

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
SANAT VE TASARIM ANA BİLİM DALI
SANAT VE TASARIM YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BLOKZİNCİR TABANLI METAVERSE PLATFORMLARINDAKİ
ÜÇ BOYUTLU YAPILARIN GÖRSEL ANALİZİ VE
BİR TASARIM ÖNERİSİ**

BETÜL AYDOĞDU
21715006

TEZ DANIŞMANI
DOÇ. DR. ERTAN TOY

2024

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
SANAT VE TASARIM ANA BİLİM DALI
SANAT VE TASARIM YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BLOKZİNCİR TABANLI METAVERSE PLATFORMLARINDAKİ
ÜÇ BOYUTLU YAPILARIN GÖRSEL ANALİZİ VE
BİR TASARIM ÖNERİSİ

BETÜL AYDOĞDU
21715006
ORCID NO: 0000-0002-5026-4341

TEZ DANIŞMANI
DOÇ. DR. ERTAN TOY

TEMMUZ 2024

Betül AYDOĞDU tarafından hazırlanan “Blokzincir Tabanlı Metaverse Platformlarındaki Üç Boyutlu Yapıların Görsel Analizi ve Bir Tasarım Önerisi” başlıklı çalışma, **03/07/2024** tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda oybirliği ile başarılı bulunmuş ve jürimiz tarafından Sanat ve Tasarım Ana Bilim Dalı Sanat ve Tasarım Programında **YÜKSEK LİSANS** tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman

İmza

Doç. Dr., Ertan Toy

.....

Jüri Üyeleri

İmza

Doç. Dr., Dide Akdağ Satır

.....

Dr. Öğr., Üyesi İrem Çoban

.....

ÖZET

BLOKZİNCİR TABANLI METAVERSE PLATFORMLARINDAKİ ÜÇ BOYUTLU YAPILARIN GÖRSEL ANALİZİ VE BİR TASARIM ÖNERİSİ

Her geçen gün kullanıcı kitlesi artarak ideal bir yapılanma alanı haline gelen metaverse, kullanıcılar tarafından içeriğin oluşturabildiği, yönetebildiği oyun, eğlence ve alışveriş amaçlı geliştirilmiş fiziksel yaşam aksiyonların simüle edildiği üç boyutlu sanal ortamlardır. Bu ortamlardaki sosyal etkileşim, eğlence gibi içeriğin yanı sıra görsel estetiği ve tasarım bütünlüğü de oldukça önem arz etmektedir. Platform kullanıcıları için 3B yapıların tasarlanmasında fiziksel dünyamızda olduğu gibi metaverse ortamlarındaki tasarımların estetik ve görsel çekiciliğe sahip olmasının beklendiği varsayılmaktadır. Metaverse platformlarındaki 3B model tasarımlarında kullanılan teknikler, uygulamanın işleyişi ve performansı üzerinde etkili bir diğer unsurdur. Bu sebeple tasarımcılar açısından blokzincir ve web 3.0 teknolojisi alt yapısına sahip metaverse platformlarındaki 3B modellerin oluşturulmasında uygun tasarım yöntemlerine ihtiyacın olduğu görülmektedir.

Tez araştırması kapsamında, blokzincir tabanlı metaverse platformu Decentraland'de yer alan çalışma sahnesindeki limitlerin 3B yapı modelleri üzerindeki kısıtlayıcı rolüne karşın nasıl daha estetik bir tasarım yapılabilir sorusu ile yola çıkılmış ve yapı modellemelerinde etkili olduğu düşünülen tasarım unsurları temel alınarak görsel etkinin artırılması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda Decentraland platformunda yer alan 3B yapı tasarımları incelenmiş ve tasarım unsurları ile olan ilişkisi de irdelenmiştir. Decentraland platformunda yer alan tasarımlar arasından 6 popüler yapı, rastlantısal seçim yöntemine göre seçilmiştir. Seçilen bu yapı tasarımları 3B tasarım unsurları bağlamında betimsel analiz tekniği kullanılarak incelenmiştir. Yapılar, fiziksel dünyadaki tasarım anlayışına olan yakınlığı ve sanal ortamın sahip olduğu tasarım özelliklerine göre değerlendirilmiştir. Köşeli ve dik formların, mat renkler, gerçekçi doku ve statik tasarım öğelerinin kullanımı yapıya gerçekçi bir etki sağladığı; geometrik ve asimetrik biçimler, tekrar eden formlar, oval kenarlıklar, canlı ve parlak renkler, neon ışıklandırmalar ile hareketli grafik öğeleri ise gerçeküstü bir etki sağladığı tespit edilmiştir. Bu incelemeler neticesinde platformun ağırlıklı olarak gerçeküstü temaya sahip olan yapılardan oluştuğu saptanmıştır. Çalışmanın son bölümünde ise gerçeküstü tasarım unsurlarının referans alındığı metaverse yapı tasarımını içeren bir uygulama çalışması yapılmış tasarımcılara ve geliştiricilere yönelik tasarım önerileri sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Metaverse, Blokzincir, Merkeziyetsizlik, 3B Modelleme, Decentraland

ABSTRACT

VISUAL ANALYSIS OF THREE-DIMENSIONAL STRUCTURES IN BLOCKCHAIN-BASED METAVERSE PLATFORMS AND A DESIGN PROPOSAL

Metaverse, which has become an ideal structuring area with its user base increasing day by day, is a three-dimensional virtual environment where users can create and manage content and simulate physical life actions developed for gaming, entertainment and shopping purposes. In addition to content such as social interaction and entertainment in these environments, visual aesthetics and design integrity are also very important. In designing 3D structures for platform users, it is assumed that designs in metaverse environments are expected to have aesthetic and visual appeal, just like in our physical world. The techniques used in 3D model designs on Metaverse platforms are another factor that has an impact on the operation and performance of the application. For this reason, it seems that designers need appropriate design methods in creating 3D models on metaverse platforms with blockchain and web 3.0 technology infrastructure.

Within the scope of the thesis research, we set out with the question of how to make a more aesthetic design despite the restrictive role of the limits in the working scene on 3D building models in the blockchain-based metaverse platform Decentraland, and it was aimed to increase the visual effect based on the design elements that are thought to be effective in building modeling. In this regard, 3D building designs on the Decentraland platform were examined and their relationship with design elements was also examined. Among the designs on the Decentraland platform, 6 popular buildings were selected according to the random selection method. These selected building designs were examined using descriptive analysis technique in the context of 3D design elements. The use of angular and upright forms, matte colors, realistic texture and static design elements provides a realistic effect to the structure; it has been determined that geometric and asymmetrical shapes, repetitive forms, oval borders, vibrant and bright colors, neon lighting and animated graphic elements provide a surreal effect. As a result of these investigations, it was determined that the platform consists mainly of structures with a surreal theme. In the last part of the study, an application study including metaverse structure design, where surreal design elements are taken as a reference, was made and design suggestions for designers and developers were presented.

Keywords: Metaverse, Blockchain, Decentralization, 3D Modeling, Decentraland

ÖN SÖZ

Tez çalışmam süresince emek ve desteklerini esirgemeyen, engin bilgilerinden en çok da yol göstericiliğinden faydalandığım sevgili danışmanım Doç. Dr. Ertan TOY'a yürekten teşekkürlerimi sunarım. Hayatıma dokunan tüm hocalarıma, güzel anlarımda en az benim kadar heyecan duyan ve mutluluğuma ortak olan arkadaşlarıma da minnettar olduğumu belirtmek isterim. Son olarak her zaman yanımda olan, beni koşulsuz destekleyen, bana olan inançlarını hiçbir zaman yitirmeyen değerli aileme ve beni daima yüreklendiren biricik ablam Pınar AYDOĞDU'ya teşekkür ederim.

Betül AYDOĞDU
Temmuz, 2024; İstanbul

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iii
ABSTRACT.....	iv
ÖN SÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vi
TABLolar LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
KISALTMALAR LİSTESİ.....	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Problem	3
1.1.1. Alt Problemler.....	3
1.2. Amaç	3
1.3. Önem	3
1.4. Hipotez	4
1.5. Yöntem	4
1.6. Evren ve Örneklem.....	5
1.7. Sınırlılıklar.....	5
2. METAVERSE.....	6
2.1. Metaverse Tarihçesi	6
2.2. Metaverse Uygulamalarının Gelişimi	8
2.3. Metaverse Teknolojileri	12
2.4. Metaverse Platformları	14
2.4.1. Blokzincir (Merkeziyetsiz) Tabanlı Metaverse Platformları	14
2.4.2. Sanal Gerçeklik Destekli (Merkeziyetli) Metaverse Platformları.....	16
2.5. Metaverse Platformları için 3B Tasarım	19
2.5.1. 3B Tasarım Yazılımları.....	19
2.5.2. 3B Modelleme Türleri ve Tasarım Öğeleri.....	20
2.5.2.1. Biçim.....	21
2.5.2.2. Renk	22
2.5.2.3. Materyal	23
2.5.2.4. Doku.....	23
2.5.2.5. Işık.....	23
2.5.2.6. Hareketli Grafik	23
3. BLOKZİNCİR	24
3.1. Web 3.0	24
3.2. Blokzincir	25
3.3. Blokzincir Tabanlı Bir Metaverse Platformu Örneği Olarak Decentraland...	26
3.3.1. Ekonomi	27
3.3.2. Teknoloji	27
3.3.3. Üretim	28

4. TASARIM İLKELERİ BAĞLAMINDA BLOKZİNCİR TABANLI METAVERSE PLATFORMLARINDAKİ 3B YAPILARIN ANALİZİ.....	30
4.1. 3 Boyutlu Yapıların Biçimsel Analizi	30
4.1.1. Tasarım İncelemesi: Yapı 1	31
4.1.2. Tasarım İncelemesi: Yapı 2	33
4.1.3. Tasarım İncelemesi: Yapı 3	34
4.1.4. Tasarım İncelemesi: Yapı 4	36
4.1.5. Tasarım İncelemesi: Yapı 5	38
4.1.6. Tasarım İncelemesi: Yapı 6	40
4.2. Bulgular	42
4.2.1. Kıyaslamalı Görsel Analiz	44
5. BLOKZİNCİR TABANLI METAVERSE PLATFORMLARI İÇİN DÜŞÜK POLİGONLU 3B YAPI TASARIMI ÖNERİSİ.....	47
5.1. Decentraland Platformunun 3B Model Tasarımları için Sahne Limitleri	47
5.1.1. 3B Modelin Sahneye Aktarımı	48
5.1.1.1. Poligon Sayısı	48
5.1.1.2. Varlık Sayısı.....	50
5.1.1.3. Materyal	50
5.1.1.4. Doku.....	51
5.1.1.5. Yükseklik	51
5.1.1.6. Dosya Boyutu.....	51
5.1.1.7. Dosya Sayısı.....	51
5.1.1.8. Dosya Formatı.....	51
5.2. Blokzincir Tabanlı Metaverse Platformları için Yapı Tasarımı Önerisi	52
5.2.1. Biçim.....	54
5.2.2. Renk	56
5.2.3. Materyal	57
5.2.4. Doku.....	58
5.2.5. Işık.....	59
5.2.6. Hareketli Grafik	60
5.3. Decentraland Platformundaki 3B Model Tasarımları için Sahne Limitleri ...	61
5.4. Karşılaşılabilecek Teknik Sorunlar ve Çözüm Önerileri	63
5.4.1. Yüzey Yönü	65
5.4.2. Işık Ayarı.....	66
5.4.3. Pivot Noktası.....	67
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	69
6.1. Sonuçlar.....	69
6.2. Öneriler.....	71
KAYNAKÇA.....	73

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1. Metaverse’ün Gelişiminde Etkili Dönemler	11
Tablo 2. Analiz Unsurları.....	31
Tablo 3. Yapıların Kıyaslamalı Görsel Analizi	44



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Decentraland	15
Şekil 2. Sandbox	15
Şekil 3. Second Life	16
Şekil 4. Roblox.....	17
Şekil 5. VRChat	18
Şekil 6. Spatial.io	18
Şekil 7: Tel Kafes, Yüzey ve Katı Modelleme Teknikleri.....	20
Şekil 8. Decentraland Arazi Görseli	28
Şekil 9. Yapı 1'e Ait Dış Cephe Görünümü (Koordinat numarası: -96,-19)	32
Şekil 10. Yapı 1'e Ait İç Mekân Görünümü (Koordinat numarası: -96,-19).....	32
Şekil 11. Yapı 2'e Ait Dış Cephe Görünümü (Koordinat numarası: 54,84).....	33
Şekil 12. Yapı 2'e Ait İç Mekân Görünümü (Koordinat numarası: 54,84)	34
Şekil 13. Yapı 3'e Ait Dış Cephe Görünümü (Koordinat numarası: -116,-50)	35
Şekil 14. Yapı 3'e Ait İç Mekân Görünümü (Koordinat numarası: -116,-50).....	36
Şekil 15. Yapı 4'e Ait Dış Cephe Görünümü (Koordinat numarası: -107,-15)	37
Şekil 16. Yapı 4'e Ait İç Mekân Görünümü (Koordinat numarası: -107,-15).....	38
Şekil 17. Yapı 5'e Ait Dış Cephe Görünümü (Koordinat numarası: -87,-2)	39
Şekil 18. Yapı 5'e Ait İç Mekân Görünümü (Koordinat numarası: -87,-2).....	40
Şekil 19. Yapı 6'a Ait Dış Cephe ve İç Mekân Görünümü (Koordinat numarası: -85,60)	41
Şekil 20. Uygulama Ön İzlemesinde Model Üzerindeki Sınırlayıcı Çerçeve.....	48
Şekil 21. Düşük Poligon ve Yüksek Poligon Modelleme Farkı	49
Şekil 22. Yapının Teknik Çizimleri	53
Şekil 23. 2B Yapı Modelinin Blender'da Doku ve Materyalsiz 3B Görünümü.....	54
Şekil 24. 3B Yapı Modelinin Blender'da Doku ve Materyalsiz İç Mekân Görünümleri	55
Şekil 25. 3B Yapının Doku ve Materyal Eklenmiş Dış Mekân Görünümü.....	56
Şekil 26. 3B Yapının Blender'da Doku ve Materyal Eklenmiş İç Mekân Görünümleri	57
Şekil 27. 3B Yapının Blender'da Doku ve Materyal Eklenmiş İç Mekân Aydınlatmaları	57
Şekil 28. 3B Yapı Modelinde Doku Kullanımının İç Mekân Uygulaması	59
Şekil 29. 3B Yapı Modelinde Doku Kullanımının Dış Mekânda Kullanımı	59
Şekil 30. Blender'da Neon Işıklandırma	60
Şekil 31. Tasarımda Yer Alan Hareketli Grafik Unsurları	61
Şekil 39. Decentraland Sahne Limitleri Göstergesi	62
Şekil 32. Blender'da Modelin Yüzey Yönü Ters Modele Ait Görüntü.....	65
Şekil 33. Blender'da Yüzey Yönü Ters Modelin Dışarıya Aktarılmış Haline Ait Görüntü	65
Şekil 34. Blender'da Yüzey Yönü Ters Modelin Decentraland Platformuna Aktarılmış Haline Ait Görüntü	66
Şekil 35. Blender'da Yüzey Yönü Ters Modelin Decentraland Platformunda Ön İzlemesine Ait Görüntü	66

Şekil 36. Blender Yazılımında Neon Işık Ayarı	67
Şekil 37. Blender Yazılımındaki Neon Işığın Decentraland Platformundaki Görünümü	67
Şekil 38. Modelin Pivot Noktası	68



KISALTMALAR LİSTESİ

2B	: 2 Boyutlu
3B	: 3 Boyutlu
AR	: Augmented Reality (Artırılmış Gerçeklik)
DAO	: Decentralized Autonomous Organizations (Merkeziyetsiz Otonom Organizasyon)
Glb	: Graphics Library Transmission Format Binary File (Grafik Kitaplığı İletim Formatı İkili Dosya)
GITF	: Graphics Library Transmission Format (Grafik Kitaplığı İletim Formatı)
MB	: Megabyte
MMOG	: Massively Multiplayer Online Game (Kitlesel Çok Oyunculu Çevrimiçi Oyun)
MOO	: MUD, Object-Oriented (Nesne Yönelimli MUD)
MR	: Mixed Reality (Karma Gerçeklik)
MUD	: Multi-User Dungeon (Çok Oyunculu Zindan Oyunu)
PBR	: Physically Based Rendering Materials (Fiziksel Tabanlı Materyal İşleme)
SDK	: Software Development Kit (Yazılım Geliştirme Kiti)
UV	: Horizontal(U) Vertical(V)Axis (Yatay Dikey Eksen)
VR	: Virtual Reality (Sanal Gerçeklik)
WEB	: World Wide Web

1. GİRİŞ

Metaverse, genişletilmiş gerçeklik ve blokzincir teknolojilerinin gelişimine paralel bir biçimde yaygınlık kazanmış olup oyun, eğlence, eğitim gibi alanların yanı sıra insanların para kazanıp alışveriş yapabildikleri başka bir deyişle günlük sosyal yaşam faaliyetlerini sürdürebildikleri platformlardan oluşan sanal ortamları tanımlamaktadır. Metaverse, gerçekliğin ötesinde sürekli ve kalıcı olan çok kullanıcıli ortamda fiziksel ile dijitalin birleştiği bir alandır (Mystakidis, 2022). Metaverse teriminin net bir ifade ile tanımını yapmak her ne kadar güç olsa da genel görüş ve yaklaşımlara bakıldığında ortak yargının; fiziksel dünyanın ötesindeki dijital, üç boyutlu ve görsel bir sanal ortamı temsil ettiğidir. Bu öngörüler doğrultusunda metaverse, gerçek ile sanal arasında köprü kuran ve fiziksel ortama ait yaşam aksiyonlarımızın simüle edildiği dijital paylaşım alanları olarak da ifade edilebilmektedir. Bu paylaşım alanlarında var olabilmenin yolu kişisel temsilcilerimiz haline gelen ve dijital bir kimlik görevi üstlenen “avatar” aracılığıyla gerçekleşmektedir. Sherman ve Craig’e (2003) göre avatar sanal bir dünyada bir katılımcıyı veya fiziksel nesneyi temsil etmek için kullanılmaktadır. Metaverse platformları ise, kullanıcılarının sanal ortamlarda sosyalleşebildikleri, oyunlar oynayıp, eğlenceli aktiviteleri gerçekleştirebildikleri, para kazanıp alışveriş yapabildikleri kısaca günlük bir yaşam akışındaki eylemlerinin sürdürülebildiği bir evrenin varlığından bahsedilebilir. Metaverse platformları, kullanıcılarına sanal mülk edinebildikleri, bu varlıkların alım veya satımını gerçekleştirebildikleri aynı zamanda üzerine kendi yapılarını inşa edebildikleri sanal parselleri barındırmaktadır. Dolayısıyla metaverse; endüstri, medya, oyun ve eğlence sektörleri içerisinde de hızla yerini almaktadır. Bu durum yatırımcılar ve firmaların fiziksel varlığını sanal ortama taşımalarıyla yeni bir yapılanma alanı ortaya çıkarmaktadır. Metaverse’deki sanal yapıların, tasarımcı için fiziksel dünyamızda olduğu gibi ilgi çekici ve estetik bir tasarım oluşturma kaygısı taşıdığı düşünülmektedir. Aynı zamanda bu sanal yapıların görsel tasarımlarının, platform ziyaretçisinin bu ortamlarda vakit geçirme istediği üzerinde de etkili olduğu varsayılmaktadır. Bu sebeple, bir metaverse uygulamasında sanal yapının oluşturulmasında platformda bulunan tasarım sahnesindeki sınırlı çalışma sahnesinin

tasarımcının model üzerindeki yaratıcılığa etkisinin olup olmadığı, tasarımcı ya da geliştiricisinin modelin görsel estetiğini artırmada etkili olduğu düşünülen tasarım öğelerinin hangilerinden faydalandığı araştırılmaktadır. Blokzincir tabanlı metaverse platformlarına yönelik düşük poligonlu 3B modellerin oluşturulmasında estetik değeri artırmada tasarım öğelerinin etkisi araştırmanın temel problemini oluşturmaktadır. Nitekim bu araştırmada blokzincir tabanlı metaverse platformu olan Decentraland uygulamasında yer alan sınırlı çalışma sahnesinde oluşturulan 3B yapı modelleri üzerinde tasarım unsurlarının etkileri irdelenmiştir. Blokzincir tabanlı metaverse platformlarına yönelik 3B yapıların modellenmesinde tasarımcı ve geliştiriciler için uygun tasarım yöntemleri belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma kapsamında rastlantısal seçim yöntemi kullanılarak Decentraland platformunda yer alan 6 popüler yapı tasarımları incelemeye alınmıştır. İncelemeler neticesinde yapı tasarımları, 3B tasarım unsurları başlığı altında değerlendirilmiş fiziksel dünyaya yakınlığa sahip olan modeller gerçekçi ya da tamamen sanal ortamın olanaklarına uygun gerçeküstü olmak üzere iki farklı tasarım yöneliminin olduğu görülmüştür.

Araştırmanın ikinci bölümünde literatür taraması gerçekleştirilmiş olup, metaverse kavramının tarihçesi ve sanal dünya konseptinin gelişiminde rol oynayan yeniliklerin dönem bazında etkileri ele alınacaktır. Sonrasında genişletilmiş gerçeklik teknolojileri destekli sosyal sanal gerçeklik platformlarının yer aldığı metaverse uygulamalarının gelişimine değinilmiş ve platform örneklerine yer verilmiştir. Üçüncü bölümünde ise blokzincir teknolojisi tabanlı metaverse platformu örneği olarak seçilen Decentraland ve kullanılan teknolojik alt yapılardan söz edilmektedir. Dördüncü bölümde, analiz unsurları çerçevesinde belirlenen 6 farklı yapı modelinin karşılaştırmalı görsel incelemeleri yapılmıştır. Araştırmanın beşinci bölümünde ise Decentraland uygulamasının sahne sınırlılıkları gözetilerek görsel analizlerin referans alındığı estetik değeri yüksek bir yapı modeli için tasarım aşamaları sunulmaktadır. Araştırmanın sonucunda, blokzincir tabanlı metaverse platformlarında dijital bir yapının oluşturulmasındaki tasarım sürecinin işleyişinde izlenmesi gereken yol ve yöntemler belirlenmiş, bu ortama adaptasyonunda karşılaşılabilecek tasarım hatalarına yönelik teknik ve tasarıma dair önerilere yer verilmiştir.

1.1. Problem

Bu tez çalışmasında belirlenen araştırma konusuna yönelik aşağıdaki problemlere yanıtlar aranmaktadır.

Blokzincir tabanlı metaverse platformu Decentraland'deki sahne sınırlılıklarının 3B yapı modelleri üzerindeki kısıtlayıcı rolüne karşın nasıl daha estetik bir tasarım yapılabilir?

1.1.1. Alt Problemler

Decentraland platformunda bulunan sahne sınırlılıklarının 3B yapı modelinin oluşturulmasında görsel biçimi ve estetik tasarımı üzerinde etkisi var mıdır, var ise nelerdir?

Decentraland platformunda bulunan sahne limitlerinin 3B yapı modeli üzerinde estetiğin sağlanmasında hangi görsel tasarım unsurlarından faydalanılmıştır/faydalanılabilir?

1.2. Amaç

Araştırmada blokzincir tabanlı bir metaverse platformunun sınırlı çalışma sahnesindeki kısıtlayıcı etkenlerin, 3B model üzerindeki estetiğin korunmasında etkili olduğu düşünülen görsel tasarım unsurları ile olan ilgisinin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır.

1.3. Önem

Blokzincir tabanlı metaverse platformlarında yer alan tasarımların düşük poligon modelleme yöntemi ile oluşturulması sebebiyle kullanıcılar üzerindeki bıraktığı etkileri bakımından yetersiz kalmaktadır. Bu sebeple platform kullanıcıları için görsel estetiğin sağlanmasında tasarım unsurlarının model üzerindeki etkileri ortaya çıkılarak görsel estetik değerinin artırılması, sözü edilen platformlar için uygun 3B yapı tasarımlarının oluşturulması bakımından tasarımcı ve geliştiricilere katkı sağlamaktadır.

1.4. Hipotez

Blokzincir tabanlı metaverse platformlarındaki yapıların görsel tasarımı yüksek kaliteli grafiklere ve etkileşimli ortamlara alışkın kullanıcıların beklentilerini karşılamamaktadır. Bu sebeple bu platformlar için tasarımların görsel değerinin artırılmasına gereksinim duyulduğu varsayılmaktadır. “Blokzincir tabanlı metaverse platformlarındaki yapı modelleri uygulamanın sahne limitleri ve 3B tasarım özellikleri bağlamında değerlendirildiğinde estetik açıdan yeterli midir?” sorusu bu araştırmanın hipotezini oluşturmaktadır.

1.5. Yöntem

Bu tez çalışmasında, Decentraland platformunda yer alan 3B yapı örneklerinin belirlenmesinde nitel veri toplama aracı olarak rastlantısal seçim yöntemi ve görsel tasarımlarının incelemelerinde betimsel analiz yöntemi kullanılmıştır. Rastlantısal seçim yöntemi, araştırma evreni içerisinde yer alan her biri ögeye eşit seçilme şansının tanındığı olasılığa dayalı örneklem tekniğidir (Gürbüz & Şahin, 2018). Betimsel analiz, araştırmanın kavramsal yapısının önceden belirlenen bir analiz çerçevesine dayalı nitel verilerin incelenerek bulguların tanımladığı ve bulguların yorumlandığı tımdengelimci bir araştırma yöntemidir (Yıldırım & Şimşek, 2021). Decentraland platformlarında yer alan üç boyutlu model tasarımları modelin biçimi (geometrik, organik, simetrik, asimetrik), renk (sıcak-soğuk, açık-koyu, nötr), kullanılan materyal (parlak, mat, saydam), doku (gerçek-yapay), ışık (doğal-yapay) ve hareketli grafik (karakter-obje) özelliklerine göre temalar ve onların alt temaları altında nitel araştırma yöntemlerinden betimsel analiz tekniği kullanılarak çözümlenmiştir. Analiz unsurları, 3B yapı tasarımları üzerinde yapılan görsel incelemeler neticesinde ortaya çıkan ortak tasarım özelliklerinden oluşmaktadır. Araştırmada yapılar; marka, kişisel beğeniler ve konsept tasarımları gibi gösterge bilimsel açıdan bağımsız olarak yalnızca teknik açıdan değerlendirilmiştir.

1.6. Evren ve Örneklem

Bu çalışmanın evrenini, blokzincir tabanlı metaverse platformları oluşturmaktadır. Blokzincir tabanlı merkeziyetsiz metaverse platformu Decentraland'deki 90.601 adet parsel sayısı üzerinde yer alan sanal yapılar arasından rastlantısal seçim yöntemine göre belirlenen 6 popüler yapı tasarımı çalışmanın örneklemini oluşturmaktadır.

1.7. Sınırlılıklar

Tez çalışması kapsamında blokzincir tabanlı metaverse platformu Decentraland'in yüksek kullanıcı sayıları ve hızla artan yapılanmanın etkisiyle uygulama arazileri üzerinde yer alan üç boyutlu model yapılarının tamamı zamana bağlı olarak incelemeye alınamamıştır. Bu çalışmada, yapı modellerinin belirlenmesinde iş, eğitim, oyun, eğlence ve alışveriş gibi farklı deneyimler sunan yapılar kapsam dışı bırakılmıştır. Platformdaki yapıların tasarımında bina görünümüne sahip 3B yapılar incelemeye alınmış olup, bu yapılar çalışmanın sınırlılıklarını oluşturmaktadır.

2. METAVERSE

2.1. Metaverse Tarihçesi

Metaverse'nin, “meta (öte)” İngilizcedeki “universe (evren)” kelimelerinin kısaltılmalarıyla “öteki ve öte evren” olarak karşılık bulduğu görülmektedir. “Yunanca kaynaklı *meta* ön eki ise Türkçede daha çok öte yapısıyla karşılanmıştır” (Terzi, 2022). Dilimizde metaverse, kelime çevirisinin yaygın kullanımları arasında olan *sanal evren* ya da *öte evren* tanımlarıyla dilin günlük kullanımına yerleştiğini de görmek mümkündür. Fiziksel dünya ile bağlantılı kendi değer sistemine ve bağımsız bir ekonomik sisteme sahip bilgisayar tarafından üretilmiş bir dünyadır (Wang, vd., 2022). Metaverse fiziksel dünyamızın ötesinde sanal bir evrene işaret etmektedir. Lee ve diğerlerine (2021) göre bilgisayar aracılığıyla oluşan bu evreni; simülasyon ve iş birliği ile somutlaştırılmış internet mekânının, kullanıcıların fiziksel benliğine benzer avatarlarından oluşan alternatif bir yaşam deneyiminin sunulduğu gerçek dünya metaforu biçiminde ifade etmiştir. Dionisio ve diğerlerine (2013) göre sanal dünyalar, birbirinden uzak fiziksel konumlarda bulunan çok kullanıcıların iş ya da oyun amacıyla gerçek zamanlı bir şekilde etkileşime girebildikleri sürekli çevrimiçi olan bilgisayarlar tarafından oluşturulan ortamlardır. Ning ve diğerlerinin (2021) tanımına göre metaverse; çoklu teknolojileri barındıran, yeni bir sosyal forma sahip ve hiper uzay-zamansallık (hyper spatiotemporality) özelliklerine sahiptir. Hiper uzay-zamansallık, gerçek dünyaya paralel, zaman ve mekânın sınırlarını aşarak kullanıcılar için sürükleyici bir deneyimi tanımlamaktadır (Ning vd., 2021). Bu terime karşı olan duyarlılığımız bizi her ne kadar güncel bir ifade olduğu yanılgısına düşürse de tarihsel gelişimi incelendiğinde metaverse'ün, yaklaşık otuz yılı kapsayan bir süredir var olduğu ve bu süre zarfında gerçekleşen teknolojik yeniliklerle de evrimine her geçen gün devam ettiği görülmektedir. Son yıllarda ise metaverse kavramının tekrar ilgi kazanmasında, 2021'in yılında Mark Zuckerberg'in Facebook isimli şirketinin “Meta” adıyla değiştirdiğini kitlelere duyurulması etkili olmuştur (Ingram, 2021). Metaverse, teriminin ortaya çıkışı ve periyodik süreci literatür açısından incelendiğinde kurgusal

anlamdaki ilk ifadenin 1992 yılında Neal Stephenson tarafından kaleme alınan “Snow Crash” adlı bilim-kurgu romanında geçtiği kabul görmüştür. Stephenson’ın tanımladığı metaverse’te, yaşayanlarının ilk kez avatar biçiminde tanımlandığı ve bilgisayar tarafından üretilmiş, üç boyutlu sanal bir dünya ortamı olarak tasvir edilmektedir (Stephenson, 1992). Metaverse kavramının tarihsel arka planı incelendiğinde edebi türdeki etkilerinin bununla sınırlı kalmadığı anlatısal türdeki yapıtların bu kavramın ilham kaynağını oluşturduğu görülmektedir. 1981’de “True names”, 1984’te “Neuromancer” ve 1992’de “Snow Crash” gibi kurgusal edebiyat, ideal bir metaverse’nin tüm gereksinimlerini karşılamamalarına rağmen geleceğini anlamaya, hayal etmemize yardımcı olmuş ve bugün mevcut çalışmalar da bu yapıtların birkaç özelliğini taşımaktadır (Duan vd., 2021). Metaverse konseptine benzer içeriğe sahip bir diğer bilim-kurgu romanı, “Ready Player One” da Ernest Cline, Oasis adlı sanal dünyasını yaratmıştır (Henz, 2022). Romanda betimlenen Oasis dünyası, başlangıçta kurucusu tarafından çevrimiçi bir oyun olarak tasarlanmış fakat zamanla küresel çapta kullanıcıya ulaşarak sanal gerçeklik evrenine dönüşümünü anlatmaktadır. Kullanıcılarının sanal gerçeklik başlıkları, dokunsal eldivenler ve giysiler gibi teknolojiler vasıtasıyla yer aldıkları bu ortamda insanların, dünyadaki küresel sorunlar nedeniyle fiziksel dünyanın simülasyonu biçimindeki bu evrende yaşamlarını sürdürür hale gelmelerini konu almaktadır (Cline, 2011). Ready Player One kurgusunda olduğu gibi metaverse uygulamaları çoğunlukla sanal gerçeklik teknolojisi ile birlikte anılmaktadır. Ancak bu platformların çok azı sanal gerçeklik teknolojisini desteklemekte olup bugün geliştirilen birçok metaverse platformu bilgisayar tabanlı olarak varlığını sürdürmektedir. Bu durumun muhtemel sebepleri arasında günümüzde masaüstü bilgisayar kullanıcılarının sanal gerçeklik kullanıcılarına kıyasla daha yoğunlukta olması ve bu nedenle geliştirilen uygulamaların daha fazla kullanıcı kitlesine ulaşma hedefinin etkili olduğu düşünülmektedir.

Metaverse; metin tabanlı etkileşimli oyunlar, sanal açık dünyalar, kitlesel çok oyunculu çevrimiçi oyunlar (MMOG), akıllı cep telefonlar ve giyilebilir cihazlardan sürükleyici sanal ortamlara kadar dört önemli geçiş yaşamıştır (Lee vd., 2021). Kişisel bilgisayarlar kullanıcılarının artması, internet ağının ortaya çıkması, sanal gerçeklik teknolojileri ve blokzincir gibi teknolojik ilerlemelere bağlı olarak gelişen metaverse,

dönem dönem farklı kaynaklardan beslenerek ve bugünkü olgunluğuna erişmesinde rol oynamıştır.

2.2. Metaverse Uygulamalarının Gelişimi

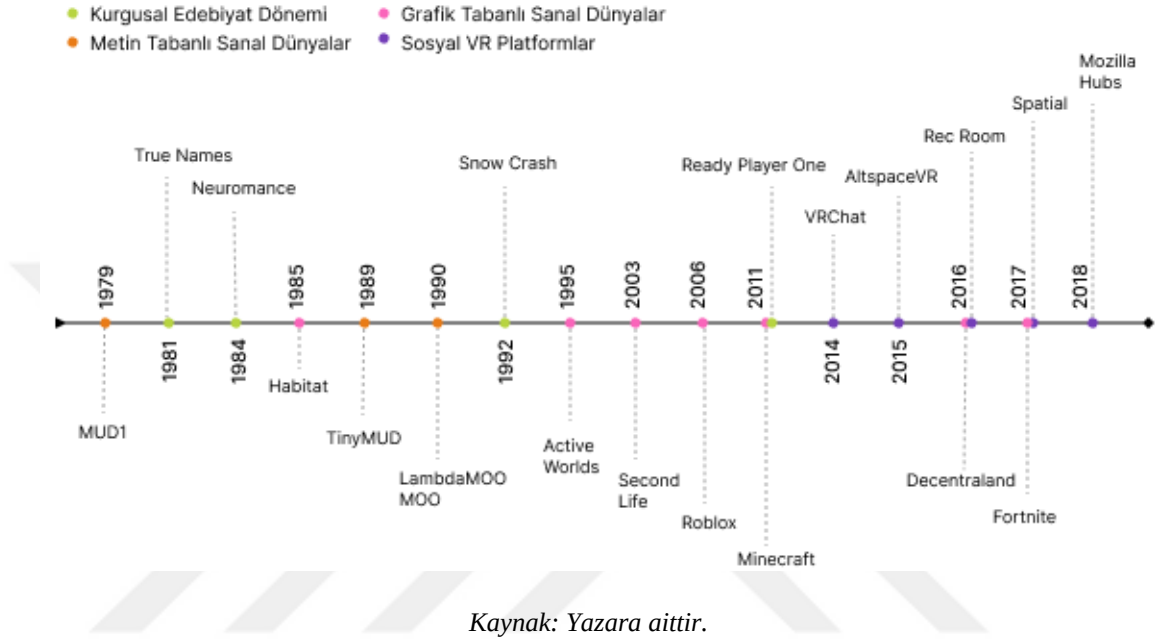
Sanal dünyalar teknolojik gelişmelere paralel olarak önceleri metin tabanlı ve grafik tabanlı olmak üzere iki farklı dönemin etkileri etrafında şekillenmiştir. Girvan'e (2018) göre sanal; gerçeğin, fizikselin, doğal veya maddenin ötesinde teknoloji ile öğrenmeyi geliştirilen simüle edilmiş bir deneyimi tanımlar. Kısmen gerçek olan, varlığı algılanabilen ancak ekranın ötesinde fiziksel özelliklerden yoksun olma hissi verir. Dünya kavramı ise üç farklı temel özelliği içerir; içinde yaşayanların şekillendirdiği, deneyimlerin fiziksel ve psikolojik tepkiler aracılığıyla gerçekleştiği, nesneler ve diğerleriyle etkileşim kurulan ortak bir alanı tanımlar (Girvan, 2018). Dolayısıyla sanal kavramı, fiziksel olmayan soyut bir deneyimi nitelerken dünya kavramı ise bu soyut deneyimlerin şekillendiği ve karşılıklı etkileşimlerin gerçekleştiği alanı ifade etmektedir. İlk sanal dünyalar, ortamı ve içerisinde meydana gelen olayların anlatımında görseller yerine kelimeler aracılığıyla tanımlanan metin tabanlıydı (Bartle, 2003). 1979 yılında, Roy Trubshaw ve Richard Bartle'in MUD1 ismini verdikleri üniversite internet ağı üzerinde çalışan metin tabanlı çok oyunculu çevrimiçi ilk sanal dünyayı geliştirdiler (Downey 2014; Lastowka & Hunter 2006; Sanchez 2009;). Trubshaw ve Bartle'in erken dönem çalışmalarının önemi yalnızca bir oyun sistemine olan katkılarının yanı sıra aynı zamanda daha geniş bir tür olan çok kullanıcıli sanal dünyaların gelişiminin başlangıcına işaret ediyor olmasıdır (Taylor, 2006). MUD'lar, rol yapma oyunu Dungeons & Dragons'ın etkili bir şekilde yazılım tabanlı bir versiyonuydu, oyuncular metin tabanlı komutlar kullanarak birbirleriyle etkileşim kurabilir, canavarlarla dolu kurgusal bir dünyayı keşfedebilir, bir prensesi kurtarabilir veya kötü bir büyücüyü yenebilirdi (Ball, 2022). 1989'da ise MUD1'den ilham alan James Aspnes, TinyMUD'u geliştirerek sanal dünya deneyimini daha da ileriye taşıdı. Jones'e (2003) göre, TinyMUD'ları kendinden önce geliştirilmiş programlardan farkı; MUD'larda yer alan oyun hiyerarşisini çözmek, başarılı olmak ve karşılığında puan toplamak gibi spesifik oyuncu hedefleri özelliklerinin yerine keşfedebileceği nesneler ve odalar bulunmasıyla kullanıcılarının daha fazla sosyalleşmelerini sağlamış onu sanal ortam oluşturmada popüler hale getirmiştir. Savaş ve macera içeren ilk MUD'ların aksine, çok daha yaratıcı ve sosyal unsurlara

sahip olan TinyMUD'lardaki dünyanın kullanıcıları artık çevrenin tüketicisi konumunda değil üreticisi haline gelmiş, etkin geliştiricileri olarak yer almaya başlamışlardır (Sanchez, 2009). TinyMUD'ların oyun hedefinden uzak olma anlayışı kullanıcıların aktif bir şekilde yer almaya başladıkları nesne odaklı MOO'ların gelişmesine öncülük etmiştir. 1990'da Stephen White tarafından piyasaya sürülen kullanıcıların kendilerine ait nesneler yaratabilme özelliği ile sosyal ve eğitici temalara yönelik kullanıcı tarafından hızla genişletilebilir ve popüler ortamlar haline gelen MOO ya da TinyMUSH'lar mevcut olan diğer çevrimiçi sanal ortamlar içerisinde bir dönüm noktasıdır (Taylor, 2006). 1990 yılının sonlarına doğru yazılımcı olan Pavel Curtis, Stephen White tarafından oluşturulan MOO yazılım dilini geliştirerek, MUD sistemleri arasında en ünlü ve geniş çapta kullanıcı kitlesine sahip LambdaMOO'yu sanal ağ ortamına sundu (Jones, 2003). LambdaMOO'lar birbirinden bağımsız bilgisayar kullanıcıların ağ üzerinde iletişime geçmelerini ve sistem üzerinde programlama yapmalarına imkân tanımaktaydı. TinyMUD, MOO ve LambdaMOO gibi sanal dünya türevlerine göre daha başarı örneklerdir ancak onlarda MUD'larda olduğu gibi metin tabanlı sistemlerden oluşuyordu. Bu yeniliklerin bir sonucu olarak iki farklı sanal ortam türü; oyun odaklı ve sosyal odaklı sanal dünyalar ortaya çıktı (Downey, 2014). MMORPG'lerin prototipi olarak kabul gören metin tabanlı MUD'lar, mevcut MMORPG'ler 2D veya 3D bilgisayar grafikleriyle geliştirilmiş versiyonu olarak görüntülenebilir (Lin & Sun, 2015) . 1980'lerin ortalarına gelindiğinde grafik bilgi işlem çağı ile yazılı dilin yaratıcı etkileri azalmış, geliştirilen yeni sürümlerde görsel içeriklerin yer aldığı deneyimlere yönelik içerikler oluşturulmaya başlamıştır (Damer, 2008). MUD'ların zamanla popülerliğini yitirmesinde de bilgisayar grafiklerindeki görsel çekiciliğe kullanıcıların daha çok ilgi göstermesidir (Lastowka & Hunter, 2006). Grafik sistemlerindeki gelişmeler ile görsel anlatımın bu ortamlar içerisinde yer almaya başlamasıyla yeni bir dönemi, grafik tabanlı sanal dünyaları oluşturmuştur. 1985 yılında Habitat, Lucasfilm tarafından oluşturulan ilk grafik arayüzüne sahip büyük ölçekli ticari sanal dünya girişimidir. Aynı zamanda Habitat, etkileşimli bir ortamda “avatar” teriminin kullanıldığı (Jones, 2003), kullanıcılarının dijital varlığının figüratif bir biçimde yer aldığı ilk çevrimiçi sanal dünyaydı. Avatarlar, her biri ayrı bir oyuncunun kontrolü altında hareket edebilir, nesneleri manipüle edebilir ve klavye aracılığıyla karikatürize edilmiş konuşma balonları ile iletişime geçebildikleri bir arayüze sahiptir (Morningstar & Farmer, 2008). Ağa bağlı sistemler arasında önemli bir gelişme olan Habitat, ortalama bilgisayar bilgisine sahip

kullanıcılarının kendileri için avatarlar oluşturabilecekleri ve sanal bir dünyada yaşamayı üstlenebilecekleri ilk çevrimiçi grafik alanlarından biriydi (Taylor, 2006). Habitat, TinyMUD’larda olduğu gibi oyun odaklı sanal ortamların yerine kullanıcıların sosyalleşmeleri ve içerik oluşturabilmelerine yönelik geliştirilen ortamlardı. Bu durumda Habitat, avatarlar ve sanal ortamda yaşama fikrine sahip içeriğiyle diğer sanal ortamlara kıyasla sosyal odaklı sanal ortamların başlangıcının bir göstergesi olarak kabul edilebilir. Teknolojik geçişler çevrimiçi bilgisayar oyunlarının yükselişi, bilgi aktarımı ve iletişim için ağ bağlantılı bilgisayarların hâkimiyeti sanal dünyaların oluşmasını mümkün hale getirdi (Ondrejka, 2008). 1994 yılında Web’in gelişmesiyle birlikte ağ üzerinde sanal dünyaların paylaşabildiği ve kullanıcıların serbest bir biçimde keşfedebildikleri açık dünya ortamları ortaya çıkmıştır. 1994 yılında Web World ve Worlds Inc., 1995 yılında Active Worlds, üç boyutlu grafik teknolojilerinin geliştirilmesiyle oluşan bir dizi sanal dünyalardır (Duan vd., 2021). Üç boyutlu sanal dünyalar, kimi zaman Çok Kullanıcı Çevrimiçi Oyunları (MMO), Kitlesel Çok Oyunculu Çevrimiçi Rol Yapma Oyunları (MMORPG) çok kullanıcıli çevrimiçi oyun kavramları ile adlandırılmıştır (Bartle 2003; Bell 2008; Tokel & Cevizci, 2013). Sanal dünyaların ve çok kullanıcıli çevrimiçi oyunların her ikisinde de kullanıcılarının avatarlar olarak temsil edildiği ve üç boyutlu etkileşim ortamına sahip olmaları açısından benzerlik gösterse de bu teknolojiler amaç ve odak noktaları açısından farklılıklar göstermektedir (Tokel & Cevizci, 2013). Ondrejka’a (2008) göre, MMORPG’ler birçok kullanıcının ortak bir alanda aynı anda deneyimlediği, kurgu ve seviyelendirme gibi kısıtlayıcı özelliklerine karşın sanal dünyalar daha önce tanımlanmış kurgular yerine kullanıcılarının simüle edilmiş üç boyutlu alan içerisinde kendi varlıklarını yaratabilme özellikleri ile oyun sistemlerinden ayırmaktadır. Dolayısıyla, metaverse perspektifine sahip sanal dünya tanımı için kullanıcıların herhangi bir kurgudan bağımsız tamamen özgür biçimde kullanıcı üretimine izin veren bir sanal ortamın varlığından söz edilebilir. 2003 yılında Linden Lab tarafından içeriği kullanıcılar tarafından oluşturulabilen Second Life, sanal dünya geçmişinde metaverse olma potansiyeline sahip ilk deneme örneklerinden biridir (Ondrejka, 2008). Günümüzde hala popülerliğini koruyan Second Life kullanıcıları, kendi avatarlarını oluşturarak katıldıkları bu sanal dünyada aktivitelere katılabilir, eğitim alabilir, sanal mülkler satın alabilir ya da satışını gerçekleştirebilir. Second Life, bu sanal dünyada kullanıcıların önceden belirlenen amaçlar doğrultusunda değil, kendi amaç ve yaşantılarını oluşturabilmelerinin yanı sıra çok yönlü kimliğiyle metaverse denemesi

olabilmiştir (Tasa, 2009). İçeriği kullanıcılar tarafından oluşturulabilen bu üç boyutlu ortamlar ve çok kullanıcıli oyun sistemleri metaverse'ün olgunlaşmasında etkili olmuştur. 2006 yılında Roblox, 2011 yılında Minecraft, 2017 yılında Fornite gibi çeşitli çok kullanıcıli oyun ortamları metaverse'nin bugünkü gelişmiş örneklerini oluşturmaktadır (bkz. Tablo 1).

Tablo 1. Metaverse'ün Gelişiminde Etkili Dönemler



Sanal dünyalar, 1970'lerdeki MUD gibi metin tabanlı oyunlar sonrasında grafik teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte Second Life gibi 3B platformlara dönüşümü ve ardından sanal gerçeklik teknolojilerinin eklenmesiyle sürükleyici deneyimleri hedefleyen sosyal VR platformlara doğru bir gelişim göstermektedir. Tablo 1'de metaverse'ün gelişiminde etkili olan bu içerikler; kurgusal edebi dönem, metin tabanlı ve grafik tabanlı dönem ile sosyal VR platformlardan olmak üzere 4 farklı dönemin etkileri bir zaman çizelgesinde gösterilmektedir.

Sosyal sanal gerçeklik platformları, temelinde genişletilmiş gerçeklik teknolojileriyle desteklenen kullanıcılarının eş zamanlı olarak birbirleriyle sosyalleşme ve etkileşime girmelerini imkân sağlayan dijital ortamları ifade etmektedir. Sosyal VR platformları, çok sayıda VR kullanıcısının birbirine bağladığı sanal bir ortamda senkronize bir şekilde sohbet etmesine, oyun oynamasına ve birlikte keşif yapmalarına olanak tanımaktadır (Saffo, 2021). Genişletilmiş gerçeklik teknolojileri; artırılmış gerçeklik (AR), sanal gerçeklik (VR) ve karma gerçeklik (MR) destekli platformlar metaverse ortamlarının daha sürükleyici ve etkileşimi yüksek bir deneyim sağlama açısından

etkilidir. Ancak metaverse ortamlarının tamamı sanal gerçeklik veya artırılmış gerçeklik teknolojilerini desteklemese bile bir metaverse uygulaması olarak kabul edilebilir (Park & Kim, 2022). Metaverse, kalıcı bir içeriğe ve sosyalleşmeye hizmet eden güçlü yönüyle, VR ve AR teknolojilerindeki fiziksel yaklaşımın ve görüntülemeye olan odağı sebebiyle birbirinden ayrılmaktadır (Manushri, 2022). Dolayısıyla bu teknolojiler, entegre edildiği metaverse ortamları üzerindeki deneyimi kuvvetlendirmektedir ancak metaverse kavramının temelinde insanların gerçek zamanlı olarak bir araya geldiği ve kendi istekleri doğrultusunda içerik üretebildiği 3 boyutlu dijital ortamlarının tamamını betimlemekte olup bu anlamda daha geniş bir perspektifte sahiptir. Sosyal VR'ın gelişmekte olan sınırı olan metaverse, VR ve AR ile kullanıcı tarafından oluşturulan içeriğin, dijital ekonomilerin birleştiği, insanların sürükleyici bir çevrimiçi dünyada sosyalleşmesine, çalışmasına, oynamasına ve işlem yapmasına olanak tanıyan fütüristik bir dijital alanı ifade eder (Fitz-Patrick, 2023). Sosyal VR platformları arasında en popüler platformlar VRChat, Mozilla Hubs, AltspaceVR ve Rec Room gösterilmektedir (Cheng, 2022) VRChat, kullanıcılar tarafından oluşturulan avatar ve içeriklerle etkileşime girmelerini sağlayan eğlence ve deneyimin yanı sıra sosyalleşme odaklı bir sanal gerçeklik platformudur. Mozilla Hubs, 2018'de piyasaya sürülen yükleme gerektirmeyen doğrudan Firefox tarayıcısı üzerinde çalışan VR kulaklık, masaüstü ve akıllı telefon kullanıcılarının bağlantı kurabilecekleri bir alan sağlayan sanal gerçeklik platformudur. Rec Room, VRChat veya Meta'nın Horizon Worlds gibi daha iyi desteklenen uygulamaların yıllar içinde kazandığı ilgiyi hiçbir zaman kazanamayan uygulama Mayıs 2024 itibarıyla geliştirmelerini durduracağı duyurmuştur (Hayden, 2024). AltspaceVR, 2017 yılında Microsoft tarafından satın alınan topluluklar, markalara yönelik etkinlikleri oluşturulabildiği sosyal sanal gerçeklik platformudur. Rec Room, Adroid, iOS, Xbox, bilgisayar ve VR destekli oyun oluşturma ve çok oyunculu çevrimiçi oyun platformudur.

2.3. Metaverse Teknolojileri

Metaverse, kullanıcıların sanal dünyalarda başkalarıyla gerçekçi bir biçimde etkileşime girebilecekleri ve iş birliği yapabilecekleri tamamen 3 boyutlu sürükleyici bir deneyim sunmak için ileri teknolojilerin birleştirilmesiyle oluşmaktadır (Huynh-The vd., 2023b). Metaverse'ün ihtiyaç duyduğu temel teknolojiler Lee ve diğerlerine

(2021) göre blokzincir, AR & VR, Nesnelerin İnterneti (IoT), Yapay Zekâ, Uç Bilgi İşlem Ağı & 5G alt yapısından oluştuğunu belirtmektedir. Bu teknolojiler, metaverse olgusunu tamamlayan ve buradaki gerçeklik deneyimini güçlendiren temel uygulamalardır.

Blokzincir teknolojisi, geliştiricilerin dijital sahiplik doğrulama, değer aktarımı, yönetim, dijital toplanabilirlik, erişilebilirlik ve birlikte çalışabilirlik gibi çeşitli işlevleri entegre ederek temel olarak veri işleyişi için gerekli olan merkeziyetsizliği ve şeffaflığı sağlamaktadır (Abrol, 2024). Aynı zamanda blokzincir, metaverse’de veri tabanının düzgün ekonomik işleyişini koruyabilmesi sayesinde kullanıcıların sanal nesneleri gerçek dünya para birimiyle takas edilebilir hale getirerek daha geniş kripto ekonomisine bağlanmasını da sağlamaktadır (Huynh-The vd., 2023a).

IoT, fiziksel dünyamızda yer alan nesnelerin cihazlar aracılığıyla birbirleriyle veya diğer sistemler arasında bağ kurmasını sağlayan bir iletişim ağını tanımlamaktadır. *IoT*’un kullanımının metaverse ortamındaki faydası 3B dünyayı fiziksel dünyadaki çok sayıda cihaza sorunsuz bir şekilde bağlayarak gerçek zamanlı uyarılara olanak sağlamasıdır (Abrol, 2024).

Huynh-The ve diğerlerine (2023b) göre metaverse’de *AI*’nin rolü, kullanıcıların doğruluk ve işlem hızı açısından yapay zekâ tarafından desteklenen avatarların; konuşma tanıma ve duygu analizinin yanı sıra yüz ifadeleri, duygular, vücut hareketleri ile fiziksel etkileşimler gibi gerçek dünyada benimsenen birçok yöntemle etkileşime girmelerini sağlamaktadır.

Uç Bilgi İşlem ve 5G, bilgisayarların yoğun uyarıları verimli bir şekilde ele alabilmesi için veri aktarımı ve ağlardaki gecikmeyi azaltarak kullanıcıların sürükleyici engelsiz bir oyun deneyimine sahip olmasını sağlayan bu teknoloji metaverse tabanının uygulanabilir olmasını ve sürükleyici bir deneyim sağlayan temel faktörlerden biridir (Abrol, 2024).

Son yıllarda VR, AR, blokzincir ve yapay zekâ (*AI*) metaverse’nin gelişimini hızlandırırken Facebook’un şimdilerde Meta adını alması ve kendi metaverse’ünü oluşturmak için VR ve AR teknolojilerine yoğun yatırım yapma konusundaki kararlılığını duyurmasıyla büyük teknoloji şirketlerinin bu konseptte ilgi göstermeye başlamalarını sağlamıştır (Naveen, 2023). VR ve AR teknolojisinin kullanımı sanal dünyalardaki hareket edebilme, dokunabilme ve ortamdaki nesnelerle olan

etkileşimler kullanıcının yüksek düzeyde duysal daldırma sağlayarak oradaki varlık ve gerçekçilik hissini artırmaktadır (Abilkaiyrkyzy vd., 2023). *Sanal Gerçeklik*, kullanıcıların sanal ortamın içine dala hissine kapılmasını sağlayacak şekilde bir veya birden fazla duyuya duygusal geri bildirim bilgisini aktaran etkileşimli bir bilgisayar simülasyonudur (Mihelj, 2014). Dolayısıyla bilgisayar tarafından oluşturulan bu simülasyon ortamı kullanıcıyı çepeçevre sararak fiziksel dünya üzerinde 3B bir sanal ortama dahil etmektedir. Sanal gerçeklik teknolojisi kullanıcıları fiziksel dünyanın görülmediği tamamen sentetik bir dünyanın içine çekerken, *Artırılmış Gerçeklik* teknolojisi sanal nesneleri eş zamanlı olarak gerçek dünyanın üzerine bindirerek gerçeklik duygusunu artırmaktadır (Carmigniani, 2011). Ancak mevcut Sanal Gerçeklik ve Artırılmış Gerçeklik teknolojisi, bilim kurgu filmlerinde olduğu gibi metaverse evreni için beklenen ideal koşullardan hala uzaktır (Kusuma, 2022).

2.4. Metaverse Platformları

Sanal dünyalardaki otorite biçimleri bu platformların kullanıcıları arasındaki etkileşim şekilleri üzerinde etkili bir unsur olmaktadır. Bu durum, bir otorite mekanizmasına bağlı merkeziyetli ve herhangi bir otoriteden bağımsız çalışan merkeziyetsiz ayrımını ortaya çıkarmaktadır. Metaverse platformları da merkeziyetli ve merkeziyetsiz olmak üzere iki farklı yapıdan oluşmaktadır. Bu yapı, metaverse platformlarındaki sunulan ağın kontrolü üzerinde gerçekleşmektedir. Merkeziyetsiz yapı daha çok Web 3.0 ve çatısı altında gelişen blokzincir teknolojisi ile açıklanmaktadır. Blokzincir teknolojisi metaverse'ün yeniden şekillenmesinde önemli bir basamaktır. Blokzincir, eş bağlantılı ağlar arasında paylaşılan dağıtılmış bir veri tabanından oluşmaktadır (Seebacher & Schüritz, 2017). Oluşan yapı sayesinde tek merkezi kontrolün ağ üzerinde dağıtıldığı bu sistemlerde kullanıcı verilerini saklı tutmaktadır. “Merkeziyetsiz ağlarda bilgiler birden fazla farklı cihaz arasında tutularak, kimlik doğrulama yapılması sonucu yönlendirildiğinden, bilginin bütünlüğünü ve güvenliğini sağlamış olmaktadır” (Karaarslan & Yazıcı Yılmaz, 2022). Böylelikle metaverse, kullanıcılarına özgür ve güvene dayalı bir deneyim alanı sunmaktadır.

2.4.1. Blokzincir (Merkeziyetsiz) Tabanlı Metaverse Platformları

Blokzincir teknolojisine bağlı platformlar, tüm içeriğin kullanıcıları tarafından yönetilmesine ve denetimine izin veren bir yapıya sahiptir. Bugün metaverse

platformlarının çok azı blokzincir teknolojisini kullanmakta olup yoğun kullanıcı kitlesine sahip ve popüler uygulamalar arasında Decentraland ve Sandbox yer almaktadır.

Şekil 1. Decentraland



Kaynak: Decentraland, 2024

Blokzincir teknolojisinin kullanıldığı metaverse platformlarının ilk örnekleri arasında yer alan *Decentraland* (bkz. Şekil 1), 2016 yılında geliştiricilerinin deyiimiyle bölünmüş arazilerden oluşan Bronz Çağı'nı başlatmıştır. Bir sonraki versiyonu ise kullanıcıların arazi mülkiyetini, oyun içi eşler arası etkileşimler ve içerikler ile kripto para ödeme sistemlerini içeren daha sosyal bir deneyim sunan Demir Çağı'nda olgunluğa erişmiştir. Decentraland, kullanıcıların satın aldıkları sanal araziler üzerinde içerik ve deneyim oluşturabildikleri 3 boyutlu sanal bir evrenden oluşmaktadır. Demir Çağı'nın başlamasıyla birlikte iki dijital varlık; sanal dünyanın değiştirilemez parselleri olan LAND ve bu arazileri talep etmek ve dünya içi mal ve hizmet alımları yapmak için gerekli bir ERC-20 jetonu olan MANA'dır (Ordano vd., 2024). MANA, yeni bir LAND parselinin fiyatını belirlemek ve sanal dünyada mal ve hizmet satın almak için kullanılmaktadır.

Şekil 2. Sandbox



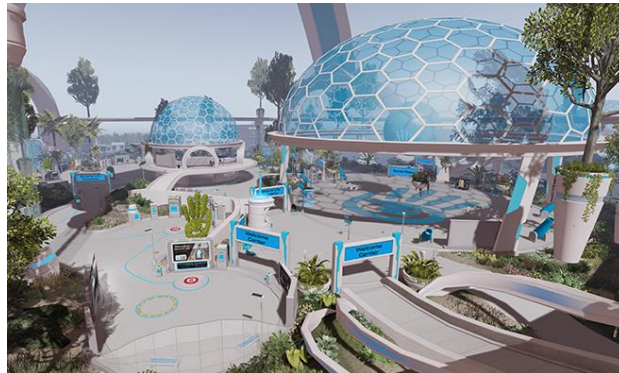
Kaynak: The Sandbox, 2019

Sandbox, 2012 yılında iOS ve Android akıllı telefonlar için 2B ve pixel tabanlı oyun geliştirme uygulaması olarak tanıtılmıştır. 2011 yılında CEO Arthur Madrid ve COO Sébastien Borget tarafından Pixowl adıyla kurulan şirket, blokzincir tabanlı vizyonunu başlatmak için 2018 yılında Animoca Brands tarafından satın alınarak The Sandbox haline gelmiştir (“About The Sandbox”, t.y). Böylelikle The Sandbox tamamen 3 boyutlu, çok oyunculu ve çoklu platformlarda yeni versiyonunu oyun dünyasına sunmuştur (bkz. Şekil 2). Blokzincir teknolojisi, dijital dünyalar ve oyunlar için kolektif iş birliği ortamı yaratmayı ve kalıcı bir sanal paylaşım alanı olarak metaverse vizyonunu gerçekleştirmeyi sağlamaktadır (The Sandbox, 2019). Play-Create-Earn (Oyna-Oluştur-Kazan) sloganını kullanan platform kullanıcılarına bu sanal evrende oyun oynayabildikleri, kendi dünyalarını yaratabildikleri ve içerisinde oyun öğelerinden para kazanabilmelerine olanak sağlamaktadır. Bu amaçla platformda kullanıcılara kendi sanal dünyalarını yaratabilecekleri 166,464 sanal arazi bulunmaktadır. İçeriğin tamamen kullanıcıların yönetiminde olduğu bu sanal evrendeki tüm alım ve satımlar Ethereum ağına bağlı olarak kendi sanal para birimi SAND kullanılarak yapılmaktadır.

2.4.2. Sanal Gerçeklik Destekli (Merkeziyetli) Metaverse Platformları

Merkeziyetli metaverse platformları, kullanıcının uygulamada içerik üretebildiği ancak bu içerik üzerinde tam kontrol ve denetiminin bulunmadığı bir yapıya sahiptir. Bugün sanal gerçeklik destekli birçok metaverse platformu da merkeziyetli olarak kabul edilebilir bunun sebebi VR gözlüklerinin de özel bir şirkete bağlı olması uygulamadaki tüm veri akışı üzerinde yetki sahibi olmasıdır. Halihazırda yoğun kullanıcı kitlesine sahip merkeziyetli ve sanal gerçeklik destekli metaverse platformları arasında Second Life, Roblox, VRChat ve Spatial.io yer almaktadır.

Şekil 3. Second Life



Kaynak: “Welcome Hub Plaza”, t.y.

1999 yılında kurulmuş olan Linden Lab isimli Amerikan teknoloji şirketi tarafından geliştirilen *Second Life*, 2003 yılında piyasa sunulduğu ve yayınlandığı dönemde bıraktığı büyük çaptaki etkileri sebebiyle sanal dünyaların öncüsü olarak görülmüş ilk metaverse denemelerinden biridir (bkz. Şekil 3). 2019'da ise Linden Lab sanal ödeme ve ekonomiyi güçlendiren kayıtlı bir para hizmetleri için tam lisanslı para tedarikçisi olan Tilia'yı tanıtmıştır (“Linden Lab- About”, t.y.). Tilia; oyunlar, sanal dünyadaki içerik oluşturucular ve diğer yayıncılar için ekonomi oluşturmayı amaçlayan sanal jetonlar ile uygulama içi alım satımları yönetimi sağlayan gerçek para birimine dönüştürülebilir dijital bir ödeme platformudur (“Digital Economy Payment Solutions”, t.y.).

Şekil 4. Roblox



Kaynak: Roblox, t.y.

Kitlelere 2006 yılında sunulan Roblox, çevrimiçi oyun ve deneyim oluşturma platformudur (bkz. Şekil 4). Roblox'un, metaverse'e ilişkin sahip olduğu vizyonunun insanların öğrenmek, çalışmak, oynamak, yaratmak ve sosyalleşmek için bir araya gelecekleri 3B sürükleyici ortak deneyimler için platform oluşturmak ve gerçek bağlantıların kurulduğu topluluklarda metaverse'de iletişimin geleceğini tasavvur etmektir (Bronstein, 2021). Roblox'un diğer metaverse platformları arasında öne çıkan özelliği kullanıcıların bu yazılım üzerinde kendi oyunları geliştirebilmeleri ve diğer kullanıcıların bu oyunları deneyimleyebilmelerine olanak sağlamaktadır. Bu platformdaki oyun içi alım satımlarda kendi sanal para birimi Robux kullanılmaktadır. Robux, yalnızca oyun içi alışverişlerinde kullanılabilen ve gerçek para birimine dönüştürülemeyen ve eş değer karşılığı bulunmayan sanal bir paradır (“Roblox Kullanım Koşulları”, t.y.).

Şekil 5. VRChat



Kaynak: Steam, 2024

2014 yılında yayımlanan *VRChat*, hem masaüstü hem de sanal gerçeklik destekli bir sosyal sanal gerçeklik uygulamasıdır (bkz. Şekil 5). Bu uygulama, tıpkı diğer metaverse platformları gibi çevrimiçi bir sanal dünya konseptine sahiptir. Ancak uygulama avatar sisteminde kullanıcılarına sunmuş olduğu Unity SDK ile kendi tasarladıkları 3D avatar veya modellerini platforma yükleyerek kişiselleştirmesine izin vermesi açısından diğer platformlardan ayrılmaktadır (VRChat, 2019).

Şekil 6. Spatial.io



Kaynak: Spatial, t.y.

Spatial.io, diğer metaverse uygulamalarına göre nispeten yeni kabul edebileceğimiz merkezîyetli bir metaverse platformudur (bkz. Şekil 6). Spatial, interneti daha sosyal ve eğlenceli hale getirme misyonuyla Anand Agarawala ve Jinha Lee tarafından 2017 yılında kurulmuştur (“Spatial-About”, t.y). Spatial, web, mobil ve VR teknolojileri gibi çoklu platformlar aracılığıyla kullanıcıların 3B içerik ve sosyal deneyim alanları oluşturulabildikleri bir metaverse uygulamasıdır. Uygulama, UNITY destekli içerik oluşturma araç seti (Creator Toolkit) aracılığıyla üretim yapmalarına izin vermektedir. Platform son zamanlarda yoğun olarak oyun geliştirme ve çevrimiçi oyun oynamaya

deneyimi üzerine ağırlık kazanmıştır. Spatial uygulamasındaki oyun içi ödemeler ve satışlar için kendi sanal parası Spatial Coin'i kullanmaktadır.

2.5. Metaverse Platformları için 3B Tasarım

Metaverse ortamlarının oluşturulması bir dizi tasarım sürecini içermektedir. Metaverse platformlarındaki bu sanal ortamların geliştirilmesinde 3B tasarım yazılımları ve modelleme tekniklerine ihtiyaç duyulmaktadır. İlgili tasarım araçları ve modelleme teknikleri aşağıda ifade edilmektedir.

2.5.1. 3B Tasarım Yazılımları

3B tasarım, nesne veya şeklin bir yazılım aracılığıyla bilgisayar ortamında 3 boyutlu ve dijital bir temsilini oluşturma işlemidir. 3B tasarım; mimarlık, oyun ve animasyon, film, endüstriyel tasarımdan sanat, moda, mühendisliğe kadar birçok alanda kullanılan bir tasarım yöntemidir. 3B tasarım yapmak için bugün birçok ücretli ve ücretsiz yazılım programları bulunmaktadır. Öne çıkan 3B tasarım programları arasında Blender, 3ds Max, Autodesk Maya, Cinema 4D ve Zbrush yer almaktadır.

Blender, modelleme, animasyon, görsel efekt, oyun ve video tasarımlar oluşturmayı sağlayan 3B yazılımdır. 3B tasarım programları arasında Blender, kullanıcılara ücretsiz bir şekilde kurulum yapmalarına olanak sağlayan açık kaynak bir yazılımdır. GNU Genel Kamu Lisansı (GPL) kapsamında topluluk odaklı bir proje olan Blender, kamuya kod tabanında küçük ve büyük değişiklikler yapma yetkisi verilmiştir bu sayede yeni özelliklere veya hata düzeltmelerine hızlı yanıt vererek daha iyi kullanılabilirlik sağlamaktadır (“Blender-About”, t.y.). Dolayısıyla gönüllü yazılımcılar tarafından kolektif bir biçimde geliştirmeleri sürmektedir. Blender yazılımı kullanıcılara ücretsiz kullanma imkânı tanınması ve Decentraland platformu ile olan uyumlu çalışması sebebiyle de bu çalışmada örnek uygulama çalışmasının tasarımında kullanımı tercih edilmiştir.

3ds Max, ve Maya, inşaat, mimarlık, endüstri ve sinema sektörlerine yönelik yazılım ürünleri geliştiren Autodesk firması tarafından geliştirilen 3B tasarım programlarıdır. *3ds Max*, oyunlar ve tasarım görselleştirmeye yönelik profesyonel 3D modelleme, animasyon ve işleme(render) yazılımıdır. *Maya* ise film, TV ve oyunlara yönelik profesyonel 3D animasyon ve görsel efekt yazılımıdır. Autodesk, 3B tasarımcılar için karakter tasarımları, gerçekçi animasyonlar ve ayrıntılı simülasyonlar için Maya'yı,

yüksek kalitede işleme (render) ve gerçekçi doku ve aydınlatma için ise 3ds Max'i önermektedir ("Maya vs. 3ds Max", 2022)

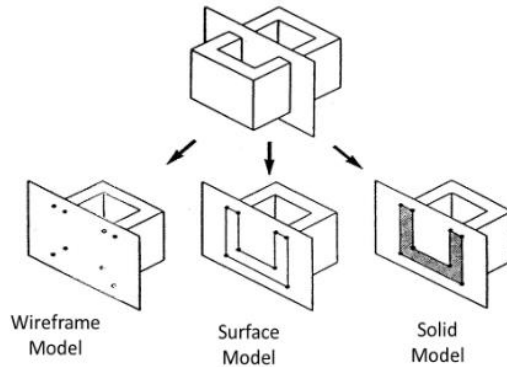
Cinema 4D, Maxon yazılım şirketi tarafından geliştirilen profesyonel bir 3B modelleme, animasyon, simülasyon oluşturmayı sağlayan lisanslı bir tasarım programıdır. Cinema 4D, 3B tasarım, hareketli grafikler, VFX (Visual Effects- Görsel Etki), AR/MR/VR, oyun geliştirme ve her tür görselleştirme profesyoneli için daha erişilebilir ve verimli hale getirmeyi sağlar (Maxon, t.y.).

Zbrush, 3B bir şekillendirme veya dijital heykelticilik yazılımıdır. Ancak bu yazılımda daha çok organik şekillendirme yapılması sebebiyle oluşum yüksek poligon sayısı metaverse platformları için uygun bir tasarım aracı olmamaktadır.

2.5.2. 3B Modelleme Türleri ve Tasarım Öğeleri

3B tasarımında kullanılan teknikler modelleme yöntemleri bakımından farklı türlere ayrılmaktadır. 3B bir nesnenin oluşturulması temelde 3 ana modelleme tekniğine dayanmaktadır. Bunlar; katı (solid), tel kafes (wireframe) ve yüzey (surface) modelleme teknikleridir.

Şekil 7: Tel Kafes, Yüzey ve Katı Modelleme Teknikleri



Kaynak: TraceParts, 2021

Katı modelleme; 3B tasarımın en yaygın modelleme türü olarak kullanılmaktadır. Bu teknik ile oluşturulan 3B objeler, fiziksel bir nesne de olduğu gibi 3 boyutlu bir hacme sahiptir. Temel geometrik şekillerden küp, silindir, piramit gibi modeller kullanılarak deforme edilme yöntemiyle şekillendirilmektedir.

Tel kafes modelleme; yönteminde 3B nesnenin temel geometrik biçiminin görülebildiği şeffaf model üzerinde kesiştiği noktalar, kenarlar ve eğrilerden oluşur.

Bu teknikte yalnızca nesnenin dış görünümü değil aynı zamanda önü ve arkası ile iç yapısı da görülmektedir.

Yüzey modelleme; daha çok modelin dış yüzey görünümüyle ilgilidir. Bu modelleme türü, tel çerçevenin yüzeyinin çokgen ağlarla modelleme türüne göre organik şekle sahip olması sebebiyle daha ayrıntılıdır (3D-Ace Studio, 2021).

3B model tasarımı kullanım alanının amacına yönelik ve ileri seviye modellemelerde ise çok çeşitli teknikler bulunmaktadır. 3B tasarımda kullanılan en yaygın teknikler; poligon modelleme, NURBS (-Non-Uniform Rational B-splines- Düzgün Olmayan Rasyonel Temelli Eğri) modelleme, dijital heykeltçilik (digital sculpting), modelleme gibi kullanılan yöntemlere göre sınıflandırılmaktadır.

Poligon modelleme, 3B tasarımda en yaygın teknik mesh modelleme olarak da bilinen çokgen modelleme çokgen yüzeyleri, kenarları ve köşeleri kullanarak 3 boyutlu nesneler oluşturmayı içerir (Nicola, 2024). Bu tekniğin temelinde basit geometrik formlar (küp, silindir, vb.) kullanılır ve bu formların deforme edilmesiyle istenilen modele dönüştürülür. Poligon modelleme tekniği daha az yüzey sayısı yani low poly tasarımlar oluşturmayı sağlaması sebebiyle de metaverse platformları için en uygun modelleme türü olarak görülmektedir.

NURBS modelleme, sert kenar ve keskin noktalar için yumuşak eğriler ve organik geçişler elde etmeyi sağlayan modelleme türüdür. Düzgün, kavisli yüzeyler oluşturmak için eğrileri ve kontrol noktalarını kullanır ve genellikle araba gövdeleri veya uçak kanatları gibi karmaşık kavisli yüzeyler oluşturmak için otomotiv, ürün tasarımı ve endüstriyel tasarımda kullanılmaktadır (Nicola, 2024).

Dijital heykeltçilik, bir kil parçasına benzeyen formun deforme edilerek istenilen detayda şekillendirmeyi sağlayan karakter ve organik nesneler için kullanılan bir 3B tasarım tekniğidir (3D-Ace Studio, 2021).

2.5.2.1. Biçim

Biçim veya form, çizgi ve yüzeylerin bir araya gelerek bir nesne ya da cisim oluşturan görsel bütünü ifade etmektedir. “Bir nesnenin genişliğini, yüksekliğini, hacmini çevreleyen dış çizgilere form denir. Nesnenin dış hatları çizgi ile belirlenirken üçüncü boyut hissi veren derinlik etkisi varsa form yok ise şekil ortaya çıkar” (Özsoy & Ayaydın, 2016). Ching (2008)’e göre form bir cisme üç boyutlu bir kütle veya hacim

hissi verirken, şekil daha spesifik olarak formun görünümünü yöneten temel yönüne, bir figürü veya formu sınırlayan çizgilerin veya konturların konfigürasyonuna atıfta bulunur. Genel olarak formlar; geometrik-organik, simetrik-asimetrik, köşeli-yuvarlak, gerçekçi-sembolik, hareketli-hareketsiz, doğal-yapay, serbest-sınırlı olmak üzere farklı türlerde biçimsel açıdan sınıflandırılmaktadır (Özsoy & Ayaydın, 2016). Geometrik formlar üçgen, kare ve yuvarlak olmak üzere temel biçimlerden oluşurlar. Aydın (1986)'a göre geometrik formlar kullanıldıkları mekânda farklı etkiler yaratmaktadır. Dikdörtgen formlar dengeli ve dinamik bir etki; dar açılı formlar dengesiz ve rahatsız bir etki; dairesel formların ise rahatlatıcı ve dinlendirici bir etki sağladığını ifade etmiştir.

2.5.2.2. Renk

Özsoy & Ayaydın (2016)'a göre *renk*, duygulara en çok hitap eden ve tasarımda izleyiciyi en çok heyecanlandıran görsel elemandır. Renkler, sıcak-soğuk ve ışığın renk üzerindeki parlaklık değerlerine göre açık-koyu olmak üzere sınıflandırılmaktadır. Kırmızı, turuncu, sarı sıcak renkler; mavi, yeşil, mor soğuk renkler; siyah, beyaz ve gri ise nötr renkler olarak kabul edilmektedir “Herhangi bir cisim güneş ışığından aldığı renkleri yansıtmayıp yutuyorsa o cisim siyah görünür. Siyah ve beyaz rengi karıştırdığımızda gri renk ortaya çıkar” (“Grafik ve Fotoğraf”, 2011). Renkler, insanlar üzerinde uyandırdığı hisler ve tasarımın ifade biçimi üzerinde en etkileyici görsel tasarım unsurlarından biridir. Renklerin görsel algımız üzerindeki psikolojik etkileri Erim (2000)'e göre;

- *Kırmızı*, dikkat çekici, dinamik, tahrik edici, adrenalin salgısını artırıcı, sinirleri uyarıcı ve kan dolaşımını hızlandırıcı etkiye sahiptir.
- *Turuncu*; sıcaklığı, hareketi yaşama sevincini, mutluluk ve neşe hissi uyandırır.
- *Sarı*, aklın ve mantığın rengidir, parlak, sempati ve neşe verir.
- *Yeşil*, serin ve taze bir etkiye sahip, fiziksel yorgunluğu giderici ve dinlendiricidir.
- *Mavi*, soğuk, sakin, berrak bir renktir, insanlarda düşünme, karar verme ve yaratıcı fikirlerin gelişmesine sebep olur.
- *Mor*, asil olarak tabir edilir, kimi zaman asaleti kimi zaman keder ve hüznü ifade eder.
- *Beyaz*, saflık, doğruluk ve temizliği,
- *Siyah*, ağırlık, ciddiyet, ölüm ve korkuyu,
- *Gri*, ağırbaşlılık ve olgunluğu ifade etmektedir (Erim, 2000).

İç mekân tasarımında kullanılan renk türleri mekânın algılanması üzerinde de etkilidir. Sıcak renkli yüzeyler daha yakın algılanırken soğuk renk türlerinin kullanıldığı yüzeyler ise daha uzak algılanmaktadır (Nedim & Paktaş, 2020).

2.5.2.3. Materyal

Materyal, üç boyutlu tasarımın model yüzeyinde kullanılan malzeme türüdür ve modelin görsel tasarımı üzerinde etkili bir unsurdur. Materyal türü, objenin yapısı ve objeyi oluşturan madde hakkında izlenim edinmemizi sağlar. Işığın obje üzerindeki etkilerine göre malzeme parlak, mat ve saydam olmak üzere sınıflandırılabilir.

2.5.2.4. Doku

Doku, bir nesne ya da maddenin dış yüzeyini kaplayan görsel tasarım unsurudur. Parçaların boyutu, şekli, düzeni ve oranlarıyla bir yüzeye verilen görsel ve dokunsal kalitedir (Ching, 2008). Özsoy ve Ayaydın (2016)'nın tanımına göre doku, hissediliş biçimine göre; gerçek ve görsel, kimyasal yapısına göre; organik ve inorganik, doğada var oluş biçimine göre; doğal ve yapay, ortaya çıkış biçimine göre; dinamik ve mekânsal olmak üzere olarak sınıflandırılmaktadır. Bu doku türleri ahşap, cam, metal, kumaş, plastik, taş gibi malzemelerden oluşmaktadır.

2.5.2.5. Işık

Işıklandırma, üç boyutlu model tasarımında renk ve dokular üzerinde etkili bir tasarım unsurudur. Tasarımda ışıklandırma ortam ya da objelerin aydınlatılmasında kullanılan görsel elemandır. Tasarım, ışığın renksel kimliğinin mekâna yansımalarıyla ifade kazanır (Fitöz vd., 2007). Işık, gece ve gündüz değişiminin bir göstergesi olarak ortam ışığı ve neon parlamalardan oluşan yapay ışık olmak üzere iki farklı aydınlatma ögesi olarak kullanılmaktadır.

2.5.2.6. Hareketli Grafik

Hareketli grafik, bir tasarım yazılımı aracılığıyla bilgisayar ortamında oluşturulmuş model ya da karakteri hareketlendirme işlemidir. Hareket, tasarım üzerinde izleyicinin ilgisini çekme açısından etkili bir tasarım unsurudur. Aynı zamanda hareketli grafik öğeleri tasarıma dinamizm kazandırmanın bir yoludur.

3. BLOKZİNCİR

Metaverse, varoluşundan bu yana bilim kurgu gibi edebi içerikler ile metin-tabanlı geliştirilen sanal ortamlar, gelişen 3 boyutlu bilgisayar grafikleri ve çok kullanıcı çevrimiçi oyunlarından oluşan bir dizi teknolojik süreçlerden beslenmiştir. Bununla birlikte; Web 3.0, blokzincir ve genişletilmiş gerçeklik gibi bu güncel teknolojiler Metaverse'nin son dönemlerinde mevcut potansiyelini artırmada etkili olmuştur.

3.1. Web 3.0

İnternet ve web birbirleri ile ilişkili alanlardır ancak farklı kavramları temsil etmektedirler. İnternet sayfaları başlangıçta toplulukların erişimine sunulduğunda sınırlı bir alana sahipti ve kullanıcılar bu var olan alanda içeriğin yalnızca izleyicisi olarak yer almaktaydı. Değişen ve gelişen teknoloji beraberinde web sistemlerindeki içeriğin, izleyiciye ulaşmasındaki farklılıklar Web'i dönemlere ayırmıştır. Web teknolojilerinin en temel basamağı, biliş ağı olarak da adlandırılan Web 1.0 kullanıcıların internet ağı üzerindeki bilgiye erişebildikleri ve içeriğin yalnızca okuyucusu olarak yer aldıkları dönemdir. Web 2.0 teknolojisi ise daha çok insan merkezli ve kullanıcıların hem okuyucu hem de üretici olduğu çift yönlü bilgi akışının sağlandığı dönemdir (Aghaei vd., 2012). Semantik web olarak isimlendirilen Web 3.0'ün temel amacı ise web'i sadece insanlar tarafından değil, bilgisayarlar tarafından da okunabilir hale getirmektir. Ayrıca web 3.0 teknolojileri, üç boyutlu grafik araçları veya uygulamaları ile web siteleri üzerinde kullanıcının üç boyutlu nesneler oluşturması ve animasyon üzerinde kontrol sağlamasına izin verir (Jacksi & Abass, 2019). “Web 3.0'in temel ilkelerinden biri, daha yaygın olarak blokzincir olarak adlandırılan dağıtılmış defter teknolojisini kullanarak değerli içerik ve hizmetleri merkezi olmayan bir hale getirmektir” (Murray vd., 2022). Web 3.0, veri gizliliği konusunda artan endişe ve internet devlerinin tekeli gücüne karşı merkezi olmayan ve kullanıcı merkezli bir internete doğru yönlendirmektedir (Zheng & Lee, 2023). Metaverse terimini ilk kez edebi anlamda kullanan Neal Stephenson ise, Snow

Crash'te tasavvur ettiği metaverse de Web 3.0'ı öngörmediğini fakat blokzincir teknolojisinin, metaverse'ün gerçekteşmesi için gerekli olduğundan da söz etmiştir (Nelson, 2022). Bu doğrultuda metaverse'ün idealize ettiği ve kullanıcı odaklı bir deneyimin gerçekteşmesi ancak blokzincir teknolojileri ile web 3.0'ın kullanımı ile mümkün hale geleceği öngörülmektedir.

3.2. Blokzincir

Blokzincir, son dönemlerde kripto paraların artan kullanımına bağlı olarak öncelikli olarak finans endüstrisi olmak üzere birçok alandaki veri yönetimi sistemi üzerinde etkili bir teknolojidir. Blokzincir oluşumunun temeli, ilk olarak 2008 yılında Satoshi Nakamoto isimli kimliği belirsiz biri tarafından ileri sürülen (Ünsal & Kocaoğlu, 2018; Zhao vd., 2016), eş ağlar üzerinde üçüncü bir aracı kişi veya kuruma gereksinim duyulmaksızın kullanılabilen elektronik bir ödeme sistemine dayanmaktadır. 2009 yılında ise blokzincir, Bitcoin adı verilen ve dijital ortamda kullanılan sanal para biriminin ortaya çıkmasıyla da bilinirlik kazanmıştır. "Bitcoin'in temel yapıtaşi olan blok zinciri teknolojisi de ilgi çekmeye başlamış ve başta finans sektörü olmak üzere birçok farklı alanda yeni ürün ve hizmetler oluşturmak için kullanılabileceği gözlemlenmiştir" (Ünsal & Kocaoğlu, 2018). Günümüzde blokzincir; finans, sağlık, gayrimenkul, tedarik zinciri, kamu kurumları ve telekomünikasyon gibi birbirinden farklı sektörlerde kullanılma potansiyeli bulunmaktadır (Kırbaş, 2018).

Blokzincir teknolojisi için en geniş ifadeyle Karahan'a (2019) göre;

Blokzincir teknolojisinin üzerinde uzlaşmış tek bir tanımı bulunmamakla birlikte en temel ifadeyle tek bir kişi ya da kuruluşun kontrolünde olmayan, düğüm adı verilen çok sayıda bilgisayar tarafından yönetilen, işlemlerin doğrulanması için özetleme algoritmasını, onaylanması için ise mutabakat protokollerini kullanan, işlemleri zaman damgası ile sıralayan, onaylanmış işlemleri birbiri ardına kriptografi ve özetleme fonksiyonları ile bağlayarak tüm düğümlerde özdeş kopyasını tutan, içerdeği verilerin değiştirilmesi ve geriye çevrilmesi hemen hemen imkânsız olan dağıtık bir veri kayıt sistemidir. (s. 57)

Blokzincir teknolojisi ağ üzerinde yapılan tüm işlemler bloklar halinde tutulduğu ve bu blokların birbirine bağlanarak zincirleme ile sistem sürekliliği sağlandığı bir çalışma prensibine sahiptir. Blokzincir sisteminde gerçekteştirilen işlemler mevcut ağ

üzerinde yayınlanır ve şifreleme algoritmaları aracılığıyla doğrulanarak blok oluşturmaktadır. Sistem üzerindeki her düğüm, sistemde bulunan herhangi iki kişi tarafından doğrulanarak kaydı tutulur, doğrulanan bu veriler geriye dönük bir biçimde değiştirilemez veya silinemez hale gelmektedir (Ünal & Uluyol, 2020). Blokzincir teknolojisi ilk ortaya çıktığı 2009 yılından günümüze kadar üç evrede gelişim göstermektedir (Tanrıverdi vd., 2019). Blokzincir 1.0 evresi, özellikle Bitcoin olmak üzere kripto para birimleri ile ilgili ödemeler, Blokzincir 2.0 evresi, kripto para ve dijital finans işlemlerinin yürütüldüğü akıllı sözleşmeleri ve Blokzincir 3.0 evresi ise blokzincir tabanlı teknolojiler ve uygulamaları içermektedir (Bhutta vd., 2021).

Lin ve Liao'a (2017) göre blokzincir sistemindeki işlemlerin uygunluğunun sağlanmasında bazı temel unsurları içermelidir. Bu unsurlar;

Merkeziyetsizlik: Blokzincirde verilerin merkezi bir yerde tutulmayıp dağıtık bir biçimde kaydedilebilir, depolanabilir veya güncellenebilir olması en temel özelliğidir.

Şeffaflık: Blokzincir sisteminde kaydedilen veriler ve verilerin güncellenmesi her bir düğüm için şeffaf olup bu sayede blokzincir teknolojisi güvenilir kabul edilmektedir.

Açık Kaynak: Blokzincir sistemindeki verilerin kaydı tüm kullanıcılarına açık ve üzerinde kontrol edebilmelerine imkân tanımaktadır.

Bağımsızlık: Blok zincirindeki mutabakat yapısından dolayı sistemdeki her bir düğüm, tek bir merkez yerine tüm sistemde verilerin güvenli bir şekilde aktarılabilir veya güncellenebilir olmasını sağlamaktadır.

Değiştirilemezlik: Blokzincir sistemindeki tüm kayıtlar silinemez veya değiştirilemez olup kalıcı olarak depolanmaktadır.

Gizlilik: Blokzincir sistemine eklenen tüm veri işlemleri için kişilerin kimlik bilgisine yer verilmez yapılan veri aktarımlarında blok zincir adresinin bilinmesi yeterlidir (s.653).

3.3. Blokzincir Tabanlı Bir Metaverse Platformu Örneği Olarak Decentraland

2016 yılında geliştirilmeye başlanmış olan oyun tabanlı Decentraland uygulaması, Ethereum (ETH) blokzinciri tarafından desteklenen merkezi olmayan bir metaverse platformudur. Decentraland, kullanıcıların kendi içeriklerini oluşturabildikleri ve bu içerikler sayesinde para kazanabilecekleri ilk web 3.0 sanal dünyasıdır (Guidi &

Michienzi, 2022). Kullanıcılar tarafından içeriğin oluşturulabildiği bu platformda satın alınabilen araziler üzerinde yapı inşa edebildikleri, bu yapıları diğer kullanıcıların ziyaretine açabildikleri ve geliştirilen içeriklerinden para kazanabildikleri bir blokzincir tabanlı bir uygulamadır. Kullanıcılar hem internet tarayıcısı aracılığıyla hem de masaüstü uygulamasını kişisel bilgisayarlarına kurulum yaparak bu sanal ortama bağlanabilmektedirler.

3.3.1. Ekonomi

Decentraland ekonomisinin yönetimi, merkezi olmayan DAO sözleşmesine bağlı gerçekleşmektedir. DAO sözleşmesi, ilgili organizasyonun ve etkinliklerini koordine etmek için merkeziyetsizlik teknolojilerini kullanan yönetsel ve finansal bilgileri şeffaf bir biçimde yürütüldüğü yapılardır (Karaarslan & Yazıcı Yılmaz, 2022). Böylelikle platform kullanıcıları, merkezi bir karar mekanizması yerine kendilerine ait arazi ve varlıklar üzerinde söz sahibidir. DAO'nun geçerliliği bir blokzincir üzerinde yer alan programların yürütülmesini sağlayan akıllı sözleşmelere bağlı olmaktadır (Murray vd., 2022). Merkeziyetsiz uygulamalar para birimi, arazi ve gayrimenkul kaynakları temsil etmek için Ethereum ağındaki depolanan değiştirilemez bir program olan akıllı sözleşmelerden yararlanır. Akıllı sözleşmeler, taraflar arasında güvenilir üçüncü tarafların veya arabulucuların yerini alan gerçek dünyadaki sözleşmelerin şartlarını dijital alanda kapsayan ve kopyalayan basit bilgisayar kodudur (Taherdoost, 2023) “Burada akıllı sözleşmenin değiştirilemezliği, tutarlılığı ve şeffaflığı blokzinciri tarafından sağlanmaktadır” (Tanrıverdi vd., 2019). Uygulamada kendi sanal para birimi olarak değiştirilemez ve devredilemez bir varlık olarak bir ERC-20 tokeni olan “MANA” kullanılmaktadır. MANA, bu sanal dünyada dijital mal ve hizmet alımlarını yapmak için kullanılabilen sanal paradır.

3.3.2. Teknoloji

Decentraland, uygulama içerisindeki tüm ticari işlemlerde Ethereum blokzincir teknolojisini kullanmaktadır. Decentraland'de sanal varlıklar ve araziler, değiştirilemez, devredilemez ve bir dijital varlık olarak Ethereum akıllı sözleşmesinde saklanan ve blokzincir tabanlı defterde talep edilebilen ERC20 kodu ile tokenler(sanal para) MANA'yı çağırır (Huynh-The vd., 2023a). ERC-20 kodu, Ethereum blokzincir ağı üzerinde oluşturulan ve çalışan tüm tokenlar için geçerli bir sanal para standardıdır.

Kullanıcılar platformda dijital cüzdanlar aracılığıyla kişisel hesaplarını açarak, sanal harcamalarını ve oyunlardan elde ettikleri paraları yönetebilmektedirler. Decentraland, uygulama içi dijital tüm varlıklar 3B nesneler ve ticari işlemler Ethereum blokzinciri ile arasında köprü görevi gören kripto para cüzdanı Metamask aracılığı ile yapılmaktadır. Bu dijital cüzdan kişisel hesap görevi görerek, kullanıcıların farklı cihazlardan da bağlanarak tüm dijital varlıklarını (avatarlar, mülkiyetler, koleksiyonlar) güvende tutarak erişmesini sağlar. *Metamask*, Cüzdan API (Application Programming Interface- Uygulama Programlama Arayüzü) kullanarak Ethereum hesaplarına bağlanmayı sağlamaktadır (“Wallet”, t.y.).

3.3.3. Üretim

Decentraland içerisinde, kullanıcıların içerik üretebildikleri ve deneyim alanları oluşturabildikleri sanal arazilere sahiptir. Bu arazi alanları, kartezyen koordinatlarla (x,y) biçiminde tanımlanan parsellere bölünmüştür. Decentraland arazileri üzerinde dört farklı parsel türü bulunmaktadır. Bunlar; özel mülkiye ait parseller, kullanıcıların sahip olduğu tek parseller, bölge; özel projeler için gruplanmış parseller, yol; kimsenin mülkiyetinde olmayan parseller, plaza; sanal dünyanın ana meydanları olarak işlev gören halka açık buluşma noktalarını olarak hizmet eden parsellerdir (Guidi & Michienzi, 2022).

Şekil 8. Decentraland Arazi Görşeli



Kaynak: Decentraland, 2024

Decentraland'de her bir kare alan boyutu 16 metreye 16 metrelik arsalardan oluşan toplamda 90.601 parsel bulunmaktadır (Bkz. Şekil 8). Parsellerin 43689'sı kişisel, 33886 bölgesel, 9438 yol, 3588 ise plaza arsasından oluşmaktadır (“Decentraland

Land”, 2020). Decentraland platformu kullanıcılarına satın aldıkları bu parseller üzerinde üretim yapabildikleri gibi diğer kullanıcıların ziyaretine açarak içerisinde ürün tanıtımı ve satışını sağlayabilmektedir. Decentraland'de arsa sahibi olan içerik oluşturucular bu araziler üzerinde gayrimenkuller, oyunlar veya konserler gibi dinamik etkileşimli sistemler oluşturabilir burada yer alan tüm sanal varlıklara ne olacağı konusunda karar vericidir (Zheng & Lee, 2023).



4. TASARIM İLKELERİ BAĞLAMINDA BLOKZİNCİR TABANLI METAVERSE PLATFORMLARINDAKİ 3B YAPILARIN ANALİZİ

Metaverse platformlarının yaygınlık kazanmasıyla birlikte birçok firma fiziksel varlıklarını sanal ortamlara taşıyarak marka ile kullanıcıları arasında yeni bir iletişim modeli başlatmıştır. Büyük marka veya firmalar için metaverse'ün sağlamış olduğu en büyük faydaları arasında olan fiziksel mekândan bağımsızlık, tüketicilerine ulaşmak için hızlı bir inşa sürecine neden olmuştur. Böylelikle markalar metaverse platformlarında kendi gerçek mekânına benzer veya sanal ortamın olanakları ile kurgusal mekânlarını ve deneyim alanlarını oluşturabilmektedir. Bu sebeple bu alanlardaki deneyimlerin şekillenmesinde hiç şüphesiz tasarım unsurları, oluşturulan üç boyutlu modelin estetik ve görsel açıdan verilmek istenen etkinin sağlanmasında ve tasarımın anlamlandırılması açısından büyük bir öneme sahiptir. Fischer (2022)'e göre metaverse uygulamaları kullanıcı cihazları ile teknik açıdan sınırlıdır ancak mimari bir yapı tasarımında bir müşteri veya sahibi tarafından algılamak istenen ilgi, ifade ve duyuların oda ya da mekân yaratımı üzerinde gerçekte olduğu gibi sanal ortamda da karşılanmasına ihtiyaç duyulmaktadır (Fischer, 2022). Bu sebeple fiziksel yaşamımızda olduğu gibi metaverse ortamındaki sanal yapıların oluşturulmasında tasarımcının, yapı üzerindeki görsel ve estetik sunumu üzerindeki tasarım yaklaşımı da oldukça önemli hale gelmektedir.

4.1. 3 Boyutlu Yapıların Biçimsel Analizi

Çalışmanın bu bölümünde araştırmanın örneklemini oluşturan Decentraland platformunda yer alan ve rastlantısal seçim yöntemi ile belirlenmiş 6 popüler yapı tasarımı inceleme konusu olarak seçilmiştir. Yapı incelemelerinde marka kimliği araştırma kapsamı dışında tutulması sebebiyle örnekler Yapı 1, Yapı 2...Yapı 6 biçiminde isimlendirilmiştir. Üç boyutlu yapı tasarımları; modelin biçimi (geometrik, organik, simetrik, asimetrik), renk (sıcak-soğuk, açık-koyu, nötr), kullanılan materyal (parlak, mat, saydam), doku (gerçek-yapay), ışık (doğal-yapay) ve hareketli grafik

(karakter-obje) özelliklerine göre temalar ve onların alt tema başlıkları altında incelenmiştir. Bu incelemeler neticesinde tasarımlar fiziksel dünyamızdaki görsel tasarım diline yakınlığı veya sanal evrendeki algı biçimine göre değerlendirilerek sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırmalar sonucunda Decentraland isimli metaverse platformunda bulunan 3B yapı tasarımları gerçek ve gerçeküstü yapılar olmak üzere iki farklı tasarım üslubuna yönelik bulgulara ulaşılmıştır.

Tablo 2. Analiz Unsurları

Tema	Alt Tema
Biçim	Geometrik
	Organik
	Simetrik
	Asimetrik
Renk	Sıcak
	Soğuk
	Açık
	Koyu
	Nötr
Materyal	Parlak
	Mat
	Saydam
Doku	Gerçek
	Yapay
Işık	Doğal
	Yapay
Hareketli Grafik	Karakter
	Objeler

4.1.1. Tasarım İncelemesi: Yapı 1

Yapı 1, Decentraland platformunda -96, -19 koordinat numaralarında yer almaktadır. Yapı biçimi açısından incelendiğinde dikdörtgen bir geometrik forma sahip olduğu görülmektedir. Şekil 9'de yer alan modelin dış yüzeyinde kullanılan açık krem renk modele gerçekçi bir duvar görüntüsü izlenimini vermektedir. Mekânın dış yüzeyinde doku yerine, çatı ve duvarlarda mat koyu bir renkten oluşan materyal kullanılmıştır. Yapının dış duvar yüzeyinde konumlandırılan pencereler ve vitrin camları gerçek yapı tasarımlarındaki gibi kullanılmaktadır. Pencerelerdeki cam etkisi, saydam materyal

kullanılarak sağlanmaktadır. Tasarımda ışık, logo ve duvar aydınlatmalarıyla sınırlı kullanılmış, animasyon öğelerine ise yer verilmemiştir.

Şekil 9. Yapı 1'e Ait Dış Cephe Görünümü (Koordinat numarası: -96,-19)



Kaynak: Decentraland, 2023, [08.03.2023]

Şekil 10'da yer alan yapıya ait iç mekân tasarımında ise, zemin ve duvar yüzeylerinde marka logosundan oluşan görsel dokuları ile kaplandığı görülmektedir. İç mekân tasarımının aydınlatılmasında platformun kendi doğal ışığından faydalanılmış ek bir aydınlatma unsuruna yer verilmemiştir. Tavan kaplamasında ise mat ve soğuk bir renk olan mor materyal kullanılmaktadır. Tüm bu tasarım öğelerinin kullanımı incelendiğinde yapıda üzerinde kullanılan mat soğuk renklerin kullanımı ve oldukça az bulunan neon aydınlatmalar yapıya gerçekçi bir görünüm kazandırmaktadır. Yapı modelinin genel görünümü incelendiğinde de kullanılan pencere ve kapının fiziksel dünyada aşina olunan bina düzenine göre yerleştirildiği görülmektedir. Yapı modelinde kullanılan bu tasarım unsurlarının etkileri incelendiğinde binanın gerçekçi bir yapı üslubuna yakın bir tasarım anlayışı ile oluşturulduğu sonucuna varılmaktadır.

Şekil 10. Yapı 1'e Ait İç Mekân Görünümü (Koordinat numarası: -96,-19)



Kaynak: Decentraland, 2023, [08.03.2023]

4.1.2. Tasarım İncelemesi: Yapı 2

Mücevher ve koleksiyon satışı yapan bir komisyon şirketi 54,84 numaralı koordinat noktasında Decentraland platformunda yer alan metaverse yapısıdır. Yapı modelinin dış cephe görünümü tasarım unsurlarına göre incelendiğinde; yapının formu dikdörtgen biçiminde klasik bir bina biçimine sahiptir (Bkz. Şekil 11). Bina modelinin dış yüzeyinde yer alan kapı ve cam modellerinde de dikdörtgen biçimde geometrik formun kullanıldığı görülmektedir. Yapıda ağırlıklı olarak soğuk renklerin kullanımı hâkimdir. Yapının dış yüzeyinde kullanılan krem rengi mat materyal ile üst çatı bölümünde kullanılan taş dokusu binaya gerçekçi bir duvar etkisi sağlamaktadır. Yapının diğer görsel elemanlarını oluşturan kapı modelinde koyu mat kahverengi materyal ile dikdörtgen biçimindeki camlarda ise koyu mat gri bir materyal kullanılmıştır. Yapının giriş kısmı, dış ve iç mekânda yer alan camlarda ise cam etkisi elde etmek için saydam materyalin kullanıldığı görülmektedir.

Şekil 11. Yapı 2'e Ait Dış Cephe Görünümü (Koordinat numarası: 54,84)



Kaynak: Decentraland, 2023, [13.03.2023]

Şekil 12'de yer alan iç mekân tasarımı incelendiğinde ise zemin ve yüzeylerde doku kullanımı mevcuttur. Modelin iç yüzeyinde kullanılan taş ve ahşap dokusunun ortamın gerçekçiliğini artırdığı görülmektedir. İç mekânda yer alan masa ve koltuk gibi mobilya tasarımları da biçim ve doku özellikleri bakımından gerçekçi bir görünüme sahiptir. Yapının zemininde kullanılan halı ve mermer dokusu ortamın gerçekçi etkisini sürdürmektedir. Yapının dış cephesinde ışıklandırmaya yer verilmemiştir. Fakat fiziksel yaşamda aşına olunan tavana sabitlenmiş lamba modelleri ise iç mekân aydınlatmasında kullanılmaktadır. Yapının iç ve dış mekân tasarımında hareket ögesi kullanılmamış, yapı tamamen durağan tasarlanmıştır. Binanın genel tasarımı incelendiğinde modelin formu, mat renklerin kullanımı, yapının statik görünümü ve

ağırlıklı olarak kullanılan gerçekçi doku özellikleri bakımından gerçekçi bir tasarım anlayışını yansıttığı sonucuna varılmaktadır.

Şekil 12. Yapı 2'e Ait İç Mekân Görünümü (Koordinat numarası: 54,84)



Kaynak: Decentraland, 2023, [13.03.2023]

4.1.3. Tasarım İncelemesi: Yapı 3

Decentraland platformunda -116,-50 koordinatlarında yer alan bir ayakkabı firmasına ait metaverse yapısıdır. Şekil 13'te yer alan markaya ait üç boyutlu modelin tasarımı incelendiğinde; yapının dikdörtgen formunda, kenar yüzeylerinin kavisli ve asimetric bir biçimde şekillendirildiği görülmektedir. Yapının formu, büyüklüğü ve yerleşimi açısından dengeli ve dinamik bir düzene sahiptir. Yapının dış duvar yüzeyinde siyah, koyu gri renk ve yeşil neon aydınlatmalar kullanılmıştır. Koyu zemin rengi üzerine açık renk ve ışıklandırmalar yapıya fütüristik bir etki sağlamaktadır. Modelin dış yüzeylerinde mekanik biçimlerden oluşan yapay metal parçalar ve koyu renkli mat materyal kullanmıştır. Işık ve hareketli grafik özelliklerine göre incelediğimizde; yapının dış yüzeyi yapay ışıklandırmalar kullanılarak aydınlatılmıştır. Dış mekân tasarımında hareketli bir öge kullanılmamış ve yapı durağan olarak tasarlanmıştır. Yapının giriş bölümünde iç mekâna geçişi sağlamak amacıyla hareketli bir asansör ve büyüklüğü ile dikkat çeken bir kadın figürü animasyonu eklenmiş yapının genel görünümüne hareket kazandırılmıştır. Dış cephe ve mekânda kullanılan tasarım öğelerinin fiziksel dünyamızdaki tasarım anlayışına uzak bir yaklaşım benimsenmiş olduğu ve böylelikle yapının gerçeküstü görünümünü kuvvetlendirdiği görülmektedir.

Şekil 13. Yapı 3'e Ait Dış Cephe Görünümü (Koordinat numarası: -116,-50)



Kaynak: Decentraland, 2023, [27.02.2023]

Şekil 14'te yer alan iç mekân tasarımları incelendiğinde ise; üst konumda yer alan ortamın iç duvar yüzeyinde gerçekçi bir doku unsuru olarak taş kullanılmış ancak asimetrik biçimde yerleştirilen duvar ve yüzeylerinde yer alan neon ışıklandırmalar bu gerçekçilik hissini azaltmaktadır. Tavandan aşağı doğru süzülen ve yere yansıyan dalgalı yapay ışıklandırma ortamın aydınlatılmasında kullanılmıştır. Markaya ait kendi merkezinde dönen ayakkabı modeli mekânda animasyon ögesi olarak yer almıştır. Duvarda kullanılan koyu gri renk ve parlak renkli ışıklandırmalar dış mekân ile uyumlu olarak ortamın fütüristik havasını sürdürdüğü görülmektedir.

Şekil 14'te alt bölümde yer alan görsel incelendiğinde, alışılmışında dışında iç mekânın zemininde toprak dokusunun kullanıldığı görülmektedir. Bu mekânın tasarımında tavan kullanılmadığı ve sislerden oluşan üst bölüm açık bir ortam hissi sağlamaktadır. Aynı zamanda bu odalar arasında kapılar aracılığıyla geçişlerde kullanılan teleport yöntemi de tasarıma gerçeküstü bir etki kazandırmaktadır. Ortama hâkim olan turuncu renk ile kullanılan toprak dokusu pekiştirilmiş diğer mekânda kullanılan soğuk renklerin aksine sıcak bir atmosfer sağlamıştır. Markaya ait yapının genel görünümü tasarımı unsurları çerçevesinde değerlendirildiğinde; ağırlıklı olarak kullanılan neon aydınlatmalar, asimetrik formlar, yeşil, turuncu gibi koyu zemin üzerine kullanılan canlı renkler, obje ve karakterlere tanımlanan animasyon öğelerinin tasarıma fütüristik bir hava kazandırdığı dolayısıyla gerçeküstü bir tasarım üslubunun benimsendiği sonucuna ulaşılmıştır.

Şekil 14. Yapı 3'e Ait İç Mekân Görünümü (Koordinat numarası: -116,-50)



Kaynak: Decentraland, 2023, [27.02.2023]

4.1.4. Tasarım İncelemesi: Yapı 4

Yapı 4, Decentraland platformunda -107,-15 numaralı koordinat noktalarında yer alan bir giyim markasıdır. Şekil 15'te yer alan yapının dış cephe modeli incelendiğinde binanın; dikdörtgen bir geometrik forma sahip olduğu görülmektedir. Ancak köşeli formların sağladığı gerçekçi etkinin bu tasarımda kullanılan doku, ışık ve yapının yerleşimi bakımından gerçeküstü etkisinin ağırlık kazandığı görülmektedir. Aynı zamanda yapının dış yüzeyinde kullanılan neon çerçeve ile ışıltıların yanı sıra saydam materyal kullanımı yapının fütüristik etkisini artırmaktadır.

Mavi, kırmızı ve beyaz renklerden oluşan yapıda hem soğuk hem sıcak renklerin dengeli bir biçimde kullanıldığı görülmektedir. Yapı yüzeyinde kullanılan bu mavi, kırmızı ve beyaz renklerin parlak materyal olarak dış cephe kaplaması olarak seçildiği görülmektedir. Dış duvar yüzeyinin iç bölümlerinde de markanın baş harflerinden oluşan görsel dokuları kullanılmıştır.

Şekil 15. Yapı 4'e Ait Dış Cephe Görünümü (Koordinat numarası: -107,-15)



Kaynak: Decentraland, 2023, [05.03.2023]

Şekil 16'da üst konumda yer alan görselde görüldüğü üzere ana giriş bölümünün dış mekâna kıyasla daha sade bir görünüme sahip olduğu ve mavinin koyu tonu ve mat materyal kullanıldığı görülmektedir. Yapının dış duvarında kullanılan köşeli formun yerine giriş alanının oval biçimde tasarlanarak biçim dengesinin sağlandığı görülmektedir. Bu alanın tavan bölümüne yerleştirilen neon ışıklandırmalı yazıların asimetrik konumu iç mekâna hareketlilik kazandırmaktadır.

Şekil 16'da alt konumda yer alan görselde de görülmekte olan bir diğer iç mekân tasarımı incelendiğinde; tavanda kullanılan çember şeklindeki neon ışık aydınlatıcı öge olarak yer almaktadır. Bu mekânın duvar, zemin ve tavan yüzeyleri doodle olarak adlandırılan çizimlerden oluşan doku ile tamamen kaplanmıştır. Bu doku kullanımı ortama karikatürize bir etki sağlamış ve yapaylık hissini kuvvetlendirmiştir. Yapının genel görünümü ve tasarım unsurlarının etkileri bakımından incelendiğinde ağırlıklı olarak kullanılan yapay doku görselleri, canlı renkler ve neon aydınlatmaları yapının gerçeküstü bir tasarım anlayışına sahip olduğu sonucuna varılmaktadır.

Şekil 16. Yapı 4'e Ait İç Mekân Görünümü (Koordinat numarası: -107,-15)



Kaynak: Decentraland, 2023, [05.03.2023]

4.1.5. Tasarım İncelemesi: Yapı 5

Decentraland platformunda -87, -2 numaralı koordinat noktalarında yer alan bir spor markasına ait metaverse yapısıdır. Markanın dış cephe modeli incelendiğinde; binanın üçgen formuna sahip olduğu görülmektedir (Bkz. Şekil 17). Yapı tasarımında ağırlıklı olarak sıcak renk kullanılmaktadır. Koyu siyah zemin üzerine kullanılan parlak kırmızı renk ve neon ışıklandırmalar tasarıma gerçeküstü bir etki sağlanmanın yanı sıra yapının ön plana çıkarak görsel çekiciliğini artırmaktadır. Dış yüzeyinde kullanılan kırmızı ışıklandırmalar, tekrar eden üçgen yapılar ve marka logolarının yerleştirilme biçimi tasarıma dinamizm katmıştır. Bu hareketlilik de yapının gerçeküstücülüğünü pekiştiren bir diğer unsurdur.

Şekil 17. Yapı 5'e Ait Dış Cephe Görünümü (Koordinat numarası: -87,-2)

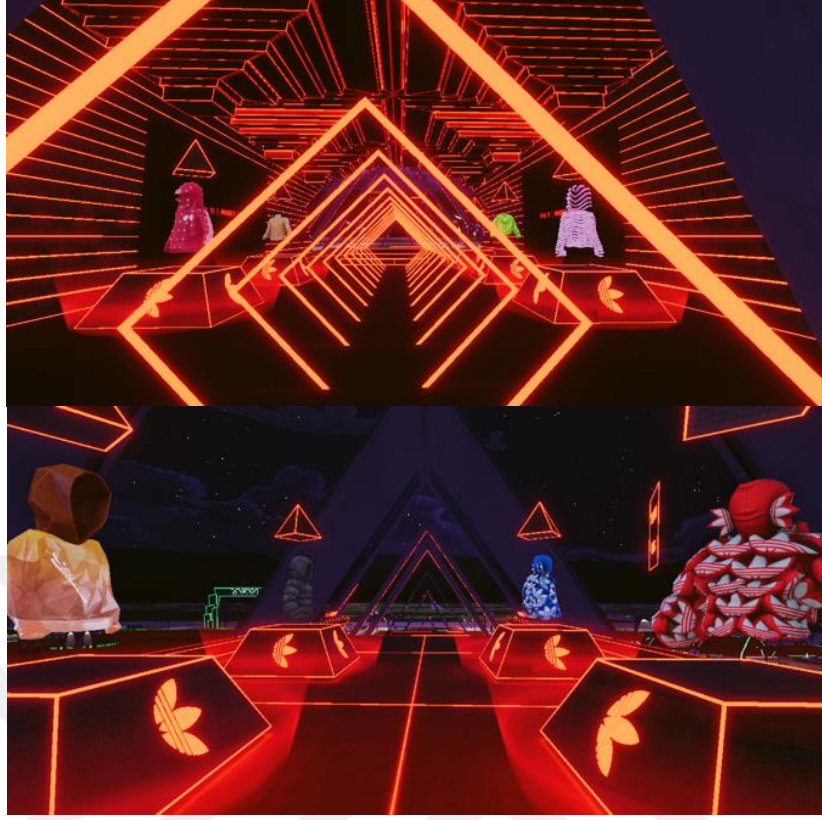


Kaynak: Decentraland, 2023, [06.03.2023]

Şekil 18'de üst bölümde yer alan yapının iç mekân tasarımı incelendiğinde; dış cephe yüzeyinde olduğu gibi siyah ve kırmızı renklerin kullanımı devam etmektedir. İç duvar yüzeyinde kullanılan düz neon kırmızı ışıklandırmalar ile giriş bölümünde bulunan eğimli biçimde yerleştirilen kare çerçeveler ortama asimetrik bir düzen sağlamış ve yapıya hareket kazandırılmıştır. Bina girişinde merdiven basamaklarına yer verilirken iki kattan oluşan yapının üst bölüme geçiş için dikdörtgen formunda aşağı yukarı hareket halinde bir asansör modeli bulunmaktadır.

Şekil 18'de alt bölümde yer alan yapının üst katına ait iç mekân tasarımı incelendiğinde; bu bölümde aşağı katta da bulunan marka ürünlerinin yer aldığı stantlar yerleştirilmiştir. Bu stantların tasarımında da üçgen form kullanımı korunmuş piramit şeklinde ve modelin ortasına ürün yerleştirilmesi amacıyla açık biçimde tasarlanmıştır. İç mekânın duvarlarında taş dokusu ve stantlarda ise metalik dokular kullanılmış fakat neon aydınlatma bu modellerin gerçekçi etkisini azaltarak yapay bir görünüm elde edilmiştir. Yapı tasarımında kullanılan görsel tasarım unsurlarının etkileri bakımından incelendiğinde; modelde ağırlıklı olarak kullanılan parlak neon ışıklandırmaların, tekrar eden üçgen, kare formların yapıya fütüristik bir atmosfer sağladığı ve gerçeküstü bir tasarım anlayışının benimsendiği görülmüştür.

Şekil 18. Yapı 5'e Ait İç Mekân Görünümü (Koordinat numarası: -87,-2)

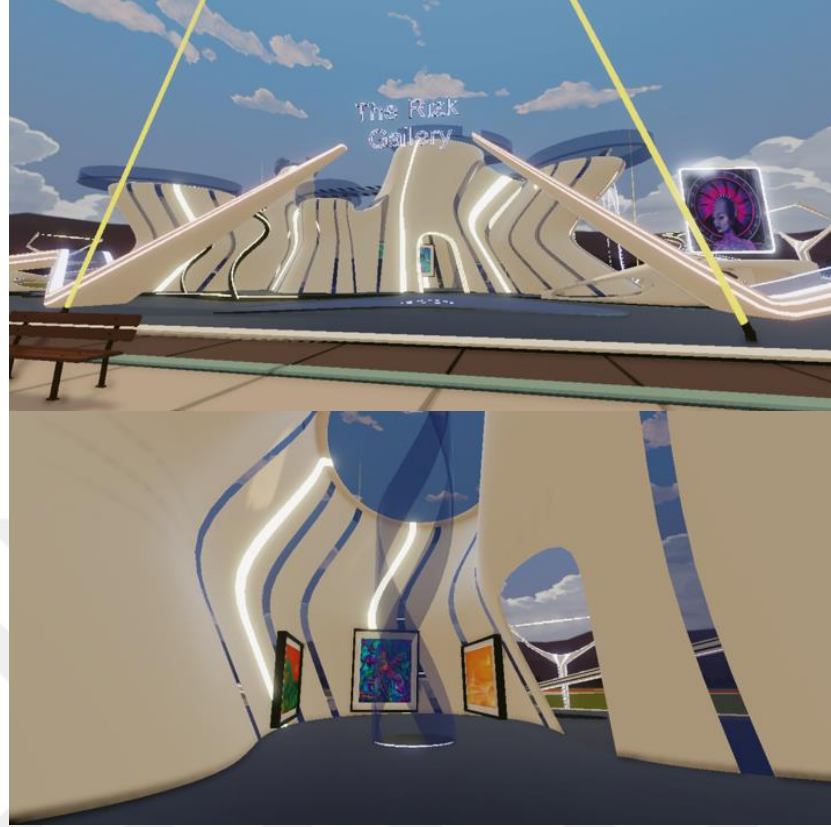


Kaynak: Decentraland, 2023, [06.03.2023]

4.1.6. Tasarım İncelemesi: Yapı 6

Decentraland arazisinde -85, 60 numaralı koordinat noktalarında bulunan bir sanat galerisine ait metaverse yapısıdır. Tasarım dış cephe özelliklerine göre incelendiğinde; yapının organik bir formda şekillendirildiği görülmektedir (Bkz. Şekil 19). Yapının dış yüzeyinde ağırlıklı olarak parlak ve açık krem renkli bir materyal tercih edilmiştir. Dış ve iç yüzeylerde açık renkli krem materyal kullanımı yapıya saf ve temiz bir görünüm sağlamıştır. Yapının üst çatı kısmındaki alanlarda ise cam görünümü sağlamak amacıyla mavi renkte saydam materyal kullanılmıştır.

Şekil 19. Yapı 6'a Ait Dış Cephe ve İç Mekân Görünümü (Koordinat numarası: -85,60)



Kaynak: Decentraland, 2023, [16.03.2023]

Yapının iç ve dış yüzey tasarımında doku kullanımına yer verilmediği görülmektedir. Dış cephe ve iç mekân yüzeyi ile kapı çerçevesinde beyaz renkte neon ışıklandırmalar kullanılmaktadır. Dolayısıyla modelin tamamında kullanılan krem renkli parlak materyalin neon ışıklarla desteklenmesiyle fütüristik bir görünüm elde edilmiştir. Tasarımda kullanılan neon ışıklandırmalar yapının hem aydınlatma hem de animasyon ögesi olarak yer almaktadır. Yapının iç mekân tasarımının farklı bölümlerinde sergileme alanları bulunmaktadır. Bu sergi alanlarında yer alan nesnelerin de fiziksel dünyaya aykırı olarak havada asılı biçimde konumlandırıldığı görülmektedir. Böylelikle nesnelerin yerleştirme biçimi de ortamın gerçeküstücülüğünü desteklemektedir. Yapının üst camlı balkon bölümlerine geçiş için iç mekâna yerleştirilen aşağı yukarı animasyon hareketine sahip bir asansör modeli yer almaktadır. Yuvarlak bir biçime sahip olan bu asansör modelinin kenarlarında kullanılan neon ışıklandırmalar ve saydam materyalden oluşan kıvrımlı yapı tasarıma gerçeküstü etki sağlamaktadır. Yapının genel görünümü tasarım unsurları çerçevesinde değerlendirildiğinde; yapının organik bir formdan oluşan kıvrımlı biçimi

ile neon ışık kullanımının modelin tasarımında gerçeküstü bir anlayışın benimsendiği sonucuna varılmaktadır.

4.2. Bulgular

Merkeziyetsiz metaverse platformu Decentraland'de yer alan üç boyutlu yapılar Tablo 1'de kategorize edilen analiz unsurları; biçim, renk, materyal, doku, ışıklandırma, hareketli grafik ve onların alt temaları çerçevesinde değerlendirilmiştir. Rastlantısal seçim yöntemine göre belirlenen 6 yapının görsel tasarımlarına yönelik incelemeler yapılmış, analizler neticesinde yapı üzerinde kullanılan tasarım unsurları tespit edilmiştir. Bu tasarım unsurlarının yapı üzerinde kullanım amacına göre gerçek ve gerçeküstü olmak üzere iki farklı tasarım üslubuna yönelik tasarım bulgularına ulaşılmıştır.

Biçim açısından; üç boyutlu model tasarımlarında kullanılan formlar yapının tasarım yaklaşımı açısından bilgi vermektedir. Formlar; geometrik, organik, simetrik ve asimetrik biçim özelliklerine göre değerlendirilmiştir. Decentraland'de yer alan gerçekçi yapı tasarımlarında ortak ve yaygın formun dikdörtgen olduğu görülürken (Bkz. Şekil 9-11) gerçeküstü yapılarda ise kare, üçgen gibi dik biçimler veya organik formlardan oluştuğu gözlemlenmiştir (Bkz. Şekil 13-15-17-19).

Renk kullanımı açısından; model tasarımlarında kullanılan renk yapı üzerinde etkili bir unsurdur. Renk özellikleri bakımından; sıcak, soğuk, açık, koyu ve nötr olarak alt temalara ayrılmaktadır. Gerçeküstü tasarım anlayışı ile oluşturulan yapı tasarımlarında koyu zemin üzerine canlı ve sıcak renkler kullanılırken (Bkz. Şekil 13-17) gerçekçi yapılarda ağırlıklı mat ve soğuk renklerin kullanıldığı gözlemlenmiştir (Bkz. Şekil 9-11). Tasarımlarda özellikle koyu zemin üzerine kullanılan canlı, parlak neon aydınlatmalar ve sıcak renklerle desteklenen modellerin görsel etkisinin daha güçlü olduğu sonucuna varılmıştır.

Materyal kullanımı açısından; Üç boyutlu modelde kullanılan materyal, yansıtma ver parlaklık oranları değiştirilerek tasarımda verilmek istenen etkinin sağlanması açısından önemli bir unsurdur. Materyaller; parlak, mat ve saydam olmak üzere sınıflandırılabilir. Decentraland'deki yapı tasarımlarında kullanılan neon ışıklandırmalarda materyalin parlaklık oranları artırılarak ışığın yaygınlık derecesine göre oluşturulmaktadır. Yapı yüzeylerinde kullanılan parlak metalik materyaller

tasarıma gerçeküstü bir etki sağlarken (Bkz. Şekil 13-15-17) mat materyal kullanımı ise yapı üzerinde gerçekçi bir etki sağlamaktadır (Bkz. Şekil 11).

Doku kullanımı açısından; üç boyutlu model tasarımlarında kullanılan dokular tasarım yaklaşımı hakkında izlenim edinmemizi sağlamaktadır. Dokular model üzerinde gerçekçi veya yapay bir etki sağlamaktadır. Decentraland'de yer alan yapı tasarımlarında model yüzeyinde kullanılan metalik dokular yapıya yapay ve gerçeküstü bir etki sağlarken (Bkz. Şekil 13) cam, taş, ahşap gibi doku kullanımı ise yapıya gerçekçi bir etki kazandırmaktadır (Bkz. Şekil 11-12).

Işık kullanımı açısından; metaverse ortamında en önemli ve ilgi çekici unsurun ışıklandırma olduğu görülmüştür. Işıklandırma doğal ve yapay olmak üzere iki farklı türden oluşmaktadır. Ortamın aydınlatılmasında gece ve gündüz değişimine bağlı olarak doğal ışık kaynağı yer almamaktadır. Platform gündüz aydınlık ve gece karanlık bir temaya sahiptir. Aydınlatma ögesi olarak neon parlamalardan oluşan yapay ışık materyalleri modele gerçeküstü bir etki sağlamaktadır. Yapı tasarımlarında kullanılan canlı ve parlak renkli neon ışıklandırmalar tasarıma fütüristik bir etki sağlamaktadır (Bkz. Şekil 13-17-19). Gerçeküstü çalışmalarının bütününe bakıldığında ağırlıklı olarak koyu renk temalı tasarımların, parlak ve canlı neon parlamalarla ön plana çıkarıldığı ve yapı tasarımlarında en belirleyici ortak ögenin neon ışıklandırma olduğu görülmüştür (Bkz. Şekil 13-15-17).

Hareketli grafik, karakter ve obje üzerinde iki farklı şekilde kullanılmaktadır. Decentraland'de yer alan gerçekçi yapı tasarımlarında hareketli grafik öğelerine rastlanmamıştır. Gerçekçi yapılar statik bir biçimde tasarlanmıştır (Bkz. Şekil 9-11). Animasyon öğeleri fizik kurallarına aykırı olması sebebiyle tasarıma gerçeküstü bir etkinin sağlanmasında kullanılmaktadır. Şekil 13'te yer alan yapı tasarımında kullanılan karakter ve asansör animasyonu tasarıma hem hareket kazandırmış hem de gerçeküstü bir etki sağlamıştır.

Araştırma bulgularına göre tasarım unsurlarının model üzerindeki görsel estetiğin sağlanmasında önemli bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. Bu doğrultuda yapılan incelemeler neticesinde, 3B tasarım unsurlarının model üzerinde sağlamış olduğu etkileri bakımından yapıların gerçek ve gerçeküstü olmak üzere iki farklı tasarım anlayışına göre oluşturulduğuna yönelik bulgular elde edilmiştir. Model üzerinde canlı ve sıcak renklerin kullanıldığı, neon ışıklandırmalar ve animasyon öğelerinin

gerçeküstü etkiye sahip yapılarda ortak tasarım öğeleri olduğu görülmüştür. Köşeli ve dik açılı formlar, mat renkler, gerçekçi doku kullanımı ve animasyona yer verilmeyen yapılar fiziksel dünyamızdaki tasarım anlayışıyla benzer bulunmuş gerçekçi yapı tasarımları üzerinde kullanılan ortak tasarım öğeleri olduğu gözlemlenmiştir. Bu bulgulara istinaden, Yapı 1 ve Yapı 2’de gerçekçi; Yapı 3, Yapı 4, Yapı 5 ve Yapı 6’da ise gerçeküstü bir tasarım anlayışının benimsendiği görülmektedir. Dolayısıyla platformun ağırlıklı olarak yaygın tasarım anlayışının gerçeküstü bir temadan oluştuğu sonucuna ulaşılmıştır.

4.2.1. Kıyaslamalı Görsel Analiz

Araştırmanın inceleme bölümündeki yapıların biçimsel analizleri sonucuna göre elde edilen veriler Tablo 2’de kıyaslamalı olarak sunulmaktadır. Seçilen 6 yapı örneği tema ve alt temalardan oluşan görsel analiz unsurları çerçevesinde değerlendirilerek sahip oldukları tasarım özelliklerine göre işaretlenmiştir. Bu veriler, gerçekçi ve gerçeküstü olarak sınıflandırılmış olan tasarım üslubuna yönelik ulaştığımız ortak tasarım unsurlarını içermektedir.

Tablo 3. Yapıların Kıyaslamalı Görsel Analizi

Analiz Unsurları		Yapı Örnekleri					
Tema	Alt Tema	Yapı 1	Yapı 2	Yapı 3	Yapı 4	Yapı 5	Yapı 6
Biçim	Geometrik	x	x	x	x	x	
	Organik						x
	Simetrik	x	x		x	x	
	Asimetrik			x			x
Renk	Sıcak			x	x	x	x
	Soğuk	x	x	x			
	Açık		x				x
	Koyu	x		x	x	x	
	Nötr						
Materyal	Parlak			x	x	x	x
	Mat	x	x				
	Saydam	x	x				
Doku	Gerçek	x	x	x			
	Yapay			x	x	x	x
Işık	Doğal	x	x				
	Yapay		x	x	x	x	x
Hareketli Grafik	Karakter			x			
	Obje			x	x	x	x

Tablo 3’de de görüldüğü üzere 6 yapı biçim (geometrik, organik, simetrik, asimetrik), renk (sıcak-soğuk, açık-koyu, nötr), materyal (parlak, mat, saydam), doku (gerçek-yapay), ışık (doğal-yapay) ve hareketli grafik (karakter-obje) analiz unsurları kapsamında kıyaslanmıştır. Yapı tasarımları arasında yapılan karşılaştırmalar neticesinde biçim açısından net bir değerlendirmenin yapılamadığı görülmektedir. Bunun temel sebebi low poly modellemede düşük yüzey sayısının kübik ve geometrik formlar kullanılmasıdır. Tablo 3’de yer alan Yapı 1-2-4-5 hem geometrik-simetrik, Yapı 3, geometik-asimetrik ve Yapı 6’nın tasarımında organik-asimetrik form birlikteliğine yer verilmiştir. Biçim tek başına yapıyı sınıflandırma yapmayı zorlaştırmaktadır ancak geometrik türlerin etkileri birbirinden farklı olmaktadır. Dolayısıyla üçgen ve yuvarlak formlar yapı üzerinde daha gerçeküstü bir etki sağlarken köşeli formların gerçekçi bir görünüm kazandırdığı görülmüştür. Yapı modeli renk açısından değerlendirildiğinde ise koyu tema üzerine sıcak renkler ağırlıklı olarak gerçeküstü temaya sahip yapılarda kullanılmıştır. Yapı 1 koyu-soğuk, Yapı 2 açık-soğuk, Yapı 3 koyu-sıcak-soğuk, Yapı 4-5 koyu-sıcak ve Yapı 6 açık-soğuk olmak üzere ağırlıklı olarak koyu-sıcak renk birlikteliği kullanılmıştır. Kullanılan materyallerin türlerine göre değerlendirildiğinde gerçekçi yapılarda mat, gerçeküstü temaya sahip yapılarda ise parlak materyal tercih edildiği görülmektedir. Yapı 1-2 mat-saydam materyal, Yapı 3-4-5-6 parlak materyal türü kullanılmıştır. Doku kullanımında taş, mermer, tahta gibi doku türlerinin yapıya gerçekçi bir görünüm sağladığı tespit edilmiştir. Dolayısıyla gerçekçi yapı olarak kabul ettiğimiz tasarımlarda gerçekçi doku özellikleri kullanılırken gerçeküstü temaya sahip yapılarda ağırlıklı olarak yapay dokular tercih edilmiştir. Yapı 1-2’de gerçek doku türleri, Yapı 3’te hem gerçek hem yapay, Yapı 4-5-6’da yapay doku türleri kullanılmaktadır. Bir diğer önemli tasarım unsuru ışığın, neon ve parlak şekilde kullanıldığı yapay aydınlatma ögesi gerçeküstü tasarımlarda ağırlıklı olarak görülürken ışığın daha az kullanıldığı ve platformun doğal ışığından faydalanan yapılarda gerçekçi bir tasarım üslubu görülmektedir. Yapı 1’de yapay neon ışıklandırma yer verilmemiştir. Yapı 2’de hem doğal hem yapay ışıklandırma kullanımına yer verilirken Yapı 3-4-5-6’da ise yalnızca neon aydınlatma tasarım unsuru yapay ışıklandırmanın kullanıldığı görülmektedir. Hareketli grafik unsurları bağlamında değerlendirildiğinde statik yapıların gerçekçi bir görünüme sahip oldukları obje ve karakter animasyonlarının yapıya gerçeküstü bir etki sağladığı tespit edilmiştir. Yapı 1 ve 2’de hareketli grafik

ögesine yer verilmemişken Yapı 3-4-5-6'da obje ve karakter animasyonlarına yer verilmiştir (bkz. Tablo 3).

Araştırma kapsamında yapılan karşılaştırmalara göre kullanılan renk, materyal, doku, ışık ve animasyon unsurlarının yapı tasarımı üzerinde estetik ve görsellik açısından farklı etkiler sağladığı saptanmıştır. Tasarım unsurları arasında etki olan rengin mat ve soğuk kullanımı gerçekçi bir görünüm kazandırmaktadır. Ancak canlı ve sıcak renklerin kullanımı ise tam tersi bir hissiyat sağlayarak yapı tasarımına gerçeküstü bir etki kazandırmaktadır. Yapıların estetiği üzerinde etkili bir diğer tasarım unsuru ise materyal ve doku kullanımıdır. Yapı kaplamalarında kullanılan mat materyal ve gerçekçi doku özellikleri tasarıma gerçekçi bir atmosfer sağlarken, parlak materyal veya yapay doku tasarıma gerçeküstü bir etki sağlayarak tasarımı etkili hale getirmektedir. Yapı üzerinde en belirleyici görsel tasarım unsuru olan ışık ve animasyon öğeleri de modelin etkileyiciliği üzerinde oldukça önemli olduğu görülmektedir. Yapılarda kullanılan neon yapay aydınlatmalar ve hareketli modeller tasarıma gerçeküstü bir etkinin yanı sıra tasarıma dinamik ve canlılık sağlayarak estetik bir görünüm kazandırmaktadır. Neon aydınlatmaların kullanılmadığı ya da doğal platform ışığı ile hareketin olmadığı durağan yapılarda ise gerçekçilik hissini artırdığı görsel anlamda tatmin edici olmadığı görülmüştür. Bu kıyaslar neticesinde Yapı 1-2'nin gerçekçi bir tasarım yaklaşımına sahip olduğu görülürken Yapı 3-4-5-6'nın ise gerçeküstü tasarım yaklaşımına sahip oldukları sonucuna varılmıştır.

5. BLOKZİNCİR TABANLI METAVERSE PLATFORMLARI İÇİN DÜŞÜK POLİGONLU 3B YAPI TASARIMI ÖNERİSİ

Tez çalışmasının bu bölümünde blokzincir tabanlı metaverse platformu için düşük poligonlu 3B bir yapı tasarımının uygulama örneği sunulmuş olup, platforma uygun tasarım önerileri ifade edilmektedir. Uygulama çalışması aşamasına geçilmeden önce ilk fazda ön araştırma gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada yapı modelinin kullanım alanının belirlenmesi, yapının formu, renk ve temasının belirlenme sürecini içermektedir. Decentraland platformunda yer alan sanal yapı tasarımlarının ağırlıklı olarak gerçeküstü temaya sahip oldukları görülmüştür. Gerçeküstü tema özelliklerine sahip sanal yapıların metaverse ortamının atmosferini yansıtmada gerçekçi yapılara kıyasla daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra platformdaki yaygın tasarım anlayışının da fütüristik tema olduğu gözlemlenmiştir. Bu yapılardaki gerçeküstü atmosferinin sağlanmasında etkili olduğu düşünülen 3B tasarım unsurlarının yapıya farklı ifade biçimleri kazandırmaktadır. Bu unsurlar bağlamında gerçeküstü bir sanal yapının biçim, renk, materyal, doku, ışık ve animasyon unsurlarının kullanım şekline göre ortak tasarım unsuru olarak ortaya çıkmaktadır. Uygulama çalışmasında da bu tasarım unsurlarının yer aldığı gerçeküstü özelliklerini yansıtan bir metaverse yapı modeli örneği hazırlanmıştır.

5.1. Decentraland Platformunun 3B Model Tasarımları için Sahne Limitleri

Decentraland, arazisi üzerinde konumlandırılan tüm varlıkların platform sisteminde uyumlu bir şekilde görüntülenebilmesi için çalışma sahnesinde bazı tasarım limitleri bulunmaktadır. Bu limitler, bir sahnede bulunan modelin tasarımında ve uygulamaya aktarımında dikkat edilmesi gereken özellikler; poligon sayısı, varlık sayısı, materyal sayısı, doku, yükseklik, dosya sayıları ve dosya boyutunu içermektedir (Scene Limitations, 2018). Sahne üzerindeki bu limitler, tasarımcının tasarım üzerindeki

görsel estetiğin korunması ve sistemle uyumlu hale getirilmesi konusunda oldukça önemlidir. Tasarlanan modelin metaverse ortamında da aynı kalitede görüntülenebilmesi için bu tasarım limitleri dikkate alınmalı aksi takdirde uygulama üzerindeki tasarımın ön izlemesinde çeşitli hatalar ve dosyanın yüklenememe problemleri ile karşılaşılması muhtemeldir. Decentraland dokümantasyonunun referans alındığı sahne sınırlılıkları bir çalışma sahnesinde uygulama tarafından izin verilen maksimum öge sayıları ve ölçütleri aşağıda başlıklar altında ele alınmaktadır.

5.1.1. 3B Modelin Sahneye Aktarımı

Decentraland sahnesine 3D modellerin aktarılma öncesinde uygulamanın sahip olduğu çalışma sahnesine yönelik tasarımların oluşturulması gerekmektedir. Decentraland'de yer alan parsel sayılarının ölçüleri sayıları ve dizilişine bağlı olarak değişmekle birlikte tek bir parsel sahnesi 16x16 metrelik bir alandan oluşmaktadır. Bu alan, tüm model öğelerinin yer alacağı sahne ölçüsü sınırıdır. Sahneye eklenen modelin yükseklik ve genişlik ölçülerinin belirlenen sınırı aşan durumda model üzerinde kırmızı çerçeve ile vurgulanarak uygulama tarafından alana yerleştirilmesine izni verilmemektedir. Uygulamanın üreticiye sunmuş olduğu çalışma alanı ölçüleri ile model üzerindeki tasarım ölçütleri platform ve tasarım uyumu açısından önem kazanmaktadır.

Şekil 20. Uygulama Ön İzlemesinde Model Üzerindeki Sınırlayıcı Çerçeve



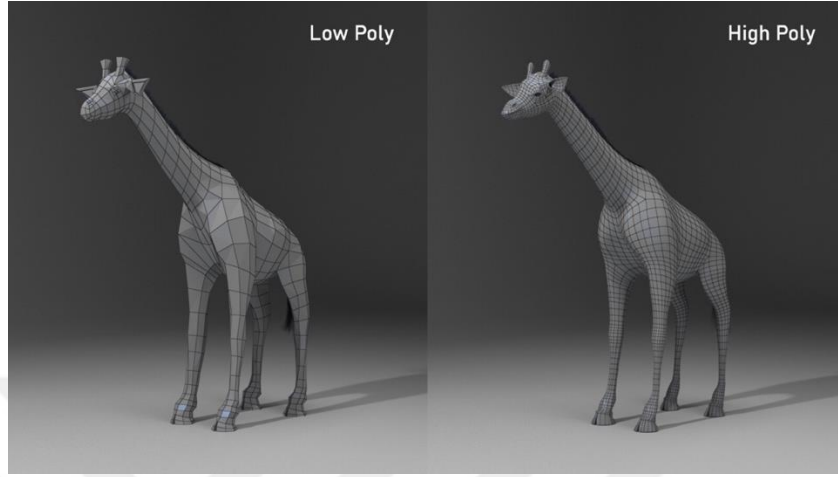
Kaynak: “Meshes”, t.y.

5.1.1.1. Poligon Sayısı

Poligon modelleme, üç boyutlu nesnenin şeklini oluşturmak için noktalarının(vertex), kenarlarının(edge) ve çokgen yüzeylerinin(face) tamamlama yöntemiyle oluşturulduğu bir modelleme türüdür (Tiigimägi, 2022). Poligon modelleme yönteminde 3B modelin yüzey sayıları arttıkça yüksek poligonlu modelleme (high poly), yüzey sayıları azaldıkça düşük poligonlu (low poly) modelleme biçiminde

teknik olarak adlandırılmaktadır. Şekil 21’de görüldüğü üzere 3B model üzerindeki yüzey sayıları artıkça tasarım görsel kalitesi artarak daha detaylı ve pürüzsüz bir görünüm elde edilmektedir.

Şekil 21. Düşük Poligon ve Yüksek Poligon Modelleme Farkı



Kaynak: Eggen, t.y.

Poligon modelleme tekniğinin sağladığı en büyük avantaj düşük çözünürlükle (düşük poligonlu model) başlanan modelin hızlı bir şekilde yüksek çözünürlüklü (yüksek poligonlu model) hale getirilerek model üzerinde verilmek istenen hassasiyetteki detayların eklenebilmesidir (Ofloğlu, t.y.). Nitekim bu durum tasarım üzerinde daha detaylı bir modelleme imkânı tanırken metaverse uygulamasında sorunsuz bir şekilde görüntülenmesi için ise daha az detaya sahip olma gerekliliği nedeniyle tam tersi bir durum söz konusu olmaktadır. Metaverse uygulamasında hızlı ve uyumlu bir şekilde çalışması düşük poligon sayısına göre oluşturulmuş 3B model tasarımlarına bağlı olmaktadır. Düşük poligon tasarım, daha az çokgen yüzeye sahip olmaları sayesinde hızlı görüntüleme gerektiren oyun motorları ya da metaverse deneyimleri oluşturmak için zahmetsiz bir şekilde yüklenebilme ve eş zamanlı olarak görüntülenebilme avantajlara sahipken daha az ayrıntı ve geometrik şekil içermesi sebebiyle yüksek poligonlu modellere kıyasla görsel etkiden yoksundur (Selvakrishnan, t.y.). Bu sebeple metaverse ortamına uygun düşük poligonlu modelleme yöntemiyle yapılan tasarımlar görsel kalite üzerindeki olumsuz etkisinden dolayı şüphesiz bu durum tasarımcı için modelin estetik değerini korumaya yönelik görsel etkiyi artırıcı tasarım yöntemlerine ihtiyaç duymaktadır.

Decentraland metaverse platformunda bir çalışma sahnesindeki modellerin toplam poligon değeri belirlenmiştir. Bir parsel üzerinde, çalışma sahnesindeki tüm modeller

için toplam poligon sayısı $n \times 10000$ olmalıdır (n , bir sahnenin kapladığı parsel sayısını temsil etmek için kullanılmaktadır). Bu sebeple uygulamanın tasarım ölçütleri dikkate alınmalı ve buna yönelik 3D modellemeler oluşturulmalıdır.

5.1.1.2. Varlık Sayısı

Decentraland sahnesinde yer alan tüm yazı ve şekil içeren tüm model tasarımlarının sayısı $n \times 200$ olmalıdır. Bu oran parsel sayısına göre değişmekle birlikte genel olarak tek bir parsel alanında yer alabilir model sayısı bu alanın 200 katı olmalıdır.

5.1.1.3. Materyal

Materyal, üç boyutlu modelin yüzeyinin görünümü üzerinde etkili ana malzemedir. Bu malzeme, bir nesne üzerindeki rengini, donukluğunu veya parlaklığını optik özelliklere göre tanımlamaktadır (Tan, 2022). Optik etkilere bağlı olarak malzeme rengi üzerinde parlak, mat ya da şeffaf olarak çeşitlilik göstermektedir. Yani malzemeler bir nesnenin renginin ve yüzeyinin yansıtıcı özelliğini kontrol etmektedir. Materyalin bir diğer önemli özelliği ise modelin ana malzemesi olmasıdır. Bu sebeple materyale sahip olmayan bir nesne üzerinde doku uygulaması yapılamayacaktır.

Decentraland çalışma sahnesine aktarılan tüm modellerin materyal ve gölgelendirici (shader) özellikleri bakımından uygulamanın desteklediği biçimler dikkate alınmalıdır. Gölgelendirici(shader) materyalin, ışığın nesne üzerindeki etkisinin nasıl olması gerektiğini kontrol etmeyi sağlamaktadır. Işığın nesne üzerindeki etkilerine göre yaygın (diffuse), pürüzsüzlük (roughness), metalik (metalness) ve yayılım (emission) biçimlerini alır. Materyaller, .glTF veya .glb dosyalarına gömülü olarak içeri aktarılmaktadır. glTF modelleri sahneye aktarıldığında kendi materyallerini ve glTF dosyasına harici olarak malzeme bileşenleri eklenemez. Bu sebeple kendi malzemeleri ile içeri aktarılan modelin Decentraland motoru ile uyumlu hale getirilmesi ve desteklenen biçime uyarlamasının yapılması gerekmektedir. Decentraland'in yalnızca desteklediği iki tür gölgelendirici ayarı bulunmaktadır. Bunlar Standart Materyal, yaygın, yansıtıcı, şeffaflık vb. desteklemektedir diğeri Fiziksel Tabanlı Materyal İşleme (PBR), bu gölgelendirici yaygın, pürüzsüzlük, metalik ve yayılım özellikleri bakımından daha esnek bir kullanım imkânı sunar (Materials. t.y.). Uygulamanın model üzerindeki malzeme kullanımına yönelik sunduğu öneri ise her materyalin bir nesneyi tanımladığından mümkün olduğunca

malzeme sayısını az sayıda kullanmak gerektiği yönündedir. Decentraland çalışma sahnesinin desteklediği materyal sayısı $\log_2(n+1) \times 20$ 'dir.

5.1.1.4. Doku

Doku, 3B bir modelin dış yüzeyini kaplayan görsel tasarım elemanıdır. Doku, model üzerindeki görüntüye detay vermeyi sağlayan ve genellikle JPG veya PNG biçimindeki bir bitmap görüntüsüdür. Bu görüntü, 3D modelin yüzeyini sararak iki boyutlu bir görüntü olmaktan ziyade, gerçek hayattaki gibi bir nesnenin üzerindeki doku görünümünü vermeyi sağlamaktadır (Tan, 2022).

Decentraland, bir çalışma sahnesinde parsel başına yer alabilir doku sayısını $\log_2(n+1) \times 10$ olarak belirlemiştir. Dokular için önerilen üst sınır büyüklüğü 512x512 px 'dir. Doku ile ilgili bir diğer dikkat edilmesi gereken ölçüt ise doku boyutunun genişlik ve yükseklik sayılarının 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512 2'nin katları olacak biçimde piksel cinsinden oluşturulmalıdır.

5.1.1.5. Yükseklik

Decentraland platformunda çalışma sahnesine aktarılabilecek modellerin yükseklikleri modelin ön izlemesinde görüntülenebilir olması için dikkat edilmesi gerekli bir diğer kuraldır. Sahneye optimizasyonu yapılacak modelin boyutu $\log_2(n+1) \times 20$ metre olarak belirtilmiştir.

5.1.1.6. Dosya Boyutu

Sahneye aktarılan tüm dosya türleri parsel sayıları gözetilmeksizin her dosya başına en fazla 50 MB olarak ayarlanmalıdır. Genel olarak bir sahneye yüklenen tüm dosyaların boyutu en az 15 MB en fazla ise 300 MB olmalıdır.

5.1.1.7. Dosya Sayısı

Decentraland çalışma sahnesine yüklenebilecek tüm dosyaların sayısı parsel başına 200 olarak sınırlandırılmıştır. Bu dosyalar tüm model ve sesi de içermektedir.

5.1.1.8. Dosya Formatı

Decentraland platformuna aktarılabilecek tüm modeller uygulama tarafından desteklenen uygun dosya format olan glTF veya glb uzantısına sahip olmalıdır. Bu dosya formatları, farklı uygulamalar ve platform arasında 3B içeriklerin paylaşımını sağlamak amacıyla

AR/VR, 3B grafikler, makine öğrenimi ve görüntü işleme gibi birlikte çalışabilir telifsiz kaynaklar üreten birçok üye kuruluştan oluşan kâr amacı gütmeyen Khronos Group tarafından geliştirilmektedir. glTF, 3B varlıkların boyutunu ve dosya paketinden çıkarıp kullanmak için gereken çalışma hızını en aza indiren sahne ve modellerin uygulamalar tarafından verimli bir şekilde iletilmesini sağlayan bir dosya formatıdır (*glTF - Runtime 3D Asset Delivery*, 2020). Glb dosyaları, harici kaynaklara ihtiyaç duymadan 3D modeli oluşturmak için gerekli geometriyi, malzemeleri, dokuları ve animasyonları içeren bağımsız bir dosyadır. Glb dosyalarının kompakt yapısı, onları sanal gerçeklik (VR), artırılmış gerçeklik (AR) ve web tabanlı 3B deneyimler gibi gerçek zamanlı uygulamalar için çok daha uygun hale getirir (Shrestha, 2024).

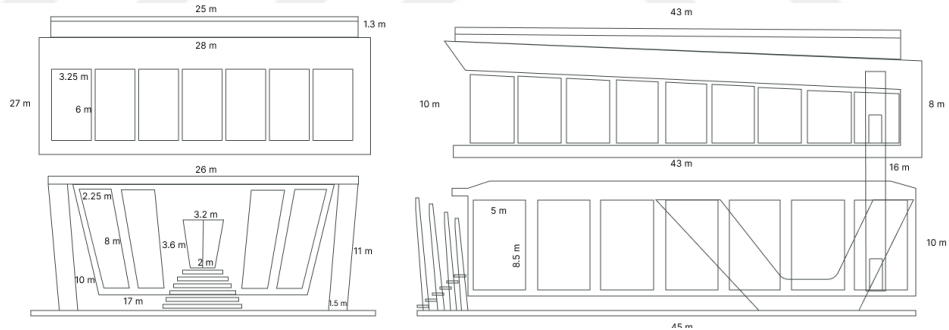
5.2. Blokzincir Tabanlı Metaverse Platformları için Yapı Tasarımı Önerisi

Araştırmanın inceleme bölümünde platformda yer alan yapı tasarımlarının ağırlıklı olarak gerçeküstü tasarım özelliklerine sahip olduğu görülmüştür. Gerçeküstü yapı unsurlarının 3B modelin görsel tasarımı üzerinde sağladığı etkilere göre ön plana çıkan tasarım öğeleri referans alınmış estetik değeri yüksek yeni bir yapı modeli örneği sunulmuştur. Decentraland uygulaması için ideal bir 3B yapı modeli tasarımı için öncelikle uygulamada bulunan yapı tasarımları incelenmiştir. İncelemeler neticesinde de uygulamadaki ortamın atmosferine uygun görülen yapı modellerinde tercih edilen tasarım eğilimi ve kullanılan yöntemler uygulama çalışması için referans kaynağı olmuştur. Tasarıma geçmeden önce 3B yapının hangi alana yönelik oluşturulabilir olduğuna karar verilerek başlanmıştır. İncelemelerde ağırlıklı olarak moda sektörüne yönelik yapılara rastlanmış olup bu alana yönelik bir model önerisinin yapılması uygun görülmüştür. Bu sebeple yapı tasarımı 3 farklı kat ve bölüme ayrılmıştır. Uygulama çalışması için yapı modelinin dış tasarımının yanı sıra tasarımın atmosferi ve bütünlüğünü güçlendireceği düşünülerek iç dekorasyonunun da yapılmasına karar verilmiştir. Modelin kat planı; zemin katı için marka ürünlerinin sergilenebileceği bir alanın oluşturulması, ikinci kat için ürünlerin modeller üzerinde gösterilebileceği bir podyum alanının tasarlanması ve en üst katta ise çeşitli dans, müzik gibi çeşitli etkinliklerinin düzenlenebileceği açık bir alan tasarlanmıştır.

3B yapının modelleme aşamasına geçmeden önce tezin dördüncü bölümünde de incelemesi yapılmış olan Decentraland'de yer alan sanal yapılar ve metaverse

ortamının atmosferine uygun yapı modelleri referans alınarak eskiz çalışmalarına başlanmıştır. Uygulamadaki incelenen sanal yapılarda kullanılan geometrik biçimler, renk, materyal, doku, animasyon gibi tasarım unsurları göz önünde tutularak eskizleme çalışmaları yapılmıştır. Bu süreçte yapının tasarlanmasında Decentraland uygulamasının ölçü ve limitleri referans alınarak yapının boyutlandırıldığı teknik çizimler oluşturulmuştur (bkz. Şekil 22). Uygulama örneği olan yapı modeli, 3B tasarım yazılımı Blender uygulaması kullanılarak oluşturulmuştur. Teknik çizimler ise, 2B tasarım aracı Adobe Illustrator programında hazırlanmıştır. Yapının boyutlandırılması için ise Decentraland platformundaki arazi alanına uygun ölçünün belirlenmesi amacıyla öncelikle Blender’da 2x2 metre ölçülerine sahip bir küp modeli Decentraland çalışma sahnesine aktarılmıştır. Sonrasında bu 2 metrelik küp modelinin Decentraland’deki avatarın boy ölçüsüne eş değer olduğu görülmüştür. Kullanılan bu yöntemle tasarım için en küçük ölçü birimi 2 metre olarak belirlenmiş ve bu ölçü dikkate alınarak yapı yüksekliği oluşturulmuştur. Bu yöntem, her iki uygulamadaki ölçü birimlerinin birbiri ile uyumlu olmaması nedeniyle yapının doğru ölçeklendirilmesi için kullanılmıştır.

Şekil 22. Yapının Teknik Çizimleri



Kaynak: Yazara aittir.

Şekil 22’de görüldüğü üzere modelin kat planlarına ait ölçü birimleri yer almaktadır. Modelin en alt zemin yüksekliği 50 cm, boyu 45 m ve eni 30 m genişliğindedir. Yapının alt kat yüksekliği 10 m, boyu 43 m ve genişliği ise 17 metreden oluşmaktadır. Alt katın cephe yüzeyinde 18 adet olmak üzere yüksekliği 8.5 metre ve genişliği 5 metrelik cam bölümleri yer almaktadır. Alt katın ön cephesinde üst bölümü 3.2, alt bölümü 2 metre genişliğinde, 3.6 m yüksekliğinde bir ana giriş kapısı yer almaktadır. Üst kat planı ise, duvar yüksekliği 27 m, 43m boy uzunluğu ve 28 m genişliğine sahiptir. Üst katın cephe yüzeyinde yer alan 25 cam bölümlerinin her biri ise, 3.2 m genişlik ve 6 m yükseklikten oluşmaktadır. Üst kat ön bölümünden arka bölümüne

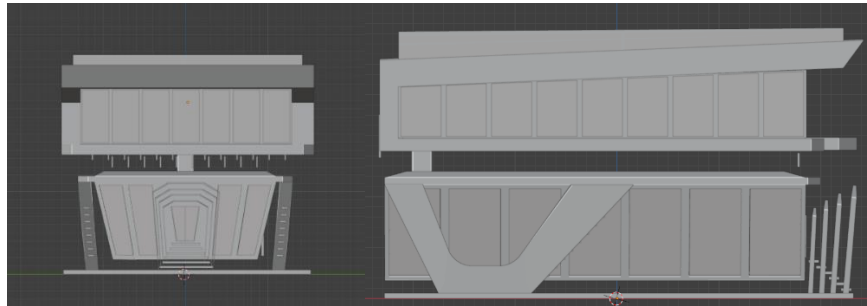
doğru eğimli bir biçimde tasarlanmış olup ön duvar yüksekliği 10 m, arka duvar yüksekliği ise 8 metredir. Binanın iç bölümünde bir asansör modeli yer almaktadır. Asansör, 16 metre yüksekliğinde ve her kat için 1,2 m genişlik ve 3 metre yüksekliğinden oluşan 2 adet çift taraflı kapı girişi bulunmaktadır.

2B teknik çizimleri tamamlanan yapı tasarımı Blender programında low poly modelleme tekniği kullanılarak 3B hale getirilmiştir. Şekil 23'te yapının Blender programına ait tasarım ekranında renk, doku ve materyal öğelerinin eklenmemiş modeli yer almaktadır. Yapı, programda yer alan temel geometrik biçimlerden bir küp modeli kullanılarak oluşturulmuştur. Yapı modeli teknik çizimdeki ölçüler referans alınarak zemin ve kat planlarına uygun modellemeleri yapılmıştır.

5.2.1. Biçim

3B yapının biçimi tasarıma gerçekçi veya gerçeküstü etki kazandırmada etkili bir tasarım unsurudur. Tezin inceleme bölümlerinde de ifade edildiği gibi yapı tasarımında kullanılan kavisli, köşeler, simetrik veya asimetrik tasarım biçimleri organik, kare ve üçgen geometrik biçimler gerçeküstü bir temada yer alan ortak tasarım özellikleridir. Bu tasarım özellikleri dikkate alınarak gerçeküstü etkinin sağlanması amacıyla asimetrik ve simetrik biçimlerin yanı sıra üçgen gibi geometrik formlar temel alınmıştır.

Şekil 23. 2B Yapı Modelinin Blender'da Doku ve Materyalsız 3B Görünümü

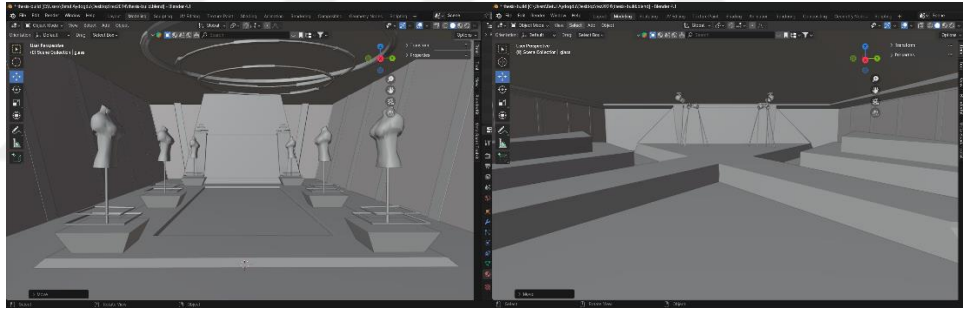


Kaynak: Yazara aittir.

Şekil 23' de yer alan yapının dış mekân tasarımı incelendiğinde giriş katının alt zeminini üst tavana oranda daha küçültülerek, eğimli ve asimetrik bir görünüm elde edilmiştir. Tasarımda kullanılan simetrinin bütünlük sağlaması amacıyla da yapının ön cephe bölümünde yer alan kapı modeli ve giriş basamaklarına yerleştirilen trabzanlarda da aynı ve tekrar eden simetrik yapı korunmuştur. Modeldeki dik kenarlarda kavis kullanılarak yumuşatılmış alt zemin katının tavan köşeleri ve trabzanın üst

bölümlerine de uygulanmıştır. İkinci kat planında ise dikdörtgen olan modelin kenarları yumuşatılması amacıyla ön çatı bölümü içeriye doğru ve aşağıya eğilimli bir girinti verilmiştir. Yapının cam bölümleri ise arkaya doğru asimetri oluşturacak biçimden küçültülerek gerçeküstü tasarım özelliklerinden faydalanılmıştır. Yapı modelinin sanal ortam hissiyatını güçlendirmek ve fiziksel yer çekimine ihtiyacın olmaması sebebiyle zemin kat ile üst kat arasında boşluk bırakılarak birleştirilmeden kullanılmıştır. Alt zemin ve yapının tabanın da birbirinden ayrı olacak biçimde konumlandırılmıştır. Gerçeküstü temaya sahip metaverse yapılarında fiziksel bir eylemi çağrıştıran merdiven basamaklarının sınırlı tutulduğu ve ağırlıklı olarak asansör kullanımının tercih edildiği görülmektedir. Bu nedenle ortam da iki kat arasındaki bağlantı bir asansör aracılığıyla sağlanmıştır. Yapı insan boyuna göre yüksekte kaldığı için giriş alanına basamaklar eklenmiş ve zemin katı da daha aşağıda yer aldığı için bu alanda merdiven basamakları kullanılmıştır.

Şekil 24. 3B Yapı Modelinin Blender'da Doku ve Materyalsız İç Mekân Görünümleri



Kaynak: Yazara aittir.

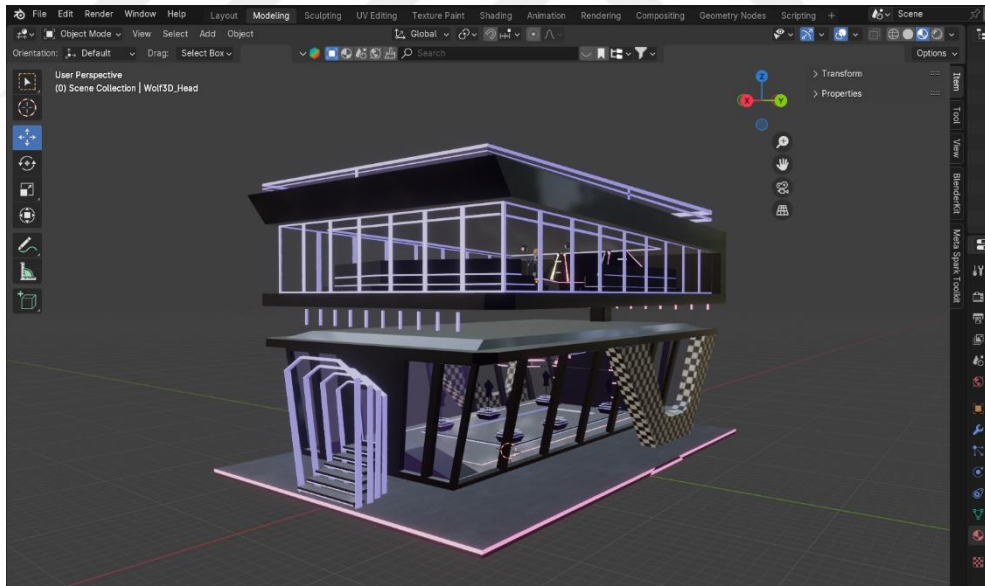
Şekil 24' de yer alan yapının iç mekân tasarımı incelendiğinde modelin alt katında ürün sergilenme alanları için stant tasarımlarında kare formunun alt tabanı dış duvarlardan kullanılan eğimden yararlanılarak aynı biçimde oluşturulmuştur. Yapının iç mekânında eğimli yan duvarlar ve dikdörtgen yapının keskinliğini törpülemek için ise tavan bölümünde çember aydınlatma tasarımı yapılmıştır. Aynı tasarım eğiminin kullanıldığı arka bölümdeki duvarda marka veya ürün tanıtımları için video oynatma ekranları eklenmiştir. Ekran için oluşturulan bu duvarın arka bölümüne ise üst katlara çıkmak için asansör bölümü gizlenmiştir. Kullanıcıları asansöre yönlendirmek amacıyla zeminin tabanına her iki tarafından neon ışıklandırma şeridi yapılmıştır. Üst katın tasarımında ise ürün ve tasarımların sergilenebileceği bir podyum alanı tasarlanmıştır. Bu alanın tasarımında da simetrik bir podyum sahnesi tasarlanmıştır. Bu alanında tasarımında üçgen geometrik form kullanılmıştır. Podyum çevresindeki

oturma alanlarında bu üçgen form da oturma alanları tasarlanmıştır. Alt zeminde olduğu gibi podyumun arka bölümünde yer alan eğimli duvara ürün veya marka tanıtımlarını içeren bir video ekranı konulmuş ve arka tarafına asansör girişleri yerleştirilmiştir.

5.2.2. Renk

3B yapıda kullanılan renkler yapıya gerçekçi veya gerçeküstü bir atmosfer sağlamada etkili bir görsel tasarım ögesidir. Tezin inceleme bölümünde de ifade edildiği gibi yapılardaki koyu tema üzerine kullanılan sıcak ve soğuk renklerin parlak ışıklandırmalarla desteklenerek yapıya gerçeküstü bir etkinin sağlandığı görülmektedir. Bu doğrultuda yapı tasarımında da hem sıcak hem de soğuk rengin farklı alt tonları kullanılmıştır. Yapının dış yüzey ve duvarlarında diğer canlı renkleri ön plana çıkarmak ve etkisini artırmak amacıyla temel renk olarak siyah kullanılmıştır. Yapının zemininde pembe renk kullanılmış, renge neon ışıklandırma uygulaması yapılmıştır.

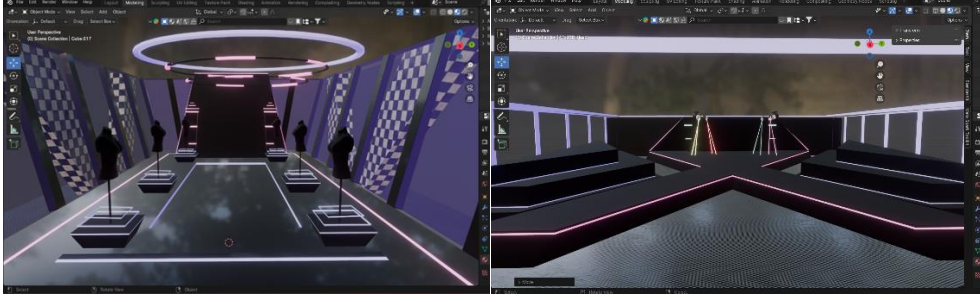
Şekil 25. 3B Yapının Doku ve Materyal Eklenmiş Dış Mekân Görünümü



Kaynak: Yazara aittir.

Modelin zemin katının iç mekân tasarımında koyu zemin üzerine pembe ve mor renklerden oluşan neon materyaller kullanılmıştır. Zemin kat planında marka ürünlerinin yer alacağı bir satış alanı olması planlanmış bu sebeple mor renk marka ürünlerini daha ihtişamlı göstermek ve ön plana çıkarma amacı taşımaktadır.

Şekil 26. 3B Yapının Blender'da Doku ve Materyal Eklenmiş İç Mekân Görünümleri



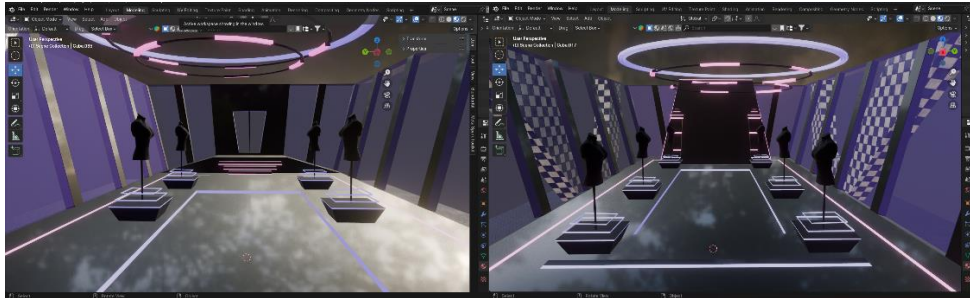
Kaynak: Yazara aittir.

Şekil 26’da sağ tarafta görülen üst katın tasarımında ise cam kenarlıklarında ve oturma bölümlerinde pembe neon materyal kullanılarak ortama sıcak bir atmosfer sağlanmıştır. Genel olarak modelin görsel olarak etkisini artırmak için koyu tema üzere, pembe ve mor gibi canlı renkler kullanılmıştır. İncelemelerden de elde edilen bulgular doğrultusunda koyu renk tema üzerinde kullanılan canlı renklere neon ışıklandırma da eklenerek ortamın atmosferi güçlendirilmiştir.

5.2.3. Materyal

3B yapı tasarımında parlak, mat ve saydam olmak üzere farklı çeşitlerdeki materyal kullanımı model üzerinde etkili bir tasarım unsurudur. Bu materyaller kullanım biçimlerine göre yapıya gerçekçi ve gerçeküstü bir etki sağlamaktadır. İncelenen yapı tasarımların kullanılan parlak ve saydam materyallerin yapının gerçeküstücülüğünü kuvvetlendirdiği görülmüştür. Yapı tasarımlarında mat materyallerin modele daha gerçekçi bir etki sağladığı tespit edilmiştir. Bu sebeple yapının ana materyali siyah renk ve parlak bir materyal tercih edilmiştir (Bkz. Şekil 25).

Şekil 27. 3B Yapının Blender'da Doku ve Materyal Eklenmiş İç Mekân Aydınlatmaları



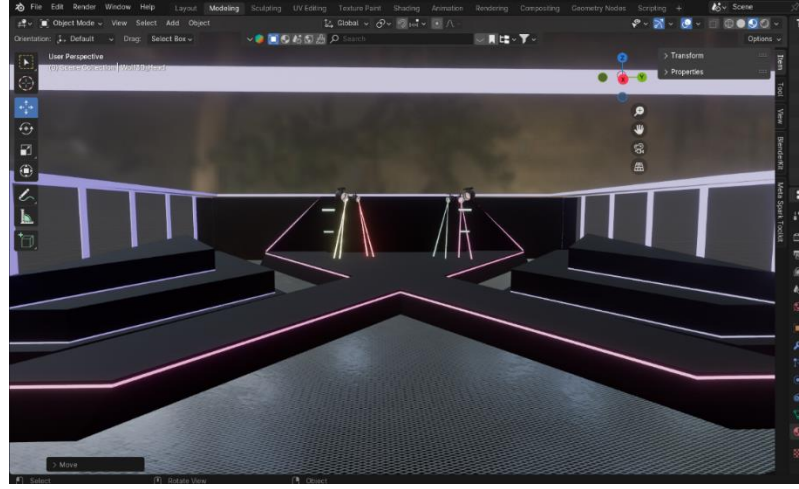
Kaynak: Yazara aittir.

Platform ortamı gece ve gündüz değişimine duyarlı olarak iki farklı temadan oluşmaktadır. Platformda doğal bir ışık kaynağı bulunmadığı için tasarımın duvar yüzeylerinde içeriği aydınlatmak amacıyla cam bölümleri yapılmıştır. Cam etkisini sağlamak amacıyla saydam materyal kullanılmıştır. Bir diğer aydınlatma ögesi olarak ise hem tavan ışıklandırması hem de modelin dış yüzeyinde neon aydınlatmalar tasarlanmıştır. Bu aydınlatmalar için ise neon materyaller kullanılmıştır. Neon aydınlatmalar mekânın dış bölümlerinde; zemin kenarlıklarında, sağ ve solda yer alan eğilimli kolonların dış yüzeyinde, ikinci katın ön ve arka yüzeylerinde ve üst çatı bölümünün balkon kenarlıklarında kullanılmıştır. Mekânın iç bölümlerinde ise; zemin katının tabanında, stant kenarlıklarında ve tepe bölümünde yer alan çember aydınlatmalarında, üst katta bulunan podyum ve oturma alanlarının kenarlıkları ve tavanı olmak üzere yapının farklı bölümlerinde kullanılmıştır (Bkz. Şekil 27). Bahsi geçen materyallerin platformla uygunluğu tasarım sorunları ve çözümlerinin anlatıldığı bölümde detaylı bir şekilde ifade edilmektedir.

5.2.4. Doku

3B yapı tasarımı doku, modelin yüzeyini kaplayan önemli bir görsel tasarım ögesidir. Dokunun modelde kullanım amacı tasarıma somutlaştırılmış görsel ve dokunsal etki sağlamaktır. Bu sebeple fiziksel dünyamızda aşına olduğumuz dokuların kullanımı sanal ortamdaki gerçekçi hissiyatını artırmak ve nesnelerin gerçekteki haline daha yakın tasarlamayı amaçlamaktadır. Ancak incelemelerde de ulaşılan sonuçları dayanarak metaverse evreninde bu gerçekçi doku kullanımının sanal ortamdaki etkisi daha az olmaktadır. Yapı modelinin duvar yüzeylerinde taş, tahta, mermer, granit gibi doku türlerinin yapıya gerçekçi bir his ve görüntü sağladığı görülmüştür. Bu nedenle yapı tasarımındaki doku seçiminde mermer, taş gibi gerçekçi bir doku yerine parlak ve yapay bir görünüm elde etmek için dış yüzeyinin ana malzemesi plastik seçilmiştir.

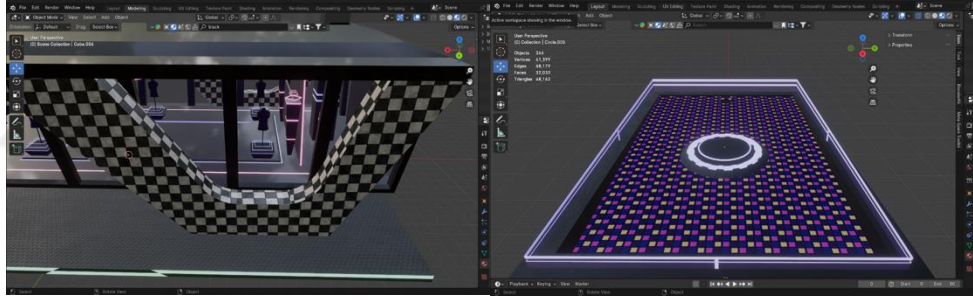
Şekil 28. 3B Yapı Modelinde Doku Kullanımının İç Mekân Uygulaması



Kaynak: Yazara aittir.

Doku kullanımı yapının bazı bölümlerinde kullanılmıştır. Şekil 28 de yapının üst katının zemin kaplamasında, podyum alanının tavanında kullanılan spot aydınlatmalarını yansıtmaları amacıyla parlak bir doku modeli tercih edilmiştir.

Şekil 29. 3B Yapı Modelinde Doku Kullanımının Dış Mekânda Kullanımı



Kaynak: Yazara aittir.

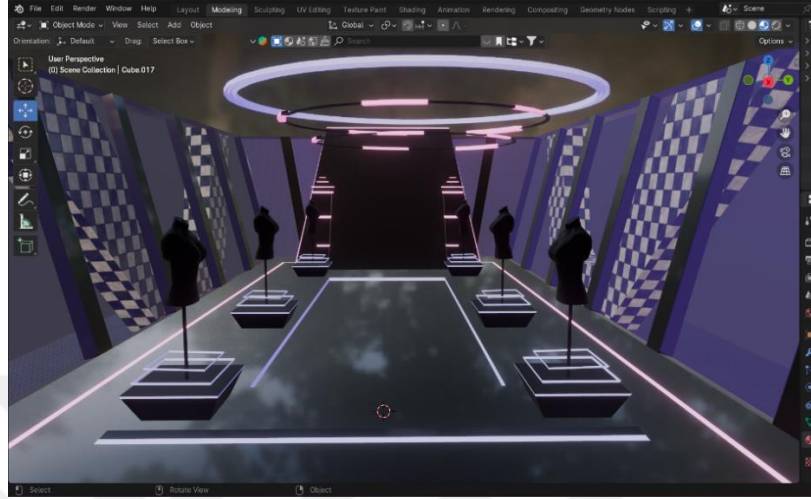
Şekil 29’da yer alan yapının dışındaki eğimli forma sahip taşıyıcı kolonlar ve zeminde de doku uygulaması yapılmıştır. Zeminde taş, toprak gibi gerçekçi zemin dokuları yerine gerçeküstü etkiyi sağlaması amacıyla üçgen kabartmalara sahip plastik bir doku tercih edilmiştir. Bunun yanı sıra çatı katında bulunan etkinlik alanının zeminin de doku kullanımı tercih edilmiştir. Bu katın eğlence alanı olması sebebiyle buna uygun olarak yansımaları ve renkli taşlardan oluşan bir doku kullanılmıştır.

5.2.5. Işık

Işık, metaverse ortamında yapı ve model tasarımında aydınlatma ögesi olarak kullanılan tasarım unsurudur. Decentraland uygulaması tasarımcılar için harici bir ışık kaynağına izin vermemektedir. Bu sebeple yapılardaki ortam ışığının sağlanmasında dış yüzeylerde saydam materyaller kullanılarak aydınlatma unsuru olarak

kullanılmıştır. Bir diğer aydınlatma ögesi olarak kullanılan neon materyalden oluşturulan ışıklandırmalar hem ortamdaki gerçeküstü etkiyi güçlendirmekte hem de iç mekâna aydınlık bir hava sağlamak amacıyla kullanılmıştır.

Şekil 30. Blender'da Neon Işıklandırma



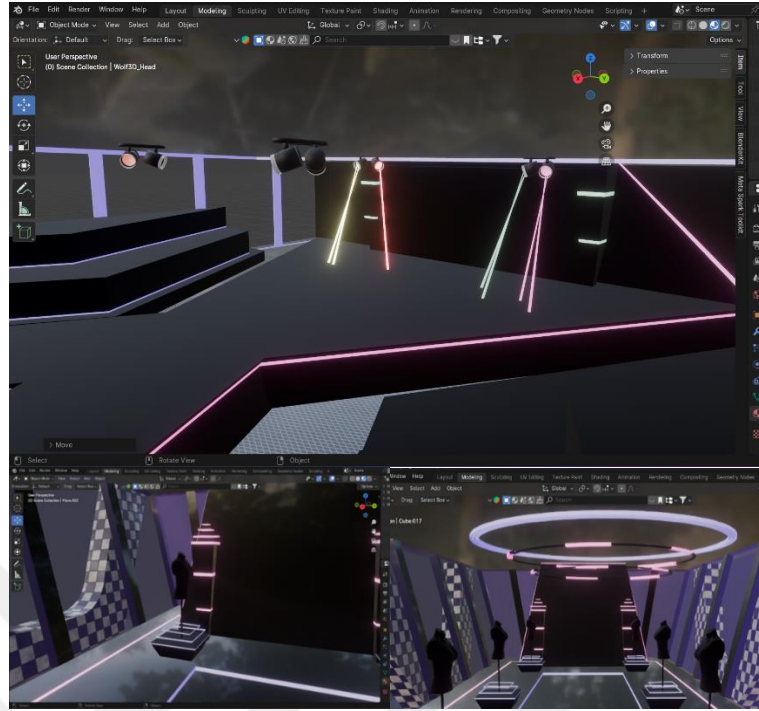
Kaynak: Yazara aittir.

Işık, metaverse'de yapı modeli üzerinde en etkili tasarımın unsuru olması sebebiyle modelin birçok yerinde kullanılmıştır. Sözü edilen bu etkinin güçlendirilmesi için yapıda neon materyal kullanılmıştır. Şekil 30'da dış mekân tasarımında zemin kenarlıkları, merdiven kenarları ve trabzanları, kapı kenarlıklarında, üst kattaki pencere kenarları, çatı katında yer alan balkon korkuluklarında farklı renkte neon ışıklandırmalar kullanılmıştır. Şekil 30'da yer alan zemin katın iç mekân tasarımında ise neon ışıklandırmalar stant çevrelerinde, zemindeki asansör yönlendirme şeritlerinde, yerdeki ve arka bölümdeki platform kenarları ile tavana konumlandırılmış olan çember aydınlatmalarda kullanılmaktadır. Üst katın iç mekân tasarımında ise tavanda yer alan kare aydınlatma, podyum alanı ve oturma alanının kenarları ile spot aydınlatmalarda da neon ışıklandırmalar kullanılmıştır (Bkz. Şekil 28).

5.2.6. Hareketli Grafik

Metaverse ortamında en etkili bir diğer tasarım ögesi hareket yani animasyon kullanımıdır. Modeller üzerinde hareket animasyonlar aracılığıyla sağlanmaktadır. Animasyon genellikle yapılarda, obje hareketlendirmeleri olarak yer almaktadır. Yapıya dinamik bir etki kazandırmak amacıyla zemin katında yer alan model stantlarındaki üst çerçevelere dönme animasyonu verilmiştir (Bkz. Şekil 31).

Şekil 31. Tasarımda Yer Alan Hareketli Grafik Unsurları



Kaynak: Yazara aittir.

Bir diğer animasyon ise stantların arka bölümünde yer alan video ekranlarının yanındaki kolonların üstünde bulunan aksesuarlara dönme animasyonu verilerek hareket kazandırılmıştır. Yapının ikinci katında yer alan podyum bölümünde de tavanda yer alan spot ışıklara hareket animasyonu verilmiştir. Giriş bölümündeki kapı modeline de açılma ve kapanma sensörüne benzer animasyon tanımlanmıştır. Yapıda kullanılan asansör, aşağı yukarı inme animasyonu kullanmaktadır bu da ortama bir dinamik etki sağlamaktadır. Bu aksiyon platformun geliştiricilere kullanımına sunduğu hazır uygulama araçları arasında yer almaktadır (Bkz. Şekil 31).

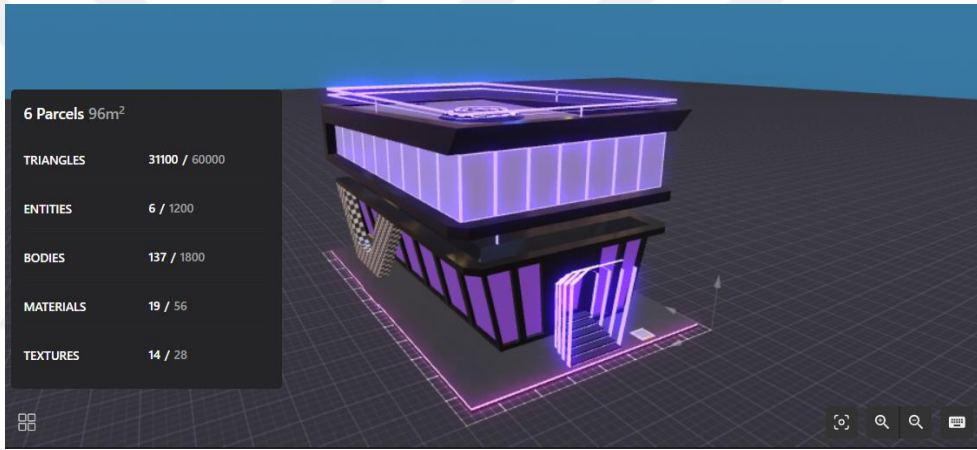
5.3. Decentraland Platformundaki 3B Model Tasarımları için Sahne Limitleri

Decentraland'in tasarımcı için sunduğu çalışma sahnesinde bulunan limitler, uygulamaya aktarılan modelin istenilen biçimde görüntülenmesi için oldukça önemlidir. Bu limitler platformda içerik oluşturan kullanıcılar için en önemli tasarım basamağını oluşturmaktadır. Model tasarımının detay gerektiren ve uzun bir çalışma sürecini oluşturması sebebiyle tasarımcının platformun gerektiği ölçütleri temel alarak modelini geliştirmeye başlamasını önermekteyiz. Dolayısıyla sahne limitlerine göre tasarımın oluşturmasının hem tasarımcıyı kısıtladığı ve hem de yaratıcılığını sınırladığı da görülmektedir. Bu noktada daha önce bahsi geçen model üzerine

kullanılabilecek tasarım unsurları ve yöntemleri önemli hale gelmektedir. Aynı zamanda sahne limitlerinin dikkate alınmadığı durumlarda tasarım programı ve platform arasında tekrarlayan deneme süreçleri ve zaman kaybına da neden olmaktadır.

Bu sahne limitleri Şekil 39’da yer alan görselin solundaki göstergede yer almaktadır. Bu göstergede, oluşturulan sahnenin ölçülerinin desteklediği kadar modelin alacağı maksimum sınırlar bulunmaktadır. 16x16 ölçülerinde oluşturulan 6 parsellik bir çalışma alanı için gerekli ölçütler tasarlanan model örneği üzerinde incelenmektedir. Bu limitlerin hesaplamaları sahnedeki parsel sayısını temsil eden “n” değişkenine göre yapılmaktadır.

Şekil 39. Decentraland Sahne Limitleri Göstergesi



Kaynak: Decentraland, 2024

16x16 ölçülerinde oluşturulan 96 metre karelik alandaki 6 parsel olan sahnede yere alan tüm modellerin alabileceği en yüksek poligon sayısı (triangles) parsel sayısının 10 bin katıdır ($n \times 1000$). Bu sebeple modelin alabileceği yüzey sayı yani poligon sayı sınırı 60 bindir. Şekil 39’da yer görüldüğü üzere tasarlanan modelin poligon sayı sınırına dikkat edilmiş ve olabildiğince düşük tutulmuştur. Bu çalışma sahnesinde yer alabilecek varlık sayısı(entities) yani ayrı olarak kaydedilen her bir model toplamda en fazla parsel sayısının 200 katı ($n \times 200$) olmalıdır. Şekil 39’da yer alan modelin toplam varlık sayısı 6 parçadan oluşmaktadır. Model yüzeyindeki birleşim noktalarının oluşturduğu ağ miktarı olarak adlandırılan meshlerin sayısı (bodies) ise en fazla parsel sayısının 300 katı ($n \times 300$) olabilmektedir. Şekil 39’daki modelin toplam ağ sayısı ise 137’dir. Sahnede yer alabilecek tüm materyal sayısı hesaplaması için $\log_2 (n+1) \times 20$, doku sayısı için ise $\log_2 (n+1) \times 10$ formülleri kullanılarak

yapılmaktadır. Böylelikle 6 parsel sayısına sahip bir arazi alanı için 56 materyal ve 28 doku sayı sınırı bulunmaktadır. Şekil 39’da yer alan model tasarımında kullanılan materyal sayısı 19, doku sayısı ise 14’tür. Model tasarımında kullanılan dokular da materyal olarak sayılmaktadır ancak aradaki farkı oluşturulan neon materyaller oluşturmaktadır.

Bu göstergelerde yer alan limitler dışında sahneye yüklenen modelin dosya formatı ve boyutu için de birtakım sınırlamalar söz konusudur. Sahneye yüklenen tüm modeller için glTF veya glb uzantısına sahip dosya formatı kullanılmalıdır. Platforma yüklenen modellerde materyal, doku ve animasyon öğelerini dosya içerisine gömmesi sebebiyle glb formatı tercih edilmiştir. Sahneye aktarılan her modelin dosya boyutu en fazla 50 MB olacak biçimde ayarlanmasına dikkat edilmelidir. Sözü edilen bu sahne limitleri, tasarımın platform ile uyumlu olarak çalışması ve tasarlanan deneyimde istenilen etkinin sağlanması için bir hayli önemlidir.

5.4. Karşılaşılabilecek Teknik Sorunlar ve Çözüm Önerileri

Bu bölüm tamamlanan yapı tasarımının Decentraland platformunda yayınlanmaya hazır hale getirilme sürecini içermektedir. Yapı modellerinin, Decentraland platformuna aktarımında birtakım teknik sorunlar ile karşılaşılabilmektedir. Bu doğrultuda Blender uygulamasında hazırlanan modelin Decentraland metaverse platformuna aktarımında dikkat edilmesi gereken bazı hususlar bulunmaktadır. Bu hususlar aşağıda şu şekilde özetlenmektedir;

- Kaydedilen her bir model dosyasının isimlendirmesinde Türkçe karakter kullanılmamalıdır. Dosya isimlendirmelerinde İngilizce karakter kullanılarak yapılmalıdır.
- Blender da kaydedilen modelin yüzey yönüne (face orientation) dikkat edilmelidir. Yüzey yönü ters olan model de kullanılan materyal ve doku uygulama tarafından okunmamaktadır. Modelin yüzey yönünün dışa döndürmek için düzenleme modunda dıştan yeniden hesaplama (recalculate outside) işlemi yapılmalıdır.
- Modellerde kullanılan dokularda sünme veya kaymalar yaşanmaması için ise modelin UV haritasının (UV map) doku ataması öncesinde açılmış olması gereklidir. UV haritalama, 2B doku görselinin 3B hale getirilerek X ve Y ekseninde model yüzeyini kaplamayı sağlamaktadır.

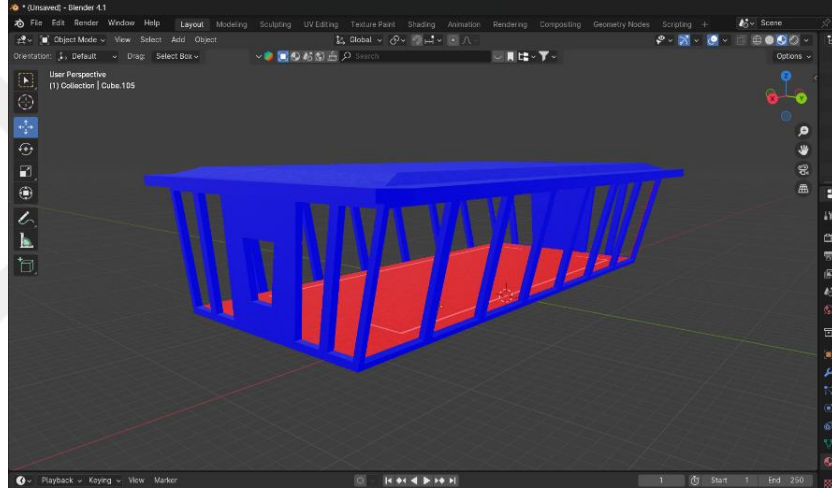
- Saydam materyal oluşturmak için Blender ayarı karışım modu (blend mode); alfa karışımı (alpha blend) ve gölge modu (shadow mode); opak (opaque) olarak seçilmelidir.
- Neon ışıklandırmanın yayılım miktarı Decentraland platformuna uygun yapılmalıdır. Blender yazılımında vurgu yoğunluğunun (strength) 2.000'i geçmemesini öneriyoruz.
- Decentraland'e atılacak dosya üzerinde değişiklik yapıldıysa aynı isimle tekrar platforma yüklenmemelidir. Aksi takdirde uygulama dosyayı ilk dosya ile eşleştirerek eski modeli görüntüleyebilmektedir.
- Modeller dışarıya aktarılırken pivot noktası (pivot point), orijin noktasına (geometry to origin) ya da modelin alt tabanına taşınmalıdır.
- Model de birden fazla animasyon olması durumunda her bir animasyonun kare sayıları yani frame sayıları eşit olmalıdır. Farklı frame sayılarına sahip hareketli modellerden yalnızca biri uygulamada çalışmaktadır.
- Sahnedeki modellerin toplam poligon sayısı platformun limitlerinin sınırında olmamalıdır. Örneğin; 60 bin poligon sınırına sahip bir çalışma sahnesi için toplam poligon sayısının olabildiğince 55 bini geçmemesi öneriyoruz. Bu duruma dikkat edilmediğinde sahnedeki modeller ön izleme sırasında geç yüklenmekte ya da modellerin sahnede görüntülenmemesine neden olmaktadır. Tasarımcılar bu tip durumlarda poligon sayısını azaltmak için blender da decimate ya da harici programlar kullanarak modelin yüzey sayısını düşürerek low poly hale getirebilir.

Yayın aşamasında dikkat edilmesi gereken bir diğer önemli husus ise Decentraland platformunun tasarımcıya sunmuş olduğu çalışma sahnesi limitleridir. Bu çalışmanın ana odağı da bu sahne limitlerini gözeterek tasarımcının, tasarım unsurlarının gücünden faydalanarak basit olarak nitelendirebileceğimiz bir modelin görsel etkisini artırarak estetik bir yapı haline getirilmesini sağlamaktır. Araştırmanın bu bölümü sonrasında Decentraland platformunda yaşanabilecek sorunlardan bazıları ele alınmaktadır. Ancak karşılaşılabilecek sorunlar ve çözüm önerileri Blender yazılımı ile sınırlı olup diğer 3B tasarım yazılımları için farklı çözüm metodlarının ayrıca ele alınması gerekmektedir. Aynı zamanda sunulan çözüm önerileri yaşanabilecek problemlerin bir kısmını içermekte olup sunulanan dışında geliştiricilerin farklı tasarım problemleri ile karşılaşılması muhtemeldir.

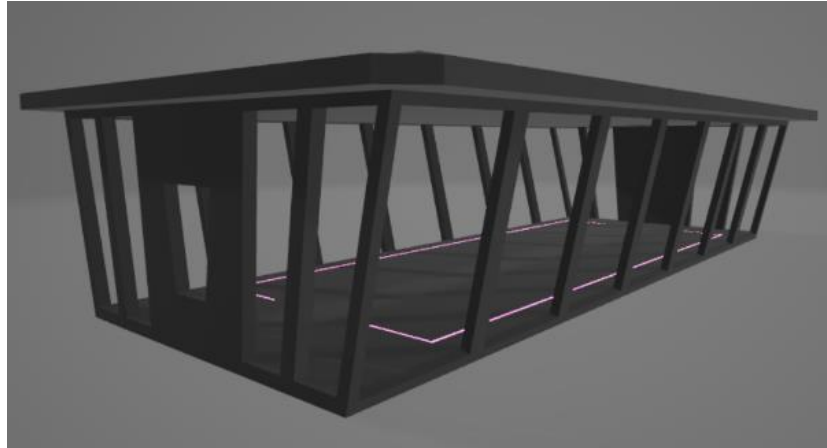
5.4.1. Yüzey Yönü

3B yapının yüzey yönünün tamamının dışa dönük bir şekilde ayarlanması gerekmektedir. Modelleme esnasında yüzey yönü ters olan nesneye doku ve materyal ataması yapıldığında metaverse uygulamasında görünmemesine neden olmaktadır. Böyle bir sorun yaşamamak için Blender yazılımında yüzey yönüne bakılması ve tüm yüzeylerin dışa döndürülmesi gerekmektedir (Bkz. Şekil 32). Şekil 33'te yer alan görselde modeli yüzey yönüne dikkat edilmeden dışarıya aktarıldığında 3B model ön izlemesi yapıldığında sorun fark edilmeyecektir. Ancak Şekil 35'te yer alan Decentraland platformunda ön izlemesi yapılan model de doku ve materyal sorunları görülmektedir.

Şekil 32. Blender'da Modelin Yüzey Yönü Ters Modele Ait Görüntü



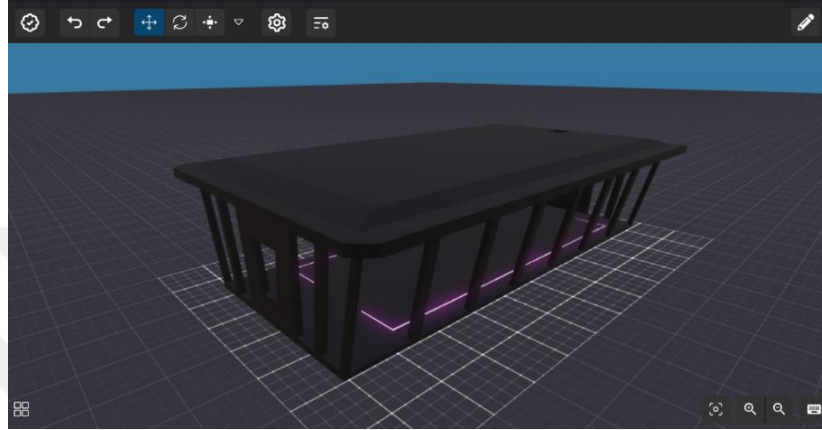
Şekil 33. Blender'da Yüzey Yönü Ters Modelin Dışarıya Aktarılmış Haline Ait Görüntü



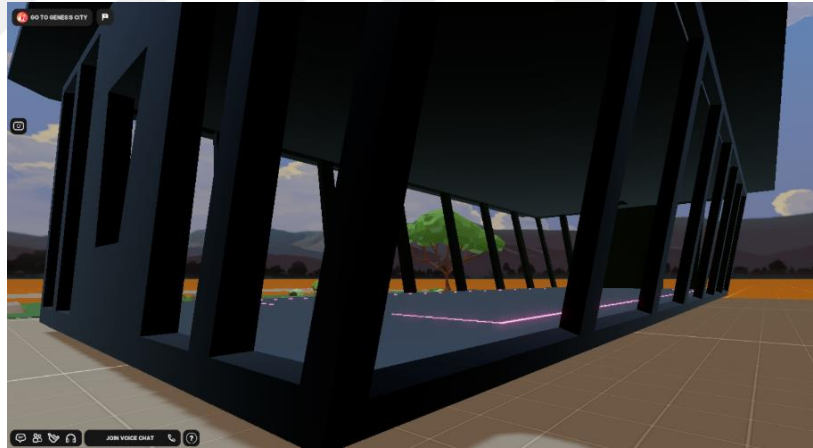
Şekil 35'de yer alan yapı görselinde zemin yüzeyinin ters kaldığı görülmektedir. Hatalı yüzey, Decentraland platfomundaki çalışma sahnesine aktarıldığında

görülmemektedir. Ancak bu hata platformda ön izleme yapıldığında zemin yüzeyindeki materyalin eksikliği anlaşılmaktadır. Metaverse platformuna model aktarımı oldukça zahmetli olduğu için bu problemi yaşamamak için yüzey kontrollerinin Blender yazılımında tasarım aşamasında dikkat edilmesi modelleme sürecinin hızlandırılması bakımından gerekli görülmektedir.

Şekil 34. Blender'da Yüzey Yönü Ters Modelin Decentraland Platformuna Aktarılmış Haline Ait Görüntü



Şekil 35. Blender'da Yüzey Yönü Ters Modelin Decentraland Platformunda Ön İzlemesine Ait Görüntü

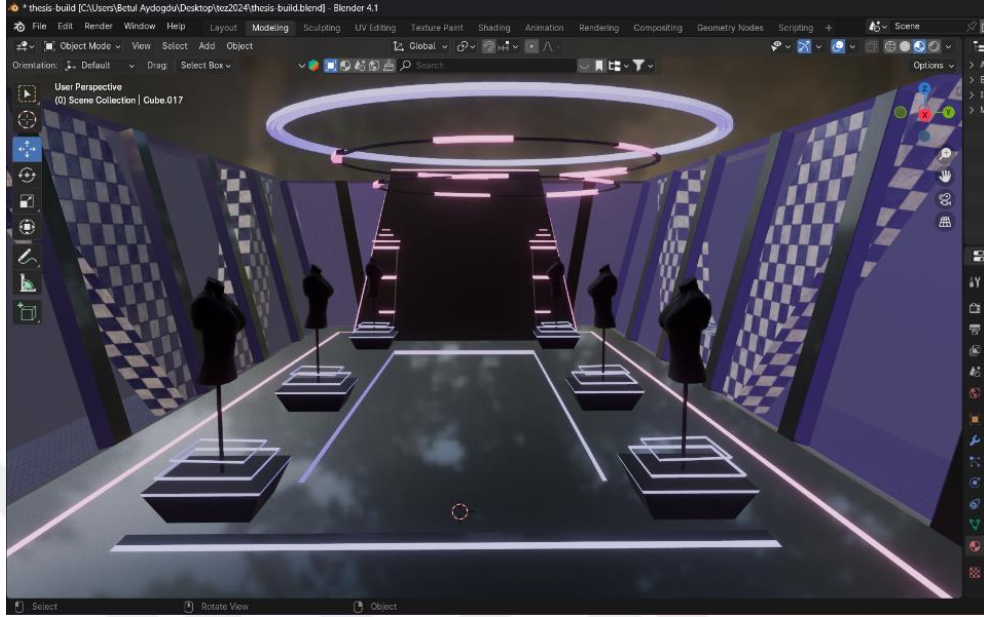


5.4.2. Işık Ayarı

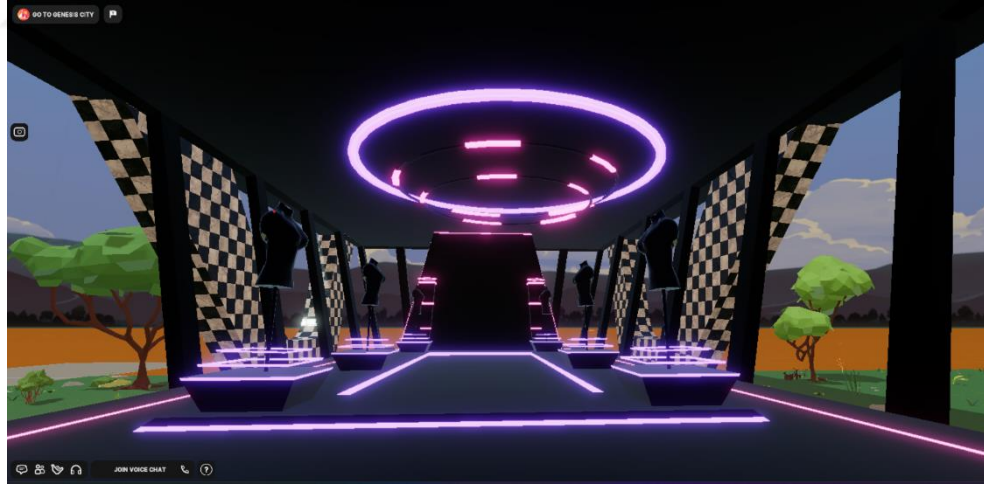
3B model üzerinde neon aydınlatma kullanılacak ise bu ışığın yayılım miktarı oldukça önemli olmaktadır. Blender yazılımında yapılan neon ışık ayarının vurgu yoğunluğunun 2.000'i geçmemesini tavsiye ediyoruz. Çünkü Blender yazılımındaki vurgu yoğunluğunun Decentraland platformuna kıyasla daha az olduğu tespit edilmiştir. Şekil 36'da yer alan yapı görselinde kullanılan neon aydınlatmaların Şekil

37'deki Decentraland platformuna aktarıldığında daha yoğun, canlı ve parlak olduğu görülmektedir.

Şekil 36. Blender Yazılımında Neon Işık Ayarı



Şekil 37. Blender Yazılımındaki Neon Işığın Decentraland Platformundaki Görünümü

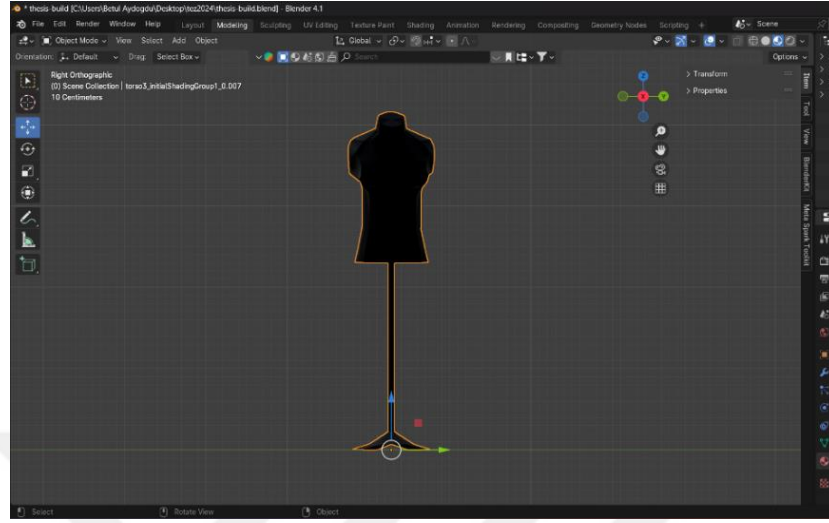


5.4.3. Pivot Noktası

3B model tasarımının XYZ ekseninde aşağı-yukarı hareket ettirme, döndürme ve büyütme-küçültme gibi nesne üzerinde manipülasyonun yapılmasını sağlayan nokta olan pivot noktasının doğru bir şekilde ayarlanması gerekmektedir. Pivot noktası modelin zeminine ya da ortasına konumlandırılmalıdır. Şekil 38'de görülen modelin pivot noktası modelin alt tabanına sabitlenmiştir. Bu sayede model Decentraland

platformuna aktarıldığında modelin üzerinde gizmo adı verilen oklar tıpkı Blender yazılımında olduğu gibi eşleşerek XYZ eksenini üzerinde hareket sağlanabilmektedir.

Şekil 38. Modelin Pivot Noktası



Pivot noktası yalnızca modelin platformdaki çalışma sahnesinde konumlandırmak için gerekli değildir. Aynı zamanda doğru ayarlanmayan pivot noktaları modelden daha uzakta konumlandığında sahne sınırlılıklarının dışına çıkabilir ve nesnenin görüntülenmesine engel olabilir. Bu sebeple modelin pivot noktası dikkat edilmesi gereken bir diğer tasarım unsurudur.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

6.1. Sonuçlar

Metaverse, son yıllarda genişletilmiş gerçeklik ve blokzincir teknolojilerinin etkisiyle daha sık karşılaştığımız bir kavram haline gelmiştir. Metaverse ortamları için fiziksel dünyamız ile sanal ortamlar arasında köprü işlevi gören ve kullanıcılar için dijital paylaşım alanı olarak görülen sosyal platformlar olarak söz edilebilmektedir. Günümüzde bu ortamlar işlevleri bakımından incelendiğinde markaların metaverse ortamını, kullanıcılarına ulaşmalarında aracılık eden platformlar halini almış durumdadır. Markalar için blokzincir tabanlı metaverse uygulamaları kullanıcı verileri, alım ve satışlar gibi tüm veri yönetiminin tamamının geliştiriciler de olması sebebiyle de şeffaf bir yapılanma alanı sağlamaktadır. Ancak blokzincir tabanlı metaverse platformları yüksek çözünürlükteki grafiklere alışkın kullanıcılar için tatmin edici bir görselliğe sahip olmamaktadır. Bunun en temel sebepleri arasında web tabanlı olarak geliştirilen metaverse uygulamalarının optimize bir şekilde görüntülenmesi için bazı tasarım limitlerine sahip olmasıdır. Bu çalışmada, bu tasarım limitlerinin sınırlayıcı rolüne karşın estetik bir 3B yapının oluşturulmasında tasarım unsurlarının etkileri ele alınmıştır. Bu sebeple blokzincir tabanlı metaverse platformlarında 3B yapıları üzerindeki görsel tasarım unsurlarının etkisinin irdelenmesi ve estetik değeri yüksek bir metaverse yapısı için gerekli tasarım yöntemleri ortaya konması hedeflenmiştir. Çalışmada blokzincir tabanlı bir metaverse örneği olan Decentraland'deki sahne limitlerinin tasarımcıyı sınırladığı ve tasarımın görsel etkisi üzerinde de kısıtlayıcı bir rolü olduğu görülmüştür. Dolayısıyla bu sınırlar dahilinde tasarımcının, tasarım üzerinde daha estetik bir görünüm kazandırmak için görsel tasarım unsurlarından faydalanılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Çalışmada öncelikli olarak metaverse teriminin gelişiminde rol oynayan edebi kaynaklar ve teknolojik etkileri ele alınmış, ilgili verilerin elde edilmesinde literatür tarama yöntemi kullanılmıştır. Çalışmanın devamında blokzincir tabanlı metaverse

uygulaması Decentraland platformu incelemeye alınmış ve çalışma sahnesi limitlerinden söz edilmiştir. Bu sahne limitleri araştırmanın son bölümünde yapılan örnek çalışma üzerinde uygulanarak 3B yapı tasarımında dikkat edilmesi gereken hususlara değinilmiştir. Araştırmada tasarımcılar ve geliştiriciler için platformun hem 3B yapı tasarımda dikkat edilmesi gereken uygulama limitlerine değinilmiş hem de bu sınırlar dahilinde görsel kalitesini artırmada etkili tasarım unsurlarından söz edilmiştir. Dolayısıyla blokzincir tabanlı bir metaverse platformu örneği olan Decentraland uygulaması araştırma alanı olarak belirlenmiş ve rastlantısal seçim yöntemiyle seçilen 6 yapı, 3B tasarım unsurları bağlamından incelenmiştir. Üç boyutlu yapı tasarımlarının fiziksel yaşamda olduğu gibi sanal ortamda da oluşturulmasında tasarımcının yapı üzerinde estetik kaygılar taşıdığı varsayılmıştır. Belirlenen 3B yapılar biçim, renk, materyal, doku, ışık ve hareketli grafik özelliklerine göre görsel tasarım unsurları çerçevesinde betimsel analizi yapılmıştır. Yapılan analizler neticesinde blokzincir tabanlı metaverse platformlarındaki 3B yapılar tasarım unsurlarının etkilerine bağlı olarak platformda gerçekçi ve gerçeküstü olmak üzere iki tasarım anlayışına sahip olduğu belirlenmiştir. Decentraland platformunda ise yer alan yapıların yaygın tasarım anlayışının gerçeküstü tasarımlardan oluştuğuna yönelik bulgulara ulaşılmıştır. Yapı üzerinde köşeli formlar, mat renkler, gerçekçi doku kullanımı ve durağan yapı özellikleri tasarıma gerçekçi bir etki sağlarken üçgen kare ve yuvarlak formlar, canlı renkler, neon ışıklandırmalar ve hareketli grafik öğeleri ise model üzerinde gerçeküstü bir etki sağladığı sonucuna varılmıştır. Metaverse platformunun atmosferini yansıtan gerçeküstü yapılarda kullanılan bu ortak tasarım unsurları referans alınarak yeni bir uygulama çalışması sunulmuştur.

Araştırma sonucunda metaverse platformundaki 3B yapı modelleri üzerinde kullanılan tasarım unsurlarının yapının gerçekçi ve gerçeküstü tasarım üslubunun saptanmasında etkili olduğu görülmüştür. Araştırma bulgularına istinaden sunduğumuz tasarım önerisi yalnızca araştırma konusu olarak belirlenen platform dışında düşük poligon ve MB sınırı gerektiren birçok metaverse uygulaması için özellikleri ve görsel estetiği bakımından en ideal tasarım örneğini sunmaktadır. Araştırma bulgularından elde edilen verilere göre metaverse ortamında 3B bir yapı oluşturmak isteyen tasarımcı ya da geliştiriciler için bu ortama yönelik estetik ve ilgi çekici bir yapının oluşturulmasında görsel tasarım unsurlarının işlevlerinin göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

6.2. Öneriler

Çalışmanın diğer bölümlerinde de ifade gibi blokzincir tabanlı bir metaverse platformu için estetik bir tasarım yapmak bir takım teknik bilgiler gerektirmektedir. Bu araştırma sonucunda blokzincir tabanlı bir metaverse platformu için 3B bir yapının geliştirilmesi iki önemli tasarım aşamasından oluştuğu görülmüştür. Bu aşamalardan ilki; modelin ölçüsü, poligon sayısı, materyal ve doku sayıları, dosya sayısı ve formatı gibi yapının teknik bileşenlerini içeren süreci kapsamaktadır. Diğer aşama ise modelin dış görünümüyle ilişkili olan görsel ve estetiğin sağlandığı tasarım sürecinden oluşmaktadır. Bu sebeple tasarımcı veya geliştirici metaverse platformu ile uyumlu çalışan bir yapının modellemesinde süreçleri dikkate almalıdır. Yapının tasarım sürecinde teknik açıdan dikkat edilmesi gereken öneriler şu şekildedir;

- Boyutlandırma Sorunları: Tasarım yapılan program ile tasarımın aktarılacağı platforma karşılık gelen ölçü birimi çıkarılmalıdır. Bunun için tasarım yapılan programdan dışarıya aktarılan bir küp modeli metaverse platformuna aktarılmalı ölçü birimi referans alınarak Decentraland platformunun yükseklik ve genişlik sınırları doğrultusunda yapı tasarımına başlanmalıdır.
- Materyal ve Doku Sorunları: Materyal sorunlarının oluşmaması için modelin yüzey yönünün doğru ayarlanması gerekmektedir. Bir diğeri ise modelin UV haritasının çıkarılmış olmasıdır. Bu modelin 2B görselinin yatay ve dikey ekseninde dokunun 3B olarak model yüzeyine doğru biçimde yerleşimi için gereklidir.
- Dosya Sorunları: Dosya isimlendirmelerinde İngilizce yazı karakteri kullanılmalıdır. Dosya formatında platform ile uyumlu biçim tercih edilmelidir. Dosya boyutu ve sayısı sahnedeki parsel sayısına göre belirlenen limitlere göre ayarlanmalıdır.
- Kaydedilen modelin XYZ ekseninde hareket ettirilebilmesi ve platform üzerinde doğru konumlandırılabilmesi için pivot noktasının modelin tabanına veya ortasına sabitlenmelidir.

Decentraland platformundaki yapı tasarımlarının görsel tasarım unsurları bağlamında değerlendirildiğinde kullanım biçimine göre tasarıma farklı etkiler sağladığı görülmüştür. Araştırma kapsamında elde ettiğimiz verilere göre metaverse platformundaki yapı tasarımlarında kullanılan canlı renkler, neon ışık aydınlatmaları,

hareketli grafik öğeleri yapının görsel çekiciliği üzerinde etkili unsurlardır. Yapının tasarım sürecinde estetik ve görsel açıdan yer verilmesi gereken öneriler şu şekildedir;

- Renk: Yapıya gerçeküstü ve etkileyici bir görünüm kazandırmak için canlı, parlak ve sıcak tonlarda renklerin kullanımı tercih edilmelidir. Tasarımda rengin ön plana çıkması için yapının zemininde de koyu renk tonlarının kullanımı önerilmektedir.
- Işık: Yapı üzerinde etkileyici bir unsur olduğu tespit edilen neon aydınlatmalara tasarımda yer verilmesini önermekteyiz. Bu hem tasarımın gerçeküstücülüğünü kuvvetlendirirken canlı ve ilgi çekici bir etki sağlamaktadır.
- Hareket: Yapı tasarımın görsel estetiği üzerinde bir diğer önemli unsur hareketli grafik kullanımıdır. Bu noktada yapıya hareket kazandıracak animasyon öğelerine yer verilmesi önerilmektedir.

Bu araştırmada ideal bir metaverse yapısının oluşturulmasında hem tasarımsal hem de teknik açıdan dikkat edilmesi gereken unsurlar saptanmıştır. Bu öneriler, araştırmamız sonucunda ulaşılan bulgular doğrultusunda elde edilmiştir. Karşılaşılabilecek teknik sorunlar, Decentraland uygulaması ve Blender yazılımı kullanıcılarına yönelik tespitlerden oluşmaktadır. Araştırmada blokzincir tabanlı metaverse platformlarında yer alan 3B yapı tasarımları incelemeye alınmıştır. Ancak ortamdaki yapıların yanı sıra ortamdaki çevre unsurları, işlevi ve etkileşim öğelerinin her biri bir tasarım bütünü oluşturmaktadır. Bu alanda yürütülecek çalışmalar için çevre tasarım unsurları ve etkileşim unsurları da ayrıca bir çalışma konusu olarak ele alınması gerekmektedir. Gelecekte yürütülecek akademik araştırmalar için iş, eğitim, ticari faaliyetler, oyun ve eğlence gibi farklı konsept ve deneyimlere sahip metaverse yapılarının anket ve kullanıcı testleri aracılığıyla ölçüldüğü çalışmalar nesnel verilerin elde edilmesi açısından önerilmektedir.

KAYNAKÇA

- About The Sandbox. (2023). *The Sandbox Documentation* İçinde. <https://docs.sandbox.game/en/about/about-the-sandbox#about-the-sandbox>
- About. (t.y.). *Blender* İçinde. <https://www.blender.org/about/>
- About. (t.y.). *Linden Lab* İçinde. <https://lindenlab.com/about>
- About. (t.y.). *Spatial* İçinde. <https://www.spatial.io/about>
- Abilkaiyrkyzy, A., Elhagry, A., Laamarti, F., & Saddik, A. E. (2023). Metaverse key requirements and platforms survey. *IEEE Access*, 11, 117765–117787. <https://doi.org/10.1109/access.2023.3325844>
- Abrol, A. (2024, Haziran 26). *Metaverse Technology*. Blockchain Council. <https://www.blockchain-council.org/metaverse/technologies-powering-metaverse/>
- Achterbosch, L., Pierce, R., & Simmons, G. (2008). Massively Multiplayer Online Role-playing Games: The Past, Present, and Future. *Computers in Entertainment(CIE)*, 5(4), 1-33.
- Aghaei, S., Nematbakhsh, M. A., & Farsani, H. K. (2012). Evolution of the world wide web: From WEB 1.0 TO WEB 4.0. *International Journal of Web & Semantic Technology*, 3(1), 1-10.
- Ball, M. (2022). *The Metaverse: And How It Will Revolutionize Everything*. Liveright Publishing Corporation.
- Bartle, R. A. (2003). *Designing Virtual Worlds*. Pearson Education Limited.
- Bayram, N. (2009). *Sosyal Bilimlerde SPSS ile Veri Analizi*. Bursa: Ezgi Kitabevi.
- Bell, M. W. (2008). Toward a Definition of “Virtual Worlds”. *Journal of Virtual Worlds Research*, 1(1).
- Bhutta, M. N. M., Khwaja, A. A., Nadeem, A., Ahmad, H. F., Khan, M. K., Hanif, M. A., Song, H., Alshamari, M., & Cao, Y. (2021). A Survey on Blockchain Technology: Evolution, Architecture and Security. *IEEE Access*, 9, 61048–61073. <https://doi.org/10.1109/access.2021.3072849>
- Bronstein, M. (2021, September 2). *The Future of Communication in The Metaverse-Roblox Blog*. Roblox. <https://blog.roblox.com/2021/09/future-communication-metaverse/>
- Carmigniani, J., & Furht, B. (2011, January 1). *Augmented reality: An overview*. Springer New York. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4614-0064-6_1

- Cheng, R., Wu, N., Varvello, M., Chen, S., & Han, B. (2022, October 25-27). *Are we ready for metaverse?* [Konferans Sunumu]. Proceedings of the 22nd ACM Internet Measurement Conference, Nice, France, <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3517745.3561417>
- Ching, F. D. (2008). *Architecture Form, Space, And Order* (Cilt 3). New Jersey: John Wiley & Sons.
- Cline, E. (2011). *Başlat-Ready Player One*. İstanbul: DEX Kitap.
- Damer, B. (2008). Meeting in the Ether: A Brief History of Virtual Worlds as a Medium for User-Created Events. 2(2), 94-107.
- Decentraland Land. (2020, April 21). *NFT Plazas*. <https://nftplazas.com/decentraland/decentraland-land/>
- Digital Economy Payment Solutions. (t.y.). *Tilia* İçinde. <https://www.tilia.io/>
- Dionisio, J. D., Burns, W. G., & Gilbert, R. (2013). 3D Virtual Worlds and the Metaverse: Current Status and Future Possibilities. *ACM Computing Surveys*, 45(3), 1-38.
- Downey, S. (2014). History of the (Virtual) Worlds. *The Journal of Technology Studies*, 54-66.
- Duan, H., Lin, Z., Li, J., Wu, X., Fan, S., & Cai, W. (2021, Ağustos). Metaverse for Social Good: A University Campus Prototype. *In Proceedings of the 29th ACM international conference on multimedia*, 153-161.
- Hosting Your Web3 Events in Spatial. (t.y.). *Spatial*. <https://www.spatial.io/blog/hosting-your-web3-events-in-spatial>
- Eggen, E. (t.y.). *Low to high poly animal- Giraffe*. Eric Eggen. https://eric_eggen.artstation.com/projects/JLR16D
- Erim, G. (2000). Rengin Psikolojik Etkileri. *Eğitim Fakültesi Dergisi*, 13(1), 11-17.
- Fischer, A. (2022). Architecture as art in metaverse. *Executive Master in Art Market Studies*.
- Fitöz, İ., Küçükerman, Ö., & Esen, A. (2007). Aydınlatma Tasarımı Laboratuvarı. *YTÜ Mimarlık Fakültesi e-Dergisi*, 2(2), 80-88.
- Fitz-Patrick, M. (2023, October 23). Enter the world of social VR. *Interaction Design Foundation*. <https://www.interaction-design.org/literature/article/enter-the-world-of-social-vr>
- Girvan, C. (2018). What is a virtual world? Definition and classification. *Educational Technology Research and Development volume*, 66(5), 1087-1100.
- glTF - Runtime 3D Asset Delivery. (2020, Aralık 3). The Khronos Group.
- Grafik ve Fotoğraf. (2011). *Megep*. https://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/renk.pdf
- Guidi, B., & Michienzi, A. (2022). Social games and Blockchain: exploring the Metaverse of Decentraland. *2022 IEEE 42nd International Conference on Distributed Computing Systems Workshops (ICDCSW)* (s. 199-204). Bologna: IEEE.

- Gürbüz, S., & Şahin, F. (2018). *Sosyal Bilimlerde Araştırma Yöntemleri*. Seçkin Yayıncılık.
- Hayden, S. (2024, Şubat 20). *Mozilla is Shutting Down Development on WebXR Social App 'Hubs'*. ROADTOVR: <https://www.roadtovr.com/mozilla-hubs-shutdown-web-xr/> adresinden alındı
- Henz, P. (2022). The societal impact of the Metaverse. *Discover Artificial Intelligence*, 2(19).
- Meshes. (t.y.). *Decentraland Documentation* içinde. <https://docs.decentraland.org/creator/3d-modeling/meshes/>
- Huynh-The, T., Gadekallu, T. R., Wang, W., Yenduri, G., Ranaweera, P., Pham, Q.-V., . . . Liyanage, M. (2023a). Blockchain for the Metaverse: A Review. *Future Generation Computer Systems*, 413, 401-419. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.future.2023.02.008>
- Huynh-The, T., Pham, Q.-V., Pham, X.-Q., Nguyen, T. T., Han, Z., & Kim, D.-S. (2023b). Artificial intelligence for the metaverse: A survey. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 117, 105581. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2022.105581>
- Ingram, D. (2021, Ekim 28). *Facebook goes meta: Zuckerberg Announces New Corporate Name*. Nbc News: <https://www.nbcnews.com/tech/tech-news/facebook-goes-meta-zuckerberg-announces-major-restructuring-rcna3605>
- Jacksi, K., & Abass, S. M. (2019). Development History Of The World Wide Web. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 8(9), 75-79.
- Jones, S. (2003). *Encyclopedia of New Media: An Essential Reference to Communication and Technology*. SAGE Publications, Inc.
- Karaarslan, E., & Yazıcı Yılmaz, S. (2022). *Metaverse ve Merkeziyetsizlik*. Nobel Akademik Yayıncılık.
- Karahan, Ç., & Tüfekçi, A. (2019). Blokzincir Teknolojisinin İç Denetim Faaliyetlerine Etkileri: Fırsatlar ve Tehditler. *Denetişim*, (19), 55-72.
- Kırbaş, İ. (2018). Blokzinciri Teknolojisi ve Yakın Gelecekteki Uygulama Alanları. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(1), 75-82. <https://doi.org/10.29048/makufebd.365066>
- Lastowka, F. G., & Hunter, D. (2006). Virtual Worlds A Primer. *The State of Play Law, Games, and Virtual Worlds* (s. 13-28) içinde. New York: NYU Press.
- Lee, L.-H., Braud, T., Zhou, P., Wang, L., Xu, D., Lin, Z., . . . Hui, P. (2021). All One Needs to Know about Metaverse: A Complete Survey on Technological Singularity, Virtual Ecosystem, and Research Agenda. *arXiv preprint arXiv:2110.05352*, 14(8), 1-66.
- Lin, H., & Sun, C.-T. (2015). Massively Multiplayer Online Role Playing Games (MMORPGs). *The International Encyclopedia of Digital Communication and Society*, 1-7.

- Lin, I.-C., & Liao, T.-C. (2017). A Survey of Blockchain Security Issues and Challenges. *International Journal of Network Security*, 19(5), 653-659. [https://doi.org/10.6633/IJNS.201709.19\(5\).01](https://doi.org/10.6633/IJNS.201709.19(5).01)
- Manushri S K, Santhiya J, Roobasri A E, Keshav Shanmukhanathan E, & Sanjai V. (2022). Metaverse- The future of virtual world. *International Journal of Engineering Technology and Management Sciences*, 6(5), 779–783. <https://doi.org/10.46647/ijetms.2022.v06i05.121>
- Materials. (t.y.). *Decentraland Documentation*. <https://docs.decentraland.org/creator/3d-modeling/materials/>
- Maxon. (t.y.). *Cinema 4D*. Maxon. <https://www.maxon.net/en/cinema-4d>
- Maya vs. 3ds Max. (2022, January 19). Autodesk. <https://www.autodesk.com/compare/3ds-max-vs-maya>
- Mihelj, M., Novak, D., & Begus, S. (2014, January 1). *Introduction to virtual reality*. Springer Netherlands. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-007-6910-6_1
- Morningstar, C., & Farmer, F. (2008). The lessons of Lucasfilm's Habitat. *Journal For Virtual Worlds Research*, 1(1).
- Murray, A., Kim, D., & Combs, J. (2022, Nisan 12). The Promise of a Better Internet: What Is Web 3.0 and What Are We Building? *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4082462>
- Mystakidis, S. (2022). Metaverse. *Encyclopedia*, 2(1), 486–497.
- Nath, K., & Iswary, R. (2015). What Comes after Web 3.0? Web 4.0 and the Future. *In Proceedings of the International Conference and Communication System (I3CS'15)*, 337.
- Naveen, P. (2023). *Understanding the Metaverse and its Technological Marvels: Beyond Reality*. Cambridge Scholars Publishing. <https://www.cambridgescholars.com/product/978-1-5275-6577-7>
- Nedim, A., & Paktaş, M. G. (2020). İç mekânda renk algısı ve psikolojiye etkileri. *Modular Journal*, 3(1), 89-105.
- Nelson, J. (2022, Haziran 12). 'Snow Crash' Author Neal Stephenson Is Building a 'Free Metaverse' Called Lamina1. Decrypt: <https://decrypt.co/102646/snow-crash-author-neal-stephenson-is-building-a-free-metaverse-called-lamina1>
- Nicola, G. (2024, March 24). *Types of 3D modeling: Techniques and applications*. Architectural Visualizations | Tallbox. <https://www.tallboxdesign.com/types-of-3d-modeling/>
- Ning, H., Wang, H., Lin, Y., Wang, W., Dhelim, S., Farha, F., . . . Daneshmand, M. (2021). A Survey on Metaverse: the State-of-the-art, Technologies, Applications, and Challenges.
- Ofluoğlu, S. (t.y.). *3ds Max Ders Notları*. <http://www.sayisalmimar.com/dersnotlari/3dsmax/3dsmax04.pdf>
- Ondrejka, C. (2008). Education Unleashed: Participatory Culture, Education, and Innovation in Second Life. *The Ecology of games: Connecting youth, games, and learning-digital media and learning*, 229-252.

- Ordano, E., Meilich, A., Jardi, Y., & Araoz, M. (2024, Haziran 6). *Whitepaper. Decentraland*: <https://docs.decentraland.org/player/general/whitepaper/>
- Park, S.-M., & Kim, Y.-G. (2022). A metaverse: Taxonomy, components, applications, and open challenges. *IEEE Access*, 10, 4209–4251. <https://doi.org/10.1109/access.2021.3140175>
- Roblox Kullanım Koşulları. (t.y.). *Roblox Desteği İçinde* <https://en.help.roblox.com/hc/tr/articles/115004647846-Roblox-Kullan%C4%B1m-Ko%C5%9Fullar%C4%B1>
- Roblox. (t.y.). *Xbox İçinde*. <https://www.xbox.com/tr-TR/games/roblox>
- Saffo, D., Di Bartolomeo, S., Yildirim, C., & Dunne, C. (2021, Mayıs 6). Remote and collaborative virtual reality experiments via social VR platforms. *Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. <http://dx.doi.org/10.1145/3411764.3445426>
- Sanchez, J. (2009). A Social History of Virtual Worlds. *Library Technology Reports* , 45(2), 9-13.
- Seebacher, S., & Schüritz , R. (2017, April 6). *Blockchain Technology as an Enabler of Service Systems: A Structured Literature Review*. [Konferans Sunumu] Exploring Services Science: 8th International Conference, Springer International Publishing. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-319-56925-3_2
- Scene Limitations. (2018, January 6). *Decentraland Documentation*. <https://docs.decentraland.org/creator/development-guide/sdk7/scene-limitations/>
- Shrestha, S. (2024, Mart 4). GLB and GLTF files: Purpose, Difference, and Area of Application in 3D Modeling Services. *Media*. <https://ikarus3d.com/media/3d-blog/glb-and-gltf-files-purpose-difference-and-area-of-application-in-3d-modeling-services/>
- Selvakrishnan, M. (t.y.). *High poly vs Low poly 3D Modeling: What to Choose?* Advertflair: <https://www.advertflair.com/post/high-poly-vs-low-poly-3d-modeling#:~:text=Can%20be%20deployed%20in%20the,with%20practically%20no%20time%20lag>
- Sherman, W. R., & Craig, A. B. (2003). *Understanding Virtual Reality: Interface, Application, and Design* (Cilt 1). Morgan Kaufmann.
- Stephenson, N. (1992). *Snow Crash*. Bantam Books.
- Taherdoost, H. (2023). Smart contracts in blockchain technology: A critical review. *Information*, 14(2), 117. <https://doi.org/10.3390/info14020117>
- Tan, C. (2022, March 5). *Textures vs. Materials in 3D Modeling: What's the Difference?* Make Use Of: <https://www.makeuseof.com/textures-vs-materials-3d-modeling/>
- Tanrıverdi, M., Uysal, M., & Üstündağ, M. (2019). Blokzinciri Teknolojisi Nedir? Ne Değildir? : Alanyazın İncelemesi. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 12(3), 203-217. <https://doi.org/https://doi.org/10.17671/gazibtd.547122>
- Tasa, U. B., (2009). İçeriği Kullanıcılar Tarafından Oluşturulan 3 Boyutlu Sanal Dünyalarda Sanat ve Mimari Tasarım: Second Life Üzerine Bir Vaka Çalışması

- (Yayın No. 240188) [Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Taylor, T. L. (2006). *Play Between Worlds: Exploring Online Game Culture*. The MIT Press.
- Terzi, Â. (2022, Ağustos). Metaverse Kavramı ve Türkçe Karşılıkları Üzerine. *Türk Dili*, 71(848), 12-17.
- Tiigimägi, S. (2022, February 2). *Introduction to 3D polygon mesh*. 3D Studio. <https://3dstudio.co/polygon-mesh/>
- The Sandbox. (2019, June 28). *THE EVOLUTION OF THE SANDBOX*. Medium. The Sandbo, İçinde. <https://medium.com/sandbox-game/the-evolution-of-the-sandbox-762f0023349>
- Tokel, S. T., & Cevizci, E. (2013). Üç Boyutlu Sanal Dünyalar: Eğitimciler İçin Yol Haritası. *XV. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri*, (s. 1-6). Antalya.
- TraceParts. (2021, March 2). *Parts manufacturers: Can engineers and designers easily use your CAD files?* TraceParts. <https://info.traceparts.com/news/digital-parts-catalogs/parts-manufacturers-can-engineers-and-designers-easily-use-your-cad-files/>
- Types of 3D modeling: Choosing the right one. (2021, September 29). *3D-Ace Studio*. <https://3d-ace.com/blog/types-of-3d-modeling-choosing-the-right-one/>
- Ünal, G., & Uluyol, Ç. (2020). Blok Zinciri Teknolojisi. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 13(2), 167-175. <https://doi.org/https://doi.org/10.17671/gazibtd.516990>
- Ünsal, E., & Kocaoğlu, Ö. (2018). Blok Zinciri Teknolojisi: Kullanım Alanları, Açık Noktaları ve Gelecek Beklentileri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* (13), 54-64. <https://doi.org/10.31590/ejosat.423676>
- VRChat. (2019, September 5). VRChat partners with HTC and makers fund to close \$10m series C. *VRChat*. <https://medium.com/vrchat/vrchat-partners-with-htc-and-makers-fund-to-close-10m-series-c-50ea04d5ca23>
- Wallet. (t.y.). *MetaMask Developer Documentation*. <https://docs.metamask.io/wallet/>
- Wang, Y., Su, Z., Zhang, N., Xing, R., Liu, D., Luan, T. H., & Shen, X. (2022). A Survey on Metaverse: Fundamentals, Security, and Privacy. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*.
- Welcome Hub Social Plaza. (t.y.). *Second Life Destinations* İçinde. <https://secondlife.com/destination/welcome-hub>
- Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2021). *Nitel Araştırma Yöntemleri*. Seçkin Yayıncılık.
- Zhao, J. L., Fan, S., & Yan, J. (2016). Overview of business innovations and research opportunities in blockchain and introduction to the special issue. *Financial Innovation*, 2(28). <https://doi.org/10.1186/s40854-016-0049-2>
- Zheng, J., & Lee, D. K. C. (2023). Understanding The Evolution of The Internet: Web 1.0 to Web3.0, Web3 and web 3 plus. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4431284>