasyonlar bulunmaktadır. Oyuncu, bu animasyonları doğru zamanda kullanarak düşmanları etkili bir şekilde savuşturabilmektedir. Oyuncunun kazandığı en önemli öge, ana karakterin tecrübe puanlarıdır. Her düşmanın öldürülmesiyle, ana karakter tecrübe puanları kazanır. Ana karakterin tecrübe puanı, öldürülen düşmanın zorluk seviyesine bağlı olarak artmaktadır. Oyuncunun hedefi, ana karakterin tecrübe puanını toplayarak seviyesini yükseltmek ve güçlü yeteneklere sahip olmak için gereken deneyimi elde etmektir. Oyunun oynanışı, oyuncunun haritada gezinmesi, düşmanları tespit etmesi, saldırılarını planlaması ve reaksiyonlarını doğru bir şekilde gerçekleştirmesi üzerine kuruludur. Oyuncunun, düşmanların saldırılarını önlemek ve etkili bir şekilde saldırmak için karakterin yeteneklerini kullanması gerekmektedir. Ana karakterin haritanın farklı bölgelerinde yer alan düşmanları yenerek tecrübe puanları kazanması, oyuncunun oyun dünyasını keşfetmesini sağlar. Oyunun ilerleyen bölümlerinde ana karakterin daha güçlü düşmanlarla karşılaşılırken, oyuncunun stratejilerini geliştirmesi ve yeteneklerini en üst düzeye çıkarması gerekmektedir. Oyuncunun amacı, ana karakterin seviyesini yükseltmek, daha güçlü yetenekler elde etmek ve haritadaki tüm düşmanları alt ederek oyunu tamamlamaktır. Oyunun başarılı bir şekilde bitirilmesi, oyuncunun stratejik düşünme yeteneklerini, reflekslerini ve oyun içi yeteneklerini kanıtlamasını gerektirir.

VR-SDM-GAME oyun modelinde yer alan oyuncular ve roller ile sistemler ve arasındaki ilişkileri içeren

oyun haritası Şekil 3'te sunulmuştur. Bu harita, oyunun geçtiği gerçek dışı dünyayı temsil etmektedir. VR-SDM-GAME oyununda toplamda üç ana rol bulunmaktadır: "Ana Karakter", "Sanal (NPC) Karakterler" ve "Haritanın Kendisi". Oyunda, sanal karakterler, haritanın belirli noktalarında devriye gezerek bölgeyi korumaya çalışmaktadır. Ana karakterin düşmanları ise haritada bulunan tüm düşman NPC'lerdir. Ana karakterin amacı, düşmanları olan tüm NPC'leri bulup yok ederek karakterlerin yaşadığı tüm sanal dünyayı ele geçirmektir. NPC'ler, ana karakteri devriye gezerken görüş alanlarında fark ettiklerinde ona saldırmaya başlayarak oyuncuya zorlu mücadeleler sunarlar. Oyundaki temel hedef, ana karakterin bütün düşman NPC'leri yok ederek ilgili bölümü tamamlaması ve bir sonraki bölüme geçmesidir. Bu şekilde oyun sürekli olarak devam eder. Ancak, eğer ana karakter haritada bulunan tüm NPC'ler tarafından yok edilirse oyun sona erer. Oyundaki ana karakterin başarısı ve hayatta kalma durumu, oyuncunun stratejik düşünme becerisi ve doğru YZ kombinasyonlarını kullanma yeteneğine bağlıdır. Haritada bulunan bütün NPC'ler düşman YZ'sına sahiptir ve bu YZ kabiliyetleri arasında saldırabilme, savunma yapabilme, saldırılara reaksiyon tepkisi verebilme ve bulunduğu bölgeyi koruma gibi gerçekçi özellikler bulunmaktadır. Oyundaki ana karakter ise tamamen oyuncunun kontrolüne göre hareket eden bir karakterdir ve saldırma, savunma ve tepki verme gibi özelliklere sahiptir. Oyuncu, bu özellikleri istediği bir anda ve istediği şekilde kullanma özgürlüğüne sahiptir.





Şekil 3. VR-GAME Oyunu Oyun Haritası

Şekil 4'te gösterilen ana karakter, VR-SDM-GAME kapsamında geliştirilmiş ve oyunu oynayan oyuncunun tam kontrolü altında bulunan bir karakterdir. Bu karakterin kontrol yöntemi, bu çalışmanın temelini oluşturan SDM yöntemi ile sağlanmaktadır. Oyun başladığında, ana karakterin can değeri otomatik olarak 100 puan ve saldırı hasarı ise 30 puan olarak belirlenir. Ayrıca, ana karakterin oyun içinde kullanabileceği toplamda 40 adet animasyon klibi bulunmaktadır. Bu animasyonlar, yürüme, koşma, hızlı koşma gibi standart hareket animasyonlarından, saldırı animasyonlarına ve reaksiyon animasyonlarına kadar çeşitli hareketleri içerir. Oyun içerisinde ana karakterin karşılaştığı düşmanlar, YZ sistemi tarafından kontrol edilen ve Davranış Ağacı (DA) modeli ile yönetilen sanal karakterlerdir. Bu

düşmanlar "Zayıf Düşman", "Güçlü Düşman" ve "Çok Güçlü Düşman" olarak adlandırılır. Her bir düşman karakterin belirli can ve saldırı hasarı değerleri bulunur ve oyuncu bu düşmanları öldürdüğünde tecrübe puanları kazanır. Ana karakterin tecrübe puanı, oyun başlangıcında sıfır olarak tanımlanır ve düşmanları yok ettikçe ilgili düşmanın tecrübe puanı kadar artar. Ana karakterin tecrübe puanı toplamda 100 puan değerine ulaştığında, oyuncu bölümü başarılı bir şekilde tamamlamış olur. Oyuncunun ana karakteri güçlendirmek ve yeni yetenekler kazandırmak için düşmanları yok etmesi ve tecrübe puanlarını etkin bir şekilde kullanması gerekmektedir. Bu sistem, oyuncuya stratejik bir deneyim sunar ve oyunun ilerleyişini oyuncunun aldığı kararlar ve başarıları belirler.

			
<b>Ana Karakter</b>	<b>Zayıf Düşman</b>	<b>Güçlü Düşman</b>	<b>Çok Güçlü Düşman</b>
Kontrolcü : Oyuncu	Kontrolcü : Yapay Zeka	Kontrolcü : Yapay Zeka	Kontrolcü : Yapay Zeka
Kontrol Yöntemi : FSM	Kontrol Yöntemi : BT	Kontrol Yöntemi : BT	Kontrol Yöntemi : BT
Can : 100	Can : 100	Can : 150	Can : 200
Hasar : 30	Hasar : 5	Hasar : 10	Hasar : 15
Animasyon Sayısı : 40	Tecrübe Puanı (XP) : 10	Tecrübe Puanı (XP) : 15	Tecrübe Puanı (XP) : 20
	Animasyon Sayısı : 18	Animasyon Sayısı : 23	Animasyon Sayısı : 28

**Şekil 4.** Oyun içi karakterlerin tasarımları ve statüleri

**Şekil 5'**de gösterilen oyun haritası, VR-SDM-GAME'de kullanılan oyun alanını temsil etmektedir. Bu tasarımda, ana karakterin oyuna başlangıç noktası ile devriye gezilen noktalar sistem tarafından önceden belirlenmiştir. Oyuncu, ana karakterin kontrolünü üstlenerek oyuna başlangıç noktasından adım atmaktadır. Oyunun amacı, ana karakterin harita üzerinde yer alan düşmanları yok ederek tecrübe puanları kazanmaya çalışmasıdır. Ana karakter, harita üzerindeki düşman sanal karakterler ile karşılaşır ve onlarla mücadele eder. Oyuncunun temel hedefi, tüm düşman karakterleri yok ederek oyunu başarıyla tamamlamaktır. Bu noktada stratejik kararlar almak, saldırı ve savunma becerilerini doğru bir şekilde kullanmak önemlidir. Ana karakter, düşmanlarına karşı

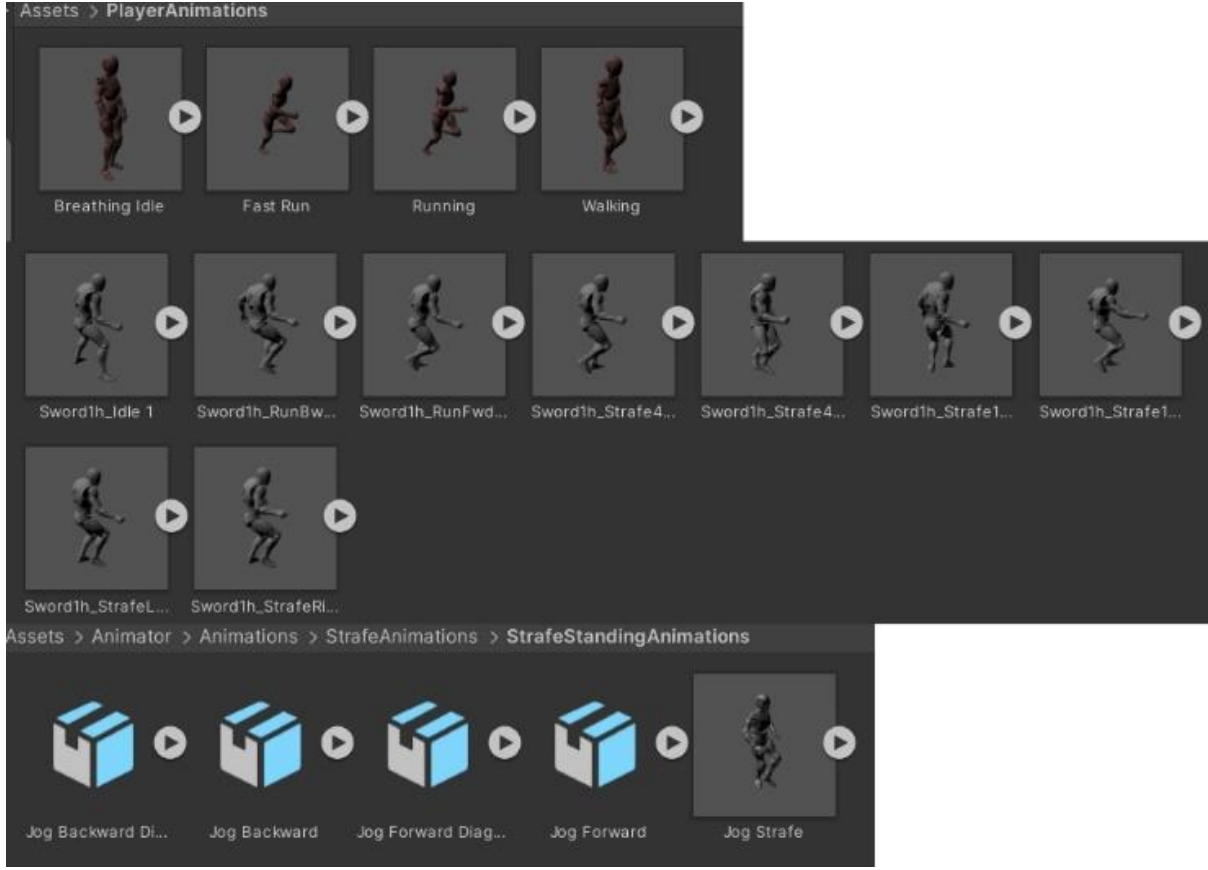
yeteneklerini kullanırken oyuncunun beceri ve deneyimleri de oyunun başarısını etkilemektedir. Oyunun temel odağı, oyuncunun yeteneklerini geliştirerek taktiksel bir yaklaşımla düşmanlarına karşı üstünlük sağlamasıdır. Ana karakterin düşmanları etkili bir şekilde alt etmesi, oyuncunun dikkatini ve stratejik düşünme becerisini gerektiren bir süreçtir. Tecrübe puanları kazanıldıkça ana karakter güçlenecek ve oyuncunun başarı şansı artacaktır. Bu şekilde tasarlanan oyun haritası ve oynanış mekanikleri, oyuncuya heyecanlı ve zorlu bir deneyim sunmayı amaçlamaktadır. Oyuncunun hedefi, yeteneklerini en iyi şekilde kullanarak düşmanları yok ederek oyunu başarıyla tamamlamak ve oyun dünyasının hâkimi olmaktır.



Şekil 5. Oyunun oynandığı haritanın tasarımı

Şekil 6'da VR-SDM-GAME'de bulunan hareket animasyonları gösterilmektedir. Oyundaki karakterler için toplamda 18 ana hareket animasyonu geliştirilmiştir. Bu animasyonlar, oyuncunun joystick üzerinden kontrolüne bağlı olarak duruş, hızlı koşma, çok hızlı koşma, yürüme, kılıç olmadan veya kılıçla elde, hedefe kilitlenmiş halde gibi durumları karakter üzerinde nasıl oynatılacağına karar vermek için kullanılmaktadır. Dövüş esnasında karakterlerin saldırı halindeyken kullanılacak toplamda 10 adet saldırı animasyonu bulunmaktadır. Bu animasyonlar, ana karakter için oyuncu arayüzündeki saldırı butonuna oyuncunun basıp basmadığına ve butona art arda basılmasına bağlı olarak ana karakter üzerinde oynatılır. YZ karakterleri ise saldırı kararını rastgele bir seçimle DA modelindeki kontrol mekanizmasına göre

gerçekleştirir. Ayrıca, karakterlerin toplamda 5 adet reaksiyon animasyonu bulunmaktadır. Bu animasyonlar, karakterin isabet edilen noktaya göre yöne dayalı tepki verebilmesi için kullanılır. Karakter, aldığı darbenin hangi yönden ve hangi bölgeye geldiğine bağlı olarak 5 adet farklı tepki animasyonu arasından karar verme yeteneğine sahiptir. Bunun dışında, karakterlerin 5 adet farklı hareket için kullanılan diğer animasyonları bulunmaktadır. Örneğin, karakterlerin ölme animasyonları, kılıç çekme veya beline sokma gibi animasyonlar oyundaki duruma göre karar verilerek veya oyuncunun kontrolüne bağlı olarak değiştirilebilir. Oyunda toplamda 33 adet farklı animasyon karakterlerin oynatımına bağlı olarak oyunda yer almaktadır.

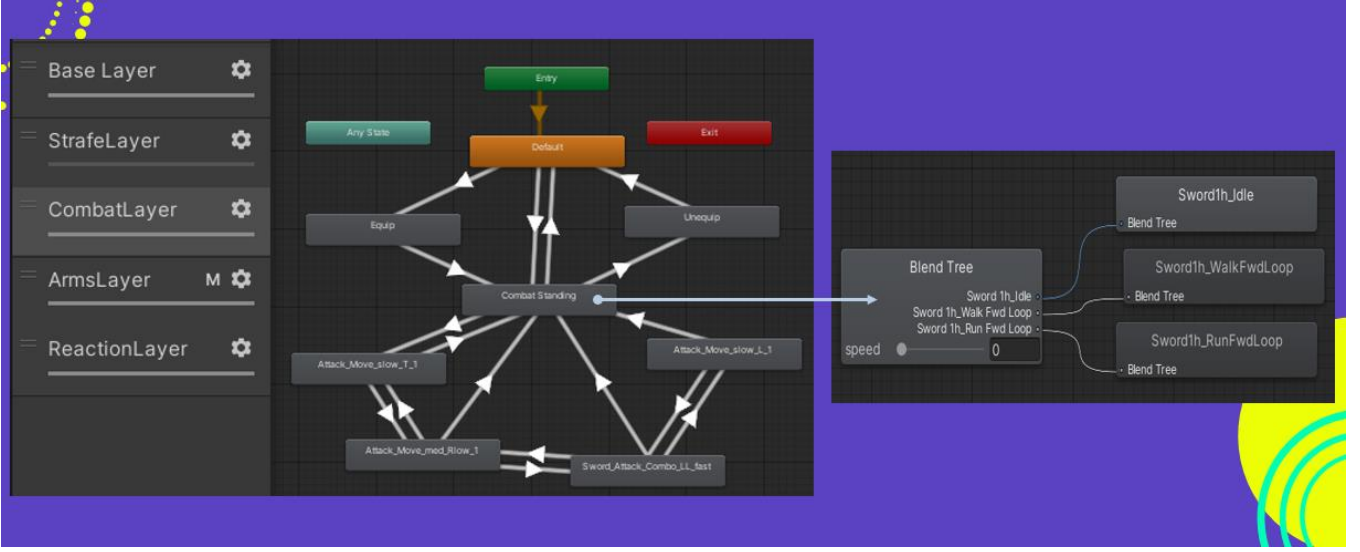


Şekil 6. VR-SDM-GAME hareket animasyonları

Şekil 7'de Ana Karakter Kontrolcüsü Combat Katmanı görülmektedir. Combat katmanı her zaman aktif halde olan bir katmandır. Combat Katmanı, oyunların temel yapı taşlarından biridir ve genellikle aktif bir konumda bulunur. Bu katman, ana karakterin savaş yeteneklerini yönetir ve çeşitli savaş mekaniği eylemlerini kontrol eder. Örneğin, saldırı, savunma, manevra kabiliyetleri ve diğer stratejik hareketler gibi özellikleri içerir. Oyuncunun karakteri çeşitli düşmanlarla mücadele ederken, Combat Katmanı, oyunun zorluk seviyesini belirleyen kritik bir rol oynar ve oyuncunun deneyimini yönlendirir. Bu katman, oyun içindeki çatışma durumlarında büyük önem taşır ve oyuncunun karakterinin yeteneklerini belirleyen bir unsurdur. Özellikle rol yapma oyunları gibi, oyuncunun karakterini geliştirmek ve stratejilerini uygulamak için kullanılabilir. Combat Katmanı'nın

karmaşıklığı ve işlevselliği, oyunun genel deneyimini belirleyebilir ve oyuncuların oyun evrenine duygusal olarak bağlanmasını sağlar. Oyun geliştiricileri için, Combat Katmanı'nın tasarımı, oyun dinamiklerini dengeli bir şekilde ayarlamak ve oyun deneyimini zenginleştirmek adına kritik öneme sahiptir. Bu katmanın iyi tasarlanmış olması, oyunun kalitesini artırabilir ve oyunculara derinlikli ve tatmin edici bir deneyim sunabilir. Bu nedenle, Combat Katmanı'nın etkili bir şekilde yönetilmesi oyunun genel başarısı açısından hayati öneme sahiptir. Ana karaktere ait olan bu animatör kontrolcüsünün Strafe katmanında ana karakterin elinde kılıç var iken üzerinde oynatılacak 2 farklı durumu ve durumlar arasındaki geçişler Şekil 7 'de de görüldüğü gibidir. Ana karakterin elinde kılıç olmadığı durumda bu katman pasif haldedir.





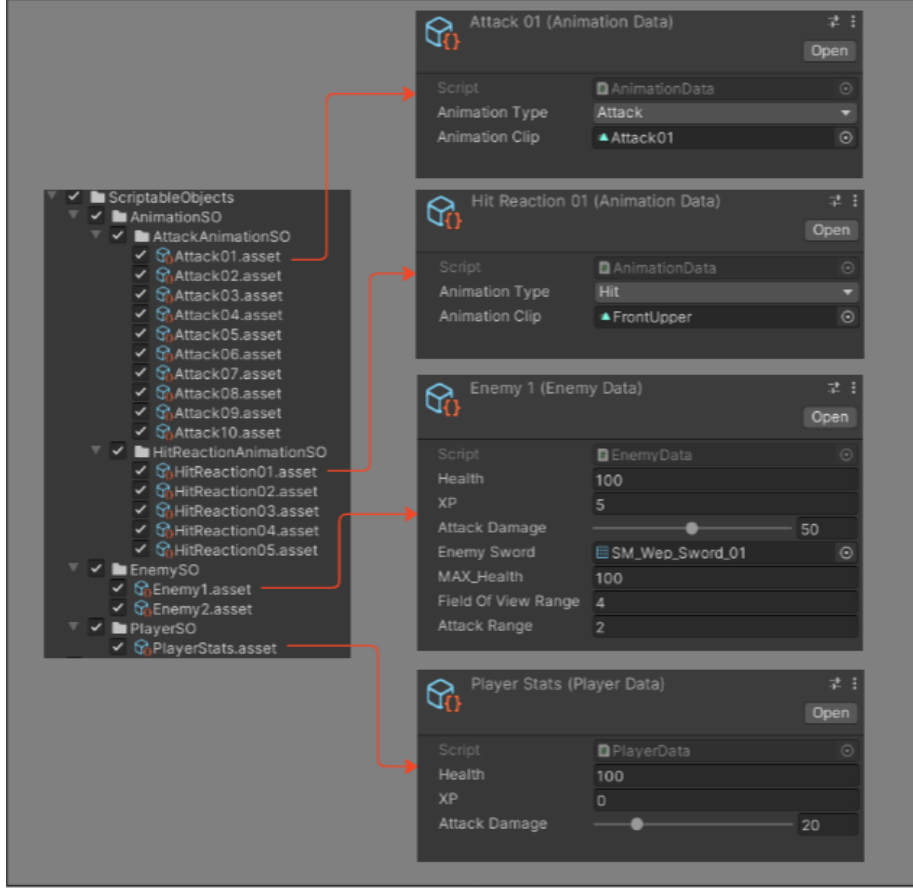
**Şekil 7.** Ana Karakter Kontrolcüsü Combat Katmanı

Uygulamada Şekil 8'de belirtilen scriptableobject mimarisi kullanılmıştır. Oyundaki karakterlerin saldırı ve reaksiyon animasyonları için ScriptableObject oluşturulmasının ana nedeni, her bir karakterin hangi saldırı animasyonuna ne tür reaksiyon animasyonları vereceğini belirlemesidir. Bu veriler, oyundaki karakterlerin tepki verme davranışlarını ve animasyonlarını yönetmek için kullanılır. Her karakter, kendisine yapılan saldırının yönüne ve yüksekliğine bağlı olarak farklı reaksiyon tepkileri verecektir. Örneğin, "Attack01" adlı bir saldırı animasyonuna, "HitReaction01" veya "HitReaction02" gibi verilerle farklı tepkiler atanabilir. Bu şekilde, karakterlerin saldırı anında nasıl tepki vereceği daha esnek ve dinamik bir şekilde yönetilebilir. ScriptableObject'ler sayesinde bu veriler oyun içinde saklanarak, farklı karakterlerin tepki animasyonlarını kolayca özelleştirmek ve değiştirmek mümkün olur. Bu nesnelere, oyun geliştiricilerine karakterlerin reaksiyon davranışlarını daha organize bir şekilde yönetme ve düzenleme imkânı sunar. Böylece oyun içindeki savaş ve dövüş sahneleri daha gerçekçi ve etkileyici hale getirilir. Uygulama karakterlerinin sahip olduğu bazı verilerin, bazı animasyon bilgilerinin saklanması ve kullanılabilmesi için scriptableobject kullanılmıştır. Uygulamada ScriptableObject için yazılmış toplamda 4 tane kod dosyası bulunmaktadır. VR-SDM-GAME uygulamasında Data sınıfı, ScriptableObject'dan türetilmiş soyut bir sınıftır ve genel bir veri yapısını temsil etmektedir. Değişiklikleri bildirmek için updated adında bir UnityEvent kullanılır. Sınıfın içinde "\_health" adında korumalı ("protected") bir

tamsayı "(int)" değişkeni sağlık değerini, XP adında bir tamsayı "(int)" değişkeni deneyim puanını ve AttackDamage adında bir tamsayı "(int)" değişkeni saldırı hasarını belirtir. "PlayerData" sınıfı, Data sınıfından türetilmiş ve özellikle oyuncu verilerini temsil etmek için kullanılmıştır. "CreateAssetMenu" özneliği sayesinde ScriptableObject'ın yaratılması için bir menü öğesi oluşturulmasını sağlar. "PlayerData" sınıfında "Health" adında bir tamsayı (int) özelliği bulunur ve get ve set erişim yöntemlerine sahiptir. Set erişim yöntemi, sağlık değerinin atanmasını kontrol ederek değeri 0 puandan küçükse 0 puan, ancak eğer 100 puandan büyükse 100 puan olarak ayarlar. "EnemyData" sınıfı da Data sınıfından türetilmiş ve düşman verilerini temsil etmek için kullanılmıştır. "CreateAssetMenu" özneliği sayesinde ScriptableObject'ın yaratılması için bir menü öğesi oluşturulmasını sağlar. "EnemyData" sınıfında "EnemySword" adında bir "Mesh" (örgü) değişkeni, düşmanın kullandığı kılıcın görüntüsünü tutar. Ayrıca "MAX\_Health" adında bir tamsayı "(int)" değişkeni, düşmanın maksimum sağlık değerini ve Health adında bir tamsayı "(int)" özelliği, düşmanın mevcut sağlık değerini tutar. Set erişim yöntemi, sağlık değerinin atanmasını kontrol eder ve minimum 0, maksimum ise "MAX\_Health" değerini aşamayacak şekilde ayarlar. Bunun yanında "FieldOfViewRange" adında bir kayan noktalı sayı "(float)" değişkeni, düşmanın görüş açısı menziline ve "AttackRange" adında bir kayan noktalı sayı "(float)" değişkeni, düşmanın saldırı menziline belirtir. "AnimationData" sınıfı da ScriptableObject'dan türetilmiş ve animasyon

verilerini temsil etmek için kullanılmıştır. CreateAssetMenu özneteliği sayesinde ScriptableObject'ın yaratılması için bir menü öğesi oluşturulmasını sağlar. "AnimationData" sınıfında AnimationType adında bir enum (sıralı tür) tanımlanır ve "Attack", "Hit" ve "Combo" olmak

üzere üç farklı animasyon türünü temsil eder. Ayrıca "animationType" adında bir AnimationType değişkeni animasyonun türünü ve animationClip adında bir "AnimationClip" değişkeni ilgili animasyonun klibini tutar.



Şekil 8. Uygulama için Oluşturulan ScriptableObject Nesneleri

Şekil 9'da bir oynanış görseli sunulmuştur. Bu görsel, oyun deneyiminin bir kesiti olarak sunulmuş olup, oyunculara oyunun içeriği, grafikleri ve kullanıcı arayüzü hakkında bir fikir vermektedir. Sunulan oynanış görseli, oyuncuların oyunun mekaniği, görsel kalitesi ve potansiyel stratejileri hakkında önemli bilgiler sağlamaktadır. Oyun geliştiriciler için bu tür görseller, pazarlama

stratejileri ve oyunun tanıtımı için kritik öneme sahip olabilir, çünkü etkileyici bir oynanış görseli, potansiyel oyuncuların ilgisini çekmede önemli bir rol oynayabilir ve oyunun başarısına katkıda bulunabilir. Bu tür görsellerin kalitesi ve içeriği genellikle oyunun genel algısını şekillendirebilir ve potansiyel oyuncuların satın alma veya oyun deneyimine katılma kararlarını etkileyebilir.



Şekil 9. VR-SDM-GAME'den bir Oynanış Görself

## 5 Deneysel Çalışmalar ve Analizi

Tablo 1'de deneylere ilişkin bilgiler sunulmuştur.

Tablo 1. Deneyler ve analiz sonuçları.

Deney Nu.	Deney Adı	Deney Açıklaması	Deney Sonucu
Deney-1	Karakterlerin Oyun Senaryosu Olaylarına Tepkileri	Sanal oyun karakterlerinin oyun esnasında gerçekleşen oyun kurgusu senaryosu kapsamındaki olaylara tepkileri incelenmiştir.	Gerçekçi tepkiler gözlemlenmiştir.
Deney-2	Karakterlerin Oyuncu Komut Girişlerine Tepkileri	Sanal oyun karakterlerinin oyun esnasında oyuncuların oyun içi komutlarına (hareket, saldırı, savunma) tepkileri incelenmiştir.	Uygun tepkiler gözlemlenmiştir.
Deney-3	Karakterlerin Çevresel Değişikliklere Adaptasyonu	Sanal oyun karakterlerinin oyun dünyasındaki çevresel değişikliklere (hava koşulları, zaman geçişi) adaptasyonu incelenmiştir.	Çevresel değişikliklere mantıklı tepkiler verildiği gözlemlenmiştir.
Deney-4	Karakterlerin Zorluk Seviyelerine Uyumu	Sanal oyun karakterlerinin oyun içi zorluk seviyeleri göre tepkileri incelenmiştir.	Zorluk seviyelerine uygun tepkiler gözlemlenmiştir.

Deney-1'de, geliştirilen VR-RPG-GAME oyun modelinin karakterlerinin, oyun dünyasının senaryosundaki olaylara gerçekçi tepkilerini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Deney, fantastik bir dünyada geçen bir oyun senaryosuna dayanmaktadır. Oyuncular, oyunun ana karakterini kontrol ederek deneyin yürütüldüğü oyun

dünyasına adım atarlar. Deneyin başlangıcında, ana karakter ormanlık bir bölgede güneşli bir havada bulunmaktadır. Bu aşamada, karakterlerin çevresel değişikliklere tepkilerini incelemek amacıyla senaryo değişiklikleri yapılmıştır. Ana karakter bir mağaraya yönlendirilmiş ve hava birdenbire bozulup yağmurlu hale getirilmiştir. Bu değişiklik

sonucunda, sanal karakterin düşmanların davranışlarını nasıl etkilendiği gözlenmiştir. Karanlık mağara ve yağmurlu hava nedeniyle sanal düşmanlar daha tetikte hareket etmiş ve oyuncuya yaklaşırken daha gizli davranmışlardır. Deneyin devamında, ana karakter ilerledikçe patika yıkılmış bir köprü ile kesilmiştir. Bu noktada, karakterlerin zorluk seviyelerine uyumunu incelemek amacıyla senaryo değişiklikleri yapılmıştır. Oyuncu köprüyü geçemediğinde sanal düşmanlar daha cesurca saldırmaya başlamışlardır. Son olarak, ana karakter mağaranın sonuna ulaştığında büyük bir yaratıkla karşılaşmıştır. Bu aşamada, ana karakterin büyük bir düşmanla savaşı sırasında sanal düşmanların tepkisini gözlemek amacıyla senaryo değişiklikleri yapılmıştır. Sanal düşmanlar, oyuncunun savaşmakta olduğu büyük yaratığı fark ettiklerinde, ona yardım etmek için oyuncunun yanına gelmişlerdir. Deney sonucunda, karakterlerin oyun senaryosu olaylarına gerçekçi ve mantıklı tepkiler verdiği gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar, geliştirilen oyun modelinin karakterlerin çevresel değişikliklere, zorluk seviyelerine ve senaryo olaylarına uygun şekilde tepki verebileceğini göstermektedir. Bu durumun da oyunun oynanabilirliği ve deneyiminin daha gerçekçi hale getirilmesine katkı sağladığı değerlendirilmektedir.

Deney-2'de, geliştirilen VR-RPG-GAME oyun modelinin karakterlerinin, oyuncuların oyun içi komutlarına nasıl tepki verdiğini ve bu tepkilerin gerçek zamanlı kontrol ve etkileşim süreçlerine ne şekilde entegre edildiğinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu deney, oyunun ana karakterini kontrol eden oyuncuları içeren bir senaryo üzerinden gerçekleştirilmiş ve karakterlerin karmaşık komutlara verdiği tepkiler detaylı bir biçimde değerlendirilmiştir. Bu deneyde test senaryosu, oyuncuların karakteri yönlendirmek ve çeşitli eylemler gerçekleştirmek için oyun kontrol cihazlarını kullanarak kapsamlı komutlar verdiği bir durumu simüle etmektedir. Bu senaryoda kullanılan örnek basit bir kod "ileri git" komutudur. Daha karmaşık bir kod ise bir düşman karakterle karşılaşıldığında verilebilecek olan "kılıcı salla" komutudur. Sanal oyuncu karakterin düşman grubunun olduğu bir bölgeye etkili bir şekilde müdahale edebilmesi için "Kılıcı salla" gibi karmaşık ve seçici bir komut ile bu deney gerçekleştirilmiştir. Deney sürecinde karakterlerin, bu komutlara anında ve gerçekçi tepkiler gösterdiği belirlenmiştir. Sanal oyuncu karakterine "Kılıcı

salla" komutunu verdiğinde, karakterlerin kılıç saldırısı animasyonlarını hızla gerçekleştirdiği ve düşmanlara karşı etkili saldırılar düzenlediği gözlemlenmiştir. Bu deneyin sonuçları, karakterlerin karmaşık ve farklı komutlara hızla ve gerçekçi bir biçimde tepki verme yeteneklerini vurgulamaktadır. Bu sonuçlar, geliştirilen oyun modelinin, oyuncuların komutlarına uygun şekilde hızlı tepki verme ve gerçekçi etkileşim sağlama yetenekleri üzerine başarılı bir şekilde odaklandığını göstermektedir. Ayrıca, karakterlerin oyuncuların istenen komutlara hızla ve anında yanıt verme kapasitesi, oyunun dinamizmini ve etkileşimini artırarak oynanabilirliği olumlu bir şekilde etkilediği sonucuna işaret etmektedir. Bu bağlamda, deneyin sonuçları, karakterlerin gerçek zamanlı tepki yeteneklerinin ve karmaşık komutlara verdiği hızlı tepkilerin oyun deneyimini artırıcı bir faktör olarak değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır.

Deney-3, VR-RPG-GAME oyun modelinde yer alan karakterlerin, oyun dünyasındaki çevresel değişikliklere adaptasyon yeteneklerini ayrıntılı bir biçimde incelemeyi amaçlamaktadır. Deney, karakterlerin çevresel değişikliklere olan gerçek zamanlı tepkilerini ve bu tepkilerin oyun deneyimine etkilerini bilimsel bir yaklaşımla değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Bu deney, özel bir senaryo üzerinden gerçekleştirilmiştir. Oyuncular, büyülü bir ormanın içerisine adım atmış ve karakter olarak oyun dünyasına dahil olmuşlardır. Senaryo, oyuncuların karakterlerinin çevresel değişikliklere olan adaptasyonunu test etmek amacıyla karmaşık hava koşulları ve zaman geçişlerini içermektedir. Oyuncuların karakterleri, başlangıçta güneşli bir günde ormanlık alanda bulunmaktadır. Ancak oyunun ilerleyen anlarında hava koşulları aniden değişir ve koyu bulutlar gökyüzünü kaplar. Hızla yükselen bir rüzgarla beraber yağmur başlar. Karanlık bir fırtına patlak verir ve yıldırımlar gökyüzünü aydınlatırken, ışıklandırma koşulları da dramatik bir şekilde değişmiştir. Deney süreci boyunca karakterlerin çevresel değişikliklere adaptasyonunu gözlemlenmiştir. Yağmur ve fırtına sırasında karakterlerin ıslanma animasyonları tetiklenirken, hareketleri daha kontrollü ve yavaş bir şekilde gerçekleşmiştir. Karanlık ve yıldırımlarla beraber karakterlerin gözleri aydınlatılmış ve bu sayede etraflarındaki alanı daha iyi görebilmişlerdir. Deney sonuçları, karakterlerin çevresel değişikliklere adaptasyon yeteneklerini karmaşık bir senaryo



içerisinde başarılı bir şekilde sergilediğini ortaya koymaktadır. Oyun dünyasındaki ani ve karmaşık çevresel değişikliklere karşı karakterlerin gerçekçi tepkiler verdiği gözlemlenmiştir. Bu adaptasyon mekanizmaları, oyunun gerçekçiliğini artırarak oyuncuların deneyimini daha zenginleştirmiştir. Bu sonuçlar, karakterlerin çevresel adaptasyon yeteneklerinin oyun deneyimine katkı sağlayan önemli bir unsuru temsil ettiğini vurgulamaktadır.

Deney-4'de, VR-RPG-GAME oyun modeli içerisinde yer alan karakterlerin, oyun içi düşman tipleri ve zorluk seviyeleri karşısında gösterdiği adaptasyon yeteneklerinin ve stratejik tepkilerinin sistematik bir şekilde incelenmesi hedeflenmiştir. Bu deney, karakterlerin farklı düşman tipleri ve bu düşmanların farklı zorluk seviyeleriyle nasıl etkileşimde bulunduğunu ve bu etkileşimlerin oyun deneyimine nasıl katkı sağladığını ortaya koymaktadır. Bu deney, özel olarak tasarlanan bir senaryo üzerinden gerçekleştirilmiştir. Sanal oyun karakterlerini farklı düşman tipleri ve zorluk seviyeleri ile karşılaştıran bu senaryoda, sanal oyun karakterlerin farklı düşman tipleri ve zorluk seviyelerine nasıl tepki verdiğini gözlemiştir. Senaryo, karakterlerin stratejik karar alma yeteneklerini ve düşmanlara karşı benimsedikleri taktikleri değerlendirmek amacıyla tasarlanmıştır. Deneyde kullanılan düşman tipleri, "Zayıf Düşman," "Güçlü Düşman" ve "Çok Güçlü Düşman" olarak adlandırılmıştır. Her bir düşman tipi, farklı can değerleri, saldırı yetenekleri ve savunma mekanizmaları ile karakterlere meydan okumaktadır. Bu düşman tipleri, oyun deneyiminin zorluk seviyelerini temsil ederek karakterlerin adaptasyonunu sınıma amacını taşımaktadır. Deneyin sonuçlarına göre, karakterler farklı düşman tipleri ve zorluk seviyeleri karşısında çeşitli stratejik tepkiler göstermiştir. Zayıf düşmanlarla karşılaşıldığında karakterler daha hızlı ve agresif bir saldırı stratejisi benimsemiştir. Güçlü düşmanlarla mücadele ederken ise karakterler daha dikkatli bir savunma ve saldırı dengelemesi stratejisi izlemiştir. Çok güçlü düşmanlar karşısında karakterler daha fazla savunmaya yönelmiş ve atak fırsatları daha kontrollü bir şekilde değerlendirilmiştir. Deney-4 sonuçları, karakterlerin farklı düşman tipleri ve zorluk seviyelerine uyum sağlama yeteneklerini gösterdiğini ortaya koymaktadır. Farklı düşman tipleri ve zorluk seviyeleri karşısında sergilenen stratejik tepkiler, karakterlerin oyun deneyimini şekillendiren ve oyun içi başarısını etkileyen önemli

bir faktör olduğunu vurgulamaktadır. Bu deney sonuçları, karakterlerin oyun içi düşmanlar ve zorluklar karşısında adaptasyon yeteneklerinin oyun deneyimini daha zenginleştiren bir unsuru temsil ettiğini göstermektedir.

Bu deneylerin sonuçları, RYO oyunlarında SDM kullanımının karakter davranışları ve oyun dinamiklerini düzenlemek için etkili bir yöntem olduğunu göstermektedir. Söz konusu deney sonuçlarına göre SDM modelinin karmaşık oyun senaryolarını ele almak, karakter adaptasyonunu yönetmek ve oyuncuların daha zengin ve tatmin edici bir deneyim yaşamasını sağlamak için önemli bir araç olduğu değerlendirilmektedir.

## 6 Sonuç ve Değerlendirme

Bu araştırmada ScriptableObject mimarisi ve SDM modelinin RYO türü bir oyunda karakter davranışlarını düzenleme potansiyeli incelenmiştir. Araştırma kapsamında yürütülen deneysel çalışmalar, SDM'nin oyun karakterlerinin gerçekçi tepkiler vermesini ve oyuncu etkileşimlerine uygunluğunu sağlayarak oyun dinamikleriyle tutarlılık oluşturduğunu ortaya koymuştur. Bu çalışmada, geliştirilen VR-RPG-GAME oyun modeli içindeki karakterlerin farklı deneylerde gösterdiği tepkiler ve adaptasyon yetenekleri ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Deney-1, oyun dünyasının çeşitli senaryo değişikliklerine karşı karakterlerin tepkilerini gözlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu deney, karakterlerin çevresel değişikliklere, zorluk seviyelerine ve senaryo olaylarına uygun şekilde tepki verebileceğini göstermiştir. Deney-2 ise, karakterlerin oyuncuların verdiği karmaşık komutlara hızlı ve gerçekçi tepkiler verme yeteneklerini vurgulamaktadır. Aynı şekilde, Deney-3'te karakterlerin çevresel değişikliklere adaptasyon yeteneklerinin, oyun deneyimini daha zenginleştirdiği gözlemlenmiştir. Deney-4 ise, karakterlerin farklı düşman tipleri ve zorluk seviyelerine karşı stratejik tepkilerini ve adaptasyonunu göstermiştir. Bu deneylerin sonuçları, SDM modelinin RYO oyunlarında karakter davranışları ve oyun dinamiklerini düzenlemek için etkili bir yöntem olduğunu göstermektedir. Söz konusu sonuçlar, SDM'nin karmaşık oyun senaryolarını ele almak, karakter adaptasyonunu yönetmek ve oyuncuların daha zengin ve tatmin edici bir deneyim yaşamasını sağlamak için önemli bir araç olduğunu ortaya koymaktadır. Çalışmada elde edilen sonuçlar, SDM'nin karakterlerin oyuncunun eylemlerine

uygun tepkiler vermesini sağladığını göstermektedir. Bu bağlamda, SDM'nin oyun dünyasındaki değişikliklere, oyuncu komutlarına ve oyun zorluk seviyelerine uyum sağlama kapasitesi vurgulanmaktadır. ScriptableObject mimarisi ve SDM modeli, sanal karakterlerin oyun içinde gerçekçi ve mantıklı tepkiler verebilmesine olanak tanımaktadır. Araştırmada elde edilen sonuçlar, SDM'nin oyun geliştirme süreçlerinde karakter davranışlarını yönetmede etkili bir araç olduğunu göstermektedir.

Gelecekteki çalışmalarda, DL algoritmaları, genetik programlama ve evrimsel algoritmalar gibi YZ yöntemlerinin, RYO türü oyunlardaki karakter davranışları üzerindeki etkileri geniş kapsamlı olarak değerlendirilecek ve bu yöntemlerin karakterlerin adaptasyon yetenekleri, oyun senaryolarına uyum sağlama ve oyuncu etkileşimine olan etkileri detaylı bir şekilde analiz edilecektir. Özellikle, SDM gibi önceden kullanılmış olan yöntemlerin yanı sıra, bu yeni YZ yöntemlerinin oyun karakterlerinin davranışlarına ve oyun dinamiklerine olan katkıları ayrıntılı bir biçimde araştırılacaktır.

### Kaynaklar

- [1] Hakkarainen, H., & Stenros, J. (2003). The Meilahti school: Thoughts on role-playing. As Larp Grows Up—Theory and Methods in Larp. Copenhagen: Knudpunkt, 54-54.
- [2] Statista Role Playing Games- Worldwide Report, 2023. (RYO Oyunları Raporu) (<https://www.statista.com/outlook/dmo/app/games/role-playing-games/worldwide>).
- [3] Jagdale, D. (2021). Finite state machine in game development. *algorithms*, 10(1).
- [4] Jiang, X., Safaei, F., & Boustead, P. (2007). An approach to achieve scalability through a structured peer-to-peer network for massively multiplayer online role-playing games. *Computer Communications*, 30(16), 3075-3084.
- [5] Li, S. G., & Kuo, X. (2007). The enhanced quality function deployment for developing virtual items in massive multiplayer online role playing games. *Computers & Industrial Engineering*, 53(4), 628-641.
- [6] Cole, H., & Griffiths, M. D. (2007). Social interactions in massively multiplayer online role-playing gamers. *Cyberpsychology & behavior*, 10(4), 575-583.
- [7] Chen, H., Mori, Y., & Matsuba, I. (2014). Solving the balance problem of massively multiplayer online role-playing games using coevolutionary programming. *Applied Soft Computing*, 18, 1-11.
- [8] Badrinayanan, V. A., Sierra, J. J., & Martin, K. M. (2015). A dual identification framework of online multiplayer video games: The case of massively multiplayer online role-playing games (MMORPGs). *Journal of Business Research*, 68(5), 1045-1052.
- [9] Le Pira, M., Marcucci, E., & Gatta, V. (2017). Role-playing games as a mean to validate agent-based models: An application to stakeholder-driven urban freight transport policy-making. *Transportation Research Procedia*, 27, 404-411.
- [10] Bacchini, D., De Angelis, G., & Fanara, A. (2017). Identity formation in adolescent and emerging adult regular players of massively multiplayer online role-playing games (MMORPG). *Computers in Human Behavior*, 73, 191-199.
- [11] Solihin, A., Hidayat, E. W., & Aldya, A. P. (2019). Application of the finite state machine algorithm on 2D platformer rabbit games vs zombies. *Jurnal Online Informatika*, 4(1), 33-38.
- [12] Reer, F., & Krämer, N. C. (2019). Are online role-playing games more social than multiplayer first-person shooters? Investigating how online gamers' motivations and playing habits are related to social capital acquisition and social support. *Entertainment Computing*, 29, 1-9.
- [13] Černý, J., Bosanský, B., & An, B. (2020, July). Finite state machines play extensive-form games. In *Proceedings of the 21st ACM Conference on Economics and Computation* (pp. 509-533).
- [14] Adegun, A., Ogundokun, R. O., Ogbonyomi, S., & Sadiku, P. O. (2020). Design and implementation of an intelligent gaming agent using A\* algorithm and finite state machines. *Int J Eng Res Technol*. ISSN, 0974-3154.
- [15] Andrea, R., & SeftyWijayanti, N. (2021). Finite state machine model in jungle adventure game an introduction to survival skills. *Int J Infor Eng Electr Business (IJIEEB)*, 13(4), 55-61.
- [16] Aydın, A. M., Kılıç, H., & Güran, A. (2023). A player reputation system based on belief formation among Non-Player character societies in Open-World Role-Playing games. *Entertainment Computing*, 46, 100565.
- [17] Wu, S. L., & Hsu, C. P. (2018). Role of authenticity in massively multiplayer online role playing games (MMORPGs): Determinants of virtual item purchase intention. *Journal of Business Research*, 92, 242-249.
- [18] Hitchens, M., & Drachen, A. (2008). The many faces of role-playing games. *International journal of role-playing*, (1), 3-21.
- [19] White, W. J., Arjoranta, J., Hitchens, M., Peterson, J., Torner, E., & Walton, J. (2018). Tabletop role-playing games. *Role-playing game studies: Transmedia foundations*, 63-86.